

Chlorofil a

Wskaźnik presji związanych z wprowadzeniem do środowiska substancji, odpadów i energii

Podsumowanie oceny

Obszary otwartego morza

'Chlorofil a' to wskaźnik podstawowy Komisji Helsińskiej (HELCOM) odnoszący się do średnich stężeń chlorofilu a w okresie letnim (czerwiec-wrzesień) w warstwie powierzchniowej (0-10 m) w okresie 2016-2021. Wskaźnik odnosi się do oceny kryterium D5C2 RDSM – „Stężenia chlorofilu A nie są na poziomach, które wskazują na negatywne skutki nadmiaru substancji biogenych”.

W obszarach otwartego morza obejmujących polskie obszary morskie (POM) w żadnym z akwenów otwartego morza wskaźnik nie osiągnął wartości wskazujących na dobry stan środowiska (Rysunek 1). W odniesieniu do trendów długoterminowych poza obszarem wschodniego Basenu Gotlandzkiego, gdzie począwszy od lat 90tych XX w. obserwuje się trend pogarszających warunków (wzrost stężeń), w pozostałych akwenach nie zaobserwowano istotnych statystycznie trendów.

Porównując okres bieżącej oceny 2016-2021 z 2011-2016 nie zaobserwowano zmiany w klasyfikacji stanu obszarów obejmujących POM. Wyliczone wartości wskaźnika wskazują na brak zmian wartości w obrębie Basenu Gdańskiego oraz wschodniego Gotlandzkiego. W Basenie Bornholmskim zaobserwowano pozytywny trend (obniżenie notowanych stężeń) co może wynikać z wydzielenie wód Zatoki Pomorskiej z tego obszaru oceny.

Ocena wiarygodności wskaźnika w obszarach obejmujących POM była wysoka we wszystkich ocenianych obszarach otwartego morza.

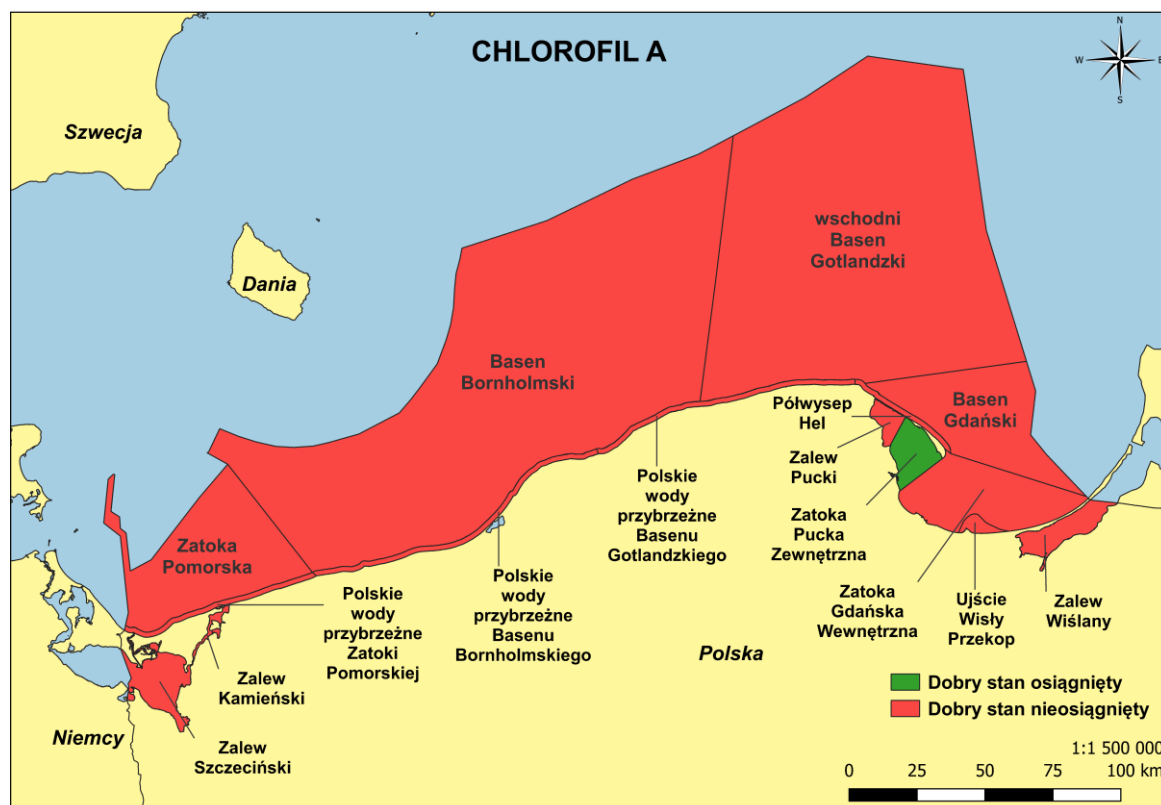
Jednolite części wód przejściowych i przybrzeżnych

Chlorofil a jest jednym ze wskaźników jakości wód powierzchniowych wchodzących w zakres elementów biologicznych wykorzystywanych w ocenie jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP) przejściowych i przybrzeżnych. W wodach JCWP Zalew Wiślany, Zalew Szczeciński, Zalew Kamieński oraz Zalew Pucki wskaźnik wyliczany jest jako średnia z całego roku. W pozostałych JCWP wskaźnik odnosi się do średnich stężeń w okresie letnim (czerwiec-wrzesień) w warstwie powierzchniowej (0-10 m) w okresie 2016-2021.

W obszarach JCWP przejściowych i przybrzeżnych wskaźnik osiągnął wartość docelową wskazującą na dobry stan jedynie w JCWP Zatoka Pucka Zewnętrzna. W pozostałych JCWP wskaźnik nie osiągnął wartości granicznej. (Rysunek 1).

Porównując okres bieżącej oceny (2016-2021) z okresem aktualizacji wstępnej oceny (2011-2016) nie zaobserwowano zmiany w klasyfikacji stanu obszarów JCWP. W zakresie zmian wartości stężeń zanotowano niekorzystny trend wzrostu stężeń w JCWP Zalew Wiślany i JCWP Zatoka Gdańska Wewnętrzna. W JCWP Zalew Szczeciński, Zalew Pucki oraz Półwysep Hel zaobserwowano spadek stężeń wskazujący na obniżenie stężeń chlorofilu a. W pozostałych JCWP nie zaobserwowano istotnych trendów w wartościach wskaźnika.

W obszarach wód przejściowych i przybrzeżnych wiarygodność wskaźnika określono jako wysoką we wszystkich obszarach oceny.



Rysunek 1. Ocena wskaźnika 'Chlorofil a' – kryterium D5C2 w okresie 2016-2021

Opis wskaźnika

1. Charakterystyka wskaźnika

Wskaźnik 'Chlorofil a' to wskaźnik podstawowy HELCOM odnoszący się do średnich stężeń w okresie letnim (czerwiec-wrzesień) w warstwie powierzchniowej (0-10 m) w okresie 2016-2021.

W części JCWP przejściowych i przybrzeżnych wskaźnik odnosi się do średnich stężeń chlorofilu a z całego roku.

Podczas procesu eutrofizacji następuje wzrost produkcji i biomasy glonów spowodowany nadmiernym dopływem substancji biogennych do morza. Stężenia chlorofilu a używane są jako aproksymacja biomasy fitoplanktonu.

Fitoplankton stanowi podstawę pelagicznej sieci troficznej, zapewniając odżywienie wyższych poziomów troficznych. Naturalne zakwity fitoplanktonu występują w okresie wiosennym i letnim na skutek zwiększonej ilości światła i temperatury przy jednoczesnym dostępie biogenów. Nadmierny dopływ biogenów skutkuje większą produkcją fitoplanktonu co w konsekwencji prowadzi do zwiększonej sedimentacji materii organicznej na dnie morza, co przyczynia się do zwiększenia konsumpcji tlenu. Osłabienie warunków tlenowych (hipoksja) powoduje uwalnianie fosforu z osadów zdeponowanych na dnie morza co dodatkowo wpływa na pulę biogenów w morzu (Conley i in. 2002, 2009, Vahtera i in. 2007).

Inne czynniki biotyczne i abiotyczne takie jak np. zmiana klimatu czy zmiany w wyżeraniu także mają wpływ na biomasę fitoplanktonu.

2. Odniesienie do prawodawstwa, planów działań i celów

Eutrofizacja jest jednym z czterech bloków tematycznych Bałtyckiego Planu Działania (HELCOM BSAP), którego nadrzędnym celem jest Morze Bałtyckie wolne od eutrofizacji (HELCOM 2021). Eutrofizacja w ramach HELCOM BSAP określana jest jako stan, w którym nadmierny dopływ biogenów do środowiska morskiego wpływa na wzmożony wzrost glonów co powoduje zakłócenie równowagi w funkcjonowaniu całego systemu Morza Bałtyckiego.

Ramowa dyrektywa ws. strategii morskiej (RDSM) (Dyrektywa 2008/56/WE) wymaga, aby „do minimum ograniczyć eutrofizację wywołaną przez działalność człowieka, a w szczególności jej niekorzystne skutki, takie jak utrata różnorodności biologicznej, degradacja ekosystemu, szkodliwe zakwity glonów oraz niedobór tlenu w dolnych partiach wód”. „Chlorofil A w słupie wody” jest wymieniony jako element oceny kryterium D5C2 „Stężenia chlorofilu A nie są na poziomach, które wskazują na negatywne skutki nadmiaru substancji biogennych”.

Ramowa dyrektywa wodna (RDW) (Dyrektywa 2000/60/WE) wymaga dobrego stanu ekologicznego wód przybrzeżnych. Dobry stan ekologiczny jest określany zgodnie z RDW w oparciu o jakość elementów biologicznych, charakterystyki hydrologicznej i chemicznej, w tym stężeń chlorofilu a.

Powiązanie wskaźnika z europejskimi aktami prawnymi przedstawiono w Tabela 1.

Tabela 1. Powiązania wskaźnika 'Chlorofil a' z prawodawstwem UE

Wymagania i rekomendacje legislacyjne	
<p>Ramowa Dyrektywa w sprawie Strategii Morskiej (RDSM) (Dyrektywa 2008/56/WE, Dyrektywa 2017/845)</p>	<p>Cecha D5 - Do minimum ogranicza się eutrofizację wywołaną przez działalność człowieka, a w szczególności jej niekorzystne skutki, takie jak utrata różnorodności biologicznej, degradacja ekosystemu, szkodliwe zakwity glonów oraz niedobór tlenu w dolnych partiach wód.</p> <p>Kryterium D5C2 - Stężenia chlorofilu A nie są na poziomach, które wskazują na negatywne skutki nadmiaru substancji biogennych.</p> <p>Wartości progowe są następujące:</p> <ul style="list-style-type: none"> • w odniesieniu do wód przybrzeżnych, wartości ustanowione zgodnie z dyrektywą 2000/60/WE; • poza wodami przybrzeżnymi, wartości spójne z wartościami dla wód przybrzeżnych na podstawie dyrektywy 2000/60/WE. Państwa członkowskie ustanawiają te wartości w ramach współpracy regionalnej lub podregionalnej. <p>Właściwość – Eutrofizacja</p> <p>Element kryterium - Chlorofil A w słupie wody</p>
	<p>Cecha D4 - Wszystkie elementy morskiego łańcucha pokarmowego, w stopniu w jakim są znane, występują w normalnych ilościach i zróżnicowaniu, na poziomie, który w dalszej perspektywie może zapewnić bogactwo gatunków i utrzymanie ich pełnej zdolności reprodukcyjnej</p> <p>Kryterium D4C2 - Równowaga całkowitej liczebności pomiędzy grupami troficznymi nie została naruszona ze względu na oddziaływania antropogeniczne.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Państwa członkowskie ustanawiają wartości progowe w ramach współpracy regionalnej lub podregionalnej. <p>Właściwość – ekosystemy szelfowe</p> <p>Oceniany element – poziomy troficzne: producenci pierwotni strefy pelagicznej</p> <p>Kryterium D4C4 - Wydajność grupy troficznej nie została naruszona ze względu na oddziaływania antropogeniczne.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Państwa członkowskie ustanawiają wartości progowe w ramach współpracy regionalnej lub podregionalnej. <p>Właściwość – ekosystemy szelfowe</p> <p>Oceniany element – poziomy troficzne: producenci pierwotni strefy pelagicznej</p>

Wymagania i rekomendacje legislacyjne	
Bałtycki Plan Działania (HELCOM BSAP)	<p>Segment: Eutrofizacja Cel: "Morze Bałtyckie wolne od eutrofizacji". Cel ekologiczny:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Stężenia biogenów zbliżone do poziomów naturalnych"; • "Czyste wody"; • "Naturalny poziom zakwitów glonów"; • "Naturalne rozmieszczenie i występowanie roślin i zwierząt"; • "Naturalne poziomy tlenu". <p>Cel zarządzania:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Minimalizacja wprowadzania biogenów z działalności człowieka". <p>Osiągnięcie regionalnych celów w zakresie wprowadzania składników pokarmowych - Maksymalne Dopuszczalne Dopyływy (MAI) i Pułapy Dopyływu Biogennych (NIC) - dla wszystkich basenów, jak określono w niniejszym BSAP, jest kluczowym warunkiem wstępnym dla osiągnięcia celów ekologicznych.</p>
	<p>Segment: Działalność na morzu Cel: „Zrównoważona środowiskowo działalność morską” Cel ekologiczny: „Brak lub minimalne zakłócenie bioróżnorodności i ekosystemu” Cel zarządzania:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Minimalizacja wprowadzania biogenów, substancji niebezpiecznych oraz odpadów na skutek człowieka na morzu"; • „Minimalizacja szkodliwych emisji do atmosfery”; • „Zerowa emisja z obiektów na morzu”.
Ramowa Dyrektywa Wodna Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 25 czerwca 2021 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 1475)	Chlorofil a jest jednym ze wskaźników charakteryzujących elementy biologiczne
Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ	<p>Cele zrównoważonego Rozwoju ONZ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cel 14 „Chronić oceany, morza i zasoby morskie oraz wykorzystywać je w sposób zrównoważony”; • Cel 12 „Zapewnić wzorce zrównoważonej konsumpcji i produkcji”; • Cel 13 „Podjąć pilne działania w celu przeciwdziałania zmianom klimatu i ich skutkom”.

3. Powiązanie z presjami

Stężenia chlorofilu a stosowane są jako wartość aproksymująca wielkość biomasy fitoplanktonu w kolumnie wody. Na zwiększenie ilości chlorofilu a wpływ ma dopływ biogenów, czyli jest ona powiązana z wielkością dopływu substancji biogennych z lądu i atmosfery. Ilość fitoplanktonu w kolumnie wody zależy od równowagi pomiędzy jego wzrostem a utratą np. na skutek wyżerania. Ponieważ wzrost fitoplanktonu jest stymulowany przez substancje biogenne, stężenia chlorofilu a wzrastają wraz z dopływem substancji biogennych. Jednakże równoczesny wzrost biomasy zooplanktonu lub innych organizmów żerujących na fitoplanktonie może w pewnym zakresie przeciwdziałać masowemu wzrostowi fitoplanktonu.

Źródła rozproszone stanowią blisko 50% dopływu azotu całkowitego i 56% fosforu całkowitego do Morza Bałtyckiego (HELCOM 2022). W przypadku azotu całkowitego drugim największym źródłem jest depozycja atmosferyczna (24%), a następnie dopływy naturalne (20%) i źródła punktowe (9%). W przypadku fosforu całkowitego to dopływ naturalny stanowi drugie największe źródło dopływu do Bałtyku (20%), następnie źródła punktowe (17%) i depozycja atmosferyczna (7%). Do źródeł punktowych zalicza się działalności takie jak miejskie oczyszczalnie ścieków, oczyszczalnie

przemysłowe i rolnicze. Na źródła rozproszone składają się głównie rolnictwo, gospodarka leśna, rozproszone budynki mieszkalne, czy kanalizacja burzowa.

W rejonie Morza Bałtyckiego zaobserwowano znaczną redukcję dopływu biogenów. Całkowity znormalizowany dopływ azotu został zredukowany o 12%, a fosforu o 28% w pomiędzy okresem referencyjnym (1997-2003), a rokiem 2020 (HELCOM 2023).

Progi maksymalnego dopuszczalnego dopływu (MAI) azotu i fosforu zostały wypełnione w przypadku obszarów Zatoki Botnickiej, Morza Botnickiego, Cieśnin Duńskich oraz Kattegat.

Tabela 2. Powiązania wskaźnika 'Chlorofil a' z typami działalności człowieka oraz presjami z tabel 2a i 2b z Załącznika III do Dyrektywy 2017/845

Rodzaj powiązania	Działalność człowieka: RDSM, Załącznik III, Tabela 2b	Presje antropogeniczne: RDSM, Załącznik III, Tabela 2a
Istotne powiązanie	- Hodowla zasobów żywych; - Transport; - Użytkowanie miejskie i przemysłowe; - Fizyczna zmiana struktury rzek, linii brzegowej i dna morskiego (gospodarka wodna)	- wprowadzanie substancji biogenych – źródła rozproszone, źródła punktowe, depozycja atmosferyczna; - wprowadzanie materii organicznej – źródła rozproszone i źródła punktowe

4. Powiązanie ze zmianą klimatu

Obecny zakres wiedzy nie pozwala na oddzielenie wpływu zmiany klimatu na poziom dopływu substancji biogenych do morza od innych źródeł presji (HELCOM i Baltic Earth 2021). Na poziom substancji biogenych w obszarach morskich największy wpływ mają ich dopływy. Zmiany w zachmurzeniu oraz stratyfikacji w kolumnie wody spowodowały wydłużenie okresu wegetacyjnego fitoplanktonu. Uważa się, iż zmiana klimatu może pogłębiać stratyfikację obszarów morskich, która w konsekwencji wpływać będzie na pogorszenie warunków tlenowych w strefie przydennej oraz zwiększenie wewnętrznych ładunków biogenów (Gustafsson i in. 2012).

Ocena stanu środowiska wód morskich

Obszary otwartego morza

W żadnym z ocenianych obszarów otwartego morza w POM wskaźnik 'Chlorofil a' nie osiągnął dobrego stanu (Tabela 3). Najniższą wyskalowaną wartość wskaźnika (EQRS) wyliczono dla wód Basenu Gdańskiego i wschodniego Basenu Gotlandzkiego, a najwyższą dla Zatoki Pomorskiej. Stężenia chlorofilu a pozostawały zasadniczo stałe w okresie oceny, a największa zmienność wartości pomiędzy latami występowała w obszarach Zatoki Pomorskiej oraz Zatoki Gdańskiej.

Tabela 3. Wartości progowe, bieżące wartości wskaźnika (jako średnia z lat 2016-2021), wartość wyskalowana (EQRS) oraz stan wskaźnika 'Chlorofil a' w basenach otwartego morza. EQRS jest ilościową wartością opisującą stopień eutrofizacji, wyliczaną z wartości progowej oraz wartości bieżącej wskaźnika –dla wartości EQRS $\geq 0,6$ dobry stan został osiągnięty. (dobry stan osiągnięty – kolor zielony, dobry stan nieosiągnięty – kolor czerwony)

Obszar oceny	Wartość progowa ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Wartość średnia 2016-2021 ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Wartość wyskalowana EQRS	Stan środowiska
Basen Bornholmski	1,55	2,37	0,29	
Zatoka Pomorska	2,86	4,21	0,33	
wschodni Basen Gotlandzki	1,9	2,99	0,27	
Basen Gdański	2,2	3,73	0,26	

Trend w ocenie

W przypadku obszarów otwartego morza, z wyjątkiem wód Basenu Bornholmskiego, nie zaobserwowano występowanie trendów w wartościach wskaźnika 'Chlorofil a' (Tabela 4). W wodach Basenu Bornholmskiego zaobserwowano tendencję wzrostu wyskalowanych wartości wskaźnika (EQRS) co sugeruje występowanie poprawy warunków w tym obszarze, jednakże zanotowanie wyższej wartości wskaźnika spowodowane być może również wydzielenie z tego obszaru wód Zatoki Pomorskiej, gdzie notowane stężenia są zdecydowanie wyższe, niż w Basenie Bornholmskim. Zatoka Pomorska w okresie oceny 2011-2016 była jeszcze częścią Basenu Bornholmskiego stąd możliwe są różnice w wynikach oceny wskaźnika pomiędzy okresami oceny.

Tabela 4. Porównanie wartości wskaźnika 'Chlorofil a' i ocen stanu środowiska w latach 2011-2016 i 2016-2021 w obszarach oceny

Obszar oceny	HOLAS II wartość średnia EQRS 2011-2016	HOLAS 3 wartość średnia EQRS 2016-2021	% zmiany EQRS	Zauważalny trend pomiędzy oceną bieżącą i poprzednią
Basen Bornholmski	0,20	0,29	+48%	trend poprawy warunków, spowodowany najprawdopodobniej wyłączeniem z oceny obszaru wód Zatoki Pomorskiej (nadal poniżej dobrego stanu)
Zatoka Pomorska		0,33		pierwsza ocena wskaźnika w obszarze
wschodni Basen Gotlandzki	0,25	0,27	+6%	brak istotnego trendu (nadal poniżej dobrego stanu)
Basen Gdański	0,28	0,26	-8%	brak istotnego trendu (nadal poniżej dobrego stanu)

Jednolite części wód przejściowych i przybrzeżnych

W obszarach JCWP przejściowych i przybrzeżnych wskaźnik osiągnął wartość docelową wskazującą na dobry stan jedynie w JCWP Zatoka Pucka Zewnętrzna (Tabela 5). W pozostałych JCWP wskaźnik nie osiągnął wartości granicznej. Najniższe wyskalowane wartości wskaźnika wskazujące na największą odległość od wartości progowej wyliczono dla JCWP Zalew Wiślany oraz Polskie wody przybrzeżne Basenu Gotlandzkiego. Najwyższą wartości EQRS poza JCWP Zatoka Pucka Zewnętrzna wyliczono dla JCWP Zalew Kamieński co nie przełożyło się jednak na osiągnięcie przez wskaźnik dobrego stanu w tej JCWP.

Tabela 5. Wartości progowe, bieżące wartości wskaźnika (jako średnia z lat 2016-2021), wartość wyskalowana (EQRS) oraz stan wskaźnika 'Chlorofil a' w JCWP przejściowych i przybrzeżnych. EQRS jest ilościową wartością opisującą stopień eutrofizacji, wyliczaną z wartości progowej oraz wartości bieżącej wskaźnika – dla wartości EQRS $\geq 0,6$ dobry stan został osiągnięty. (dobry stan osiągnięty – kolor zielony, dobry stan nieosiągnięty – kolor czerwony)

Obszar oceny	Sezon oceny	Wartość progowa ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Wartość średnia 2016-2021 ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Wartość wyskalowana EQRS – średnia z lat 2016-2021	Stan środowiska
Zalew Wiślany	rok	23,2	69,57	0,12	
Zalew Szczeciński	rok	20	29,04	0,36	
Zalew Kamieński	rok	20	23,64	0,52	
Zalew Pucki	rok	2	4,24	0,22	
Zatoka Pucka Zewnętrzna	lato	3,76	3,83	0,60	
Zatoka Gdańska Wewnętrzna	lato	3,76	6,48	0,33	
Ujście Wisły Przekop	lato	5,5	9,6	0,27	
Półwysep Hel	lato	1,9	3,06	0,34	
Polskie wody przybrzeżne Basenu Gotlandzkiego	lato	1,9	5,81	0,16	
Polskie wody przybrzeżne Basenu Bornholmskiego	lato	1,9	4,49	0,20	

Obszar oceny	Sezon oceny	Wartość progowa ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Wartość średnia 2016-2021 ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Wartość wyskalowana EQRS – średnia z lat 2016-2021	Stan środowiska
Polskie wody przybrzeżne Zatoki Pomorskiej	lato	3,15	6,97	0,24	

Trend w ocenie

Porównując okres bieżącej oceny (2016-2021) z okresem aktualizacji oceny wstępnej (2011-2016) nie zaobserwowano zmiany w klasyfikacji stanu obszarów JCWP. Poprzez trend w zmianie wartości stężeń wskaźnika rozumiana jest zmiana $\geq 15\%$. W zakresie zmian wartości stężeń zanotowano niekorzystny trend wzrostu stężeń w JCWP Zalew Wiślany i JCWP Zatoka Gdańska Wewnętrzna. W JCWP Zalew Szczeciński, Zalew Pucki oraz Półwysep Hel zaobserwowano spadek stężeń chlorofilu a. W pozostałych JCWP nie zaobserwowano istotnych trendów w wartościach wskaźnika (Tabela 6).

Tabela 6. Porównanie wartości wskaźnika 'Chlorofil a' i ocen stanu środowiska w latach 2011-2016 i 2016-2021 w obszarach oceny

Obszar oceny	Wartość średnia stężenia 2011-2016	Wartość średnia stężenia 2016-2021	% zmiany wartości średniej	Zauważalny trend pomiędzy oceną bieżącą i poprzednią
Zalew Wiślany	51,49	69,57	+35%	istotny negatywny trend ↓ (nadal poniżej dobrego stanu)
Zalew Szczeciński	34,16	29,04	-15%	istotny pozytywny trend ↑ (nadal poniżej dobrego stanu)
Zalew Kamieński	27,43	23,64	-14%	brak istotnego trendu (nadal poniżej dobrego stanu)
Zalew Pucki	5,14	4,24	-17,5%	istotny pozytywny trend ↑ (nadal poniżej dobrego stanu)
Zatoka Pucka Zewnętrzna	3,67	3,83	+4%	brak istotnego trendu (nadal dobry stan)
Zatoka Gdańska Wewnętrzna	4,9	6,48	+32%	istotny negatywny trend ↓ (nadal poniżej dobrego stanu)
Ujście Wisły Przekop	10,73	9,6	-10%	brak istotnego trendu (nadal poniżej dobrego stanu)
Półwysep Hel	3,6	3,06	-15%	istotny pozytywny trend ↑ (nadal poniżej dobrego stanu)
Polskie wody przybrzeżne Basenu Gotlandzkiego	5,75	5,81	+1%	brak istotnego trendu (nadal poniżej dobrego stanu)
Polskie wody przybrzeżne Basenu Bornholmskiego	4,06	4,49	+11%	brak istotnego trendu (nadal poniżej dobrego stanu)
Polskie wody przybrzeżne Zatoki Pomorskiej	8,15	6,97	-14,5%	brak istotnego trendu (nadal poniżej dobrego stanu)

Wiarygodność oceny

Obszary otwartego morza

W obszarach otwartego morza ocena wiarygodności została przeprowadzona zgodnie z przyjętą metodyką polegającą na uśrednieniu wiarygodności przestrzennej, czasowej i precyzji klasyfikacji.

W obszarach POM wiarygodność wskaźnika określono jako wysoką we wszystkich ocenianych basenach.

Wiarygodność czasowa została oceniona jako wysoka we wszystkich obszarach otwartego morza z wyjątkiem obszaru Basen Gdański, któremu przypisano wartość średnią.

Wiarygodność precyzji klasyfikacji oceniona jako wysoką we wszystkich ocenianych obszarach.

Wiarygodność przestrzenna była niska w obszarach Zatoki Pomorskiej i wschodniego Basenu Gotlandzkiego oraz średnia w pozostałych obszarach otwartego morza.

Jednolite części wód przejściowych i przybrzeżnych

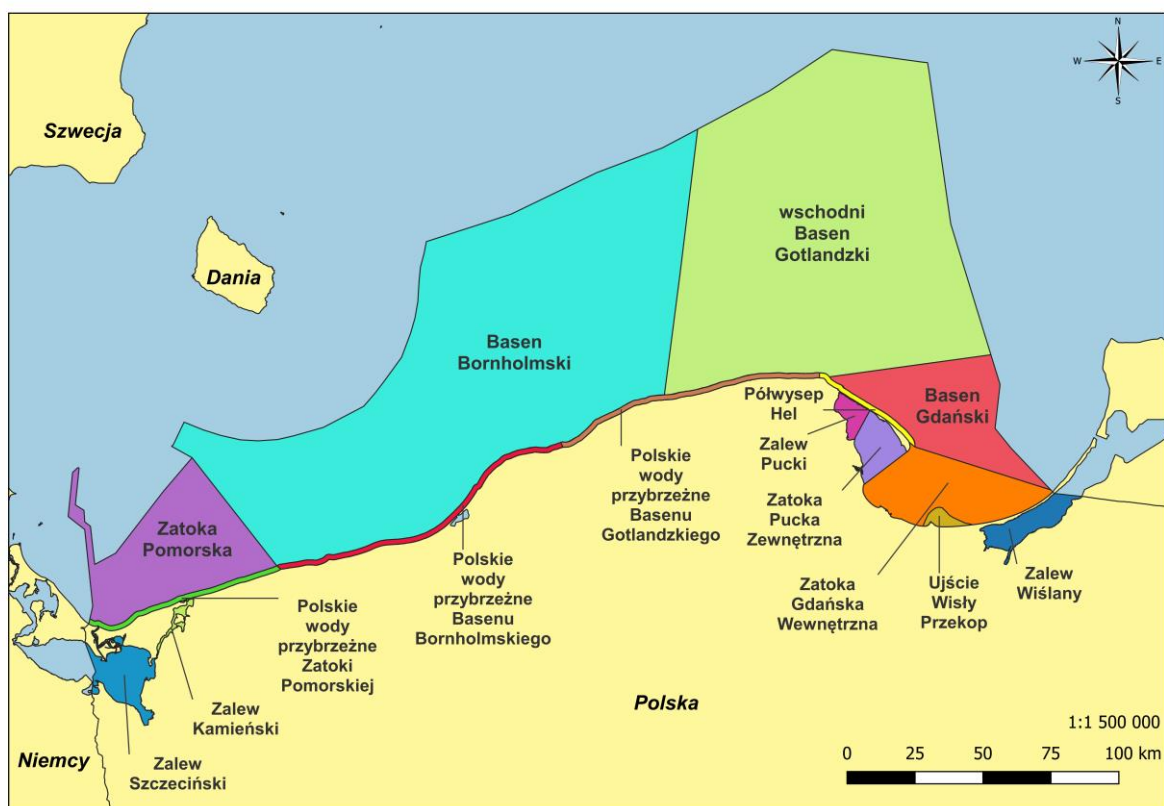
W obszarach wód przejściowych i przybrzeżnych wiarygodność wskaźnika określono jako wysoką we wszystkich obszarach oceny.

Metodyka przeprowadzenia oceny

1. Obszary oceny

Ocena wskaźnika 'Chlorofil a' została przeprowadzona na poziomie L4 podziału HELCOM (HELCOM 2013), co w zakresie eutrofizacji wiąże się z oceną 4 akwenów otwartego morza oraz jednolitych części wód powierzchniowych (Rysunek 2).

Ocena jednolitych części wód powierzchniowych przeprowadzona została w 11 obszarach zgodnie z krajowym podziałem obowiązującym od 2022 roku.



Rysunek 2. Obszary oceny wskaźnika 'Chlorofil a'

2. Opis przeprowadzenia oceny

Obszary otwartego morza

W przypadku obszarów otwartego morza ocena wskaźnika została przyjęta w całości za oceną regionalną HOLAS 3 i zaprezentowana dla obszarów obejmujących POM.

Dane do oceny pochodzą (w zależności od ich dostępności) z i) pomiarów in-situ; ii) pomiarów satelitarnych oraz iii) danych FerryBox. Dane są łączone w postaci średnich wartości rocznych, z zastosowaniem wag uwzględniających dostępność danych i ich wiarygodność.

Wskaźnik wyliczany jest jako średnia wartość stężeń chlorofilu a z okresu lata (czerwiec-wrzesień) w warstwie powierzchniowej (0-10 m) w okresie 2016-2021. Na podstawie zmierzonych wartości oraz

wartości progowej i dopuszczalnego odchylenia (50%) wyliczone zostały współczynniki EQR, które następnie wyskalowano do przedziału 0-1 (EQRS) (Tabela 7).

Tabela 7. Specyfikacja metodyczna wskaźnika 'Chlorofil a' w obszarach otwartego morza

Wskaźnik	'Chlorofil a'
Odpowiedź na wpływ eutrofizacji	pozytywna
Parametry	stężenie chlorofilu a ($\mu\text{g l}^{-1}$)
Źródło danych	Dane monitoringowe dostarczone przez państwa członkowskie HELCOM i przechowywane w bazie HELCOM w ICES (www.ices.dk)
Okres oceny	2016 – 2021
Sezon oceny	Lato = czerwiec + lipiec + sierpień + wrzesień
Głębokość	Powierzchnia: Dane in-situ: wartość średnia z warstwy 0-10 Dane FerryBox: 3-5 m
Usuwanie wartości odstających	Odpowiedzialność dostawcy danych
Usuwanie zbliżonych obserwacji	Nie usunięto zbliżonych obserwacji
Ocena na poziomie wskaźnika (ES)	<p>Wartość średnia z rocznych średnich wartości z okresu czerwiec-wrzesień w oparciu o:</p> <ul style="list-style-type: none"> - dane in-situ z bazy HELCOM COMBINE; - dzienne obserwacje satelitarne - dane FerryBox. <p>Ostatecznie wartość ES wyliczana jest jako średnia z wartości rocznych wskaźnika wyliczonych na podstawie każdego rodzaju danych z wykorzystaniem następujących współczynników wagowych, które w przypadku obszarów POM wynoszą 0,55 dla pomiarów in-situ oraz 0,45 dla pomiarów satelitarnych.</p> <p>Wartość ES z pomiarów in-situ to średnia arytmetyczna z pomiarów w obszarze oceny w określonym sezonie i roku.</p> <p>Wartość ES z pomiarów satelitarnych to średnia geometryczna danych z komórek grid w obszarze oceny w analizowanym sezonie i roku.</p>
Eutrophication quality ratio (EQR)	<p>$EQR = \text{wartość najwyższa} / \text{wartość zmierzona}$, Gdzie, $\text{Wartość najwyższa} = ET / (1 + ACDEV / 100)$ $ET = \text{wartość graniczna}$.</p> <p>ACDEV= dopuszczalne odchylenie: 50 % Ostatecznie obliczono wartości EQRS jako wyskalowane do 5 klas o szerokości 0,2 każda. Wartości EQRS $\geq 0,6$ wskazują na dobry stan środowiska (GES)</p>
Wiarygodność wskaźnika	<p>Ocena wiarygodności dla wskaźników eutrofizacji jest uwzględniona w HEAT i obejmuje aspekty wiarygodności czasowej, przestrzennej i precyzji. Ogólna metodyka oceny wiarygodności opisana jest w dokumencie 4.2 IN-Eutrophication 16-2020, a aktualizacje opisane są w dokumentach 4J-80 State & Conservation 14-2021 oraz 4-2 EG-Eutrophication 20-2021. Kod R jest dostępny za pośrednictwem strony https://github.com/ices-tools-prod/HEAT</p> <p>Wiarygodność jest liczona oddzielnie dla każdego typu danych, a o ostatecznej wiarygodności wskaźnika decyduje średnia ważona z zastosowaniem identycznych współczynników do wykorzystanych przy ocenie stanu wskaźnika.</p>

Jednolite części wód przejściowych i przybrzeżnych

Dla JCWP przejściowych i przybrzeżnych ocena została wyliczona z rocznych wartości wskaźnika w JCWP przejściowych i przybrzeżnych.

W zależności od JCWP wskaźnik wyliczany jest jako średnia wartość stężeń chlorofilu a z okresu lata (czerwiec-wrzesień) bądź z całego roku w warstwie powierzchniowej (0-10 m) w okresie 2016-2021.

Dla wskaźnika, w każdym obszarze oceny, z wartości rocznych obliczona została wartość znormalizowana (EQR) Wartość wskaźnika EQR opisuje stosunek wartości zmierzonej do wartości progowej. Wskaźnik EQR wylicza się z wartości progowych zgodnie z przedstawioną procedurą:

$$EQR = \frac{\text{Wartość najwyższa [BEST]}}{\text{Wartość zmierzona [ES]}}, \text{ gdzie}$$

$$\text{Wartość najwyższa [BEST]} = \frac{\text{Wartość graniczna [ET]}}{\left(1 + \frac{ACDEV}{100}\right)}, \text{ gdzie}$$

ACDEV – dopuszczalne odchylenie dla wskaźnika ‘Chlorofil a’ wynoszące 50%.

Znormalizowane wartości roczne są skalowane do wartości EQRS mieszczącej się w zakresie 0-1. Z wyskalowanych wartości rocznych wyliczana jest następnie wartość wskaźnika z okresu 2016-2021. **Wartość EQRS większa od 0,6 traktowana jest jako dobry stan w rozumieniu RDSM.**

3. Wartości progowe

Ocena stanu wskaźnika przeprowadzana jest w odniesieniu do wartości progowej. Wartości progowe w basenach otwartego morza zostały opracowane w ramach projektu TARGREV (HELCOM 2013a), projekcie EUTRO PRO (HELCOM 2009) oraz krajowych pracach prowadzonych w ramach RDW. Ostateczne wartości progowe zostały ustalone na podstawie prac grup eksperckich ds. eutrofizacji HELCOM i zaakceptowane na forum grupy HELCOM Heads of Delegations (HOD) 39/2012. Zasadniczo wartości progowe nie uległy zmianie, jednakże w przypadku nowo wydzielonego obszaru Zatoki Pomorskiej w ramach projektu HOLAS 3 opracowano nowe wartości w oparciu o wartości dla Basenu Bornholmskiego, które następnie zostały zaakceptowane na spotkaniu HELCOM HOD 61-2021 (Tabela 8).

Wartości progowe dla wód przejściowych i przybrzeżnych pochodzą z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. 2021 poz. 1475) (Tabela 9).

Tabela 8. Wartości progowe dla wskaźnika ‘Chlorofil a’ w obszarach otwartego morza

Nazwa obszaru	Wartość progowa [$\mu\text{g l}^{-1}$]
Basen Bornholmski	1,55
Zatoka Pomorska	2,86
wschodni Basen Gotlandzki	2,20
Basen Gdański	1,90

Tabela 9. Wartości progowe dla wskaźnika ‘Chlorofil a’ w wodach przejściowych i przybrzeżnych

Nazwa JCWP	Wartość progowa [$\mu\text{g l}^{-1}$]	
	Rok	VI-IX
Zalew Wiślany	23,2	-
Zalew Szczeciński	20	-
Zalew Kamieński	20	-
Zalew Pucki	2	-
Zatoka Pucka Zewnętrzna	-	3,76
Zatoka Gdańska Wewnętrzna	-	3,76
Ujście Wisły Przekop	-	5,5
Półwysep Hel	-	1,9
Polskie wody przybrzeżne Basenu Gotlandzkiego	-	1,9
Polskie wody przybrzeżne Basenu Bornholmskiego	-	1,9
Polskie wody przybrzeżne Zatoki Pomorskiej	-	3,15

4. Metodyka oceny wiarygodności

Obszary otwartego morza

Ogólna ocena wiarygodności wskaźnika wyliczana jest jako średnia z wiarygodności czasowej, przestrzennej i wiarygodności precyzji oceny. Dla każdego typu danych ocena wiarygodności liczona jest z zastosowaniem tych samych kryteriów. Kryteria oceny wiarygodności czasowej przedstawiono poniżej (Tabela 10).

Tabela 10. Kryteria oceny wiarygodności czasowej

Klasa wiarygodności	Kryteria oceny ogólnej wiarygodności czasowej	Kryteria oceny specyficznej wiarygodności czasowej
Wysoka (100)	Ocena została wykonana w oparciu o > 20 obserwacji wykonanych w ciągu roku w danym okresie oceny	0 brakujących miesięcy w ocenie rocznej
Średnia (50)	Ocena została wykonana w oparciu o 7 -20 obserwacji wykonanych w ciągu roku w danym okresie oceny	1 brakujący miesiąc na rok
Niska (0)	Ocena została wykonana w oparciu o < 7 obserwacji wykonanych w ciągu roku w danym okresie oceny	≥ 2 brakujące miesiące na rok

Jeżeli specyficzna wiarygodność czasowa jest wysoka (100) w przynajmniej połowie lat z ocenionego okresu to jest też określana jako wysoka (100) dla okresu oceny. Całkowita wiarygodność czasowa jest wartością średnią z wiarygodności czasowej ogólnej oraz specyficznej.

Kryteria oceny wiarygodności przestrzennej przedstawiono poniżej (Tabela 11).

Tabela 11. Kryteria oceny wiarygodności przestrzennej

Klasa wiarygodności	Kryteria oceny wiarygodności przestrzennej
Wysoka (100)	Komórki grid w których dokonywano pomiarów obejmują > 80% obszaru oceny
Średnia (50)	Komórki grid w których dokonywano pomiarów obejmują 60 - 80% obszaru oceny
Niska (0)	Komórki grid w których dokonywano pomiarów obejmują < 60% obszaru oceny

Klasyfikacja precyzji odnosi się od oceny prawdopodobieństwa właściwej klasyfikacji (określenia czy wskaźnik jest poniżej czy powyżej wartości progowej dobrego stanu). Kryteria związane z oceną precyzji przedstawiono poniżej (Tabela 12).

Tabela 12. Kryteria oceny wiarygodności precyzji

Klasa wiarygodności	Kryteria oceny wiarygodności precyzji
Wysoka (100)	GES został/nie został osiągnięty z ≥ 90 % prawdopodobieństwem
Średnia (50)	GES został/nie został osiągnięty z 70 - < 90 % prawdopodobieństwem
Niska (0)	GES został/nie został osiągnięty z < 70 % prawdopodobieństwem

Jednolite części wód przejściowych i przybrzeżnych

W obrębie JCWP przejściowych i przybrzeżnych ocena wiarygodności została przeprowadzona metodą ekspercką w oparciu o analizę liczby lat monitoringu wskaźnika w okresie oceny (Tabela 13).

Tabela 13. Kryteria oceny wiarygodności wskaźnika 'Chlorofil a' w JCWP przejściowych i przybrzeżnych

Klasa wiarygodności	Liczba lat monitoringu wskaźnika w okresie oceny
Wysoka (100)	5 - 6
Średnia (50)	3 - 4
Niska (0)	1 - 2

5. Źródła danych

Ocena obszarów otwartego morza została przeprowadzona w oparciu o zaraportowane do bazy HELCOM w ICES, dane wszystkich krajów członkowskich. Baza zawiera dane pozyskane w ramach realizacji PMŚ. Dane zostały zweryfikowane przez ekspertów wszystkich krajów członkowskich.

Dane satelitarne zostały wyliczone i zwalidowane w Fińskim Instytucie Środowiska (SYKE) i są przechowywane w bazie danych do oceny eutrofizacji w ICES.

W obszarach wód przejściowych i przybrzeżnych ocena została przeprowadzona z wykorzystaniem wyników ocen wskaźnika jakości RDW – Chlorofil a' . (Tabela 14).

Tabela 14. Źródła danych oceny wód przejściowych i przybrzeżnych

RDW	dane PMŚ, realizowanego zgodnie z wymaganiami RDW w jednolitych częściach wód przybrzeżnych i przejściowych; monitoring prowadzony przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
-----	--

Link do danych HOLAS 3:

<https://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/5326090b-6414-4070-a003-1e6f098b2908>

FerryBox:

<https://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/df7be781-5581-4b27-8c0b-23fa69bb3474>

Dane satelitarne:

<https://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/d67a75cf-12cc-4acf-9049-8359b8d8bffb>

6. Link do wskaźnika regionalnego HELCOM

<https://indicators.helcom.fi/indicator/chlorophyll/>

Autorzy

Na podstawie raportu wskaźnika regionalnego:

Wojciech Kraśniewski, Michał Iwaniak, Natalia Drgas, Kamil Wawryniuk - Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Literatura

Bałtycki Plan Działania (HELCOM BSAP) <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/10/Baltic-Sea-Action-Plan-2021-update.pdf>

Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ <http://www.un.org.pl/>

Conley D.J., Björck S., Bonsdorff E., Carstensen J., Destouni G., Gustafsson B.G., Hietanen S., Kortekaas M., Kuosa H., Meier M., Müller-Karulis B., Nordberg K., Nürnberg G., Norkko A., Pitkänen H.; Rabalais N.N., Rosenberg R., Savchuk O.P., Slomp C.P., Voss M., Wulff F., Zillén L., 2009. Hypoxia-related processes in the Baltic Sea. Environ. Sci. Technol. 43, 3412–3420

DYREKTYWA 2000/60/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej

DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2008/56/WE z dnia 17 czerwca 2008 r. ustanawiająca ramy działań Wspólnoty w dziedzinie polityki środowiska morskiego (dyrektywa ramowa w sprawie strategii morskiej)

DYREKTYWA KOMISJI (UE) 2017/845 z dnia 17 maja 2017 r. zmieniająca dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/56/WE w odniesieniu do przykładowych wykazów elementów branż pod uwagę przy opracowaniu strategii morskich

Gustafsson B.G., Schenk F., Blenckner T., Eilola K. i in., 2012. Reconstructing the Development of Baltic Sea Eutrophication 1850–2006. *Ambio* 41, str. 534-548

HELCOM, 2009. Eutrophication in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment and eutrophication in the Baltic Sea region. *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 115B

HELCOM, 2013. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2020/02/Monitoring-and-assessment-strategy.pdf>

HELCOM, 2013a. Approaches and Methods for Eutrophication Target Setting in the Baltic Sea Region. *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 133

HELCOM, 2021. HELCOM Baltic Sea Action Plan– 2021update. <https://helcom.fi/baltic-sea-action-plan/>

HELCOM, 2022. Assessment of sources of nutrient inputs to the Baltic Sea in 2017. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2022/12/PLC-7-Assessment-of-sources-of-nutrient-inputs-to-the-Baltic-Sea-in-1-2017.pdf>

HELCOM, 2023. Inputs of nutrients to the sub-basins (2020). HELCOM core indicator report. Online. [07.07.2023], [<https://indicators.helcom.fi/indicator/inputs-of-nutrients/>]

HELCOM i Baltic Earth, 2021. “Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings N°180.” <https://doi.org/ISSN:0357-2994>

Vahtera E., Conley D.J., Gustafsson B.G., Kuosa H., Pitkänen H., Savchuk O.P., Tamminen T., Viitasalo M., Voss M., Wasmund N., Wulff F., 2007. Internal ecosystem feedbacks enhance nitrogen-fixing cyanobacteria blooms and complicate management in the Baltic Sea. *Ambio* 36:186-194

RM z 13.08.2021 (Dz.U. z 2021 r. poz. 1475) - ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej