

Innovation in Climate
INNO
EDU
CO₂ Change Education

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



**PLAN SZKOLENIA Z
PRZEWODNIKIEM
METODYCZNYM DLA
NAUCZYCIELI
E-INNOEDUCO2**



ALEXANDRU IOAN CUZA
UNIVERSITY of IAȘI

AUTORZY

Francisco Sónora Luna (Koordynacja. Moduły II i III - Uniwersytet w Santiago de Compostela)

Carlota Barañano (Koordynacja naukowa, personel naukowy, Moduł I - Uniwersytet w Vigo)

Emilio Fernández Suárez (Koordynacja naukowa, personel naukowy, Moduł I - Uniwersytet w Vigo)

Gabriel-Ionuț Plavan (Morze Czarne - Uniwersytet "Alexandru Ioan Cuza" w Iași)

Mircea Nicoară (Morze Czarne - Uniwersytet "Alexandru Ioan Cuza" w Iași)

Barbara Przygodzka (Morze Bałtyckie- XXVI Liceum Ogólnokształcące w Łodzi)

SPRAWDZANIE I POPRAWIANIE DOWODÓW

Aitor Alonso Méndez (IES Lope de Vega)

DESIGN

Cíntia Alves (Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro - Uniwersytet w Aveiro)

TŁUMACZENIE

Carmen Marques (Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro - Uniwersytet w Aveiro)

Tomasz Siuta (XXVI Liceum Ogólnokształcące w Łodzi)

DOKUMENTACJA MORZA BAŁTYCKIEGO

XXVI Liceum Ogólnokształcące w Łodzi (Polska)

DOKUMENTACJA MORZA CZARNEGO

Uniwersytet Alexandru Ioan Cuza din Iasi (Rumunia)

ILUSTRACJA

Jorge Villanueva

Iván Rodríguez Arós z "Esfenodón"

FOTOGRAFIA

Pedro García Losada

Platformy Freepik i Pixabay

Zrzeczenie się odpowiedzialności Wsparcie Komisji Europejskiej dla niniejszej publikacji nie stanowi poparcia dla jej treści, które odzwierciedlają jedynie poglądy autorów, a Komisja nie może być pociągana do odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie zawartych w niej informacji.

ISBN:

Pod redakcją: Edicións USC © Universidade de Santiago de Compostela, 2023

E-InnoEduCO₂ | ONE HEALTH e-learning szkolna edukacja naukowa | 2020-1-ES01-KA226-SCH-095765

INDEKS

MODUŁ 1: PLAN SZKOLENIA Z PODSTAW NAUKOWYCH Z PRZEWODNIKIEM METODOLOGICZNYM

1. Kontekst środowiskowy

- 1.1 Zdrowie ekosystemów i dobrostan ludzi
- 1.2 Struktura, funkcja, usługi i korzyści ekosystemu
- 1.3 Wpływ antropogeniczny i degradacja usług ekosystemowych

2. Ekosystemy trawy morskiej

- 2.1 Czym są łąki traw morskich?
- 2.2 Ewolucja i adaptacje morskich roślin nagonasiennych
- 2.3 Reprodukcja
- 2.4 Usługi ekosystemowe trawy morskiej
- 2.5 Wpływ i zagrożenia

3. Studia przypadków

- 3.1 Region napływu północno-zachodniego Atlantyku (Galicja)
 - 3.2.1 Cechy oceanograficzne
 - 3.2.2 Siły napędowe i presja antropogeniczna
 - 3.2.3 Północno-zachodni Atlantyk: wysoka produktywność i eksploatacja zasobów morskich
 - 3.2.4 Eksploatacja zasobów i utrata usług ekosystemowych przez trawy morskie
- 3.2 Morze Bałtyckie
 - 3.1.1 Cechy oceanograficzne
 - 3.1.2 Morze Bałtyckie: procesy eutrofizacji
 - 3.1.3 Eutrofizacja i utrata funkcji ekosystemu przez trawy morskie
- 3.3 Morze Czarne
 - 3.3.1 Cechy oceanograficzne
 - 3.3.2 Siły napędowe i presja antropogeniczna
 - 3.3.3 Infrastruktura przybrzeżna i utrata usług ekosystemu trawy morskiej

MODUŁ 2: BADANIA NAUKOWE NA POTRZEBY DYDAKTYKI

1. Opis potencjału wykazania zdolności trawy morskiej do poprawy zdrowia ludzkiego

1.1 Prawdziwy problem 1: Czy Zostera może pomóc w redukcji toksyn powodowanych przez czerwone przypływy?

1.2 Prawdziwy problem 2: Czy inwazyjne glony z trawy morskiej mogą wpływać na hamującą aktywność bruzdnic?

1.3 Prawdziwy problem 3: y Zostera może pomóc w redukcji bakterii chorobotwórczych?

2. Opis potencjału argumentacji dotyczącej wpływu sekwestracji węgla przez murawy Zostera (funkcja niebieskiego węgla) na łagodzenie zmian klimatu

2.1 Prawdziwe zagadnienie 4: Czy obszary roślinne chronione przed połowami skorupiaków w górnej części testowej strefy międzypływowej (Ría de Muros i Noia) mają większą zdolność do wychwytywania materii organicznej niż obszary niechronione?

MODUŁ 3: PRZEWODNIK NAUCZANIA ARGUMENTACJI W SZKOLNYCH ANKIETACH NAUKOWYCH DOTYCZĄCYCH REAKCJI NA ZMIANY GLOBALNE

1. Rozwój prac terenowych

1.1 Kontekstualizacja dla wiedzy usytuowanej

1.2 Organizacja działalności eksperymentalnej

1.3 Obfitość i różnorodność fauny, liczba stóp Zostera, które pozwolą na laboratoryjne obliczenie biomasy (suchej masy)

1.4 Obfitość zostera: zasięg

2. Rozwój działalności laboratoryjnej

2.1 Przetwarzanie i wyniki różnorodności biologicznej i biomasy zebranej w workach

2.2 Wyniki dotyczące materii osadowej na powierzchniach porośniętych i nieporośniętych roślinnością na górnym, środkowym i dolnym poziomie.

MODUŁ 3: PRZEWODNIK NAUCZANIA ARGUMENTACJI W SZKOLNYCH ANKIETACH NAUKOWYCH DOTYCZĄCYCH REAKCJI NA ZMIANY GLOBALNE

3. Argumentacja w poolingu

3.1 Kontekst wymiany informacji

3.2 Dane i ich analiza

3.3 Analiza wyników uzyskanych z notatek terenowych

3.3.1 Argumentowanie i modelowanie związku między pokryciem użytków zielonych a bioróżnorodnością

3.3.2 Argumentacja i modelowanie zdolności filtracyjnej i jej związku z pH

3.3.3 Argumentacja i modelowanie zdolności użytków zielonych do pochłaniania CO₂

3.4 Wnioski

BIBLIOGRAFIA

MÓDULO 1: NAUKOWY PLAN TRENINGOWY Z PRZEWODNIKIEM METODOLOGICZNYM

Ten plan szkoleniowy jest podzielony na dwie części, pierwsza część zawiera podstawy naukowe do transpozycji dydaktycznej, przewodnik metodologiczny wyrażający dydaktyczną transpozycję tych podstaw naukowych.

Ta ścieżka szkoleniowa opiera się na koncepcjach struktury ekosystemu jako determinanty funkcji ekosystemu i świadczenia usług ekosystemowych, zwanych również korzyściami pochodzącymi z natury. Koncentruje się na związku między świadczeniem usług ekosystemowych, zdrowiem tych ekosystemów i korzyściami dla dobrostanu ludzi, w tym zdrowia ludzkiego.

Jest on podzielony na cztery główne sekcje:

1. Kontekst ekologiczny,
2. Ekosystemy trawy morskiej,
3. Trzy studia przypadków: Northwest Atlantic Upwelling, Morze Bałtyckie, Morze Czarne
4. Opis działań szkoleniowych dla każdego studium przypadku

1. KONTEKST ŚRODOWISKOWY

1.1 ZDROWIE EKOSYSTEMU I DOBROBYT CZŁOWIEKA

Przekonanie, że osiągnięcie zadowalającego poziomu zdrowia w dzisiejszych społeczeństwach ludzkich wymaga interdyscyplinarnego, a zatem złożonego podejścia, stało się szczególnie rozpowszechnione w ostatnich dziesięcioleciach. Koncepcja "One Health" stała się centralnym elementem polityki zdrowia publicznego w większości krajów, zwykle w odpowiedzi na niektóre sytuacje kryzysowe związane ze zdrowiem publicznym, które spowodowały choroby odzwierzęce, takie jak te związane z wirusami H1N1, Ebola lub Zika. Podejście "One Health" ma na celu osiągnięcie optymalnego zdrowia ludzi, zwierząt i środowiska poprzez wspólne wysiłki wielu dyscyplin pracujących w skali lokalnej, krajowej lub globalnej. Choć koncepcja ta stała się obecnie bardzo popularna, nie można jej uznać za nową. Już w XIX wieku niemiecki patolog Rudolf Virchow wykazał zainteresowanie związkiem między medycyną ludzką a weterynaryjną, tworząc termin "zoonoza".

Kilka dekad później, w 1964 roku, dr Calvin Schwabe użył terminu "One medicine" w swoim podręczniku medycyny weterynaryjnej i ludzkiej. Jednak to na przełomie XXI wieku, w 2004 roku, opublikowano Dwanaście Zasad Manhattanu, głosząc potrzebę interdyscyplinarnego podejścia do zapobiegania chorobom, w tym przenoszenia chorób między ludźmi, zwierzętami i środowiskiem naturalnym. Od tego czasu wiele wydarzeń naznaczyło rozwój tej koncepcji, czego kulminacją było opublikowanie w 2008 roku dokumentu "Contributing to "One World, One Health: A Strategic Framework for Reducing Infectious Disease Risks at the Interface between Animals, Humans and Ecosystems", zatwierdzonego przez przedstawicieli ponad 120 krajów oraz 26 organizacji międzynarodowych i regionalnych. Od tego przełomowego momentu rozwój koncepcji i wdrażanie jej zastosowania przebiegało w szerokim porozumieniu między krajami. Deklaracja z Hanoi, Trójstronna Koncepcja oraz zalecenia Organizacji Narodów Zjednoczonych, Banku Światowego i Unii Europejskiej są tego przykładami.



Podjęcie ONE HEALTH (Źródło: ISGlobal)

Środowisko odgrywa kluczową rolę w chorobach przenoszonych przez zwierzęta. Działa jako rezerwar, w którym substancje gromadzą się i są transportowane oraz pośredniczy w przenoszeniu chorób na ludzi. Istnieje zatem coraz więcej dowodów wskazujących na kluczową rolę środowiska w fizycznym i psychicznym dobrostanie ludzi. Podejście "Jedno zdrowie" opiera się zatem na triadzie zdrowia ludzi, zdrowia zwierząt i zdrowia ekosystemu, z których ostatni termin jest najczęściej zapominany, o czym świadczy jego nieobecność w znacznej liczbie dokumentów politycznych, choć szybko się to zmienia. Istotna rola środowiska w koncepcji "One Health" stała się oczywista dzięki badaniu dwóch zjawisk, które stają się dziś szczególnie widoczne: oporności na antybiotyki i zmian klimatu. Przypadek zmian klimatycznych jest w tym kontekście paradygmatyczny, ponieważ zagrażają one integralności żywych systemów, powodując zmiany w cyklach życiowych patogenów, ich wektorów i organizmów żywicielskich, sprzyjając rozwojowi nowych pojawiających się chorób roślin i zwierząt, sprzyjając kaskadom troficznym, wpływając na interakcje międzygatunkowe i poprzez zdolność do zmiany siedlisk. W związku z tym staje się jasne, że podejście "Jedno zdrowie" wymaga dogłębnego zrozumienia funkcjonowania ekosystemu, w tym struktury fizycznej, różnorodności biologicznej, dynamiki czasowej i przestrzennej, interakcji między gatunkami, pętli sprzężenia zwrotnego między gatunkami a środowiskiem oraz przepływów materiałów i energii.

Przez tysiąclecia naturalne systemy pomagały zapewnić odpowiednie warunki dla rozwoju wielu upraw, dostarczając żywność, wodę i energię lub usuwając odpady. Jednak sama działalność człowieka wpłynęła na ekosystemy w taki sposób, że związek między środowiskiem a zdrowiem zwierząt i ludzi został zerwany przez procesy antropogeniczne, które powodują degradację ekosystemów, takie jak zmiany w użytkowaniu gruntów. Utrata różnorodności biologicznej lub zmiana klimatu i zanieczyszczenie.

Osiągnięcie właściwej równowagi między rozwojem społeczno-gospodarczym a ochroną środowiska stało się kluczowym celem dla osiągnięcia dobrego stanu środowiska z perspektywy "One Health".

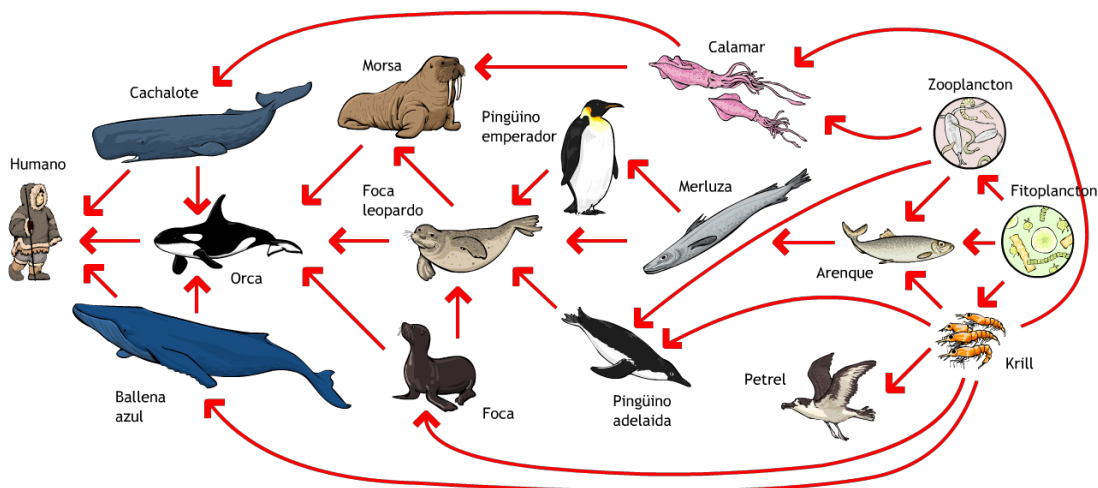
1.2 STRUKTURA, FUNKCJA, USŁUGI I KORZYŚCI EKOSYSTEMU

Od najwcześniejszych chwil istnienia społeczeństw ludzkich na Ziemi, wchodzili oni w interakcje ze swoim środowiskiem, aby zaspokoić swoje potrzeby w zakresie żywności, schronienia, a nawet kultury lub świętych rytuałów. W ostatnich dziesięcioleciach połączenie wzrostu populacji ludzkiej i, co ważniejsze, rozwoju technologicznego, który wygenerował ten gatunek, doprowadziło do ogromnego wzrostu jego zdolności do przekształcania środowiska. Obecnie około trzy czwarte powierzchni Ziemi zajmują terytoria zarządzane przez człowieka, czy to grunty rolne, lasy, obszary mieszkalne itp. Dlatego coraz bardziej konieczne jest podejście do roli człowieka w przyrodzie z holistycznej perspektywy, biorąc pod uwagę nie tylko bezpośredni wpływ człowieka na ekosystemy, ale także złożoną sieć interakcji, które leżą u podstaw ich funkcjonowania. Zrozumienie sposobu funkcjonowania ekosystemów oraz ocena usług i korzyści z nich płynących jest obecnie niezbędna, jeśli mamy zarządzać naszą obecnością na planecie z perspektywy "jednego zdrowia".

Ekosystem jest strukturalną i funkcjonalną jednostką ekologii, w której organizmy wchodzi w interakcje ze sobą i z otaczającym je środowiskiem fizycznym. Każdy ekosystem składa się z komponentu fizycznego, tak zwanego biotopu, tj. wody, gleby, osadów, powietrza itp. Na szczycie tej fizycznej struktury wspierającej znajduje się komponent biologiczny, biocenoza, składająca się z żywych organizmów, które pogrupowane w populacje różnych gatunków tworzą społeczności.

Ekosystem można scharakteryzować na podstawie zmiennych, które dostarczają informacji o jego stanie. Tak więc, w przypadku komponentu fizycznego, zmienne takie jak temperatura, zasolenie, zmętnienie, wilgotność itp. umożliwiają określenie warunków środowiskowych, w których rozwijają się organizmy żywe. Stan populacji i zbiorowisk można również scharakteryzować za pomocą zmiennych, takich jak liczebność, wielkość lub struktura wiekowa, tempo wzrostu populacji, struktura przestrzenna, bogactwo gatunkowe lub różnorodność ekologiczna. Wszystkie te zmienne pozwalają opisać strukturę ekosystemów, dostarczając wiedzy, która, choć bardzo ważna, tylko częściowo ilustruje rzeczywistość tych ekosystemów.

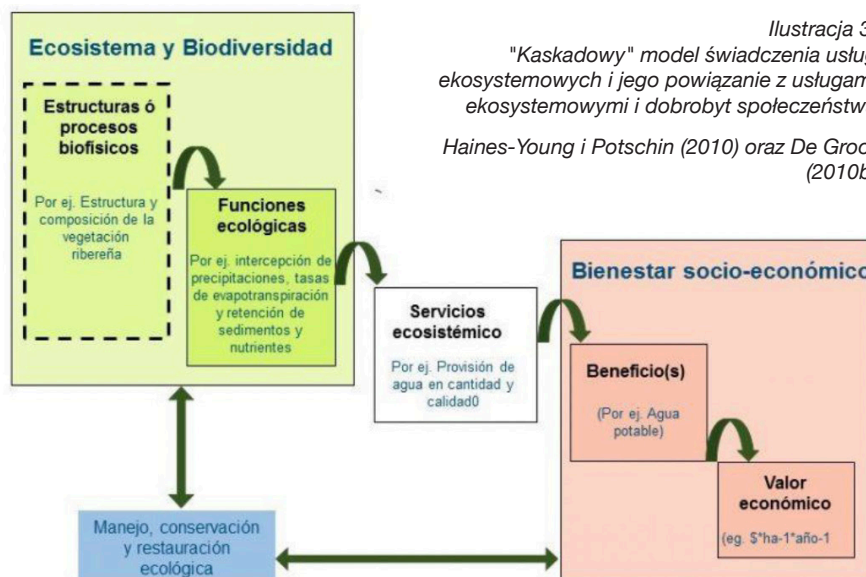
Z jednej strony, gatunki tworzące społeczność biologiczną nie są statycznymi częściami mechanizmu ekosystemu. Wręcz przeciwnie, każda z tych części wchodzi w interakcje z innymi poprzez szeroki zakres procesów znanych jako relacje międzygatunkowe, w tym konkurencję, drapieżnictwo, facylitację, mutualizm i pasożytnictwo. Z drugiej strony, społeczność biologiczna ekosystemu, podobnie jak każde zgrupowanie żywych istot, wymaga ciągłego przepływu energii, który prowadzi do syntezy zredukowanych związków organicznych z materii nieorganicznej, czasem utlenionej, oraz cyrkulacji tej materii poprzez sieci interakcji opartych na procesach drapieżnictwa lub degradacji martwej materii organicznej. Takie podejście do badania ekosystemów obejmuje również zmienne, które ilustrują ich funkcjonowanie. Obejmują one produkcję pierwotną, która reprezentuje tempo produkcji materii organicznej przez organizmy fotosyntetyzujące, produkcję wtórną, tj. tempo produkcji materii organicznej przez organizmy heterotroficzne lub tempo remineralizacji, tj. przekształcanie związków organicznych w związki nieorganiczne, głównie związane z działaniem składnika mikrobiologicznego. Zmienne te odnoszą się do funkcji pełnionych przez ekosystemy w wyniku ekologicznych interakcji między żywymi organizmami oraz między żywymi organizmami a środowiskiem fizycznym. Funkcje ekosystemu odnoszą się zatem do procesów, dzięki którym ekosystemy wymieniają materię, energię i informacje ze środowiskiem fizycznym.



Struktura sieci pokarmowej ekosystemu

Istnienie tych funkcji ekologicznych na danym terytorium ma konsekwencje, które można przełożyć na usługi, które z kolei generują korzyści, z których niektóre mają wartość ekonomiczną, podczas gdy inne są odbierane przez społeczeństwo jako wartości. Zgodnie z definicją zawartą w Milenijnej Ocenie Ekosystemów ONZ, usługi ekosystemowe to korzyści, jakie ekosystemy zapewniają ludziom, aby mogli w pełni wykorzystać swój potencjał.

Tak więc, na przykład, jeśli weźmiemy pod uwagę roślinność nadbrzeżną, charakteryzującą się strukturą społeczności, która rozwija szereg procesów biofizycznych, możemy zidentyfikować szereg funkcji ekologicznych, takich jak pobór wody, ewapotranspiracja oraz zatrzymywanie osadów i składników odżywczych. Funkcje te, które działają niezależnie od ludzkich pragnień, skutkują świadczeniem usługi, którą w tym przypadku byłoby dostarczanie wysokiej jakości wody, usługi, która bezpośrednio przekłada się na korzyści dla ludzi w postaci zaopatrzenia w wodę pitną o bezpośredniej wartości ekonomicznej. (Ilustracja 3).



Ilustracja 3:
"Kaskadowy" model świadczenia usług
ekosystemowych i jego powiązanie z usługami
ekosystemowymi i dobrobyt społeczeństwa
Haines-Young i Potschin (2010) oraz De Groot
(2010b)

Działania człowieka mają wpływ na ekosystem, poprzez oddziaływanie na jego strukturę lub funkcje, lub oba te elementy, poprzez jego użytkowanie i zarządzanie. Wpływ ten może stać się negatywny lub pozytywny poprzez regulacje mające na celu ochronę ekosystemów lub wdrażanie działań naprawczych.

Podejście ekosystemowe oparte na analizie świadczenia usług zapewnia zintegrowane spojrzenie na interakcję człowieka z naturą, umożliwiając włączenie wielu elementów leżących u podstaw zależności społeczeństw ludzkich od ekosystemów. W przypadku wielu z tych elementów świadczenie usług jest uważane za oczywiste, jak na przykład w przypadku jakości powietrza lub wody lub zdolności magazynowania dwutlenku węgla, a ich wartość jest generalnie ignorowana.

Ogólnie rzecz biorąc, brane są pod uwagę cztery rodzaje usług ekosystemów: dostarczające, regulujące, wspierające i kulturowe. Usługi zaopatrzeniowe dostarczają określonych produktów, które ludzie pozyskują ze środowiska naturalnego, takich jak drewno, żywność, surowce lub farmaceutyki. Usługi regulacyjne i wspierające odnoszą się do podstawowych procesów, które zapewniają funkcjonowanie ekosystemu, takich jak wymiana gazów między składnikiem biotycznym a atmosferą lub wodą, lub zdolność do oczyszczania szkodliwych związków.

Oba rodzaje usług są czasami określane jako usługi regulacyjne, biorąc pod uwagę trudności z ich rozdzieleniem w wielu przypadkach. Wreszcie, usługi kulturalne to te, które uwzględniają nieodłączne wartości przyrody, walory krajobrazowe, dziedzictwo kulturowe i wszystkie przejawy turystyki w środowisku naturalnym.

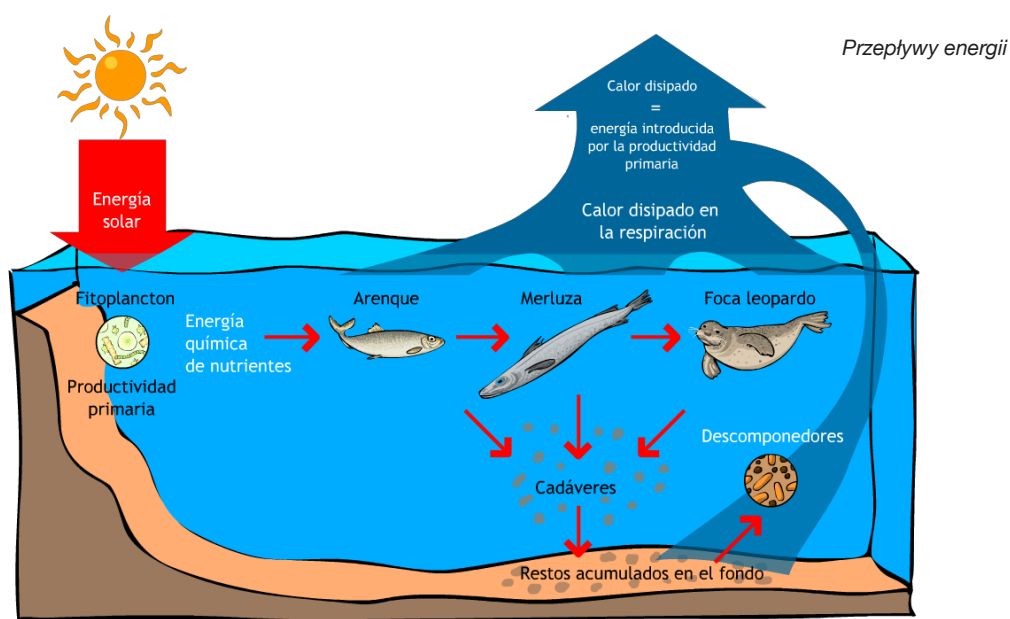
Ilustracja 4. Związek między usługami ekosystemów sklasyfikowane według typologii. Pobrane z WWF



Podejście oparte na usługach ekosystemów umożliwia skuteczniejsze radzenie sobie z różnymi kompromisami, które zwykle muszą być rozwiązywane w napięciu między wykorzystywaniem przyrody dla korzyści człowieka a utrzymaniem jej funkcjonalności.

Ostatnio Międzyrządowa Platforma Naukowo-Polityczna ds. Różnorodności Biologicznej i Funkcjonowania Ekosystemów (IPBES), która może być postrzegana jako odpowiednik IPCC dla różnorodności biologicznej (<https://www.ipbes.net>), zrewidowała ramy koncepcyjne usług ekosystemowych, które narodziły się z Milenijnej Oceny Ekosystemów, aby podkreślić dwa ważne aspekty. Z jednej strony, poprzez uznanie i wzmocnienie centralnej roli kultury w definiowaniu powiązań między ludźmi a naturą, a z drugiej strony, poprzez podniesienie roli wiedzy lokalnej i tubylczej w zrozumieniu relacji między naturą a ludźmi. Z tego przeglądu wyłonił się nowy termin "Nature Contribution to People" (NCP), który jest definiowany jako cały wkład, zarówno pozytywny, jak i negatywny, żywej przyrody (np. różnorodność organizmów, ekosystemów i związanych z nimi procesów ekologicznych i ewolucyjnych) w jakość życia ludzi.

Wpływ człowieka na ekosystemy może mieć bardzo zróżnicowany charakter. Mogą one wpływać na komponent abiotyczny, zmieniając strukturę stałych substratów (gleby, skały, osady) lub płynnych otoczek (obieg wody, jakość wody lub skład atmosfery). Mogą również modyfikować komponent biotyczny, zmieniając jego strukturę, bioróżnorodność, interakcje międzygatunkowe, strukturę troficzną itp. lub jego funkcje, przepływy energii, tempo obiegu materii itp. W każdym z tych przypadków zmiany zachodzące w ekosystemie skutkują pozytywnymi lub negatywnymi modyfikacjami w świadczeniu usług ekosystemowych, a tym samym w potencjalnych korzyściach, jakie ludzie mogą uzyskać z natury.



Zarządzanie ochroną ekosystemów ma na celu utrzymanie ich integralności. Integralność biotyczna jest rozumiana jako obecność wszystkich elementów w ekosystemie w odpowiednim zagęszczeniu, w tym procesów w odpowiednim tempie. Ogólnie rzecz biorąc, odnosi się do stanu ekosystemu w odniesieniu do stanu odniesienia, jego stanu naturalnego. Integralność ekosystemu (czasami określana jako zdrowie ekosystemu) obejmuje termin integralności biotycznej, ale także procesy fizyczne i chemiczne. Ocenia się ją na podstawie funkcji ekosystemu, takich jak produktywność lub wskaźniki remineralizacji. Podejście to nie zaczyna się od statycznej perspektywy, w której ekosystem nie zmienia się w czasie lub przestrzeni, ale obejmuje zmienność przestrzenno-czasową jako składnik samej integralności ekosystemu. Nawet wpływy antropogeniczne, o ile ludzie są częścią biotycznego składnika ekosystemu, można uznać za część jego dynamiki.

Z tej perspektywy, gdy zmiany i oddziaływania są nieodłączną częścią ekosystemu, działania ochronne muszą mieć na celu utrzymanie zdolności ekosystemów do regeneracji po oddziaływaniach. Ta zdolność do powrotu do stanu wyjściowego po zaburzeniu związanym z oddziaływaniem jest tym, co nazywamy odpornością. W przeciwieństwie do systemów mechanicznych, systemy ekologiczne mogą wykazywać więcej niż jeden zakres stabilności, a odporność jest właściwością, która pośredniczy między tymi stanami. Liczne przykłady zmian stanów zostały opisane w różnych typach ekosystemów, od suchych i półsuchych łąk, po jeziora, lasy, rafy koralowe, łąki makroglonów i tak dalej. We wszystkich tych obszarach odporność ekologiczna jest utrzymywana dzięki zdolności tych systemów do ponownego dostosowania strukturalnej i funkcjonalnej różnorodności biologicznej w odpowiedzi na stres środowiskowy spowodowany zakłóceniami. Utrzymanie tej zdolności adaptacyjnej, która zapewnia odporność ekologiczną, jest niezbędne do utrzymania funkcjonalności systemów naturalnych pod wpływem antropogenicznym.

1.3. WPŁYW ANTROPOGENICZNY I DEGRADACJA USŁUG EKOSYSTEMOWYCH

Działalność człowieka od dawna wpływa na ekosystemy wodne, powodując negatywny wpływ na jakość wody i stan ekologiczny. W wielu częściach świata, a w szczególności w Unii Europejskiej, w ostatnich dziesięcioleciach podjęto drastyczne środki w celu zmniejszenia ilości ścieków wprowadzanych do środowiska wodnego. Jednak zmiany hydromorfologiczne, eutrofizacja i utrata różnorodności biologicznej nadal stanowią poważne problemy zarówno w Europie, jak i w innych częściach świata. Skutki te uniemożliwiają naszym systemom wodnym osiągnięcie "dobrego stanu ekologicznego" zgodnie z definicją zawartą w Ramowej Dyrektywie Wodnej UE.



Wprowadzanie ścieków do środowiska wodnego

Liczne badania ilustrują degradację ziemskich ekosystemów. Niektóre z nich pokazują, że 75% powierzchni planety jest w pewnym stopniu dotknięta działalnością człowieka. Organizacja Narodów Zjednoczonych szacuje, że 20% powierzchni lądowej Ziemi uległo degradacji w latach 2000-2015. Prawie 60% oceanów jest narażonych na skumulowany wpływ zmian klimatycznych, nadmiernej eksploatacji zasobów, zanieczyszczenia lub żeglugi. Degradacja ekosystemów lądowych i wodnych zagraża dobrobytowi ponad 3 miliardów ludzi. Zmiany w naturalnych siedliskach spowodowane działalnością człowieka są jednym z głównych zagrożeń dla różnorodności biologicznej i podważają świadczenie usług ekosystemowych i związanych z nimi korzyści dla społeczeństw ludzkich.

Wartość tych usług jest często pomijana. Wynika to często z braku wystarczającej wiedzy naukowej na ich temat. Jednak ignorowanie wkładu, jaki natura wnosi dla ludzi, jest równoznaczne z ignorowaniem istnienia struktury, która podtrzymuje samo społeczeństwo.



Oczyszczenie galicyjskiego wybrzeża z wycieku ropy spowodowanego wypadkiem tankowca Prestige w grudniu 2002 r.

Rosnące zaniepokojenie utratą usług ekosystemów prowadzi do ich badania poprzez ich kwantyfikację i reprezentację w przestrzeni, ponieważ wiedza o ich wielkości i rozmieszczeniu w przestrzeni i czasie powinna stać się kluczowym narzędziem w zarządzaniu ekosystemami, co powinno być przydatne w projektowaniu i wdrażaniu szerokiego zakresu polityk. Jednak akceptacja tych polityk, a tym samym ich skuteczność, nieuchronnie zależy od publicznej wiedzy na temat mechanizmów, dzięki którym ekosystemy świadczą usługi i dzięki którym są one przekształcane w korzyści dla społeczeństwa. Krótko mówiąc, priorytetem dla społeczeństwa jest zrozumienie roli ekosystemów w One Health.

W kolejnych sekcjach skupimy naszą uwagę na jednym konkretnym ekosystemie morskim, który jest szeroko reprezentowany we wszystkich europejskich morzach: ekosystemach trawy morskiej.



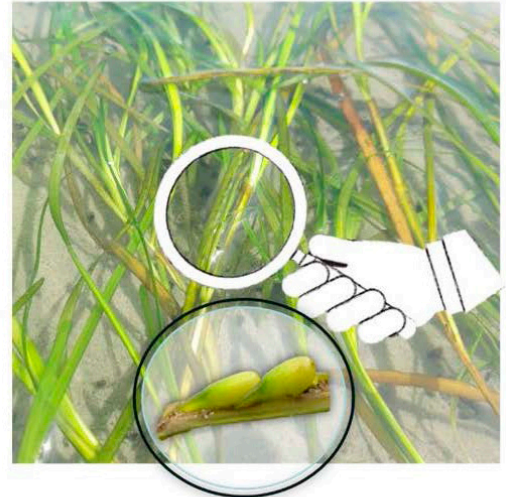
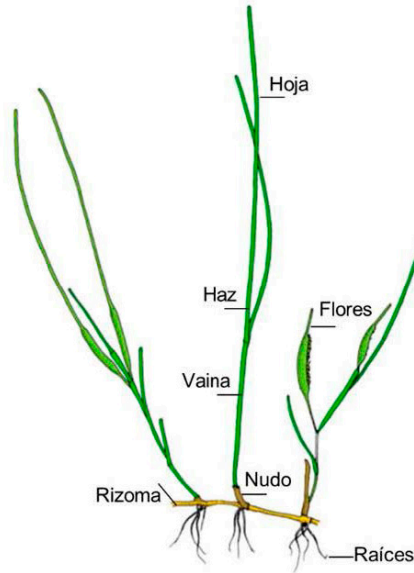
Najpierw opisane zostaną najważniejsze ogólne cechy łąk trawy morskiej, a następnie zbadane zostaną główne cechy trzech europejskich regionów morskich, z których wszystkie zamieszkane są przez gatunki trawy morskiej z rodzaju *Zostera*: północno-zachodnie wybrzeże Półwyspu Iberyjskiego, dotknięte procesem podnoszenia się poziomu wody, Morze Bałtyckie i Morze Czarne. Oddziaływania antropogeniczne na łąki trawy morskiej w tych trzech regionach mają bardzo różny charakter. Eksploatacja zasobów skorupiaków związana z wysoką produktywnością niekorzystnie wpływa na łąki trawy morskiej w regionie Atlantyku. W Morzu Bałtyckim eutrofizacja ma największy negatywny wpływ na te ekosystemy, podczas gdy w Morzu Czarnym największe zagrożenie dla łąk trawy morskiej wynika z wprowadzania trwałych zanieczyszczeń.

2. EKOSYSTEMY TRAWY MORSKIEJ

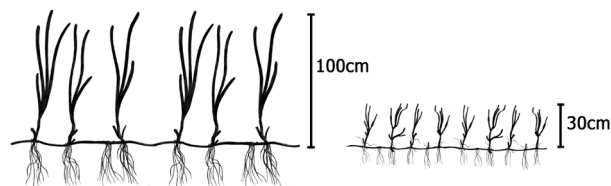
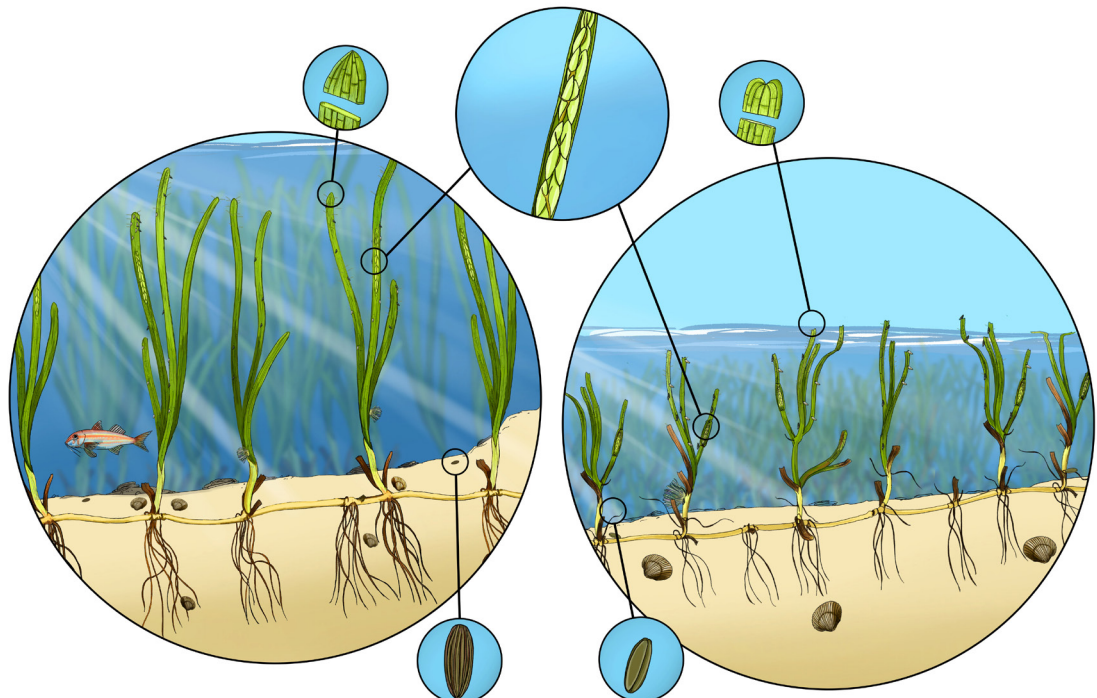
2.1 CZYM SĄ ŁĄKI TRAW MORSKICH?

Trawa morska składa się z roślin kwitnących, tj. okrytozalążkowych. Są to rośliny modułowe o strukturze klonalnej, składające się z powtarzających się jednostek. Każda jednostka składa się z zestawu modułów: kłącza, z którego wyrasta kępa liści, zwana "wiązką", a korzenie rosną w dół. Ponadto jednostki mogą zawierać kwiaty lub owoce, w zależności od okresu obserwacji (od kwietnia do sierpnia). Liście mają kształt igieł. U podstawy liści znajduje się pochewka, która grupuje liście w kępy i łączy je z kłączem za pomocą węzłów.

Trawa morska rośnie zarówno pionowo, jak i poziomo (liście rozciągają się w górę, a korzenie w dół i na boki). Rozmnażają się zarówno przez bezpłciowy wzrost klonalny, jak i rozmnażanie płciowe, z kwiatami lub kwiatostanami, zwykle dyskretnymi, wytwarzającymi owoce i nasiona.



Morfologia i biologia Zoostera
 (zaczepnięte z Barañano et al., 2021)



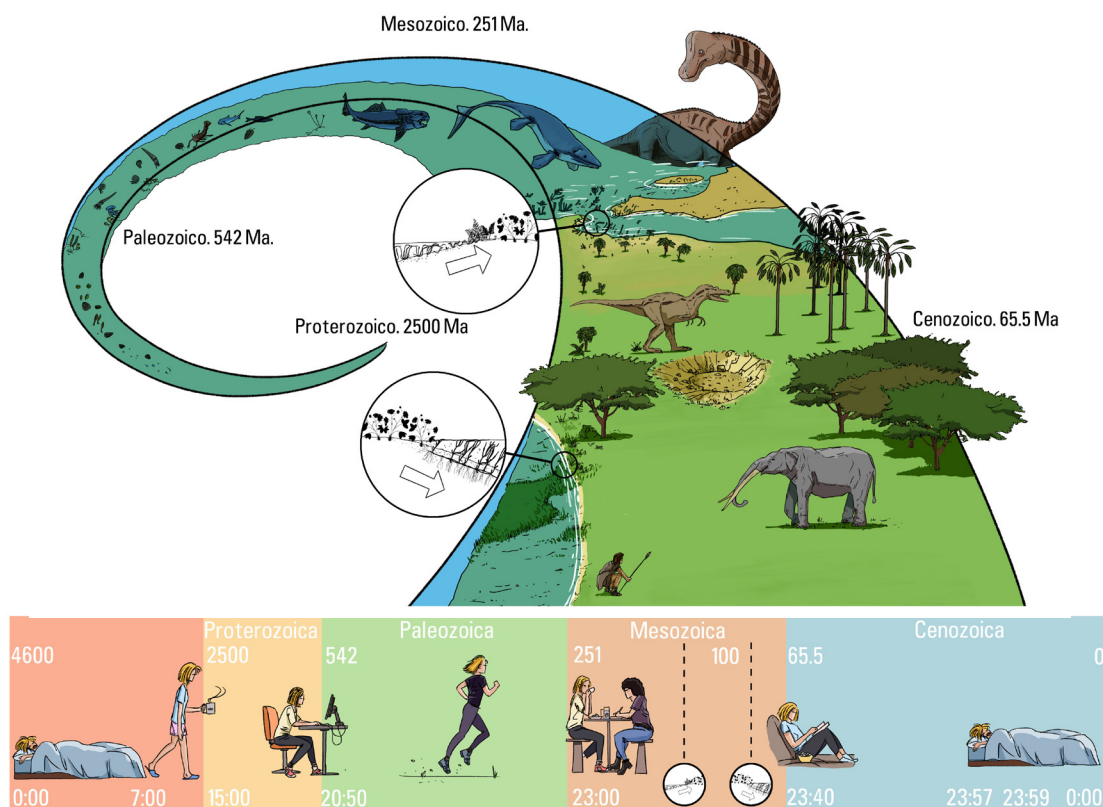
Struktury rozrodcze
 (zaczepnięte z Barañano et al., 2021)

Wygląd łąk zmienia się przez cały rok, a cykl sezonowy charakteryzuje się rocznymi wahaniami światła i temperatury. Aby poradzić sobie z tymi zmianami składników odżywczych i światła, rośliny przechowują część węgla, który wiążą w procesie fotosyntezy, jako rezerwy skrobi w kłączach. Zimą woda jest chłodniejsza i zazwyczaj bardziej mętna z powodu burz. Tak więc, podobnie jak w lasach liściastych, roślina zachowuje tylko najkrótsze i najmłodsze liście i zaczyna powoli rosnać, wykorzystując rezerwy zgromadzone poprzedniego lata.

Wiosną, gdy dni stają się dłuższe, rośliny korzystają z wyższego poziomu promieniowania słonecznego do fotosyntezy. Słońce ogrzewa wody powierzchniowe, a łąki szybko rosną. Najmłodsze liście są ciemnozielone i są stopniowo kolonizowane przez różne organizmy, które się na nich osiedlają - organizmy, które nazywamy epifitami. Z kolei starsze liście są bardziej pokryte epifitami niż młodsze, ponieważ były kolonizowane przez dłuższy czas. Późnym latem i wczesną jesienią łąka zaczyna się starzeć.

2.2 EWOLUCJA I ADAPTACJE MORSKICH ROŚLIN NAGONASIEIENNYCH

Okolo 140-100 milionów lat temu, w czasach wielkich dinozaurów, niektóre zielone algi zaczęły nieśmiało kolonizować wody słodkie i pojawiły się na lądzie, a w trakcie tego procesu rozwinęły adaptacje, które pozwoliły im żyć w środowisku lądowym. Aby przystosować się do nowych środowisk, rośliny te opracowały związki, takie jak lignina i struktury, aby stać pionowo w powietrzu, znacznie mniej gęstym medium niż woda. Rozwój nowych adaptacji do życia na lądzie pozwolił im wydobywać wodę z gleby i rozprządzać ją po całej roślinie (korzenie i doniczki) oraz zapobiegał wysychaniu gametofitów i zarodników.

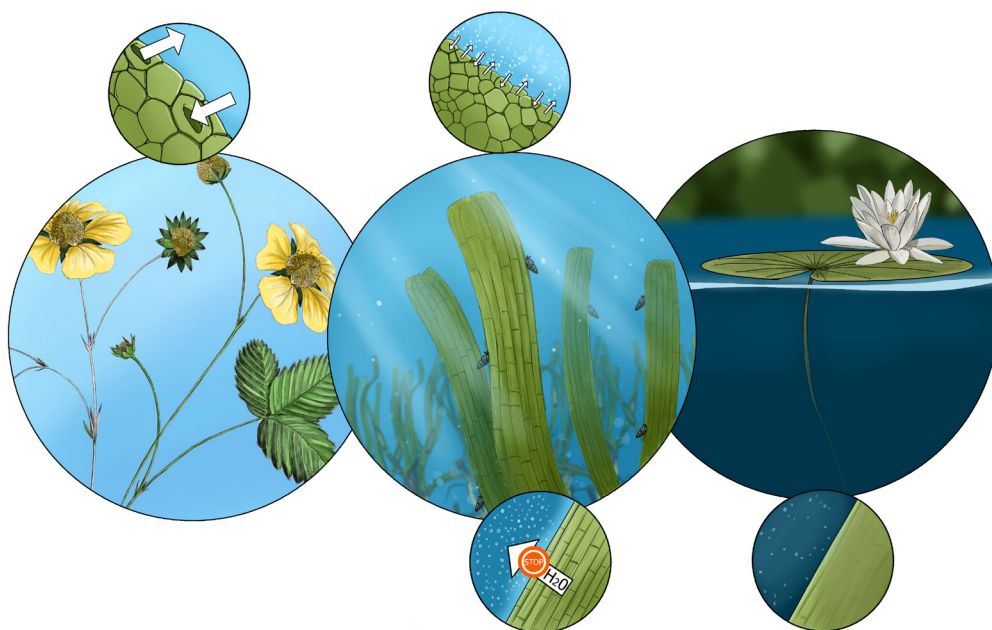


Lokalizowanie wieku dinozaurów w czasie geologicznym (zaczepnięte z Barañano et al., 2021)

Tak więc rośliny wyższe żyły na kontynentach, podczas gdy glony zajmowały morza, oceany, jeziora i rzeki. Morze było niekwestionowanym królestwem glonów. Rośliny te znalazły jednak w ekosystemach przybrzeżnych możliwość kolonizacji w przestrzeni pozbawionej konkurencji. Jednak to nowe środowisko wymagało nowych adaptacji do życia w morzu, które wywodziły się ze struktur wcześniej rozwiniętych w środowisku lądowym, takich jak korzenie, kłącza lub kwiaty.

Życie zanurzone w wodnym i słonym środowisku stawia wiele wyzwań, które wymagają fizjologicznych i morfologicznych adaptacji. Na przykład, gdy promieniowanie słoneczne przenika przez morze, podlega procesowi tłumienia wraz ze wzrostem głębokości, więc jego intensywność jest niższa niż na lądzie, więc aparat fotosyntetyczny musi być modulowany, aby dostosować się do tych zmian. Z jednej strony potrzebują bardziej wydajnego systemu fotosyntetycznego, aby wychwytywać promieniowanie o odpowiedniej długości fali. Z drugiej strony, wpływ wody na wygaszanie promieniowania słonecznego oznacza, że systemy ochrony przed promieniowaniem UV nie są potrzebne.

Szparki to małe pory w roślinach lądowych, przez które odbywa się wymiana gazowa. Innymi słowy, jest to miejsce, w którym tlen opuszcza, a dwutlenek węgla dostaje się do rośliny. Żyjąc w zanurzeniu, rośliny morskie nie muszą unikać utraty wody, która ma miejsce w kontakcie z powietrzem. Dlatego też aparaty szparkowe nie są już potrzebne do wymiany gazowej, ponieważ wymiana gazowa może odbywać się na całej powierzchni rośliny.



Liście Zostera bez aparatów szparkowych (zaczepnięte z Barañano et al., 2021)

Zanurzenie wystawia organizmy na działanie sił fal i prądów pływowych, więc muszą one mieć elastyczne, lekko zdrewniałe liście, które poruszają się wraz z prądami, aby nie przeciwstawić się ruchom morza, unikając w ten sposób złamania. Ponadto, ponieważ żyją pod wodą, nie muszą rozwijać struktur wspierających, czasami zdrewniałych, aby utrzymać się w pozycji pionowej.

W środowisku morskim nie ma owadów, więc rośliny morskie nie muszą wytwarzać związków obronnych przeciwko tym organizmom. Z drugiej strony nie mają zapylaczy, więc ewoluowały do rozmnażania się przez zapylenie hydrofilowe, w którym prądy są odpowiedzialne za rozpraszanie pyłku. Łąki trawy morskiej są często narażone na wysokie poziomy soli, które zmieniają się intensywnie w krótkich odstępach czasu, co doprowadziło do opracowania środków zaradczych w zakresie zasolenia.

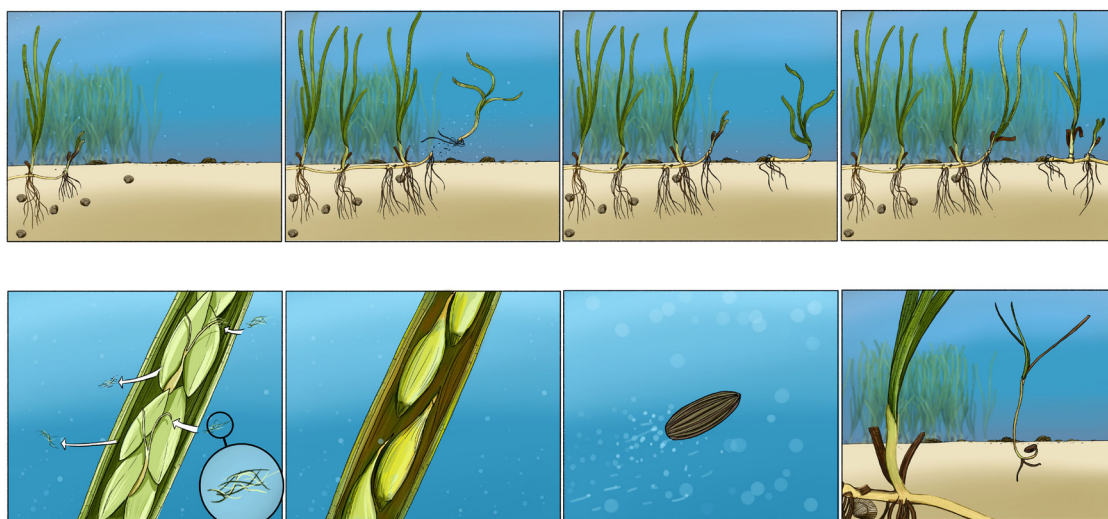
2.3 REPRODUKCJA

Podobnie jak trawy lądowe, kępy traw morskich są połączone pod ziemią rozległą siecią struktur zwanych kłączami. Kłącza mogą rozprzestrzeniać się pod osadami i wytwarzać nowe pędy. Kiedy tak się dzieje, kilka łodyg w obrębie tej samej trawy morskiej może być częścią tej samej rośliny, a zatem będzie mieć ten sam genom, dlatego ten rodzaj wzrostu nazywany jest wzrostem klonalnym. W rzeczywistości najstarszą znaną rośliną jest klon śródziemnomorskiej trawy morskiej *Posidonia oceanica*, który może być tak stary jak 200 000 lat, pochodzący z późnego plejstocenijskiego okresu lodowcowego. U niektórych gatunków łąka trawy morskiej może rozwinąć się z pojedynczej rośliny w mniej niż rok, podczas gdy u wolno rosnących gatunków, takich jak *Posidonia oceanica*, proces ten może trwać setki lat.



*Sieć kłączy tworząca sieć korzeni, która utrudnia połów muszli
 (Zaczerpnięte z Barañano et al., 2021)*

Chociaż są to rośliny klonalne, trawy morskie polegają na rozmnażaniu płciowym w celu kolonizacji nowych obszarów i utrzymania zmienności genetycznej po zakłóceniach. W tym przypadku zapylanie odbywa się w wodzie, jest hydrofilowe. Męskie kwiaty tych traw uwalniają pyłek do wody z pręcików. Pyłek ten często gromadzi się w skupiskach, co sprzyja jego transportowi przez wodę. Skupiska są unoszone przez prądy, aż wylądują na słupku kwiatu żeńskiego, gdzie dochodzi do zapłodnienia. Istnieją również dowody na to, że małe bezkręgowce, takie jak amfipody (małe skorupiaki podobne do krewetek) i wieloszczety (robaki morskie), żywią się pyłkiem tych gatunków, co może pomagać w zapylaniu kwiatów w podobny sposób, jak owady zapylają kwiaty w ekosystemach lądowych.



Rozmnażanie bezpłciowe *Zostera* u góry i rozmnażanie płciowe u dołu
 (Zaczerpnięte z Barañano et al., 2021)

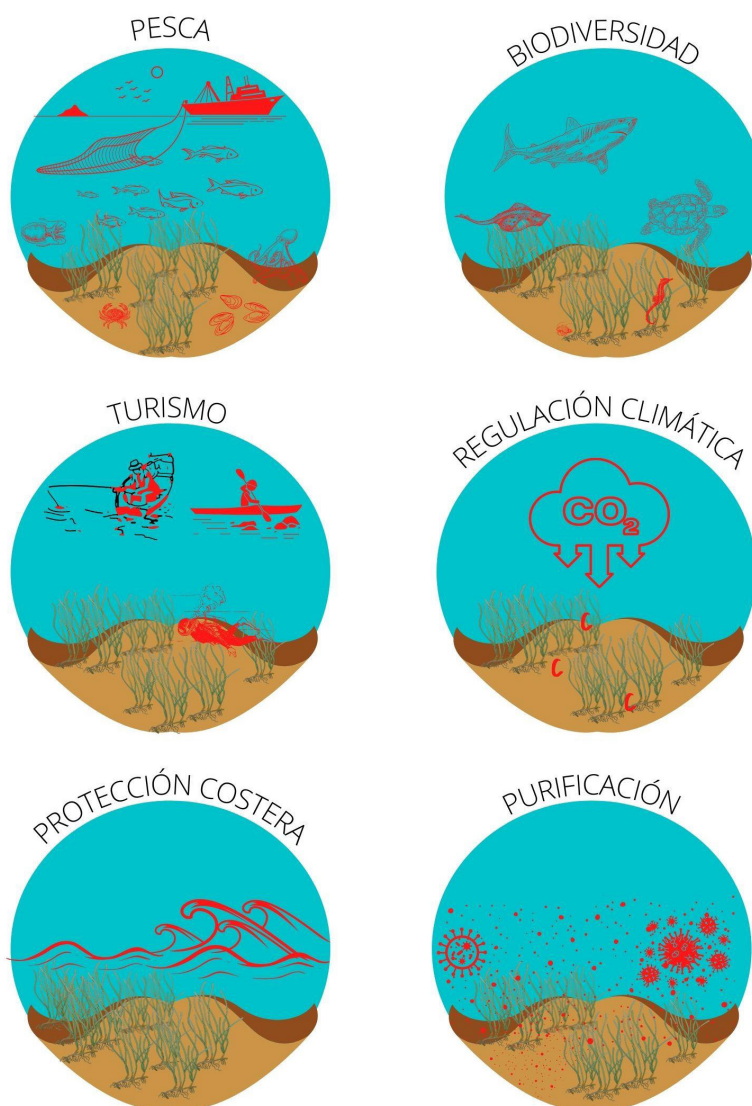
Ten sposób rozmnażania staje się znacznie mniej wydajny, gdy zagęszczenie populacji jest niskie. Jest to znane w ekologii jako "efekt Allee". Efekt ten skutkuje wzrostem wskaźnika śmiertelności lub spadkiem wskaźnika urodzeń, gdy liczebność populacji jest niska, co prowadzi do istnienia pewnej liczebności populacji, zwanej krytyczną żywotną wielkością populacji, poniżej której sukces reprodukcyjny jest drastycznie zmniejszony, prowadząc nawet do lokalnego wyginięcia gatunku. Na łąkach trawy morskiej dostępność pyłków może być czynnikiem ograniczającym produkcję nasion lub owoców, powodując spadek reprodukcji i przyspieszony spadek rozproszonych lub pofragmentowanych populacji.

2.4. USŁUGI EKOSYSTEMOWE ŁĄK TRAWY MORSKIEJ

Podobnie jak wszystkie ekosystemy na naszej planecie, trawy morskie zapewniają ludziom szeroki zakres usług. Jednak w przypadku tych ekosystemów wiedza na temat korzyści, jakie zapewniają one społeczeństwu, jest bardzo niewielka, co wykazano w kilku badaniach percepcji społecznej. Poniższe strony zawierają krótkie podsumowanie tych usług, sklasyfikowanych zgodnie z typologią zdefiniowaną w poprzednich sekcjach: usługi zaopatrzeniowe, usługi wspierające i regulacyjne oraz usługi kulturalne.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

(Zaczerpnięte z Barañano et al., 2021)



USŁUGI ZAOPATRZENIA

Łąki trawy morskiej zapewniają cenne siedliska tarliskowe dla ponad 25% najważniejszych łowisk na świecie, w tym szczupaka, najczęściej poławianego gatunku na naszej planecie. Ponadto rozwój rybołówstwa i połowów skorupiaków na obszarach międzyplytowych związanych z trawą morską jest zjawiskiem globalnym.

W przypadku Galicji należy podkreślić połowy mątwy. Łąki trawy morskiej są kluczowymi obszarami dla rozmnażania się tego gatunku, ponieważ stanowią idealne siedlisko, które zapewnia schronienie organizmom, a dzięki swojej trójwymiarowej strukturze umożliwia im przyczepianie jaj.



Mątwy (zaczepnięte z Fundación Aquae)



Tarło mątwy (zaczepnięte z Biodiversidad virtual)

Użytki zielone są nie tylko źródłem pośredniej żywności, tworząc siedliska dla gatunków o znaczeniu komercyjnym, ale były również wykorzystywane w historii do bezpośredniego pożywienia dla ludzi. Na przykład Indianie Seri zbierali te rośliny, aby wydobyć nasiona do wykorzystania jako ziarno lub zboża. Ponadto liście roślin z rodzaju *Zostera* były w przeszłości wykorzystywane jako nawóz na polach, do produkcji materacy lub jako izolacja termiczna budynków.

WSPARCIE I USŁUGI REGULACYJNE

- **Tworzenie siedlisk dla innych gatunków**

Liście gatunków tworzących trawę morską tworzą ogromną powierzchnię, która może zostać skolonizowana przez organizmy bezszkieletne, które potrzebują stałego podłoża do życia. Cyjanobakterie i inne bakterie lub glony okrzemkowe i grzyby tworzą błonkę mikrobiologiczną, na której stopniowo osiedlają się inne organizmy makroskopowe, epifity.

Organizmy osiadłe, które osiedlają się na liściach, obejmują glony, gąbki, parzydełkowce, małże, mszywioly i osłonice. Są one również domem dla gatunków mobilnych, które żywią się epifitami pokrywającymi liście, takimi jak wieloszczety, skorupiaki, ślimaki, nicienie i szkarłupnie. Zwierzęta te z kolei stanowią pożywienie dla różnych gatunków ryb.

- **Oczyszczanie wody**

Trawy morskie są naturalnym filtrem zawieszonych cząstek i rozpuszczonych związków, przyczyniając się do przejrzystości i jakości wody. Działają zatem jako skuteczne naturalne oczyszczacze, zatrzymując lub włączając toksyczne lub szkodliwe związki, które przechowują w swoich korzeniach i tkankach lub w samych osadach, zmniejszając w ten sposób poziomy zanieczyszczenia.

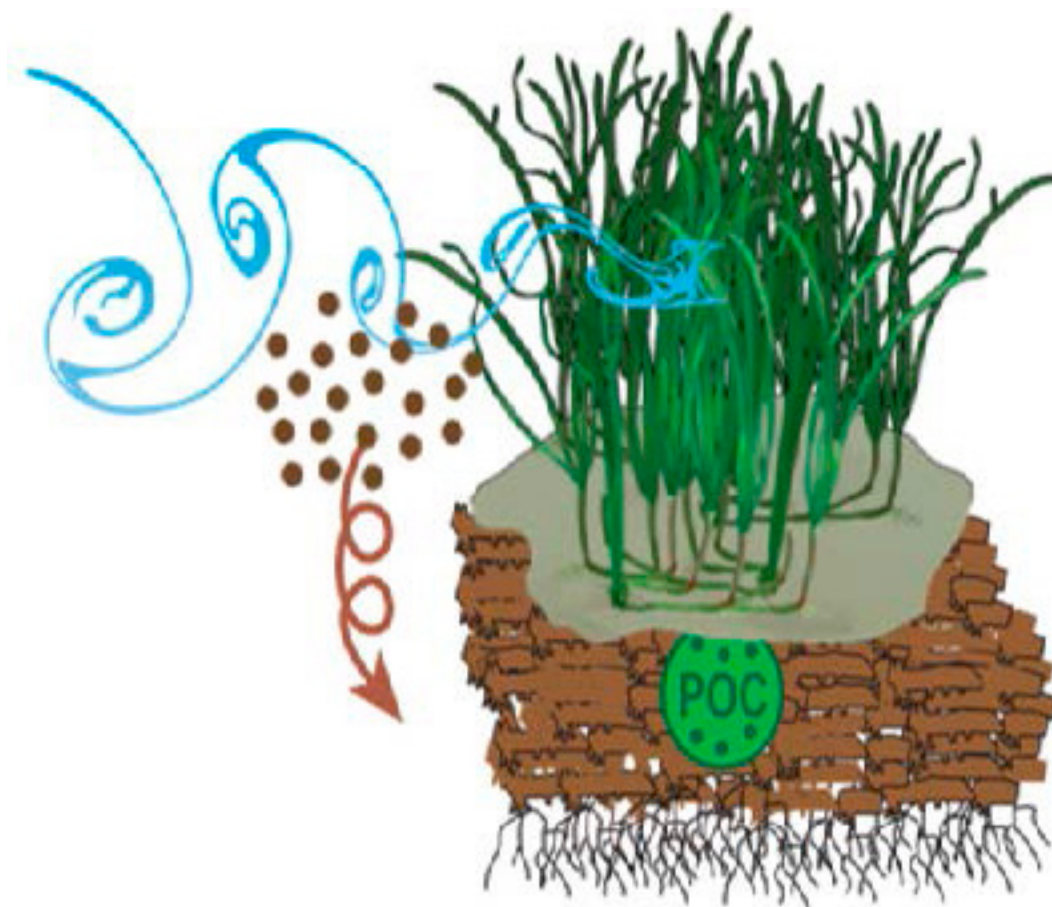


Łąka z trawą morską *Zostera noltii* w Testal (Ría de Muros e Noia)

Ławice trawy morskiej pomagają zmniejszyć narażenie ryb, bezkręgowców i ludzi na patogeny bakteryjne. Wykazano, że obszary, na których występują skupiska trawy morskiej, mają o 50% mniejszą liczebność populacji bakterii, które powodują choroby zarówno u ludzi, jak i organizmów morskich, takich jak koralowce.

- **Stabilizacja osadów**

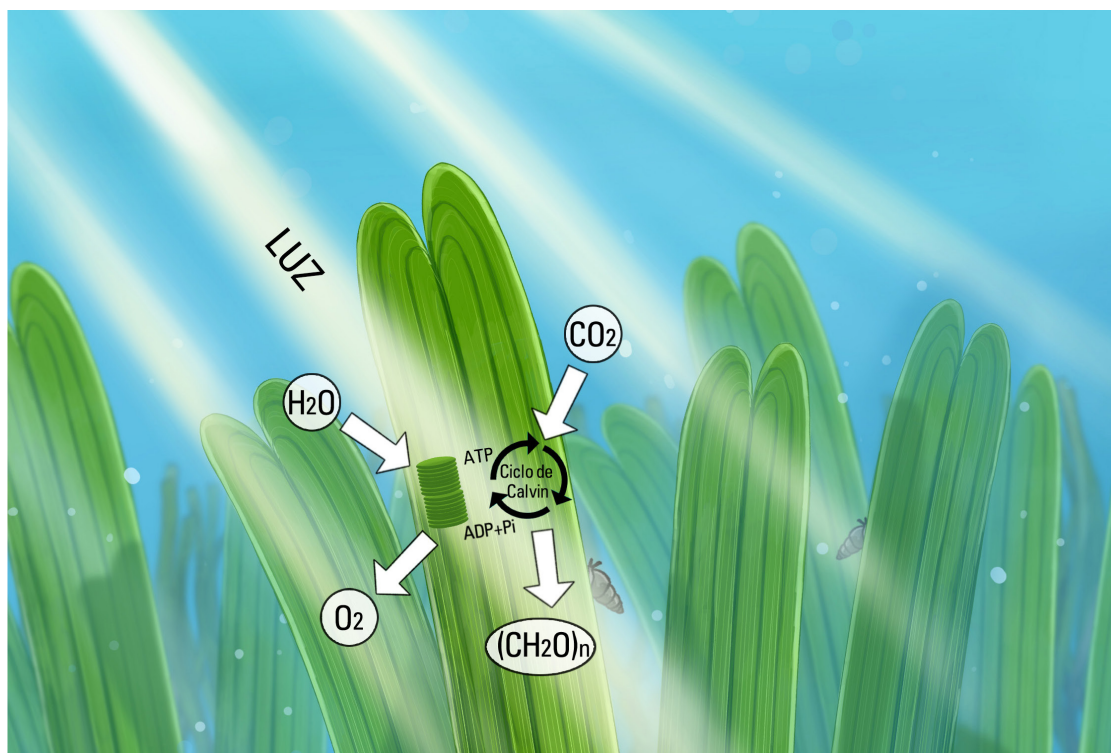
Łąki trawy morskiej spowalniają prądy morskie, które przenoszą osady i inne cząstki oraz sprzyjają wychwytywaniu cząstek osadów przez kłaczka i liście. Sieć korzeni zapobiega resuspensji i włączeniu tych cząstek do podłoża, stabilizując w ten sposób osad.



*Schemat stabilizacji osadów
 (zaczepnięty z Barañano et al., 2021)*

Jako rośliny, trawy morskie pochłaniają CO₂ z wody, który pochodzi z atmosfery, i przekształcają go w materię organiczną poprzez fotosyntezę. Ta materia organiczna, składająca się głównie z węgla, jest częściowo przechowywana w osadach przybrzeżnych, gdzie może pozostać zakopana przez wieki, co czyni ją bardzo wydajnym systemem sekwestracji węgla, częściowo w wyniku niskich warunków tlenowych w tych osadach, które sprawiają, że rozkład jest bardzo powolny.

Prawie dwa wieki temu ludzie zaczęli masowo wykorzystywać paliwa kopalne do produkcji energii. W rezultacie stymulowało to uwalnianie do atmosfery gazów takich jak CO₂, które mają zdolność powodowania wzrostu temperatury atmosferycznej, znanych jako gazy cieplarniane. Wykorzystywane paliwo pochodziło z głębi ziemi, gdzie gromadziło się przez miliony lat w postaci węgla i ropy naftowej.



Pobór CO₂ przez rośliny trawy morskiej
 (Zaczerpnięte z Barañano et al., 2021)

Wzrost zawartości węgla (CO₂) w atmosferze ziemskiej powoduje zmiany w klimacie Ziemi i składzie chemicznym oceanów, prowadząc do ich postępującego zakwaszenia. W tym scenariuszu szczególnie interesujące są ekosystemy, które mają zdolność wychwytywania i sekwestracji węgla z atmosfery. Kiedy myślimy o takich ekosystemach, często myślimy o lasach i użytkach zielonych. Jednak, choć znacznie mniej znana, duża część węgla sekwestrowanego przez ekosystemy planety jest odpowiedzialna za siedliska morskie, w tym trawy morskie i namorzyny. Węgiel pochłaniany przez ocean nazywany jest niebieskim węglem.



Zdjęcie Łąk Testal podczas odpływu, z lasem eukaliptusowym w tle

Trawy morskie pokrywają mniej niż 0,2% dna morskiego, ale każdego roku magazynują około 10% węgla pochłanianego przez oceany. Znaczenie ekosystemów przybrzeżnych jako pochłaniaczy CO₂ było do niedawna ignorowane. Jednak ekosystemy te są obecnie uznawane za jeden z najbardziej aktywnych naturalnych systemów sekwestracji CO₂ na naszej planecie.

- **Usługi kulturalne**

Łąki trawy morskiej zapewniają miejsca do rekreacji, wypoczynku i turystyki, a także środowiska do edukacji i badań. Różnorodność biologiczna, którą wspierają łąki trawy morskiej sprawia, że są one obszarami o dużym zainteresowaniu dla rozwoju różnych działań rekreacyjnych, takich jak podwodna obserwacja przyrody poprzez działania takie jak nurkowanie, i są popularnymi obszarami dla nurków, aby cieszyć się podwodnym krajobrazem. Ponadto ekosystemy te są wykorzystywane przez rybaków rekreacyjnych, ponieważ wspierają ważne społeczności ryb o znaczeniu rybackim.



Zdjęcie przedstawiające potencjał turystyczny nadmorskich łąk Testal

Podobnie, bogactwo usług świadczonych przez nie na rzecz dobrobytu ludzi i złożoność ekosystemów, które obejmują, sprawiają, że są to środowiska o dużym zainteresowaniu badawczym, a w ciągu ostatnich 50 lat były one przedmiotem ponad 1000 publikacji naukowych na całym świecie. Dostępność i bliskość tych przybrzeżnych ekosystemów, a także łatwość zarządzania nimi, sprzyjają ich wykorzystaniu jako medium uczenia się i rozpowszechniania w celu wdrażania programów edukacji ekologicznej i nauki obywatelskiej.

2.5. WPŁYW I ZAGROŻENIA: EUTROFIZACJA, USZKODZENIA MECHANICZNE, ZMIANY SIEDLISK, PATOGENY, ZMIANY KLIMATU

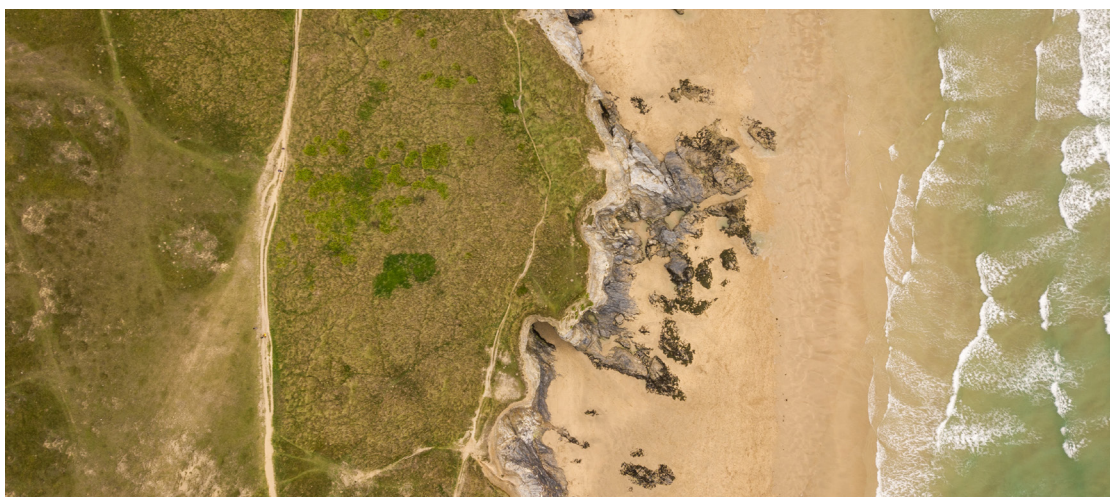
Ujścia rzek i wody przybrzeżne są szczególnie narażone na różne presje wynikające z ich bliskiego związku z systemem lądowym, a zatem są wrażliwe na wysoki poziom antropizacji charakterystyczny dla tych obszarów. Łąki trawy morskiej zanikają w alarmującym tempie. Średnio co 30 sekund tracony jest jeden hektar trawy morskiej i szacuje się, że 29% trawy morskiej zniknęło w ciągu ostatniego stulecia.



Zdjęcie ujścia rzeki Tambre, która tworzy Ría de Muros

W Galicji pastwiska również przedstawiają niepokojącą sytuację. Dowodzi tego badanie, w którym stan ochrony kilku atlantyckich łąk trawy morskiej *Zostera noltei* oceniono za pomocą dwóch zmiennych: pokrycia łąk w stosunku do maksymalnego odnotowanego historycznego pokrycia i trendu, tj. czy pokrycie poprawiło się na przestrzeni lat, czy wręcz przeciwnie, zmniejszyło się. Według tego badania, łąki trawy morskiej w Rías Baixas mają ujemny korzystny stan, co oznacza, że ich pokrycie jest większe lub równe 60% stanu referencyjnego, chociaż ich trend czasowy jest ujemny, co oznacza, że ich pokrycie maleje.

Utrata tych siedlisk jest związana z procesami, które zmieniają jakość lub przejrzystość wody, takimi jak dopływ składników odżywczych i osadów ze spływów, ścieków lub pogłębienia, prowadząc do procesów eutrofizacji, a w konsekwencji zmniejszonej dostępności światła, zwiększonej sedymentacji lub bezpośrednich zakłóceń fizycznych, a także ze skutkami globalnych zmian środowiskowych, takich jak zakwaszenie oceanów, wzrost temperatury oceanów lub wzrost poziomu morza.



Eutrofizacja linii brzegowej

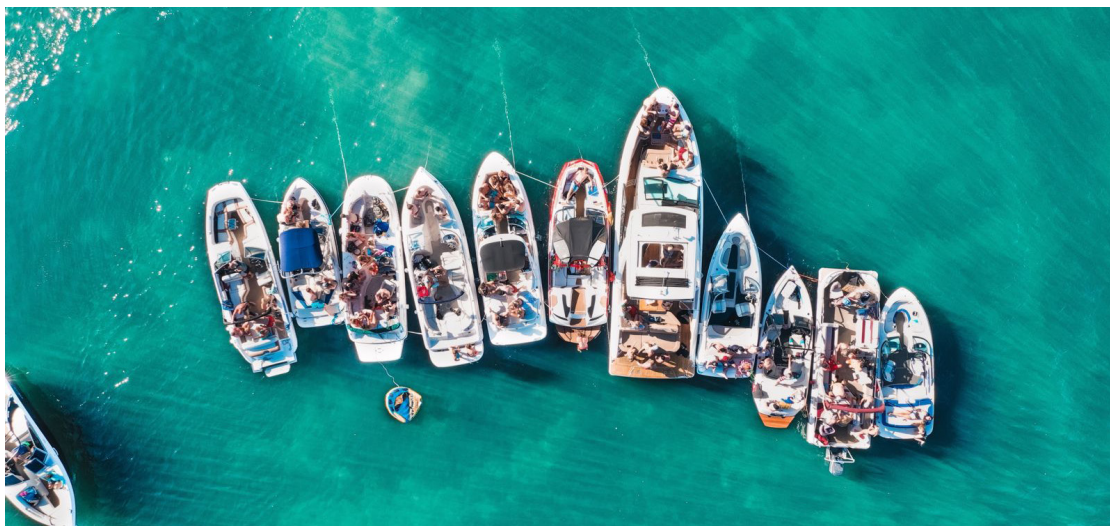
Najwyraźniejszym źródłem wpływu człowieka na ekosystemy trawy morskiej jest oddziaływanie fizyczne, w tym rybołówstwo i akwakultura, nawigacja i kotwiczenie statków oraz modyfikacja siedlisk (pogłębienie, rekultywacja i budowa wybrzeża).

- **Eutrofizacja**

Jedną z głównych przyczyn utraty trawy morskiej jest zmniejszona przejrzystość wody, zarówno ze względu na zwiększone obciążenie składnikami odżywczymi, które stymuluje wzrost mikroalg, jak i zwiększone zmętnienie związane z resuspensją osadów. Substancje odżywcze i osady pochodzące z działalności człowieka w systemie lądowym mają duży wpływ na te ekosystemy, ponieważ stosunkowo wysokie wymagania świetlne traw morskich sprawiają, że są one wrażliwe na zmniejszone przenikanie światła do wód przybrzeżnych.

- **Uszkodzenia mechaniczne: połowy, kotwiczenie i nawigacja**

Uszkodzenia mechaniczne są główną przyczyną zanikania trawy morskiej. Usuwanie roślin oraz uszkodzanie pędów i kłaczy prowadzi do drastycznego zmniejszenia pokrywy trawy morskiej. Trawa morska nie jest odporna fizycznie, co czyni ją podatną na wrywanie kłaczy, łamanie liści i zakopywanie nasion na głębokościach uniemożliwiających kiełkowanie, co jest wynikiem działań takich jak deptanie, działanie narzędzi połowowych pracujących na dnie morskim lub działanie kotwic lub śrub napędowych statków. Tego typu działania pozostawiają blizny na krajobrazach trawy morskiej.



Zdjęcie łodzi zacumowanych na łące morskiej pokazujące czyszczenie kotwicy

Przykładem wpływu na skupiska trawy morskiej charakterystyczne dla naszego obszaru jest połów skorupiaków, który wykorzystuje urządzenia połowowe, takie jak raño lub gancha, do grabienia dna morskiego w poszukiwaniu małży i innych małży o znaczeniu komercyjnym, podnosząc górne warstwy osadów, łamiąc i usuwając pędy i kłacza roślin tworzących skupiska trawy morskiej.

- **Budownictwo przybrzeżne**

Zmiana pasa przybrzeżnego w wyniku działalności człowieka, szczególnie w związku ze zwiększoną presją populacyjną, prowadzi do przekształcenia i fragmentacji siedlisk trawy morskiej dostępnych w wodach przybrzeżnych.

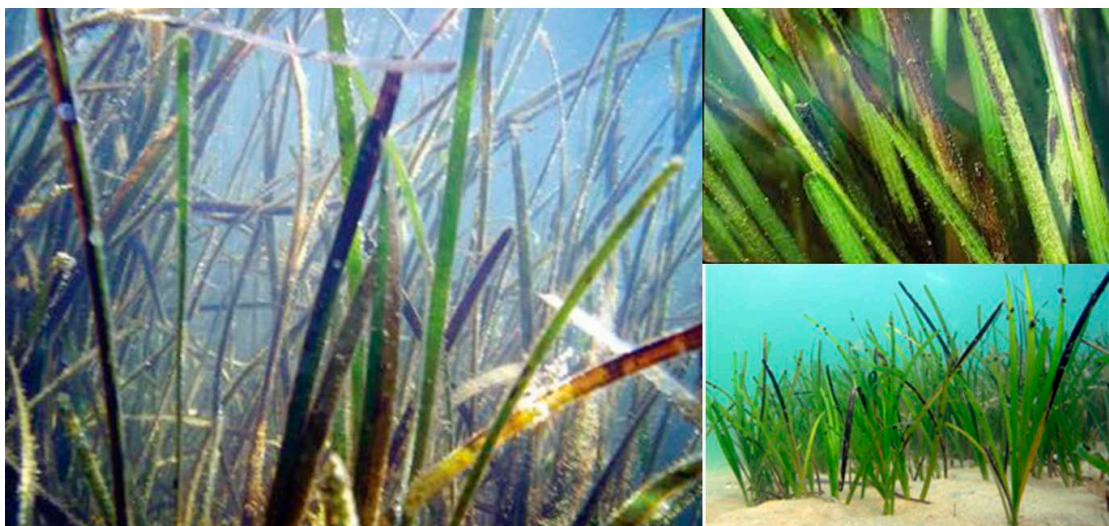


Presja deweloperska na australijskim Złotym Wybrzeżu

Pogłębianie i rekultywacja środowisk morskich, zarówno w celu wydobycia osadów, jak i w ramach prac budowlanych lub inżynierii przybrzeżnej, może również znacząco wpływać na te łąki. Płytkie wypełnienia przybrzeżne mogą bezpośrednio usuwać siedliska, w których znajdują się te ekosystemy.

- **Patogeny**

Niektóre protisty morskie, takie jak rodzaj *Labyrinthula*, zostały uznane za patogeny trawy morskiej powodujące chorobę wyniszczającą. Objawy infekcji wywołanych przez te organizmy to obecność ciemnobrązowych lub czarnych zmian na liściach, które rozciągają się wzdłużnie i pokrywają cały liść po kilku tygodniach. Infekcje zwykle występują na dojrzałych liściach, ale podczas epizodów ciężkiej infekcji mogą być również dotknięte młode liście. We wczesnych latach trzydziestych XX wieku *Labyrinthula zosterae* była odpowiedzialna za dramatyczny spadek liczby łąk *Zostera marina* na obu wybrzeżach północnego Atlantyku.



Wpływ patogenów na *Zostera* (zaczepnięte z Barañano et al., 2021)

- **Zmiana klimatu**

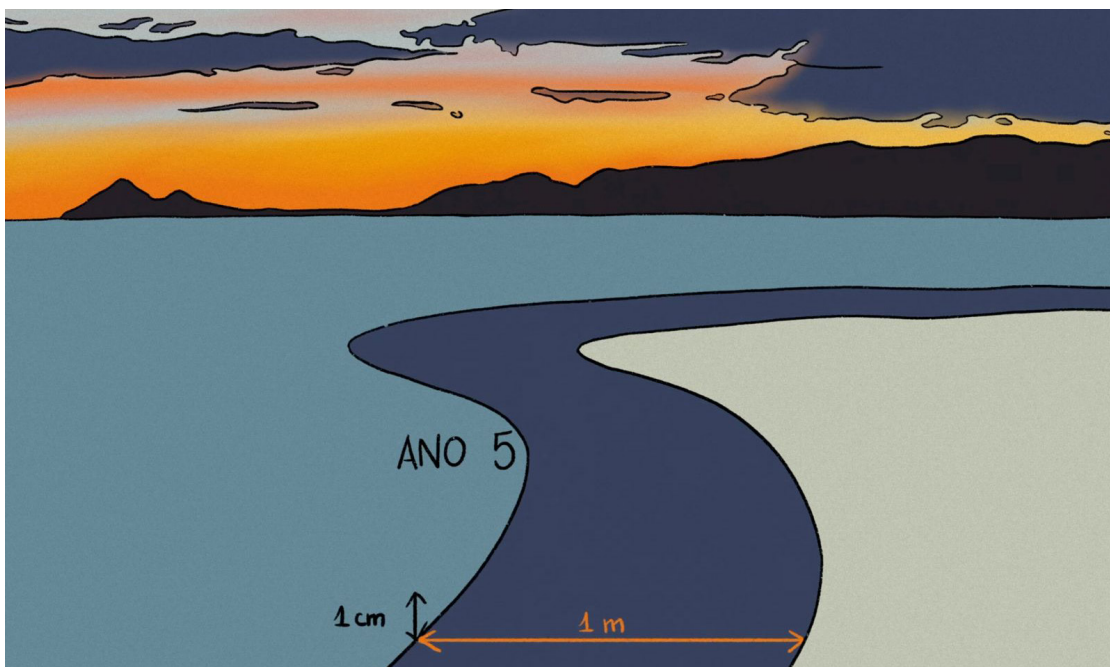
Globalne zmiany klimatyczne są związane, przynajmniej częściowo, ze spalaniem paliw kopalnych i zmianami w użytkowaniu gruntów, co prowadzi do zwiększonego stężenia dwutlenku węgla w atmosferze i emisji innych gazów cieplarnianych. Zmiany te, prowadzące do zwiększonego stężenia dwutlenku węgla w atmosferze, globalnego ocieplenia, wzrostu poziomu morza oraz zwiększonej częstotliwości i intensywności sztormów, mogą mieć znaczący długoterminowy wpływ na ekosystemy trawy morskiej. W tym względzie ostatnie badania łączą fale upałów z poważnymi negatywnymi skutkami dla pokrycia gatunków trawy morskiej.

- **Wzrost temperatury**

Temperatura wpływa na prawie wszystkie aspekty metabolizmu, wzrostu i rozmnażania gatunków tworzących trawę morską i ma istotne implikacje dla geograficznych wzorców rozmieszczenia tych gatunków. Postępujący wzrost temperatury może zatem stanowić zagrożenie dla lokalnych populacji tych gatunków, szczególnie tych żyjących w regionach położonych blisko granic ich występowania.

- **Wzrost poziomu morza**

Wzrost temperatury w ciągu najbliższych 25 lat spowoduje wzrost poziomu morza o 10-15 cm, głównie z powodu rozszerzalności cieplnej oceanu oraz, w mniejszym stopniu, topnienia lodowców i czap lodowych na kontynentach. Wzrost poziomu morza może mieć liczne konsekwencje dla cyrkulacji, zasięgu pływów, reżimów prądów i zasolenia, erozji wybrzeży i zmętnienia wody, z których wszystkie mogą mieć znaczący negatywny wpływ na trawę morską.



Infografika na temat rosnącego poziomu wody, pokazująca, że jeden centymetr wysokości to jeden metr długości

- **Ekstremalne zjawiska pogodowe**

Modele matematyczne przewidują, że globalne ocieplenie doprowadzi do wzrostu częstotliwości i intensywności sztormów, prowadząc do większej erozji wybrzeży. Resuspensja osadów powoduje zwiększone zmętnienie wód, zmniejszając dostępność promieniowania słonecznego dla populacji pierwotnych producentów bentosu morskiego. Chociaż wiele gatunków trawy morskiej ma zdolność adaptacji i może przetrwać okresy niskiego promieniowania i częściowego zasypania, sztormy często ograniczają wzrost i przeżywalność oraz wymagają ponownej kolonizacji przez nasiona w celu przywrócenia skupisk trawy morskiej.

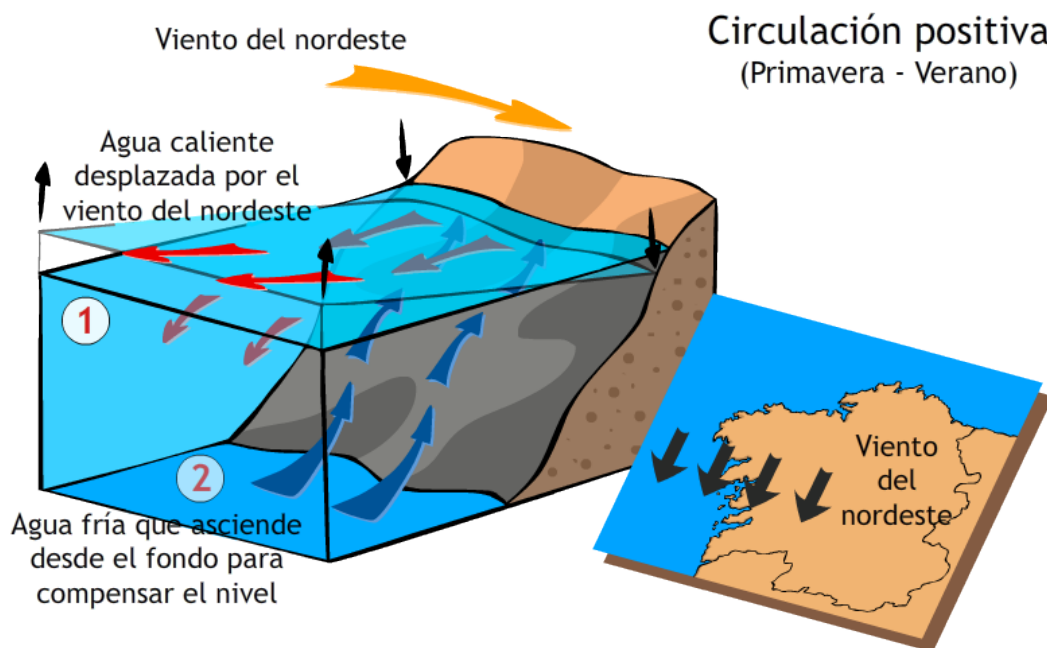
3. STUDIA PRZYPADKÓW

3.1 REGION WSPARCIA PÓŁNOCNO-ZACHODNIEGO ATLANTYCKIEGO PRZEPŁYWU ATMOSFERYCZNEGO (GALICJA)

• 3.1.1 Cechy oceanograficzne

Galicyjski system przybrzeżny jest częścią "wschodnio-północnoatlantyckiego systemu upwellingu", który rozciąga się od równoleżnika 10°N do północno-zachodniej części Półwyspu Iberyjskiego na 44°N, jego najbardziej wysuniętej na północ części (Blanton i in., 1984).

Warunki klimatyczne w regionie upwellingu północno-zachodniego Atlantyku i wielkoskalowe procesy atmosferyczne działające w tym regionie warunkują termohalinową charakterystykę słupa wody u wybrzeży Galicji. W szczególności cyrkulacja atmosferyczna wynikająca z sezonowej migracji antycyklonu azorskiego, związanego z wyżem podzwrotnikowym, oraz sztormu islandzkiego, związanego z niżem subpolarnym, moduluje i determinuje międzyroczne wahania procesów upwellingu i osiadania mas wodnych. Ponadto geomorfologia i lokalne warunki wiatru przybrzeżnego również wywierają silny wpływ na czasowe i przestrzenne wzorce tych procesów (Nogueira i in., 1997).



Wiatry NE są powszechne w Galicji wiosną i latem.

Lokalne wiatry wpływają na cyrkulację i warunki wód wpływających do ujść rzek ze względu na zjawisko kierowania wiatrów w kierunku SW lub NE, wywierane przez góry sąsiadujące z tymi systemami geologicznymi, które z jednej strony wpływają na cyrkulację w ujściach rzek, a z drugiej na mieszanie i homogenizację pierwszych metrów słupa wody (Rosón i in., 2008).

Na wybrzeżach Galicji zdarzenia te często występują wiosną i latem, kiedy dominują wiatry z północy. W rezultacie transport Ekmana powoduje niedobór wody na wybrzeżu, co skutkuje rozwojem zimnych, bogatych w składniki odżywcze wód środkowo-północnoatlantyckich, które znajdują się na głębokości od 100 do 500 metrów. Zjawisko to zmienia właściwości fizyczne (zasolenie, temperatura) i chemiczne (składniki odżywcze, CO₂) zbiorników wodnych u wybrzeży Galicji, powodując nawożenie wód powierzchniowych (Prego i in., 1999), a w konsekwencji masowe zakwity fitoplanktonu (Castro i in., 1997, Rosón i in., 2008).

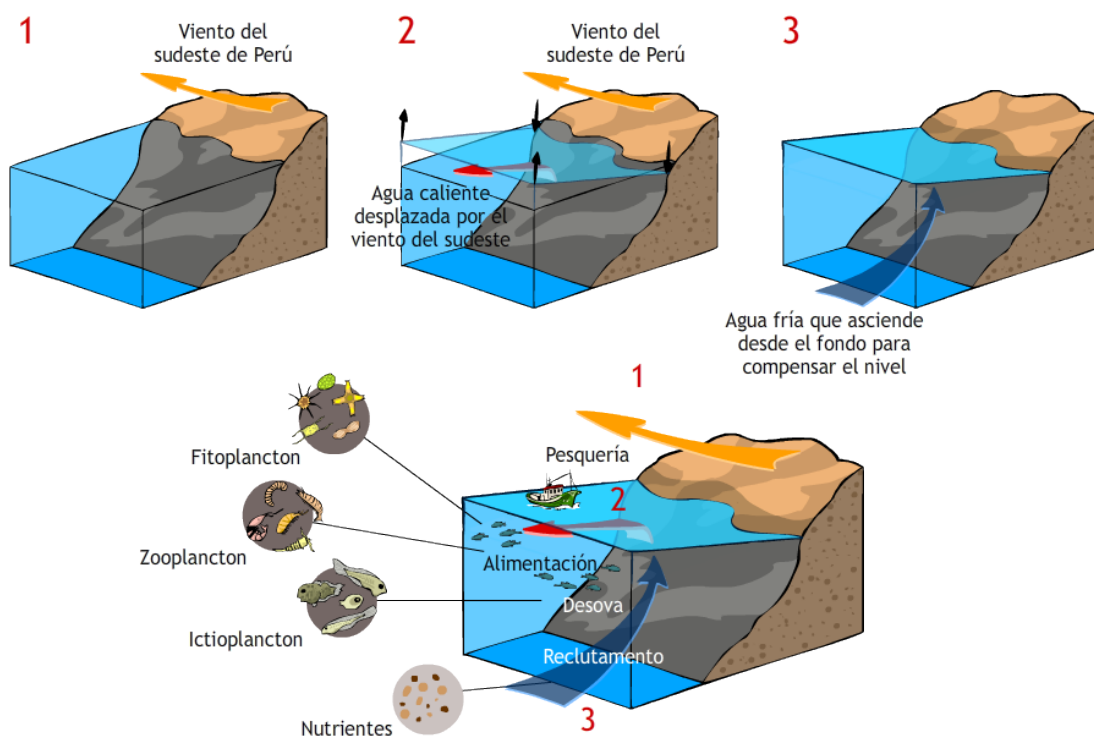
Charakterystyczna produkcja systemów napływowych strefy umiarkowanej wiąże się z wysoką zdolnością do wytwarzania biomasy planktonowej (Álvarez-Salgado i in., 1996; Figueras i in., 2002; Cermeño i in., 2006, między innymi), związanej z rozprzestrzenianiem się okrzemek, które tworzą stosunkowo krótkie roślinożerne sieci pokarmowe. Zjawiska te są związane z ważnymi łowiskami i dużymi populacjami ptaków morskich (Fraga, 1981; Velando, 1997; Figueiras i in., 2002).

Średnią produkcję pierwotną brutto w sezonie pływów oszacowano na około 1,4 g C m⁻² d⁻¹, choć sporadycznie odnotowywano wartości szczytowe na poziomie 4 g C m⁻² d⁻¹ (Tilstone i in., 1999; Figueiras i in., 2002).

Zimą, szczególnie w okresie grudzień-luty, region ten jest pod wpływem innego charakterystycznego zjawiska oceanograficznego: Prądu Iberyjskiego (Iberian Poleward Current - IPC) (Frouin i in. 1990; Haynes i Barton, 1990). Prąd ten krąży w kierunku biegunowym, obejmując górny szelf kontynentalny wybrzeży atlantyckich Półwyspu Iberyjskiego i Francji (Haynes & Barton, 1990), rozciągając się nawet na bardziej północne szerokości geograficzne.

Prąd ten ma wyraźnie zróżnicowane właściwości fizyko-chemiczne, jest cieplejszy i bardziej słony niż typowy dla tego regionu zimą, zmieniając warunki biogeochemiczne i wzorce rozmieszczenia przestrzennego zbiorowisk planktonicznych (Álvarez-Salgado i in., 2003; Prego i in., 2007), a nawet może przenikać do wnętrza Rías Baixas.

Zmiany warunków fizycznych słupa wody charakterystyczne dla epizodów napływu/tonięcia oraz rozluźnienie i stratyfikacja mas wody związane ze zdarzeniem napływu powodują zdarzenia o wysokiej produktywności, w których rozkład wielkości fitoplanktonu związany ze stanami mieszania/stratyfikacji słupa wody i wymuszeniami hydrodynamicznymi w dużej mierze determinują tempo, w jakim materia organiczna jest eksportowana na wyższe poziomy troficzne lub zawracana z powrotem do obiegu mikrobiologicznego (Cermeño i in., 2006).



Zwiększony przepływ wody związany z produktywnością na peruwiańskim wybrzeżu z powodu niebieskich wiatrów wiejących z SE, z lądu do oceanu.

Te zdarzenia o wysokiej produktywności są zazwyczaj związane z proliferacją niektórych populacji fitoplanktonu, zwykle stosunkowo dużych okrzemek, którym sprzyjają warunki procesu upwellingu, dominując w ten sposób w zbiorowisku fitoplanktonu i sprzyjając przepływowi węgla do roślinożernego łańcucha pokarmowego, a następnie eksportowi do wyższych poziomów troficznych, podczas gdy w niższych fazach produkcji, typowych dla oligotroficznych procesów wprowadzania wody w okresach osiadania, są one związane z dominacją populacji piko- i nanoplanktonu (Teira i in., 2001), które sprzyjają kierowaniu produkowanej materii do recyklingu składników odżywczych przez społeczność drobnoustrojów (Figueiras i in., 2002; Cermeño i in., 2006) oraz z zakwitami bruzdnic, w tym gatunków wytwarzających toksyny, które nagromadzone przez małże żywiące się filtrami stanowią zagrożenie dla zdrowia ludzkiego i eksploatacji zasobów skorupiaków (Fraga i in. 1988; Reguera i in. 2008). Procesy te mają tendencję do generowania bardzo dynamicznych warunków zarówno w słupie wody, jak i zbiorowiskach roślinnych, z częstymi zmianami i wysoką częstotliwością czasową (Bode i in., 1993).

Przestrzenne wahania czasu trwania i częstotliwości zjawisk upwellingu, w połączeniu ze zjawiskami adwekcji masy wody, regulują cykle produkcyjne rybołówstwa u wybrzeży Galicji (Tenore i in., 1995), którego bogactwo zasobów zapewnia utrzymanie środowiska morskiego wystarczająco produktywnego, aby wspierać różnorodne społeczności rozwijające się w regionie i umożliwiać rozkwit ważnych tradycyjnych działań związanych z połowem ryb i skorupiaków.

• 3.1.2 Siły napędowe i presje antropogeniczne: populacja, zmiany w użytkowaniu gruntów, eutrofizacja, zanieczyszczenie ...

Walijskie wybrzeże jest narażone na szereg presji i zagrożeń antropogenicznych, które mają negatywny wpływ na ekosystemy przybrzeżne i świadczony przez nie usługi. Wykorzystanie przybrzeżnego pasa morskiego jest wielorakie i często nakładające się na siebie, takie jak szlaki żeglugowe, kotwicowiska, łowiska, farmy skorupiaków i tratwy z małżami oraz działalność portowa. Dlatego też na galicyjskim wybrzeżu działalność przemysłowa i urbanistyczna współistnieje z działalnością usługową, taką jak turystyka przybrzeżna, z obecnością rybołówstwa na małą skalę i marikultury, które są ważną częścią regionalnej gospodarki.



Małże (*Cerastoderma edule*) w Testal

Badanie ekonomicznej i społecznej analizy strategii morskich północnoatlantyckiego obszaru morskiego (MD) pozwala na uproszczony opis głównych presji wynikających z interakcji człowieka z wybrzeżem w Galicji. Badanie to obejmuje ocenę głównych przybrzeżnych działań gospodarczych w regionie, mających potencjalny wpływ na systemy przybrzeżne. Główne zidentyfikowane działania podsumowano poniżej:

Tabela I Główne rodzaje przybrzeżnej działalności gospodarczej w regionie. Zaadaptowano z Analizy ekonomicznej i społecznej *Strategii Demarkacji Morskiej Północnego Atlantyku*.

Działalność gospodarcza	Opis	Główne skutki
Fizyczna restrukturyzacja rzek, linii brzegowych lub dna morskiego	Obejmuje to obronę wybrzeża i ochronę przeciwpowodziową, a także restrukturyzację morfologii dna morskiego	Zmiana siedlisk, zanieczyszczenie, wpływ na różnorodność biologiczną

Działalność gospodarcza	Opis	Główne skutki
Wydobycie nierentownych zasobów	Wydobywanie minerałów, takich jak skały, rudy metali, żwir, piasek i muszle	Degradacja siedlisk, utrata różnorodności biologicznej, zakłócenie procesów ekologicznych
Produkcja energii	Produkcja energii odnawialnej, w tym infrastruktura oraz transport i komunikacja energii elektrycznej	Wpływ na ekosystemy morskie i przybrzeżne z powodu instalacja infrastruktury
Wydobywanie żywych zasobów	Rybołówstwo i połów skorupiaków, przetwórstwo ryb i owoców morza	Przełowienie, degradacja ekosystemów morskich, spadek zasobów ryb i skorupiaków
Uprawa żywych zasobów	Akwakultura morska, w tym infrastruktura	Eutrofizacja, utrata siedlisk, wprowadzanie gatunków obcych
Transport	Infrastruktura transportowa i transport morski	Zanieczyszczenie wody, zakłócenie siedlisk, hałas podwodny
Turystyka i wypoczynek	Infrastruktura turystyka i rekreacja oraz turystyka i rekreacja	Degradacja siedlisk, zanieczyszczenie, presja na zasoby naturalne

Dno morskie może zostać zakłócone zarówno pod względem profilu, jak i charakteru poprzez usunięcie osadów w wyniku instalacji zakopanych struktur, takich jak kable podmorskie; poprzez zmianę procesów sedymentacyjnych wytwarzanych przez obiekty akwakultury; poprzez kotwiczenie statków; poprzez wyrzucanie urobku lub trałowanie, między innymi. Chociaż zakłócenia spowodowane tymi działaniami są tymczasowe lub odwracalne, powodują one zmiany w siedliskach i zbiorowiskach bentosowych.



Łąka trawy morskiej Zostera na Morzu Czarnym zaburzona przez wał przeciwpowodziowy

Tabela II. Kategoryzacja presji fizycznych. Zaadaptowano z Analizy presji i oddziaływań Strategii Demarkacji Morskiej Północnego Atlantyku.

Rodzaj presji fizycznej	Opis
Fizyczne naruszenie dna morskiego (tymczasowe lub odwracalne)	Może to być spowodowane różnymi działaniami, takimi jak obrona wybrzeża, ochrona przeciwpowodziowa i restrukturyzacja morfologii dna morskiego.

Rodzaj presji fizycznej

Opis

Straty fizyczne (spowodowane trwałą zmianą morfologii podłoża lub dna morskiego oraz usunięciem podłoża z dna morskiego)

Infrastruktura portowa, infrastruktura obrony wybrzeża, sztuczne rafy, platformy do poszukiwania i eksploatacji węglowodorów, morskie farmy wiatrowe i inna infrastruktura morska mogą powodować fizyczną utratę dna morskiego.

Zmiana profilu i charakteru funduszu

Wydobywanie osadów z dna morskiego w celu regeneracji plaż, zwiększenia lub utrzymania zanurzenia portu lub jako wypełnienie infrastruktury portowej, a także tworzenie sztucznych plaż.

Do presji fizycznych powodujących trwałe zmiany należą instalacja w środowisku morskim różnych elementów infrastruktury, które powodują trwałe zmiany podłoża, a w konsekwencji zmiany w zbiorowiskach bentosowych (infrastruktura portowa, morskie farmy wiatrowe, tworzenie sztucznych plaż itp.)

Kotwiczenie statków handlowych jest ocenianym działaniem, które mogło spowodować największe zakłócenia dna morskiego, chociaż odpowiada ono niskiemu prawdopodobieństwu zakłóceń. Obszary o wysokim prawdopodobieństwie zakłóceń znajdują się w pobliżu portów Marín i Vigo, podczas gdy pozostałe porty o znaczeniu ogólnym generalnie wykazują większy obszar zakłóceń niż pozostałe porty, choć z niższym prawdopodobieństwem zakłóceń, przy czym port A Coruña wyróżnia się umiarkowanym prawdopodobieństwem zakłóceń na większych obszarach.

Naruszenie dna morskiego prowadzi do zmian w społecznościach bentosowych i może prowadzić do ich zniszczenia poprzez bezpośrednie usunięcie lub zakopanie. Jeśli niebezpieczne substancje lub składniki odżywcze są obecne w osadach dennych, mogą zostać ponownie zawieszane i stać się częścią łańcucha pokarmowego po spożyciu przez organizmy.

- **Zanieczyszczenia (substancje, odpady i energia)**

Ta grupa presji obejmuje wprowadzanie składników odżywczych ze źródeł rozproszonych, źródeł punktowych, wprowadzanie innych substancji, takich jak syntetyki, oraz wprowadzanie odpadów stałych, w tym mikroodpadów. Głównymi lądowymi dopływami substancji odżywczych do ujść rzek i wód przybrzeżnych są bezpośrednie zrzuty i dopływy z rzek, co wiąże się z większym prawdopodobieństwem wpływu na jednolite części wód o niskiej rotacji.

Tabela III Klasyfikacja presji zanieczyszczeń. Zaadaptowano z Analizy presji i skutków *Strategii Morskiej Północnego Atlantyku*.

Ciśnienie	Opis
Substancje	Dostanie się składników odżywczych, materii organicznej i innych substancji do środowiska morskiego poprzez źródła rozproszone, źródła punktowe, depozycję atmosferyczną lub poważne incydenty.
Śmieci	Obecność odpadów stałych, w tym mikroodpadów, w środowisku morskim.
Energia	Energia wprowadzana do środowiska morskiego poprzez antropogeniczne dźwięki, zrzuty termiczne i punktowe źródła wody, takie jak solanka.

Wybrzeże Galicji jest dotknięte różnymi działaniami antropogenicznymi, co znajduje odzwierciedlenie na przykład w zwiększonym poziomie metali ciężkich, takich jak ołów i miedź w osadach (Prego i Cobelo, 2003; Howarth i in., 2005; Evans i in., 2011). Jednak jednym z najważniejszych problemów środowiskowych stojących przed ekosystemem przybrzeżnym w Galicji jest wprowadzanie niekompletnie oczyszczonych ścieków komunalnych do słuza wody. Ma to znaczący wpływ na jedną z najbardziej niezwykłych usług ekologicznych wybrzeża, takich jak roczna produkcja dużych ilości małży lub skorupiaków. Doprowadziło to do powstania poważnego problemu społeczno-ekologicznego, intensywnie wpływającego na działalność związaną z produkcją skorupiaków, ponieważ niektóre obszary produkcji skorupiaków zostały uznane za strefę B (przy przekroczeniu 4600 *Escherichia coli* na 100 g mięsa i płynu wewnątrzczyniowego, zgodnie z rozporządzeniem WE 854/2004) lub strefę C (>46 000 *E. coli* na 100 g mięsa i płynu wewnątrzczyniowego), tracąc wartość handlową produktu. Zgodnie z planem hydrologicznym regionu Galicia Costa, największy bezpośredni wkład materii organicznej (z wyłączeniem tej generowanej w samym środowisku morskim) obserwuje się w ujściach rzek Marín i Villagarcía. Wiadomo jednak, że tylko Villagarcía jest dotknięta przez składniki odżywcze, wraz z ujściami Noia i A Coruña.



Kombajn do usuwania martwych małży w Testal

Źródła hałasu podwodnego mogą być krótkotrwałe (impulsowe, takie jak kampanie sejsmiczne lub pilotowanie platform i farm wiatrowych), jak również długotrwałe (pogłębianie, nawigacja i instalacje energetyczne). Główny ciągły dopływ antropogenicznego dźwięku do środowiska morskiego na badanym obszarze związany jest z działalnością żeglugową i nawigacyjną, której najbardziej reprezentatywnym wskaźnikiem jest gęstość ruchu morskiego. Najwyższe poziomy emisji hałasu są związane z głównymi szlakami żeglugowymi, zwłaszcza tymi, które przechodzą przez system separacji ruchu morskiego Finisterre. Porty o najwyższych średnich poziomach emisji hałasu, bliskich 150 dB re 1 μ Pa, to Vigo i Pontevedra oraz, w mniejszym stopniu, Coruña i Ferrol, z 140 dB.

- **Przykładowy przypadek: ujście rzeki Vigo**

Proces urbanizacji, szeroko związany z rozwojem demograficznym i przemysłowym obszarów przybrzeżnych Galicji, doprowadził do znaczących zmian w użytkowaniu gruntów na terytorium wokół Rías. Przypadek Ria Vigo został przedstawiony jako ilustrujący przykład współistnienia populacji ludzkich, związanej z nimi działalności gospodarczej, wynikającej z tego modyfikacji ekosystemu morskiego, w tym degradacji warunków jakości wody, produkcji znacznej ilości skorupiaków i obecności dobrze zachowanych ekosystemów morskich.

Badanie przeprowadzone przez Fernandez i in. (2016) ilustruje rolę ujścia rzeki Vigo jako modelowego systemu, w którym presja środowiskowa na ekosystem przybrzeżny współistnieje ze znacznym wydobywaniem ryb i produkcją skorupiaków, a także niemal dziewiczymi obszarami morskimi w małej skali przestrzennej. W tym celu dokonano ilościowej oceny intensywności przekształceń i dynamiki klas użytkowania gruntów w latach 1990-2006, wykazując, że powierzchnia sztucznych gruntów wzrosła w tym okresie o 8 km², głównie z powodu nowych inwestycji przemysłowych i urbanizacji. Wartość ta odpowiadała 2,1% całkowitej powierzchni gmin na badanym obszarze.

W przeglądzie literatury na temat wpływu i presji tego systemu opisano i określono ilościowo utratę siedlisk łęgowych i szkółek dla gatunków komercyjnych z powodu rozprzestrzeniania się składowisk odpadów i pogorszenia jakości wody, w szczególności w wyniku wprowadzania składników odżywczych, materii organicznej i bakterii kałowych przez małe rzeki i słabo funkcjonujące oczyszczalnie ścieków wzdłuż wybrzeża.

Pomimo znacznej ilości chemikaliów i bakterii kałowych dostających się do tego środowiska, warunki jakości wody są w dużej mierze zgodne ze świadczeniem usług dostawczych przez ekosystem morski, ze względu na hydrodynamikę Rías. Jednak zanieczyszczenie w ujściu rzeki Vigo jest nadal znaczące i generuje intensywną reakcję społeczną, podkreślając konflikty związane z zanieczyszczeniem, działania związane z eksploatacją ryb i skorupiaków, urbanizację wybrzeża, przybrzeżne składowiska odpadów i regresję chronionych obszarów przyrodniczych.

• 3.1.3 Północno-zachodni Atlantyk: wysoka produktywność i eksploatacja zasobów morskich

Jak wyjaśniono w poprzednich sekcjach, Rías Galicea to wysoce produktywne ekosystemy, które umożliwiają rozwój ważnych tradycyjnych działań w zakresie hodowli ryb i skorupiaków, a także intensywnej akwakultury małży na tratwach. W Galicji rybołówstwo na małą skalę zapewnia ponad 25 000 miejsc pracy, w tym około 10 000 rybaków (z których jedna trzecia to kobiety pracujące głównie przy połowach skorupiaków międzyplywowych) i ponad 17 000 pośrednich miejsc pracy (IGE - Instituto Galego de Estadística, 2021). W przybrzeżnych zatokach i płytkich wodach oceanicznych zarejestrowanych jest ponad 3 827 małych statków rybackich (Xunta de Galicia, 2021). Z ponad 80 gminami z sektorem społecznym opartym głównie na rybołówstwie, wiele nadmorskich miast i wsi w północno-zachodniej Hiszpanii jest w dużym stopniu zależnych od rybołówstwa i działalności związanej z rybołówstwem (Villasante i in., 2022; Freire i García-Allut, 2000).

Połowy przegrzebków obejmują hodowlę, połów i pozyskiwanie szerokiej gamy gatunków morskich sklasyfikowanych w przepisach dotyczących rybołówstwa jako "zasoby szczególne". Szczególne zasoby obejmują gatunki osiadłe lub mało ruchliwe o dużym znaczeniu handlowym, w tym gatunki takie jak przegrzebek morski (*Pollicipes pollicipes*), jeżowiec (*Paracentrotus lividus*), przegrzebek morski (*Ensis arcuatus*) i gatunki małży *Venerupis romboides* i *Venerupis corrugata* (Navarrete, 2010). Zasoby te są eksploatowane przez rybaków historycznie zorganizowanych w grupy zbieraczy skorupiaków (cofradías i/lub spółdzielnie), którzy opracowują roczny plan eksploatacji (dekret 423/1993), w oparciu o lokalną wiedzę rybaków, z doradztwem naukowym techników cofradías, które jest nadzorowane przez autonomiczny departament posiadający kompetencje w tej dziedzinie. Plany eksploatacji muszą zawierać krótkie sprawozdanie na temat stanu zasobów rybnych w oparciu o dane z poprzednich lat, cele produkcyjne i finansowe, plan eksploatacji z uwzględnieniem łowisk oraz statków i operatorów, dla których wymagane jest zezwolenie.

Półów muszli odbywa się zarówno pieszo, jak i z łodzi, na obszarach morskich lub lądowych, przy użyciu selektywnych narzędzi zaprojektowanych specjalnie dla każdego gatunku. W Galicji półów skorupiaków ma ogromne znaczenie społeczne, ponieważ zapewnia dochód około 4000 osób zatrudnionych w rybołówstwie pieszym, w większości kobiet. Z drugiej strony, półów skorupiaków na wodzie jest praktykowany głównie przez mężczyzn.

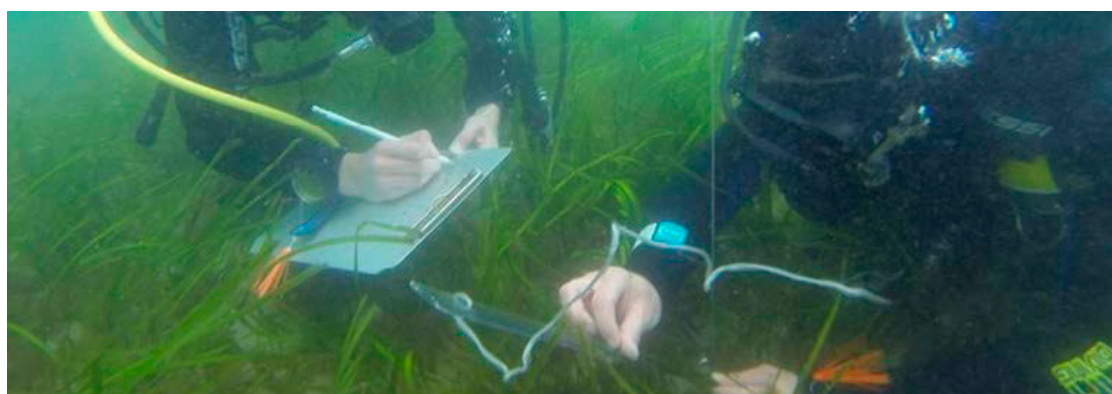


*Ilustracja połowów małży pieszo i z łodzi jako głównego czynnika wpływającego na trawy morskie
 (Zaczerpnięte z Barañano et al., 2021)*

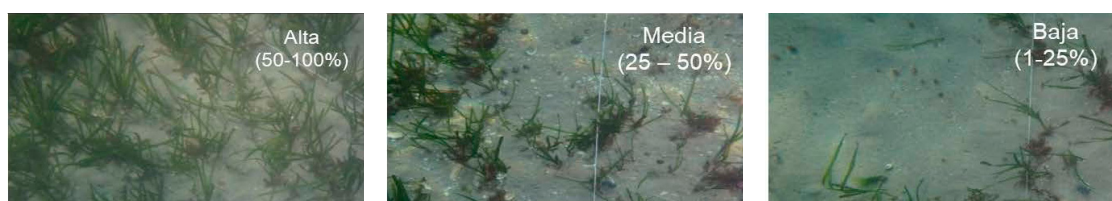
Konflikt między połowami skorupiaków a ochroną trawy morskiej wynika z nakładania się tych dwóch rodzajów działalności na tym samym obszarze morskim. Z jednej strony, połów skorupiaków jest ważną działalnością gospodarczą, która zapewnia zatrudnienie i dochody społecznościom przybrzeżnym i jest w dużym stopniu zależna od eksploatacji naturalnych skupisk małży, które często znajdują się na obszarach, na których rozwijają się skupiska trawy morskiej. Z drugiej strony, skupiska trawy morskiej są delikatnymi i wysoce produktywnymi ekosystemami, które zapewniają ważne usługi ekologiczne, takie jak ochrona wybrzeża, poprawa jakości wody i siedliska dla różnych gatunków morskich.

• **3.1.4 Eksploatacja zasobów i utrata usług ekosystemowych przez trawy morskie**

Trawa morska występuje na obszarach przybrzeżnych na styku lądu i morza, tworząc gęste i ciągłe łąki lub mozaiki obszarów porośniętych roślinnością i nagich (Fonseca i in. 2000; McKenzie i in. 2020). Ta charakterystyczna struktura przestrzenna doprowadziła do sformułowania terminu "krajobraz trawy morskiej" ponad dwie dekady temu (Robbins i Bell 1994), który odnosi się do matrycy połączonych płatów siedlisk, które wykazują wysoką heterogeniczność przestrzenną i czasową (Boudouresque i in. 2009).



Badacz zbierający dane dotyczące zasięgu (zaczepnięte z Barañano i in., 2021)



Trzy rodzaje zasięgu (zaczepnięte z Barañano i in., 2021)

Proces fragmentacji siedlisk odnosi się zarówno do zmniejszenia zasięgu populacji, jak i zmiany jej konfiguracji, zmieniając przestrzenny układ płatów, w których jest rozmieszczona, a także odległości między nimi oraz ich łączność lub zestawienie (Boström i in., 2011). Proces ten wiąże się nie tylko z utratą różnorodności, ale także ze zmianą funkcji ekosystemu, w którym zachodzi szereg powiązanych ze sobą zmian, które wpływają na strukturę siedlisk (zmiany liczby, kształtu, wielkości i jakości płatów), a także procesy ekologiczne zachodzące w systemie (Boström i in., 2011).

Antropizacja obszarów przybrzeżnych, na których rozwijają się łąki trawy morskiej, prowadzi do zwiększonej fragmentacji siedlisk (Montefalcone i in., 2010). W szczególności fizyczne zakłócenia łąk trawy morskiej, takie jak śruby napędowe statków, kotwice łodzi lub pogłębianie (Boström i in., 2011), nie tylko zmniejszają zasięg łąk trawy morskiej, ale także wpływają na ich strukturę przestrzenną (Montefalcone i in., 2010, 2011), nie tylko zmniejszają zasięg łąk trawy morskiej, ale także wpływają na ich strukturę przestrzenną (Montefalcone i in., 2010), co z kolei zmienia dynamikę łąk i strukturę troficzną związaną z tym siedliskiem (Rielly-Carroll i Freestone, 2017).



Roboty publiczne i eutrofizacja, które mogą wpływać na łąki trawy morskiej

Ostatnie badania w tym obszarze wykazały wpływ połowów skorupiaków na ekologię tych ekosystemów, zagrażając ich odporności. Wykazano, że interakcja ta zmienia dynamikę przestrzenną i czasową, zmniejszając gęstość i pokrycie, zmniejszając ich zdolność do magazynowania węgla i związane z tym zasoby węgla osadowego. Zidentyfikowano również wzorce zróżnicowania genetycznego między populacjami dotkniętymi i kontrolnymi, związane ze spadkiem zmienności genetycznej, co może zmniejszyć ich potencjał ewolucyjny i długoterminową odporność.

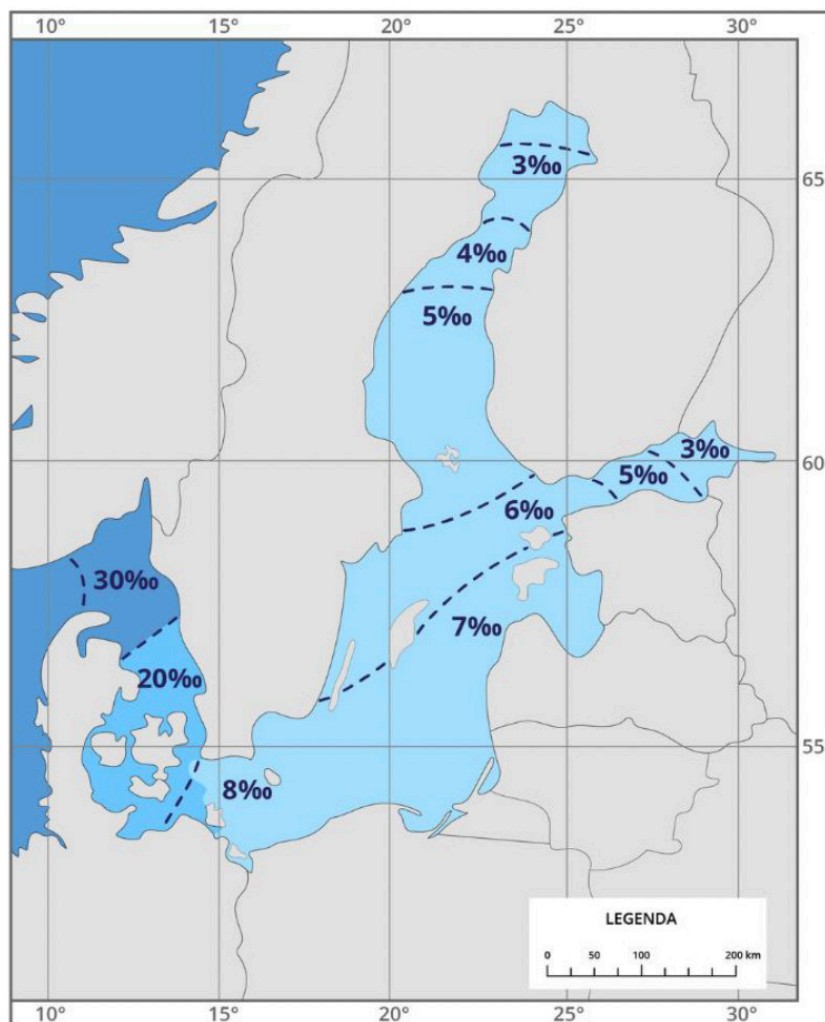
3.2 MORZE BAŁTYCKIE

• 3.2.1 Cechy oceanograficzne

Morze Bałtyckie jest morzem śródlądowym w północnej Europie. Jest to najmniej zasolone morze na świecie. Średnie zasolenie wód Bałtyku wynosi zaledwie 7 na tysiąc. Najbardziej zasolone wody Morza Bałtyckiego znajdują się wokół Morza Północnego, gdzie zasolenie sięga 20 na tysiąc.



Zdjęcie Morza Bałtyckiego (pobrane z Surprising_Shot)



Mapa wyjścia z Morza Bałtyckiego

Słona woda w Morzu Bałtyckim ma tendencję do opadania na dno i tworzenia tam stref beztlenowych. Wody Morza Bałtyckiego są uważane za słonawe, tj. mieszaninę słodkiej wody rzecznej i wody morskiej, o zasoleniu niższym niż w większości mórz, ale wyższym niż w rzekach. Charakteryzuje się bardzo dużym obszarem zlewni, do którego wpływa około 250 rzek, z których największe to: Wisła, Odra, Newa, Kemi, Niemen, Lule, Gota, Ångerman i Dźwina, które dostarczają duże ilości słodkiej wody. Niskie zasolenie Morza Bałtyckiego wynika również ze stosunkowo niskich temperatur, a co za tym idzie, niższego tempa parowania wody.

Morze Bałtyckie jest zimnym morzem, temperatura wody waha się w zależności od położenia geograficznego lokalizacji, od 12 do 22 stopni latem i od 0 do 3 stopni zimą. Średnia temperatura morza wynosi 18 stopni.

Basen Morza Bałtyckiego jest obszarem wysoce uprzemysłowionym i zurbanizowanym, zamieszkałym przez ponad 140 milionów ludzi. W wyniku działalności przemysłowej, rolniczej i komunalnej do morza przedostają się zanieczyszczenia oraz odpady organiczne i nieorganiczne, takie jak metale ciężkie. Gromadzą się one w wodzie morskiej, zawiesinie i osadach. Substancje toksyczne przedostają się do łańcucha pokarmowego, stanowiąc zagrożenie dla zdrowia zwierząt i ludzi.

• 3.2.2 Morze Bałtyckie: procesy eutrofizacji

Eutrofizacja jest prawdopodobnie największym problemem środowiskowym, przed którym stoi obecnie Morze Bałtyckie. Głównymi przyczynami są nadmierne ładunki azotu i fosforu, które pochodzą z obszarów lądowych w basenie Morza Bałtyckiego, a także z obszarów poza nim. Morze Bałtyckie zostało opisane jako zmieniające się z oligotroficznego (czysta woda) w silnie eutroficzne w XX wieku. Przyczyną pogorszenia przezroczystości wody jest nadmierny wzrost zielonych alg i sinic spowodowany dopływem składników odżywczych.

Ponieważ wymiana wody z bardziej słonym i lepiej natlenionym Morzem Północnym jest ograniczona, materia organiczna opadająca na dno Morza Bałtyckiego podczas rozkładu zużywa dostępny tlen, aktywując szlak redukcji siarczanów, co prowadzi do siarkowodoru, powodując powstawanie martwych stref na dnie, tak zwanych pustyń tlenowych, w których życie ryb i innych organizmów tlenowych jest utrudnione lub uniemożliwione. Od początku XX wieku powierzchnia martwych stref w Morzu Bałtyckim wzrosła ponad dziesięciokrotnie. Obecnie stanowią one prawie jedną piątą naszego dna morskiego i zajmują obszar większy niż Dania, która jest największym obszarem z niedoborem tlenu w morzach europejskich.



Zdjęcie eutrofizacji łąk Zostera

Rzeki są głównym źródłem składników odżywczych w Morzu Bałtyckim (ponad 80% dla azotu i ponad 90% dla fosforu). Z drugiej strony, jeśli przyjrzymy się bliżej zanieczyszczeniom niesionym przez rzeki, najważniejszą kategorią źródeł antropogenicznych są zanieczyszczenia pochodzące z działalności rolniczej. Odpowiadają one za 46% całkowitego ładunku azotu i 36% całkowitego ładunku fosforu wpływającego do Morza Bałtyckiego z państw bałtyckich. Jednym z największych dostawców związków azotu i fosforu do basenu Morza Bałtyckiego jest Polska. Wynika to z faktu, że dwie główne rzeki, Wisła i Odra, przepływają przez Polskę, ułatwiając transfer składników odżywczych z lądu do morza. Ponadto istnieją trzy inne główne rzeki, które przyczyniają się do obciążenia Morza Bałtyckiego składnikami odżywczymi: Dźwina, Newa i Niemen.

Tylko w 2010 r. do Morza Bałtyckiego przedostało się 80 000 ton azotu i 3 200 ton fosforu (dane po normalizacji ze względu na warunki pogodowe). To prawie 5 razy więcej związków azotu i 9 razy więcej związków fosforu niż na początku ubiegłego wieku. Obecnie około 50% składników odżywczych dostających się do Morza Bałtyckiego pochodzi z rolnictwa. Ich źródłem są odchody zwierzęce i nadmiar nawozów, których rośliny nie są w stanie wchłonąć. Prognozy wskazują, że produkcja rolna będzie nadal rosła w nadchodzących latach ze względu na rosnącą populację i bogacące się społeczeństwo, które spożywa coraz więcej mięsa. Globalna produkcja żywności może podwoić się do 2050 roku, co znacznie zwiększy stężenie azotu i fosforu w wodzie.

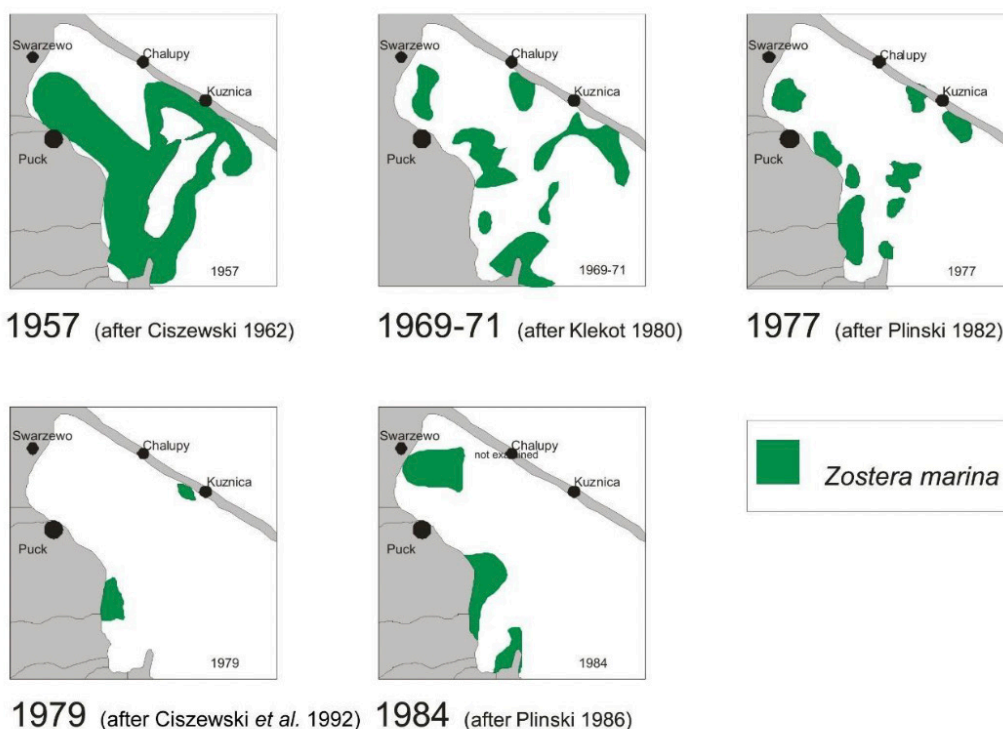
• 3.2.3 Eutrofizacja i utrata funkcji ekosystemu trawy morskiej

Rośliny wodne są przydatne w zwalczaniu skutków eutrofizacji, ponieważ wykorzystują pierwiastki biogenne do swoich procesów życiowych, zmniejszając ich stężenie w zbiornikach wodnych. Przykładem takiej rośliny jest zanokcica morska *Zostera marina*, która kilkadziesiąt lat temu pokrywała większość Zatoki Puckiej, tworząc podwodne łąki na głębokości 1-2 m. Obecnie gatunek ten występuje w bardzo niewielu miejscach akwenu. Obecnie gatunek ten występuje w bardzo niewielu miejscach akwenu. Łąki trawy morskiej zapewniają siedliska i obszary żerowania dla wielu gatunków zwierząt wodnych, stabilizują osady i zmniejszają erozję wybrzeża. Prowadzą również do lepszego natlenienia wód przybrzeżnych i poprawiają jakość wody poprzez akumulację zanieczyszczeń (np. metali ciężkich) i nadmiaru składników odżywczych.

Łąki trawy morskiej stanowią również naturalne siedlisko dla życia i rozmnażania wielu gatunków ryb i bezkręgowców, które często mają duże znaczenie gospodarcze. Przykładami gatunków występujących na łąkach trawy morskiej w Morzu Bałtyckim są małż piaskołaz (*Mya arenaria*) i małż serpentynowy (*Cerastoderma glaucum*), wśród małży okoń morski (*Perca fluviatilis*), miętus pospolity (*Rutilus rutilus*), sandacz (*Sander lucioperca*), szczupak (*Esox lucius*), stornia (*Abramis brama*) i gładzica (*Platichthys flesus*) wśród ryb, a także iglicznia (*Syngathus typhle*) i morlesz (*Nerophis ophidion*).

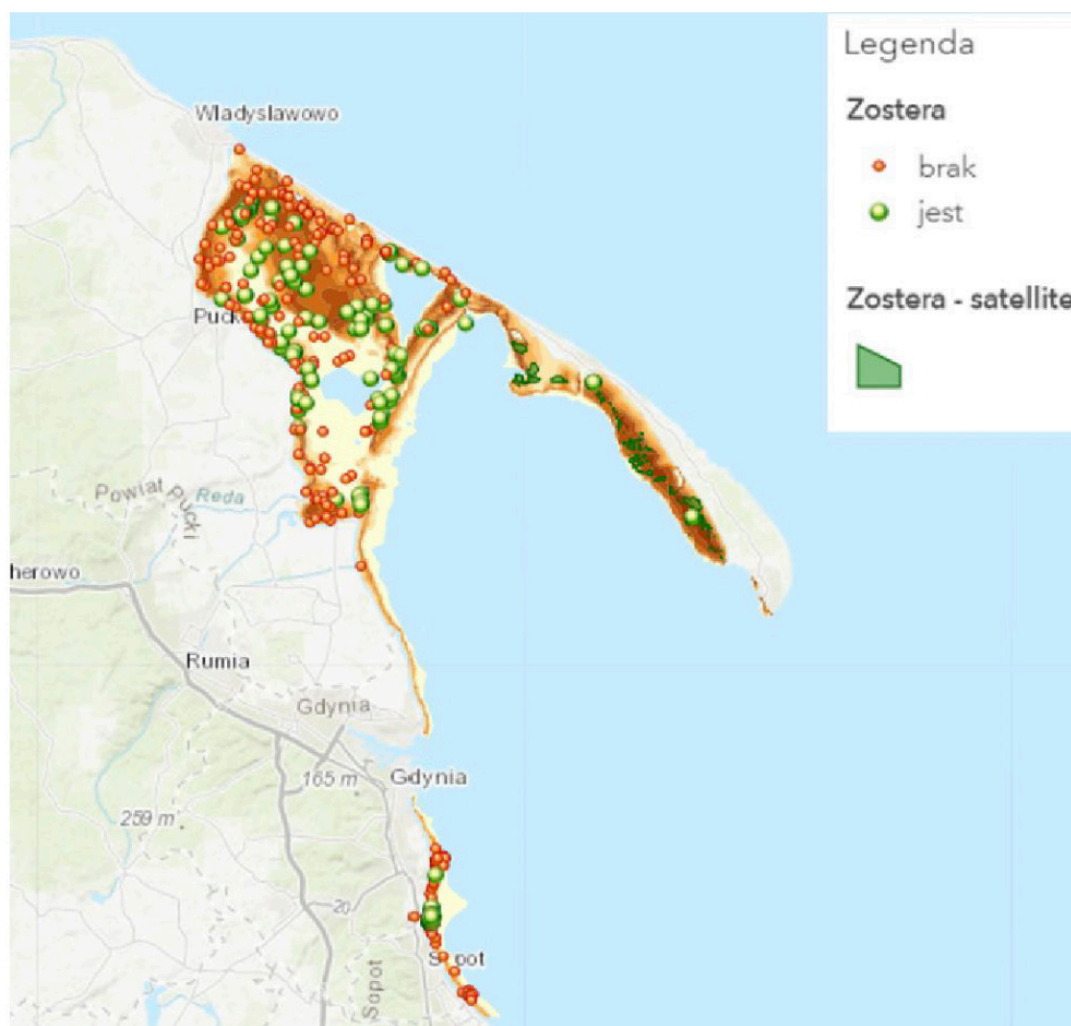
Eutrofizacja Morza Bałtyckiego przyczynia się do spadku liczebności wielu gatunków roślin i zwierząt. Jednym z przykładów gatunków, których liczebność w wodach Bałtyku znacznie spada w wyniku eutrofizacji, jest *Zostera marina*. Innym powodem zanikania łąk trawy morskiej były masowe połowy i jej wykorzystanie w przemyśle tapicerskim w latach 60. jako materiału na materace i meble. Od lat 70. XX wieku w strefie przybrzeżnej odnotowano również wzrost wydobycia piasku, co również negatywnie wpłynęło na populację trawy morskiej.

Poniższy rysunek przedstawia zmiany w występowaniu trawy morskiej w Zatoce Gdańskiej w latach 1957-1984..



Zmiany w występowaniu łąk trawy morskiej w Zatoce Gdańskiej w latach 1957-1984

Zatoka Gdańska jest akwenem o typowych dla Morza Bałtyckiego warunkach pod względem temperatury i zasolenia (około 7-8 PSU) (SatBałtyk, 2019), a dominującym typem osadów są osady piaszczyste (HELCOM, 2018). W Zatoce Gdańskiej można wyróżnić rejony charakteryzujące się większą bioróżnorodnością niż inne obszary dna morskiego. Jednym z nich są zbiorowiska tzw. łąk trawy morskiej, które można znaleźć np. na polskim wybrzeżu (rys. 1). *Z. marina* jest jedną z roślin naczyniowych występujących w Morzu Bałtyckim (Podbielkowski i Tomaszewicz, 1979).



Obecność *Z. marina* w Zatoce Gdańskiej [1].

Zanurzone łąki *Z. marina* charakteryzują się wyższym zagęszczeniem bezkręgowców niż sąsiadujące z nimi obszary niezasadzone (Bostrom i Bonsdorff, 1997; Włodarska-Kwalczuk i in., 2014; Dąbrowska i in., 2016). Zapewniają siedliska i obszary żerowania dla wielu gatunków zwierząt, obszary lęgowe dla ryb i schronienie przed drapieżnikami dla szerokiej gamy zwierząt (Howard i Short, 1986; Nelson i Bonsdorff, 1990; Gonciarz, 2014).

Wysoka różnorodność i zagęszczenie zwierząt może wynikać między innymi z większej liczby schronień przed drapieżnikami dla organizmów znajdujących się na szczycie łańcucha pokarmowego (Bostrom i Bonsdorff, 1997). Ponadto trawy morskie odgrywają ważną rolę jako gatunki, które mogą zmieniać kierunek prądów oceanicznych i stabilizować osady, zapobiegając w ten sposób erozji dna (Hemminga i Duarte, 2000). Osady występujące w skupiskach trawy morskiej charakteryzują się następującymi cechami: większa ilość materii organicznej (Bostrom i Bonsdorff, 1997), która zapewnia bazę pokarmową dla detrytivores.

Ekosystemy zanurzonych łąk *Zostera* są bardzo zróżnicowane. Występuje tu wiele gatunków glonów, roślin naczyniowych i zwierząt. Najczęstszymi gatunkami fitobentosu tworzącymi to siedlisko są, oprócz *Z. marina*, *Zanichella palustris* i *Stuckenia pectinata* (Dąbrowska i in., 2016). Fitobentos stanowi siedlisko dla wielu gatunków bezkręgowców i kręgowców. Gatunki epifauny charakterystyczne dla kompleksu łąk *Zostera* obejmują ślimaki, skorupiaki i larwy owadów. Powszechne są również małże, np. *Cerastoderma glaucum* i młode małże (*Mytilus trossulus*). Mięczaki, takie jak małże piaszkowe (*Mya arenaria*) i skąposzczety, występują obficie w skupiskach trawy morskiej. Inne organizmy należące do infauny stanowią niewielką część (około 10%) i obejmują skorupiaki, larwy owadów i wieloszczety (głównie *Pygospio elegans* i *Hediste diversicolor*) (Bostrom i Bonsdorff, 1997; Dąbrowska i in., 2016). Wśród makrofauny bentosowej na zanurzonych łąkach można znaleźć kilka gatunków pełniących rolę gatunków zwornikowych. Gatunki te obejmują roślinożerne skorupiaki z rodzaju *Idotea* i małże, które żywią się zawieszoną materią organiczną. Pod względem liczebności zanurzone łąki zawierają dużą liczbę mięczaków: młode formy małży i ślimaków z rodziny *Hydrobidae* oraz skorupiaki (Bostrom i Bonsdorff, 2000; Leidenberger i in., 2012; badania własne).

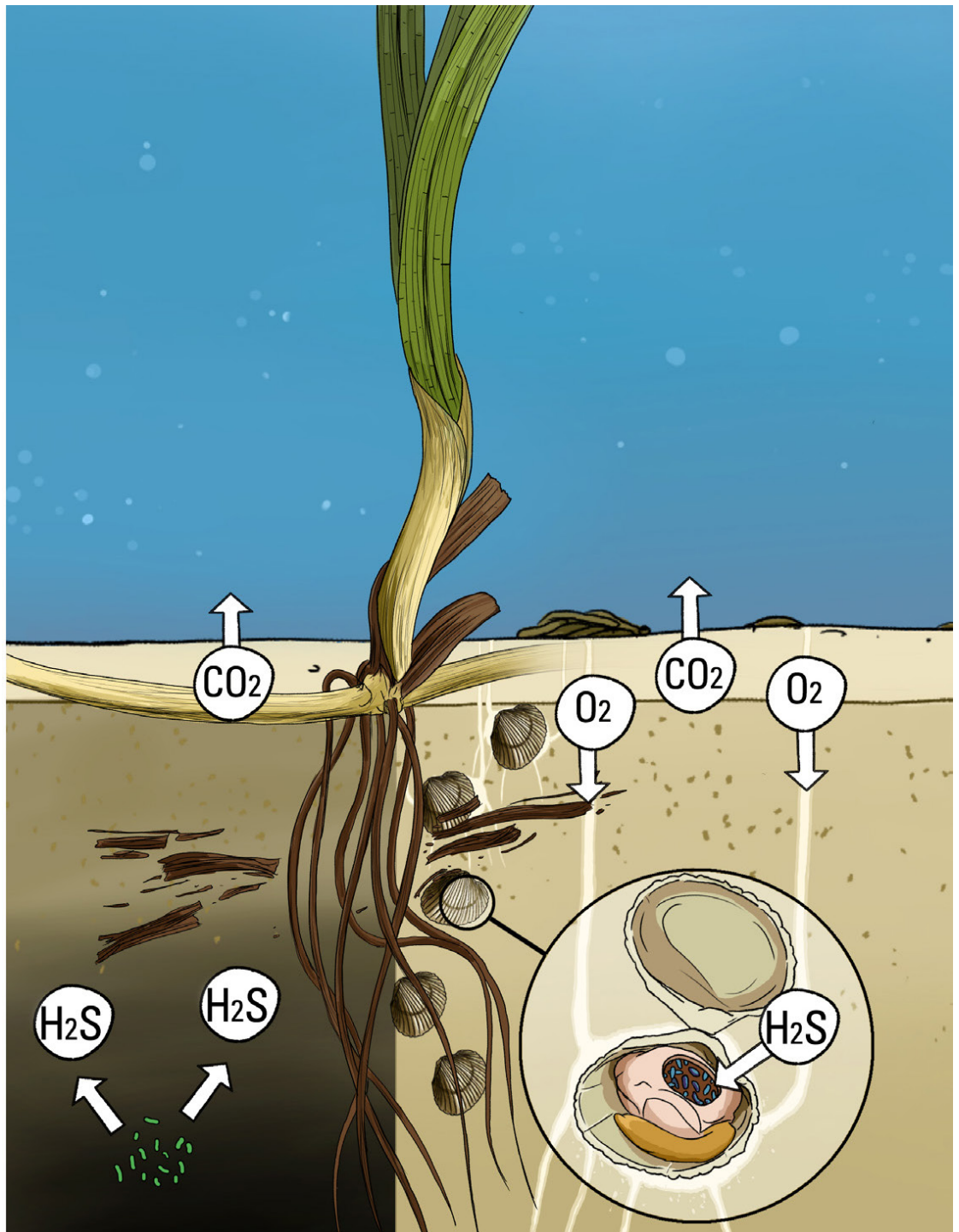


Makrofauna w skupiskach trawy morskiej

Makroglony i rośliny naczyniowe tworzące łąki są często pokryte peryfitonem, który obejmuje fotosyntetyzujące wiciowce, osiadłe okrzemki, glony nitkowate i organizmy zwierzęce, takie jak pierwotniaki i wrotki. Mikrofenolity peryfitonu charakteryzują się dobrze zdefiniowanymi relacjami troficznymi i czasami wykazują specyficzną strukturę układania. Podstawa składa się z glonów, a okrzemki osadzają się na wierzchu.

Kolejnym elementem struktury peryfitonu są zwierzęta, takie jak korzenionózki, wrotki, nicienie, skorpeny, ślimaki, muchówki i larwy niektórych owadów oraz glony, które swobodnie poruszają się wśród większych glonów (Plinski, 1995). Peryfiton może mieć negatywny wpływ na wydajność fotosyntezy traw morskich. Zmniejsza dostępność światła, konkuruje z roślinami o składniki odżywcze i uszkadza liście roślin, które pokrywa (Howard i Short, 1986). Peryfiton jest jednak ważnym źródłem pokarmu dla ślimaków z rodziny Hydrobidae i skorupiaków z grupy amfipodów (Howard i Short, 1986; Dąbrowska i in., 2016). Ślimaki żywiące się peryfitonem znane są jako skrobaki: mają skrobak, którym zeszkobują epifiton z różnych powierzchni (Pliński, 1995). Obecność tych zwierząt znacznie zwiększa gęstość roślin. Zjadając peryfiton, który konkuruje z trawami morskimi o zasoby, skrobaki umożliwiają rozmnażanie się traw morskich. Ponadto badania pokazują, że obecność gatunków żywiących się peryfitonem zmniejsza negatywne skutki eutrofizacji: usunięcie peryfitonu z liści *Zostera* pozwala temu gatunkowi wchłonąć więcej składników odżywczych z wody. Zmniejszona ilość składników odżywczych w wodzie nie pozwala na wzrost nadmiernych ilości glonów, tj. skutki eutrofizacji wody są zmniejszone (Howard i Short, 1986; Philippart, 1995).

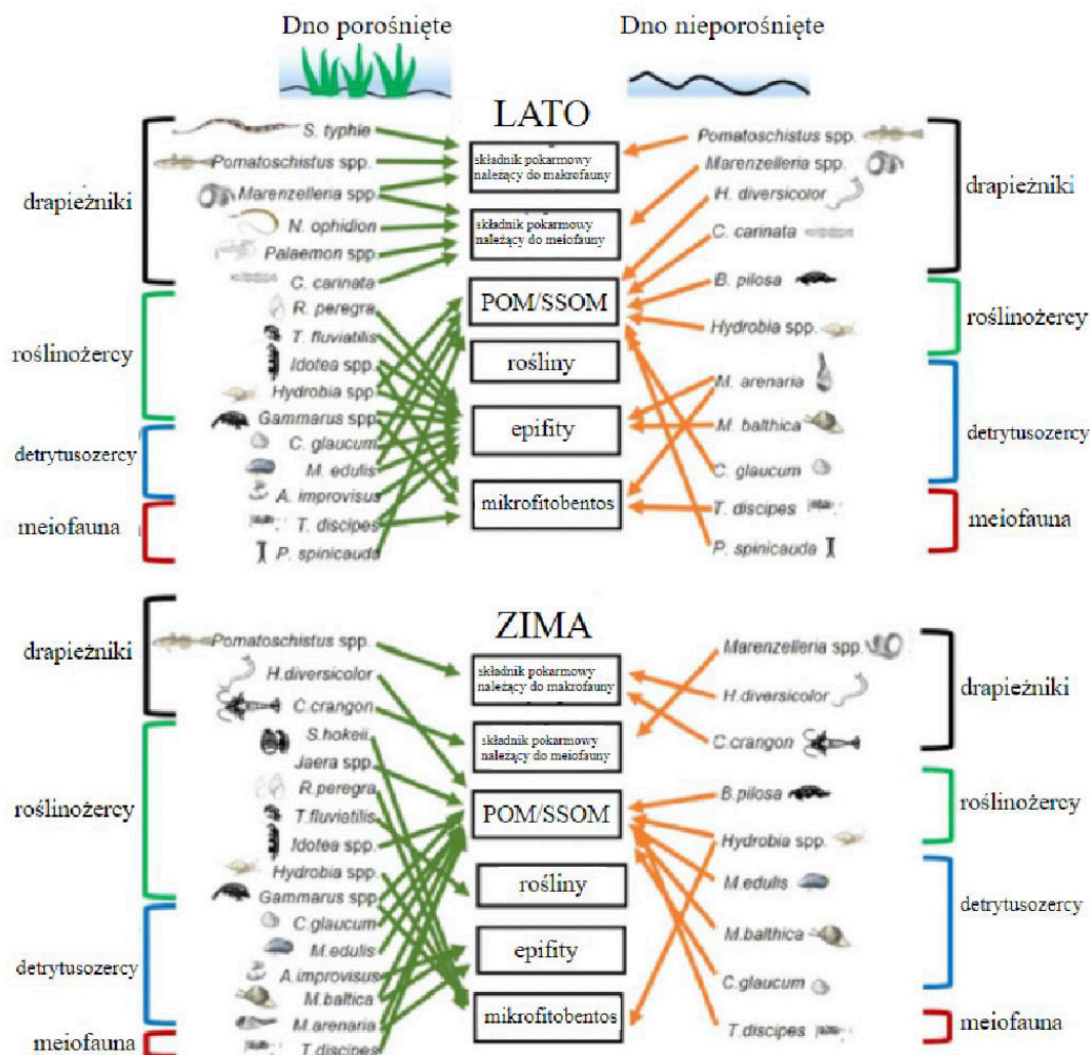
Oprócz roślin, które same tworzą łąki, organizmy zwierzęce obejmują bioturbatory występujące na zanurzonych łąkach: zwierzęta, które poprzez ruch lub oddychanie poprawiają warunki życia w osadach (Levinton, 1995; Herringshaw i in...), Ich sposoby zdobywania pożywienia, zagrzebywania się i życia w osadach umożliwiają wymianę substancji chemicznych między osadami a wodami dennymi oraz nawadniają i natleniają osady, zapobiegając tworzeniu się warunków beztlenowych w osadach (Levinton, 1995; Janas i in., 2017). Ta grupa organizmów obejmuje głównie wieloszczety, ale także małże (Janas i in., 2017).



Związki *Zostera* z gatunkami, które zapobiegają rozwojowi warunków beztlenowych
 (Zaczerpnięte z Barañano et al., 2021)

Łąki *Zostera* zapewniają również schronienie i dobre podłoże dla ryb, takich jak białugi i szczupaki (Czarnecka i in., 2013). Wskaźnik przeżywalności larw ryb na zanurzonych łąkach jest znacznie wyższy niż na obszarach niezabudowanych. Wynika to ze złożoności środowiska łąkowego, a tym samym większej liczby refugium dla młodych osobników (Heck Jr. i in., 2003). Zanurzone łąki są wykorzystywane jako refugia przez gatunki takie jak iglicznie i węzowidła. Te dwa gatunki, należące do rodziny iglastych, przystosowały się do życia na zanurzonych łąkach poprzez mimikrę: wyglądem i zachowaniem przypominają trawy. Co ciekawe, na obecność tych ryb na podwodnych łąkach ma wpływ wspomniany wyżej peryfiton. Iglicznie częściej wybierają siedliska *Zostera*, które nie są pokryte peryfitonem, niż te, które są nim pokryte. Może to być związane z lepszym kamuflażem ryb wśród nieporośniętych traw i większą obfitością *Zostera* na takich łąkach (Sundin i in., 2011).

Organizmy występujące na zanurzonych łąkach są powiązane licznymi relacjami troficznymi (ryc. 2). W ekosystemie bogatym w gatunki energia przepływa przez kilka ogniw łańcucha pokarmowego. Producentami na łąkach są rośliny naczyniowe, makroglony i peryfiton. Konsumentami pierwotni to głównie roślinożerne bezkręgowce, takie jak ślimaki i skorupiaki. Konsumentami drugiego rzędu są drapieżne bezkręgowce (np. *Cyathura carinata* i wieloszczety z rodzaju *Marenzelleria*) oraz kręgowce: ryby i ptaki. Łąki są ponadto siedliskiem licznych detrytywów, takich jak wieloszczety i małże, a także filtratorów - pielęgnic (*Amphibalanus improvisus*) i małży (*M. trossulus*) (Jankowska i in., 2019). Należy jednak zauważyć, że organizmy żyjące na zanurzonych łąkach nie powinny być przypisywane do jednej grupy sieci pokarmowej. Niektóre organizmy, np. skorupiaki z rodzaju *Idotea*, mogą żywić się roślinami, peryfitonem, martwymi częściami roślin, ale także mniejszymi zwierzętami (*I. balthica*). Preferencje pokarmowe mogą również różnić się w obrębie gatunku, w zależności od zamieszkiwanego obszaru. Przykładowo, *C. carinata* żywi się głównie meiofauną, jeśli zamieszkuje skupiska trawy morskiej, podczas gdy w nieulepszonych skupiskach morskich żywi się głównie materią organiczną w postaci cząstek (Jankowska i in., 2018).



Modelowanie zależności troficznych w strefie roślinnej i nieporośniętej roślinności (Jankowska i in., 2019)

Jak widać, łąki trawy morskiej są bardzo zróżnicowanymi siedliskami. Są one jednak bardzo wrażliwe na zmiany klimatu i oddziaływania antropogeniczne (Short i in., 2011). Czynniki te wpływają na zanikanie bałtyckich łąk trawy morskiej. *Z. marina* i *Furcellaria fastigiata* są objęte ścisłą ochroną w Polsce (Dz. U. 2014, poz. 1409) i znajdują się na Polskiej Czerwonej Liście Roślin i Grzybów z kategorią VU (narażone) (Każmierczakowa i in., 2016). W związku z tym powinny być objęte ochroną czynną, aby zapobiec degradacji tego siedliska w Morzu Bałtyckim.

3.3 MORZE CZARNE

• 3.3.1 Charakterystyka oceanograficzna

Morze Czarne jest morzem śródlądowym na południowo-wschodnim krańcu Europy. Od północy graniczy z Ukrainą, od północnego wschodu z Rosją, od wschodu z Gruzją, od południa z Turcją, a od zachodu z Bułgarią i Rumunią (rysunek 3.1.1.1). Jego maksymalna głębokość wynosi Morze Czarne ma powierzchnię 422 000 km² i jest połączone z Morzem Egejskim przez Bosfor, Morze Marmara i Dardanele oraz z Morzem Azowskim przez Cieśninę Kerczeńską. Przez jego terytorium przepływają liczne rzeki, w tym Dunaj, Dniestr, Bug, Dniepr, Kubań, Kizil i Sakarya. Na północy leży Półwysep Krymski. Powstał, gdy wstrząsy strukturalne w Azji Mniejszej oddzieliły basen Morza Kaspijskiego od Morza Śródziemnego, Morze Czarne a stało się stopniowo odizolowane (<https://www.britannica.com/place/Black-Sea>).



rysunek 3.1.1.1. Morze Czarne
 (<https://www.britannica.com/place/Black-Sea>)

Jest to morze słone, ale ma niższe zasolenie niż oceany. Zasolenie wód powierzchniowych Morza Czarnego waha się od 17 do 18 części na tysiąc, czyli o około połowę mniej niż w oceanach. W Morzu Czarnym, na głębokości od 50 do 150 metrów (<https://www.britannica.com/place/Black-Sea>), występuje gwałtowny wzrost zasolenia, do 21 części na tysiąc.

Druga i trzecia co do wielkości rzeka Europy dostarcza słodką wodę do morza i wpływa na zasolenie wody morskiej. Dopływ Dunaju, Dniestru, Nistru, Nipru i Donu odgrywa nawet ważniejszą rolę w bilansie wodnym Morza Czarnego (rysunek 3.1.1.2) niż parowanie i wymiana słonej wody z Morzem Śródziemnym (co stanowi zaledwie 0,1% rocznej objętości morza). Pierwsze trzy rzeki, wraz z południowym Bugiem, który wpływa do morza z północnego zachodu, dostarczają ponad 70% całej słodkiej wody wpływającej do morza. Rzeki na wschodnim, południowym i zachodnim wybrzeżu mają znacznie mniejsze obszary zlewni i dostarczają około 20% przepływu słodkiej wody. Dane geograficzne podano w tabeli 3.1.1.1.1.



Rysunek 3.1.1.2. Najważniejsze rzeki wpadające do Morza Czarnego (według Bat et al., 2009; Jitar et al., 2015)

Tabela 3.1.1.1. Dane geograficzne - Morze Czarne

(<http://archive.iwlearn.net/bsepr.org/Text/ESP/Geography.htm>)

Powierzchnia / km ²	423,000 (462,000 z Morzem Azowskim)
Głębokość / m	271 (średnia)/ 2212 (maksymalna)
Obszar drenażu / km ²	2,500,000
Objętość /km ³	547,000
Pływ /cm/	3-10
Długość wybrzeża / km /	4090
Liczba wysp / km ²	Około 10 (o powierzchni większej niż 0,5)

• 3.3.2 Siły napędowe i presja antropiczna

Chociaż od dawna popularne ze względu na nadmorskie kurorty, Morze Czarne ucierpiało w ostatnich dziesięcioleciach z powodu poważnego zanieczyszczenia. Rybołówstwo ma długą historię w regionie i zawsze zapewniało dobre dochody niektórym mieszkańcom wybrzeża, z wyjątkiem ostatnich czterech dekad, kiedy rybołówstwo przemysłowe spowodowało znaczne zmniejszenie zarówno ilości, jak i różnorodności połowów. Obecnie w regionie przoduje Turcja, a za nią plasują się Ukraina i Rosja, podczas gdy Bułgaria, Rumunia i Gruzja mają symboliczne połowy.



Produkcja przemysłowa w regionie opiera się nie tylko na rolnictwie, ale także na lokalnych zasobach mineralnych i energetycznych, a także na umiejętnościach i tradycjach miejscowej ludności. Złóża węgla i minerałów dostarczają surowców dla energetyki ciepłej i metalurgii, zwłaszcza na Ukrainie, w Rosji i Turcji. W innych krajach miasta nadmorskie często rozwijały się jako ważne ośrodki przemysłowe, po prostu dlatego, że ich porty służą jako bramy dla importu lub eksportu (<http://archive.iwlearn.net/bsepr.org/Text/ESP/Geography.htm>).

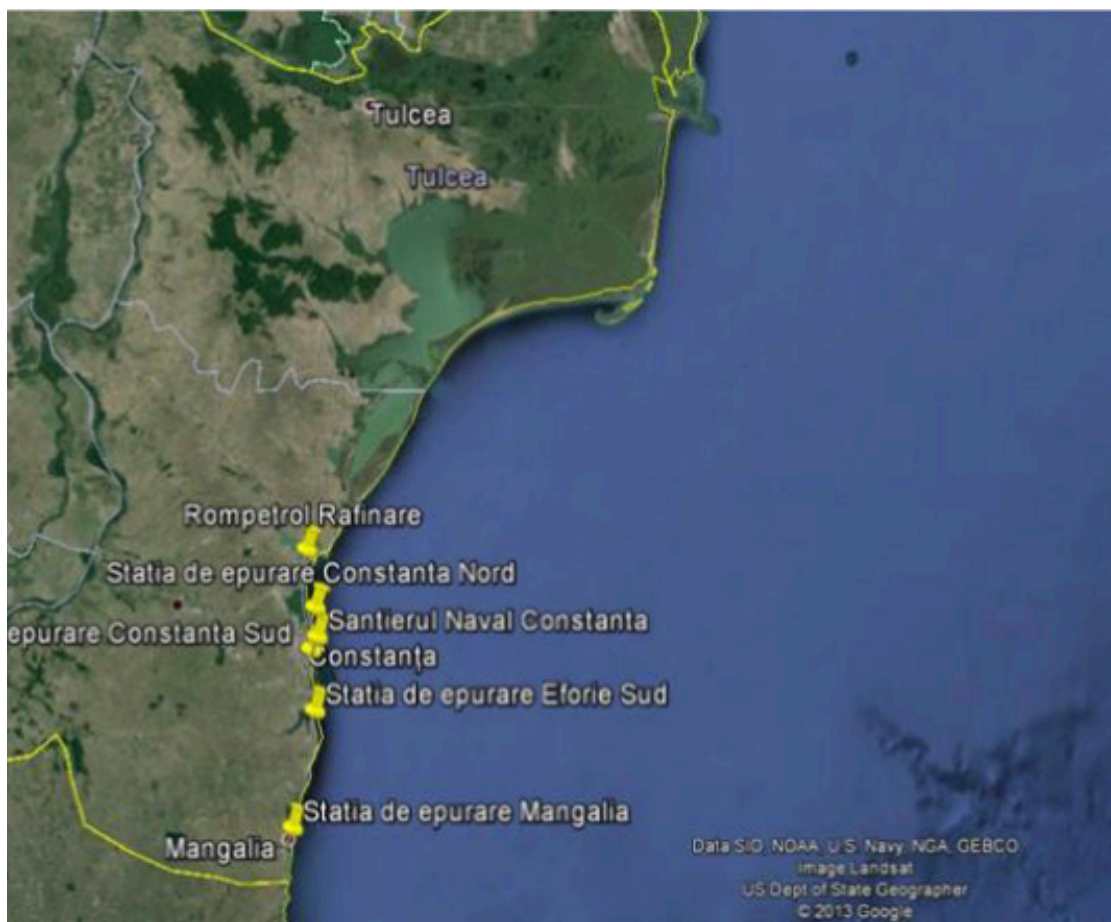
Turystyka jest stosunkowo nowym przemysłem w regionie. Oferuje bardzo dobre możliwości łączenia konwencjonalnej turystyki morskiej z turystyką nadmorską i kulturową. W latach 60. i 80. wzdłuż zachodniego wybrzeża powstały imponujące kurorty, w tym duże ośrodki dla turystów międzynarodowych, takie jak Słoneczny Brzeg i Złote Piaski w Bułgarii oraz Mamaia w Rumunii.

Rumuńska strona Morza Czarnego jest najbardziej eksploatowanym obszarem turystycznym w Rumunii. Wzdłuż wybrzeża morskiego znajdują się 2 gminy, 2 większe i 2 mniejsze miasta, a także liczne letnie kurorty. Główne miasta i główny obszar zainteresowania, gdzie znajduje się większość kurortów i atrakcji turystycznych, znajdują się w okręgu Constanța; drugim okręgiem graniczącym z morzem jest okręg Tulcea, oba są częścią historycznego regionu Dobrogea. Głównym miastem, które jest również uważane za stolicę tego regionu, jest Constanța (290 000 mieszkańców). Drugim co do wielkości jest Mangalia (50 000 mieszkańców), a następnie Năvodari (39 000 mieszkańców), oba w powiecie Constanța. Inne miasta to Konstanca - Konstanca, Konstanca - Konstanca, Konstanca - Konstanca: Sulina (3 300 mieszkańców) (Tulcea), Eforie (10 000 mieszkańców) i Techirghiol (7 000 mieszkańców) (https://ro.wikipedia.org/wiki/Litoralul_rom%C3%A2nesc).

Zanieczyszczenie Morza Czarnego metalami ciężkimi jest wielonarodowym problemem spowodowanym działalnością antropogeniczną w pobliżu obszarów przybrzeżnych i rzek wpływających do morza. Ważne jest, aby zidentyfikować każde źródło zanieczyszczenia, ale dość trudno jest przedstawić wykaz punktowych i rozproszonych źródeł zanieczyszczeń ze względu na liczne i zróżnicowane działania transgraniczne i zrzuty (Jitar i in., 2015).

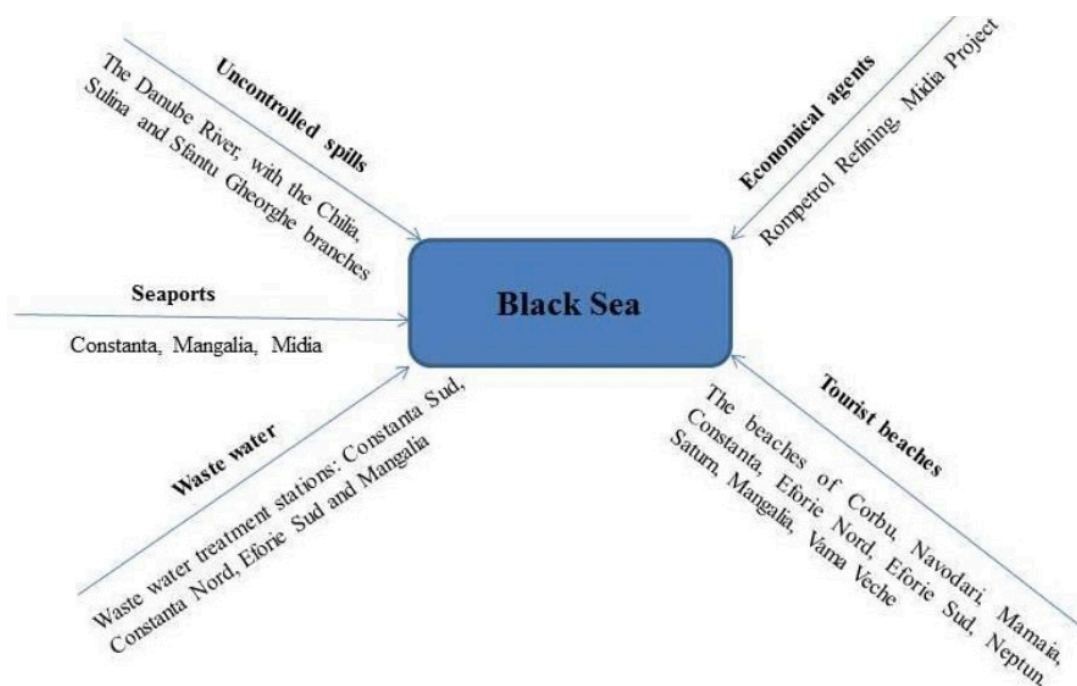
Tabela 3.1.2.1. Główne źródła antropogeniczne i rodzaj podejmowanej działalności (Jitar i in., 2015)

Źródła antropogeniczne	Rodzaj podłoża
Port (małe łodzie i jachty) i działalność turystyczna	Skalista
A1 - Miejska oczyszczalnia ścieków Constanța Nord	Skalista
A2 - Constanța Sud - miejska oczyszczalnia ścieków (która oczyszcza również ścieki z portu)	Skalista
A3 - Eforie Sud - miejska oczyszczalnia ścieków	Skalista i piaszczysta
A4 - Mangalia - miejska oczyszczalnia ścieków	Skalista i piaszczysta
Aktywności turystyczne	Piaszczysta



Rysunek 3.1.2.1. Główne punktowe źródła zanieczyszczeń zlokalizowane wzdłuż rumuńskiego wybrzeża (Google Earth, Jitar et al. 2015).

Według oficjalnych źródeł informacji dostarczonych przez krajowy program monitorowania Morza Czarnego (INCDM “Grigore Antipa” i Dobrogea-Litoral Basin Administration, ABADL), głównymi źródłami zanieczyszczenia metalami ciężkimi w rumuńskim sektorze Morza Czarnego są: Dunaj, zanieczyszczenia lokalne, źródła w rumuńskiej strefie przybrzeżnej oraz źródła zanieczyszczeń zlokalizowane w ukraińskim sektorze Morza Czarnego (Jitar i in., 2015) (rys. 3.1.2.2.).



Rysunek 3.1.2.2. Lokalne źródła zanieczyszczeń na rumuńskim wybrzeżu Morza Czarnego
(<https://www.spiritsb.online/sources-of-pollution-and-pollutants-from-the-coastal-area-of-the-black-sea-in-romania/>)

Państwowy Instytut Badawczo-Rozwojowy Geologii Morskiej i Geoekologii - GeoEcoMar zidentyfikował następujące główne presje mające ogromny wpływ na ekosystemy morskie w ogóle, a w szczególności na łąki Zostera:

- Duszenie (np. stawianie sztucznych konstrukcji lub wyrzucanie urobku z pogłębiania);
- Przeszkody (np. stałe konstrukcje);
- Zmiany w sedymentacji (np. podczas wycieków, zwiększonych przepływów lub pogłębiania/rozładunku urobku z pogłębiania);
- Erozja (np. z powodu wpływu na dno morskie połowów komercyjnych, żeglugi, manewrów cumowniczych);

- Wprowadzenie nierodzimych gatunków i translokacje;
- Poważne zmiany w reżimie zasolenia;
- Znaczące zmiany w reżimie temperaturowym;
- Wprowadzanie składników odżywczych i innych substancji bogatych w azot i fosfor;
- Wprowadzanie substancji organicznych (np. ścieki, marikultura, aluwia);
- Wprowadzenie drobnoustrojów chorobotwórczych;
- Wydobycie selektywne (np. w związku z eksploracją i eksploatacją zasobów biologicznych i niebiologicznych na dnie morskim i podglebiu);
- Wprowadzenie związków syntetycznych;
- Wprowadzenie substancji i związków niesyntetycznych;
- Wprowadzenie radionuklidów.

Zgodnie z odniesieniami UE (dyrektywa 2000/60/WE ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (RDW); dyrektywa 91/676/EWG dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego; dyrektywa 2008/98/WE w sprawie odpadów; dyrektywa 91/271/EWG dotycząca oczyszczania ścieków komunalnych; dyrektywa 2006/7/WE dotycząca zarządzania jakością wody w kąpieliskach; dyrektywa 2000/59/WE w sprawie portowych urządzeń do odbioru odpadów wytwarzanych przez statki i pozostałości ładunku, zmieniona dyrektywą 2002/84/WE, dyrektywą 2007/71/WE i rozporządzeniem nr 137/2008; dyrektywa 2009/123/WE zmieniająca dyrektywę 2005/35/WE w sprawie zanieczyszczenia pochodzącego ze statków oraz sankcji w przypadku naruszenia konwencji MARPOL 73/78; Konwencja o ochronie Morza Czarnego przed zanieczyszczeniem - Protokół o ochronie środowiska morskiego Morza Czarnego przed zanieczyszczeniem przez zatapianie; dyrektywa 2011/92/UE w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko; dyrektywa 2001/42/WE w sprawie oceny wpływu niektórych planów i programów na środowisko; rozporządzenie (UE) nr... 1380/2013 w sprawie wspólnej polityki rybołówstwa; Dyrektywa 92/43/EWG w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory (Dyrektywa Siedliskowa); Międzynarodowa konwencja o kontroli i zarządzaniu wodami balastowymi oraz osadami ze statków; ROZPORZĄDZENIE (WE) nr. 708/2007 w sprawie stosowania wspólnej polityki rybołówstwa; dyrektywa Rady 92/43/EWG w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory (dyrektywa siedliskowa); Międzynarodowa konwencja o kontroli i zarządzaniu wodami balastowymi oraz osadami ze statków; rozporządzenie Rady (WE) nr 708/2007 w sprawie wykorzystania w akwakulturze gatunków obcych i niewystępujących miejscowo;

Rozporządzenie (UE) nr 1143/2014 w sprawie zapobiegania wprowadzaniu i rozprzestrzenianiu się inwazyjnych gatunków obcych i zarządzania nimi Wytyczne IMO dotyczące kontroli i zarządzania morskimi zasobami biologicznymi w celu zminimalizowania przenoszenia wodnych gatunków inwazyjnych (rezolucja MEPC 207/62)), zaproponowano szereg środków mających na celu ochronę ekosystemów morskich:

- Zarządzanie i ograniczanie rozproszonych źródeł zanieczyszczeń, w tym depozycji atmosferycznej;
- Opracowanie regionalnego planu działania w zakresie odpadów morskich (wspólna regionalna metodologia ilościowego określania odpadów morskich, identyfikacji źródeł, wykrywania sprawców itp.);
- Poprawa zarządzania odpadami ze statków;
- Skoordynowana organizacja i/lub wsparcie regularnych (corocznych) kampanii uświadamiających dla społeczności biznesowej (handlowców, operatorów plaż, rybaków itp.) i społeczeństwa (turystów, studentów, dzieci itp.) na temat źródeł i konsekwencji odpadów morskich dla środowiska oraz potrzeby recyklingu odpadów;
- Ustanowienie obiektów w miejscach wyładunku w celu radzenia sobie z odpadami morskimi zebranymi przez rybaków i odpadami organicznymi powstałymi w wyniku przetwarzania połowów na pokładzie statków/statków;
- Ułatwianie i wdrażanie przyjaznych dla środowiska praktyk “połowów z odpadów”;
- Zmiana istniejącego prawodawstwa, w razie potrzeby, poprzez wprowadzenie systemu zezwoleń na działania w środowisku morskim;
- Wyznaczenie obszarów, w których dozwolone jest stosowanie włoków ramowych i długoterminowa obserwacja ich wpływu;
- Opracowanie/aktualizacja planów zarządzania MPA zgodnie z wymogami dyrektywy ramowej w sprawie strategii morskiej oraz z uwzględnieniem zarówno krajowych, jak i wspólnych RO - Cele BG Ustanowienie spójnych i reprezentatywnych sieci MPA, w tym MPA w Rumunii i Bułgarii, wraz z planami zarządzania. Zwiększone monitorowanie działalności regulowanej w MPA;
- Tworzenie korytarzy ekologicznych między morskimi obszarami chronionymi;
- Tworzenie map ryzyka dla siedlisk na obszarach chronionych Natura 2000;
- Harmonizacja planowania przestrzennego obszarów morskich (MSP) z planem zagospodarowania przestrzennego w celu wsparcia ochrony gatunków i siedlisk oraz środków ochronnych;

- Harmonizacja planowania przestrzennego obszarów morskich (MSP) z planem zagospodarowania przestrzennego w celu wsparcia ochrony gatunków i siedlisk oraz środków ochronnych;
- Opracowanie map rozmieszczenia chronionych gatunków morskich (w skali regionalnej/krajowej) na morskich obszarach chronionych (np. Zostera);
- Poprawa planów zarządzania poprzez opracowanie środków ochrony środowiska środowiska i życia dla MPA;
- Ocena funkcji i usług ekosystemów.

• 3.3.3 Infrastruktura przybrzeżna i utrata usług ekosystemu trawy morskiej

W Morzu Czarnym *Zostera noltei* i *Zostera marina* są obficie występującymi trawami morskimi, ale niewiele wiadomo na temat ich wrażliwości na rozwój wybrzeża.

Zgodnie z raportem o stanie środowiska Morza Czarnego, w ciągu ostatnich dziesięcioleci zaobserwowano znaczny spadek liczebności gatunków *Zostera marina* i *Z. noltei* (trawa morska). W ciągu ostatnich 30 lat populacja trawy morskiej wzrosła dziesięciokrotnie w płytkich wodach. Głównym powodem degradacji zbiorowisk *Zostera* była mobilizacja mułu przez pogłębianie w strefie przybrzeżnej. Zubożenie społeczności makrofitów zaobserwowano w wielu obszarach o skalistym dnie i doprowadziło ono do obecnego spadku różnorodności biologicznej w północno-zachodniej części Morza Czarnego (<http://www.blacksea-commission.org>).

Wiele struktur obrony wybrzeża (ostrogi, falochrony i mola) wzdłuż południowego wybrzeża Rumunii uległo pogorszeniu, a ich skuteczność w kontrolowaniu erozji plaż i ochronie wybrzeża została znacznie zmniejszona (Halcrow UK et al., 2011-20).

Odbudowa grobli i budowa sztucznych plaż na rumuńskim wybrzeżu Morza Czarnego stanowi poważne zagrożenie zarówno dla przetrwania łąk trawy morskiej (*Zostera noltei*), jak i dla większości siedlisk Natura 2000 występujących na tym obszarze.

MODUŁ 2: BADANIA NAUKOWE NA POTRZEBY TŁUMACZEŃ DYDAKTYCZNYCH

W celu dostarczenia dowodów, danych i dowodów, które pozwalają na argumentację w szkolnym badaniu naukowym przedstawionym w Przewodniku dydaktycznym opracowanym w Module 3, zaprojektowano dwa eksperymenty, aby ułatwić dydaktyczną transpozycję badań naukowych zebranych w tym planie szkoleniowym. Zgodnie z poszukiwaniem tego, co jest najbardziej paradygmatyczne z punktu widzenia programu nauczania w ramach podejścia “Jedno zdrowie”.

a. Pierwszy eksperyment: KONTROLA ORGANIZMÓW TOKSYCZNYCH POPRZEZ ZOSTERA. Celem jest przeszkolenie studentów w zakresie podstawowej wiedzy i pozyskiwania danych oraz uzasadnień, aby umożliwić im argumentowanie na temat zdolności Zostera do kontrolowania wzrostu różnych rodzajów mikroorganizmów morskich, które są szkodliwe dla ludzi.

b. Drugi eksperyment: test na zawartość materii organicznej w SEDIMENCIE. Celem jest przeszkolenie studentów w zakresie podstawowej wiedzy oraz zdobycie danych i uzasadnień, które pozwolą im argumentować na temat zdolności Zostera do filtrowania osadów i działania na arenie niebieskiego węgla poprzez usuwanie węgla z atmosfery i działanie jako rezerwuuar dwutlenku węgla.



Uczniowie omawiają dane i dowody z ćwiczeń laboratoryjnych w ramach badania usług ekosystemu trawy morskiej.

1. OPIS POTENCJAŁU WYKAZANIA ZDOLNOŚCI TRAWY MORSKIEJ DO POPRAWY ZDROWIA LUDZKIEGO

Aby opracować argumenty w szkolnych badaniach naukowych, potrzebne są dowody, zgodnie z modelem WHO “One Health”, dotyczące wpływu traw morskich na środowisko, aby umożliwić rozważenie zdrowia ludzkiego. Jednym z głównych problemów, które mogą wynikać ze spożywania małży dla zdrowia ludzi, jest produkcja toksyn przez glony bruzdnicowate, które powodują czerwone przypiływy. Pierwsze zatrucia odnotowano dopiero w 1976 r., kiedy to w Szwajcarii i Francji doszło do zatruc spowodowanych spożyciem małży eksportowanych z Galicji, przy czym w tym czasie odnotowano 23 poważne hospitalizacje z powodu toksyn paralitycznych. W tym samym roku odnotowano również hospitalizacje w Santiago de Compostela i Segowii w Hiszpanii. Objawami zatrutych osób hospitalizowanych był paraliż mięśni.



Woda morska z czerwonym odcieniem

Producentami tych toksyn są jednokomórkowe glony, o których wiadomo, że podczas namnażania zmieniają kolor na czerwony. Dinoflagellates to mikroskopijne jednokomórkowe glony, które są częścią planktonu morskiego i są źródłem pożywienia dla małży i ślimaków. Te jednokomórkowe algi są odpowiedzialne za czerwony kolor, gdy się rozmnażają, wytwarzają toksyny paralityczne, biegunkowe i amnezyjne, które po przefiltrowaniu i skoncentrowaniu w dużych ilościach przez małże mogą powodować poważne problemy zdrowotne u ludzi po spożyciu. Główną przyczyną czerwonych pływów w Galicji są wiatry południowe, gdy wiatry północno-północno-wschodnie, które ułatwiają wzrost wody, ustają, jak wyjaśniono w module I. Gdy wiatry północno-wschodnie zmieniają się w wiatry południowe, mogą wystąpić czerwone pływy.

Pytanie, czy istnieją usługi ekosystemowe łagodzące rozprzestrzenianie się bruzdnic, jest zatem interesujące z perspektywy przekrojowego podejścia WHO “One Health”. Wśród wielu funkcji, jakie pełnią one w społeczeństwie ludzkim, jest jedna, która jest mało znana i obecnie cieszy się zainteresowaniem społeczności badawczej. Jest to wyraźnie korzystne dla zdrowia ludzkiego, ponieważ jest to ich zdolność do kontrolowania wzrostu różnych rodzajów mikroorganizmów morskich szkodliwych dla ludzi.

Badania te są bardzo interesujące dla propozycji programów nauczania koncentrujących się na “Jednym zdrowiu”, dlatego interesujące jest opracowanie symulacji procesu eksperymentalnego do użytku szkolnego, ponieważ badania są bardzo trudne do odtworzenia w szkolnych badaniach terenowych. Z tego powodu symulacje i eksperymenty umysłowe są interesujące w procesach dochodzenia i argumentacji typowych dla nauki szkolnej, ponieważ pozostawiają dowody, dowody i uzasadnienia zdolne do wyciągnięcia niezbędnych wniosków do interpretacji procesów eksperymentalnych, które pozwoliły nam dowiedzieć się, w jakim stopniu *Zostera* może być korzystna dla zdrowia ludzkiego. Dlatego symulacje i dydaktyczne eksperymenty mentalne odgrywają rolę w rozwijaniu procesów argumentacyjnych w celu uzyskania skutecznych reprezentacji mentalnych, które można zastosować w celu zrozumienia znaczenia “jednego zdrowia” łąk trawy morskiej.



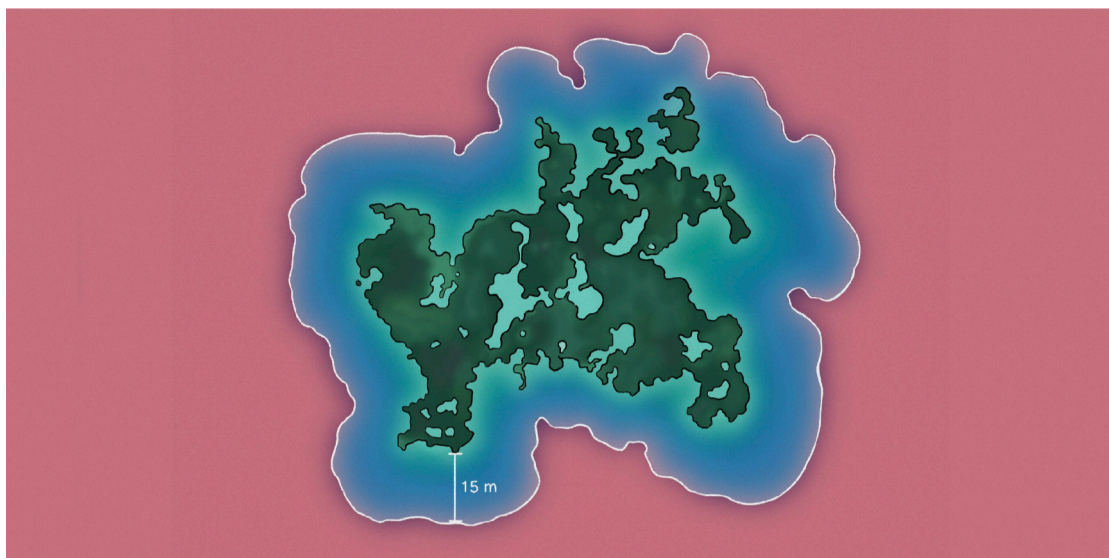
*Grupy uczniów zbierające dowody na poparcie swoich argumentów w procesie badawczym.
 |w nauce szkolnej na temat funkcji łąk Zostera*

Co więcej, te dydaktyczne procesy argumentacyjne mogą być interesujące dla wprowadzenia uczniów w dydaktyczne tłumaczenie metody naukowej stosowanej przez naukowców na rzecz usług ekosystemowych i zdrowia ludzkiego. Aby rozszerzyć wartość Zostera w interpretacji korzyści płynących z użytków zielonych dla zdrowia ludzkiego, przy jednoczesnym wprowadzeniu szkodliwej roli bruzdnic, warto skorzystać z okazji, aby wprowadzić inny rodzaj gatunków szkodliwych dla ludzi, a mianowicie mikroorganizmy chorobotwórcze, głównie bakterie, które w przeciwieństwie do bruzdnic, które są jednokomórkowymi eukariontami z królestwa protocista, bakterie należą do królestwa monera, a zatem są jednokomórkowymi prokariontami. W tym celu poniższe studia przypadków zostały sformułowane w prawdziwym formacie argumentacji opartej na problemach.

• **1.1 Problem nr 1: Czy Zostera może pomóc w redukcji toksyn w Morzu Czerwonym?**

W niedawnym artykule opublikowanym w 2020 r. (patrz załącznik I) zbadali oni skład społeczności mikroalg żyjących w wodzie w trawach morskich i wokół nich, koncentrując się w szczególności na bruzdnicach, ponieważ jest to grupa mikroalg, do której należy większość mikroorganizmów wytwarzających toksyny w morzu. Zaobserwowano, że organizmy te występowały znacznie rzadziej na obszarze, na którym obecne są trawy morskie. We wszystkich przypadkach liczebność była wyższa w obszarze zdominowanym przez nagie osady. Kontynuując analizę tego samego badania, porównując liczebność bruzdnic nad łąkami z liczebnością tych organizmów w rosnących odległościach od łąk, stwierdzono, że niższa liczebność bruzdnic występuje nie tylko nad łąkami, ale jest również obserwowana na obszarach sąsiadujących z łąkami, co najmniej do odległości 15 m od łąk.

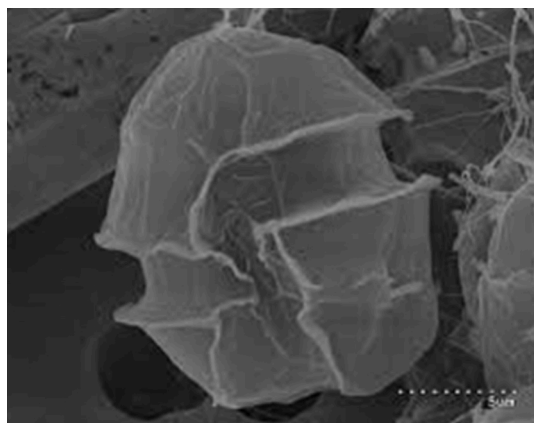
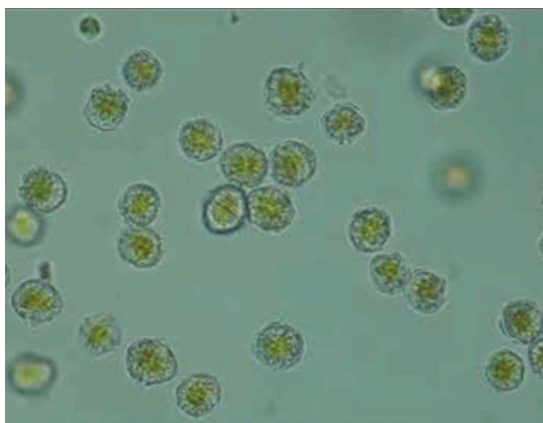
1. Interpretacja problemu: Nauczyciel może podejść do problemu na poziomie szkolnym na podstawie poniższej infografiki, na której łąka trawy morskiej wyłaniająca się z płytkiej wody jest wizualizowana jako zielona plama. Czerwonawa woda jest związana z obecnością bruzdnic z rodzaju *Alexandrium*. To, co pojawia się w promieniu 15 metrów w kolorze niebieskim, to woda morska bez obecności bruzdnic.



Infografika do intuicyjnego przedstawienia uczniom problemu z kolorem czerwonego przyływu i jego zanikiem na łące i w odległości 15 m od niej.

2. W ten sposób możliwy jest postęp w rozwoju argumentacji, która pozwala na zebranie dowodów niezbędnych do interpretacji problemu:

- a. Jak myślisz, dlaczego na pastwiskach jest mniej bruzdnic?
- b. Jeśli niska liczba utrzymuje się w odległości 15 metrów, jak pokazują dane, czy jest coś w strukturze rośliny, co powstrzymuje dinoflagellaty?
- c. Jeśli odpowiedź brzmi “nie”, można zapytać: Czy rośliny mogą również wpływać na spadek w odległości 15 metrów? Jeśli tak, to w jaki sposób wywierałyby taki wpływ?
- d. W kulturze eksperymentalnej naukowcy uwzględnili bruzdnice z rodzaju *Alexandrium*. Jakie jest zainteresowanie tym rodzajem, biorąc pod uwagę wpływ czerwonych pływów na ludzi?



Grupa dinoflagellates *Alexandrium* (a) i szczegół jednego z nich (b)

e. Jeśli zostanie potwierdzone, że im wyższe stężenie *Zostera*, tym niższe stężenie *Alexandrium*, jakie są konsekwencje tego dowodu?

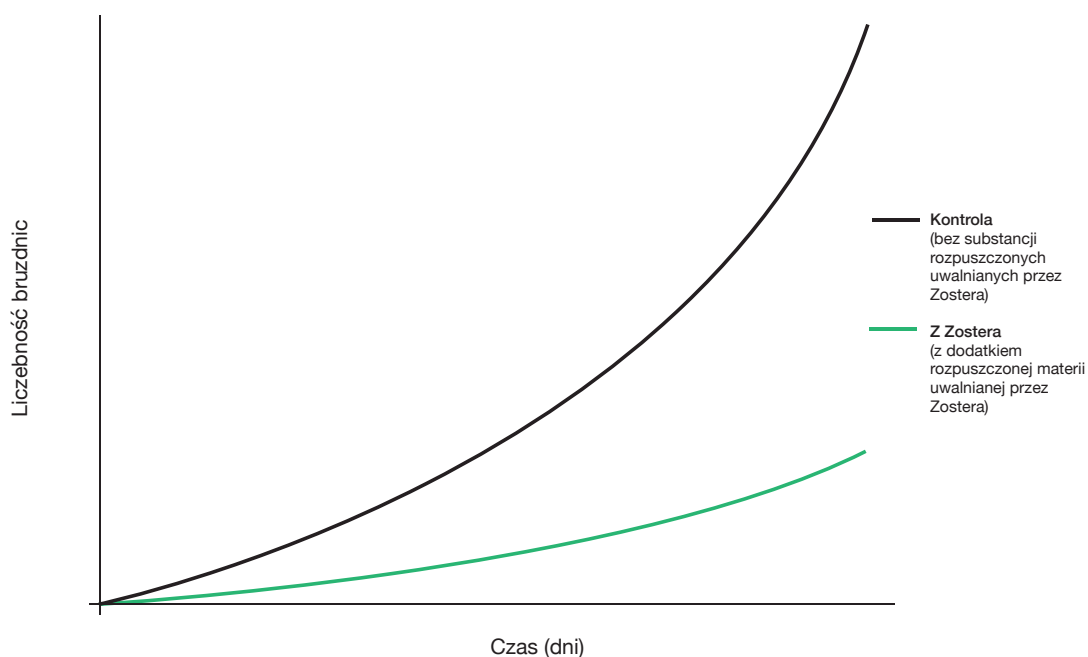
3. Sformułowanie hipotezy: Podaj odpowiedź na problem, przewidując rozwiązanie (formułując hipotezę), pamiętając o sformułowaniu problemu, używając słów: obfitość użytków zielonych i dinoflagellates.

4. Powiedziano im, że będą testować prawdziwość hipotezy przy użyciu 5 fiolek z kulturą *Alexandrium* i 5 fiolek z kulturą *Alexandrium* + rośliną *Zostera*. Aby kontynuować argumentację dotyczącą rozwiązania tego problemu, zadawane jest następujące pytanie: Dlaczego dajesz nam 5 fiolek każdego typu? Czy nie powinna wystarczyć tylko jedna fiołka?

5. W celu dalszej integracji danych obejmujących wiedzę podstawową, która pozwala mu uzasadnić ważność i odrzucenie hipotezy, interesujące jest argumentowanie zgodnie z tymi ramami:

a. Spójrz na wykres przedstawiający wyniki dla mieszanin dwóch gatunków i odpowiedz:

- W jednej z fiolek nie ma rozpuszczonej materii uwalnianej z roślin *Zostera*. Który z nich i dlaczego? Uzasadnij swoje odpowiedzi.
- Od którego gatunku zależy stężenie materii uwalnianej przez *Zostera*? Jakie korzyści dla ludzkiego zdrowia zamierzamy odkryć dzięki relacjom między gatunkami?
- W jakim stopniu brak czerwonego przypiływu w odległości do 15 metrów od łąki mógł spowodować, że interesujące nas gatunki rosły nie w *Zostera*, ale w rozpuszczonej materii uwalnianej przez *Zostera*?
 - Jakie są stężenia poszczególnych kolorów?
 - Jaki jest związek między stężeniem materii uwalnianej przez *Zostera* a gęstością bruzdnic?
 - Ile dni trwało dochodzenie?
 - Czy miałyby taką samą wartość, gdyby czas eksperymentu wynosił 6 dni? Uzasadnij swoją odpowiedź.
 - W jakim stopniu wyniki potwierdzają lub obalają hipotezę? Uzasadnij swoją odpowiedź.



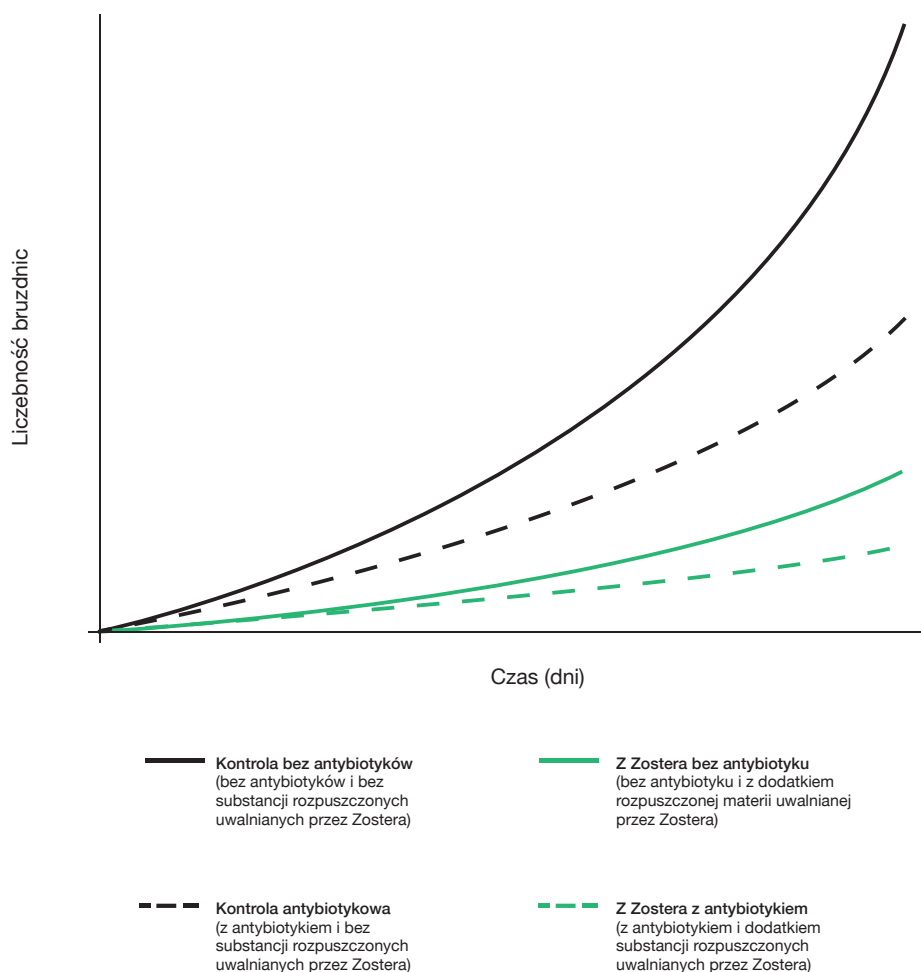


b. Naukowcy sprawdzili łąkę pod kątem wielu gatunków, które mogłyby wpłynąć na wynik i odkryli, że na powierzchni roślin znajdowało się wiele bakterii. W tym momencie wprowadzili do badań antybiotyki.

- Dlaczego antybiotyk został wprowadzony do badania?

• Po wprowadzeniu antybiotyku powtórzono poprzedni eksperyment, ale tym razem dodając więcej antybiotyku do wyników wyrażonych za pomocą wykresów kropkowych, które zachowują stężenia odpowiadające ich kolorowi, ale w tym przypadku również zawierają antybiotyk. Co zmotywuje badaczy do takiego rozszerzenia testów?

• Spójrz na ich wyniki z wynikami, które uzyskują teraz, pamiętając, że wyniki antybiotyków są reprezentowane przez przerywaną linię. W jaki sposób antybiotyk wpływa na wzrost dinoflagellate w czasie?



- Co wyniki wprowadzenia antybiotyków mówią nam o wzroście populacji bruzdnic?

- Jeśli wpływ na redukcję pierwotniaków na łąkach *Zostera* jest widoczny w odległości do 15 m od roślin, biorąc pod uwagę wyniki wprowadzania antybiotyków, jak można wyjaśnić te wyniki?

c. Biorąc pod uwagę wyniki wprowadzenia antybiotyków, sformułuj uzasadniony wniosek, używając słów: związek, wzrost, uwolniony, bakterie..

d. Mimo, że dinoflagellaty są hodowane tylko ze związkami uwalnianymi przez *Zostera* w obecności antybiotyków i gdy związki te niosą antybiotyki, uzyskuje się wpływ na wzrost dinoflagellatów, efekty nie są takie same. Wyraź swój wniosek na temat różnic we wzroście pierwotniaków, używając słów: inhibitor, bakteria, producent.

e. Doszedłszy do tego ostatniego wniosku, naukowcy postanowili usunąć to, co żyje na powierzchni (głównie bakterie i mikroskopijne glony) i przeprowadzili nowy eksperyment, porównując wzrost błonkówek na roślinach z epifitami z roślinami bez epifitów. Stwierdzono, że wzrost błonkówek był znacznie niższy w roślinach z epifitami. Biorąc pod uwagę ten ostatni test i uwzględniając wszystkie poprzednie testy, sformułuj wniosek dotyczący wpływu łąk na wzrost dinoflagellate, używając tych trzech słów: związek, glon, inhibitor.

6. Po opracowaniu tego argumentu interesujące jest przekazanie im informacji, że substancja chemiczna hamująca wzrost *Alexandrium* nie jest znana. Na tej podstawie odbędzie się debata, w której uczniowie będą argumentować na temat potrzeby badania tego, co zostało odkryte, aby przyspieszyć odkrywanie nieznanego. Zostaną poproszeni o przedstawienie propozycji postępu w odkrywaniu tego, czego nam brakuje. W ramach podsumowania rezolucji będą również argumentować na temat znaczenia utrzymania zdrowia ekosystemów dla utrzymania naszego zdrowia.

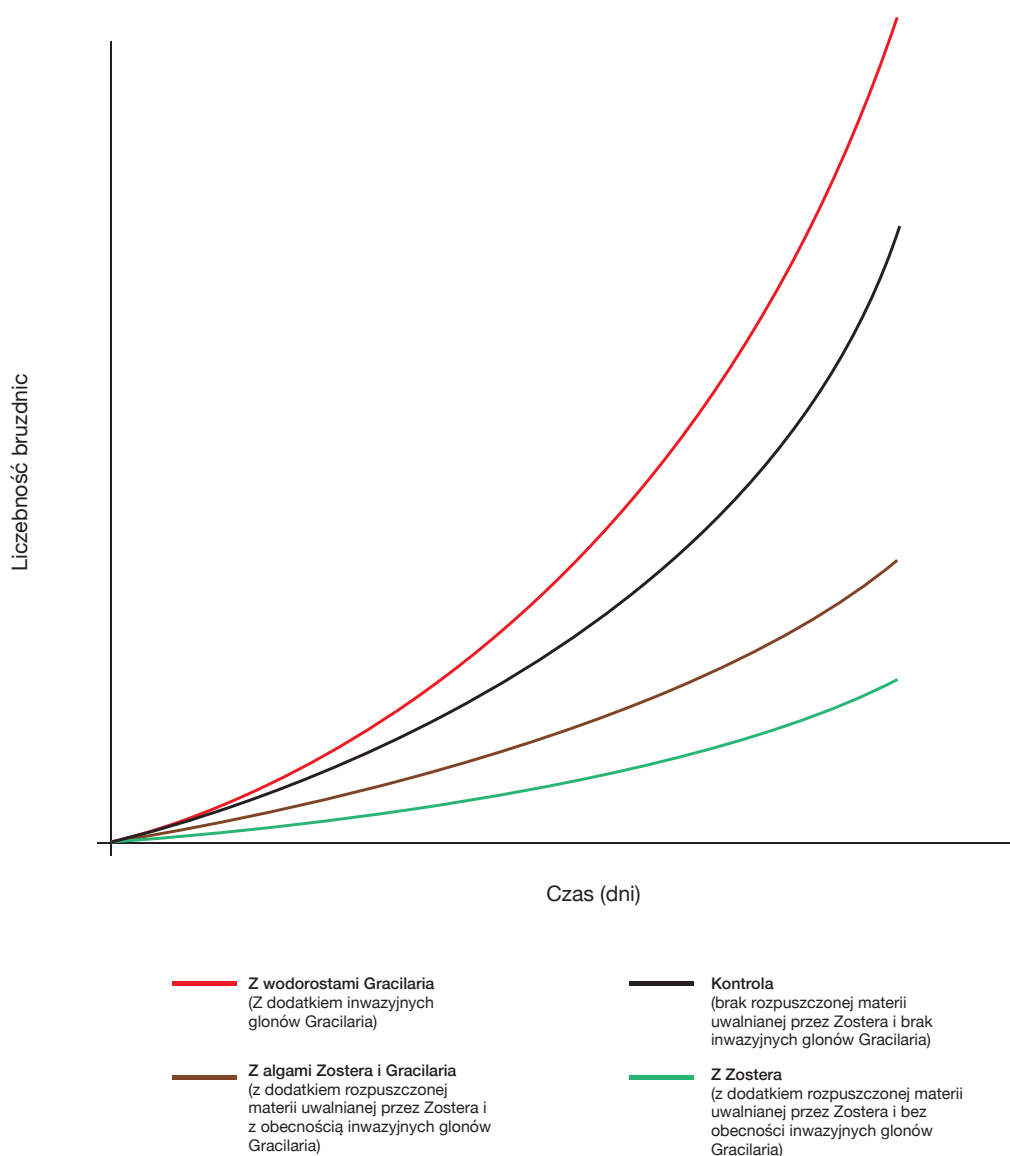
- **1.2 Prawdziwy problem 2: Czy inwazyjne glony z trawy morskiej mogą wpływać na hamującą aktywność bruzdnic?**

Po tym, jak stwierdzono, że hamowanie wzrostu dinoflagellate może być spowodowane produkcją rozpuszczalnych substancji i że mogą się one zmieniać, gdy w grę wchodzi inne gatunki, inwazja łąk *Zostera* przez inwazyjną czerwoną algę rodzi nowe pytanie. To nowe pytanie można sformułować w następujący sposób: czy obecność inwazyjnych glonów może wzmocnić lub przeciwdziałać hamującemu wpływowi *Zostera* na toksyczne błonice?



Inwazyjna czerwona alga Gracilaria na łące Zostera (u góry) i jej szczegóły (u dołu).

Aby odpowiedzieć na to nowe pytanie, zaproponowano nowy model, który porówna wzrost Alexandrium inkubowanego w obecności Zostera lub w obecności inwazyjnych glonów ze wzrostem Alexandrium hodowanego bez obecności tych organizmów. Jest on również inkubowany z Zostera i glonami. Wyniki nowego eksperymentu przedstawiono na poniższym wykresie:



Po rozszerzeniu problemu o zmienne występowanie inwazyjnych glonów na użytkach zielonych, przeprowadzono nowy eksperyment, którego wyniki przedstawiono na poniższym wykresie. W oparciu o wyniki wyrażone na wykresie, nauczycielom ponownie zaproponowano krótki zarys sformułowany w tych warunkach:

a. Porównując wzrosty wyrażone przez zieloną linię (Zostera + Alexandrium dinoflagellate) do czarnej kontroli (tylko dinoflagellate), w jaki sposób obecność Zostera wpływa na wzrost Alexandrium dinoflagellate w porównaniu z leczeniem kontrolnym (zielona linia w porównaniu do czarnej kontroli)?

b. Porównując teraz czerwoną linię (glony Gracilaria + Alexandrium dinoflagellate), jak obecność Gracilaria wpływa na wzrost Alexandrium dinoflagellate w porównaniu z leczeniem kontrolnym (czerwona i czarna linia)?

c. Wreszcie, jak hodowla dinoflagellate z Zostera i inwazyjnymi glonami (brązowa linia) wypada w porównaniu z leczeniem kontrolnym (brązowa linia w porównaniu z kontrolą w kolorze czarnym)?

8. Po stwierdzeniu, że inwazja glonów stymuluje wzrost dinoflagellates i zmniejsza hamujący wpływ Zostera, można zaproponować.

a. Kiedy łąka trawy morskiej zostanie skolonizowana przez inwazyjne glony Gracilaria, w jakim stopniu może to mieć wpływ na zdrowie?

b. Glony te zostały wprowadzone do galicyjskich ujść rzek wraz z uprawą azjatyckiej ostrygi. Jakie wnioski możemy wyciągnąć na temat wygody poszukiwania nowych zasobów za pomocą obcych gatunków?

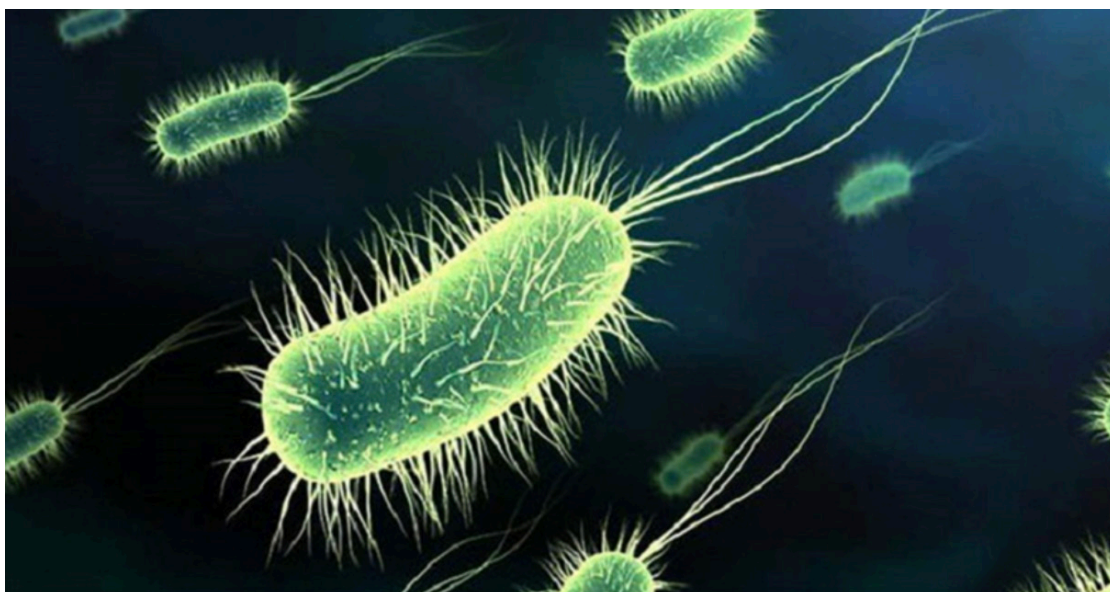
Ponownie wyraźnie widać, że obecność Zostera hamuje wzrost Alexandrium w porównaniu z leczeniem kontrolnym (zielona i czarna linia). Jednak obecność glonów Gracilaria stymuluje wzrost tej bruzdnicy we wczesnych stadiach wzrostu (czerwona linia). Gdy bruzdnica jest hodowana razem z Zostera i glonami inwazyjnymi, efekt hamujący utrzymuje się, chociaż jego intensywność jest niższa (brązowa linia).

• **1.3 Prawdziwa kwestia 3: Czy Zostera może pomóc w redukcji bakterii chorobotwórczych?**

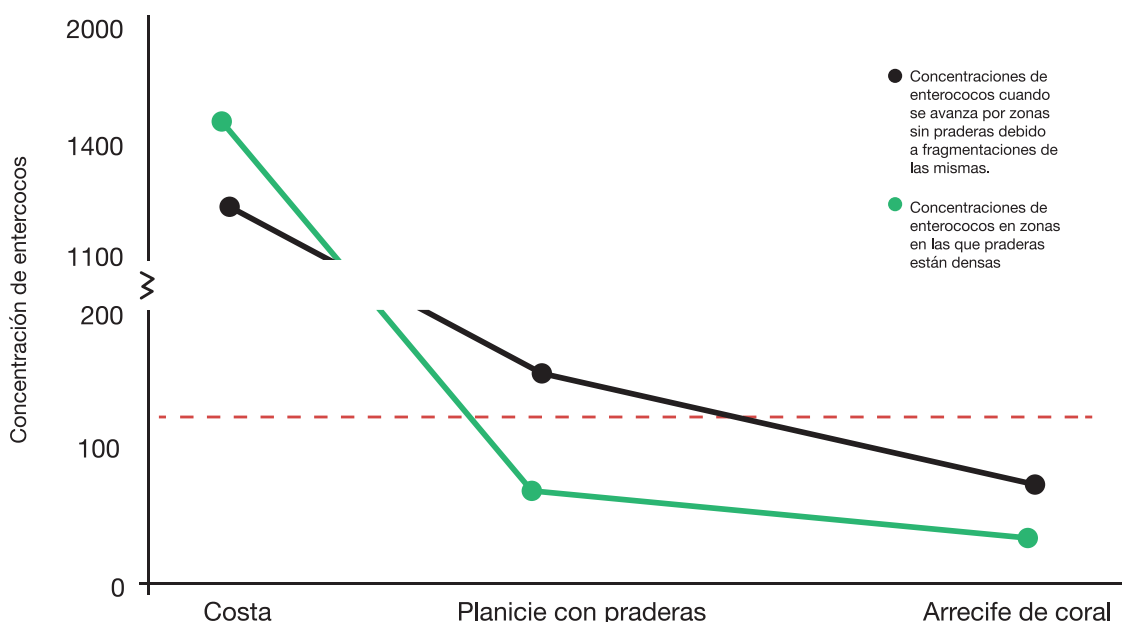
Ramy rozumowania w poszukiwaniu rozwiązania 1 prowadzą do wniosku, że obecność Zostere ma zdolność kontrolowania wzrostu toksycznych dinoflagellates. Poszukiwanie większej liczby usług ekosystemowych łąk Zostera rodzi prawdziwe pytanie o związek między środowiskiem a zdrowiem, z podejściem “One Health” do tego pytania:

Czy Zostera, która, jak wykazano, hamuje wzrost bruzdnic, będzie miała taką samą zdolność do zmniejszania ilości bakterii chorobotwórczych w otaczającej wodzie morskiej?

Uzasadnienie wniosku, który dostarcza odpowiedzi na to pytanie, opiera się na następujących danych “W badaniach przeprowadzonych na wodach australijskich naukowcy szukali możliwych powiązań między Zostera a redukcją bakterii chorobotwórczych (enterokoków). W tym celu zmierzili stężenie enterokoków między strefą pośrednią znajdującą się między wybrzeżem a rafą, aby porównać stężenie enterokoków (bakterii jelitowych) w strefach Zostera i uzyskali dane wyrażone na wykresie”.



Fotomikrografia patogennych bakterii enterokoków



Pradera marina entre la costa y el arrecife de coral

Za pomocą danych wyrażonych na wykresie zaproponowano proponowane rusztowanie w celu uzyskania niezbędnych uzasadnień w celu osiągnięcia pożądaných wniosków:

1. W przedstawieniu stężenia enterokoków zielona linia odnosi się do stężeń enterokoków na obszarach, na których występuje *Zostera*, czarna linia odnosi się do stężeń na obszarach, na których nie występują użytki zielone, a przerywana czerwona linia wyraża poziomy bakterii chorobotwórczych, które nie osiągają już liczebności stanowiących zagrożenie dla zdrowia ludzkiego.

a. Czy stężenia enterokoków są wyższe, równe lub niższe na obszarach, na których występuje *Zostera* (zielona linia) w porównaniu z obszarami, na których nie ma użytków zielonych (czarna linia)?

b. Patrząc na obszar Flat, jak stężenia enterokoków w obszarach, w których występuje *Zostera* (zielona linia), porównują się z tymi w obszarach, w których nie ma użytków zielonych (czarna linia) w odniesieniu do limitu ustalonego jako zagrożenie dla zdrowia ludzkiego (przerywana czerwona linia).



2. Wniosek, który należy wyciągnąć, wraz z uzasadnieniami uzyskanymi za pomocą proponowanego dwustopniowego szkicu, jest taki, że enterokoki (bakterie jelitowe) są wyraźnie mniejsze na obszarach, na których występuje *Zostera* (zielona linia) w porównaniu z obszarami, na których nie ma użytków zielonych (czarna linia). Należy również stwierdzić, że obecność użytków zielonych powoduje, że poziomy bakterii chorobotwórczych osiągają liczebność, która nie przekracza limitu określonego jako zagrożenie dla zdrowia ludzkiego (przerwana czerwona linia).

Po osiągnięciu tego wniosku, argumentacja jest kontynuowana poprzez postawienie następującego pytania: w jaki sposób użytki zielone *Zostera* mogą wpływać na spadek liczby enterokoków? Aby przenieść argument do wniosku, który odpowiada na to pytanie, należy postępować zgodnie z poniższym schematem:

- 1.** Wiadomo, że łąki trawy morskiej są bogate w różnorodność biologiczną pod względem gatunków mikroorganizmów filtrujących. W jaki sposób może to mieć wpływ na spadek liczby enterokoków?
- 2.** Na czym polega ekosystemowa funkcja trawy morskiej w zapobieganiu przedostawaniu się do nas patogennych mikroorganizmów, gdy jemy surowe skorupki, takie jak ostrygi czy małże?

2. OPIS POTENCJAŁU ARGUMENTOWANIA WPŁYWU SEKWESTRACJI WĘGLA PRZEZ MURAWY SAGO NA ŁAGODZENIE ZMIAN KLIMATU (FUNKCJA NIEBIESKIEGO WĘGLA)

Wiemy, że łąki trawy morskiej, takie jak te z rodzaju *Zostera*, które są szeroko rozpowszechnione w prawie wszystkich europejskich oceanach, zanikają na całym świecie z przyczyn takich jak zmiany klimatu, gatunki inwazyjne, zanieczyszczenie mórz i roboty publiczne. Te trawy morskie są niezbędne dla jednej z potrzebnych nam usług ekosystemowych - niebieskiego węgla. Funkcja ta polega na sekwestracji i pochłanianiu dwutlenku węgla, co jest priorytetową funkcją ekologiczną dla ludzkości ze względu na znaczenie nadmiaru gazów cieplarnianych w atmosferze, które powodują globalne ocieplenie.



Emisja gazów cieplarnianych w instalacji przemysłowej

Dlatego też musimy zadbać o wszystkie ścieżki absorpcji C, których obecnie potrzebujemy do sekwestracji, takie jak łąki trawy morskiej, które obecnie zanikają na całym świecie. Aby sekwestracja była skuteczna, ludzie nie muszą ingerować w łąki trawy morskiej przez stulecia, a nawet tysiące lat. Istnieje pilna potrzeba ochrony tej funkcji, ponieważ łagodzenie zmian klimatu jest ważniejsze niż kiedykolwiek wcześniej, a paradoks polega na tym, że same zmiany klimatu przyczyniają się do zaniku trawy morskiej. Dlatego też, aby zapobiec zniszczeniu tych łąk, ważne jest podjęcie ścisłych środków ochronnych w celu zapewnienia, że niektóre obszary łąk nie są wykorzystywane do eksploatacji, takich jak połowy muszli lub trałowanie, a także w celu uniknięcia wpływu robót publicznych i kotwiczenia statków. Te rdzenie, które mają być chronione, muszą być wystarczające, aby systemy te były skuteczne w perspektywie średnio- i długoterminowej pod względem sekwestracji C, aby pomóc złagodzić zmiany klimatu i zmniejszyć źródła zanieczyszczeń.



Szkolne badanie naukowe łąki trawy morskiej w Testa

Biorąc pod uwagę tę rolę niebieskiego węgla w trawie morskiej, pojawia się następujące pytanie:

- **2.1 Prawdziwe pytanie 3: Czy obszary roślinne chronione przed połowami skorupiaków w górnej części strefy międzyżyłkowej Testal (Ría de Muros i Noia) mają większą zdolność do wychwytywania materii organicznej niż obszary niechronione?**

Aby przeprowadzić proces argumentacji, który doprowadzi do konkluzji odpowiadającej na to pytanie, proponuje się następujące ramy:

- 1.** Po przeanalizowaniu procesu gromadzenia danych, który następuje, proponuje się opracowanie argumentu odnoszącego procesy do danych, uzasadniając te procesy niezbędną wiedzą podstawową, aby dojść do wniosku, który odpowiada na pytanie.



Pobieranie próbek osadów w ramach szkolnego badania naukowego na łące traw morskich w Testal.

Procedura: “Próbki osadów powierzchniowych zostały pobrane na trzech poziomach pływów w Testal na obszarach porośniętych i niezarośniętych roślinnością. Próbki były przechowywane w plastikowych workach i przeniesione do laboratorium Wydziału Ekologii Uniwersytetu w Vigo, gdzie zostały zamrożone. Trzy dni później próbki umieszczono na aluminiowych tacach i suszono w temperaturze 60°C przez 48 godzin w piecu z wymuszonym obiegiem powietrza. Po tym czasie wysuszone osady przeniesiono do tygli laboratoryjnych. Tygle zostały zważone wraz z osadami z każdej próbki za pomocą wagi precyzyjnej (0,0001 g). Następnie tygle umieszczono w piecu muflowym, gdzie utrzymywano je w temperaturze 500 °C przez 5 godzin. Po tym czasie tygiel został ponownie zważony wraz z osadem pozostałym w tyglu.



Piece wtykowe



Pluczki do umieszczania próbek

a. Biorąc pod uwagę, że chronione użytki zielone znajdują się w górnej części strefy międzyzływowej, z obszarem przypominającym lagunę, a w dolnej części nie ma użytków zielonych, jaki jest sens pobierania próbek ze wszystkich trzech poziomów strefy międzyzływowej?

b. Biorąc pod uwagę, że sekwestrowany C jest zatrzymywany w łańcuchach C materii organicznej i że inny gaz jest uwalniany, gdy próbka jest podgrzewana do 60°C niż gdy jest podgrzewana do 500°C, jaki jest sens podgrzewania do 60°C przed pierwszym ważeniem?

c. Różnica między dwoma ważeniami pozwala nam wyodrębnić dane dotyczące zawartości materii organicznej przedstawione w tabeli. Jak je uzyskano?

Poziom	Obszar	% Mat Org (średnia)	% Mat Org (Desvst)
Top	Roślinność	1,26	0,05
Top	Bez roślinności	0,57	0,03
Środowisko	Roślinność	1,12	0,14
Środowisko	Bez roślinności	0,70	0,06
Niższy	Roślinność	1,00	0,15
Niższy	Bez roślinności	0,71	0,03

- d.** Jaki jest sens zwiększania temperatury do 500°C pomiędzy dwoma ważeniami, aby uzyskać dane z tabeli?
- e.** W jaki sposób dane umożliwiają porównanie działek pod względem ich zdolności sekwestracji CO₂ ?
- f.** Biorąc pod uwagę dane w tabeli, czy istnieją znaczące różnice między poziomami roślinnymi i nieroślinnymi a poziomami roślinnymi? Jeśli tak, to czy można je wyrazić w kategoriach sekwestracji dwutlenku węgla? Jeśli tak, uzasadnij powód wyższej zdolności sekwestracji, jeśli ma to zastosowanie.
- g.** ENa górnym poziomie połowy skorupiaków są zabronione, a łąki są mocno pokryte. Na średnim poziomie połowy skorupiaków wpływają na łąki, a łąki są pofragmentowane, a na niższym poziomie łąki są trudne do zauważenia, ponieważ są bardzo pofragmentowane. Czy porównanie wyników dla obszarów roślinnych na trzech poziomach może wyrażać różnice w zdolności sekwestracji?

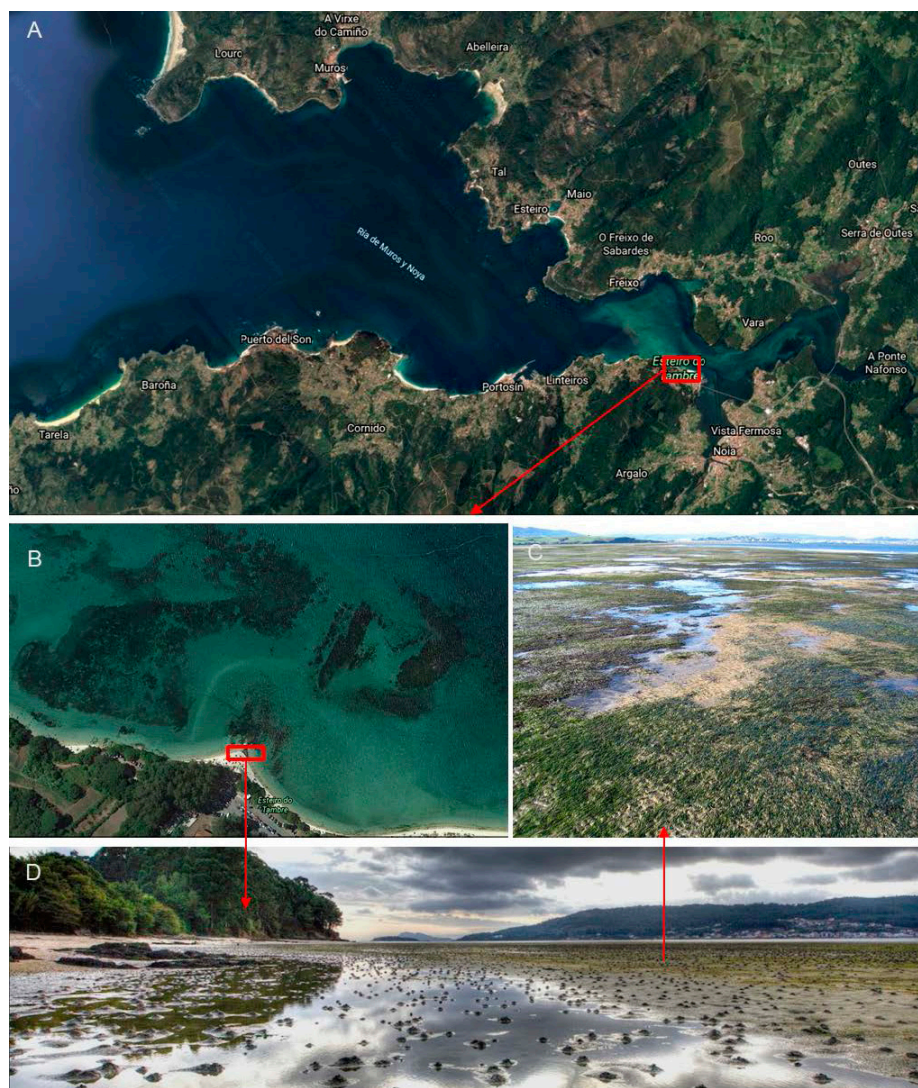


Pobieranie próbek bioróżnorodności z chronionych użytków zielonych w Testal

2. Ponieważ integracja danych jest rozwijana poprzez uzasadnienia wymagane przez wyzwania, należy osiągnąć porozumienie w sprawie odpowiedzi na pytanie, kierując debatę w kierunku wniosku o znaczeniu integralności (brak fragmentacji z powodu braku interwencji antropogenicznej), aby umożliwić funkcję sekwestracji CO₂ przez trawy morskie w celu obrony potrzeby ich ochrony.

MODUŁ 3: STUDIUM PRZYPADKU DOTYCZĄCE ARGUMENTACJI W SZKOLNYCH ANKIETACH NAUKOWYCH DOTYCZĄCYCH REAKCJI NA GLOBALNE ZMIANY

Jest to studium przypadku szkolnego badania ekologicznego, w którym opracowano procesy argumentacyjne, koncentrujące się na promowaniu procesów argumentacyjnych w celu osiągnięcia modelowania niezbędnego do interpretacji usług ekosystemowych łąk trawy morskiej *Zostera* w ekosystemie usługowym małży międzyżyłkowych Testal w Ría Baixa de Muros e Noia (Galicja-Hiszpania).



Lokalizacja łąk objętych badaniami naukowymi - badanie szkolne

Uczestnikami było 30 studentów przedmiotu fakultatywnego Climántica w 2. ESO (13-14 lat) i 15 studentów, którzy wybrali w 4. ESO (15-16 lat) przedmiot Biologia i Geologia w IES Poeta Añón de Outes w roku akademickim 2020-2021. Chodzi o podzielenie się analizą wyników uzyskanych w praktyce terenowej w celu zbadania wpływu fragmentacji łąk *Zostera noltii* na bioróżnorodność i zdolność samooczyszczania wody w strefie międzypływowej mały Testal w górnej części Ría de Muros e Noia (Galicja - Hiszpania).

1. ROZWÓJ PRAC TERENOWYCH

1.1 Kontekstualizacja dla wiedzy usytuowanej

Badania terenowe odbyły się rano 9 kwietnia 2021 roku. Argument został wywołany pytaniem: "Jakie gatunki tworzą zieloną powierzchnię, po której chodzimy?". W odpowiedzi, że są to glony, uczniowie zostali zapytani o różnice między roślinami a glonami. Kiedy odpowiedzi ujawniły, że glony nie mają korzeni, zerwano roślinę, aby poprzez bezpośrednią intuicję obserwacji rzeczywistości mogli zidentyfikować fakt obecności korzeni w *Zostera*. Kiedy stało się jasne, że *Zostera* ma korzenie, rozpoczęto wyjaśnienia od 30-minutowego kolokwium argumentacyjnego na temat następujących cech:

- Ewolucyjne pochodzenie gatunków trawiastych: adaptacje do środowiska morskiego
- Struktura *Zostera*: sprawdzanie struktury kłącza. Rozmnażanie.
- Usługi świadczone przez użytki zielone: retencja osadów, szkółkarstwo, sekwestracja węgla, oczyszczanie wody.
- Związek między różnorodnością użytków zielonych i dzikiej przyrody
- Związek między różnorodnością i stabilnością
- Zagrożenia dla muraw: zanieczyszczenie, zmiany przybrzeżne, oddziaływanie mechaniczne: dno morskie, połowy skorupiaków
- Interakcje między użytkami zielonymi a terenami podmokłymi Wpływ człowieka i fragmentacja siedlisk
- Fragmentaryczny związek między siedliskiem a różnorodnością



Kontekstualizacja poznania zlokalizowana w Testal

Aby w znaczący sposób zintegrować te cechy z podejściem One Health, argumentacyjne zapytanie, które ma zostać opracowane przy użyciu danych terenowych i ich analizy w strefie międzyplywowej i laboratorium, koncentrowało się na trzech głównych zmiennych:

- 1.** Obfitość i różnorodność fauny, liczba stóp *Zostera* i biomasa (sucha masa). Liczba gatunków fauny i liczba osobników każdego gatunku.
- 2.** Obfitość zostera: zasięg
- 3.** Zdolność użytków zielonych do pochłaniania dwutlenku węgla Zdolność użytków zielonych do pochłaniania dwutlenku węgla, jeśli występuje.

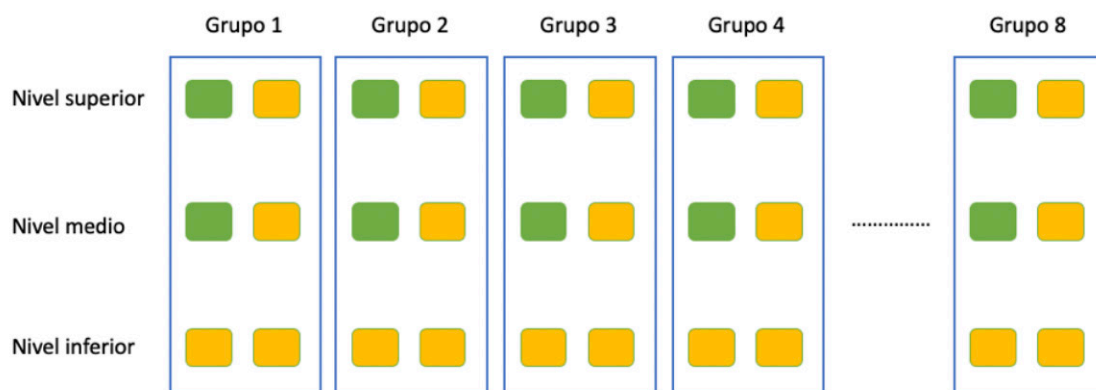
Analiza trzech zmiennych prowadzi do wniosków, które odpowiadają na pytanie: jakie funkcje środowiskowe i zdrowotne mogą zostać utracone, jeśli zmiany klimatu i inne wpływy środowiskowe doprowadzą do regresji łąk trawy morskiej, takich jak *Zostera*?



Realizacja tych wniosków wymaga powiązania danych uzyskanych w badaniu trzech zmiennych za pomocą uzasadnień, w tym sensie, że jeśli integralność zostanie utrzymana, a nawet jeśli można ją rozszerzyć, funkcja niebieskiego węgla jest korzystna, a poprzez zwiększenie zdolności sekwestracji C, oczyszczanie wody jest korzystne, co może generować środowisko, w którym mogą żyć liczne organizmy, które z kolei mogą być pożywieniem dla innych. Ponadto ta bioróżnorodność może działać jako bariera dla toksyn i patogenów, które docierają do nas, takich jak enterokoki, gdy spożywamy organizmy żyjące na tych obszarach trawiastych, takie jak skorupiaki i mięczaki.

• 1.2 Organizacja działalności eksperymentalnej

Po zakończeniu kolokwium na temat kontekstualizacji usytuowanego poznania rozpoczęły się ćwiczenia terenowe. W tym celu studenci zostali podzieleni na 3-osobowe grupy (około 10 grup). Wyznaczono duży obszar, który będzie obejmował zarówno gęste łąki, pofragmentowane łąki, jak i nagie osady. Dziesięć transektów zostanie umieszczonych na tym obszarze, umieszczając 8 próbek w każdym (2 na górnym, 2 na środkowym i 2 na dolnym poziomie) w odległości około 5 metrów, dbając o pobranie próbki roślinności i próbki piasku na górnym i środkowym poziomie, gdzie znajdują się użytki zielone.



Próbka z obecnością *Zostera*
 Próbka z brakiem *Zostera*

Organizacja przestrzenna 8 próbek w każdej grupie

Dla każdej próbki przeprowadzana jest wizualna i dotykowa analiza osadu, a próbki są pobierane w celu pomiaru materii organicznej w laboratorium na Uniwersytecie w Vigo, ponieważ niezbędny sprzęt kuchenny nie jest dostępny w szkolnym laboratorium. Gdy próbka zbiega się na łące, odnotowywana jest przybliżona średnica płatu *Zostera*, na którym została pobrana. Następnie pobiera się próbkę za pomocą karotera (rurki) o średnicy 15 cm. Zebrany osad umieszczono na sicie o oczkach 0,5 mm, które wyniesiono do morza w celu wyflukania i usunięcia jak największej ilości osadu. Materiał zatrzymany w sieci został umieszczony w plastikowej torbie i zakodowany kodem próbki opisanym w podrozdziale dotyczącym analizy gromadzenia danych na temat zmiennej bioróżnorodności w terenie. Próbkę przechowywano w workach, które następnie przenoszono do szkolnego laboratorium w celu ilościowego oznaczenia gatunków, osobników każdego gatunku i biomasy.

1-metrowy kwadrat próbkowania, podzielony na kwadraty 20 x 20 cm, jest również umieszczany w każdym punkcie próbkowania rdzenia w celu oszacowania pokrycia *Zostera* opisanego w podrozdziale dotyczącym analizy terenowej zmiennej pokrycia.

1.3 Obfitość i różnorodność fauny, liczba stóp *Zostera*, która pozwoli na laboratoryjne obliczenie biomasy (suchej masy).

Badanie obfitości rozpoczęło się od następującego pytania:



Przedstawienie problemu po przybyciu do Testal

Czy obszary, na których występuje *Zostera*, są bogatsze w różnorodność biologiczną niż te, na których jej nie ma? Czy można naukowo sprawdzić, czy w Testal spełnione są podstawowe warunki tworzenia siedlisk dla różnych gatunków? Uczniowie mają za zadanie znaleźć dowody, które pozwolą im eksperymentalnie sprawdzić, czy jest to prawda. Argument przyjmuje hipotezę, że obszary trawiaste są lepsze niż obszary piaszczyste. Aby przetestować tę hipotezę, przedstawiono argument dotyczący tego, co należy przetestować eksperymentalnie: scharakteryzowanie obszarów trawiastych i piaszczystych, które nie są skolonizowane przez rośliny, przy użyciu cylindrycznej rurki z minimalną jednostką objętości próbkowania.



*Technika pobierania próbek do gromadzenia objętości osadów w celu analizy związku między *Zostera* a bioróżnorodnością.*

W tym celu wykonuje się transekt za pomocą taśmy mierniczej, która obejmuje łąkę i rozciąga się poza łąkę, obejmując piaszczysty obszar bez roślin.



Uczeń rozciąga taśmę mierniczą, aby wyznaczyć transekt

Z każdego transektu pobieranych jest osiem próbek w odległości 5 metrów od siebie. Najlepiej 4 próbki na obszarach trawiastych i 4 próbki na obszarach piaszczystych. W każdym z 8 punktów rurka jest wprowadzana do osadu.



Pobieranie próbek za pomocą cylindra osadowego



W przypadku każdej próbki umieść garść pod spodem, umieść ją w siatkowym worku i umieść w wodzie, tak aby tylko rośliny i zwierzęta w próbce pozostały w rurce sedimentacyjnej.



Usuwanie osadów w celu zachowania roślin i związanych z nimi dzikich zwierząt

Po oczyszczeniu osadu próbka jest przenoszona do worka, który jest oznaczony numerem transektu sprzętu, oddzielonym kropką od numeru próbki w tym transekcje: 1.1, 1.2,..... 1.8.



Dwóch uczniów zbiera rośliny i zwierzęta po oczyszczeniu osadów

Każda grupa była odpowiedzialna za przechowywanie tych worków w celu zmierzenia liczby gatunków w pracy laboratoryjnej, szukając wyników pokazujących związek między *Zostera* i niszami ekologicznymi dla różnych gatunków zwierząt.

• 1.4 Obfitość zoster: zasięg

W każdym punkcie, w którym wprowadzono cylinder w celu pobrania próbek do zakodowanych worków, zmierzono również in situ pokrycie *Zostera*. W tym celu użyto kwadratu o wymiarach 1 m x 1 m podzielonego na małe prostokąty o wymiarach 20 cm x 20 cm, aby zmierzyć udział użytków zielonych w całym kwadracie.



Lokalizacja tarczy 100-kwadratowej do pomiaru zasięgu

Aby dokonać pomiaru, należy umieścić tarczę, do której ma zostać włożona rurka, i policzyć liczbę małych kwadratów, w których pojawiają się rośliny. Ponieważ tarcza ma 25 małych kwadratów, jeśli rośliny pojawią się w 5 kwadratach, uzyskamy 20% pokrycie.

Wszystkie wpisy, oprócz tych w formie papierowej, zostały dokonane za pomocą geolokalizowanej aplikacji do pobierania próbek na stronie internetowej e-InnoEduCO₂ i zostały zapisane w notatniku i na urządzeniu mobilnym.



Gromadzenie danych geolokalizacyjnych i stadionowych

2. PROWADZENIE PRAC LABORATORYJNYCH

• 2.1 Przetwarzanie i wyniki różnorodności biologicznej i biomasy zebranej w workach

Próbki zebrane w Testal i zapisane w zakodowanych workach zostały przeanalizowane w laboratorium. Każda z grup przetworzyła 8 próbek zebranych i zakodowanych w swoim transekcie. Początkowo oddzielono rośliny *Zostera*, licząc liczbę nóg w każdej próbce. Wszystkie rośliny *Zostera* umieszczono na płaskim papierze i pozostawiono do wyschnięcia na tydzień.



*Integracja procedur terenowych i laboratoryjnych w celu uzyskania wyników dotyczących nóg i biomasy *Zostera* oraz ich związków z taksonami zoologicznymi, liczbą gatunków i liczbą osobników na gatunek*

Jeśli chodzi o faunę, dla każdej próbki różne organizmy zostały podzielone na zestawy grup taksonomicznych, a liczba osobników w każdej grupie taksonomicznej została określona ilościowo.



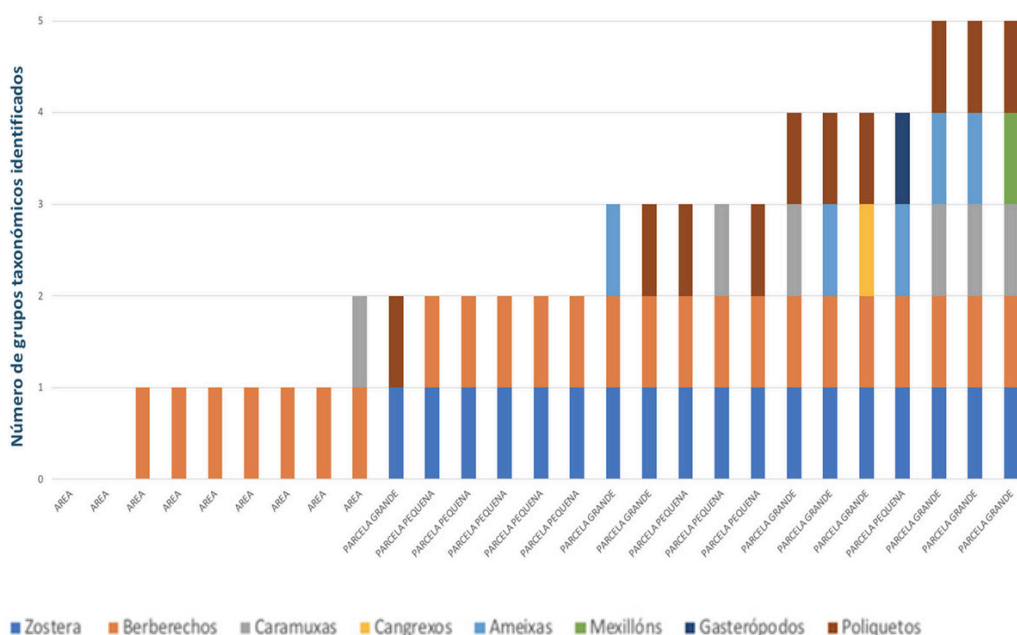
Udostępnianie wyników dotyczących liczebności Zostera i jej związku z bioróżnorodnością zwierząt

Wyniki pokazują, że liczba taksonów jest wyższa w płatach Zostera niż w osadach bez roślin. Z kolei liczba taksonów wzrasta im większe są płyty.

	Sen Zostera									Zostera (mancha pequena)									Zostera (manchas grandes)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	a	b	c	d	e	f	g	h	i	a	b	c	d	e	f	g	h	i
Berberechos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ameixas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Caramuxas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Poliquetos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cangrexos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Mexillóns	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Gasterópodos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Wyniki bioróżnorodności taksonów zoologicznych w zależności od obecności i braku Zostera, a w drugim przypadku w zależności od wielkości płatu

Jednocześnie stwierdzono, że różnorodność taksonów zmniejsza się wraz z przemieszczaniem się w kierunku dolnej strefy międzyprzytłocowej, gdzie nie ma użytków zielonych, i wzrasta w kierunku górnej części, gdzie użytki zielone są zachowane, nie podlegają połowom skorupiaków, a zatem nie są silnie pofragmentowane, a działki są większe. Stwierdzono również, że wyniki wyższej różnorodności zoologicznej pokrywają się również z wynikami wyższej pokrywy mierzonej w Testal.

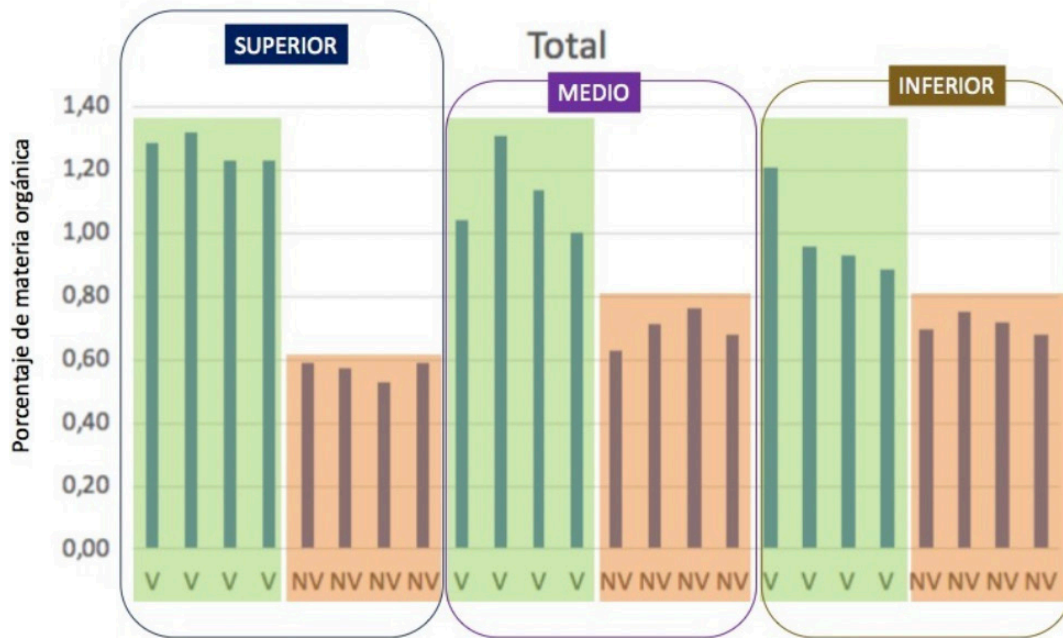


Udostępnianie wyników dotyczących liczebności Zostera i jej związku z bioróżnorodnością zwierząt

Po tygodniu suszenia wysuszona *Zostera* została zważona w celu obliczenia suchej biomasy tego gatunku w każdej próbce, co pokrywa się z liczbą nóg i faktem, że podobnie jak w przypadku liczby nóg, sucha biomasa *Zostera* jest wyższa tam, gdzie jest więcej taksonów.

• **2.2 Wyniki dotyczące materii osadowej na powierzchniach porośniętych i nieporośniętych roślinnością na górnym, środkowym i dolnym poziomie.**

Przed rozpoczęciem badań laboratoryjnych otrzymano dane dotyczące materii organicznej i podzielono je na górny, środkowy i dolny poziom, a w ramach każdego z trzech poziomów na próbki, w których występują rośliny i gdzie ich nie ma. Jak widać na wykresie, istniały wyraźne różnice w materii organicznej osadów w trzech strefach: górna strefa, która jest nieznacznie pofragmentowana przez działalność człowieka, środkowa strefa jest już bardzo zniszczona (pofragmentowana przez działalność człowieka), a w dolnej strefie nie ma użytków zielonych. Ta analiza poprowadziła uczniów w kierunku ekologicznego zrozumienia potrzeby istnienia niefragmentowanych użytków zielonych.



V: Roślinność
 NV: Bez roślinności

Procent materii organicznej w 4 próbkach z roślinnością i 4 próbkach bez roślinności w górnej, środkowej i dolnej strefie.

Jak widać w następnym punkcie, jeśli chodzi o rozumowanie w ostatniej sesji, uczniowie doszli do wniosku, że tam, gdzie jest więcej materii organicznej, znajduje się w roślinnej części górnej strefy. Uzasadniali, że w tej górnej, porośniętej roślinnością części rośliny skutecznie zatrzymują materię organiczną i odkładają ją tam, gdzie się znajduje, przy czym mniej materii organicznej dociera do części nieporośniętej roślinnością niż do obszarów środkowych i dolnych, co widać na wykresie z maksymalną różnicą między obszarami porośniętymi roślinnością i nieporośniętymi roślinnością. W dolnej części, gdzie praktycznie nie ma roślinności, materia organiczna jest równomiernie rozłożona, dlatego różnica między częścią porośniętą i nieporośniętą roślinnością jest mniejsza. W ten sposób, w trakcie argumentacji związanej z analizą tych wykresów, przeprowadzono modelowanie, które sprawiło, że początkowe modele mentalne ewoluowały w kierunku funkcjonowania zostery, która działa jak filtr zatrzymujący cząsteczki materii organicznej. Zinterpretowali, używając porównania do grzebienia, że pofragmentowana łąka jest grzebieniem z brakującymi zębami. Skorzystali z okazji, aby wyjaśnić, że dane izotopowe wykazały, że zatrzymywana przez nią materia jest pochodzenia planktonicznego, tj. nie gromadzi materii lądowej ani martwej zostery per se, ale faktycznie przeczesuje morze, a zatem pełni ważną rolę filtrującą, która poprawia jakość wody.

3. ARGUMENTACJA W POOLINGU

• 3.1 Kontekst wymiany informacji

Studenci uczestniczyli w zajęciach terenowych i laboratoryjnych. Miało ono formę kolokwium prowadzonego przez głównego badacza, przy wsparciu nauczyciela matematyki stosowanej, który pracował nad analizą danych. Eksperymentalny badacz nauk ścisłych działał jako obserwator, którego notatki terenowe dostarczyły danych do argumentacji analizowanej w tej sekcji. Argumentacja miała miejsce podczas regularnej sesji wykładowej (50 minut) w dużej klasie. Sesja rozpoczęła się od analizy wykresów uzyskanych z liczbowych wyników próbkowania terenowego i opracowanych podczas zajęć z matematyki stosowanej. Nauczyciel tego przedmiotu sam rozpoczął sesję, próbując sprawdzić, czy na podstawie analizy wykresów zrozumieli dowody wyrażone w reprezentacji integracji danych. Na podstawie analizy wyników wyrażonych na wykresach i argumentów wyrażonych przez uczniów, badacz kierował argumentacją za pomocą pytań, które prosiły ich o wyciągnięcie wniosków uzasadnionych modelami naukowymi.

• 3.2 Dane i ich analiza

Dane z analizy dyskursu odpowiadają notatkom zaawansowanego obserwatora na temat dzielenia się wynikami wyrażonymi na wykresach. Notatki nawiązują do charakterystyki strategii stymulowania argumentacji w doświadczeniu badawczym, w oparciu o dowody w postaci danych przedstawionych na wykresach. Zarejestrowano również dane, uzasadnienia i wnioski wyrażające ewolucję modeli Ekologii Szkolnej i ich postępy w interwencji.

W celu analizy strategii zastosowanych w badaniu przeprowadzono przegląd literatury dotyczącej interwencji o podobnym charakterze, w których dyskurs ustny był ukierunkowany na modelowanie i wywoływanie argumentów, w których dane są powiązane z wnioskami, które dostarczają uzasadnionych odpowiedzi na pytania oparte na modelach koncepcyjnych uczniów. Modele te muszą ewoluować, wraz z rozwojem dyskursu i wsparciem eksperta, od początkowych modeli mentalnych, z którymi uczniowie przybywają, do bardziej rozwiniętych modeli, zgodnych z modelami naukowymi.

• 3.3 Analiza wyników uzyskanych z notatek terenowych

Interwencja miała charakter badań w działaniu z obserwatorem w terenie. Jej celem było przeanalizowanie, w jaki sposób argumentacja opracowana podczas dzielenia się integruje kluczowe dane w celu wyciągnięcia wniosków obejmujących procesy modelowania. Interesujące jest to, w jaki sposób te opracowania modeli wywodzących się z powiązania kluczowych danych rozwinęły się poprzez uzasadnienia, które wprowadzają wiedzę w życie w ramach podejścia rusztowania konwersacyjnego. Interwencja dydaktyczna jest generowana podczas interakcji społecznych prowadzonych przez głównego badacza i rozwijana za pomocą systemu językowego ustnej argumentacji naukowej, z dydaktyczną transpozycją metody naukowej jako odniesienia dla rusztowania, co zbliża styl interwencji dydaktycznej eksperta naukowego do stylu dociekania właściwego dla dydaktyki nauki. To rusztowanie konwersacyjne wynika z aktywności mediacyjnej nauczyciela podczas wykonywania funkcji wsparcia samouczka w celu generowania uczenia się w ekologii. Rusztowanie konwersacyjne, które wyartykułował naukowiec, było zorientowane na działania dostosowujące pomoc udzielaną przez naukowca w jego roli mediatora między początkowymi modelami pojęciowymi uczniów (Greta i Moreira, 1998) a możliwościami ich ewolucji w kierunku modeli bliższych modelom ekologii, tak aby naukowiec promujący argumentację mógł dostosować się do aktualnego stanu wiedzy uczniów, wcześniejszych schematów doświadczalnych, różnic indywidualnych, strategii i stylów uczenia się.

W ten sposób dostosował swój plan rusztowania do zasad określonych przez Błachowicza i in. (2006). W ten sposób jego rusztowanie pozwoliło mu wyraźnie opisać strategie użyte do opracowania argumentu, w tym kiedy i jak z nich korzystać, dokonując ukrytych demonstracji za pomocą strategii argumentacyjnych metody naukowej, aby przejść do udanego modelowania.

Opracowując rusztowanie konwersacyjne zorientowane na model, naukowiec modyfikuje swój język podczas interakcji z uczniami, zgodnie z pojęciem rusztowania Wooda, Brunera i Rossa (1976). Poszukiwał analogicznych, metaforycznych pomocy w rozumieniu Brunera (1980), który wykorzystał i rozszerzył tę koncepcję. Doprowadziło go to do przyjęcia w praktyce pomocy w rozwoju strategii argumentacyjnych, które doprowadziłyby do odkrycia przez samych uczniów ścieżek modelowania poznawczego (Bandura, 1971) poprzez opracowanie strategii argumentacyjnych, które ułatwiłyby dojrzewanie początkowych modeli poznawczych. W tym celu linia argumentacji praktycznych badań terenowych była śledzona poprzez wskazówki i podsumowania badacza, który prowadził argumentację. Za pomocą opracowanego rusztowania konwersacyjnego celem było uznanie potrzeb tego, co zostało zrobione w terenie, a także wyjaśnienie celów działań, wyjaśnienie wszelkich wątpliwości i przedstawienie zastosowanych kluczy metodologicznych. To rusztowanie konwersacyjne poszukiwało narzędzi do osiągnięcia rozwoju umiejętności kognitywnych i metakognitywnych dostarczanych przez nauczyciela, a także zapewniało stałą informację zwrotną i oferowało osiągnięcie możliwego i pożądanego uczenia się w tym kontekście.

• 3.3.1 Argumentowanie i modelowanie związku między pokryciem użytków zielonych a bioróżnorodnością

Jeden z argumentów pojawiających się w tym dyskursie dotyczy związku między zasięgiem a różnorodnością. Uczniowie zaczynają od graficznej reprezentacji, aby wyciągnąć wnioski na temat tej reprezentacji. Opierają się na graficznej reprezentacji pokrycia i liczebności każdego gatunku, pokazując, że im większe pokrycie, tym większa różnorodność. Jednak związek między danymi nie jest poprawny w uzasadnieniu, ponieważ dowody niższego pokrycia są postrzegane jako większa różnorodność gatunków. Badacz zachęca ich do policzenia gatunków, aby zdali sobie sprawę, że dowody są takie same i zachęca ich do poszukiwania różnic w równomierności. W oparciu o tę obserwację większej równomierności gatunków tam, gdzie występuje większe pokrycie, badacz prowadzi ich do zbliżenia się do konceptualizacji błędu.

Chociaż nie wydawali się mieć żadnych wyraźnych uprzedzeń co do tej koncepcji, doszli do wniosku, że gdy jest niewiele roślin, pojawienie się większych roślin wprowadza większy błąd w średniej wartości wielkości roślin. W tym samym duchu doszli również do wniosku, że jeśli ktoś pomylił się w średniej, błąd ten jest ważniejszy niż w obszarze o większym pokryciu, ponieważ w tym drugim przypadku wykonano więcej pomiarów ze względu na obecność większej liczby roślin.

Rozwijanie koncepcji większej różnorodności przy tej samej liczbie gatunków, gdzie istnieje większa równość, nie okazało się mieć początkowych modeli mentalnych. Naukowiec wychodzi od dowodów na to, że na najbardziej pokrytym obszarze występuje taka sama liczba gatunków, jak na najbardziej pofragmentowanym obszarze, aby zapytać, czy biorąc pod uwagę dowody na to, że gatunki są bardziej "rozmieszczone" na najbardziej pokrytym obszarze, można stwierdzić, że istnieje większa różnorodność. Odpowiedź jednego z uczniów pokazała ich opór przed zmianą początkowego modelu poznawczego, powtarzając po raz kolejny, że obszar o większej obfitości roślin jest bardziej zróżnicowany. W obliczu tego powtórzenia tego samego wniosku, który nie był zgodny z danymi dotyczącymi liczby różnych gatunków, a zatem nie był zgodny z modelem naukowym, przewodnik-ekspert działający jako opiekun, generujący niezbędne rusztowanie, poprosił o uzasadnienie, aby umożliwić mu odpowiedź z tym wnioskiem. Na to wyzwanie uczeń odpowiedział, nawiązując do danych specyficznych dla gatunku, że tam, gdzie jest więcej łąk, jest więcej krokodyli, ponieważ jest tam więcej pożywienia. Drugi uczeń interweniował, aby rozwinąć to uzasadnienie, wspominając, że jest więcej krokodyli tam, gdzie jest więcej użytków zielonych. Uzasadnił, że większa pokrywa oznacza więcej kogutów, skorupiaków i wieloszczetów. Aby zmusić ich do argumentowania przy użyciu modeli i teorii podstawowej wiedzy z zakresu ekologii i biologii przestrzennej w swoich uzasadnieniach, badacz, który pełnił rolę opiekuna prowadzącego modelowanie, zapytał, czy krokodyle jedzą rośliny, na co uczeń odpowiedział, że filtrują. Biorąc pod uwagę ogólne zakłopotanie w poszukiwaniu odpowiedzi, a także w celu dalszego wzmocnienia argumentacji opartej na wykorzystaniu wiedzy podstawowej, badacz zapytał, czy jaszczurki i wieloszczety "wciągają" rośliny. Uczeń stwierdza, na podstawie tego, co wydaje mu się logiczne, zakładając, że nie ma danych, że żadna z tych grup zoologicznych nie żywi się roślinami.

Trzeci uczeń argumentuje dalej na podstawie zakładanego wzrostu bioróżnorodności na podstawie zakładanego wzrostu liczby gatunków, co okazuje się być kolejnym dowodem na to, że wpływ równości na bioróżnorodność nie wchodzi w jego analizę na poziomie jawnym. Możliwe jest jednak, że jest to ukryta obecność, ponieważ wykresy wyraźnie pokazują te same gatunki w obu przypadkach, ale z wyraźniejszą równością na użytkach zielonych o mniej lub bardziej rozdrobnionej pokrywie, i możliwe jest, że to właśnie te wizualne dowody wpływają na wniosek, że wyższa pokrywa oznacza również wyższą różnorodność biologiczną.

Drugi student, w kolejności interwencji podczas kolokwium, chcąc powiązać uzasadnienie z koncepcyjnymi modelami odniesienia, ucieka się do analogii z drzewami, odnosząc się do faktu, że w innej skali wiele gatunków żyje na drzewach. To skłania badacza, w roli eksperta prowadzącego kolokwium, do wykorzystania analogii rośliny-drzewa *Zostera*, aby zapytać - Dlaczego w lesie jest większa różnorodność niż na pustyni? Drugi student odpowiada, odwołując się do modeli relacji wewnątrzgatunkowych: - Z powodu relacji międzygatunkowych. Moderator korzysta z okazji, aby rozwinąć model pojęciowy ukryty w analogii roślina-drzewo za pomocą frazy: - W ekologii mówimy, że generują miejsca, w których mogą żyć. W odpowiedzi ten sam uczeń mówi: - Filtry trawiaste.

3.3.2 Argumentacja i modelowanie zdolności filtracyjnej i jej związku z pH

Wprowadzając ucznia w koncepcję filtracji, badacz skorzystał z okazji, aby zbadać wstępne modele koncepcyjne tej usługi ekosystemu trawy morskiej. Następnie rzucił wyzwanie drugiemu uczniowi, który uczestniczył w dzieleniu się, aby wyjaśnić ten pomysł, na co uczeń odpowiedział: -Trawy morskie filtrują patogeny. Następnie poprosił go, aby powiedział, co jego zdaniem należy zrobić, aby udowodnić, że trawy morskie filtrują. Odpowiedział, że podejmie dwa kroki: 1) Zapozna się z literaturą i 2) Pojedzie tam, aby zbadać, czy ta hipoteza jest spełniona, mierząc pH.

Pojawienie się modelu pH związanego z pomiarem pojemności filtra było interesujące dla linii argumentacji, której szukał naukowiec, więc ukierunkował swoje rusztowanie konwersacyjne na poszukiwanie wniosków uzasadnionych modelami naukowymi na temat związku między pomiarem pH a pomiarem pojemności filtra. Aby rozwinąć tę linię, zapytał, czy pH będzie bardziej kwaśne, im bardziej przefiltrowana będzie woda. Uczeń udzielił odpowiedzi, która stanowiła wyraźne przeciwieństwo tej możliwej zależności, stwierdzając, że przefiltrowana woda byłaby bardziej zasadowa niż woda niefiltrowana. Dało to początek projektowanemu rusztowaniu dyskursywnemu w miarę postępu dyskursu, naukowiec rzucił uczniowi wyzwanie, aby uzasadnił, dlaczego rośliny sprawiają, że woda jest bardziej zasadowa. Na to pytanie odpowiedział trzeci student, który zabrał głos na początku kolokwium, aby wprowadzić naukowy model absorpcji CO₂ do uzasadnienia.

• 3.3.3 Argumentowanie i modelowanie zdolności użytków zielonych do działania jako pochłaniacz CO₂

Pojawienie się tego modelu pojęciowego przez trzeciego ucznia, który zabrał głos podczas dzielenia się, stanowiło okazję do przedstawienia roli tych ekosystemów w łagodzeniu zmian klimatu poprzez zdolność roślin do usuwania dwutlenku węgla. Dlatego ten wkład został wykorzystany przez badacza do otwarcia nowej linii rusztowania konwersacyjnego w grupie, aby zapewnić możliwości rozwoju modelu. Poprosił ją więc o uzasadnienie, co według niej jest bardziej podstawowe, ponieważ pochłania więcej CO₂. W celu zapewnienia, że model koncepcyjny ewoluuje odpowiednio, badacz poprosił ją o udzielenie odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób fakt, że przefiltrowana woda jest bardziej zasadowa, może wpływać na skorupiaki. Uczeń odpowiedział, że "miażdży" muszle. Moderator sprawił, że zobaczył niespójność swojego początkowego modelu, sprzeciwiając się temu, co wyraził uczeń i dostarczając wiedzy, która odpowiada modelowi naukowemu, wyjaśniając, że uczynienie wody bardziej zasadową chroni muszle. Następnie uczeń wykazał się zwinnością w restrukturyzacji swojego modelu mentalnego, łącząc wiedzę naukową, którą właśnie przyswoił, z tym, co dzieje się, gdy używane są muszle małży. To zastosowanie nowo opracowanego modelu z wkładem naukowca do wykorzystania muszli w poletkach hodowlanych zostało wyrażone przez studenta w następujący sposób: -Dlatego wrzucamy muszle do gospodarstwa!!!!. Moderator przywołuje jako punkt porównawczy fakt, że pH wody morskiej jest bardziej zasadowe niż samej gleby.

Następnie naukowiec, kontynuując swoją rolę eksperta prowadzącego argumentację niezbędną do modelowania potrzebnego do interpretacji usług ekosystemu trawy morskiej, rzuca wyzwanie uczniom, pytając, co to znaczy, że rośliny filtrują. W opracowanym przez siebie rusztowaniu dyskursywnym starał się skupić na argumentacji niezbędnej do stwierdzenia, że korzenie są zdolne do wiązania osadów. Na podstawie tych informacji poprosił uczniów, aby pomyśleli o zaprojektowaniu eksperymentu w celu powiązania pH, zasadowości wody i podłoża. Jego rusztowanie rozwinęło tę domniemaną propozycję eksperymentalną, prosząc ich o zastanowienie się nad eksperymentem mającym na celu stwierdzenie, czy jest więcej lub mniej bakterii kałowych tam, gdzie są łąki i gdzie ich nie ma. Na koniec sformułował pytanie, prosząc uczniów o postawienie hipotezy. Uczeń, który zabrał głos jako pierwszy podczas sesji dzielenia się, ponownie zabiera głos, przedstawiając swoją hipotezę wyrażoną w następujący sposób: - Tam, gdzie jest więcej roślin, będzie mniej bakterii kałowych. Jego strategia rusztowania jest następnie ukierunkowana na kontrolowanie zmiennych, pytając go, czy w tym domniemanym eksperymencie weźmie pod uwagę tylko liczbę roślin, czy też będzie musiał wziąć pod uwagę coś innego. Na to pytanie uczeń odpowiedział, że należy również wziąć pod uwagę rozmiar.

Kiedy zmienna wielkości pojawiła się w modelu skonstruowanym przy użyciu argumentu, badacz zapytał ich, czy uważają, że rośliny można ważyć. Wywołało to interesującą odpowiedź z punktu widzenia pobierania próbek jako techniki eksperymentalnej w ekologii. Student, co było kluczowe dla drugiego argumentu, zapytał, czy będą one ważne pojedynczo, czy wszystkie razem. Na to pytanie naukowiec odpowiedział, że musieliby znaleźć sposób na uwzględnienie wagi wszystkich razem.

Zaprojektowane przez badacza rusztowanie posunęło się naprzód, szukając ewolucji wzorca roślin jako żywicieli filtrujących, w kierunku dowodu, który postrzegali poprzez zapach w pracach terenowych, czyli zapach pochodzący z beztlenowych osadów. Następnie zastanawiał się nad pochodzeniem tej percepcji. Trzeci uczeń, który ponownie wziął udział w dyskusji, stwierdził, że tam, gdzie są użytki zielone, żywe istoty rosną i rozmnażają się lepiej, ponieważ rośliny oczyszczają wodę i usuwają CO₂. Naukowiec dodał, że zatrzymują one również osady. Uczeń, który jako pierwszy zabrał głos w dyskusji, dodał, że korzenie usuwają CO₂ i filtrują zanieczyszczenia.

Na koniec badacz zapytał ich, czy byli zaskoczeni, czy w ogóle nie byli zaskoczeni, lub czy analiza była dla nich przydatna. Uczeń 3 odpowiedział, że był zaskoczony tak wieloma różnicami między łąką a osadem bez roślin.

• 3.4 Wnioski

- Zainspirowane nauką rusztowanie konwersacyjne zastosowane przez nauczyciela okazało się skuteczne w promowaniu procesów modelowania opartych na argumentacji ekologicznego znaczenia łąk *Zostera*.

Potrzeba oparcia się na koncepcjach błędu i sprawiedliwego uczestnictwa w koncepcji różnorodności biologicznej, która wymagała zaplanowanego rusztowania przez eksperta-badacza, uwypukliła słabość wykorzystania tych kluczowych pojęć w ekologii w naukach szkolnych.

- Model pH okazuje się cenny dla uczniów w odniesieniu do pomiaru zdolności traw morskich do pochłaniania dwutlenku węgla, a tym samym łagodzenia zmian klimatu, ale takiego modelu brakuje w programie nauczania dla szkół średnich I stopnia. Strategia rusztowania eksperta pozostawia interesującą formułę na zajęcie się tą koncepcją na poziomie programu nauczania przedmiotów ścisłych w szkołach niższego stopnia, zwłaszcza w takich kontekstach wiedzy, w których uczniowie wiedzą, że muszle są dodawane do ziemi. Istotne w tym względzie jest wyzwanie, jakie stanowi konwersacyjne rusztowanie nauczyciela polegające na porównaniu pH morza z pH pól uprawnych. Bez zagłębiania się w algorytmiczny rozwój modelu, można powiązać kwasowość z wysokim poziomem protonów i rozwinąć reakcję chemiczną na poziomie biegłości programowej w zakresie fizyki i chemii w 3 i 4 klasie ESO CO₂ i H₂O.
- Projekt rusztowania konwersacyjnego nauczyciela jest zwinny, elastyczny i zapewnia szybką i odpowiednią reorientację, aby przesunąć argumentację w kierunku wymaganym przez ewoluujące modele koncepcyjne.
- Możliwości prowadzenia szkolnej ekologii w samym ekosystemie i analizowania własnych danych pozwalają uczniom rozmawiać o ekologii w odpowiedni sposób, w oparciu o szkolną ekologię, którą ćwiczyli w strefie międzyplywowej, co ułatwia uczniom naukę dobrej ekologii w oparciu o naukę, którą rozwinęli.
- Trzej studenci, którzy podążyli za wyzwaniami związanymi z konwersacyjnym rusztowaniem nauczyciela-eksperta, stali się wysokiej jakości agentami edukacyjnymi, zapewniając znaczące i odpowiednie szkolenie w zakresie rozwijania ich początkowych modeli mentalnych w kierunku bardziej rozwiniętych w kierunku modeli referencyjnych Ekologii.

BIBLIOGRAFIA

Bandura, A. (Ed.). (2017). Psychological modeling: Conflicting theories. Transaction Publishers.

Bruner, J. S. (1980). The Social Context of Language Acquisition: Witkin Memorial Lecture. Princeton, NJ: Educational Testing Services.

Gil, D., & Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI: obstáculos y propuestas de actuación. *Revista Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.

Greca, I. M., & Moreira, M. A. (1998). Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. *Caderno catarinense de ensino de física*. Florianópolis. Vol. 15, no. 2 (ago. 1998), p. 107-120.

Bruner, J.S. (1980). The Social Context of Language Acquisition. Witkin Memorial Lecture. Princeton, NJ: Educational Testing Services.

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*.

OGÓLNE I ATLANTYCKIE RAMY NAUKOWE

Barañano, C., Fernández, E. Méndez, G. (2018). Clam harvesting decreases the sedimentary carbon stock of a *Zostera marina* meadow. *Aquatic Botany*. 146: 48-57. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2017.12.002>

Barañano, C., Fernández, E., Sónora, F., Méndez, G., Alfonso, M.X. 2021. Descubre tu estuario: las praderas olvidadas. Un proyecto de investigación escolar en praderas marinas. Universidade de Vigo. ISBN: 978-84-8158-922-1.

OGÓLNE I ATLANTYCKIE RAMY NAUKOWE

Boese, B.L. (2002). Effects of recreational clam harvesting on eelgrass (*Zostera marina*) and associated infaunal invertebrates; in situ manipulative experiments. *Aquatic Botany*. 73: 63-74. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(02\)00004-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(02)00004-9)

Constanza, R., d'Arge, R. de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 387:253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>

Duarte, C.M., Chiscano, C.L. (1999). Seagrass biomass and production: A reassessment. *Aquatic Botany* 65: 159-174. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(99\)00038-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(99)00038-8)

Fernandes, M., Bryars, S., Mount, G., Miller, D. (2008). Seagrasses as a sink for wastewater nitrogen: The case of the Adelaide metropolitan coast. *Mar. Poll. Bull.* 58: 303-308.

Follett, E., Hays, C.G., Nepf, H. (2019). Canopy-mediated hydrodynamics contributes to greater allelic richness in seeds produced higher in meadows of the coastal eelgrass *Zostera marina*. *Frontiers in Marine Science*. 6: 1-13. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00008>

Fonseca, M.S., Kenworthy, W.J., Whitfield, P.E. (2000). Temporal dynamics of seagrass landscapes: A preliminary comparison of chronic and extreme disturbance events. *Biologia Marina Mediterranea*. 7: 373-376.

Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbá, N., Holmer, M., Mateo, M.A. et al. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nat. Geosci.* 5(7): 505-509. <https://doi.org/10.1038/ngeo1477>

García-Redondo, V., Bárbara, I., Díaz-Tapia, P. (2019). *Zostera marina* meadows in the northwestern Spain: distribution, characteristics and anthropogenic pressures. *Biodiversity and conservation*. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01753-4>

OGÓLNE I ATLANTYCKIE RAMY NAUKOWE

Green, E.P., Short, F.T. Eds. (2003). World Atlas of Seagrasses. Berkeley. University of California Press.

de Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F. et al. (2012). Ecosystem Services. 1: 50-61.

Hemminga, M., Duarte, C.M. (2000). Seagrass Ecology. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

Heck, K.L., Hays, C., Orth, R.J. (2003). A critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. Mar. Ecol. Prog. Ser. 253: 123-136.

Lamb, J.B., van de Water, J.A.J.M., Bourne, D.G., Altier, C., Hein, M.Y. et al. (2017). Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes and invertebrates. Science. 355: 731-733.

Norlund, L.M., Koch, E.W., Barbier, E.B., Creed, J.C. (2016). Seagrass ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. PLoS ONE. 11(10): e0163091. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163091>

Norlund, L.M., Unsworth, R.K.F., Gullstrom, M., Cullen-Unsworth, L.C. (2017). Global significance of seagrass fishery activity. Fish and Fisheries. <https://doi.org/10.1111/faf.12259>.

Olsen, J.L., Rouzé, P., Verhelst, P., Lin, Y.C., Collen, J. et al. (2016). The genome of the seagrass *Zostera marina* reveals angiosperm adaptation to the sea. Nature. 530: 331-335. <https://doi.org/10.1038/nature16548>

Orth, R.J., Carruthers, T.J.B., Dennison, W.C., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W. et al. (2006). A global crisis for seagrass ecosystems. Bioscience. 56: 987-996. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[987:AGCFSE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[987:AGCFSE]2.0.CO;2)

OGÓLNE I ATLANTYCKIE RAMY NAUKOWE

Ruiz, G.M., Fofonoff, P.W., Carlton, J.T., Wonham, M.J., Hines, A.H. (2000). Invasion of coastal marine communities in North America: Apparent patterns, processes, and biases. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 31: 481-531. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.481>

Ruiz, J.M., Guillén, J.E., Ramos Segura, A., Otero, M.M. (Eds.). (2015). *Atlas de las praderas marinas de España*. IEO/IEL/UICN. Murcia-Alicante-Málaga. 681 pp.

Unsworth, R.K.F., Williams, B., Jones, B.L., Cullen-Unsworth, L.C., (2017). Rocking the boat: damage to eelgrass by swinging boat moorings. *Frontiers in Plant Science*. 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01309>.

Walker, D.I., Kendrick, G.A., McComb, A.J. (2006). Decline and recovery of seagrass ecosystems: the dynamics of change. En: Larkum A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. Eds. *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Dordrecht (The Netherlands). Springer.

Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnike, S., et al. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 106 (30): 12377-12381. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905620106>

Troncoso, J. (2017). Resilience of *Zostera marina* L. habitats and response of the macroinvertebrate community to physical disturbance caused by clam harvesting. *Marine Biology Research*. <https://doi.org/10.1080/17451000.2017.1307989>

MORZE CZARNE

Bat L., Gökkurt O., Sezgin M., Ustun F., Sahin F., 2009. Evaluation of the Black Sea Land Based Sources of Pollution the Coastal Region of Turkey. *The Open Marine Biology Journal*, 3: 112-124.

Borja, A., Dauer, D.M., 2008. Assessing the environmental quality status in estuarine and coastal systems: comparing methodologies and indices. *Ecological Indicators* 8, 331–337.

Borum J., Duarte C.M., Krause-Jensen D. and Greve T.M., 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. A publication by the EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses (M&MS) EVK3-CT-2000-00044.

Crespin S. J., Simonetti J. A., 2016. Loss of ecosystem services and the decapitalization of nature in El Salvador. *Ecosystem Services*, 17, 5-13.

Dauer, D. M., 1993. Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure. *Marine Pollution Bulletin* 26 (5), 249-257.

Cogălniceanu, D., 2007. *Ecologie Şi Protecţia Mediului*, Program postuniversitar de conversie profesională pentru cadrele didactice din mediul rural, Ministerul Educaţiei şi Cercetării, Proiectul pentru Învăţământul Rural.

Ellis E.C., 2015. Ecology in an anthropogenic biosphere. *Ecological Monographs*, 85(3), 287-331.

Ellis E.C., Pascual U., Mertz O., 2019. Ecosystem services and nature's contribution to people: negotiating diverse values and trade-offs in land systems. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 38 (2019), 86-94.

Gunderson L.H., 2000. Ecological Resilience—In Theory and Application, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31(1), 425-439.

MORZE CZARNE

Haines-Young Roy, Potschin Marion, 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being, Chapter Six. In: Raffaelli, D. & C. Frid (eds.): Ecosystem Ecology: a new synthesis. BES Ecological Reviews Series, CUP, Cambridge.

Halpern B.S., Frazier M., Afflerbach J., Lowndes J.S., Micheli F., O'Hara C., Scarborough C., Selkoe K.A., 2019. Recent pace of change in human impact on the world's ocean. Sci. Rep., 9 (1),1-8.

Jitar O., Teodosiu C., Oros A., Plavan, G. & Nicoara M., 2015. Bioaccumulation of heavy metals in marine organisms from the Romanian sector of the Black Sea. New Biotechnology, 32(3): 369–378.

Halcrow U.K. et al., 2011-2012. Master Plan 'Protection and Rehabilitation of the coastal zone'.

Kaewsrikhaw R., Upanoi T., Prathep A., 2022. Ecosystem Services and Vulnerability Assessments of Seagrass Ecosystems: Basic Tools for Prioritizing Conservation Management Actions Using an Example from Thailand. Water, 14, 3650.

Kremen C., 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? Ecological Letters, 8, 468-479.

Laterra P., Barral P., Carmona A., Nahuelhual L., 2016. Focusing Conservation Efforts on Ecosystem Service Supply May Increase Vulnerability of Socio-Ecological Systems. PLoS ONE 11(5), e0155019.

MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington D.C.

MORZE CZARNE

Ramankutty N., Mehrabi Z., Waha K., Jarvis L., Kremen C., Herrero M., Rieseberg L.H., 2018. Trends in global agricultural land use: implications for environmental health and food security. *Annual Reviews of Plant Biology*, 69, 789-815.

Søndergaard M. & Jeppesen E., 2007. Anthropogenic impacts on lake and stream ecosystems, and approaches to restoration. *Journal of Applied Ecology*, 44: 1089-1094

United Nations, 2020. The sustainable development goals report 2020. United Nations.

Venter, O., Sanderson, E. W., Magrath, A., Allan, J. R., Beher, J., Jones, K. R., ... & Watson, J. E., 2016. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature communications*, 7(1), 12558.

Watson K., Galford G., Sonter L., Koh I., Ricketts T.H., 2019. Effects of human demand on conservation planning for biodiversity and ecosystem services. *Conservation Biology*, 33(4), 942-952.

Zhao Y., Wu J., He C. et al., 2017. Linking wind erosion to ecosystem services in drylands: a landscape ecological approach. *Landscape Ecology*, 32, 2399–2417.

MORZE BAŁTYCKIE

Bostrom, C., Bonsdorff, E., 1997. Community structure and spatial variation of benthic invertebrates associated with *Zostera marina* (L.) beds in the northern Baltic Sea. *Journal of Sea Research* 37, 153–166.

Bostrom, C., Bonsdorff, E., 2000. Zoobenthic community establishment and habitat complexity – the importance of seagrasses shoot-density, morphology and physical disturbance for faunal recruitment. *Marine Ecology Progress Series* 205, 123–138.

Czarnecka, P., Dąbrowska, A., Igielska, M., Janas, U., Kendzierska, H., 2013. Znaczenie łąk podwodnych w Zatoce Gdańskiej. Conference: Young Scientists conference World Water Day, Conference paper.

Dąbrowska, A. H., Janas, U., Kendzierska, H., 2016. Assessment of biodiversity and environmental quality using macrozoobenthos communities in the seagrass meadow (Gulf of Gdańsk, southern Baltic). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 45(2), 286.

Gonciarz, M., Wiktor, J., Tatarek, A., Węgleński, P., Stanković, A. 2014. Genetic characteristic of three Baltic *Zostera marina* populations. *Oceanologia*, 56(3), 549–564.

Heck Jr., K. L., Hays, G., Orth, R. J., 2003. Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. *Marine Ecology Progress series*, 253, 123–136.

Hemminga, M. A., Duarte, C. M., 2000. *Seagrass ecology*. Cambridge University Press.

Herringshaw, L.G., Sherwood, O.A., Mcllroy, D., 2010. Ecosystem engineering by bioturbating polychaetes in event bed microcosms. *PALAIOS*, 25, 46–58.

Howard, R. K., Short, F. T., 1986. Seagrass growth and survivorship under the influence of epiphyte grazers. *Aquatic Botany*, 24, 287–302.

MORZE BAŁTYCKIE

Janas, U., Bonsdorff, E., Warzocha, J., Radziejewska, T., 2017. Deep soft seabeds. Biogeochemical cycles, Springer, 359–385.

Jankowska, E., De Troch, M., Michel, L.N., Lepoint, G., Włodarska-Kowalczyk, M., 2018. Modification of benthic food web structure by recovering seagrass meadows as revealed by trophic makers and mixing models. Ecological Indicators, 90, 28–37.

Jankowska, E., Michel, L.N., Lepoint, G., Włodarska-Kowalczyk, M., 2019. Stabilizing effects of seagrass meadows on coastal water benthic food webs. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 510, 54–63.

Leidenberger, S., Harding, K., Jonsson, P.R., 2012. Ecology and distribution of the Isopod genus *Idotea* in the Baltic Sea: key species in a changing environment. Journal of Crustacean Biology, 32(3), 359–381.

Levinton, J., 1995. Bioturbators as Ecosystems Engineers: Control of the Sediment Fabric, Inter-Individual Interactions, and Material Fluxes. [w:] Jones C., Lawton J. H., (red.), Linking species & ecosystems, Springer- Science+Business Media, Dordrecht, 29–36.

Miernik, N. (2019). Charakterystyka i funkcje ekologiczne organizmów tworzących łąki podwodne *Zostera marina* Zatoki Puckiej. Tutoring Gedanensis, 4(2), 17–20.

Nelson, W.G., Bonsdorff, E., 1990. Fish predation and habitat complexity: Are complexity thresholds real? Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 141, 183–194.

Philippart, C. J. M., 1995. Effect of periphyton grazing by *Hydrobia ulvae* on growth of *Zostera noltii* on a tidal flat in the Dutch Wadden Sea. Marine Biology 122, 431–437.

Short F. T., Polidoro B., Livingstone S.R., Carpenter K.E., Bandeira S., Bujang J. S., Zieman J. C., 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species, Biological Conservation., 144 (7), 1961–1971.

MORZE BAŁTYCKIE

Sokołowski, A., Wołowicz, M., Asmus, H., Asmus, R., Carlier, A., Gasiunaite, Z., Gremare, A., Hummel, H., Lesutiene, J., Razinkovas, A., Renaud, P. E., Richard, P., Kędra, M., 2012. Is benthic food web structure related to diversity of marine macrobenthic communities? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 108, 76–86.

Sundin, J., Jacobsson, O., Belgrund, A., Rosenqvist, G., 2011. Straight-nosed pipefish *Nerophis ophidion* and broad-nosed pipefish *Syngnathus typhle* avoid eelgrass overgrown with filamentous algae. *Journal of Fish Biology*, 78, 1855–1860.

Włodarska-Kowalczyk, M., Jankowskam E., Kotwicki, L., Bałazy, P., 2014. Evidence of Season-Dependency in Vegetation Effects on Macrofauna in Temperate Seagrass Meadows (Baltic Sea), *PLoS ONE*, 9(7).

Wsparcie Komisji Europejskiej przy tworzeniu niniejszej publikacji nie stanowi poparcia dla jej treści, która odzwierciedla jedynie poglądy autorów, a Komisja nie może być pociągana do odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie zawartych w niej informacji.