

Biologia

ZAKRES PODSTAWOWY

3



Zmiana MEN 2024



Oznaczono usunięte
i zmienione treści

Podręcznik dla **szkół ponadpodstawowych**

Beata Jakubik
Renata Szymańska

Biologia

Podręcznik dla **szkół ponadpodstawowych**

3

ZAKRES PODSTAWOWY

 **OPERON**
Edukacja jest podróżą

2021

Projekt okładki: Paweł Kwacz
Redaktor prowadzący: Izabela Kulaszewicz
Redakcja językowa: Monika Turata
Redakcja graficzna i skład: Andrzej Puzyński, Roman Osiński
Fotoedycja: Marta Jasińska
Korekta techniczna: Marlena Dobrowolska

Rysunki: Roman Osiński

Zdjęcia: AquaBounty Technologies/Barrett & MacKay Photography, NASA/University of Rhode Island/Stephanie Anderson, Science VU/Drs. H.Potter-D.Dressler/Visuals Unlimited, Shutterstock, Wikipedia/Chiswick Chap/CC BY-SA 2.5, Wikipedia/Cyndy Sims Parr/CC BY-SA 2.0, Wikipedia/Volker Borovsky /CC BY-SA 3.0, Wikipedia/Polimerek/CC BY-SA 4.0, Wikipedia/Thunderclap/CC BY-SA 3.0, Wikipedia/Unfortunately Named/ CC BY-SA 3.0, Wellcome Library London/CC BY 4.0, Wikipedia/CC BY-SA 3.0

OPERON Sp. z o.o. oświadcza, że z należytą starannością podjął wszelkie działania zmierzające do powiadomienia podmiotów majątkowych praw autorskich do utworów słownych i fotograficznych wykorzystanych w podręczniku o zamiarze ich publikacji celem uzyskania od twórców lub ich następców prawnych wymaganej zgody za przysługującym wynagrodzeniem w stosownej wysokości. Osoby, których prawa w sposób niezawiniony przez wydawnictwo zostały naruszone, prosimy o bezpośredni kontakt z wydawcą.

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia ogólnego do nauczania biologii w zakresie podstawowym na poziomie szkoły ponadpodstawowej, na podstawie opinii rzeczoznawców: dr. Wojciecha Janusza Baranowskiego, dr hab. Alicji Walosik i dr hab. Magdaleny Trysińskiej.

Etap edukacyjny: III

Typ szkoły: szkoła ponadpodstawowa

Rok dopuszczenia: 2021

Numer dopuszczenia: 1030/3/2021

© Copyright by OPERON Sp. z o.o. & Beata Jakubik, Renata Szymańska
Gdynia 2021

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie w całości lub we fragmentach bez zgody wydawcy zabronione.
N7336

Wydawca:

OPERON Sp. z o.o.

81-212 Gdynia, ul. Hutnicza 3

tel. centrali 58 679 00 00

e-mail: info@operon.pl

www.operon.pl

ISBN 978-83-8197-115-7

08/21/XXI/K90

Zgodnie z decyzją MEN od września 2024 r. obowiązuje zmieniona, uszczuplona o ok. 20% podstawa programowa. W związku z tym w podręczniku znalazły się stosowne oznaczenia.



Takim symbolem oznaczono treści usunięte z podstawy programowej.



Takim symbolem oznaczono treści, które zostały zmienione. Nauczyciel przedstawi uczniowi zmiany i wyjaśni, czego powinien się nauczyć.

Spis treści

I. Ewolucjonizm

1. Historia rozwoju myśli ewolucyjnej	8
2. Dowody ewolucji	16
3. Mechanizmy ewolucji	23
4. Pochodzenie gatunków	33
5. Powstanie i dzieje życia na Ziemi	38
6. Pochodzenie człowieka	43



II. Ekologia

1. Tolerancja ekologiczna organizmów	58
2. Cechy populacji	66
3. Stosunki między populacjami	73
4. Zależności pokarmowe w ekosystemach	85
5. Dojrzewanie ekosystemu – sukcesja ekologiczna	93

III. Różnorodność biologiczna

1. Bioróżnorodność i jej zagrożenia	102
2. Przyczyny wzrostu zagrożenia różnorodności biologicznej	111
3. Działania prowadzące do wzrostu różnorodności biologicznej	116
4. Formy ochrony różnorodności biologicznej	119
Indeks pojęć i terminów	127



Wstęp

Jak jest zbudowany nasz podręcznik

Podręcznik pozwala na pełne wykorzystanie nowoczesnych metod dydaktycznych w nauczaniu biologii.

Zanim zaczniecie korzystać z podręcznika, zapoznajcie się z jego budową i przyjrzyjcie się wszystkim jego elementom. Zostały one skonstruowane tak, by ułatwić Wam naukę i pomóc w błyskawicznym znalezieniu potrzebnych informacji.

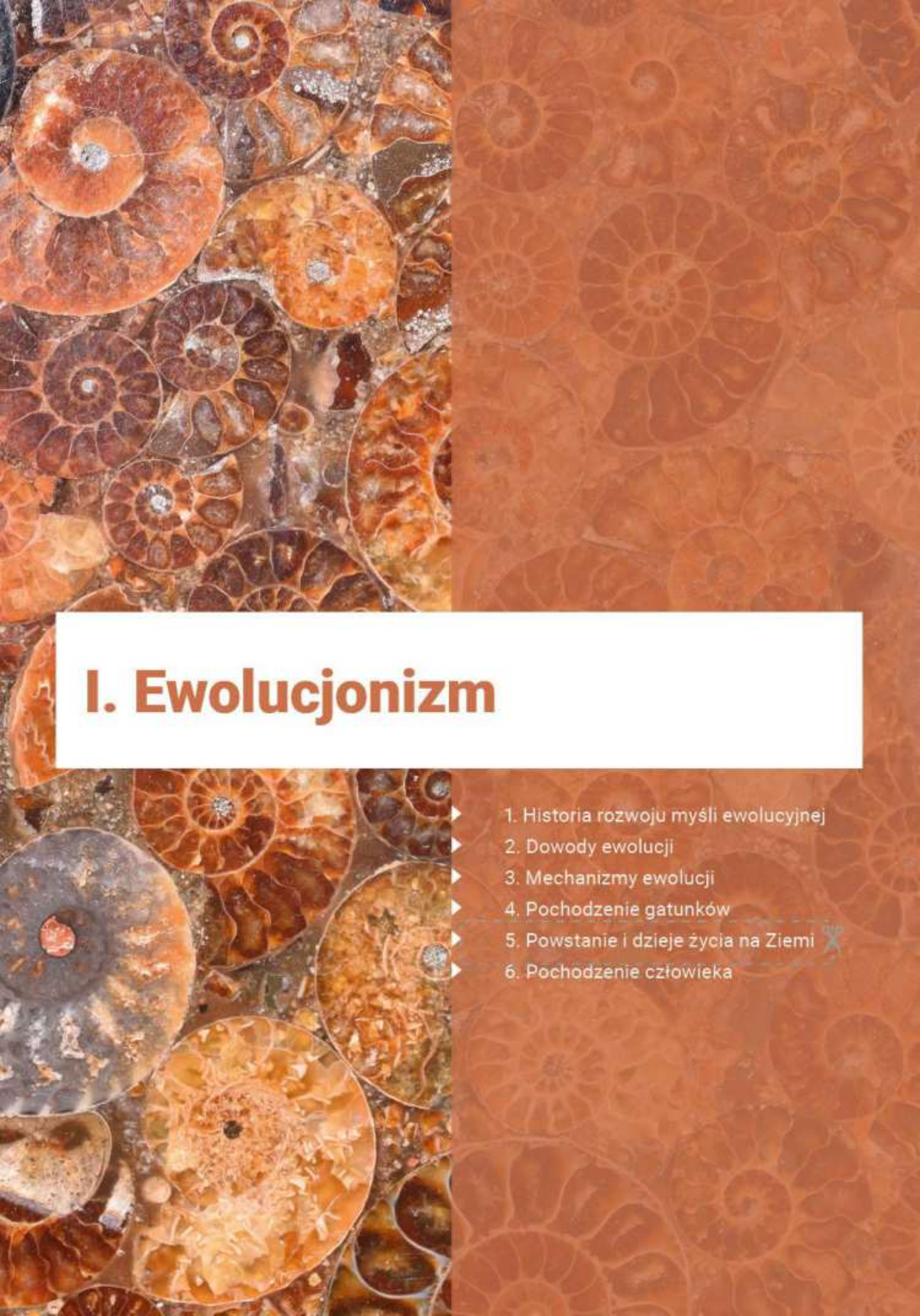


Każdy dział podręcznika otwiera **spis tematów** z danego obszaru.

Bezpośrednio pod tytułem rozdziału znajdziecie moduł **„Na tej lekcji”** – jego zadaniem jest ukierunkowanie Was na cele realizowane w danym temacie.

Hasła na marginesach to treści obowiązkowe do zapamiętania z lekcji. Zostaną powtórzone w podsumowaniu lekcji.





I. Ewolucjonizm

- ▶ 1. Historia rozwoju myśli ewolucyjnej
- ▶ 2. Dowody ewolucji
- ▶ 3. Mechanizmy ewolucji
- ▶ 4. Pochodzenie gatunków
- ▶ 5. Powstanie i dzieje życia na Ziemi
- ▶ 6. Pochodzenie człowieka



1. Historia rozwoju myśli ewolucyjnej

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, co to jest ewolucja;
- poznasz różne poglądy na ewolucję;
- uzyskasz informacje na temat ewolucji darwinowskiej;
- dowiesz się, czym jest syntetyczna teoria ewolucji.

ewolucja

wpływ czynników
środowiskowych

Ewolucja to ciągły proces, który zachodzi od momentu pojawienia się życia na Ziemi i trwa nadal. Polega na zmianach dokonujących się w czasie w kolejnych pokoleniach organizmów pod wpływem czynników środowiskowych. Może prowadzić do powstawania nowych gatunków, ale też do wymierania już istniejących.

Ewolucja, oprócz tego, że stanowi źródło informacji, ma również znaczenie praktyczne. Reguły tego procesu trzeba uwzględnić między innymi w medycynie. Każdego roku naukowcy badają i przewidują, jak szybko będzie ewoluował szczep wirusa grypy, ponieważ wiedza ta jest niezbędna podczas opracowywania szczepionki przeciw grypie na kolejny rok. Podobne prace dotyczą rozszyfrowania prawidł ewolucji koronawirusa SARS-CoV-2.



Poglądy na ewolucję

Czasy przeddarwinowskie

Pojęcie ewolucji łączy się nierozdzielnie z Karolem Darwinem, który jest autorem teorii ewolucji. Jednak już wcześniej, bo w starożytności, formułowano idee dotyczące źródeł różnorodności i pokrewieństwa gatunków. W IV wieku p.n.e. Arystoteles opracował tzw. **drabinę życia** („schody przyrody”), na której na najniższym poziomie umieścił organizmy najprostsze, a na górze – te najbardziej złożone. Na długo przed sformułowaniem teorii ewolucji przez Darwina odkrywano różnego rodzaju skamieniałości, uznawane przez uczonych za organizmy, które żyły w dawnych czasach. Jednym z takich badaczy był Leonardo da Vinci.

Kreacjonizm

Większość przyrodników aż do połowy XIX wieku twierdziła, że organizmy są niezmienne i stałe. Ten pogląd, nazwany **kreacjonizmem**, został obalony wraz z rozwojem nauk przyrodniczych. Znanymi zwolennikami kreacjonizmu byli Karol Linneusz (1707–1778) oraz Georges Cuvier (czytaj: żorż kuwje; 1769–1832). Linneusz jest autorem dzieła *Systema Naturae*, w którym opisał podstawy stworzonego przez siebie systemu klasyfikacji organizmów oraz upowszechnił zasadę binominalnego (dwuimiennej) nazewnictwa biologicznego. Cuvier to twórca zasady korelacji narządów wskazującej na powiązanie budowy narządów i pełnionej przez nie funkcji (do dziś stosowanej). Cuvier sformułował także teorię kataklizmów, we-

kreacjonizm



dług której za wymieranie pewnych gatunków na Ziemi odpowiadają katastrofy nawiedzające co jakiś czas naszą planetę.



Ryc. I.1.1. Karol Linneusz był kreacjonistą (A), Jean-Baptiste Lamarck (czytaj: żan-batist lamark) odkrył istnienie ewolucji (B).

Lamarckizm

Pierwszą logiczną teorię dotyczącą ewolucji sformułował Jean-Baptiste Lamarck (**ryc. I.1.1.**) w 1809 roku. Główne założenia tej teorii to:

- organizmy mają wewnętrzną siłę, która napędza je do samodoskonalenia się i większej złożoności;
- zmienność organizmów wynika z oddziaływania na nie czynników środowiskowych, a adaptacja do zmieniających się warunków życia jest przyczyną zmian ewolucyjnych;
- rozwój i sprawność danego narządu są proporcjonalne do stopnia jego używania. Według Lamarcka narząd, który stale jest aktywny, byłby wzmacniany i powiększany, a nieużywanie któregoś z narządów prowadzioby do jego zaniku lub redukcji (ta teza jest znana jako I prawo Lamarcka). Zgodnie z tym założeniem długa szyja żyrafy jest wynikiem stałego sięgania przez nią po liście z wysokich partii drzew, a brak odnóży węży to skutek konieczności czołgania się w wąskich szczelinach i nieużywania kończyn;
- wszystkie zmiany nabyte przez organizm w ciągu jego życia są dziedziczone (II prawo Lamarcka).

Lamarck zaobserwował istnienie ewolucji, zaprzeczając tym samym kreacjonizmowi. Niektóre z podanych przez niego założeń były słuszne, ale jego idea nie wyjaśniała, jakie mechanizmy stanowią źródło ewolucji.

Ewolucja darwinowska

Sformułowana przez wybitnego angielskiego uczonego **Karola Darwina** teoria ewolucji była efektem jego badań prowadzonych w trakcie pięcioletniej podróży dookoła świata na wojskowym okręcie Beagle (**ryc. I.1.2.**). Najbardziej cenne okazały się materiały zebrane wzdłuż wschodniego i zachodniego wybrzeża Ameryki Południowej oraz archipelagu wysp Galapagos (**ryc. I.1.2.**).

Karol Darwin



Ryc. I.1.2. Trasa podróży okrętu wojkowego Beagle.

Darwin sporządził cenne notatki, zbadał i skatalogował tysiące gatunków zwierząt, roślin, szczątków kopalnych i skał zarówno u wybrzeża, jak i w środku lądu oraz na wyspach Galapagos. Na podstawie tych badań Darwin dostrzegł z jednej strony bardzo duże zróżnicowanie flory i fauny wybrzeży kontynentu, a z drugiej – znaczne podobieństwo tych organizmów do gatunków zamieszkujących wyspy (odległość wysp Galapagos od Ekwadoru wynosi prawie 1000 km). Mimo podobieństwa gatunków wybrzeży Ameryki Południowej i wysp Galapagos istniały między nimi znaczne różnice. Darwin zauważył na przykład, że żyjące na wyspach gatunki ptaków z rodzaju tanagr (zwanymi potocznie ziębami Darwina lub darwinkami) różnią się między innymi kształtem dzioba, co wynika z przystosowania tych ptaków do pobierania różnego rodzaju pokarmu dostępnego na każdej z wysp (**ryc. I.1.3.**).



Ryc. I.1.3. Zmienna budowa dziobów u darwinek z wysp Galapagos jako przykład adaptacji do pobierania specyficznego pokarmu.



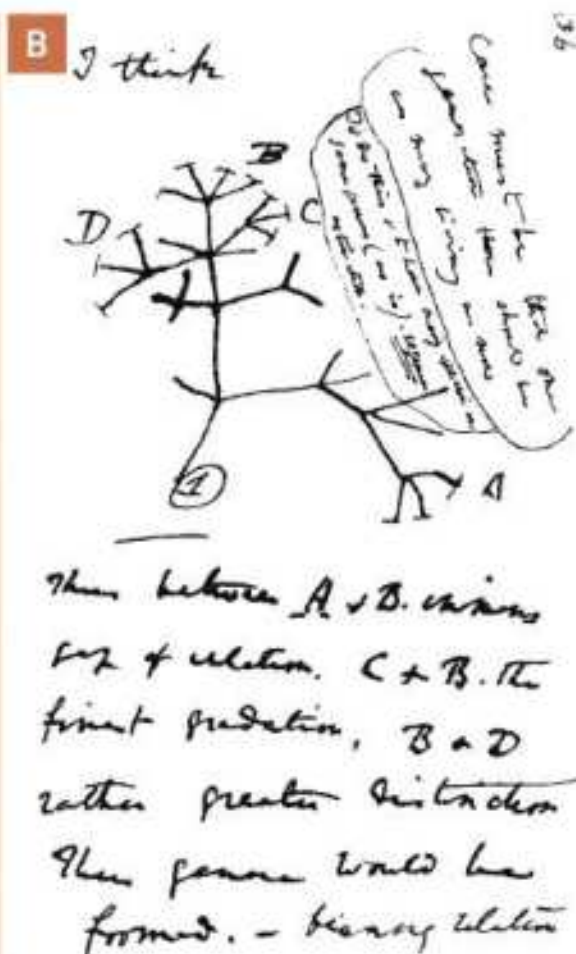
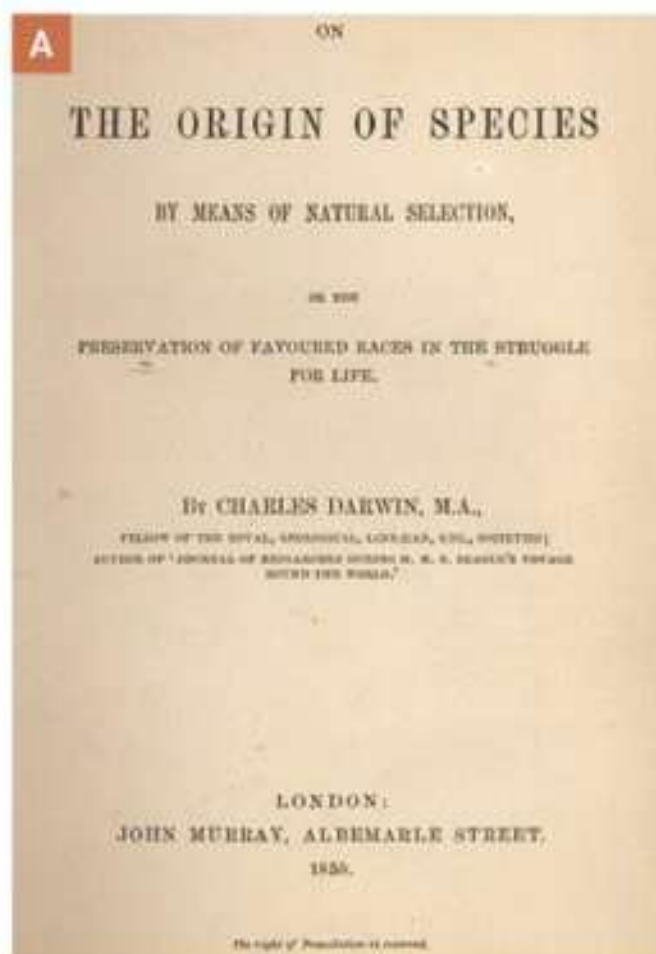
W trakcie swoich badań Darwin obserwował wiele tego typu **adaptacji**, czyli cech przystosowawczych organizmów, które zwiększały ich przeżywalność i rozrodczość w środowisku ich życia.

Gatunki wyspiarskie były bardzo podobne do gatunku zamieszkującego kontynent południowoamerykański. Darwin założył, że gatunek lądowy mógł być wspólnym przodkiem gatunków występujących na wyspach. Wyniki swoich prac i podstawowe założenia teorii ewolucji Karol Darwin opublikował w 1859 roku w dziele *O powstawaniu gatunków* (**ryc. I.1.4.A**). Podkreślił w nim jedność życia, która według niego wynika z pochodzenia wszystkich organizmów od **wspólnego przodka** żyjącego w przeszłości. Obserwowaną różnorodność życia tłumaczył występowaniem potomków tego przodka w różnych warunkach środowiska i wykształceniem przez miliony lat rozmaitych adaptacji, umożliwiających im przeżycie. Historię życia Darwin przedstawiał w postaci rozgałęzionego drzewa. Pień drzewa odwzorowywał wspólnego przodka, a każde rozgałęzienie to rozdzielające się linie ewolucyjne. Ich końce obrazują natomiast różnorodność organizmów współczesnych (**ryc. I.1.4.B**).

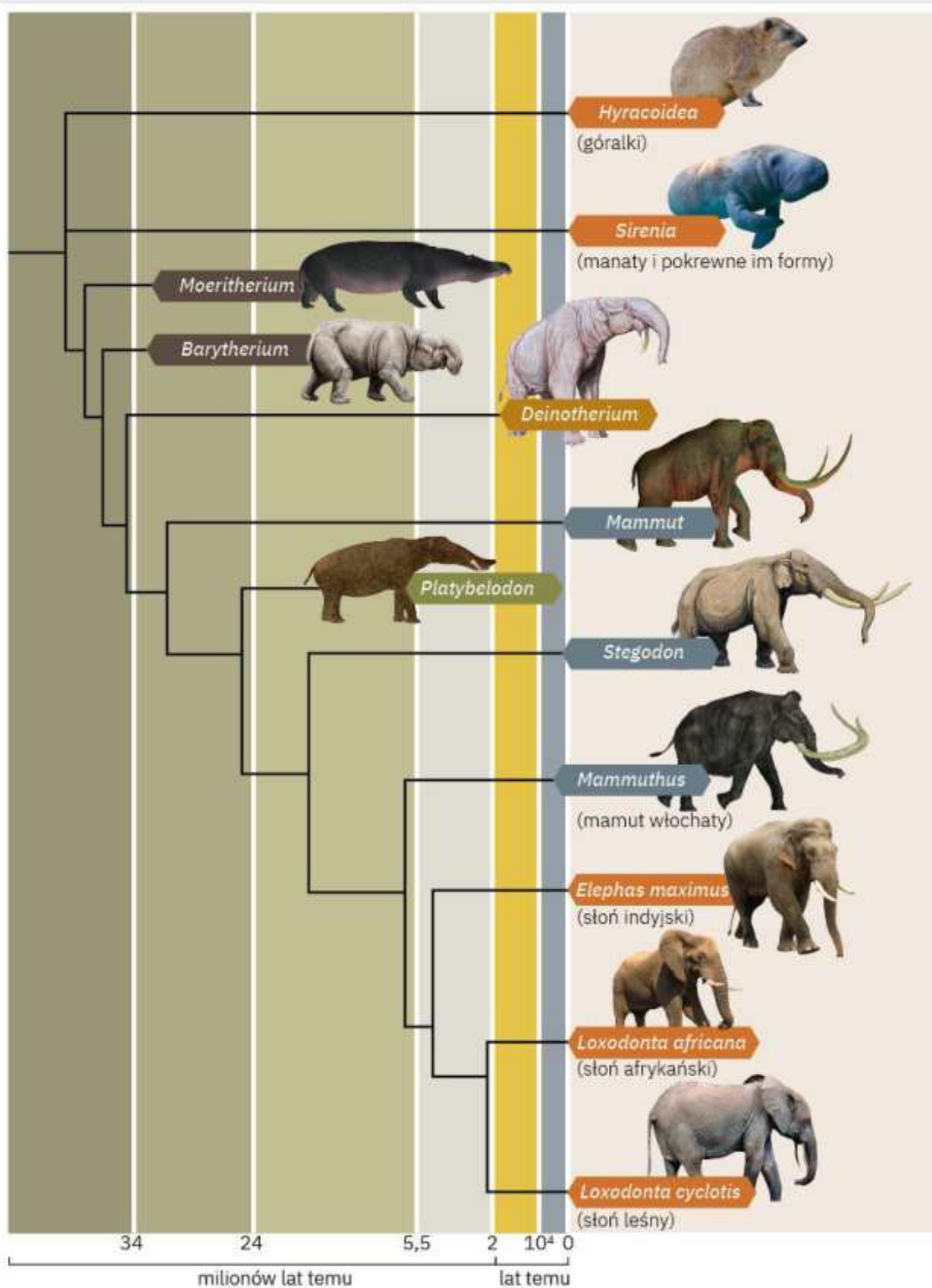
wspólny przodek

drzewo
filogenetyczne

Aktualną wiedzę bazującą na danych kopalnych, rozmieszczeniu geograficznym czy analizach DNA wykorzystuje się do opracowania **drzew filogenetycznych** (**dendrogramów**), które obrazują hipotetyczne pokrewieństwo ewolucyjne pomiędzy gatunkami. **Rycina I.1.5.** pokazuje relacje ewolucyjne słoni i ich krewnych. Każdy punkt rozgałęzienia na takim diagramie odpowiada wspólnemu przodkowi wszystkich gatunków, które się od niego wywodzą. Wynika z niego, że podobieństwo słoni – azjatyckiego i afrykańskich – jest efektem pochodzenia tych gatunków od wspólnego przodka. Najbliższymi współcześnie żyjącymi krewnymi słoni są manaty i góraliki. Większość pozostałych linii ewolucyjnych spokrewnionych ze słoniami wymarła (**ryc. I.1.5.**).



Ryc. I.1.4. Okładka pierwszego wydania *O powstawaniu gatunków* drogą doboru naturalnego Karola Darwina wydana w 1859 roku (A). Szkic Darwina przedstawiający jego wyobrażenie rozgałęzionego drzewa ewolucji (B).



Ryc. I.1.5. Drzewo ewolucyjne słoni i ich krewnych.



Założenia teorii ewolucji Darwina

Opracowana przez Darwina teoria ewolucji i jej wyjaśnienie opiera się na czterech podstawowych zjawiskach występujących w przyrodzie. Są to:

1. **Nadmierna rozrodczość** – liczba wydawanego na świat potomstwa każdego gatunku jest na ogół znacznie większa niż liczba osobników osiągających dojrzałość płciową.
2. **Zmienność** – osobniki w jednej populacji różnią się między sobą (**ryc. I.1.6.**) – każdy z nich ma unikatową kombinację cech, które u jednych zwiększają szanse na przeżycie i wydanie potomstwa, a u innych nie. Zmienność warunkująca ewolucję musi być **dziedziczona**.



Ryc. I.1.6. Zmienność w populacji.

3. **Walka o byt** – czyli współzawodnictwo organizmów o ograniczone, dostępne dla nich zasoby środowiska, na przykład pokarm, terytorium, słońce. Walka o byt wyznacza **granice wzrostu populacji** – tylko niektóre osobniki dożyją do rozrodu. Innymi czynnikami ograniczającymi wzrost populacji są: drapieżniki, patogeny oraz niekorzystne warunki atmosferyczne.
4. **Dobór naturalny** – powoduje, że przeżywają i wydają potomstwo tylko osobniki o najkorzystniejszym zestawie cech. Podstawą doboru naturalnego jest więc **sukces rozrodczy** – najlepiej przystosowane osobniki wydają najwięcej potomstwa, a gorzej przystosowane – mniej lub wcale.

Darwin zauważył też, że jeśli na różne grupy osobników tego samego gatunku będą oddziaływać różne czynniki środowiska, to doprowadzą one do zmian u tych osobników, a przy dostatecznie długo trwającej izolacji geograficznej może dojść do powstania nowego gatunku (jak w przypadku zięb Darwina; por. dalej).

syntetyczna
teoria ewolucji

Syntetyczna teoria ewolucji

W czasach Darwina nie znano zasad dziedziczenia cech. Choć badacz założył, że cechy są przekazywane z pokolenia na pokolenie, to nie wiedział, w jaki sposób. Dopiero po połączeniu zasad dziedziczenia cech opracowanych przez Gregora Mendla z teorią Darwina w latach 40. XX wieku naukowcy opracowali spójne wyjaśnienie ewolucji, które nazywamy **syntetyczną teorią ewolucji** lub syntezą współczesną. Wraz z rozwojem nauk przyrodniczych, między innymi genetyki, ekologii, systematyki, biologii molekularnej i bioinformatyki, oraz na podstawie nowych odkryć zaczęto dogłębniej wyjaśniać i rozumieć zaproponowaną przez Darwina teorię. Obserwowaną przez niego zmienność osadzono w kategoriach mutacji i rekombinacji, które tworzą **zmienność genetyczną**. Mutacje i rekombinacje mają różny wpływ na działanie doboru naturalnego. Niektórzy uważają, że mechanizmy ewolucji powinniśmy wyjaśniać na poziomie molekularnym (m.in. badając sekwencje aminokwasowe białek, geny i inne sekwencje nukleotydowe kwasów nukleinowych). W tym nurcie angielski biolog Richard Dawkins (czytaj: riczard dołkins) wysunął teorię „samolubnego genu”. Zgodnie z tą teorią dobór naturalny działa nie na poziomie osobników, ale na poziomie genów, które ten osobnik posiada. Niewykluczone, że obserwowany aktualnie postęp w naukach przyrodniczych oraz nowe odkrycia doprowadzą do uszczegółowienia i modyfikacji obowiązującej syntezy współczesnej.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij, na czym polega ewolucja.
2. Podaj główne założenia teorii sformułowanej przez Lamarcka. Wskaż, które były błędne. Swoją odpowiedź uzasadnij.
3. Znajdź w dostępnych źródłach informacje na temat życia i działalności naukowej Karola Darwina. Sporządź na temat krótką notatkę w zeszycie.
4. Na poniższym rysunku przedstawiono kształt dziobów trzech blisko spokrewnionych gatunków ptaków zwanych ziębami Darwina, które zamieszkują wyspy archipelagu Galapagos. Wyjaśnij, w jaki sposób Darwin wytłumaczył różnice w budowie dziobów tych ptaków.

pokarm:
owadypokarm:
liście, owoce, nasiona, owadypokarm:
nasiona



5. Przerysuj do zeszytu i uzupełnij poniższą tabelę dotyczącą założeń teorii Darwina.

Założenie	Opis
nadmierna rozrodczość	...
zmienność	...
...	Współzawodnictwo o ograniczone dostępne zasoby środowiska (pokarm, światło, terytorium).
...	Przeżywają i wydają potomstwo tylko osobniki o najkorzystniejszym zestawie cech.

6. Wyjaśnij różnice pomiędzy darwinowską teorią ewolucji a syntetyczną teorią ewolucji.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Ewolucja zachodzi od momentu powstania życia na Ziemi i polega na zmianach dokonujących się w kolejnych pokoleniach organizmów.

s. 8

Na zachodzenie zmian ewolucyjnych **wpływają warunki środowiskowe**, które mogą prowadzić do powstawania nowych gatunków, a także do wymierania gatunków zamieszkujących kulę ziemską.

s. 8

Kreacjoniści uważali, że gatunki są stałe i niezmiennie. Takie poglądy głosili między innymi Karol Linneusz i Georges Cuvier.

s. 8

Jean-Baptiste Lamarck odkrył istnienie ewolucji i opracował jej założenia: samodoskonalenie się organizmów, zmienność organizmów będącą wynikiem działania czynników środowiskowych, wpływ używania danego narządu na jego sprawność i rozwój, dziedziczenie nabytych zmian.

s. 9

Karol Darwin stworzył teorię ewolucji na podstawie długoletnich badań flory i fauny wybrzeży Ameryki Południowej i wysp Archipelagu Galapagos. Wnioski opublikował w dziele *O powstawaniu gatunków* w 1859 roku.

s. 9

Darwin założył jedność życia, czyli pochodzenie wszystkich organizmów od **wspólnego przodka**.

s. 11

Drzewo filogenetyczne przedstawia pokrewieństwo ewolucyjne gatunków.

s. 11

Darwinowska teoria ewolucji opiera się na czterech założeniach: nadmiernej rozrodczości gatunków, dziedzicznej zmienności, walce o byt (pokarm, terytorium) oraz doborze naturalnym (przeżywają i wydają potomstwo tylko osobniki o najkorzystniejszym zestawie cech, najlepiej przystosowane do istniejących warunków środowiskowych).

s. 13

Syntetyczna teoria ewolucji łączy darwinowską teorię ewolucji z późniejszymi odkryciami (m.in. zasady dziedziczenia cech, mutacje, rekombinacje).

s. 14



2. Dowody ewolucji

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, skąd czerpiemy wiedzę o zachodzeniu ewolucji;
- zapoznasz się z przykładami dowodów ewolucyjnych z różnych dziedzin nauki.

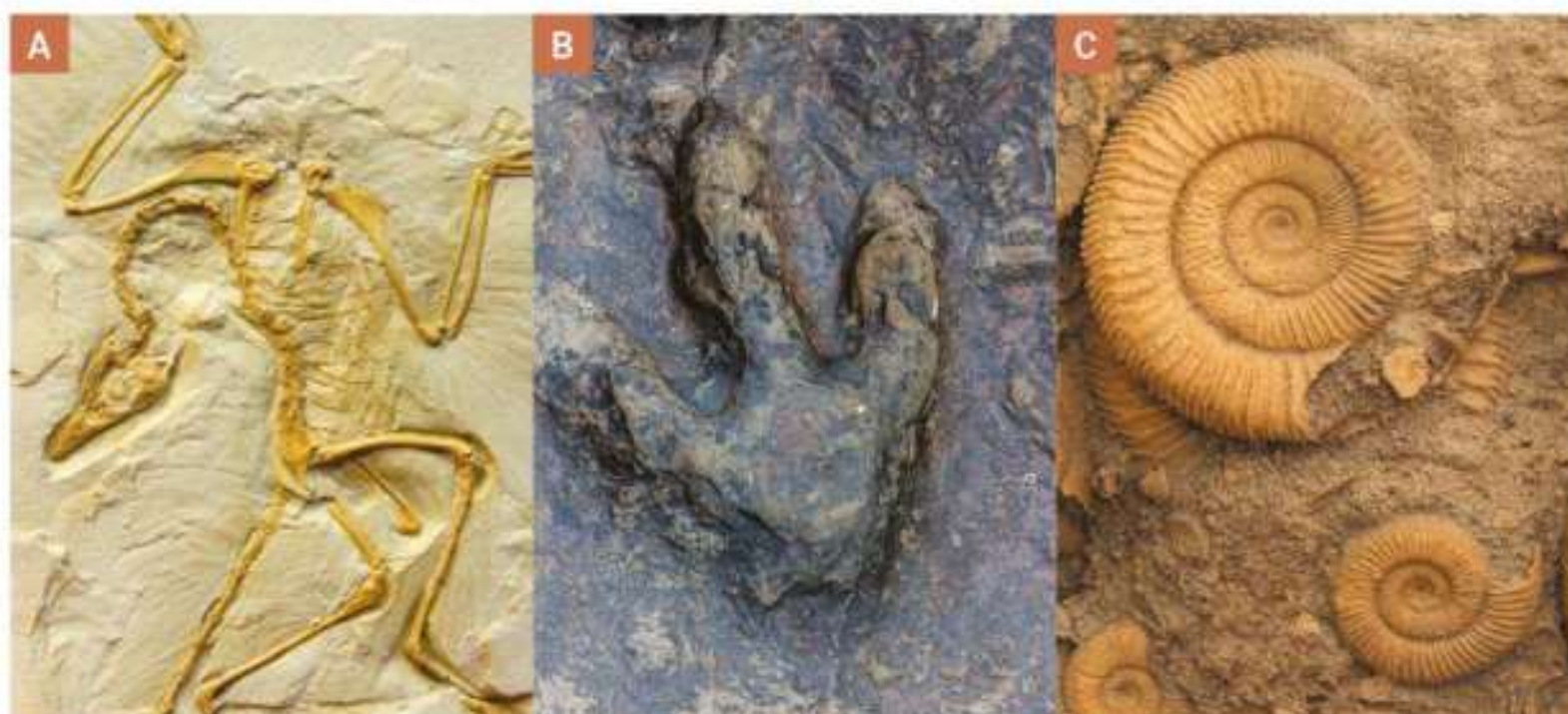
dowody istnienia ewolucji

Dowodów potwierdzających istnienie ewolucji dostarczają różne dziedziny nauki, w tym paleontologia, anatomia porównawcza, biogeografia i biologia molekularna. Postęp w naukach przyrodniczych jest możliwy także dzięki doświadczalnemu sprawdzaniu niektórych hipotez.

dowody bezpośrednie

Dowody paleontologiczne

Bezpośrednim dowodem potwierdzającym ewolucję są pozostałości wymarłych gatunków, czyli **skamieniałości**. Ich odkrywaniem i badaniem zajmuje się **paleontologia**. Skamieniałościami mogą być: **szczątki kopalne**, czyli części ciała organizmów, **odciski** powstałe w skałach lub **odlewy** (ryc. I.2.1.). Dotychczas paleontolodzy odkryli ponad 300 tys. gatunków kopalnych, a każdego roku pojawiają się doniesienia o nowych znaleziskach. Materiały kopalne są także znajdowane na terenie naszego kraju. W 2008 roku grupa naukowców odkryła datowane na 390 mln lat ślady tetrapoda (najstarszego czworonoga) w kamieniołomie w Zachełmiu niedaleko Kielc (ryc. I.2.2.). Dowodami paleontologicznym są także całe organizmy, wyjątkowo dobrze zachowane w torfie, lodzie, bursztynie czy smole. Przykładem są szczątki mamuta włochatego zachowane w zmarzlinie syberyjskiej (ryc. I.2.3.).



Ryc. I.2.1. Skamieniałości: szczątki kopalne (A), odciski (B), odlewy (C).



Ryc. I.2.2. Kamieniołom w Zachełmie, gdzie odkryto ślady tetrapoda – pierwszego czworonoga.



Ryc. I.2.3. Szkielet mamuta włochatego.

O istnieniu ewolucji świadczą także występujące obecnie **żywe skamieniałości**, czyli organizmy o niskim tempie ewolucji, które przetrwały wymieranie i bardzo przypominają wymarłe gatunki. Badanie tych organizmów pozwala na zrozumienie biologii ich przodków. Do żywych skamieniałości zaliczamy młórząb dwuklapowy czy hatterię (ryc. I.2.4.).

żywe
skamieniałości



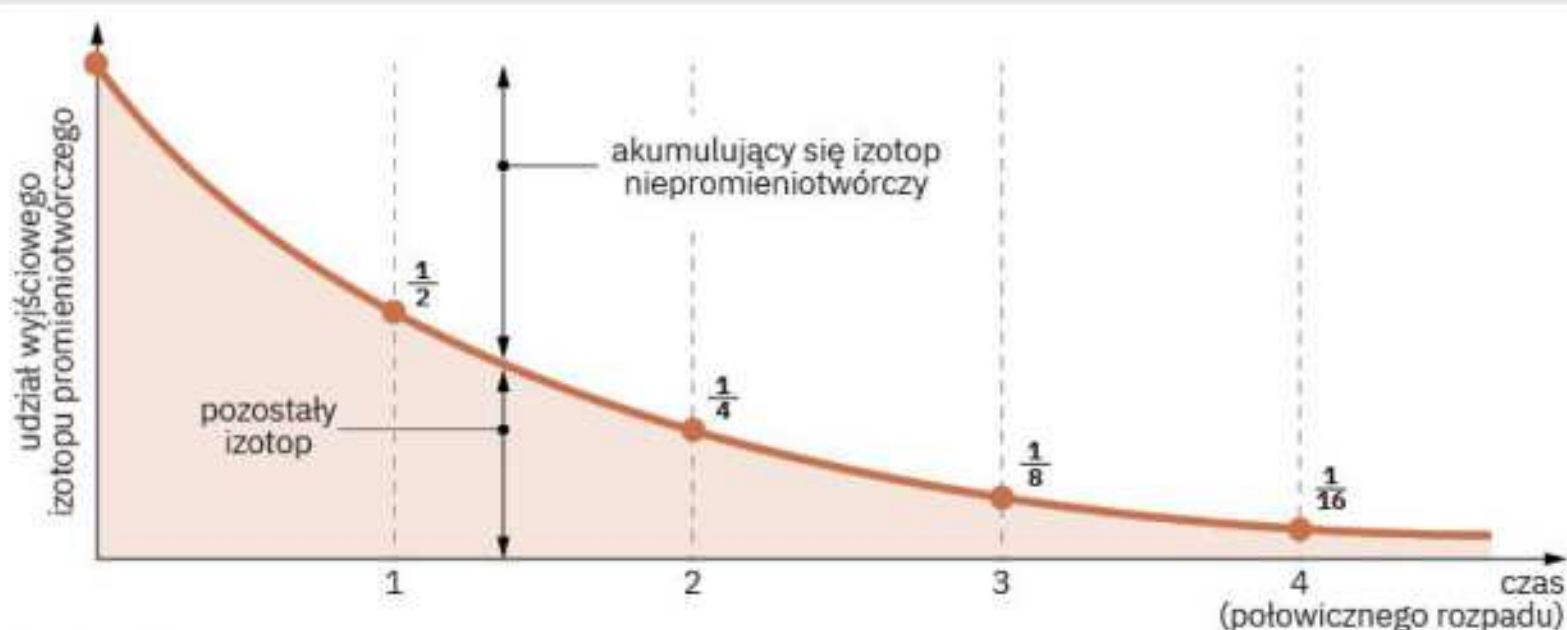
Ryc. I.2.4. Przykłady żywych skamieniałości: młórząb dwuklapowy (A), hatteria (B).



Datowanie wieku skamieniałości

metody izotopowe

Analizy skamieniałości dostarczają wiedzy na temat ich budowy, miejsca i sposobu życia dawnych gatunków oraz pokazują wiele form przejściowych. Na ich podstawie można niekiedy odtworzyć pochodzenie organizmów, które występują współcześnie. Aby znaleziona skamieniałość miała pełną wartość naukową, należy określić jej wiek. W tym celu korzysta się z kilku metod, z których najbardziej znana jest **metoda zegara izotopowego (datowanie izotopowe)**. Obecne w skale izotopy promieniotwórcze (radioaktywne) w trakcie rozpadu radioaktywnego w ściśle określonym tempie zmieniają się w inny, niepromieniotwórczy pierwiastek, emitując przy tym niewidzialne promieniowanie. Czas potrzebny do rozpadu połowy atomów pierwiastka radioaktywnego nazywa się **czasem połowicznego rozpadu** (okresem półtrwania) (**ryc. I.2.5.**). Na przykład czas połowicznego rozpadu uranu 235 wynosi 704 mln lat. Na podstawie tej wiedzy określa się wiek skamieniałości, mierząc stosunek ilościowy izotopu radioaktywnego do jego niepromieniotwórczego produktu. W datowaniu materiałów kopalnych wykorzystuje się najczęściej datowanie potasowo-argonowe (okres półtrwania potasu K_{40} to 1,3 mld lat) oraz radiowęglowe (okres półtrwania węgla C^{14} to 5730 lat). Pierwszą metodę stosuje się do oznaczania wieku skał, a drugą – do analizy wieku szczątków organizmów zawierających węgiel (np. drewno, kości, muszle).



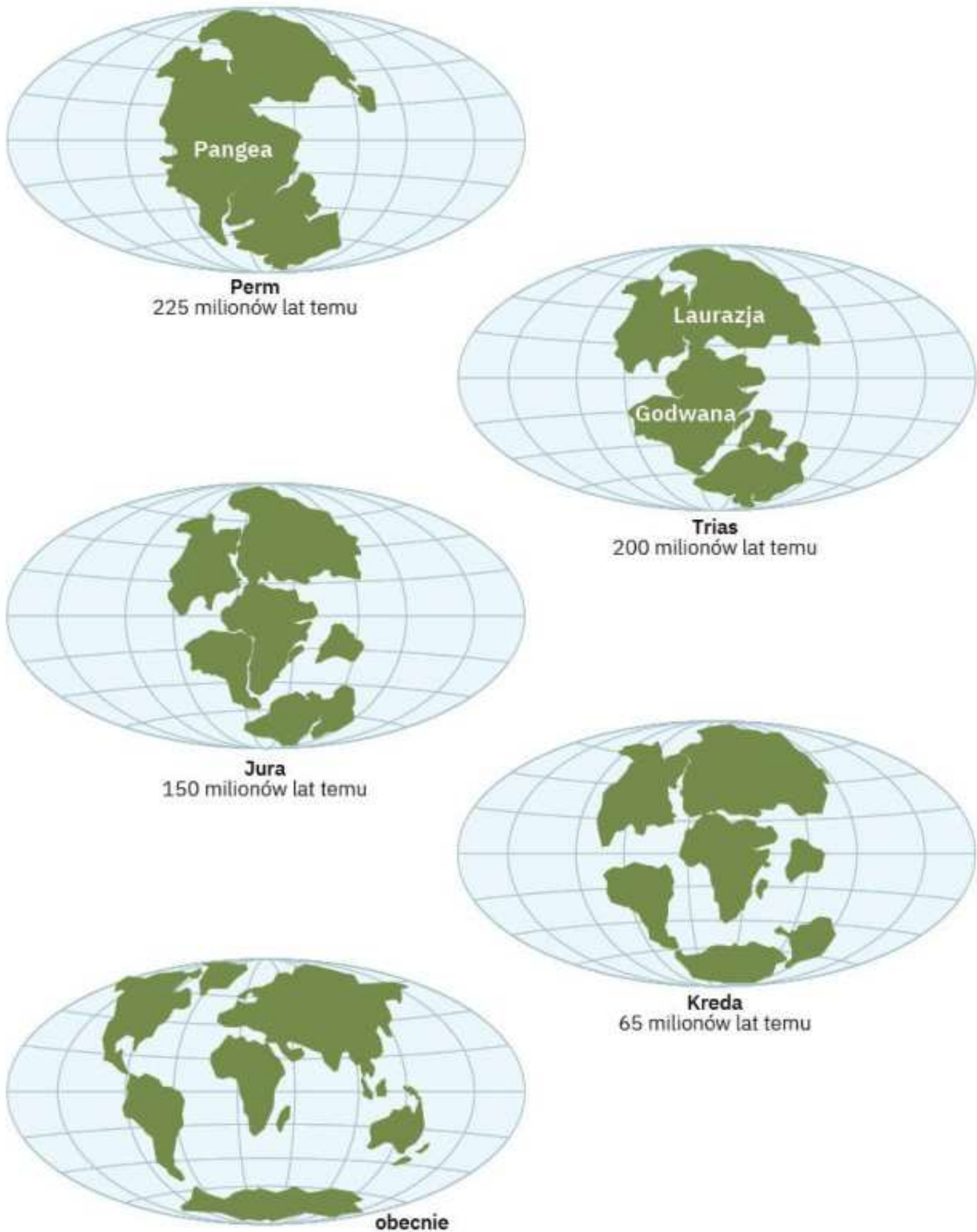
Ryc. I.2.5. Datowanie izotopowe i czas połowicznego rozpadu.

Dowody z zakresu biogeografii

Biogeografia zajmuje się geograficznym rozmieszczeniem gatunków na kuli ziemskiej. Wynika ono z wielu zjawisk zachodzących w przeszłości, między innymi **dryfu kontynentów**, czyli ich powolnej wędrówki po powierzchni Ziemi (**ryc. I.2.6.**). Około 250 mln lat temu dryf kontynentów doprowadził do połączenia się wszystkich kontynentów w jeden wielki kontynent zwany Pangeą. Około 200 mln lat temu Pangea zaczęła się rozpadać, a około 20 mln lat temu kontynenty znalazły się mniej więcej tam, gdzie są dzisiaj. Wiedza dotycząca dryfu kontynentów pozwala na po-



szukiwanie skamieniałości u źródła, tłumaczy występowanie na wyspach **gatunków endemicznych**, czyli takich, których nigdzie indziej nie można spotkać, i analizuje ich pokrewieństwo z gatunkami z najbliższego stałego lądu.



Ryc. I.2.6. Dryf kontynentów.



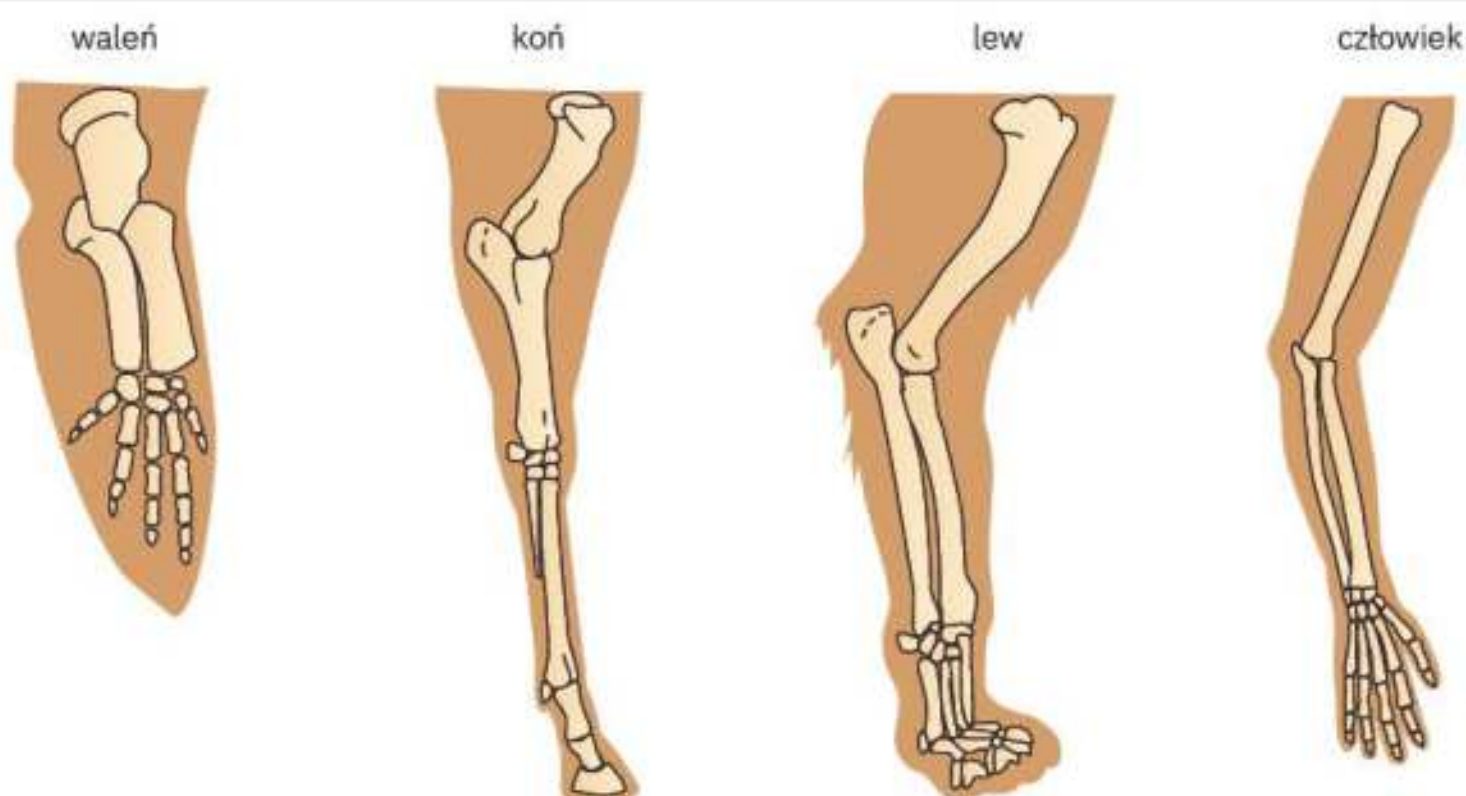
Dowody z zakresu anatomii porównawczej

anatomia
porównawcza

narządy
homologiczne

ewolucja rozbieżna

Wiele dowodów potwierdzających ewolucję pochodzi z analiz porównawczych budowy narządów różnych organizmów, którymi zajmuje się **anatomia porównawcza**. Porównując szczegóły budowy narządów organizmów spokrewnionych, widzimy podobieństwo ich podstawowego planu budowy. Przykładem są kości kończyn ssaków (**ryc. I.2.7.**). Mimo różnego wyglądu zewnętrznego i pełnienia różnej funkcji występuje u nich taki sam rozkład kości, mięśni i nerwów. Narządy, które mają taki sam plan budowy wynikający ze wspólnego pochodzenia, nazywamy **narządami homologicznymi**. Narządy homologiczne powstały jako efekt **ewolucji rozbieżnej (dywergencji)**, czyli rozejścia się linii ewolucyjnych w związku z adaptacją do różnych środowisk i pełnienia odmiennych funkcji.



Ryc. I.2.7. Narządy homologiczne – przednie kończyny ssaków są efektem ewolucji dywergentnej.

narządy
analogiczne

ewolucja zbieżna

Niekiedy w podobnych warunkach środowiska organizmy niespokrewnione ze sobą wytwarzają podobne do siebie narządy jako wynik adaptacji do pełnienia tych samych funkcji. Narządy te nazywamy **analogicznymi**. Przykładem narządów analogicznych są skrzydła ptaka, nietoperza i owada – powierzchownie podobne, ale zasadniczo różne – które powstały w wyniku adaptacji do lotu (**ryc. I.2.8.**). Narządy analogiczne są skutkiem **ewolucji zbieżnej (konwergencji)**, czyli niezależnego wykształcenia podobnych narządów u organizmów niespokrewnionych ze sobą, przeznaczonych do pełnienia podobnej funkcji.

Anatomia porównawcza bada także **narządy szczątkowe**. Są to pozostałości lepiej wykształconych narządów, które występowały u przodków, a u współcześnie żyjących gatunków nie pełnią już swojej pierwotnej funkcji. U człowieka zidentyfikowano ponad 100 struktur szczątkowych, między innymi kość ogonową, zęby mądrości (trzecia para zębów trzonowych) czy wyrostek robaczkowy.



Ryc. I.2.8. Narządy analogiczne: skrzydło ptaka (A), nietoperza (B) i owada (C) są efektem ewolucji zbieżnej, czyli konwergentnej.

Dowody z zakresu genetyki i biochemii

Wiele przekonujących dowodów na ewolucję dostarcza analiza podobieństw i różnic biochemicznych oraz biologia molekularna. Kluczowym dowodem w tym zakresie jest **uniwersalność kodu genetycznego**, która świadczy o tym, że wszystkie organizmy pochodzą od wspólnego przodka. Kod ten przez miliony lat ewolucji był przekazywany na wszystkie poziomy drzewa rodowego.

uniwersalność
kodu genetycznego

Analizy na poziomie molekularnym bazują na porównywaniu białek oraz wybranych sekwencji DNA, a także genomów różnych organizmów. Wyniki tych analiz dostarczają dowodów na pokrewieństwo ewolucyjne gatunków. Badania sekwencji aminokwasów w białkach, które pełnią u organizmów te same funkcje, pokazują zarówno duże podobieństwo, jak i pewne różnice. Jednym z takich białek jest **cytochrom c**, który bierze udział w transporcie elektronów w czasie oddychania tlenowego. W wyniku mutacji zachodzących w toku ewolucji pojawiają się zmiany w sekwencji aminokwasów cytochromu c pochodzącego z różnych organizmów. Im więcej zmian w sekwencji, tym dłuższy czas, jaki minął od rozdzielenia się dwóch porównywanych gatunków. Sekwencjonowanie DNA, czyli określanie kolejności ułożenia nukleotydów w DNA, jest bardzo użytecznym narzędziem przy ustalaniu pokrewieństwa ewolucyjnego gatunków. Niejednokrotnie to właśnie analiza molekularna umożliwia wykazanie bądź zaprzeczenie wcześniejszym relacjom ewolucyjnym, gdyż wielu z nich nie można rozstrzygnąć w wyniku porównania cech morfologicznych (zewnętrznych).

analiza białek



Innymi dowodami na zachodzenie procesu ewolucji są:

- skład chemiczny organizmów – wszystkie organizmy zbudowane są z tych samych pierwiastków: węgla, wodoru, tlenu, azotu, fosforu i siarki;
- taka sama budowa chemiczna makrocząsteczek: białek, lipidów, węglowodanów, kwasów nukleinowych czy ATP;
- jedność podstawowych procesów metabolicznych: oddychania komórkowego, fotosyntezy, biosyntezy białek;
- budowa i funkcje wielu enzymów.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wymień rodzaje skamieniałości, a następnie zaklasyfikuj poniższe przykłady do każdej z podanych przez siebie kategorii.

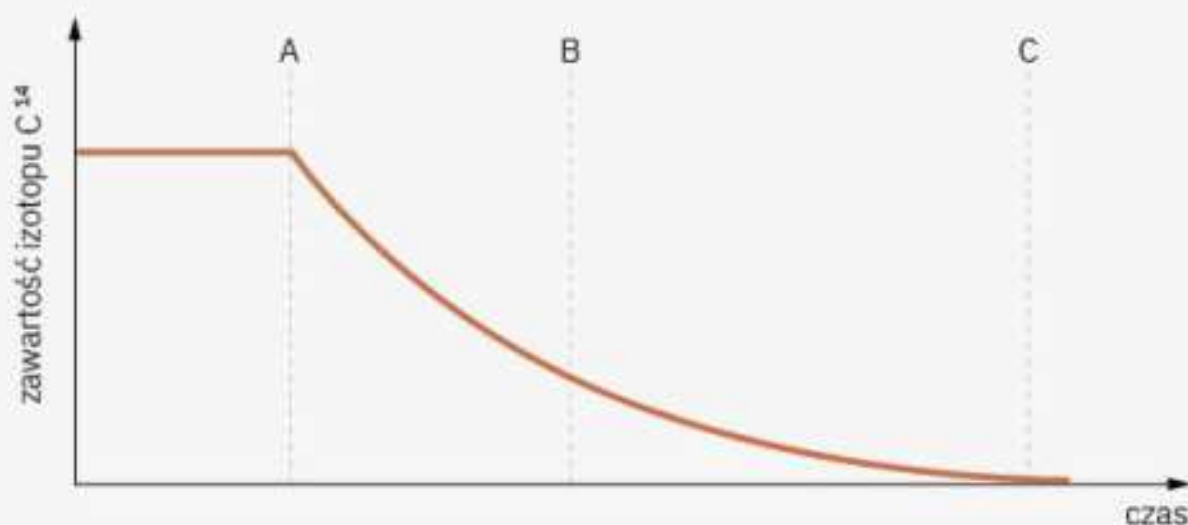
zęby mamutów i rekinów, ślady stóp tetrapoda, fragmenty szkieletu australopiteka, kamienny odcisk muszli amonita

2. Wyjaśnij, czy opisany poniżej przykład dowodzi ewolucji konwergentnej czy dywergentnej. Uzasadnij swoją odpowiedź.

W Australii żyje gatunek torbacza zwany lotopalaką, który wyglądem przypomina gatunek ssaka łyskowego – wiewiórkę latającą, zamieszkującą lasy Ameryki Północnej. Oba te gatunki prowadzą nadrzewny tryb życia i mają zdolność wykonywania lotów ślizgowych, co znacznie ułatwia im poruszanie się w koronach drzew.

3. Izotop węgla C^{14} wykorzystuje się w określaniu wieku szczątków kopalnych. W czasie życia organizmu zawartość izotopu C^{14} utrzymuje się na stałym poziomie. Po śmierci organizmu jego zawartość zaczyna się zmniejszać, a po prawie 5730 latach jego zawartość jest dwa razy mniejsza. Mierząc zawartość tego izotopu, możemy oszacować, kiedy dany organizm umarł.

Wskaż, moment śmierci organizmu. Uzasadnij swój wybór.





PODSUMOWANIE LEKCJI

Dowody potwierdzające ewolucję pochodzą z różnych dziedzin nauki.

s. 16

Dowodami bezpośrednimi są skamieniałości: szczątki kopalne, odciski i odlewy, których badaniem zajmuje się paleontologia.

s. 16

Żywe skamieniałości to organizmy o niskim tempie ewolucji, które przypominają dawne gatunki, a ich badanie dostarcza informacji na temat biologii przodków (np. młorząd, hatteria).

s. 17

Wiek skamieniałości określa się **metodami izotopowymi** (np. potasowo-argonową lub radiowęglową).

s. 18

Anatomia porównawcza zajmuje się analizą podobieństw i różnic w budowie narządów różnych organizmów.

s. 20

Narządy homologiczne mają taki sam plan budowy, ale pełnią inne funkcje w związku z adaptacją do różnych środowisk (np. przednie kończyny ssaków).

s. 20

Narządy homologiczne powstały jako efekt **ewolucji rozbieżnej** (dywergencji).

s. 20

Narządy analogiczne są powierzchownie do siebie podobne. Powstały jako wynik adaptacji do pełnienia tych samych funkcji (np. skrzydła ptaka, nietoperza i owada).

s. 20

Narządy analogiczne powstały jako wynik **ewolucji zbieżnej** (konwergencji).

s. 20

Dowodem istnienia ewolucji na poziomie molekularnym jest **uniwersalny kod genetyczny**, który przez miliony lat jest przekazywany pomiędzy organizmami.

s. 21

Potwierdzeniem ewolucji jest **analiza podobieństw i różnic w sekwencji aminokwasów w białkach** (np. cytochromu c), wybranych odcinkach DNA oraz genomach organizmów.

s. 21

3. Mechanizmy ewolucji

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, czym jest pula genowa;
- poznasz najważniejsze czynniki ewolucji;
- dowiesz się, jaka jest rola doboru naturalnego w powstawaniu adaptacji.

Działaniu doboru naturalnego podlegają osobniki, ale zmiany ewolucyjne dotyczą populacji. W badaniach ewolucji naukowcy mierzą zmienność danej cechy (np. ubarwienia) w obrębie całej populacji. W tym celu posługują się pewnymi pojęciami i założeniami, których znajomość ułatwia zrozumienie mechanizmów zmian ewolucyjnych. Należą do nich:

zmienność cechy
w populacji

- **pula genowa**, czyli zbiór genów i tworzących je alleli wszystkich osobników danej populacji; allele to alternatywne formy genu zajmujące to samo miejsce czyli, *locus* (w liczbie mnogiej *loci*), na chromosomach homologicznych.

pula genowa

allel



Osobniki diploidalne mają najwyżej dwa różne allele w danym *locus*: dominujący oznaczony dużą literą, na przykład A, i recesywny oznaczany małą literą, na przykład a. Pojedynczy osobnik ma tylko mały ułamek alleli wchodzących w skład zbioru alleli całej populacji, a zmienność osobników tej populacji wskazuje, że każdy z nich ma odmienny układ alleli z tej puli genowej;

częstość alleli

– **częstość alleli**, która opisuje udział określonego allelu w danej populacji – dominującego (np. A) lub recesywnego (np. a);

genotyp i fenotyp

– **częstość genotypu** (zbioru wszystkich genów, stanowiących całkowitą informację genetyczną organizmu), czyli udział każdego określonego genotypu w populacji (homozygoty dominującej (np. AA), heterozygoty (np. Aa) i homozygoty recesywnej, np. aa). Analogicznie, **częstość fenotypu** (zbioru wszystkich cech organizmu warunkowanych przez genotyp) to procent danego fenotypu w populacji. Jeśli w populacji mamy zarówno allele dominujące, jak i recesywne, to nie można odróżnić osobników heterozygotycznych od homozygot dominujących, a tylko homozygoty recesywne mają inny fenotyp.

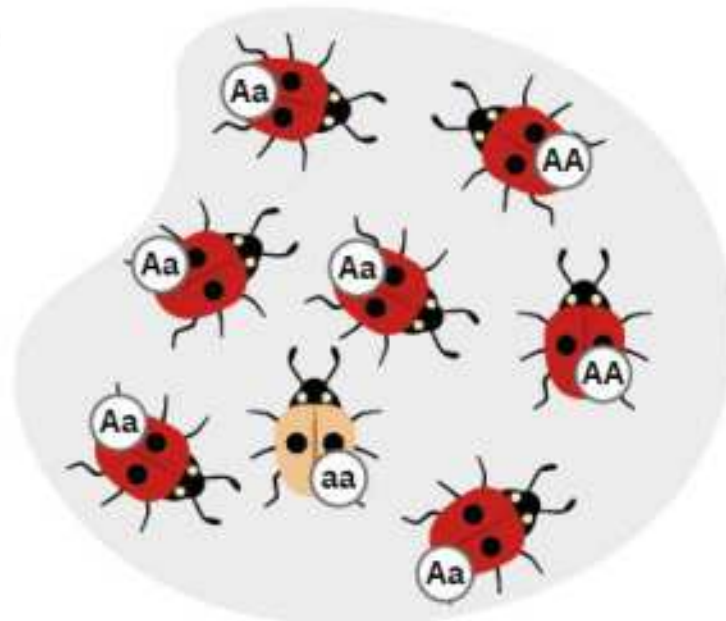
Na podstawie częstości fenotypów można obliczyć (wykonując proste działania matematyczne) częstość allelu recesywnego i dominującego. Znając zmiany częstości alleli w kolejnych pokoleniach, możemy natomiast określić skalę zmian ewolucyjnych w populacjach. Zmianę częstości alleli w kolejnych pokoleniach populacji nazywamy **mikroewolucją**.

Mała populacja genowa zawierająca 8 osobników. Każdy osobnik ma 2 allele dla jednego genu „A”.

W populacji w sumie występuje 16 alleli.

W populacji występują osobniki o fenotypach:

- homozygota dominująca (AA)
- heterozygota (Aa)
- homozygota recesywna (aa)



Ryc. I.3.1. Pula genowa populacji i częstość alleli, genotypów i fenotypów.

czynniki ewolucji

Czynniki ewolucji

Ewolucję napędza pięć kluczowych zjawisk: krzyżowanie losowe, mutacje, dryf genetyczny, przepływ genów (migracje) oraz dobór naturalny.

Krzyżowanie losowe

Zmiany ewolucyjne w populacji powstają w wyniku wybierania przez osobniki partnerów do rozrodu na podstawie fenotypu (a przez to pośrednio warunkującego go genotypu). Nierzadko zdarza się, że osobniki krzyżują się częściej z osobnikami są-



siadującymi niż z dalszymi członkami danej populacji. To powoduje, że osobniki bliżej sąsiadujące są bardziej spokrewnione, a zjawisko to nazywamy **kojarzeniem krewniaczym**, czyli chowem wsobnym (inbredowaniem). W tym przypadku całkowita częstość alleli nie ulega zmianie, ale wzrasta częstość genotypów homozygotycznych.

Zmienność genetyczna i mutacje

Pomiędzy osobnikami w danej populacji występują różnice fenotypowe (które widzimy lub słyszymy) oraz różnice genotypowe, możliwe do zaobserwowania tylko na poziomie molekularnym. To **zmienność genetyczna** będąca efektem rozmnażania płciowego, którego mechanizm rozdziela losowo istniejące allele. Cechy wykazujące zmienność w populacji mogą różnić się w sposób nieciągły, czyli jakościowy (np. czerwona i biała barwa kwiatów), lub ciągły, czyli ilościowy. Dziedziczna zmienność ciągła jest zazwyczaj efektem oddziaływania dwóch lub większej liczby genów na daną cechę fenotypową. Pierwotnym źródłem zmienności genetycznej w populacji są **mutacje**. Mutacje zachodzące w komórkach rozrodczych są przekazywane potomstwu i mogą zdecydować o zakresie ich adaptacji do zaistniałych warunków środowiska. Mutacje, z których większość jest szkodliwa, są eliminowane przez dobór naturalny. Niekiedy jednak mutacje nie ujawniają się w fenotypie osobnika diploidalnego, przez to nie są wykluczane przez dobór naturalny i mogą być przekazywane potomstwu. To prowadzi do zwiększenia różnorodności genetycznej populacji. Ważnym źródłem zmienności są także duplikacje genów, które nie powodują negatywnych skutków i które mogą być przekazywane przez pokolenia, pozwalając na kumulowanie się mutacji oraz rozszerzenie się genomu o nowe miejsca (*loci*), które z czasem mogą zacząć pełnić nowe funkcje.

Dryf genetyczny

dryf genetyczny

Dodatkowym źródłem zmienności genetycznej jest **dryf genetyczny**. Polega on na losowych zmianach prowadzących do zmiany częstości alleli w populacji z pokolenia na pokolenie. Występuje w małych, izolowanych populacjach. Jeden z alleli może zostać całkowicie wyeliminowany przez przypadek, na przykład osobniki noszące ten allel zostaną zjedzone przez drapieżnika (**ryc. 1.3.2.**). Nie ma znaczenia czy allel ten jest szkodliwy, korzystny czy obojętny.



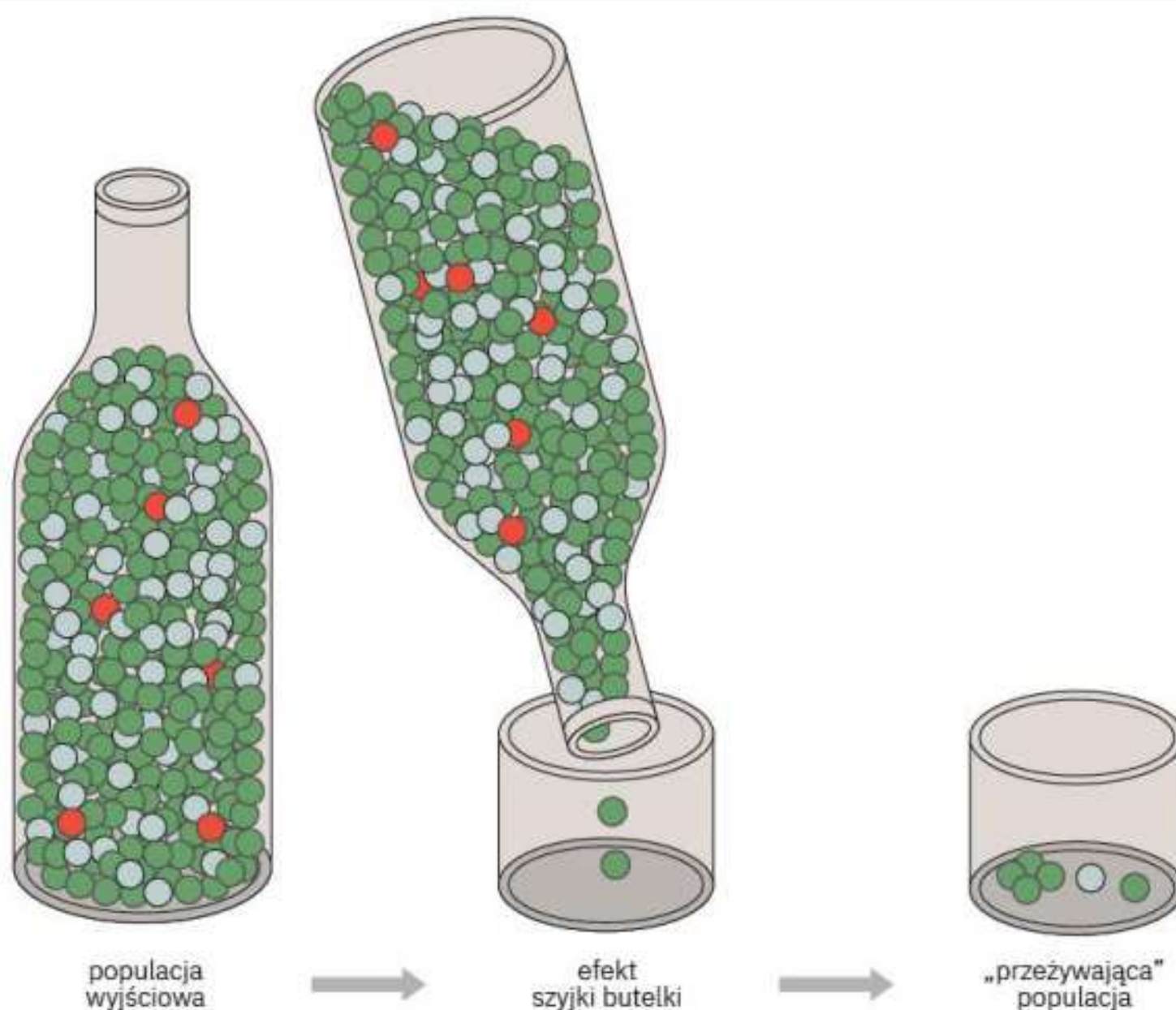
Ryc. 1.3.2. Istota dryfu genetycznego.





Dryf genetyczny zmniejsza zmienność genetyczną w obrębie populacji, ale zazwyczaj zwiększa różnice genetyczne między populacjami. Z dryfem genetycznym związane są dwa rodzaje zjawisk:

- **efekt szyjki butelki** – czyli sytuacja, w której dochodzi do znacznego spadku liczebności populacji (np. wskutek epidemii lub katastrofy ekologicznej) (**ryc. I.3.3.**). Przeżywają tylko nieliczne osobniki. Jeśli osobniki te odtworzą populację, to jej pula genowa będzie się różniła od wyjściowej. Inaczej mówiąc, częstość alleli będzie inna;
- **efekt założyciela** – ma miejsce wówczas, gdy kilka osobników z dużej populacji zasiedla nowy teren poza głównym obszarem jej występowania. Częstość alleli w nowej populacji będzie inna niż w macierzystej i będzie zależna od alleli występujących u założycieli. Przykładem efektu założyciela są Finowie. Na podstawie badań DNA wykazano, że Finowie pochodzą od niewielkiej grupy ludzi, którzy osiedlili się na terenie dzisiejszej Finlandii około 4000 lat temu. Z powodu bariery geograficznej populacja ta była izolowana od reszty populacji europejskich, stąd zmienność genetyczna Finów jest znacznie mniejsza.



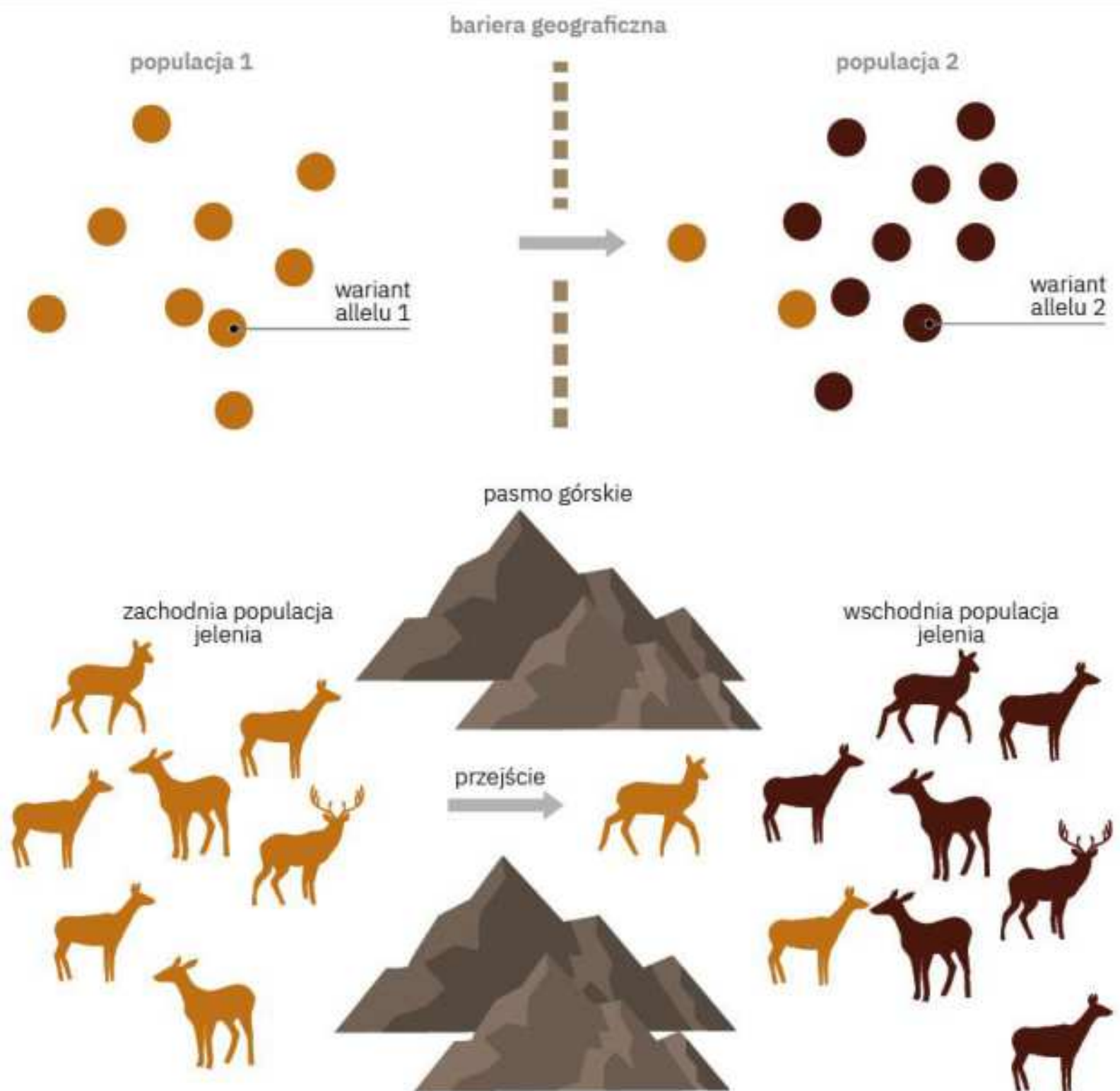
Ryc. I.3.3. Efekt szyjki butelki. Przejście kilku kulek przez wąską szyjkę butelki odzwierciedla znaczną redukcję wielkości populacji oraz jej puli genetycznej (brak czerwonych kulek, więcej zielonych).



Przepływ genów (migracje)

Migracje osobników pomiędzy populacjami prowadzą do przepływu genów, co skutkuje zmianami poziomu zmienności genetycznej. Skutki te mogą być trojakiiego rodzaju:

1. Jeśli allele przepływają z jednej populacji do drugiej, to zwiększają zmienność genetyczną tej populacji.
2. Jeśli przepływ genów pomiędzy dwiema populacjami jest duży, to populacje te staną się bardziej podobne genetycznie.
3. Jeżeli liczba migrujących osobników jest duża i różnią się one znacznie częstościami alleli, to prowadzi to do znacznych zmian genetycznych.



Ryc. I.3.4. Migracje prowadzą do zmiany poziomu zmienności genetycznej.

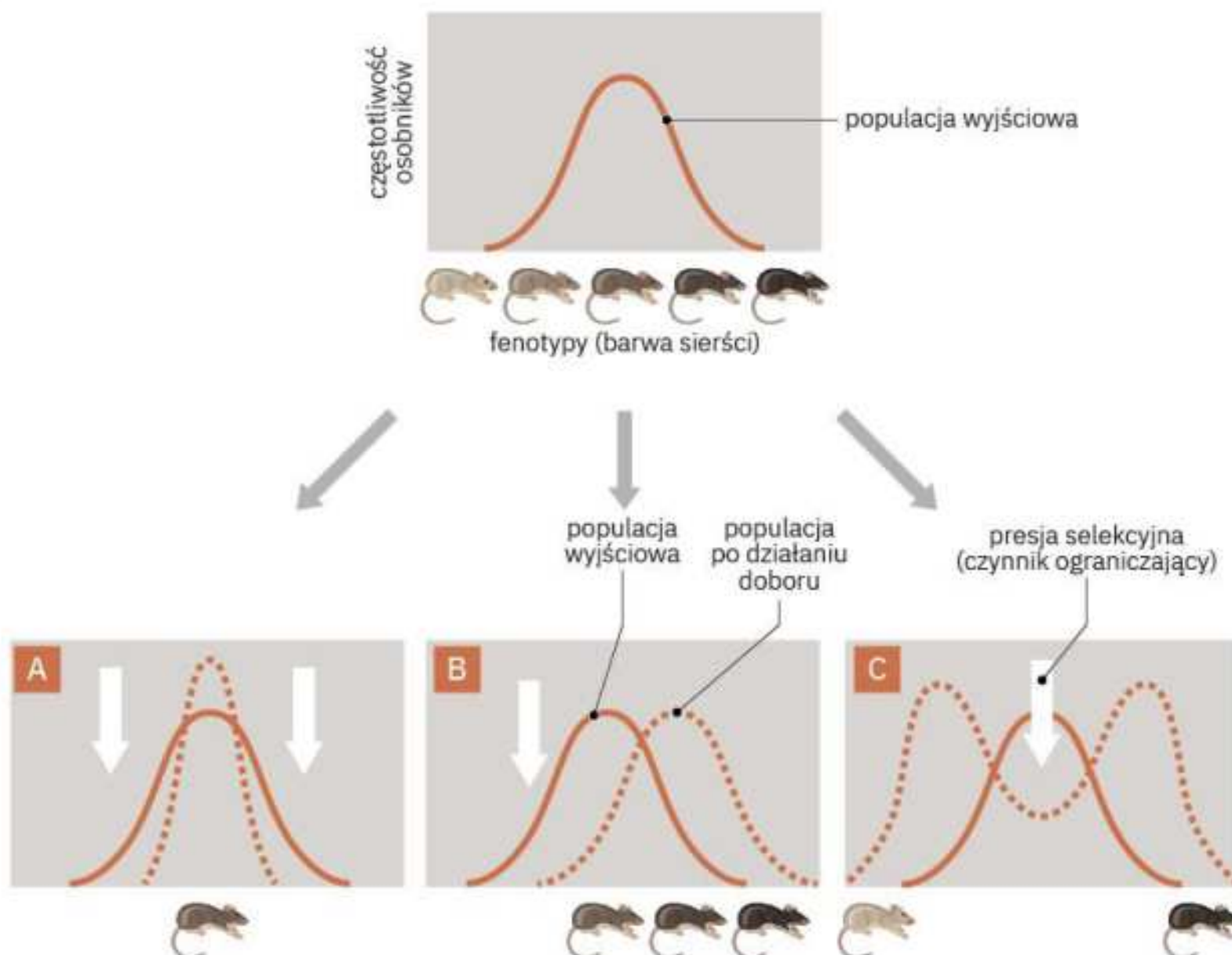


dobór naturalny

Dobór naturalny

Działanie doboru naturalnego polega na tym, że osobniki lepiej przystosowane do środowiska mają większe szanse na przeżycie i wydanie potomstwa. Prowadzi to do zmian adaptacyjnych, co oznacza, że tylko określone allele zostaną przekazane kolejnym pokoleniom. Dobór naturalny działa bezpośrednio na fenotyp organizmu, a przez to pośrednio na jego genotyp. Wyróżniamy trzy rodzaje doboru naturalnego (ryc. I.3.5.).

rodzaje doboru naturalnego



Ryc. I.3.5. Rodzaje doboru naturalnego: stabilizujący (A), kierunkowy (B), rozrywający (C).

Dobór stabilizujący faworyzuje osobniki o przeciętnym, pośrednim fenotypie (średniej wartości cech), a eliminuje osobniki o wartościach skrajnych. Ten rodzaj doboru zmniejsza zakres zmienności w populacji, ale jej nie eliminuje.

Dobór kierunkowy działa w przypadku zmieniających się warunków środowiska i preferuje osobniki o jednej ze skrajnych cech (minimalnych lub maksymalnych). Z czasem wyjściowy fenotyp zostaje zastąpiony przez ten preferowany. Na przykład jeśli w nowym środowisku będą preferowane mniejsze rozmiary, to w populacji zaczną pojawiać się częściej mniejsze osobniki, a te o średniej i dużej wielkości będą eliminowane.



Dobór rozrywający (różnicujący) faworyzuje osobniki o obu skrajnych wartościach cech fenotypowych (np. osobniki małe i duże) kosztem fenotypów pośrednich. Wskutek tego dochodzi do rozszczepienia grup osobników w obrębie populacji. Dobór ten pozwala na lepsze wykorzystanie zasobów środowiska, zwłaszcza na terenach zróżnicowanych siedliskowo.

Rola doboru naturalnego w powstawaniu adaptacji

Środowisko życia danej populacji powoduje wykształcenie przez osobniki odpowiednich adaptacji. Powstają one jako odpowiedź na zmiany zachodzące w środowisku, zarówno te naturalne, jak i te, na które bezpośrednio wpływa działalność człowieka. Dobór naturalny faworyzuje te cechy w zmiennej genetycznie populacji, które dają przewagę w aktualnych, lokalnych warunkach środowiska.

Melanizm przemysłowy

melanizm
przemysłowy

Melanizm przemysłowy zaobserwowano pierwszy raz u ćmy zwanej krępakiem brzozowym. Barwa tego motyla jest zróżnicowana – od jasnej przez szarą do czarnej (ryc. 1.3.6.). Pierwotnie podstawowym ubarwieniem ćmy była barwa szara, a osobniki czarne występowały rzadko. Rozwój przemysłu i zwiększające się zanieczyszczenie powietrza spowodowały, że jasne ćmy zostały wyparte przez ciemno zabarwione, ponieważ były mniej widoczne na pociemniałej korze drzew. Jasne osobniki były lepiej widoczne, przez co padały ofiarą ptaków owadożernych. Obecnie na terenach uprzemysłowionych przeważa odmiana ciemna, a na terenach rolniczych – jasna.



Ryc. 1.3.6. Melanizm przemysłowy u krępaka brzozowego.

Oporność na pestycydy i antybiotyki

Pestycydy to naturalne lub syntetyczne związki chemiczne stosowane w rolnictwie jako ochrona przed szkodnikami (chwastami, owadami). Powszechność ich używania spowodowała, że zaczęły się pojawiać gatunki odporne na te środki. Taka adaptacja szybko rozprzestrzeniła się w środowisku, ponieważ zapewnia przeżycie i wydanie potomstwa. Podobna sytuacja dotyczy stosowania antybiotyków. Ich zbyt częste przyjmowanie sprzyja przeżywaniu tych bakterii z danej populacji, które są na te substancje odporne.



Adaptacje ochronne

Działanie doboru naturalnego przejawia się także w powstawaniu **adaptacji ochronnych**. Ich przykładem są mimetyzm oraz mimikra. **Mimetyzm** to upodabnianie się barwą, kształtem lub wzorem na powierzchni ciała do otoczenia. Sprawia to, że ofiara jest niewidoczna dla drapieżnika, ale pomaga też drapieżnikowi zakamuflować się w czasie polowania na ofiarę (**ryc. I.3.7.A**). **Mimikra** polega na upodobnieniu się osobnika bezbronnego do innego organizmu, który ma środki odstraszające (np. jad, kolce, żądło), lub do takiego, który jest trujący (**ryc. I.3.7.B, C**).



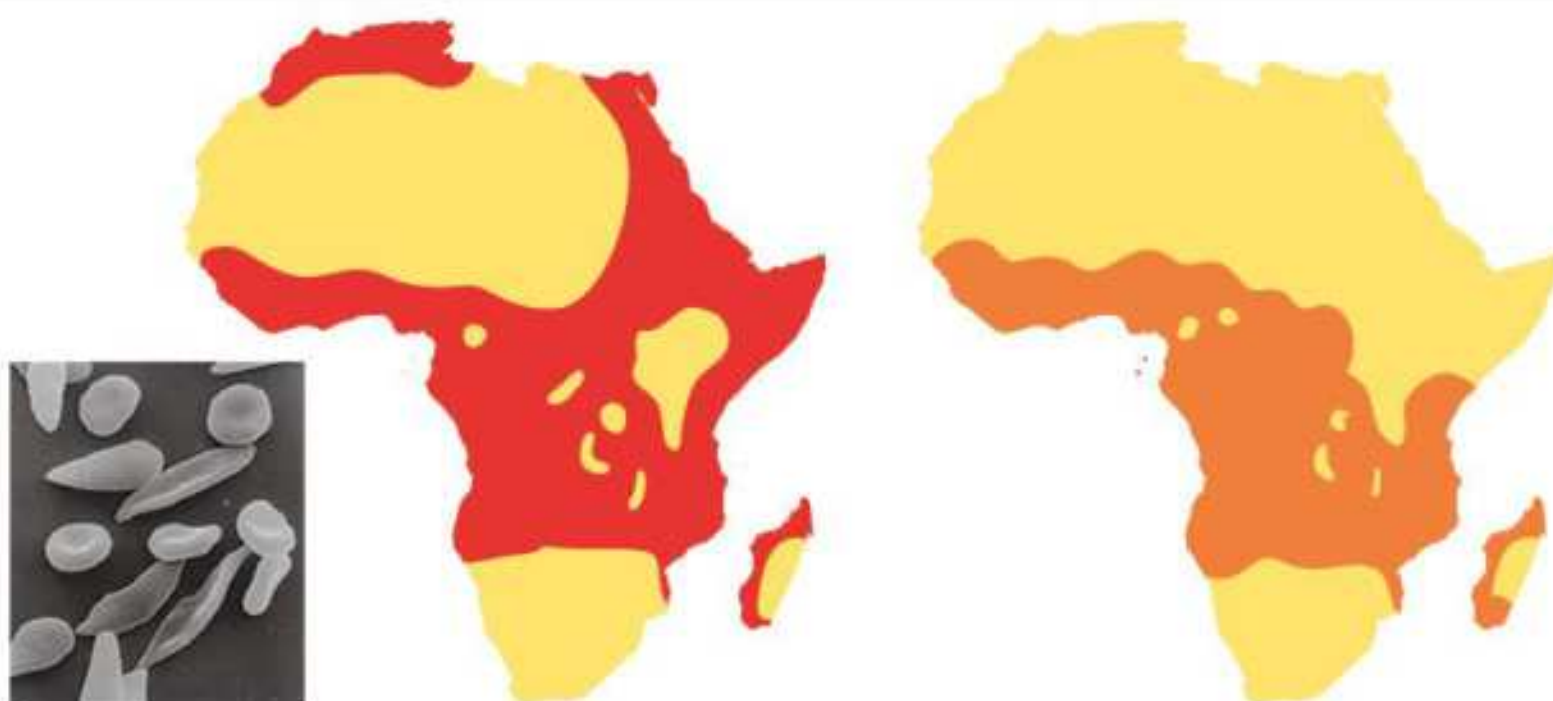
Ryc. I.3.7. Adaptacje ochronne: mimetyzm (A), mimikra – wąż jadowity (B) – *Micrurus fulvius* i niejadowity (C) – *Lampropeltis triangulum*.

Wpływ doboru naturalnego na częstość alleli warunkujących choroby genetyczne

Częstość alleli warunkujących choroby genetyczne zależy od tego, czy jest ona determinowana allelem dominującym czy recesywnym. Te choroby, które są warunkowane allelem dominującym (A), w wyniku działania doboru naturalnego są szybko eliminowane, ponieważ ujawniają się zarówno w stanie homozygotycznym (AA), jak i heterozygotycznym (Aa). W przypadku allelu recesywnego (a) dobór naturalny nie prowadzi do jego całkowitego usunięcia z populacji. Allel recesywny nie ujawnia się w heterozygotach (Aa), a więc niejako jest „niewidoczny”. Jego eliminacja zachodzi powoli i następuje dopiero wtedy, gdy pojawi się on w homozygotie recesywnej (aa). Dlaczego tak się dzieje? Pamiętajmy, że dobór naturalny działa na fenotyp, a przez to pośrednio na allel. Jeśli w fenotypie nie przejawia się szkodliwość allelu, to dobór naturalny nie będzie go eliminował. Klasycznym przykładem jest allel warunkujący **niedokrwistość (anemię)**, który powoduje powstawanie zmienionej hemoglobiny. Przy niskiej zawartości tlenu taka hemoglobina się wytrąca, powodując zniekształcenie błon erytrocytów, które przyjmują kształt sierpa. Organizmy homozygotyczne pod względem allelu anemii sierpowatej zwykle umierają w młodym wieku. Natomiast u osobników heterozygotycznych w erytrocytach występują zarówno normalne, jak i zmienione cząsteczki hemoglobiny (w ilości ok. 40%) (**ryc. I.3.8.**). Takie erytrocyty nie przyjmują sierpowatego kształtu, ale stają się odporne na zarodźca malarii. Zatem osobniki heterozygotyczne mają przewagę przystosowawczą nad homozygotami dominującymi, ponieważ są chronione przed zachorowaniem na malarię. To powoduje, że na terenach występowania malarii utrzymują się oba allele, mimo że w stanie homozygotycznym (aa) allel anemii sierpowatej jest śmiertelny.

choroby genetyczne
„niewidoczne”
w fenotypie

anemia



Ryc. I.3.8. Porównanie obszarów występowania malarii (po lewej) i anemii sierpowatej (po prawej) w Afryce.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij pojęcia: *populacja*, *pula genowa*, *częstość alleli*.
2. Przeczytaj poniższy tekst, a następnie wykonaj polecenia.

Wdrożenie antybiotyków obejmujących swoim działaniem liczne znane bakterie chorobotwórcze było krokiem milowym w medycynie zakażeń. Uważano, że trapiące ludzi i zwierzęta choroby bakteryjne wkrótce będą należeć do przeszłości. Niestety, wraz z intensywnym rozwojem antybiotykoterapii dynamicznie rozwijało się również zjawisko antybiotykooporności, przed czym ostrzegał już Fleming wraz z nielicznym gronem bakteriologów. W 1942 r., niedługo po wprowadzeniu penicyliny do leczenia szpitalnego, wyizolowano pierwszy penicylinooporny szczep gronkowca złocistego *Staphylococcus aureus*. Wraz z upływem czasu proporcja zakażeń tym opornym patogenem drastycznie rosła. Odpowiadał on nie tylko za zakażenia w środowisku szpitalnym, lecz także poza jego obrębem. Już na początku lat 50. ubiegłego wieku penicylinooporne szczepy *S. aureus* zyskały charakter pandemicznych i stanowiły aż ok. 80% izolatów szpitalnych tego gatunku. Co więcej, doszło w tym czasie do epidemii dyzenterii wywołanej przez *Shigella dysenteriae* w Japonii. To dodatkowo podkreśliło realne zagrożenie antybiotykoopornością, gdyż podczas tej epidemii obserwowano spadek efektywności leczenia powszechnie dostępnymi sulfonamidami. Pod koniec 1952 r. ponad 80% izolatów *S. dysenteriae* było opornych na działanie tych chemioterapeutyków. Leczenie podejmowane chloramfenikolem, tetracykliną czy streptomycyną było skuteczne tylko chwilowo. Okazywało się bowiem, że bakterie stawały się odporne i na te leki. Zauważono, że cechy oporności na antybiotyki mogą być przekazywane między komórkami.

Źródło: P. Urbanowicz, M. Gniadkowski, „Ciężkozbrojny” *pseudomonas aeruginosa*: mechanizmy lekooporności i ich tło genetyczne, „Kosmos” 2017, t. 4, nr 1, s. 11–29.

- a) Wyjaśnij, dlaczego w niedługim czasie po wprowadzeniu do leczenia penicyliny zaobserwowano duży odsetek szczepów bakterii opornych na ten antybiotyk.
- b) Określ tempo zmian ewolucyjnych populacji bakterii w okresie wprowadzenia antybiotyków do leczenia.

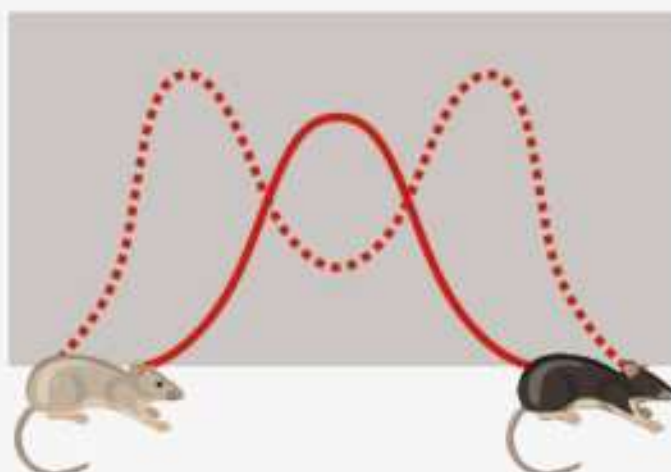


3. Wskaż, do którego z podanych poniżej czynników ewolucji odnosi się poniższy opis.

Proces ten polega na losowych zmianach prowadzących do zmiany częstości alleli w populacji z pokolenia na pokolenie. Występuje w małych, izolowanych populacjach i prowadzi do zmniejszenia zmienności genetycznej w obrębie populacji, ale zazwyczaj zwiększa różnice genetyczne między populacjami.

mutacje, krzyżowanie losowe, dobór naturalny, dryf genetyczny, migracje

4. Wyjaśnij, jaki rodzaj doboru naturalnego przedstawiono na poniższym rysunku.



5. Wyjaśnij rolę doboru naturalnego w melanizmie przemysłowym.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 23 Zmiany ewolucyjne są mierzone jako **zmienność danej cechy w populacji**.

s. 23 **Pula genowa** to zbiór alleli genów i tworzących je alleli (dominujących i recesywnych) wszystkich osobników danej populacji.

s. 24 **Częstość alleli** to udział danego allelu w populacji. Częstość genotypu to udział genotypu (homozygoty dominującej, homozygoty recesywnej i heterozygoty) w populacji. Częstość fenotypu to udział danego fenotypu w populacji.

s. 24 **Czynnikami ewolucji** są: krzyżowanie losowe, mutacje, przepływ genów, dryf genetyczny oraz dobór naturalny.

s. 25 **Dryf genetyczny** zachodzi w małych, izolowanych populacjach. Polega na losowych zmianach prowadzących do zmiany częstości alleli w populacji. Prowadzi do zmniejszenia różnic genetycznych między populacjami.

s. 28 **Dobór naturalny** jest jednym z najważniejszych mechanizmów ewolucji. Prowadzi do zmian w populacji zwiększających adaptację (przystosowanie) do warunków środowiskowych.

s. 28 Wyróżniamy **trzy rodzaje doboru naturalnego**: stabilizujący, kierunkowy i różnicujący.

s. 29 Przykładami działania doboru naturalnego są: **melanizm przemysłowy** (zmiana zabarwienia ciała pod wpływem zanieczyszczenia środowiska), odporność na pestycydy i antybiotyki czy adaptacje ochronne (mimetyzm, mimikra).

s. 30 Dobór naturalny nie eliminuje alleli **chorób genetycznych, które występują w heterozygotach i są „niewidoczne” w fenotypie**.

s. 30 Osoby heterozygotyczne pod względem **anemii sierpowatej** są odporne na zarodźca malarii, co zwiększa ich szanse na przeżycie na terenach, gdzie występuje malaria.



4. Pochodzenie gatunków

NA TEJ LEKCJI:

- zapoznasz się z ewolucyjną definicją gatunku;
- poznasz mechanizmy izolacji rozrodczej;
- dowiesz się, w jaki sposób zachodzi specjacja;
- uzyskasz informacje na temat wymierania gatunków.

Definicja gatunku według Linneusza obejmuje organizmy podobne do siebie pod względem cech morfologicznych i zamieszkujące tę samą niszę ekologiczną. Natomiast w ujęciu ewolucyjnym gatunek to **izolowana rozrodczo pula genowa**, która składa się z jednej lub więcej populacji krzyżujących się ze sobą w naturze, natomiast niekrzyżujących się z przedstawicielami innych gatunków. W obrębie jednego gatunku zachodzi więc wymiana genów, natomiast **bariery rozrodcze** ograniczają wymianę genów z osobnikami innego gatunku. Definicja ta odnosi się do organizmów rozmnażających się płciowo.

izolowana rozrodczo
pula genowa

mechanizmy izolacji
rozrodczej

izolacja rozrodcza

mechanizmy
prezygotyczne

Mechanizmy izolacji rozrodczej

Izolacja rozrodcza zapobiega krzyżowaniu się osobników należących do różnych gatunków, których obszar występowania się pokrywa. Warunkuje odrębność genetyczną danego gatunku, ponieważ uniemożliwia przepływ genów pomiędzy gatunkami. Bariery rozrodcze można podzielić na dwa rodzaje: **bariery prezygotyczne** (działają przed krzyżowaniem lub zapłodnieniem; **tab. I.4.1.**) oraz **bariery postzygotyczne** (działają po zapłodnieniu).

Tab. I.4.1. Rodzaje mechanizmów izolacji prezygotycznej

Mechanizm izolacji prezygotycznej	Opis
Izolacja czasowa (sezonowa)	Zapobiega wymianie genów między gatunkami zamieszkującymi ten sam teren, ponieważ rozmnażają się one w różnym czasie (np. w różnych okresach roku mają porę godową). Przykładem są żaba trawna i żaba śmieszka, których pory godowe zachodzą w różnych terminach.
Izolacja geograficzna	Związana jest z obecnością jakiejś bariery (np. morza, gór), która zapobiega krzyżowaniu się. Przykładem tego typu izolacji są zięby Darwina występujące na wyspach archipelagu Galapagos.
Izolacja siedliskowa	Zachodzi, kiedy dwa blisko spokrewnione gatunki występują na tym samym terenie, ale rozmnażają się w różnych siedliskach. Na przykład węże pończoszники występują na tym samym obszarze geograficznym, ale jeden z gatunków przebywa głównie w wodzie, a drugi na lądzie (ryc. I.4.1.).



Mechanizm izolacji prezygotycznej	Opis
Izolacja mechaniczna	Jest uwarunkowana niedopasowaniem w budowie narządów kopulacyjnych u zwierząt lub odmiennie wykształconymi elementami kwiatu u roślin. Nawet jeśli dojdzie do skrzyżowania się dwóch osobników należących do dwóch różnych gatunków, to gamety nie mogą się ze sobą połączyć.



Ryc. I.4.1. Gatunki węży pończoszników zajmują różne siedliska: wodne (A), lądowe (B).

**mechanizmy
postzygotyczne**

Mechanizmy **izolacji postzygotycznej** działają wtedy, kiedy doszło do zapłodnienia pomiędzy dwoma blisko spokrewnionymi gatunkami. Obejmują one: śmiertelność zygot, zamieranie zarodków mieszańców we wczesnym stadium oraz bezpłodność (sterylność) mieszańców międzygatunkowych (osobników powstałych w wyniku krzyżowania dwóch różnych gatunków, np. muł – mieszaniec klaczy konia i ogiera osła, **ryc. I.4.2.**).



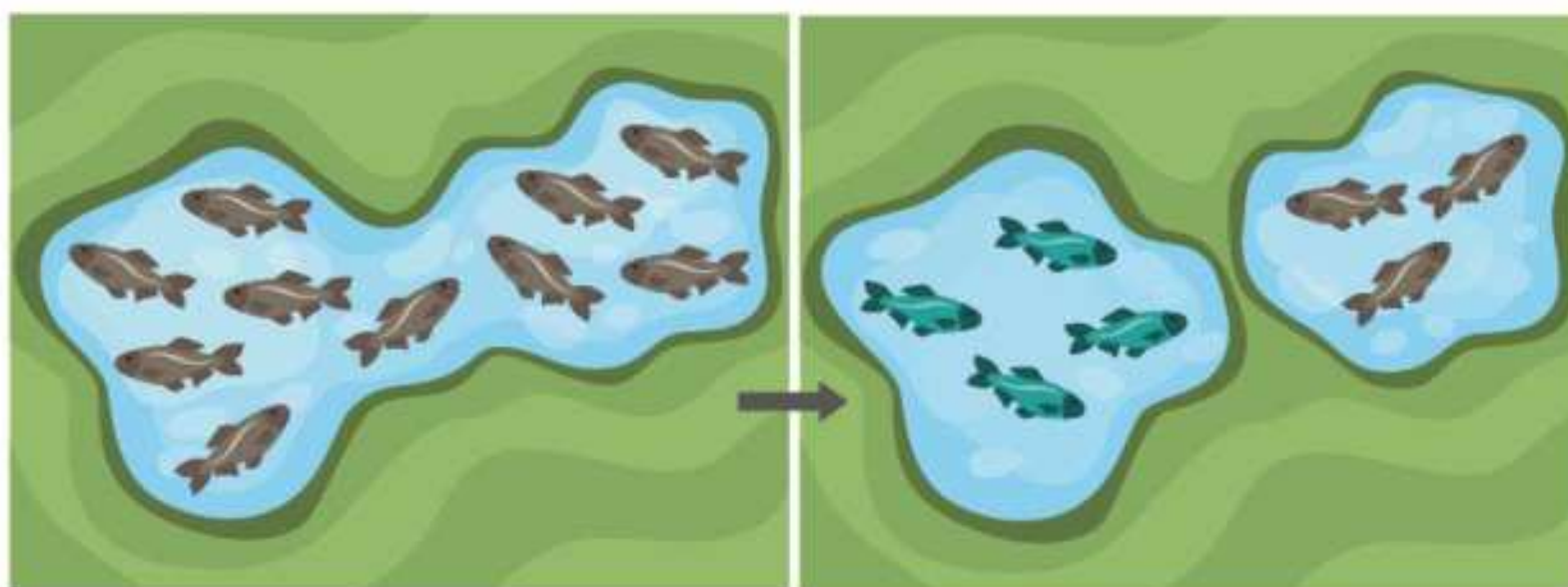
Ryc. I.4.2. Muł jako przykład mieszańca międzygatunkowego.



Powstawanie nowych gatunków – specjacja

Powstawanie nowego gatunku, czyli **specjacja**, to jeden z kluczowych procesów w ewolucji życia na Ziemi. Dochodzi do niego wtedy, gdy populacja zostaje rozrodczo odizolowana od pozostałej części gatunku, a skład genetyczny jej puli genowej staje się inny. Kiedy między tą populacją a gatunkiem wyjściowym nie ma przepływu genów, mówimy, że zaszła **specjacja**. Wyróżniamy dwa rodzaje specjacji: allopatryczną i sympatryczną.

specjacja



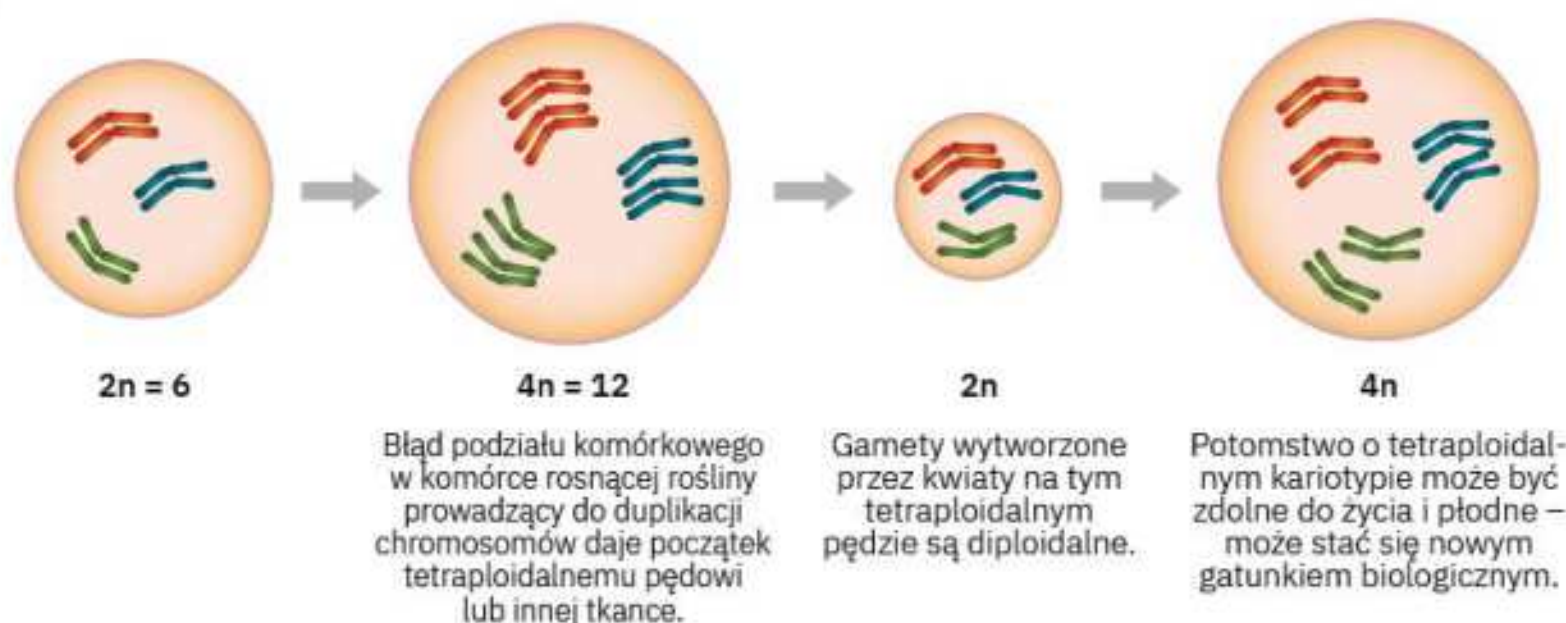
Ryc. I.4.3. Specjacja allopatryczna.

Specjacja allopatryczna zachodzi wówczas, kiedy populacja zostaje oddzielona od populacji wyjściowej barierą geograficzną, na przykład w wyniku zmiany biegu rzeki, ruchów lodowców czy oddzielania się małych jeziorzek od większych zbiorników (**ryc. I.4.3.**). Bariera geograficzna utrzymuje populację w izolacji rozrodczej – uniemożliwia migrację, a tym samym przepływ genów. Ten rodzaj specjacji występuje najczęściej, a nowy gatunek ewoluuje pod wpływem doboru naturalnego oraz dryfu genetycznego. Przykładem specjacji allopatrycznej są zięby Darwina, które po dostaniu się na wyspy archipelagu Galapagos zostały odizolowane geograficznie od populacji kontynentalnej.

specjacja
allopatryczna

Do **specjacji sympatrycznej** zachodzi w populacjach zamieszkujących ten sam obszar geograficzny. Rozdzielenie się dwóch populacji zachodzi wraz z pojawieniem się mechanizmów izolacji rozrodczej już na początku procesu specjacji (np. samice preferują bardziej jaskrawe i urozmaicone ubarwienie samców, wybujate poroża itp.). Ten rodzaj specjacji jest dość powszechny u roślin. Dokonuje się najczęściej w wyniku zmiany liczby zestawu chromosomów, czyli zmiany **ploidalności**, kiedy z diploidalnych rodziców, w wyniku spontanicznego zwielokrotnienia liczby chromosomów, powstanie poliploidalne potomstwo (**ryc. I.4.4.**). Dochodzi w ten sposób do izolacji rozrodczej już w pierwszym pokoleniu, ponieważ potomstwo ma inne gamety niż rodzice. Jeśli w środowisku pojawi się populacja poliploidów, to może ona wyprzeć gatunki macierzyste z obszaru ich występowania.

specjacja
sympatryczna



Ryc. I.4.4. Poliploidalność roślin jako przykład specjacji sympatrycznej.

Wymieranie gatunków

wymieranie
gatunków

Specjacja jest procesem, w wyniku którego powstają nowe gatunki. Procesem odwrotnym jest **wymieranie gatunków**. Następuje ono wtedy, gdy zginie ostatni przedstawiciel danego gatunku, choć zdolność do rozmnażania znika znacznie wcześniej. Wymarły gatunek już nigdy nie pojawi się ponownie. Do wymierania gatunków dochodziło od początku życia na Ziemi. Pozwala to zwolnić określone obszary, które mogą zostać zasiedlone przez inne, często nowe gatunki, które z czasem zastąpią te wymarłe. Co decyduje o wymieraniu danego gatunku? Wśród najczęstszych przyczyn wymienia się: zmiany klimatu, katastrofy (np. uderzenie w Ziemię asteroidy lub komety; **ryc. I.4.5.**), aktywność wulkaniczną, konkurencję międzygatunkową oraz działalność człowieka (m.in. niszczenie siedlisk, zanieczyszczanie powietrza).



Ryc. I.4.5. Dinozaury wymarły około 66 mln lat temu.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Wskaż, która z poniższych jednostek podlega ewolucji.
gatunek, rodzaj, rodzina, populacja
- Na małej wyspie Lord Howe na Oceanie Spokojnym rosną palmy *Howea forsteriana* i *Howea belmoreana*. Są to gatunki blisko spokrewnione, ale nie krzyżują się ze sobą, ponieważ mają różny czas kwitnienia i różne wymagania glebowe.
Wyjaśnij, jaki to rodzaj izolacji rozrodczej.
- Wskaż, które z wymienionych poniżej stwierdzeń dotyczą specjacji.
 - Geograficzne oddzielenie dwóch populacji jednego gatunku.
 - W populacji występuje znaczne zróżnicowanie osobników pod względem cech fenotypowych.
 - Niektóre z osobników danej populacji mają lepsze dostosowanie do panujących lokalnych warunków środowiska.
 - Oddzielone populacje podlegają zmianom ewolucyjnym, które prowadzą do powstania pomiędzy nimi barier rozrodczych.
- W dostępnych źródłach znajdź informację na temat tura – przodka niektórych ras bydła domowego. Sporządź notatkę w zeszycie. Uwzględnij czas i przyczyny wymarcia tego zwierzęcia.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Gatunek w ujęciu ewolucyjnym to **izolowana rozrodczo pula genowa**, która składa się z jednej lub więcej populacji krzyżujących się ze sobą, ale niekrzyżujących się z innymi gatunkami.

s. 33

Izolacja rozrodcza zapobiega krzyżowaniu się osobników należących do różnych gatunków, które występują na tym samym terenie.

s. 33

Mechanizmy izolacji rozrodczej dzielimy na prezygotyczne (zapobiegające krzyżowaniu się gatunków) oraz postzygotyczne (działające po zapłodnieniu).

s. 33

Do **mechanizmów prezygotycznych** zaliczamy izolację czasową, siedliskową, geograficzną oraz mechaniczną.

s. 33

Mechanizmy postzygotyczne obejmują śmiertelność zygot, nieżywotność oraz bezpłodność mieszańców międzygatunkowych.

s. 34

Specjacja to proces powstawania nowego gatunku. Zachodzi, kiedy jakaś populacja zostanie rozrodczo odizolowana od pozostałej części gatunku, a skład genetyczny jej puli genowej staje się inny.

s. 35

Specjację dzielimy na **alopatryczną** (populacja tworzy nowy gatunek, gdy zostaje geograficznie odizolowana od populacji macierzystej) i **sympatryczną** (mała populacja staje się nowym gatunkiem bez izolacji geograficznej).

s. 35

Do **wymierania gatunków** dochodzi wówczas, kiedy zginie ostatni przedstawiciel danego gatunku.

s. 36



5. Powstanie i dzieje życia na Ziemi

NA TEJ LEKCJI:

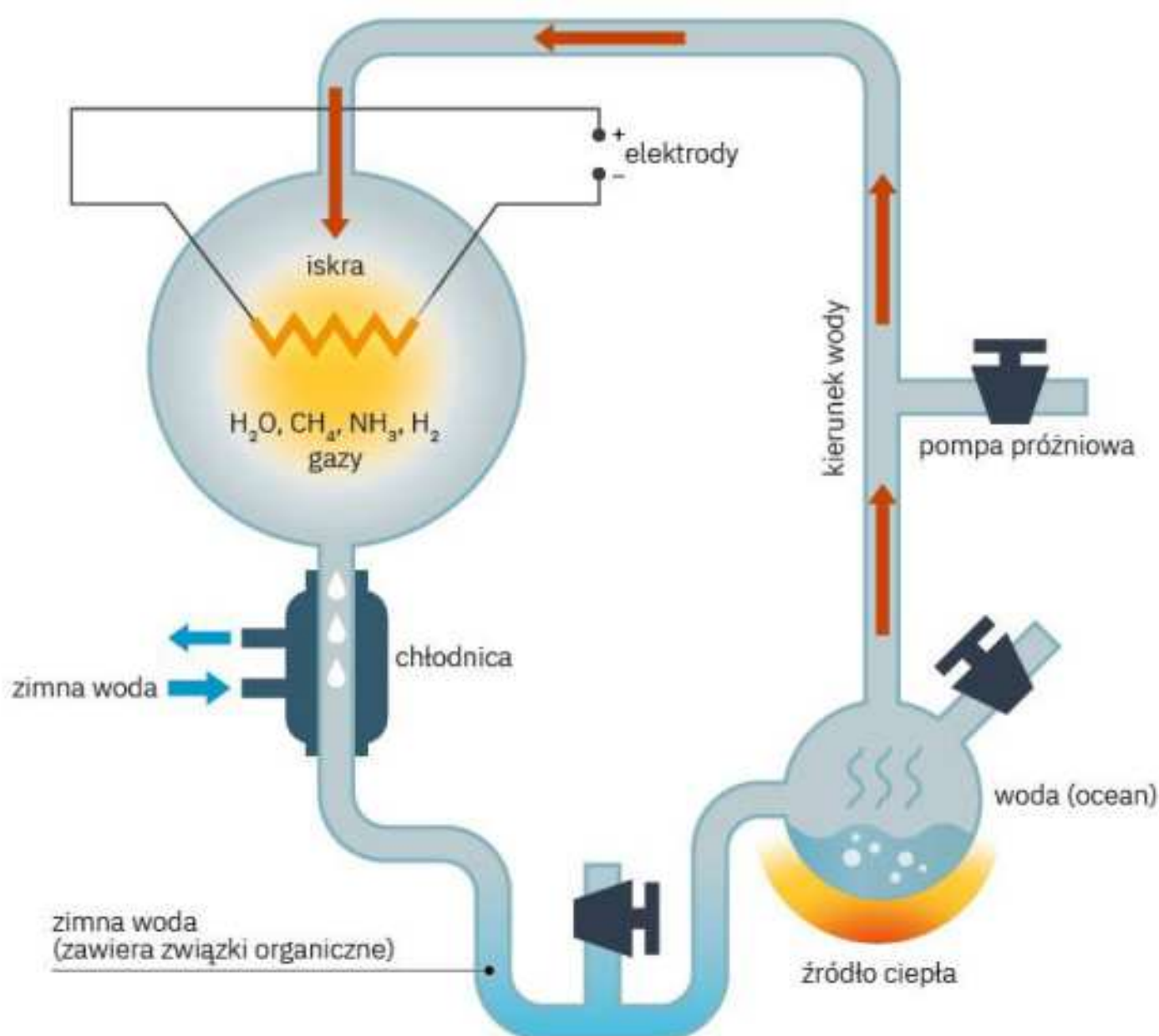
- uzyskasz informacje na temat wieku Ziemi i składu pierwotnej atmosfery;
- dowiesz się, kiedy i w jaki sposób doszło do powstania życia na Ziemi;
- poznasz historię Ziemi z podziałem na ery, okresy i epoki.

Wiek Ziemi i początki życia

wiek Ziemi

Wiek Ziemi szacowany jest na prawie 4,7 miliarda lat. Na podstawie wyników badań pochodzących z różnych dziedzin nauki wykazano prawdopodobny skład pierwotnej atmosfery ziemskiej. Dominowały w niej: para wodna, dwutlenek wę-

atmosfera ziemska



Ryc. I.5.1. Doświadczenie Millera i Ureya.



gla, tlenek węgla, azot i jego tlenki oraz wodór. Wolny tlen występował w ilościach śladowych lub nie było go wcale. Wykazano także, że powstanie życia na Ziemi przebiegało w warunkach beztlenowych i nastąpiło w wyniku syntezy bardziej złożonych związków z prostych związków nieorganicznych (m.in. CO_2 , H_2O , NH_3 , CH_4). Konieczna do tej syntezy energia pochodziła z wyładowań atmosferycznych, wybuchów wulkanów i intensywnego promieniowania (głównie UV). Potwierdzeniem tych przypuszczeń było doświadczenie wykonane w latach 50. XX wieku przez Stanleya Millera i Harolda Ureya. (ryc. 1.5.1.). Badacze ci w warunkach laboratoryjnych z mieszaniny gazów imitującej skład pierwotnej atmosfery otrzymali związki organiczne, w tym aminokwasy.

Początki życia na Ziemi

Proces powstawania życia był rozłożony w czasie, ale szacuje się, że pojawiło się ono dość wcześnie w historii Ziemi. Utworzenie się związków organicznych, zwane **ewolucją biochemiczną**, poprzedziło powstanie pierwszych komórek. Mogły nimi być **protobionty**, czyli kompleksy makrocząsteczek organicznych, wykazujące niektóre cechy komórek (m.in. podział po osiągnięciu pewnej wielkości, utrzymywanie oddzielności środowiska wewnętrznego czy aktywność katalityczna). Powstanie ostatecznej formy komórki najprawdopodobniej następowało stopniowo, a kluczowymi etapami było tworzenie się błon komórkowych, rozpoczęcie przemian metabolicznych będących źródłem energii oraz pojawienie się sprawnego systemu replikacji zdolnego do przekazywania informacji o budowie komórki. Według **hipotezy światła RNA** pierwszą cząsteczką zdolną do przenoszenia informacji był RNA, a białka i DNA powstały znacznie później. Doświadczalnie potwierdzono, że skład chemiczny pierwotnej Ziemi umożliwiał powstanie cząsteczek RNA, które były zarówno substratem, jak i katalizatorem swojej replikacji (takie właściwości mają rybozymy).

W dalszej kolejności powstały pierwsze komórki, które były **beztlenowymi prokariontami** odżywiającymi się heterotroficznie. Naukowcy szacują, że stało się to około 3,8 mld lat temu. Dopiero w dalszej kolejności pojawiły się prokariotyczne komórki zdolne do przeprowadzania fotosyntezy (sinice), których aktywność spowodowała stopniowe gromadzenie się tlenu w atmosferze. Miało to prawdopodobnie miejsce około 3,5 mld lat temu. Z kolei blisko 2,4 mld lat temu zawartość tlenu w atmosferze wzrosła do takiego poziomu, który umożliwił pojawienie się organizmów tlenowych. Ponieważ wykorzystanie tlenu w utlenianiu komórkowym pozwala na uzyskanie znacznie więcej energii niż w procesie fermentacji (przeprowadzanym przez beztlenowce), organizmy tlenowe wygrały konkurencję z beztlenowymi i wyparły je ze środowiska. Dzięki fotosyntezie doszło do zmniejszenia zawartości CO_2 w atmosferze, a w górnej jej części wytworzyła się warstwa ozonowa, czyli ochrona Ziemi przed UV. Większość obecnie żyjących organizmów (rośliny, zwierzęta, grzyby) to organizmy tlenowe.

Komórki eukariotyczne powstały z komórek prokariotycznych. Na podstawie materiałów kopalnych oszacowano, że miało to miejsce około 2,2 mld lat temu. Tłumacząca ich powstanie **teoria endosymbiozy** zakłada, że organelle komórkowe

powstanie życia
na Ziemi

ewolucja
biochemiczna

hipoteza
światła RNA

pierwsze komórki

fotosyntezujące
sinice

teoria
endosymbiozy

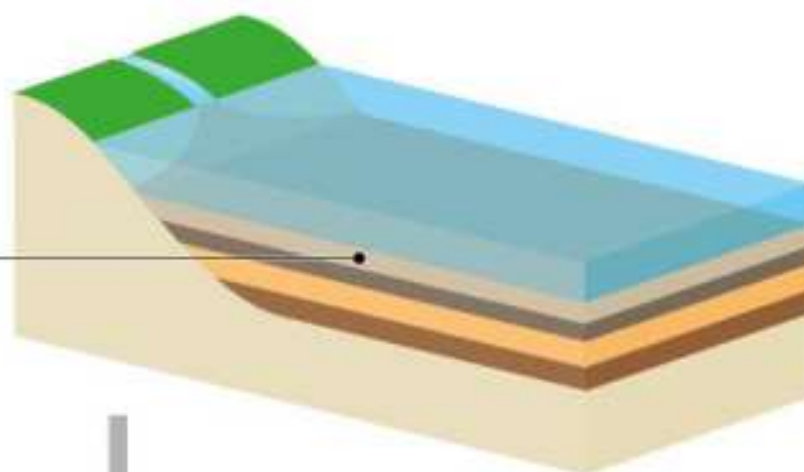


dzieje życia
na Ziemi

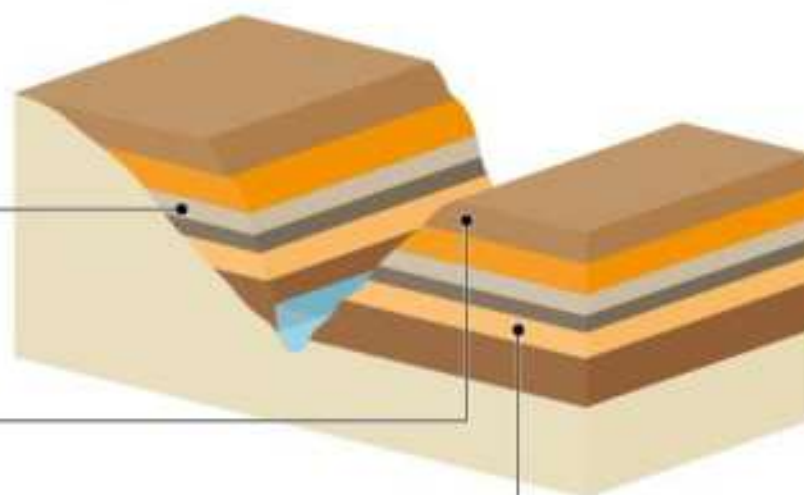
Dzieje życia na Ziemi

Skały osadowe powstają w wyniku osadzania się (sedymentacji) materiału mineralnego (**ryc. I.5.2.**). Ich ułożenie jest warstwowe – te położone najgłębiej są najstarsze, a grubość warstwy jest proporcjonalna do czasu jej tworzenia się. W warstwach tych zapisane są informacje biologiczne (skamieniałości), klimatyczne i geologiczne charakterystyczne dla okresu, z którego pochodzą. Na ich podstawie geolodzy podzielili historię Ziemi na jednostki czasu: eony, ery, okresy i epoki. Dwa pierwsze eony, czyli archaik i proterozoik, trwały łącznie około 4 miliardów lat. Trzeci eon – fanerozoik – to ostatnie pół miliarda lat. Fanerozoik dzieli się na trzy ery: paleozoik, mezozoik i kenozoik. Granice pomiędzy nimi są związane ze zjawiskami **wielkich wymierań**. Najważniejsze wydarzenia biologiczne w historii Ziemi zostały przedstawione na rycinie I.5.3.

Rzeki nanoszą osady do mórz i innych zbiorników wodnych. Z czasem powstają na dnie warstwy skał osadowych. Niektóre warstwy zawierają skamieniałości.



Gdy poziom wody się obniża lub podnosi się dno morza, warstwy z zawartymi w nich skamieniaściami stają się częścią lądu.



młodsza warstwa

z młodszymi
skamieniaściami



starsza warstwa

ze starszymi
skamieniaściami



Ryc. I.5.2. Powstawanie warstw skał osadowych wraz ze skamieniaściami.



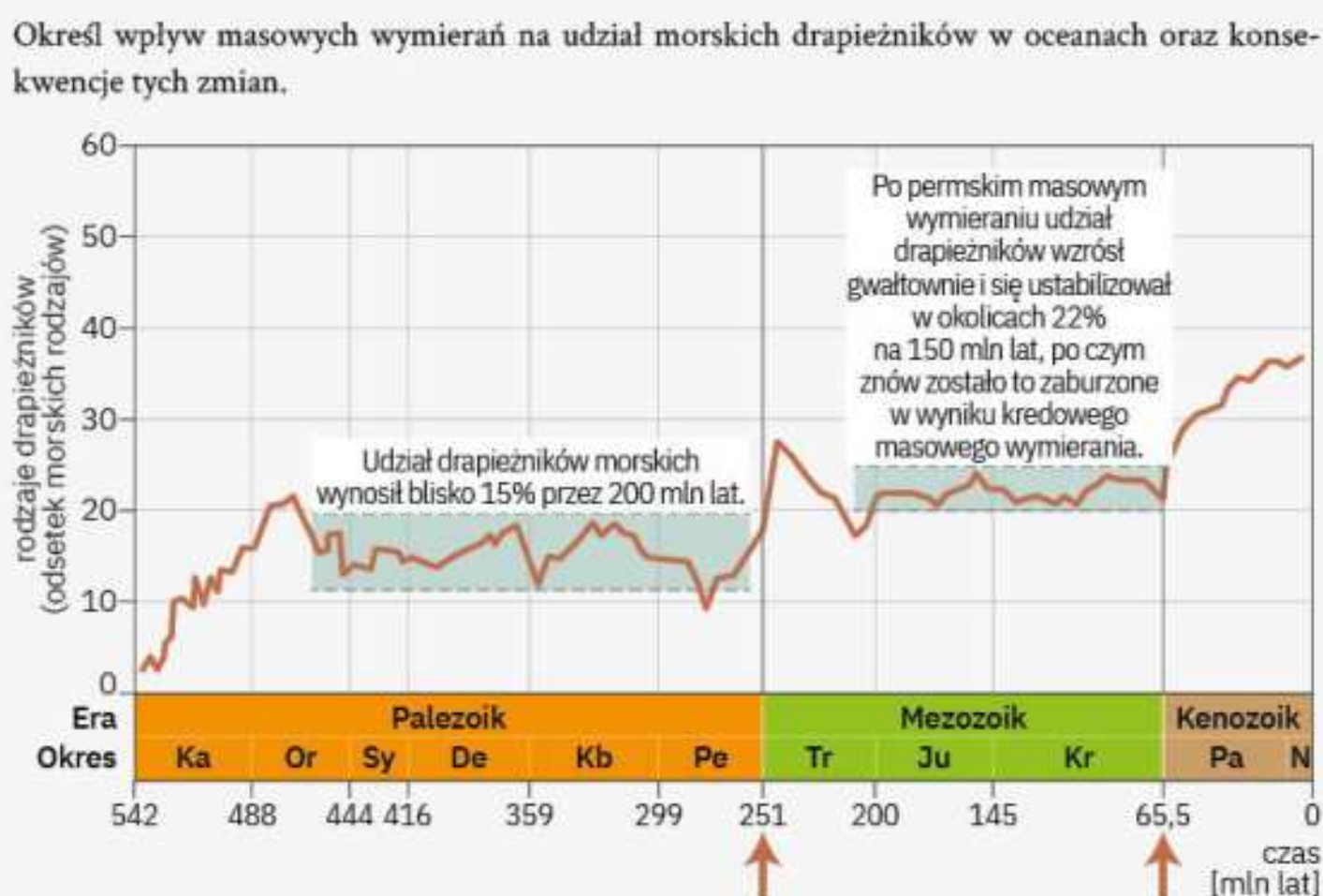
Relatywny czas trwania eonów	Era	Okres	Epoka	Wiek (miliony lat temu)	Niektóre ważne zdarzenia w historii życia
Fanerozoik	Kenozoik	Neogen	Holocen	0,01	Czasy historyczne.
			Plejstocen	1,8	Zlodowacenia, pojawienie się człowieka.
			Pliocen	5,3	Powstanie rodzaju <i>Homo</i> .
			Miocen	23	Kontynuacja radiacji ssaków i okrytozalążkowych, pojawienie się małpopodobnych przodków ludzi.
		Paleogen	Oligocen	33,9	Powstanie wielu grup naczelnych, w tym małp człekokształtnych.
			Eocen	55,8	Wzrasta dominacja okrytozalążkowych, kontynuacja radiacji wielu współczesnych rzędów ssaków.
			Paleocen	65,5	Główna radiacja ssaków, ptaków i owadów zapylających rośliny.
	Mezozoik	Kreda		145,5	Pojawienie się i różnicowanie roślin kwiatowych (okrytozalążkowych), pod koniec okresu wymiera wiele grup organizmów, w tym większość dinozaurów.
			Jura	199,6	Nagozalążkowe nadal są dominującymi roślinami; liczne i zróżnicowane dinozaury.
			Trias	251	Rośliny z szyszkami (nagozalążkowe) dominują w krajobrazie. Postępuje ewolucja i radiacja dinozaurów, powstają pierwsze ssaki.
	Paleozoik	Perm		299	Radiacja gadów; powstanie większości współczesnych grup owadów; pod koniec okresu wymiera wiele morskich i lądowych organizmów.
			Karbon	359,2	Formowanie się ogromnych lasów roślin naczyniowych; pojawiają się pierwsze rośliny nasienne; powstanie gadów; dominują płazy.
		Dewon		416	Różnicowanie ryb kostnoszkieletowych; pojawiają się pierwsze czworonogi i owady.
			Sylur	443,7	Różnicowanie wczesnych roślin naczyniowych.
		Ordowik		488,3	Liczne morskie glony; kolonizacja lądu przez grzyby, rośliny, zwierzęta.
			Kambr	542	Nagły wzrost różnorodności wielu typów zwierząt (eksplozja kambryjska).
Proterozoik		Ediakar		635	Pojawiają się różnorodne glony i bezkręgowce zwierzęta o miękkich ciałach.
				2100	Pojawiają się najstarsze skamieniałości komórek eukariotycznych.
Archaik				2500	
				2700	Zaczyna wzrastać stężenie tlenu atmosferycznego.
				3500	Pojawiają się najstarsze skamieniałości komórek (prokariotów).
				3800	Najstarsze znane skały na powierzchni Ziemi.
				ok. 4600	Powstanie Ziemi.

Ryc. I.5.3. Historia życia na Ziemi z podziałem na eony, ery, okresy i epoki.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Przedstaw w zeszycie w postaci graficznej chronologiczny proces powstawania życia na Ziemi.
2. Wyjaśnij, dlaczego pojawienie się tlenu w atmosferze ziemskiej nazywane jest rewolucją tlenową. Odpowiedź uzasadnij, używając co najmniej dwóch argumentów.
3. Podaj, kiedy w dziejach Ziemi miały miejsce poniższe wydarzenia (określ erę, okres oraz wiek w mln lat).
 - pojawienie się pierwszych czworonogów i owadów
 - dominacja roślin nagozalążkowych i ewolucja dinozaurów
 - powstanie naczelnych, w tym małp człekokształtnych
4. Na rysunku przedstawiono zmiany liczby rodzajów drapieżników morskich w fanerozoiku i zaznaczono czas wystąpienia masowych wymierań (strzałki).



PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 38

Wiek Ziemi szacowany jest na około 4,7 miliarda lat.

s. 38

Atmosfera ziemska na początku swojego istnienia zawierała między innymi: parę wodną, CO_2 , CO , N_2 . Nie było w niej tlenu.

s. 39

Powstanie życia na Ziemi przebiegało w warunkach beztlenowych w wyniku syntezy bardziej złożonych związków z prostych związków nieorganicznych przy energii pochodzącej z wylądowań atmosferycznych, wybuchów wulkanów lub promieniowania UV.



Ewolucja biochemiczna (czyli powstanie związków organicznych) poprzedziła powstanie pierwszych kompleksów organicznych wykazujących cechy komórek zwanych protobiontami.

Według hipotezy świata RNA pierwszą cząsteczką zdolną do przenoszenia informacji był RNA, a DNA i białka powstały później.

Pierwsze komórki powstały około 3,8 mld lat temu i najpewniej były beztlenowymi prokariotami odżywiającymi się heterotroficznie.

Pojawienie się **sinic przeprowadzających fotosyntezę** (ok. 3,5 mld lat temu) doprowadziło do wzrostu zawartości tlenu w atmosferze i pojawienia się organizmów tlenowych (ok. 2,4 mld lat temu).

Komórki eukariotyczne powstały z prokariotycznych około 2,2 mld lat temu, a pochodzenie organelli komórkowych tłumaczy **teoria endosymbiozy**.

Na podstawie zapisu geologicznego i biologicznego w skałach osadowych **podzielono historię życia na Ziemi na eony, ery, okresy i epoki**.

Dzieje życia na Ziemi obejmują trzy eony (archaik, proterozoik i fanerozoik). Fanerozoik (ostatnie pół miliarda lat) dzieli się na trzy ery: paleozoik, mezozoik i kenozoik.

Era paleozoiczna (542–251 mln lat temu) została podzielona na okresy: kambr, ordowik, sylur, dewon, karbon i perm.

Era mezozoiczna, czyli era gadów (251–65 mln lat temu) obejmuje trias, jurę i kredę.

Era kenozoiczna (65,5 mln lat temu – dziś) dzieli się na okresy: paleogen (epoki: paleocen, eocen, oligocen), neogen (miocen, pliocen) oraz czwartorzęd (plejstocen i holocen).

s. 39

s. 39

s. 39

s. 39

s. 39

s. 40

s. 40

s. 41

s. 41

s. 41

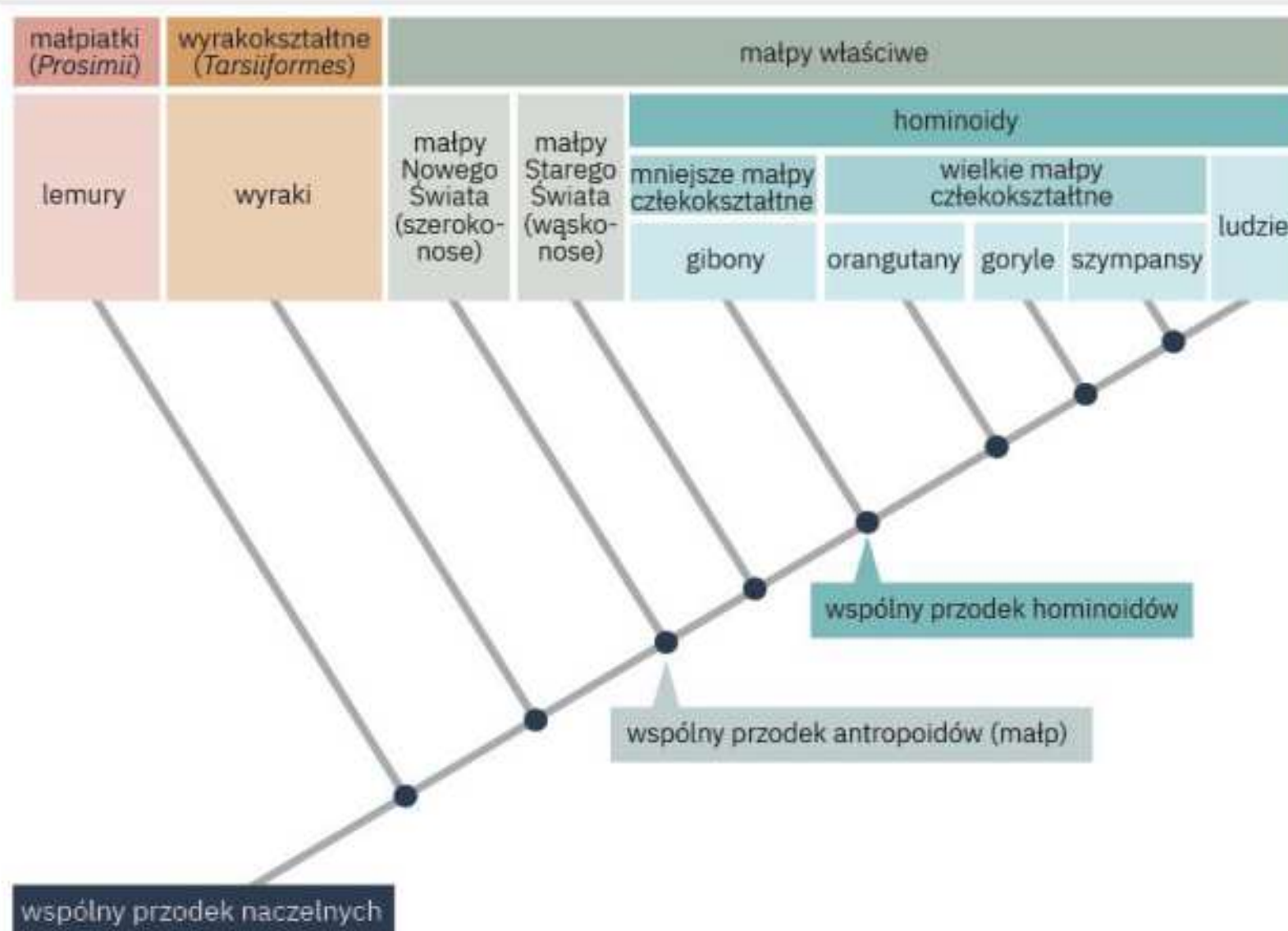
6. Pochodzenie człowieka

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz systematykę rzędu naczelnych;
- dowiesz się o cechach wspólnych człowieka i małp człekokształtnych;
- uzyskasz informację na temat ewolucji człowieka;
- poznasz najważniejsze cechy przodków człowieka.

Badaniem człowieka, w tym jego ewolucji, zajmuje się **antropologia**. Ewolucja człowieka to nie tylko zmiany w jego budowie, lecz także przemiany zachowań. Człowiek należy do rzędu naczelnych, których systematykę przedstawiono na **rycinie 1.6.1**.

antropologia



Ryc. I.6.1. Systematyka naczelných.

naczelné

Naczelné, czyli małpiatki, wyrakokształtne i małpy właściwe, wykazują wiele wspólnych cech, do których należą:

- pięciopalczaste ręce i stopy, z przeciwnym kciukiem i palcami z paznokciami, co znacznie ułatwia chwytanie;
- oczy w płaszczyźnie czołowej, umożliwiające trójwymiarowe, barwne widzenie;
- uzębienie składające się z zębów trzonowych, przedtrzonowych, siekaczy i kłów;
- znaczny rozwój mózgowia;
- mała liczba potomstwa połączona z długim okresem opieki nad nim.



Ryc. I.6.2.
Proconsul
– przodek
małp człeko-
kształtných.

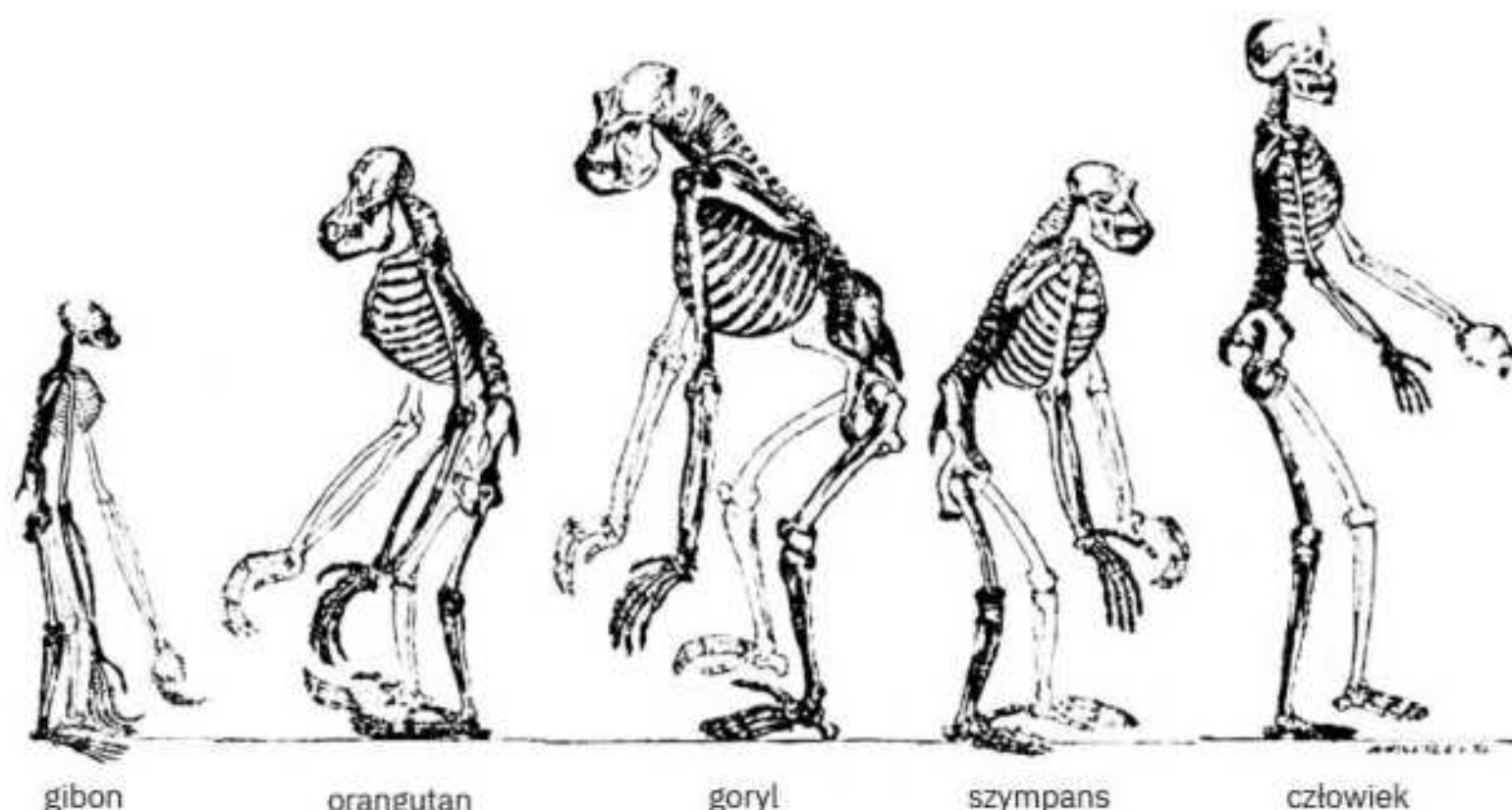
Najstarsze skamieniałości wspólnego przodka małp człekokształtných i człowieka, tzw. Proconsula datowanego na 20 mln lat (**ryc. I.6.2.**), odkryto we wschodniej Afryce. Na ścisłe pokrewieństwo małp człekokształtných i człowieka wskazują nie tylko cechy anatomiczne, lecz także wyniki badań biochemicznych i molekularnych (np. brak różnic pomiędzy białkami osocza krwi). Badania pokazują, że najbliż-



malpy
człekokształtne

szym krewnym człowieka spośród **małp człekokształtnych** jest szympans. Świadczą o tym między innymi prawie identyczna sekwencja aminokwasowa hemoglobiny oraz podobieństwo genomów (w 98%). Do innych wspólnych cech człowieka i małp człekokształtnych należą:

- dwunożna postawa;
- brak ogona;
- podobny wzór uzębienia;
- silny rozwój mózgu i wynikające z tego zachowania socjalne: wyrażanie emocji ruchem, używanie prostych narzędzi, możliwość uczenia się poprzez naśladowanie, więzi społeczne.



Ryc. I.6.3. Małpy człekokształtne (gibony, orangutany, goryle i szympansy) i człowiek wywodzą się od wspólnego przodka.

Ewolucja hominidów

Do cech **odróżniających** człowieka od małp człekokształtnych należą:

- duża objętość mózgu i znacznie większa mózgoczaszka;
- spłaszczenie części twarzowej czaszki, uwypuklenie nosa;
- zaokrąglony łuk zębowy i schowanie kłów (nie wystają ponad linię zgryzu);
- zmiany w budowie szkieletu (esowato wygięty kręgosłup; krótka i szeroka miednica, kończyny górne krótsze od dolnych, wysklepienie stopy), czyli cechy będące adaptacją do dwunożności i wyprostowanej postawy;
- wysoki poziom inteligencji (wytwarzanie i wykorzystanie narzędzi, dobra pamięć, zdolność mówienia, pisanie);
- długi czas opieki nad potomstwem wraz z wytworzeniem silnych więzi społecznych;
- sztuka.



hominidy

pierwsze hominidy

Homo habilis

Człowieka i jego przodków określamy wspólną nazwą **hominidów**. Badania wykazały, że ich ewolucja zaczęła się w Afryce. Do najwcześniejszych hominidów należą sahelantrop, orrorin, ardipitek oraz australopitek. Pierwszym hominidem, którego zalicza się do rodzaju *Homo*, był *Homo habilis*, czyli człowiek zręczny. Charakterystykę najważniejszych hominidów przedstawiono w **tabeli I.6.1**.

Tab. I.6.1. Charakterystyka najważniejszych hominidów

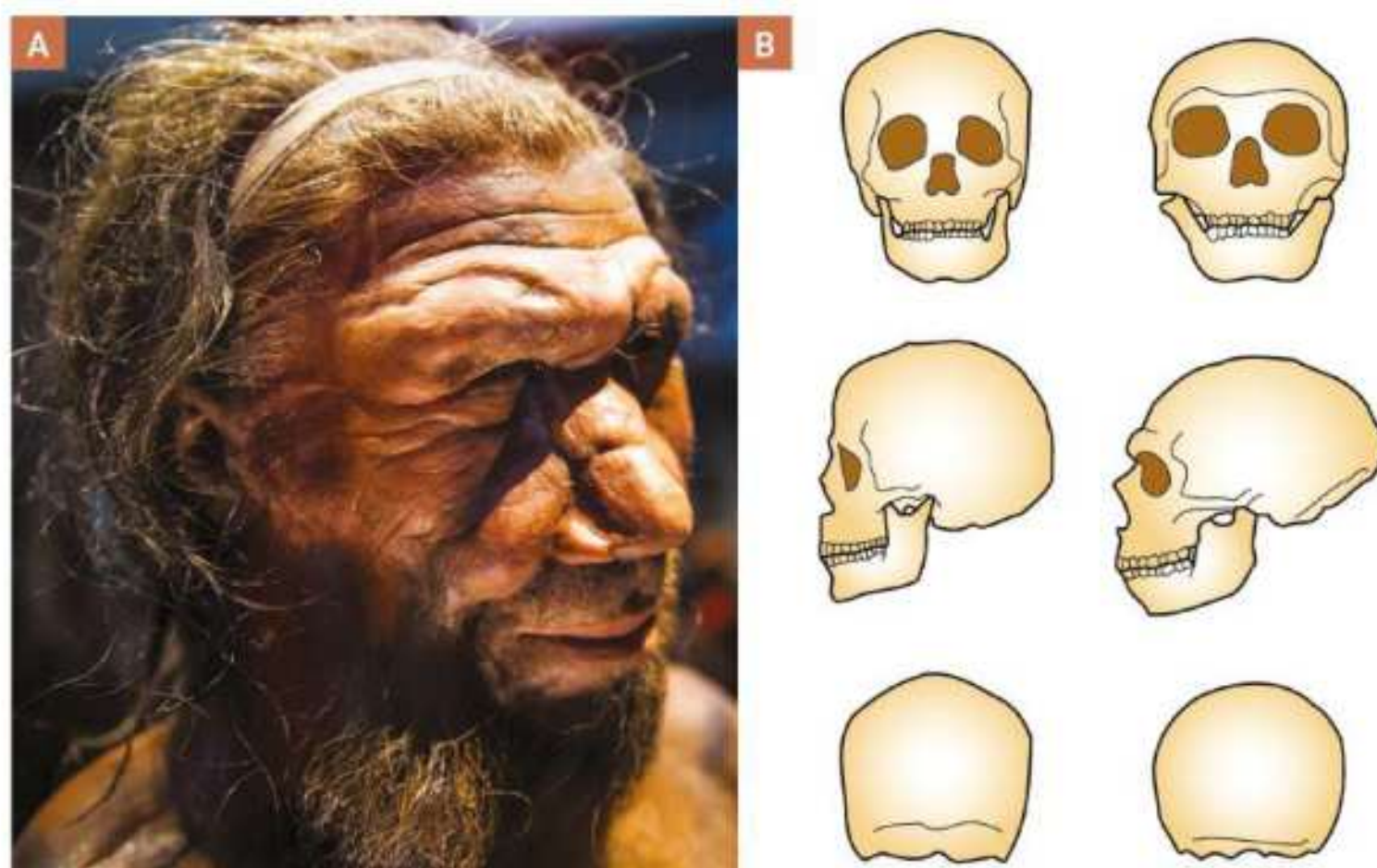
Hominid	Czas, w którym żył	Charakterystyka
Sahelantrop (<i>Sahelanthropus</i>)	6–7 mln lat temu	Odkryty na dnie jeziora Czad; miał czaszkę o małej objętości; twarz i zęby podobne do ludzkich; jest uznawany za wspólnego przodka małp człekokształtnych i ludzi.
Orrorin (<i>Orrorin tugenensis</i>)	6 mln lat temu	Odkryty w Kenii; poruszał się na dwóch nogach w postawie wyprostowanej.
Ardipitek (<i>Ardipithecus</i>)	6–4 mln lat temu	Znaleziony w Etiopii; poruszał się na dwóch nogach, w postawie wyprostowanej; miał prymitywne uzębienie.
Australopitek (<i>Australopithecus</i>)	4,2–1 mln lat temu	Charakteryzowały go: dwunożna postawa, mała objętość mózgu (380–530 cm ³) i niski wzrost; miał masywną szczękę z mocnymi zębami, krótkie kły; stopy o nieprzeciwstawnym paluchu; wykazywał wyraźny dymorfizm płciowy.
	4 mln lat	Gatunki w obrębie rodzaju australopiteków: – <i>Australopithecus anamensis</i> wykazywał cechy wspólne zarówno ze współczesnymi szympanсами (żuchwa i szczęki szympansie), jak i z ludźmi; postawa wyprostowana, roślinożerność, masywna budowa twarzy i aparatu żującego;
	3,6–3,2 lat temu	– <i>Australopithecus afarensis</i> (ryc. I.6.4.) – roślinożerca; miał kręłą budowę ciała, czaszkę o małej pojemności, wydatne wały nadoczodołowe, wysuniętą żuchwę, duże kły, szeroką miednicę, wysklepioną stopę, nieprzeciwstawny paluch stopy i przeciwstawny kciuk, długie ramiona; pojemność mózgu wynosiła ok. 500–600 cm ³ ; prawdopodobnie nie wytwarzał narzędzi;
	3 mln lat	– <i>Australopithecus africanus</i> – cechowały go: wyprostowana postawa; ręce i zęby zbliżone do ludzkich; mały mózg; odżywił się zarówno pokarmem roślinnym, jak i zwierzęcym; wyróżniała go delikatniejsza budowa ciała; wykazywał bardziej złożone zachowania społeczne.
Człowiek zręczny (<i>Homo habilis</i>)	2,5–1,5 mln lat temu	Po raz pierwszy odkryty w Tanzanii; część twarzowa czaszki była podobna do australopiteka; pojemność mózgu wynosiła 600–750 cm ³ ; cechowała go dwunożność, wysklepiona stopa, kończyny górne relatywnie dłuższe niż dolne; posługiwał się prymitywnymi narzędziami.



Hominiid	Czas, w którym żył	Charakterystyka
Człowiek wyprostowany (<i>Homo erectus</i>)	1,8–0,3 mln lat temu	Wyemigrował z Afryki, opanował Europę i Azję; pierwsze szczątki znaleziono w Indonezji; pojemność mózgu wynosiła ok. 1000 cm ³ , a wzrost ok. 160–180 cm; charakteryzowały go: czaszka z wydatnymi wałami oczodołowymi i niską mózgoczaszką; słabo zaznaczony dymorfizm płciowy; wytwarzanie bardziej wyrafinowanych narzędzi – siekier, toporów; posługiwał się ogniem; używał nakrycia ciała; mieszkał w jaskiniach; polował na zwierzęta.
Neandertalczyk (<i>Homo neanderthalensis</i>) (ryc. I.6.5.)	230–280 tys. lat temu	Występował na terenie Europy, znaleziono go w dolinie Neander w Niemczech; cechowały go: krępa i solidna budowa ciała; niska i długa czaszka o pojemności ok. 1450 cm ³ z wydatnymi wałami oczodołowymi; odżywił się upolowanymi zwierzętami; wytwarzał różne kamienne narzędzia; mieszkał w jaskiniach, budował szałas; polował na duże zwierzęta; wykazywał złożone zachowania społeczne: grzebanie zmarłych, opieka nad słabszymi; funkcjonował w grupie o mocnych więzach społecznych; uczestniczył w religijnych rytuałach. Neandertalczyk występował razem z człowiekiem przez kilka tysięcy lat. Zaczęli się krzyżować najprawdopodobniej 50–60 tys. lat temu. Takie wnioski wyciągnęli badacze po analizach DNA pozyskanego z kości człowieka żyjącego 45 tys. lat temu na Syberii.
Człowiek rozumny (<i>Homo sapiens</i>)	195 tys. lat temu	Wywodzi się z Afryki; charakteryzują go: smukła budowa ciała, spłaszczona twarzoczaszka, pojemność mózgu ok. 1350 cm ³ ; wytwarzał wyrafinowane narzędzia; wysoki stopień rozwoju społecznego i kulturowego.



Ryc. I.6.4. Rekonstrukcja szkieletu Lucy należącej do *Australopithecus afarensis* (A) oraz rekonstrukcja jej wyglądu (B).



Ryc. I.6.5. Rekonstrukcja wyglądu neandertalczyka (A) oraz porównanie czaszki neandertalczyka i człowieka (B).

Homo sapiens

Homo sapiens rozprzestrzenił się na świecie i wyparł inne hominidy (*H. erectus*, *H. neanderthalensis*). Około 30 tys. lat temu *Homo sapiens* stał się jedynym przedstawicielem rodzaju *Homo*. Badania wykazują, że współczesny człowiek pochodzi od populacji żyjącej w Afryce – potwierdzają to zarówno znaleziska kopalne, jak i badania molekularne. Prawdopodobne pokrewieństwo hominidów i pozycję gatunku *Homo sapiens* na drzewie rodowym człowieka przedstawiono na **rycinie I.6.6**.

Homo ergaster

Najnowsze hipotezy sugerują, że bezpośrednim przodkiem człowieka był *Homo ergaster* (pochodzący od *Homo habilis*). Od niego z kolei wywodzić się mają archaiczni ludzie o mózgu zbliżonym wielkością do mózgu dzisiejszego człowieka (**ryc. I.6.6**). Wykształcali oni bardzo zróżnicowane kultury, wytwarzali różnorakie narzędzia i symboliczne przedmioty. Do archaicznych ludzi należą między innymi *Homo antecessor* (1,2 mln – 800 tys. lat temu), którego szczątki znaleziono w Hiszpanii, oraz jego potomek *Homo heidelbergensis* (600–300 tys. lat temu). Jego szczątki odkryto w Niemczech.

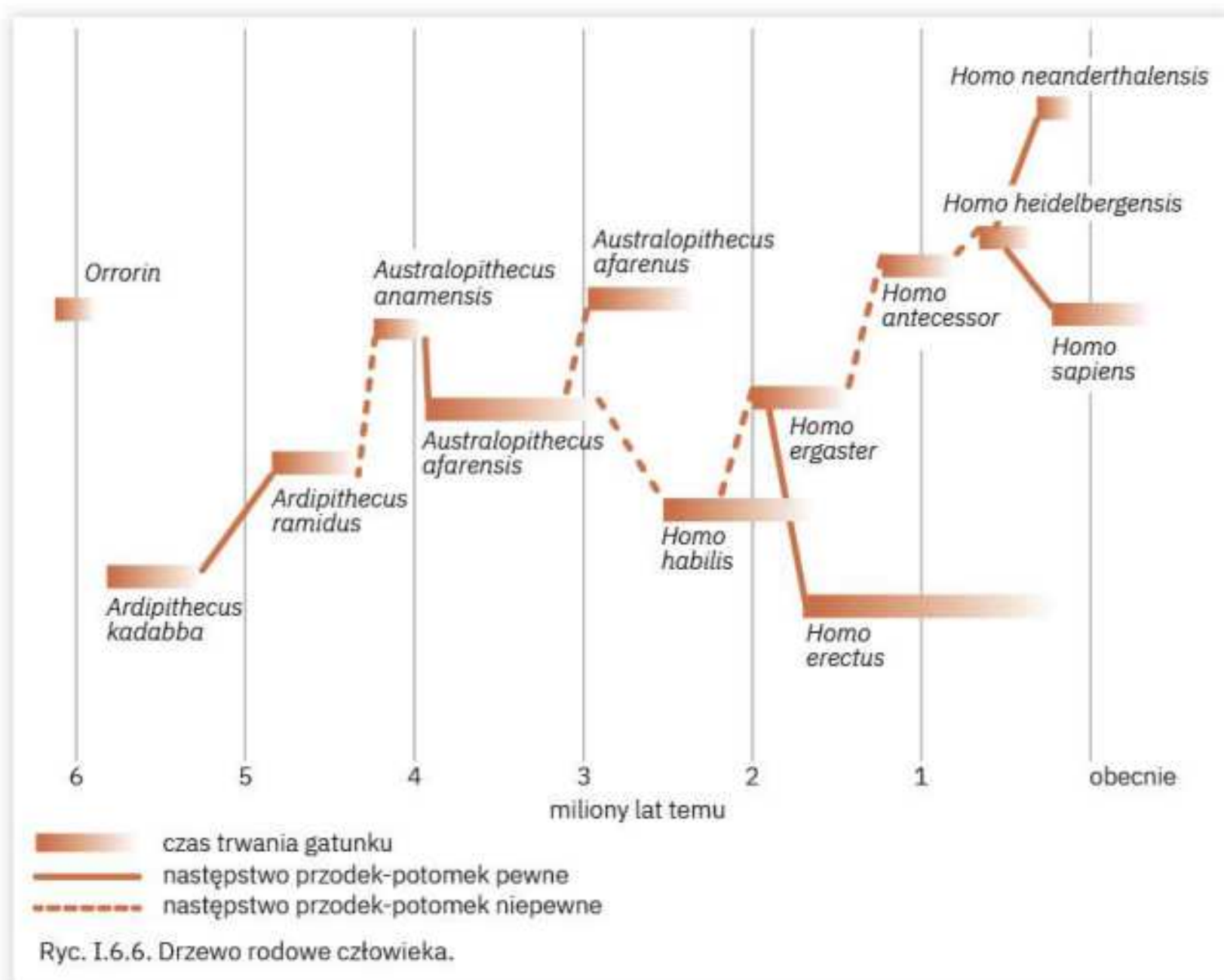
archaiczni ludzie

nomadzi

uprawa roli i udomowienie zwierząt

rewolucja przemysłowa

Badania wskazują, że wcześnie ludzie byli **nomadami**, czyli łowcami i zbieraczami, ale nie osiedlali się na stałe, tylko wędrowali w celu poszukiwania nowych zasobów pożywienia. Około 10 tys. lat temu ludzie rozpoczęli uprawy rolne oraz udomawianie zwierząt. To wiązało się osiedlaniem się na stałe na danym terenie i zakładaniem osad. Postęp w rolnictwie oraz wzrost populacji ludzkiej doprowadził do zmian społecznych, gospodarczych i kulturowych. W dalszej kolejności ludzie rozpoczęli produkcję rzemieślniczą i fabryczną określaną mianem rewolucji przemysłowej, której początki datowane są na XVIII wiek. Po drugiej wojnie światowej przemieniała się ona w rewolucję naukowo-techniczną i trwa do dziś.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Skonstruuj i zapisz w zeszycie diagram obrazujący cechy wspólne człowieka i naczelnych oraz człowieka i małp człekokształtnych.
2. Wymień cechy odróżniające człowieka od małp człekokształtnych.
3. W dostępnych źródłach znajdź informację na temat *Selam*, jednego z hominidów. Sporządź w zeszycie notatkę, uwzględniając jego pozycję systematyczną, cechy budowy, lata, w których żył itp.
4. Korzystając z drzewa rodowego przedstawionego na ryc. I.6.6., wymień pięciu kolejnych przodków *Homo sapiens*.
5. Wskaż, która z poniższych cech pojawiła się na początku w procesie ewolucji człowieka.
 - A. zwiększenie objętości mózgu
 - B. wyprostowana postawa i dwunożność
 - C. zmniejszenie wielkości kłów
 - D. wykształcenie więzi społecznych



PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 43

Antropologia zajmuje się badaniem człowieka, w tym jego ewolucji.

s. 44

Rząd naczelnnych obejmuje: małpiatki, wyrakokształtne, małpy właściwe i ludzi.

s. 44

Naczelne wykazują cechy wspólne, którymi są: pięciopalczaste ręce i stopy, oczy w pozycji czołowej, uzębienie, silny rozwój mózgowia, mała liczba potomstwa połączona z długim czasem opieki nad nimi.

s. 45

Małpy człekokształtne to gibony, orangutany, goryle i szympansy. Do ich cech wspólnych z człowiekiem należą: dwunożna postawa, brak ogona, uzębienie, rozwój mózgu, zachowania społeczne oraz podobieństwa na poziomie biochemicznym i genetycznym.

s. 46

Hominidy to grupa obejmująca człowieka oraz jego przodków. Ewolucja tej grupy rozpoczęła się w Afryce.

s. 46

Najwcześniejszymi hominidami są: sahelantrop, orrorin, ardipitek i australopitek.

s. 46

Pierwszym hominidem zaliczanym do rodzaju *Homo* był człowiek zręczny, czyli *Homo habilis* – o dwunożnej postawie i objętości mózgu 600–750 cm³; posługiwał się prostymi narzędziami.

s. 48

Homo sapiens pojawił się około 195 tys. lat temu i wyparł innych przedstawicieli rodzaju, między innymi *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis* (neandertalczyk).

s. 48

Badania sugerują, że bezpośrednim przodkiem człowieka był *Homo ergaster* pochodzący od *Homo habilis*.

s. 48

Do **archaicznych ludzi** należą między innymi: *Homo antecessor* (żyjący 1,2 mln – 800 tys. lat temu) oraz jego potomek *Homo heidelbergensis* (600–300 tys. lat temu).

s. 48

Wcześni ludzie byli łowcami i zbieraczami, wędrowali w celu poszukiwania pożywienia (**nomadzi**).

s. 48

Okolo 10 tys. lat temu ludzie rozpoczęli **uprawy rolne oraz udomawianie zwierząt**, zakładali też osady.

s. 48

Postęp w rolnictwie oraz wzrost populacji doprowadził do **rewolucji przemysłowej** (w XVIII wieku) i naukowo-technicznej (od czasów powojennych do dziś).



PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

1. Historia rozwoju myśli ewolucyjnej

- **Ewolucja** zachodzi od momentu powstania życia na Ziemi i polega na zmianach dokonujących się w kolejnych pokoleniach organizmów. s. 8
- Na zachodzenie zmian ewolucyjnych mają **wpływ warunki środowiskowe**, które mogą prowadzić do powstawania nowych gatunków, a także do wymierania gatunków zamieszkujących kulę ziemską. s. 8
- **Kreacjoniści** uważali, że gatunki są stałe i niezmiennne. Takie poglądy głosili między innymi Karol Linneusz i Georges Cuvier. s. 8
- **Jean-Baptiste Lamarck** odkrył istnienie ewolucji i opracował jej założenia: samodoskonalenie się organizmów, zmienność organizmów będąca wynikiem działania czynników środowiskowych, wpływ używania danego narządu na jego sprawność i rozwój, dziedziczenie nabytych zmian. s. 9
- **Karol Darwin** stworzył teorię ewolucji na podstawie długoletnich badań flory i fauny wybrzeży Ameryki Południowej i wysp archipelagu Galapagos. Wnioski opublikował w dziele *O powstawaniu gatunków* w 1859 roku. s. 9
- Darwin założył jedność życia, czyli pochodzenie wszystkich organizmów od **wspólnego przodka**. s. 1
- **Drzewo filogenetyczne** przedstawia pokrewieństwo ewolucyjne gatunków. s. 11
- **Darwinowska teoria ewolucji** opiera się na czterech założeniach: nadmiernej rozrodczości gatunków, dziedzicznej zmienności, walce o byt (pokarm, terytorium) oraz doborze naturalnym (przeżywają i wydają potomstwo tylko osobniki o najkorzystniejszym zestawie cech). s. 13
- **Syntetyczna teoria ewolucji** łączy darwinowską teorię ewolucji z późniejszymi odkryciami (m.in. zasady dziedziczenia cech, mutacje, rekombinacje). s. 14

2. Dowody ewolucji

- **Dowody potwierdzające ewolucję** pochodzą z różnych dziedzin nauki. s. 16
- **Dowodami bezpośrednimi** są skamieniałości: szczątki kopalne, odciski i odlewy, których badaniem zajmuje się paleontologia. s. 16
- **Żywe skamieniałości** to organizmy o niskim tempie ewolucji, które przypominają dawne gatunki, a ich badanie dostarcza informacji na temat biologii przodków (np. miłorząb, hatteria). s. 17
- Wiek skamieniałości określa się **metodami izotopowymi** (np. potasowo-argonową lub radiowęglową). s. 18
- **Anatomia porównawcza** zajmuje się analizą podobieństw i różnic w budowie narządów różnych organizmów. s. 20
- **Narządy homologiczne** mają taki sam plan budowy, ale pełnią inne funkcje w związku z adaptacją do różnych środowisk (np. przednie kończyny ssaków). s. 20
- Narządy homologiczne powstały jako efekt **ewolucji rozbieżnej** (dywergencji). s. 20
- **Narządy analogiczne** są powierzchownie do siebie podobne. Powstały jako wynik adaptacji do pełnienia tych samych funkcji (np. skrzydła ptaka, nietoperza i owada). s. 20
- Narządy analogiczne powstały jako wynik **ewolucji zbieżnej** (konwergencji). s. 20
- Dowodem istnienia ewolucji na poziomie molekularnym jest **uniwersalny kod genetyczny**, który przez miliony lat jest przekazywany pomiędzy organizmami. s. 21
- Potwierdzeniem ewolucji jest **analiza podobieństw i różnic w sekwencji aminokwasów w białkach** (np. cytochromu c), wybranych odcinkach DNA oraz genomach organizmów. s. 21

3. Mechanizmy ewolucji

- Zmiany ewolucyjne są mierzone jako **zmienność danej cechy w populacji**. s. 23
- **Pula genowa** to zbiór genów i i tworzących je alleli (dominujących i recesywnych) wszystkich osobników danej populacji. s. 23
- **Częstość alleli** to udział danego allelu w populacji. Częstość genotypu to udział genotypu (homozygoty dominującej, homozygoty recesywnej i heterozygoty) w populacji. Częstość fenotypu to udział danego fenotypu w populacji. s. 24
- **Czynnikami ewolucji** są: krzyżowanie losowe, mutacje, przepływ genów, dryf genetyczny oraz dobór naturalny. s. 24
- **Dryf genetyczny** zachodzi w małych, izolowanych populacjach. Polega na losowych zmianach prowadzących do zmiany częstości alleli w populacji. Prowadzi do zmniejszenia różnic genetycznych między populacjami. s. 25



- s. 28 • **Dobór naturalny** jest jednym z najważniejszych mechanizmów ewolucji. Prowadzi do zmian w populacji zwiększających adaptację (przystosowanie) do warunków środowiskowych.
- s. 28 • Wyróżniamy **trzy rodzaje doboru naturalnego**: stabilizujący, kierunkowy i różnicujący.
- s. 29 • Przykładami działania doboru naturalnego są: **melanizm przemysłowy** (zmiana zabarwienia ciała pod wpływem zanieczyszczenia środowiska), odporność na pestycydy i antybiotyki czy adaptacje ochronne (mimetyzm, mimikra).
- s. 30 • Dobór naturalny nie eliminuje alleli **chorób genetycznych, które występują w heterozygotach i są „nie-widoczne” w fenotypie**.
- s. 30 • Osoby heterozygotyczne pod względem **anemii sierpowatej** są odporne na zarodźca malarii, co zwiększa ich szanse na przeżycie na terenach, gdzie występuje malaria.

4. Pochodzenie gatunków

- s. 33 • Gatunek w ujęciu ewolucyjnym to **izolowana rozrodczo pula genowa**, która składa się z jednej lub więcej populacji krzyżujących się ze sobą, ale niekrzyżujących się z innymi gatunkami.
- s. 33 • **Izolacja rozrodcza** zapobiega krzyżowaniu się osobników należących do różnych gatunków, które występują na tym samym terenie.
- s. 33 • **Mechanizmy izolacji rozrodczej** dzielimy na prezygotyczne (zapobiegające krzyżowaniu się gatunków) oraz postzygotyczne (działające po zapłodnieniu).
- s. 33 • Do **mechanizmów prezygotycznych** zaliczamy izolację czasową, siedliskową, geograficzną oraz mechaniczną.
- s. 34 • **Mechanizmy postzygotyczne** obejmują śmiertelność zygot, nieżywotność oraz bezpłodność mieszańców międzygatunkowych.
- s. 35 • **Specjacja** to proces powstawania nowego gatunku. Zachodzi, jeśli jakaś populacja zostanie rozrodczo odizolowana od pozostałej części gatunku, a skład genetyczny jej puli genowej staje się inny.
- s. 35 • Specjację dzielimy na **alopatryczną** (populacja tworzy nowy gatunek, gdy zostaje geograficznie odizolowana od populacji macierzystej) i **sympatryczną** (mała populacja staje się nowym gatunkiem bez izolacji geograficznej).
- s. 36 • Do **wymierania gatunków** dochodzi wówczas, kiedy zginie ostatni przedstawiciel danego gatunku.

5. Powstanie i dzieje życia na Ziemi

- s. 38 • **Wiek Ziemi** szacowany jest na blisko 4,7 miliarda lat.
- s. 38 • **Atmosfera ziemska** na początku swojego istnienia zawierała między innymi: parę wodną, CO₂, CO, N₂. Nie było w niej tlenu.
- s. 39 • **Powstanie życia na Ziemi** przebiegało w warunkach beztlenowych w wyniku syntezy bardziej złożonych związków z prostych związków nieorganicznych przy energii pochodzącej z wyładowań atmosferycznych, wybuchów wulkanów lub promieniowania UV.
- s. 39 • **Ewolucja biochemiczna** (czyli powstanie związków organicznych) poprzedziła powstanie pierwszych kompleksów organicznych wykazujących cechy komórek zwanych protobiontami.
- s. 39 • **Według hipotezy świata RNA** pierwszą cząsteczką zdolną do przenoszenia informacji był RNA, a DNA i białka powstały później.
- s. 39 • **Pierwsze komórki** powstały około 3,8 mld lat temu i najpewniej były beztlenowymi prokariotami odżywiającymi się heterotroficznie.
- s. 39 • Pojawienie się **sinic przeprowadzających fotosyntezę** (ok. 3,5 mld lat temu) doprowadziło do wzrostu zawartości tlenu w atmosferze i pojawienia się organizmów tlenowych (ok. 2,4 mld lat temu).
- s. 39 • Komórki eukariotyczne powstały z prokariotycznych około 2,2 mld lat temu, a pochodzenie organelli komórkowych tłumaczy **teoria endosymbiozy**.
- s. 40 • Na podstawie zapisu geologicznego i biologicznego w skałach osadowych **podzielono historię życia na Ziemi na eony, ery, okresy i epoki**.
- s. 40 • **Dzieje życia na Ziemi** obejmują trzy eony (archaik, proterozoik i fanerozoik). Fanerozoik (ostatnie pół miliarda lat) dzieli się na trzy ery: paleozoik, mezozoik i kenozoik.
- s. 41 • **Era paleozoiczna** (542–251 mln lat temu) została podzielona na okresy: kambry, ordowik, sylur, dewon, karbon i perm.
- s. 41 • **Era mezozoiczna**, czyli era gadów, (251–65 mln lat temu) obejmuje trias, jurę i kredę.
- s. 41 • **Era kenozoiczna** (65,5 mln lat temu – dziś) dzieli się na okresy: paleogen (epoki: paleocen, eocen, oligocen), neogen (miocen, pliocen) oraz czwartorzęd (plejstocen i holocen).



6. Pochodzenie człowieka

- **Antropologia** zajmuje się badaniem człowieka, w tym jego ewolucji. s. 43
- **Rząd naczelnych** obejmuje małpki, wyrakokształtne, małpy właściwe i ludzi. s. 44
- **Naczelne** wykazują cechy wspólne, którymi są: pięciopalczaste ręce i stopy, oczy w pozycji czołowej, uzębienie, silny rozwój mózgowia, mała liczba potomstwa połączona z długim czasem opieki. s. 44
- **Małpy człekokształtne** to gibony, orangutany, goryle i szympansy. Do ich cech wspólnych z człowiekiem należą: dwunożna postawa, brak ogona, uzębienie, rozwój mózgu, zachowania społeczne oraz podobieństwa na poziomie biochemicznym i genetycznym. s. 45
- **Hominidy** to grupa obejmująca człowieka oraz jego przodków. Ewolucja tej grupy rozpoczęła się w Afryce. s. 46
- **Najwcześniejszymi hominidami** są: sahelantrop, orrorin, ardipteek i australopitek. s. 46
- Pierwszym hominidem zaliczanym do rodzaju *Homo* był człowiek zręczny, czyli ***Homo habilis*** – o dwunożnej postawie i objętości mózgu 600–750 cm³; posługiwał się prostymi narzędziami. s. 46
- ***Homo sapiens*** pojawił się około 195 tys. lat temu i wyparł innych przedstawicieli rodzaju, między innymi *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis* (neandertalczyk). s. 48
- Badania sugerują, że bezpośrednim przodkiem człowieka był ***Homo ergaster*** pochodzący od *Homo habilis*. s. 48
- Do **archaicznych ludzi** należą między innymi: *Homo antecessor* (żyjący 1,2 mln – 800 tys. lat temu) oraz jego potomek *Homo heidelbergensis* (600–300 tys. lat temu). s. 48
- Wcześni ludzie byli łowcami i zbieraczami, wędrowali w celu poszukiwania pożywienia (**nomadzi**). s. 48
- Około 10 tys. lat temu ludzie rozpoczęli **uprawy rolne oraz udomawianie zwierząt**, zakładali też osady. s. 48
- Postęp w rolnictwie oraz wzrost populacji doprowadził do **rewolucji przemysłowej** (w XVIII w.) i naukowo-technicznej (od czasów powojennych do dziś). s. 48

SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

1. Wskaż, które ze stwierdzeń podanych w tabeli dotyczą koncepcji ewolucji opracowanej przez Larmarcka (L), a które – teorii ewolucji Darwina (D). Zadanie wykonaj w zeszycie.

Stwierdzenia	L/D
Ewolucja dotyczy pojedynczych osobników.	...
Ewolucja przebiega na poziomie populacji.	...
Sprawność i rozwój narządów ciała są proporcjonalne do częstości ich używania – używane są doskonałe, a nieużywane – zanikają.	...
Ewolucja to proces ciągły, który zachodzi w odpowiednio długim czasie.	...
Organizmy są obdarzone siłą witalną, która odpowiada za ich samodoskonalenie się i rozwój.	...
W przebiegu ewolucji duże znaczenie odgrywają czynniki środowiskowe.	...
Zmiany zachodzące na poziomie osobniczym są drobne i bezkierunkowe, a zmienność warunkująca ewolucję jest dziedziczona.	...

2. Wśród Aborygenów, rdzennych mieszkańców Australii, nie występują grupy krwi B i AB. Badania wykazują, że Aborygeni prawdopodobnie wywodzą się od niewielkiej populacji, która dawno temu osiedliła się na kontynencie australijskim.
- a) Wyjaśnij, w jaki sposób mogło dojść do obserwowanego efektu. Nazwij i narysuj schematycznie ten efekt w zeszycie.
- b) Określ, który z alleli warunkujących grupy krwi nie występował w populacji Aborygenów pierwotnie zasiedlających Australię.



3. Przeczytaj poniższy tekst, a następnie, opierając się na Darwinowskiej teorii ewolucji, wykonaj polecenia.

*Żółw słoniowy to gatunek jednego z największych żółwi na świecie. Jego waga może przekraczać 200 kg, a wysokość 1 m. Liczbę jego podgatunków szacuje się na 15, z czego 5 jest już wymarłych. Występuje tylko na wyspach Galapagos. Na każdej z wysp żyje inny podgatunek różniący się od innych kształtem i rozmiarami pancerza. Niektóre z nich przystosowały się do jedzenia nisko rosnących roślin trawiastych, a u innych pancerz tak się wykształcił, że mogą wyciągać szyję wysoko i skubać liście z wyższych krzewów. Żółwie słoniowe potrafią dobrze pływać w morzu. Najbliższym żyjącym krewnym żółwi słoniowych jest *Chelonia chilensis*, mały żółw znaleziony w Chile. Pierwotny przodek żółwi był prawdopodobnie przeciętnego rozmiaru, a rozwinął się do dzisiejszych rozmiarów dopiero po przybyciu na Galapagos. Jest to zjawisko zauważane w wielu ekosystemach – gigantyzm rozwija się tam, gdzie zwierzę nie ma wrogów.*

- Wyjaśnij pochodzenie ewolucyjne żółwi słoniowych występujących na wyspach Galapagos i podaj jeden z możliwych scenariuszy zasiedlania przez nie tych wysp.
 - Wyjaśnij, dlaczego żółwie zamieszkujące wyspy archipelagu różnią się kształtem i rozmiarami pancerza.
 - Wytłumacz, z czym związane jest zachowanie w toku ewolucji bardzo dużych rozmiarów ciała przez żółwie słoniowe.
- 4. Wyjaśnij, czy przedstawione poniżej przykłady są narządami homologicznymi czy analogicznymi. Określ funkcje tych narządów.**



Ciernie kaktusa



Liście spichrzowe kapusty



Liście pułapkowe dzbanecznika



Wąsy czepne groszku



5. Badanie pokrewieństwa ewolucyjnego organizmów bazuje między innymi na porównywaniu sekwencji aminokwasów tych samych białek występujących w organizmach należących do różnych gatunków. Jednym z takich białek jest cytochrom c.

Poniższa tabela prezentuje liczbę różnic w sekwencji aminokwasowej cytochromu c u wybranych gatunków w porównaniu z sekwencją aminokwasową cytochromu c człowieka. **Po analizie tabeli wyjaśnij, który z organizmów jest najbliższym spokrewnionym z człowiekiem. Swoją odpowiedź uzasadnij.**

Organizm	Liczba różnic w sekwencji aminokwasowej cytochromu c w porównaniu z człowiekiem
szympan	0
makak królewski	1
królik	9
krowa	10
gołąb	12
ropucha	20
wywilżna karłowata (muszka owocowa)	24
kiełki pszenicy	37
drożdże	42

6. Wyjaśnij, jaki rodzaj doboru naturalnego zobrazowano na poniższym schemacie. Swoją odpowiedź uzasadnij.



7. Kluczowym wydarzeniem w rozwoju życia na Ziemi było pojawienie się sinic, których aktywność metaboliczna zmieniła skład atmosfery ziemskiej.
- Wyjaśnij rolę sinic w zmianie warunków atmosfery ziemskiej.
 - Wytłumacz, jakie konsekwencje miała aktywność metaboliczna sinic w dalszym rozwoju życia na Ziemi.



8. U szereguj chronologicznie podane poniżej wydarzenia, wpisując odpowiadające im litery we właściwych miejscach na hipotetycznej osi przedstawiającej historię rozwoju życia na Ziemi. Zadanie wykonaj w zeszycie.

- A – heterotroficzne beztlenowe organizmy prokariotyczne
B – proste związki organiczne
C – pierwsze organizmy wielokomórkowe
D – fotosyntetyzujące tlenowe organizmy prokariotyczne
E – polimerowe związki organiczne
F – fotosyntetyzujące beztlenowe organizmy prokariotyczne
G – pierwsze jednokomórkowe organizmy eukariotyczne
H – chemosyntetyzujące beztlenowe organizmy prokariotyczne



9. W tabeli przedstawiono szacunkowe różnice genetyczne pomiędzy człowiekiem i małpami człowiekowatymi. Po jej analizie wykonaj polecenia.

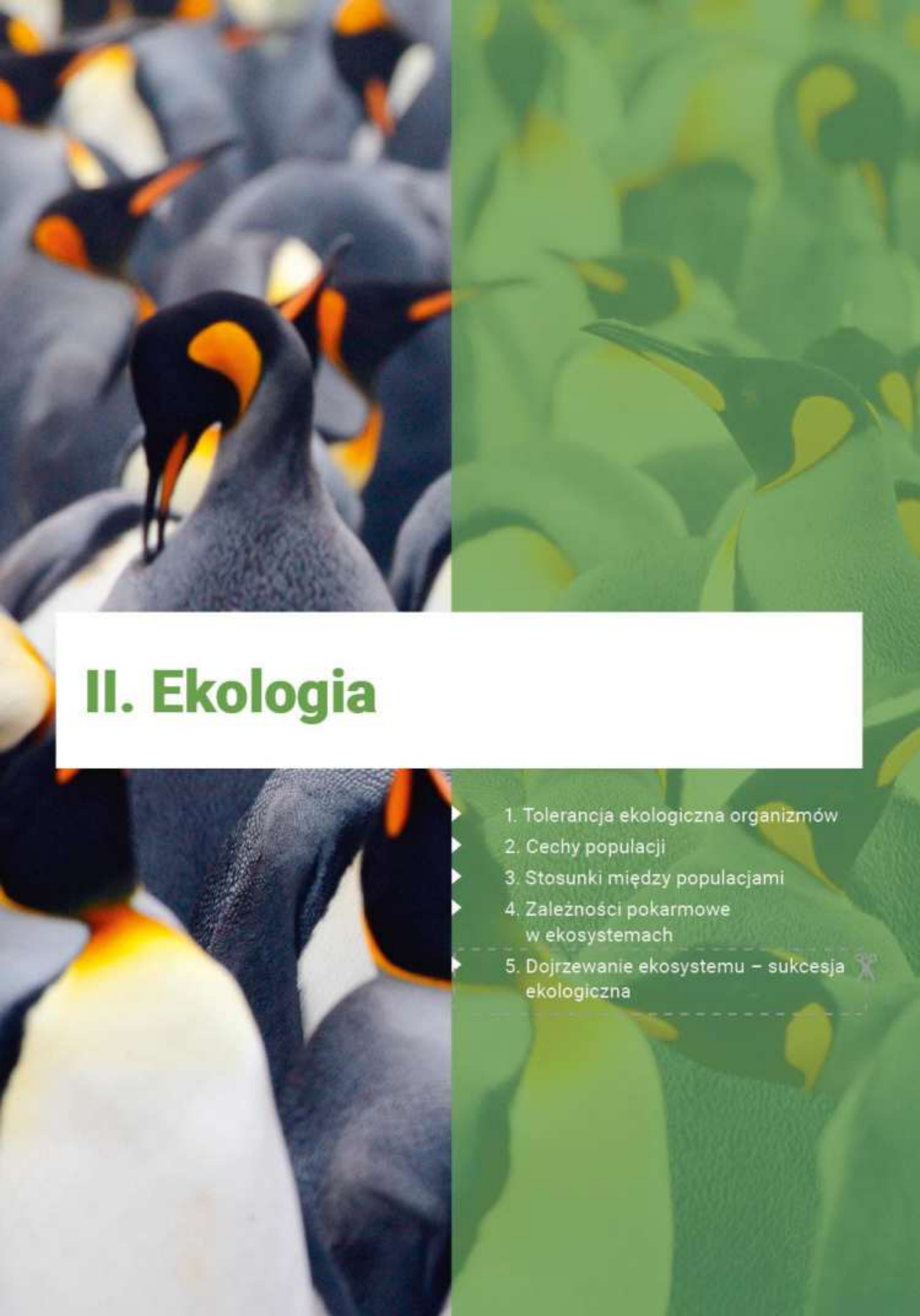
	Szympans pospolity	Szympans bonobo	Człowiek	Goryl	Orangutan
Szympans pospolity	0	0,7	1,2	2,4	3,6
Szympans bonobo	0,7	0	1,6	2,3	3,6
Człowiek	1,2	1,6	0	1,6	3,1
Goryl	2,4	2,3	1,6	0	3,5
Orangutan	3,6	3,6	3,1	3,5	0

- a) Podaj nazwę gatunku małpy człekokształtnej najbliższej spokrewnionej z człowiekiem.
b) Sporządź w zeszycie grafikę obrazującą pokrewieństwo ewolucyjne wymienionych w tabeli gatunków.

10. Przeczytaj poniższy tekst, a następnie wykonaj polecenia.

Człowiek z Cro-Magnon, czyli kromaniończyk, występował w Europie między 43 tys. lat p.n.e. a 10 tys. lat p.n.e. Szczątki jego szkieletu znaleziono w schronisku skalnym Abri de Cro-Magnon we Francji. Ich wiek określono metodą datowania rozpadu węgla aktywnego ^{14}C na 30 000 p.n.e. do 28 000 p.n.e. W ciągu kilku tysięcy lat kromaniończycy rozprzestrzenili się w całej Europie. Charakteryzowali się wysokim wzrostem (ok. 180 cm) i pojemnością mózgową dochodzącą do 1600 cm³. Mieli szeroką twarz z wystającym nosem. Znaleźiska wykazują, że kromaniończycy wykonywali przedmioty ozdobne, m.in. figurki kobiece (np. paleolityczną Wenus), wypalali także figurki z gliny. Kromaniończycy pozostawili po sobie także malarstwo jaskiniowe, grzebali zmarłych oraz tworzyli trwałe domostwa.

Określ, do jakiego gatunku należy człowiek z Cro-Magnon i podaj trzy argumenty przemawiające za tym faktem.



II. Ekologia

- ▶ 1. Tolerancja ekologiczna organizmów
- ▶ 2. Cechy populacji
- ▶ 3. Stosunki między populacjami
- ▶ 4. Zależności pokarmowe w ekosystemach
- ▶ 5. Dojrzewanie ekosystemu – sukcesja ekologiczna



1. Tolerancja ekologiczna organizmów

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, czym są ekologia i nisza ekologiczna;
- scharakteryzujesz czynniki biotyczne i abiotyczne środowiska;
- poznasz tolerancję ekologiczną na czynniki środowiskowe.

Zakres badań ekologii

ekologia

poziomy organizacji
żywej materii

Ekologia to nauka przyrodnicza o strukturze i funkcjonowaniu przyrody. Zakres badań ekologii obejmuje poziomy od osobnika do biosfery (**tab. II.1.1.**).

Tab. II.1.1. Zakres badań ekologicznych



Ekologia organizmu zajmuje się przystosowaniem w budowie, czynnościach życiowych i zachowaniu organizmu do warunków środowiska, w których żyje.



Ekologia populacyjna zajmuje się zespołem osobników jednego gatunku żyjących na danym terenie, mogących się swobodnie krzyżować i wydawać płodne potomstwo.



Ekologia biocenozy zajmuje się grupą osobników różnych gatunków żyjących na tym samym terenie i powiązanych wzajemnymi zależnościami międzygatunkowymi, takimi jak drapieżnictwo czy konkurencja.



Ekologia ekosystemów zajmuje się biocenozami na danym terenie wraz z czynnikami nieożywionymi – biotopem, z którymi wchodzi w zależność.

Ekologia krajobrazu zajmuje się mozaiką połączonych ekosystemów, w których przepływa energia i krąży materia.



Ekologia biomów zajmuje się zespołem ekosystemów występujących na dużym obszarze geograficznym o określonym klimacie.



Ekologia biosfery zajmuje się sumą wszystkich ekosystemów i krajobrazów na Ziemi.



Środowisko, w którym żyje organizm, składa się z dwóch czynników: **biotycznych** (ożywionych) i **abiotycznych** (nieożywionych). Czynniki biotyczne to wszystkie organizmy powiązane między sobą oddziaływaniami o charakterze konkurencji, drapieżnictwa czy pasożytnictwa. Czynniki abiotyczne to czynniki fizyczne: temperatura, światło, woda i substancje odżywcze. Mają one wpływ na rozmieszczenie i liczbę organizmów.

Miejsce, w którym dany organizm występuje i żyje stale lub okresowo, nazywamy **siedliskiem**. Każde siedlisko jest częścią środowiska i znajduje się w nim wiele nisz ekologicznych (**ryc. II.1.1.**).



Ryc. II.1.1. W lesie liściastym strefy umiarkowanej znajduje się wiele nisz ekologicznych różnych gatunków ptaków (np. kowalików), ssaków (np. lisów), stawonogów (np. pajaków) i roślin (np. zawilców).

nisza ekologiczna

Związek organizmu ze środowiskiem określa **nisza ekologiczna**, czyli przestrzeń fizyczna zajmowana przez organizm wraz z jego funkcją w środowisku wyznaczoną na przykład przez oddziaływania ze strony drapieżników i konkurentów (**ryc. II.1.2.**).

Ryc. II.1.2. Niszę ekologiczną wróbla stanowią warunki środowiska: tlen, woda, pożywienie (nasiona, drobne bezkręgowce), odpowiednia ilość światła i ciepła, miejsce na gniazdo i materiał do jego budowy oraz obecność innych gatunków.





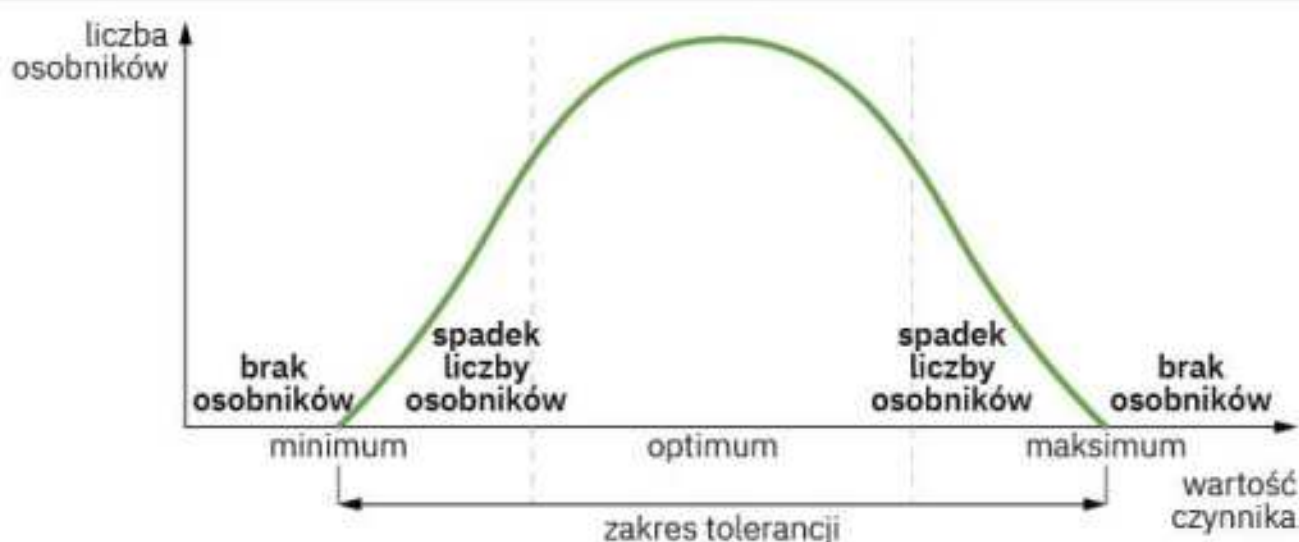
Co to jest krzywa tolerancji gatunku?

Warunki środowiska podlegają nieustannym zmianom. Aby organizmy mogły przeżyć, muszą się do tych warunków przystosować. Przystosowanie organizmu do życia w określonym przedziale wartości danego czynnika (np. temperatury) nazywamy **tolerancją ekologiczną**.

Każdy gatunek toleruje zmiany wartości poszczególnych czynników środowiska tylko w pewnym zakresie, w obrębie którego organizm jest zdolny utrzymać procesy życiowe. Graficznie możemy to wyrazić za pomocą tzw. **krzywej tolerancji ekologicznej** (ryc. II.1.3.).

tolerancja
ekologiczna

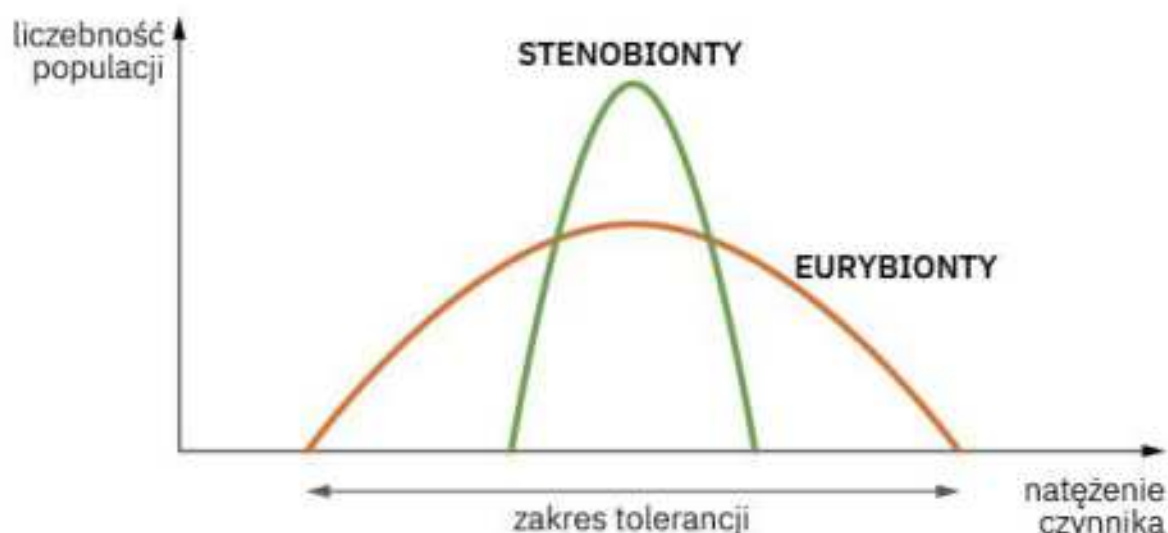
zakres tolerancji
ekologicznej



Ryc. II.1.3. Krzywa tolerancji ekologicznej.

Dolna granica tolerancji danego czynnika to minimum, a górna – maksimum życiowe. Najbardziej sprzyjająca dla organizmu jest wartość optymalna – **optimum ekologiczne**, poniżej i powyżej której warunki do życia stają się mniej korzystne. Przekroczenie dolnej lub górnej granicy tolerancji uniemożliwia życie organizmu.

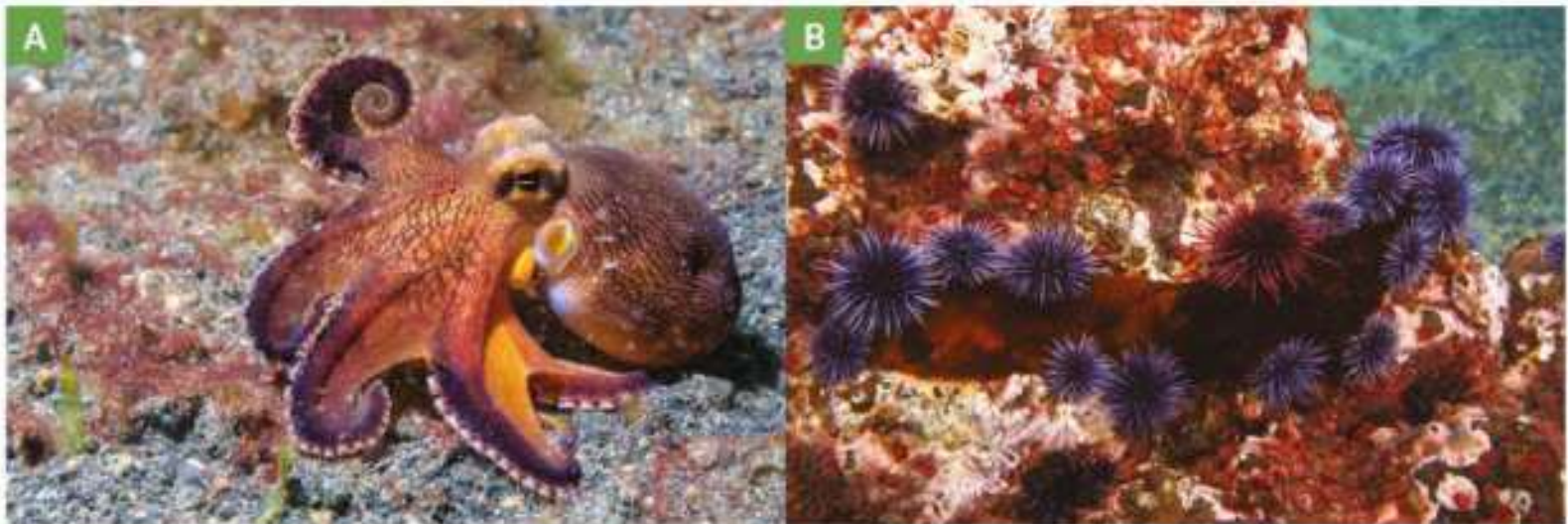
Znamy organizmy zarówno o szerokim, jak i o wąskim zakresie tolerancji ekologicznej w stosunku do poszczególnych czynników (ryc. II.1.4.).



Ryc. II.1.4. Zakresy tolerancji ekologicznej.



Organizmy o wąskim zakresie tolerancji ekologicznej w stosunku do czynników środowiska nazywamy **stenobiontami** (ryc. II.1.4.).



Ryc. II.1.5. Wąskie zakresy tolerancji w stosunku do zasolenia mają typowo oceaniczne zwierzęta, takie jak ośmiornice czy jeżowce. Występują w większości mórz i oceanów, gdzie zasolenie wynosi około 30‰.

Jeśli organizmy mają szeroki zakres tolerancji ekologicznej w odniesieniu do czynników środowiska, to nazywamy je **eurybiontami** (ryc. II.1.6.).

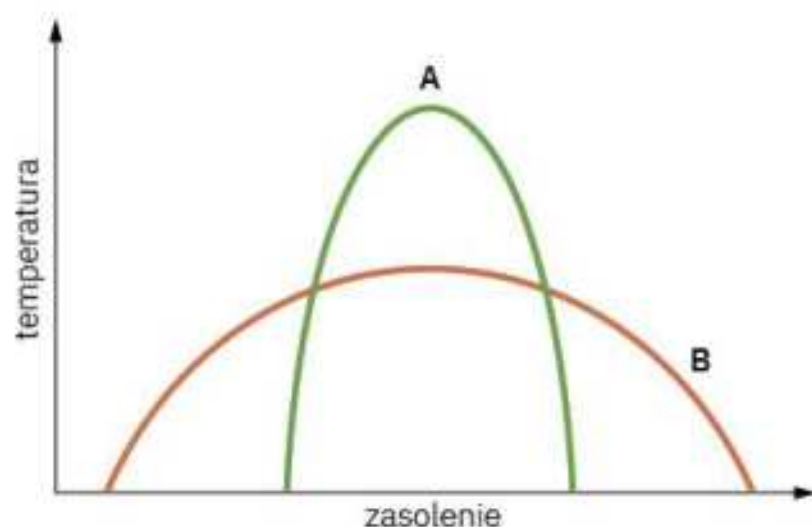


Ryc. II.1.6. Trzcina pospolita (*Phragmites australis*) to eurybiont występujący na wszystkich kontynentach świata, zarówno w małych sadzawkach, jak i dużych jeziorach, w wodach stojących i płynących, w wodach słodkich i słonych, deltach rzek uchodzących do mórz, w klimacie tropikalnym, umiarkowanym i zimnym.

Aby dokładnie przedstawić zakres tolerancji na określony rodzaj czynnika, stosujemy przedrostki *steno-* i *eury-* z końcówką: *-termiczny* (w odniesieniu do temperatury), *-hydryczny* (w odniesieniu do wody) oraz *-halinowy* (w odniesieniu do zasolenia).



Ten sam organizm pod względem jednego czynnika może być eurybiontem, a pod względem innego – stenobiontem (**ryc. II.1.7.**).



Ryc. II.1.7. Kraby w większości żyją w morzach o wyższym zasoleniu (A – są stenohalinami), ale tolerują duże wahania temperatury wody, w której żyją (B – są eurytermami).

Wielkość zakresów tolerancji pozwala na określenie **występowania** organizmów na świecie. Eurybionty o szerokim zakresie tolerancji przeważnie zasiedlają duże obszary i są powszechne na całym świecie w różnych środowiskach. Natomiast stenobionty ze względu na wąski zakres tolerancji na określone czynniki środowiska znalazły wykorzystanie jako wskaźniki biologiczne, tzw. **bioindykatory**. Bioindykatory oprócz wąskiej skali tolerancji ekologicznej powinny być pospolite w terenie i jednolite genetycznie.

bioindykatory

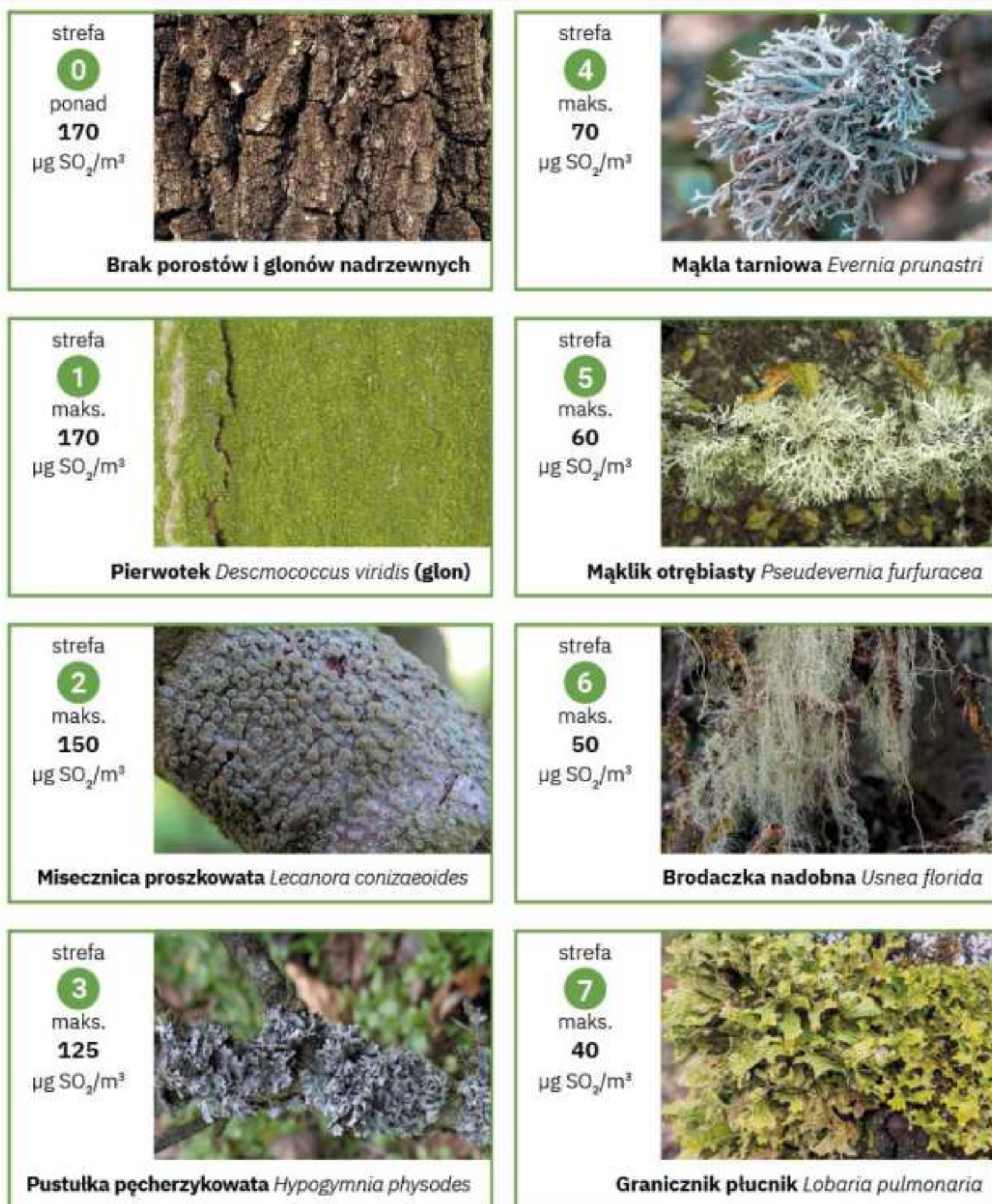
Opierając się na różnej wrażliwości organizmów na zanieczyszczenia (np. stężenie trucizn) czy skutki ich działania (np. braki tlenu w wodzie zanieczyszczonej ściekami), opracowano różne **systemy biologicznych wskaźników stanu środowiska** (**ryc. II.1.8.**).



Ryc. II.1.8. Wskaźnikami czystości wód są m.in. ryby – w wodach czystych żyje bardzo wrażliwy na zanieczyszczenia pstrąg potokowy (A – *Salmo trutta*) oraz średnio wrażliwy okoń pospolity (B – *Perca fluviatilis*), na silne zanieczyszczenie wód wskazuje obecność m.in. przedstawicieli pierścienic – rureczników (C – *Tubificidae*).



Wskaźnikiem zanieczyszczenia chemicznego powietrza są między innymi porosty wrażliwe na stężenie dwutlenku siarki w powietrzu (**ryc. II.1.9.**).



Ryc. II.1.9. Skala porostowa została opracowana na podstawie rozmieszczenia na danym terenie poszczególnych gatunków porostów. Określone gatunki tych organizmów wykazują wrażliwość na stężenie dwutlenku siarki w powietrzu wyrażone w mikrogramach na metr sześcienny powietrza. Porosty są uszeregowane według wzrastającej wrażliwości na stężenie dwutlenku siarki.



Rośliny wskaźnikowe mogą wskazywać na odczyn gleby (pH). Na glebach kwaśnych rosną między innymi skrzyp polny, fiołek trójbarwny i szczaw polny. O zasadowym odczynie świadczą natomiast mak polny, babka zwyczajna czy zawilec żółty.

Eksperyment

Badanie tolerancji ekologicznej rzeżuchy na zawartość soli w podłożu

Wprowadzenie: Tolerancja ekologiczna to przystosowanie do życia w określonym przedziale wartości danego czynnika środowiska.

Problem badawczy: Jaką tolerancję ma rzeżucha na zawartość soli w podłożu?

Hipoteza badawcza: Rzeżucha odznacza się niską tolerancją ekologiczną na zawartość soli w podłożu.

Instrukcja przeprowadzenia eksperymentu: Przygotowanie próby kontrolnej i badawczej. Przygotuj trzy jednakowej wielkości spodki szklane i wyłóż je jednakowej grubości ligniną. Przygotuj następujące roztwory soli: jedną łyżeczkę soli rozpuść w 1 l wody destylowanej, pół łyżeczki soli rozpuść w 1 l wody destylowanej. Pierwszy spodek zwilż roztworem z jedną łyżeczką soli, drugi z połową łyżeczki soli (próby badawcze), trzeci samą wodą destylowaną bez soli (próba kontrolna). Na spodki wysiej po 50 nasion rzeżuchy w takich samych odległościach. Ustaw wszystkie spodki w tym samym miejscu.

Wyniki: Po tygodniu policz wykiełkowane nasiona w każdym spodku.

Wniosek: Rzeżucha ma niską tolerancję na zawartość soli w podłożu.

Wyjaśnienie: Sól opóźnia kiełkowanie nasion rzeżuchy, wpływając niekorzystnie na wzrost i rozwój rośliny.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Na wakacjach nad Morzem Bałtyckim nie spotkasz jeżowca, rozgwiazdy czy innej szkarłupni, a możesz znaleźć wyrzuconą na brzeg brunatnicę – morszczyń, a także dostrzec w wodzie meduzę. Wyjaśnij dlaczego.
2. Wykorzystując dostępne źródła, przedstaw elementy niszy ekologicznej dzika, sarny i dzięcioła.
3. Wyjaśnij funkcję organizmów wskaźnikowych w ocenie stanu czystości środowiska.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Ekologia jest nauką o zależnościach między organizmami a środowiskiem, w którym żyją.

Poziomy organizacji żywej materii w ekologii to: osobnik, populacja, biocenoza, ekosystem, krajobraz i biosfera.

Siedlisko to przestrzeń fizyczna, w której występuje organizm. Siedlisko pełni funkcję niszy ekologicznej.

s. 58

s. 58

s. 60



s. 61

Zakres **tolerancji ekologicznej** określa warunki środowiska, w których organizm może się rozwijać bez szkody dla swojego życia.

s. 61

Organizmy mogą się różnić **zakresami tolerancji ekologicznej**.

s. 63

Organizmy o wąskim zakresie tolerancji ekologicznej (**bioindykatory**) służą do oceny stanu środowiska naturalnego.

2. Cechy populacji

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz czynniki regulujące liczebność populacji;
- scharakteryzujesz strukturę przestrzenną, wiekową i płciową populacji.

populacja

Populacja to zbiór osobników jednego gatunku, które zamieszkują dany obszar w tym samym czasie (**ryc. II.2.1.**).



Ryc. II.2.1. Populacja łabędzia krzykliwego (*Cygnus cygnus*) na jeziorze. Członkowie populacji korzystają z tych samych zasobów środowiska, wchodzą ze sobą w interakcje i mogą się krzyżować między sobą.

Osobniki populacji są powiązane wzajemnymi zależnościami wynikającymi zarówno z oddziaływania między nimi, jak i z wpływu środowiska nieożywionego. Populacja wykazuje cechy wspólne z tworzącymi ją osobnikami. Podstawowe cechy populacji to zagęszczenie, struktura przestrzenna oraz struktura wiekowa i płciowa.



Liczebność i zagęszczenie populacji

Wielkość populacji określają liczebność i zagęszczenie. **Liczebność** to całkowita liczba osobników w danej populacji, na przykład rysi w lesie czy karpi w stawie. Liczebność określamy rzadziej w przypadku wyraźnych granic populacji czy niezbyt licznej populacji. Częściej badamy **zagęszczenie**, czyli liczbę osobników przypadającą na jednostkę powierzchni lub objętości środowiska (**ryc. II.2.2.**).



Ryc. II.2.2. Jedną z metod oceny zagęszczenia zwierząt jest tropienie przeprowadzane podczas występowania pokrywy śnieżnej.

Zagęszczenie nie jest wartością stałą. Zależy od rozrodczości, śmiertelności, migracji (imigracji – przybywania nowych osobników spoza populacji i emigracji – opuszczania populacji) osobników (**ryc. II.2.3.**).



Ryc. II.2.3. Czynniki wpływające na liczebność populacji.

Rozrodczość i śmiertelność jako cecha populacji

Rozrodczość to cecha populacji decydująca o jej wzroście, czyli o przybywaniu nowych osobników w określonym czasie. Mówimy tu zarówno o rodzeniu się osobników, o ich wylęgu, kielkowaniu czy powstawaniu przez podział. Populacje różnych gatunków mają różną rozrodczość – zależy ona od właściwości biologicznych osobników, od liczebności populacji i od warunków środowiska (temperatury, wilgotności, oświetlenia, dostępności pokarmu).



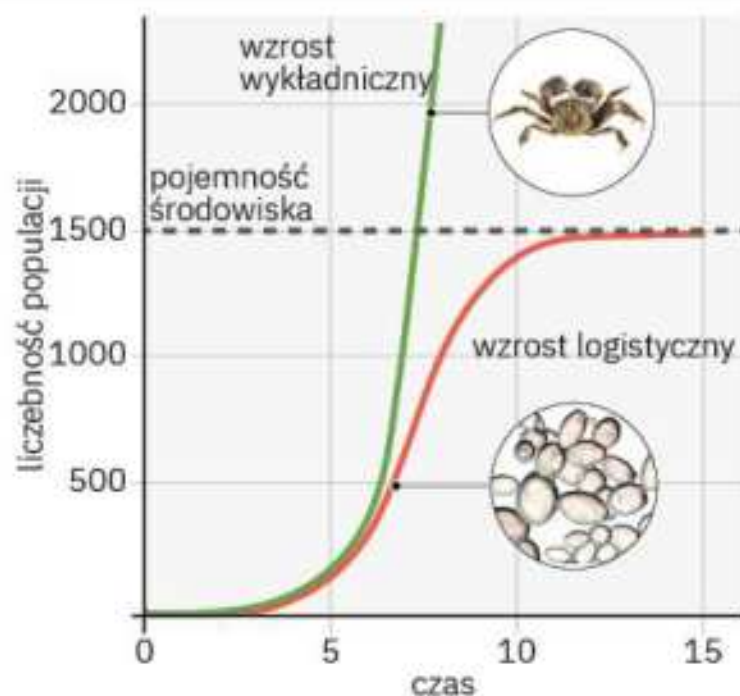
Śmiertelność to ubywanie osobników z populacji w określonym czasie. Na śmiertelność w populacji wpływają różne przyczyny, związane ze zmianami środowiska, z brakiem zasobów koniecznych do życia, kondycją osobników, działaniem drapieżców, pasożytów czy konkurencją z innymi gatunkami. Różnica między rozrodczością i śmiertelnością wskazuje na aktualny stan demograficzny populacji – **przyrost naturalny** (dodatni, ujemny lub zerowy).



Zmiany liczebności populacji

Liczebność jest wypadkową rozrodczości, śmiertelności, migracji (emigracji i imigracji). Na liczebność populacji działają ograniczające czynniki abiotyczne (klimat, podłoże, dostępność wody i soli mineralnych) i biotyczne (wzajemne oddziaływania między populacjami różnych gatunków). Ich suma (**opór środowiska**) ogranicza osiągnięcie przez populację maksymalnej liczebności (**maksymalnej pojemności środowiska**). Zmiany liczebności populacji zachodzące w czasie przedstawia **krzywa wzrostu**. Jeżeli na populację działają czynniki ograniczające, to po początkowym wzroście następuje faza równowagi i liczebność populacji osiąga granicę bliską **maksymalnej pojemności środowiska**. Krzywa ma wówczas kształt litery S. Taki typ wzrostu jest określany jako **logistyczny**. Przy braku czynników ograniczających liczba osobników stale wzrasta w postępie geometrycznym (każde nowe pokolenie jest dwa razy bardziej liczne od poprzedniego) i krzywa wzrostu przybiera kształt litery J; jest to tzw. **krzywa wykładnicza** (ryc. II.2.4.).

Ryc. II.2.4. Krzywe wzrostu wykładniczego (nieograniczony dostęp do zasobów środowiska) i logistycznego (ograniczony dostęp do zasobów środowiska). Wykładniczy wzrost jest charakterystyczny dla populacji, które odbudowują swoją liczebność po spadku w wyniku katastrofy lub które kolonizują nowe środowisko, gdzie nie ma konkurencji, np. populacja kraba wełnistego w Morzu Północnym czy sierpówki w Europie. Wzrost logistyczny jest charakterystyczny dla populacji opanowujących nowe siedlisko o ograniczonych zasobach, a także dla populacji zwierząt laboratoryjnych, np. chrząszczy, pantofelków czy drożdży.



Struktura przestrzenna populacji

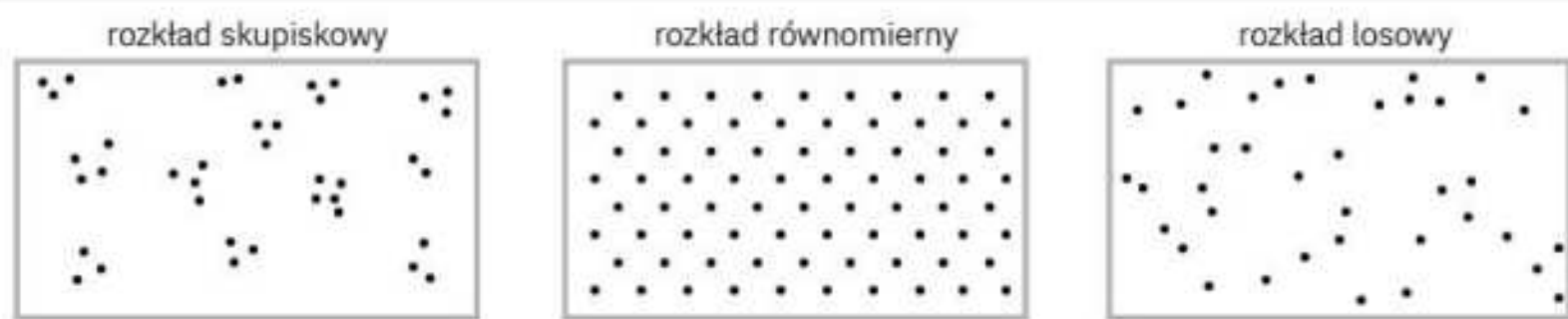
Sposób rozmieszczenia osobników nazywamy strukturą przestrzenną populacji. Struktura ta określa sposób korzystania z przestrzeni życiowej, przedstawia rodzaje kontaktów między osobnikami, a także relacje populacji z osobnikami innych gatunków zasiedlających daną przestrzeń. Część przestrzeni, która zaspokaja wszystkie podstawowe potrzeby życiowe osobnika (związane z odżywianiem się, rozrodem,



areal osobniczy

oddziaływaniem pozytywnym lub negatywnym na inne osobniki populacji czy przekształcaniem arealu przez wydeptywanie ścieżek, wydalenie ekskrementów itd.) to **areal osobniczy**. Jeżeli osobniki żyją w grupach, koloniach czy stadach i korzystają ze wspólnej bazy pokarmowej, wówczas mówimy o areale grupy, kolonii czy stada. Obszar, na którym występują osobniki tej samej populacji, nazywamy **arealem populacji**.

Areale mogą być rozmieszczone na powierzchni skupiskowo, równomiernie i losowo (**ryc. II.2.5.**).



Ryc. II.2.5. Typy rozmieszczenia.

Najczęściej występującym typem jest **rozmieszczenie skupiskowe** spotykane u organizmów, które łączą się w grupy, na przykład: owady społeczne (mrówki, pszczoły, termity), mszyce, gawrony, pieski preriowe, renifery, zebry czy lwy (**ryc. II.2.6.**). Przyczyną skupiania jest nierównomierne rozmieszczenie zasobów (substancji odżywczych, wody, miejsc do schronienia w środowisku).



Ryc. II.2.6. Stado reniferów. Tendencja do tworzenia skupisk jest charakterystyczna dla zwierząt kopytnych żyjących na otwartych przestrzeniach, co pozwala na skuteczną ochronę przed drapieżnikami, a także zwiększa szanse na znalezienie partnera do rozrodu i ułatwia zdobywanie pokarmu.

Tendencję do tworzenia skupisk obserwujemy u wielu gatunków ryb tworzących ławice czy wioślarek, a także u wielu gatunków zwierząt osiadłych, na przykład: racicznicy, ostrzyg, pąkli. W przypadku roślin rozmieszczenie skupiskowe występuje u wielu gatunków żyjących w kępach i rozmnażających się wegetatywnie, jak u trzciny, pałki czy perzu.

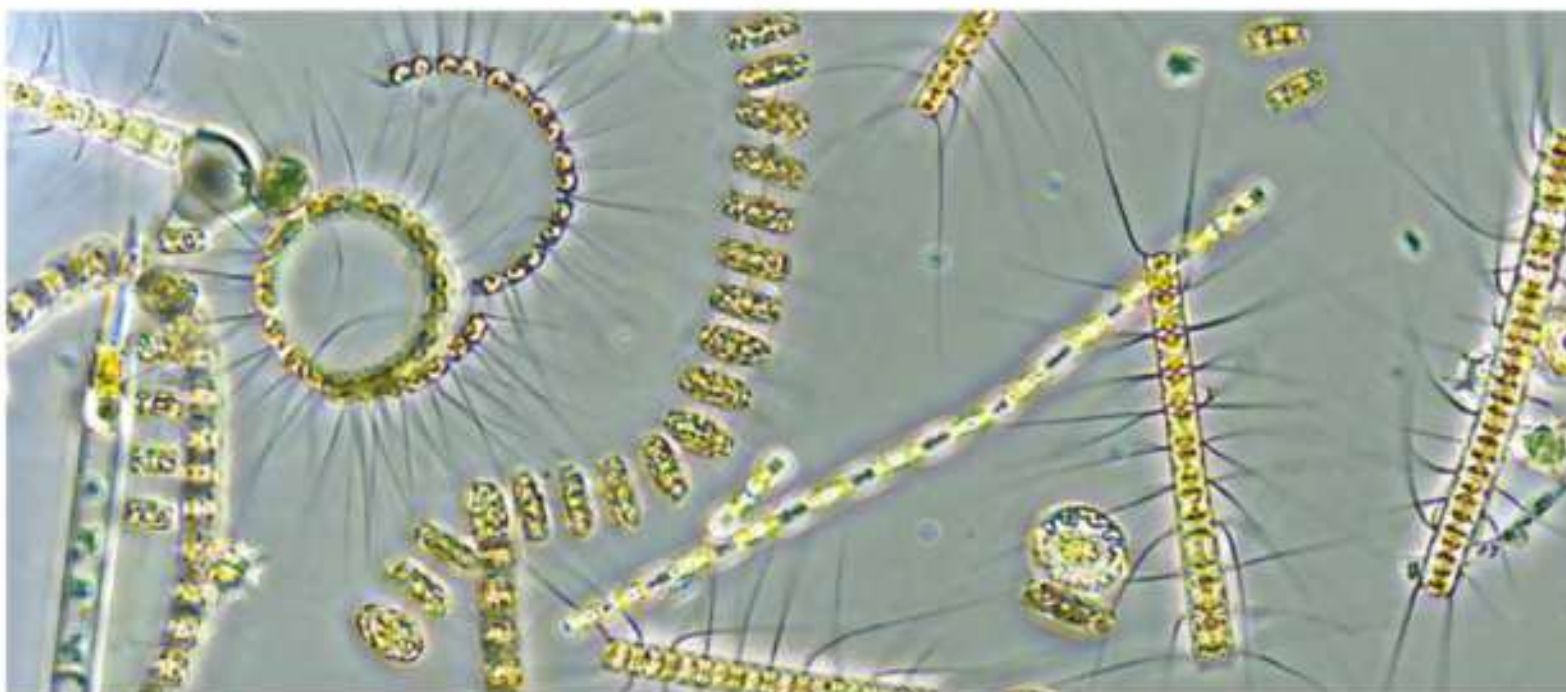


Rozmieszczenie równomierne spotykamy najrzadziej – jest zwykle związane z ostrą konkurencją między osobnikami tego samego gatunku o zasoby środowiska, na przykład: wodę, światło, przestrzeń do życia. Taki typ rozmieszczenia obserwuje się między innymi u niektórych gatunków pajaków sieciowych. Konkurencja o wodę i pokarm wywołuje równomierne rozmieszczenie trzciny w szuwarach na brzegu jeziora (**ryc. II.2.7.**).



Ryc. II.2.7. Równomierne rozmieszczenie wiąże się często z działalnością człowieka, np. na polu równomiernie sadi się kapustę czy kalafiory. Podobnie rozmieszczone są sadzonki drzew w szkółce leśnej.

Rozmieszczenie losowe, zwane także przypadkowym, w warunkach naturalnych występuje rzadko (np. u pajaków zamieszkujących dno lasu). Losowość rozmieszczenia jest charakterystyczna dla organizmów, które nie mogą się aktywnie przemieszczać, tak jak przedstawiciele planktonu roślinnego w toni wodnej czy też zwierzęta żyjące w glebie (**ryc. II.2.8.**).



Ryc. II.2.8. Plankton roślinny – drobne organizmy niemające zdolności do samodzielnego przemieszczania się w toni wodnej są rozmieszczone losowo.



Ten typ rozmieszczenia spotykamy u niektórych drobnych stawonogów, na przykład krocionogów w ściółce leśnej. Najczęściej rozmieszczenie to pojawia się krótkotrwale po katastrofach środowiskowych, w wyniku dużej śmiertelności osobników w populacji.

Z rozmieszczeniem równomiernym i losowym wiąże się zjawisko terytorializmu. **Terytorializm** jest jednym z mechanizmów łagodzących konkurencję wewnątrz populacji między tworzącymi ją organizmami. Zapewnia bazę pokarmową, kryjówki czy miejsca do gniazdowania, co zwiększa sukces rozrodczy. Osobniki, pary czy rodziny przeważnie żyją na określonym obszarze. Jeśli jest on aktywnie broniony przed osobnikami własnego gatunku, to mówimy wtedy o terytorium. Aktywna obrona obejmuje zwykle oznakowanie obszaru chronionego odchodami lub wydalinami, śpiewem, charakterystyczną postawą grożącą przeciwnikowi czy jaskrawym upierzeniem (**ryc. II.2.9.**). Takie zachowania występują u wielu gatunków kręgowców, szczególnie ptaków i ssaków. Terytoria zajmują też niektóre owady społeczne (np. pewne mrówki) (**ryc. II.2.10.**).

terytorializm



Ryc. II.2.9. Samce zięby (*Fringilla coelebs*), gatunku, który można spotkać zarówno w lasach, jak i parkach, przejawiają silny terytorializm. Terytorium samca, w którego obrębie śpiewa przez cały dzień, wynosi 40–60 m wokół gniazda.



Ryc. II.2.10. Gmachówka drzewotoczna (*Camponotus ligniperda*), największa polska i europejska mrówka budująca gniazda w próchniejących pniach drzew, wykazuje agresywne zachowania terytorialne, broniąc swoich gniazd przed innymi gatunkami mrówek.

Struktura płciowa i wiekowa

Zróznicowanie osobników w populacji przedstawia struktura płciowa i wiekowa. **Struktura płciowa** określa liczbę samców przypadającą na określoną liczbę samic. **Struktura wiekowa** jest wskaźnikiem możliwości rozwojowych populacji i przedstawia udział w populacji osobników różnych grup wiekowych (młodych – od urodzenia do osiągnięcia dojrzałości do rozrodu, dojrzałych – w okresie reprodukcyjnym i starych – po zakończeniu okresu rozrodu). Można ją przedstawić graficznie w postaci piramid wieku, niekiedy z równoczesnym podziałem na płeć (piramidy wiekowo-płciowe) (**ryc. II.2.11.**).

struktura płciowa

struktura wiekowa



Ryc. II.2.11. Piramidy wiekowo-płciowe dla ludności trzech krajów: populacja rozwijająca się (szeroka podstawa piramidy o przewadze osobników młodych (A), populacja wymierająca (wąska podstawa piramidy o przewadze osobników starych (B), populacja ustabilizowana (podstawa piramidy nieznacznie szersza od jej środkowej części (C).



Obserwacja

Obserwacja populacji ryb w akwarium

Materiał: akwarium z rybami różnych gatunków

Przeprowadzenie obserwacji: Obserwuj ryby w akwarium. Podaj, ile populacji żyje w akwarium. Wskaż strukturę przestrzenną dla poszczególnych populacji oraz podaj ich liczebność i zagęszczenie na badanej powierzchni.

Zanotuj swoje obserwacje i wyciągnij wnioski dotyczące struktury przestrzennej obserwowanych populacji.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wymień trzy najważniejsze czynniki decydujące o liczebności (zagęszczeniu) populacji. Wyjaśnij znaczenie każdego z nich.
2. Sit rozpięchły (*Juncus effusus*) to gatunek byliny z rodziny sitowatych. Ma on kłacze, które rozrastają się i dając nowe pędy, tworzy kępę złożoną z wielu połączonych początkowo, a w miarę upływu czasu coraz bardziej samodzielnych osobników. Określ, jaki typ rozmieszczenia przestrzennego reprezentuje opisana roślina.
3. Struktura przestrzenna populacji wynika między innymi z wzajemnych oddziaływań między osobnikami. Wskaż typ rozmieszczenia dla przedstawionych relacji między osobnikami.
 - a) Osobniki nie wykazują tendencji do skupiania i odpychania się.
 - b) Osobniki wykazują tendencję do skupiania się.
 - c) Osobniki się odpychają, dochodzi do bezpośredniej konkurencji między nimi o zasoby środowiska.



4. Populacja pantofelka (*Paramecium aurelia*) rozwija się w warunkach laboratoryjnych. Ma zapewnione stałe warunki do wzrostu przy braku drapieżników i gatunków konkurujących. Jaki typ wzrostu wykazuje opisana populacja? Uzasadnij swoją odpowiedź.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Obszar zajmowany przez populację składa się z arealów osobniczych poszczególnych osobników tworzących **populację**.

s. 66

Osobniki tworzące populację na zajmowanym **areale** mogą być rozmieszczone skupiskowo, losowo lub równomiernie.

s. 69

Z rozmieszczeniem równomiernym lub losowym związane jest **terytorium** (aktywnie broniony obszar arealu osobniczego).

s. 71

Wskaźnikiem zdolności rozwojowych populacji jest jej **struktura wiekowa**.

s. 71

Struktura płciowa określa udział w populacji samic i samców.

s. 71

3. Stosunki między populacjami

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz zależności nieantagonistyczne;
- dowiesz się, jakie są skutki konkurencji wewnątrzgatunkowej i międzygatunkowej;
- zapoznasz się z adaptacjami drapieżników, pasożytów i roślinożerców do zdobywania pokarmu oraz z kontradaptacjami ofiar.

W określonym biotopie żyje wiele gatunków roślin, zwierząt, grzybów i mikroorganizmów, połączonych różnego typu zależnościami. Taki zespół populacji różnych gatunków żyjących na określonej przestrzeni i w określonym czasie nazywamy biocenozą. Przejawem istnienia zależności jest działanie jednej populacji na drugą poprzez wzajemny wpływ na jej liczebność. Na przykład organizmy jednej populacji wydzielają do środowiska substancje szkodliwe dla organizmów populacji drugiej, konkurują z nimi o pokarm, światło, a nawet je zjadają. W innych przypadkach mogą działać na siebie korzystnie – takie współdziałanie bywa korzystne jednostronnie albo obustronnie.



interakcje między
organizmami

Wyróżniamy **trzy grupy zależności między populacjami** różnych gatunków: nie-antagonistyczne, antagonistyczne oraz neutralne.

Do grupy stosunków nieantagonistycznych zaliczamy mutualizm obligatoryjny (obydwa gatunki odnoszą korzyści), mutualizm fakultatywny (obydwa gatunki odnoszą korzyści od czasu do czasu) oraz komensalizm (tylko jeden gatunek korzysta, a drugi nie ponosi szkody) (**tab. II.3.1., ryc. II.3.1.**).

Tab. II.3.1. Interakcje nieantagonistyczne między populacjami A i B (+ wpływ korzystny, – wpływ niekorzystny, 0 brak wpływu)

Typ interakcji	A	B	Charakterystyka	Przykłady
Mutualizm obligatoryjny (symbioza)	+	+	Korzystne i nieodzowne dla życia obu populacji.	• glon i grzyb (tworzące porost) • ssaki kopytne i bakterie trawiące celulozę • termity i wiciowce trawiące celulozę • rośliny motylkowe i bakterie brodawkowe • drzewa i grzyby (tzw. mikoryza)
Mutualizm fakultatywny (protokooperacja)	+	+	Korzystne dla obu populacji, nie jest jednak nieodzowne, współżycie może być stałe lub czasowe.	• krab i ukwiał • duże ssaki afrykańskie (np. bawół, nosorożec, słoń) i ptaki bąkojady • mrówki i mszyce
Komensalizm	+	0	Współbiedniactwo, współżycie dwóch populacji, z których jedna czerpie korzyści ze współżycia, a dla drugiej jest ono obojętne (nie odnosi korzyści ani nie ponosi strat).	• lew i hiena • rekin i podnawka • skójką lub szczeżują i ryba różanka • wieloryb i pąkle



Bakterie z rodzaju *Rhizobium* żyją w symbiozie z roślinami motylkowymi (np. koniczyna, wyka, groszek). Dostają się do ich korzeni, co prowadzi do powstania charakterystycznych brodawek. Bakterie wiążą azot atmosferyczny, który dostarczają roślinom rosnącym na podłożu ubogim w ten pierwiastek. Rośliny w zamian dostarczają bakteriom produktów fotosyntezy.



W przewodzie pokarmowym termitów, owadów roślinożernych, żyją symbiotyczne wiciowce, które ułatwiają im trawienie i przyswajanie celulozy. W zamian uzyskują substancje pokarmowe.

Ryc. II.3.1. Mutualizm obligatoryjny – przynosi korzyści i jest niezbędny do życia.



Krab pustelnik, przedstawiciel skorupiaków, żyje w symbiozie z ukwiatem. Ukwiat swoimi parzydełkami chroni kraba przed drapieżnikami, a w zamian ma zapewniony transport i możliwość zbierania pokarmu.



Ptaki bąkojady żerują na dużych ssakach kopytnych, np. bawołach. Wyjadają z ich skóry pasożyty, np. kleszcze, a także ostrzegają zwierzęta o zbliżającym się zagrożeniu. Ssaki kopytne są doskonałym środkiem transportu dla bąkojadów.

Ryc. II.3.2. Mutualizm fakultatywny – przynosi korzyści, ale nie jest konieczny do przeżycia.



Hieny korzystają z resztek zdobyczy upolowanej przez lwy. Dla lwów współpraca jest obojętna, natomiast hieny czerpią z niej korzyści.



Ryba różanka w okresie rozrodu współpracuje z małżami, głównie szczeżujami i skójkami. Składa do ich muszli jaja. Różanka czerpie z tej współpracy korzyści, a dla małża jest to obojętne.

Ryc. II.3.3. Komensalizm – przynosi jednostronne korzyści.

Stosunki antagonistyczne polegają na tym, że populacje obydwu gatunków ponoszą straty (konkurencja) lub jeden gatunek ponosi straty, a drugi odnosi korzyści (drapieżnictwo, pasożytnictwo) (**tab. II.3.2.**).

Tab. II.3.2. Interakcje antagonistyczne między populacjami A i B (+ wpływ korzystny, – wpływ niekorzystny, 0 brak wpływu)

Typ interakcji	A	B	Charakterystyka	Przykłady
Konkurencja	–	–	Wpływa niekorzystnie na wzrost i przeżycie obu populacji. Jest tym silniejsza, im populacje mają bliższe wymagania i potrzeby życiowe (konkurencja o światło, wodę, przestrzeń, składniki mineralne), a nisze ekologiczne są podobne i często się pokrywają. Jej efektem jest rozdzielenie nisz ekologicznych populacji o podobnych wymaganiach życiowych, a tym samym – eliminacja słabszych, mniej przystosowanych.	



Typ interakcji	A	B	Charakterystyka	Przykłady
wewnątrzgatunkowa	–	–	Konkurencja wewnątrzgatunkowa jest silniejsza od międzygatunkowej i prowadzi do zróżnicowania wielkości osobników, a także przyczynia się do migracji i terytorializmu.	kormoran czarny i kormoran czubaty
międzygatunkowa			Konkurencja międzygatunkowa może modyfikować cechy morfologiczne i fizjologiczne czy zachowanie osobników. U roślin obserwowane jest zjawisko allelopatii, czyli wydzielania substancji chemicznych do środowiska, uniemożliwiających lub utrudniających współwystępowanie innych gatunków roślin (duże znaczenie praktyczne przy uprawie roślin).	- bawół i zebra - mewa srebrzysta i kormoran czarny - substancje chemiczne wydzielane przez orzech włoski - antybiotyki wydzielane przez grzyby
Drapieżnictwo	+	–	Zabijanie i zjadanie osobnika jednej populacji (ofiara) przez osobnika drugiej populacji (drapieżca). Drapieżnik jest naturalnym regulatorem liczebności populacji ofiary (chroni przed przekroczeniem pojemności środowiska), usuwając ze środowiska osobniki słabe, zwiększa zróżnicowanie w populacji ofiar oraz ich dostosowanie. Nie prowadzi do całkowitego wygaśnięcia populacji ofiary (wyjątkiem są warunki laboratoryjne).	- ryś i zając - lew i antylopa - szczupak i płoć - jaskółka i mucha - rośliny drapieżne (rosiczka) i owady
Pasożytnictwo	+	–	Populacja jednego gatunku (pasożyta) żyje w ciele lub na ciele drugiego (gospodarza, czyli żywiciela). Pasożyt jest mniejszy od żywiciela, żyje na jego koszt, a czasami (choć niezbyt często) przyczynia się do jego śmierci. Śmierć żywiciela może oznaczać śmierć pasożyta, pozbawionego pokarmu i środowiska życia.	- tasiemiec i człowiek - kleszcz i pies - komar i człowiek - węgorek i burak



W zależności od typu konkurencji obserwujemy następujące jej konsekwencje:

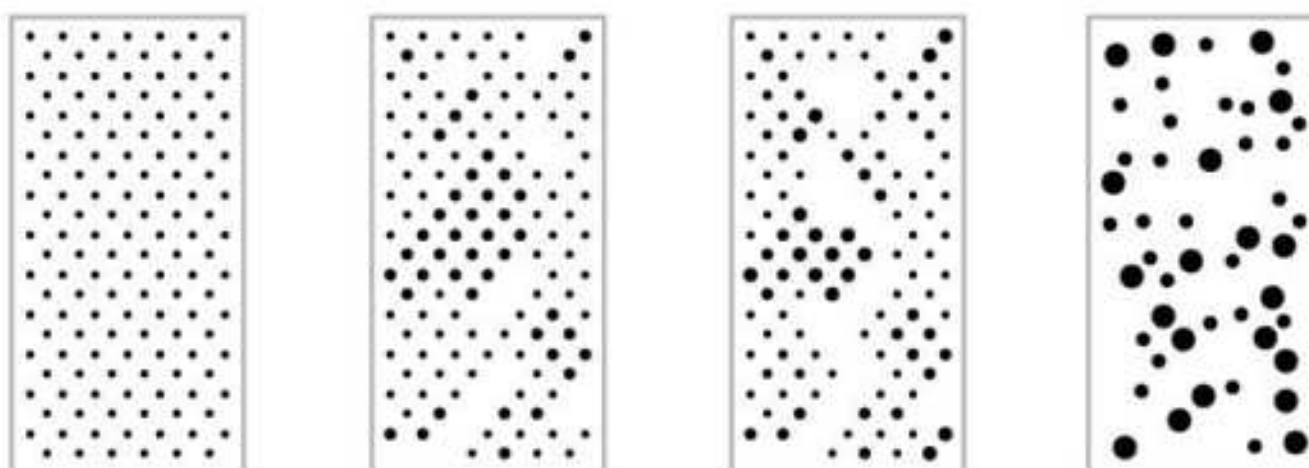
– konkurencja wewnątrzgatunkowa

Konkurencja wewnątrzgatunkowa **reguluje w naturalny sposób liczebność osobników** w populacji. Wzrost zagęszczenia osobników wyzwała między nimi rywalizację o zasoby środowiska, co skutkuje wzrostem śmiertelności, spadkiem rozrodczości i osłabieniem wzrostu osobników. Może to spowodować migrację osobników w celu znalezienia środowiska o mniejszym zagęszczeniu, a tym samym sprzyja słabszym oddziaływaniom konkurencyjnym (**ryc. II.3.4.**).



Ryc. II.3.4. Migrację spotykamy także u roślin, których większość wytwarza nasiona przenoszone na dużą odległość przez wiatr, na sierści zwierząt, w przewodzie pokarmowym zwierząt owocożernych lub przez wodę.

U organizmów osiadłych – roślin czy niektórych zwierząt, takich jak pąkle czy małże, które nie mogą przeciwdziałać konkurencji wewnątrzgatunkowej przez ucieczkę – najslabsze osobniki giną. Wzrasta wówczas dostęp do zasobów środowiska, co wpływa na rozwój pozostałych osobników (**ryc. II.3.5.**).



Ryc. II.3.5. W jednowiekowej populacji roślin w wyniku konkurencji obserwowanej przez ponad 50 lat (liczba osobników, średnica pierścienia) przeżywają osobniki najsilniejsze o większych rozmiarach ciała (średnica pierścienia pnia).

– konkurencja międzygatunkowa

Konkurencja międzygatunkowa zachodząca pomiędzy organizmami należącymi do różnych gatunków, ale wykazującymi podobne wymagania w stosunku do środowiska, może doprowadzić do **wyparcia jednego z gatunków przez konkurenta** lub **współwystępowania obu**.

Jeśli dwa gatunki zajmują takie same nisze ekologiczne, po pewnym czasie nastąpi wyparcie gatunku słabszego przez silniejszy w wyniku konkurencji, na przykład o przestrzeń życiową czy dostęp do pokarmu. Określa to **zasada konkurencyjnego wypierania** mówiąca o tym, że w jednej niszy ekologicznej może występować tylko jeden gatunek (ryc. II.3.6.).



Ryc. II.3.6. Wiewiórka szara (*Sciurus carolinensis*) pochodząca z Ameryki Północnej (A) w wyniku konkurencji o pokarm wypiera europejski gatunek (B) wiewiórki pospolitej (*Sciurus vulgaris*). Dodatkowo wiewiórka szara roznosi wirusa śmiertelnego dla wiewiórki europejskiej.

Jeśli nisze ekologiczne dwóch gatunków pokrywają się tylko częściowo, wówczas gatunki mogą współwystępować, ale korzystają z innych zasobów środowiska. Obecność konkurenta może doprowadzić do modyfikacji cech morfologicznych czy fizjologicznych drugiego gatunku – tzw. **konkurencyjnego rozszczepienia cech** (ryc. II.3.7.). Nieobecność konkurenta może doprowadzić do rozszerzenia niszy ekologicznej – tzw. **wyzwolenia konkurencyjnego**.



pokarm:
owady



pokarm:
owoce, nasiona, owady



pokarm:
nasiona

Ryc. II.3.7. Konkurencja międzygatunkowa u trzech gatunków zięb Darwina zamieszkujących ten sam obszar prowadzi do rozejścia się nisz ekologicznych i korzystania z innego rodzaju pokarmu, do czego ptaki się przystosowały poprzez modyfikację wielkości i kształtu dziobów. Gatunki o większym, masywnym dziobie odżywiają się większymi i twardymi nasionami; gatunki o mniejszym dziobie korzystają z mniejszych i miękkich nasion lub żywią się owadami.

Drapieżnictwo jest najbardziej antagonistyczną interakcją. Drapieżnik wybiera ofiarę, która dostarczy największej ilości energii, co zrekompensuje drapieżnikowi straty energii poniesione na polowanie. Zwykle są to osobniki o średnich rozmiarach ciała. Polowanie na duże osobniki zajmuje dużo czasu, a zbyt małe ofiary mogą przynieść drapieżnikowi niewielki zysk energetyczny. Układ drapieżnik – ofiara jest bardzo dynamiczny, co oznacza, że oba jego elementy nawzajem regulują swoją liczebność (ryc. II.3.8.).

zależność
drapieżnik – ofiara



Ryc. II.3.8. Zmiany liczebności wilków (drapieżnik) i łosi (ofiara). Jeśli w wyniku intensywnych połowów drapieżnika spada liczebność ofiar, to po pewnym czasie na skutek braku pożywienia zmaleje liczebność drapieżnika. Wówczas następuje odrodzenie populacji ofiary i zmiany liczebności obu populacji cyklicznie się powtarzają. Zmiany w układzie drapieżnik – ofiara, roślinożerca – roślina mają charakter ujemnego sprzężenia zwrotnego.

Wśród drapieżników wyróżnia się roślinożerców odżywiających się pokarmem roślinnym, mięsożerców odżywiających się pokarmem zwierzęcym oraz wszystkożerców.



Miliony lat wspólnego oddziaływania drapieżników i ich ofiar doprowadziły do wykształcenia szeregu **adaptacji**. Drapieżnik – mięsożerca wykształcił między innymi wyostrome zmysły słuchu i powonienia, pazury, zęby jadowe, żądła, toksyny, szybkość, zwinność i możliwość maskowania się. Natomiast ofiara broni się ucieczką, tworzeniem skupisk, ubarwieniem ochronnym czy ostrzegawczym, pozami odstraszającymi, na przykład stroszeniem sierści, pokazywaniem kłów, tupaniem kończynami, okrzykami alarmującymi, środkami mechanicznymi (kolce u jeży, kopyta i rogi u przeżuwaczy), mimikrą (upodabnianie się gatunków bezbronnych do innych, niejadalnych lub drapieżnych) czy mimetyzmem (upodabnianiem się do otoczenia barwą) (ryc. II.3.9.).

Strategia drapieżnika – mięsożerco



Lew, polując na ofiarę, może biec z prędkością 50–60 km.

Strategia ofiary



Ofiara – antylopa broni się przed atakiem drapieżnika ucieczką.



Myszołowy, duże drapieżniki, polują na ofiarę, wykorzystując dobry wzrok. Do zabijania i rozszarpywania służą tym ptakom ostre szpony.



Ofiary, drobne gryzonie, np. norniki, chronią się w kryjówkach – norach.



Drapieżne osy polują na ofiary, m.in. inne owady, wbijając w ich ciało żądło z gruczołem jadowym.



Ofiara – przeziernik osowiec – upodabnia się kształtem ciała, barwą i wzorem na odwłoku do drapieżnej osy.

Ryc. II.3.9. Adaptacje w strategiach drapieżnik (mięsożerca) i ofiara.



Drapieżnik – roślinożerca rozwinął zęby siekacze umożliwiające ścieranie pokarmu, wielokomorowy żołądek (np. u przeżuwaczy), długie jelito cienkie, dobrze rozwinięte zmysły smaku i węchu umożliwiające rozpoznawanie roślin trujących. Żyje w symbiozie z bakteriami i Protista (np. przeżuwacze, termity). Rośliny w obronie przed zjadaniem przez roślinożerców wytworzyły adaptacje strukturalne – kolce, ciernie, włoski parzące czy kłujące oraz adaptacje chemiczne w postaci odstraszających związków chemicznych (garbniki, olejki eteryczne) (ryc. II.3.10.).

Strategia drapieżnika – roślinożerco



Roślinożerco, np. nutria, mają silnie rozwinięte siekacze, które umożliwiają ścinanie pokarmu.

Strategia ofiary



Rośliny wytworzyły twarde ściany komórkowe wysyczone ligniną, celulozą.



Termity odżywiające się drewnem żyją w symbiozie z bakteriami i Protista, ułatwiają im trawienie celulozy.



Rośliny mają celulozowe ściany komórkowe, które są trudne do strawienia przez zwierzęta.

Ryc. II.3.10. Adaptacje w strategiach drapieżnik (roślinożerca) i ofiary.

Pasożytnictwo jest interakcją, w której jeden organizm – pasożyt żyje kosztem innego organizmu – gospodarza lub żywiciela. W układzie pasożyt – żywiciel organizm żywiciela jest dla pasożyta nie tylko źródłem pokarmu, lecz także miejscem jego bytowania. Pasożyty mogą żyć wewnątrz ciała (np. glisty) oraz na zewnątrz (np. kleszcze czy wszy). Wytworzyły doskonałe adaptacje do takiego sposobu życia, takie jak: złożony cykl rozwojowy z wieloma żywicielami pośrednimi (np. przywra krwi zaraża ok. 200 mln ludzi na ziemi), produkcja ogromnej liczby jaj (przez co następuje zwiększenie szans zarażenia nowego żywiciela), przystosowania w budowie ciała (spłaszczone ciało, obecność elementów czepnych, brak pewnych narządów i układów, np. układu pokarmowego), oddychanie beztlenowe u pasożytów wewnętrznych (tasiemce, przywry). Żywiciel – zwierzę broni się przed pasożytem

układ
pasożyt – żywiciel



odpowiedzią immunologiczną, produkując przeciwciała i oczyszczając ciało z pasożytów. Rośliny wytwarzają chemiczne związki obronne lub reagują miejscowym obumieraniem tkanek (**ryc. II.3.11.**).

Strategia drapieżnika – mięsożercy



Niektóre pasożyty zewnętrzne, np. wszy, kleszcze, żyją okresowo na powierzchni ciała zwierząt w celu pobrania pokarmu.

Strategia żywiciela



Żywiciel jako strategię obrony stosuje oczyszczanie powierzchni z pasożytów.



Pasożyty wewnętrzne kręgowców, np. tasiemce, najważniejsze stadia cyklu rozwojowego przechodzą w organizmie.



Ofiara stosuje broń immunologiczną – limfocyty T, limfocyty B i przeciwciała żywiciela.



Pasożyty roślin mogą żyć na powierzchni rośliny lub wewnątrz niej.



Rośliny jako kontradaptację stosują nekrozę – obumieranie miejscowe komórek, co skutecznie zapobiega dalszemu rozprzestrzenianiu się pasożyta.

Ryc. II.3.11. Adaptacje w strategiach pasożyta i żywiciela.

Gdy dwie populacje nie oddziałują na siebie, wówczas mówimy o **neutralizmie**.



Eksperyment

Badanie konkurencji międzygatunkowej u roślin

Wprowadzenie: Konkurencja międzygatunkowa to konkurencja osobników dwóch lub więcej gatunków korzystających z tych samych ograniczonych zasobów środowiska.

Problem badawczy: Jakie są skutki konkurencji międzygatunkowej rzeżuchy i pokrzywy zwyczajnej?

Hipoteza badawcza: Pokrzywa zwyczajna ogranicza kiełkowanie i wzrost nasion rzeżuchy.

Instrukcja przeprowadzenia eksperymentu: Przygotowanie próby kontrolnej i badawczej. Przygotuj dwa jednakowej wielkości spodki szklane i wyłóż je jednakowej grubości ligniną. Liście świeżej pokrzywy zalej wodą destylowaną. Następnie uzyskany roztwór przesącz przez bibułę filtracyjną w celu uzyskania klarownego wyciągu. Pierwszy spodek zwilż wyciągiem z pokrzywy (próba badawcza), drugi – samą wodą destylowaną (próba kontrolna). Na spodki wysiej po 50 nasion rzeżuchy w takich samych odległościach. Ustaw spodki w tym samym miejscu.

Wyniki: Po tygodniu policz wykiełkowane nasiona w każdym spodku. Następnie zmierz za pomocą papieru milimetrowego długość części nadziemnej każdej rośliny.

Wniosek: Wyciąg z liści pokrzywy zwyczajnej ogranicza kiełkowanie nasion rzeżuchy i wzrost rośliny.

Wyjaśnienie: W doświadczeniu zaobserwowano konkurencję międzygatunkową u roślin – allelopatię.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

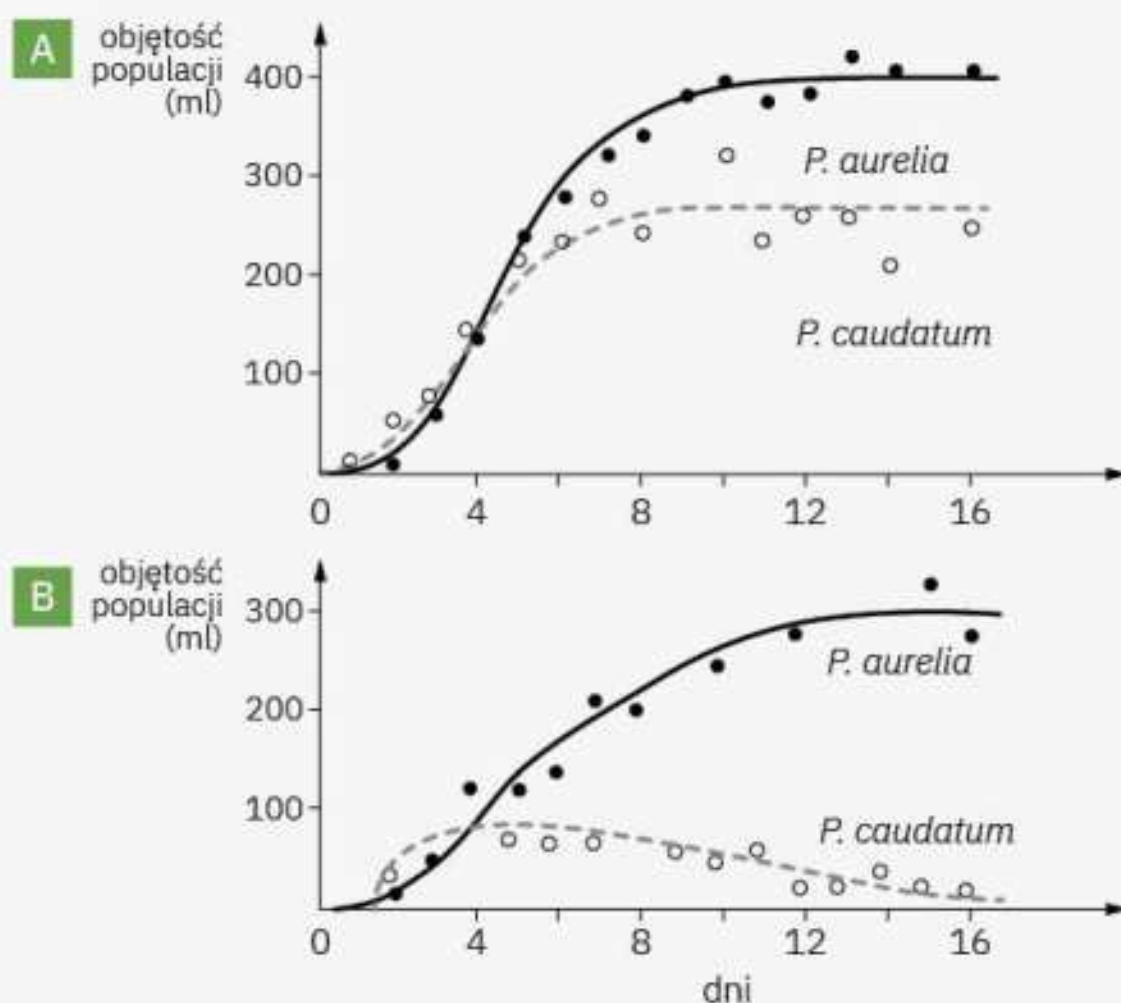
1. Na zdjęciach przedstawiono przykłady zróżnicowania koloru i ułożenia pasków na muszli osobników ślimaka wstężyka gajowego.



Wyjaśnij znaczenie takiej różnorodności w interakcji drapieżnik – ofiara.



- Wyjaśnij znaczenie interakcji antagonistycznych – konkurencji, drapieżnictwa i pasożytnictwa w regulacji liczebności.
- Na schemacie przedstawiono eksperymenty dotyczące konkurencji między gatunkami pantofelków: *Paramecium aurelia* i *P. caudatum*.



Na rysunku A przedstawiono wynik eksperymentu, podczas którego populacje dwóch gatunków *Paramecium aurelia* i *P. caudatum* hodowane były na tej samej pożywce oddzielnie, a na rysunku B – hodowane na tej samej pożywce razem. Wyjaśnij przyczyny różnic w rozwoju populacji w dwóch przedstawionych hodowlach.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 74

Organizmy należące do różnych lub tych samych gatunków są powiązane licznymi **interakcjami** nie-antagonistycznymi (mutualizm obligatoryjny i fakultatywny, komensalizm) i antagonistycznymi (konkurencja, drapieżnictwo, pasożytnictwo).

s. 79

W układach **drapieżnik – ofiara** oraz **pasożyt – żywiciel** powstały adaptacje ze strony dwóch oddziałujących na siebie gatunków.



4. Zależności pokarmowe w ekosystemach

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, co to są łańcuchy i sieci troficzne;
- poznasz produktywność ekosystemu;
- scharakteryzujesz krążenie materii i przepływ energii w ekosystemie;
- opisziesz obieg węgla i azotu w przyrodzie.

Ekosystem jest podstawową jednostką funkcjonalną w przyrodzie. Składa się z zespołu organizmów żywych (**biocenozy**) oraz ich środowiska nieożywionego (**biotopu**). W biocenozie zespoły gatunków są powiązane przede wszystkim zależnościami pokarmowymi. Ze względu na rodzaj pobieranego pokarmu wyróżniamy **producentów** i **konsumentów**, a biorąc pod uwagę rolę w ekosystemie – producentów, konsumentów oraz destruentów. Każda z tych grup organizmów tworzy **poziom troficzny** (gatunki o podobnym charakterze odżywiania). **Producentami** są organizmy autotroficzne, czyli samożywne, wytwarzające związki organiczne z prostych związków nieorganicznych oraz przekształconej energii słonecznej. Taką zdolność mają przede wszystkim rośliny zielone, glony oraz niektóre bakterie (**ryc. II.4.1.**).

struktura
troficzna

producent



Ryc. II.4.1. W głębi oceanów w pobliżu kominów hydrotermalnych producentami są organizmy prokariotyczne, które pozyskują energię na drodze chemosyntezy.

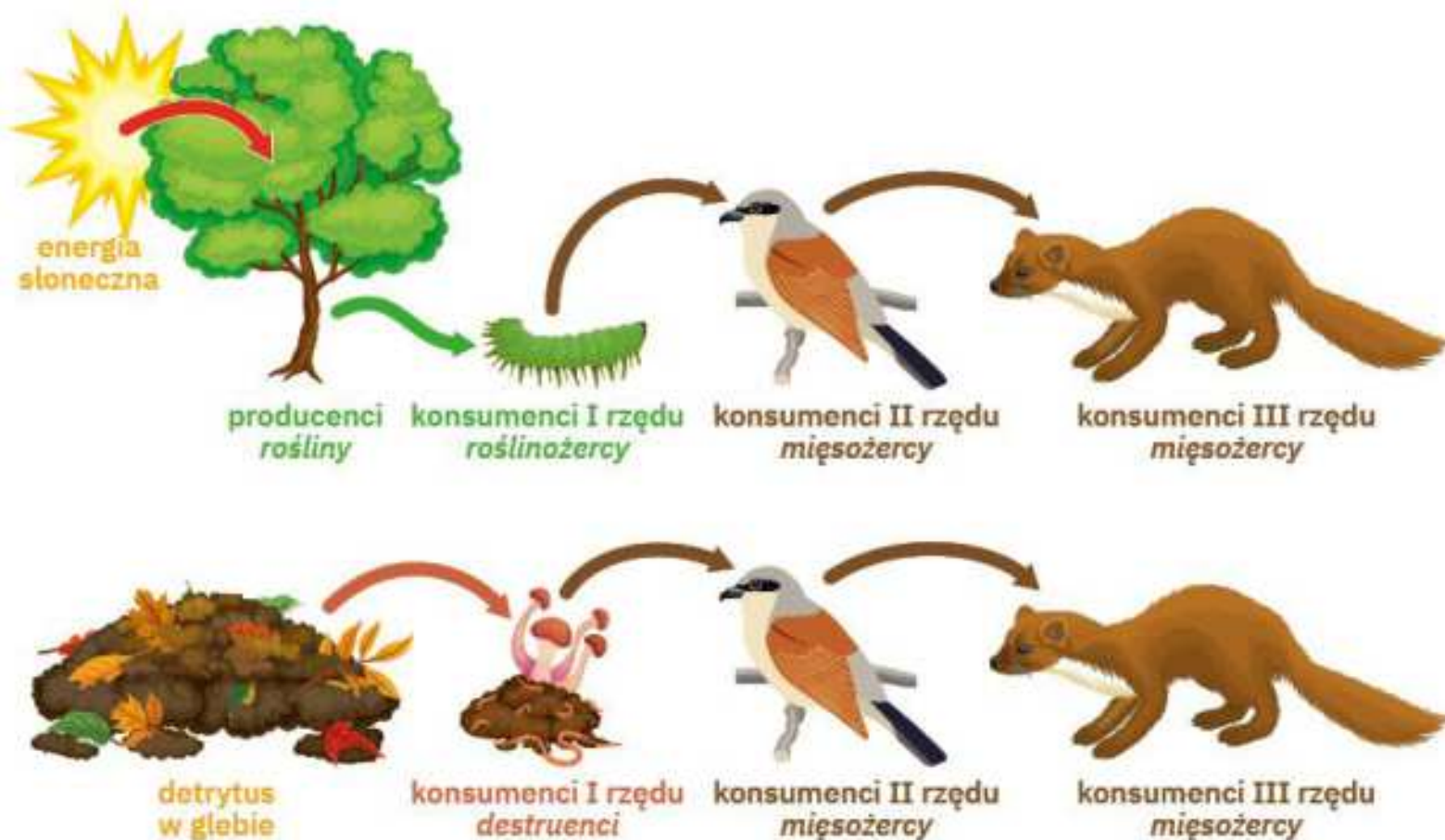
Tak wytworzona materia organiczna jest wykorzystywana do procesów metabolicznych oraz częściowo zostaje wbudowana w ciała producentów, tworząc tzw. **biomasę**. Z biomasy producentów korzystają, jako organizmy heterotroficzne, czyli cudzożywne, pozostałe grupy konsumentów. **Roślinożercy** odżywiający się producentami to **konsumenci I rzędu**. **Mięsożercy** odżywiający się roślinożercami tworzą **poziom drapieżników I rzędu** (czyli konsumentów II rzędu), a zjadający



drapieżniki I rzędu stają się **drapieżnikami II rzędu** (czyli konsumentami III rzędu). Martwymi szczątkami producentów i konsumentów oraz inną martwą materią organiczną (np. opadłymi liśćmi, resztkami owoców, niestrawionymi częściami pokarmowymi) odżywiają się **destruenci** (głównie bakterie i grzyby). W ten sposób przekształcają związki organiczne ze wszystkich poziomów troficznych w związki nieorganiczne, z których korzystają producenci. To zamyka łańcuch krążenia pierwiastków w przyrodzie.

Łańcuchy i sieci troficzne

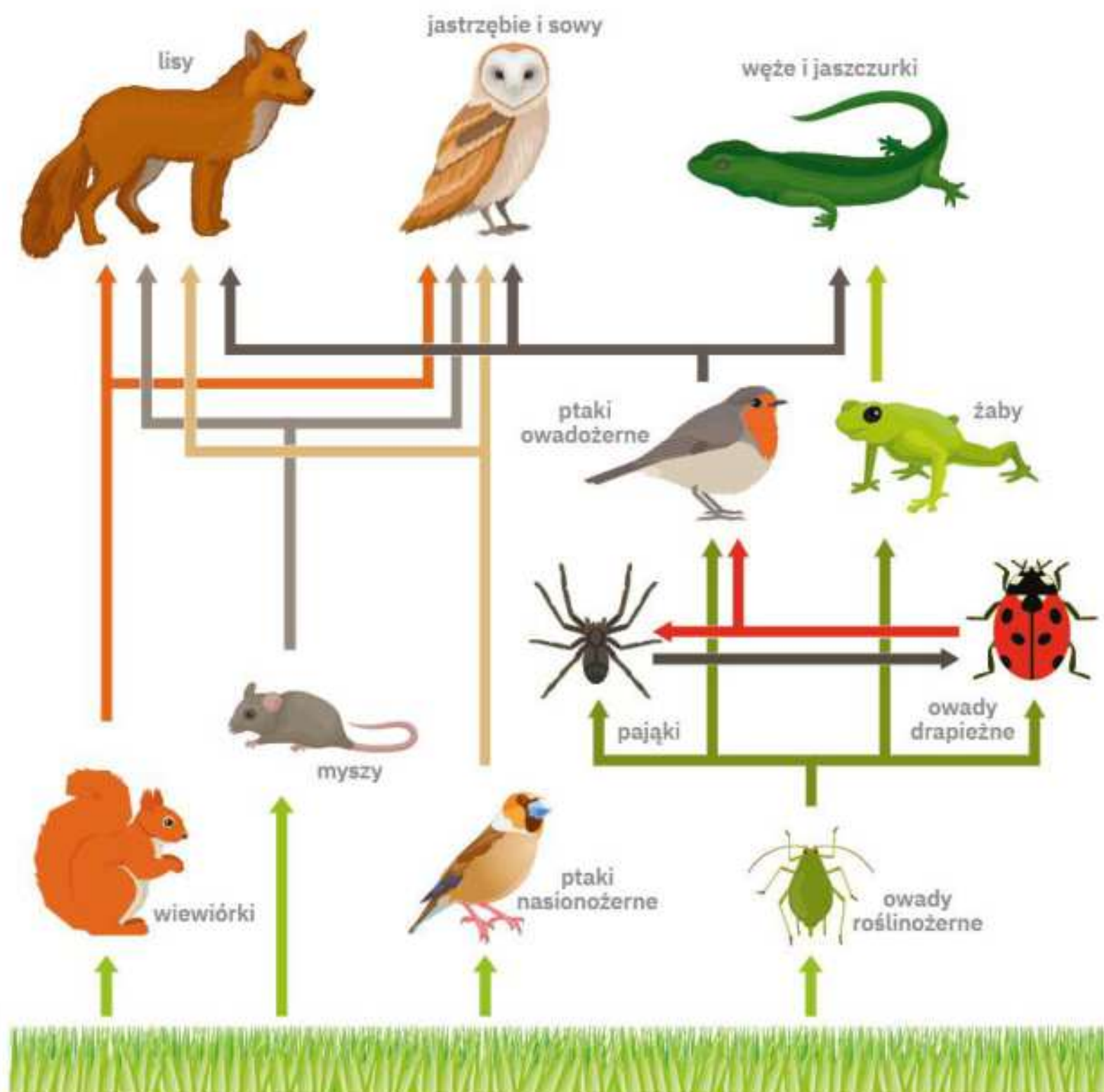
Rośliny, roślinożercy i drapieżcy tworzą **łańcuchy troficzne** (pokarmowe), czyli uporządkowane szeregi grup organizmów, z których każda jest podstawą pożywienia następnej grupy (roślina zostaje zjedzona przez zwierzę, to zaś – zjedzone przez inne zwierzę, a kolejne przez jeszcze inne itd.) (**ryc. II.4.2.**). Na przykład w biocenozie lądowej producentami są rośliny zielone, które stanowią pożywienie dla gąsienic owadów. Te zwierzęta są zjadane przez ptaki drapieżne, którymi mogą się żywić ssaki drapieżne. Wyróżnia się dwa rodzaje łańcuchów pokarmowych: łańcuch spasanania oraz łańcuch detrytusowy. W łańcuchu spasanania pierwszym ogniwem są producenci, natomiast w łańcuchu detrytusowym – martwa materia organiczna (detrytus), którą stanowią martwe szczątki roślin i zwierząt. Z detrytusy korzystają mikroorganizmy, grzyby i zwierzęta detrytusozerne (np. dżdżownica). Kolejne poziomy łańcucha troficznego są takie same jak w łańcuchu spasanania (**ryc. II.4.2.**).



Ryc. II.4.2. Przykładowy łańcuch pokarmowy spasanania i detrytusowy w biocenozie lądowej. Pominięto destruentów żywiących się każdym poziomem troficznym.



W naturalnych ekosystemach łańcuchy troficzne nie są proste. W rzeczywistości każdy łańcuch nie jest izolowany, ale łączy się z wieloma innymi łańcuchami, tworząc **sieć pokarmową**. Przedstawiciele poszczególnych ogniw sieci są zjadani przez więcej niż tylko jeden gatunek roślinożercy czy przez więcej niż jeden gatunek drapieżcy. Każdy konsument może odżywiać się różnymi gatunkami; roślinożerca – różnymi roślinami, drapieżnik – różnymi ofiarami (**ryc. II.4.3.**). W sieci pokarmowej przedstawionej na rycinie owadami roślinożernymi mogą się żywić pająki, owady drapieżne, ptaki owadożerne, a także płazy – żaby. Pokarmem węży i jaszczurek mogą być zarówno żaby, jak i ptaki owadożerne.

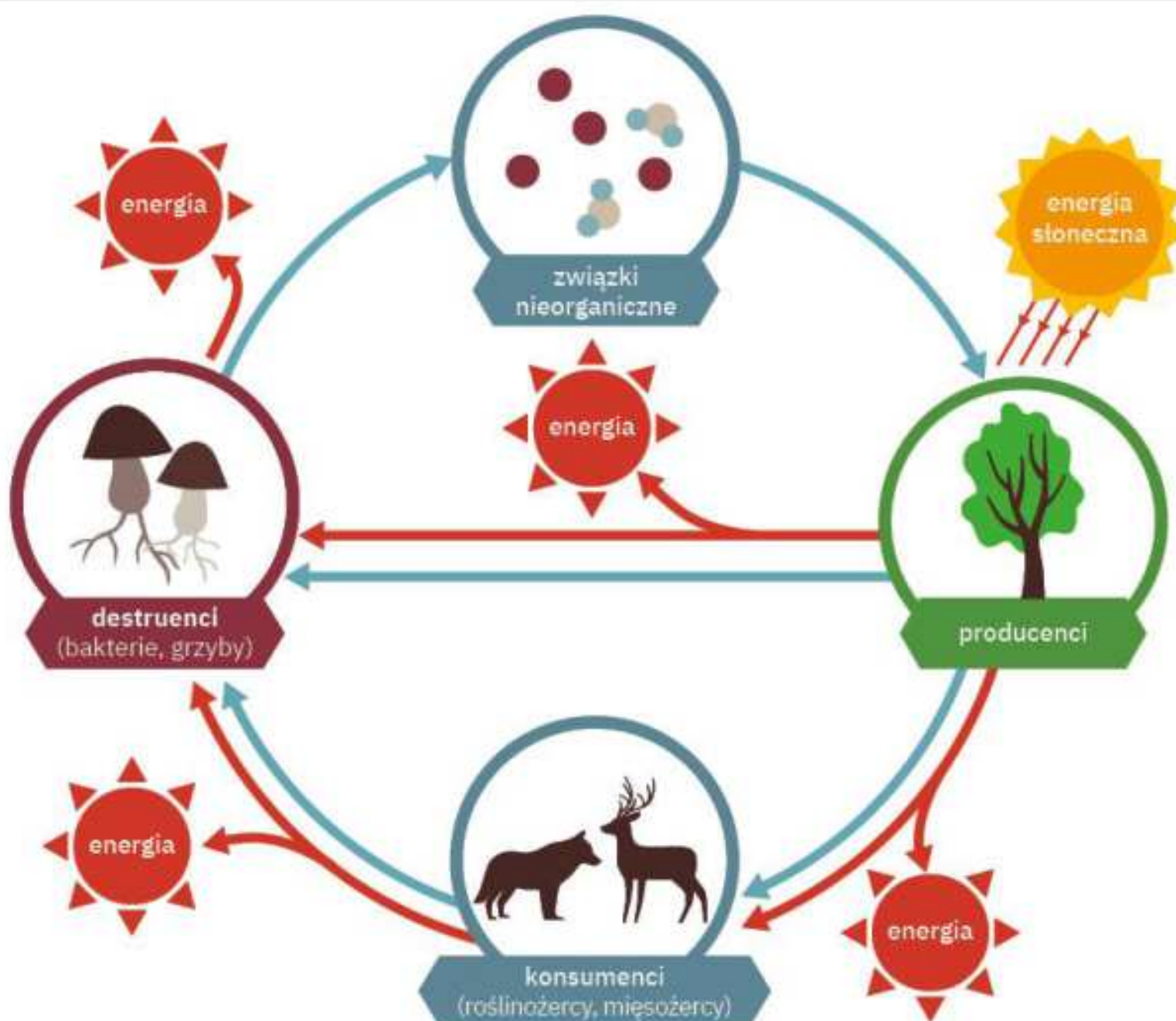


Ryc. II.4.3. Przykładowa lądowa sieć pokarmowa. Strzałki oznaczają przepływ pokarmu od producenta (trawa) na wyższe poziomy troficzne. Pominięto destruentów żywiących się każdym poziomem troficznym.



Produkcja pierwotna i wtórna

Materia organiczna wytworzona przez producentów i wbudowana w ich tkanki jest wykorzystywana przez konsumentów wyższych poziomów troficznych. Producenci są zjadani przez konsumentów I rzędu, a ci przez konsumentów II rzędu, konsumentów II rzędu zjadają konsumenci III rzędu. Destruenci, rozkładając martwą materię organiczną, uwalniają nieorganiczne składniki pokarmowe, które wykorzystują producenci do wytworzenia pokarmu dla organizmów cudzożywnych. Na przykład w biocenozie lasu bakterie i grzyby rozkładają martwe szczątki organizmów roślinnych, opadłe liście i owoce. Tymi szczątkami odżywiają się dżdżownice, które mogą być zjadane przez ptaki. Dzięki temu w przyrodzie mamy do czynienia z **zamkniętym obiegiem materii** (ryc. II.4.4.).



Ryc. II.4.4. Schemat krążenia materii i przepływu energii przez ekosystem.

przepływ energii
w ekosystemie

Energia w ekosystemie przepływa, w odróżnieniu od materii, która w nim krąży (ryc. II.4.4.). Ekosystem pod względem energetycznym jest układem otwartym. Nie produkuje sam energii. Głównymi źródłami energii są słońce oraz energia re-



akcji chemicznych zachodzących w procesach chemicznych (syntezy lub rozkładu). Producenci ekosystemu przekształcają energię słoneczną w energię chemiczną, którą przechowują w swoich tkankach. Jest ona dalej wykorzystywana przez organizmy cudzożywne (konsumentów). Na każdym poziomie troficznym następują duże jej straty. Z poziomu na poziom przechodzi tylko około 10% energii. Reszta zużywana jest na własną przemianę materii i energii organizmów danego poziomu – zostaje wydzielana i rozpraszana jako ciepło. W związku z tym przepływ energii zachodzi w jednym kierunku i nie tworzy zamkniętego obiegu.

Przeciętnie tylko około 1% (a najwyżej do 5%) padającej na powierzchnię Ziemi energii zostaje zużyte przez rośliny w procesie fotosyntezy i zmienione w energię chemiczną ich tkanek, to znaczy w materię organiczną, z której zbudowane są ciała roślin.

Całość materii organicznej wytworzonej przez rośliny nazywamy **produkcją pierwotną brutto**. Część produkcji pierwotnej wytworzonej przez producentów zostaje zużyta na ich potrzeby w procesie oddychania (ok. 10%), reszta jest dostępna dla organizmów cudzożywnych, czyli konsumentów. Jest to **produkcja pierwotna netto** (**produkcja pierwotna brutto pomniejszona o straty w procesie oddychania**). Materię organiczną przyswojoną przez konsumentów razem z energią zgazowaną w ich tkankach nazywamy **produkcją wtórną brutto**. Tę część, która pozostaje w tkankach konsumentów po odjęciu kosztów utrzymania (oddychanie, utrzymanie stałej temperatury ciała), nazywamy **produkcją wtórną netto**.

produkcja
pierwotna

produkcja
wtórna

Cykle biogeochemiczne

Funkcjonowanie ekosystemów opiera się na krążeniu materii i przepływie energii. Łączność między poszczególnymi ekosystemami zapewniają obiegi pierwiastków i związków chemicznych – **cykle biogeochemiczne**. Niezwykle ważny dla życia wszystkich organizmów jest obieg węgla i azotu.

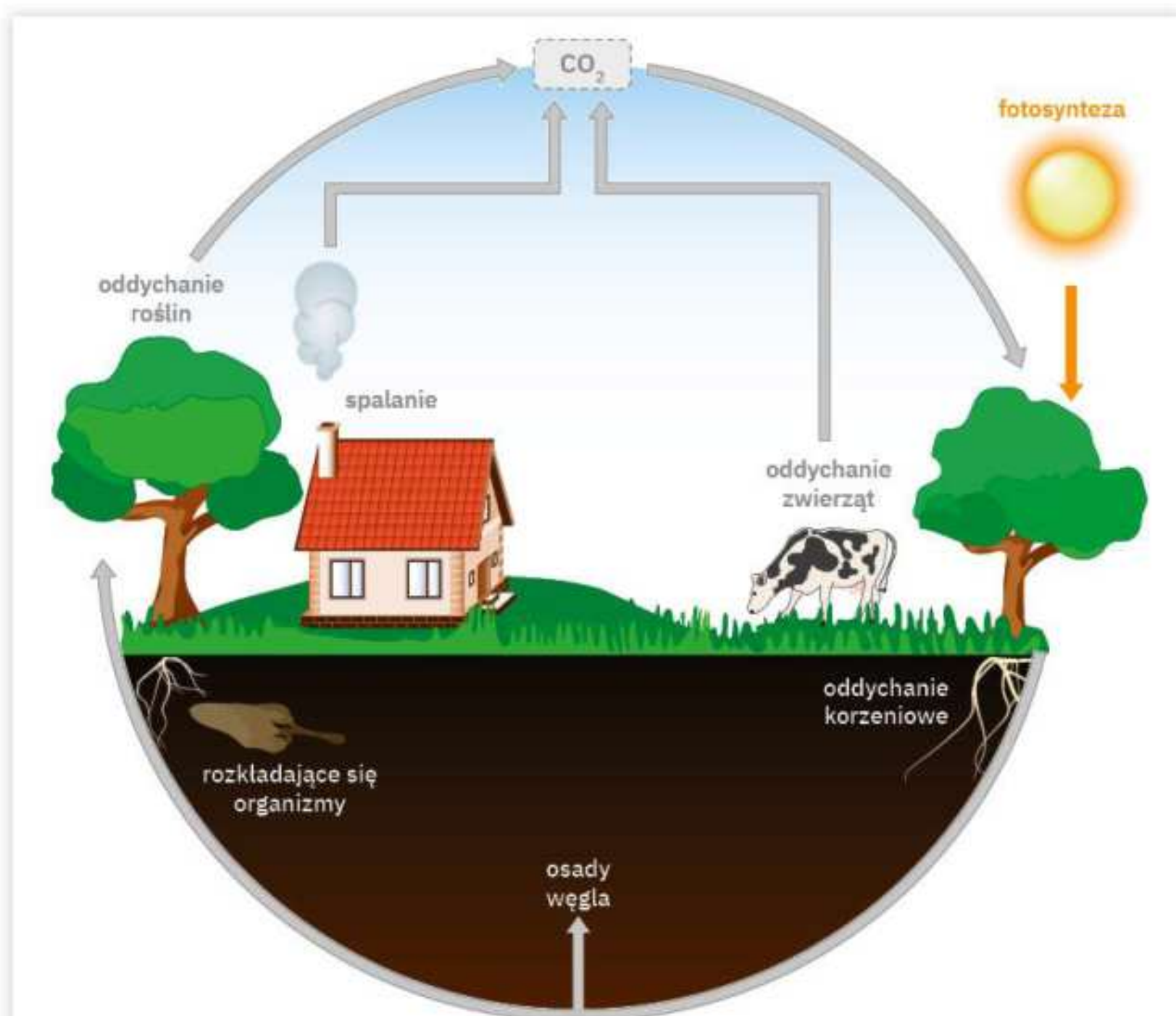
Obieg węgla

Podstawą wytwarzania materii organicznej przez rośliny jest tylko gazowy dwutlenek węgla CO_2 . W takiej postaci węgiel jest włączony do obiegu (**ryc. II.4.5.**).

Znajduje się on w stanie gazowym w atmosferze lub jest rozpuszczony w wodzie. W procesie fotosyntezy dwutlenek węgla zostaje przekształcony w związki organiczne – węglowodany (cukry proste i wielocukry), a także, w wyniku skomplikowanych reakcji, w białka i tłuszcze. Te substancje zawarte w roślinach stają się pokarmem zwierząt. Rośliny i zwierzęta wydalają dwutlenek węgla podczas oddychania. Powstaje on także przy rozkładzie i mineralizacji obumarłych ciał roślin i zwierząt przez grzyby i bakterie.

krążenie
pierwiastków
chemicznych





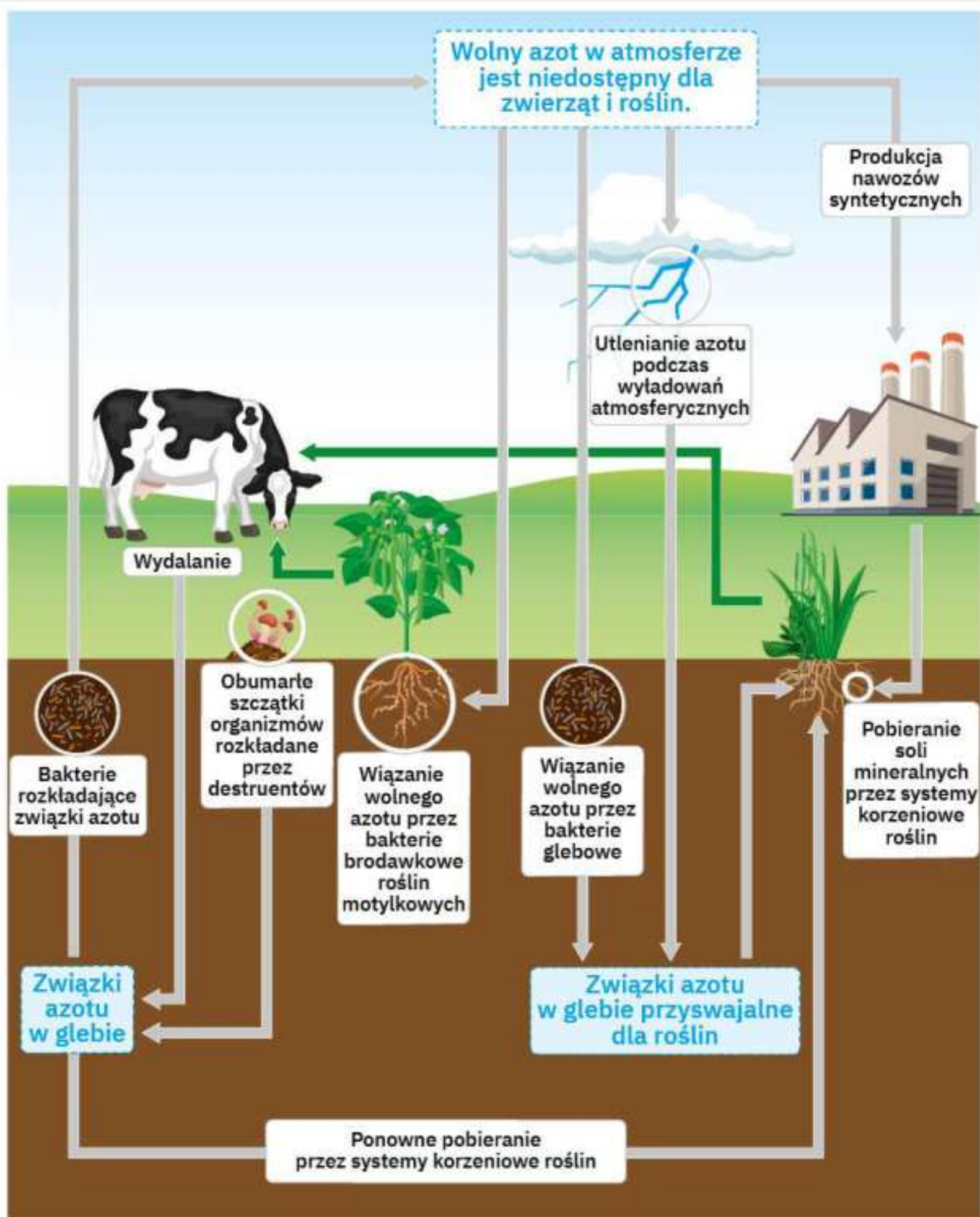
Ryc. II.4.5. Schemat obiegu węgla w przyrodzie.

Na obieg węgla składają się więc dwa zasadnicze procesy – fotosynteza i oddychanie (z towarzyszącym rozkładem materii organicznej). Ilości wydalanego CO_2 przy oddychaniu i rozkładzie materii organicznej są duże i zasilają stale jego zapas w atmosferze. Działalność człowieka zwiększa znacznie ilości CO_2 w powietrzu przez spalanie drewna i paliw kopalnych (węgiel kamienny i brunatny oraz ropa naftowa). Istotnym źródłem CO_2 są także gazy wulkaniczne wydobywające się podczas erupcji wulkanów. Duży udział w wiązaniu dwutlenku węgla na kuli ziemskiej mają lasy – masowe niszczenie zasobów leśnych przez człowieka stanowi więc duże zagrożenie dla utrzymania równowagi CO_2 w skali całej biosfery. Zwiększenie zawartości CO_2 w powietrzu wpływa na problemy cieplne Ziemi – może spowodować globalne zmiany klimatu.



Obieg azotu

Niezbędnym składnikiem wszystkich organizmów jest azot, wchodzący w skład białek i kwasów nukleinowych (materiału dziedzicznego) (ryc. II.4.6.).



Ryc. II.4.6. Schemat obiegu azotu w przyrodzie.



Mimo że w powietrzu azotu jest bardzo dużo (78%), większość organizmów nie ma zdolności przyswajania go w postaci gazowej. Problemem jest związanie tego pierwiastka w takie związki, które mogłyby zostać użyte do syntezy białka. Tylko kilka gatunków mikroorganizmów potrafi tego dokonać. Są to bakterie żyjące w brodawkach korzeniowych roślin motylkowych (np. grochu, fasoli, łubinu), bakterie glebowe oraz sinice (w środowisku wodnym). Azot atmosferyczny może też zostać zamieniony w tlenki azotu podczas burz (dzięki wyładowaniom elektrycznym). Deszcz spłukuje je do gleby, gdzie tworzą się azotany, następnie pobierane przez rośliny i włączane w białka roślin. Aminokwasy, syntetyzowane pierwotnie przez rośliny, służą po ich zjedzeniu do wytworzenia białka zwierzęcego. Azot jest zwracany atmosferze przez bakterie po rozkładzie białka zawartego w obumarłych roślinach i zwierzętach oraz w wydalinach zwierząt (amoniak, mocznik, kwas moczowy). Amoniak dzięki bakteriom zostaje przekształcony w azotany lub po rozkładzie wraca do atmosfery.

W niektórych sytuacjach, na przykład przy nieumiejętnym nawożeniu, związki azotu są wymywane z gleby i spływają do wód, wzmagając ich żyzność. Powoduje to „zakwity” glonów, czyli ich masowy rozwój. Narusza to równowagę biologiczną zbiorników.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Z podanych gatunków ulóż schemat łańcucha detrytusowego.
porosty, fitoplankton, ślimak, ryba, liść dębu, ryba, martwa materia organiczna, dżdżownica
2. W poniższym zapisie łańcucha pokarmowego w środowisku lądowym:
igły sosny – larwy owadów – ślimak – bażant – człowiek
wskaz konsumentów III rzędu. Wyjaśnij, jakie zmiany nastąpią w łańcuchu pokarmowym, jeżeli usuniemy z niego ślimaka.
3. Wyjaśnij sformułowanie „w ekosystemie materia krąży, a energia przepływa”.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 85

Strukturę troficzną ekosystemu tworzą producenci, konsumenci oraz destruenci (reducenci).

s. 85

Producenci wytwarzają materię organiczną w procesie fotosyntezy lub chemosyntezy.

s. 88

Energia przepływa przez ekosystem, a materia krąży między jego elementami.

s. 89

Biomasa wytworzona przez producentów to **produkcja pierwotna ekosystemu**, a materia organiczna przyswojona przez konsumentów to **produkcja wtórna**.

s. 89

Konsekwencją istnienia w przyrodzie łańcuchów pokarmowych jest **krążenie pierwiastków chemicznych**.



5. Dojrzewanie ekosystemu – sukcesja ekologiczna

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz sukcesję ekologiczną;
- dowiesz się, jakie zmiany zachodzą podczas sukcesji.

Ekosystemy nie są całkowicie stałe i niezmiennie. W wielu z nich można zaobserwować kierunkowy, stopniowy proces zmian, w wyniku których na danych terenach powstają nowe ekosystemy. Proces ten nazywany jest **sukcesją (dojrzewaniem ekosystemu)**. Składa się ona z szeregu tzw. **stadiów sukcesyjnych**, w których stopniowo przekształcające się biocenozy zmieniają swoje środowisko, coraz bardziej je modyfikując. W zmienionym środowisku kształtuje się nowa postać biocenozy. Stopniowo kolejne formy biocenozy „**dojrzewają**” – są złożone z coraz większej liczby składników (populacji) i odznaczają się większą stabilnością. Końcowe, najbardziej trwałe i zrównoważone w danych warunkach klimatycznych i glebowych ekologiczne stadium jest nazywane **klimaksem**. Dla klimatu umiarkowanego przykładem stadium klimaksowego na żyznych glebach jest las liściasty.

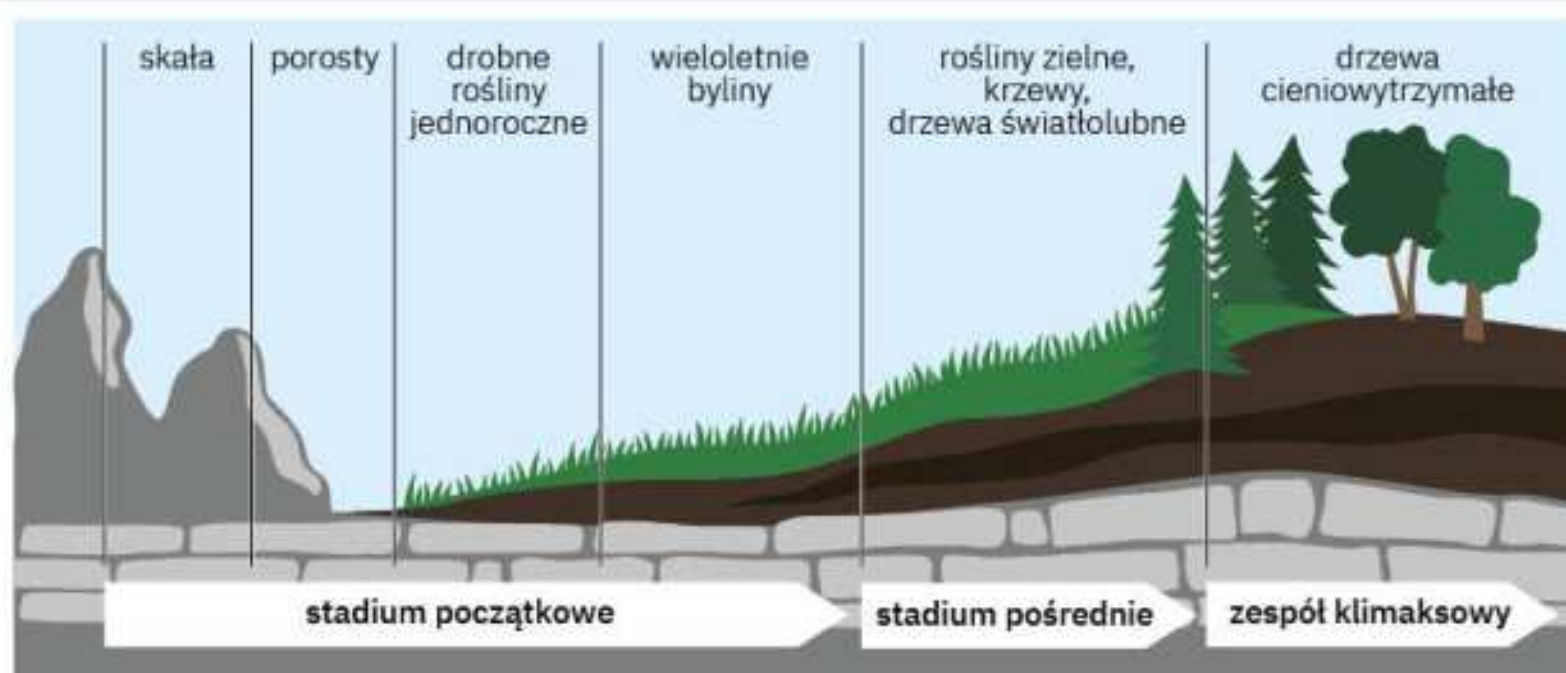
Przykładem sukcesji jest proces, w którym na nagich skałach zaczynają się rozwijać pierwsi pionierzy – mikroorganizmy, glony, grzyby, a potem porosty. Ich obumierające szczątki i nawiewany przez wiatr pył, gromadząc się w szczelinach skalnych, tworzą zaczątek gleby. Na niej następnie pojawiają się mchy. Wśród nich i w glebie można znaleźć drobne bezkręgowce, na przykład: wrotki, nicienie, stawonogi i ślimaki. Odchody zwierząt, a także martwa materia organiczna, taka jak obumarłe szczątki roślin, zostają rozłożone przez bakterie i grzyby. Ilość gleby wzrasta – zaczynają rozwijać się trawy i inne rośliny zielne. Proces ten powoli postępuje dalej – pojawiają się niewielkie drobne byliny, krzewy, a po setkach lub nawet tysiącach lat rozwija się las. Ocenia się, że rozwój biocenozy od niezamieszkanego terenu piaszczystego czy skalnego do ukształtowania się lasu trwa średnio około 1000 lat. Jest to **sukcesja pierwotna** (ryc. II.5.1.).

sukcesja

klimaks

sukcesja pierwotna

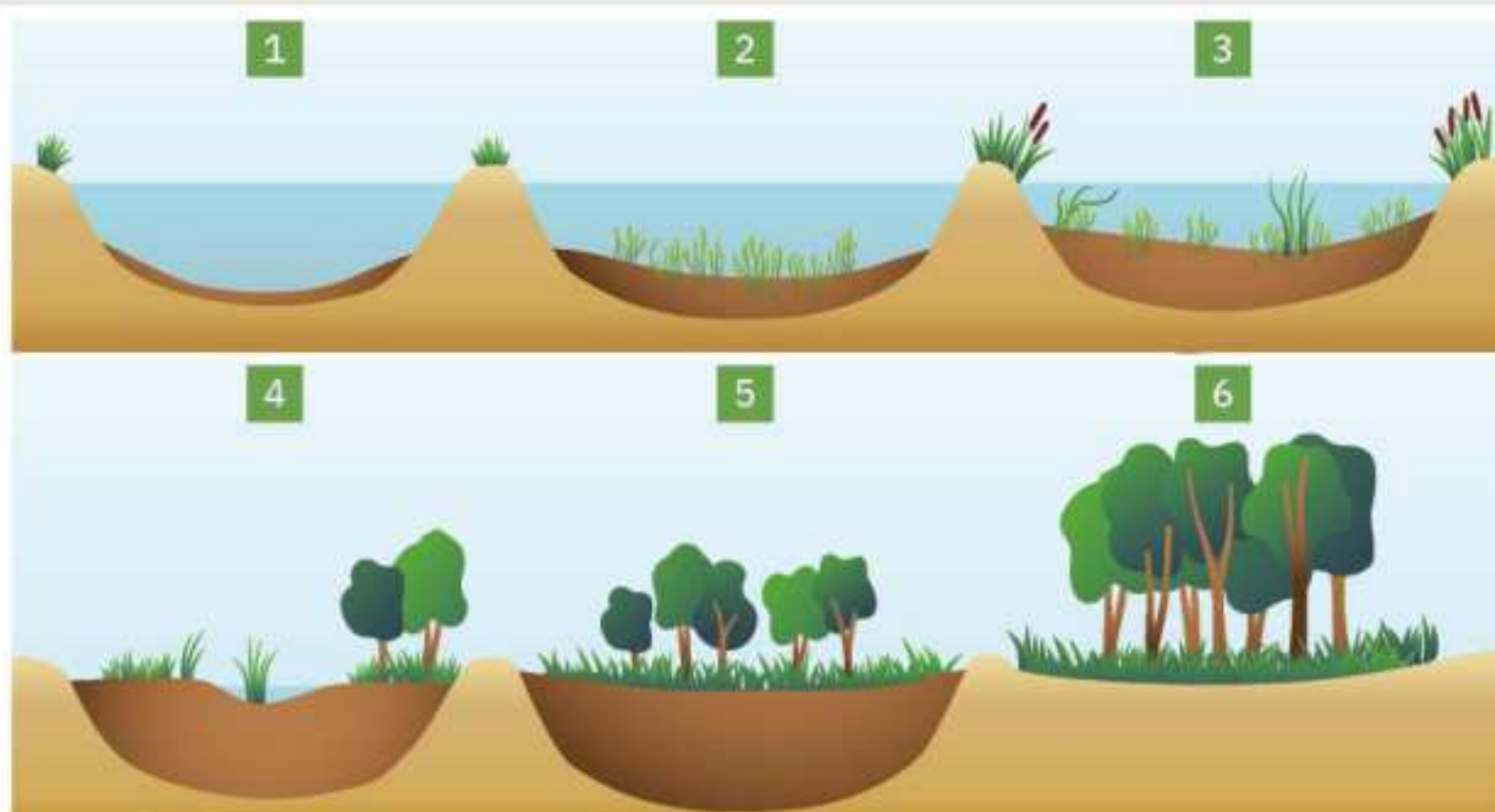




Ryc. II.5.1. Schemat głównych etapów sukcesji pierwotnej.

sukcesja wtórna

Sukcesja wtórna zachodzi wtedy, gdy na miejscu zniszczonej przez klęskę ekologiczną biocenozy zostaje odbudowany nowy zespół, na przykład po pożarze lasu na pogorzelisku zaczyna się kształtować nowa biocenoza. Podobnie sukcesja wtórna jest obserwowana na terenach zniszczonych przez przemysł, przekształconych przez działalność ludzką. Przykładem sukcesji wtórnej w ekosystemach wodnych jest zarastanie jeziora (ryc. II.5.2.).



Ryc. II.5.2. Schemat głównych etapów sukcesji wtórnej – zarastanie jeziora (1), której ostateczną formą jest las. Na dnie zbiornika odkłada się gruba warstwa osadów (2). Następuje spłylenie zbiornika i stopniowo poszerza się pas roślinności przybrzeżnej (3). Jezioro przekształca się w bagno (4), a następnie w torfowisko (5), aż staje się podmokłym lasem (6).



Dopływ substancji mineralnych w wyniku działalności człowieka (np. zrzut ścieków czy nawozów stosowanych w rolnictwie) powoduje intensywny wzrost producentów, a tym samym wytwarzanie dużej ilości produkcji pierwotnej. Niewykorzystana przez konsumentów materia organiczna jest rozkładana przez destruentów, co powoduje zużycie ogromnych ilości tlenu, którego zaczyna brakować. Na dnie gromadzą się duże ilości materii organicznej i obserwuje się deficyt tlenu. Powoduje to obumieranie znacznej ilości organizmów, których szczątki zwiększają osady na dnie jeziora. Zbiornik staje się coraz płytszy i przekształca się w staw. Dalsze procesy wkraczania i zarastania roślinnością zanurzoną, następnie gatunkami wilgociolubnymi prowadzą do rozwoju olsu, który w wyniku wkraczania drzew przekształca się w las mieszany.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Podaj różnice między sukcesją pierwotną a wtórną.
2. Poniżej przedstawiono przykłady sukcesji ekologicznej.
zarastanie jeziora, zarastanie pogorzeliska, sukcesja piaszczystej wydmy, zarastanie ugoru, sukcesja terenów odsłoniętych przez wycofujący się lodowiec, sukcesja na łące po zaprzestaniu koszenia
Wskaż przykłady sukcesji wtórnej.
3. Wyjaśnij znaczenie organizmów pionierskich w rozwoju stopniowych zmian składu gatunkowego i struktury ekosystemu podczas sukcesji ekologicznej.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Ekosystemy ulegają przekształceniom – **sukcesji**.

Osiągnięcie stanu równowagi w ekosystemie to **klimaks**.

Sukcesja może mieć charakter **pierwotny lub wtórny**.

s. 93

s. 93

s. 93



PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

1. Tolerancja ekologiczna organizmów

- s. 58 • **Ekologia** jest nauką o zależnościach między organizmami a środowiskiem, w którym żyją.
- s. 58 • **Poziomy organizacji żywej materii** w ekologii to: osobnik, populacja, biocenoza, ekosystem, krajobraz i biosfera.
- s. 60 • Siedlisko to przestrzeń fizyczna, w której występuje organizm. Siedlisko pełni funkcję **niszy ekologicznej**.
- s. 61 • Zakres **tolerancji ekologicznej** określa warunki środowiska, w których organizm może się rozwijać bez szkody dla swojego życia.
- s. 61 • Organizmy mogą się różnić **zakresami tolerancji ekologicznej**.
- s. 63 • Organizmy o wąskim zakresie tolerancji ekologicznej (**bioindykatory**) służą do oceny stanu środowiska naturalnego.

2. Cechy populacji

- s. 66 • Obszar zajmowany przez populację składa się z areatów osobniczych poszczególnych osobników tworzących **populację**.
- s. 69 • Osobniki tworzące populację na zajmowanym **areale** mogą być rozmieszczone skupiskowo, losowo lub równomiernie.
- s. 71 • Z rozmieszczeniem równomiernym lub losowym związane jest **terytorium** (aktywnie broniony obszar areatu osobniczego).
- s. 71 • Rozmieszczenie osobników w populacji zależy od warunków środowiskowych i relacji między tymi osobnikami.
- s. 71 • Parametrami mającymi największy wpływ na liczebność populacji są: rozrodczość, śmiertelność, migracje (imigracje i emigracje) osobników.
- s. 71 • Wskaźnikiem zdolności rozwojowych populacji jest jej **struktura wiekowa i płciowa**.

3. Stosunki między populacjami

- s. 74 • Organizmy należące do różnych lub tych samych gatunków są powiązane licznymi **interakcjami** nieantagonistycznymi (mutualizm obligatoryjny i fakultatywny, komensalizm) i antagonistycznymi (konkurencja, drapieżnictwo, pasożytnictwo).
- s. 79 • W układach **drapieżnik – ofiara** oraz **pasożyt – żywiciel** powstały adaptacje ze strony dwóch oddziałujących na siebie gatunków.

4. Zależności pokarmowe w ekosystemach

- s. 85 • **Strukturę troficzną** ekosystemu tworzą producenci, konsumenci oraz destruenci (reducenci).
- s. 85 • **Producenci** wytwarzają materię organiczną w procesie fotosyntezy lub chemosyntezy.
- s. 88 • **Energia przepływa przez ekosystem**, a materia krąży między jego elementami.
- s. 89 • Biomasa wytworzona przez producentów to **produkcja pierwotna ekosystemu**, a materia organiczna przyswojona przez konsumentów to **produkcja wtórna**.
- s. 89 • Konsekwencją istnienia w przyrodzie łańcuchów pokarmowych jest **krążenie pierwiastków chemicznych**.



5. Dojrzewanie ekosystemu – sukcesja ekologiczna

- s. 93 • Ekosystemy ulegają przekształceniom – **sukcesji**.
- s. 93 • Osiągnięcie stanu równowagi w ekosystemie to **klimaks**.
- s. 93 • Sukcesja może mieć charakter **pierwotny lub wtórny**.



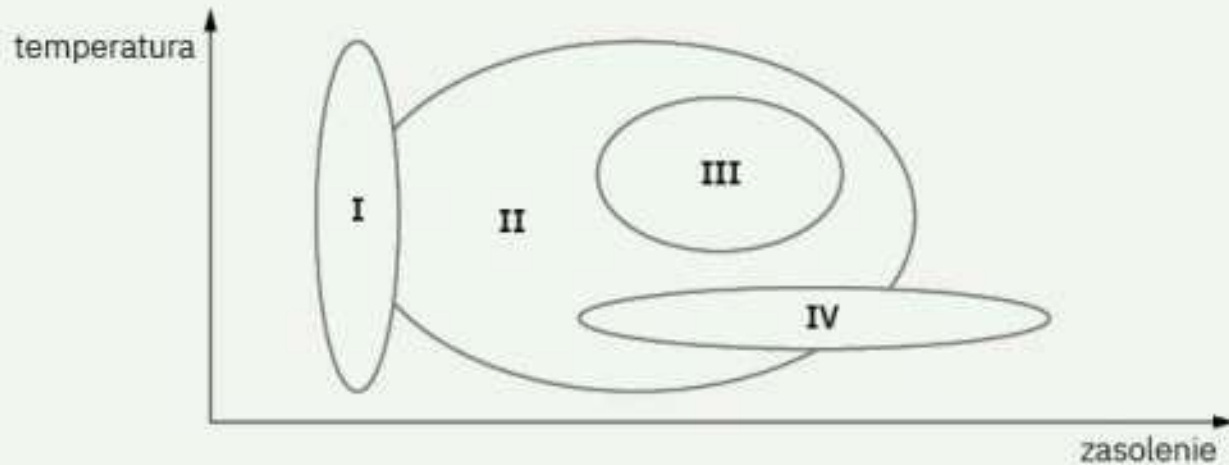
SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

1. Uporządkuj w sposób rosnący poziomy organizacji żywej materii, które są przedmiotem badań ekologii. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

ekosystem, osobnik, biocenoza, populacja, biosfera, krajobraz

2. Porównaj siedlisko z niszą ekologiczną na przykładzie żaby trawnej.

3. Na wykresie przedstawiono zakresy tolerancji czterech organizmów w stosunku do temperatury i zasolenia.

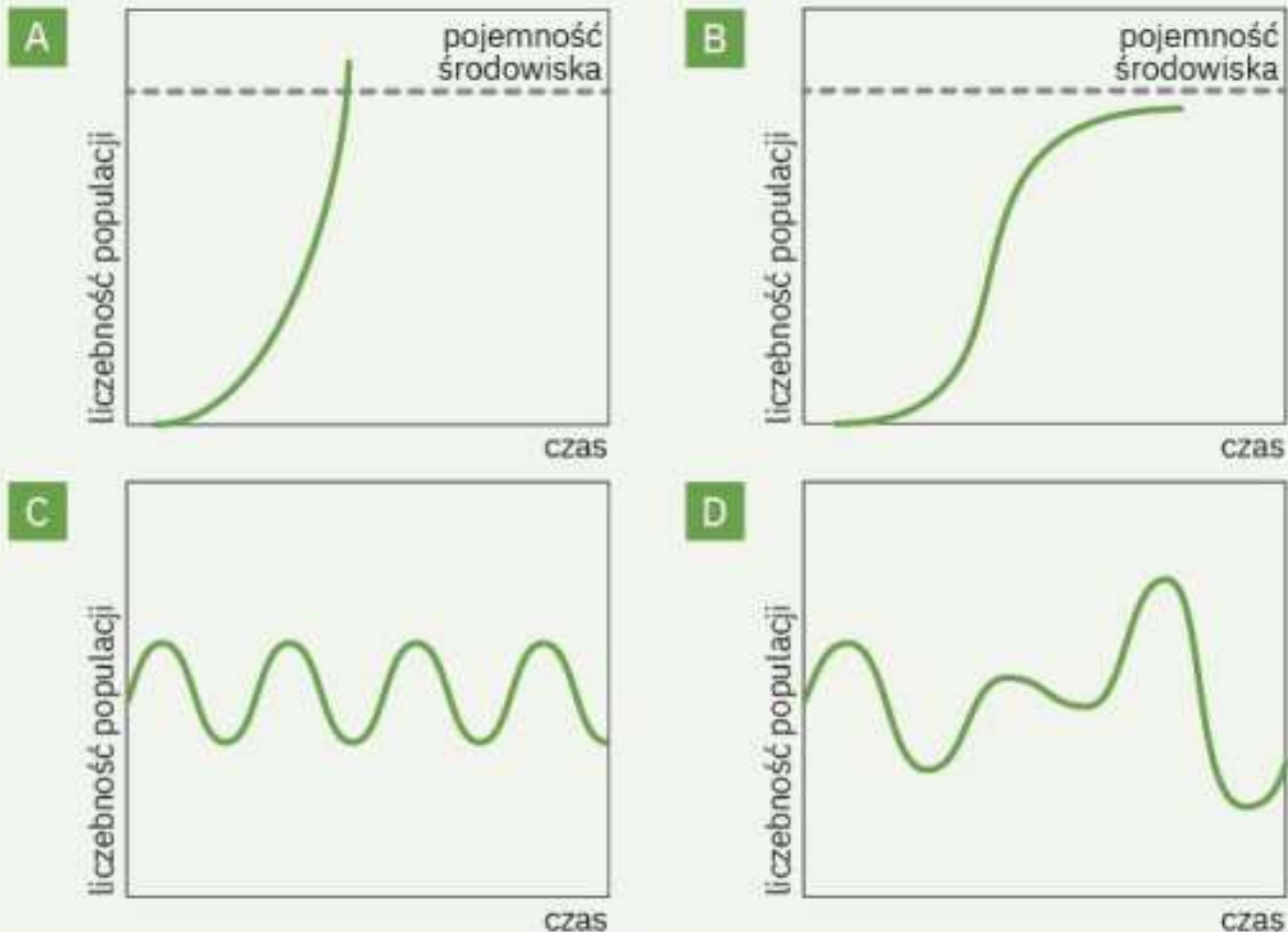


Wypisz w zeszycie numery oznaczające opisane niżej organizmy.

Organizm równocześnie:

- a) eurytermiczny i euryhalinowy
- b) stenotermiczny i stenohalinowy
- c) eurytermiczny i stenohalinowy
- d) stenotermiczny i euryhalinowy

4. Na wykresach przedstawiono krzywe wzrostu populacji.



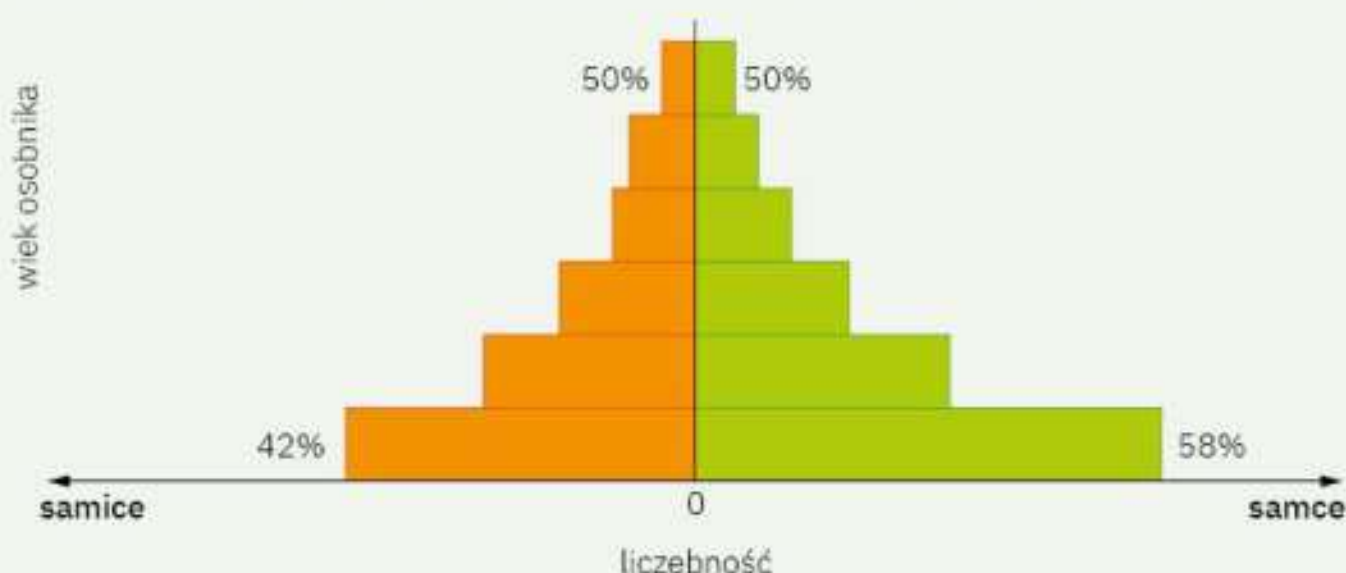
Wskaż krzywą, która przedstawia wzrost liczebności populacji żyjącej w środowisku o ograniczonych zasobach. Wyjaśnij przyczynę takiego kształtu krzywej liczebności, uwzględniając konkurencję międzyosobniczą o zasoby pokarmowe.



5. Oceń prawdziwość zdań dotyczących struktury przestrzennej populacji, wpisując znak „+” w odpowiedniej rubryce tabeli (P – prawda, F – fałsz). Odpowiedź oraz zdania prawdziwe zapisz w zeszycie.

	Zdanie	P	F
1.	Rozmieszczenie skupiskowe obserwuje się w populacjach o silnej konkurencji wewnątrzgatunkowej.	...	...
2.	Rozmieszczenie losowe występuje w środowiskach, w których brak oddziaływań między organizmami danego gatunku.	...	...
3.	Rozmieszczenie równomierne w naturalnych populacjach występuje bardzo często.	...	...
4.	Rozmieszczenie skupiskowe wynika z nierównomiernego rozmieszczenia zasobów w środowisku.	...	...

6. Na rysunku przedstawiono piramidę wiekową populacji z uwzględnieniem struktury płci.



Opisz populację pod względem struktury wiekowej i płciowej. Określ, czy w tej populacji dominuje rozrodczość czy śmiertelność.

7. Oceń prawdziwość zdań dotyczących zależności międzygatunkowych, wpisując znak „+” w odpowiedniej rubryce tabeli (P – prawda, F – fałsz). Odpowiedź oraz zdania prawdziwe zapisz w zeszycie.

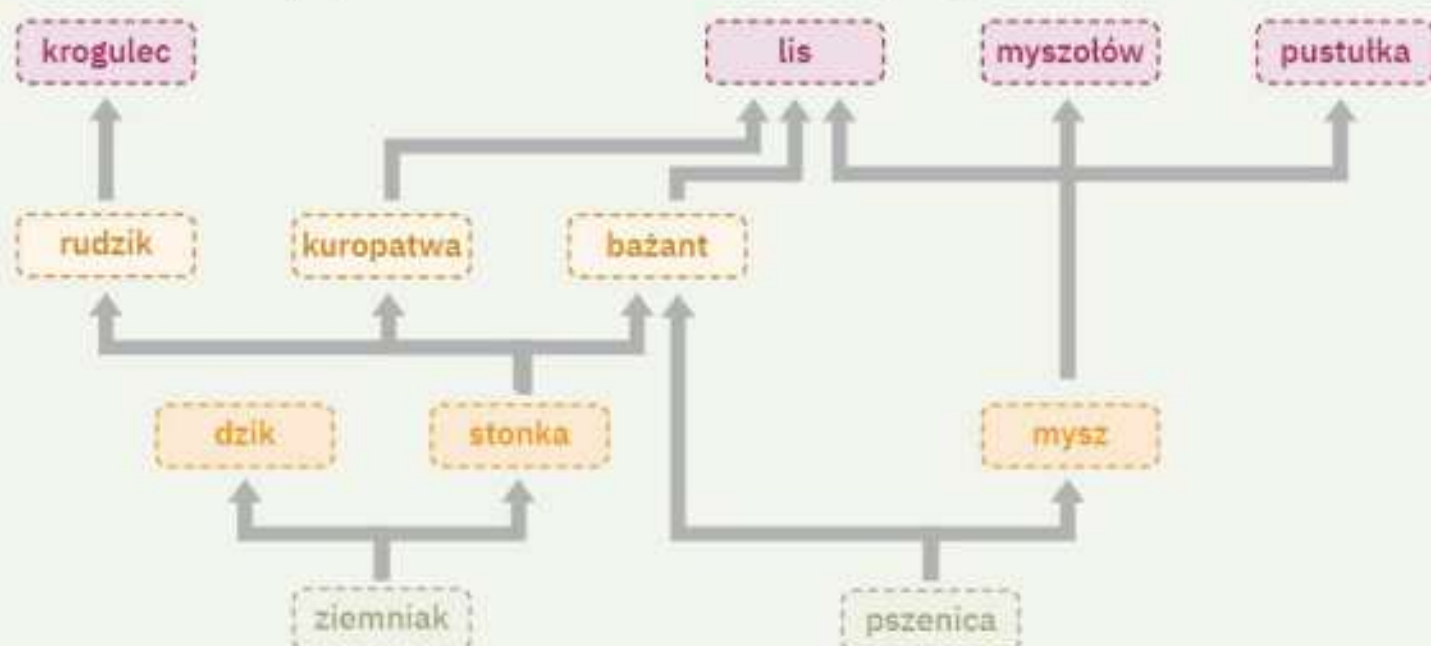
	Zdanie	P	F
1.	Konkurencja wewnątrzgatunkowa zachodzi między osobnikami tego samego gatunku zajmującymi różne nisze ekologiczne.	...	...
2.	Konkurencja międzygatunkowa występuje w formie łagodniejszej niż wewnątrzgatunkowa.	...	...
3.	Drapieżnictwo jest interakcją, z której całkowite korzyści czerpie drapieżnik.	...	...
4.	Pasożytnictwo jest jedną z interakcji międzygatunkowych o najmniejszej różnorodności wzajemnych przystosowań pasożyta i ofiary.	...	...



8. Porosty powstają w wyniku symbiozy grzybów z glonami. Glony jako organizmy autotroficzne dostarczają produktów fotosyntezy grzybom, które z kolei zapewniają wodę i sole mineralne oraz chronią glony przed niekorzystnymi czynnikami zewnętrznymi.

Na podstawie przedstawionego opisu wskaż rodzaj interakcji. Odpowiedź uzasadnij.

9. Schemat przedstawia przykładowe zależności w ekosystemie lądowym.



Wyjaśnij, czy przedstawiony schemat obrazuje łańcuch czy sieć pokarmową. Odpowiedź uzasadnij. Wskaż najkrótszy i najdłuższy łańcuch pokarmowy.

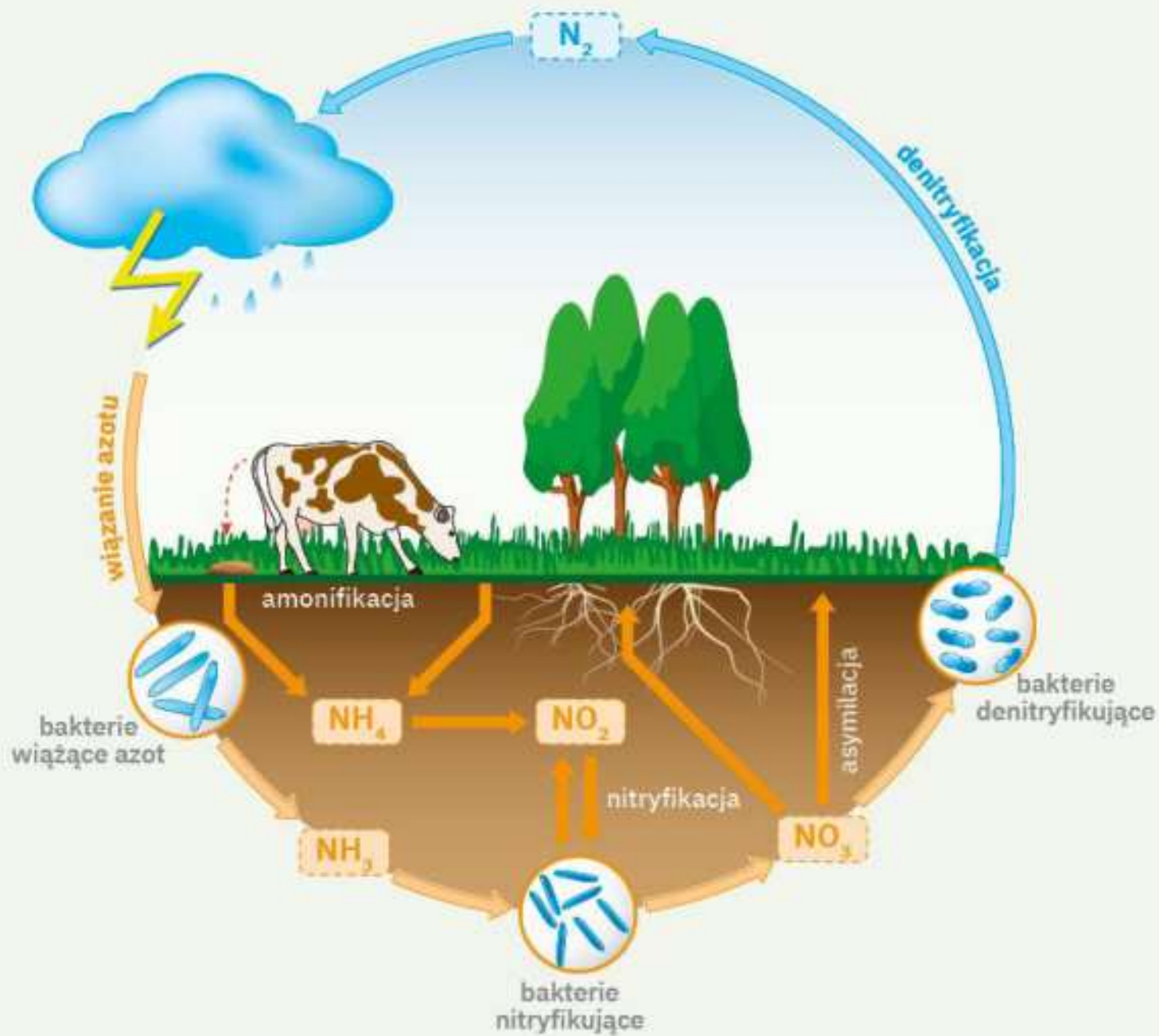
10. Na rysunku przedstawiono kolejne etapy sukcesji.



Podaj, jaki typ sukcesji przedstawiono na grafice. Odpowiedź uzasadnij. Porównaj różnorodność gatunkową między stadium początkowym i zespołem klimaksowym sukcesji.



11. Na schemacie przedstawiono obieg azotu w przyrodzie.



Wyjaśnij, jak działalność człowieka może przyczynić się do zakłócenia obiegu azotu w przyrodzie.



III. Różnorodność biologiczna

- ▶ 1. Bioróżnorodność i jej zagrożenia
- ▶ 2. Przyczyny wzrostu zagrożenia różnorodności biologicznej
- ▶ 3. Działania prowadzące do wzrostu różnorodności biologicznej
- ▶ 4. Formy ochrony różnorodności biologicznej





1. Bioróżnorodność i jej zagrożenia

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz definicję różnorodności biologicznej;
- dowiesz się, jakie są typy różnorodności biologicznej;
- zapoznasz się z głównymi czynnikami kształtującymi różnorodność biologiczną.

różnorodność
biologiczna

poziomy
różnorodności
biologicznej

Współcześnie na Ziemi żyje około 50 milionów gatunków. Dotąd opisano ponad 2 mln z nich. Wielu naukowców szacuje, że liczba istniejących gatunków jest większa o 10 mln. Jednak działalność człowieka wyraźnie zmienia zależności troficzne, przepływ energii czy cykle krążenia pierwiastków w przyrodzie. Przyczynia się to do wymierania wielu gatunków. Śmierć jednego gatunku wiąże się ze stratą innych, z nim powiązanych. Dlatego tak ważne jest zachowanie różnorodności biologicznej zwanej w skrócie bioróżnorodnością. **Różnorodność biologiczna** opisuje liczbę, zróżnicowanie, zmienność organizmów oraz częstość ich występowania. Według tekstu Konwencji o różnorodności biologicznej przedstawionym na Szczycie Ziemi w Rio de Janeiro (1992) różnorodność biologiczna to „zróżnicowanie wszystkich żywych organizmów występujących na Ziemi w ekosystemach lądowych, morskich i słodkowodnych oraz zespołach ekologicznych”. Wyróżniamy trzy poziomy różnorodności biologicznej: genetyczną, gatunkową i ekosystemową (ryc. III.1.1.).

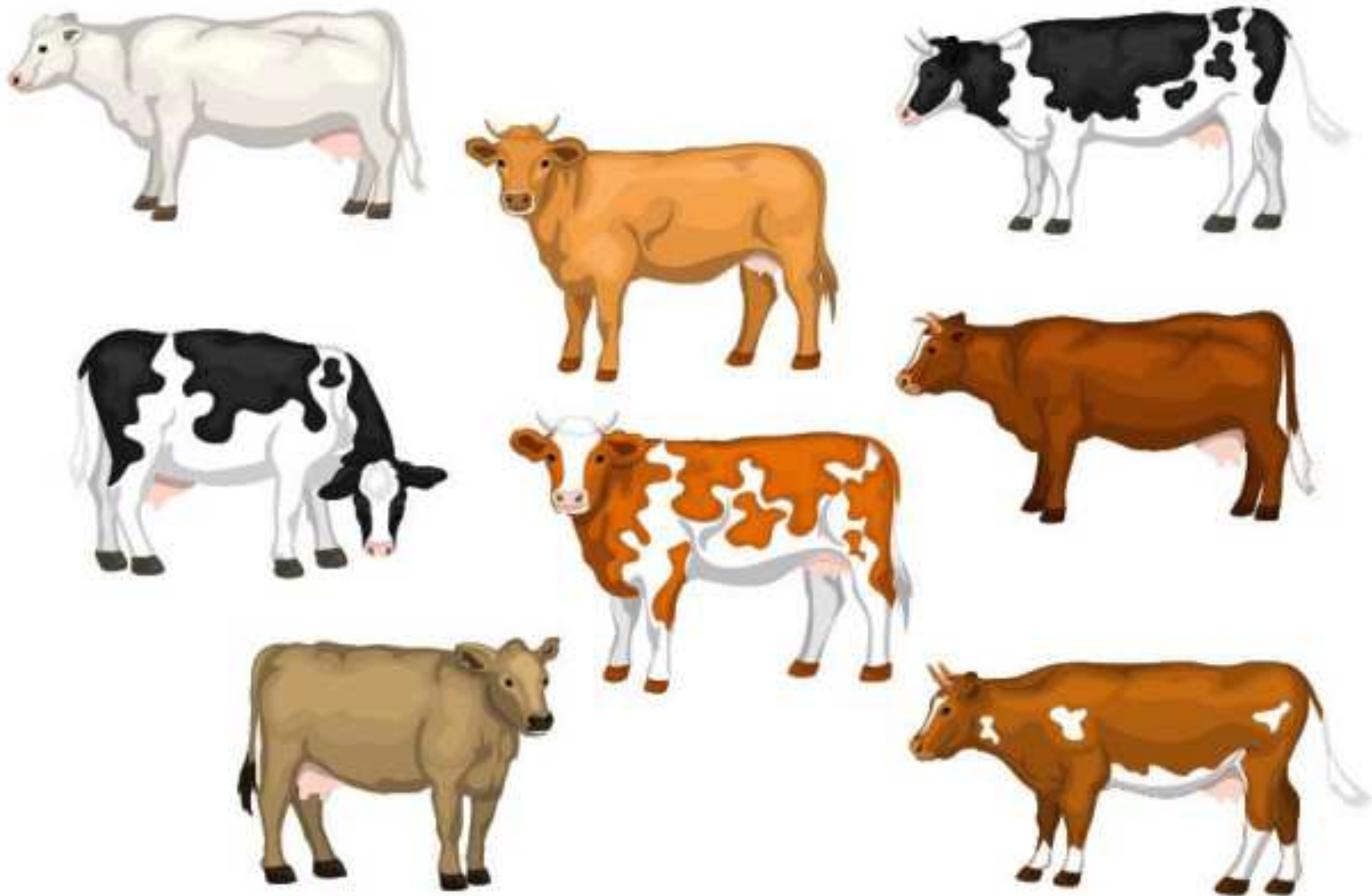


Ryc. III.1.1. Poziomy różnorodności biologicznej: genetyczna (A), gatunkowa (B), ekosystemowa (C).

Różnorodność genetyczna określa zróżnicowanie genów zawartych w pulach genowych poszczególnych gatunków. Zmienność ta wynika ze spontanicznych mutacji w DNA, w którym jest zapisana informacja o cechach budowy i funkcjonowania organizmów. Duża różnorodność genetyczna zwiększa szanse przetrwania gatunków, chroniąc je na przykład przed większą podatnością na choroby. Różnorodność genetyczna spełnia też ważną funkcję w ewolucji gatunków. Pozwala na ich przystosowanie się do nowego środowiska lub ułatwia przetrwanie w środowiskach bardziej zróżnicowanych. Na zmienność genetyczną ogra-



niczająco działają dobór sztuczny i chów wsobny. Jest to szczególnie widoczne u udomowionych gatunków zwierząt, które mają niski poziom zróżnicowania genetycznego (np. rasy psów, koni, bydła czy wielu innych zwierząt domowych) (ryc. III.1.2.).



Ryc. III.1.2. Istniejące współcześnie rasy bydła mlecznego są efektem wielowiekowego doboru sztucznego. U krzyżowanych zwierząt hodowcy starannie selekcionują cechy, wybierając tylko te najbardziej pożądane. Powstają rasy, które mają niewiele cech przystosowujących zwierzęta do życia w naturalnych warunkach.



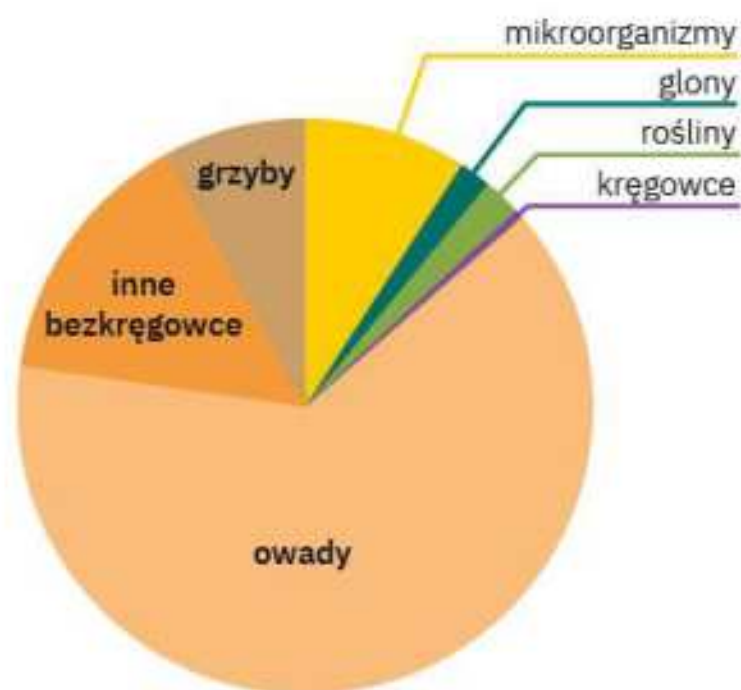
Ryc. III.1.3. Gepard jest gatunkiem zagrożonym wyginięciem z powodu długotrwałego chowu wsobnego – kojarzenia osobników spokrewnionych. Obecnie żyje na świecie około 15 tys. gepardów, z czego blisko 650 w ogrodach zoologicznych. Prawdopodobnie 95% z nich zginie w wyniku braku przystosowania do naturalnych warunków środowiska.



różnorodność gatunkowa

Na utratę zmienności genetycznej bezpośrednio są narażone małe populacje, w których często dochodzi do krzyżowania osobników spokrewnionych. Wówczas szkodliwe allele recesywne ujawniają się w fenotypach homozygot recesywnych. Może to doprowadzić do całkowitej utraty jednego allelu i utrwalenia drugiego. W rezultacie może nastąpić załamanie się wielkości populacji i spadek jej zmienności genetycznej. Zmniejszenie różnorodności genetycznej może być również wynikiem przenikania obcych genów. Może do tego dojść w wyniku kontaktu rzadkiego gatunku z gatunkiem pospolitym i blisko spokrewnionym, co prowadzi do utraty genetycznej tożsamości gatunków rzadkich. Na przykład wilk rudy jest zagrożony na skutek częstego krzyżowania się osobników tego gatunku z pospolitym kojotem. Aby chronić różnorodność genetyczną, należy zachować rodzime odmiany i rasy wyhodowane przez człowieka oraz tworzyć banki genów.

Różnorodność gatunkowa przedstawia liczbę i częstość występowania gatunków na obszarze ekosystemu, biomu lub planety (ryc. III.1.4.).



Ryc. III.1.4. Proporcje wszystkich współcześnie opisanych gatunków należących do głównych grup systematycznych. Najlepiej poznane grupy, takie jak ptaki i ssaki, stanowią tylko niewielką część różnorodności gatunków występujących na świecie. Świat pod względem liczby gatunków jest zdominowany przez stawonogi (owady).

Duże zróżnicowanie gatunkowe zwiększa liczbę powiązań i interakcji międzygatunkowych, takich jak drapieżnictwo czy pasożytnictwo. Sprzyja także tworzeniu licznych powiązań troficznych (pokarmowych), co wpływa pozytywnie na obieg materii i przepływ energii w ekosystemie. Pozwala to na zachowanie stabilności ekosystemu, dzięki czemu jest on odporny na zaburzenia. Miarą różnorodności gatunkowej jest różnorodność opisujących ją taksonów, takich jak rodziny, rodzaje i gatunki.

Różnorodność ekosystemowa określa bogactwo ekosystemów na danym obszarze i na całej planecie. Obejmuje wszystkie typy ekosystemów (lądowe, morskie, słodkowodne), tworzące charakterystyczne dla różnych terenów krajobrazy i pozwalające na przetrwanie gatunkom roślin i zwierząt o różnych wymaganiach. Jest to niezwykle istotne dla zachowania różnorodności genetycznej i gatunkowej. Różnorodność ekosystemów daje zróżnicowany i mozaikowy krajobraz, co dostarcza nam wielu wrażeń estetycznych, pozwala odpoczywać oraz umożliwia rekreację fizyczną i psychiczną.

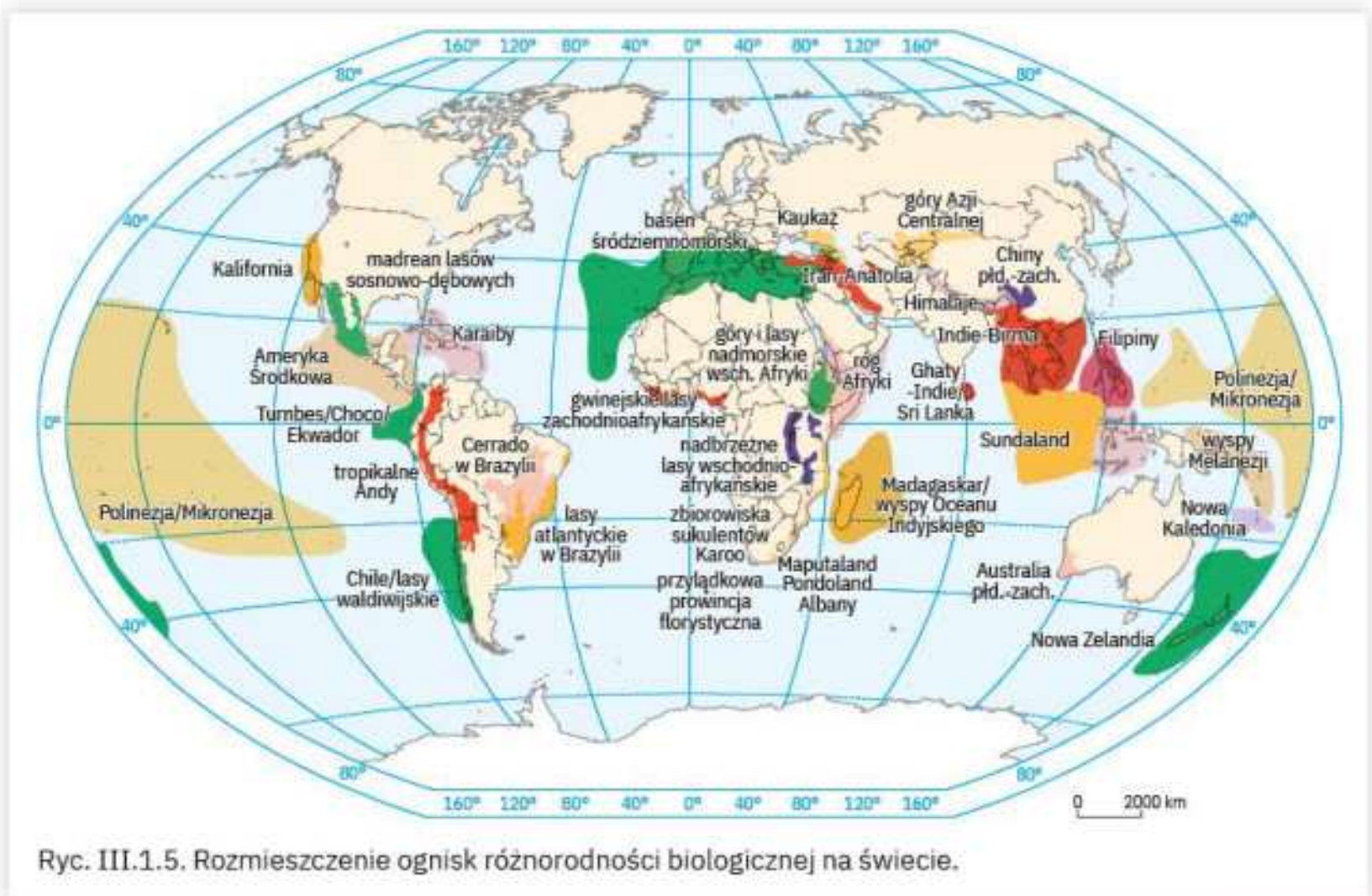


Główną przyczyną zanikania ekosystemów jest działalność człowieka prowadząca do niszczenia siedlisk (np. przez osuszanie terenów bagiennych) i do zanieczyszczenia środowiska wskutek rozwoju cywilizacji (np. budowa zapór wodnych czy autostrad bez uwzględniania tras wędrówki zwierząt). Także wycinanie lasów, wypalanie traw czy wprowadzenie do ekosystemów nowych gatunków przyczynia się do spadku bioróżnorodności. Należy pamiętać, że jako ludzie jesteśmy częścią różnorodności biologicznej. Bez niej nie jest możliwe nasze funkcjonowanie.

Czynniki kształtujące różnorodność biologiczną

Regiony świata różnią się liczbą zasiedlających je gatunków. Istnieją na świecie miejsca odznaczające się szczególnym bogactwem gatunkowym – **ogniska różnorodności biologicznej** (ryc. III.1.5.).

ogniska
różnorodności
biologicznej



Ryc. III.1.5. Rozmieszczenie ognisk różnorodności biologicznej na świecie.

Ekosystemami charakteryzującymi się największą bioróżnorodnością są Wielka Rafa Koralowa u wybrzeży Australii oraz wilgotny las równikowy (**ryc. III.1.6.**).

obszary
o największej
bioróżnorodności

Rafa koralowa rozciąga się na ponad 2 tys. km. W całym jej ekosystemie żyją niezliczone gatunki roślin i zwierząt – ponad 2 tys. gatunków ryb (około jednej dziesiątej wszystkich znanych gatunków), około 4 tys. gatunków mięczaków oraz około 400 gatunków koralowców. Tak duża różnorodność sprawia, że na powierzchni nieprzekraczającej wielkości jednego boiska piłkarskiego może żyć nawet 200 gatunków zwierząt. Rafa ta znajduje się na Liście światowego dziedzictwa kulturowego i przyrodniczego UNESCO. W 1975 roku Australia utworzyła na tym obszarze park na-



rodowy. Zagrożeniem dla tego unikatowego ekosystemu jest postępujący wzrost temperatury i ciągle rosnące zakwaszenie wody, co powoduje, że co roku ginie aż 2% gatunków raf koralowych.



Ryc. III.1.6. Ekosystemy o największej różnorodności biologicznej świata: rafa koralowa (A) i wilgotny las równikowy (B).

Ekosystemem lądowym o największej różnorodności gatunkowej jest wilgotny las równikowy. To wiecznie zielona formacja leśna rosnąca na glebach kwaśnych i ubogich w substancje odżywcze w strefie międzyzwrotnikowej w klimacie gorącym i wilgotnym. Klimat tej strefy odznacza się obfitymi, całorocznymi opadami deszczu, silnym nasłonecznieniem, wysoką średnią roczną temperaturą (ok. 25°C), niewielkimi wahaniami temperatury w ciągu doby i całego roku oraz dużą wilgotnością. Brak pór roku powoduje, że rośliny nie zrzucają liści. Las równikowy ma wyraźną strukturę warstwową, w której istnieje ostra konkurencja o światło. Roślinność jest bardzo gęsta i bujna na skutek szybkiego rozkładu materii organicznej. Rośliny w procesie fotosyntezy pochłaniają dwutlenek węgla, w zamian produkując tlen. Działa to stabilizująco na klimat, a także zapobiega efektowi cieplarnianemu. Rośliny zwiększają również parowanie, co znacznie ogranicza wahania temperatur. Wilgotny las równikowy odznacza się największą produktywnością z wszystkich ekosystemów lądowych. Postępująca gospodarka rabunkowa człowieka (wypalanie i wycinanie drzew) znacznie zmniejsza zasięg lasu tropikalnego, a wraz z nim liczbę gatunków roślin i zwierząt.

czynniki kształtujące
bioróżnorodność

Różnorodność gatunkowa i ekosystemowa jest wynikiem działania wielu czynników, między innymi geograficznych, takich jak klimat i ukształtowanie powierzchni.

Istotną rolę w kształtowaniu różnorodności biologicznej Ziemi odgrywają **czynniki klimatyczne**: temperatura, ilość opadów, a także nasłonecznienie.

Wraz ze wzrostem średniej rocznej temperatury oraz ilości opadów warunki do fotosyntezy stają się korzystne, co prowadzi do zwiększenia produkcji ekosystemów. W takich ekosystemach liczba gatunków powiązanych zależnościami pokarmowymi także wrasta. Niskie temperatury nie sprzyjają różnorodności biologicznej, ponieważ niewiele gatunków dobrze toleruje takie warunki. Czynniki te powodują, że różnorodność biologiczna jest niewielka w okolicach biegunów i rośnie proporcjo-



nalnie w kierunku strefy równikowej, gdzie osiąga największe bogactwo. Liczba gatunków maleje wraz ze wzrostem wysokości nad poziom morza. Więcej gatunków żyje w klimacie wilgotnym i ciepłym niż w suchym i zimnym.

strefa równikowa

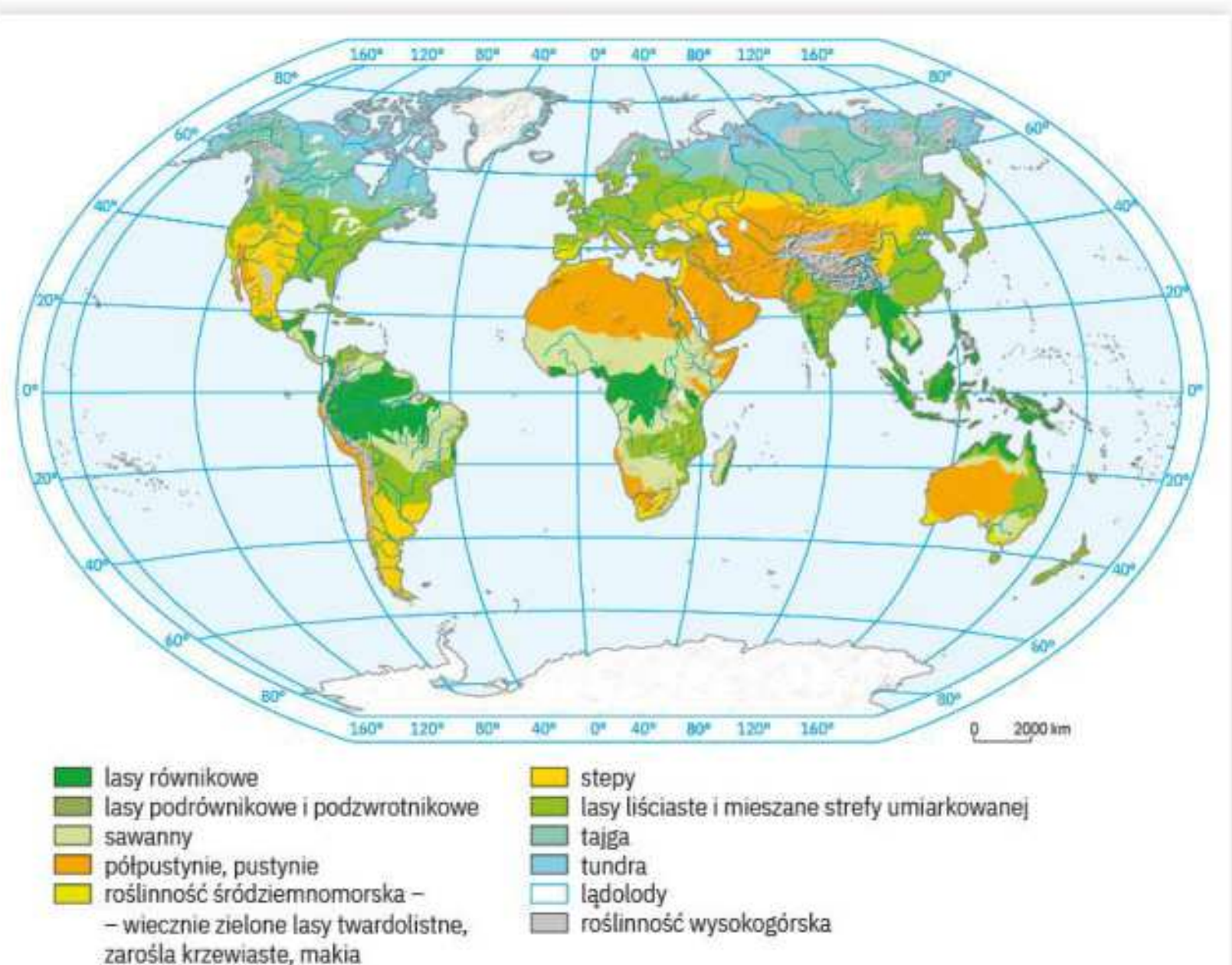
Klimat wpływa na procesy glebotwórcze. Od temperatury i wilgotności zależy ilość próchnicy w glebie. W ciepłym klimacie i przy niewielkiej wilgotności następuje powolny rozkład materii organicznej, co prowadzi do powstania gleb obfitujących w próchnicę.

ukształtowanie
powierzchni

Istotnym czynnikiem wpływającym na różnorodność biologiczną jest **ukształtowanie powierzchni**. Obszary na Ziemi o urozmaiconym ukształtowaniu terenu (np. góry) odznaczają się większą różnorodnością biologiczną. Wynika to ze zróżnicowania podłoża i warunków klimatycznych. Wraz ze wzrostem wysokości środowisk życia spada temperatura i wzrasta wilgotność powietrza. Takie warunki klimatyczne prowadzą do powstania piętrowości w rozmieszczeniu roślin.

Ekosystemy charakteryzujące się podobnym klimatem, ukształtowaniem powierzchni i składem gatunkowym zajmujące rozległy obszar Ziemi tworzą **biomy** (ryc. III.1.7.).

biomy



Ryc. III.1.7. Rozmieszczenie biomów na kuli ziemskiej.



Tab. III.1.1. Biomy odznaczają się określonym typem roślinności i zespołem zwierząt

Biom	Klimat	Charakterystyczne rośliny	Charakterystyczne zwierzęta
Tundra	• krótkie i chłodne lato • długa i mroźna zima • krótki okres wegetacji • wieczna zmarzlina	• porosty • mchy • trawy • krzewinki • karłowate wierzby i brzozy	• renifery • zające • lemingi • gronostaje • wilki polarne • lisy polarne • sowy polarne • sokoły białozory • woły piżmowe • jaszczurki • komary
Tajga	• krótkie i ciepłe lato • długa i mroźna zima • wieczna zmarzlina	• lasy iglaste (świerki, jodły syberyjskie, sosny, modrzewie, limby) • borówki • mchy	• wilki • rysie • niedźwiedzie brunatne • sobole • łosie • rosomaki • kuny • łasice • gronostaje • myszy • norniki • głuszce • jastrzębie • jemioluszki • sikory
Lasy liściaste strefy umiarkowanej	• ciepłe lato, chłodna śnieżna zima • lasy mieszane z drzewami zrzucającymi liście na zimę • piętrowy układ roślinności	• runo leśne: mchy, trawy, paprocie, skrzypy, wiązki, jarzębina, kalina, leszczyna, trzmielina, jałowiec, dziki bez czarny • wysokie drzewa: sosny, świerki, modrzewie, dąb, grab, brzoza, buk, lipa, wiąz, jesion	• jaszczurki • żaby • węże • myszy • norniki • wiewiórki • lisy • sarny • jelenie • dziki • wilki • sowy • orły • jastrzębie • dzięcioły • borsuki • skunksy • szopy



Biom	Klimat	Charakterystyczne rośliny	Charakterystyczne zwierzęta
Wilgotny las równikowy	• obfite opady, duża wilgotność powietrza • wysoka temperatura • mało żyzne gleby	• wielowarstwowy układ drzew (duże bogactwo gatunków – mahoniowce, bananowce, kakaowce) • storczyki • ananasy • figowce • sagowce • paprocie drzewiaste • mchy • porosty • pnącza	• gibony • orangutany • kapucynki • leniwce • lamparty • tapiry • papugi • tukany • kolibry • węże • kameleony • gekony • żaby nadrzewne • owady (mrówki, motyle, muchy) • pajęczaki
Sawanny	• dwie pory roku – sucha i deszczowa	• trawy • akacje • baobaby	• antylopy • słonie • żyrafy • antylopy • lwy • gepardy • hieny • kangury
Pustynie i półpustynie	• gorące lato, z niewielkimi opadami	• suchorośla • kaktusy • wilczomlecze • agawy	• skorpiony • jaszczurki • węże • sępy • skoczki pustynne • wielbłądy • fenki
Step	• gorące lato • mroźna zima	• roślinność trawiasta pozbawiona drzew	• pieski preriowe • susły • bizony • antylopy • wilki grzywiaste
Wiecznie zielone zarośla (roślinność śródziemnomorska)	• gorące i suche lato • chłodna i deszczowa zima	• drzewiaste i krzewiaste rośliny zimozielone – dęby korkowe, pistacje, jałowce, wawrzyny, rozmaryny, eukaliptusy	• muflony • daniela • jeżozwierze • koziorożce • króliki



Biom	Klimat	Charakterystyczne rośliny	Charakterystyczne zwierzęta
Roślinność wysokogórska	spadek temperatury wraz ze wzrostem wysokości	• piętrowy układ roślinności od lasów mieszanych przez iglaste • hale (łąki), mchy i porosty	• kozice • koziorożce • muflony • kozły śnieżne • świstaki • niedźwiedzie himalajskie

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wymień rodzaje ochrony różnorodności biologicznej.
2. Wyjaśnij znaczenie doboru sztucznego w zachowaniu różnorodności biologicznej.
3. Porównaj różnorodność biologiczną pustyni i wilgotnego lasu tropikalnego.
4. Opisz rolę wilgotnych lasów tropikalnych w zachowaniu różnorodności biologicznej.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- s. 102 Różnorodność biologiczna to różnorodność życia na Ziemi.
- s. 102 Różnorodność biologiczną rozpatruje się na **trzech poziomach**: genetycznym, gatunkowym i ekosystemowym.
- s. 104 Główną przyczyną spadku różnorodności biologicznej jest **działalność człowieka**.
- s. 105 Grupy systematyczne różnią się różnorodnością biologiczną. **Najwięcej gatunków reprezentują owady.**
- s. 105 Istnieją na świecie miejsca o szczególnie dużej różnorodności gatunkowej – tzw. **ogniska różnorodności biologicznej**.
- s. 105 **Największą różnorodnością biologiczną** charakteryzują się wilgotne lasy tropikalne i przybrzeżne strefy raf koralowych.
- s. 106 Różnorodność biologiczna jest **wynikiem działania wielu czynników**, wśród których najbardziej znaczące są klimat i ukształtowanie powierzchni.
- s. 107 Różnorodność biologiczna wzrasta od biegunów do **strefy tropikalnej**, gdzie osiąga największe bogactwo.
- s. 107 Liczba gatunków **maleje wraz ze wzrostem wysokości** nad lokalizację ekosystemów.
- s. 107 Ekosystemy o jednakowym klimacie, podobnych glebach i charakterystycznych gatunkach roślin i zwierząt tworzą **biomy**.
- s. 107 **Biomy** na kuli ziemskiej to: tundra, tajga, lasy liściaste strefy umiarkowanej, wilgotny las równikowy, sawanna, pustynie i półpustynie, step, roślinność śródziemnomorska oraz wysokogórska.



2. Przyczyny wzrostu zagrożenia różnorodności biologicznej

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz przyczyny zagrożenia różnorodności biologicznej;
- dowiesz się, jaki jest wpływ człowieka na różnorodność biologiczną.

Obserwowane jest ciągłe zmniejszanie się bogactwa gatunkowego Ziemi, od strefy tropikalnej do biegunów. Coraz częściej działalność człowieka prowadzi do nieodwracalnych zmian w środowisku. Głównymi przyczynami współczesnego wymierania gatunków są: niszczenie siedlisk i ekosystemów, eksploatacja zasobów przyrody (rozwój leśnictwa i rolnictwa, gospodarka łowiecka, gospodarka morska i rybicka, kolekcjonerstwo), a także wprowadzanie do ekosystemów tych gatunków, które wcześniej w nich nie występowały.

działalność
człowieka a spadek
bioróżnorodności

Niszczenie siedlisk i ekosystemów jest główną przyczyną zmniejszenia różnorodności genetycznej i gatunkowej. Procesy te wynikają ze wzrostu liczebności populacji ludzkiej oraz rozwoju rolnictwa i komunikacji. Następuje podzielenie siedlisk o charakterze ciągłym na mniejsze fragmenty przeznaczone pod budowę dróg, kolei, autostrad, lotnisk i zbiorników zaporowych, pod uprawy rolnicze czy pastwiska (ryc. III.2.1.). Znaczna część tych obszarów została również zajęta przez wyrobiska, hałdy odpadów i śmietniska. Rozdzielenie siedlisk ogranicza możliwości krzyżowania się populacji, co prowadzi do mniejszej różnorodności genetycznej. Takie populacje są mniej odporne na zmiany warunków środowiska.

przyczyny spadku
bioróżnorodności



Ryc. III.2.1. Fragmentacja ekosystemów leśnych powoduje utratę ponad połowy gatunków w ciągu zaledwie 20 lat. Niepokojące jest, że według Międzynarodowej Agencji Energetycznej planuje się ponad 15 mln km nowych dróg na całym świecie.



Fragmentacja lasów prowadzi do podzielenia terytoriów łowieckich dużych drapieżników na mniejsze, co zakłóca naturalne procesy biocenotyczne (np. zanikanie dużych drapieżników i niekontrolowany przyrost liczebności ofiar).

Na terenach niezalesionych często jest prowadzona niewłaściwa gospodarka wodna związana z nadmiernymi **zabiegami melioracyjnymi**. Melioracje mają za zadanie odwodnić grunty nadmiernie wilgotne za pomocą systemów drenujących – układów rur, pomp czy rowów, co prowadzi do obniżenia poziomu wód gruntowych i erozji odstoniętych gleb. Takie działania zmieniają warunki środowiska. Następuje zanikanie terenów podmokłych wraz z zamieszkującymi je organizmami. Obserwuje się to na przykład w rozlewiskach Warty i Biebrzy. Szereg kontrowersji budzi regulacja rzek i budowa zbiorników zaporowych czy progów wodnych. Naturalne doliny nieuregulowanych rzek są ostoją rzadkich gatunków roślin i zwierząt. Zniszczenie ich naturalnych siedlisk prowadzi do spadku różnorodności gatunkowej i ekosystemowej, której człowiek nie jest w stanie odbudować przez renaturyzację (działania mające na celu przywrócenie rzekom ich naturalnego stanu, bliskiego stanowi przed wprowadzeniem zmian przez człowieka).

Istotnym zagrożeniem dla różnorodności biologicznej na wszystkich poziomach – genetycznym, gatunkowym i ekosystemowym – jest **współczesne rolnictwo**. Stosowanie monokultur sprzyja nadmiernemu rozwojowi owadów szkodników. Środki ochrony roślin – pestycydy, chemiczne regulatory wzrostu, antybiotyki, nawozy mineralne – ulegają kumulacji w łańcuchu troficznym, powodując zatrucie zjadających je kolejnych rzędów konsumentów, a także przyczyniają się do procesu eutrofizacji (**ryc. III.2.2.**) w zbiornikach wodnych. Toksyczny amoniak wydzielający się przy dużym zagęszczeniu zwierząt w fermach hodowlanych, łącząc się z deszczem, powoduje degradację lasów.



Ryc. III.2.2. Eutrofizacja, czyli gwałtowny wzrost żyzności wód naturalnych, jest spowodowana zwiększoną koncentracją soli mineralnych (zwłaszcza biogenów: fosforu, azotu i węgla, z których producenci wytwarzają materię organiczną). Skutkiem tego procesu są zmiany jakości wód. Nadmierna żyzność ekosystemów wodnych wynika z działalności człowieka (np. zrzuty ścieków, intensyfikacja rolnictwa, wyrąb lasów w zlewni). Biogeny dopływające do zbiornika wywołują masowy rozwój fitoplanktonu. Zmniejsza się przezroczystość wody, następują znaczne dobowe wahania koncentracji tlenu, a nawet jego okresowe braki. Dochodzi do wydzielania siarkowodoru przy deficytach tlenowych. To wszystko powoduje zmiany w składzie gatunkowym biocenozy wodnych.



Dużym niebezpieczeństwem jest hodowla i uprawa jednolitych genetycznie ras zwierząt i odmian roślin uzyskanych drogą doboru sztucznego. Może to doprowadzić do wypierania rodzimych gatunków. Natomiast wprowadzenie zwierząt i roślin modyfikowanych genetycznie do hodowli i upraw stwarza niebezpieczeństwo krzyżowania organizmów modyfikowanych genetycznie z rodzimymi, co może doprowadzić do powstania na przykład superchwastów.

Człowiek, rozprzestrzeniając się po całym globie, świadomie (**introdukcja**) lub przez przypadek (**zawleczenie**) wprowadzał obce gatunki, co niekorzystnie wpływa na różnorodność biologiczną. Często w wyniku swojej ekspansji gatunki te wypierały rodzimą faunę lub florę, zwłaszcza jeżeli odznaczały się dużą rozrodczością, łatwością rozprzestrzeniania się oraz przystosowaniem do szerokiego zakresu warunków siedliskowych i pokarmowych. Ta ekspansja następowała szczególnie w środowisku pozbawionym naturalnych drapieżników (np. króliki w Australii). Do Europy z Ameryki celowo wprowadzono ziemniaki, pomidory i piżmaki, a z Europy do Australii – króliki. Spośród kręgowców to głównie szczury, pływające z człowiekiem na statkach, zostały zawleczone po całym świecie. Drogą morską z Europy do Ameryki Północnej dostał się słodkowodny małż – racicznica zmienna, która przyczepia się do twardych powierzchni rur wodociągowych i stanowi poważne utrudnienie w dostawach wody. Przypadkowo zostały też zawleczone niektóre chorobotwórcze mikroorganizmy, takie jak krętek blady czy wirus HIV. Skutki introdukcji czy zawleczenia dla środowiska są różne. Wprowadzenie do Europy z Dalekiego Wschodu jenota nie wywołało większych zaburzeń w ekosystemie. W Polsce takim celowo wprowadzonym intruzem jest barszcz Sosnowskiego (**ryc. III.2.3.**).



Ryc. III.2.3. Barszcz Sosnowskiego został sprowadzony z Kaukazu jako roślina paszowa. Zwierzęta jednak niechętnie konsumowały sporządzane z niej kiszonki. Zaniechano uprawy, ale roślina szybko rozprzestrzeniła się w północnej i południowo-wschodniej Polsce. Jest niebezpieczna dla ludzi, ponieważ w upalne dni wydziela olejki eteryczne, które wywołują oparzenia.

Innymi obcymi gatunkami, które stanowią zagrożenie dla rodzimej bioróżnorodności, są między innymi biedronki azjatyckie czy ślimaki – śliniki luzytańskie. Zostały sprowadzone do Europy w celu opanowania plagi mszyc. Dość szybko stały się zagrożeniem dla rodzimych gatunków, wygrywając w konkurencji o terytorium i pożywienie. Śliniki luzytańskie pochodzą z Hiszpanii. Rozprzestrzeniły się szybko po całej Europie wraz z transportowanymi roślinami. Ich inwazji sprzyja odporność na środki chemiczne, a także drapieżnictwo na rodzimych gatunkach ślimaków.



Człowiek, przekształcając przyrodę, doprowadził do wytworzenia środowiska sztucznego (antropogenicznego), z którym związane są **gatunki synantropijne** (np. szczury, myszy, wróble, bociany, jaskółki, gawrony, karaluchy, mrówki faraona, skrzypy polne i inne). Wiele gatunków w wyniku zawężania ich naturalnych siedlisk żyje w pobliżu człowieka (np. sarny, lisy, zające czy myszy leśne). Zjawisko to stale się pogłębia (**ryc. III.2.4.**).



Ryc. III.2.4. Gawrony, ptaki z rodziny krukowatych, coraz chętniej zbliżają się do dużych osiedli ludzkich, zakładając kolonie w rejonie miast lub ich obrzeży.

Spadek różnorodności biologicznej to także bezpośrednia **eksploatacja zasobów przyrody** w postaci nadmiernego pozyskiwania drewna i runa leśnego dla celów gospodarczych. Wycinanie drzew oznacza wyginięcie wielu gatunków roślin, kręgowców i bezkręgowców. Wycinka drzew powoduje także zmniejszenie ilości tlenu i wzrost zawartości dwutlenku węgla w atmosferze, co w perspektywie następnych dziesięcioleci przyczyni się do pogłębienia efektu cieplarnianego.



Ryc. III.2.5. Lasy tropikalne są wycinane przez człowieka w celu zdobycia terenu pod różne inwestycje, a także uzyskania cennych gatunków drewna, takich jak mahoń, heban czy palisander. Według badaczy z University of Sheffield obecnie tylko 38% obszarów amazońskiej puszczy jest w stanie zapewnić przetrwanie rodzimej faunie.



Nadmierne wykorzystywanie naturalnych łowisk bez uwzględnienia możliwości odnowy populacji oraz prowadzenie jednogatunkowych hodowli ryb i introdukcja obcych gatunków przyczyniają się do zmniejszenia różnorodności biologicznej w ekosystemach wodnych (**ryc. III.2.6.**).



Ryc. III.2.6. W wyniku nieprzemyślanej gospodarki zasobami mórz nastąpiło zmniejszenie populacji wielu gatunków ryb, np. dorsza (A), tuńczyka (B), oraz zasobów omutków, ostryg (C), skorupiaków czy dużych waleń, m.in. płetwali błękitnych (D).

Zagrożeniem różnorodności gatunkowej jest pozyskiwanie w celach użytkowych **surowców pochodzących od zwierząt**, na przykład skóry, pierza, rogów i kości. Istotnym zagrożeniem dla bioróżnorodności jest także kolekcjonerstwo, które zagraża egzotycznym gatunkom roślin i zwierząt, między innymi rzadkim gatunkom storczyków, mięczaków, motyli, gadów i ptaków.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Podaj przykłady niszczenia siedlisk w wyniku działalności człowieka. Przedstaw konsekwencje takich działań dla zachowania bioróżnorodności.
2. Wyjaśnij, dlaczego wprowadzanie obcych gatunków jest zagrożeniem dla różnorodności biologicznej.
3. Na podstawie dostępnych źródeł podaj dwa przykłady uregulowanych dużych rzek w Europie. Scharakteryzuj konsekwencje takich działań dla różnorodności biologicznej.
4. Przedstaw zagrożenia dla różnorodności biologicznej, jakie stwarza współczesne rolnictwo.
5. Oceń skutki nadmiernej eksploatacji zasobów przyrody dla zachowania różnorodności biologicznej.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 111 Główną przyczyną spadku różnorodności biologicznej jest działalność człowieka.

s. 111 Do głównych przyczyn spadku różnorodności biologicznej należą: zmniejszanie naturalnych siedlisk i ich przekształcanie, rozwój rolnictwa, świadome (introdukcja) lub przypadkowe (zawleczenie) wprowadzanie obcych gatunków oraz nadmierna eksploatacja środowiska naturalnego.



3. Działania prowadzące do wzrostu różnorodności biologicznej

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz sposoby zachowania różnorodności biologicznej;
- dowiesz się, jakie jest znaczenie rodzimych odmian i ras dla zachowania różnorodności genetycznej.

Działania prowadzące do zachowania różnorodności biologicznej w Polsce obejmują ochronę gatunkową rzadkich i zagrożonych roślin, zwierząt i grzybów. Prawną ochroną są objęte gatunki wymierające lub zagrożone wymarciem (**ochrona całkowita**) oraz gatunki mające istotne znaczenie dla gospodarki i przyrody (**ochrona częściowa**).

Celem ochrony gatunkowej jest zabezpieczenie dziko występujących gatunków roślin, zwierząt i grzybów, zapewnienie ich wysokiej liczebności oraz zachowanie różnorodności gatunkowej. Istotę ochrony gatunkowej roślin stanowią: zakaz niszc-

ochrona całkowita
i częściowa



czenia, zrywania, ścinania lub usuwania ze stanowisk roślin chronionych, a także zakaz ich zbywania, nabywania, przenoszenia i wywożenia za granicę zarówno w stanie świeżym, jak i suszonym. W przypadku roślin objętych ochroną częściową w określonych przypadkach możliwe jest ich pozyskiwanie dla celów leczniczych lub przemysłowych. Istotę ochrony gatunkowej zwierząt stanowi zakaz zabijania, odłowu, wywożenia za granicę, płoszenia i niszczenia ostoi gatunków. Cele ochrony gatunkowej są realizowane ponadto poprzez rozmnażanie i rozprzestrzenianie ginących gatunków roślin i zwierząt oraz ochronę tras migracyjnych zwierząt. Odbudowę gatunku przeprowadza się przez **restytucję**, czyli przeniesienie zagrożonych gatunków do miejsc, w których mogą się rozmnażać, rozwijać i uzyskać odpowiednią liczbę do funkcjonowania w warunkach naturalnych. Tak uzyskane osobniki wprowadza się do naturalnych ekosystemów, z których zostały one usunięte – przeprowadza się **reintrodukcję**. Stosując reintrodukcję, naukowcy starają się ponownie osiedlić rysia w Puszczy Kampinoskiej, popielicę w zachodniej Polsce czy fokę szarą w Bałtyku. Przykładem udanej restytucji w Polsce jest odtworzenie populacji żubra (**ryc. III.3.1.**) czy konia Przewalskiego. Podobnie ocalono od wyginięcia bobra, którego po drugiej wojnie światowej znaleziono tylko w jednej kolonii na Suwalszczyźnie. Obecnie, dzięki konsekwentnej ochronie i przesiedleniom, populacja została odnowiona.



Ryc. III.3.1. Żubr był zagrożony wyginięciem w wyniku masowych polowań. Na początku XX wieku w Puszczy Białowieskiej i na Kaukazie żyły ostatnie naturalne populacje tego ssaka. Zostały one wytępione doszczętnie w czasie pierwszej wojny światowej. Dzięki działaniu polskich przyrodników jeszcze w latach 30. XX wieku w Puszczy Białowieskiej stworzono ośrodek hodowlany i doprowadzono do odnowy populacji.

Ważne zadanie w ochronie różnorodności biologicznej odgrywają ogrody zoologiczne i botaniczne oraz arboreta (typ ogrodu botanicznego przeznaczony do uprawy i badań roślin drzewiastych – drzew i krzewów, np. w Kórniku koło Poznania) (**ryc. III.3.2.**). Są w nich zachowane gatunki, które wymierają lub całkowicie wyginęły w warunkach naturalnych.



Ryc. III.3.2. Arboretum w Rogowie należy w Europie do najbogatszych w gatunki i odmiany drzew i krzewów.

ochrona starych ras i odmian

Dla zachowania różnorodności genetycznej istotna jest **ochrona starych ras zwierząt gospodarskich** oraz **starych odmian roślin**. Były one hodowane i uprawiane przez drobnych rolników przed okresem intensyfikacji rolnictwa w wielu częściach Europy. Dawniej ze względów ekonomicznych rolnicy preferowali zróżnicowanie gatunkowe, które dawało im niezależność od zmian w środowisku naturalnym. Obecnie starym rasom i odmianom grozi wyginięcie, ponieważ są zastępowane przez bardziej produktywne organizmy modyfikowane genetycznie. Stare odmiany i rasy są niepowtarzalnym materiałem genetycznym, który może być wykorzystany w przyszłości. W Polsce, dzięki słabo rozwiniętemu rolnictwu tradycyjnemu, zachowało się wiele cennych odmian i ras, takich jak polska owca górska, świnie złotnickie, królik popieleński, konik polski, kury zielononóżki, stare odmiany jabłek, grusze, i śliwy.



Ryc. III.3.3. Dzikim przodkiem konika polskiego był tarpan. Konik polski odznacza się dobrym zdrowiem, odpornością na choroby i trudne warunki utrzymania.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij znaczenie ochrony gatunków w zachowaniu bioróżnorodności.
2. Omów znaczenie rodzimych ras i gatunków dla zachowania różnorodności genetycznej.
3. Podaj znaczenie arboretum w zachowaniu różnorodności biologicznej.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Zachowanie różnorodności biologicznej następuje przez **ochronę całkowitą i częściową**, restytucję i reintrodukcję gatunków.

Ochrona tradycyjnych odmian roślin i ras zwierząt zachowuje różnorodność genetyczną.

s. 116

s. 118

4. Formy ochrony różnorodności biologicznej

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz system obszarów chronionych;
- dowiesz się, jakie są formy ochrony indywidualnej.

System obszarów chronionych

Bardzo ważną formą ochrony różnorodności jest ochrona całych obszarów zawierających najcenniejsze ekosystemy. Obecnie wyróżniane są cztery główne grupy obszarów chronionych. Są to: parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe i obszary chronionego krajobrazu.

grupy obszarów
chronionych

Park narodowy jest najwyższą formą ochrony przyrody w Polsce. Jest to obszar o powierzchni nie mniejszej niż 1000 ha o określonym prawnie statusie. W parku jest chroniony pierwotny stan całości przyrody, względnie niektórych jej elementów. Działalność człowieka ogranicza się do badań naukowych i zorganizowanej turystyki. W parkach stosuje się **ochronę ścisłą** (bez ingerencji człowieka) lub **częściową** (prowadzi się świadomie działania zmierzające do przywrócenia stanu naturalnego). Niektóre z parków narodowych mogą mieć znaczenie międzynarodowe, określone odpowiednimi uchwałami – są to tzw. **rezerваты biosfery** (np. Park Babiogórski, Tatrzański, Słowiński) lub znajdują się na liście Światowego Dziedzictwa Dóbr Kultury i Przyrody (np. Park Białowieski). Obecnie w Polsce istnieją 23 parki narodowe o łącznej powierzchni 317 406 ha, co stanowi około 1% powierzchni kraju (**ryc. III.4.1.**). Rozważa się utworzenie trzech następnych: Jurajskiego (Wyżyna



III. RÓŻNORODNOŚĆ BIOLOGICZNA

Krakowsko-Częstochowska), Mazurskiego (okolice jeziora Śniardwy) i Turnickiego (podgórze Bieszczadów).



Ryc. III.4.1. Rozmieszczenie parków narodowych w Polsce.

Rezerwat przyrody to obszar stosunkowo mało zmieniony przez działalność człowieka, ważny przyrodniczo oraz ustawowo chroniony ze względu na zachowanie wartości naukowych, krajobrazowych, estetycznych i dydaktycznych. Wyróżnia się rezerваты krajobrazowe, wodne, geologiczne, faunistyczne, florystyczne, leśne, stepowe, torfowiskowe, łąkowe i słonoroślowe.

Niższą, ale też cenną formą ochrony są **parki krajobrazowe**. Są to tereny poddane ochronie ze względu na nieprzeciętne właściwości środowiska przyrodniczego lub wysokie walory historyczne i kulturowe. Parki krajobrazowe mają zwykle duże



znaczenie turystyczno-rekreacyjne. Zachowany jest w nich uprzedni sposób użytkowania ziemi, ale ograniczany jest niszczący wpływ człowieka na ekosystemy.

Najprostszą formą ochrony ekosystemów są **obszary chronionego krajobrazu**. Zajmują one około 23% powierzchni Polski. Są to przeważnie tereny użytkowane rolniczo i turystycznie. Zapewniają stan równowagi ekologicznej systemów przyrodniczych. System gospodarowania i zabudowy pozostaje tu pod ścisłą kontrolą.

Obszary Natura 2000 obejmują obszary specjalnej ochrony (OSO) wyznaczone dla ochrony ostoi dziko występujących gatunków ptaków (zgodnie z dyrektywą ptasią) i specjalne obszary ochrony (SOO) wyznaczone dla ochrony siedlisk przyrodniczych lub dla siedlisk dziko występujących roślin lub siedlisk zwierząt (zgodnie z dyrektywą siedliskową). Celem dyrektywy ptasiej jest ochrona i zachowanie wszystkich populacji ptaków występujących w stanie dzikim, prawne uregulowanie zasad handlu oraz pozyskiwania ptaków łownych, a także przeciwdziałanie niedopuszczalnym metodom ich chwytania i zabijania. Dyrektywa siedliskowa ma na celu ochronę naturalnych siedlisk i siedlisk gatunków oraz utworzenie systemów ochrony gatunków. Sieć Natura 2000 to najmłodsza forma ochrony przyrody w Polsce. Została wprowadzona w 2004 roku w ramach europejskiej sieci ekologicznej realizowanej przez kraje Unii Europejskiej.

Ochrona indywidualna

Ochrona indywidualna obejmuje pomniki przyrody, stanowiska dokumentacyjne oraz zespoły przyrodniczo-krajobrazowe.

Pomniki przyrody to pojedyncze obiekty przyrodnicze lub ich zespoły, cenne pod względem naukowym, kulturowym i historycznym. Najczęściej są to drzewa (np. Dąb Bartek w Górach Świętokrzyskich czy Dąb Jagiełły w Puszczy Białowieskiej), głazy narzutowe (np. Dwunastu Apostołów na plaży w Pucku czy Duży Kamień w Żarnowie), skały (np. Maczuga Herkulesa w Ojcowie czy Pielgrzym w Górach Stołowych), jaskinie (np. Raj, Piekło), aleje i parki wiejskie (np. aleja lipowa koło Pucka).

Istotne pod względem naukowym i dydaktycznym są miejsca występowania przyrody nieożywionej, czyli formacje geologiczne, nagromadzenia skamieniałości i minerałów. Tworzą one **stanowiska dokumentacyjne**. Chronione są także pozostałości ekosystemów, które mają istotne znaczenie dla zachowania unikatowych typów środowisk (np. naturalne zbiorniki wodne, śródpolne i śródleśne kępy drzew i krzewów, bagna, wydmy, starorzecza) oraz stanowią zasoby genów. Nazywamy je **użytkami ekologicznymi**. Natomiast w celu ochrony wyjątkowo cennych fragmentów krajobrazu naturalnego i kulturowego wyznaczono **zespoły przyrodniczo-krajobrazowe**.

Zrównoważony rozwój

Polska jest członkiem wielu międzynarodowych konwencji i porozumień dotyczących ochrony różnorodności biologicznej. Jedną z nich jest Konwencja o międzynarodowym handlu dzikimi zwierzętami i roślinami gatunków zagrożonych wygi-

międzynarodowe
konwencje



nięciem (tzw. konwencja waszyngtońska lub konwencja CITES) (**ryc. III.4.2.**). Konwencja zakazuje handlu gatunkami uznanymi za wymierające i wykonanymi z nich przedmiotami (np. wyroby z kości słoniowej). Na listach konwencji znajduje się ponad 50 tysięcy gatunków i podgatunków podlegających ochronie.



Ryc. III.4.2. Logo konwencji waszyngtońskiej.

zrównoważony
rozwój

W 1987 roku w raporcie Komisji Środowiska i Rozwoju ONZ sformułowano Ideę Zrównoważonego Rozwoju. Według tej koncepcji ochrona przyrody żywej powinna być zgodna z trwałym rozwojem świata. Należy racjonalnie gospodarować zasobami przyrody i chronić środowisko naturalne, aby móc zaspokajać potrzeby obecnych i przyszłych pokoleń człowieka.

zrównoważony rozwój = wzrost gospodarczy + ochrona przyrody i środowiska + odpowiedzialność społeczna

Działania konieczne dla ochrony różnorodności biologicznej to:

- opracowanie krajowych strategii, planów i programów ochrony i zróżnicowanego użytkowania różnorodności biologicznej;
- inwentaryzacja elementów różnorodności genetycznej, gatunkowej i ekosystemowej;
- określenie procesów i zjawisk mających istotny wpływ na kształtowanie różnorodności;
- wprowadzenie odpowiednich regulacji prawnych;
- międzynarodowa współpraca i wymiana informacji, tworzenie baz danych.

Na Szczycie Ziemi w Rio de Janeiro (1992), międzynarodowej konferencji poświęconej środowisku i rozwojowi gospodarczemu świata, powstały między innymi Konwencja o różnorodności biologicznej oraz Agenda 21. Są to dokumenty zawierające zasady zrównoważonego rozwoju.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij, jakie znaczenie dla zachowania bioróżnorodności mają parki narodowe i parki krajobrazowe.
2. Dokonaj analizy obszarów chronionych w najbliższym miejscu zamieszkania. Sporządź ich listę, podziel je pod względem formy ochrony i określ ich lokalizację, powierzchnię, datę powstania oraz walory przyrodnicze lub przyrodniczo-krajobrazowe.
3. Uzasadnij potrzebę międzynarodowej współpracy w celu zachowania bioróżnorodności.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Formy ochrony różnorodności biologicznej w Polsce to: parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, obszary Natura 2000, pomniki przyrody, stanowiska dokumentacyjne oraz zespoły przyrodniczo-krajobrazowe.

s. 119

Polska współpracuje w ochronie różnorodności biologicznej poprzez uczestnictwo w **międzynarodowych konwencjach**.

s. 121

W Polsce jest realizowana idea **zrównoważonego rozwoju**.

s. 122



PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

1. Bioróżnorodność i jej zagrożenia

- s. 102 • **Różnorodność biologiczna** to różnorodność życia na Ziemi.
- s. 102 • Różnorodność biologiczną rozpatruje się na **trzech poziomach**: genetycznym, gatunkowym i ekosystemowym.
- s. 104 • Główną przyczyną spadku różnorodności biologicznej jest **działalność człowieka**.
- s. 105 • Grupy systematyczne różnią się różnorodnością biologiczną. **Najwięcej gatunków reprezentują owady**.
- s. 105 • Istnieją na świecie miejsca o szczególnie dużej różnorodności gatunkowej – tzw. **ogniska różnorodności biologicznej**.
- s. 105 • **Największą różnorodnością biologiczną** charakteryzują się wilgotne lasy tropikalne i przybrzeżne strefy raf koralowych.
- s. 106 • **Różnorodność biologiczna jest wynikiem działania wielu czynników**, wśród których najbardziej znaczące są: klimat i ukształtowanie powierzchni.
- s. 107 • Różnorodność biologiczna wzrasta od biegunów do strefy tropikalnej, gdzie osiąga największe bogactwo.
- s. 107 • Liczba gatunków **maleje wraz ze wzrostem wysokości** nad poziom środowisk życia.
- s. 107 • Ekosystemy o jednakowym klimacie, podobnych glebach i charakterystycznych gatunkach roślin i zwierząt tworzą **biomy**.
- s. 107 • **Biomy** na kuli ziemskiej to: tundra, tajga, lasy liściaste strefy umiarkowanej, wilgotny las równikowy, sawanna, pustynie i półpustynie, step, roślinność śródziemnomorska oraz wysokogórska.

2. Przyczyny wzrostu zagrożenia różnorodności biologicznej

- s. 111 • Główną **przyczyną spadku różnorodności biologicznej** jest działalność człowieka.
- s. 111 • Do głównych **przyczyn spadku różnorodności biologicznej** należą: zmniejszanie naturalnych siedlisk i ich przekształcanie, rozwój rolnictwa, świadome (introdukcja) lub przypadkowe (zawleczenie) wprowadzanie obcych gatunków oraz nadmierna eksploatacja środowiska naturalnego.

3. Działania prowadzące do wzrostu różnorodności biologicznej

- s. 116 • Zachowanie różnorodności biologicznej następuje przez **ochronę całkowitą i częściową**, restytucję i reintrodukcję gatunków.
- s. 118 • **Zachowanie tradycyjnych odmian roślin i ras zwierząt** pozwala utrzymać różnorodność genetyczną.

4. Formy ochrony różnorodności biologicznej

- s. 119 • **Formy ochrony różnorodności biologicznej w Polsce** to: parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, obszary Natura 2000, pomniki przyrody, stanowiska dokumentacyjne oraz zespoły przyrodniczo-krajobrazowe.
- s. 121 • Polska współpracuje w ochronie różnorodności biologicznej poprzez uczestnictwo w **międzynarodowych konwencjach**.
- s. 122 • W Polsce jest realizowana idea **zrównoważonego rozwoju**.



SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

1. Badano rozrodczość dwóch populacji pewnego gatunku ślimaka: jedną żyjącą w Morzu Śródziemnym, a drugą w Morzu Karaibskim w następujących warunkach:
 - a) populacje rozmnażają się oddzielnie;
 - b) dorosłe osobniki obydwu populacji migrują do północnego Atlantyku, żeby się krzyżować.

W którym przypadku zaobserwuje się większy spadek różnorodności genetycznej, jeśli populacja z Morza Śródziemnego wyginie?

2. Dotychczasowe dane mówią, że większość gatunków żyje na lądach. Morza kryją w sobie zaledwie 15% znanych gatunków, jednak reprezentują one aż 80% wszystkich znanych typów. To bogactwo kryje się przede wszystkim na dnie. Ze wszystkich opisanych dotąd 33 typów zwierząt, w morzach występują 32, z tego 21 to organizmy wyłącznie morskie. Na lądach występuje 11 typów i tylko jeden z nich (pazurnice) jest wyłącznie lądowy. Badania fauny mórz wciąż dostarczają odkryć nowych form na wysokim poziomie taksonomicznym, np. *Loricifera* (kolczugowce) odkryto dopiero w 1983 roku.
Źródło: J. Weiner, *Życie i ewolucja biosfery*, PWN, Warszawa 2003.

Jak sądzisz, co było przyczyną tak wysokiej różnorodności wyższych taksonów fauny morskiej?

3. Warunkiem zachowania różnorodności biologicznej jest ochrona środowiska naturalnego i jego dóbr. W celu zachowania przyrody w dobrym stanie stosowane są dwie formy jej ochrony: *ex situ* i *in situ*. Ochrona *ex situ* polega na zachowaniu różnorodności biologicznej w warunkach sztucznych, kontrolowanych przez człowieka, a ochrona *in situ* – w warunkach naturalnych (zakładanie parków narodowych i rezerwatów).
 - a) Określ, która z form ochrony jest korzystniejsza w ochronie gatunków skrajnie zagrożonych wyginięciem.
 - b) Wymień dwa przykłady ochrony *ex situ*.
4. Wyobraź sobie, że deweloper proponuje wycięcie lasu, który stanowi korytarz ekologiczny pomiędzy dwoma parkami. Jako rekompensatę proponuje dołączenie takiego samego obszaru lasu do jednego z parków. **Jakie argumenty przeciwko zniszczeniu korytarza wysuniesz jako profesjonalny ekolog?**
5. **Wybierz dwa działania, które mogą sprzyjać spadkowi różnorodności gatunkowej zwierząt na terenach rolniczych.**
 - a) Utrzymanie istniejących naturalnych wodnych oczek śródpolnych.
 - b) Wprowadzenie zadrzewień śródpolnych.
 - c) Przekształcenie pola, na którym uprawiano owies, w łąkę.
 - d) Zastępowanie drobnych poletek dużymi obszarami monokulturowych pól uprawnych.
 - e) Stosowanie w uprawach środków ochrony roślin.
6. **Dobierz do nazw odpowiednie informacje na temat sieci Natura 2000. Odpowiedź zapisz w zeszycie.**
 - a) Sieć Natura 2000 obejmuje sieć obszarów objętych ochroną przyrody w skali całej Europy.
 - b) Obszary te są tworzone na terenie całej kuli ziemskiej.
 - c) Dyrektywa ptasia ma za cel ochronę i zachowanie wszystkich dzikich populacji ptaków.
 - d) Dyrektywa siedliskowa ma na celu ochronę naturalnych typów siedlisk oraz dzikiej fauny i flory.
 - e) Sieć Natura 2000 to program prowadzony tylko przez kilka państw Europy, między innymi przez Polskę.
 - f) Dyrektywa ptasia ma za cel ochronę i zachowanie wszystkich dzikich populacji kormoranów.

1. Dyrektywa siedliskowa
2. Sieć Natura 2000
3. Dyrektywa ptasia



7. Przedstawionym niżej formom ochrony przyrody (a–f) przyporządkuj nazwy tych form (1–4). Odpowiedź zapisz w zeszycie.

- a) Są to obszary reprezentatywne dla głównych biomów świata, z unikatowymi, niezniszczonymi zbiorowiskami roślinnymi i zespołami zwierząt.
- b) Są to obszary w niewielkim stopniu zmienione przez człowieka, cenne przyrodniczo, chronione ze względu na wartość naukową, krajobrazową, estetyczną i dydaktyczną.
- c) Są to tereny chronione ze względu na nieprzeciętne właściwości przyrodnicze lub walory historyczne i kulturowe.
- d) Są to pojedyncze obiekty przyrodnicze lub ich zespoły, cenne pod względem naukowym, kulturowym i historycznym.
- e) Ochronie podlegają cenne przyrodniczo obiekty przyrody nieożywionej – formacje geologiczne, nagromadzenia skamieniałości i twory mineralne.
- f) Chronione są parki dworskie, jeziora z cenną fauną i florą, doliny rzek, elementy przyrody naturalnej czy półnaturalnej w dużych miastach.

1.	Rezerwat przyrody	...
2.	Stanowisko dokumentacyjne	...
3.	Biom	...
4.	Pomnik przyrody	...

Indeks pojęć i terminów

A

adaptacje 11
ochronne 30
anatomia porównawcza 20
antropologia 43
areal osobniczy 69

B

bariera
postzygotyczna 33
prezygotyczna 33
rozrodcza 33
biocenoza 85
biogeografia 18
bioindykatory 63
biomasa 85
biomy 107
wysokogórskie 110
biotop 85

C

cykl biogeochemiczny 89
czas połowicznego rozpadu 18
częstość
alleli 24
fenotypu 24
genotypu 24
czynniki
abiotyczne 60
biotyczne 60

D

datowanie izotopowe 18
dendrogramy 11
destruenci 86
dobór
kierunkowy 28
naturalny 13, 28
rozrywający 29
stabilizujący 28

drapieżnictwo 76, 79
dryf genetyczny 25
drzewa filogenetyczne 11
dywergencja 20

E

efekt
szyjki butelki 26
założyciela 26
ekologia 58
biocenoza 59
biosfery 59
ekosystemów 59
krajobrazu 59
organizmu 58
populacyjna 58
endemity 19
eurybionty 62
ewolucja 8
biochemiczna 39
rozbieżna 20
zbieżna 20

G

gatunki synantropijne 114

H

hipoteza świata RNA 39
hominidy 46
Homo
antecessor 48
erectus 48
ergaster 48
habilis 46
heidelbergensis 48
neanderthalensis 48
sapiens 48

I

introdukcja gatunku 113
izolacja postzygotyczna 34

K

klimaks 93
kojarzenie krewniacze 25
komensalizm 74
konkurencja 75
międzygatunkowa 78
wewnątrzgatunkowa 77
konwergencja 20
kreacjonizm 8
krzywa tolerancji ekologicznej 61

L

lamarkizm 9
las liściaste strefy
umiarkowanej 108
liczebność populacji 67

Ł

łańcuch troficzny 86

M

melanizm przemysłowy 29
melioracja 112
mięsożercy 85
mikroewolucja 24
mimetyzm 30
mimikra 30
mutualizm
fakultatywny 74
obligatoryjny 74

N

naczelne 44
narządy
 analogiczne 20
 homologiczne 20
 szczątkowe 20
neutralizm 82
nisza ekologiczna 60

O

obieg
 azotu 91
 węglu 89
obszary
 chronionego krajobra-
 zu 121
 Natura 2000 121
ochrona
 całkowita 116
 częściowa 116, 119
 gatunkowa 116
 indywidualna 121
 ściśła 119
ogniska różnorodności biologicz-
nej 105
optimum ekologiczne 61

P

paleontologia 16
park
 krajobrazowy 120
 narodowy 119
pasożytnictwo 76
ploidalność 35
pojemność środowiska 68
pomniki przyrody 121
populacja 66
poziom troficzny 85
produkcji 85
produkcja
 pierwotna 89
 wtórna 89

protobionty 39
przepływ genów 27
przyrost naturalny 68
pula genowa 23
pustynie i półpustynie 109

R

reintrodukcja 117
restytucja 117
rezerwat przyrody 120
roślinojercy 85
rozmieszczenie
 losowe 70
 równomierne 70
 skupiskowe 69
różnorodność
 biologiczna 102
 ekosystemowa 104
 gatunkowa 104
 genetyczna 102
rozrodczość 67

S

sawanna 109
sieć pokarmowa 87
siedlisko 60
skamieniałości 16
specjacja 35
 alopatryczna 35
 sympatryczna 35
stanowisko dokumentacyj-
ne 121
stenobionty 62
step 109
struktura
 płciowa 71
 wiekowa 71
sukcesja 93
 pierwotna 93
 wtórna 94
syntetyczna teoria ewolucji 14
szczątki kopalne 16

Ś

śmiertelność 68

T

tajga 108
teoria endosymbiozy 39
terytorializm 71
tolerancja ekologiczna 61
tundra 108

U

użytki ekologiczne 121

W

wiecznie zielone zarośla 109
wielkie wymierania 40
wilgotny las równikowy 109
wymieranie gatunków 36

Z

zagęszczenie populacji 67
zawleczenie gatunku 113
zespół przyrodniczo-krajobrazo-
wy 121
zmienność genetyczna 25
zrównoważony rozwój 122

Ż

żywe skamieniałości 17