



Świat pod lupą

Człowiek jest gatunkiem, który w niespotykanym do tej pory zakresie czerpie z zasobów środowiska, przekształca krajobrazy i ekosystemy, próbuje zapanować nad procesami biologicznymi toczącymi się w jego organizmie. Coraz mniej odległe wydaje się opóźnienie starzenia, zachowanie przy życiu niemal każdego noworodka oraz poprawa wydajność produkcji przemysłowej, zwłaszcza produkcji żywności. Koszty tych technologii są jednak wysokie i towarzyszą im budzące obawy skutki uboczne. Ich konsekwencją jest m.in. nieodwracalna zmiana warunków życia i zanik różnorodności biologicznej. Czy te wszystkie koszty są uzasadnione?

Ucząc się z biologii z podręcznika do pierwszej klasy ponadgimnazjalnej, będziecie mieli okazję zachwycić się możliwościami nowych technologii oraz poddać ocenie działania człowieka.

- **Biotechnologia i inżynieria genetyczna**
 - [Biotechnologia – historia i współczesność](#)
 - [Biotechnologia w ochronie środowiska](#)
 - [Inżynieria genetyczna narzędziem biotechnologii](#)
 - [Mikroorganizmy zmodyfikowane genetycznie w służbie człowieka](#)
 - [Rośliny transgeniczne](#)
 - [Zwierzęta transgeniczne](#)
 - [Żywność genetycznie modyfikowana – nadzieje i obawy](#)
 - [Klonowanie ssaków](#)
 - [Wykorzystanie badań DNA w medycynie](#)
 - [Wykorzystanie badań DNA w nauce](#)
 - [Wykorzystanie badań DNA w sądownictwie](#)
 - [Poradnictwo genetyczne](#)
 - [Terapia genowa](#)
 - [Oblicza biotechnologii](#)
- **Różnorodność biologiczna i jej zagrożenia**
 - [Różnorodność genetyczna](#)
 - [Różnorodność gatunkowa](#)
 - [Różnorodność ekosystemowa](#)
 - [Zagrożenia bioróżnorodności](#)

- Wpływ rolnictwa na różnorodność biologiczną
- Wymieranie roślin
- Wymieranie zwierząt
- Dlaczego chronimy przyrodę?
- Formy ochrony przyrody w Polsce
- Ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów
- Międzynarodowa współpraca na rzecz ochrony przyrody
- Bogactwo przyrody
- Materiały metodyczne dla nauczycieli

Bibliografia:

-

Biotechnologia – historia i współczesność

Procesy biotechnologiczne służyły ludziom już w starożytności – do produkcji napojów alkoholowych, serów i chleba, a także do hodowli roślin i zwierząt. Obecnie wykorzystywane są głównie na skalę przemysłową, w mniejszym zaś stopniu – w przydomowych ogródkach i kuchni.



Źródło: Crulina 98 (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Już wiesz

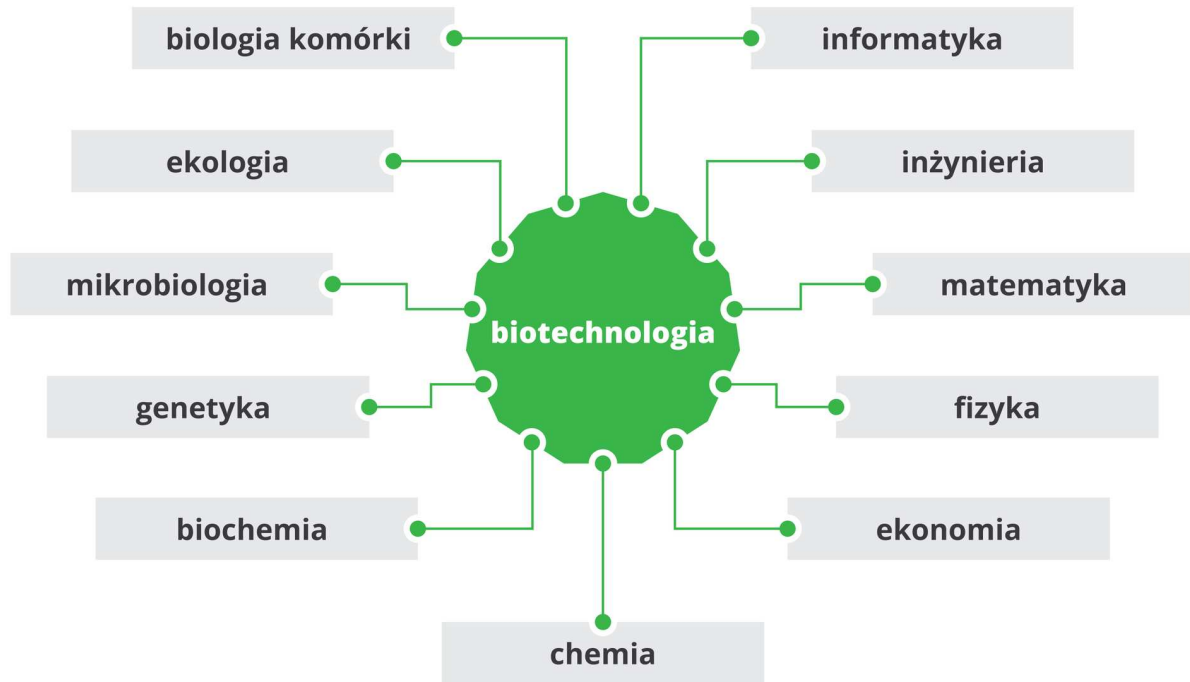
- organizmy mogą być wykorzystywane w produkcji na przykład wina, piwa, serów;
- podczas fermentacji mlekowej powstaje kwas mlekowy, a podczas alkoholowej – alkohol.

Nauczysz się

- opisywać dziedziny biotechnologii;
- opisywać procesy wytwarzania produktów spożywczych z zastosowaniem mikroorganizmów;
- wskazywać produkty żywnościowe wytworzone z wykorzystaniem metod biotechnologicznych.

1. Biotechnologia służy poprawie bytu człowieka

Biotechnologia jest interdyscyplinarną nauką stosowaną, badającą i opracowującą różne sposoby wykorzystania materiałów i procesów biologicznych na skalę przemysłową. Obecnie stosowane metody pojawiły się prawdopodobnie wraz z rozpoczęciem hodowli zwierząt i uprawy roślin. W tradycyjnej biotechnologii do produkcji żywności lub leków wykorzystuje się organizmy bez wprowadzenia zmian w ich genach. Biotechnologia nowoczesna natomiast dostosowuje organizmy do potrzeb produkcyjnych poprzez wprowadzanie zmian w ich genomie.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Ze względu na obszary, w których biotechnologia znajduje zastosowanie, podzielono ją na 3 kategorie opisane kolorami: białym, czerwonym i zielonym. Klasyfikacja ta została zaproponowana przez Organizację Współpracy Gospodarczej i Rozwoju przy udziale Unii Europejskiej.

Biotechnologia biała znajduje zastosowanie w produkcji przemysłowej i ochronie środowiska. Użycie komórek bakterii, grzybów pleśniowych, drożdży oraz wytwarzanych przez nie enzymów pozwala przekształcać produkty rolne i uzyskiwać z nich leki, chemikalia, dodatki konsumpcyjne i inne wyroby. Mikroorganizmy wykorzystywane są również na skalę przemysłową do oczyszczania ścieków i gleby. Procesy przemysłowe oparte na biotechnologii są bardziej przyjazne środowisku i mniej kosztowne niż tradycyjne, co wiąże się z niższym zużyciem energii, oszczędnością surowców i redukcją ilości odpadów.

Biotechnologia czerwona jest wykorzystywana w ochronie zdrowia, do produkcji nowych leków (bioleków) i rozwoju diagnostyki genetycznej. Obecnie większość bioleków jest wytwarzana przy udziale genetycznie zmodyfikowanych bakterii *E. coli* czy drożdży *S. cerevisiae*. Stosując bioleki, lekarze z powodzeniem mogą zapobiegać cukrzycy, udarowi

mózgu, zapaleniu wątroby, anemii, astmie, a także białaczce i innym chorobom nowotworowym.

Biotechnologia zielona jest związana z rolnictwem i stosowana w celu zwiększenia produkcji roślinnej i zwierzęcej. Wytworami tej gałęzi biotechnologii są m.in. genetycznie modyfikowane odmiany roślin, odporne na przykład na choroby grzybicze i bakteryjne. Niektóre rośliny, jak soja i kukurydza, zostały wyposażone w gen odporności na środki chwastobójcze.

Ciekawostka

Przykładem białka wytworzonego przez polskich naukowców za pomocą metod biotechnologii jest gensulina (insulina). Krajowa produkcja tego leku spowodowała obniżenie jego ceny w stosunku do specyfików sprowadzanych z zagranicy.

2. Bakterie mlekowe i konserwowanie żywności

Kwaszenie owoców i warzyw z wykorzystaniem fermentacji mlekowej to jeden z najstarszych procesów biotechnologicznych, chociaż jego biologiczny i chemiczny mechanizm został zbadany i opisany dopiero w XIX w. W czasach, gdy lodówki i zamrażarki nie były znane (lub powszechnie stosowane), surowe mleko i świeże warzywa nie mogły być przechowywane zbyt długo. Wytwarzano z nich przetwory, w których kwas mlekowy – produkt metabolizmu bakterii mlekowych – pełnił funkcję konserwującą.

Fermentacja mlekowa jest procesem przekształcania cukrów (węglowodanów) w kwas mlekowy, który powoduje ścinanie się kazeiny, białka obecnego w mleku. Proces ten wykorzystywany jest do produkcji przetworów mlecznych oraz serów.

Kiszenie to metoda konserwacji owoców, warzyw i grzybów. Kiszonki można przechowywać wiele miesięcy bez narażenia na zepsucie, ponieważ kwas mlekowy nie dopuszcza do rozwoju innych drobnoustrojów saprofitycznych, oprócz tolerujących go bakterii mlekowych. Trwałość kiszonych produktów gwarantowało w przeszłości obniżenie temperatury przechowywania (w piwnicach, na dnie strumieni) i szczelne zamknięcie, w celu utrzymania warunków beztlenowych. Na skalę przemysłową kiszenie kapusty i ogórków przeprowadza się w betonowych lub metalowych silosach zaopatrzonych w instalację do odprowadzania wydzielającego się dwutlenku węgla. Po okresie fermentacji warzywa pakuje się do plastikowych lub drewnianych beczek.



W celu ograniczenia populacji niepożądanych mikroorganizmów i poprawy smaku do ogórków dodaje się m.in. sól, czosnek i koper. Zmętnienie zalewy i pojawienie się białego osadu jest wynikiem zwiększenia liczebności bakterii mlekowych

Proces fermentacji mlekowej znalazł również zastosowanie w produkcji **dojrzewających serów** podpuszczkowych. Powstają one dzięki użyciu podpuszczki – enzymu uzyskiwanego z żołądków zwierząt lub jej syntetycznego odpowiednika. Powoduje on ścinanie się (denaturację) białka w mleku. Powstałą masę serową formuje się i poddaje dojrzewaniu, podczas którego bakterie oraz grzyby rozkładają część białek i tłuszczów. Zmianie ulega wygląd, smak oraz zapach sera.

Bakterie fermentacji mlekowej są też stałym składnikiem flory bakteryjnej ludzkiego jelita. Wytwarzając kwasy, ograniczają działalność bakterii gnilnych i chorobotwórczych. Po terapii antybiotykowej, w celu odbudowania populacji pożytecznych mikroorganizmów, przyjmuje się **probiotyki**, czyli preparaty i produkty żywnościowe zawierające żywe kultury bakterii.

Polecenie 1

Ryby zalane solanką, syrop z owoców czy śliwki w occie to przykłady konserwowanych produktów spożywczych. Wyjaśnij, dlaczego sól, cukier czy ocet dodane do świeżej żywności powodują jej zakonserwowanie.

Wskazówka

Jak działa na mikroorganizmy silnie stężony roztwór soli lub cukru oraz roztwór o niskim pH?

Polecenie 2

W przepisie na kwas z buraków znajduje się następująca instrukcja: „Pół kilograma umytych, obranych i pokrojonych buraków oraz 4 ząbki czosnku ułóż w słoiku i zalej letnią wodą, w której rozpuszczono czubatą łyżeczkę soli i cukru. Dodaj kromkę razowego chleba na zakwasie. Przykryj słoik ściereczką, nie zamykaj go szczelnie. Odstaw słoik w ciepłe miejsce na 5 dni.”



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Wyjaśnij, dlaczego buraki należy zalać letnią, a nie gorącą bądź zimną wodą, a hodowlę trzymać w cieple. Wytłumacz, po co dodaje się razowy chleb i dlaczego słoik, w którym tworzy się kwas, nie może być szczelnie zamknięty.

Ciekawostka

Mleko stało się pokarmem dorosłych ludzi dopiero ok. 7,5 tysiąca lat temu, kiedy u Europejczyków upowszechniła się mutacja umożliwiająca trawienie cukru mleka – laktozy. Wcześniej zdolność trawienia nieprzetworzonego mleka posiadały tylko małe dzieci. Dorośli mogli spożywać jedynie sery i jogurty, w których laktoza jest częściowo rozłożona. Do dziś nietolerancja laktozy charakteryzuje znaczną większość mieszkańców Afryki, Azji i rdzennych Amerykanów.

Ciekawostka

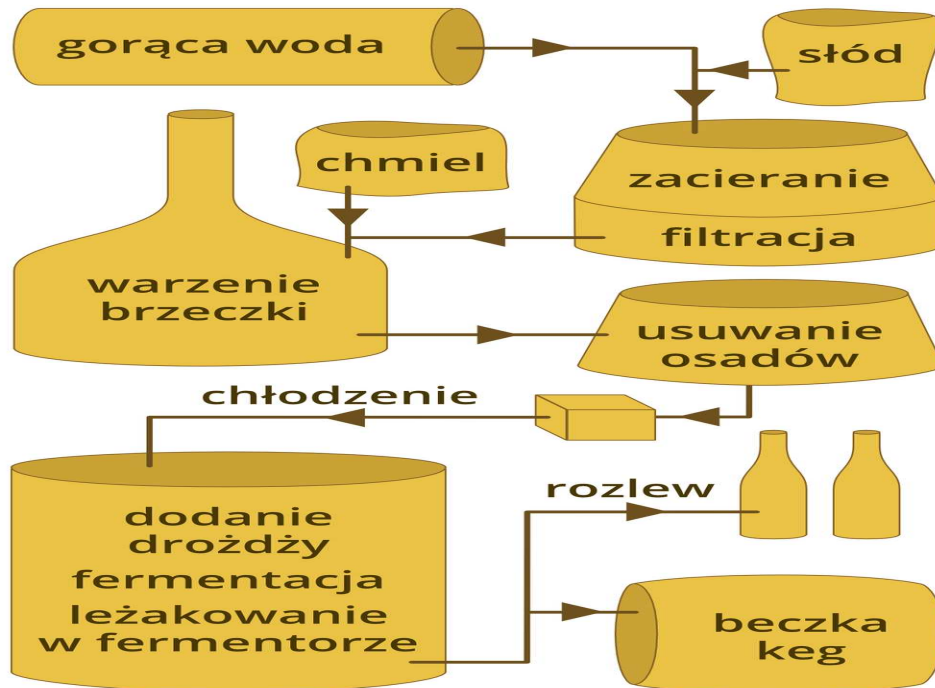
Wędliny dojrzewające, jak na przykład pochodzące z Włoch salami, drobno mielona kiełbasa metka lub litewski kindziuk, wytwarza się z wykorzystaniem bakterii.

W procesie ich produkcji bakterie mlekowe wpływają na barwę, konsystencję, wyrazisty smak i zapach otrzymywanych produktów mięsnych. Przede wszystkim jednak wydłużają czas przydatności do spożycia w stosunku do terminu przydatności surowca, z którego powstały.

3. Udział drożdży w produkcji alkoholu

Już w starożytności drożdże były używane do produkcji alkoholu, choć oczywiście nikt wtedy jeszcze nie wiedział, że to one są odpowiedzialne za przemianę słodkiego soku w wino. Do fermentacji najlepiej nadawały się owoce winogron, zawierające dużo cukrów, na których drożdże występują naturalnie. Wystarczyło więc tylko zgnieść owoce i zamknąć je w pojemniku z otworem umożliwiającym ujście dwutlenku węgla, a całość pozostawić w ciepłym miejscu. Obecnie do produkcji wina i piwa używa się specjalnych szczepów drożdży (tzw. drożdży winnych lub piwnych), wyselekcjonowanych pod względem skuteczności oraz rodzaju produktu, który chcemy uzyskać.

W naszej strefie klimatycznej bogatą historię ma produkcja piwa. Proces ten trwa ok. 8-10 dni. Niezbędnym surowcem jest ziarno jęczmienia, które poddane zostaje kielkowaniu. Ma ono na celu uruchomienie obecnych w nim enzymów rozkładających skrobię i białka (zgromadzonych w ziarnach jako materiał zapasowy). Skielkowane ziarno zwane sładem rozdrabnia się, zalewa wodą i podgrzewa – sporządza **zacier**. Podczas przygotowania zacieru obecne w sładzie enzymy powodują dalszy rozkład białek i skrobi. Po przefiltrowaniu płyn, zwany **brzeczka piwną**, jest mieszany z chmielem i gotowany (warzony). Gotowanie ma na celu rozpuszczenie składników chmielu, odparowanie wody, [sterylizację](#) składników i uzyskanie odpowiedniej barwy i aromatu. Następnie brzeczka przepompowywana jest do specjalnej kadzi, na której dnie osadzają się odpady i schładzana. W kolejnym etapie dodaje się do brzeczki wyselekcjonowane drożdże piwne, które wytwarzają alkohol i dwutlenek węgla. Fermentacja trwa od kilku do kilkunastu dni. Następnie piwo jest filtrowane i leżakowane.



Źródło: Anna Jasnos, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Luca Galuzzi (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.5.

Ciekawostka

Dlaczego wino pozostawione na jakiś czas w otwartej butelce kwaśnieje?

Oprócz drożdży w winie znajdują się także bakterie fermentacji octowej. Nie rozwijają się one, dopóki warunki są beztlenowe. Jednak w obecności tlenu bakterie przekształcają alkohol etylowy w kwas octowy (w procesie fermentacji octowej). Może to być także proces pożądaný – dzięki niemu bowiem uzyskuje się z wina ocet winny.

4. Biotechnologia w piekarniach i cukierniach

Miejsce, w którym wykorzystuje się proces fermentacji, są także piekarnie i cukiernie. Do mąki pszennej dodaje się **drożdże** w celu spulchnienia ciasta. Drożdże piekarnicze wytwarzają dużo dwutlenku węgla, który rozpycha ciasto, zwiększając jego objętość. Pieczywo z mąki żytniej potrzebuje **zakwasu** zawierającego bakterie kwasu mlekowego. Jego przygotowanie polega na poddaniu mąki procesowi fermentacji. Miesza się ją z wodą i odstawia na kilka dni w ciepłe miejsce. Tak przygotowany zakwas dodaje się do mąki żytniej w celu spulchnienia ciasta i nadania mu wyrazistego kwaśnego smaku.



Źródło: Jim Champion (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Polecenie 3

W warunkach domowych zmieszanie mąki żytniej z ciepłą wodą nie zawsze prowadzi do powstania zakwasu. Często w hodowli pojawiają się pleśnie, a smak mieszaniny nie zmienia się na kwaśny. Wyjaśnij, co może być tego przyczyną.

5. Grzyby *Penicillium* w służbie medycyny

Szczególną rolę w leczeniu śmiertelnych chorób bakteryjnych odegrała przemysłowa produkcja naturalnych **antybiotyków**. Pierwszy antybiotyk – penicylina – został odkryty przypadkowo w 1928 r. **Alexander Fleming** hodował bardzo groźne bakterie gronkowca.

Pewnego razu zapomniał nakryć hodowlę wieczkiem. Po powrocie do laboratorium zobaczył, że na szalce pojawiła się zielono-niebieska pleśń, wokół której nie było kolonii bakterii. Fleming wywnioskował, że pleśń wydziela substancję bakteriobójczą. Pleśnią, która zahamowała rozwój bakterii, okazał się grzyb z rodzaju ***Penicillium*** (pędzlak). Wyizolowany z grzyba ekstrakt otrzymał nazwę **penicylina**. Odkrycie to miało przełomowe znaczenie, gdyż do momentu zastosowania pierwszego antybiotyku każde, nawet niewielkie skałeczenie, mogło doprowadzić do konieczności amputacji zainfekowanej kończyny lub śmierci, a gruźlica i choroby weneryczne zbierały ogromne żniwo. Wraz z możliwością produkcji antybiotyków wiele chorób bakteryjnych przestało być uznawanych za groźne.



Źródło: Bios (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Crulina 98 (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka

Grzyby z rodzaju *Penicillium* wykorzystywane są do produkcji serów pleśniowych.



Źródło: Myrabella (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

6. Mikroorganizmy jako broń biologiczna

Biotechnologia znajduje zastosowanie również w produkcji **broni biologicznej**. Pozwala stworzyć lub wyselekcjonować szczepy bardzo zakaźnych bakterii lub wirusów zdolnych do wywołania ciężkich chorób. Ładunek bojowy mogą stanowić na przykład **laseczki wąglika** lub **wirusy ospy prawdziwej**. Śmiertelność u osób nieszczepionych, zakażonych ospą prawdziwą, wynosi aż 80%, dlatego wywołujące je czynniki mogą być skuteczną bronią biologiczną. Obecnie próbki ospy prawdziwej są przechowywane na wypadek powrotu epidemii i konieczności wytworzenia szczepionek w specjalnych warunkach. Znajdują się tylko w 2 miejscach na świecie: Instytucie Preparatów Wirusowych w Moskwie oraz Centrum Kontroli Chorób w Atlancie. Nie wiadomo natomiast, czy nikt inny ich nie posiada. Ostatnio wirusy tej groźnej choroby zostały znalezione w 2003 r. w Nowym Meksyku, w kopercie włożonej między karty książki medycznej.

Polecenie 4

Wyszukaj w dowolnych źródłach informacje, w jaki sposób doprowadzono do tego, że ospa prawdziwa przestała zagrażać ludzkości.

Ciekawostka

W XVIII w. przez Europę przetoczyła się epidemia ospy prawdziwej zwanej czarną. Zmarło wtedy blisko 60 mln ludzi. W Polsce choroba pojawiła się ostatni raz w 1963 r. we

Wrocławiu, a przywieziona została z Indii.

7. Zastosowanie mikroorganizmów w przemyśle górniczym

W górnictwie wykorzystywane są bakterie, które mają zdolność wmywania (wyekstrahowania) różnych pierwiastków z ubogich rud metali. Dla drobnoustrojów używanych w tych procesach źródłem energii mogą być związki nieorganiczne, np. siarczki metali obecne w rudzie. W trakcie metabolizmu wytwarzają duże ilości kwasu, za pomocą którego odzyskuje się metale. Technikę tę stosuje się przede wszystkim do pozyskiwania bardzo cennych pierwiastków – opłacalne jest nawet przetwarzanie pozostałości po tradycyjnym kopalnictwie. W Australii i USA w procesie **bioługowania** uzyskuje się uran i miedź. Surowcem są odpady z kopalni i hut.



Źródło: lucianf (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Podsumowanie

- Biotechnologia znajduje zastosowanie w produkcji żywności, rolnictwie, medycynie, produkcji przemysłowej i ochronie środowiska.

- Wiele produktów spożywczych jest wytwarzanych dzięki procesom biologicznym, głównie fermentacji.
- Najczęściej stosowane w biotechnologii tradycyjnej mikroorganizmy to bakterie i grzyby.
- Pierwszy antybiotyk, penicylina, został pozyskany z grzyba i uratował życie tysiącom ludzi.
- Dzięki bakteriom możliwe jest pozyskiwanie metali z odpadów kopalnianych.

Praca domowa

Polecenie 5.1

1. Załóż hodowlę bakterii mlekowych w mleku świeżym, pasteryzowanym i UHT. Porównaj zmiany zachodzące w próbkach i wyjaśnij różnice.

Polecenie 5.2

2. Znajdź w sklepie produkty spożywcze wytworzone przy udziale mikroorganizmów. Wynotuj ich nazwy oraz nazwy drobnoustrojów użytych do produkcji tych artykułów.

Słowniczek

antybiotyki

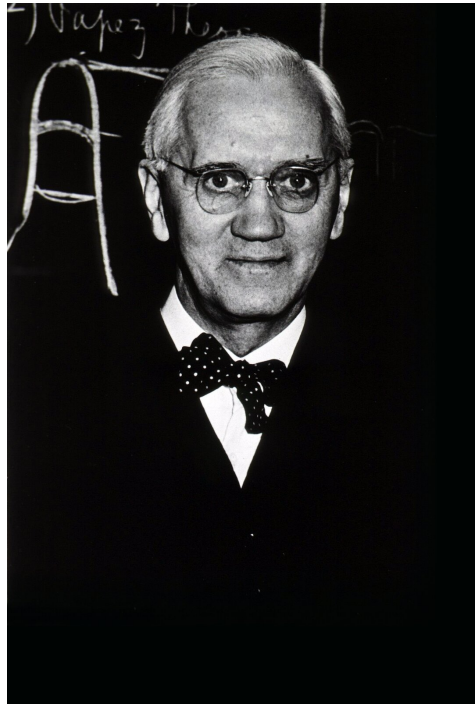
substancje powodujące zniszczenie lub uszkodzenie komórek bakterii

biotechnologia

interdyscyplinarna dziedzina nauki zajmująca się badaniem procesów zachodzących przy udziale mikroorganizmów, wirusów i składników komórek oraz wykorzystywaniem tych procesów do produkcji określonych substancji w przemyśle i medycynie

broń biologiczna

broń masowego rażenia, którą stanowią niebezpieczne dla człowieka mikroorganizmy (np. wirusy, bakterie)



Źródło: Andre Engels (<http://commons.wikimedia.org>), edycja: Krzysztof Jaworski, licencja: CC0.

Aleksander Fleming

6.08.1881–11.03.1955

Był szkockim lekarzem i mikrobiologiem. W roku 1945 został uhonorowany nagrodą Nobla za odkrycie antybiotyku penicyliny.

kiszenie

metoda konserwacji żywności wykorzystująca bakterie fermentacji mlekowej rozkładające cukry proste do kwasu mlekowego

penicylina

naturalny antybiotyk wyizolowany z grzyba *Penicillium* przez Aleksandra Fleminga

probiotyki

żywe mikroorganizmy, które po spożyciu wykazują korzystne działanie w organizmie człowieka

sterylizacja

w mikrobiologii proces mechaniczny, chemiczny lub fizyczny prowadzący do wyeliminowania drobnoustrojów wraz z ich formami przetrwalnikowymi

Zadania

Ćwiczenie 1

Oceń poprawność zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Zielona biotechnologia zajmuje się wykorzystaniem mikroorganizmów w przemyśle.	☐	☐
Zastosowaniem biotechnologii w rolnictwie zajmuje się dział zielonej biotechnologii.	☐	☐
Czerwona biotechnologia wykorzystuje mikroorganizmy do produkcji leków.	☐	☐
Przypisanie kolorów działom biotechnologii zawdzięczamy Stanom Zjednoczonym.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Połącz w pary procesy technologiczne i używane w nich mikroorganizmy.

drożdże	wytwarzanie probiotyków
pędzlak	fermentacja piwa
bakterie fermentacji mlekowej	produkcja antybiotyków
wirus ospy prawdziwej	produkcja broni biologicznej

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Oceń poprawność zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Mikroorganizmy były wykorzystywane do produkcji żywności już 6 000 lat p.n.e.	☐	☐
Zarówno bakterie, jak i wirusy mogą służyć jako broń biologiczna.	☐	☐
Probiotyki to substancje chemiczne stosowane w medycynie.	☐	☐
Pierwszy naturalny antybiotyk został odkryty w XIX wieku.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Oceń poprawność zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Kwas mlekowy ma właściwości konserwujące, ponieważ podwyższa pH środowiska.	☐	☐
Na wielu owocach spotykamy drożdże występujące naturalnie.	☐	☐
Brzeczka piwna zawiera enzymy.	☐	☐
Drożdże piwne produkują alkohol i dwutlenek węgla.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

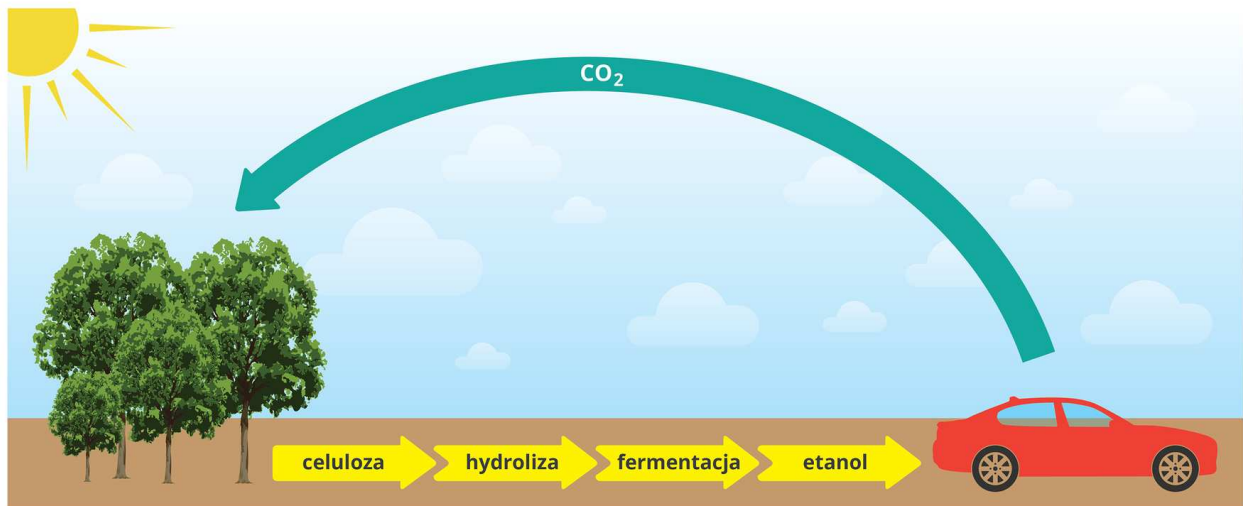
Wskaż zdania prawdziwe.

- ☐ Przed odkryciem penicyliny były dostępne inne antybiotyki.
- ☐ Penicillium to łacińska nazwa grzyba pędzlaka.
- ☐ Penicylinę stosuje się w leczeniu zakażeń spowodowanych wirusami.
- ☐ Penicylina uratowała życie wielu rannym żołnierzom.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Biotechnologia w ochronie środowiska

Nowoczesna biotechnologia wykorzystuje mikroorganizmy do usuwania zanieczyszczeń środowiska i opracowywania optymalnych rozwiązań technologicznych, dzięki czemu produkcja przemysłowa jest tańsza i mniej obciążająca dla środowiska. Przyszłość mają także biopaliwa, choć ich pozyskiwanie budzi kontrowersje.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Już wiesz

- procesy prowadzone przez mikroorganizmy są od dawna wykorzystywane w rolnictwie i w produkcji żywności;
- technologie przemysłowe są dużym obciążeniem dla środowiska.

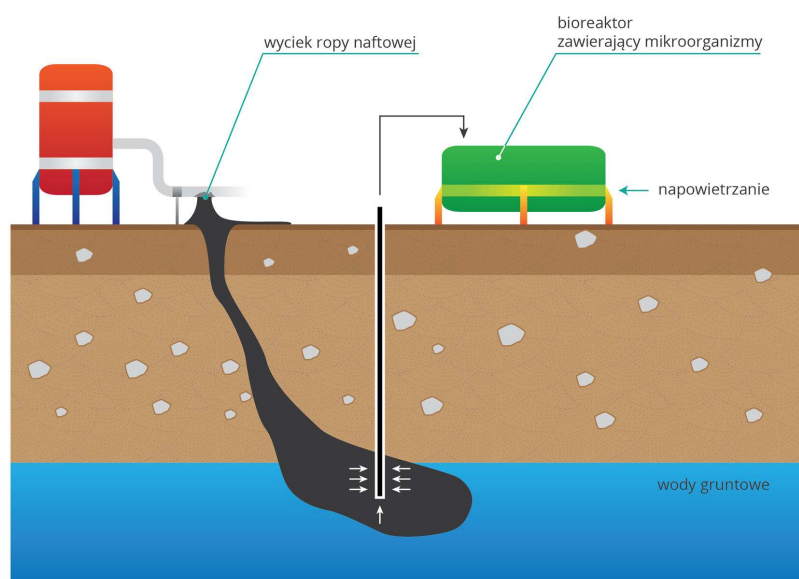
Nauczysz się

- określać zastosowanie mikroorganizmów do utylizacji niektórych zanieczyszczeń gleby i wody;
- opisywać proces biologicznego oczyszczania ścieków;
- wymieniać zalety i wady produkcji i stosowania biopaliw.

1. Usuwanie skażeń gleb

Skażenia gleb ropą naftową i jej pochodnymi stanowią coraz poważniejszy problem. Pojawiają się w związku z eksploatacją złóż, w otoczeniu zakładów przemysłowych, stacji

benzynowych i szlaków transportowych, gdzie ich źródłem są pojazdy (paliwo, oleje, ścierane opony i nawierzchnia asfaltowa). Obserwuje się je także w pobliżu składowisk odpadów. Woda, spływając z tych miejsc, przenosi produkty naftowe do gleb i cieków wodnych. Stąd szkodliwe substancje pobierane są przez rośliny i wędrują wzdłuż łańcucha pokarmowego. W wyniku kumulacji w tkankach zanieczyszczenia zagrażają zwłaszcza organizmom będącym na szczycie piramid pokarmowych (ptakom drapieżnym, większym ssakom, a także ludziom). W glebie węglowodory łączą się z humusem, dlatego długo pozostają w jej powierzchniowej warstwie. Otaczają grudki gleby, zmieniając jej strukturę i pozbawiając żyjące w niej organizmy dostępu do wody, tlenu i pierwiastków. Prowadzi to do **zaniku życia biologicznego** na skażonych obszarach.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Ważne!

Kilogram oleju silnikowego wylany do środowiska powoduje, że 5 mln litrów wody nie nadaje się do picia.

Niektóre mikroorganizmy glebowe, takie jak niektóre bakterie (np. *Pseudomonas*), drożdże i grzyby pleśniowe mają naturalną zdolność wykorzystywania substancji ropopochodnych jako źródła pokarmu i energii. Przekształcają one zanieczyszczenia w związki nietoksyczne, czasem w dwutlenek węgla i wodę. Efektywność tego procesu zależy od tempa procesów prowadzonych przez organizmy oraz od warunków, w którym przyszło im żyć, np. wilgotności, temperatury, pH podłoża. Technologia usuwania zanieczyszczeń z wykorzystaniem organizmów nosi nazwę **bioremediacji**. Można ją prowadzić bezpośrednio w środowisku, zaszcepiając glebę odpowiednimi bakteriami lub zdejmując warstwę gleby i przeprowadzając jej biologiczne oczyszczanie w kontrolowanych warunkach. Proces drugi jest szybszy.

Pochodzenie i charakter skażenia	Początkowe stężenie węglowodorów (mg/kg)	Końcowe stężenie węglowodorów (mg/kg)	Ilość zneutralizowanych skażeń (%)	Czas trwania procesu (miesiące)
Stacja przeładunku paliw	51 000	680	99	25
Teren po skażeniu gleby olejem transformatorowym	1 400	680	51	10
Ziemia zawierająca osady i pozostałości porafineryjne	24 000	6 650	72	6
Ziemia wybrana ze stacji paliw w Skawinie	8 100	1 200	85	1

Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

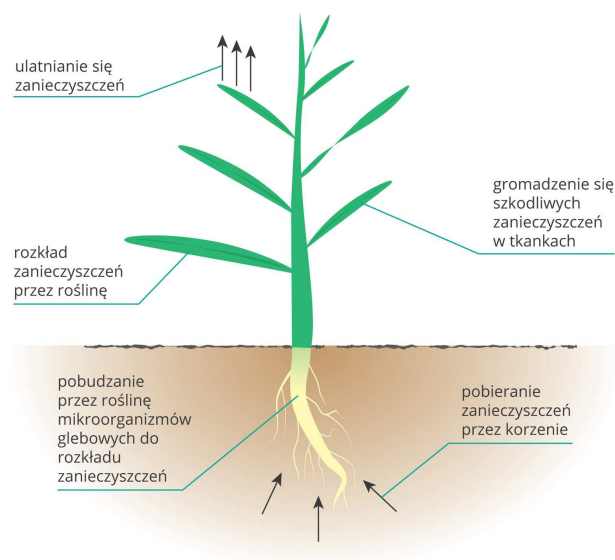
Do biologicznego oczyszczania gleby wykorzystuje się też rośliny naczyniowe, np. gorczycę sarepską, mającą zdolność gromadzenia ołowiu oraz tobołki polne, akumulujące cynk i nikiel. Metodami inżynierii genetycznej przenosi się obecnie geny bakterii wychwytyjących poszczególne pierwiastki do genomów roślin. Umożliwia to tworzenie roślin gromadzących konkretne pierwiastki, przeznaczonych do wysiewu na skażonych glebach. Naukowcy z Uniwersytetu w Georgii zmodyfikowali w ten sposób rzodkiewnik, wprowadzając do niego dwa geny pochodzące z bakterii *E. coli*. Dzięki temu roślina ta może kumulować w liściach 3-4 razy więcej arsenu niż rośliny niepoddane zmianom.

Polecenie 1

Dowiedz się, gdzie w twojej okolicy można utylizować zużyty olej silnikowy.

Ciekawostka

Minimalna liczba mikroorganizmów, niezbędna do efektywnego pozbycia się zanieczyszczeń produktami ropopochodnymi, wynosi 100 tysięcy komórek bakterii na 1 g gruntu. W skażonych glebach liczba komórek bakterii może zwiększyć się nawet 1000 razy.

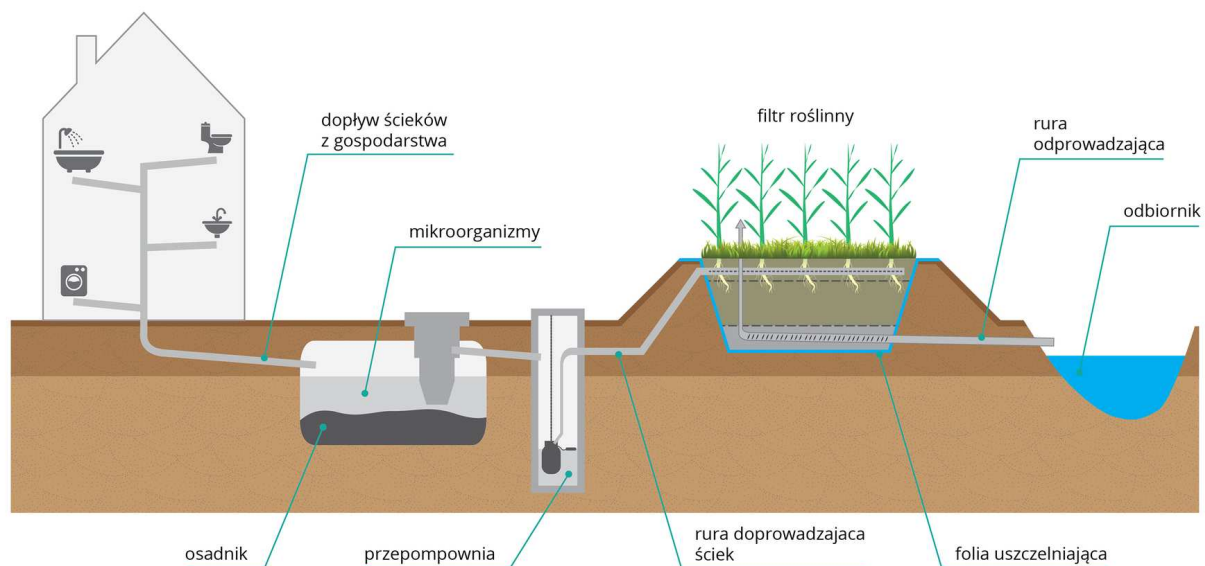


Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

2. Biologiczne oczyszczalnie ścieków

Ścieki komunalne i przemysłowe zawierają: substancje stałe, trujące i szkodliwe związki chemiczne oraz liczne mikroorganizmy. Zanim trafią do rzek i innych zbiorników wodnych, muszą być oczyszczone. Najprostszym sposobem jest oczyszczanie mechaniczne. Polega ono na filtrowaniu i **sedymentacji** osadów (stworzeniu warunków, w których cząstki stałe gromadzą się na filtrach lub dnie zbiornika). Ilość zanieczyszczeń przy takiej technologii nie zmienia się, zostają one jedynie oddzielone od wody.

Rozkład szkodliwych substancji może odbywać się z użyciem związków chemicznych (chemiczne oczyszczalnie ścieków) lub organizmów (oczyszczalnie biologiczne). Oczyszczalnie biologiczne oprócz procesów fizycznych, jak na przykład sedymentacja, wykorzystują także mikroorganizmy, które za pomocą enzymów wydzielanych do środowiska rozkładają materię organiczną. Proces oczyszczania ścieków zachodzi w warunkach tlenowych lub beztlenowych, jednak w obecności tlenu jest szybszy. Mikroorganizmy stosowane w oczyszczalniach mogą tworzyć osad czynny, czyli występować w postaci kłaczków zawieszonych w wodzie, lub pokrywać specjalnie przygotowane płaskie powierzchnie w zbiornikach. Bakterie tlenowe częściowo zużywają produkty rozkładu zanieczyszczeń do własnych procesów życiowych, resztę utleniają.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 2

Opisz, jaki wpływ na przydomowe biologiczne oczyszczalnie ścieków mają środki czystości:

- zawierające substancje bakteriobójcze,
- posiadające niskie lub wysokie pH.

Na tej podstawie sformułuj zalecenia dla mieszkańców korzystających z oczyszczalni biologicznych.

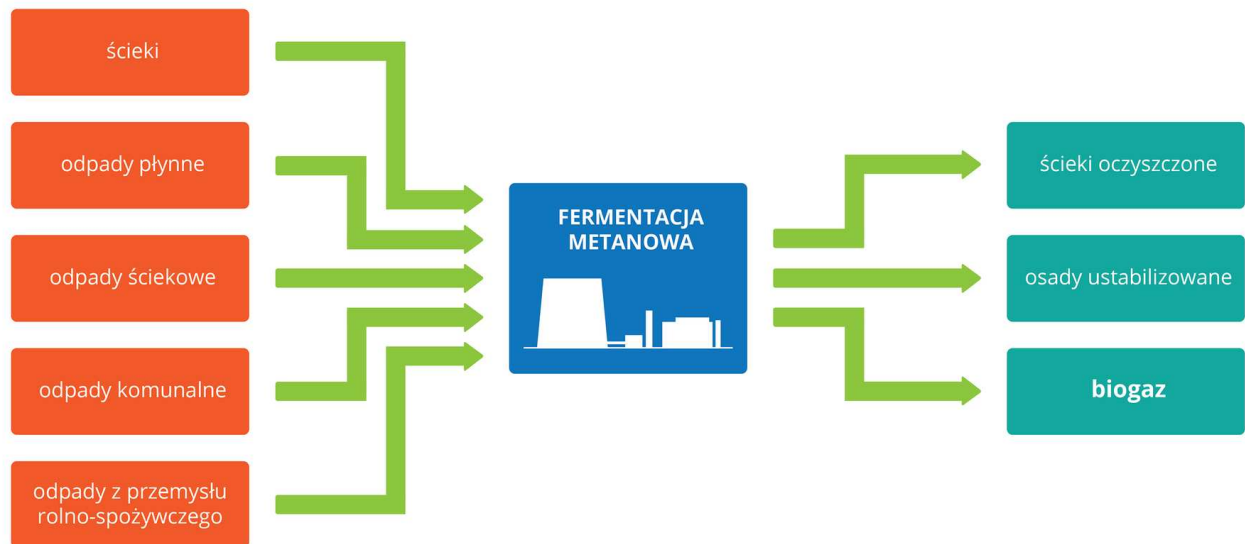
Ciekawostka

Osady z oczyszczalni ścieków mogą zawierać cenne surowce, które po odzyskaniu ponownie trafiają do przemysłu. Należą do nich na przykład chrom używany w garbarniach oraz złoto coraz częściej stosowane do budowy precyzyjnych urządzeń. W jednej z japońskich oczyszczalni z 1 t osadu otrzymuje się ok. 2 kg złota.

3. Biogaz

Niektóre mikroorganizmy rozkładają wielkocząsteczkowe substancje organiczne (białka, tłuszcze, węglowodany) w warunkach beztlenowych w procesie zwanym fermentacją

metanową. Jej produkty to metan, dwutlenek węgla oraz inne związki. Bakterie metanogenne są bardzo rozpowszechnione w przyrodzie. Występują głównie w osadach dennych rzek, jezior, mórz, oceanów, w gorących źródłach, w szczelinach wulkanów, ściekach, torfie oraz w układzie pokarmowym zwierząt. Uwalniają do atmosfery ogromne ilości gazu cieplarnianego – metanu.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

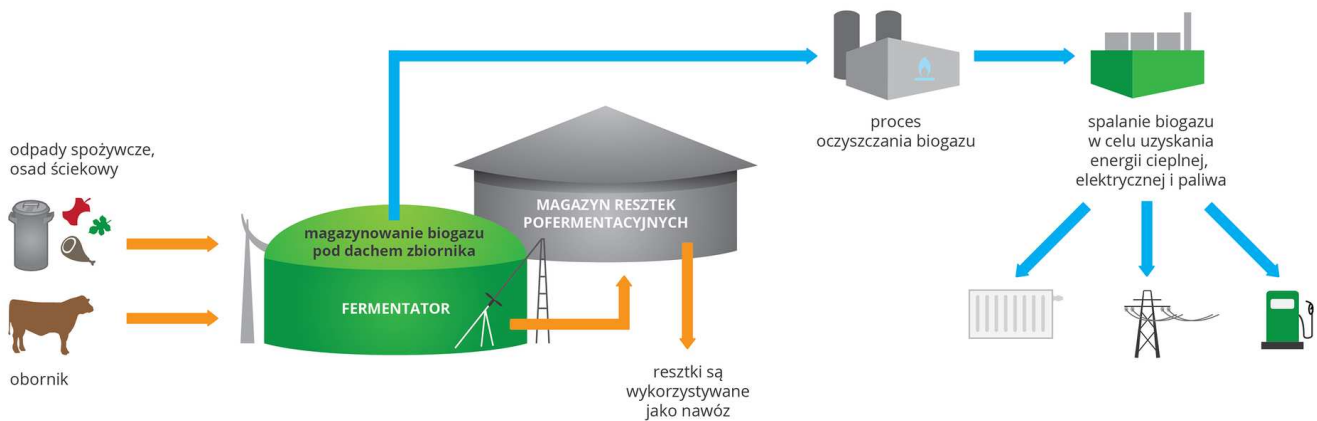
Metan ma dużą wartość opałową, dlatego wykorzystywany jest do produkcji energii cieplnej, elektrycznej oraz napędzania pojazdów. Można pozyskiwać go ze ścieków, odpadów organicznych składowanych na wysypiskach, nawozu biologicznego i biomasy. Z 1 t odpadów uzyskujemy ok. 200 m³ biogazu, a z 1 m³ obornika – około 30 m³. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego z roku 2009 w sprawie promowania i stosowania energii ze źródeł odnawialnych stanowi, że 20% energii produkowanej w UE w 2020 r. ma pochodzić z odnawialnych źródeł energii (w Polsce 15%). Wymaga to budowy kolejnych instalacji do pozyskiwania i uszlachetniania **biogazu**.

Polecenie 3

Oceń korzyści środowiskowe i gospodarcze wynikające z przetwarzania odpadów w procesie fermentacji metanowej.

Biogazownie służą do produkcji gazów opałowych z odpadów biologicznych. W skład instalacji wchodzi zbiornik wstępny (tu biomasa oddzielana jest od składników nienadających się do przetworzenia) oraz komora fermentacyjna. Zbiornik posiada mieszadła oraz specjalny samonośny dach pneumatyczny, pod którym zbiera się wyprodukowany gaz. Komorę fermentacyjną wypełnia się biomasą i zaszczenia odpowiednimi bakteriami. Muszą w niej panować właściwe warunki dla danego rodzaju bakterii, a przebieg procesu powinien być stale monitorowany. Pozostałości

pofermentacyjne są składowane, a następnie, po wapnowaniu, używane jako nawóz. Biogaz składa się z metanu (40-80%), dwutlenku węgla (20-55%), siarkowodoru i niewielkiej ilości innych gazów. Wartość energetyczną ma metan, dlatego przed zastosowaniem biogaz musi być oczyszczony z innych składników, a zawartość węglowodoru powinna sięgać ok. 90%. Gaz o takim składzie może zasilić instalacje gazu ziemnego lub zostać wykorzystany do produkcji energii elektrycznej.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

Na terenach bagiennych pojawiają się czasem błędne ognie – małe, przemieszczające się płomyki, w wierzeniach ludowych wiązane ze światem duchów. Są one efektem samozapłonu metanu wydzielanego podczas beztlenowego rozkładu szczątków organicznych.

Ciekawostka

Krowy emitują ok. 75% całego metanu na świecie, pochodzącego z organizmów zwierząt. W Kalifornii przeprowadzono badania, które wykazały, że zwierzęta hodowlane wytwarzają więcej gazów cieplarnianych niż samochody.

4. Biopaliwa

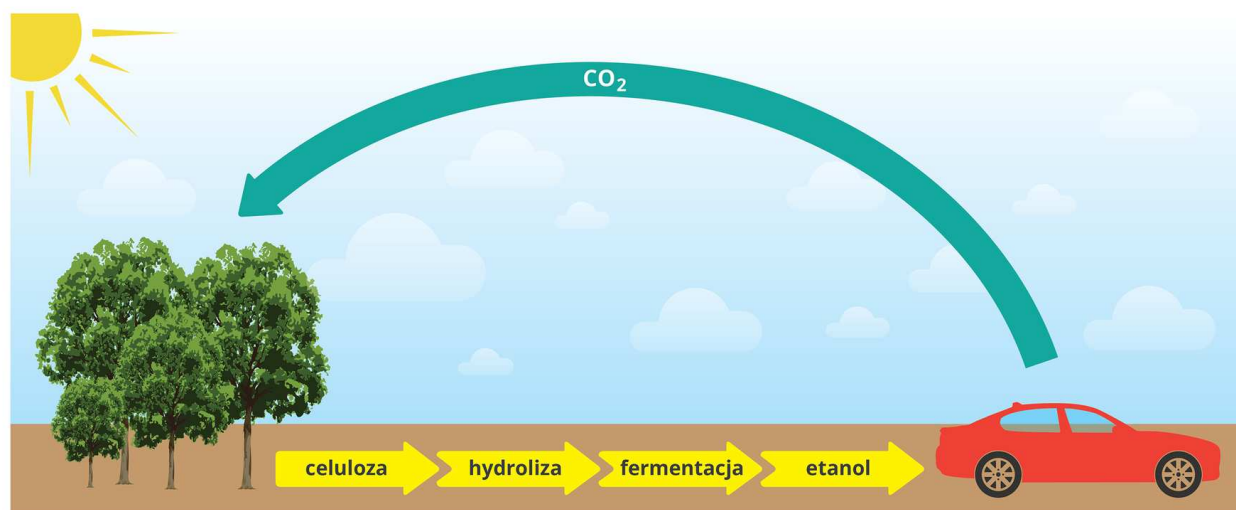
Biopaliwa to substancje otrzymywane z biomasy, należące do odnawialnych źródeł energii. Można je podzielić ze względu na stan skupienia lub pochodzenie. Pierwszy podział wyodrębnia 3 grupy biopaliw:

- **gazowe** – powstają w wyniku fermentacji beztlenowej odpadów rolniczych (np. obornika);
- **ciekłe** – otrzymywane są w procesie fermentacji alkoholowej;
- **stałe** – np. odpady roślinne przetworzone na opał, jak granulaty z trocin, brykiet ze słomy.

Produkcja biopaliw daje szansę na uniezależnienie się od paliw kopalnych. Ponadto uprawy roślin przeznaczonych na opał lub surowiec do jego produkcji pochłaniają dwutlenek węgla z atmosfery. Niestety, wykorzystywanie roślin ma również złe strony. Wymaga na przykład przeznaczenia pod produkcję biomasy terenów, na których można by wytwarzać żywność. Może też dawać pozytywny impuls do wyrębu drzew (wylesiania), w celu przerobienia ich na etanol. Dodatkowo istnieją obawy, że wpłynie niekorzystnie na różnorodność biologiczną, ponieważ ogromne obszary będą obsadzone roślinami energetycznymi, co wyeliminuje inne gatunki. Spalanie niektórych biopaliw powoduje emisję substancji szkodliwych, np. tlenków azotu, za to nie zanieczyszcza atmosfery związkami siarki. Stosowanie tego typu opału w motoryzacji wiąże się z koniecznością zmian w konstrukcji silników, w których obecnie przy niskich temperaturach pojawiają się wady eksploatacyjne. Kolejną barierę stanowią koszty wytworzenia, które ok. 2-3 razy przewyższają koszty produkcji paliw tradycyjnych.

Źródła biopaliw płynnych i możliwości ich zastosowania

Nazwa paliwa	Źródło	Wykorzystanie
Bioetanol	zboża, ziemniaki, buraki cukrowe, słoma, siano, wióry, trociny	substytut i/lub dodatek do benzyny
Biodiesel	rzepak, słonecznik	substytut i/lub dodatek do oleju napędowego

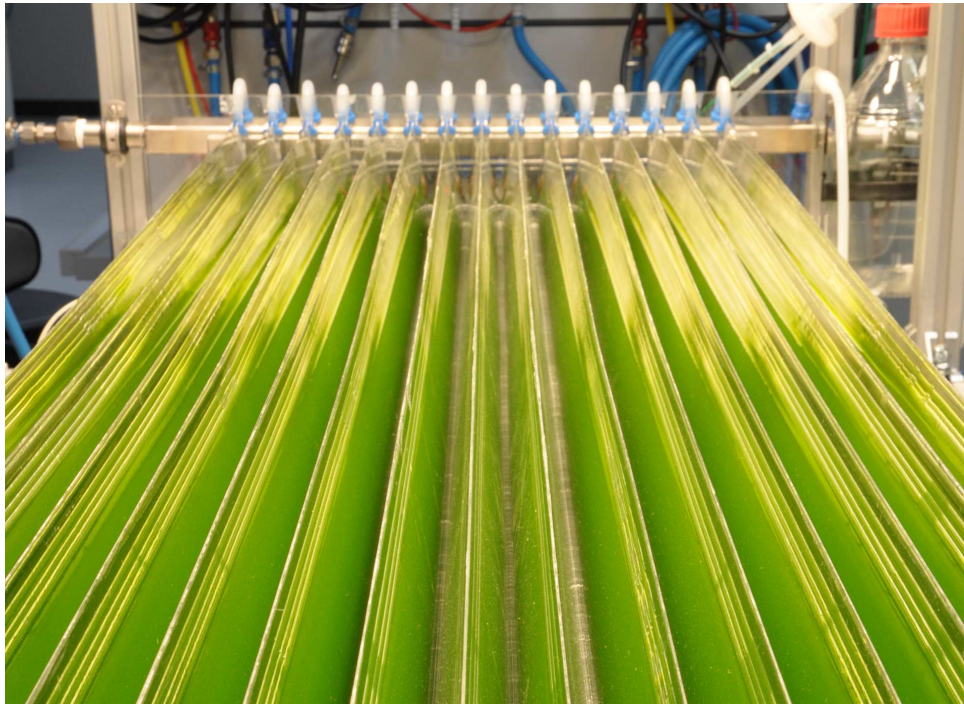


Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Obecnie prowadzone są badania nad zastosowaniem organizmów modyfikowanych genetycznie w produkcji biopaliw. Celem doświadczeń jest zwiększenie wydajności produkcji biopaliwa i poprawa jego cech przemysłowych.

Ciekawostka

Bioetanol jest paliwem alternatywnym. Szukając taniego źródła tej substancji, przeniesiono geny odpowiedzialne za prowadzenie fermentacji alkoholowej z komórek drożdży do komórek pospolitych bakterii *E. coli* oraz sinic. Te ostatnie potrafią wytworzyć 2,5 g tej substancji na 1 l pożywki. Etanol można też uzyskać z celulozy poddawanej fermentacji.



Źródło: Emiliana hacksla (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.

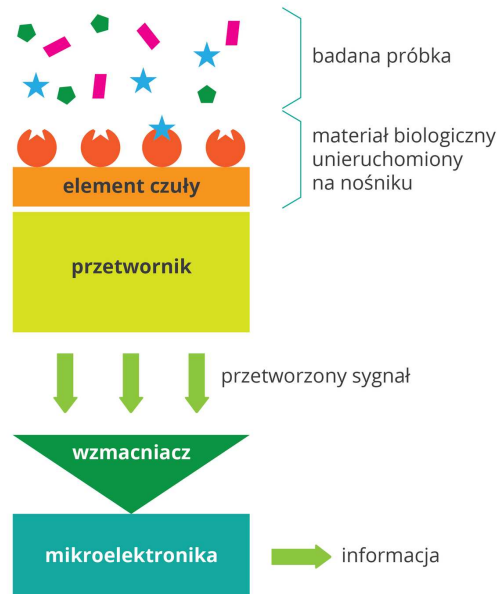
Polecenie 4

Największymi producentami bioetanolu na świecie są USA (55% światowej produkcji) i Argentyna (33%). Koszt wyprodukowania 1 l etanolu z kukurydzy w Stanach Zjednoczonych wynosi ok. 1 USD. W Argentynie koszt jest 3 razy niższy, a produkcja opiera się na trzcinie cukrowej. Podaj dwa prawdopodobne powody różnicy kosztów produkcji tego paliwa: jeden natury ekonomicznej, drugi – biologicznej.

5. Biosensory

Monitorowanie skażenia środowiska wymaga użycia **czujników**, które będą działały w wielu miejscach, często słabo dostępnych, zatem ich koszt nie może być wysoki. Okazuje się, że receptę na tani i czuły sprzęt znalazła biotechnologia, proponując czujniki biologiczne, czyli **biosensory**. Ich zasadnicza część jest aktywna biologicznie i składa się na przykład z mikroorganizmów, enzymów lub fragmentów DNA. Część niebiologiczna to przetwornik, który przekształca sygnał biologiczny w sygnał elektryczny oraz umożliwia jego rejestrację

i pomiar natężenia. Detektorem zanieczyszczeń jest więc warstwa biologiczna, którą mogą tworzyć żywe komórki mikroorganizmów. Zaletą takiego rozwiązania jest duża stabilność oraz szeroki zakres działania ze względu na ogromną różnorodność mikroorganizmów możliwych do zastosowania. Pozwalają one na identyfikację obcego DNA, białek, różnych metabolitów i toksyn oraz skażeń biologicznych (wirusy, bakterie).



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Detektorami mogą być na przykład bakterie wykazujące dodatnią [aerotaksję](#), czyli ruch w kierunku miejsc o wysokiej zawartości tlenu. Cechuje je duża wrażliwość na metale ciężkie (np. miedź, ołów, rtęć), które obniżają ich zdolność do przemieszczania się. Jeżeli znajdują się w środowisku skażonym, są mniej ruchliwe, co można mierzyć i na tej podstawie oceniać stopień zanieczyszczenia zarówno wody, jak i gleby. Do oceny skażeń wykorzystywane są również zmodyfikowane genetycznie mikroorganizmy, które mają zdolność [fluorescencji](#). Takie bakterie w kontakcie z toksyną emitują światło o niższym natężeniu. Przetwornik zamienia tę informację na łatwo mierzalny sygnał cyfrowy.

Ciekawostka

W 2003 r. naukowcy z Instytutu Medycyny Lotniczej w Aachen (Niemcy) badali zastosowanie sensorów zawierających bakterie fluorescencyjne. Czujniki te były wykorzystane do pomiaru stężenia toksyn, na które narażeni są astronauta przebywający w pojazdach kosmicznych. Jeśli w przestrzeni występowały toksyny, bakterie na biosensorze emitowały mniej światła. W przyszłości takie sensory będą wykorzystywane w celu poprawy bezpieczeństwa astronautów.

Podsumowanie

- Mikroorganizmy glebowe oraz rośliny naczyniowe mogą być wykorzystywane do usuwania zanieczyszczeń gleb i wód metalami ciężkimi i ropą naftową.
- W biogazowniach zachodzi utylizacja biomasy i produkcja metanu.
- W produkcji biogazu uczestniczą bakterie beztlenowe.
- Biopaliwa wytwarzane są z odnawialnych zasobów przyrody i mogą ograniczać przyrost efektu cieplarnianego.
- Biosensory to urządzenia pomiarowe, które wykrywają na przykład skażenia dzięki receptorom biologicznym, takim jak mikroorganizmy, kwasy nukleinowe, enzymy.

Praca domowa

Polecenie 5.1

1. Wyjaśnij, jaką rolę odgrywa biotechnologia w oczyszczaniu gleb i wód.

Polecenie 5.2

2. Podaj przykłady substancji (innych niż wymienione na lekcji), z których może być produkowane biopaliwo. Jakie cechy powinny posiadać te substancje?

Słowniczek

aerotaksja

ruch mikroorganizmów skierowany w stronę wyższego (aerotaksja dodatnia) lub w stronę niższego (aerotaksja ujemna) stężenia tlenu w środowisku

biogaz

produkt powstały w trakcie rozkładu substancji organicznych w warunkach beztlenowych

biopaliwo

paliwo powstałe z przetworzonych produktów, pochodzących z żywych organizmów

bioremediacja

technologia usuwania niektórych zanieczyszczeń z gleby i wód podziemnych za pomocą żywych organizmów

biosensor

czujnik biologiczny złożony z części aktywnej biologicznie oraz przetwornika sygnału

fermentacja metanowa

wieloetapowy proces beztlenowego rozkładu związków organicznych na metan i dwutlenek węgla prowadzony przez mikroorganizmy; zachodzi we wszystkich ekosystemach; wykorzystywany do utylizacji biomasy i produkcji biogazu

fluorescencja

zjawisko emitowania światła przez atomy lub cząsteczki chemiczne

Zadania

Ćwiczenie 1

Zaznacz poprawne zakończenie zdania. Proces neutralizowania skażeń wód i gleb

☐

zachodzi w środowisku w sposób naturalny, jeśli warunki odpowiadają przeprowadzającym go mikroorganizmom.

☐

odbywa się między innymi z wykorzystaniem roślin akumulujących metale ciężkie.

☐

może być prowadzony jedynie metodami biologicznymi.

☐

jest obecnie tak zaawansowany technologicznie, że możemy usunąć wszystkie zanieczyszczenia.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Uzupełnij opis, przeciągając w odpowiednie miejsce wybrane słowo.

Za pomocą biosensorów wykrywane są m.in. . Biosensory są złożone z części aktywnej biologicznie, którą stanowią np. . Zastosowane elementy biologiczne muszą mieć zdolność w obecności określonego związku chemicznego. Biosensory działają wybiórczo, to znaczy, że wykrywają skażenie.

mikroorganizmy

każde

określone

odpady

świecenia

skażenia

tkanki

reakcji

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Połącz w pary nazwy rodzajów paliw i ich opisy.

stanowią odpady roślinne

biopaliwa gazowe

są otrzymywane w procesie fermentacji alkoholowej

biopaliwa stałe

powstają w wyniku fermentacji beztlenowej odpadów rolniczych

biopaliwa ciekłe

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Wskaż poprawne zakończenie zdania.

Biogazownie



produkują głównie amoniak.



wykorzystują określone szczepy bakterii do produkcji biogazu.



wytwarzają biogaz z odpadów naturalnych i sztucznych.



podczas procesu wytwarzania biogazu emitują do atmosfery ogromne ilości dwutlenku węgla.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Inżynieria genetyczna narzędziem biotechnologii

Manipulowanie genami nie stanowi obecnie technicznego problemu. W genomie myszy można umieścić geny ludzkie, a do komórek bakterii wprowadzić geny roślin. Jaki sens ma inżynieria genetyczna i dokąd zmierza?



Źródło: microphylum (<http://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Już wiesz

- cechy organizmów zapisane są w ich genach;
- gen to fragment DNA odpowiedzialny za wytworzenie cząsteczki określonego białka;
- genom to zespół genów zawartych w haploidalnym zestawie chromosomów organizmu.

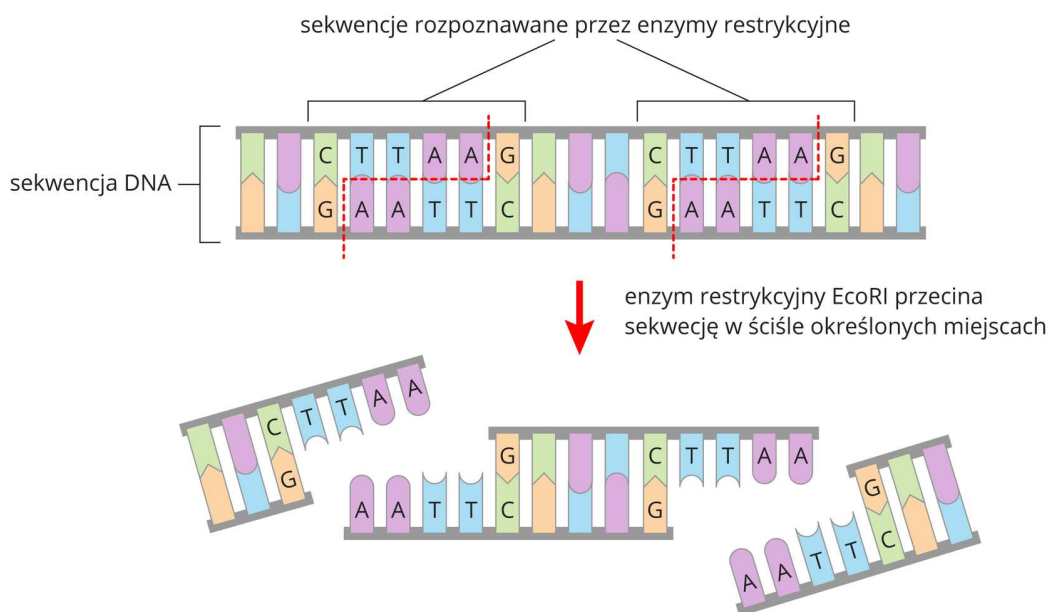
Nauczysz się

- wyjaśniać, na czym polega inżynieria genetyczna;
- opisywać przykłady praktycznego zastosowania metod inżynierii genetycznej;
- wyjaśniać pojęcie GMO;
- omawiać znaczenie metody PCR.

1. Na czym polega inżynieria genetyczna?

Celem inżynierii genetycznej jest modyfikacja organizmów i komórek poprzez wprowadzenie określonego fragmentu kwasu nukleinowego (DNA) pobranego z organizmu

zwanego dawcą do komórek innego organizmu, czyli biorcy. Konkretny fragment DNA wycina się za pomocą molekularnych nożyc, czyli **enzymów restrykcyjnych**, które umożliwiają przecięcie nici DNA w ściśle określonych miejscach. Wyróżnia się wiele różnych typów tych enzymów. Odpowiednio je dobierając, można otrzymać wybrany fragment kwasu nukleinowego. Następnie wyizolowany fragment trzeba włączyć do DNA organizmu, który ma być zmodyfikowany. Służą do tego **ligazy** – enzymy, których nazwa pochodzi od łacińskiego słowa *ligare*, czyli włączać. Biorą one udział w tworzeniu wiązań między fragmentami kwasu nukleinowego i łączą pocięte uprzednio fragmenty. Zmodyfikowany DNA przenosi się do komórek biorcy. W wyniku tego zmienia się ich materiał genetyczny i w konsekwencji nabywają one nowe, pożądane przez człowieka cechy.



Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 1

Nazwy enzymów powstają poprzez dodanie do nazw substratów, na które działają, przyrostka -aza. Utwórz nazwę grupy enzymów, do których należą enzymy restrykcyjne.

2. Praktyczne zastosowanie inżynierii genetycznej

Pierwszym poważnym sukcesem inżynierii genetycznej było przeniesienie w 1973 r. przez Stanleya **Cohena** i Herberta **Boyera** ludzkiego genu kodującego insulinę do komórek bakterii, w wyniku czego komórki bakterii zaczęły produkować ludzki hormon. Dzięki tym

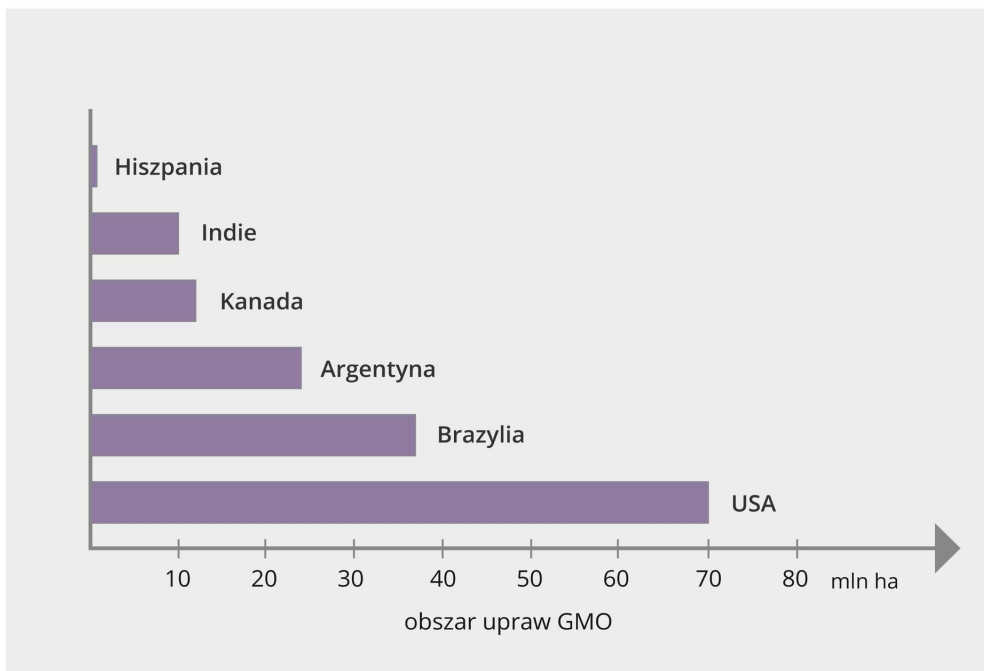
badaniom wykazano, że podstawowa instrukcja życia jest zapisana w ten sam sposób we wszystkich organizmach. Ponadto rozkodowanie i wykorzystanie informacji genetycznej do wytwarzania białek odbywa się identycznie nawet w przypadku tak daleko spokrewnionych ze sobą organizmów, jak człowiek i bakteria.

Inżynieria genetyczna polega na wprowadzaniu zmian do genomów organizmów w celu nadania im nowych, pożądanых cech. Geny, które są szkodliwe z punktu widzenia człowieka, mogą być eliminowane, a te korzystne – dodawane. Na przykład obecnie konsumenci chcą kupować chudą wieprzowinę, dlatego DNA świń zmienia się w taki sposób, by zwierzęta te wytwarzały mało tłuszczu. Z kolei zmodyfikowane bakterie mają zastosowanie w medycynie, ponieważ są w stanie syntetyzować leki. Wspomnianą wcześniej insulinę dawniej pozyskiwano z trzustki cieląt. Ilość otrzymywanego w ten sposób hormonu była niewielka, a sama metoda bardzo kosztowna. Przeniesienie genu ludzkiej insuliny do genomu bakterii zmusiło je do produkcji tego hormonu, który następnie się odzyskuje, oczyszcza i udostępnia chorym.

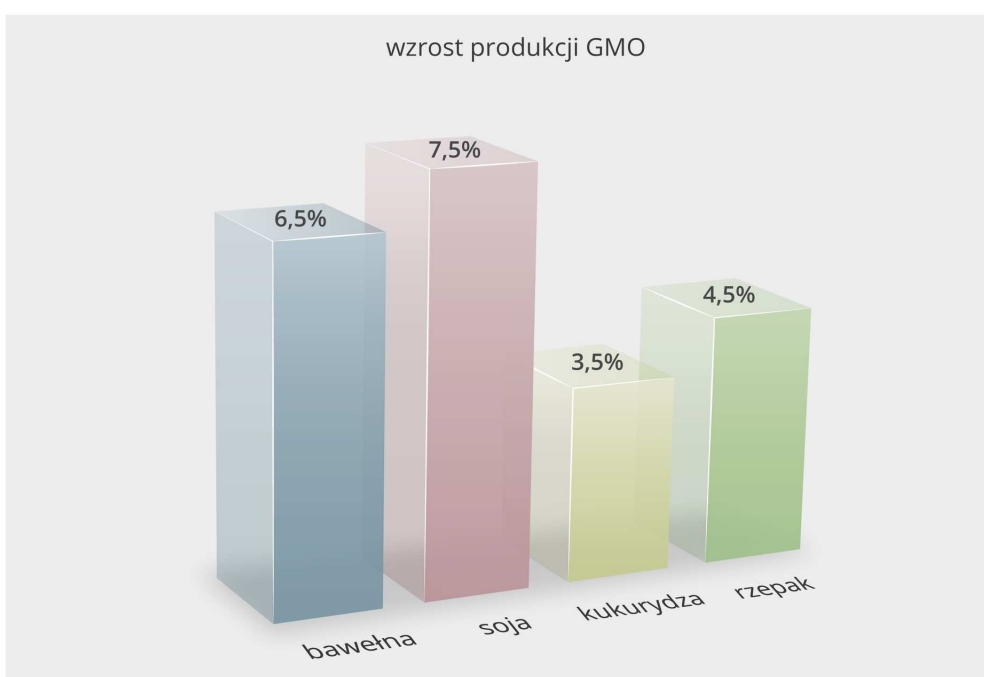
Inżynieria genetyczna znajduje również zastosowanie w rolnictwie. Dzięki niej możliwe jest uzyskiwanie zmodyfikowanych roślin o unikatowych cechach, np. zbóż odpornych na niekorzystne warunki środowiska lub na choroby. W ten sposób powstają organizmy modyfikowane genetycznie zwane w skrócie [GMO](#). Przekształcane są głównie te rośliny, które mają duże znaczenie w rolnictwie – zboża i rośliny paszowe. W procesie modyfikacji otrzymują nowe cechy: ich owoce charakteryzują się większą trwałością, lepszym smakiem, bardziej intensywnym zapachem, a same rośliny odpornością na szkodniki i choroby.

Za pomocą technik inżynierii genetycznej można również wytworzyć na przykład zmodyfikowane zwierzęta o intensywniej działającym hormonie wzrostu, szybko osiągające duże rozmiary, co w dłuższej perspektywie pozwala obniżyć koszty ich hodowli.

Inżynieria genetyczna ma ponadto duże znaczenie w rozwoju genetyki. Umożliwia bowiem poznanie funkcji pełnionych przez poszczególne geny.



Źródło: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

FlavrSavr to nazwa pomidorów, których owoce były pierwszym modyfikowanym genetycznie produktem żywnościowym dopuszczonym do spożycia przez ludzi, dostępnym dla przeciętnego konsumenta. Pomidory te są bardziej odporne na gnienie, ponieważ zawierają przekształcony gen odpowiedzialny za produkcję enzymu rozkładającego ścianę komórkową.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

3. Łańcuchowa reakcja polimerazy

Aby móc przenieść wybrane geny do organizmu, trzeba je najpierw zidentyfikować, a potem wyizolować i skopiować. Powielanie genów w warunkach laboratoryjnych odbywa się w trakcie reakcji o nazwie **łańcuchowa reakcja polimerazy** (w skrócie PCR od ang. *Polymerase Chain Reaction*). Metoda ta została opracowana w 1983 r. przez Kary'ego [Mullisa](#), który 10 lat później za swoje odkrycie otrzymał Nagrodę Nobla. PCR polega na otrzymaniu dużej liczby kopii pożądanego odcinka DNA. Odbywa się poprzez wielokrotne podgrzewanie i oziębianie mieszaniny, w której znajdują się następujące substancje:

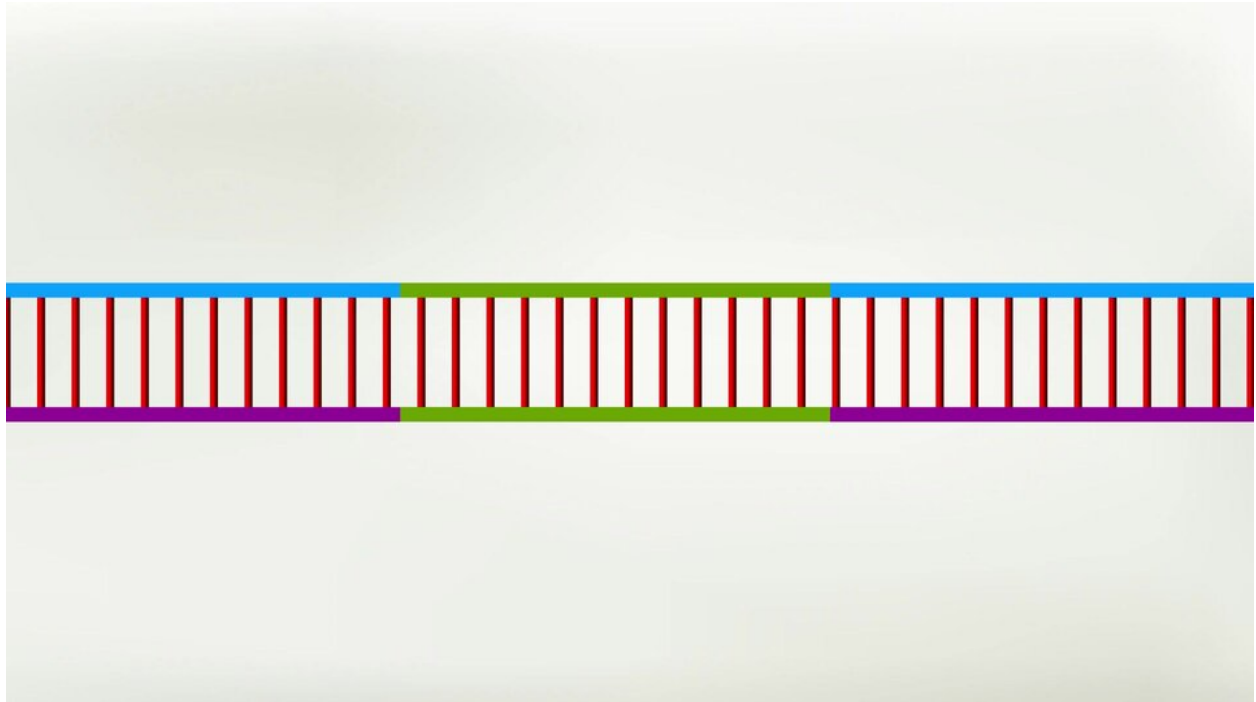
- enzym polimeraza;
- fragment DNA, który służy jako wzorzec do syntezy nowych nici DNA;
- wolne nukleotydy, które zostaną wykorzystane do syntezy kopii DNA;
- krótkie fragmenty sekwencji genetycznych identyczne z początkiem i końcem wzorcowego DNA (startery).

Reakcja PCR składa się z wielokrotnie powtarzanych etapów:

- rozplecenia podwójnej helisy DNA;
- przyłączenia fragmentów sekwencji genetycznych identycznych z początkiem i końcem wzorcowego DNA; potrzebne są one do zapoczątkowania procesu powielania sekwencji DNA; przyklejają się do wzorcowej nici, żeby polimeraza otrzymała informację, w którym miejscu ma się zacząć i skończyć powielanie;

- syntezy nowego DNA.

W ostatnim etapie główną rolę odgrywa enzym **polimeraza**, który kieruje syntezą nowej nici, komplementarnej do wzorca. Reakcja PCR jest metodą bardzo szybką. W każdym kolejnym cyklu tworzą się nowe cząsteczki, które w następnych cyklach również stają się cząsteczkami wzorcowymi DNA. Z jednej cząsteczki wzorcowego DNA po 20 cyklach otrzymuje się ok. 1 mln kopii, po 30 natomiast ok. 1 mld.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Film przedstawia przebieg łańcuchowej reakcji polimerazy, PCR.

PCR ma szerokie zastosowanie w medycynie. Za pomocą tej techniki możliwe jest wykrycie w badanej próbce obecności kwasu nukleinowego konkretnych bakterii, wirusów lub pasożytów. Aby na przykład wykryć i zidentyfikować nieznanego pasożyta w organizmie, trzeba do badanej próbki dodać identyfikator, czyli fragmenty sekwencji genetycznych pasujących do DNA znanego pasożyta. Gdy zajdzie reakcja PCR, czyli gdy nieznane DNA zostanie namnożone, otrzymujemy informację, że identyfikator do niego pasował, zatem próba zakończyła się rozpoznaniem. Jeśli natomiast nie zajdzie reakcja PCR, wtedy typuje się innego pasożyta, a następnie umieszcza w próbce jego identyfikator w nadziei, że zajdzie reakcja PCR. Za pomocą techniki PCR można wykrywać niektóre nowotwory i inne schorzenia na bardzo wczesnym etapie.

Ciekawostka

Probówki, w których przeprowadza się reakcję PCR, ze względu na małe objętości składników używanych do reakcji są dużo mniejsze niż probówki stosowane zwykle

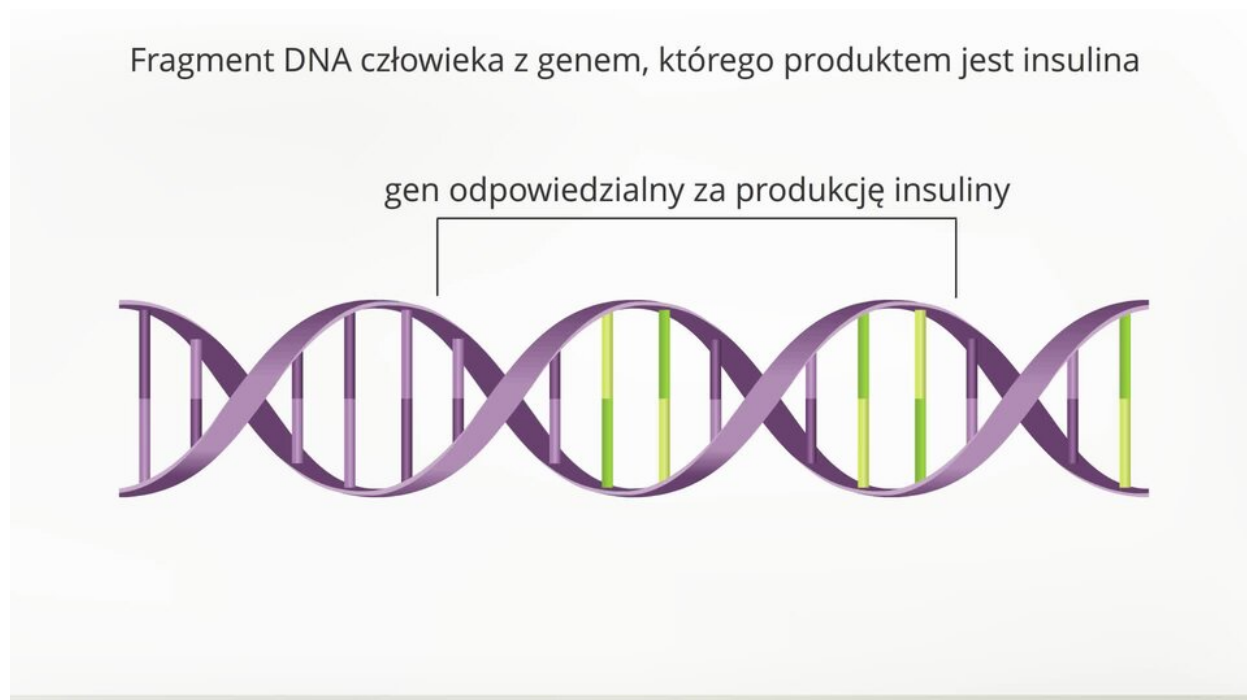
w laboratorium. Ponadto są zrobione z cienkiego tworzywa, żeby szybko można było ogrzewać i ochładzać próbkę.



Źródło: microphylum (<http://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Polecenie 2

Na podstawie schematu wyjaśnij znaczenie enzymów (restryktazy i ligazy) biorących udział w rekombinacji DNA.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Film przedstawia sposób uzyskania insuliny poprzez rekombinację DNA.

Podsumowanie

- Inżynieria genetyczna pozwala na wprowadzanie zmian w genomie.
- Za pomocą enzymów restrykcyjnych możliwe jest wycinanie odcinków kwasu nukleinowego, a za pomocą ligaz – sklejanie.
- Reakcja łańcuchowa polimerazy jest sposobem na namnożenie wybranego fragmentu DNA.

Praca domowa

Polecenie 3.1

1. Wyobraź sobie, że jesteś członkiem zespołu biotechnologów, którzy zamierzają umieścić gen bioluminescencji w genomie jaworów przeznaczonych do nasadzeń przydrożnych. Dysponujesz genem bioluminescencji i genomem jawora oraz odpowiednio wyposażonym laboratorium. Opisz kolejne etapy swojej pracy, wzorując się na nagraniu wideo 1.

Polecenie 3.2

2. Oceń użyteczność jaworów zmodyfikowanych w sposób opisany w zadaniu 1. Zaprojektuj inne organizmy modyfikowane i określ przydatność proponowanych przekształceń.

Słowniczek

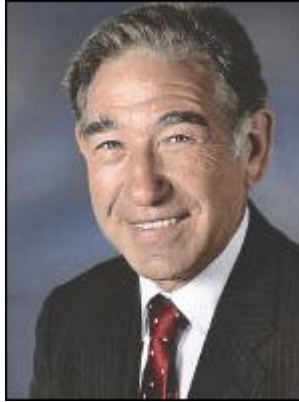


Źródło: Jane Gitschier (<http://commons.wikimedia.org>), edycja: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 2.5.

Herbert Boyer

ur. 10.07.1936

Amerykański biotechnolog, który wraz ze Stanleyem Cohenem wprowadził ludzki gen do komórek bakterii.



Źródło: nn (<http://commons.wikimedia.org>), public domain.

Stanley Cohen

ur. 17.11.1922

Amerykański biochemik, laureat Nagrody Nobla, który wraz z Herbertem Boyerem wprowadził ludzki gen do komórek bakterii.

GMO

organizmy modyfikowane genetycznie za pomocą inżynierii genetycznej; mają zmieniony genotyp w wyniku na przykład wprowadzenia do genomu fragmentu DNA pochodzącego z innego organizmu

enzymy restrykcyjne

białka o aktywności enzymów; enzymy te przecinają cząsteczkę DNA w miejscach o określonej sekwencji nukleotydów

inżynieria genetyczna

zbiór technik dających możliwość zamierzonego i kontrolowanego wprowadzenia zmiany w genomie lub wprowadzenia genu pobranego z materiału genetycznego jednego organizmu do genomu innego organizmu

ligazy

grupa enzymów biorących udział w łączeniu fragmentów nici DNA



Źródło: Dona Mapston (<http://commons.wikimedia.org>), edycja: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY-SA 3.0.

Kary Mullis

ur. 28.12.1944

Amerykański biochemik, laureat Nagrody Nobla, który wynalazł metodę PCR umożliwiającą kopiowanie fragmentów DNA.

Zadania

Ćwiczenie 1

Połącz w pary nazwy i odpowiadające im objaśnienia.

technika pozwalająca na wprowadzanie zmian w genomie

białka umożliwiające przecięcie nici DNA

nośnik fragmentu DNA

komórka, do której zostanie wprowadzony obcy gen

wektor

enzymy restrykcyjne

komórka biorcy

inżynieria genetyczna

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Oceń prawdziwość poniższych zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Inżynieria genetyczna może sprawić, by bakterie produkowały ludzką insulinę.	☐	☐
GMO to nazwa odnosząca się jedynie do roślin.	☐	☐
Cohen i Boyer przenieśli gen bakterii do ludzkiej komórki.	☐	☐
Podstawowa instrukcja życia jest zapisana w ten sam sposób we wszystkich organizmach.	☐	☐
Rośliny modyfikowane genetycznie to głównie zboża i inne rośliny uprawne.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Oceń prawdziwość poniższych zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Łańcuchowa reakcja polimerazy umożliwia powielenie wybranego fragmentu DNA.	☐	☐
Metodę PCR wynalazł Stanley Cohen, za co został uhonorowany nagrodą Nobla.	☐	☐
Do syntezy nowej nici DNA potrzebne są nowe nukleotydy.	☐	☐
Polimeraza rozcina łańcuch DNA.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

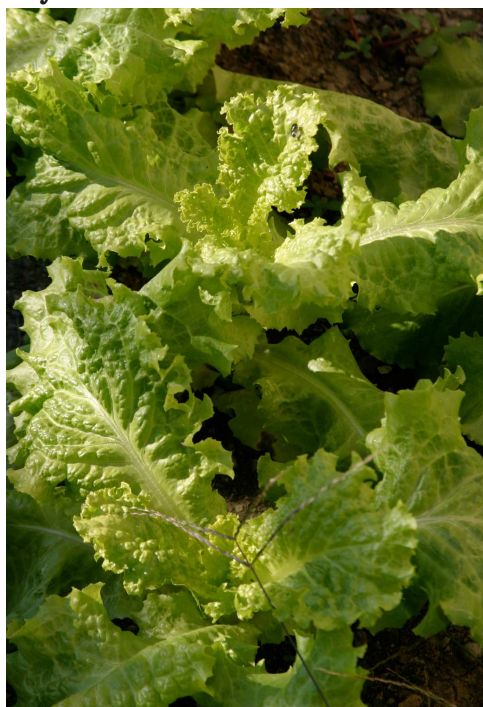
Wskaż poprawne zakończenia zdania. Enzymy restrykcyjne są potrzebne do

- ☐ rozcięcia DNA w celu włączenia przenoszonego genu.
- ☐ wyłączenia funkcji genu.
- ☐ wycięcia genu, który ma zostać przeniesiony do organizmu biorcy.
- ☐ skopiowania genu, który ma otrzymać biorca.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Mikroorganizmy zmodyfikowane genetycznie w służbie człowieka

Świecące bakterie, które tworzą piksele telewizorów, szczepionka w sałacie, mikropociski służące do wprowadzania DNA do komórek – czy to pomysły rodem z filmów science fiction? Już nie. We współczesnym świecie możliwe są rzeczy, o których kiedyś ludzie mogli tylko marzyć.



Źródło: Chris Winters (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Już wiesz

- człowiek modyfikuje genetycznie organizmy po to, aby uzyskać na przykład bardziej wydajne hodowle;
- skrót GMO oznacza organizmy modyfikowane genetycznie.

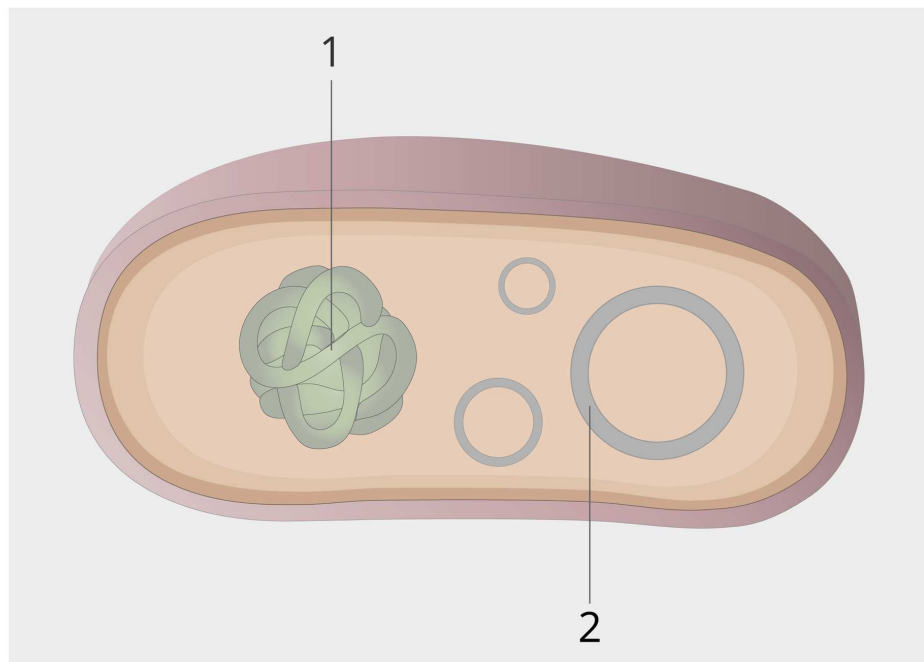
Nauczysz się

- opisywać metody modyfikacji genetycznej mikroorganizmów;
- określać znaczenie organizmów modyfikowanych genetycznie;
- oceniać przydatność dla człowieka organizmów modyfikowanych genetycznie.

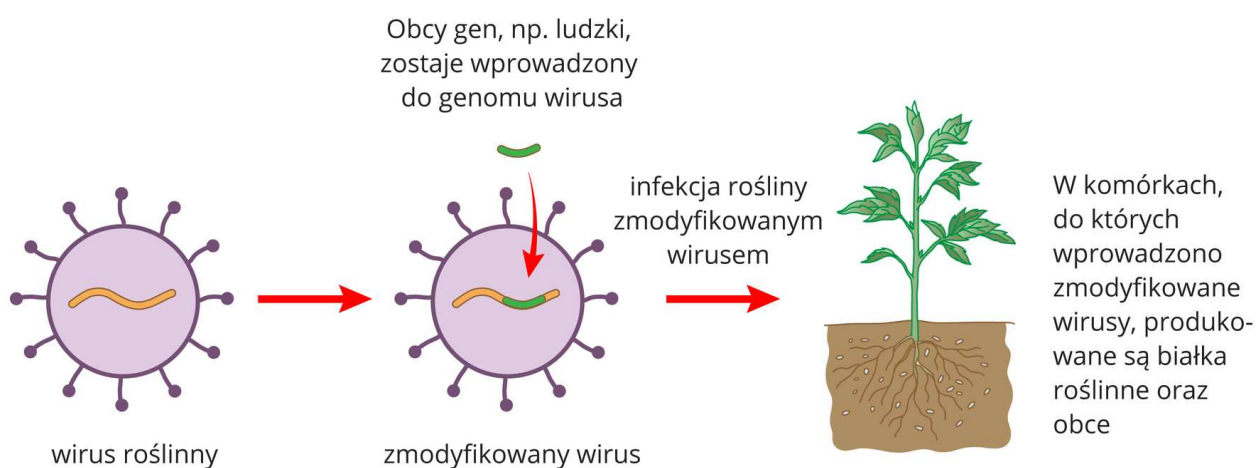
1. Metody modyfikacji organizmów

Chcąc zmodyfikować genetycznie organizm (np. sprawić, by bakteria produkowała insulinę), trzeba najpierw z DNA organizmu wytwarzającego ten hormon wyciąć fragment

kodujący właściwe białko. Wycięty fragment DNA umieszcza się następnie w **wektorze genetycznym**, którym może być wirus lub **plazmid**. Plazmidy są to cząsteczki kwasu nukleinowego występujące w komórce bakterii poza jej „chromosomem”, zdolne do samodzielnej replikacji. Taki wektor wprowadza się do organizmu biorcy (w opisywanym przykładzie do komórki bakterii), który zaczyna produkować białka zakodowane w swoim genomie oraz białko zakodowane w plazmidzie.



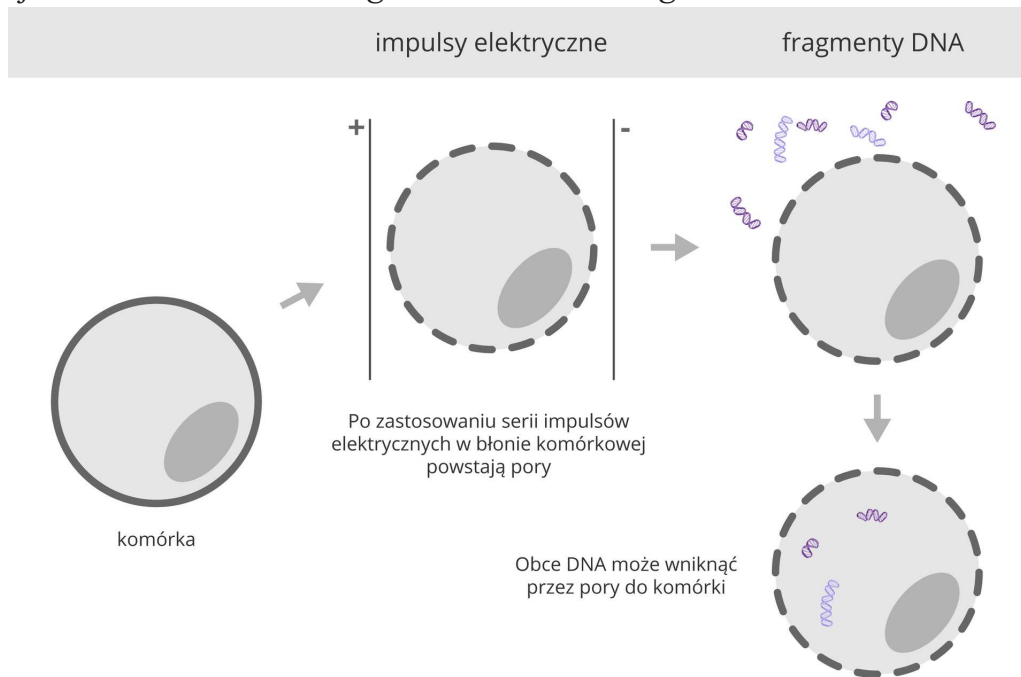
Źródło: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

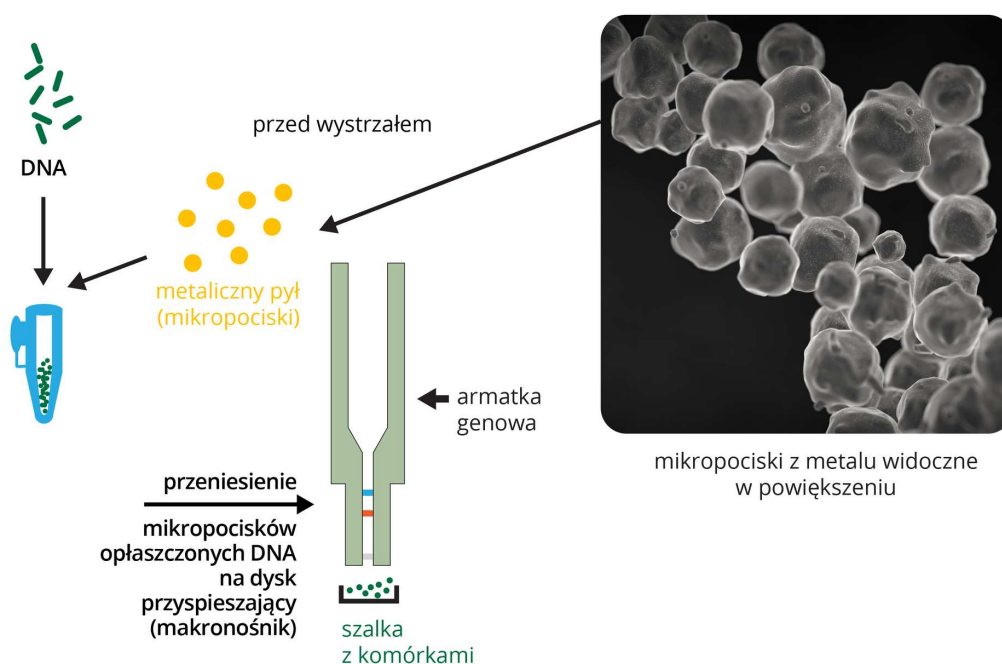
Kolejną możliwością wprowadzenia obcego DNA do komórki jest **elektroporacja** stosowana w inżynierii genetycznej od lat 80. ubiegłego wieku. W tej metodzie używa się serii impulsów elektrycznych powodujących powstawanie porów w błonie komórkowej, przez które obce DNA może wniknąć do komórki przeznaczonej do modyfikacji genetycznej.

Elektroporację wykorzystuje się także w leczeniu nowotworów, w przypadku których utrudnione jest wnikanie leków do guza nowotworowego.



Źródło: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 3.0.

Mikrowstrzeliwanie to metoda polegająca na wprowadzaniu do komórek małych kulek (najczęściej złotych lub wolframowych) oblepionych DNA, które pełnią rolę pocisków. Kulki, rozpędzone do dużych prędkości (nawet do kilku m/s) przez tzw. **armatkę genową** (lub strzelbę genową), przenikają przez błonę komórkową i wbijają się do wnętrza komórek, wprowadzając do nich obcy materiał genetyczny. Następnie zbombardowane komórki są hodowane. Po pewnym czasie sprawdza się, czy DNA zostało wbudowane do genomu. Niestety, mikrowstrzeliwanie ma pewne mankamenty – armatki sporo kosztują, a metoda nie jest zbyt wydajna, gdyż powoduje liczne uszkodzenia mechaniczne komórek.



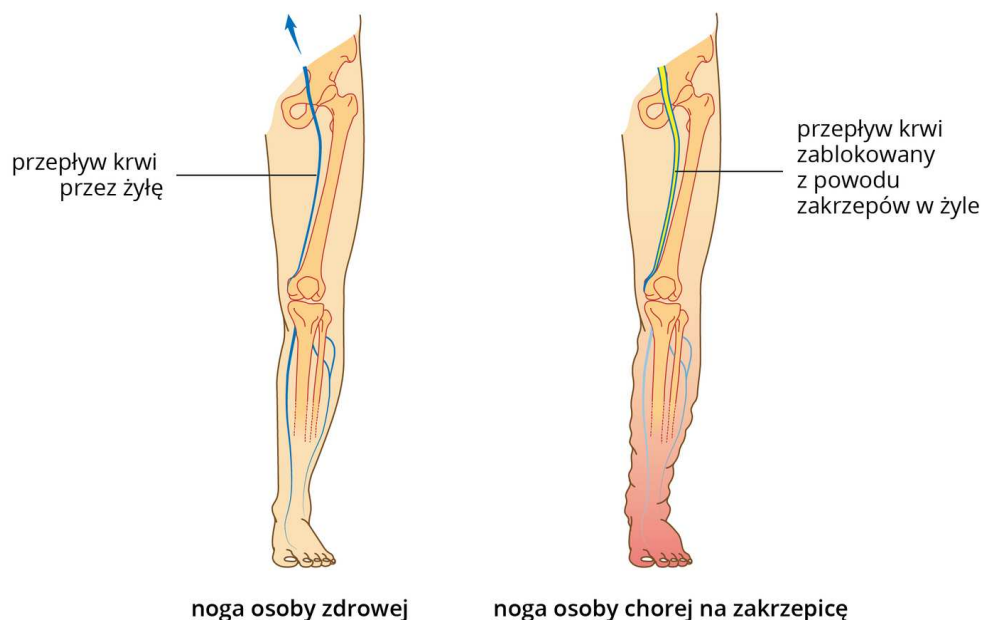
Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

2. Zastosowanie organizmów modyfikowanych genetycznie

Biotechnologia wykorzystuje mikroorganizmy do wytwarzania m.in. białek, hormonów, witamin. Obecnie do produkcji jednego z ludzkich hormonów – insuliny, regulującej poziom cukru we krwi używa się drożdży posiadających gen odpowiedzialny za produkcję tego białka (uzyskanych metodami inżynierii genetycznej).

Ludzki hormon wzrostu to kolejny przykład substancji wytwarzanej przez zmodyfikowane genetycznie mikroorganizmy. Hormon ten podaje się dzieciom cierpiącym na karłowatość, których przysadka mózgowa nie jest w stanie produkować go w wystarczającej ilości. Takie działanie pozwala zapobiec rozwojowi choroby lub osłabić jej efekty.

Inną substancją wytwarzaną dzięki modyfikacji genetycznej jest [hirudyna](#) – substancja wytwarzana przez pijawki, wpływająca na obniżenie krzepliwości krwi. Stosowana jest u chorych na zakrzepicę lub choroby zatorowe naczyń krwionośnych. Zapobiega sklejaniu się płytek krwi i likwiduje zakrzepy blokujące przepływ krwi i prowadzące do obrzęku. Możliwość przeniesienia genu odpowiedzialnego za powstawanie hirudyny z pijawek do mikroorganizmów pozwoliła na przemysłową produkcję tego leku.

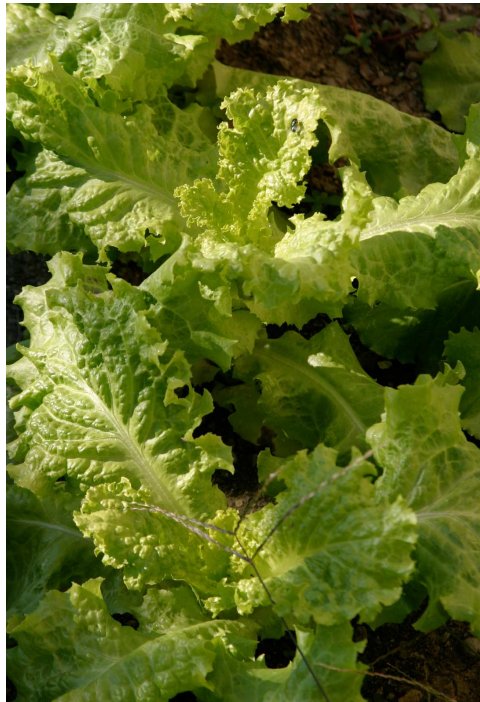


Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

Niezmiernie ważnym dla człowieka zastosowaniem organizmów genetycznie modyfikowanych jest możliwość tworzenia szczepionek. W 2013 r. powstała pierwsza szczepionka przeciwko grypie, która zawiera białka pozyskane z komórek owadów. Czas

produkcji takiej szczepionki jest krótszy niż w przypadku stosowanych wcześniej metod, co ma ogromne znaczenie w sytuacji, kiedy wirus grypy podlega licznym mutacjom.

Profesor Andrzej **Legocki** wyhodował w Polsce sałatę zawierającą szczepionkę przeciw **wirusowemu zapaleniu wątroby typu B (WZW typu B)**. Do jej otrzymania użył bakterii powodującej choroby roślin, która wykazuje możliwość wprowadzenia do genomu komórek roślinnych obcego DNA. Za pomocą tej bakterii umieścił w komórkach sałaty geny kodujące białka, występujące na powierzchni wirusa, który powoduje WZW typu B. Pierwsza faza badań została przeprowadzona na myszach, którym podano zmodyfikowaną sałatę. W ten sposób do organizmów zwierząt dostarczono substancje pozwalające im skuteczniej zwalczać infekcję spowodowaną wirusem zapalenia wątroby i uniknąć tej choroby.



Źródło: Chris Winters (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Polecenie 1

Zastanów się, jakie jeszcze substancje przydatne dla człowieka mogłyby być produkowane przez mikroorganizmy. Czy do tej produkcji bezpieczniejsze byłoby zatrudnienie komórek bakterii czy grzybów? Uzasadnij odpowiedź.

3. Żywy wyświetlacz

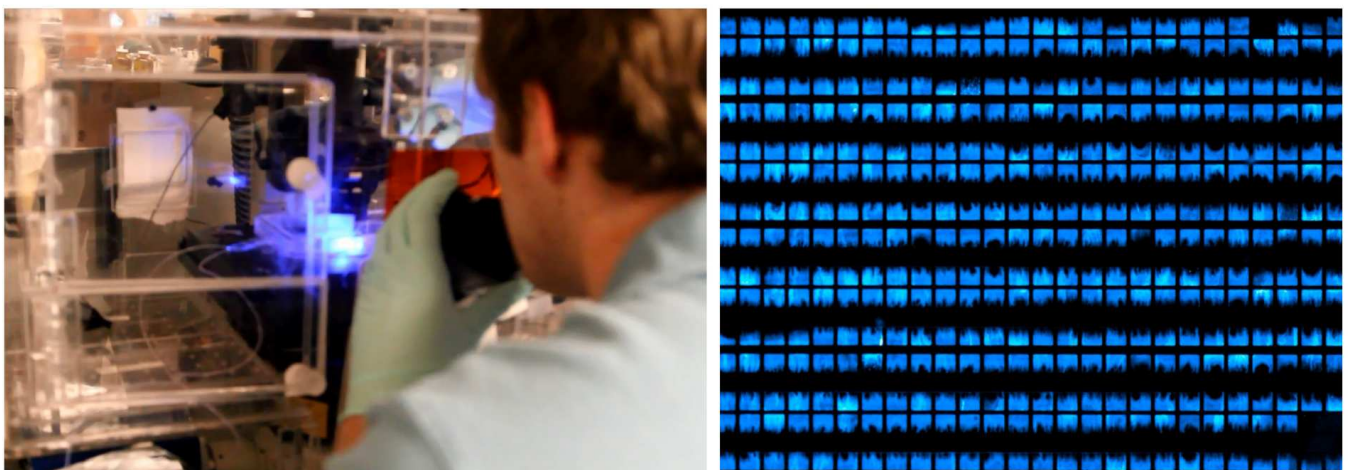
W 1979 r. dwaj uczeni, Kenneth Nealson i John Hastings, odkryli zjawisko **bioluminescencji**. Występuje ono m.in. u bakterii oceanicznych, które podczas dużego zagęszczenia emitują światło. Gdy bakterie znajdują się w licznej grupie, wydzielają gaz synchronizujący

i regulujący natężenie świecenia. Wysznuło hipotezę, że bakterie pozostające w dużym zagęszczeniu świecą, dając sobie sygnał do zaprzestania rozmnażania. Bowiem przy zbyt dużej liczbie zagraża im brak pokarmu i samozatrucie toksycznymi substancjami wydzielanymi przez nie do oceanu. Mogłoby to doprowadzić do wymarcia całej ich populacji.



Źródło: catalano82 (<https://www.flickr.com>), edycja: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 2.0.

Grupa naukowców z Uniwersytetu w Kalifornii wykorzystała zjawisko bioluminescencji do stworzenia wyświetlacza. Do genomu bakterii *E. coli* pochodzącej z jelita człowieka wprowadzono gen odpowiedzialny za produkcję fluorescencyjnego białka. Dzięki temu bakterie zaczęły świecić niebieskim światłem. Stworzony z nich ekran składa się z tysięcy biopikseli, z których każdy tworzą świecące bakterie.



Źródło: University of California, San Diego (<https://www.youtube.com>), edycja: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 2

Spróbuj przewidzieć trudności, jakie mogą być związane ze stosowaniem ekranów złożonych ze świecących bakterii.

Podsumowanie

- Do wprowadzania obcych genów do komórek wykorzystuje się metody wektorowe i bezwektorowe.
- Wykorzystując mikroorganizmy, można uzyskać przydatne dla człowieka substancje (np. leki).
- Obecnie możliwe jest wyprodukowanie roślin, których komórki zawierają szczepionki.
- Komórki owadów są używane do produkcji szczepionek przeciwko grypie.

Praca domowa

Polecenie 3.1

1. Porównaj mikrowstrzeliwanie i elektroporację pod kątem skuteczności wprowadzania obcych genów do DNA biorcy.

Polecenie 3.2

2. Wymień w punktach etapy wprowadzenia do sałaty szczepionki przeciw grypie oraz działania zmodyfikowanej sałaty na myszy.

Słowniczek

armatka genowa

urządzenie wykorzystywane w procesie mikrowstrzeliwania obcego DNA do komórek

elektroporacja

odwracalne uszkodzenie błony komórkowej za pomocą impulsów elektrycznych w celu wprowadzenia obcego DNA do komórki

hirudyna

substancja wytwarzana przez pijawki obniżająca krzepliwość krwi

insulina

hormon biorący udział w regulacji poziomu cukru we krwi



Źródło: Michalski (<http://commons.wikimedia.org>), edycja: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY-SA 3.0.

Andrzej Legocki

ur. 21.10.1939

Polski naukowiec, biochemik, profesor nauk przyrodniczych, który zmodyfikował genetycznie sałatę w taki sposób, by jej komórki produkowały szczepionkę przeciwko wirusowemu zapaleniu wątroby typu B.

mikrowstrzeliwanie

metoda wprowadzania do komórki DNA osadzonego na metalowych kulkach, wykorzystywana w inżynierii genetycznej

plazmid

cząsteczka kodująca DNA, która powszechnie występuje u bakterii; może być modyfikowana i wprowadzona np. do komórek roślin

wektor genetyczny

niewielka cząsteczka DNA, za pomocą której wprowadza się obcy gen do modyfikowanej komórki

Zadania

Ćwiczenie 1

Połącz w pary nazwy i odpowiadające im opisy.

wprowadzenie obcego DNA do komórki
z zastosowaniem impulsów
elektrycznych

armatka genowa

metoda wprowadzania obcego DNA
przy użyciu metalowych kulek

elektroporacja

cząsteczka DNA, do której można
wprowadzić wybrany gen

wektor

urządzenie wykorzystywane do
perforacji błony i ściany komórkowej
w celu wprowadzenia obcego DNA do
komórek

mikrowstrzeliwanie

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Ułóż we właściwej kolejności etapy wprowadzenia obcych genów do organizmu.

wybór dawcy posiadającego gen, który zostanie przeniesiony

wyizolowanie fragmentu DNA dawcy zawierającego wybrany gen

ustalenie, która cecha biorcy wymaga zmiany

przygotowanie plazmidu zawierającego wybrany gen

wyizolowanie materiału genetycznego z komórek dawcy

wprowadzenie plazmidu do komórki biorcy

pobranie komórek z organizmu dawcy

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Oceń poprawność poniższych zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Insulina jest hormonem regulującym stężenie cukru we krwi.	☐	☐
Hirudyna to syntetyczny lek stosowany u chorych na kardiowatość.	☐	☐
Możliwe jest wytwarzanie szczepionek przez organizmy modyfikowane genetycznie.	☐	☐
Szczepienia z wykorzystaniem zmodyfikowanych genetycznie roślin mogą być stosowane powszechnie w niezamożnych krajach.	☐	☐
Sałata, której komórki produkują szczepionkę, została stworzona przez polskich naukowców.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Zaznacz właściwe zakończenie zdania.

Bioluminescencja to

- ☐ zdolność świecenia światłem odbitym przez komórki bakterii.
- ☐ powszechnie wykorzystywana w elektronice zdolność komórek bakterii do świecenia.
- ☐ zdolność wody oceanicznej do świecenia.
- ☐ zjawisko, za pomocą którego porozumiewają się bakterie.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Rośliny transgeniczne

Produkcja leków z wykorzystaniem zmodyfikowanych genetycznie bakterii prowadzona jest od lat i nie wywołuje protestów, jednak uprawa roślin transgenicznych to temat kontrowersyjny, budzący silne emocje. Dlaczego społeczeństwa są tak bardzo podzielone w sprawie roślin i żywności modyfikowanej genetycznie?



Źródło: International Rice Research Institute (IRRI) (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 2.0.

Już wiesz

- człowiek modyfikuje genetycznie organizmy po to, by miały pożądane przez niego cechy;
- skrót GMO oznacza organizmy modyfikowane genetycznie.

Nauczysz się

- omawiać znaczenie roślin modyfikowanych genetycznie;
- wymieniać wady oraz zalety stosowania roślin modyfikowanych genetycznie.

1. Rośliny transgeniczne

Zmienność genetyczna to powszechna cecha życia. Organizmy zmodyfikowane genetycznie, a tym samym i wytwarzane z nich pokarmy, są i zawsze były częścią przyrody. Pojawiają się w wyniku mutacji – zmian naturalnie zachodzących w przyrodzie. Przykład takich przekształceń stanowi pszenżyto, płodny mieszaniec pszenicy i żyta, który zawiera

chromosomy (a tym samym i geny) obu roślin macierzystych. Powszechnie wykorzystuje się pszenżyto w rolnictwie i hodowli, ponieważ ma dużo białka (jak pszenica), dzięki czemu jest rośliną paszową. Ponadto ma mniejsze wymagania w uprawie niż żyto.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Rośliny i inne organizmy powstałe w wyniku doboru sztucznego oraz naturalnego zawierają jedynie geny, które wytworzyła sama przyroda. Dzięki trwającym wieki zabiegom hodowlanym i selekcji wysiewane obecnie na polach zboża nie przypominają gatunków, od których pochodzą. Dzikie formy zbóż w większości zanikły, gdyż zostały wyparte przez masowo produkowane nowe odmiany.

Przykładem roślin, których geny występują w nowym zestawie, a tym samym przejawiają się w postaci nowych cech są truskawki – mieszańce odmian dziko rosnących poziomek. Powstały w XVIII w. ze skrzyżowania poziomek pochodzących z Ameryki Południowej i Północnej. Ich twórcami są ogrodnicy pracujący na dworze Ludwika XIV.

Modyfikacje genetyczne polegają na:

- zmianie aktywności obecnych w organizmach genów – geny zostały usunięte lub zablokowane; przykładem jest zmodyfikowany ziemniak, w którym nie działa gen odpowiedzialny za produkcję solaniny – toksycznej substancji zawartej w zielonych częściach tej rośliny;
- wprowadzeniu powielonych kopii własnych genów danego organizmu po to, by uzyskać cechę o dużym nasileniu; przykładem jest ziemniak z powieloną kopią własnego genu odpowiedzialnego za produkcję skrobi; lepiej nadaje się do produkcji frytek, ponieważ podczas smażenia chłonie mniej oleju;
- wprowadzeniu do genomu genów występujących w naturze, ale w innym organizmie niż ten, który poddano modyfikacji; przykładem jest roślina o nazwie krokosz,

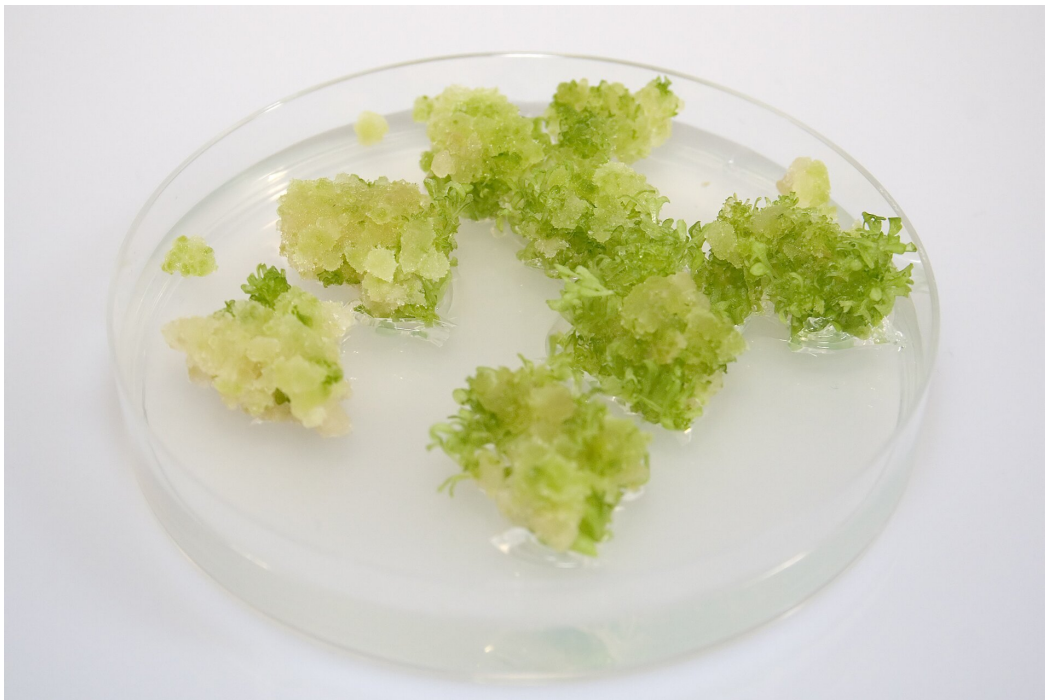
zawierająca ludzki gen odpowiadający za produkcję insuliny.

Obecnie możliwe jest wybieranie konkretnych genów i wprowadzanie ich do roślin. Powstałe w ten sposób rośliny transgeniczne i pozyskane z nich produkty poddaje się bardzo rygorystycznym badaniom, by wykluczyć na przykład pojawienie się alergii u ludzi oraz ewentualny szkodliwy wpływ na inne rośliny i zwierzęta.

2. Kultury tkankowe

Komórki roślinne zachowują zdolność dzielenia się oraz odtwarzania tkanek i organów niemal przez całe życie. Nie wszystkie jednak dzielą się w takim samym tempie. Zależy to od ich wieku, kondycji, grubości ściany komórkowej, stopnia specjalizacji, a nawet położenia w roślinie. Na przykład komórki pobrane z górnej części korzenia marchwi namnażają się wolniej niż te pobrane z części dolnej (stożka wzrostu). Z tego powodu do hodowli tkankowych najczęściej wykorzystuje się komórki pochodzące z bardzo młodych roślin (lub ich stożków wzrostu, w których komórki nie przystąpiły do procesu różnicowania). Aby pobrane z rośliny komórki rozmnażały się trzeba stworzyć im odpowiednie warunki. Umieszcza się je w szklanych naczyniach w wysterylizowanym środowisku, na specjalnie dobranych pożywkach.

Zwykle po umieszczeniu w pożywce komórka tworzy najpierw **tkankę kalusową** (kallus). Powstaje ona w naturze w miejscu zranienia rośliny i ma postać bezkształtnej grupy niezróżnicowanych komórek, podobnych do mięsistych, choć od nich większych i stale się dzielących. Kallus rozrastając się, zamyka ranę. W zależności na przykład od rodzaju i ilości hormonów roślinnych, które docierają do kallusa, jego komórki mogą zacząć różnicowanie, odtwarzając określony organ. Ta tkanka dobrze rozwija się w odpowiednio dobranej temperaturze i przy dużej wilgotności. Trzeba jej też zapewnić właściwej długości okresy światła i ciemności. Z tego powodu rozmnażanie komórek odbywa się w **fitotronach**, czyli pomieszczeniach, których warunki można precyzyjnie kontrolować.



Z pojedynczych komórek umieszczonych w pożywce wyrosły młode rośliny. Widać tkankę kalusową oraz organy na różnym etapie różnicowania.

Zdolności regeneracyjne komórek zostały wykorzystane do prowadzenia hodowli *in vitro* (w szkle, czyli w zamkniętych naczyniach w specjalnie zorganizowanych warunkach laboratoryjnych). Pochodzące z nich komórki (tkanki i organy) mają identyczny genotyp. Służą do wytworzenia roślin matecznych, które zostaną rozmnożone wegetatywnie i posłużą do uzyskania sadzonek o identycznych cechach. Otrzymane w ten sposób sadzonki są wolne od patogenów, co ułatwia ich uprawę i ogranicza potrzebę stosowania środków ochrony. Tak powstają na przykład rośliny chmielu.

Polecenie 1

Podaj przykład sytuacji, w której u roślin pojawia się tkanka kalusowa.

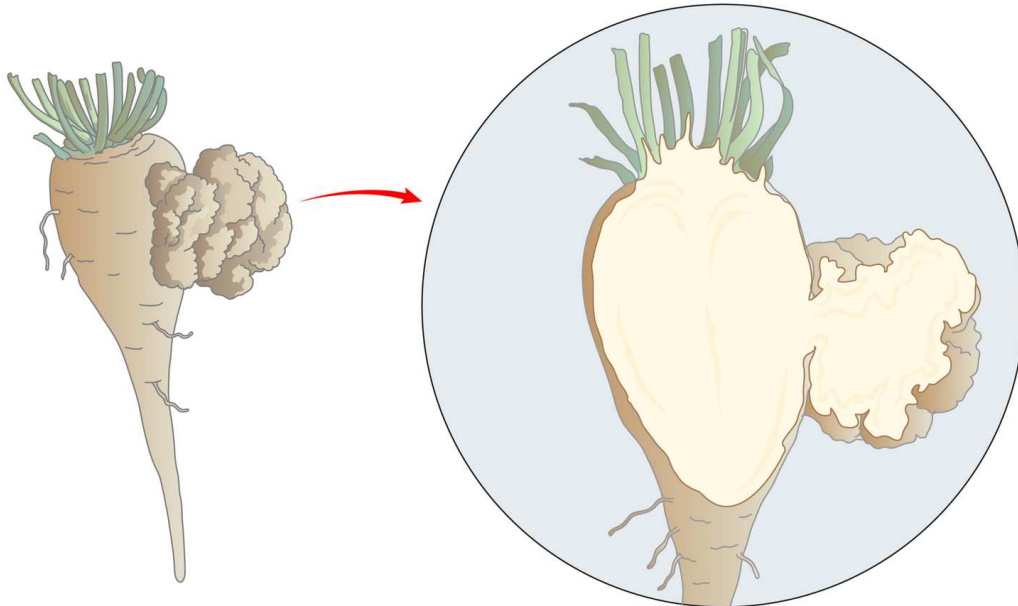
Wskazówka

W jaki sposób ukorzeniają się sadzonki pędowe?

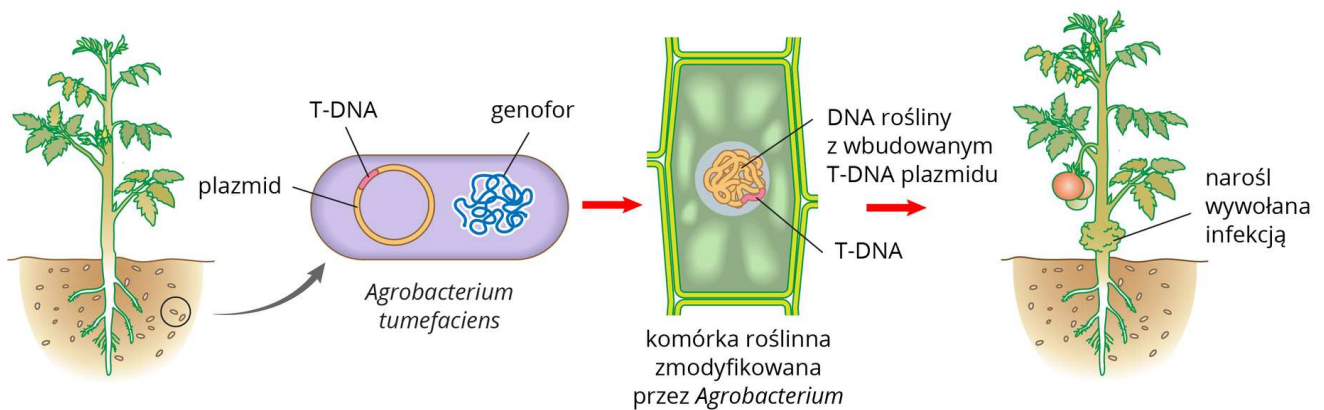
3. Agroinfekcje i ich wykorzystanie

W przyrodzie występują organizmy pełniące rolę inżynierów genetycznych. Jednym z nich jest pospolita bakteria glebowa *Agrobacterium tumefaciens*. Powoduje ona chorobę zwaną

guzowatością korzeni u przeszło 600 gatunków roślin. *Agrobacterium* wnika do skaleczonych tkanek i nakierowuje metabolizm komórek roślinnych na produkcję substancji nieprzydatnych roślinie, lecz cennych dla bakterii. Dzieje się tak w wyniku przekazania przez bakterię fragmentu DNA (tzw. T-DNA) pochodzącego z jej plazmidu do komórki roślinnej. DNA bakterii wbudowuje się w DNA rośliny i zwiększa produkcję hormonów roślinnych odpowiedzialnych za podziały komórek. Zainfekowane komórki dzielą się, powodując powstanie narośli.

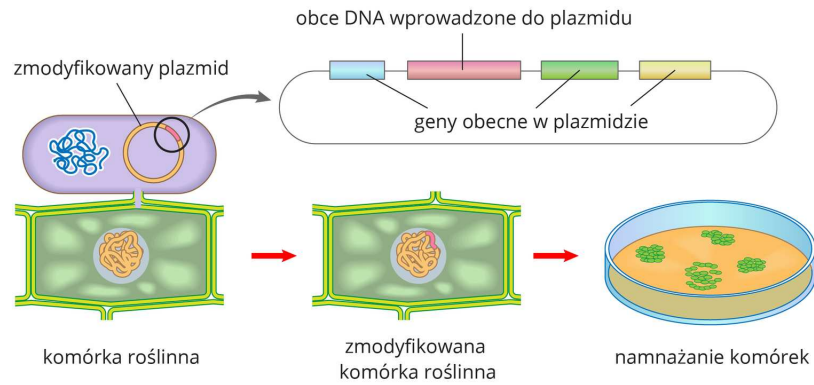


Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

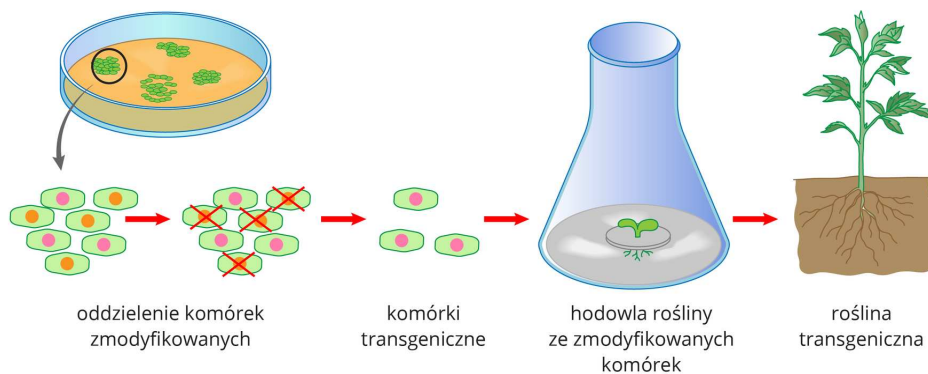


Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

Zdolność bakterii do przekazywania swojego materiału genetycznego komórkom roślinnym została wykorzystana w inżynierii genetycznej. Część DNA bakterii jest zakodowane na plazmidzie, który wnika do komórek roślinnych. Metodami inżynierii genetycznej można w *Agrobacterium* umieszczać dowolne geny kodujące wybrane białka, a usuwać te geny bakterii, których produkty są niebezpieczne dla roślin. Gdy plazmid wnika do komórek roślinnych, następuje synteza białek zakodowanych w genach umieszczonych na plazmidzie oraz innych białek zakodowanych w genomie roślinnym.



Agroinfekcja



Hodowla tkankowa

4. Przykłady roślin modyfikowanych genetycznie

Rośliny modyfikowane genetycznie są łatwiejsze i tańsze w uprawie, lepsze jakościowo lub trwalsze od tradycyjnych. Możemy wśród nich wyróżnić:

- rośliny odporne na środki chwastobójcze (herbicydy), posiadające enzymy, które rozkładają wybrane substancje zawarte w herbicydach; podczas uprawy takich roślin można opryskiwać pola środkami chwastobójczymi, które nie przynoszą im szkody; ułatwia to zabiegi pielęgnacyjne i zmniejsza ich koszty;
- rośliny odporne na choroby wywoływane przez grzyby, wirusy i bakterie; posiadają one geny kodujące białka, które niszczą ściany lub błony komórkowe patogenów; uprawy zboża zakażone przez grzyby są dużym problemem zarówno ekonomicznym, jak i zdrowotnym; zainfekowane zboża nie nadają się do sprzedaży, gdyż zawierają toksyny wytworzone przez grzyby i muszą zostać zniszczone; jeśli zostaną sprzedane, mogą stać się przyczyną zatrucia pokarmowych lub powstawania nowotworów; genetycznie zmodyfikowane zboża mają geny odpowiedzialne za produkcję enzymów niszczących

ścianę komórkową grzybów, uniemożliwiając im wzrost i rozwój; innymi patogenami są wirusy roślinne, które uszkadzają liście i powodują spadek plonów; ziemniak GM jest przykładem rośliny odpornej na działanie wirusa powodującego liściozwój – chroni się przed wirusem produkując białka jego otoczki, nie choruje i jest odporny na zakażenie, ponieważ wirusy nie wnikają do komórek już zainfekowanych; podobne modyfikacje zostały zastosowane w owocach papai czy dyni; zmodyfikowana papaja stanowi na Hawajach 80% upraw;

- rośliny odporne na owady-szkodniki; rośliny te mają dodatkowy, pochodzący z bakterii *Bacillus*, gen (Bt) kodujący białko, które jest toksyczne dla owadów, ale nie szkodzi roślinom ani spożywającym je zwierzętom hodowlanym i ludziom; dzięki czemu rolnicy, którzy uprawiają odporne na owady odmiany kukurydzy i bawełny, nie muszą stosować insektycydów, czyli środków owadobójczych;



Źródło: Herb Pilcher, USDA ARS (<https://commons.wikimedia.org>), edycja: Aleksandra Ryczkowska, public domain.

- rośliny odporne na niektóre czynniki środowiska, np. przymrozki, suszę, brak pewnych pierwiastków w glebie; niezależnie od warunków środowiska rośliny te wysoko plonują; można je też wprowadzać do uprawy na obszarach, gdzie do tej pory się nie udawały;
- rośliny o wyższej jakości użytkowej; dają na przykład trwalsze, nadające się do długiego przechowywania owoce; te rośliny mają geny blokujące powstawanie enzymów rozkładających ścianę komórkową przejrzałych owoców; inne gatunki mogą też zawierać substancje wzbogacające dietę; należy do nich złoty ryż, który wytwarza karoten (prowitaminę A).



Źródło: International Rice Research Institute (IRRI) (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 2.0.

Witamina A jest niezbędna dla człowieka, a jej niedobór może powodować lub przyczyniać się do powstawania ślepoty, łuszczycy, łysienia oraz innych chorób. Żółty ryż został stworzony z myślą o niedożywionych mieszkańcach krajów rozwijających się. Porcja żółtego ryżu zaspokaja nawet 60% dziennego zapotrzebowania na witaminę A u dzieci.



Źródło: Noumenon (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

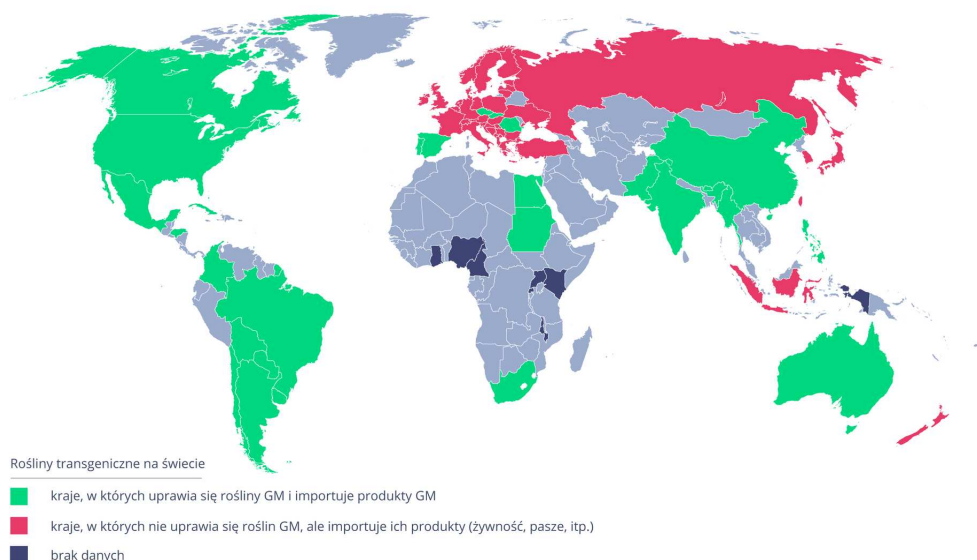
Innymi przykładami roślin modyfikowanych są: kukurydza i ziemniaki zawierające więcej skrobi niż uprawy tradycyjne, pszenica produkująca dużo białka, kawa wytwarzająca niewielką ilość kofeiny, truskawki wydające bardzo słodkie owoce, rośliny ozdobne o większych, barwniejszych i bardziej pachnących kwiatach. Pojawiają się także rośliny zawierające szczepionki i antybiotyki.

Ciekawostka

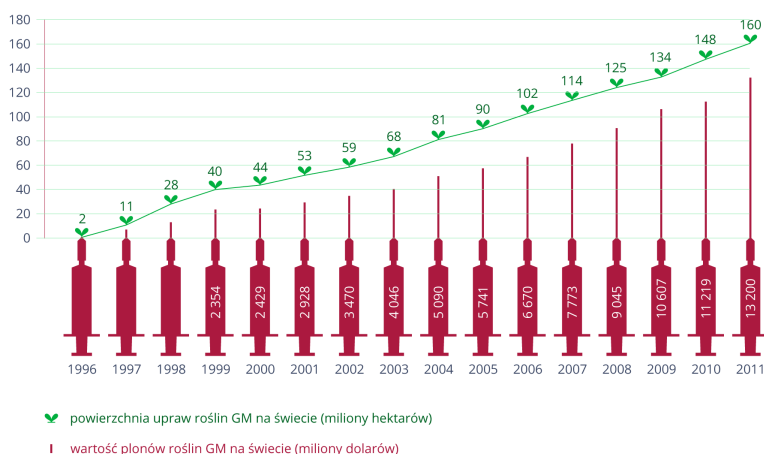
Wiązy, drzewa używane do nasadzeń parkowych i przydrożnych w Wielkiej Brytanii i na zachodzie Europy, zaatakowała szybko rozprzestrzeniająca się i niezwykle groźna choroba. Straty to miliony obumarłych drzew. Wywołuje ją nowa odmiana grzyba przenoszonego przez korniki, będącego mieszańcem dwóch gatunków. Odmiana ta pojawiła się spontanicznie prawdopodobnie w Chinach. Obecnie prowadzone są badania mające na celu wprowadzenie do komórek wiązków genów odporności na te grzyby.

Polecenie 2

Znajdź w Internecie informacje uzasadniające wydanie zgody lub jej brak na produkcję roślin GM w wybranych państwach świata.



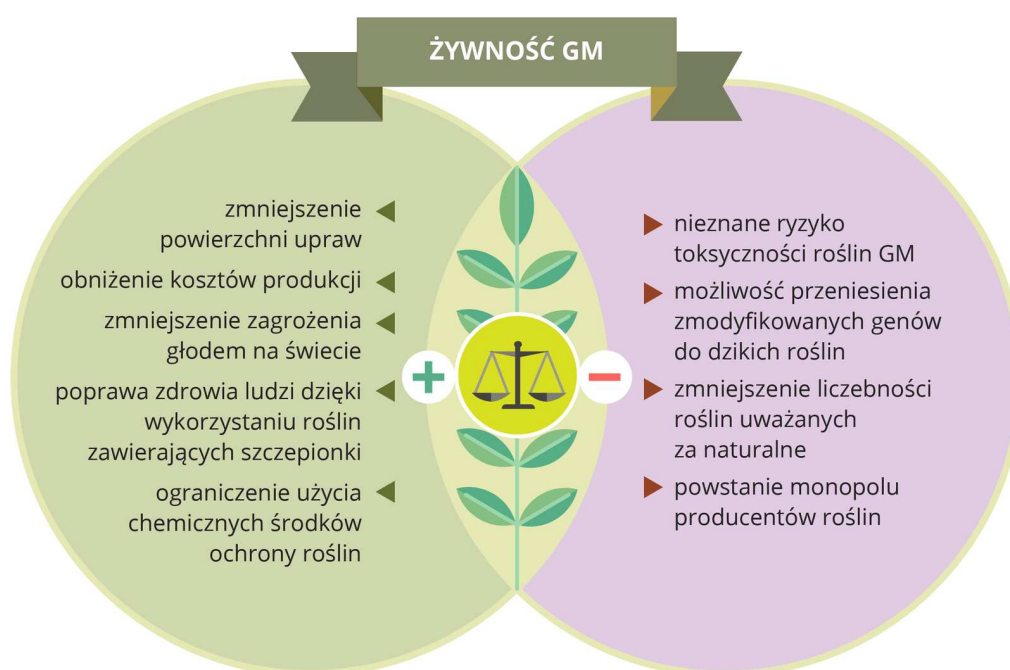
Obszar upraw w 2012 roku



5. Nadzieje i obawy

Stosowanie roślin modyfikowanych genetycznie z punktu widzenia człowieka niesie ze sobą wiele korzyści. Jedną z nich to możliwość skonstruowania odmian odpornych na niekorzystne warunki środowiska, a co za tym idzie prowadzenia hodowli w nieprzyjazznych warunkach atmosferycznych (np. w bardzo zimnym lub suchym i gorącym klimacie). Przeszło 40% światowych zbiorów ulega zniszczeniu z powodu szkodników i chorób roślin. Stosowanie GMO pozwala zwiększyć plony oraz ograniczyć stosowanie chemicznych substancji owadobójczych. Obniża to koszty produkcji roślinnej. Żywność modyfikuje się także w celu poprawy jej walorów smakowych oraz wydłużenia trwałości. W roślinach zmodyfikowanych za pomocą metod inżynierii genetycznej można produkować substancje, np. leki, które później są izolowane z komórek roślin i wykorzystywane w przemyśle.

Istnieją jednak również wady modyfikacji genetycznych. Z powodu stosunkowo krótkiego czasu stosowania modyfikowanych roślin nie wiadomo, czy spożywanie przez człowieka żywności GMO nie spowoduje na przykład alergii. Mimo prowadzonych badań nie uzyskano danych naukowych, które by potwierdzały, że produkty pochodzące z roślin transgenicznych nie są toksyczne dla człowieka. Nie ma też dowodów na to, że są dla ludzkiego organizmu szkodliwe.



Istnieją obawy, że geny odporności na herbicydy lub owady mogą przenikać z roślin GM do roślin dzikich (niezmodyfikowanych), a tym samym wpływać na ekosystemy oraz powodować, że wszystkie rośliny, zwłaszcza te określane przez człowieka jako chwasty, będą trudne do zwalczenia obecnie używanymi środkami. Ponadto dziko występujące gatunki mogą zostać wyparte i zastąpione modyfikowanymi, co będzie negatywnie oddziaływać na bioróżnorodność.

Polecenie 3

Przeciwnicy upraw roślin GM obawiają się, że po zjedzeniu organizmu modyfikowanego genetycznie może dojść do zmian w genomie człowieka. Czy twoim zdaniem takie obawy mają sens? Uzasadnij swoją odpowiedź.

Ciekawostka

W USA istnieją liczące setki hektarów pola obsadzone zmodyfikowaną kukurydzą, na których trudno znaleźć jakiegokolwiek owady roślinożerne i ptaki owadożerne. Rzecz w tym, że nie wiadomo na pewno, czy jest to wpływ GMO, czy efekt dawnych metod uprawy z wykorzystaniem dużych ilości chemicznych środków ochrony roślin. Dlatego prowadzone są badania bezpośredniego wpływu upraw GMO na owady i pośredniego na ptaki owadożerne.

Podsumowanie

- Początki modyfikacji roślin na drodze doboru naturalnego sięgają 10 tys. lat wstecz.
- Modyfikacje genetyczne pozwalają na uzyskanie roślin o lepszych walorach smakowych, bardziej odpornych na szkodniki, dających większe plony.
- W roślinach modyfikowanych, w celu ich ochrony przed szkodnikami, wykorzystuje się toksynę bakteryjną Bt.
- Modyfikacje roślin pozwalają m.in. na ograniczenie chemicznych środków ochrony roślin.
- Rośliny modyfikowane mogą zaburzać bioróżnorodność i wypierać rośliny dzikie.
- Za pomocą metod inżynierii genetycznej w komórkach roślin można produkować substancje użyteczne dla człowieka.
- Metoda agroinfekcji wykorzystuje naturalną zdolność wnikania plazmidów bakterii *Agrobacterium* do komórek roślin.

Praca domowa

Polecenie 4.1

1. Przygotuj się do debaty pod hasłem „Rośliny transgeniczne – nadzieje i obawy”. Niezależnie od posiadanego poglądu, przygotuj 5 argumentów za uprawą takich roślin i 5 przeciw niej. Zadbaj, by argumenty miały wartość naukową, a nie opierały się na emocjach.

Polecenie 4.2

2. Przygotowując się do debaty, wynotuj źródła informacji, z których korzystasz. Sprawdź, kto jest nadawcą komunikatów i jaką korzyść odniesie, gdy przekona czytelników do swoich racji.

Słowniczek

agroinfekcja

metoda otrzymywania roślin modyfikowanych genetycznie z wykorzystaniem bakterii *Agrobacterium tumefaciens*

herbicydy

chemiczne środki przeznaczone do zwalczania w uprawach niepożądanych roślin

insektycydy

środki używane do zwalczania owadów uznawanych za szkodniki upraw rolnych

kallus

rodzaj tkanki twórczej pojawiającej się w miejscu zranienia; tworzy bezkształtną masę komórek zdolnych do szybkich podziałów, zablizniających ranę; jej komórki mogą ulec różnicowaniu i dać początek tkankom, organom, całym roślinom

kultury tkankowe

tkanki roślinne lub zwierzęce hodowane *in vitro*, poza organizmem; komórki ludzkie hoduje się w celu wykorzystania ich np. do przeszczepów

Zadania

Ćwiczenie 1

Oceń poniższe zdania i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Modyfikacje genetyczne pozwalają uzyskać rośliny odporne na szkodniki.	☐	☐
Rośliny bawełny Bt zawierają w swoich komórkach gen pochodzący z bakterii.	☐	☐
Badania potwierdziły, że rośliny GM przynoszą środowisku i człowiekowi więcej szkody niż pożytku.	☐	☐
Modyfikowane ziemniaki posiadają gen pochodzący z wirusa wywołującego liściozwój.	☐	☐
Polska jest wolna od roślin modyfikowanych genetycznie i pochodzącej z nich żywności.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Uprawy roślin genetycznie modyfikowanych

- ☐ niosą udowodnione zagrożenie dla dzikiej przyrody.
- ☐ są badane pod kątem negatywnego wpływu na przyrodę.
- ☐ są zabronione we wszystkich krajach.
- ☐ są dozwolone w Europie.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Wskaż poprawne zakończenie zdania.

Agroinfekcja to

- ☐ jedna z metod otrzymywania roślin modyfikowanych genetycznie.
- ☐ metoda wykorzystująca wirusy do modyfikacji genetycznych.
- ☐ zakażenie roślin chorobami wywoływanymi przez grzyby lub bakterie.
- ☐ wprowadzenie bakterii do komórek roślin uprawnych.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Oceń poprawność poniższych zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Geny oporności wprowadzone do modyfikowanych roślin nie są w stanie przenikać do roślin dziko żyjących.	☐	☐
Dzięki modyfikacjom genetycznym jest szansa uprawy bawełny w średnich szerokościach geograficznych.	☐	☐
Rozprzestrzenianie się zmodyfikowanych roślin może mieć negatywny wpływ na bioróżnorodność.	☐	☐
Stosowanie upraw GMO pozwala zwiększyć wydajność plonów.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Zwierzęta transgeniczne

Zmodyfikowane genetycznie zwierzęta służą do produkcji wielu substancji wykorzystywanych w medycynie. Mogą też w przyszłości stać się dawcami narządów do transplantacji.



Źródło: Russ Walker (<https://www.flickr.com>), patti (<https://www.flickr.com>), Bill Abbott (<https://www.flickr.com>), Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 2.0.

Już wiesz

- rośliny GM mogą pomóc w ograniczeniu zjawiska głodu na świecie;
- uprawy roślin GM oraz wprowadzenia żywności z niej pochodzącej powinny być stale monitorowane.

Nauczysz się

- opisywać przykłady zwierząt modyfikowanych genetycznie;
- wymieniać korzyści i zagrożenia wynikające z modyfikowania zwierząt.

1. Cele modyfikacji genetycznych zwierząt

W 1980 r. profesor Jon W. Gordon zmodyfikowanym genetycznie zwierzętom nadał nazwę transgeniczne. Organizmy te posiadają w swoim genomie obce DNA, czyli DNA pochodzące z innego organizmu. Celem tworzenia **zwierząt transgenicznych** jest m.in. uzyskanie odpowiedzi na pytanie, pod wpływem jakich czynników dany gen staje się aktywny.

Wyłączenie określonego genu pozwala ustalić, w jakim procesie zachodzącym w komórce biorą udział produkty wytworzone na bazie danego genu. W wielu badaniach nad chorobami zwierzęta zastępują ludzi, na których eksperymenty są niedozwolone.

Zwierzęta GM posiadające pożądane przez człowieka cechy – szybki przyrost masy ciała, wytwarzanie mięsa z niewielką ilością tłuszczu – mogą być wykorzystywane w tradycyjnych hodowlach.

Ponadto zwierzęta GM mogą pełnić rolę **bioreaktorów**, czyli wytwarzać ludzkie białka stosowane w medycynie. Mogą one pojawiać się w mleku, krwi i jajach (w przypadku ptaków) zmodyfikowanych organizmów. Proces izolowania białek ze zwierzęcych produktów nie stanowi już problemu. Przykładem takich zwierząt są kozy, których mleko zawiera ludzki czynnik wzrostu, wykorzystywany w leczeniu karłowatości u ludzi, lub owce, których mleko ma w swoim składzie ludzki czynnik krzepliwości krwi – komponent leków dla chorych na hemofilię, hormon przyspieszający wytwarzanie erytrocytów człowieka, czy białka chroniące przed rozedmą płuc.



Źródło: Russ Walker (<https://www.flickr.com>), patti (<https://www.flickr.com>), Bill Abbott (<https://www.flickr.com>), Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 2.0.

Poprzez modyfikacje genetyczne uzyskano między innymi owce, które wytwarzają wełnę toksyczną dla moli i nie kurczącą się podczas prania oraz krowy produkujące mleko o dużej zawartości białka kazeiny – idealne do produkcji serów.

2. Organizmy modelowe

W badaniach biologicznych bardzo często wykorzystuje się **organizmy modelowe**. Najczęściej zastępują one człowieka, który ze względów etycznych nie może być obiektem doświadczalnym. Modelami są na przykład: bakteria *E. coli*, mysz, muszka owocowa, szympanś, a wśród roślin tytoń i ryż. Prowadzone na nich badania pomagają m.in. ustalić przyczyny chorób i skutki działania leków. Organizmy modelowe muszą spełniać kilka z podanych niżej warunków. Przede wszystkim powinny:

- być małe i niewymagające pod względem warunków hodowli; wyjątkiem są czasem szympansy i świny, które jednak wykorzystuje się jedynie podczas końcowych testów;
- w krótkim czasie wytwarzać liczne organizmy potomne, by prowadzone na nich doświadczenia dawały rzetelne wyniki;
- przechodzić krótki cykl rozwojowy, co pozwoli zaobserwować długofalowe skutki wprowadzonych zmian;
- posiadać niewielką liczbę genów, ponieważ ułatwia to analizę zmian genetycznych;
- należeć do gatunków pospolitych, powszechnie występujących.

Wybór organizmu do testów ma związek z zakresem projektowanego badania.

Bardzo ważnymi zwierzętami w eksperymentach laboratoryjnych są **myszy**. Stanowią one modele w analizach różnych chorób. Te używane do zastosowań naukowych posiadają zmodyfikowane geny i są dostępne komercyjnie na potrzeby laboratoriów. Należą do nich na przykład myszy pozbawione niektórych genów odpowiedzialnych za wytwarzanie mieliny – substancji otaczającej aksony, dzięki której prawidłowo są przenoszone impulsy nerwowe. W chorobie o nazwie stwardnienie rozsiane mielina ulega uszkodzeniu.

Obserwacja myszy, u których wyłączono geny odpowiedzialne za wytwarzanie mieliny, pomaga poznać mechanizm syntezy tej substancji, a w przyszłości może doprowadzić do zminimalizowania skutków tej choroby u człowieka.

Obecnie istnieje nawet możliwość wyhodowania specjalnych osobników do określonych doświadczeń, np. zwierząt pozbawionych genu, którego produktem jest konkretne białko. Na mysich modelach prowadzi się badania dotyczące chorób nowotworowych, otyłości, karłowatości, starzenia się organizmu, chorób serca, cukrzycy i wielu innych.



Źródło: George Shuklin (<https://commons.wikimedia.org>), Wellcome Library, London (<http://wellcomeimages.org>), Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 1.0.

Polecenie 1

Badania na zwierzętach pozwoliły m.in. poznać fizjologiczny mechanizm powstawania uzależnień oraz budowę i fizjologię poszczególnych narządów oraz ich układów, np. układu krwionośnego. Ocena wyników badań przeprowadzonych na zwierzętach pokazuje jednak, że w ponad połowie przypadków mysie modele chorób ludzkich dają inny obraz kliniczny niż choroby człowieka i inaczej reagują na terapię.

Przygotuj argumenty za i przeciw używaniu zwierzęcych modeli do badań nad ludzkimi chorobami i weź udział w debacie na ten temat.

3. Przeszczepianie tkanek i narządów między przedstawicielami różnych gatunków

Tworzenie genetycznie zmodyfikowanych zwierząt daje możliwość **ksenotransplantacji**, czyli transplantacji polegającej na przeszczepianiu komórek, tkanek lub narządów między różnymi gatunkami. Najlepszym modelem dla wytwarzania narządów do przeszczepów dla ludzi są świny, ponieważ ich narządy rozmiarami przypominają narządy człowieka (np. serce, nerki, wątroba). Tego rodzaju transplantacje ciągle stanowią wyzwanie z powodu różnic genetycznych (braku immunologicznej zgodności tkanek zwierzęcia i człowieka).

W bliższej perspektywie zostaną prawdopodobnie wykorzystane komórki i tkanki zwierząt, np. można będzie zastępować komórki Langerhansa u chorych na cukrzycę lub neurony uszkodzone przez chorobę Parkinsona – komórkami pobranymi od transgenicznych zwierząt. Jeden z ważniejszych kroków w tym kierunku został uczyniony w 1992 r., gdy metodami biotechnologii uzyskano rasę świń o zmienionych właściwościach tkankowych. Ich komórki mają nowe cechy, które pozwalają „oszukać” układ odpornościowy człowieka i chronią przed szybkim odrzuceniem przeszczepu.

Ciekawostka

Obecnie jedynymi transgenicznymi zwierzętami dostępnymi w sprzedaży (tylko w USA) są rybki danio pręgowane, które posiadają fluorescencyjne białko i świecą w ciemnościach 5 kolorami. Rybki te są bezpłodne, więc nie mogą przekazać swoich genów potomstwu.



Źródło: Moto "Club4AG" Miwa (<https://www.flickr.com>), Alex Gorzen (<https://www.flickr.com>), Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 2.0.

Ciekawostka

Japońscy i amerykańscy naukowcy w 2004 r. otrzymali zmodyfikowane zarodki bydła odporne na chorobę wściekłych krów (BSE).

4. Trudności w modyfikacjach genetycznych zwierząt

Dużo łatwiej zmodyfikować roślinę niż zwierzę, ponieważ zwierzęta w przeciwieństwie do roślin trudniej jest rozmnażać przez klonowanie, więcej czasu potrzeba na ich reprodukcję, a ich rozród jest trudniejszy. Z tego też powodu używanie ich oznacza wyższe koszty badań. Ponadto zwierzęta transgeniczne często chorują, ciężko są odrzucane, a pochodzące z nich osobniki są na ogół niepłodne. Teoretycznie zmienione cechy powinny być dziedziczone, jednak istnieją udokumentowane przypadki świadczące o tym, że przekazywanie zmienionych genów potomstwu w niektórych sytuacjach jest w ogóle niemożliwe. Przyczyną jest tendencja do odrzucania zmiany wprowadzonej w genomie, w kolejnych pokoleniach zwierząt, pochodzących od zmodyfikowanego osobnika.

Modyfikacje zwierząt są bardzo kosztowne. Zabiegi uwieńczone urodzeniem się zmodyfikowanej krowy pochłaniają około 300–500 tys. dolarów, owcy 60 tys., a świni 25 tys. Jednak wykorzystanie takich zwierząt znacznie ułatwia produkcję niezbędnych dla medycyny surowców. Oszacowano, że w USA rocznie potrzeba dla chorych ok. 4 kg czynnika krzepliwości krwi. Tę ilość można uzyskać w ciągu roku z mleka jednej transgenicznej krowy lub 13 transgenicznych owiec.

Polecenie 2

Podaj prawdopodobne przyczyny odrzucania przez organizm matki płodów zmodyfikowanych genetycznie. Weź pod uwagę sposób umieszczenia zarodków w organizmie samicy i ich cechy genetyczne.

5. Białko zielonej fluorescencji

Białko zielonej fluorescencji (GFP; *green fluorescent protein*) zostało wyizolowane z meduzy żyjącej w wodach u wybrzeży Ameryki Północnej. Jego rola u meduz nie została do tej pory wyjaśniona. Białko to, wzbudzone światłem o odpowiedniej długości, świeci na zielono. Nie wykazuje ono toksycznego działania na organizmy, a sekwencja kodujących je genów jest dobrze poznana.



Źródło: Denise Allen (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.

GFP ma szerokie zastosowanie jako cząsteczka sprawdzająca aktywność określonego genu. Sekwencja nukleotydów kodująca białko GFP przyłączona do jakiegokolwiek sekwencji kodującej białko człowieka pozwala zaobserwować, gdzie jest ono wytwarzane. Takie białko połączone z GFP, wzbudzone odpowiednim światłem, emituje zielone światło i wskazuje swoją lokalizację. Podobnie lokalizuje się geny w genomie.

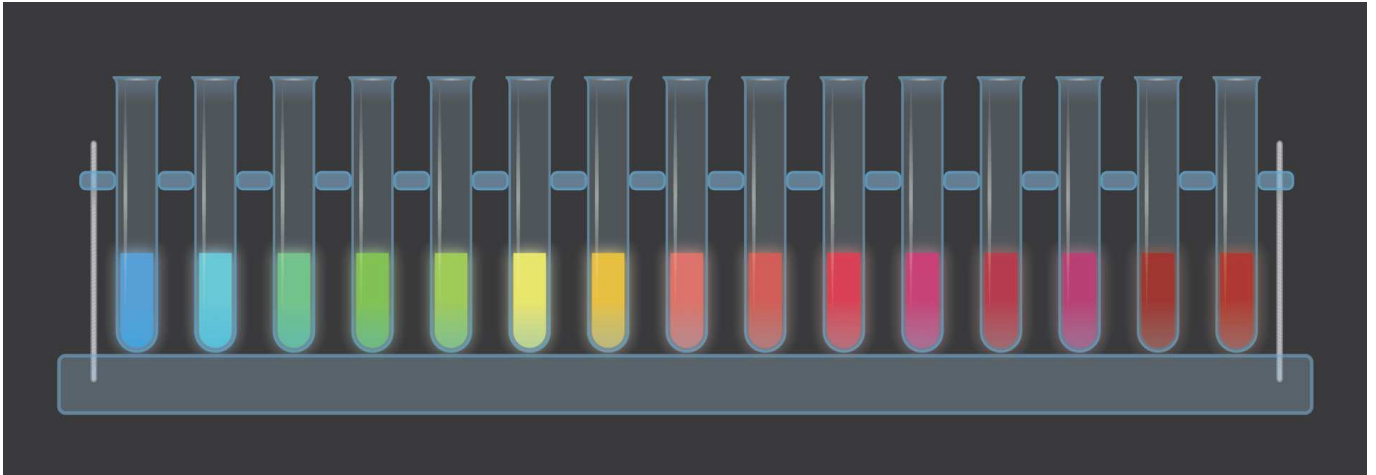


Źródło: Ingrid Moen, Charlotte Jevne, Jian Wang, Karl-Henning Kalland, Martha Chekenya, Lars A Akslen, Linda Sleire, Per Ø Enger, Rolf K Reed, Anne M Øyan and Linda EB Stuhr (<http://commons.wikimedia.org>), edycja: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 2.0.

Na świecie aż 11% kotów choruje na zespół nabytego niedoboru odporności (FIV) wywołany przez wirusa bardzo podobnego do HIV. Badania nad takimi osobnikami mogą pomóc w opracowaniu terapii genowej i leków dla ludzi chorych na AIDS. Na drodze

modyfikacji genetycznych wytworzone zostały świecące koty wyposażone w gen kodujący białko GFP oraz pochodzący od rezusa gen, który hamuje infekcję człowieka jednym z wirusów HIV. GFP połączono z czynnikiem restrykcyjnym rebusów i przeniesiono do komórek kotów. Dzięki luminescencji, w próbce zawierającej leukocyty kota stwierdzono obecność czynnika restrykcyjnego. Miarą sukcesu był fakt, że wirusy się nie namnożyły.

Ze względu na ogromne możliwości, jakie niesie ze sobą technika stosowania białka GFP, doczekało się ono szeregu modyfikacji. W efekcie uzyskano białka świecące o różnych barwach, np. żółte, niebieskie, czerwone. Pozwala to na jednoczesne wyróżnienie kilku genów i obserwowanie produktów ich ekspresji.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- Dzięki modyfikacjom genomów zwierząt można przeprowadzać badania, które przyczyniają się do poznania mechanizmów powstawania chorób.
- Modyfikowane zwierzęta mogą wytwarzać leki i inne substancje stosowane w medycynie.
- Białko zielonej fluorescencji to znacznik używany do wizualizacji produktów genów.

Praca domowa

Polecenie 3.1

1. Wymień inne niż wymienione w tekście możliwe zastosowania zwierząt modyfikowanych genetycznie.

Polecenie 3.2

2. Podaj argumenty za hodowaniem modyfikowanych genetycznie zwierząt w celu pozyskiwania z nich organów do przeszczepów dla ludzi oraz przeciw prowadzeniu takich hodowli.

Słowniczek

kсенотransplantacje

przeszczepianie komórek, tkanek lub narządów pomiędzy osobnikami różnych gatunków

organizm modelowy

organizm posiadający szereg specyficznych cech, dzięki którym jest wykorzystywany w badaniach naukowych; charakteryzuje się znanym genomem, krótkim cyklem życiowym, małymi rozmiarami ciała, dużą liczbą potomstwa

transgeniczne zwierzęta

zwierzęta, których DNA został zmodyfikowany, dzięki czemu wybrane cechy fenotypowe uległy zmianie

Zadania

Ćwiczenie 1

Oceń poniższe zdania i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Zwierzęta transgeniczne to organizmy posiadające gen pochodzący z organizmu należącego do innego gatunku.	☐	☐
Możliwe jest wyłączenie genów, czyli przeprowadzenie takiej modyfikacji, by gen był nieaktywny.	☐	☐
Wyłączenie jakiegokolwiek genu prowadzi do śmierci zawierającego go organizmu.	☐	☐
Zwierzęta nie są dobrym modelem chorób genetycznych, ponieważ nie zapadają na takie choroby genetyczne jak człowiek.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Zaznacz poprawne zakończenie zdania.

Zmodyfikowane genetycznie myszy

☐ stanowią modele w badaniach nad chorobami występującymi u ludzi.

☐ zagrażają populacji kotów i innych drapieżników nimi się żywiących.

☐ mogą przenieść na konsumujące je drapieżniki zmodyfikowane geny.

☐ służą do produkcji ludzkiego hormonu wzrostu.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Zaznacz poprawne zakończenie zdania.

Ksenotransplantacje to

- ☐ transplantacje organów między osobnikami tego samego gatunku.
- ☐ przeszczepianie komórek, tkanek lub narządów pomiędzy osobnikami różnych gatunków.
- ☐ wszczepianie organizmom mechanicznych protez narządów.
- ☐ hodowanie ludzkich organów w organizmach zwierząt.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Oceń poniższe zdania i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

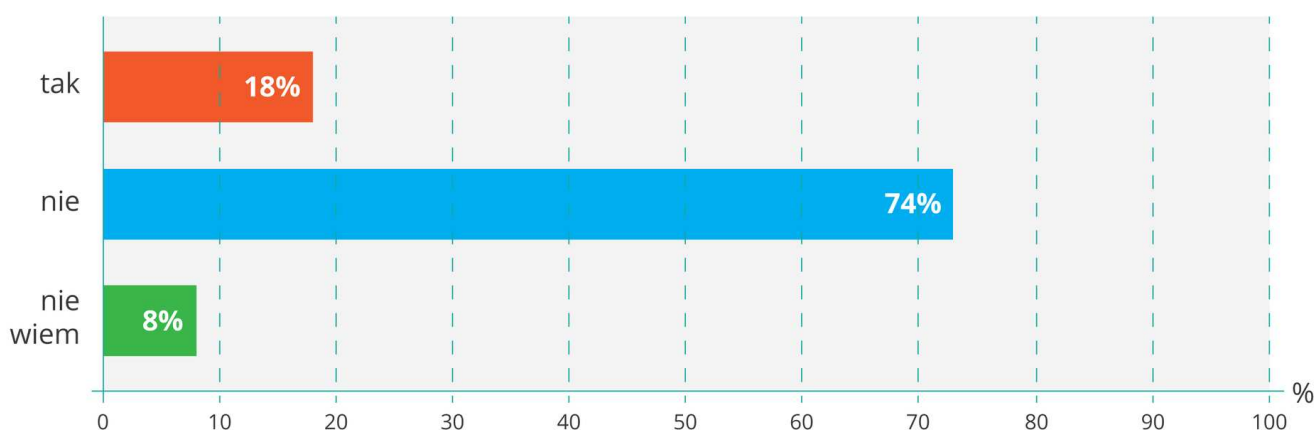
	Prawda	Fałsz
Białko zielonej fluorescencji znalazło powszechne zastosowanie w laboratoriach genetycznych.	☐	☐
Białko zielonej fluorescencji to cząsteczka samoistnie przyłączająca się do genu.	☐	☐
Białko zielonej fluorescencji może świecić tylko światłem zielonym, ale możliwe są jego modyfikacje w celu uzyskania innych kolorów.	☐	☐
Białko zielonej fluorescencji jest toksyczne dla żywych organizmów.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Żywność genetycznie modyfikowana – nadzieje i obawy

Spór o organizmy modyfikowane genetycznie częściej wykorzystuje ludzkie emocje wywołane obawą przed nieznanym, niż naukowe argumenty. Brak przystępnej wiedzy oraz liczne manipulacje ze strony osób i instytucji, w których interesie leży wspieranie produkcji żywności tradycyjnej lub wytworzonej z wykorzystaniem biotechnologii, skutecznie utrudniają konstruktywną dyskusję.

Czy dokonałbyś zakupu mięsa, jaj lub produktów mlecznych, wiedząc, że zwierzęta, od których te produkty pochodzą, były karmione paszą zawierającą GMO?



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Już wiesz

- człowiek modyfikuje genetycznie organizmy po to, aby wytworzyć u nich przydatne cechy;
- skrót GMO oznacza organizmy modyfikowane genetycznie;
- modyfikacje genetyczne organizmów wywołują kontrowersje.

Nauczysz się

- wyjaśniać aktualny stan prawny dotyczący hodowania GMO i wprowadzania na rynek produktów modyfikowanych genetycznie;
- oceniać zalety i wady stosowania żywności modyfikowanej genetycznie oraz pochodzącej od zwierząt karmionych roślinami modyfikowanymi;
- wyjaśniać pojęcia produkt GMO oraz żywność GMO;
- formułować argumenty za i przeciw produkowaniu oraz spożywaniu żywności modyfikowanej genetycznie

1. Regulacje GMO w Polsce

Jedną z 27 zasad zrównoważonego rozwoju, przyjętych na Konferencji Narodów Zjednoczonych w Rio de Janeiro, jest **zasada przezorności**. Stosuje się ją wtedy, gdy istnieje obawa, że pod wpływem określonych działań człowieka może dojść w środowisku do trwałych zmian. Możliwość wystąpienia negatywnych skutków traktuje się tak, jakby istniała pewność co do ich wystąpienia. Taką obawę niosą m.in. genetyczne modyfikacje organizmów.

Pierwszym dokumentem regulującym prawne kwestie dotyczące organizmów GM była Konwencja o różnorodności biologicznej, która weszła w życie w 1993 r., a 3 lata później zaczęła obowiązywać w Polsce. Kolejny dokument – Protokół z Kartageny – rozszerzył zagadnienia przedstawione w Konwencji. W Polsce jego zapisy zaczęły obowiązywać w 2003 r. Obecnie prawodawstwo dotyczące GMO w krajach Unii Europejskiej opiera się na Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady z 2009 r. w sprawie ograniczonego stosowania mikroorganizmów zmodyfikowanych genetycznie.

W Polsce najważniejszym aktem prawnym dotyczącym GMO jest Ustawa o organizmach genetycznie zmodyfikowanych z 22 czerwca 2001 r. Reguluje ona m.in. [zamknięte użycie GMO](#), wprowadzanie do obrotu produktów GMO, uwalnianie GMO do środowiska w celach innych niż wprowadzenie do obrotu. Według jej zapisów **organizm genetycznie zmodyfikowany** to organizm inny niż ludzki, w którym materiał genetyczny został sztucznie zmieniony w sposób niezachodzący w warunkach naturalnych. W ustawie wymieniono także metody sztucznej modyfikacji. Należą do nich:

- bezpośrednie włączanie obcego materiału genetycznego do komórki organizmu modyfikowanego;
- włączenie obcego DNA do DNA biorcy przy użyciu wektorów wirusowych, plazmidowych czy innych;
- niewystępujące w przyrodzie techniki łączenia materiału genetycznego co najmniej dwóch różnych komórek, w wyniku czego powstaje komórka o odmiennym materiale genetycznym.

W zapisach ustawy zawarto także definicję [produktu GMO](#), czyli każdego wyrobu, w skład którego wchodzi organizmy modyfikowane genetycznie lub ich fragmenty.

W celu zapewnienia [bezpieczeństwa biologicznego](#), czyli ograniczenia lub wykluczenia ewentualnych zagrożeń wynikających z wykorzystania biotechnologii i jej produktów, wprowadza się ścisłą kontrolę wytwarzania, przetwarzania, transportu, składowania i stosowania GMO oraz otrzymanych z nich produktów. Wytwarzanie, przechowywanie, transport i niszczenie GMO musi odbywać się w zamkniętych pomieszczeniach, izolowanych od ludzi i środowiska. W ten sposób realizowane jest tzw. zamknięte użycie GMO opisane w Ustawie o organizmach genetycznie zmodyfikowanych. [Żywność](#)

modyfikowana genetycznie oraz zawierająca modyfikowane organizmy musi być specjalnie oznakowana. Ponadto firmy, każdorazowo po jej otrzymaniu, mają obowiązek odnotowania, od kogo ją otrzymały i komu ją przekazują (krok w przód, krok w tył). Dokumentacja taka ma być przechowywana przez 5 lat.

W Unii Europejskiej dozwolona jest uprawa 17 odmian modyfikowanej genetycznie kukurydzy (jedną z nich jest kukurydza MON 810) oraz wykorzystywanego przemysłowo transgenicznego ziemniaka Amflora. Kraje stowarzyszeniowe mogą jednak regulować uprawy GMO za pomocą wewnętrznych przepisów. W Polsce od 2013 r. obowiązuje zakaz upraw GMO. Rocznie importujemy ok. 2 mln ton soi genetycznie zmodyfikowanej, z której wytwarza się pasze dla bydła, trzody chlewnej i drobiu. Pasze stanowiące produkty GMO, zgodnie z obowiązującym obecnie prawem, mogą być wykorzystywane do żywienia zwierząt do 2017 r.



Źródło: normanack (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Polecenie 1

Opracuj ankietę, której wyniki powinny dać odpowiedź na pytanie: Czego obawiają się konsumenci, którzy deklarują niechęć zakupu żywności GMO? Przeprowadź ankietę wśród rówieśników. Przeanalizuj jej wyniki i ustal, które obawy wynikają z braku wiedzy, a które mają uzasadnienie naukowe. Przygotuj prezentację multimedialną i przedstaw ją na zajęciach.

Warto wiedzieć

Kwestie obrotu produktami GM i uwalniania GMO do środowiska zostały unormowane w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady z 2001 r. w sprawie zamierzonego uwalniania do środowiska organizmów zmodyfikowanych genetycznie. Natomiast w odniesieniu do żywności i pasz GMO obowiązuje szczegółowa procedura określona

w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady z 2003 r. w sprawie genetycznie zmodyfikowanej żywności i paszy.

2. Pytania dotyczące organizmów modyfikowanych genetycznie

Ćwiczenie 1

Zastanów się, czy spożywanie DNA zmodyfikowanych genetycznie organizmów jest szkodliwe.

Ćwiczenie 2

Zastanów się, czy możliwe jest włączenie się genów organizmów GM do naszego genomu.

Ćwiczenie 3

Od czasu wprowadzenia upraw GMO w Stanach Zjednoczonych notuje się epidemię otyłości. Zastanów się, czy jest ona wynikiem spożywania modyfikowanej genetycznie żywności.

Ćwiczenie 4

Zastanów się, czy żywność genetycznie modyfikowana powoduje raka.

Ćwiczenie 5

Zastanów się, czy to możliwe, że długofalowe negatywne dla ludzi skutki spożywania roślin GM ujawnią się w kolejnych pokoleniach.

Ćwiczenie 6

Zastanów się, czy uzasadniona jest obawa przed powstaniem superchwastów w wyniku wprowadzenia do hodowli roślin GM.

Ćwiczenie 7

Zastanów się, czy istnieje możliwość przeniesienia sztucznie wprowadzonych genów z roślin GM, na rośliny dziko rosnące.

Ćwiczenie 8

Zastanów się, czy uprawy roślin GM są bardziej narażone na masowe wyniszczenie niż tradycyjne.

Ćwiczenie 9

Zastanów się, czy są naukowe dowody na to, że GMO są nieszkodliwe dla ludzi i środowiska.

Polecenie 2

Grejpfrut jest mieszańcem pomarańczy olbrzymiej (pomelo) z pomarańczą chińską, a ta ostatnia – wynikiem krzyżowania pomarańczy olbrzymich z mandarynkami. Grejpfrut zawiera geny mandarynek oraz co najmniej 2 gatunków pomarańczy. Wymień zagrożenia, jakie związane są z uprawą grejpfruta będącego mieszańcem. Jak sądzisz, dlaczego nikt nie protestuje przeciwko uprawie i spożywaniu grejpfrutów?



Źródło: Ananda (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 1.0.

3. Stop GMO?

Zmiany zachodzące w genomach organizmów mogą być spontaniczne. Jednak w przypadku zmodyfikowanych genetycznie organizmów do ich genomów zostają wprowadzone fragmenty genomów innych jednostek. Taki proces nie może zająć samoistnie w przyrodzie, ponieważ organizmy niespokrewnione ze sobą nie krzyżują się. Zmianą, która nie zachodzi w przyrodzie, będzie przeniesienie całego genu kodującego białko bakterii do genomu roślin. Przykładem takiej modyfikacji jest wprowadzenie do genomu kukurydzy genu bakterii *Bacillus thuringiensis*. Produktem tego genu jest białko, które powoduje zwiększenie odporności roślin na szkodniki. W Indiach przeprowadzono badania, z których wynika, że w okresie, kiedy uprawiano tam rośliny transgeniczne, nastąpił wzrost aktywności szkodników niewrażliwych na białko pochodzenia bakteryjnego, obecne w zmodyfikowanych roślinach.

Zwolennicy GMO zakładają, że uprawy roślin modyfikowanych genetycznie przyczynią się do obniżenia liczby głodujących ludzi na świecie. Obecnie (dane z 2014 r.) według raportu Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) na świecie głoduje 805 mln osób. Wprowadzenie roślin modyfikowanych genetycznie do krajów o wysokim odsetku głodujących może wpłynąć na zwiększenie liczby upraw. Jednak często na takich terenach panują niekorzystne warunki środowiskowe (np. susze), przez co zarówno rośliny modyfikowane, jak i niemodyfikowane mają trudności z wydaniem plonów. Przeciwnicy GMO twierdzą, że problem głodu nie wynika z niewystarczającej ilości pożywienia, lecz złej dystrybucji. Inny raport FAO przedstawia dane informujące o tym, że jedna trzecia produkowanej żywności, czyli ok. 1,3 mld ton, jest wyrzucana.



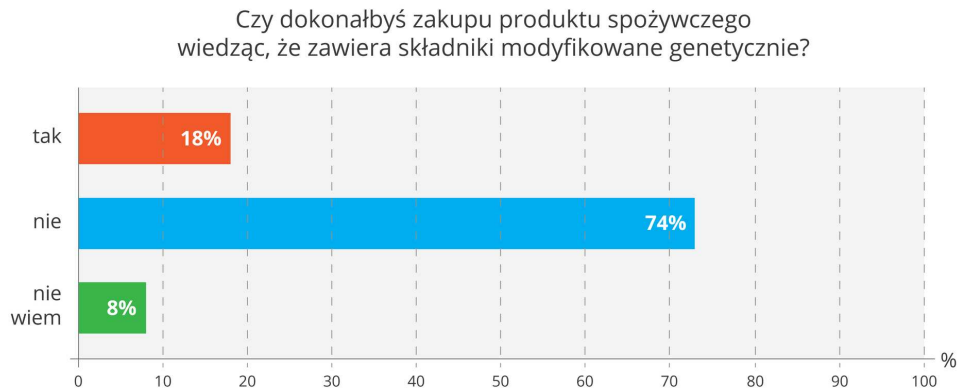
Jednym z argumentów przemawiających za pracami nad nowymi odmianami uprawnych roślin transgenicznych są zmieniające się ostatnio na całym globie warunki klimatyczne. Nowe rośliny mają szansę zapobiec drastycznym spadkom plonów, zastępując rośliny tradycyjne, które już wkrótce mogą się okazać nieprzystosowane do zmienionych warunków środowiskowych. Mimo to autorzy raportu na temat rolnictwa, przygotowanego na zlecenie ONZ i Banku Światowego, rekomendują, by do 2050 r. w rozwiązywaniu problemów żywnościowych polegać na tradycyjnych roślinach – uprawach ekologicznych i konwencjonalnych, choć nowocześnie prowadzonych.

Raport niezależnej pozarządowej organizacji badającej rynki rolne na świecie ISAAA (Międzynarodowego Instytutu Propagowania Upraw Biotechnologicznych) z 2012 r. podaje, że w latach 1996–2011, dzięki uprawom roślin transgenicznych nastąpił wzrost produkcji żywności, który przyniósł producentom 78 mln dolarów zysków. W tym samym czasie zmniejszyło się także prawie o 0,5 mln ton zużycie pestycydów, a emisja CO₂ zmniejszyła się o 90 tys. ton. Ze względu na większą wydajność roślin GM możliwe było pozostawienie odłogi 90 mln ha pól, co przyczyniło się do rozprzestrzenienia dzikich populacji roślin i zwierząt oraz utrzymania bądź zwiększenia bioróżnorodności. Od 2010 r. powierzchnia upraw roślin modyfikowanych najszybciej rośnie w takich krajach, jak Chiny i Indie, a ich uprawę w tym regionie podejmują głównie właściciele niewielkich pól. Pamiętać też należy, że na skutek wprowadzenia upraw biotechnologicznych, zatrudnienie w rolnictwie straciło 15 mln osób.

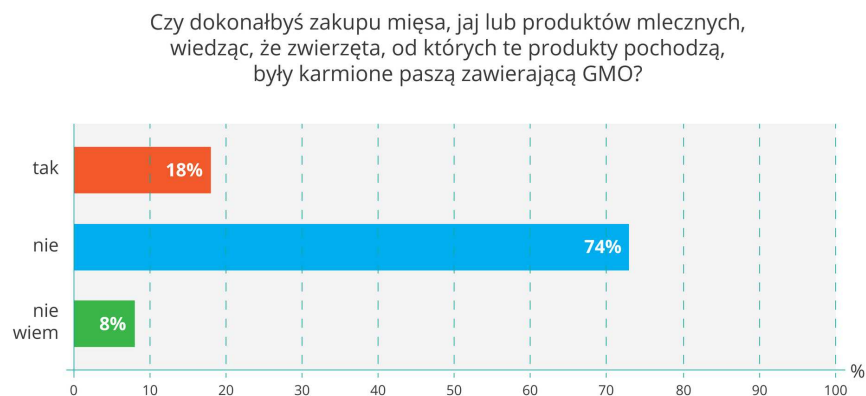
Obawy budzi także bardzo prawdopodobne uzależnienie rolników od koncernów biotechnologicznych. Obecnie monopolistą rynku jest koncern Monsanto, który w USA kontroluje 90% upraw roślin GM. Materiał siewny przez niego sprzedawany chroniony jest patentami, więc nie można na przykład wysiewać nasion zebranych przez rolnika z roślin modyfikowanych. Zatem każdorazowe obsianie pól wymaga zakupu materiału siewnego po cenach narzuconych przez monopolistę, a ich przypadkowe wysianie się w drugim roku jest karane jako kradzież własności intelektualnej producenta.

Polecenie 3

Większość osób pytanych o GMO w Europie (ok. 60%) i w Polsce (ok. 75%) jest przeciwna żywności modyfikowanej genetycznie. Dlaczego mimo to ma miejsce ekspansja roślin GM?



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Wskazówka

Rozważ:

- skutki zakazu uprawy jakichkolwiek roślin modyfikowanych na całym świecie;
- sytuację, w której uprawiane są jedynie opatentowane odmiany roślin GM.

Ciekawostka

Powierzchnia upraw GMO na świecie zwiększyła się w latach 1996–2013 dziesięciokrotnie, z 17 mln do 170 mln ha.

Podsumowanie

- Stosowanie organizmów GM budzi obawy u ludzi.
- Inżynieria genetyczna odgrywa znaczącą rolę w procesie uzyskiwania organizmów posiadających korzystne z punktu widzenia człowieka zmiany w genomach.
- Obecnie w Polsce obowiązuje ustawa zakazująca prowadzenia upraw organizmów GM.
- Uprawy roślin transgenicznych są szansą na zwiększenie plonów w rolnictwie i zmniejszenie zjawiska głodu.
- Wprowadzenie upraw biotechnologicznych może doprowadzić m.in. do ekonomicznego uzależnienia producentów roślin od koncernów biotechnologicznych, niekontrolowanego przepływu genów, pojawienia się nieznanych jeszcze zagrożeń zdrowia konsumentów żywności modyfikowanej.

Praca domowa

Polecenie 4.1

1. Wyobraź sobie, że jesteś właścicielem (właścicielką) gospodarstwa rolnego i masz wybór między uprawą naturalnej i genetycznie modyfikowanej kukurydzy. Rozważ argumenty za i przeciw, a następnie podejmij decyzję. Przedstaw rozważania na plakacie lub w prezentacji.

Polecenie 4.2

2. Wyjaśnij, dlaczego Unia Europejska dopuściła możliwość uprawy modyfikowanej soi i ziemniaka, a zakazała uprawy modyfikowanego rzepaku.

Słowniczek

bezpieczeństwo biologiczne

działania ekologiczne podejmowane w celu ochrony ludzi przed zagrożeniami wynikającymi z naruszenia funkcjonowania przyrody oraz zamierzonego wykorzystywania zjawisk i czynników przyrodniczych przeciw człowiekowi; obejmuje m.in. działania zapobiegające ubożeniu ekosystemów, stymulowanie procesów gospodarczych (by sprzyjały ochronie i odtwarzaniu różnorodności biologicznej)

i ekosystemów), ochronę populacji ludzkich przed głodem, monitorowanie i ochronę przed epidemiami wśród ludzi i zwierząt, kontrolę nad wprowadzaniem do środowiska organizmów modyfikowanych genetycznie (obcych gatunków i genotypów), przeciwdziałanie bioterroryzmowi

produkt GMO

produkt składający się z organizmów genetycznie zmodyfikowanych lub zawierający ich fragmenty bądź kombinacje oraz DNA lub białka z organizmów genetycznie zmodyfikowanych (wg: Ustawa z dnia 22 czerwca 2001 r. o organizmach genetycznie zmodyfikowanych, Dz. U. 2007 r. Nr 36 poz. 233, z późn. zm.)

zamknięte użycie GMO

działania polegające na ograniczeniu kontaktu GMO z ludźmi i środowiskiem stosowane podczas modyfikacji genetycznych organizmów i ich hodowli, przechowywania, transportu, niszczenia, usuwania lub innego wykorzystywania organizmów transgeniczných i pochodzących z nich produktów

żywność GMO

żywność wyprodukowana z organizmów GMO lub zawierająca ich domieszkę bądź produkty z nich pochodzące

Zadania

Ćwiczenie 10

Uprawy organizmów GM

	Prawda	Fałsz
są dozwolone na terenie Unii Europejskiej.	☐	☐
są dozwolone na terenie Polski.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 11

Uzupełnij luki, wpisując brakujące daty (rok) lub nazwy aktów prawnych.

Pierwszym dokumentem regulującym uprawę GMO była , która weszła w życie w naszym kraju w roku .

W Polsce aktem prawnym definiującym pojęcie organizmu genetycznie zmodyfikowanego jest , która weszła w życie w roku .

Protokół z Kartageny

2010

1998

Konwencja o różnorodności biologicznej

2011

1996

Ustawa o organizmach genetycznie zmodyfikowanych

Ustawa o ochronie przyrody

2001

1983

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 12

Organizmem zmodyfikowanym genetycznie jest

☐ biała myszka zakupiona w sklepie zoologicznym.

☐ kukurydza MON810.

☐ grusza z zaszczepionymi na niej pędami jabłoni.

☐ tytoń z genem kodującym białko bakteryjne.

☐ każda odmiana soi.

☐ bakteria produkująca ludzką insulinę.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 13

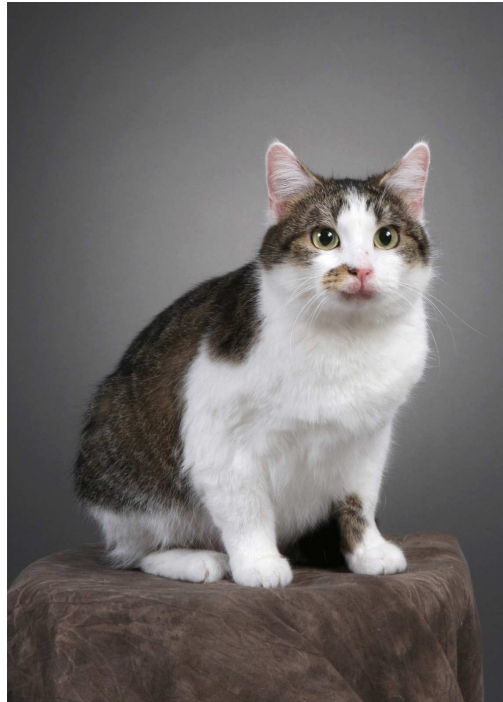
Oceń prawdziwość poniższych zadań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Spożywanie genów innych organizmów jest szkodliwe dla człowieka.	☐	☐
Uprawa roślin GM produkujących białko odporności na szkodniki może skutkować pojawieniem się szkodników odpornych na to białko.	☐	☐
Zmiany w genomach organizmów nie mogą zachodzić spontanicznie.	☐	☐
Istnieje możliwość włączenia genów znajdujących się w DNA zawartym w pokarmie roślinnym lub zwierzęcym do ludzkiego genomu.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Klonowanie ssaków

Owca Dolly to pierwszy sklonowany ssak. Czy inne zwierzęta też można klonować? Technika ta daje mnóstwo nowych możliwości, ale niesie też ryzyko. Czy to oznacza, że należy zaprzestać badań w tym kierunku?



Źródło: Larry Wadsworth (Tomorrow Sp. z o.o.), licencja: CC BY-SA 3.0.

Już wiesz

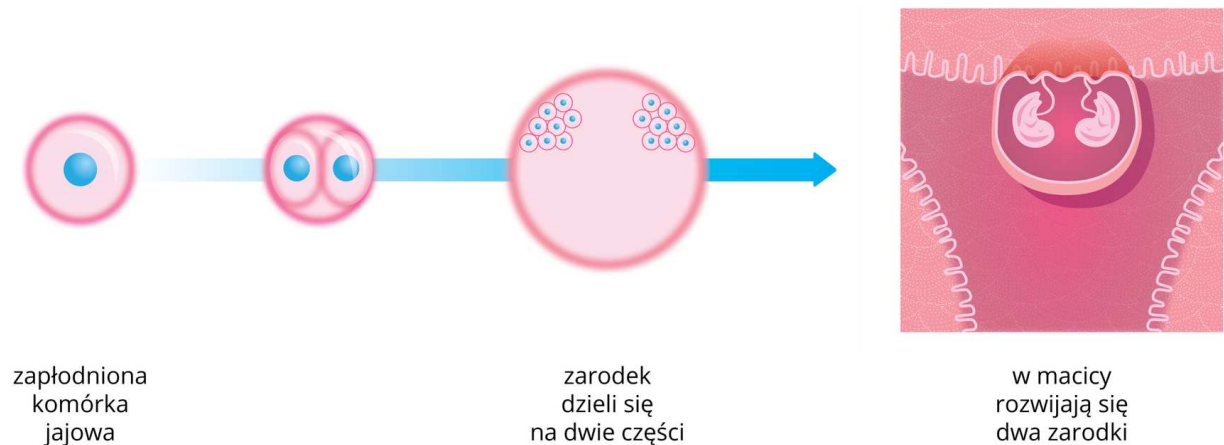
- komórki somatyczne posiadają jądra diploidalne, a gamety – haploidalne;
- DNA obecne w jądrze komórkowym zawiera kompletną instrukcję budowy i funkcjonowania organizmu;
- rozmnażanie wegetatywne pozwala tworzyć kopie genetyczne organizmu macierzystego.

Nauczysz się

- przedstawiać historię klonowania;
- wyjaśniać techniki klonowania;
- oceniać przydatność klonowania ludzkich komórek;
- wymieniać wady i zalety oraz nadzieje i obawy związane z klonowaniem ssaków.

1. Klonowanie w naturze

Klonowanie organizmów polega na tworzeniu ich identycznych genetycznie kopii. W naturze taki proces ma niekiedy miejsce na przykład podczas rozwoju ludzkiego zarodka. Wówczas, w ciągu pierwszych dwóch tygodni rozwoju zygoty, dochodzi do rozdzielenia się zarodka i niezależnego rozwoju każdej z jego części w odrębny organizm. Dzieci, które rodzą się z takiej ciąży, pochodzą z jednej pary gamet i w związku z tym posiadają identyczny genotyp, co skutkuje bardzo dużym podobieństwem fizycznym i psychicznym. Bliźnięta jednojajowe (monozygotyczne) są więc własnymi kopiami – **klonami**. Zjawisko narodzin takich bliźniąt u człowieka jest jednak dość rzadkie i dotyczy ok. 0,35% wszystkich ciąż.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 1

Podaj argumenty potwierdzające tezę, że pelargonie rozmnażane przez sadzonki są klonami.

2. Krótka historia klonowania ssaków

W przypadku rozrodu płciowego potomstwo dziedziczy po 50% genów od każdego rodzica. Geny zarodka tworzą nową genetyczną (i fenotypową) jakość, dlatego dziecko nie jest w połowie kopią ojca i w połowie matki. Zmieniony w stosunku do rodziców zestaw genów zapewnia odmienność genetyczną każdego z potomków oraz daje szansę na przetrwanie w niesprzyjających warunkach przynajmniej części populacji. Stanowi też jeden z warunków ewolucji.

Zmienność genetyczna w hodowli nie zawsze jest zjawiskiem pożądanym, więc idealne kopie wyjątkowych osobników na pewno szybko znalazłyby uznanie. Na przykład właściciel

krowy dającej rekordowo dużą ilość mleka, zamiast zdawać się na kaprysy procesu płciowego, zapewne wolałyby mieć w hodowli wiele kopii takiej czempionki.

Pierwsze próby klonowania zwierząt były podejmowane na przełomie XIX i XX w. Polegały one na dzieleniu zarodka składającego się z 2-8 komórek. Niestety, uzyskane w ten sposób zarodki bliźniacze wykazywały dużą śmiertelność. W 1901 r. sukcesem zakończyły się próby [Hansa Spemanna](#), który podzielił zarodek salamandry na 2 części. Z każdej z nich rozwinął się w pełni sprawny osobnik. Doświadczenie to pokazało, że komórki zarodkowe we wczesnych fazach podziału zachowują informacje genetyczne niezbędne do stworzenia kompletnego organizmu. Później podejmowano wiele prób z zarodkami myszy i żab, jednak nie doprowadziły one do powstania zwierząt będących klonami.

Dopiero w 1996 r., po zmianie techniki tworzenia zarodków, urodziło się pierwsze sklonowane zwierzę – owca Dolly. Dwa lata później udało się sklonować mysz, następnie małpę rezusa. Na początku XXI w., w wyniku namnażania organizmów, naukowcy uzyskali świnię i 5 identycznych prosiaków; ponadto: bawoła, krowę, królika, a nawet kota, którego nazwano CopyCat. Kolejne z powodzeniem sklonowane zwierzęta to jeleń, pies Snuppy i wilk. Sklonowany wielbłąd powstał z komórek wyizolowanych z jajników samicy zabitej na mięso 4 lata wcześniej. Obecnie w Arabii Saudyjskiej program klonowania wielbłądów jest pod specjalnym nadzorem i opieką rządu. Dotyczy to wielbłądów biorących udział w wyścigach. Hodowcy klonują je, by zagwarantować sobie zwycięstwa i wysokie dochody. Z podobnych powodów klonowane są na przykład najszybciej biegające konie.



Źródło: Larry Wadsworth (Tomorrow Sp. z o.o.), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 2

Wymień komórki ciała człowieka, które z pewnością nie nadają się do klonowania.

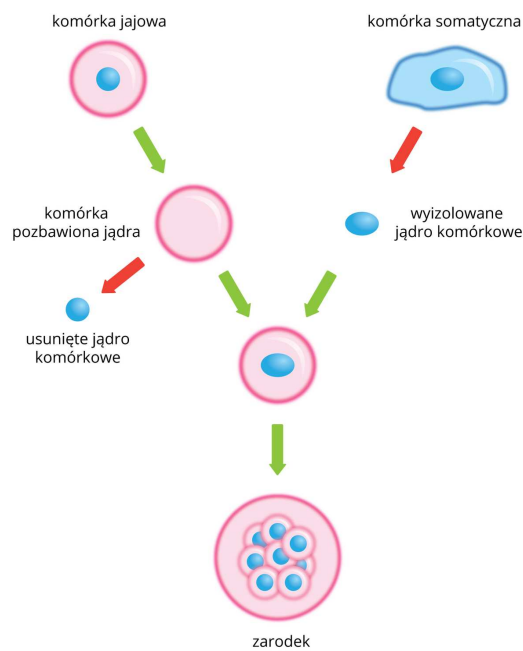
Wskazówka

Wymień organella komórkowe, które przechowują informację genetyczną.

3. Klonowanie metodą transplantacji jąder komórkowych

Najczęściej stosowaną metodą klonowania zwierząt jest tzw. **metoda transplantacji jąder komórkowych**. Polega ona na zastąpieniu jądra komórki jajowej jednego osobnika jądrem komórki somatycznej drugiego. Klonowanie przebiega w kilku etapach. Z komórki jajowej biorcy usuwa się jądro komórkowe. Z wybranej tkanki (np. skóry) innego organizmu tego samego gatunku (dawcy) izoluje się komórkę diploidalną, z której pobiera się jądro komórkowe i przenosi do przygotowanego wcześniej jaja. Następnie poddaje się je szokowi elektrycznemu, w wyniku którego zaczyna się ono dzielić i tworzy zbudowany z kilku komórek zarodek. Wszystko to odbywa się *in vitro*, czyli poza organizmem. Aby umożliwić

dalszy rozwój zarodka, musi on zostać wszczepiony do macicy matki zastępczej – samicy tego samego gatunku, co klon, lub bardzo blisko z nim spokrewnionego.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 3

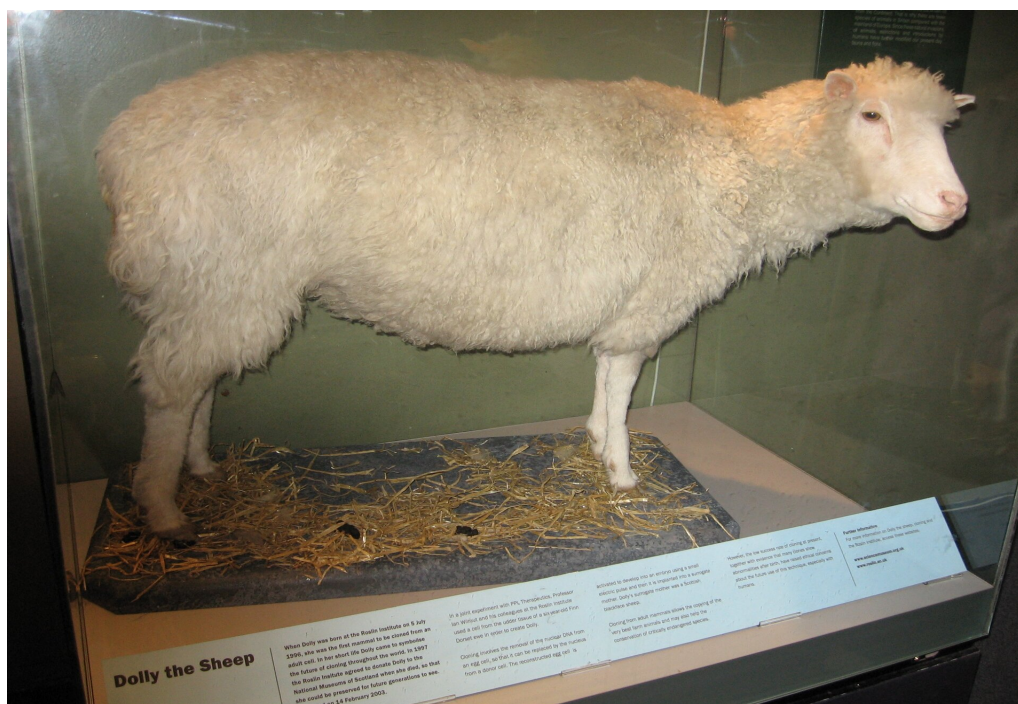
Wyjaśnij, dlaczego jądro przenoszone do komórki jajowej musi pochodzić z komórki somatycznej dawcy.

4. Owca Dolly

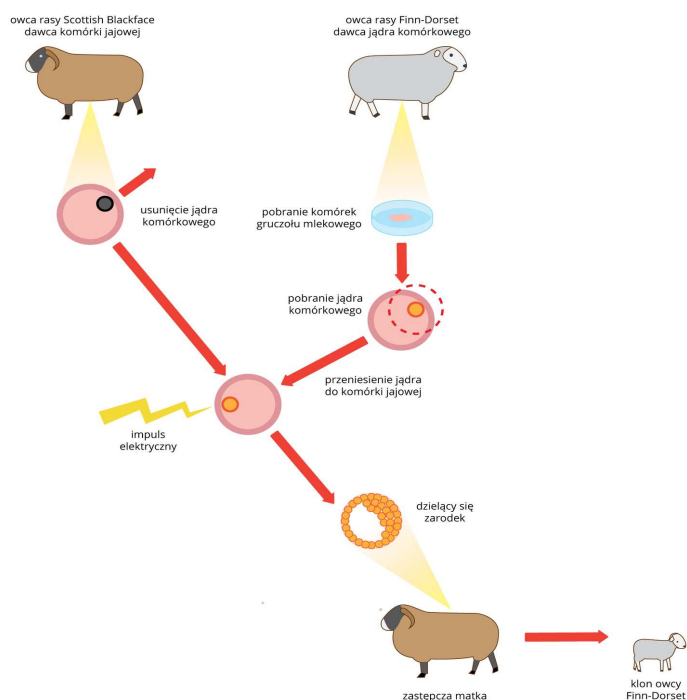
Owca Dolly została sklonowana przez [Iana Wilmuta](#) i [Keitha Campbella](#) z komórek samic 2 ras, o głowie czarnej i białej. Od owcy czarnogłowej pobrano komórkę jajową i usunięto z niej jądro komórkowe. Zastąpiono je jądrem pobranym z komórki gruczołu mlekowego owcy białej. Następnie otrzymaną w ten sposób zygotę stymulowano do podziałów. Po 6 dniach kilkukomórkowy zarodek został umieszczony w macicy matki zastępczej, która urodziła zdrową Dolly.

Próba sklonowania owcy nie powiodła się oczywiście za pierwszym razem. Połączenie jądra komórkowego z komórką jajową przeprowadzano 277 razy, w wyniku czego tylko 29 komórek jajowych zaczęło się prawidłowo rozwijać. Zostały one wprowadzone do macic 13 różnych matek zastępczych, jednak tylko jeden zarodek zagnieździł się i podjął dalszy rozwój. Jedną z przyczyn tylu nieudanych prób klonowania mógł być moment usunięcia

jądra z komórki jajowej – zabieg ten musi odbyć się w odpowiedniej fazie cyklu komórkowego.



Źródło: Maltesedog (<http://commons.wikimedia.org>), public domain.



Źródło: Dariusz Adrian, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 4

Przeczytaj wywiad z profesorem K. Campbellem (patrz Bibliografia) i wyjaśnij, dlaczego mimo wielu prób klonowanie często nie przynosi pożądanych rezultatów.

5. Klonowanie wymarłych i ginących gatunków

Klonowanie daje szansę na odtworzenie gatunków wymarłych, jeśli tylko zachował się ich materiał genetyczny. Tak stało się w przypadku jednego z podgatunków koziorożca pirenejskiego bucardo, który w ostatnich latach został wytępiony. Było to możliwe, ponieważ skórę jednego osobnika tego podgatunku przechowywano od 1999 r. w stanie zamrożonym, uczeni dysponowali więc kompletnym materiałem genetycznym.

Dawczyniami komórek jajowych zostały kozy domowe, blisko spokrewnione z bucardo, a matkami zastępczymi – samice **bastardy** będące krzyżówkami bucardo i samca kozy. Zarodki (klony) wszczepiono 208 kozom, z czego u 7 rozwinęła się ciąża, ale tylko jedna owca urodziła jagnię bucardo. Niestety, zwierzę z powodu wad rozwojowych płuc żyło zaledwie 7 minut. Przedwczesne zakończenie ciąży u pozostałych kóz tłumaczy się tym, że środowisko rozwoju zarodków było niewystarczająco podobne do tego, które stwarzają samice właściwego gatunku. Dlatego m.in. inne wymarłe gatunki, których DNA dysponujemy, na razie nie pojawią się ponownie na Ziemi.



Źródło: Joseph Wolf (<http://commons.wikimedia.org>), public domain.

Obecnie klonowanie daje szansę na utrzymanie szczególnie rzadkich gatunków zagrożonych wyginięciem oraz zwiększenie liczebności gatunków, które bardzo wolno się rozmnażają. Zastosowano je na przykład w przypadku krowy rasy Enderby Island. Materiał genetyczny został pobrany od ostatniego żyjącego osobnika. Dzięki temu udało się zrekonstruować stado liczące kilkanaście sztuk. Odtworzono również gatunek nubijskiego kota pustynnego, a otrzymane osobniki są zdolne do rozrodu. Wielki problem, związany z klonowaniem gatunków zagrożonych wyginięciem, stanowi zdobycie komórki jajowej. Aby

pobrać gametę od samicy pandy wielkiej, trzeba ją uśpić, a to może się dla niej skończyć tragicznie. Matką zastępczą pand może być tylko samica innych niedźwiedziowatych. Wykorzystanie matek innego gatunku do noszenia ciąży pandy zasadniczo zmniejsza szanse powodzenia.

Nieprędko też zostanie sklonowany mamut. W zachowanych szczątkach tego zwierzęcia nie odnaleziono jeszcze kompletnego materiału genetycznego.

Warto wiedzieć

W komórce jajowej, której wszczepiono jądro komórkowe obcego gatunku, są obecne dwa rodzaje DNA: obcy, zawarty w jądrze, oraz własny, występujący w mitochondriach komórki jajowej. DNA jądrowe pełni w komórkach funkcję nadrzędną. Okazuje się jednak, że kwasy nukleinowe pochodzące z komórek różnych gatunków nie są zdolne do współdziałania przy niektórych procesach, co uniemożliwia obecnie wykorzystanie w klonowaniu dawczyń komórek jajowych innego gatunku.

Podsumowanie

- Klonowanie organizmów prowadzi do powstania osobników o identycznej informacji genetycznej.
- Naturalnymi klonami są organizmy powstałe w drodze podziału wegetatywnego oraz bliźnięta jednojajowe.
- Pierwsze próby klonowania zwierząt odbyły się na przełomie XIX i XX w.
- Klonowaniu poddano wiele gatunków ssaków zarówno hodowlanych, jak i dziko żyjących.
- Najbardziej znanym przykładem sklonowanego ssaka jest owca Dolly urodzona w 1996 r.

Praca domowa

Polecenie 5.1

1. Jakie trudności trzeba pokonać, by klonowanie zwierząt hodowlanych stało się powszechną praktyką?

Polecenie 5.2

2. Opisz, w jaki sposób sklonowano owcę Dolly.

Słowniczek

bastard

organizm powstały w wyniku krzyżówki międzygatunkowej, np. muł – potomek klaczy i samca osła



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Keith Campbell

23.05.1954–5.10.2012

Był brytyjskim biologiem, który razem z Ianem Wilmutem sklonował owcę Dolly.

klony

organizmy identyczne pod względem genetycznym



Źródło: N.N. (<http://commons.wikimedia.org>), public domain.

Hans Spemann

27.06.1869–9.08.1941

Był niemieckim biologiem, laureatem Nagrody Nobla z medycyny. Prowadził badania nad rozwojem zarodkowym zwierząt.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Ian Wilmut

ur. 7.07.1944

Jest szkockim embriologiem, kierownikiem zespołu, który sklonował owcę Dolly.

Zadania

Ćwiczenie 1

W opisie historii klonowania ssaków uzupełnij luki odpowiednimi słowami.

Pierwsze próby klonowania ssaków miały miejsce pod koniec wieku.

W pierwszych eksperymentach rozdzielano . Inną metodą klonowania ssaków jest transfer jądra komórkowego z komórki do komórki

.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Oceń poniższe zdania i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Metoda transplantacji jąder komórkowych jest jedną z najczęściej stosowanych metod klonowania.	☐	☐
Klony to organizmy o bardzo podobnej, ale nie identycznej informacji genetycznej.	☐	☐
Klony powstałe drogą transferu jąder komórkowych są tej samej płci co dawca jądra.	☐	☐
Jądro do transferu pobiera się z komórki haploidalnej.	☐	☐
Owca Dolly została sklonowana metodą transplantacji komórek macierzystych.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Wskaż poprawne zakończenie zdania.

Klony to organizmy identyczne pod względem genetycznym z organizmem

☐ dawcy i biorcy jądra komórkowego.

☐ dawcy jądra komórkowego.

☐ biorcy jądra komórkowego.

☐ matki zastępczej.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

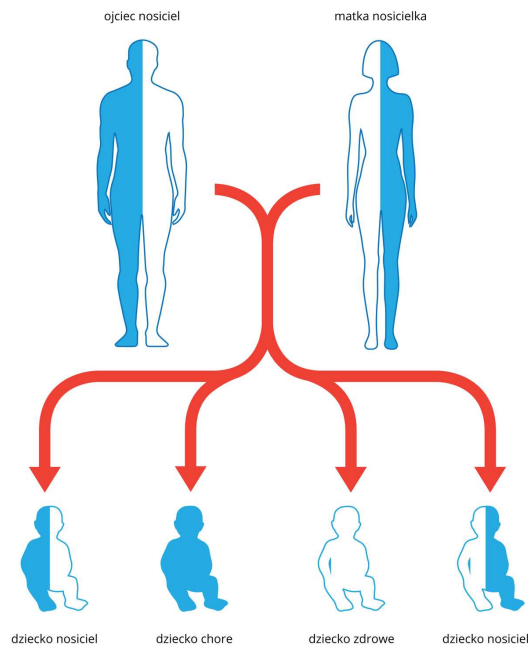
Oceń poniższe zdania i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Obecnie potrafimy sklonować mamuty.	☐	☐
Klonowanie daje możliwość powielenia osobników posiadających szczególną cechę.	☐	☐
Klonowanie jest szansą na ocalenie rzadkich gatunków.	☐	☐
Klonowanie daje szansę na odtworzenie gatunków wymarłych.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Wykorzystanie badań DNA w medycynie

Dlaczego warto znać swoich krewnych oraz historię zachorowań przodków? Ponieważ predyspozycje do określonych chorób kryją się w genach i można je ustalić przed przyjściem dziecka na świat.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Już wiesz

- niektóre choroby genetyczne dziedziczone są zgodnie z prawami Mendla;
- zmiany sekwencji genetycznych niosą ze sobą zmiany w funkcjonowaniu genów, a w konsekwencji – organizmu;
- znamy już 99% sekwencji nukleotydów ludzkiego genomu.

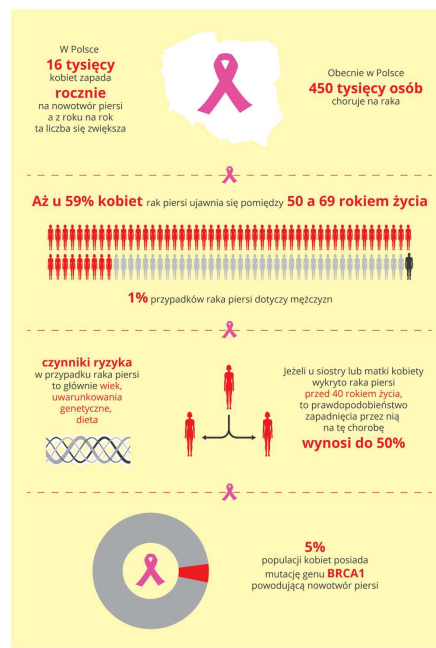
Nauczysz się

- wymieniać przykłady chorób genetycznych;
- wyjaśniać związek między mutacją w genie a występowaniem choroby.

1. Genetyczne predyspozycje do rozwoju nowotworu

Choroby genetyczne mogą być dziedziczone zgodnie z zasadami odkrytymi przez Grzegorza Mendla, dlatego wiedząc, że rodzice lub jedno z nich jest chore lub ma w rodzinie chorą osobę, można oszacować prawdopodobieństwo przekazania wadliwej cechy potomstwu.

Dotychczas najlepiej poznano geny przyczyniające się do powstawania niektórych nowotworów.

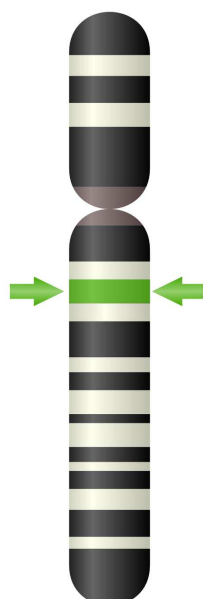


Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Osoby, u których w rodzinie były przypadki raka, mogą przeprowadzić bezpłatne badania w **poradniach genetycznych** i dowiedzieć się, jakie jest w ich przypadku prawdopodobieństwo rozwoju nowotworu. Sam fakt posiadania zmutowanych genów nie oznacza, że ich właściciel na pewno zapadnie na daną chorobę. Wiedza o zagrożeniu pozwoli jednak zmniejszyć ryzyko zachorowania.

Jednym z genów, który ulega częstym mutacjom, jest *BRCA*, gen kodujący **białko BRCA** blokujące powielanie uszkodzonego DNA i tym samym umożliwiające jego naprawę. Brak tego białka prowadzi do gromadzenia się mutacji w materiale genetycznym.

chromosom 17



Polecenie 1

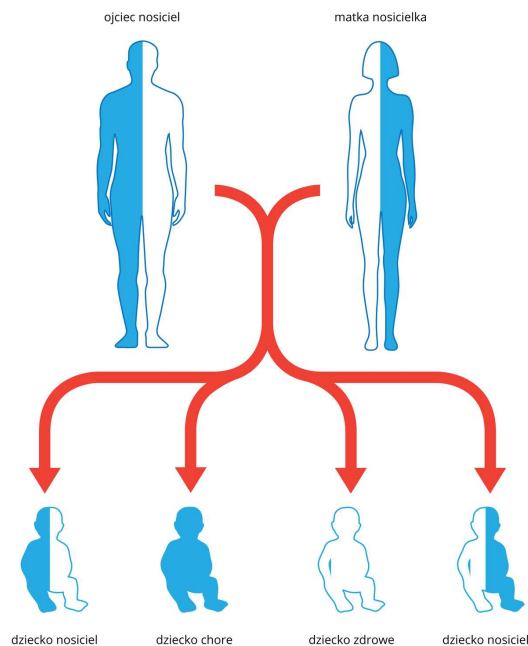
Przeanalizuj ilustrację i wymień czynniki ryzyka chorób nowotworowych.



Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

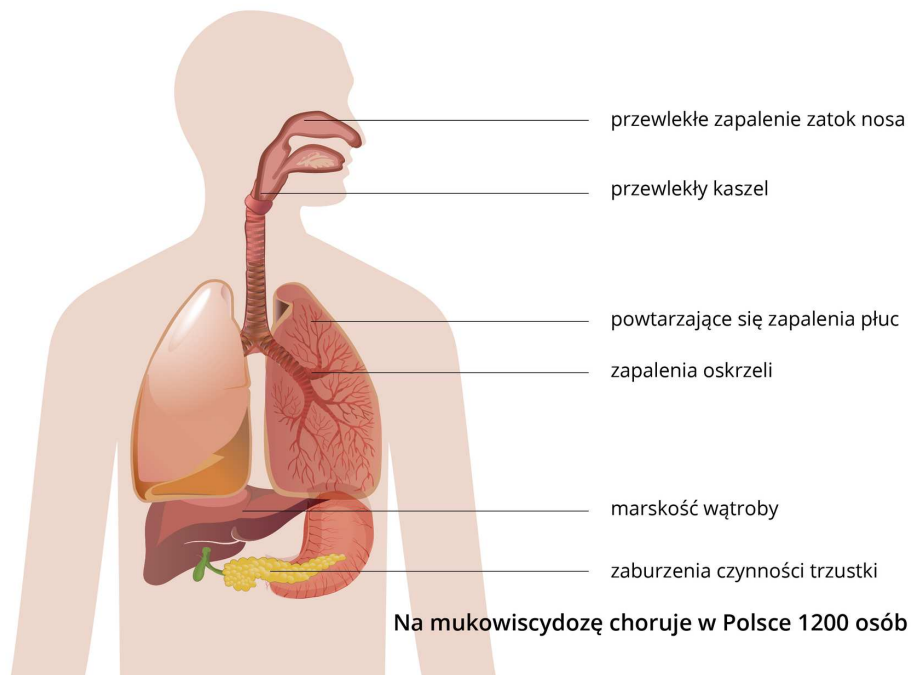
2. Mukowiscydoza

Mukowiscydoza (CF) to najczęstsza choroba genetyczna wśród rdzennych Europejczyków. Nosicielem zmutowanego genu jest co 25 Polak, a choruje 1 na 2,5 tysiąca noworodków. Choroba pojawia się, gdy dziecko otrzyma od obojga rodziców zmutowany **gen *CFTR***, zlokalizowany na chromosomie 7. Opisano aż 600 różnych mutacji w tym genie, dlatego mukowiscydoza może mieć przebieg ciężki lub łagodny.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Gen *CFTR* koduje białko odpowiedzialne za przepływ jonów Na^+ przez błony komórkowe. Najczęstsza mutacja tego genu polega na delecji 3 nukleotydów. Ekspresja tak zmutowanego genu prowadzi do syntezy wadliwego białka, które jest uznawane przez komórkę za niekompletne i z niej eliminowane. Bez tego białka nadmiar jonów sodu usuwany jest na zewnątrz organizmu wraz z potem, który u osób chorych jest bardzo słony. W płucach jony sodu zatrzymywane są w komórkach. W efekcie dochodzi do ich silnego uwodnienia oraz powstania obfitej i gęstej wydzieliny zatykającej oskrzela, co prowadzi do niewydolności oddechowej. W układzie pokarmowym upośledzeniu ulegają funkcje trzustki i wątroby. Choroba na ogół ma ciężki przebieg. Zanim poznano jej przyczyny, dzieci z mukowiscydozą umierały w 1 roku życia z powodu niewydolności układu oddechowego i niedożywienia (ponieważ chorobie tej towarzyszy niedrożność przewodów żółciowych i kanalików trzustkowych). Obecnie chorzy osiągają dorosłość, choć żyją krócej niż wynosi średnia wieku dla populacji.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

Jedna z hipotez zakłada, że Fryderyk Chopin chorował na łagodną postać mukowiscydozy. Potwierdza to m.in. wczesna śmierć jego siostry (która cierpiała na nawracający kaszel i duszności) oraz kłopoty zdrowotne Fryderyka: częste infekcje dróg oddechowych, nietolerancja pokarmów bogatych w tłuszcze, niezdolność do dużego wysiłku fizycznego. Większość badaczy skłania się jednak ku tezie, że słynny kompozytor był chory na gruźlicę.

Polecenie 2

Para rodziców, nosicieli mukowiscydozy, ma 6 zdrowych dzieci niebędących nosicielami. Wyjaśnij, jak to możliwe, że żadne z dzieci nie odziedziczyło wadliwego genu.

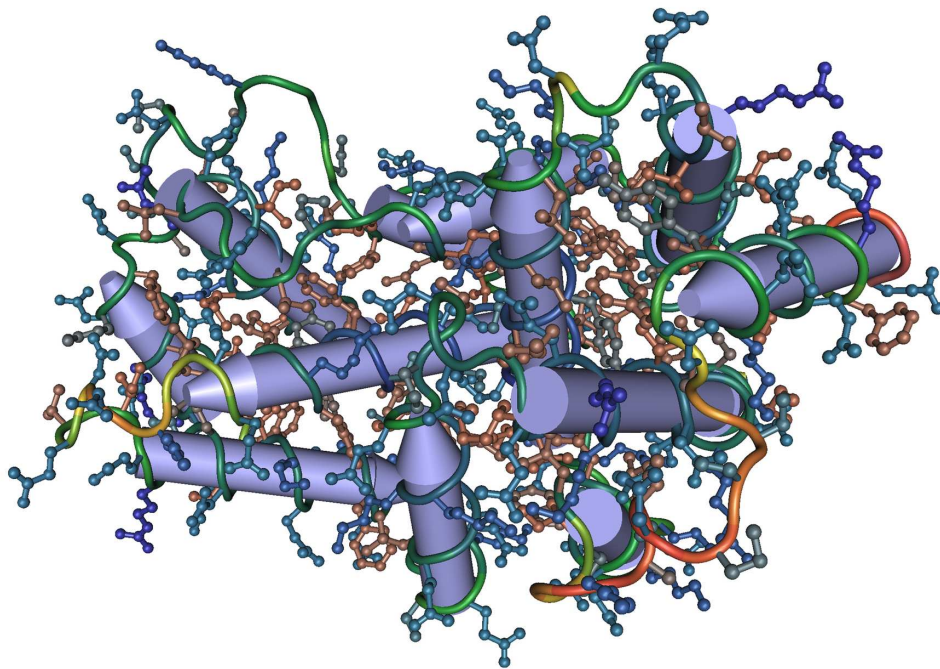
3. Produkcja leków nowej generacji

Inżynieria genetyczna znajduje zastosowanie w produkcji leków. Dzięki niej, oprócz insuliny, można otrzymać ludzki hormon wzrostu, czynnik krzepnięcia krwi, substancje antywirusowe i antybiotyki.

Wiele grzybów i bakterii wytwarza naturalne antybiotyki, które są sposobem ich walki konkurencyjnej z sąsiadami. Z tego powodu naukowcy badają genomy bakterii i poszukują w nich genów kodujących nowe, nieznane jeszcze nauce substancje bakteriobójcze. Mamy

też skuteczne narzędzia do konstruowania genów (czasem będących składanką fragmentów DNA pochodzącą od różnych mikroorganizmów) i produkcji na ich bazie białek niszczących bakterie lub ograniczających ich wzrost. Jest to metoda radzenia sobie z obserwowaną coraz powszechniej lekoopornością mikroorganizmów chorobotwórczych.

Leczenie chorób wirusowych wspomaga stosowanie **interferonów**. Są to białka wytwarzane w komórkach jako odpowiedź na kontakt z patogenem. Spowalniają one namnażanie się wirusów, mogą też zwalczać zmiany nowotworowe. Interferony stosowane w medycynie produkowane są przez mikroorganizmy lub owady, do komórek których wprowadzono ludzkie geny. Interferonów używa się na przykład do leczenia stwardnienia rozsianego, reumatoidalnego zapalenia stawów i atopowego zapalenia skóry.



Źródło: Nevit Dilmen (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Postępy w leczeniu chorób trudnych do opanowania tradycyjnymi metodami są coraz większe. Dzięki biotechnologii rosną szanse na skuteczne leczenie AIDS. Zidentyfikowano już ludzki gen, którego produkt ma zdolność blokowania namnażania się wirusa HIV, a który jest nieaktywny u chorych osób. Zaobserwowano, że potrafi on ograniczyć rozprzestrzenianie się zakażenia w hodowlach ludzkich komórek. Jednak opracowanie skutecznej terapii dla człowieka potrwa jeszcze wiele lat, ponieważ trzeba m.in. zapobiec występowaniu powikłań.

Ciekawostka

Prawdopodobnie za 10 lat, dzięki lekom nowej generacji, można będzie wyleczyć prawie wszystkich chorych na wirusowe zapalenie wątroby typu C. Jest to jedna z najbardziej zakaźnych chorób, która potrafi się rozwijać wiele lat w ukryciu, prowadząc niepostrzeżenie do uszkodzenia wątroby. Obecna terapia z wykorzystaniem interferonu trwa ok. 1 roku i ma wiele skutków ubocznych. Testowane leki nowej generacji mają uniemożliwić powielanie się wirusa w zainfekowanym organizmie, doprowadzić do

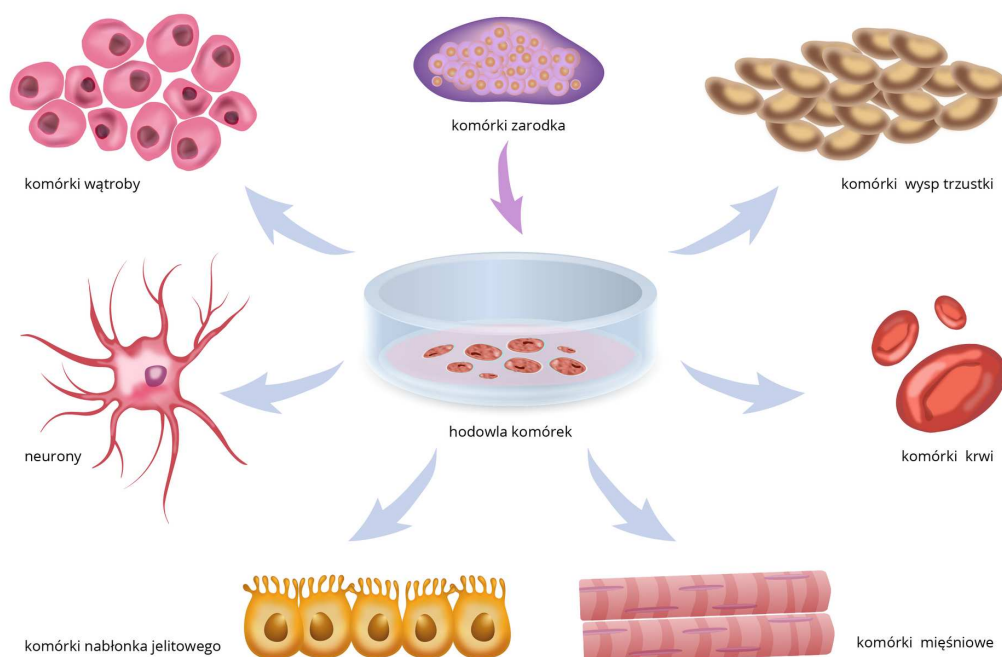
wyleczenia w ciągu kilku tygodni i a terapia nimi ma być niemal całkowicie pozbawiona skutków ubocznych.

4. Terapia komórkowa

U człowieka klonowanie dotyczy głównie **komórek macierzystych** i określane jest mianem klonowania terapeutycznego. Komórki macierzyste charakteryzują się zdolnością do podziałów i przekształcania się w inne typy komórek.

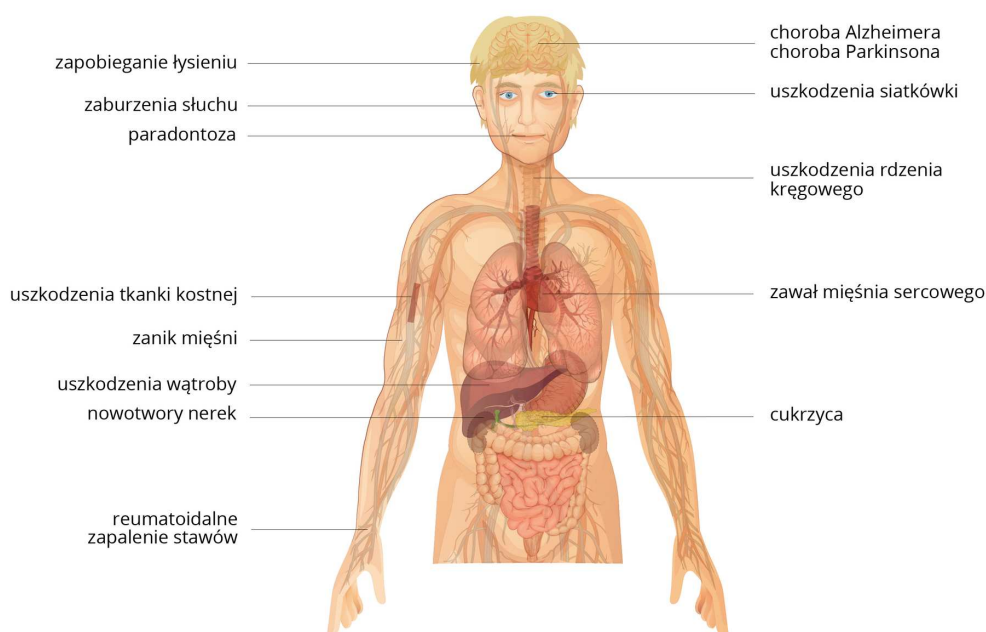
Po podziale komórki zwykle różnicują się (specjalizują), przystosowując do pełnienia określonej funkcji. Choć posiadają pełny komplet informacji genetycznej zawierającej instrukcję działania całego organizmu, korzystają tylko z jego części przydatnej w narządzie, w skład którego wchodzi. Niektóre komórki organizmu dorosłego człowieka zachowują zdolność do powielania się i różnicowania przez całe życie. Dzięki temu mogą dzielić się w miarę potrzeb organizmu. Chemiczne sygnały wytwarzane przez otaczające je zróżnicowane komórki stają się dla nich impulsami do transformacji, dzięki czemu zasila one daną tkankę. Dojrzałe komórki macierzyste występujące w określonych narządach (w szpiku kostnym, miazdce zębowej, jelitach) mogą się przekształcić tylko w kilka typów tkanek. Zdolność transformacji we wszystkie typy mają komórki embrionalne. Może z nich powstać ponad 200 różnych tkanek.

Komórki macierzyste można stosować w leczeniu chorób zwyrodnieniowych oraz regeneracji tkanek, a także w opóźnianiu procesu starzenia.



Terapia komórkami macierzystymi może posłużyć m.in. do regeneracji mięśnia sercowego np. do odtworzenia naczyń krwionośnych po operacji wszczepienia by-passów. Okazuje się, że po umieszczeniu ich w mięśniu sercowym integrują się one z otaczającymi tkankami i odbudowują istniejące w nich ubytki. W podobny sposób można leczyć chorobę polegającą na włóknieniu płuc. W hodowli *in vitro* udało się z komórek macierzystych uzyskać nabłonek pęcherzyków płucnych, który po wszczepieniu w miejsce zdegenerowane odbudował strukturę narządu. Metodę leczenia za pomocą komórek macierzystych (własnych pacjenta lub obcych) określa się mianem **terapii komórkowej**.

Od lat 70. ubiegłego wieku komórki macierzyste są wykorzystywane do hodowli płatów skórnych dla pacjentów z poparzeniami zajmującymi duże powierzchnie. Nowo wyhodowana skóra nie jest jednak identyczna z naturalną, nie posiada m.in. mieszków włosowych. Obecnie trwają badania nad hodowlą rogówki dla pacjentów cierpiących z powodu uszkodzenia tej części oka. Komórki macierzyste wszczepia się też pacjentom w określone, zmienione chorobowo miejsca, np. stawy lub przyczepy mięśniowe, gdzie się różnicują, odbudowując tkanki. Komórki macierzyste uzyskane od dawców obciążonych chorobami genetycznymi mogą być też stosowane jako modele do badań nad tymi chorobami.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Ze względu na prawny zakaz terapeutycznego wykorzystywania ludzkich zarodków korzysta się z komórek pozazarodkowych, np. zawartych w krwi pępowinowej. W prawodawstwie Unii Europejskiej ingerencja w ludzki genom jest dopuszczalna tylko do celów terapeutycznych i dozwolona jedynie w przypadku komórek somatycznych.

Ciekawostka

Krew pępowinowa, która jest źródłem komórek macierzystych, może zostać pobrana po porodzie i przechowywana nawet kilkadziesiąt lat, a w razie wystąpienia takich chorób,

jak anemie złośliwe, białaczki czy zaburzenia odporności, może być użyta do autotransplantacji.

5. Inżynieria genetyczna narzędziem selekcji?

Ingerencja w materiał genetyczny organizmów, zwłaszcza człowieka, musi być bardzo rozważna. W tym ostatnim przypadku szczególnie istotne są zastrzeżenia etyczne.

Manipulacja genetyczna łącznie z technikami zapłodnienia *in vitro* daje ogromną szansę na ochronę wielu osób przed cierpieniem, ale może też prowadzić do poważnych nadużyć.

Pytania natury moralnej i prawnej budzi na przykład taka sytuacja: Kobieta z wadliwie funkcjonującymi mitochondriami pragnie mieć zdrowe dziecko. Stając się matką, każdemu potomkowi wraz z mitochondriami znajdującymi się w cytoplazmie komórki jajowej przekaze swoją wadę genetyczną. Dzięki technikom inżynierii genetycznej jądro komórkowe komórki jajowej przyszłej matki można umieścić w pozbawionej jądra gamecie innej kobiety. Jej gameta zawiera mitochondria, których DNA nie wykazuje wad. Dziecko, które się urodzi po zapłodnieniu tej komórki, będzie miało geny dwóch kobiet (jądrowe chorej matki i mitochondrialne dawczyni komórki jajowej) oraz jednego ojca.

Badając zarodki uzyskane metodą zapłodnienia *in vitro* na przykład pod kątem ewentualnej mutacji chromosomowej, można wybierać do wszczepienia te, które takiej wady nie zawierają. Innym często praktykowanym w niektórych społeczeństwach sposobem selekcji jest wszczepianie matkom tylko zarodków płci męskiej. Kryteria selekcji mogą być też inne, np. prognozowany wysoki intelekt lub wyjątkowa uroda. Czy ludzkość oprze się pragnieniu posiadania idealnego potomstwa? Czy nie doprowadzi to do produkcji ludzi o ściśle określonych cechach, np. idealnych żołnierzy czy supersportowców, których przyszłość tym samym będzie zdeterminowana od momentu zapłodnienia? Jakie kryterium wyboru zarodków zastosować w przypadku wad genetycznych, które mogą mieć wielki lub nieznaczny wpływ na komfort życia przyszłego dziecka? Na te i wiele innych pytań wciąż brakuje odpowiedzi, dlatego m.in. zasady prawne wielu państw zakazują ingerowania w ludzki genom.

Polecenie 3

Skomentuj słowa Francisca Collinsa, jednego z autorów projektu poznania ludzkiego genomu (HGP): „Bez odpowiednich regulacji prawnych rewolucja genetyczna może się okazać krokiem do przodu w dziedzinie nauki i medycyny, ale cofnięciem w kwestii praw obywatelskich”.

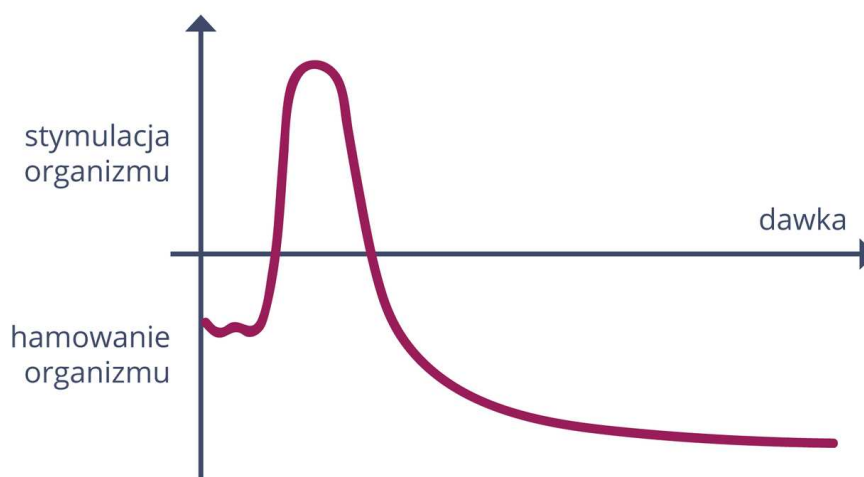
6. Toksykogenomika

Organizmy narażone są na negatywny wpływ różnych czynników obecnych naturalnie w środowisku (np. promieniowanie UV, azbest) oraz wprowadzanych do niego sztucznie. Stopień szkodliwości potencjalnie niebezpiecznych substancji można określić, obserwując wywołane przez nie zmiany w funkcjonowaniu organizmów. Szkodliwe mogą być na przykład nowe leki, w przypadku których należy określić rodzaj i ryzyko możliwych skutków ubocznych.

Badaniem zmian zachodzących w ekspresji genów i aktywności białek w danych tkankach czy komórkach pod wpływem czynników środowiskowych i toksyn zajmuje się **toksykogenomika**. Obserwacja tych zmian oparta jest o **biomarkery**, substancje, które pojawiają się w komórkach po podaniu testowanych związków chemicznych. Toksykogenomika pozwala przewidzieć reakcję danego organizmu (o znanych sekwencjach DNA) na określoną substancję (truciznę lub lek) oraz zastosować terapię dedykowaną danej osobie. Dzięki rozwojowi tej dziedziny wiedzy nowego znaczenia nabierze postulat: leczyć osobę, a nie chorobę.

Rozwój toksykogenomiki może w przyszłości przyczynić się do skrócenia czasu trwania badań przedklinicznych (kiedy leków jeszcze nie podaje się ludziom). Bardziej wyrazista reakcja organizmu (czułe biomarkery) pozwolą na obserwowanie reakcji już w materiale genetycznym.

Celem toksykogenomiki jest zwiększenie czułości testów, które pozwoli na ograniczenie wielkości stosowanych dawek toksyn. Ma to duże znaczenie, ponieważ wiele leków to silne trucizny, które w małych ilościach przynoszą bardzo dobre efekty terapeutyczne, natomiast w większych dawkach mogą mieć śmiertelny wpływ na organizm (np. glikozydy nasecowe zawarte w naparstnicy lub konwalii majowej).



Glikozydy naparstnicy, w zależności od dawki, mogą być lekiem lub trucizną

Ciekawostka

Żyjący w XVI w. szwajcarski lekarz i przyrodnik, zwany **Paracelsusem**, odkrył zjawisko wpływu substancji na organizm: w niewielkich ilościach – leczniczego, w dużych – toksycznego. Jest autorem słynnego powiedzenia: „Wszystko jest trucizną i nic nie jest trucizną, bo tylko dawka czyni truciznę”.

Podsumowanie

- Badania genetyczne pozwalają ustalić prawdopodobieństwo pojawienia się choroby genetycznej.
- Komórki macierzyste mogą być wykorzystane w medycynie regeneracyjnej.
- Klonowanie komórek macierzystych ma istotne znaczenie w terapii i dla rozwoju medycyny.
- Toksykogenomika bada zmiany zachodzące w ekspresji genów pod wpływem czynników środowiskowych i toksyn.

Praca domowa

Polecenie 4.1

1. Wymień korzyści wynikające z zastosowania badań DNA w medycynie.

Polecenie 4.2

2. Wyraź swoją opinię na temat wykorzystania inżynierii biologicznej do potencjalnie możliwej reprodukcji człowieka o zaplanowanych cechach. Uzasadnij ją, używając argumentów naukowych.

Słowniczek

biomarkery

charakterystyczne substancje pojawiające się w mierzalnych ilościach w komórkach po podaniu określonych substancji, np. toksyn

interferon

białko wytwarzane przez organizmy w odpowiedzi na infekcję lub pojawienie się komórek nowotworowych; aktywuje układ odpornościowy
komórki macierzyste

niedojrzałe komórki organizmu mające zdolność dzielenia się i różnicowania w różne typy tkanek; występują w zarodkach, krwi pępowinowej, jelicie, szpiku kostnym



Źródło: n.n. (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.

Paracelsus

10.11.1493–24.09.1541

Właściwie nazywał się Phillippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim. Był przyrodnikiem, lekarzem, badał wiele substancji chemicznych oraz naturalnych (np. pochodzących z ziół) pod kątem wykorzystania w leczeniu.

terapia komórkowa

terapia polegająca na wykorzystaniu komórek macierzystych do regeneracji uszkodzonych tkanek i organów

toksykogenomika

dziedzina nauki zajmująca się badaniem zmian w ekspresji genów i białek oraz ich zróżnicowanych reakcji na dane toksyny w zależności od indywidualnych cech genomu

Zadania

Ćwiczenie 1

Wskaż poprawne zakończenie zdania.

Mutacja w genie BRCA

- ☐ występuje z częstotliwością 1: 200 000 000.
- ☐ zawsze prowadzi do nowotworu piersi.
- ☐ u mężczyzn nie prowadzi do rozwoju nowotworu.
- ☐ umożliwia powielanie uszkodzonych odcinków DNA.
- ☐ występuje u części osób zagrożonych nowotworem.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak.

Ćwiczenie 2

Uzupełnij luki w tekście.

Mukowiscydoza to choroba . Jej przyczyną jest genu CFTR, który koduje białko odpowiedzialne za transport sodu. Mukowiscydoza daje objawy głównie w układzie .

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Wskaż poprawne zakończenie zdania.

Komórki macierzyste

- ☐ pobierane do przeszczepów nie mogą pochodzić od osób z chorobami genetycznymi.
- ☐ nie mogą być stosowane w medycynie, ale mogą w weterynarii.
- ☐ nie mogą różnicować się w komórki kości.
- ☐ są zdolne do przekształcania się w dowolne komórki organizmu.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Wskaż poprawne zakończenie zdania.

Biomarkery

☐ powstają w odpowiedzi na zakażenie wirusem.

☐ i interferony to białka wytwarzane przez komórki.

☐ są specyficzne dla każdego związku chemicznego.

☐ to inna nazwa interferonów.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak.

Wykorzystanie badań DNA w nauce

Kod kreskowy umieszczony na każdym towarze znajdującym się na sklepowej półce zawiera zaszyfrowaną informację o produkcie. Wystarczy użyć skanera, by ją poznać. Czy człowiek i inne organizmy również posiadają kod umożliwiający ich identyfikację?

tuńczyk żółtopłetwy



lucjan purpurowy



tuńczyk południowy



lucjan czerwony

Źródło: Dariusz Adryan, Grolltech (<https://commons.wikimedia.org>), Grolltech (<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bluefin-big.jpg>), Daniel Mietchen (<http://commons.wikimedia.org>), Citron (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.

Już wiesz

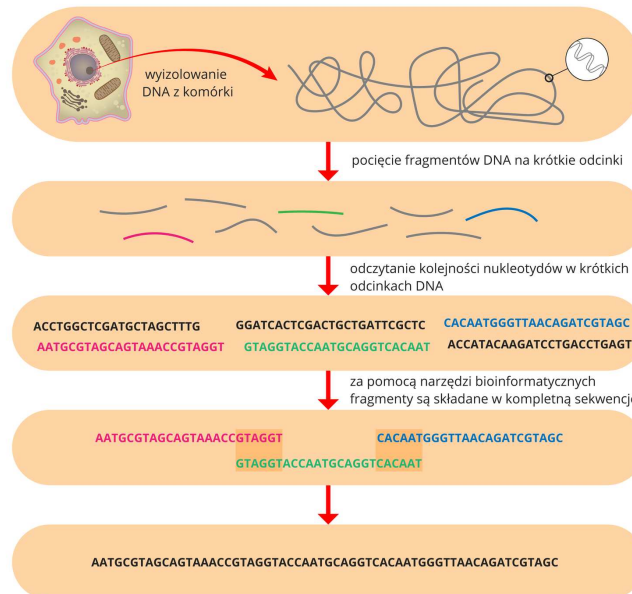
- możliwe jest poznanie sekwencji genetycznej organizmu;
- sekwencja genetyczna to ciąg zasad: A, T, G, C;
- w sekwencji genetycznej zakodowane są informacje nt. funkcjonowania oraz budowy organizmu.

Nauczysz się

- wymieniać i opisywać przykłady wykorzystania badań DNA w nauce;
- oceniać przydatność wiedzy zdobytej w trakcie trwania projektu poznania ludzkiego genomu HGP;
- wyjaśniać związek pomiędzy filogenetyką, a biologią molekularną;
- określać przydatność bioinformatycznych baz danych.

1. Badania genomów

Sekwencjonowanie DNA jest bardzo ważną techniką laboratoryjną stosowaną w badaniach nad genami. Dzięki niemu można dokładnie ustalić kolejność nukleotydów (adeninowego, guaninowego, tyminowego, cytozynowego) kodujących informację genetyczną (zapis unikatowych danych oraz wskazówek dotyczących budowy i funkcjonowania komórek). Poznanie sekwencji kodujących ma ogromne znaczenie, ponieważ pozwala określić funkcję konkretnych genów. Technika sekwencjonowania DNA jest jednym z najszybszych i najmniej kosztownych sposobów poznania genotypu.



Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 1

Na podstawie Ilustracji 1 opisz, na czym polega sekwencjonowanie DNA.

2. Projekt poznania ludzkiego genomu

Projekt poznania ludzkiego genomu (HGP) powstał w 1990 r. Jego celem jest poznanie ludzkiego **genomu** oraz stworzenie map wszystkich chromosomów. Początkowo zakładano, że realizacja projektu zajmie 15 lat, jednak dzięki bardzo szybkiemu rozwojowi technik inżynierii genetycznej ukończono go już po 13 latach. Projekt był sponsorowany przez Departament Energii USA oraz Narodowy Instytut Zdrowia USA. Instytucje te przeznaczyły na jego realizację 3 mld dolarów. W efekcie, 14 kwietnia 2003 r. powstał dokument zawierający sekwencje 99% ludzkiego genomu. Wyniki badań dowiodły, że:

- liczba genów człowieka jest mniejsza niż wcześniej zakładano i wynosi ok. 30 tysięcy;

- 90% łańcucha DNA nie niesie żadnej informacji (lub zawiera informacje do tej pory niepoznane);
- liczba par nukleotydów stanowiących genom przekracza 3 mld;
- niektóre geny kodują cząsteczki RNA, które mogą przeprowadzać wiele reakcji biochemicznych w organizmach;
- wciąż mało wiemy o ludzkim genomie – nie przypomina on prostego przepisu wytwarzania białek, lecz złożony program komputerowy.

Informacje uzyskane w wyniku realizacji projektu pomogą w opracowaniu skuteczniejszych metod diagnozy chorób genetycznych, wykrywaniu ryzyka ich wystąpienia, a być może także w zapobieganiu niektórym z nich. Dzięki HGP wykazano związek określonych sekwencji DNA z posiadanymi zdolnościami i umiejętnościami. Projekt przyczynił się również do odkrycia kolejnych technik umożliwiających poznanie sekwencji genetycznych.



Źródło: bram_souffreau (<http://www.flickr.com>), Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY-SA 2.0.

Podczas prac nad projektem poznania ludzkiego genomu dokonano sekwencjonowania genów organizmów modelowych (bakterii *E. coli*, drożdży *S. cerevisiae*, nicieni *C. elegans*, muszek owocowych *D. melanogaster*). Spowodowało to szybszy rozwój technologii oraz lepszą interpretację wyników sekwencjonowania ludzkiego genomu.

Polecenie 2

Wymień czynniki inne niż geny mogące wpływać na określone umiejętności i zdolności człowieka.

Ciekawostka

Richard Dawkins porównuje geny do przepisu na ciasto. Wiele zależy od recepty (genotypu), ale równie dużo od wprawy kucharza i jakości produktów, jakie ma do dyspozycji. Oznacza to, że sposób przejawiania się genów zależy od czynników środowiska.

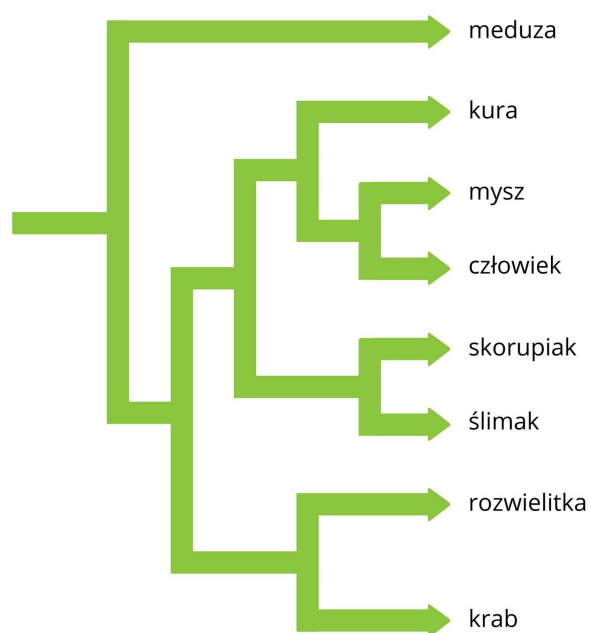
3. Wykorzystanie bioinformatyki w filogenetyce

Filogenetyka to dział biologii ewolucyjnej zajmujący się ustalaniem pochodzenia organizmów. Do niedawna pochodzenie i pokrewieństwo między organizmami, także wymarłymi, ustalano głównie na podstawie ich podobieństwa w budowie, rozwoju i funkcjonowaniu. Dzięki powstaniu baz danych sekwencji genetycznych wielu organizmów (sekwencji DNA, RNA) i informacji dotyczących struktur białkowych oraz zaawansowanym narzędziom bioinformatycznym opisywanie historii świata żywego jest łatwiejsze, a jego wyniki obciążone są mniejszym błędem.

Na podstawie fragmentów zachowanego DNA wymarłych organizmów można poznać ich biologię. Po ustaleniu kolejności nukleotydów pobranych ze szczątków porównuje się ją z sekwencją DNA form obecnie żyjących. Podobieństwo sekwencji genów uróżnych gatunków określa się w procentach. W przypadku stwierdzenia takich samych sekwencji kodujących w DNA wymarłego organizmu i organizmu żyjącego obecnie można ustalić z dużym prawdopodobieństwem, jakie białka wytwarzał gatunek kopalny. Na podstawie obecności określonego białka można stawiać hipotezy, jakie cechy fizjologii i budowy mogły charakteryzować badany gatunek. W ten sposób można z dużym prawdopodobieństwem odtwarzać budowę nieistniejących już organizmów, określać ich tryb i środowisko życia oraz przebieg ewolucji.

Zanim metody bioinformatyczne stały się powszechne, biolodzy ewolucyjni spodziewali się, że przewidywania sformułowane na podstawie analiz z zakresu anatomii porównawczej, dotyczące pokrewieństwa i drzew rodowych, wymarłych oraz obecnie żyjących organizmów, potwierdzą się. Okazało się jednak, że rezultaty badań molekularnych często zaprzeczają danym zebranym przez anatomów. Różnice w ocenie prawdziwości wyników metod tradycyjnych i bioinformatycznych podzieliły środowisko naukowe. Obecnie więcej osób przychyliło się do opinii, że to właśnie wyniki badań molekularnych są najbardziej wiarygodne, a przy tym łatwiejsze w stosowaniu. Ponadto umożliwiają przebadanie większej liczby szczątków. Anatomowie często potrzebują kości lub innych w miarę dobrze zachowanych fragmentów ciała (najlepiej w całości), natomiast do badań molekularnych wystarczy jedynie DNA. Można je pozyskać z niewielkich elementów, których budowa nic nie mówi anatomom. Wyizolowany DNA poddawany jest sekwencjonowaniu, a uzyskane tą techniką sekwencje porównuje się następnie z DNA innych organizmów. Duże

podobieństwo świadczy o bliskim pokrewieństwie. W ten sposób można również zestawić ze sobą RNA i białka różnych organizmów.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 3

Korzystając z serwera NCBI, porównaj sekwencję nukleotydów albuminy myszy (*Mus musculus*) i szczura (*Rat rattus*).

- Na serwerze NCBI wybierz *All Databases nucleotide*, a w oknie wyszukiwarki wpisz *albumin Mus musculus*, a potem *albumin Rat rattus*.
- Skopiuj sekwencje nukleotydów kodujących obie albuminy.
- Jedną z nich wklej do *nucleotide blast* w oknie *Enter Query Sequence*, a drugą w oknie *Enter Subject Sequence*; zaznacz *Align two or more sequences*, a następnie kliknij BLAST.
- Po chwili pojawi się wynik porównań.
- Ustal, jak duże jest podobieństwo albuminy myszy i szczura.

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/

The screenshot shows the NCBI homepage. Three numbered annotations are present: 1. A red box highlights the 'All Databases' dropdown menu in the search bar, with a callout bubble saying '1 wybierz: Nucleotide'. 2. A red box highlights the search input field, with a callout bubble saying '2 wpisz: albumin mus musculus'. 3. A red box highlights the 'Search' button, with a callout bubble saying '3 kliknij: Search'. The page content includes a left sidebar with a resource list, a main 'Welcome to NCBI' section with links to 'About the NCBI', 'Mission', 'Organization', 'Research', and 'NCBI News', a 'Get Started' section with links to 'Tools', 'Downloads', 'How To', and 'Submissions', a 'Genetic Testing Registry' section, and a right sidebar with 'Popular Resources' and 'NCBI Announcements'.

Krok 1.

NCBI Resources | How To | Sign in to NCBI

Nucleotide | Nucleotide | albumin mus musculus | Search | Save search | Advanced | Help

Show additional filters | Display Settings: Summary, 20 per page, Sorted by Default order | Send to: | Filters: Manage Filters

Found 3519 nucleotide sequences. Nucleotide (699) EST (2020)

Results: 1 to 20 of 699

1. 6,500 bp linear DNA
Accession: AJ277794.1 | GI: 2598663
GenBank | FASTA | Graphics

2. 2,020 bp linear mRNA
Accession: BC048971.1 | GI: 29612570
GenBank | FASTA | Graphics

3. 2,000 bp linear mRNA
Accession: BC024843.1 | GI: 19353305
GenBank | FASTA | Graphics

4. 512 bp linear mRNA
Accession: J054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

5. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

6. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

7. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

8. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

9. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

10. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

11. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

12. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

13. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

14. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

15. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

16. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

17. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

18. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

19. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

20. 1,941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds
Accession: U054916.1 | GI: 410619340
GenBank | FASTA | Graphics

Find related data | Database: Select | Find Name: | Search details: albumin[All Fields] AND ("Mus musculus" OR "Mus musculus")

5. powtórz te same czynności, wpisując *albumin rat norvegicus*, na nowej karcie bez zamykania poprzedniej

Krok 2.

6. wejdź na stronę: https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome

7. skopiuj sekwencję dla *albumin mus musculus* (z kroku 4)

BLAST® | Basic Local Alignment Search Tool

Standard Nucleotide BLAST

Enter Query Sequence: 1941 nt cDNA clone MGC-59023 IMAGE 4161986, complete cds

Or, upload file: Choose file to upload

Job Title: Enter a descriptive title for your BLAST search

Align two or more sequences: ☐ Align two or more sequences

Choose Search Set: Database: Human genomic + transcript, Mouse genomic + transcript, Others (nr, etc.)

Organism: Enter organism name or id-completions will be suggested

Exclude: ☐ Exclude

8. wklej sekwencję do pierwszej ramki

9. zaznacz pole umożliwiające porównanie dwóch lub większej ilości sekwencji

Krok 3.

ORIGIN

1 ctgagctctg gcaaatgaa gtgggtacac ttctctcttc ttctctcttc ctgagctctg
61 gctctcttca ggggtgtgtt tgcgcgagaa gcaacacaga gtgagatgac ccatcggttc
121 aagagctctg gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
181 cagagctctg ctgagctctg gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ctgagctctg
241 acatgtgtg ctgagctctg gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ctgagctctg
301 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
361 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
421 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
481 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
541 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
601 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
661 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
721 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
781 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
841 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
901 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
961 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1021 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1081 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1141 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1201 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1261 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1321 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1381 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1441 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1501 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1561 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1621 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1681 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1741 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1801 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1861 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1921 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg
1981 gcaacacaga gcaacacaga ttctctcttc ctgagctctg ttctctcttc ctgagctctg

10. skopiuj sekwencję dla *albumin rat norvegicus*

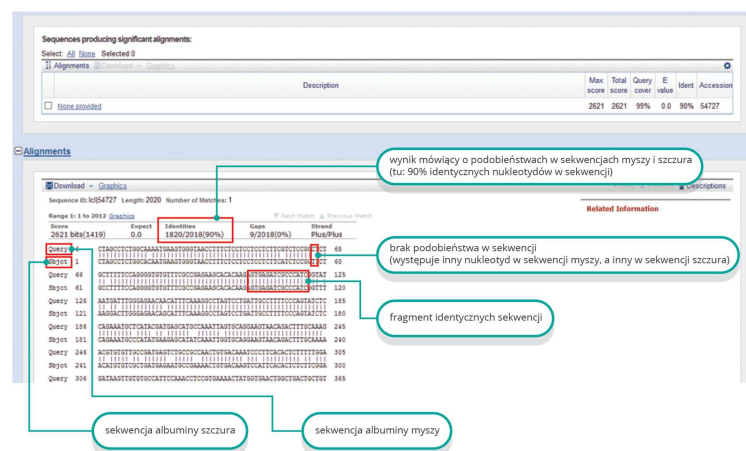
Krok 4.

11 tu wklej skopiowaną sekwencję albuminy szczura

12 kliknij „BLAST”

po kilku sekundach w przeglądarce pojawi się wynik przyrównania sekwencji

Krok 5.



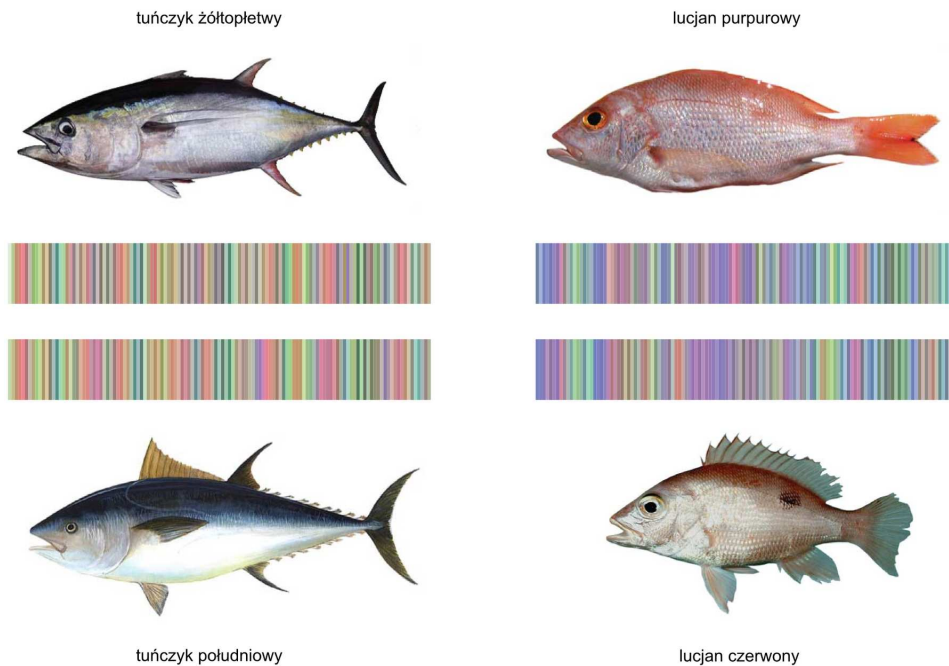
Krok 6.

4. Barkoding DNA, czyli kod kreskowy organizmu

Kod kreskowy (ang. *bar-code*), o którym była mowa we wstępie do lekcji, to zbiór informacji na temat poszczególnych produktów znajdujących się w bazie sklepu, hurtownika czy producenta. Jego głównym zastosowaniem jest automatyczna identyfikacja towarów w banku danych. Analogię kodu kreskowego dla organizmów stanowi sekwencja genetyczna. Jest to unikatowy kod każdej istoty. Rozpoznając sekwencję nukleotydów, można ze stuprocentową pewnością określić przynależność gatunkową posiadających ją konkretnych osobników. Istnieją już pomysły i pierwsze próby sporządzenia biblioteki kodów wszystkich organizmów. Bardzo ważnym aspektem w tworzeniu takiego zbioru jest odpowiedni dobór obszaru sekwencji genetycznych, znajdujących się w bazie danych. Do identyfikacji należy wytypować taki region DNA, który będzie się powtarzał u osobników tego samego gatunku, ale równocześnie będzie unikatowy na poziomie analiz

międzygatunkowych. Dla konkretnego gatunku niezbędne więc będzie określenie specyficznej sekwencji nukleotydów, służącej do porównań.

Funkcjonuje już baza BOLD (*Barcode of Life System*). W 2005 r. znajdowały się tam 33 tysiące **barkodów** (znaczników DNA) dla 12,7 tysięcy gatunków. Osiem lat później baza liczyła już ponad 2,6 mln znaczników dla ok. 190 tysięcy gatunków. Każdy z nich zawiera nazwę gatunkową, sekwencję kodu, datę oraz miejsce znalezienia osobnika, zdjęcia i inne dodatkowe informacje.



Źródło: Dariusz Adryan, Grolltech (<https://commons.wikimedia.org>), Grolltech (<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bluefin-big.jpg>), Daniel Mietchen (<http://commons.wikimedia.org>), Citron (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- W sekwencji genetycznej są zakodowane unikatowe informacje dotyczące funkcjonowania komórek.
- Celem projektu poznania ludzkiego genomu było ustalenie sekwencji komplementarnych par zasad tworzących ludzki genom.
- Współczesna filogenetyka korzysta z metod biologii molekularnej.
- Za pomocą metod biologii molekularnej można przewidywać cechy wymarłych przodków zwierząt żyjących współcześnie.
- Każdy organizm posiada swój unikatowy identyfikator – sekwencję genetyczną.

Praca domowa

Polecenie 4.1

1. Oceń, jakie znaczenie dla ludzkości ma poznanie sekwencji genetycznej człowieka. Wskaż zagrożenia i korzyści wynikające ze znajomości genomu ludzkiego.

Polecenie 4.2

2. Wyjaśnij, jakie znaczenie ma poznanie sekwencji zasad azotowych wybranych fragmentów DNA.

Słowniczek

barkoding DNA

nowe narzędzie do opisu bioróżnorodności umożliwiające tworzenie bibliotek (zbiorów) sekwencji DNA występujących w organizmach



Źródło: David Shankbone (<http://commons.wikimedia.org>), edycja: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 3.0.

Richard Dawkins

ur. 26.03.1941

Jest zoologiem, ewolucjonistą, autorem wielu publikacji i książek, m.in. o ewolucji, np. „Samolubny gen”, „Ślepy zegarmistrz”.

genom

zespół genów znajdujący się w haploidalnym (pojedynczym) zestawie chromosomów

filogenetyka

dział biologii ewolucyjnej zajmujący się rekonstrukcją genealogii (pochodzenia) organizmów

projekt poznania ludzkiego genomu

HGP, z ang. *Human Genome Project*; projekt mający na celu poznanie wszystkich sekwencji kodujących w genomie człowieka

sekwencjonowanie DNA

technika biologii molekularnej pozwalająca poznać kolejność nukleotydów we fragmencie kwasu nukleinowego

Zadania

Ćwiczenie 1

Wskaż poprawne zakończenie zdania.

Sekwencjonowanie DNA

- ☐ jest metodą leczenia chorób genetycznych.
- ☐ to jedna z najszybszych i najtańszych metod poznania kolejności nukleotydów w łańcuchu DNA.
- ☐ możliwe jest tylko dla genomów zwierząt.
- ☐ pozwala określić funkcję białek występujących w komórce.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Uzupełnij luki w tekście, wpisując brakujące informacje.

Projekt HGP miał na celu poznanie wszystkich sekwencji kodujących w genomie

. Genom ten zawiera około tysięcy genów. Projekt zakończył się w roku . Dzięki niemu poznano % sekwencji kodujących.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Oceń prawdziwość zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

Filogenetyka

	Prawda	Fałsz
zajmuje się genealogią organizmów.	☐	☐
korzysta tylko z baz sekwencji DNA.	☐	☐
jest działem biologii ewolucyjnej.	☐	☐
obecnie opiera się na analizach bioinformatycznych.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Wskaż poprawne zakończenie zdania.

Barkoding DNA

☐ jest zawodny ze względu na ogromną różnorodność organizmów.

☐ wykazuje analogie do kodów kreskowych produktów dostępnych w sklepach.

☐ to zbiór wszystkich powtarzających się sekwencji występujących w genomach organizmów żywych.

☐ jest identyczny dla osobników jednego gatunku.

☐ jest obecnie znany dla ok. 190 tys. gatunków.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Wykorzystanie badań DNA w sądownictwie

Rozwój badań DNA znacznie usprawnił pracę służb zajmujących się poszukiwaniem przestępców, gdyż do zidentyfikowania ofiary lub sprawcy czynu karalnego wystarczy najdrobniejszy ślad biologiczny. Posiadając informacje zawarte w kodzie genetycznym, nie tylko łatwiej i z większą skutecznością rozwiązuje się zagadki kryminalne, ale też ustala ojcostwo czy poddaje rozpoznaniu osoby zaginione.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Już wiesz

- badania molekularne znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach nauki;
- wykorzystując reakcję PCR, tworzy się profile genetyczne;
- każdy organizm posiada swój unikatowy identyfikator – sekwencje genetyczne.

Nauczysz się

- wyjaśniać, na czym polega ustalanie ojcostwa oraz analizować wyniki testów genetycznych;
- wymieniać ślady biologiczne analizowane w badaniach DNA w sądownictwie;
- opisywać zastosowania metod molekularnych w sądownictwie;
- oceniać przydatność badań DNA w identyfikacji ofiar przestępstw.

1. Ustalanie ojcostwa

W Stanach Zjednoczonych ok. 30% mężczyzn wzywanych na badania genetyczne w celu ustalenia ojcostwa nie ma wspólnych genów z dzieckiem, o którego ojcostwo są podejrzewani. Na tej podstawie szacuje się, że przeszło 1 mln Amerykanów wychowuje nie swoje dzieci, nie wiedząc o tym. Z tego względu oraz z powodu obniżania kosztów badań ustalanie ojcostwa staje się coraz bardziej popularne nie tylko w USA.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Wymaga to pobrania materiału genetycznego od dziecka oraz domniemanego ojca. Próbką pozyskiwana jest najczęściej bezboleśnie w postaci wymazu z jamy ustnej, z wewnętrznej strony policzka. Na wacik trafia wówczas ślina wraz ze złuszczonymi komórkami naskórka. W niektórych pracowniach analitycznych do badań pobiera się krew.

Obecnie, głównie dzięki badaniom podjętym w ramach projektu poznania ludzkiego genomu, znamy kilka milionów **markerów** DNA. Są to krótkie, unikalne, bardzo zmienne w populacji ludzkiej sekwencje genetyczne. Gdy takie wyjątkowe sekwencje występują u 2 osób, świadczy to o ich pokrewieństwie.

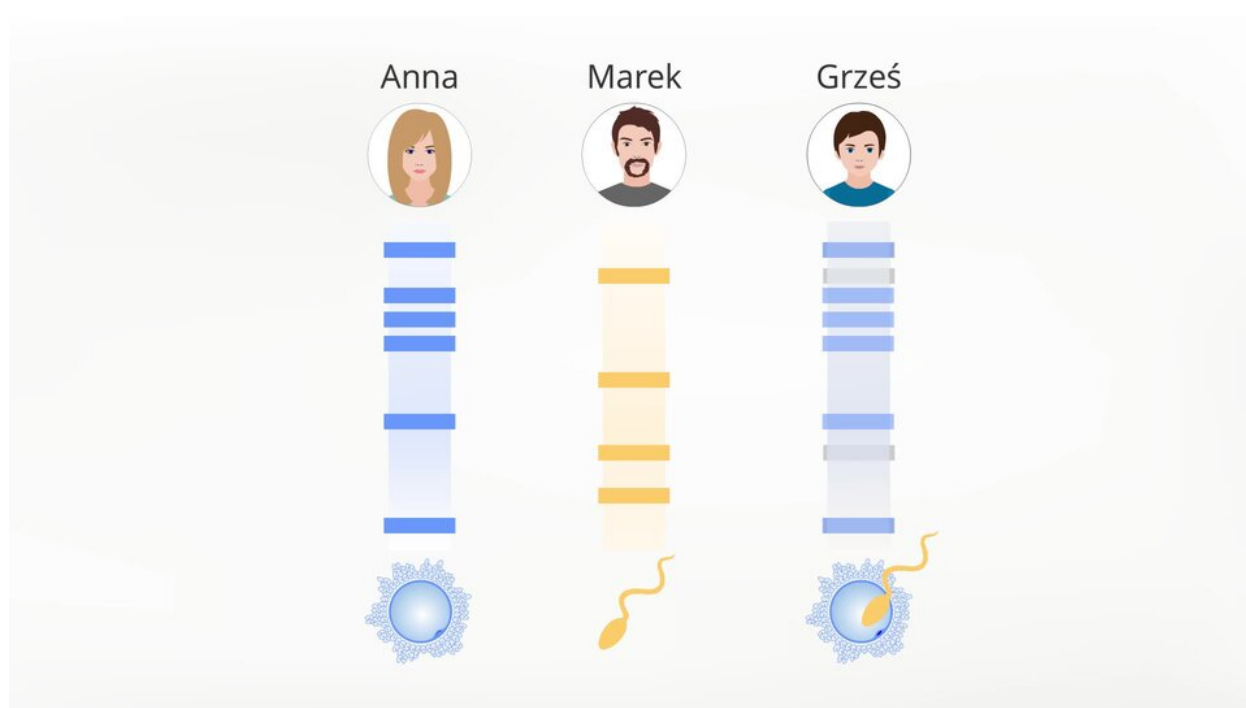
Wykorzystując materiał genetyczny domniemanego ojca i dziecka, tworzy się i porównuje ich profile genetyczne. Jeśli powtarzają się w nich tylko 1 lub 2 markery, wówczas ojcostwo jest wykluczane. Jeśli mężczyzna i dziecko mają wszystkie markery takie same, musi zostać przeprowadzona jeszcze analiza statystyczna częstości ich występowania w populacji. Ma ona wpływ na ocenę prawdopodobieństwa ojcostwa. Biologicznym ojcem dziecka mógłby być krewny badanego mężczyzny, a nawet człowiek niespokrewniony z badanym, mający podobny zestaw genów (co jednak zdarza się niezwykle rzadko).

Ustalenie ojcostwa jest możliwe jeszcze przed narodzeniem dziecka. W tym celu wykonuje się amniopunkcję – pobranie płynu owodniowego, który otacza płód. Płyn ten zawiera złuszczone komórki płodu, z których można wyizolować DNA i przeprowadzić testy na

ojcostwo. Zabieg amniopunkcji to jednak zabieg inwazyjny i nie wykonuje się go rutynowo. Testy DNA cechuje wiarygodność sięgająca 99,9995%.

Polecenie 1

Aby wykonać test genetyczny na przykład na potwierdzenie ojcostwa, należy próbki pobrane od dziecka, matki i domniemanych ojców nałożyć na specjalny żel do wizualizacji fragmentów DNA, a następnie podłączyć napięcie. Pod wpływem energii elektrycznej fragmenty DNA przemieszczają się w żelu z szybkością zależną od ich masy. W efekcie uzyskujemy prążki DNA rozmieszczone na różnych wysokościach. Zasada działania urządzenia przypomina chromatografię bibułową. Na koniec, w specjalnej komorze podłączonej do komputera, wykonuje się zapis rozmieszczenia pasków w próbkach. Animacja poniżej pokazuje wyniki badań genetycznych w rodzinie Anny i Marka. Obejrzyj ją, odpowiedz na pytanie postawione na końcu filmu, a odpowiedź uzasadnij.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Pojawiają się dwa profile, Anna i Marek. Obok dwóch pierwszych profili pojawia się trzeci, Grześ, na którym paski są szare. Profil Anny powiela się i nakłada na wykres dziecka. Paski o tym samym położeniu zabarwiają się na kolor niebieski. Następnie a wykres Grzesia nakłada się „powielony” profil Marka, wspólne paski zaznaczają się na żółto. Komórki rozrodcze, które znajdują się pod wykresami zaczynają pulsować. Profil Grzesia znika, natomiast pojawia się kolejny profil. Nasuwa się na niego profil Anny, potem Marka. Komórki znajdujące się pod wykresami ponownie zaczynają pulsować. Pulsują komórki rozrodcze pod wykresami. Profile Anny i Marka znikają, widoczne są tylko profile Grzesia oraz Adasia. Po chwili ponownie pojawiają się profile Anny, Marka oraz Oli, na których paski są w kolorze szarym. Najpierw

profil Anny oraz Marka nakłada się na profil Oli. W tym momencie paski o tym samym położeniu zabarwiają się na kolor niebieski. Potem na profil Oli nakłada się wykres Marka. Pulsują tylko komórki jajowe. Na ekranie widoczne są profile Anny, Marka, Tymka. Najpierw nakłada się na niego profil Anny. Potem na profil Tymka nakłada się profil Marka

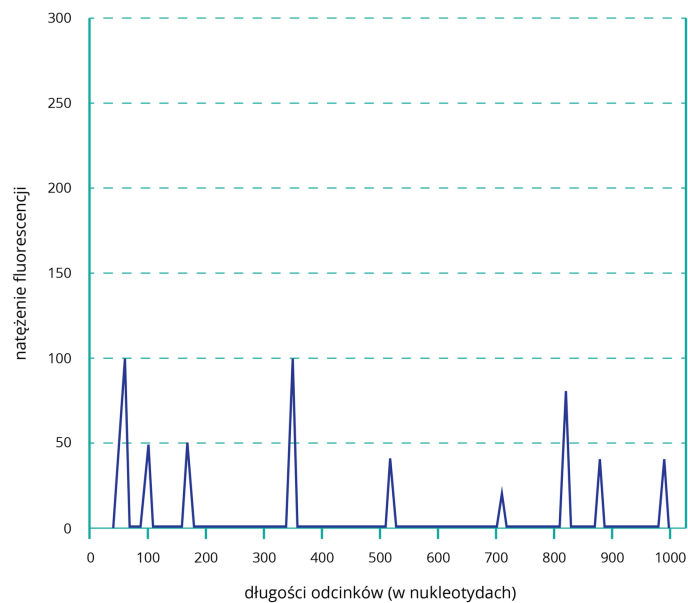
2. Mikroślady biologiczne na miejscu przestępstwa

Badania DNA stosuje się powszechnie do identyfikacji przestępców, jeśli tylko pozostawili oni na miejscu przestępstwa swój materiał genetyczny. Śledczym wystarczy nawet ślina w gumie do żucia albo ślad na szklance lub ustniku papierosa. Kryminaliści muszą go odszukać, a następnie zabezpieczyć pobraną próbkę tak, by nie zanieczyścić jej innym DNA (np. swoim własnym). Materiały biologiczne wykorzystywane do badań DNA w sądownictwie to:

- włosy,
- resztki tkanki spod paznokci ofiary (zbierające się w momencie podrapania sprawcy),
- krew,
- pot, wydzieliny z nosa,
- ślina,
- nasienie.

Identyfikacja osoby na podstawie materiału biologicznego jest możliwa wtedy, gdy jej dane znajdują się już w bazach danych DNA, tworzonych od lat przez organy ścigania w wielu krajach. Baza danych FBI zawiera ok. 7 mln profili DNA, natomiast baza Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego Komendy Głównej Policji w Warszawie – ok. 15 tysięcy profili.

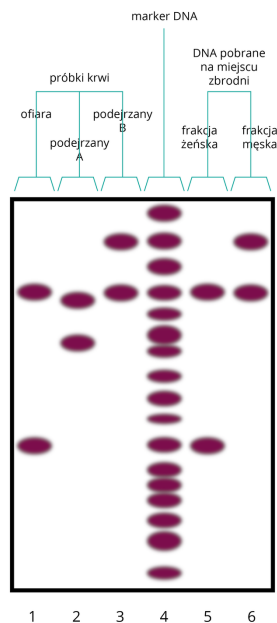
Do sporządzania [profilu DNA](#) służą wzorce zawierające wybrane, charakterystyczne sekwencje DNA połączone z markerami (znacznikami fluorescencyjnymi). Na wzorec nanosi się próbkę poddawaną identyfikacji. Jeżeli wzorec i próbka zawierają takie same fragmenty materiału genetycznego, te łączą się ze sobą na zasadzie komplementarności. Powoduje to wyemitowanie światła przez marker. Wynik odczytywany jest w mikroskopie fluorescencyjnym i zapisywany w postaci wykresu.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 1

Na miejscu zbrodni pobrano materiał biologiczny ze śladów krwi niezidentyfikowanych osób. Następnie pobrano krew od ofiary przestępstwa (kobiety) i 2 podejrzewanych mężczyzn. W jednej z próbek krwi pochodzącej z miejsca zbrodni i próbce pobranej od poszkodowanej kobiety prążki DNA są na tej samej wysokości, zatem obie pochodzą od ofiary. Cechy DNA podejrzanego B są zgodne z drugą próbką krwi pobraną na miejscu przestępstwa.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

Pierwszy w historii Stanów Zjednoczonych proces, w którym wykorzystano metodę badań DNA do ustalenia winy podejrzanego, odbył się w latach 1987–1988. Policyjni eksperci po zbadaniu próbek pochodzących od ofiary i podejrzanego udowodnili, że zbrodnię popełnił zatrzymany mężczyzna. Prawdopodobieństwo, że inna osoba posiada taką samą sekwencję unikatowych fragmentów DNA jak sprawca, wynosi 1:10 bilionów. Był to kluczowy argument dla uznania wiarygodności badań DNA. Dzięki technice udało się udowodnić temu przestępcy również inne zbrodnie. W efekcie Amerykanin został skazany na 115 lat pozbawienia wolności.

3. Identyfikacja osób zaginionych

Badania DNA prowadzone są rutynowo w sytuacji odnalezienia osoby o nieznanym tożsamości oraz szczątków ludzkich. Podejmuje się je zwłaszcza wtedy, gdy nie można pobrać odcisków palców lub nie ma odcisków palców tej osoby w bazach danych. Typuje się wtedy wśród zaginionych osoby tej samej płci i wieku, a następnie pozyskuje od ich rodzin materiał biologiczny znajdujący się na przykład na grzebieniu z włosami albo na chusteczce higienicznej, używanej przez osobę o nieznanym losie. Pracownicy laboratorium po zbadaniu DNA pochodzącego od osoby nieznanego oraz DNA otrzymanego od rodziny zaginionego są w stanie potwierdzić lub wykluczyć tożsamość.

Badania genetyczne znajdują zastosowanie również w przypadkach identyfikacji ofiar z masowych grobów lub katastrof. Na wielką skalę zastosowano je po zamachu na wieże World Trade Center w Nowym Jorku, w którym zginęły prawie 3 tysiące osób. Zgromadzono przeszło 20 tysięcy niezidentyfikowanych szczątków ludzkich, które następnie poddano badaniu. Stworzono specjalną bazę informacji zawierającą DNA osób zaginionych i materiały porównawcze (DNA pochodzące od osób spokrewnionych z ofiarami). W ciągu 4 lat od katastrofy udało się określić tożsamość połowy ofiar.



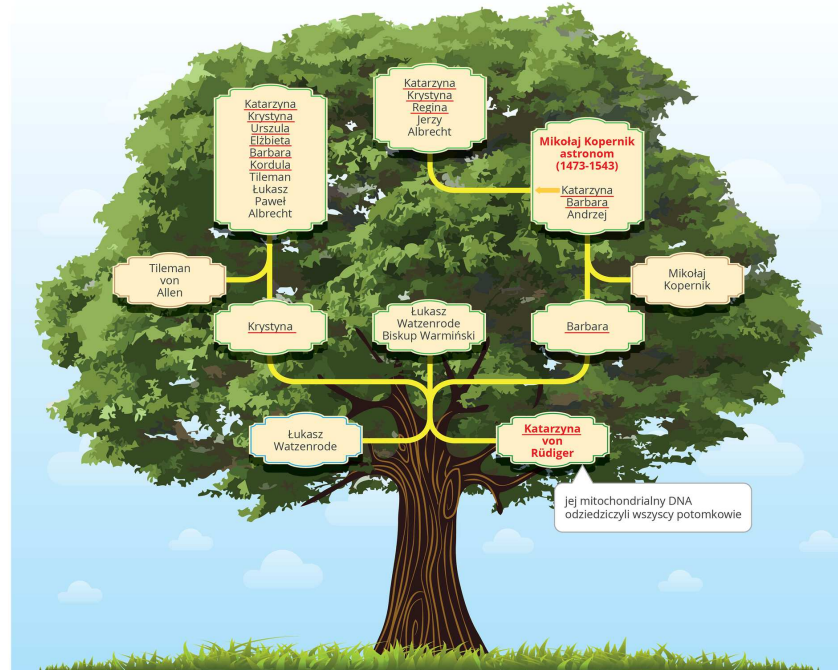
Źródło: Mario Modesto Mata (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.

Badania genetyczne znajdują także zastosowanie w identyfikacji ofiar wypadków, np. katastrof górniczych. Wykorzystuje się je także w celu poznania tożsamości szczątków pochodzących sprzed kilkudziesięciu lub nawet kilkuset lat. Materiał genetyczny izoluje się z kości i porównuje z DNA żyjących spokrewnionych osób. Tak bada się na przykład stopień pokrewieństwa osób pochowanych we wspólnych rodzinnych grobach.

4. Identyfikacja szczątków Mikołaja Kopernika

Kilka lat temu głośną sprawą w Polsce była identyfikacja szczątków Mikołaja Kopernika, a następnie wykonana na ich podstawie rekonstrukcja twarzy astronoma. Przypomnijmy – w katedrze we Fromborku, w pobliżu ołtarza, którym Kopernik się opiekował, w 2005 r. odkryto szczątki starszego mężczyzny. Trzy lata później w Uppsali, w księdze należącej do Kopernika, znaleziono 3 włosy. Przyjęto zatem, że jeśli badania potwierdzą tożsamość genetyczną kości i włosów, można będzie uznać, że szkielet znaleziony w katedrze należał do astronoma. Niestety, włosy okazały się mocno zniszczone i udało się z nich wyizolować jedynie DNA zawarty w mitochondriach, dziedziczony w linii żeńskiej. Badania porównawcze wykazały, że czaszka z Fromborka i włosy z Uppsali zawierają takie same sekwencje mitochondrialnego DNA. Wynik ten nie przesądza jeszcze o identyfikacji szczątków. Jednakowe DNA mitochondrialne mieli bowiem po babce Mikołaja: jego wuj, biskup warmiński, pochowany w katedrze fromborskiej, oraz brat Mikołaja, Andrzej, a także pozostali członkowie rodziny. Potwierdzenie tożsamości uzyskano w wyniku badania szczątków Barbary, siostry Mikołaja, ksieni w klasztorze w Chełmnie, i innych

spokrewnionych z nim kobiet. Szczęśliwie się złożyło, że krewne Kopernika często pełniły wysokie funkcje w zakonach, dzięki czemu znane są miejsca ich pochówków.



Podkreślone imiona należą do osób mających identyczne DNA mitochondrialne jak Kopernik

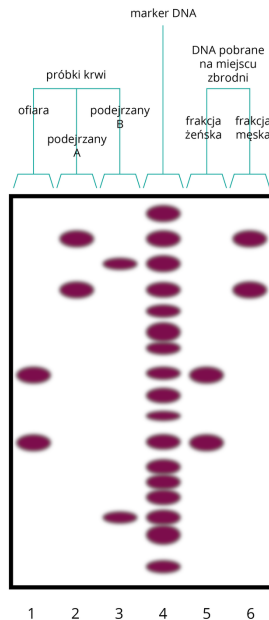
Podsumowanie

- Testy genetyczne potwierdzające ojcostwo dają 99,9995% pewności.
- Organy ścigania tworzą zbiory profili DNA sprawców przestępstw.
- Mikroślady biologiczne zawierają DNA, na podstawie których można ustalić profil genetyczny i porównać go z profilami osób skatalogowanych w rejestrach gromadzonych przez służby ścigania.
- Badania genetyczne są pomocne w identyfikacji osób zaginionych i zwłok.

Praca domowa

Polecenie 2.1

1. Analizując wyniki badań genetycznych, odpowiedz na pytanie: Kto dopuścił się przestępstwa?



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 2.2

2. Wyjaśnij, dlaczego w przypadku potwierdzenia ojcostwa rzetelność wyniku badań DNA wynosi 99,9995%, a w przypadku zaprzeczenia – 100%.

Słowniczek

marker genetyczny

fragment DNA występujący w populacji w bardzo wielu wersjach (cechujący się polimorfizmem); umożliwia identyfikację nieznanej osoby

profil DNA

zapis (często przedstawiany graficznie) wybranych fragmentów DNA (markerów) umożliwiającą identyfikację osoby, osobnika, gatunku; genetyczny odpowiednik odcisku palca

Zadania

Ćwiczenie 1

Oceń poniższe stwierdzenia i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

Badania genetyczne

	Prawda	Fałsz
pozwalają wyjaśnić zagadki kryminalne sprzed wielu lat.	☐	☐
pozwalają wykonać testy, których wyniki mogą być dowodami w sprawach sądowych.	☐	☐
to m.in. testy na ojcostwo.	☐	☐
są stosowane na przykład w celu identyfikacji zwłok.	☐	☐
są wykonywane tylko w USA.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Zaznacz poprawną odpowiedź.

W celu wykluczenia ojcostwa do badań należy pobrać

- ☐ materiał genetyczny dziecka, matki i domniemanego ojca.
- ☐ materiał genetyczny mężczyzny wskazanego przez matkę i jego męskich krewnych.
- ☐ jedynie materiał genetyczny dziecka i domniemanego ojca.
- ☐ jedynie materiał genetyczny dziecka.
- ☐ materiał genetyczny dziecka i matki występującej o ustalenie ojcostwa.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Uzupełnij luki w tekście, wpisując brakujące wyrazy.

Aby wykonać badania w celach analiz sądowych, pierwszym krokiem jest pobranie wymazu z jamy ustnej lub krwi. Następnie z pobranych próbek trzeba materiał genetyczny. Potem genetycy analizują charakterystyczne sekwencje DNA, zwane .

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Zaznacz prawidłowe odpowiedzi.

Badanie markerów zawartych w chromosomie Y może posłużyć do

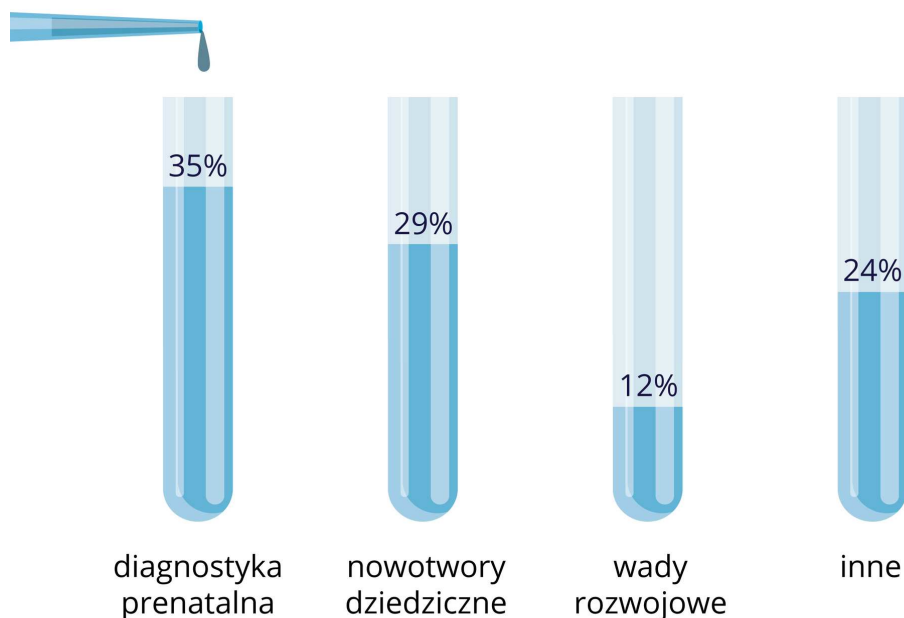
- ☐ identyfikacji sprawcy gwałtu.
- ☐ budowania drzewa genealogicznego w linii ojca.
- ☐ ustalenia ojcostwa domniemanego ojca na podstawie analizy DNA jego braci lub jego ojca.
- ☐ identyfikacji przestępcy na podstawie śladów zostawionych przez niego na miejscu zbrodni.
- ☐ ustalania pokrewieństwa w rodzinie w linii męskiej.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Poradnictwo genetyczne

Choroby dziedziczne i skłonności do nich zakodowane są w ludzkich genach.

Prawdopodobieństwo ich wystąpienia próbuje się szacować na przykład na podstawie wywiadu rodzinnego dotyczącego chorób występujących u krewnych. Bardziej ścisłych danych dostarcza diagnostyka prenatalna.



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Już wiesz

- niektóre mutacje zwiększają ryzyko wystąpienia nowotworu u człowieka;
- badania genetyczne pozwalają ustalić prawdopodobieństwo pojawienia się choroby genetycznej.

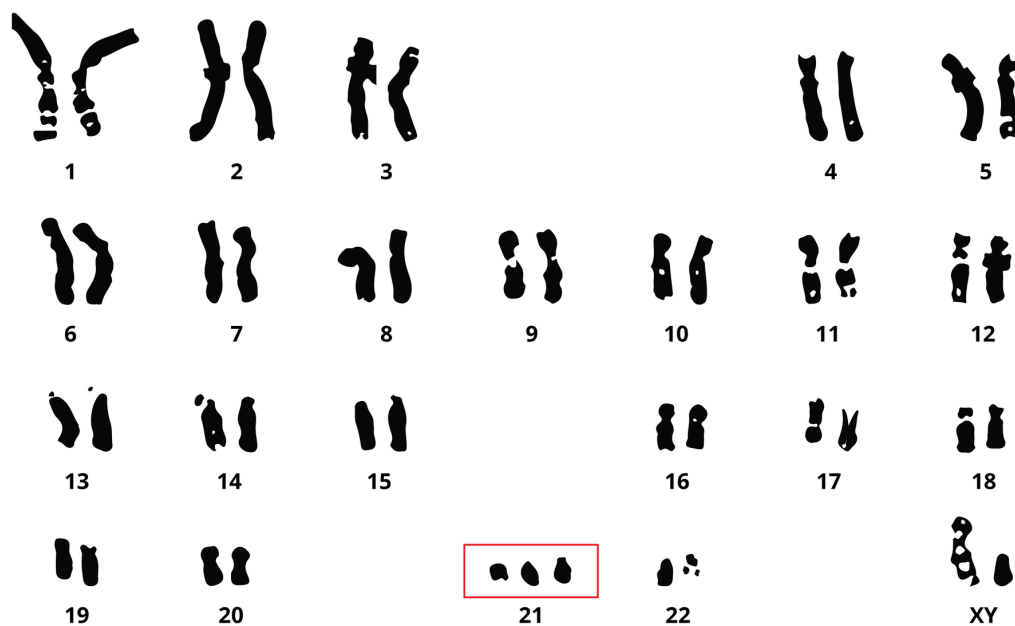
Nauczysz się

- wymieniać przykłady chorób dziedzicznych;
- oceniać przydatność stosowania poradnictwa genetycznego u par starających się o dziecko;
- opisywać podstawowe badania prenatalne;
- podawać przykłady chorób genetycznych i wad rozwojowych, które mogą być diagnozowane w poradniach genetycznych.

1. Choroby dziedziczne

Choroby dziedziczne są wynikiem mutacji, które powodują nieprawidłowości w budowie lub funkcjonowaniu organizmu. Schorzenia te mogą być wywołane różnymi rodzajami uszkodzeń materiału genetycznego, wśród których wyróżniamy:

- **aberracje chromosomowe** polegające na zmianach w liczbie lub strukturze chromosomów; ich skutki dotyczą równocześnie wielu narządów i procesów; u chorych nie zawsze ujawniają się w identyczny sposób; choroby przez nie wywołane określane są jako zespoły schorzeń i zwykle nazywane od nazwisk badaczy, którzy je po raz pierwszy opisali; należą do nich na przykład zespół Downa, zespół Patau, zespół Edwardsa, zespół Turnera, zespół Klinefeltera;



Źródło: Dariusz Adryan, Was a bee (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.

- **substytucje** (tranzycje i transwersje) **czyli mutacje** polegające na zamianie jednego nukleotydu na inny; w zależności od tego, w którym chromosomie i w którym jego miejscu wystąpiły dają odmienne objawy, na podstawie których wyróżnia się na przykład takie choroby, jak mukowiscydoza, hemofilia, anemia sierpowata;



Źródło: Marcin Sadowski, licencja: CC BY 3.0.

- **delecje** polegające na utracie jednego lub kilku nukleotydów, prowadzące do wielu zmian w organizmie; przykładami chorób wywołanych delecjami są zespół kociego krzyku czy zespół Angelmana;
- **mutacje dynamiczne** polegające na powielaniu się z pokolenia na pokolenie fragmentu jednego genu (od kilkudziesięciu do kilkuset razy), co prowadzi do powstania na przykład toksycznego białka; w zależności od tego, jak długi jest odcinek genu zawierający powtarzające się nukleotydy, wady wrodzone występują w różnym nasileniu; tak jest w przypadku płasawicy Huntingtona czy zespołu łamliwego chromosomu X.

Mutacje jednogenowe dziedziczą się zgodnie z prawami Mendla. Wyróżniamy wśród nich takie, do wystąpienia których wystarczy jeden allel (dominujący), np. w płasawicy Huntingtona. W przypadku mukowiscydozy heterozygoty są zdrowe i mogą przekazywać zmutowany gen potomstwu, a chorują homozygoty recesywne. Mutacje występujące na chromosomie X ujawniają się zawsze u potomków męskich, natomiast dziewczęta chorują tylko wtedy, gdy oba chromosomy X zawierają wadliwy gen.

Choroby wielogenowe, jak schizofrenia, są wynikiem współdziałania wielu nieprawidłowych genów oraz środowiska, i nie dziedziczą się zgodnie z prawami Mendla.

W wypadku uszkodzenia DNA **mitochondrialnego** objawy choroby dotyczą tkanek, które zużywają dużo energii (mięśni szkieletowych, serca, mózgu). Te wady genetyczne są przyczyną różnych chorób mięśni – miopatii i uszkodzenia nerwów. Przekazywane są potomstwu przez matkę wraz z cytoplazmą komórki jajowej.

Zespół Patau to jeden z przykładów ciężkiej genetycznej choroby dziedzicznej. Występuje raz na ok. 10 tysięcy urodzeń, a jego przyczyną jest **trisomia** 13 chromosomu, która powstaje

w wyniku opóźnionego rozchodzenia się chromosomów podczas podziału meiotycznego prowadzącego do wytworzenia gamety. Wada ta wiąże się z dużym ryzykiem poronienia lub urodzenia martwego dziecka. Czasami zdarza się, że dziecko przeżyje. Najczęściej spotykanymi objawami u dzieci chorych na zespół Patau są:

- wady narządu wzroku, nerek, serca;
- przepukliny;
- rozszczep wargi, nieprawidłowo wykształcony nos i małżowiny uszne;
- napady drgawek;
- upośledzenie umysłowe i opóźnienie rozwoju.

Ponieważ większość chorych na zespół Patau umiera w wieku dziecięcym (niezmiernie rzadko mamy do czynienia z sytuacją, gdy chory dożywa późnego dzieciństwa), następuje przerwanie dziedziczenia. Chory nie przekazuje potomkowi nieprawidłowych genów.

Inaczej jest w przypadku **zespołu kociego krzyku** spowodowanego utratą krótszego ramienia 5 chromosomu. Chorzy mogą dożyć późnego wieku i przekazać swojemu potomstwu wadliwe geny. Choroba ta swoją nazwę zawdzięcza charakterystycznym dźwiękom przypominającym miauczenie kota, wydawanym przez noworodki. Inne objawy to: małogłowie, wady nerek, serca, asymetryczna twarz. Dzieci chore na zespół kociego krzyku czasami umierają na skutek wad organów wewnętrznych, jednak wiele z nich dożywa dorosłości. Dzięki skutecznej rehabilitacji mogą chodzić, mówić, stają się częściowo samodzielne.

Ciekawostka

Niektórzy malarze portreciści utrwaliли na płótnach obraz osób z oznakami chorób genetycznych. Wśród portretowanych znajdziemy: karły (głównie pełniące na dworach rolę błaznów), chłopca z zespołem Downa, przedstawionego przez flamandzkiego malarza w postaci anioła, osoby z płasawicą Huntingtona (kobiety oskarżane o opętanie). Giovanni Caroto przedstawił dziecko z zespołem Angelmana. Objawy tego schorzenia nazywano kiedyś syndromem śmiejącej się marionetki, ponieważ chorzy, wykonując ruchy, przypominają lalkę kierowaną przez aktora – mają napady śmiechu, szerokie usta, zwykle niebieskie oczy. Natomiast główne symptomy neurologiczne to niepełnosprawność intelektualna i padaczka.

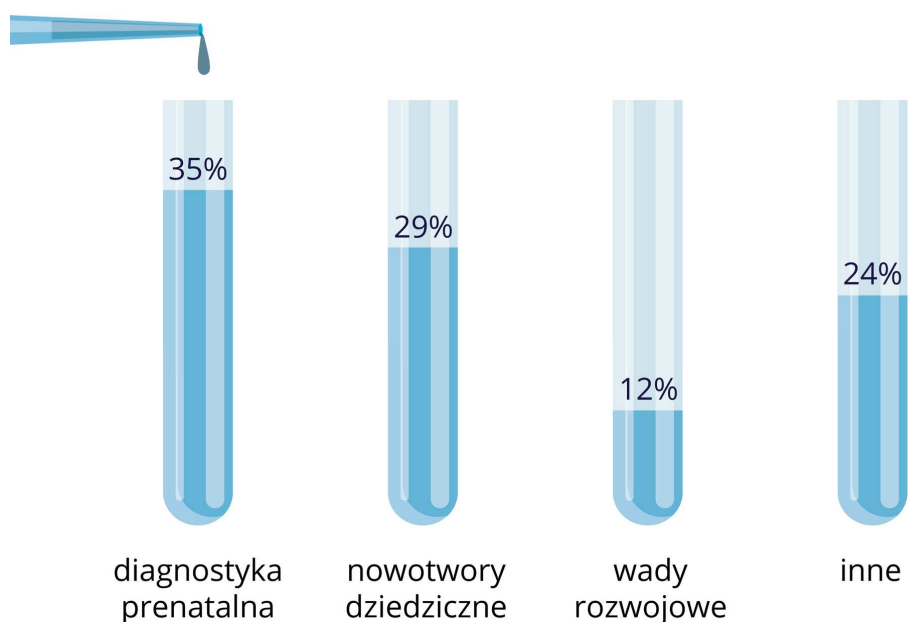
Polecenie 1

Wyszukaj w Internecie przykłady chorób dziedzicznych sprzężonych z płcią.

2. Poradnictwo genetyczne

Poradnictwo genetyczne ma na celu objęcie specjalistyczną pomocą osoby z chorobą nowotworową, chorobą genetyczną lub wrodzoną wadą rozwojową (defekt w budowie anatomicznej organizmu) oraz jej rodziny. Zadania poradni genetycznej to m.in. przeprowadzenie wywiadu rodzinnego, określenie ryzyka wystąpienia choroby oraz wykonanie testów genetycznej predyspozycji do określonych chorób. Z poradnictwa genetycznego mogą również skorzystać pary starające się o dziecko, szczególnie jeśli w ich rodzinach występowały choroby genetyczne, lub wiek matki przekracza 35 lat. Głównym zadaniem specjalistów z poradni jest:

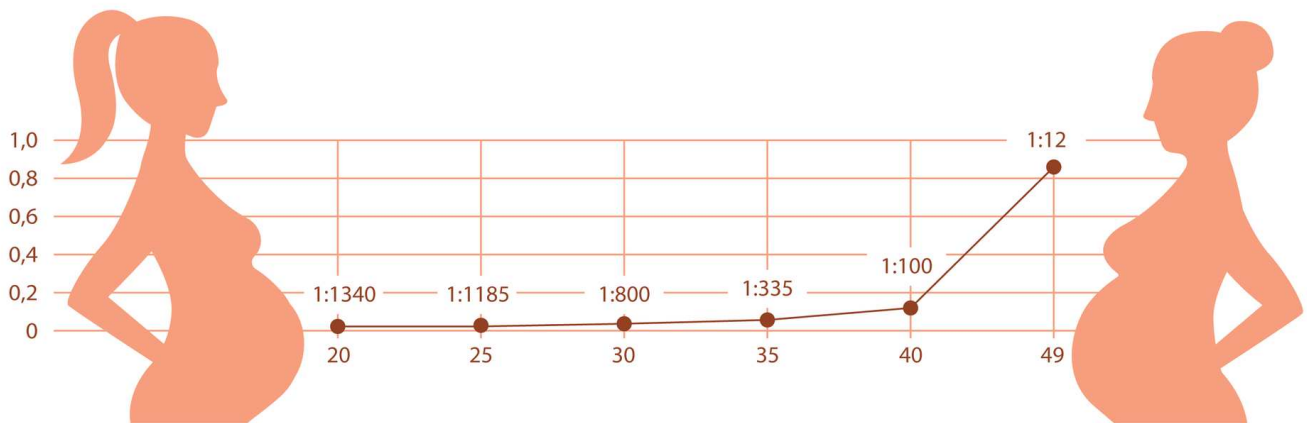
- ustalenie, czy u dziecka, które ma się urodzić, może wystąpić choroba dziedziczna, jakie są szanse na urodzenie zdrowego potomka w przypadku, gdy rodzice mają już jedno chore dziecko, oszacowanie ryzyka ponownego wystąpienia choroby genetycznej u kolejnych dzieci;
- zdiagnozowanie, czy w przypadku dziecka wykazującego zaburzenia w funkcjonowaniu organizmu lub nieprawidłową budowę ciała występuje choroba genetyczna;
- sformułowanie zaleceń dotyczących profilaktyki zdrowotnej dla matki i mającego się urodzić dziecka lub dziecka chorego, a w szczególności wskazanie czynników ryzyka i sposobów minimalizowania ich wpływu na organizm;
- udzielenie wsparcia psychologicznego dla osób z chorobą genetyczną i ich rodzin.



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Możliwość skorzystania z porad jest szczególnie przydatna dla kobiet planujących ciążę po 35 roku życia. Wtedy ryzyko urodzenia dziecka z wadą genetyczną znacząco wzrasta, podczas gdy w przypadku kobiet młodszych wynosi ok. 3-4%.

W Polsce istnieje ponad 20 placówek zajmujących się poradnictwem genetycznym. Można tam przeprowadzić m.in. badania określające predyspozycje do najczęściej występujących nowotworów (np. rak piersi, rak jelita grubego).



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 2

Do poradni genetycznej zgłosiło się małżeństwo, które ma dziecko chore na karłowatość (achondroplazję). W poradni dowiedzieli się, że prawdopodobieństwo urodzenia chorego dziecka wynosi 50%. Rodzice założyli, że w związku z takim prawdopodobieństwem (50:50), gdy pierwsze dziecko jest chore, kolejne na pewno będzie zdrowe. Wyjaśnij, na czym polega błąd w rozumowaniu rodziców.

3. Profilaktyka chorób genetycznych i wrodzonych wad rozwojowych

Najczęstszą przyczyną kontaktu z poradnią genetyczną są poronienia lub urodzenie się dziecka z wrodzoną wadą rozwojową. W większości takich przypadków zarówno rodzice, jak i dziecko powinni zostać objęci poradnictwem genetycznym. Szacuje się, że ok. 35% **wrodzonych wad rozwojowych** wynika wyłącznie z czynników genetycznych.

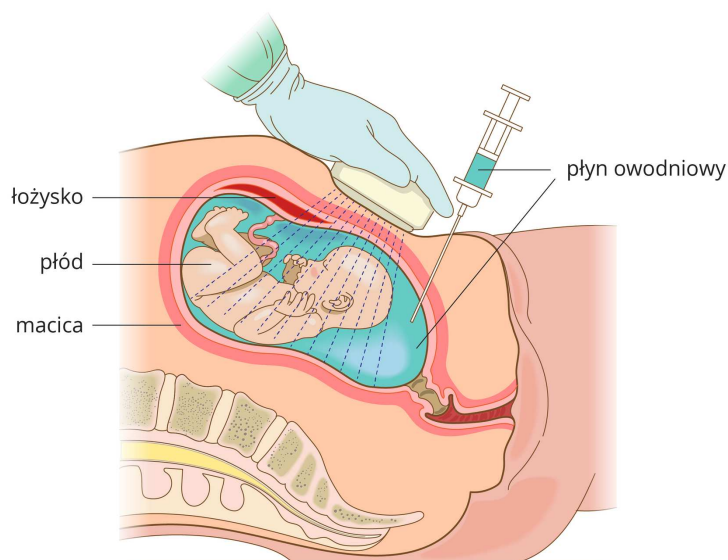
Profilaktykę chorób genetycznych możemy podzielić na pierwotną i wtórną. Pierwotna obejmuje działania, których celem jest wyeliminowanie możliwości wystąpienia nieprawidłowego genotypu i wad rozwojowych. Zaleca m.in. kobietom w wieku rozrodczym przyjmowanie witaminy B9 (kwasu foliowego), by zapobiec nieprawidłowemu rozwojowi układu nerwowego u ich dziecka. Profilaktyka wtórna obejmuje całość poradnictwa genetycznego oraz diagnostykę prenatalną w celu wykrycia wad genetycznych płodu. Badania prenatalne powinny być wykonywane u ciężarnej, jeśli:

- przekroczyła 35 rok życia;
- w poprzednich ciążach stwierdzono u niej wystąpienie aberracji chromosomowych;
- u niej lub ojca dziecka stwierdzono występowanie aberracji chromosomowych;
- na podstawie wywiadu rodzinnego stwierdzono podwyższony poziom ryzyka urodzenia dziecka dotkniętego chorobą genetyczną;
- stwierdzono nieprawidłowości w budowie lub rozwoju płodu w trakcie badania USG.

Wczesne rozpoznanie wady, nawet na etapie rozwoju płodowego, pozwala na podjęcie terapii często jeszcze przed urodzeniem dziecka. Daje to możliwość poprawienia stanu płodu oraz zwiększa szanse dziecka na urodzenie się w lepszym stanie ogólnym.

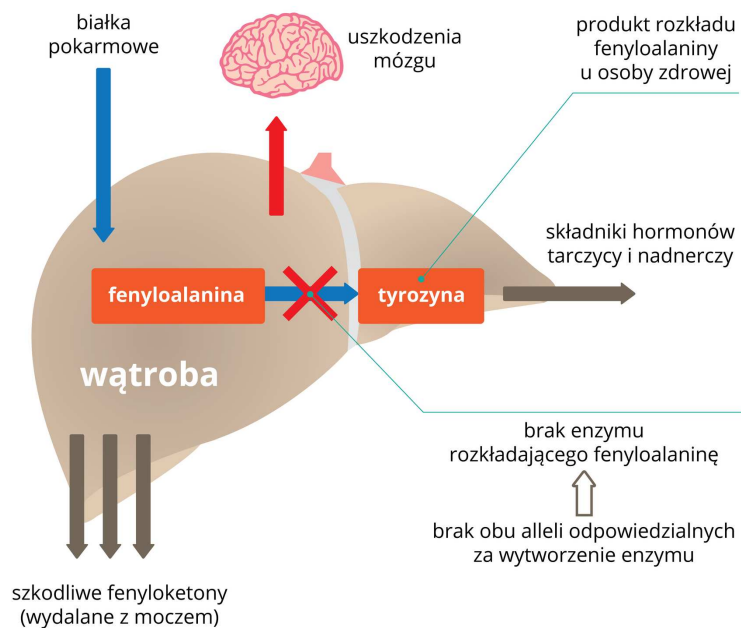
W przypadkach ciężkich wad rodzice mogą rozważyć możliwość usunięcia ciąży.

Badania prenatalne mogą być inwazyjne, polegają na przerwaniu ciągłości tkanek na przykład podczas [amniopunkcji](#), czyli pobrania płynu owodniowego, krwi pępowinowej lub tkanek płodu, co niesie pewne ryzyko dla ciężarnej. Natomiast badania nieinwazyjne, np. USG płodu stosowane u kobiet w ciąży, nie naruszają ciała matki ani jej przyszłego dziecka.



Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

Jedną z chorób dziedziczonych w sposób [autosomalny recesywny](#) jest fenyloketonuria. W Europie pojawia się ona raz na ok. 15 tysięcy urodzeń. W wyniku braku enzymu rozkładającego fenyloalaninę dochodzi do nagromadzenia się tego aminokwasu w organizmie. Wywołuje to m.in. upośledzenie rozwoju umysłowego i motoryki. Wczesne wykrycie (w 2 tyg. życia) i zastosowanie diety pozbawionej białka zawierającego fenyloalaninę pozwala na prawidłowy rozwój dziecka.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 3

W Irlandii 1 na 4,5 tysiąca dzieci ma wadę genetyczną prowadzącą do fenyloketonurii. Podaj możliwą przyczynę trzykrotnie większego ryzyka pojawienia się choroby wśród mieszkańców tego kraju w stosunku do średniej dla Europy.

Podsumowanie

- Choroby dziedziczne są wynikiem mutacji.
- Osoby z chorobą genetyczną lub wrodzoną wadą rozwojową oraz ich rodziny mogą korzystać z poradnictwa genetycznego refundowanego przez państwo.
- Przyczyną ok. 35% wrodzonych wad rozwojowych jest czynnik genetyczny.
- Rozpoznanie wad u potomstwa pozwala na wczesne podjęcie terapii, a w niektórych przypadkach na niedopuszczenie do rozwoju choroby.

Praca domowa

Polecenie 4.1

1. Dowiedz się, gdzie najbliższej twojego miejsca zamieszkania znajduje się poradnia genetyczna oraz jakie badania oferuje.

Polecenie 4.2

2. Wyszukaj informacje na temat czynników, których powinna unikać kobieta planująca macierzyństwo, by urodzić zdrowe dziecko.

Słowniczek

amniopunkcja

metoda diagnostyczna polegająca na pobraniu płynu owodniowego kobiety w ciąży w celu przeprowadzenia badań genetycznych

dziedziczenie autosomalne recesywne

dziedziczenie cech zapisanych w chromosomach innych niż płciowe; cechy te ujawniają się tylko w przypadku otrzymania od rodziców pary alleli recesywnych kodujących daną cechę

poradnictwo genetyczne

udzielenie porady oraz objęcie pomocą całej rodziny osoby cierpiącej na chorobę genetyczną lub wrodzoną wadę rozwojową

trisomia

aberracja chromosomowa polegająca na obecności dodatkowego (trzeciego) chromosomu

wrodzona wada rozwojowa

nieprawidłowość w budowie zewnętrznej lub wewnętrznej powstająca w czasie rozwoju wewnątrzmacicznego, będąca zwykle przyczyną niepełnosprawności dziecka; może być uwarunkowana przez czynniki genetyczne albo zewnętrzne: wirusy, promieniowanie jonizujące, niektóre leki

Zadania

Ćwiczenie 1

Wskaż poprawne zakończenie zdania.

Choroby dziedziczne

- ☐ w każdym przypadku jednakowo objawiają się u kobiet i mężczyzn.
- ☐ pojawiają się tylko u dzieci urodzonych przez matki liczące co najmniej 35 lat.
- ☐ są spowodowane mutacjami występującymi wyłącznie w komórkach płciowych człowieka.
- ☐ w każdym przypadku skutkują pojawieniem się wad wrodzonych.
- ☐ mogą być spowodowane przez mutacje punktowe.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Wskaż poprawne zakończenie zdania.

Poradnictwo genetyczne

	Prawda	Fałsz
ma na celu objęcie pomocą osób z chorobą genetyczną oraz ich rodzin.	☐	☐
jest szczególnie wskazane dla kobiet planujących urodzenie dziecka po 35. roku życia.	☐	☐
oferuje jedynie porady, zaś diagnostykę trzeba wykonać w innych placówkach.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Uzupełnij luki w tekście, wpisując brakujące wyrazy.

Profilaktykę chorób genetycznych możemy podzielić na [] i wtórną. Profilaktyka [] obejmuje diagnostykę oraz całość poradnictwa. U ciężarnych kobiet po 35. roku życia powinny być wykonywane badania []. Amniopunkcja polega na pobraniu płynu []. Badanie [] pozwala wykryć między innymi wady rozwojowe płodu.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Wskaż poprawne zakończenie zdania.

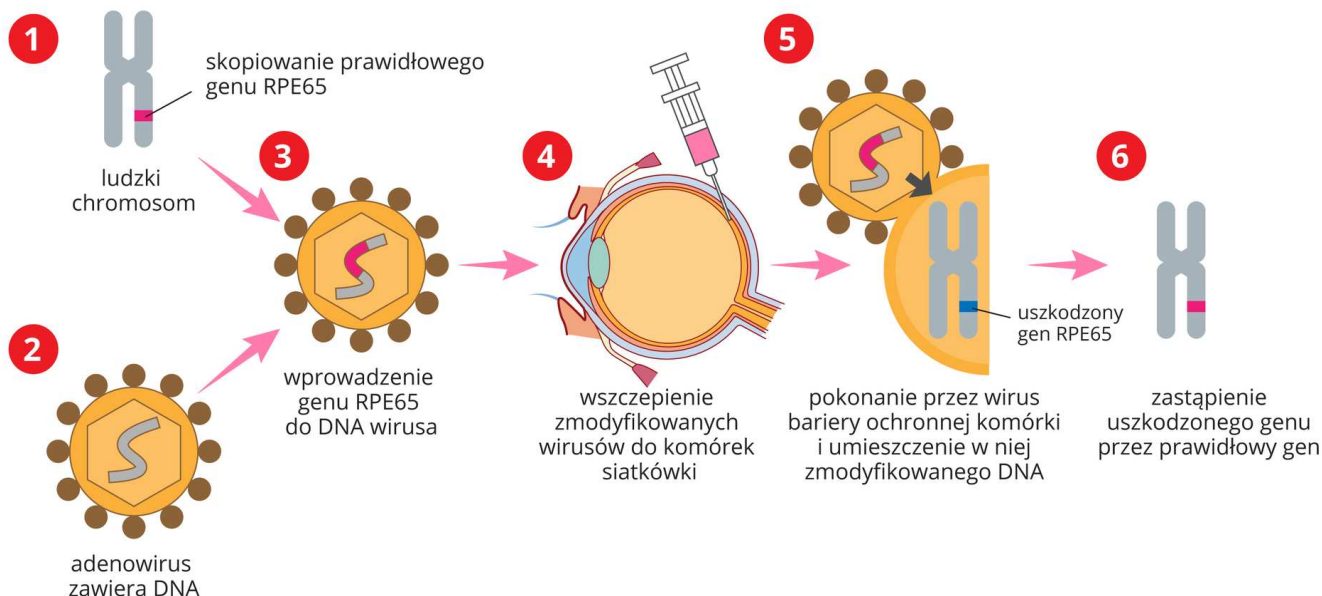
Pobranie płynu owodniowego pozwala ustalić, czy

- ☐ dziecko, które ma się urodzić, będzie na pewno niepełnosprawne umysłowo.
- ☐ dziecko posiada nieprawidłowo wykształcone chromosomy.
- ☐ dziecko posiada geny odpowiedzialne za wykształcenie się hemofilii.
- ☐ przyczyną uszkodzenia płodu były leki nieprawidłowo przyjmowane przez ciężarną.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Terapia genowa

Młody człowiek, który stopniowo od urodzenia tracił wzrok, poddaje się terapii preparatem zawierającym wirusy z kopią genu niezbędnego do prawidłowej pracy fotoreceptorów. Odwiedzamy go po 2 latach – rozpoznaje wtedy niektóre kształty i świeące obiekty. Gdy spotykamy go po kilku latach, okazuje się, że w znacznym stopniu odzyskał zdolność widzenia. To sceny z filmu science fiction czy realne osiągnięcia biologii molekularnej?



Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

Już wiesz

- mutacje zachodzące w genach często są przyczyną chorób genetycznych;
- mutacja może uniemożliwić powstanie produktu danego genu.

Nauczysz się

- opisywać początki terapii genowej;
- oceniać przydatność stosowania terapii genowej w medycynie;
- przedstawiać przykłady zastosowania terapii genowej;
- określać zagrożenia wynikające ze stosowania terapii genowej;
- przedstawiać wady i zalety stosowania terapii genowej u ludzi.

1. Początki terapii genowej

Termin terapia genowa został wprowadzony w 1962 r. przez [Wacława Szybalskiego](#). Przeprowadził oni jedną z pierwszych modyfikacji genetycznych komórek eukariotycznych. Udało mu się wprowadzić fragment ludzkiego prawidłowego DNA w miejsce zmutowanych genów w komórkach szpiku. W ten sposób po raz pierwszy dokonano naprawy nieprawidłowej nici DNA, co stanowiło podwaliny innych zabiegów i metod terapii genowej.

Terapia genowa to metoda leczenia chorób genetycznych polegająca na wprowadzeniu do komórek prawidłowej kopii genu, którego defekt jest przyczyną choroby. Celem terapii może być również włączenie lub wyłączenie funkcji danego genu albo wprowadzenie dodatkowego genu terapeutycznego.



Źródło: Stako (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.

Jednym ze schorzeń, które może być leczone z wykorzystaniem terapii genowej, jest ciężki niedobór odporności spowodowany mutacją w jednym z genów (zespół SCID). W przypadku takiej wady w organizmie chorego występuje niedobór enzymu niezbędnego do prawidłowego działania [limfocytów](#). Choroba objawia się małym przyrostem masy ciała, niskim wzrostem, częstymi, nawracającymi zakażeniami, np. zapaleniem płuc, sepsą. Nieleczona prowadzi do śmierci, która następuje zazwyczaj przed ukończeniem 2 roku życia.

W latach 90. ubiegłego wieku po raz pierwszy zastosowano terapię genową do leczenia czteroletniej pacjentki z ciężkim niedoborem odporności. Z jej organizmu wyizolowano limfocyty z wadliwym genem. Następnie wprowadzono do nich poprawne kopie uszkodzonego genu. Po tym zabiegu komórki znów umieszczono w organizmie dziewczynki. Po 5 latach zaobserwowano u niej wzrost ilości brakującego enzymu, co poprawiło stan zdrowia pacjentki.

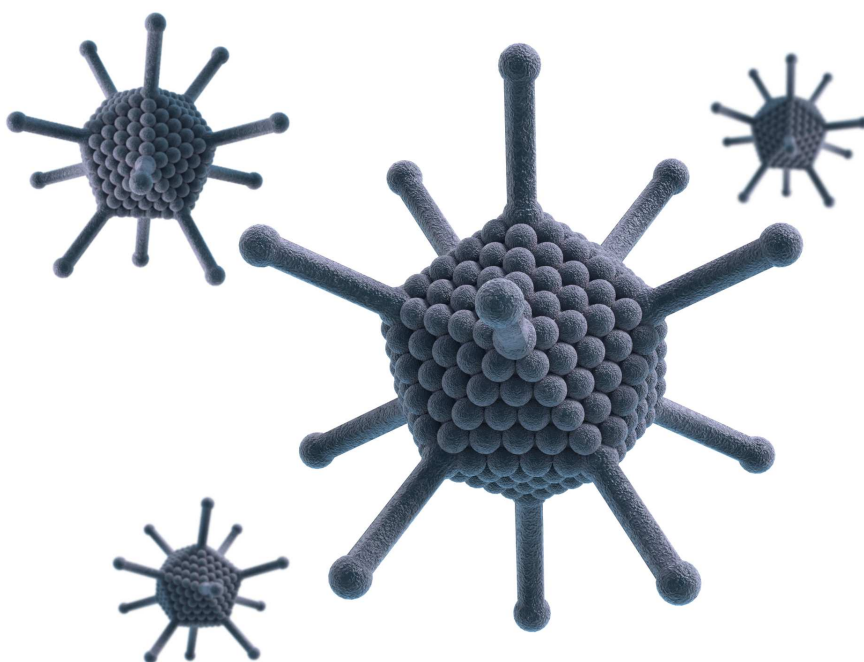
Do 2013 r. zastosowano terapię genową ponad 1700 razy. Większość prób miała miejsce w Niemczech, USA i Wielkiej Brytanii. Pomimo wielu lat badań terapia genowa nadal pozostaje eksperymentalną dziedziną nauki.

Ciekawostka

Profesor Szybalski, studiując ponad 50 lat temu zagadnienia terapii genowej, przyrównywał uszkodzenia DNA i wynikające z nich problemy zdrowotne do psującego się auta. Twierdził, że jeśli pacjent choruje, a przyczyną nieprawidłowego działania jest wadliwy gen, to tak jak w przypadku zepsutego elementu mechanizmu samochodu trzeba go wymienić na inny. To zainspirowało naukowca do poszukiwań sposobów dokonania wymiany genów najpierw w wyizolowanych komórkach, a potem u ludzi chorych.

2. Wektory terapii genowej

Wektory, czyli nośniki genów, są używane w celu wprowadzenia materiału genetycznego do komórek organizmu poddawanego terapii. Do najbardziej popularnych należą wektory wirusowe. Do celów terapeutycznych stosuje się zmodyfikowane cząsteczki wirusów, które mogą wprowadzać DNA kodujące na przykład lecznicze białka. Wirusy te nie mogą zakazić organizmu, ponieważ w wyniku przekształceń genetycznych zostały pozbawione genów niebezpiecznych dla człowieka. Dużą zaletą stosowania w terapii wektorów wirusowych jest fakt, że przenoszony przez nie kwas nukleinowy z prawidłowym genem może zostać trwale wbudowany do genomu komórek organizmu. Pozwala to na wytwarzanie substancji do tej pory brakujących komórkom, kodowanych przez gen terapeutyczny.



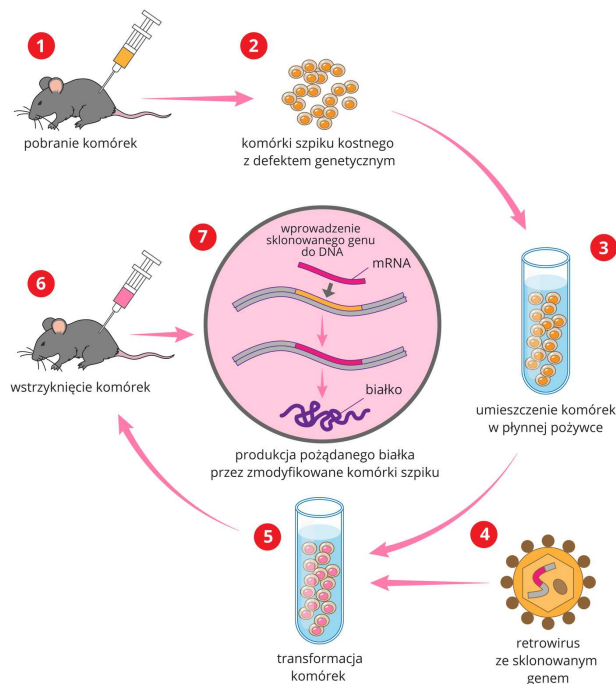
Źródło: Marcin Sadowski, licencja: CC BY 3.0.

W terapii genowej można również stosować wektory niewirusowe. Są nimi na przykład [liposomy](#) tworzące kompleksy z odcinkami kwasów nukleinowych. Często dodaje się do

nich białka pochodzące z wirusów albo inne substancje umożliwiające проникnięcie do komórki. Gdy taki kompleks dostaje się do cytoplazmy, następuje oddzielenie się DNA od liposomu. Wprowadzony w ten sposób kwas nukleinowy umożliwia podjęcie produkcji pożądaných substancji.

Polecenie 1

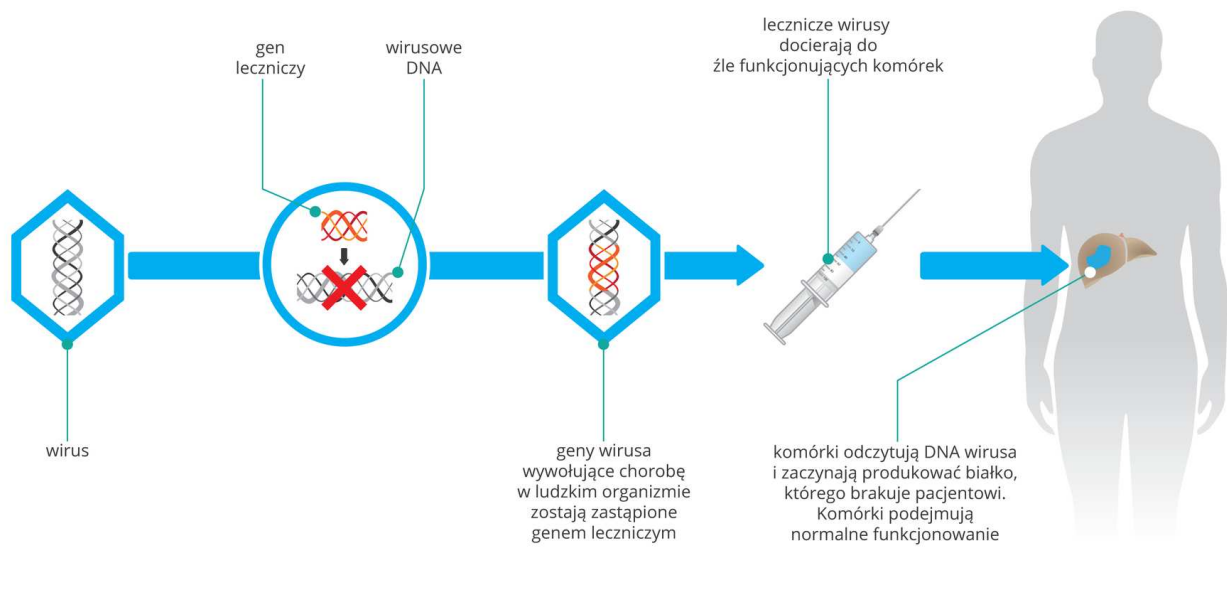
Odczytaj ze schematu i omów przebieg terapii genowej. Określ rodzaj wektora.



Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

3. Rodzaje i strategie terapii genowej

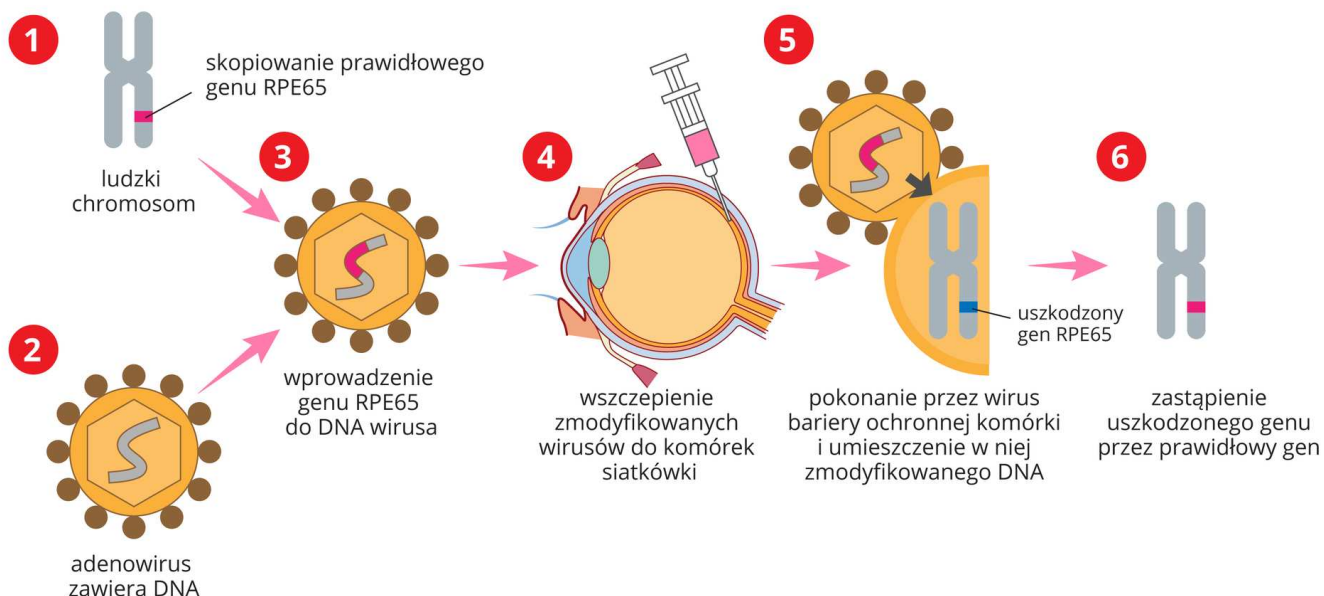
Terapia genowa może dotyczyć komórek rozrodczych, z których ma powstać nowy organizm, lub komórek tworzących zarodek. Zastosowana wobec zarodka umożliwia dziedziczenie wprowadzonej zmiany. W przypadku terapii genowej **komórek somatycznych**, czyli budujących ciało organizmu, zmiany nie są dziedziczone. Taka kuracja ma charakter zachowawczy, leczone są tylko objawy, a nie przyczyna choroby. Zmutowane geny pozostają nadal we wszystkich komórkach organizmu, a więc także w komórkach uczestniczących w procesie wytwarzania gamet. Dlatego wadliwy gen jest przekazywany potomstwu, a wprowadzony do organizmu gen terapeutyczny – nie. Obecnie u pacjentów stosuje się wyłącznie terapię somatyczną. Terapia komórek rozrodczych jest zabroniona ze względu na aspekty etyczne.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Do tej pory podjęto próby zastosowania terapii genowej do leczenia:

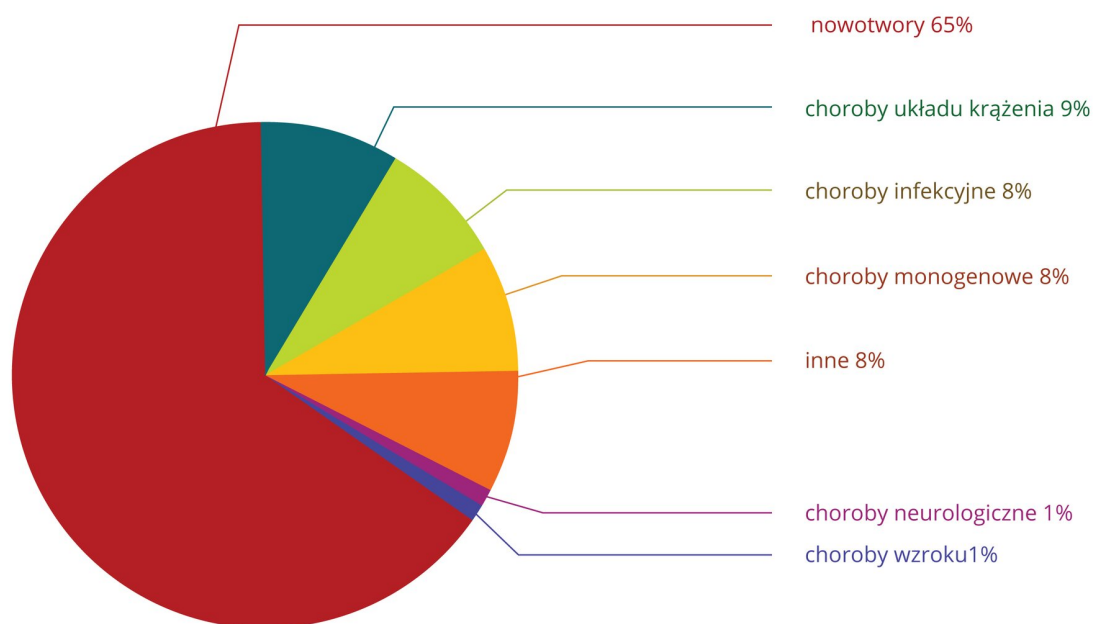
- chorób nowotworowych; do komórek przeznaczonych do eliminacji wprowadza się geny kodujące białka, które powodują samozniszczenie komórek nowotworowych i nie są toksyczne dla innych składników organizmu;
- chorób spowodowanych przez mutacje jednogenowe dominujące, jak np. płasawica Huntingtona; w przypadku tej choroby ekspresja wadliwego genu prowadzi do powstawania białka zawierającego niepotrzebnie powielony ciąg glutamin; takie białko gromadzi się w komórkach nerwowych i je uszkadza, co skutkuje narastającymi niekontrolowanymi ruchami ciała i otępieniem; leczenie polega na zablokowaniu genu kodującego wadliwe białko za pomocą na przykład niekodujących fragmentów DNA;
- chorób wywołanych przez mutacje jednogenowe recesywne, jak anemia sierpowata, mukowiscydoza, hemofilia; u osób będących homozygotami recesywnymi brakuje prawidłowych wersji danego genu; w takim przypadku należy wprowadzić ich kopie; jeżeli dany gen nie funkcjonuje wystarczająco wydajnie, także kopie dodatkowe, by wzmocnić jego działanie;
- wrodzonej ślepoty, choroby autosomalnej recesywnej, wywołanej przez mutację jednego z genów kodującego białko niezbędne w procesie widzenia; objawy występują wkrótce po urodzeniu i polegają na stopniowym zaniku nabolka i naczyń krwionośnych w siatkówce; w ciągu pierwszych 20 lat życia prowadzą do całkowitej ślepoty; na schorzenie to cierpi 1 na 50 tys. osób; terapię genową zastosowano do tej pory u 6 pacjentów; za pomocą wektora wirusowego wprowadzono do komórek siatkówki gen, którego produktem jest brakujące białko; terapia zakończyła się powodzeniem u 4 osób.



Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

Prowadzone są także badania nad leczeniem **cukrzycy**. Obecnie wykorzystuje się do nich myszy laboratoryjne z celowo wywołaną chorobą. Terapia polega na wprowadzeniu do wątroby chorych zwierząt genu odpowiedzialnego za produkcję insuliny. Doświadczenia przyniosły bardzo obiecujące rezultaty. Całkowita poprawa stanu zdrowia nastąpiła u połowy myszy biorących udział w eksperymencie. Ich wątroba zaczęła produkować hormon, dzięki czemu można było odstawić insulinę podawaną myszom jako lek.

Niestety, droga do leczenia tą metodą cukrzycy u ludzi jest jeszcze daleka. Główny problem stanowi fakt, że u zwierząt wykorzystywanych do doświadczeń choroby nie powstają naturalnie, lecz są wywoływane celowo, np. w wyniku manipulacji genetycznych. Kolejny aspekt to środowisko życia. Zwierzęta laboratoryjne podczas eksperymentu żyją w ściśle kontrolowanych warunkach, czego nie da się zastosować w przypadku leczenia ludzi z przewlekłymi chorobami. Pomimo wielu trudności, po fazach badań nad zwierzętami można przejść do fazy badań na ludziach. Jest to jednak bardzo kosztowny i długotrwały proces. Obecnie testy mające na celu leczenie cukrzycy za pomocą terapii genowej prowadzi się na dużych ssakach, m.in. na psach.



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

Przykładem defektu genetycznego (choroba LPLD) jest brak jednego z enzymów odpowiadających za rozkład tłuszczów w organizmie. Chorzy mają podwyższony poziom cholesterolu i nawracające zapalenia trzustki. Lek do terapii genowej podaje się w serii wstrzyknięć domięśniowych, a jedna dawka leku zawiera 1×10^{12} kopii genu. Wkrótce po zaaplikowaniu leku w organizmie zwiększa się ilość brakującego enzymu. Koszt leczenia jednego pacjenta wynosi 1,2 mln euro.

4. Kontrowersje wokół terapii genowej

Wprowadzanie obcych cząsteczek DNA do ludzkiego organizmu rodzi liczne obawy. Pomimo wielu prób leczenia (nowotwory, fenyloketonuria, karłowatość, cukrzyca insulinozależna) i bardzo obiecujących rezultatów stosowanie terapii genowej jest w niektórych przypadkach ryzykowne, a nawet niebezpieczne ze względu na skutki uboczne. Terapia genowa to obecnie **terapia eksperymentalna**, przez co nie może być powszechnie wykorzystywana. Do tej pory jej zastosowanie doprowadziło do śmierci 2 osób – chłopca mającego zaburzenia odporności oraz nastolatka cierpiącego na rzadką chorobę wątroby. W przypadku tego drugiego przyczyną była prawdopodobnie gwałtowna odpowiedź układu odpornościowego.

Używanie wirusów w terapii genowej ludzi niesie za sobą pewne ryzyko, chociaż geny niebezpieczne dla człowieka są z nich usuwane. Przede wszystkim nić DNA wirusa jest krótka, dlatego nie można w niej umieścić wielu genów. Pamiętać należy, że materiał

genetyczny wirusów łatwo ulega mutacjom, dlatego zmodyfikowany wirus może stać się znów niebezpieczny. Ponadto nie można kontrolować miejsca, w którym wbudują się geny terapeutyczne, co w efekcie powoduje obniżenie wydajności stosowanej terapii. Źle wbudowany gen może też tworzyć nieprawidłową sekwencję – nową wadę genetyczną.

Polecenie 2

Przedstaw swoją opinię na temat terapii genowej. Uzasadnij swoje stanowisko co najmniej 2 naukowymi argumentami.

Ciekawostka

Mukowiscydoza to choroba genetyczna. Objawia się wydzielaniem bardzo lepkiego śluzu, który zaburza pracę narządów wyposażonych w gruczoły śluzowe – np. jelita, tchawicy i oskrzeli. Naukowcy z Uniwersytetu w Karolinie Północnej wykorzystali w swoich badaniach zmodyfikowanego wirusa paragrypy, który przenosi poprawną kopię genu do komórek osoby chorej na mukowiscydozę. W wyniku tego ok. 70% komórek otrzymało poprawny gen i zaczęło prawidłowo funkcjonować, co ograniczyło nadmierną produkcję śluzu. Na razie zastosowany wirus wywołuje paragrypę, choć pozbawienie go możliwości wywoływania infekcji to tylko kwestia czasu.

Podsumowanie

- Termin *terapia genowa* został wprowadzony przez polskich naukowców.
- Terapia genowa jest eksperymentalną dziedziną nauki.
- Terapii genowej mogą być poddawane komórki rozrodcze oraz komórki somatyczne.
- W terapii genowej nośnikiem kwasów nukleinowych są wektory, np. wirusy.
- Terapia genowa może być stosowana w leczeniu chorób genetycznych, nowotworowych, infekcyjnych.

Praca domowa

Polecenie 3.1

1. Zespół Pradera-Willego spowodowany jest delecją długiego ramienia chromosomu 15. Osoby dotknięte tą chorobą są niskie, otyłe i odczuwają niepohamowany głód. Wyobraź sobie, że jesteś lekarzem, który może zaproponować osobie z zespołem Pradera-Willego eksperymentalną terapię genową związaną z podaniem nowego, niesprawdzonego leku. Twoim obowiązkiem jako lekarza jest zapoznanie pacjenta zarówno z potencjalnymi korzyściami, jak i możliwymi zagrożeniami, jakie niesie ze sobą zastosowanie tego leku. Przedstaw w postaci drzewka decyzyjnego analizę sytuacji i argumentację, która pomogłaby pacjentowi podjąć decyzję.

Polecenie 3.2

2. Przedstaw cechy wirusów, które stanowią o ich wykorzystaniu jako wektory w terapii genowej.

Słowniczek

komórki somatyczne

wszystkie komórki organizmu z wyjątkiem komórek płciowych

limfocyty

komórki układu odpornościowego

liposomy

pęcherzyki wypełnione wodą lub roztworem wodnym, otoczone warstwą lipidową; naturalnym liposomem jest na przykład cząsteczka cholesterolu; liposomy sztuczne służą do transportu zamkniętych w nich substancji, jak np. leki czy dermokosmetyki



Źródło: Stako (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.

Wacław Szybalski

ur. 9.09.1921

Polski uczony, który prowadził badania głównie w USA. Obszarem jego zainteresowań jest genetyka, biotechnologia, onkologia. Współautor wielu innowacyjnych technik laboratoryjnych z zakresu biotechnologii.

terapia eksperymentalna

leczenie z wykorzystaniem nowych specyfików i technik leczenia, stosowane, gdy rutynowe i sprawdzone metody nie przynoszą efektu i gdy nie ma innej możliwości niesienia pomocy choremu oraz wtedy, gdy istnieje nawet niewielka szansa, że nowa terapia może przynieść korzyści dla pacjenta

Zadania

Ćwiczenie 1

Wskaż błędne dokończenie zdania.

Terapia genowa może być stosowana w przypadku

- ☐ chorób spowodowanych przez mutacje dominujące.
- ☐ wirusowych chorób zakaźnych.
- ☐ schorzeń powstających w wyniku aberracji chromosomowych.
- ☐ niektórych chorób nowotworowych.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Komórki somatyczne

- ☐ po wprowadzeniu leczniczych genów pozwalają przekazać nowo nabytą cechę potomstwu.
- ☐ to komórki, które budują organizm, z wyjątkiem komórek rozrodczych.
- ☐ zawierają pojedynczy zestaw chromosomów.
- ☐ to wszystkie komórki występujące w ciele każdego organizmu.
- ☐ to na przykład komórki wątroby i szpiku kostnego.
- ☐ mogą być poddawane terapii genowej.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Uzupełnij luki w tekście, wpisując brakujące wyrazy.

Wirusy używane w terapii genowej pełnią funkcję . Terapia genowa polega na wprowadzeniu do organizmu poprawiających lub umożliwiających przebieg określonych procesów. Za pomocą terapii genowej można wyeliminować wady genetycznej. W terapii genowej możliwe jest stosowanie przenośników niewirusowych. Są to na przykład , struktury w postaci pęcherzyków zbudowanych z otoczki podobnej do błony komórkowej.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Oblicza biotechnologii

Poznanie budowy i właściwości DNA zapoczątkowało intensywny rozwój biotechnologii molekularnej. Jedną ze stosowanych w tej dziedzinie metod jest modyfikacja genów. Umożliwia ona tworzenie organizmów o cechach korzystnych dla człowieka albo środowiska. Jej osiągnięcia służą medycynie, sądownictwu, przemysłowi, rolnictwu i ochronie środowiska. Produkty biotechnologii niewątpliwie przynoszą pożytek, jednak budzą również obawy związane z ich możliwym negatywnym wpływem na środowisko i zdrowie człowieka oraz kontrowersje związane z ich etycznym wykorzystaniem.



Hodowla transgenicznych mikroorganizmów

1. Organizmy zmodyfikowane genetycznie

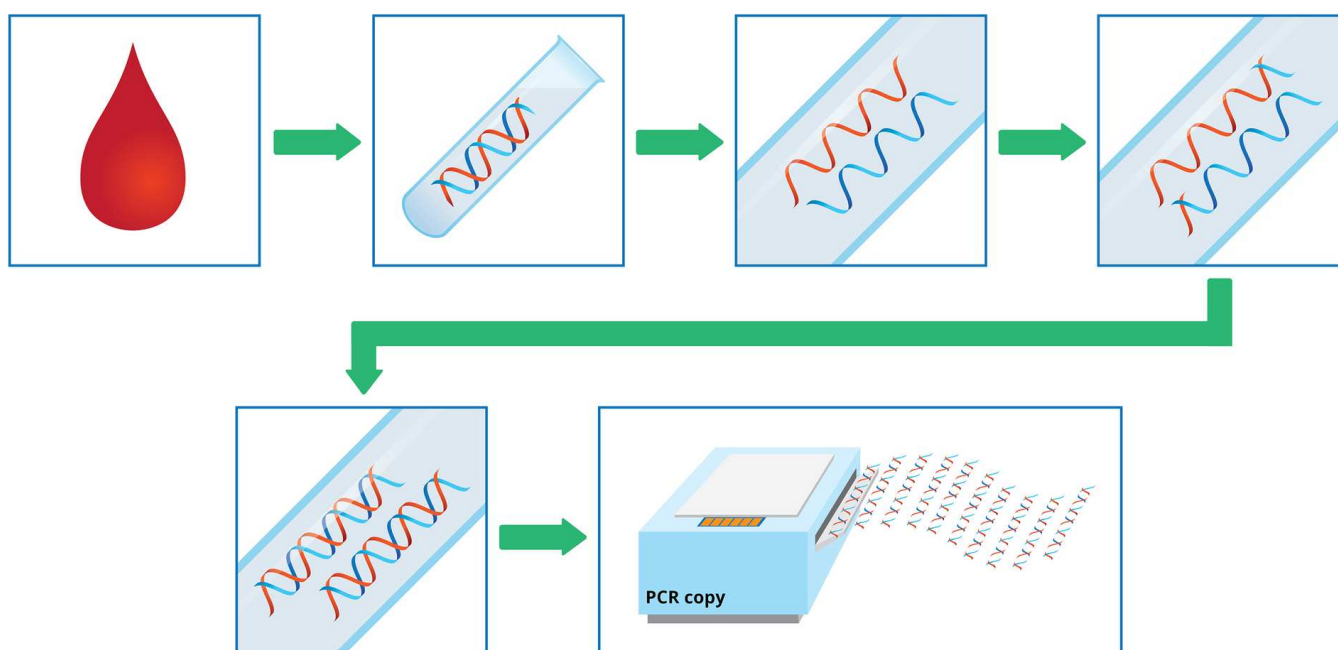
GMO to organizm, w którym materiał genetyczny został zmieniony za pomocą technik inżynierii genetycznej. W wyniku modyfikacji genetycznych powstają mikroorganizmy, rośliny i zwierzęta o takich cechach, których otrzymanie poprzez dobór sztuczny trwałoby bardzo długo lub byłoby niemożliwe.



Źródło: Dariusz Adryan, webaspcat (<https://pixabay.com>), licencja: CC BY 3.0.

2. Wykorzystanie DNA w nauce, medycynie i sądownictwie

W DNA zawarte są informacje o cechach organizmów. Każdy organizm (z wyjątkiem klonów) ma swój unikatowy i charakterystyczny tylko dla niego zestaw nukleotydów. Analiza sekwencji DNA pozwala określać ewolucyjne pokrewieństwo między organizmami, identyfikować przyczyny chorób, ustalać tożsamość ludzi, np. wskazywać przestępców na podstawie pozostawionych w miejscu zdarzenia śladów biologicznych. Badania nad DNA rozwijają się dzięki poznaniu genomu wielu organizmów, w tym człowieka, oraz wynalezieniu techniki PCR – łańcuchowej reakcji polimerazy, która pozwala na uzyskanie ze śladowych próbek DNA (mikrośladów) takich jego ilości, które nadają się do badań lub eksperymentów.



Zadania otwarte

Pamiętam i rozumiem

Polecenie 1

Porównaj biotechnologię tradycyjną z biotechnologią nowoczesną. Powiedz, czym zajmują się te dziedziny wiedzy.

Polecenie 2

Wyjaśnij, czym zajmuje się inżynieria genetyczna, i podaj przykłady jej zastosowania.

Polecenie 3

Wyjaśnij, jaki organizm nazywamy zmodyfikowanym genetycznie; wymień rodzaje modyfikacji genetycznych.

Polecenie 4

Informacja genetyczna jest zapisana w cząsteczkach DNA każdego organizmu. Do jakich celów wykorzystuje się analizę sekwencji nukleotydów w DNA? Wymień 4 przykłady.

Polecenie 5

Podaj przykłady praktycznego zastosowania biotechnologii w ochronie środowiska.

Czytam i interpretuję

Polecenie 6

Na podstawie tekstu wykonaj polecenia.

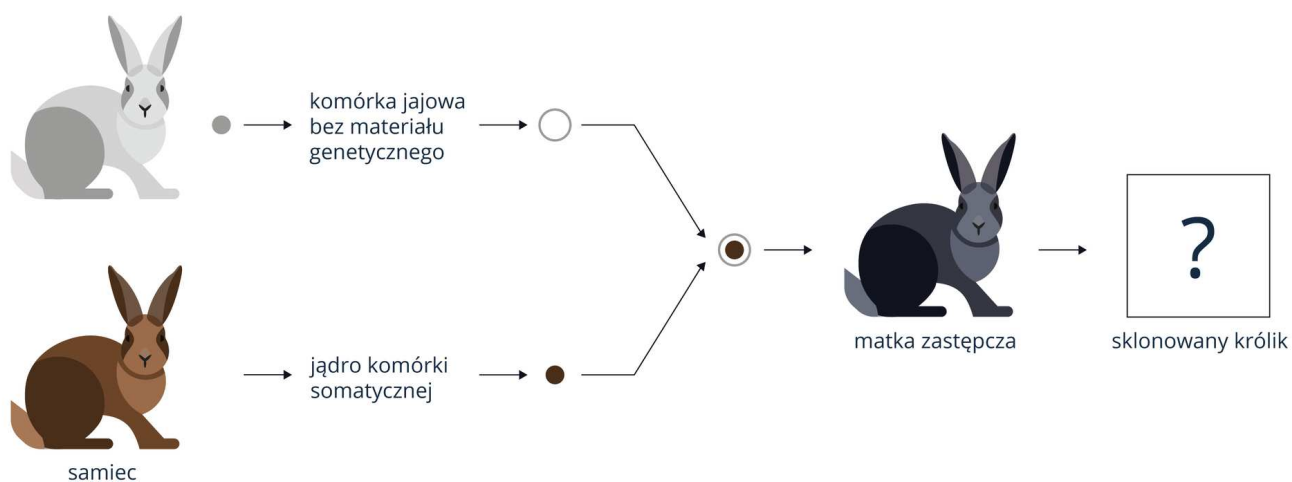
Aby dokonać transformacji rośliny, trzeba najpierw wybrać i powielić gen, którym chcemy wzbogacić jej materiał genetyczny. Gen jest namnażany poza organizmem, z którego pochodzi i wprowadzany do odpowiedniego wektora, np. bakterii *Agrobacterium tumefaciens*. Jej przygotowanie polega na usunięciu genów wywołujących chorobę rośliny i zastąpienie ich wybranym celowo fragmentem DNA (transgenem). Tak zmodyfikowane bakterie są namnażane. W kolejnym etapie przygotowuje się tkankę roślinną. Mogą to być liście, wierzchołki wzrostu, zarodki, które zostają zranione, by ułatwić wnikanie bakterii. Gdy bakteria zainfekuje komórki roślinne, transgen powinien zostać wbudowany w ich genomy. By potwierdzić, czy do tego doszło, wykonuje się następujące czynności:

- hoduje się poddane transformacji tkanki na pożywcze, która ogranicza wzrost niezmienionych genetycznie komórek;
- z wyselekcjonowanych tkanek odtwarza się rośliny *in vitro*;
- prowadzi się badania potwierdzające, że otrzymane w ten sposób rośliny zawierają wprowadzone sztucznie geny, i produkują zakodowane przez nie białka, a także że w hodowli nie występuje *A. tumefaciens*;
- prowadzi się polową uprawę sadzonek i obserwuje m.in., czy gen został wbudowany na stałe, czy produkcja białka zachodzi w oczekiwany sposób oraz czy wprowadzony gen nie wywołuje niepożądanych zmian (na podstawie: , Wiedza i Życie, nr 09/2010).

1. Nazwij metodę modyfikacji organizmów, którą opisuje tekst.
2. Przedstaw za pomocą schematu blokowego kolejne czynności, jakie wykonuje badacz w celu uzyskania zmodyfikowanej rośliny.
3. Opisz wektor genetyczny zastosowany w opisanej transformacji.
4. Wymień trudności, jakie mogą się pojawić podczas wytwarzania transgenicznych roślin.

Polecenie 7

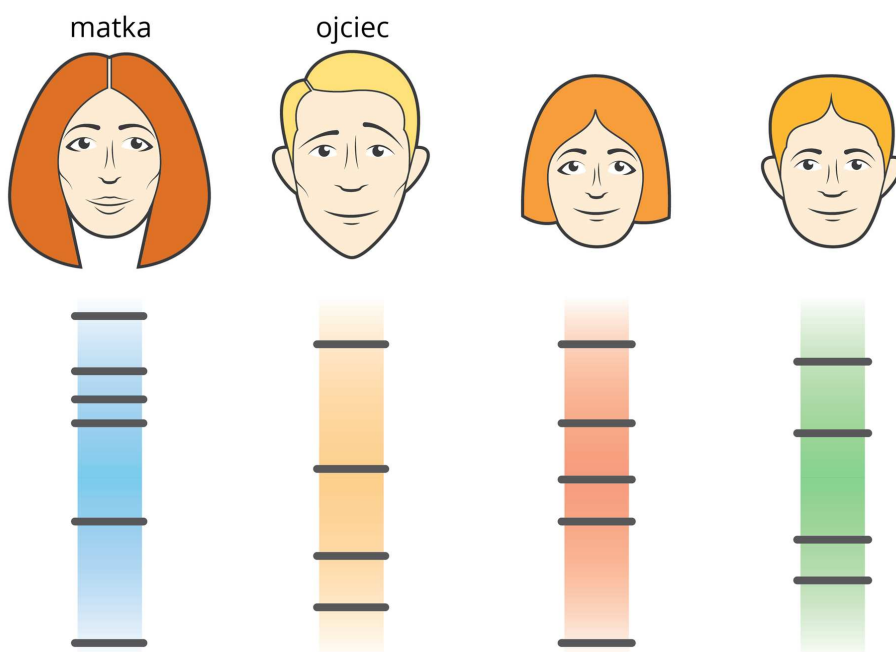
Przeanalizuj ilustrację, a następnie opisz wygląd i podaj płeć sklonowanego królika.



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 8

Na podstawie profili genetycznych przedstawionych osób ustal, czy chłopiec i dziewczynka są biologicznymi dziećmi tej pary rodziców.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

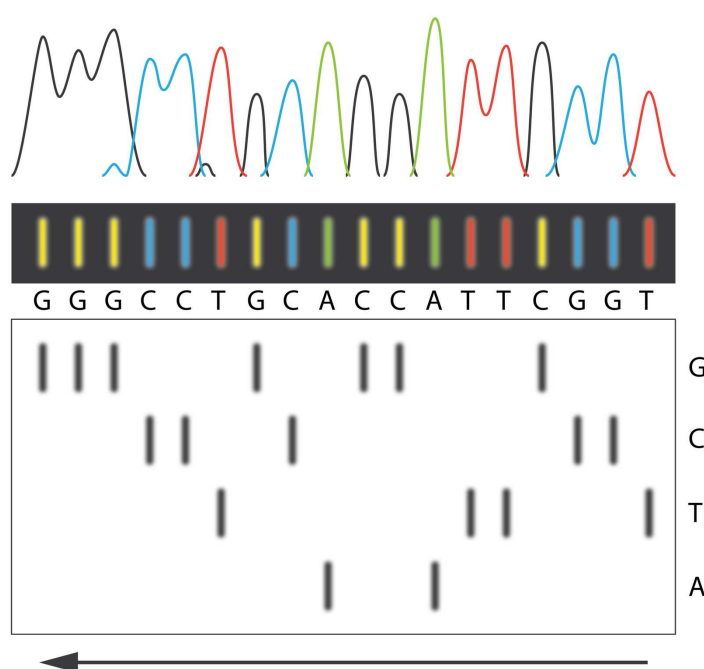
Polecenie 9

Oceń poprawność informacji, wskaż, omów i popraw dostrzeżony błąd.

W dobrze zachowanych szczątkach tura odnaleziono materiał genetyczny tego wymarłego zwierzęcia. Naukowcy krok po kroku odtwarzają jego kod genetyczny.

Polecenie 10

Nadaj tytuł poniższej ilustracji.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Rozwiązuję problemy

Polecenie 11

Jednym z pierwszych leków dopuszczonych do powszechnego stosowania uzyskanych dzięki inżynierii genetycznej była ludzka insulina produkowana przez modyfikowane genetycznie bakterie. Sformułuj hipotezy stanowiące próbę wyjaśnienia, dlaczego w pierwszej kolejności zajęto się leczeniem cukrzycy.

Polecenie 12

Niektórzy twierdzą, że badania wykrywające nieuleczalne choroby genetyczne są bezcelowe. Czy zgadzasz się z tą opinią? Czy diagnostyka chorób genetycznych powinna być prowadzona powszechnie, a wyniki badań jawne, jak np. fakt posiadania określonej grupy krwi? Wyraż swoją opinię i uzasadnij ją.

Polecenie 13

Projekt poznania ludzkiego genomu (HGP) zakończył się niewątpliwym sukcesem. Informacje uzyskane w wyniku jego realizacji mogą być wykorzystane w opracowaniu skuteczniejszych metod diagnozy chorób genetycznych oraz w wykrywaniu ryzyka ich wystąpienia.

Odpowiedz na pytania:

1. Jak, twoim zdaniem, wiedza na temat sekwencji DNA w genomie człowieka może być wykorzystywana dla dobra ludzkości?
2. Do kogo powinny należeć dane opracowane podczas projektu i kto powinien mieć do nich dostęp?
3. Czy chciałbyś/chciałabyś znać szczegóły swojego genomu?
4. Czy, twoim zdaniem, powinno się stworzyć bazę profili genetycznych wszystkich obywateli?

Polecenie 14

Co pewien czas w mediach pojawia się pogląd, że wizja klonowania dinozaurów przedstawiona w powieści i filmie pt.: *Park Jurajski* jest bardzo bliska urzeczywistnienia.

1. Wymień konsekwencje, jakie mogłoby przynieść ludziom i środowisku naturalnemu przywrócenie dinozaurów do życia.
2. Wykorzystując wiedzę na temat klonowania zwierząt, zaprojektuj etapy sklonowania dinozaura. Weź po uwagę dostępność i kompletność materiału genetycznego, dawkę komórki jajowej i miejsce rozwoju zarodka.

Polecenie 15

Zwierzęta transgeniczne wykorzystywane są jako modele ludzkich chorób. Dają one możliwość badania mechanizmów chorób, testowania nowych leków i terapii. Oceń korzyści i zagrożenia, wynikające ze stosowania zwierzęcych modeli ludzkich chorób, w projektowaniu potencjalnych terapii i leków.

Polecenie 16

Opinie nt. organizmów i produktów GMO są podzielone. Metodą drzewka decyzyjnego rozważ następujący problem: Zastosowanie roślin genetycznie modyfikowanych pozwala lepiej zaspokoić potrzeby stale rosnącej populacji ludzkiej.

Zadania zamknięte

Otwórz i wydrukuj załącznik.

Źródło: Alicja Kasińska, licencja: CC BY 3.0.

Projekt badawczy

Otwórz i wydrukuj załącznik.

Źródło: Alicja Kasińska, licencja: CC BY 3.0.

Różnorodność genetyczna

Różnorodność genetyczna zapewnia prawidłowy rozwój populacji i czyni ją odporną na niekorzystne czynniki środowiskowe oraz patogeny. Obserwowane obecnie zubożenie puli genowej wielu gatunków prowadzi je do zagłady, której człowiek nie potrafi zapobiec mimo licznych starań.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., Liz Lister (<https://www.flickr.com>), Kristine Paulus (<https://www.flickr.com>), Kabir Bakie (<http://commons.wikimedia.org>), Didier Descouens (<http://commons.wikimedia.org>), Erik Veldhuis (<http://commons.wikimedia.org>), Rubén Díaz Caviedes (<https://www.flickr.com>), Norbert Nagel (<http://commons.wikimedia.org>), Gary Rogers (<http://www.geograph.org.uk>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Już wiesz

- pierwotnym źródłem różnorodności genetycznej są mutacje;
- rozmnażanie płciowe zapewnia zróżnicowanie genetyczne potomstwa;
- gatunki są od siebie wzajemnie zależne, zachodzą między nimi interakcje antagonistyczne lub nieantagonistyczne;

Nauczysz się

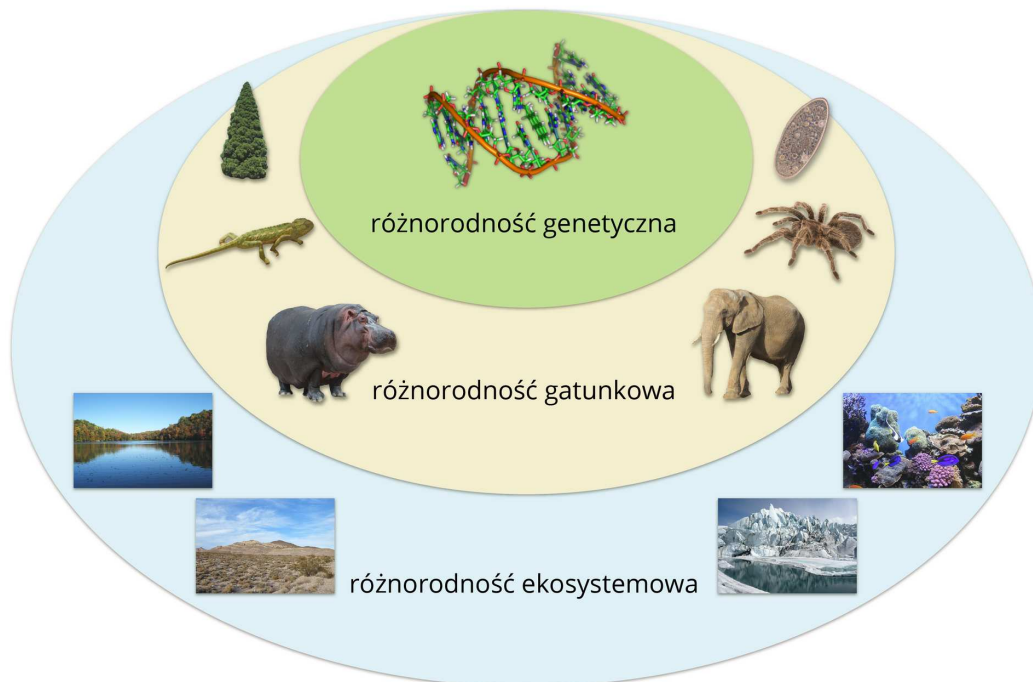
- wymieniać poziomy różnorodności biologicznej;
- opisywać znaczenie różnorodności genetycznej w przystosowaniu organizmów do lokalnych warunków życia;
- wyjaśniać, na czym polega ewolucyjny wyścig zbrojeń i jakie znaczenie w nim ma różnorodność genetyczna;
- wyjaśniać przyczyny i skutki spadku różnorodności genetycznej.

1. Poziomy różnorodności biologicznej

Podczas Szczytu Ziemi zorganizowanego w 1992 r. pod hasłem „Środowisko i rozwój” w Rio de Janeiro 172 kraje przyjęły ustalenia Konwencji o **różnorodności biologicznej** (bioróżnorodności) i zobowiązały się ich przestrzegać.

W dokumencie tym pojęcie różnorodności biologicznej zdefiniowano jako zróżnicowanie wszystkich żywych organizmów występujących na Ziemi w ekosystemach lądowych, morskich i słodkowodnych oraz w zespołach ekologicznych, których są częścią. Zróżnicowanie to dotyczy wszystkich poziomów złożoności życia na Ziemi. Wyróżnia się następujące rodzaje różnorodności biologicznej:

- **genetyczną (wewnątrzgatunkową)**, czyli zróżnicowanie alleli genów w pulach genowych populacji danego gatunku;
- **gatunkową** odnoszącą się do liczby gatunków żyjących w określonych ekosystemach;
- **ekosystemową**, czyli różnorodność naturalnych siedlisk oraz ekosystemów.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 1

Zastanów się, która populacja ludzka charakteryzuje się większą różnorodnością genetyczną – polska czy obywateli Stanów Zjednoczonych. Uzasadnij odpowiedź.

2. Znaczenie adaptacyjne różnorodności genetycznej

Środowisko, w którym żyją organizmy, nie jest jednorodne. Poszczególne nisze ekologiczne różnią się czynnikami abiotycznymi, jak: wilgotność, nasłonecznienie, temperatura, typ podłoża, dostępność pożywienia. Uwarunkowania te występują w różnym nasileniu, często wykazując gwałtowne wahania. Określone warunki życia wymagają od zasiedlających je organizmów posiadania konkretnych przystosowań (**adaptacji**). Cechy organizmu, umożliwiające przeżycie w środowisku, są efektem działania genów – ustalonych zestawów ich alleli. Dobór naturalny powoduje, że w różnorodnych, dynamicznie zmieniających się warunkach siedliskowych mogą utrzymywać się przy życiu tylko takie populacje, których osobniki genetycznie różnią się między sobą. Niektóre z tych osobników mają cechy (tzw. preadaptacje), które w określonych warunkach środowiskowych dają im przewagę nad osobnikami niemającymi takich cech. Jednostki te łatwiej przeżywają zmiany w środowisku, są w lepszej kondycji zdrowotnej, mają liczniejsze potomstwo. W ten sposób ich geny stają się liczniej reprezentowane w kolejnym pokoleniu, preadaptacje stają się adaptacjami, a populacja ewoluje. Populacje gatunków szeroko rozpowszechnionych mają ogromną **pulę genową** i wykazują tym samym dużą różnorodność genetyczną.

Klasycznym przykładem gatunku o bardzo szerokim zasięgu jest człowiek. Cechy o znaczeniu adaptacyjnym okazały się niezwykle istotne na przykład podczas zasiedlania kolejnych kontynentów. Barwa skóry to jedna z właściwości będąca przystosowaniem do różnego natężenia promieniowania UV. Jest ona tym ciemniejsza, im więcej znajduje się w niej melaniny – barwnika chroniącego komórki organizmu przed szkodliwym promieniowaniem. Melanina występuje także we włosach, a jej obecność w tęczówce oka sprawia, że przenikanie promieni słonecznych odbywa się głównie przez źrenicę. Najintensywniej wytwarzana jest w populacjach pochodzących z okolic równika, gdzie promieniowanie UV jest bardzo silne. U ludzi żyjących od tysięcy lat w wyższych szerokościach geograficznych występuje w mniejszych ilościach. Barwa skóry wykazuje bardzo duże zróżnicowanie, co świadczy o sporej różnorodności genetycznej naszego gatunku.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Innym przykładem gatunku, który charakteryzuje się dużą różnorodnością genetyczną, jest krępak brzozowy. Motyl ten zawsze występował w dwóch odmianach barwnych. Pierwotnie liczniejsza była odmiana jasna. Należące do niej osobniki były mniej widoczne na korze brzozy, dzięki czemu rzadziej stawały się ofiarami ptaków, przeżywały i wydawały także jasne (na ogół) potomstwo. W połowie XIX w. wraz ze wzrostem uprzemysłowienia w Anglii nastąpił znaczny wzrost zanieczyszczenia środowiska. Pyły z kopalń i zakładów przemysłowych pokrywały wszystkie powierzchnie. W takich warunkach jaśniejsze ubarwienie motyli zaczęło działać na ich niekorzyść. Ptaki mogły je łatwiej dostrzec na pniach drzew pokrytych sadzą i schwytać. Ciemniejsza odmiana krępaka brzozowego miała natomiast większe szanse utrzymania się przy życiu i szybko stała się formą dominującą. Obecnie, z powodu poprawy stanu środowiska, obserwuje się przeciwny proces, czyli powtórna dominację krępaków o jasnym ubarwieniu. Także w tym przypadku przetrwanie gatunku było możliwe dzięki występowaniu w populacji różnych alleli genów odpowiedzialnych za ubarwienie motyli.



Źródło: Aleksandra Ryczkowska, TANAKA Juuyoh (<https://www.flickr.com>), Nan Jiang, Dayong Xue, Hongxiang Han (<http://commons.wikimedia.org>), Olaf Leillinger (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.5.

Znaczenie adaptacyjne ma także barwa muszli pospolitego ślimaka gajowego, gatunku, który charakteryzuje się dużą różnorodnością genetyczną. Populacje tego gatunku zamieszkujące lasy i zarośla mają ciemne ubarwienie muszli. Sprawia ono, że ptakom trudno je dostrzec, a ponadto ułatwia nagrzewanie się ciała. Ślimaki występujące na otwartej przestrzeni są jasno ubarwione, co w pewnym stopniu chroni je przed drapieżnikami i przed przegrzaniem.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., Liz Lister (<https://www.flickr.com>), Kristine Paulus (<https://www.flickr.com>), Kabir Bakie (<http://commons.wikimedia.org>), Didier Descouens (<http://commons.wikimedia.org>), Erik Veldhuis (<http://commons.wikimedia.org>), Rubén Díaz Caviedes (<https://www.flickr.com>), Norbert Nagel (<http://commons.wikimedia.org>), Gary Rogers (<http://www.geograph.org.uk>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Niektóre gatunki przystosowują się do różnych warunków środowiska, wytwarzając coraz to nowe lokalne odmiany lub podgatunki, z których każdy precyzyjnie adaptuje się do własnej niszy ekologicznej, np. do określonego mikroklimatu, zmniejszając tym samym różnorodność genetyczną. W konsekwencji, gdy warunki siedliska się zmieniają, wyspecjalizowane organizmy nie potrafią przetrwać w nowych okolicznościach i zwykle wymierają. Przykładem takiego wyspecjalizowanego gatunku jest tygrys, który w czasach historycznych występował w 10 podgatunkach zamieszkujących różne obszary Azji (od Kaukazu i Morza Kaspijskiego na zachodzie po wschodnią Syberię na północy i położone na południu wyspy Sumatrę i Jawę). Podgatunki tygrysa – kaspijski, balijski, jawajski wyginęły w XX w. Obecnie żyje 6 podgatunków tygrysa, które liczą niewiele osobników i są zagrożone wyginięciem głównie z powodu utraty siedlisk oraz kłusownictwa. Każdy z nich posiada określony zestaw alleli nieobecnych u innych podgatunków, umożliwiając mu przetrwanie tylko na swoim obszarze. Dlatego na przykład przeniesienie tygrysa sumatrzeńskiego na Syberię nie sprawi, że ten ciepłolubny gatunek zaadaptuje się do nowych warunków. Tygrysy sumatrzeńskie nie posiadają alleli, które w kolejnych pokoleniach pozwoliłyby im zadomowić się w surowym klimacie. Taki transfer nie powiodłby się także w przeciwnym kierunku. Przyczyną jest utrata alleli, która związana jest ze spadkiem liczebności populacji. W przypadku tygrysa wynosi ona nawet 93% w stosunku do populacji żyjących w XIX w.



Źródło: skeeze (<http://pixabay.com>), licencja: CC0.

Polecenie 2

W ogrodach zoologicznych żyje kilkaset tygrysów pochodzących od przodków schwytanych jeszcze w XIX w. Wyjaśnij, jaką rolę mogą one odegrać w odtworzeniu populacji tych wielkich kotów.

Ciekawostka

Podobnie jak w przypadku ślimaka gajowego i krępacka brzozonego, również u człowieka niektóre cechy stanowiące korzystne przystosowania w jednych warunkach życia mogą być nieprzydatne, a nawet szkodliwe w innych. Zaobserwowano, że ludzie o ciemnej skórze (mówi się o nich, że żyją w cieniu własnej skóry) mieszkający na stałe w strefie klimatu umiarkowanego, mają problemy z odpornością i przyswajaniem wapnia. Dzieje się tak dlatego, że duża ilość melaniny uniemożliwia przenikanie światła słonecznego w głąb skóry, gdzie pod jego wpływem zachodzi produkcja witaminy D, której deficyt powoduje oba te zaburzenia.

3. Różnorodność genetyczna orężem w ewolucyjnym wyścigu zbrojeń

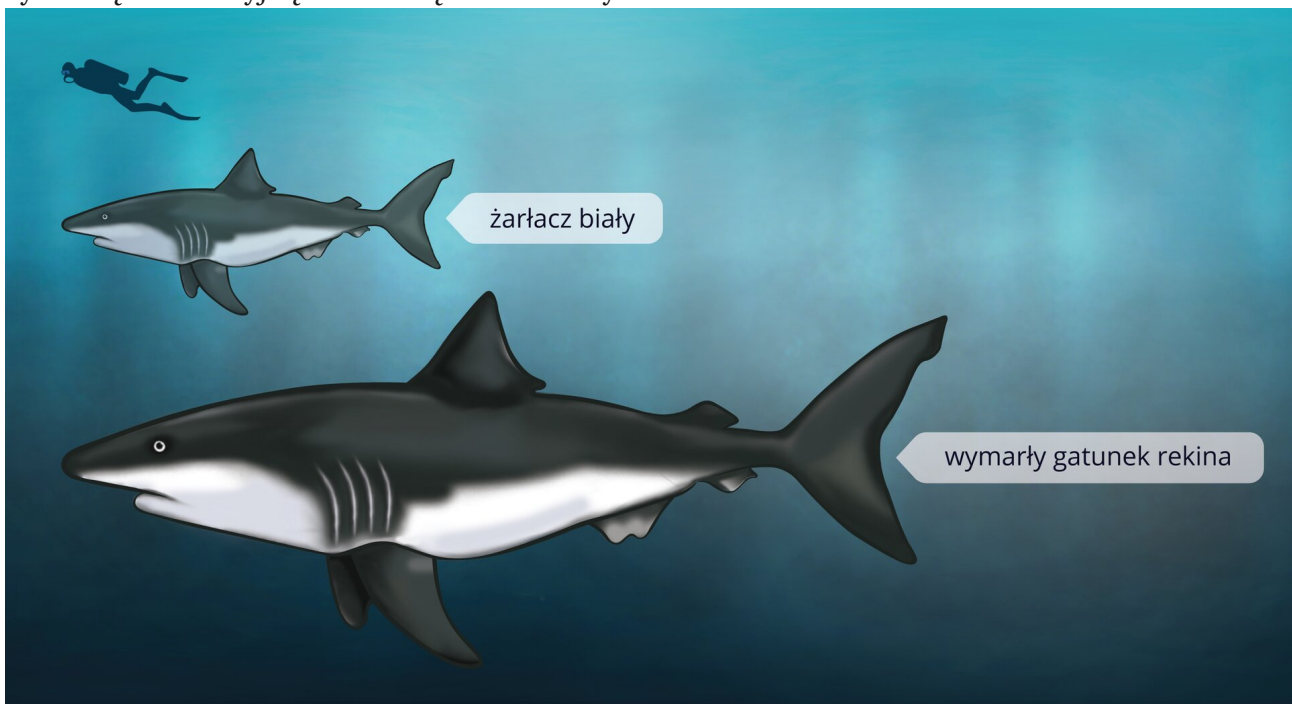
Duża różnorodność genetyczna umożliwia gatunkom wykształcenie różnorodnych przystosowań, m.in. do walki z drapieżnikami i patogenami (wirusami, mikroorganizmami chorobotwórczymi, pasożytami). W przyrodzie między żywicielami i pasożytami oraz między drapieżnikami i ofiarami trwa nieustający ewolucyjny wyścig zbrojeń stanowiący przejaw [koewolucji](#). Poprzez przetasowania w obrębie puli genowej oraz pojawianie się w genotypach nowych mutacji powstają przystosowania, które pozwalają danym gatunkom zdobyć przewagę nad gatunkami-przeciwnikami. U osobników będących gospodarzami mutacje takie podwyższają odporność na patogeny. Jednostki bardziej odporne pozostawiają po sobie więcej potomstwa, które (na ogół) dziedziczy po nich geny warunkujące zwiększoną odporność. W konsekwencji występowanie zmutowanych genów w danej populacji jest coraz częstsze. Analogicznie u patogenów nowe mutacje zwiększają skuteczność infekowania żywicieli, np. poprzez przełamanie ich naturalnych mechanizmów obronnych. Patogeny, które posiadły zdolność skuteczniejszego infekowania gospodarza, mnożą się intensywniej, przez co skutecznej rozprzestrzeniają się w populacji żywiciela.

Przykładami mutacji dających ich nosicielom przewagę nad patogenami w ewolucyjnym wyścigu zbrojeń są:

- mutacja recesywna w genie *CCR5* zlokalizowanym na 3. chromosomie, która osobie posiadającej 2 recesywne allele zapewnia odporność na jedną z odmian wirusa HIV i ospy czarnej; u posiadaczy jednego zmutowanego allelu (heterozygot) odporność jest częściowa, zmniejsza prawdopodobieństwo zarażenia wirusem HIV przy kontakcie z krwią zakażonego;

- mutacja recesywna w genie kodującym hemoglobinę zlokalizowanym na 11. chromosomie w przypadku posiadania jednego recesywnego allelu, zapewnia odporność na malarię, ale jest odpowiedzialna za pewien rodzaj anemii; homozygoty recesywne chorują na anemię sierpowatą i często umierają w młodym wieku.

W układzie drapieżnik – ofiara to ofiara ewoluuje w kierunku uzyskania przystosowań, które ochronią ją przed drapieżnikami doskonalącymi skuteczność polowania. Przykładem takiego wyścigu zbrojeń może być koewolucja wielorybów i rekinów. W trwającym miliony lat procesie ewolucji tych gatunków wieloryby stopniowo zwiększały masę ciała, gdyż pozwalało im to lepiej chronić się przed drapieżnikami. Te z kolei, adaptując się do wielkości ofiary, także zwiększały swoje rozmiary i siłę ścisku szczęk. Apogeum tego wyścigu stanowiło pojawienie się ok. 2-2,5 mln lat temu największego rekina w historii życia na Ziemi, *Carcharocles megalodon*, osiągającego 18 m długości i posiadającego siłę ścisku szczęk nawet do 18 t/cm², czyli 10 razy większą niż u współczesnego żarłacza białego. Kiedy wieloryby zwiększyły swe gabaryty, osiągając stan zbliżony do dzisiejszego, olbrzymie rekiny nie były w stanie kontynuować wyścigu zbrojeń, a nie mogąc skutecznie polować na ofiary ogromnych rozmiarów ani zaadaptować się do łowienia mniejszych zwierząt, stopniowo wymarły. Taki wyścig zbrojeń oparty na ciągłym zwiększaniu rozmiarów przez ofiarę (dla zwiększenia bezpieczeństwa w razie ataków drapieżnika) nazywa się ewolucyjną ucieczką w rozmiary.



Źródło: autor, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 3

Dobór naturalny faworyzuje nosicieli genu anemii sierpowatej (heterozygoty). Choć takie osoby mają objawy anemii, nie grozi im zachorowanie na malarię. Wyjaśnij, na czym polega przewaga nosiciela genu anemii sierpowatej nad członkiem jego populacji nieposiadającym takiej zmiany.

Wskazówka

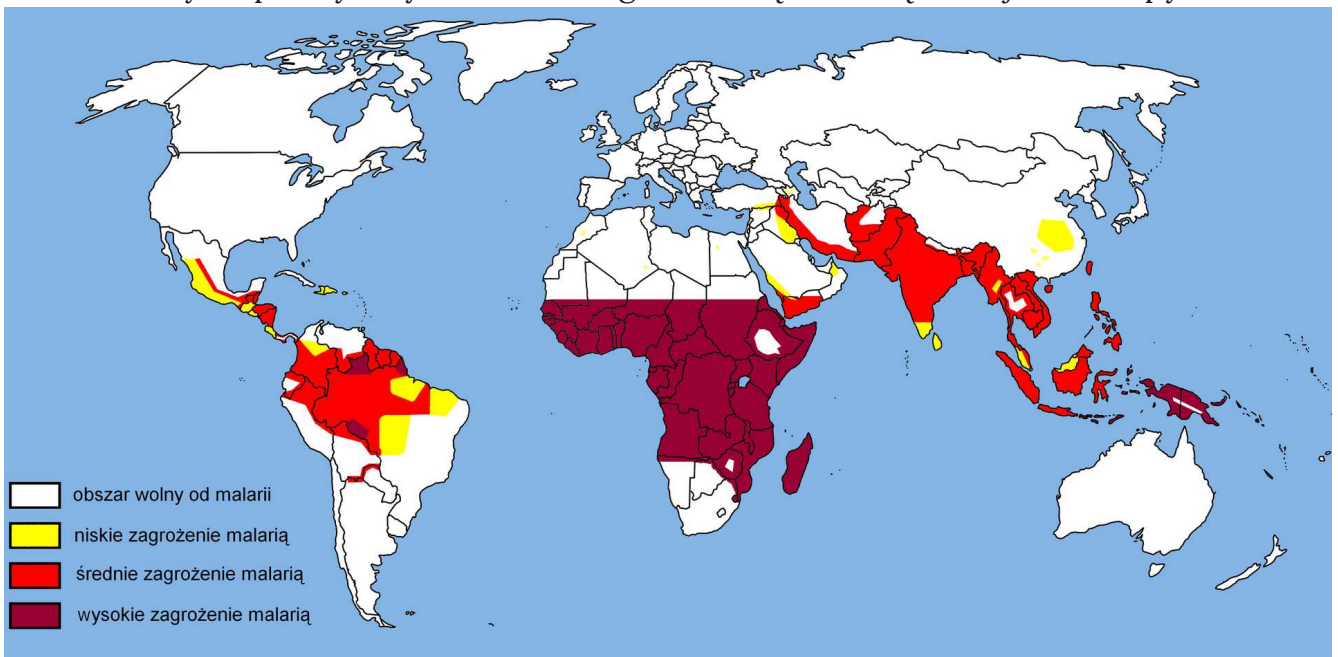
Czy większe szanse dożycia wieku wydania potomstwa istnieją przy pojawieniu się objawów anemii czy też malarii?

Ciekawostka

Koncepcja wyjaśniająca ewolucyjny wyścig zbrojeń została nazwana hipotezą czerwonej królowej. Inspiracją dla jej autora były słowa Czerwonej Królowej, przedstawionej w powieści Lewisa Carolla pt.: „Po drugiej stronie lustra”, skierowane do głównej bohaterki: „Aby utrzymać się w tym samym miejscu, trzeba biec, ile sił”. Idealnie obrazują one zależności zachodzące między dwoma gatunkami, które biorą udział w nieustającym ewolucyjnym wyścigu zbrojeń.

Ciekawostka

Prawdopodobieństwo wystąpienia u osób wywodzących się z Afryki mutacji w genie kodującym hemoglobinę (czego skutkiem ubocznym jest uzyskanie odporności na malarię), wynosi 1 na 625 urodzeń, a u rdzennych Europejczyków 1 na 600 tysięcy urodzeń. Różnicę tę tłumaczy się dużym ryzykiem zachorowania na malarię wśród ludności Afryki i praktycznym brakiem zagrożenia tą chorobą w krajach Europy.



4. Przyczyny spadku różnorodności genetycznej

Istnieje wiele gatunków, których różnorodność genetyczna stale maleje, a one same stają się zagrożone wyginięciem. Są wśród nich na przykład żubr, sokół wędrowny, gepard, oryks arabski, panda wielka czy goryl górski. Gatunki te mają zubożoną pulę genetyczną, co wiąże się z ich znaczną podatnością na niektóre choroby i utratą zdolności przystosowania się do zmian warunków siedliskowych, a często także z obniżoną płodnością i rozrodczością.

Ciekawostka

Panda wielka bardzo niechętnie rozmnaża się w niewoli, a i w środowisku naturalnym także dzieje się to rzadko. W dodatku zdolność do zapłodnienia trwa u niej tylko 2-3 dni i występuje jedynie raz w roku. Aby ratować ten zagrożony wyginięciem gatunek, naukowcy rozmnażają te zwierzęta *in vitro*.



Źródło: Aleksandra Ryczkowska, Colegota (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.5.

Bezpośrednim powodem zmniejszania się różnorodności genetycznej jest spadek liczebności osobników populacji. Geny przekazywane są z pokolenia na pokolenie w sposób losowy. Im większa liczba osobników posiada dany allel, tym większe jest prawdopodobieństwo, że zostanie on przekazany pokoleniu potomnemu i utrwali się w populacji. Jeżeli natomiast określony allel występuje w populacji sporadycznie, szansa na jego zniknięcie z puli genowej jest wysoka. Dlatego tylko odpowiednio duża liczebność populacji gwarantuje przekazanie kolejnym pokoleniom różnorodnego materiału genetycznego. Duża liczebność osobników to także większa szansa pojawienia się mutacji i uzyskania nowych alleli genów o znaczeniu przystosowawczym.

Ważną przyczyną spadku różnorodności genetycznej jest wymieranie lokalnych podgatunków lub odmian organizmów dzikich, a także pojawianie się coraz większej liczby wyselekcjonowanych, jednorodnych genetycznie odmian roślin uprawnych oraz ras zwierząt hodowlanych. Wraz z wymarciem odmian dzikich zanikają wszystkie unikatowe allele, które znajdowały się w ich genotypie i warunkowały przystosowanie do lokalnych warunków środowiska. Gdy wymarł tygrys kaspijski, zniknęły wszystkie allele specyficzne dla tego podgatunku, niewystępujące u innych podgatunków tygrysa. W XIX w. wyparcie starych odmian ziemniaka przez nowe spowodowało utratę genu warunkującego odporność tej rośliny na zarazę ziemniaczaną, czego efektem był nieurodzaj tego warzywa i wielki głód dziesiątkujący ludność Irlandii.

Polecenie 4

Korzystając z różnych źródeł informacji, wskaż przykłady 3 gatunków (niewymienionych w podręczniku), których różnorodność genetyczna jest zagrożona na skutek skrajnie małej liczebności ich populacji.

5. Różnorodność genetyczna roślin uprawnych i zwierząt hodowlanych

Człowiek od kilku tysięcy lat uprawia rośliny i hoduje zwierzęta, wybierając do rozrodu osobniki, które mają pożądaną przez niego cechy. W przypadku zbóż są nimi na przykład wielkość i liczba ziaren w kłosie. Z kolei len selekcjonuje się ze względu na zawartość oleju w nasionach lub wytrzymałość i rozciągliwość włókien pozyskiwanych z łodyg tej rośliny. W hodowli zwierząt dobór prowadzony jest pod kątem produkcji mięsa (tak powstały rasy bydła Charolaise i Limousine), mleka (rasa bydła holsztyńsko-fryzyjska), jaj (kury rasy Leghorn). Brano też pod uwagę takie cechy, jak jezdność (konie czystej krwi arabskiej) oraz przydatność do pracy (konie rasy ardeńskiej).

W wyniku doboru sztucznego, a także mutacji, które zaszły w ich genomie już po udomowieniu, ewolucja tych gatunków przebiega odmiennie niż miałyby to miejsce w środowisku naturalnym. Niejednokrotnie zmiany zachodzące w genotypie, a co za tym idzie także w fenotypie, są tak daleko idące, że dany gatunek znacznie się różni od żyjącego dziko przodka. Dla przykładu bydło domowe pochodzi od tura, ale nie przypomina już tego wymarłego ssaka. Nieliczne jego cechy zachowały się u ras krów takich, jak np. bydło Hecla lub francuskie bydło Camargue. W przypadku roślin uprawnych trudno czasami bez badań genetycznych wskazać dziki odpowiednik gatunku uprawnego.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., Marilyn Peddle (<https://www.flickr.com>), Nils Mulvad (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Jednym ze sposobów utrwalenia pożądanego przez człowieka cechy jest **chów wsobny**, czyli krzyżowanie organizmów w bliskim pokrewieństwie, skutkujące wzrostem homozygotyczności u potomstwa. Poszczególne osobniki potomne są do siebie genetycznie bardzo podobne, a w przypadku roślin uprawnych niekiedy są nawet swoimi klonami. W ten sposób w kolejnych pokoleniach dochodzi do stopniowego zubażania puli genetycznej. Stosowanie chowu wsobnego u roślin sprzyja zwiększeniu plonu, sprawia jednak, że nowe odmiany są bardziej podatne na ataki różnych patogenów. U zwierząt może prowadzić do zwiększonej miąższości świń lub mleczności krów, ale obniża odporność tych zwierząt na choroby.

Dzięki doborowi sztucznemu człowiek uzyskał wiele odmian i ras roślin oraz zwierząt. W tysiącach odmian występują szczególnie rośliny ozdobne, np. róże, które były krzyżowane i selekcjonowane ze względu na wiele poświadanych cech: wielkość kwiatów, ich barwę, zapach, zdolność do pięcia się po podporach, wytwarzanie licznych kolców lub ich brak, drzewiasty lub miniaturowy pokrój, mrozoodporność. Dzięki temu zachowały wiele alleli genów. Podobnie jak róże, gatunek pies domowy, reprezentowany przez wiele ras, zachowuje wciąż dużą różnorodność genetyczną.

Polecenie 5

Kapusta, która króluje na naszych stołach, swój wygląd osiągnęła w wyniku selekcji i krzyżowania dopiero w średniowieczu, choć znana jest od starożytności. Zbierz informacje na temat historii kapusty i jej współczesnych odmian, a następnie na ich podstawie przygotuj prezentację multimedialną.

Ciekawostka

Najstarszą rośliną uprawną jest len. Wysiewano go już ponad 6 tysięcy lat temu. Pierwszym zwierzęciem udomowionym był pies, który towarzyszy człowiekowi od ok. 15 tysięcy lat. Najstarszymi zwierzętami gospodarskimi są natomiast owca i koza, udomowione ok. 9-7 tysięcy lat p.n.e.

Podsumowanie

- Różnorodność genetyczna (wewnątrzgatunkowa) to zróżnicowanie alleli genów w pulach genowych populacji danego gatunku.
- Różnorodność genetyczna umożliwia przystosowanie się gatunku do zmian środowiska.
- Różnorodność genetyczna jest dla gospodarzy i patogenów oraz drapieżników i ich ofiar orężem wykorzystywanym podczas ewolucyjnego wyścigu zbrojeń trwającego między nimi od milionów lat.
- Mutacje, wzbogacając pulę genową populacji, mogą dawać organizmom przewagę odzwierciedlającą się w ich lepszym przystosowaniu do warunków życia w zmiennych warunkach środowiska.
- Głównymi przyczynami spadku różnorodności genetycznej jest spadek liczebności osobników populacji poszczególnych gatunków oraz wymieranie lokalnych podgatunków lub odmian.
- Dobór sztuczny zwykle prowadzi do zubożenia puli genetycznej gatunków.

Praca domowa

Polecenie 6.1

1. Oszacuj prawdopodobieństwo (duże – małe), że wszyscy ludzie na Ziemi zginą w wyniku epidemii nowej choroby. Uzasadnij swoją prognozę.

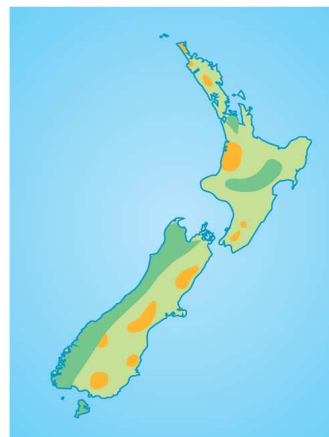
Polecenie 6.2

2. Kakapo to gatunek dużej, nielotnej papugi (najcięższej papugi na świecie) zagrożonej wyginięciem. Jeszcze w połowie XIX w. zamieszkiwał prawie połowę obszaru Nowej Zelandii. Obecnie jego zasięg ogranicza się do kilku małych wysepek, a różnorodność genetyczna bardzo zubożała. Wyjaśnij, w jaki sposób najprawdopodobniej doszło do zubożenia puli genetycznej tego gatunku.



kakapo

Zasięg kakapo w przeszłości



zasięg kakapo do roku 1840
materiał kopalny

Zasięg kakapo obecnie



aktualny zasięg kakapo

Źródło: Dariusz Adryan, John G. Keulemans, Msikma (<http://commons.wikimedia.org>), Msikma (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.

Słowniczek

adaptacja

przystosowywanie się gatunku do określonych warunków życia poprzez wytworzenie określonych cech (adaptacyjnych), które mogą być dziedziczne lub niedziedziczne

chów wsobny

zwany także kojarzeniem krewniaczym; kojarzenie osobników blisko spokrewnionych ze sobą, którego skutkiem jest wzrost homozygotyczności potomstwa

koewolucja

proces współzależnej ewolucji gatunków pozostających w różnych relacjach międzygatunkowych, np. symbiotycznych lub antagonistycznych, w którym każdy z gatunków wytwarza nowe przystosowania dające mu korzyści, a w przypadku relacji antagonistycznych – przewagę nad drugim gatunkiem

nisza ekologiczna

sposób wykorzystania zasobów środowiska przez dany gatunek; ogół wszystkich przystosowań gatunku i jego pozycja w ekosystemie

pula genowa

wszystkie allele genów występujących u osobników danej populacji

różnorodność biologiczna

inaczej zwana bioróżnorodnością; zróżnicowanie organizmów na całej kuli ziemskiej na wszystkich poziomach złożoności życia: w obrębie gatunku, pomiędzy gatunkami oraz w obrębie ekosystemów

Zadania

Ćwiczenie 1

Każdej nazwie poziomu różnorodności biologicznej przyporządkuj odpowiedni opis.

różnorodność genetyczna

zróżnicowanie naturalnych siedlisk oraz występujących w nich biocenoz

różnorodność gatunkowa

zróżnicowanie alleli genów w pulach genowych populacji danego gatunku

różnorodność ekosystemowa

różnorodność organizmów żyjących w określonym ekosystemach

Ćwiczenie 2

Oceń prawdziwość poniższych zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Obecnie na świecie żyje przeszło 3 tys. sztuk żubrów, co oznacza, że ich populacja ma dużą różnorodność genetyczną.	☐	☐
Wszystkie żubry żyjące obecnie na świecie pochodzą od 12 osobników, co oznacza, że ich populację charakteryzuje mała różnorodność genetyczna.	☐	☐
Żubry osiedlono na terenach Polski, Litwy, Ukrainy i Białorusi, co oznacza, że ta populacja charakteryzuje się dużą różnorodnością ekosystemową.	☐	☐
Dzięki próbom krzyżowania żubrów z bydłem domowym jest szansa na zwiększenie różnorodności genetycznej żubra jako gatunku.	☐	☐

Źródło: Katarzyna lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Zjawisko losowych zmian frekwencji alleli w populacji zachodzi na skutek

☐ ewolucyjnego wyścigu zbrojeń.

☐ mutacji.

☐ przypadkowego przekazywania genów w małych populacjach.

☐ chowu wsobnego.

Źródło: Katarzyna lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Uzupełnij luki, wybierając słowa z listy.

Gatunek o różnorodności genetycznej jest zagrożony wyginięciem. Cecha to cecha przystosowująca organizm do warunków życia. Chów wsobny prowadzi do spadku różnorodności . Organizm, aby żyć w danych warunkach środowiskowych, musi posiadać odpowiedni zestaw warunkujących wytworzenie konkretnych przystosowań.

osobniczej

genetycznej

cech

adaptacyjna

alleli

małej

dużej

genetyczna

Źródło: Katarzyna Iech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Oceń prawdziwość poniższych zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
W stosunku do populacji ludzkiej można mówić o różnorodności genetycznej, gatunkowej i ekosystemowej.	☐	☐
Dzięki osiągnięciom medycyny pozwalającym przeżyć na przykład wcześniakom pula genowa populacji ludzkiej kurczy się.	☐	☐
Zakaz zawierania małżeństw przez bliskich krewnych chroni populację ludzką przed zubożeniem puli genowej.	☐	☐
Pomiędzy gatunkiem człowieka a jego pasożytem glistą ludzką od tysiącleci trwa koewolucja.	☐	☐
Koewolucja ma miejsce pomiędzy panem Adamem a tasiemcem zamieszkującym jego organizm.	☐	☐
Populacje o zubożonej puli genowej charakteryzują się większą podatnością na choroby niż populacje różnorodne genetycznie.	☐	☐
Ewolucyjny wyścig zbrojeń zachodzi tylko między gatunkami pozostającymi w relacjach nieantagonistycznych.	☐	☐

Źródło: Katarzyna Iech, licencja: CC BY 3.0.

Różnorodność gatunkowa

Czy znane są już wszystkie gatunki zamieszkujące Ziemię? Jak wygląda różnorodność gatunkowa Polski w porównaniu z innymi obszarami? Które regiony na świecie są najbogatsze pod tym względem i dlaczego?



Źródło: Jonas Bengtsson (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 2.0.

Już wiesz

- różnorodność gatunkowa jest jednym z poziomów różnorodności biologicznej;
- występowanie gatunków w danym ekosystemie zależy od czynników abiotycznych i biotycznych, w tym od ingerencji człowieka w ekosystemy.

Nauczysz się

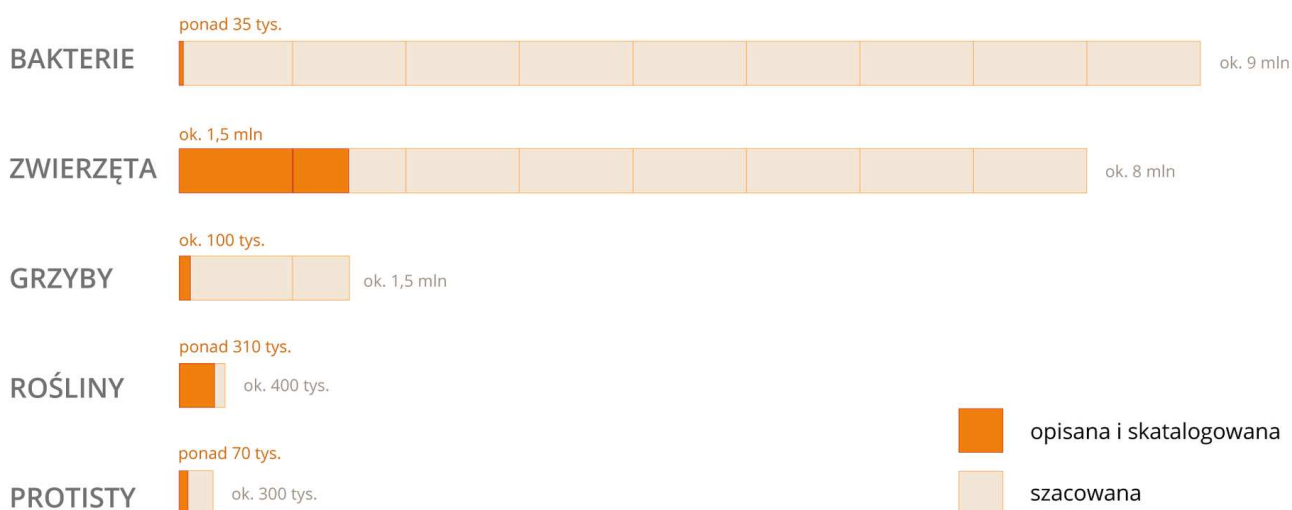
- wymieniać przykłady regionów charakteryzujących się dużą i małą różnorodnością gatunkową;
- opisywać wybrane czynniki warunkujące różnorodność gatunkową;
- wyjaśniać znaczenie endemitów i reliktdów dla różnorodności gatunkowej oraz wymieniać ich przykłady.

1. Liczba gatunków

Różnorodność gatunkowa określana jest w odniesieniu do konkretnego ekosystemu lub obszaru. Wyraża się całkowitą liczbą gatunków tam występujących, często podawaną

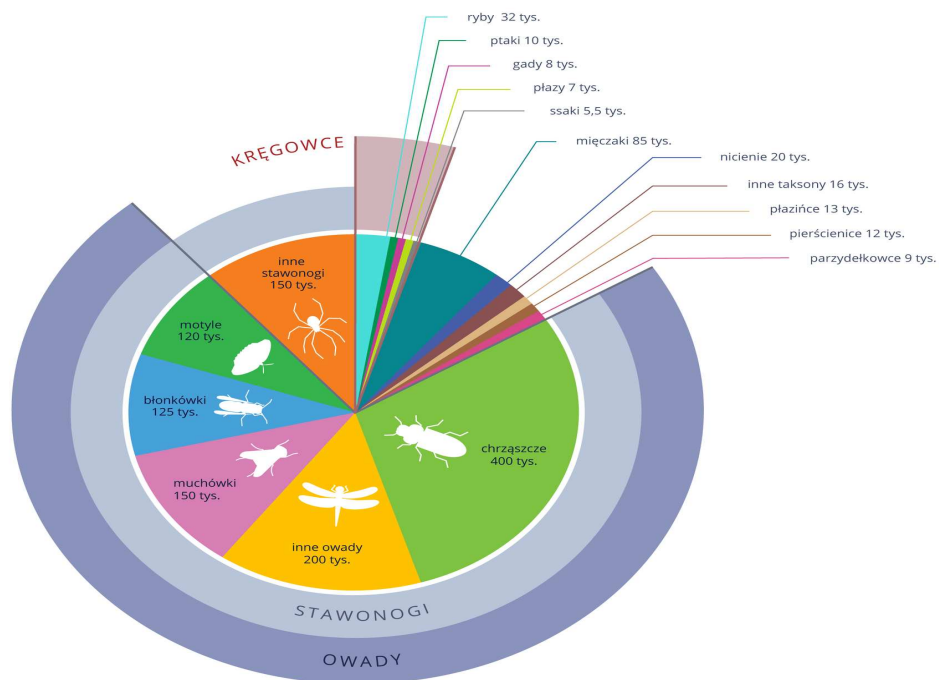
w przeliczeniu na jednostkę powierzchni. Im większa jest ta liczba, tym wyższa różnorodność gatunkowa badanego terytorium. Precyzyjne ustalenie liczby gatunków żyjących w danym ekosystemie nie jest możliwe. Nawet na dostępnych i wielokrotnie przebadanych obszarach Europy wciąż spotyka się przedstawicieli gatunków, które nie zostały wcześniej opisane. Różnorodność gatunkową bardzo trudno rozpoznać przede wszystkim w głębinach oceanicznych, wnętrzach jaskiń czy niedostępnych zakątkach lasów tropikalnych, dlatego jej określenie opiera się jedynie na szacunkach. Pamiętać też należy, że nieustannie trwa ewolucja, powodując pojawianie się i wymieranie gatunków. Szacuje się, że obecnie na Ziemi może żyć od 2 do 100 mln gatunków. Według uśrednionych wyliczeń naszą planetę zamieszkuje ok. 8,7 mln gatunków organizmów eukariotycznych, w tym ok. 400 tysięcy gatunków roślin i ok. 8 mln zwierząt, oraz 8-10 mln prokariotów.

LICZBA GATUNKÓW WG KRÓLESTW

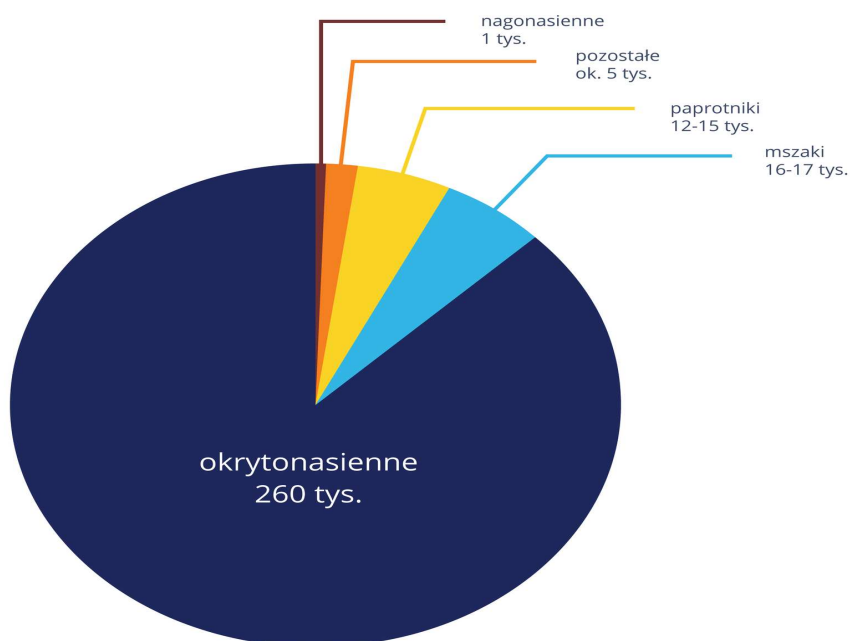


Źródło: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 3.0.

Zdecydowanie łatwiej i dokładniej można określić liczbę gatunków kręgowców. Określa się ją na ok. 60 tysięcy, z czego połowa to ryby, prawie 15 tysięcy – płazy i gady, 10 tysięcy – ptaki, a tylko 5,5 tysiąca to ssaki. Podstawową trudność w precyzyjnym ustaleniu liczby bezkręgowców stanowi określenie różnorodności gatunkowej owadów, czyli najliczniejszego taksonu. Obecnie opisano ponad milion przedstawicieli tej grupy, jednak jej bogactwo gatunkowe jest z pewnością wielokrotnie wyższe i w zależności od opracowań szacowane jest na 6 do 10 mln gatunków (niektóre źródła podają nawet wartość 30 mln). Równie trudne ze względu na liczebność grupy jest określenie różnorodności gatunkowej bakterii czy grzybów.



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Rozwój mikrobiologii, nauki pozwalającej poznać różnorodność bakterii oraz jednokomórkowych grzybów i protistów, ma duży wpływ na wzrost liczby opisanych gatunków. Ponadto odkrywanie nowych metod badawczych przyczynia się do systematyzowania grup znanych już od dawna. Klasyfikacja wielu mikroorganizmów oparta jest na szczegółach ich budowy, które poznano dopiero dzięki zastosowaniu mikroskopii elektronowej. Porównywanie wybranych sekwencji DNA pozwala ustalić stopień pokrewieństwa między taksonami. Z drugiej strony, rozwój nauki umożliwia weryfikację przynależności systematycznej wielu organizmów, co może skutkować łączeniem różnych

morfologicznie form w jeden gatunek, a w efekcie zmniejszeniem liczby gatunków w danym taksonie.

Różnorodność gatunkową ekosystemów lądowych ocenia się na podstawie liczebności gatunków roślin naczyniowych w tych ekosystemach. Rośliny naczyniowe są bardzo dobrze poznane, a określenie ich liczby na danym obszarze jest łatwiejsze niż w przypadku przedstawicieli innych królestw. Organizmy te nie przemieszczają się i w większości przypadków osiągają rozmiary, które umożliwiają dostrzeżenie ich bez specjalistycznej aparatury. Z kolei ocena bogactwa ekosystemów morskich opiera się głównie na różnorodności zwierząt, a także roślin, o ile na badanym obszarze występują.

Polecenie 1

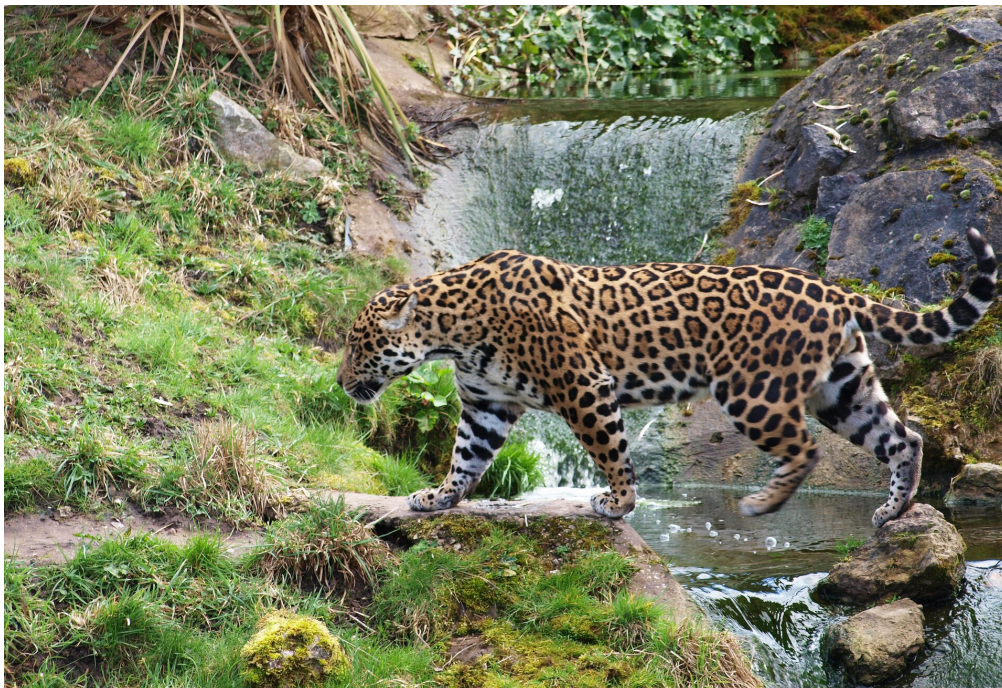
Ustal różnorodność gatunkową pobliskiego parku na podstawie liczby gatunków drzew. W tym celu określ położenie geograficzne parku, jego powierzchnię, wysokość n.p.m. oraz rozpoznaj występujące w nim gatunki drzew.

Ciekawostka

Naukowcy szacują, że ok. 85% gatunków organizmów lądowych i 90% organizmów morskich jest nadal nieznanych człowiekowi i czeka na odkrycie.

2. Gatunki endemiczne

Wśród gatunków żyjących na danym obszarze występują zarówno gatunki pospolite, jak i rzadko spotykane. Te ostatnie określa się jako **endemity**, czyli organizmy, których zasięg jest bardzo ograniczony, unikatowe dla określonego obszaru, nigdzie indziej niewystępujące naturalnie. Należą do nich: legwany morskie, żółwie słoniowe i pingwiny równikowe z wysp Galapagos, hatterie z Nowej Zelandii, koale, emu, kangury, dziobaki i rogozęby z Australii, jaguary i pekari z Ameryki Środkowej i Południowej, lemury żyjące na Madagaskarze i Komorach. Roślinnymi endemitami są żmijowce z wysp Makaronezji, australijskie eukaliptusy, sekwoje z Ameryki Północnej i afrykańska welwiczja przedziwna. Liczba endemitów na danym obszarze ma związek z jego różnorodnością gatunkową – tam, gdzie występuje dużo endemitów, liczne i zróżnicowane są również inne gatunki.



Źródło: Nigel Swales (<https://www.flickr.com>), edycja: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY-SA 2.0.



Źródło: Acroterion (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Peripitus (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Duża liczba endemitów występuje na wyspach oceanicznych, np. Madagaskarze, Nowej Zelandii, Galapagos oraz w wysokich górach. Ocean oddzielający wyspę od stałego lądu czy łańcuch górski, separujący dwa tereny położone po obu jego stronach, są naturalnymi barierami geograficznymi. Uniemożliwiają one przemieszczanie się większości organizmów z wyjątkiem tych, które posiadły zdolność do lotu na duże odległości, na przykład ptaków. Populacje oddzielone od siebie ewoluują w inny sposób, zwłaszcza jeśli ich nisze ekologiczne różnią się warunkami siedliskowymi. U osobników izolowanych populacji powstają nowe cechy adaptacyjne, a te będące przystosowaniami do poprzednich warunków życia są eliminowane. W efekcie izolacji (po pewnym czasie, zwykle długim) populacje na tyle się różnią, że nie mogą się ze sobą krzyżować, czyli stają się odrębnymi gatunkami.

Proces powstawania nowych gatunków nazywa się **specjacją**.

W Polsce liczba gatunków endemicznych jest niewielka. Flora naszego kraju rozwinęła się stosunkowo niedawno, po ustąpieniu lodowca ok. 10 tysięcy lat temu. Roślinność, która przed zlodowaceniem porastała środkową Europę, zanikła lub zachowała się jedynie na obszarach wolnych od lodu jako relikty. Po ustąpieniu lodowca rozprzestrzeniły się inne gatunki. Miały one mało czasu, by z izolowanych populacji wytworzyć odrębne gatunki czy choćby podgatunki. Polskim endemitem niektórzy określają sieję łebską, rybę występującą jedynie w jeziorze Łebsko; inni traktują ją jako podgatunek siei pospolitej. Podobnie modrzew polski klasyfikowany jest czasem jako odrębny, endemiczny gatunek, a czasem jako podgatunek modrzewia europejskiego. Endemity występują w Tatrach, Pieninach i Sudetach, zarówno na terenie Polski, jak i krajów sąsiedzkich (Słowacji i Czech). Wśród roślin są to: ostróżka tatrzańska, skalnica tatrzańska, a wśród zwierząt: traszka karpacka

i darniówka tatrzańska. W środowisku naukowym nie ma zgody co do tego, czy wymienione wcześniej rośliny i zwierzęta tatrzańskie są odrębnymi gatunkami.



Źródło: Agnieszka Michalik (Tomorrow Sp. z o.o.), licencja: CC BY 3.0.



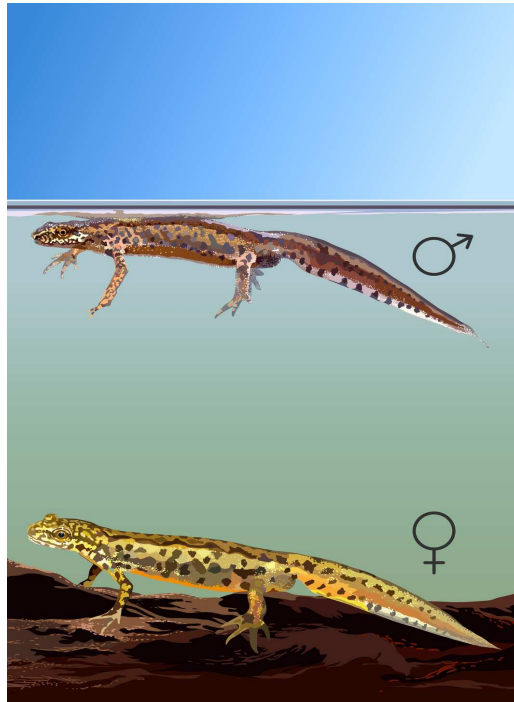
Źródło: Meneerke bloem (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.0.



Źródło: Panek (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.0.



Źródło: Patrice78500 (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 2

Australia często jest nazywana krajem endemitów. 80% roślin naczyniowych, 83% ssaków, 89% gadów, 90% ryb i 93% płazów żyjących na tym kontynencie nie występuje nigdzie indziej na świecie. Sformułuj hipotezę wyjaśniającą, dlaczego w Australii jest tak wiele endemitów.

3. Gatunki reliktowe

Gatunki reliktowe są pamiątkami minionych epok geologicznych. Zachowały się tylko w miejscach, gdzie warunki przypominają te, jakie panowały w czasie ich powszechnego występowania. W Polsce najczęściej spotyka się relikty polodowcowe. Nastanie zlodowacenia doprowadziło do tego, że tereny przed czołem lodowca zostały zasiedlone przez gatunki arktyczne, które znacznie powiększyły swój zasięg. Pod koniec epoki lodowej, wraz z przyjściem ocieplenia, gatunki te wycofały się na północ Europy, zmniejszając swój zasięg. W ich miejsce pojawiły się odmiany ciepłolubne, charakterystyczne dla obszaru śródziemnomorskiego. Jednak część gatunków arktycznych zachowała się na pojedynczych stanowiskach w miejscach o bardzo specyficznych warunkach siedliskowych, np. w chłodnym piętrze subalpejskim lub alpejskim w górach, a także na torfowiskach. Gatunki takie, których obecny wąski zasięg to pozostałość po znacznie szerszym pierwotnym zasięgu, są nazywane **reliktami**. We florze Polski do reliktów polodowcowych należą m.in. brzoza karłowata, dębik ośmiopłatkowy, wierzba

lapońska, zimoziół północny, skalnica śnieżna – rośliny charakterystyczne dla obszarów górskich.



Źródło: Kim Hansen (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 3

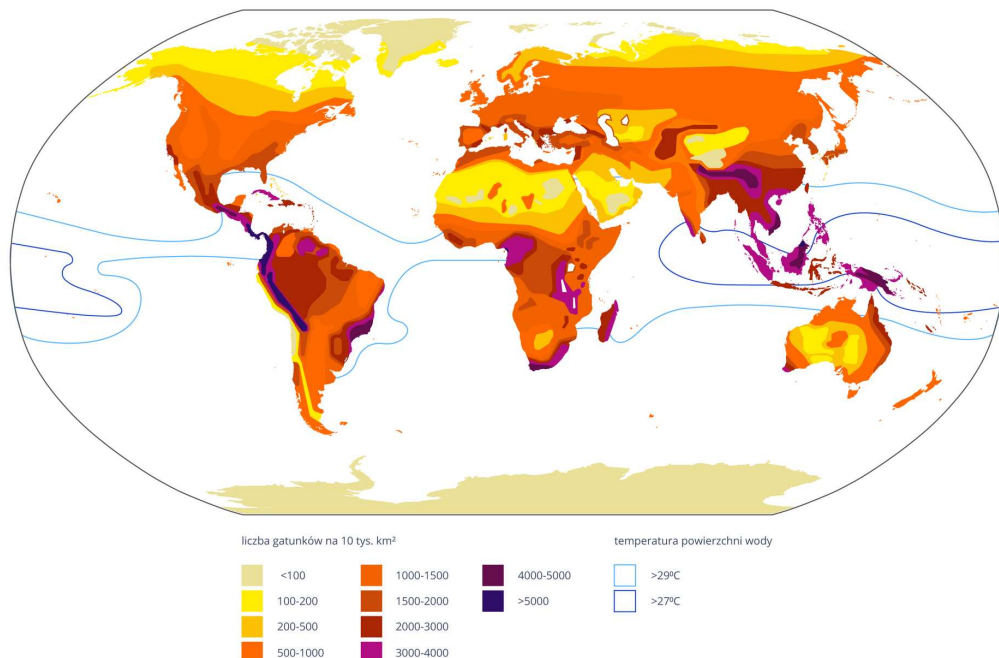
Wyjaśnij, jakie znaczenie naukowe ma występowanie na danym obszarze gatunków reliktowych.

4. Czynniki warunkujące różnorodność gatunkową

Na różnorodność gatunkową ekosystemów istotny wpływ mają: klimat, dostępność wody i ukształtowanie terenu. Strefy roślinności na Ziemi zależne są od **klimatu** panującego na danym obszarze, dlatego ich układ, podobnie jak stref klimatycznych, jest równoleżnikowy. Dzieje się tak, ponieważ do wzrostu rośliny potrzebują przede wszystkim określonej temperatury i wilgotności. Najwięcej gatunków żyje w strefie klimatu wilgotnego i ciepłego, a najmniej w środowisku bardzo suchym i zimnym.

Najmniejszą różnorodnością gatunkową roślin wyróżniają się takie obszary, jak: pustynie piaszczyste i lodowe oraz półpustynie, tundra, stepy. Ogromne bogactwo gatunków występuje w tropikalnych lasach deszczowych, a także w ekosystemach górskich. W Polsce obszarem o największej różnorodności gatunkowej są Tatry. W samym Tatrzańskim Parku Narodowym żyje ponad 1000 gatunków roślin naczyniowych i 8 tysięcy gatunków zwierząt. Jednak w porównaniu z dżunglą amazońską, w której żyje 25% wszystkich współczesnych

gatunków organizmów, jest to obszar ubogi. W Amazonii na jednym hektarze występuje od 40 do 300 gatunków roślin, a całą jej powierzchnię porasta aż 55 tysięcy gatunków. Jest ona także domem dla ponad 3 tysięcy gatunków ryb, 689 gatunków ssaków, 517 gatunków płazów, 1832 gatunków ptaków, 744 gatunków gadów, a także prawie 130 tysięcy gatunków bezkręgowców. Różnorodność grzybów żyjących w dżungli amazońskiej jest szacowana nawet na 30 tysięcy gatunków.



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Drugim po klimacie czynnikiem mającym wpływ na różnorodność gatunkową biosfery jest **ukształtowanie powierzchni terenu**. W górach występuje znacznie większa liczba gatunków niż na nizinach. Wiąże się to z różnorodnością warunków panujących na tych terenach, np. dużą zmiennością temperatur, wilgotności, ekspozycji na promieniowanie słoneczne, wiatr oraz od typów podłoża charakterystycznych dla poszczególnych partii gór.

Różnorodność gatunkowa na wyspach zależy od ich powierzchni, odległości od stałego lądu i zróżnicowania panujących na nich warunków siedliskowych. Im wyspa większa, tym więcej gatunków na niej żyje. Dodatkowo, im bardziej jest oddalona od lądu, tym więcej spotyka się na niej endemitów.

Polecenie 4

Rozpatrz przypadek różnorodności gatunkowej na wyspach leżących na tej samej szerokości geograficznej w pobliżu Afryki i w większym oddaleniu od niej. Na których wyspach należy się spodziewać większej różnorodności gatunkowej i dlaczego?

Podsumowanie

- Na różnorodność gatunkową ekosystemu składają się zarówno gatunki pospolite, jak i rzadkie.
- Endemity najczęściej występują na wyspach oceanicznych, zwłaszcza tych położonych w dużym oddaleniu od kontynentu, oraz w wysokich górach.
- Różnorodność gatunkowa danego obszaru zależy od wielu czynników środowiska, jak: klimat, ukształtowanie terenu, dostępność wody, rodzaj gleby.
- Najwięcej gatunków występuje w klimacie ciepłym i wilgotnym.
- Góry charakteryzują się większą różnorodnością gatunkową niż niziny.
- Nowe gatunki powstają w wyniku zmian ewolucyjnych wtedy, gdy populacje tego samego gatunku są izolowane od siebie i znajdują się w odmiennych warunkach środowiskowych.

Praca domowa

Polecenie 5.1

1. Wskaż, gdzie możemy się spodziewać większej liczby endemicznych gatunków: na Malcie czy na Nowej Kaledonii. Odpowiedź uzasadnij.

Polecenie 5.2

2. Wyjaśnij, dlaczego Andy charakteryzują się większą różnorodnością gatunkową niż Sudety.

Słowniczek

endemit

rzadki gatunek (rzadziej inny takson) o bardzo ograniczonym zasięgu występowania, unikatowy dla danego obszaru (miejsca lub regionu), niewystępujący naturalnie poza nim

relikt

gatunek, którego obecny wąski zasięg jest pozostałością znacznie szerszego, istniejącego w minionych epokach geologicznych; w Polsce relikdami polodowcowymi są: brzoza karłowata, dębik ośmiopłatkowy czy skalnica śnieżna

różnorodność gatunkowa

jeden z poziomów różnorodności biologicznej; liczba gatunków w danym ekosystemie lub na danym obszarze

specjacja

proces powstawania nowych gatunków wskutek niemożności krzyżowania się ze sobą osobników izolowanych populacji

Zadania

Ćwiczenie 1

Uporządkuj nazwy regionów według malejącej różnorodności gatunkowej.

Grenlandia



Dorzecze Amazonki



Sahara



Himalaje



Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Specjacja to proces

☐ wymierania gatunków.

☐ wymierania odmian i podgatunków.

☐ rozprzestrzeniania się populacji w środowisku.

☐ powstawania nowych gatunków.

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Uzupełnij luki, wybierając odpowiedzi z listy.

Głównym czynnikiem wpływającym na rozmieszczenie roślin na kuli ziemskiej jest .
Ekosystemy górskie cechują się bogactwem gatunków w stosunku do otaczających je nizin. Z położenia geograficznego Polski wynika, że różnorodność gadów i płazów jest tu niż w Szwecji. Liczba gatunków organizmów eukariotycznych szacowana jest na ok. 9 mln, a królestwem obejmującym najwięcej gatunków są .

większa

zwierzęta

większym

grzyby

wysokość n.p.m.

mniejsza

klimat

protisty

mniejszym

ukształtowanie terenu

rośliny

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Oceń prawdziwość zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Liczbę roślin występujących na Ziemi szacuje się na ponad 4 miliony gatunków.	☐	☐
W Polsce występuje ponad tysiąc endemitów.	☐	☐
Liczba endemitów na wyspie jest tym mniejsza, im bardziej wyspa jest oddalona od kontynentu.	☐	☐
Drugim najważniejszym po klimacie czynnikiem warunkującym rozmieszczenie gatunków roślin jest ukształtowanie terenu.	☐	☐

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Różnorodność ekosystemowa

Ekosystemy zwykle różnią się od siebie, bywają też bardzo podobne, ale nigdy identyczne. Od panujących w nich warunków zależy różnorodność genetyczna i gatunkowa. Dlatego ochrona przyrody powinna przede wszystkim uwzględniać zabezpieczenie ekosystemów.



Źródło: Harvey Barrison (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Już wiesz

- biocenoza i biotop tworzą ekosystem;
- różnorodność ekosystemowa jest jednym z poziomów różnorodności biologicznej;
- występowanie gatunków w danym ekosystemie zależy od czynników abiotycznych i biotycznych;
- działania człowieka zagrażają różnorodności biologicznej.

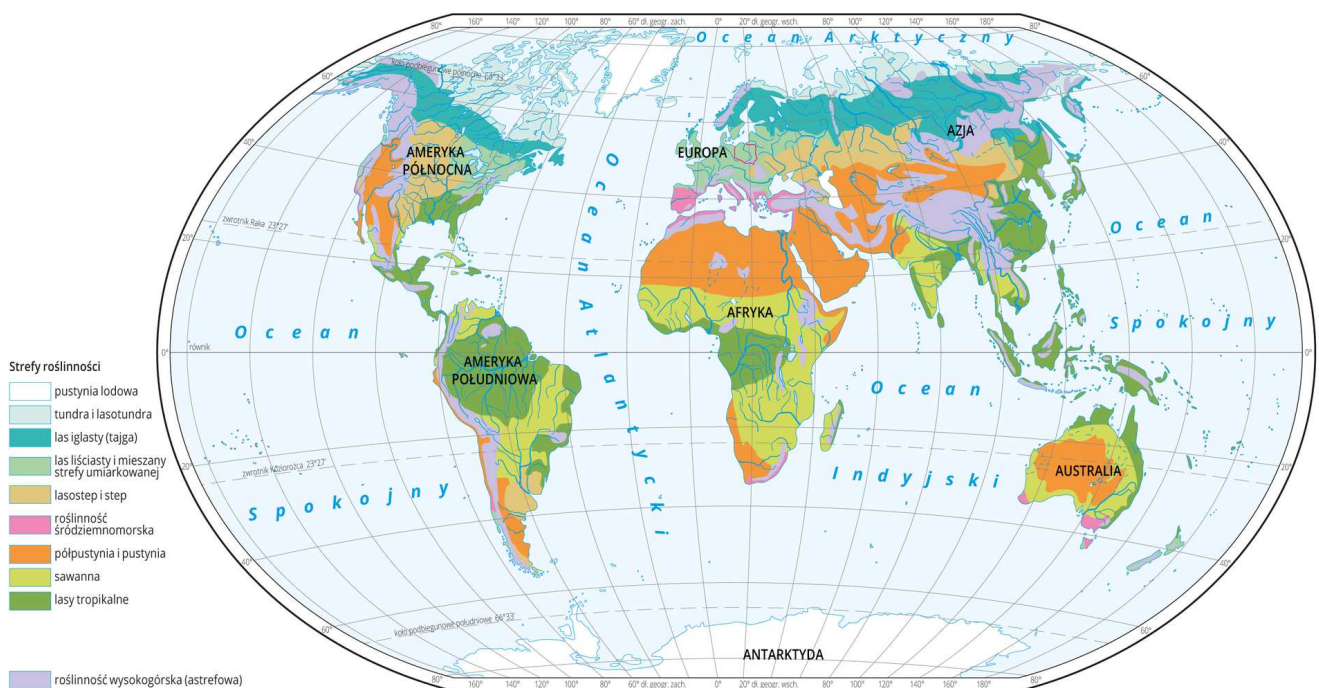
Nauczysz się

- wyjaśniać, czym jest różnorodność ekosystemowa;
- opisywać czynniki warunkujące różnorodność ekosystemową w skali lokalnej i globalnej;
- charakteryzować różnorodność ekosystemową Polski i świata.

1. Lądowe ekosystemy świata

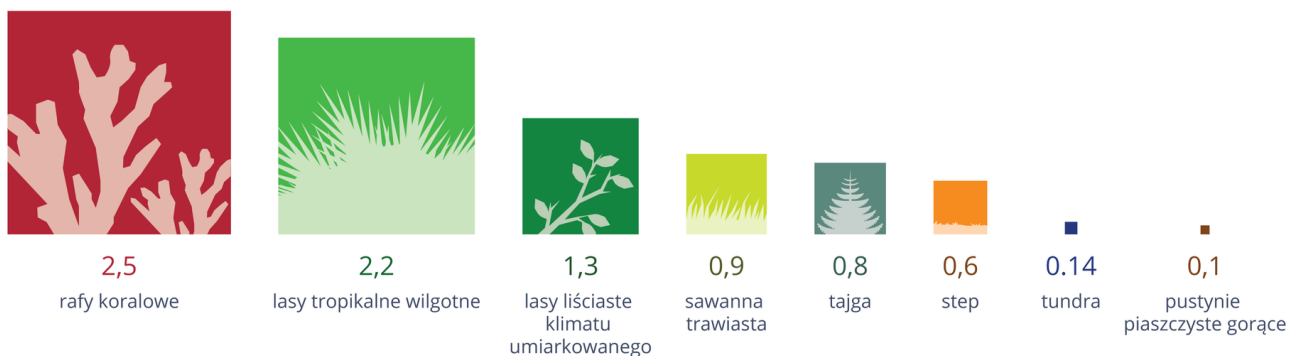
Różnorodność ekosystemowa to zróżnicowanie siedlisk naturalnych oraz ekosystemów w nich funkcjonujących. Głównym czynnikiem naturalnym, warunkującym globalną różnorodność ekosystemów lądowych, jest klimat. Zależy on m.in. od odległości od oceanów i mórz, ukształtowania terenu, wysokości n.p.m. Poszczególne strefy klimatyczne posiadają specyficzną szatę roślinną, która wraz z warunkami abiotycznymi wpływa na to, jakie zespoły bakterii, protistów, grzybów i zwierząt je zamieszkują.

Zespoły ekosystemów o zbliżonych warunkach klimatycznych, podobnej strukturze przestrzennej oraz zbliżonej florze i faunie nazywane są **biomami**. Charakterystyczne dla określonej szerokości geograficznej biomy zalicza się do jednej kategorii, choć mogą różnić się wieloma gatunkami (np. gdy kontynenty długo pozostawały w izolacji). Przykładami takich biomów są lasy liściaste strefy umiarkowanej Ameryki Północnej i Południowej lub pustynie Australii i Afryki.



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

W zależności od warunków ekosystemy wykazują się zróżnicowaną **produktywnością**. Jest ona miarą szybkości wytwarzania materii organicznej (w kilogramach lub tonach) na określonej powierzchni (zwykle m^2 lub km^2) i w określonym czasie (zwykle rok).



Źródło: autor, licencja: CC BY 3.0.

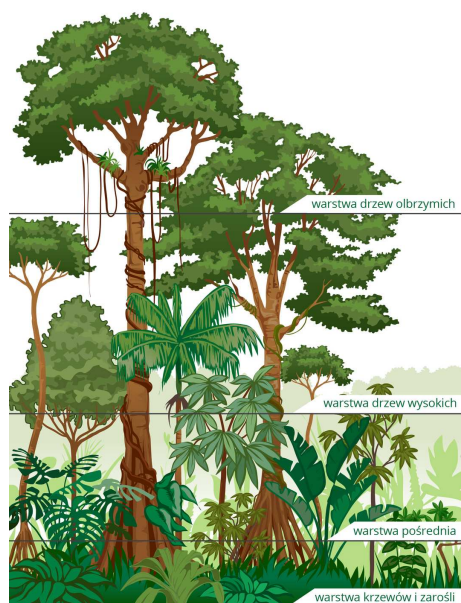
Polecenie 1

Wykorzystując swoją wiedzę z geografii, wyjaśnij, dlaczego w Eurazji i Afryce biomy układają się w przybliżeniu równoleżnikowo, a w obu Amerykach południkowo.

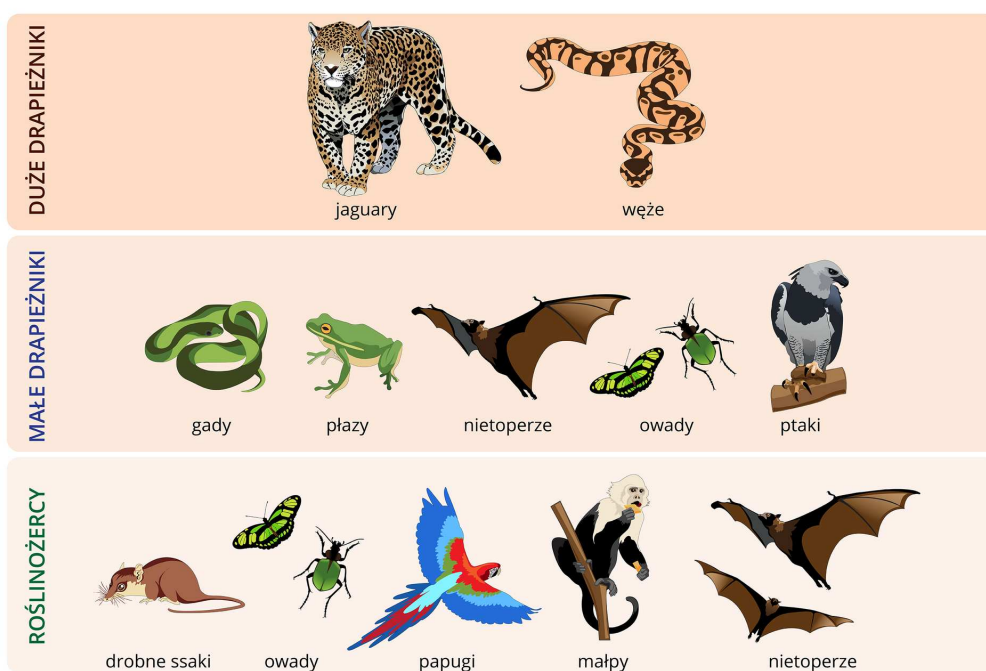
2. Wilgotne lasy równikowe

Dla obszarów równikowych charakterystyczne są wilgotne lasy równikowe zwane także deszczowymi. Biom ten cechuje bardzo duża różnorodność biologiczna. Jest to głównie zasługą wysokich temperatur utrzymujących się przez cały rok na stałym poziomie ok. 25°C oraz częstych, obfitych opadów deszczu, których suma przekracza rocznie 2000 mm (sięga nawet 10 000 mm). Dzięki tym czynnikom okres wegetacji w lesie równikowym trwa cały rok, a jego produktywność jest duża – 1 m² powierzchni wytwarza 2-4 kg suchej masy roślin w ciągu roku.

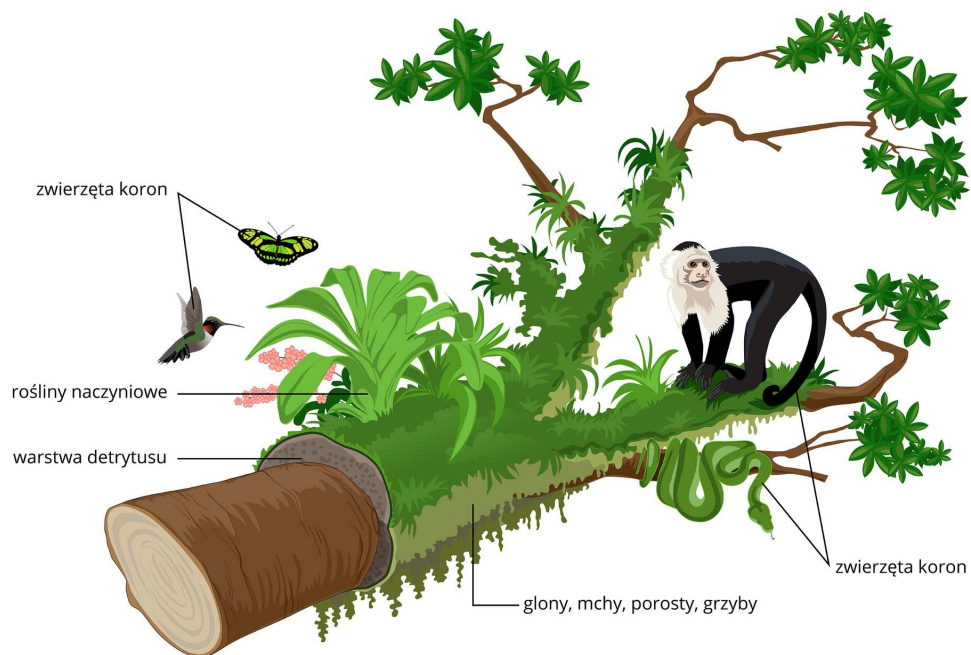
W lasach deszczowych występują głównie szerokoliste, wiecznie zielone drzewa. Rosną one bardzo szybko i w stałym tempie przez cały rok. Las tropikalny ma wyraźną strukturę warstwową, która formuje się pod wpływem czynnika ograniczającego, jakim jest światło. Najwyższą warstwę lasu tworzą bardzo wysokie drzewa, dorastające do 45-60 m wysokości. Gdzieś wyrostają ponad dach lasu – zwartą warstwę utworzoną przez korony trochę niższych drzew, dorastających do 25-30 m wysokości. Jest ona praktycznie nieprzepuszczalna dla promieni słonecznych, dlatego w niższych piętrach lasu zaznacza się wyraźna konkurencja roślin o światło. Niższe drzewa i wysokie byliny, jak bananowce i bambusy, rosną tylko w miejscach, gdzie w dachu lasu występują luki. Ze względu na cienką warstwę gleby oraz podmokłe podłoże wiele drzew wytwarza korzenie przyporowe i podporowe. W wyniku konkurencji o światło powstały liczne gatunki pnączy i lian, które pną się po pniach drzew, często zacieniając i doprowadzając do śmierci swoje podpory. Inne rośliny, jak epifity (np. storczyki), aby uzyskać dostęp do światła, osiedlają się na drzewach. Najczęściej rosną w ich koronach, w kątach gałęzi, gdzie gromadzi się martwa materia organiczna oraz woda, z której mogą korzystać. Wilgoć z powietrza pobierają za pomocą specjalnych korzeni powietrznych. Na nierównościach kory, w kątach liści i na ich powierzchni tworzą się niewielkie ekosystemy złożone z glonów i mchów, w których żyją liczne saprobionty i małe drapieżniki.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Allie_Caulfield (<http://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Alan Huett (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Rob and Stephanie Levy (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Na dnie lasu panuje półmrok, przez co runo leśne jest słabo rozwinięte. Tworzą je głównie paprotniki i grzyby. Ze względu na szybki rozkład materii organicznej, nie występuje warstwa ściółki. Jej brak sprawia, że intensywne opady deszczu wymywają z gleby substancje podnoszące żyzność, przez co jest ona uboga.

Zwierzęta zamieszkują wszystkie piętra lasów deszczowych, choć w koronach jest ich najwięcej. Panuje tu ogromne bogactwo organizmów zmiennotęplnych, zwłaszcza bezkręgowców (chrząszczy, mrówek, motyli, pająków), a także gadów (np. węży i jaszczurek) oraz płazów (które ze względu na wysoką oraz względnie stałą wilgotność

i temperaturę mają tu optymalne warunki rozwoju). Lasy równikowe to również ogromne bogactwo ptaków (np. papug, rajszych ptaków i kolibrów) oraz ssaków (np. małp, dużych kotów, nietoperzy, gryzoni, kopytnych).

Polecenie 2

Wyjaśnij, dlaczego drewno drzew tropikalnych nie ma pierścieni przyrostów rocznych.

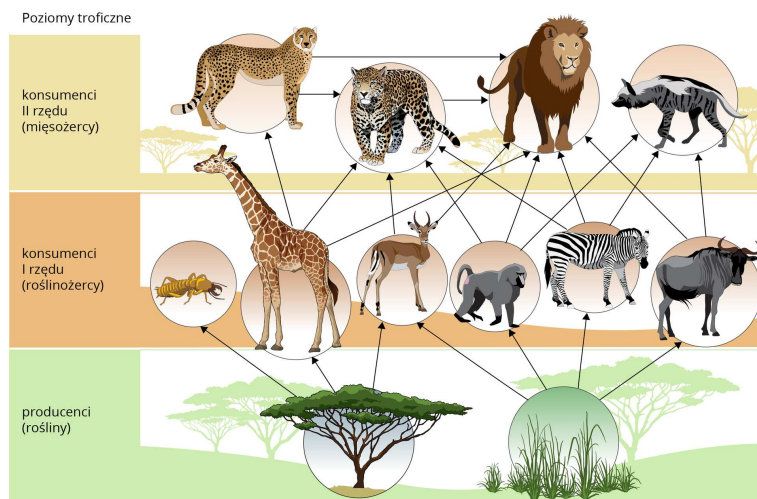
Ciekawostka

W lasach naszego klimatu występują 2 gatunki lian. Należą do nich bluszcz pospolity i wiciokrzew pomorski. Gatunkiem liany jest też uprawiany w doniczkach filodendron.

3. Sawanny

Ze względu na występowanie krótkiej pory deszczowej (roczna suma opadów wynosi 200-500 mm) oraz długiej pory suchej ekosystemy obszarów podrównikowych są zdecydowanie uboższe od równikowych. Występujący przez większą część roku deficyt wody pozwala na kształtowanie się ekosystemów zdominowanych przez roślinność trawiastą. Rosną tu także niskie krzewy lub drzewa, np. akacje i baobaby, które pojawiają się w dużym rozproszeniu. Rzadkość drzew na **sawannie** jest efektem konkurencji o wodę. Roślinność tej **formacji** produkuje bardzo dużą ilość biomasy, dlatego można tu spotkać duże zwierzęta roślinożerne, np. zebry, bawoły, antylopy, żyrafy, nosorożce, słonie, kangury, a ponadto liczne owady, gryzonie, małpy i strusie, wśród drapieżników natomiast lwy, lamparty, szakale i hieny. W porze suchej na sawannach często występują pożary. Są one jednym z czynników kształtujących roślinność tego biomu.

Podczas trwającej nawet 5 miesięcy pory suchej drzewa i krzewy tracą liście, a nadziemne części traw usychają. Resztki wody niezbędnej do przetrwania niektóre rośliny (**sukulenty**) gromadzą w organach spichrzowych, inne tworzą długie i rozbudowane systemy korzeniowe. Zwierzęta roślinożerne podejmują wędrówki na bardzo duże odległości w poszukiwaniu wody i pożywienia. Za nimi podążają także drapieżniki. Pora deszczowa przynosi obfite opady, które powodują rozkwit życia na sawannie. Odrastają zielone części roślin, powracają zwierzęta. Jest to okres rozrodu wszystkich organizmów zamieszkujących sawannę.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Guido Appenzeller (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Marcel Oosterwijk (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.



Źródło: Harvey Barrison (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Polecenie 3

Kopce termitów na sawannie afrykańskiej są rozmieszczone bardzo regularnie. Na zdjęciach lotniczych widać, że wokół nich istnieje największa różnorodność roślin. Znajdź informacje na temat biologii termitów i postaw hipotezy, które będą próbą rozwiązania problemu: W jaki sposób termyty wpływają na produktywność sawanny?

Ciekawostka

Sawanna to obszar odkryty, penetrowany przez liczne drapieżniki zarówno na powierzchni ziemi, jak i z powietrza. Potencjalne ofiary mogą ukryć się przed nimi pod ziemią (tylko małe zwierzęta), wtopić w tło, wykorzystując maskujące ubarwienie, lub grupować się w stada i zorganizować w nich system wczesnego ostrzegania.

4. Pustynie i półpustynie

Dla strefy klimatów zwrotnikowych i podzwrotnikowych charakterystyczna jest obecność **pustyń** i **półpustyń**. Wiąże się ona z panującym tu suchym lub skrajnie suchym klimatem ze znikomą liczbą opadów nieprzekraczającą 200 mm w ciągu roku (w skrajnych przypadkach do kilku mm). Rozwój roślinności uniemożliwia także niska wilgotność powietrza i silne nasłonecznienie oraz prawie całkowity brak wody lub tylko epizodyczne jej występowanie po opadach. Dla wielu pustyń charakterystyczne są duże dobowe wahania temperatur – w dzień temperatura wzrasta nawet do 50°C, a w nocy spada poniżej 0°C.

Występuje tu niewiele gatunków. Rośliny wykazują 3 strategie przetrwania:

- magazynowanie wody w liściach, łodygach lub korzeniach, co jest cechą **sukulentów** (kaktusy, opuncje, agawy, wilczomlecze);
- w przypadku **sklerofitów** ograniczenie powierzchni transpiracji, wytwarzanie kolczastych pędów chroniących liście przed roślinożercami oraz zrzucanie liści w okresie suszy;
- spędzanie okresu suszy pod ziemią w postaci nasion lub organów przetrwalnikowych, jak dzieje się to w przypadku **roślin efemerycznych**, np. róży jerychońskiej czy suchych i ostrych trawy, które bujnie rozwijają się w krótkim okresie zwiększonej wilgotności (okres wegetacji trwa kilka tygodni).

Rośliny pustyń, z wyjątkiem efemerycznych, rosną bardzo powoli i zawsze w dużym oddaleniu od siebie. Gdyby rosły gęściej, dla wszystkich nie wystarczyłoby wody.

Fauna pustyń jest uboga. Do tak trudnych warunków przystosowały się jedynie nieliczne, skrajnie ciepłolubne gatunki, np. skorpiony, węże, jaszczurki, lisy pustynne, wielbłądy, niektóre owady i ptaki. Zwierzęta są aktywne zwykle nocą, w czasie dnia pozostają w norach.



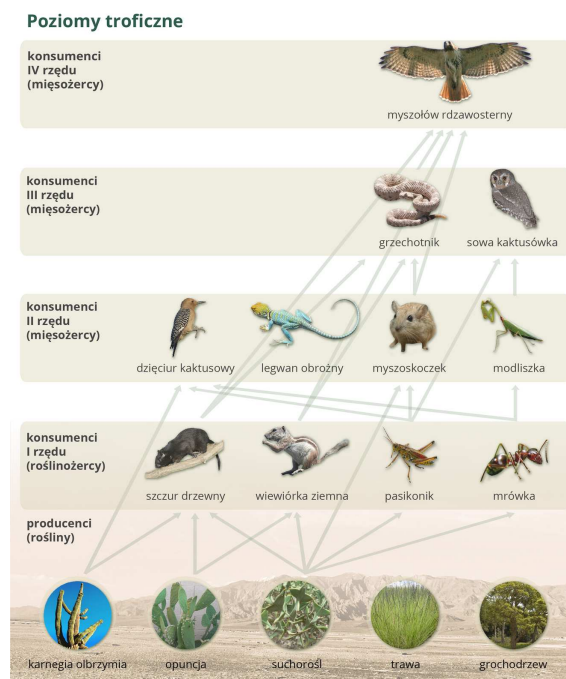
Źródło: autor, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: autor, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: autor, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., Bear golden retriever (<http://commons.wikimedia.org>), Tigerhawkvok (<http://commons.wikimedia.org>), BBODO (<http://commons.wikimedia.org>), Mike & Chris - Gila Woodpecker (<http://commons.wikimedia.org>), Ejohnsonboulder (<http://commons.wikimedia.org>), Jaroslav Vogeltanz (<http://commons.wikimedia.org>), Shiva shankar (<http://commons.wikimedia.org>), Daniel Schwen (<http://commons.wikimedia.org>), Luke Elstad (<http://commons.wikimedia.org>), AndrewHorne (<http://commons.wikimedia.org>), ZooFari (<http://commons.wikimedia.org>), Fabio Alessandro Locati (<http://commons.wikimedia.org>), Conny (<http://commons.wikimedia.org>), Wouter Hagens (<http://commons.wikimedia.org>), Mr. Johnson (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.0.



Źródło: autor, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: autor, licencja: CC BY 3.0.

5. Zarośla twardolistne i wiecznie zielone lasy

W strefie klimatów podzwrotnikowych opady są bardziej obfite niż w strefie zwrotnikowej i przez cały rok panuje temperatura dodatnia. Lata są suche i gorące, a zimy ciepłe i wilgotne. Dzięki temu występują tu [zarośla twardolistne](#) i [wiecznie zielone lasy](#),

niezrzucające liści na zimę. Tworzy je głównie roślinność o grubych i skórzastych liściach, których budowa ogranicza utratę wody. Wśród roślinności tego biomu do najważniejszych gatunków należą: drzewa oliwkowe, mirty, oleandry, jałowce, wawrzyny (drzewa laurowe), pistacje, pinie, cedry, dęby korkowe i drzewa cytrusowe. Zwierzętami charakterystycznymi są: kozice, daniela, muflony, króliki i koziorożce. W ekosystemach tych występują bardzo licznie ptaki, zwłaszcza wróblowate i kuraki. Ze względu na ciepły klimat jest tu także wiele gadów. Z bezkręgowców najliczniejsze są ślimaki (przystosowały się do znoszenia okresów suszy w lecie poprzez zapadanie w sen letni – estywację), owady oraz pajęczaki (przede wszystkim pająki i skorpiony).



Źródło: Katja Wagner (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Polecenie 4

Oliwki to drzewa charakterystyczne dla roślinności śródziemnomorskiej. Mają lancetowate, skórzaste liście, pokryte gęstymi włoskami nadającymi im szarzielony kolor. Ustal, jak ten gatunek przystosował się do warunków życia.

Ciekawostka

Wiecznie zielone lasy w Kalifornii są utworzone przez sekwoje – olbrzymie drzewa iglaste dorastające nawet do 115 m i żyjące ok. 2 tysięcy lat. Ich niewielkie szyszki otwierają się pod wpływem wysokiej temperatury, zwykle podczas pożarów, które często nawiedzają okolice. Ogień nie szkodzi tym ogromnym drzewom, ponieważ pokryte są korą o grubości kilkudziesięciu centymetrów.

6. Lasy liściaste strefy umiarkowanej

Strefa klimatów umiarkowanych cechuje się mnogością biomów. W klimacie umiarkowanym ciepłym, większość ekosystemów stanowią lasy liściaste i mieszane, które zrzucają liście na zimę. Spotyka się tu także bory iglaste, torfowiska i wilgotne łąki. Dla tej strefy charakterystyczne są niewielkie opady (ok. 500–600 mm rocznie, rozłożone równomiernie w ciągu roku) oraz występowanie 4 pór roku. Niskie temperatury mogą się utrzymywać ok. 2–3 miesięcy. Jednak najważniejszy czynnik kształtujący roślinność tych biomów to dostępność wody. Lasy strefy umiarkowanej porastają tereny zasobne w wodę, której ilość (w stanie płynnym) jest znacznie ograniczona zimą. Aby przetrwać warunki niedostatku wody, jesienią drzewa zrzucają liście.



Źródło: Dr. Hans-Peter Ende (<http://commons.wikimedia.org>), public domain.

7. Stepy

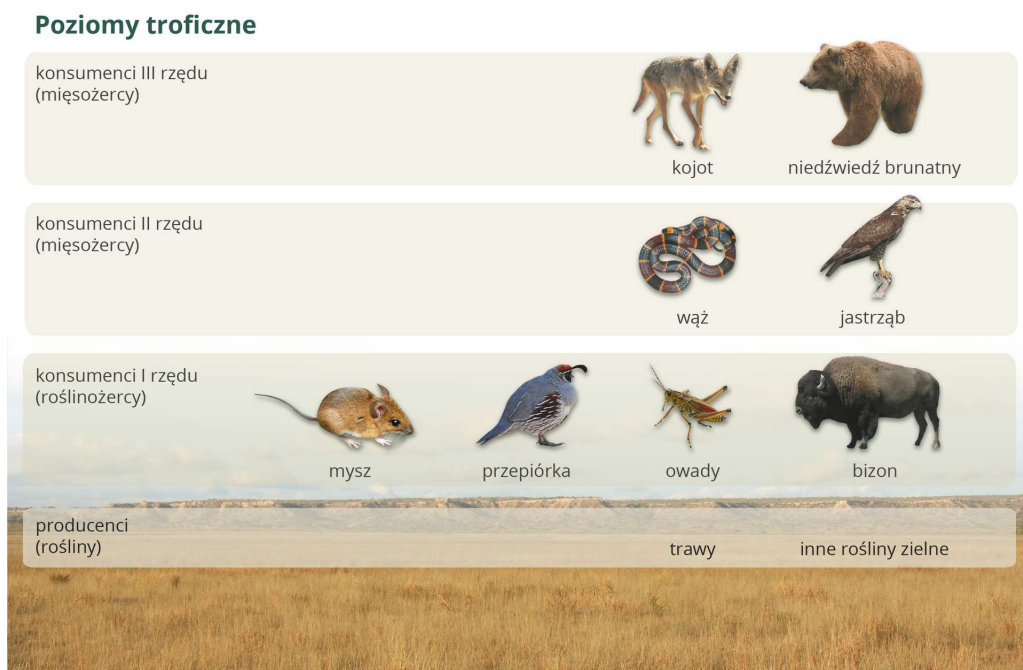
W klimacie umiarkowanym ciepłym w głębi kontynentów występują biomy zwane **stepami**. Ze względu na stosunkowo małą ilość opadów (250–400 mm rocznie) na stepach panuje ciągły niedostatek wody, przez co dominuje w nich roślinność trawiasta z dużą domieszką roślin zielnych. Zwykle tworzą one zbitą darń. Dorastają maksymalnie do 2 m wysokości. Rozwojowi roślinności nie sprzyjają także bardzo duże wahania temperatur, zarówno roczne, jak i dobowe. Lata są suche i gorące, a zimy charakteryzują się bardzo niską temperaturą i obfitymi opadami śniegu. Taki klimat uniemożliwia rozwój drzew. Trawy potrafią znieść takie warunki, ponieważ okres suszy i zimy spędzają w postaci kłaczy lub podziemnych pąków, a ich korzenie są zdolne do gromadzenia wody.

Okres wegetacji jest bardzo krótki. Bujny rozwój oraz kwitnienie traw i roślin zielnych następuje w czasie wzmożonych opadów deszczu.

Obfitość pokarmu oraz brak kryjówek to czynniki kształtujące faunę ssaków. Spośród roślinożernych dominują gryzonie (chomiki, pieski preriowe, susły) oraz żyjące w stadach ssaki kopytne (osły, konie Przewalskiego, bizona). Nie ma tu dużych drapieżników. Zamiast nich występują wilki, rysie, lisy i kojoty. Spotyka się tu także liczne ptaki (drapieżne – orły, sokoły, myszołowy, sępy, a także biegające po ziemi kuraki – przepiórki, kuropatwy, cietrzewie, dropie) oraz gady (zwłaszcza jaszczurki i węże). Gleby stepów tworzą grubą pokrywę i są bardzo żyzne, ponieważ deszcze nie wymywają substancji odżywczych z warstwy próchnicznej do niższych pokładów gleby.



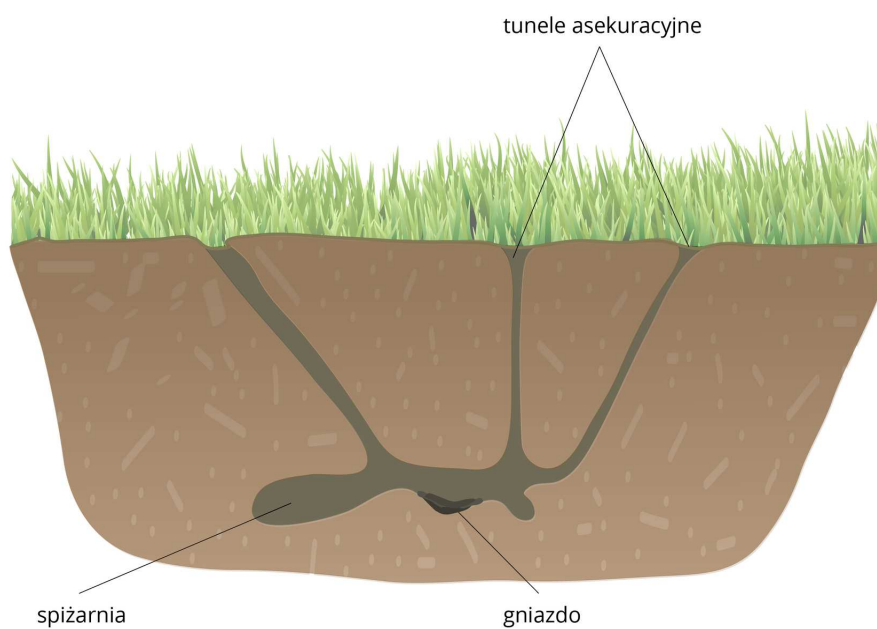
Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., jczart - Hollywood's lonliest (<http://commons.wikimedia.org>), Norman.benton (<http://commons.wikimedia.org>), U.S. Fish and Wildlife Service Southeast Region (<https://www.flickr.com>), Wojtech.dostal (<http://commons.wikimedia.org>), Jarek Tuszynski (<http://commons.wikimedia.org>), Daniel Schwen (<http://commons.wikimedia.org>), BorisFromStockdale (<http://commons.wikimedia.org>), Leaflet (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.0.



Źródło: USFWS Mountain-Prairie (<http://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Bernt Rostad (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: ceasol (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Polecenie 5

W strefie klimatu umiarkowanego występują zarówno lasy liściaste, jak i stepy. Wyjaśnij od czego zależy, która z tych formacji roślinnych występuje na danej szerokości geograficznej.

Ciekawostka

Zapadanie w sen jest jedną ze strategii przetrwania na stepie. Niektóre zwierzęta stepowe nie przesypiają mroźnej zimy, lecz suche lato, a czasem są aktywne tylko wiosną.

Do takich gatunków należy na przykład suseł.

8. Tajga

Dla klimatu umiarkowanego chłodnego charakterystyczną strefą roślinną jest **tajga**. Tworzą ją lasy iglaste o niewielkiej różnorodności gatunkowej. Długie okresy mroźnych zim oraz niska roczna suma opadów (400–600 mm) nie sprzyjają wegetacji. Lato trwa tu stosunkowo krótko (3–5 miesięcy), a średnia temperatura w tym okresie nie przekracza 20°C. Gleby tajgi są ubogie i kwaśne, rosną na nich głównie sosny, świerki, jodły, modrzewie. W niewielkiej liczbie występują brzozy, topole, wierzby i olchy. Nie mogą tu rosnąć drzewa o rozbudowanych systemach korzeniowych, ponieważ pod cienką pokrywą gleby znajduje się nieprzydatna dla tych roślin warstwa wiecznej zmarzliny.

Wzrost drzew wspierany jest przez grzyby, które dostarczają im substancji mineralnych, w zamian pobierając od nich węglowodany. Ze względu na niewielką ilość opadów drzewa rosną bardzo wolno, ale za to są wysokie i smukłe. Swoją odporność na charakterystyczne dla tej strefy klimatycznej silne wiatry, zawdzięczają występowaniu w dużym zagęszczeniu. Mają zwarte korony, co znacznie utrudnia przedostawanie się promieni świetlnych do niższych warstw lasu. Ogranicza to rozwój rosnących tam drzew i krzewów. Runo leśne tworzą nieliczne gatunki wrzosów, turzyc, mchów i porostów, a glebę pokrywa gruba warstwa opadłych igieł i liści. Często spotyka się tu także torfowiska. Powstają one, ponieważ niskie temperatury udaremniają pełny rozkład materii organicznej, dzięki czemu gromadzą się złoża torfu. Latem w lasach nie brakuje pokarmu, dlatego licznie występują wtedy zwierzęta (zwłaszcza migrujące), dla których tajga staje się miejscem odpoczynku, a często także rozrodu. Wśród nich dominują: gryzonie, łosie, jelenie, sarny, niedźwiedzie brunatne, wilki, rysie, lisy, borsuki, gronostaje oraz liczne ptaki (np. głuszce, orły). Duże ilości butwiejącego drewna umożliwiają także rozwój wielu gatunkom owadów, zwłaszcza żyjącym pod korą.



Źródło: peuploup (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Poziomy troficzne

konsumenci III rzędu
(mięsożercy)



wilki



rysie



niedźwiedzie

konsumenci II rzędu
(mięsożercy)



sowy



skunksy



ptaki



łasice



lisy

konsumenci I rzędu
(roślinożercy)



łośie



ptaki



owady



jelenie



małe gryzonie

producenci
(rośliny)

trawa

paprocie

mchy

drzewa iglaste

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., C.Schultz (<http://commons.wikimedia.org>), Tim Felce (<http://commons.wikimedia.org>), André Karwath aka Aka (<http://commons.wikimedia.org>), Mike's Birds (<http://commons.wikimedia.org>), Jackhynes (<http://commons.wikimedia.org>), Benny Mazur (<http://commons.wikimedia.org>), Siga (<http://commons.wikimedia.org>), Roy W. Knight (<http://commons.wikimedia.org>), By Dan & Lin Dzurisin (<http://commons.wikimedia.org>), Trebol-a (<http://commons.wikimedia.org>), Keven Law (<http://commons.wikimedia.org>), jans canon (<http://commons.wikimedia.org>), Wolf_Kolmården.jpg: Daniel Mott (<http://commons.wikimedia.org>), Martin Mecnarowski (<http://commons.wikimedia.org>), Malene Thyssen (<http://commons.wikimedia.org>), Qjevika (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.0.



Źródło: Tatiana Bulyonkova (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Polecenie 6

Wyjaśnij, dlaczego tajga składa się głównie z drzew iglastych.

Ciekawostka

Od maja do września plagą nękającą organizmy stałocieplne w tajdze są krwio pijne muchówki, głównie komary i gzy, oraz drobnutkie meszki, które przy wilgotnej i bezwietrznej pogodzie obsiadają całe ciało ofiary. Przyczyniają się one do śmierci wielu zwierząt.

9. Tundra i pustynie lodowe

W klimacie okołobiegunowym subpolarnym występuje biom zwany **tundrą**. Tundrę tworzą ekosystemy bezleśne. Przez zdecydowaną większość roku panuje tu ujemna temperatura (średnio od -16 do -26°C , okresowo spadająca nawet poniżej -50°C) oraz mała intensywność światła podczas krótkiego, trwającego ok. 50 dni, chłodnego lata. Z tego powodu ziemia pokryta jest wieczną zmarzliną. W trakcie lata, kiedy temperatura wzrasta maksymalnie do 15°C , nieznacznie rozmarza tylko jej powierzchniowa warstwa.

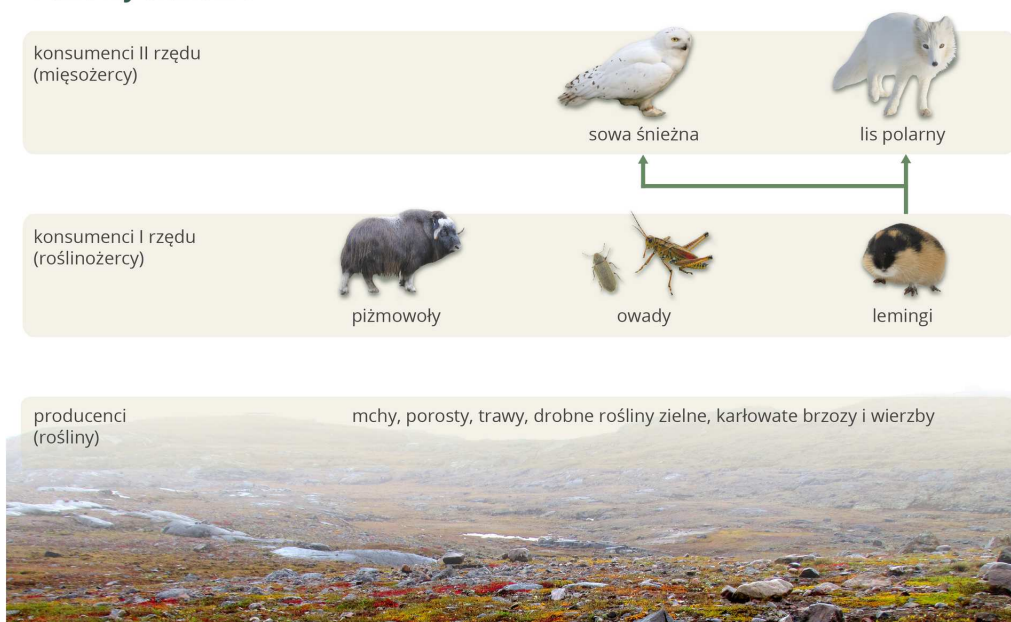
Mogą tu występować jedynie nieliczne karłowate drzewa (wierzby arktyczne i brzozy karłowate), niewielkie krzewy, krzewinki, mchy i porosty, niektóre trawy. Podobnie jak w przypadku tajgi, rozkład materii organicznej jest utrudniony przez niską temperaturę,

przez co gromadzą się tu złoża torfu. Dodatkowo przez większą część roku wieją silne i mroźne wiatry, które ograniczają występowanie roślin i zwierząt. Wśród ssaków dominują renifery, woły piżmowe, zające bielaki, lemingi, lisy i niedźwiedzie polarne, a ptaki reprezentują głównie pardwy i sowy śnieżne.



Źródło: Jerzy Strzelecki (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Poziomy troficzne



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., ADialla (<https://commons.wikimedia.org>), Quartl (<https://commons.wikimedia.org>), kgleditsch (<https://www.flickr.com>), Tony Hisgett (<http://commons.wikimedia.org>), Algalv (<http://commons.wikimedia.org>), Siga (<http://commons.wikimedia.org>), Daniel Schwen (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.0.

W strefie klimatu okołobiegunowego polarnego występują **pustynie lodowe**. Skrajnie ujemne temperatury, silne wiatry i obecność wiecznej zmarzliny sprawiają, że nie ma tu

roślin, a do nielicznych zwierząt należą: foki, pingwiny, mewy, albatrosy. Żywią się one głównie pokarmem zwierzęcym występującym w morzach, czyli rybami i kryłem.



Źródło: NASA Goddard Space Flight Center (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Polecenie 7

Jemiołuszki to ptaki przylatujące na nasze tereny w zimie. Ustal, gdzie gniazdują i czym się wtedy żywią.

Ciekawostka

Choć w tundrze spotyka się niewiele gatunków, to jednak każdy jest niezwykle liczny. Dotyczy to zarówno masowo występujących tam owadów, jak i lemingów oraz ptaków. Podczas dnia polarnego na przykład jemiołuszki potrafią zdobyć 2 razy więcej pokarmu niż na naszej szerokości geograficznej i odchowić 2 razy więcej potomstwa.

10. Obszary górskie

Odrębnym typem biomu są **obszary wysokogórskie**. Poszczególne piętra gór przypominają szatą roślinną zespoły ekosystemów znajdujące się w zimnych strefach klimatycznych. Przykładem może być piętro alpejskie gór zwane często tundrą alpejską.

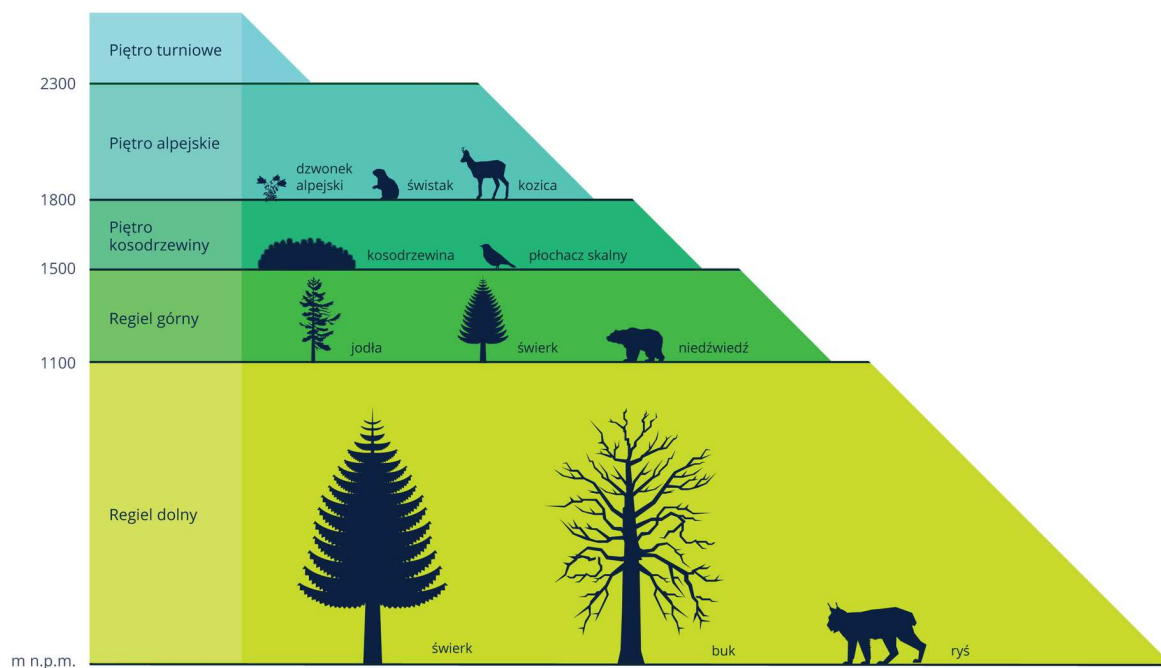
W polskich Tatrach o występowaniu różnych pięter roślinności decydują przede wszystkim temperatura (spada ona średnio o $0,6^{\circ}\text{C}$ na każde 100 m wysokości), roczna suma opadów i nasilenie wiatru. Czynniki te zmieniają się wraz z wysokością n.p.m. Najwyższym piętrem

roślinności jest **piętro turniowe**. Skaliste turnie pozbawione są prawie całkowicie gleby. Dodatkowo przez ok. 290 dni w roku zalega tu gruba pokrywa śnieżna, a na wysokości ponad 2 300 m n.p.m. śnieg występuje stale. Większość roślin nie potrafi się zakorzenić w skałach. Porastają je tylko mchy i porosty. Nieliczne trawy i rośliny zielne chronią się przed silnym wiatrem i mrozami w szczelinach między skałami, gdzie znajduje się cienka warstewka gleby. Ich liście pokryte są gęstymi włoskami, które zabezpieczają je przed przemarzeniem.

Poniżej pietra turni leży **piętro halne** zwane także piętrem alpejskim. Roślinność tego piętra jest uboga. Jej osiedlanie utrudniają bardzo słabo wykształcone gleby, silne wiatry i niskie temperatury (średnia roczna temperatura wynosi od 0°C do -2°C). Rozwój roślin ogranicza także długo zalegający śnieg. Występują tu łąki wysokogórskie, tzw. hale.

Pod piętrem alpejskim znajduje się **piętro kosodrzewiny**. Średnia roczna temperatura waha się tu w granicach od 0°C do +2°C. Gleby są słabo rozwinięte, ale grubsze niż w piętrze alpejskim, dlatego kosodrzewina może tworzyć zwarte, gęste zarośla. Wiotkie, rozłożyste gałęzie tej sosny opierają się silnym wiatrom, nie pękają też pod ciężarem leżącego na nich śniegu.

Pod piętrem kosodrzewiny znajduje się **piętro regla górnego**. Panują tu niskie temperatury (średnio 2-4°C w skali roku), a gleby są płytkie i zakwaszone, co sprawia, że formują się lasy iglaste z dominacją świerku oraz domieszką sosny limby, jodły i modrzewia. **Piętro regla dolnego** położone poniżej piętra regla górnego, formuje się na żyznych glebach brunatnych. Cechuje się klimatem chłodnym. Średnie roczne temperatury są tu nieco wyższe niż w piętrze regla górnego – wynoszą 4-6°C. W takich warunkach rozwijają się lasy mieszane bukowo-jodłowe, a w wyższych partiach lasy iglaste z dominacją świerka i jodły.



Polecenie 8

W niżowej części Polski rośliny wieloletnie stanowią 80% gatunków, a w piętrze turni – 98%. Przedstaw prawdopodobną przyczynę tej różnicy.

Podsumowanie

- Głównym czynnikiem naturalnym, który warunkuje różnorodność ekosystemową w skali globalnej jest klimat.
- Biomy to zespoły ekosystemów o zbliżonych warunkach klimatycznych, podobnej strukturze przestrzennej oraz florze i faunie.
- Wyróżnia się 9 głównych biomów: lasy deszczowe, sawanny, pustynie i półpustynie, zarośla twarolistne, stepy, lasy liściaste i mieszane, tajga, tundra, obszary wysokogórskie.
- Największą bioróżnorodnością wśród ekosystemów lądowych cechuje się biom wilgotnych lasów tropikalnych.

Praca domowa

Polecenie 9.1

1. Który z obszarów charakteryzuje się większym bogactwem ekosystemów: Himalaje czy lądy za kołem polarnym? Odpowiedź uzasadnij, odwołując się do poszczególnych czynników warunkujących różnorodność ekosystemów.

Polecenie 9.2

2. Wśród pospolitych roślin doniczkowych wskaż te, które pochodzą ze strefy lasów równikowych. Omów ich cechy, które są przystosowaniami do życia w tym biomie.

Słowniczek

biom

zespół ekosystemów o zbliżonych warunkach klimatycznych, podobnej strukturze przestrzennej oraz zbliżonej florze i faunie

formacja roślinna

typ zbiorowiska roślinnego charakterystyczny dla określonego regionu świata; w formacji występują rośliny o podobnym pokroju (sawanna – trawy, bór – drzewa iglaste)

kserofity

rośliny sucholubne, przystosowane anatomicznie i fizjologicznie do życia w warunkach niedostatku wody, w suchych i gorących siedliskach takich ekosystemów, jak: stepy, pustynie, półpustynie, sawanny, wydmy, piaski, skaliste nasłonecznione zbocza; zalicza się do nich sukulenty i sklerofity

lasy deszczowe

biom o bardzo wysokiej różnorodności biologicznej, wykształcający się w strefie równikowej na obszarach cechujących się obfitymi, całorocznymi opadami deszczu, wysoką wilgotnością powietrza i temperaturą powietrza utrzymującą się przez cały rok na stałym poziomie (ok. 25°C i wykazującą niewielkie wahania dobowe), gdzie okres wegetacji trwa cały rok; występują w nim głównie szerokolistne, wiecznie zielone drzewa, wysokie byliny, epifity i pnącza; stanowi on miejsce życia dla tysięcy gatunków zwierząt

piętro halne

inaczej alpejskie; piętro roślinności w górach, położone na wysokości 1800-2300 m n.p.m., gdzie wykształcają się hale, czyli wysokogórskie łąki

piętro kosodrzewiny

inaczej piętro kosówki lub piętro subalpejskie; piętro roślinności w górach, położone na wysokości 1500-1800 m n.p.m., pokryte zwartymi zaroślami sosny kosodrzewiny

piętro regla dolnego

piętro roślinności w górach, położone na wysokości 600-1100 m n.p.m., gdzie dominują lasy liściaste lub mieszane, głównie buczyny

piętro regla górnego

piętro roślinności w górach, położone na wysokości 1100-1500 m n.p.m., gdzie dominują lasy iglaste, głównie bory świerkowe

piętro turniowe

piętro roślinności w górach, położone na wysokości ponad 2300 m n.p.m., powyżej piętra halnego, pokryte nagimi skałami z rzadka porośniętymi mchami i porostami, między którymi sporadycznie rosną rośliny kwiatowe; w Polsce występuje tylko w Tatrach Wysokich

produktywność

intensywność lub szybkość wytwarzania materii wyrażana w gramach lub dżulach na jednostkę czasu i powierzchni

pustynia

biom formujący się na obszarach zwrotnikowych i podzwrotnikowych, cechujący się suchym lub skrajnie suchym klimatem z małą ilością opadów, nieprzekraczającą 200 mm w ciągu roku, a co za tym idzie – znikomą pokrywą roślinną

pustynia lodowa

obszar pokryty stałą pokrywą lodową, pozbawiony roślinności, występujący w strefie klimatu okołobiegunowego polarnego

rośliny efemeryczne

grupa roślin, która przystosowała się do życia w warunkach niedostatku wody poprzez silne skrócenie okresu wegetacji; rośliny te pojawiają się nagle, przechodzą bardzo krótki cykl rozwojowy i giną; niekorzystne warunki przeżywają pod ziemią w postaci nasion lub organów przetrwalnikowych

sawanna

biom występujący na obszarach podrównikowych w klimacie gorącym z długą porą suchą (średnio 5-7 miesięcy) oraz stosunkowo krótką porą deszczową (3-5 miesięcy), o rocznej sumie opadów wahającej się od 200 do 500 mm rocznie; jego roślinność stanowią głównie trawy, wśród których spotkać można pojedyncze krzewy i drzewa

sklerofity

inaczej suchorośla; grupa kserofitów, która przystosowała się do życia w warunkach niedostatku wody przez silne ograniczenie parowania, zwłaszcza redukcję powierzchni liści oraz pokrycie ich grubą warstwą kutykuli

step

biom formujący się w głębi kontynentów w klimacie umiarkowanym ciepłym, cechujący się stosunkowo niską liczbą opadów (250-400 mm rocznie); charakteryzuje się roślinnością trawiastą z dużą domieszką roślin zielnych, zwykle tworzących zbitą darni

sukulenty

inaczej rośliny gruboszowate; grupa kserofitów, która przystosowała się do życia w warunkach niedostatku wody poprzez wykształcenie tkanki umożliwiającej magazynowanie jej w mięsistych liściach, łodygach lub korzeniach; zalicza się do nich m.in. kaktusy, aloesy, wilczomlecze

tajga

zwana także borealnym lasem iglastym; biom występujący w klimacie umiarkowanym chłodnym, dla którego charakterystyczne są długie okresy mroźnych zim oraz niska

roczna suma opadów (400–600 mm); typowa dla tego biomu formacja roślinna to las iglasty

tundra

biom wykształcający się w klimacie okołobiegunowym subpolarnym, cechującym się panującą przez zdecydowaną większość roku ujemną temperaturą; gleby tundry pokryte są warstwą wiecznej zmarzliny; występują w niej jedynie mchy i porosty, nieliczne trawy, karłowate drzewa, niewielkie krzewy i krzewinki

wiecznie zielone lasy

las porośnięty roślinnością twardolistną, występujące na wybrzeżach Morza Śródziemnego, wschodnim wybrzeżu Stanów Zjednoczonych (w Kalifornii i Oregonie), w południowych częściach Afryki i na południowo-zachodnich wybrzeżach Australii

zarośla twardolistne

biom występujący na obszarach podzwrotnikowych, gdzie temperatura jest dodatnia przez cały rok, lata są suche i gorące, a zimy ciepłe i wilgotne; występuje w nim głównie roślinność o grubych i skórzastych liściach, których budowa ogranicza utratę wody w wyniku parowania

Zadania

Ćwiczenie 1

Przyporządkuj biomy do odpowiednich stref klimatycznych.

strefa umiarkowana

tajga

lasy liściaste

wilgotne lasy tropikalne

sawanny

stepy

pustynie lodowe

pustynie gorące

tundra

strefa okołobiegunowa

strefa równikowa

strefa zwrotnikowa

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Oceń prawdziwość zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Dominującymi zespołami ekosystemów tajgi są lasy liściaste.	☐	☐
Głównym czynnikiem warunkującym globalną różnorodność ekosystemów jest klimat.	☐	☐
Na lądzie największą różnorodnością biologiczną wyróżniają się wilgotne lasy równikowe.	☐	☐
Drzewami rosnącymi na sawannie są akacje i baobaby.	☐	☐
Kserofity, czyli rośliny sucholubne, występują głównie na pustyniach i półpustyniach.	☐	☐
Tundrę porastają wyłącznie mchy i porosty.	☐	☐
Lasy deszczowe są ekosystemami o bardzo małej produktywności.	☐	☐
Stepy to formacje roślinne występujące w strefie klimatu umiarkowanego chłodnego.	☐	☐

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Wskaż cechy, za pomocą których opiszesz las równikowy.

☐ cienka kora drzew

☐ liście opadają dwa razy do roku

☐ płytkie systemy korzeniowe

☐ silna konkurencja o światło

☐ najbogatsza w gatunki warstwa – korony drzew

☐ liczne gatunki traw

☐ jednakowy skład gatunkowy w dorzeczu Kongo i Amazonki

☐ niska produktywność

☐ wysoka wilgotność

☐ liczne porosty i epifity

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Wskaż cechy, za pomocą których opiszesz tajgę.

☐ rozbudowane i głębokie systemy korzeniowe

☐ obecność torfowisk

☐ liczne drzewa iglaste

☐ liczne gatunki grzybów

☐ drzewa o rozbudowanych koronach, tworzące zwartą warstwę zwaną dachem lasu

☐ liczne drzewa liściaste

☐ drzewa smukłe, zwykle nietworzące zwartej warstwy koron

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Wskaż cechy, za pomocą których opiszesz krajobraz sawanny.

☐ niska produktywność

☐ jednakowy skład gatunkowy w Afryce i Ameryce Południowej

☐ liczne porosty i epifity

☐ silna konkurencja o wodę

☐ silna konkurencja o światło

☐ rozbudowane systemy korzeniowe

☐ liczne zwierzęta roślinożerne tworzące stada

☐ liczne gatunki traw

☐ liczne wysokie drzewa

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 7

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Zagrożenia bioróżnorodności

Dlaczego wielu ludzi wciąż wrzuca do domowych pieców śmieci, w tym odpady z tworzyw sztucznych? Dlaczego wypala się łąki i ścierniska, a z parków i ogrodów wywozi sterty opadłych liści, w których zwierzęta zdążyły już sobie przygotować zimowe kryjówki? U podstaw zagrożeń różnorodności biologicznej często stoi nasz brak wiedzy i wrażliwości przyrodniczej, a także bierność i niechęć do działania.



Dront dodo (*Raphus cucullatus*)

Źródło: BazzaDaRambler (<http://commons.wikimedia.org>).

Już wiesz

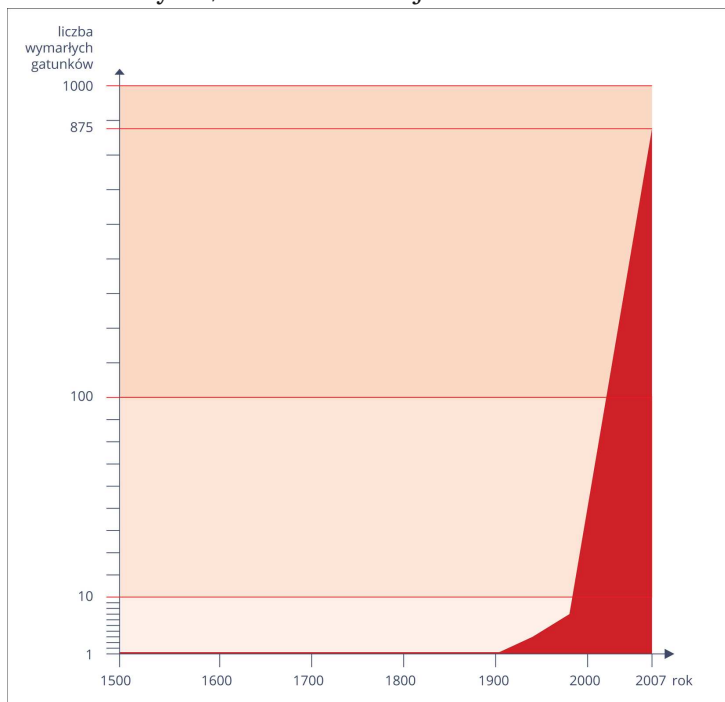
- skutkiem działalności człowieka są m.in. kwaśne deszcze, zanieczyszczenia gleby, wody i powietrza;
- kwaśne deszcze uszkadzają liście i korzenie roślin;
- silny konkurent może doprowadzić słabszą populację do wyginięcia.

Nauczysz się

- porównywać tempo wymierania gatunków obecnie i w minionych epokach geologicznych;
- wymieniać i charakteryzować wybrane czynniki antropogeniczne zagrażające bioróżnorodności;
- opisywać ekologiczne skutki wycinania lasów;
- opisywać wpływ działalności człowieka na różnorodność biologiczną;
- wyjaśniać, czym są gorące punkty bioróżnorodności, i podawać ich przykłady.

1. Tempo wymierania gatunków

Liczba naturalnych ekosystemów, gatunków i osobników wielu populacji maleje w zastraszającym tempie. Badania przeprowadzone przez [Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody](#) (ang. *International Union for Conservation of Nature*, w skrócie **IUCN**) wykazały, że od 1500 do 2009 r. na Ziemi bezpowrotnie zniknęło 875 gatunków. Wartość ta wydaje się jednak bardzo niedoszacowana, zwłaszcza w odniesieniu do czasów nowożytnych, czyli od połowy XV do początku XX w. Ówczesny stan wiedzy nie pozwalał na poznanie i opisanie dużej liczby gatunków. Zmieniło się to dopiero w wyniku rozwoju nauki i zastosowania nowoczesnych metod badawczych, co miało miejsce w XX i XXI w.



Tempo wymierania gatunków wg IUCN

Źródło: autor, licencja: CC BY 3.0.

Liczby gatunków istniejących obecnie na naszej planecie i tych wymierających można określić tylko w przybliżeniu. Szacunki mogą znacznie odbiegać od siebie. Te optymistyczne podają, że rocznie ginie ich 500 do 5000. Inne, bardziej pesymistyczne, powstałe przez szacowanie liczby wymierających gatunków na podstawie powierzchni zniszczonych naturalnych siedlisk, określają tempo wymierania na 50, 100, 150, a nawet 350 gatunków dziennie, co rocznie daje liczbę 20-50, a nawet 120 tysięcy.

Drastyczny wzrost tempa wymierania gatunków obserwuje się od początku XX wieku, a proces ten stale się nasila. Z tego powodu czasem mówi się, że jesteśmy świadkami **szóstego masowego wymierania**, zwanego też **wymieraniem holoceniowym**.

Polecenie 1

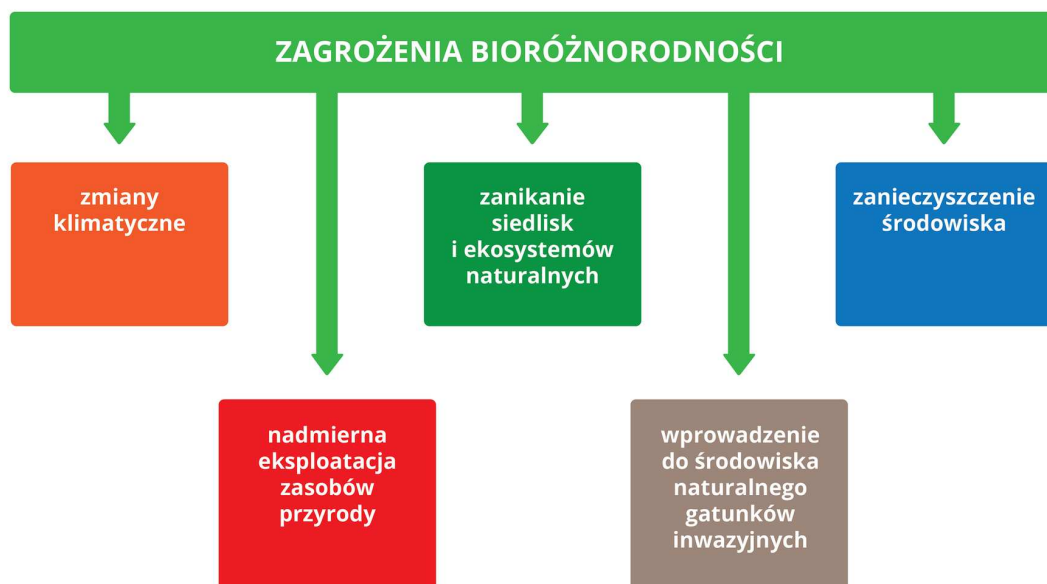
W wyniku uderzenia w Ziemię podwójnej asteroidy, które miało miejsce 65 mln lat temu, wymarły dinozaury i wiele innych gatunków. Opisz długofalowe skutki tej katastrofy.

Wskazówka

Co dzieje się z niszami ekologicznymi zwolnionymi przez wymarłe gatunki?

2. Człowiek zagrożeniem dla różnorodności biologicznej

W historii Ziemi wymieranie gatunków zdarzało się wielokrotnie. Jest ono naturalnym procesem, często towarzyszącym powstawaniu nowych gatunków (specjacji). Wymieranie zachodziło nagle, jako skutek katastrof lub powoli, jako wynik antagonistycznych stosunków między populacjami. Człowiek jest gatunkiem odpowiedzialnym za bezpośrednie tępienie innych gatunków i przekształcanie warunków ich życia.



Zagrożenia bioróżnorodności

Źródło: Dariusz Adrian, licencja: CC BY 3.0.

Niekorzystne zmiany środowiska naturalnego zagrażające bioróżnorodności pojawiły się w wyniku wzrostu liczebności populacji ludzkich oraz rosnącego zapotrzebowania na

mięso i skóry. Polowania na wybrane gatunki niejednokrotnie były tak nasilone, że doprowadziły do ich wymarcia. W XVII w. w Europie wytrzebiono tura (*Bos primigenius*), na wyspie Mauritius ptaka dronta dodo (*Raphus cucullatus*), zaś w XVIII w. w okolicy Wyspy Beringa upolowano ostatnią krowę morską (*Hydrodamalis gigas*). W XX w. wytępiono północnoamerykańskiego gołębia wędrownego (*Ectopistes migratorius*).

Pożywienie zdobywano również dzięki rolnictwu. Pod uprawę roślin i wypas zwierząt przeznaczano ogromne obszary. Coraz intensywniej eksploatowano bogactwa naturalne, co także miało negatywny wpływ na środowisko.



Dront dodo (*Raphus cucullatus*)

Źródło: BazzaDaRambler (<http://commons.wikimedia.org>).

Z biegiem czasu zagrożeniem dla różnorodności biologicznej stało się także rybołówstwo. Obecnie na świecie niemal 30% łowisk jest stale przeławianych, a kolejne 50% eksploatowanych tak intensywnie, że niedługo nie będą już w stanie się odtwarzać.

Kolejne negatywne zmiany w środowisku naturalnym, zwłaszcza jego zanieczyszczenie i degradacja, zachodziły i nadal zachodzą pod wpływem rozwoju przemysłu, transportu, budownictwa, gospodarki komunalnej, a obecnie również turystyki.

Polecenie 2

Uzasadnij, dlaczego ekosystemy z licznymi gatunkami endemicznymi, zwłaszcza położone na wyspach, są bardziej podatne na skutki działalności człowieka niż obszary o niższej różnorodności biologicznej.

Ciekawostka

Północnoamerykański gołąb wędrowny (*Ectopistes migratorius*) jest przykładem gatunku, którego przed zagładą z ręki człowieka nie uchroniła nawet ogromna liczebność, szacowana na 5 mld osobników. Ptaki te były najłatwiej dostępnym źródłem mięsa, więc masowo na nie polowano.

3. Zanikanie siedlisk i ekosystemów kluczym powodem spadku różnorodności biologicznej

Najważniejszą przyczyną spadku różnorodności biologicznej jest stałe zmniejszanie się powierzchni ekosystemów naturalnych. Największy problem stanowi wylesianie. Lasy są bowiem najcenniejszymi z punktu widzenia bioróżnorodności ekosystemami na Ziemi. Stanowią ostoję dla ok. 75% gatunków lądowych żyjących na naszej planecie. Są drugim po oceanach globalnym dostawcą tlenu i specyficznym rezerwuarem wody pitnej. Pełnią też funkcję naturalnego filtra powietrza. Ponadto zapobiegają erozji gleby i stabilizują klimat. Ponieważ pochłaniają ogromne ilości CO₂, ich utrzymanie jest ważne dla powstrzymania globalnego ocieplenia klimatu. Każde drzewo to siedlisko licznych organizmów tworzących swoistą biocenozę. Wycięcie lasu oznacza utratę tych wszystkich funkcji, a tym samym zniknięcie ogromnej liczby gatunków oraz zależności, którymi są powiązane.

Lasy stanowią źródło cennego surowca, jakim jest drewno. Co roku na świecie ubywa nawet 150 tys. km² lasów, czyli tyle, ile wynosi połowa powierzchni Polski. Do odbiorców w Unii Europejskiej wędruje 20 mln ton egzotycznego drewna. Tylko część tego surowca ma certyfikat gwarantujący pochodzenie ze zrównoważonej wycinki, czyli takiej, której towarzyszy zalesianie umożliwiające odnawianie się lasu.

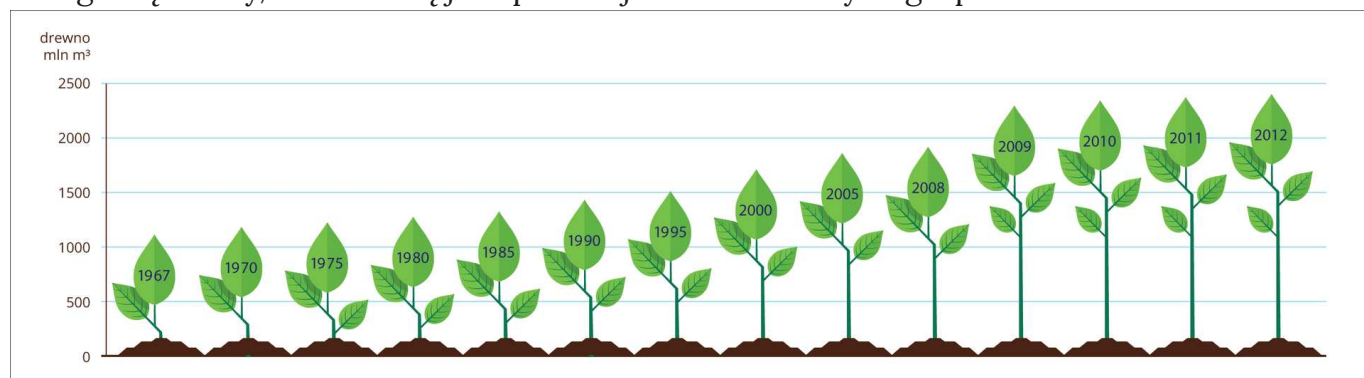
Wyręb, a częściej wypalanie lasów, odbywa się też z potrzeby pozyskania żyznych gleb pod uprawę lub zakładania łąk niezbędnych do wypasu zwierząt. Zdobyte w ten sposób grunty szybko ulegają erozji, a uwolnione podczas pożarów miliony metrów sześciennych CO₂ przyczyniają się do zwiększenia efektu cieplarnianego. Do zaniku lasów przyczyniają się też kwaśne deszcze oraz masowe pojawianie się szkodników w lasach będących monokulturami.

Polecenie 3

Zaproponuj działania, które możesz podjąć w swoim domu, by ograniczyć zapotrzebowanie na drewno, także egzotyczne.

Najwyższym stopniem wylesienia cechują się Ameryka Południowa i Ameryka Środkowa oraz Afryka. W krajach europejskich powierzchnia lasów zaczyna powoli, lecz

systematycznie wzrastać. W Polsce lasy porastają ok. 30% powierzchni kraju. Niestety, są to głównie lasy wtórne i charakteryzuje je mniejsza różnorodność biologiczna niż naturalne. Na ogół są to lasy, które służą jako plantacje drzew istotnych gospodarczo.



Zasoby drewna w polskich lasach w latach 1967-2012

Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

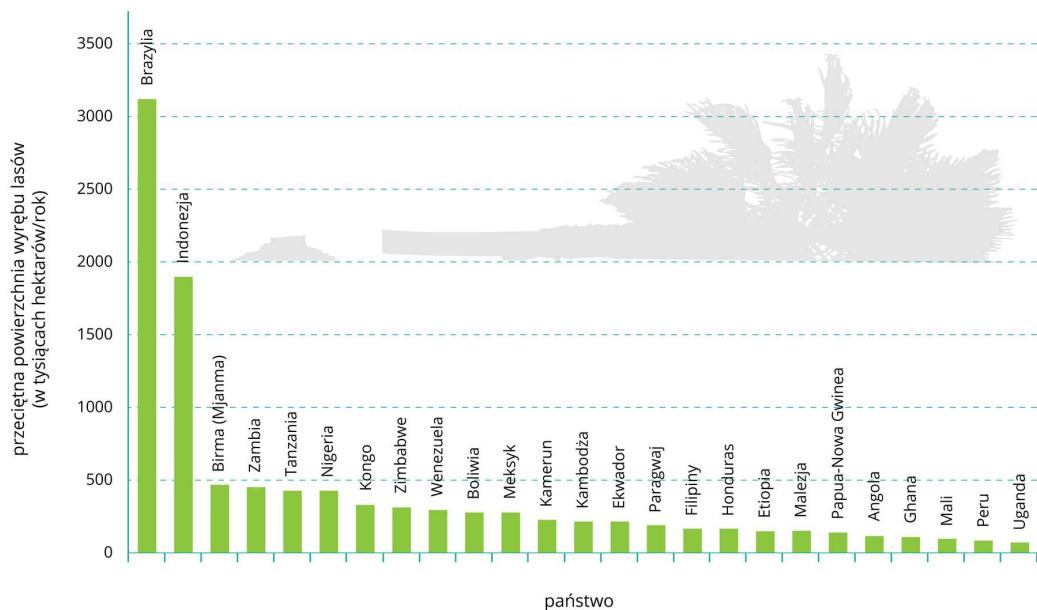
Istotnym powodem zagrożenia różnorodności biologicznej jest także zanikanie ekosystemów bagiennych, moczarowych i torfowiskowych. Obszary te są osuszane i wykorzystywane w rolnictwie pod uprawę roślin. Zabiegi melioracyjne powodujące obniżenie poziomu wód przyczyniają się do utraty siedlisk przez liczne ptaki wodne i wodno-błotne, prowadzą również do wymierania płazów, które rozmnażają się na tych obszarach.

Polecenie 4

Podaj przykłady niewymienionych w podręczniku ekosystemów, które ulegają bardzo szybkiemu przekształcaniu, a cechują się wysoką różnorodnością biologiczną. Wymień przyczyny ich zanikania.

Ciekawostka

W każdej minucie powierzchnia lasów na świecie zmniejsza się o obszar równy 36 boiskom do piłki nożnej.



Zmniejszanie się powierzchni lasów deszczowych w latach 2000-2005

Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

4. Gatunki inwazyjne i skutki ich wprowadzania do środowiska

Drugim (po zaniku siedlisk) powodem spadku globalnej bioróżnorodności jest wprowadzanie do naturalnych ekosystemów gatunków obcych, cechujących się dużą inwazyjnością. Szacuje się, że w skali świata spowodowały one utratę około połowy gatunków rodzimych. Wiele gatunków obcych człowiek wprowadza świadomie, uważając je za przydatne w rolnictwie, leśnictwie, ogrodnictwie. Inne zostają zawleczone przypadkowo. Sprzyja temu zwłaszcza rozwój międzynarodowego i międzykontynentalnego transportu i turystyki.

Gatunkami inwazyjnymi określa się gatunki obce w danym ekosystemie, zwykle pochodzące z innych stref klimatycznych, które w nowych warunkach znalazły bardzo dogodne możliwości rozwoju. Z tego powodu zaczęły się masowo rozmnażać i dominować w ekosystemach. Zwykle mają też zdolność do bardzo szybkiego rozprzestrzeniania się. Wprowadzenie obcego gatunku zaburza relacje między organizmami tworzącymi biocenozę. Panująca między nimi równowaga ulega zachwianiu, ponieważ gatunki inwazyjne są często dużo skuteczniejszymi drapieżnikami, pasożytami lub konkurentami niż gatunki rodzime. Dodatkowo przenoszone są na nowe siedliska bez swoich naturalnych antagonistów, którzy mogliby regulować ich liczebność. Dzięki temu wygrywają walkę

o ograniczone zasoby środowiska, przyczyniając się do stopniowego zaniku populacji rodzimych.

Polecenie 5

Ryba babka bycza (*Neogobius melanostomus*) została przywleczona do Bałtyku z Morza Czarnego prawdopodobnie w zbiornikach balastowych statków. Zdomowiła się w Zatoce Puckiej i wypiera rodzime gatunki. Nie jada się jej, dlatego nie jest odławiana. Wyjaśnij na tym przykładzie, co to znaczy, że jeden gatunek wypiera inne.

Przykładem najlepiej obrazującym negatywny wpływ gatunków inwazyjnych na różnorodność biologiczną jest sprowadzenie ssaków z Europy do Nowej Zelandii. Za wyjątkiem nietoperzy, w tym wyspowym kraju ssaki nigdy nie występowały naturalnie. Ich nisze zajmowały ptaki, wśród których powstała ogromna różnorodność gatunków, zwłaszcza nielotnych. Ssaki drapieżne przetrzebiły przede wszystkim populacje naziemnych nielotów, np. kiwi (*Apterygiformes*). Króliki i kozy wyjadały masowo rośliny, przekształcając ekosystemy i niszcząc siedliska ptaków takahe (*Porphyrio*).



Takahe południowy (*Porphyrio hochstetteri*)

Źródło: Br3nda (<http://www.flickr.com>).

Rodzimym ekosystemom zagrażają również pasożyty przywlezione z innych stref klimatycznych. Jednym z nich jest szrotówek kasztanowcowiaczek (*Cameraria ohridella*) – gatunek motyla, którego larwy żerują na kasztanowcach, powodując brązowienie i opadanie liści. Motyl ten pochodzi z Macedonii i w ciągu ostatnich niespełna 20 lat opanował całą Europę. W Polsce pojawił się w 1998 r. Prawdopodobnie powodem tak szybkiego rozprzestrzenienia się tego gatunku jest transport samochodowy. Hipotezę tę potwierdza fakt, że pierwsze zainfekowane drzewa rosły zawsze przy drogach. Na osobniki rosnące dalej od dróg, larwy były przenoszone przez inne zwierzęta, wiatr oraz przez człowieka.



Szrotówek kasztanowcowiaczek (*Cameraria ohridella*) postać dorosła, larwa i ślady jej żerowania na liściach kasztanowca.

Źródło: Ben Sale (<https://www.flickr.com>), Beentree (<http://commons.wikimedia.org>), James Bowe (<https://www.flickr.com>).

Polecenie 6

Wyjaśnij, czy gatunek inwazyjny w jednej strefie klimatycznej będzie nim po przeniesieniu do innej strefy.

W Polsce do gatunków inwazyjnych można zaliczyć na przykład norkę amerykańską (*Neovison vison*) i szopa pracza (*Procyon lotor*) – zwierzęta, które uciekły z hodowli zwierząt futerkowych lub zostały z nich wypuszczone i stworzyły liczne populacje. Łatwo przystosowują się do nowych warunków, są bardzo płodne, zagrażają ptakom zakładającym gniazda na ziemi oraz wielu ssakom. Zamieszkują także parki narodowe i inne tereny chronione, gdzie podejmuje się próby ich eliminacji.

Gatunkiem inwazyjnym jest również syberyjski barszcz Sosnowskiego (*Heracleum sosnowskyi*), który miał być hodowany ze względu na wartości lecznicze i stosowany jako pasza, a przez swoje właściwości parzące okazał się szkodliwy dla ludzi i bydła. Z kolei jego dynamiczne rozprzestrzenianie się stało się poważnym zagrożeniem dla rodzimej flory.

Polecenie 7

Przykładem gatunku inwazyjnego w Polsce jest czeremcha amerykańska (*Prunus serotina*). Zbierz informacje o niej. Ustal, jakie gatunki żywią się jej liśćmi i owocami, jakie patogeny jej zagrażają i jak wpływa na inne gatunki w swoim otoczeniu. Wyjaśnij, na czym polega jej niepożądany wpływ na biocenozy leśne.

Wiele gatunków obcych, traktowanych jako zwierzęta domowe, jest wypuszczanych do środowiska. Jest to niezgodne z ustawą o ochronie przyrody i stanowi zagrożenie dla ekosystemów. Dzieje się tak na przykład wtedy, gdy zwierzę osiągnie duże rozmiary albo sprawia kłopoty i nie nadaje się do trzymania w domu lub pielęgnacja znudzi nieodpowiedzialnych hodowców. Większość zwierząt egzotycznych nie przeżyje na wolności, czeka je więc śmierć w cierpieniach z głodu i zimna. Tylko nieliczne potrafią zaaklimatyzować się w nowych warunkach. Rodzi to kolejne problemy: niektóre z nich będą się krzyżować z gatunkami rodzimymi (np. świnka wietnamska i dzik, jeleni wschodni i jeleni europejski), przenosić pasożyty niewystępujące w populacjach polskich, które jako nowe mogą być bardzo inwazyjne (np. pochodzące od jelenia sika pasożyty wysysające krew z jelit, zagrażają jeleniom i żubrom).

5. Zanieczyszczenie i degradacja środowiska a różnorodność biologiczna

Zanieczyszczenie i [degradacja środowiska](#) naturalnego nasiliły się przede wszystkim wraz z rozwojem przemysłu, rolnictwa, gospodarki komunalnej i transportu. Skażenie wód i gleb ściekami przemysłowymi i komunalnymi zagraża wielu gatunkom, a w przypadku rzek i jezior doprowadza do niemal całkowitego wymarcia żyjących w nich organizmów. Zanieczyszczenia przemieszczają się z rzek do mórz. Szczególnie zagrożone są morza śródlądowe, takie jak Bałtyk, w których wymiana wody z oceanem jest ograniczona. Skażenie wód Bałtyku doprowadziło m.in. do wyginięcia polskiej populacji łosia atlantyckiego (*Salmo salar*).

Rozwojowi przemysłu, zwłaszcza górnictwa, hutnictwa i konwencjonalnej energetyki, towarzyszy wytwarzanie ogromnych ilości **odpadów przemysłowych**. Są one składowane w postaci hałd. Obecne w nich substancje toksyczne, głównie metale ciężkie, z łatwością przedostają się do gleby i wód, powodując lokalne skażenie środowiska. Z biegiem lat hałdy zarastają roślinnością, ale odtworzone ekosystemy są bardzo ubogie pod względem liczby zamieszkujących je gatunków.

Spalanie paliw kopalnych, zwłaszcza węgla w przemyśle energetycznym, skutkuje wzrostem **zanieczyszczenia powietrza** tlenkami siarki, sadzami, pyłami oraz zwiększeniem stężenia CO₂ w atmosferze. W powietrzu, w wyniku reakcji chemicznej pary wodnej i tlenków węgla, siarki i azotu oraz siarkowodoru i chlorowodoru, powstają **kwaśne deszcze**. Powodują one uszkodzenia roślin i przyczyniają się do zamierania lasów. Zmieniają odczyn gleby, przez co część gatunków zostaje zastąpiona takimi, które preferują podłoże

o niższym pH. Kwaśne opady bardzo szkodzą także porostom. Te najbardziej wrażliwe, o krzaczkowatej lub krzaczkowato-nitkowatej, zwisającej plesze (np. brodaczki), występują już tylko na nielicznych, najmniej zanieczyszczonych obszarach naszego kraju.



Martwy las w Górach Sowich

Źródło: Przykuta (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Powodem zmniejszania się różnorodności biologicznej, zwłaszcza ekosystemów mórz i oceanów oraz ekosystemów nadbrzeżnych, jest również górnictwo naftowe. Wybuch platformy wiertniczej albo wyciek z tankowca mogą spowodować katastrofę ekologiczną na ogromną skalę, skutkującą nieodwracalnymi zmianami w ekosystemie. Przykładem takiej katastrofy jest skażenie Zatoki Meksykańskiej po wybuchu głębokowodnej platformy wiertniczej w 2010 r. Na skutek wylania 1,5 mld litrów ropy naftowej do zatoki zanieczyszczonych zostało 1 900 km wybrzeża. Zginęły setki tysięcy zwierząt, w tym 5 tysięcy wydr i aż 250 tysięcy mew, a także inne ptaki, żółwie morskie i delfiny.



Katastrofa ekologiczna

Źródło: Jose Mesa (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

6. Zmiany klimatyczne a różnorodność biologiczna

Wpływ zmian klimatycznych na różnorodność biologiczną rozpatruje się głównie w odniesieniu do **globalnego ocieplenia klimatu**. Główną jego przyczyną jest działalność człowieka (i związana z nią nadmierna emisja do atmosfery gazów cieplarnianych takich jak ditlenek węgla (tlenek węgla IV), metan, tlenek diazotu czy para wodna).

Wzrost temperatury w skali świata ma wpływ m.in. na rozmieszczenie organizmów. Prawdopodobnie stanowi także powód ich zagłady w sytuacji, gdy nie mogą się one przemieścić na inne siedliska, o optymalnych dla siebie warunkach termicznych. Przykładem negatywnego wpływu ocieplenia klimatu jest wymieranie porostów piętra alpejskiego na skutek zajmowania ich siedlisk przez bardziej ciepłolubne gatunki roślin niższego piętra.

Wzrost temperatury w skali globalnej powoduje również inny poważny problem, jakim jest postępujące topnienie pokrywy lodowej na obszarach okołobiegunowych, obserwowany od lat 70. XX w. Skute lodem brzegi Alaski, będące dla morsów miejscem rozrodu i odchowu młodych, stopniowo topnieją, co zmusza ciężarne samice do szukania nowych, niezmiennych jeszcze obszarów. W efekcie tłoczą się one na niewielkich plażach jeszcze pokrytych lodem, tworząc stada liczące po kilkadziesiąt tysięcy osobników. Zanik pokrywy lodowej wpływa także na populacje pingwinów Adeli (*Pygoscelis adeliae*). Ptaki te polują na kryl, nurkując z kry, zwykle blisko kolonii lęgowej. Ponieważ przybrzeżne kry coraz szybciej

topnieją, a krył bytuje tylko pod lodem, ptaki muszą żerować w coraz większym oddaleniu od brzegu. Z tego powodu na długo opuszczają swoje pisklęta, co znacznie zwiększa ich śmiertelność.



Morsy na brzegu Alaski

Źródło: South Bend Voice (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Organizmom dodatkowo mogą zagrażać nasilone i nietypowe zjawiska atmosferyczne, np. gwałtowne opady śniegu i marznącego deszczu w górach Meksyku przyczyniły się do zagłady zimujących tam milionów osobników motyla monarchy, zmniejszając tym samym liczebność ich populacji o ponad 70%.

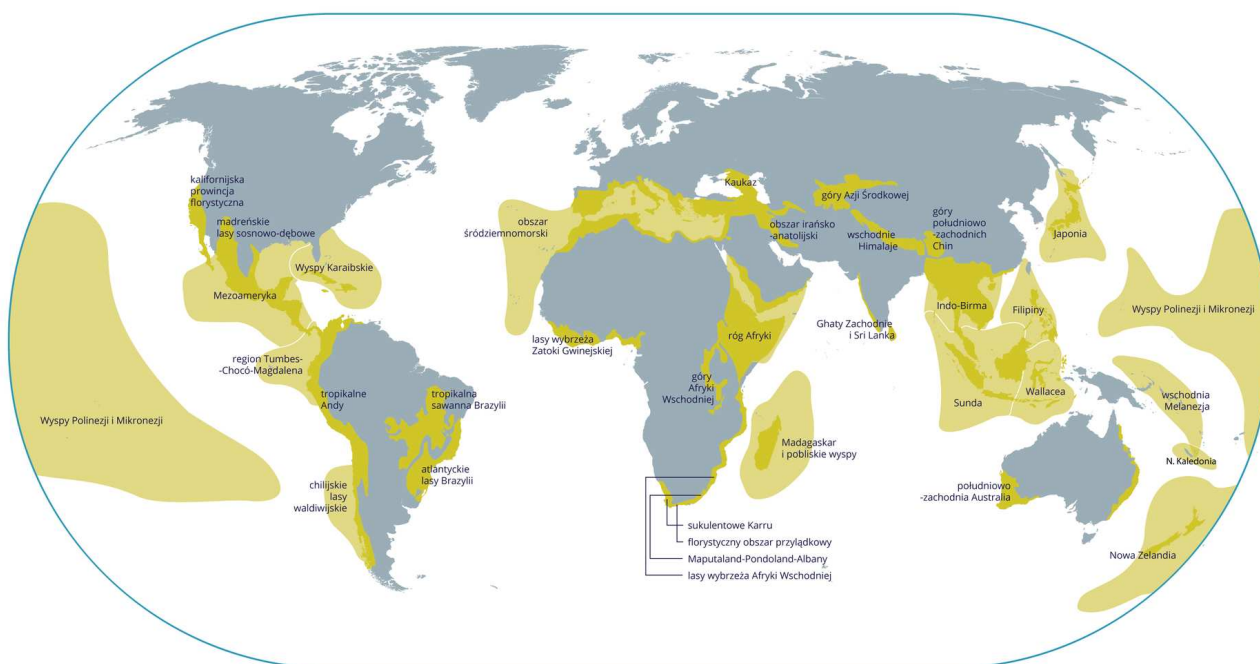
Zmiany klimatu prowadzą również do zaburzenia cykliczności pór roku. Obecnie w klimacie umiarkowanym wiosna rozpoczyna się z wyprzedzeniem, przez co przedterminowo zakwitają wiosenne kwiaty a ptaki i płazy przystępują do godów. Zwykle nie towarzyszy temu wcześniejszy rozwój owadów, dlatego też brakuje pokarmu dla młodych, których śmiertelność wzrasta.

Polecenie 8

Topnienie pokrywy lodowej sprawia, że podnosi się poziom mórz i oceanów. Wyjaśnij, jaki jest wpływ tego zjawiska na ekosystemy leżące przy granicy wody i lądu.

7. Ochrona różnorodności biologicznej – perspektywy

Różnorodność biologiczna maleje w zastraszającym tempie. Nie potrafimy temu skutecznie zapobiegać i ochronić jej unikatowych, bezcennych składników. Mimo że w skali świata na ten cel przeznacza się bardzo duże środki, to są one niewystarczające i jedynie spowalniają proces zaniku różnorodności biologicznej. Aby skutecznie ratować różnorodność biologiczną przed ubożeniem, należy skupić się na zachowaniu najcenniejszych przyrodniczo i jednocześnie najbardziej zagrożonych obszarów świata. Naukowcy wyznaczyli na kuli ziemskiej 34 takie miejsca i nazwali je **gorącymi punktami bioróżnorodności** (ang. *biodiversity hotspots*). Są one miejscem życia ok. 80% gatunków kręgowców lądowych, z których ponad 40% jest endemitami. Każdy z takich obszarów powinien spełniać 2 podstawowe kryteria. Po pierwsze musi być miejscem występowania przynajmniej 1 500 endemicznych gatunków roślin naczyniowych. Drugim warunkiem jest utrata przez te gatunki w wyniku działalności człowieka co najmniej 70% naturalnych siedlisk.



Gorące punkty bioróżnorodności

Źródło: Anita Mowczan, Nemo (<http://pixabay.com>), licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 9

Oceń swój wpływ na zachowanie bioróżnorodności. Wymień działania, które możesz podjąć, by ograniczyć jej spadek.

Ciekawostka

Gorące punkty różnorodności biologicznej zajmują łącznie ponad 15% powierzchni Ziemi, z czego jedynie 2,3% przypada na najbardziej pierwotne, a tym samym najcenniejsze przyrodniczo zbiorowiska. Ponad 85% powierzchni tych unikatowych ekosystemów została już bowiem zniszczona w wyniku działalności człowieka.

Podsumowanie

- Działania człowieka są przyczyną spadku różnorodności biologicznej na wszystkich jej poziomach.
- Głównymi bezpośrednimi czynnikami spadku różnorodności biologicznej są: zanikanie naturalnych siedlisk i ekosystemów, wprowadzanie do środowisk gatunków inwazyjnych, zanieczyszczanie środowiska, nadmierna eksploatacja zasobów przyrody i zmiany klimatyczne.
- Gorące punkty bioróżnorodności to niezwykle cenne przyrodniczo ekosystemy, zagrożone wskutek degradacji siedlisk naturalnych.

Praca domowa

Polecenie 10.1

1. Opisz warunki biotyczne i abiotyczne, które ulegają zmianie w wyniku wycięcia lasu.

Polecenie 10.2

2. Podaj i opisz 3 przykłady negatywnego wpływu działalności człowieka na różnorodność ekosystemów.

Słowniczek

degradacja środowiska

pogorszenie się stanu środowiska naturalnego pod wpływem działania człowieka; polega na zmniejszeniu różnorodności biologicznej i obniżeniu jakości takich składników, jak powietrze, woda, gleba; jej skutkiem jest zachwianie równowagi biologicznej

gatunki inwazyjne

gatunki obce (nierodzone) o znacznej ekspansywności; szybko się rozprzestrzeniają, stanowią zagrożenie dla gatunków rodzimych danego ekosystemu, z którymi konkurują o te same zasoby, często wypierając je i przyczyniając się do ich wyginięcia; są drugim po niszczeniu siedlisk największym zagrożeniem dla różnorodności biologicznej

gorący punkt bioróżnorodności

obszar biogeograficzny Ziemi charakteryzujący się bardzo wysoką różnorodnością biologiczną, jednocześnie zagrożony wskutek postępującej degradacji jego naturalnych siedlisk i ekosystemów, głównie w wyniku działalności człowieka

holocen

trwający obecnie okres geologiczny, który rozpoczął się po ustąpieniu ostatniego wielkiego zlodowacenia, co miało miejsce ok. 12 tysięcy lat temu

Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody (IUCN)

międzynarodowa organizacja zajmująca się ochroną przyrody, założona w 1948 roku w Szwajcarii; pierwsza światowa organizacja skupiająca się na globalnych zagrożeniach środowiska naturalnego

Zadania

Ćwiczenie 1

Przyporządkuj typom zagrożeń opisy zmian zachodzących w środowisku.

zanikanie siedlisk i ekosystemów

zmiana pH gleby przez kwaśne deszcze

nadmierne połowy ryb

wprowadzanie gatunków inwazyjnych

skażenie oceanu ropą naftową

kłusownictwo

deforestacja

osuszanie bagien

zanieczyszczenie środowiska

srowadzanie roślin ozdobnych z egzotycznych zakątków świata

uprawa gatunków pochodzących z innych stref klimatycznych

nadmierna eksploatacja zasobów przyrody

ekspansja terenów rolniczych i zurbanizowanych

uwalnianie egzotycznych zwierząt hodowlanych

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

W każdej parze wskaż obszar charakteryzujący się większą bioróżnorodnością.

	Obszar 1	Obszar 2
Kreta (1) – Madagaskar (2)	☐	☐
Puszcza Amazońska (1) – Puszcza Augustowska (2)	☐	☐
Australia (1) – Alaska (2)	☐	☐
Ameryka Środkowa (1) – Afryka Środkowa (2)	☐	☐
Tatry (1) – Himalaje (2)	☐	☐

Ćwiczenie 3

Oceń prawdziwość poniższych zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Gatunkami inwazyjnymi są gatunki rodzime, które zajmują nowe nisze ekologiczne.	☐	☐
Kwaśne deszcze mają największy wpływ na ekosystemy naturalne, a nie na sztuczne.	☐	☐
Co roku na Ziemi może wymierać nawet 120 tysięcy gatunków.	☐	☐
Obserwowane w ostatnim stuleciu podwyższenie średniej temperatury na Ziemi zostało wywołane w głównej mierze przez działalność człowieka.	☐	☐
Zjawisko wylesiania najsilniej występuje w Azji.	☐	☐
Ekosystemami najważniejszymi dla zachowania różnorodności biologicznej są lasy.	☐	☐
Rozwój transportu sprzyja przemieszczaniu się gatunków inwazyjnych.	☐	☐
Lasy szybciej zanikają w Ameryce Środkowej niż w Europie.	☐	☐

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Wpływ rolnictwa na różnorodność biologiczną

Współczesne rolnictwo może wyprodukować ogromną ilość żywności. Jest przy tym bardzo efektywne: w krajach rozwiniętych pracuje w nim zaledwie 2% obywateli, podczas gdy 100 lat temu rolnikami była przeszło połowa populacji. Niestety intensywna rolnicza eksploatacja środowiska coraz częściej prowadzi do degradacji środowiska.



Źródło: PI77 (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Już wiesz

- główne zagrożenia dla różnorodności biologicznej to: zanikanie naturalnych siedlisk i ekosystemów, wprowadzanie do środowiska gatunków inwazyjnych, zanieczyszczenie środowiska, nadmierna eksploatacja zasobów przyrody, zmiany klimatu;
- rośliny transgeniczne są szansą na zaspokojenie potrzeb żywieniowych ludzi i pozwalają na zmniejszenie skali chemizacji w rolnictwie.

Nauczysz się

- opisywać wpływ współczesnego rolnictwa na różnorodność biologiczną;
- wymieniać i charakteryzować główne czynniki zagrażające różnorodności biologicznej będące wynikiem działalności rolniczej;
- charakteryzować różnorodność gatunkową roślin uprawnych i zwierząt hodowlanych;

- opisywać próby minimalizacji negatywnych skutków wpływu intensywnego rolnictwa na środowisko.

1. Rolnictwo tradycyjne

Na początku swojego istnienia (ok. 10 tysięcy lat p.n.e.) rolnictwo opierało się wyłącznie na pracy ludzkich rąk, dlatego powierzchnie pól były bardzo ograniczone. Ze względu na niewielkie możliwości przemieszczania się na duże odległości rolniczo wykorzystywano lokalne odmiany roślin jadalnych i charakterystyczne dla danego obszaru zwierzęta, które poddały się udomowieniu. Na Bliskim Wschodzie uprawiano pszenicę i jęczmień, w starożytnych Chinach i Indiach – ryż, proso, bób i groch, a w Ameryce Południowej – kukurydzę, dynię i fasolę.

Wiele dziko żyjących organizmów przystosowało się do bytowania na obszarach użytkowanych rolniczo. Dla owadów roślinożernych, gryzoni i ptaków ziarnojadów **agrocenozy** okazały się bogatym i łatwo dostępnym źródłem pokarmu. Dzięki obfitości pożywienia ich populacje mocno zwiększały swoją liczebność. Za nimi podążyły gatunki, dla których one same były pokarmem, np. bociany, myszołowy, lisy, łasice. Liczne owady z kolei przyciągnęły jeże, ryjówki, nietoperze i ptaki. Jaskółki zaczęły się osiedlać na budynkach gospodarczych, w których znajdowały duże ilości owadów.



Źródło: Claus Rebler (<http://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Przed wynalezieniem maszyn rolniczych powierzchnia poszczególnych pól na ogół nie przekraczała 0,5 ha. Pomiędzy nimi występowały zadrzewienia i zakrzewienia oraz fragmenty naturalnych ekosystemów, zwane miedzami. Miedze były i nadal są swoistymi ostojami różnorodności biologicznej, porośniętymi zróżnicowaną roślinnością. Stanowią miejsce gniazdowania ptaków i schronienie dla innych gatunków zwierząt, które nie potrafią żyć na polach, ale chętnie na nich żerują.



Źródło: Gilles San Martin (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Rolnictwo tradycyjne, inaczej ekstensywne, występuje w państwach, w których ziemi jest pod dostatkiem, głównie w krajach słabiej rozwiniętych. Ta forma gospodarowania sprawia, że nakłady finansowe związane z produkcją rolną są niskie, a metody uprawy pracochłonne. Nie stosuje się tam na przykład nawozów sztucznych i pestycydów, w wyniku czego uzyskuje się niewielkie plony w porównaniu z tymi osiąganymi w rolnictwie intensywnym.

Polecenie 1

Przeanalizuj przedstawione w tabeli dane dotyczące 2 państw: X i Y. Ustal, w którym z nich rolnictwo ma charakter ekstensywny. Przedstaw uwarunkowania, które decydują o takiej formie rolnictwa.

Porównanie gospodarki państw X i Y

Państwa	Powierzchnia [tys. km ²]	Liczba ludności [mln]	Zatrudnienie w rolnictwie [%]
Państwo X	652	33	72
Państwo Y	31	11	3

Ciekawostka

W przyrodzie występuje ok. 30 tys. gatunków roślin jadalnych. W początkowym okresie rolnictwa uprawiano 20% z nich. Obecnie podstawą żywienia ludzi jest ok. 30 gatunków roślin, co stanowi zaledwie 4% gatunków roślin jadalnych. W Meksyku przez ostatnie 80 lat wyginęło 80% gatunków kukurydzy. We Włoszech od 1940 r. wymarły prawie wszystkie stare gatunki pszenicy, pomidorów, grochu i cebuli. W Chinach natomiast jeszcze w 1949 r. wysiewano 8 tys. odmian ryżu, dziś uprawia się tam ich jedynie 50.

Ok. 900 odmian pomidorów uprawianych na świecie pochodzi od 2 gatunków tej rośliny.

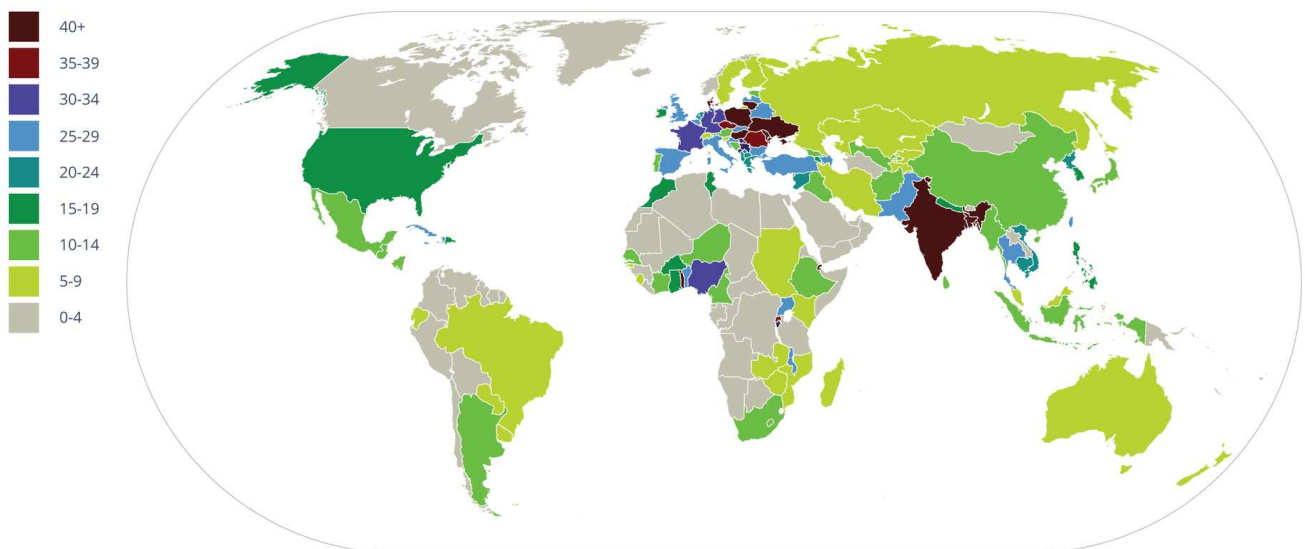
2. Rolnictwo intensywne a różnorodność biologiczna

Rozwój cywilizacji, a zwłaszcza zwiększanie liczby ludzi, wymuszało zagospodarowanie kolejnych obszarów pod uprawę roślin i wypas zwierząt. Na potrzeby rolnictwa przekształcano coraz więcej ekosystemów naturalnych, np. karczowano lasy, przez co przestrzeń życiowa zamieszkujących je gatunków kurczyła się. Wiele populacji zostało od siebie oddzielonych barierami urbanizacyjnymi (drogi, zabudowania mieszkalne i przemysłowe), a ich liczebność i różnorodność genetyczna zaczęła spadać.

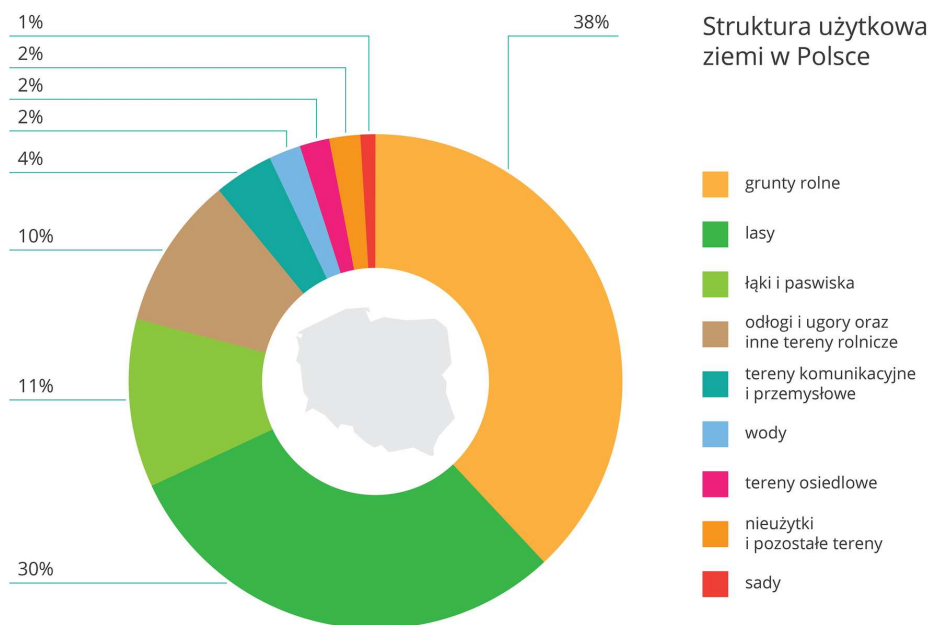
W wyniku powszechnego zastosowania maszyn rolniczych w krajach wysokorozwiniętych zadrzewienia śródpolne zostały zlikwidowane, miedze zaorane, przez co powiększył się areal upraw. Spowodowało to jednak, że zasięg wielu dzikich gatunków został ograniczony jedynie do niewielkich obszarów nieużytków.

Agrocenozy, czyli ekosystemy charakterystyczne dla obszarów wykorzystywanych rolniczo, są bardzo ubogie gatunkowo. Wszystkie rośliny dzikie rosnące na polach uprawnych są traktowane jako **chwasty**, a zamieszkujące je zwierzęta żywiące się roślinami uprawnymi (wpływające na obniżenie plonów) jako **szkodniki**. Możliwość zwalczania chwastów i szkodników w początkach istnienia rolnictwa była bardzo ograniczona. Obecnie eliminuje się je głównie przy użyciu środków chemicznych – **pestycydów**.

Z biegiem czasu pola stawały się **monokulturami**, obszarami o bardzo dużej powierzchni, na których uprawiano tylko jeden gatunek rośliny i niszczone wszystkich jej konkurentów. Zwiększenie powierzchni upraw nawet do kilkuset hektarów stało się możliwe dzięki wzrostowi mechanizacji rolnictwa.



Źródło: Anita Mowczan, Nemo (<http://pixabay.com>), licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Ogromne pola uprawne stanowią także swoistą barierę uniemożliwiającą przemieszczanie się wielu gatunków. Są chociażby przeszkodą nie do przebycia dla nasion dzikich gatunków roślin. Co prawda nasiona te padają na ziemię orną i tam kiełkują, ale usuwane są stamtąd jako niepożądane rośliny. Na duże odległości nasion nie może przenieść również wiatr. Podobnie dzieje się w przypadku dzikich gatunków zwierząt. Zwłaszcza małe organizmy nie potrafią przemieszczać się między kompleksami leśnymi oddzielonymi polami, co powoduje, że ich różnorodność genetyczna spada. Na przykład owady zapylające nie są w stanie przebyć rozległych przestrzeni, dlatego między rozdzielonymi populacjami nie zachodzi wymiana genów.

Polecenie 2

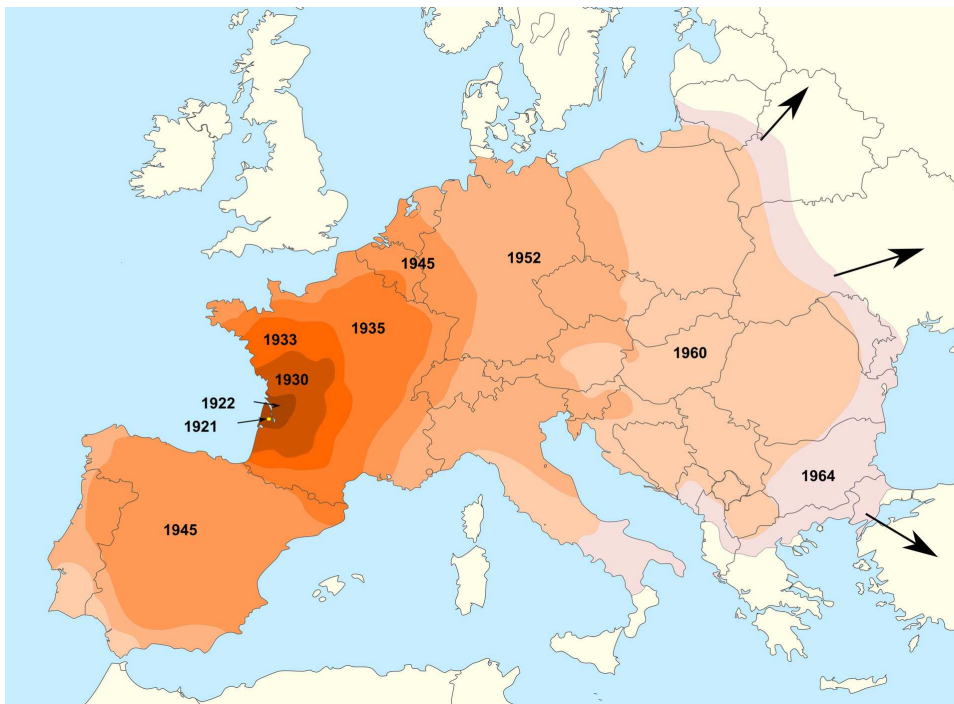
Dowiedz się, na czym polega rolnictwo ekologiczne. Oceń korzyści i straty płynące z jego zastosowania w skali globalnej.

3. Historia ziemniaka i stonki

W rolnictwie zaszły wielkie zmiany, kiedy zaczęto podróżować na duże odległości. Z dalekich wypraw przywożono nasiona i sadzonki roślin. Wiele europejskich roślin uprawnych, jak ziemniaki, kukurydza, pomidory i papryka, trafiło w ten sposób do nas

z Ameryki. Część z nich zastąpiła uprawiane do tej pory gatunki roślin i ze względu na swoją wysoką produktywność stała się w agrocenozach gatunkami dominującymi. Większość z nich jest ciepłolubna i dlatego w naszym klimacie może się rozmnażać jedynie wegetatywnie. Z tego też powodu charakteryzuje je mała różnorodność genetyczna, a tym samym duża podatność na choroby. W XIX w., kiedy ziemniak był w Europie najważniejszą rośliną uprawną, w Irlandii doszło do rozprzestrzenienia się zarazy ziemniaczanej. Zainfekowane bulwy gniły i na polu, i podczas przechowywania. Zjawiska tego nie dało się wyeliminować żadnymi znanymi metodami, co znacznie ograniczyło plony. W wyniku głodu liczba ludności w Irlandii zmniejszyła się o 20%. Zmarło ponad 1 mln Irlandczyków, a 2 mln wyemigrowały do Stanów Zjednoczonych. Aby nie dopuścić do powtórzenia się takiej tragedii, postanowiono zwiększyć pulę genową uprawianych w Europie ziemniaków. W tym celu sprowadzono z Andów liczne odmiany tej rośliny.

Przewożenie roślin między kontynentami sprzyja także wprowadzaniu do ekosystemów gatunków zawleczonych. Należy do nich stonka ziemniaczana, która w XIX w. występowała tylko w jednym stanie USA. Na przełomie XIX i XX w. pojawiła się w Europie i stosunkowo szybko opanowała uprawy ziemniaka na całym kontynencie, a także w dużej części Azji.



Źródło: Spedona (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.

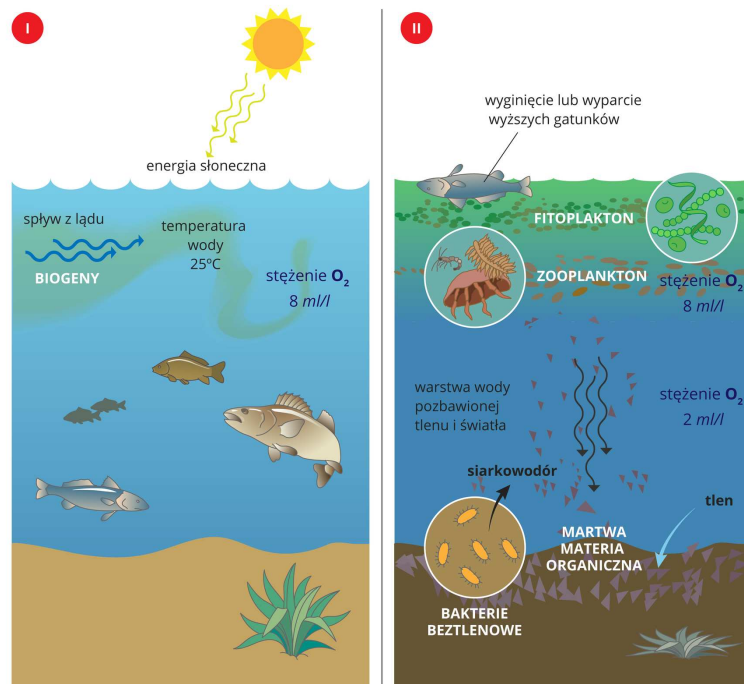
Polecenie 3

Wyjaśnij, dlaczego stonka w tak krótkim czasie stała się głównym szkodnikiem ziemniaków w Europie.

4. Chemizacja rolnictwa a różnorodność biologiczna

We współczesnym rolnictwie używa się ogromnych ilości **nawozów sztucznych**. Jest to konieczne, ponieważ długotrwała uprawa określonych gatunków roślin prowadzi do **jałowienia gleby**. Rośliny rozwijając się, pobierają z gleby niezbędne do wzrostu substancje mineralne, np. sole azotu, fosforu, potasu i magnezu, przez co ich zawartość w glebie maleje. Ponieważ plony są wywożone z pola, minerały zawarte w pędach nie wracają do podłoża. Jałowienie gleby dodatkowo przyspiesza intensywne gospodarowanie gruntami. W ciągu roku uprawia się kilka gatunków roślin (kilkukrotne zbieranie plonów) oraz obsiewa dane pola tym samym gatunkiem przez wiele lat.

Nawozy sztuczne zawierają **biogeny** – pierwiastki niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmów. Biogeny występujące w środowisku w nadmiarze stają się zanieczyszczeniami. Z pól nawożonych w nieprawidłowy sposób są spłukiwane przez deszcze do cieków i zbiorników wodnych, co przyczynia się do ich przenawożenia (**eutrofizacji**). Największe zagrożenie dla ekosystemów wodnych stanowi zwiększenie stężenia fosforu. Pierwiastek ten w warunkach naturalnych występuje w wodzie w bardzo małych ilościach. Gromadzenie się fosforu powoduje **zakwit wody**, czyli silny wzrost glonów. Towarzyszy mu spadek przejrzystości wody. W wyniku niedoboru światła w głębszych warstwach zbiornika dochodzi do obumarcia części glonów i roślin naczyniowych. Rozkład martwej materii roślinnej przez bakterie wiąże się z pochłanianiem dużych ilości tlenu. Gdy zostanie on całkowicie zużyty, następuje beztlenowy rozkład materii, którego produktem jest między innymi bardzo toksyczny siarkowodór. W konsekwencji dochodzi do śmierci wielu gatunków zwierząt żyjących w zbiorniku.



Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

Nowoczesne rolnictwo zużywa ponadto bardzo duże ilości środków chemicznej ochrony roślin. **Pestycydy** zostały wprowadzone na początku XX w. i są stosowane na szeroką skalę od lat 30. ubiegłego stulecia. Dzięki nim znacznie zwiększyły się plony i mocno zmniejszyły populacje organizmów, przeciwko którym pestycydy zostały skierowane. Do najpowszechniejszych pestycydów należą: **herbicydy** służące do zwalczania chwastów, **fungicydy** zapewniające ochronę roślin uprawnych przed chorobotwórczymi grzybami, **insektycydy**, których używa się do eliminowania owadów zjadających uprawy. Substancje te pozwalają skutecznie pozbyć się organizmów niepożądanych z punktu widzenia człowieka. Mają one jednak negatywny wpływ na wszystkie inne gatunki zamieszkujące agrocenozę. Ich działanie jest rozległe: powodują wyniszczenie niemal wszystkich organizmów polnych z wyjątkiem uprawianego gatunku. Na przykład insektycydy zabijają nie tylko szkodnika upraw, ale też większość gatunków owadów występujących na opryskiwanym obszarze i w jego najbliższej okolicy. Z tego powodu licznie giną pszczoły, co z kolei wpływa na pogorszenie plonów roślin owadopylnych. Uśmiercane są również organizmy glebowe, co rzutuje na tempo rozkładu materii organicznej i żyzność gleby.

Stosowane od lat pestycydy doprowadziły do skrajnego zubożenia różnorodności ekosystemów sztucznych. Przyczyniły się też do spadku różnorodności ekosystemów naturalnych, gdyż w postaci rozpylonej pod wpływem wiatru lub deszczu mogą być przenoszone na tereny znacznie oddalone od agrocenoz.



Źródło: Pl77 (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

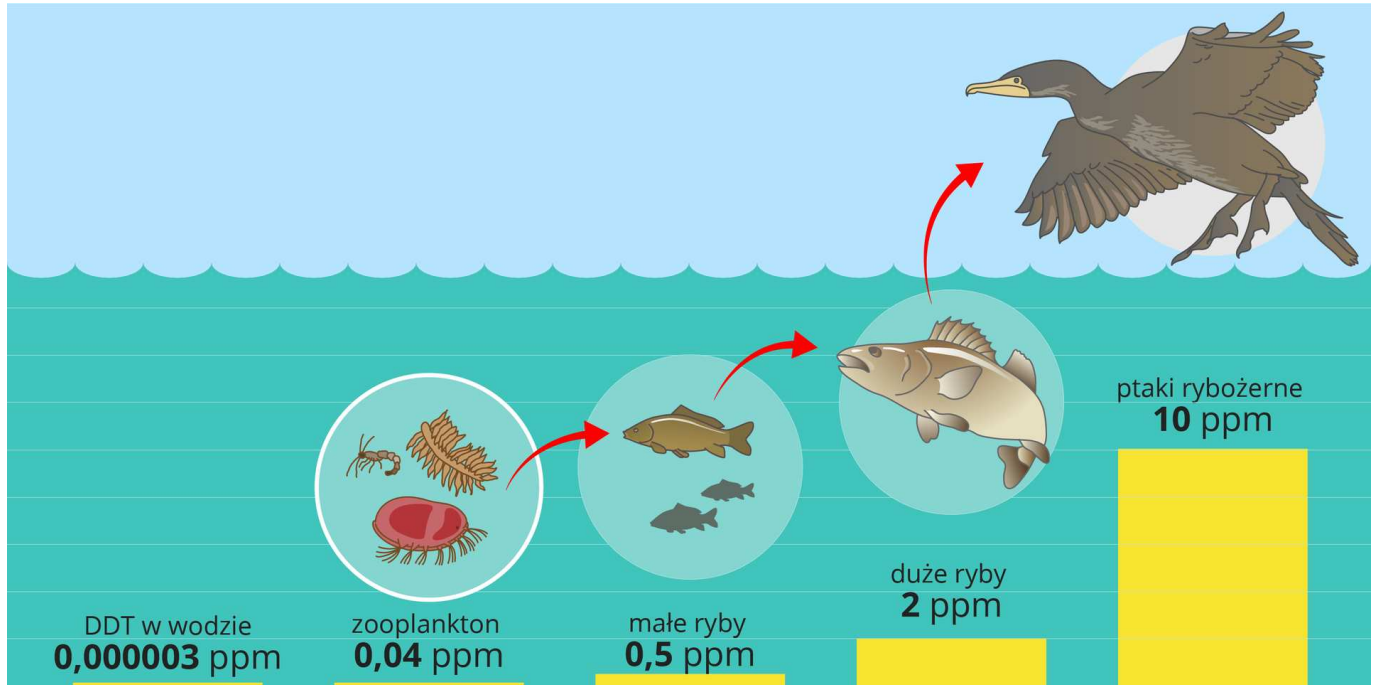
Wpływ pestycydów na ekosystemy został najlepiej zbadany na przykładzie **DDT** – insektycydu używanego powszechnie od początku lat 40. do początku lat 60. XX w. (w Polsce do połowy lat 70.). Wykorzystywano go między innymi do zwalczania stonki ziemniaczanej. DDT pierwotnie uważany był za środek bezpieczny. Późniejsze badania wykazały jednak, że jest inaczej. DDT odkładał się w tkance tłuszczowej i organach wewnętrznych zwierząt, np. wątrobie, mózgu, nerkach, gonadach, i kumulował w organizmach z kolejnych poziomów łańcucha pokarmowego. U tych zwierząt, które stanowiły ostatnie ogniwo łańcucha troficznego, jego stężenie było wielokrotnie wyższe niż u zwierząt roślinożernych.

Ptaki, w organizmach których nastąpiła kumulacja DDT, składały jaja w bardzo cienkich skorupkach, przez co często były zgniatane podczas wysiadywania. W konsekwencji dochodziło do obniżenia rozrodczości i liczebności tych zwierząt, a w dłuższym okresie do wymarcia niektórych populacji. Tak się stało m.in. z sokołem wędrownym w Polsce i Stanach Zjednoczonych. Zdziesiątkowane zostały też populacje ptaków owadożernych, jak np. rudzik.

Kumulacja DDT w organizmach zwierząt powoduje także obniżenie ich odporności. Odprowadzanie do rzek ścieków z pól zawierających wysokie stężenie pestycydu doprowadziło do wzrostu zawartości tej substancji w wodach Bałtyku i zatrucie populacji bałtyckich fok. Duża zawartość DDT w organizmie człowieka może wywołać białaczkę i nadciśnienie tętnicze, a w skrajnych przypadkach nawet zatrucie organizmu i śmierć.

Choć DDT rozkłada się w środowisku od 4 do 30 lat, w glebie nadal można stwierdzić obecność produktów jego rozpadu. Wciąż też spotyka się go w organizmach. Taki stan rzeczy będzie się utrzymywał jeszcze dziesiątki lat. Dlatego używanie jakiegokolwiek

pestycydu powinno być ograniczone do niezbędnego minimum, ponieważ zawsze zagrożą bioróżnorodności. Nawet najbardziej nowoczesne środki ochrony roślin, mimo że nie odnotowano ich bezpośredniego wpływu na kręgowce, eliminując owady, powodują spadek ich liczebności, a zatem zmniejszają ilość pokarmu dla dziko występujących zwierząt owadożernych.



Stężenia bardzo rozcieńczonych roztworów wyraża się jako liczbę cząsteczek substancji rozpuszczonej przypadających na milion cząsteczek roztworu (ppm - ang. *parts per million*)

Polecenie 4

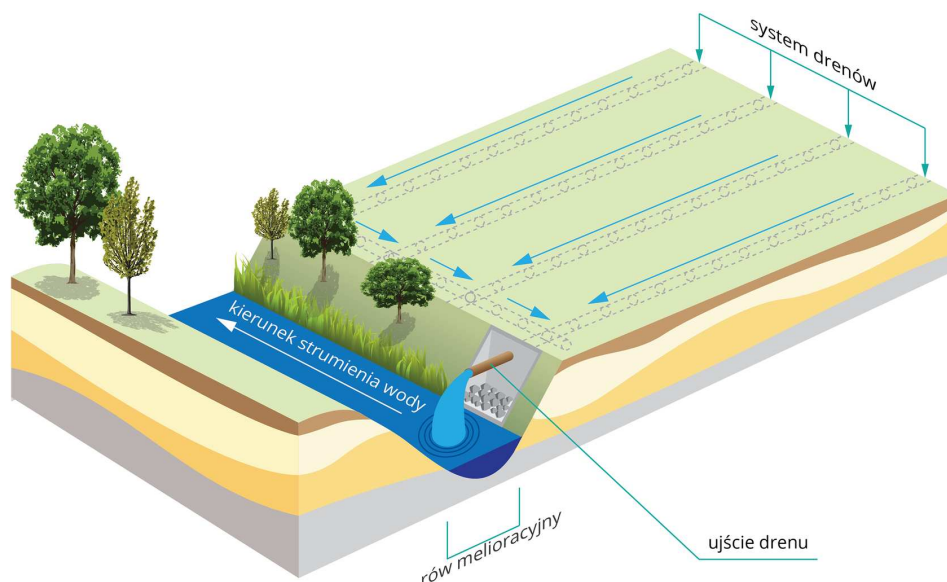
Wyjaśnij, jakie konsekwencje dla różnorodności biologicznej przyniosłoby wyginięcie owadów zapylających.

Ciekawostka

W 2006 r. w Kanadzie, USA i Europie zaobserwowano masowe wymieranie pszczoł, które nazwano **zespołem masowego ginięcia pszczoły miodnej**. Najbardziej prawdopodobnym powodem tego zjawiska jest zatrucie owadów związkami z grupy neonikotynoidów zawartymi w pestycydach. Do powszechnego użytku jako środek do ochrony roślin uprawnych wprowadzono je w latach 90. XX w. W 2013 r. zakazano ich stosowania na terenie całej Unii Europejskiej.

5. Wpływ rolnictwa na stosunki wodne w ekosystemach

Na potrzeby rolnictwa wykorzystywane jest obecnie ok. 25% całkowitej ilości wody zużywanej w Europie. Z powodu skali zjawiska dochodzi do zaburzenia stosunków wodnych na dużych obszarach lądu. Dodatkowo towarzyszy mu osuszanie gruntów pod uprawę roślin. Niedobory wody skutkują obniżeniem poziomu wód gruntowych, co prowadzi do zanikania obszarów wodno-błotnych (mokradeł, bagien, torfowisk, podmokłych łąk i lasów), które stanowią jedne z najcenniejszych terenów przyrodniczych świata. Rośnie na nich ponad połowa roślin zagrożonych wyginięciem w Polsce. Stanowią one także środowisko niektórych zagrożonych wymarciem zwierząt kręgowych.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Wraz z wilgotnymi łąkami zanikają rzadkie gatunki roślin charakterystyczne dla tych ekosystemów. W konsekwencji giną też gatunki zwierząt żyjące w warunkach wilgotnych, np. ptactwo wodno-błotne, płazy i gady. Ekosystemy podmokłe pełnią bardzo ważną rolę: gromadzą i oczyszczają wodę, zapobiegają powodziom, magazynują zasoby torfu, uczestniczą w regulowaniu klimatu Ziemi. Ich zniszczenie może spowodować nieodwracalne zmiany w środowisku.

Aby zapobiegać negatywnym skutkom nadmiernego wykorzystania wody w rolnictwie, modyfikuje się genetycznie odmiany roślin uprawnych, np. ryżu i ziemniaków, by wydawały duży plon przy minimalnym zużyciu wody. W celu ochrony wód przed eutrofizacją stosuje się nawozy sztuczne nowej generacji, które są lepiej przyswajane przez rośliny i trudniej

przenikają z gleby do wód gruntowych. Ogranicza się też ilość stosowanych innych środków chemicznych.

Polecenie 5

Wyjaśnij, jaki jest związek między zużywaniem podczas prania nadmiernych ilości proszku a zmniejszaniem różnorodności biologicznej.

6. Różnorodność gatunkowa roślin uprawnych i zwierząt hodowlanych

Różnorodność gatunkowa roślin użytkowych i zwierząt hodowlanych jest stosunkowo niska. Wśród najczęściej uprawianych znajdują się 4 gatunki: pszenica, ryż, kukurydza i ziemniaki. To z nich powstaje większość produktów żywnościowych pochodzenia roślinnego, które zaspokajają zapotrzebowanie organizmu na energię w 60%.



Źródło: United Soybean Board (<https://www.flickr.com/>), licencja: CC BY 2.0.

Różnorodność gatunkowa spada także wśród zwierząt hodowlanych. Źródłem wszystkich produktów pochodzenia zwierzęcego, jakimi żywi się człowiek, jest ok. 40 gatunków

zwierząt użytkowych. Obecnie aż 30% ich odmian hodowlanych jest zagrożonych wyginięciem. Ze zwierząt hodowlanych najbardziej rozpowszechnione jest bydło.

Polecenie 6

Będąc w sklepie samoobsługowym, spisz oferowane tam owoce i warzywa oraz mało przetworzone produkty pochodzenia roślinnego (np. kasze, konserwy warzywne). Ustal, ile gatunków roślin jest dla ciebie dostępnych w tym miejscu w postaci żywności.

7. Próby naprawienia szkód wyrządzonych przez rolnictwo

W wielu krajach rozwiniętych bierze się pod uwagę szkody, jakie działalność rolnicza wyrządziła lokalnej bioróżnorodności. Obecnie podejmuje się liczne starania mające na celu zahamowanie ubożenia ekosystemów oraz spadku różnorodności gatunkowej i genetycznej. Obszary rolnicze, zwłaszcza na terenie Unii Europejskiej, które obecnie leżą odłogiem, są zalesiane. Przeznacza się na to specjalne środki unijne. Dodatkowo ogranicza się działalność rolniczą na terenach podmokłych, aby nie dopuszczać do ich dalszego osuszania.

Mieszkańcy krajów rozwiniętych kładą coraz większy nacisk na zdrowe odżywianie, w wyniku czego wzrasta popyt na stare odmiany uprawne i hodowlane. Rośliny, z których rolniczego użytkowania zrezygnowano ze względu na ich małą wydajność, zawierają dużo więcej składników odżywczych niż te uprawiane obecnie. Na przykład jabłko odmiany Szara Reneta ma dwukrotnie wyższą zawartość antocyjanów, substancji wpływających korzystnie na pracę serca, wzrok i pamięć, a odmiana Książę Albrecht pięciokrotnie większą zawartość witaminy C niż jabłka nowych odmian. Innym przykładem może być gęś rasy podkarpackiej, która ma dużo mniej otluszczone mięso niż hodowana powszechnie gęś biała włoska.

Doceniając zalety zapomnianych odmian roślin, wraca się do nich, zwiększając tym samym różnorodność genetyczną upraw. Z podobnych powodów prowadzi się także zachowawcze hodowle rzadkich gatunków udomowionych zwierząt.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., Sven Teschke (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.0.



Źródło: Andrew Bossi (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.5.

Polecenie 7

Zbierz informacje na temat polskiej rasy kur – zielononóżki kuropatwianej. Na jej przykładzie wyjaśnij, dlaczego warto zachować tę rasę oraz z jakiego powodu nie nadaje się ona do hodowli w wielkich fermach drobiu.

Podsumowanie

- Nowoczesne rolnictwo umożliwia otrzymanie bardzo wysokich plonów, ale silnie ogranicza różnorodność biologiczną.
- Stosowany w rolnictwie dobór sztuczny prowadzi do zubożenia puli genowej gatunków użytkowych.
- Ze względu na niską wydajność zrezygnowano z uprawy i hodowli wielu starych odmian i gatunków.
- Mechanizacja rolnictwa przyczyniła się do powstania wielkopowierzchniowych pól uprawnych będących monokulturami i likwidacji ostoi bioróżnorodności w agrocenozach, jak miedze i zadrzewienia śródpolne.
- Chemiczne środki ochrony roślin mają szkodliwy wpływ zarówno na szkodniki upraw, jak i inne dziko żyjące zwierzęta.
- Wzrastająca chemizacja rolnictwa przyczynia się do zanieczyszczania wód oraz eutrofizacji zbiorników i cieków wodnych.
- Kraje rozwinięte ograniczają powierzchnię terenów rolniczych oraz podejmują próby ocalenia bioróżnorodności poprzez zalesianie, zaprzestanie osuszania terenów podmokłych oraz zachowanie starych odmian roślin i ras zwierząt hodowlanych.

Praca domowa

Polecenie 8.1

1. Opisz wpływ nowoczesnego rolnictwa na różnorodność biologiczną.

Polecenie 8.2

2. Podaj przykłady roślin uprawnych i zwierząt hodowlanych najczęściej użytkowanych w polskim rolnictwie. Wymień kraj ich pochodzenia.

Słowniczek

agrocenoza

inaczej biocenoza uprawna; ekosystem sztuczny, wytworzony na terenach użytkowanych rolniczo, charakteryzujący się bardzo małą różnorodnością gatunkową

biogeny

pierwiastki biogenne; pierwiastki niezbędne do budowy i prawidłowego funkcjonowania organizmu; należą do nich makro- i mikroelementy

chwasty

rośliny występujące dziko na polach, łąkach i pastwiskach, z punktu widzenia człowieka niepożądane w uprawach; wiele z nich jest zagrożonych wyginięciem

eutrofizacja

proces gromadzenia się w zbiornikach i ciekach wodnych pierwiastków biogennych podnoszących żyzność wód; źródłem tych pierwiastków są ścieki komunalne i przemysłowe oraz wysiewane na polach nawozy sztuczne

pestycydy

substancje naturalne lub syntetyczne stosowane głównie w uprawie roślin do zwalczania organizmów uważanych przez człowieka za szkodniki lub chwasty

szkodniki

zwierzęta, które z punktu widzenia człowieka powodują szkody w uprawach roślin oraz magazynowanych plonach

Zadania

Ćwiczenie 1

Przyporządkuj nazwom pestycydów ich definicje.

insektycydy

środki chemiczne służące do ochrony roślin przed grzybami pasożytniczymi

herbicydy

środki chemiczne służące do zwalczania owadów żerujących na roślinach uprawnych

środki chemiczne służące do zwalczania chwastów

fungicydy

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Wskaż te cechy współczesnego rolnictwa, które sprzyjają rozprzestrzenianiu się epidemii chorób roślin uprawnych.

☐ wzrost mechanizacji rolnictwa

☐ mała różnorodność genetyczna roślin uprawnych

☐ wzrost chemizacji rolnictwa

☐ duże obszary monokultur

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Spośród wymienionych poniżej roślin jadalnych wskaż cztery, które obecnie zajmują największy areał.

☐ żyto

☐ soja

☐ jęczmień

☐ kukurydza

☐ pszenica

☐ burak cukrowy

☐ cebula

☐ ziemniak

☐ proso

☐ fasola

☐ ryż

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Oceń prawdziwość poniższych zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Zwierzęta drapieżne są bardziej narażone na działanie pestycydów takich jak DDT niż zwierzęta roślinożerne.	☐	☐
Powierzchnia gruntów rolnych rośnie wraz ze wzrostem liczby ludzi.	☐	☐
Zużywanie ogromnych ilości wody na potrzeby rolnictwa powoduje obniżanie poziomu wód gruntowych i zanik mokradeł.	☐	☐
Od początku XX w. rośnie liczba gatunków roślin uprawnych i zwierząt hodowlanych.	☐	☐
Odprowadzanie ścieków z pól do wód powierzchniowych powoduje w nich zakwity glonów.	☐	☐
Pestycydy działają wybiórczo tylko na szkodniki upraw i chwasty.	☐	☐
Stare odmiany roślin i zwierząt nie mają zastosowania w intensywnym rolnictwie.	☐	☐

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Wymieranie roślin

Wymieranie gatunków to zjawisko zupełnie normalne. W procesie ewolucji jedne gatunki znikają, inne się pojawiają. Do tej pory wielkie wymierania były skutkiem globalnych kataklizmów, obecnie przyczyną zagłady jest gatunek, który budując cywilizację, bez umiaru eksploatuje środowisko.



Źródło: Michael Apel (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.

Już wiesz

- duża różnorodność genetyczna gatunku daje mu szansę na przetrwanie w zmieniających się warunkach;
- do zaniku licznych gatunków bezpośrednio i pośrednio przyczynił się człowiek;
- podejmowanych jest wiele starań, by zapobiegać wymieraniu kolejnych gatunków.

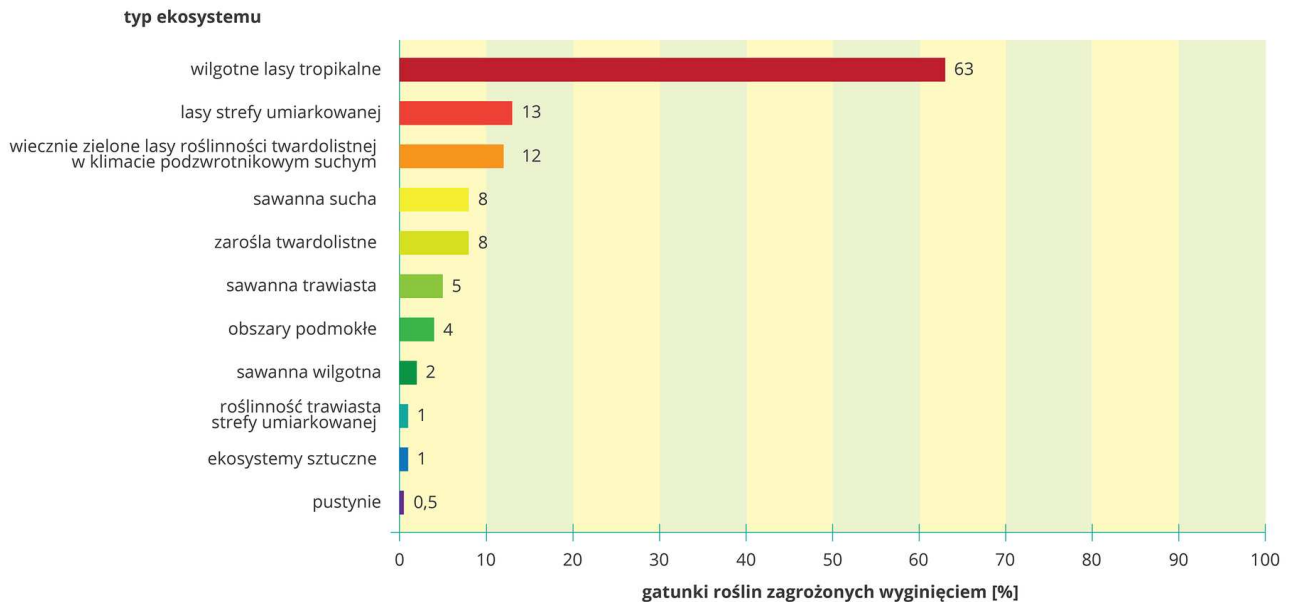
Nauczysz się

- wymieniać i opisywać główne przyczyny wymierania roślin;
- podawać przykłady roślin wymarłych i zagrożonych wyginięciem w Polsce i na świecie.

1. Współczesne wymieranie roślin

Szacuje się, że obecnie zagrożonych wymarciem jest ponad 9 tysięcy gatunków roślin w skali świata. Stanowią one ok. 3% wszystkich opisanych taksonów. Do najważniejszych

powodów wymierania roślin należą: zanikanie lub przekształcanie siedlisk naturalnych, zanieczyszczenie środowiska, nadmierna eksploatacja zasobów roślin przez człowieka, celowa eliminacja gatunków (np. niszczenie chwastów), wymarcie **gatunku mutualistycznego**, wypieranie przez gatunki inwazyjne i krzyżowanie się gatunków rzadkich z gatunkami pospolicie występującymi.

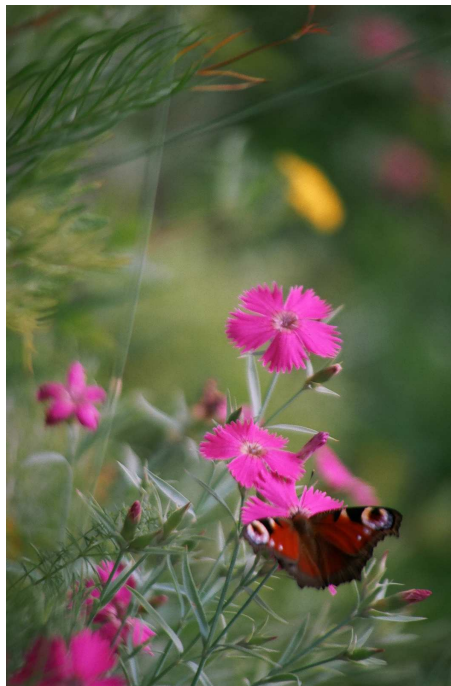


Źródło: Dariusz Adrian, licencja: CC BY 3.0.

W Polsce w ciągu ostatnich 100–150 lat całkowicie wymarły 44 gatunki roślin naczyniowych. Niektóre z nich nie są bezpowrotnie stracone. Jedne można jeszcze znaleźć na stanowiskach naturalnych poza naszym krajem, a inne, jak na przykład sasanę zwyczajną, uprawia się już tylko w ogrodach.



Źródło: Krzysztof Goc (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.



Źródło: Ole Husby (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.



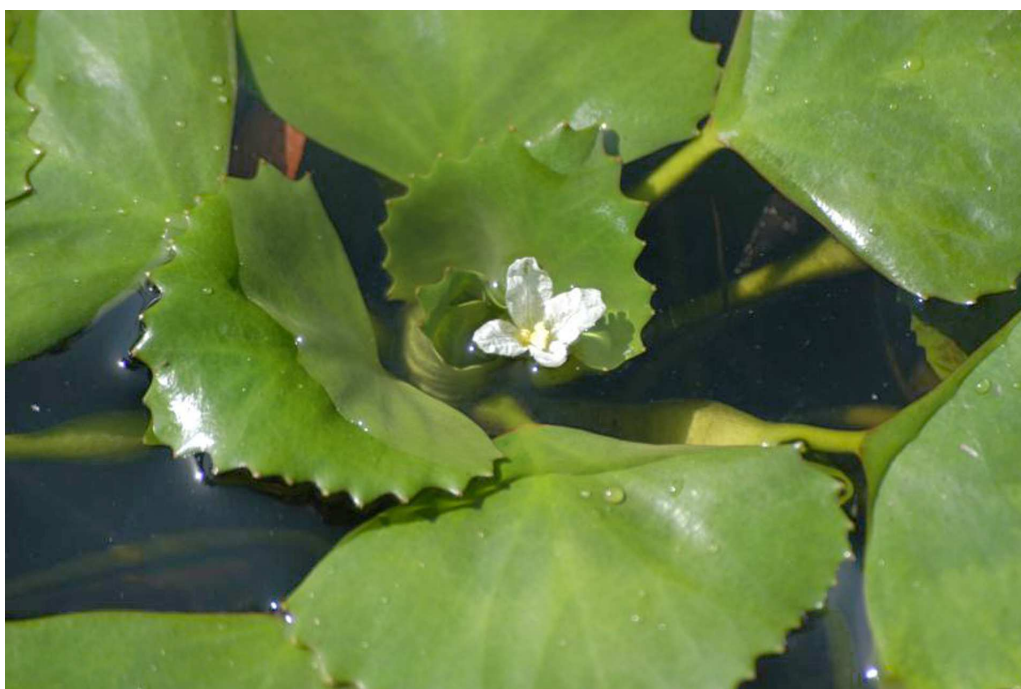
Źródło: Tim & Selena Middleton (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Björn S... (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Zdarza się, że gatunki uważane za całkowicie wymarłe, udaje się odnaleźć w środowisku naturalnym. Należą do nich na przykład: pięciornik płonny, znaleziony w 2008 r. na dwóch stanowiskach na Dolnym Śląsku, przetacznik stokrotkowy, którego występowanie odnotowano w 2009 r. w Karkonoszach, oraz silniczka drobna, którą w 2010 r. zaobserwowano na kilku stanowiskach na Lubelszczyźnie.

Roślin naczyniowych zagrożonych wyginięciem jest w Polsce stosunkowo dużo, bo aż 506 gatunków, czyli ok. 20% rodzimej flory. Jako krytycznie zagrożone wymienia się 74 gatunki, co oznacza, że liczebność ich populacji jest skrajnie mała. Zwykle są to endemity i relikty występujące na pojedynczych stanowiskach.



Źródło: Georg Schramayr (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 1.0.



Źródło: Hans Hillewaert (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Ettore Balocchi (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Chrumps (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 1

Odszukaj w dostępnych źródłach przykład jednego gatunku rośliny zagrożonej w Polsce, niewymienionego w podręczniku. Dokonaj jego charakterystyki. Uwzględnij informacje o siedlisku rośliny i prawdopodobnej przyczynie jej niskiej liczebności.

Wskazówka

Rośliny wymarłe i zagrożone wyginięciem są wymienione w Polskiej Czerwonej Księdze Roślin.

Ciekawostka

Nie tylko rośliny wymierają. W ostatnim stuleciu w Polsce wyginęło lub znajduje się na granicy wymarcia wiele grzybów, w tym aż 40% gatunków porostów. Głównymi powodami tego zjawiska jest zmniejszanie się powierzchni lasów naturalnych, kwaśne deszcze, a także nadmierne eksploatowanie zasobów grzybów kapeluszowych.

2. Zanikanie naturalnych siedlisk

Głównym powodem wymierania roślin jest niszczenie i przekształcanie ekosystemów naturalnych. Wiele rzadkich gatunków roślin przestaje istnieć, ponieważ ich stanowiska

ulegają zmianie na skutek wyrębu lasów i zarastania polan, na których rosną. Do takich roślin należy na przykład obuwik pospolity – największy i najokazalszy polski gatunek storczyka. Spośród 250 znanych stanowisk tego gatunku do dziś zachowała się jedynie połowa. W wyniku wycinki lasów i zmiany ich składu gatunkowego wymierają także sforzan bezlistny, rzadki storczyk związany z góorskimi lasami iglastymi, oraz ciemżyczka czarna – bylina z rzędu liliowców, występująca na Roztoczu.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., Nova (<http://commons.wikimedia.org>), ProchyMichal (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Rzadkie rośliny wilgotnych łąk, jak storczyki (np. miodokwiat krzyżowy, storczyk cuchnący), mieczyki (np. mieczyk błotny) i niektóre kosańce wymierają, ponieważ ich ekosystemy są osuszane. W wyniku zaburzenia stosunków wodnych w ekosystemach giną także rośliny torfowiskowe jak chociażby brzoza karłowata, będąca reliktem polodowcowym. Jest ona pospolitym gatunkiem arktycznej tundry, a w Polsce występuje jedynie na trzech torfowiskach, które obecnie podlegają ochronie jako rezerwaty przyrody. Jednak ze względu na użytkowanie gospodarcze położonych wokół nich terenów grozi im osuszenie. Jeżeli tak się stanie, brzoza karłowata w Polsce zaniknie.



Źródło: Hans Hillewaert (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.

Polecenie 2

Ok. 1300 r. na Wyspie Wielkanocnej miała miejsce katastrofa ekologiczna. Wyszukaj informacje na jej temat, uwzględniając przyczyny i skutki tego wydarzenia w aspekcie lokalnym i globalnym.

Ciekawostka

Dla wielu gatunków roślin zagrożenie stanowi regulacja rzek. W wyniku prowadzenia prac hydrotechnicznych na Odrze praktycznie wyginęła nadbrzeżnica nadrzeczna – rzadki gatunek z rodziny goździkowatych.



3. Nadmierna eksploatacja roślin

Rośliny są źródłem pożywienia i surowców przemysłowych, a w niektórych przypadkach także cennych substancji leczniczych. Aby ułatwić sobie ich pozyskiwanie, a przy tym chronić rośliny dziko rosnące, zaczęto uprawiać gatunki najbardziej pożądane. Niektóre jednak źle poddają się hodowli. Przykładem może być świetlik łąkowy, którego ziele używane jest do leczenia stanów zapalnych i podrażnień spojówek. Znajduje też zastosowanie w przemyśle kosmetycznym do produkcji kremów do pielęgnacji okolic oczu. Ta roślina to półpasożyt, który za pomocą korzeni przekształconych w ssawki pobiera wodę z solami mineralnymi bezpośrednio z korzeni innych roślin. Głównie z tego powodu uprawa tego zieleu nastrecza wielu trudności i pozyskuje się je jedynie z natury.



Źródło: Enrico Blasutto (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Do gatunków zagrożonych z powodu nadmiernego zbioru należy na przykład żeń-szeń. Jego korzeń, przypominający sylwetkę człowieka, uznawany był od wieków za przedmiot magiczny i źródło zdrowia. W XVIII w. płacono za ten specyfik kilkanaście razy więcej niż za złoto. Dziś pozyskuje się go z upraw i stosuje w suplementach diety jako środek dodający energii, pozwalający zachować witalność i poprawiający odporność. W tradycyjnej medycynie chińskiej bardziej ceniony jest żeń-szeń pochodzący z natury, co prowadzi do dalszego trzebienia tej rośliny w środowisku.



Źródło: FloraFarm GmbH / Katharina Lohrie (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.

Obecnie wyginiecie grozi także wielu gatunkom tropikalnych drzew. Są one masowo pozyskiwane z lasów tropikalnych ze względu na swoje cenne drewno. *Dalbergia szerokolistna* dostarcza palisandru indyjskiego – drewna wykorzystywanego do produkcji ekskluzywnych mebli i galanterii drzewnej. Na granicy wymarcia znalazło się również azjatyckie drzewo agarowe. Intensywny i niezwykle zapach jego drewna sprawia, że jest ono pożądanym dodatkiem do perfum i kadzideł używanych podczas ceremonii religijnych w krajach arabskich, Indiach i Chinach.

Wiele roślin pozyskuje się z natury ze względu na ich walory estetyczne. Te, które mają oryginalne kształty lub wyjątkowo okazałe, piękne kwiaty, są chętnie nabywane przez kolekcjonerów i uprawiane jako rośliny ozdobne. Największą popularnością cieszą się sukulenty (np. kaktusy, agawy, aloesy) i storczyki. Zagrożeniem dla naturalnych populacji tych roślin jest chęć posiadania przez kolekcjonerów okazów z natury, a nie pochodzących z uprawy. Za unikatowe okazy są gotowi zapłacić naprawdę duże kwoty. Z tego powodu wyginiecie zagraża na przykład rosnącemu w Meksyku echinokaktusowi *Grusona* sprzedawanemu pod nazwą handlową „poduszka teściowej”. Mimo że jego naturalna populacja liczy jedynie 250 osobników, nadal stanowi jeden z najczęściej sprzedawanych i uprawianych gatunków kaktusów. Podobnie rzecz ma się z niektórymi gatunkami roślin mięsożernych, zwłaszcza dzbanecznikami, które też są chętnie uprawiane przez kolekcjonerów.



Źródło: Karelj (<http://commons.wikimedia.org>), public domain.

Polecenie 3

Szachownica kostkowata to bylina z rodziny liliowatych, krytycznie zagrożona w Polsce. Rośnie na wilgotnych łąkach, torfowiskach, bagnach i na brzegach strumieni. Kierując się jej wyglądem, postaw hipotezy wyjaśniające spadek liczebności tego gatunku.



Źródło: Michael Apel (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

W Grecji, w wyniku nadmiernego pozyskiwania z natury, zagrożone wyginięciem są pospolite rośliny zielne używane do celów kulinarnych, jak oregano, majeranek i szalwia.

Objęto je częściową ochroną gatunkową do końca 2018 r. Na własny użytek można zebrać tylko 500 gramów tych ziół, a na ich zbiór komercyjny trzeba mieć specjalne zezwolenie.

4. Rolnictwo – skuteczne tępienie niepożądanych roślin

Sporą część gatunków występujących w agrocenozach ludzie traktują jako chwasty, ponieważ obniżają one jakość i wielkość plonu. Do walki z nimi używa się głównie herbicydów, które są na tyle skuteczne, że przyczyniły się do wyginięcia lnicznika właściwego, kaniańki lnowej i stokłosa polnej – chwastów dawniej pospolicie spotykanych w uprawach lnu. Prawie całkowicie wymarł na przykład miłek szkarłatny, niegdyś występujący pośród upraw zbóż i roślin okopowych. Z powodu wzrastającej chemizacji rolnictwa, a także stosowania coraz skuteczniejszych metod oczyszczania ziarna, z polskiego krajobrazu znika tak charakterystyczny gatunek, jak kąkol polny.



Źródło: Stefan.lefnaer (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.

Sposób użytkowania gruntów rolnych również wpływa na wymieranie niektórych roślin. Nadmierne nawożenie łąk sprzyja rozwojowi traw, które zabierają miejsce innym roślinom. Zaprzestanie wypasania zwierząt na ciepłolubnych murawach przyczynia się do wymierania wielu gatunków roślin stepowych, jak miłek wiosenny, wiśnia karłowata czy dyptam jesionolistny. Zaniechanie wyprowadzania zwierząt na łąki doprowadziło do tego, że zasiedliły je drzewa i krzewy, pod którymi zmieniły się warunki świetlne, w wyniku czego rośliny stepowe zaczęły ustępować.



Źródło: Szelter (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Rolnictwo stanowi ponadto ogromne zagrożenie dla roślin wodnych. Nadmierne użyźnianie pól sprawia, że do wód spływają bardzo duże ilości nawozów sztucznych. Z tego powodu zanika na przykład poryblin jeziorny, którego miejscem życia są jeziora o wodach ubogich w składniki pokarmowe. Ginie również aldrowanda pęcherzykowata, niewielka roślina chwytająca larwy komarów i drobny narybek.

Polecenie 4

W Muzeum Łąki w Owczarach w województwie lubuskim w 2004 r. założono ogródek chwastów. Uprawia się w nim ok. 20 rzadkich gatunków roślin tępionych powszechnie w rolnictwie. Gromadzi się także ich nasiona. Jakie znaczenie ma takie miejsce dla zachowania bioróżnorodności?



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DZkK4B1iB>

Rezerwat przyrody Owczary

Ciekawostka

Niektóre rośliny uważane dawniej za chwasty mogą stać się roślinami uprawnymi. W 2011 r. brytyjscy naukowcy wykazali, że nasiona nawrotu polnego i żmijowca babkowatego posiadają wysoką zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3. Obecnie planuje się uprawę tych roślin na szeroką skalę.

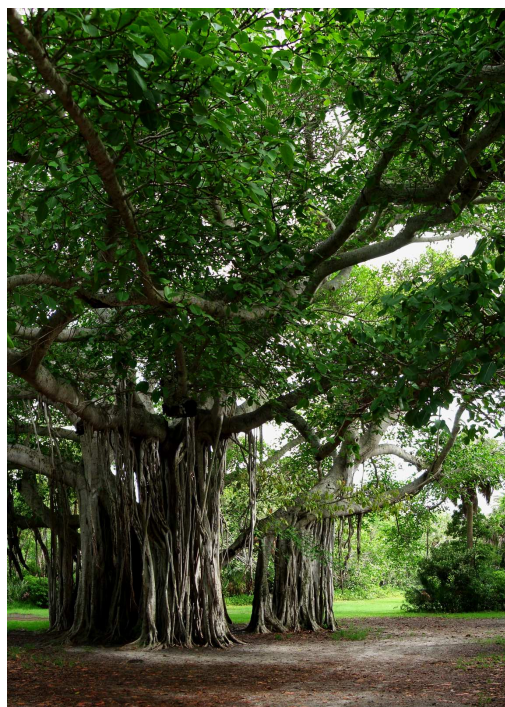
5. Zmiana relacji międzygatunkowych w ekosystemach

Wiele roślin jest zagrożonych wyginięciem, ponieważ człowiek wprowadził do ich ekosystemów gatunki inwazyjne. Mogą to być silni konkurenci, którzy lepiej radzą sobie

w nowym dla nich środowisku, gdyż nie mają tu naturalnych wrogów. Tak dzieje się na przykład w przypadku barszczu Sosnkowskiego i czeremchy amerykańskiej.

Do zagłady licznych gatunków roślin doprowadzić mogą też zwierzęta roślinożerne. Sprowadzenie na przykład do Australii i na otaczające ją wyspy oceaniczne kóz zakończyło się wymarciem wielu endemicznych gatunków roślin. Zwierzęta te nie miały na tym kontynencie naturalnych wrogów, intensywnie mnożyły się i zgryzały siewki kiełkujących roślin, uniemożliwiając ich rozwój. Podobnie sytuacja wyglądała na atlantyckiej Wyspie Świętej Heleny. Sprowadzone tam w XVIII w. kozy spustoszyły florę wyspy, wyrządzając ogromne szkody w tamtejszych lasach hebanowych.

Niektóre rośliny wymierają, ponieważ wyginął gatunek, z którym żyły w symbiozie (np. zwierzę uczestniczące w zapylaniu kwiatów albo rozsiewaniu nasion). Zachodzi to wtedy, gdy organizmy łączą bardzo silna (obowiązkowa) relacja mutualistyczna. Przykładem takiej więzi jest koewolucja endemicznych gatunków wyspy Mauritius – ptaka dodo i drzewa kalwaryjskiego zwanego też drzewem dodo. W połowie XX w., ok. 250 lat po wytępieniu dodo, odnotowano drastyczny spadek liczebności populacji tych drzew. Przetrwało ich tylko 13, w dodatku były w bardzo sędziwym wieku. Okazało się, że rozsiewały je dronty dodo, żywiąc się ich owocami. Soki trawienne ptaków nadtrawiały grube osłony nasion, umożliwiając im kiełkowanie. Drzewo kalwaryjskie uratowano przed zagładą, sprowadzając na wyspę Mauritius indyki, ptaki zbliżone wielkością do dodo, które zajęły ich niszę pokarmową. Od tego momentu populacja drzew kalwaryjskich stale zwiększa swoją liczebność.



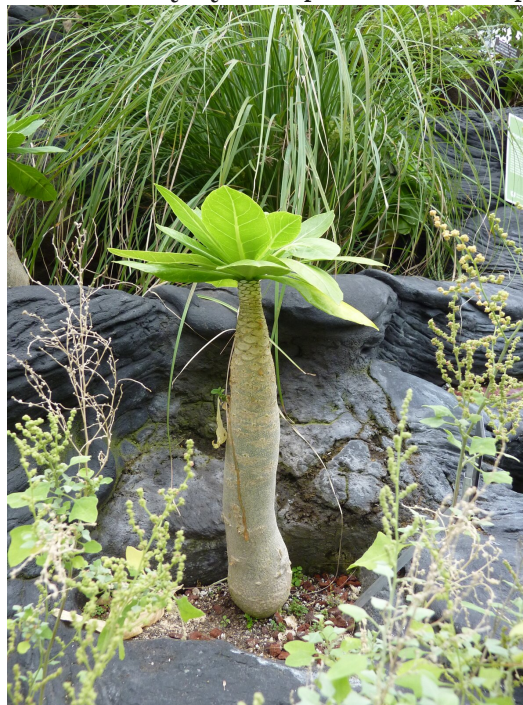
Źródło: Doug Waldron (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Polecenie 5

Orzesznica wyniosła to zagrożone wyginięciem drzewo z Ameryki Południowej, dostarczające orzechów brazylijskich. Ginie, ponieważ w środowisku naturalnym wymierają dwa gatunki zwierząt, z którymi pozostaje ona w relacjach nieantagonistycznych. Wyjaśnij, o jakie zwierzęta może chodzić i na czym polega ich rola w rozwoju orzesznicy.

Ciekawostka

Pochodząca z hawajów birgamia, potocznie nazywana „palmą na kiju”, znajduje się obecnie na granicy wyginięcia. Wymarły już wszystkie owady, które potrafiły zapylać jej kwiaty. Jedynym ratunkiem okazało się ręczne przenoszenie pyłku przez człowieka.



Źródło: James Steakley (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

6. Konsekwencje krzyżowania się gatunków roślin

W warunkach naturalnych gatunki zwykle nie mogą się ze sobą krzyżować. Jeżeli jednak do tego dochodzi, ich mieszańce mają obniżoną żywotność lub są bezpłodne. Trafiają się jednak liczne odstępstwa od tej zasady, szczególnie często w świecie roślin.

W przypadku, kiedy gatunek mało liczny i gatunek pospolity mogą się wzajemnie zapylać, wraz z upływem czasu wskutek wielokrotnego krzyżowania dochodzi do zaniku odrębności genetycznej gatunku rzadkiego, ponieważ zastępują go **mieszańce**.

Przykładem gatunku narażonego na wyginięcie spowodowane krzyżowaniem się z gatunkiem bardziej pospolitym jest sasanka otwarta. Może ona tworzyć płodne mieszańce z innymi gatunkami sasaneek, w tym z dużo częściej spotykaną sasanąką łąkową, a także z odmianami ozdobnymi. Na wielu stanowiskach, na których jeszcze do niedawna występowała sasanka otwarta, obecnie rosną głównie jej mieszańce.



Źródło: Unomano (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 6

Mieszańce roślin są zwykle bardzo podobne do gatunków rodzicielskich. Czasami z rozróżnieniem tych form z wyglądu mają problem nawet naukowcy. Wyjaśnij, jak można sprawdzić, czy dany okaz jest mieszańcem, czy jednym z krzyżowanych gatunków.

Ciekawostka

Storczykowate są rodziną roślin, która wykazuje największą tendencję do tworzenia mieszańców. Nauce znanych jest aż 75 tysięcy mieszańców. Natomiast liczba opisanych gatunków wynosi ok. 25-30 tysięcy.

Podsumowanie

Obecnie do głównych przyczyn wymierania roślin należą:

- zanik siedlisk naturalnych i związana z tym zmiana warunków;
- nadmierne pozyskiwanie przez człowieka roślin ze środowiska;

- tępienie roślin uważanych za niepożądane;
- krzyżowanie bliskich gatunków i wypieranie w jego efekcie genów roślin rzadkich;
- zmiany relacji międzygatunkowych w ekosystemach poprzez wprowadzanie gatunków inwazyjnych lub niszczenie symbiontów.

Praca domowa

Polecenie 7.1

1. Wybierz rzadki gatunek rośliny i wskaż przyczyny jego zagrożenia.

Polecenie 7.2

2. Będąc w terenie, rozejrzyj się wokół siebie i ustal, w jakim ekosystemie się znajdujesz. Wymień działające w nim czynniki, które mogą prowadzić do wymierania roślin.

Słowniczek

mieszańce

(bastardy) osobniki powstałe w wyniku krzyżowania przedstawicieli odrębnych ras, odmian, podgatunków, gatunków lub rodzajów

mutualizm

jeden ze sposobów współżycia dwóch gatunków przynoszących sobie wzajemne korzyści, niezbędny dla ich istnienia

Zadania

Ćwiczenie 1

Przyporządkuj rzadkie gatunki do zagrożeń powodujących ich wymieranie.

zanikanie wilgotnych łąk

obuwik pospolity

dyptam jesionolistny

storczyk błotny

wycinanie lasów

aldrowanda pęcherzykowata

wiśnia karłowata

mieczyk błotny

stosowanie pestycydów w rolnictwie

poryblin jeziorny

zaprzestanie wypasania zwierząt na łąkach

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Wśród wymienionych poniżej bezpośrednich powodów spadku bioróżnorodności wskaż ten, który powoduje wymieranie największej liczby gatunków roślin.

☐

stosowanie pestycydów w rolnictwie

☐

zanikanie siedlisk i ekosystemów naturalnych

☐

wymieranie gatunków mutualistycznych

☐

wprowadzanie do środowiska gatunków inwazyjnych

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Oceń prawdziwość zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Rośliny wilgociolubne są bezużyteczne, dlatego osuszanie terenów bagiennych może odbywać się bez przeszkód.	☐	☐
Osoby, które nadużywają środków piorących, przyczyniają się do eutrofizacji wód.	☐	☐
Okazy storczyków, które wyrosły na polnej drodze, należy w celu ich ochrony wykopać i przenieść do ogrodu.	☐	☐
Dowodem miłości do przyrody jest zbieranie wiosennych kwiatów na łąkach.	☐	☐
Stosowanie pestycydów przyczynia się do wymierania niektórych roślin wodnych.	☐	☐
Krzyżowanie sasanki otwartej z ozdobną odmianą sasanki zwiększa jej różnorodność genetyczną.	☐	☐
Wypasanie zwierząt na wilgotnych łąkach jest metodą ochrony niektórych rzadkich roślin.	☐	☐

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Zaznacz poprawne dokończenie zdania. W przypadku roślin wypieranie gatunków rodzimych przez gatunki inwazyjne jest efektem

☐ protokooperacji

☐ pasożytnictwa

☐ mutualizmu

☐ konkurencji

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Oceń prawdziwość zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Rośliny wilgociolubne są bezużyteczne, dlatego osuszanie terenów bagiennych może odbywać się bez przeszkód.	☐	☐
Osoby, które nadużywają środków piorących, przyczyniają się do eutrofizacji wód.	☐	☐
Okazy storczyków, które wyrosły na polnej drodze, należy w celu ich ochrony wykopać i przenieść do ogrodu.	☐	☐
Dowodem miłości do przyrody jest zbieranie wiosennych kwiatów na łąkach.	☐	☐
Stosowanie pestycydów przyczynia się do wymierania niektórych roślin wodnych.	☐	☐
Krzyżowanie sasanki otwartej z ozdobną odmianą sasanki zwiększa jej różnorodność genetyczną.	☐	☐
Wypasanie zwierząt na wilgotnych łąkach jest metodą ochrony niektórych rzadkich roślin.	☐	☐

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6

*Uporządkuj etapy zmian, które prowadzą do zaniku rzadkiego gatunku A przez krzyżowanie się z gatunkiem pospolitym B.

zanik czystej linii A, czyli zachowanie się genów gatunku A tylko w mieszańcach AB



zanik genów gatunku A w mieszańcach



wszystkie rośliny A i mieszańce AB są zapylane pyłkiem B



spadek frekwencji genów A w mieszańcach AB



część roślin gatunku A zostaje zapylona pyłkiem gatunku B



Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Wymieranie zwierząt

Płazy są kręgowcami, które obecnie wymierają najszybciej. Zdarza się też wśród nich wiele (średnio 8% populacji) deformacji ciała. Czy może za to odpowiadać na przykład nadmierna ekspozycja na promieniowanie ultrafioletowe – skutek dziury ozonowej?



Źródło: Trachemys (<https://commons.wikimedia.org/>), licencja: CC BY 3.0.

Już wiesz

- gatunki obce w ekosystemach zmieniają relacje między zamieszkującymi je gatunkami rodzimych organizmów, przyczyniając się do ich wymierania;
- niszczenie ekosystemów naturalnych przyczynia się do zaniku siedlisk i ostoi dzikich organizmów;
- stosowanie pestycydów w rolnictwie powoduje śmierć wielu gatunków roślin i zwierząt zarówno w środowisku lądowym, jak i wodnym.

Nauczysz się

- wymieniać i opisywać główne przyczyny wymierania zwierząt;
- podawać przykłady zwierząt wymarłych i zagrożonych wyginięciem w Polsce i na świecie;
- przedstawiać na wybranym przykładzie proces zmian prowadzący do wymierania gatunków.

1. Współczesne wymieranie zwierząt

Obecnie w skali globalnej ponad 16 tys. gatunków zwierząt zagrożonych jest wymarciem. Stanowią one ok. 1% wszystkich opisanych gatunków. Spośród zagrożonych zwierząt aż 12% to kręgowce. Powody ich wymierania są podobne jak w przypadku roślin – głównie **antropogeniczne**. Należą tu: zanikanie lub przekształcanie siedlisk naturalnych, zanieczyszczanie środowiska, nadmierna eksploatacja zasobów (zabijanie zwierząt dla ich mięsa i futra oraz innych cennych produktów, nadmierne poławianie ryb i owoców morza, odławianie dzikich zwierząt na potrzeby kolekcjonerów), celowa eliminacja gatunków uważanych za szkodniki oraz zmiany relacji międzygatunkowych w ekosystemach.

W Polsce w ciągu ostatnich 100 lat wyginęło 36 gatunków zwierząt, choć są one jeszcze obecne w krajach sąsiednich. Jest wśród nich 14 gatunków kręgowców, np.: suseł moręgowany, norka europejska, sęp płowy, drop zwyczajny, pustuleczka, jesiotr zachodni, oraz 22 gatunki bezkręgowców, wśród których wymienia się m.in. perłoródkę rzeczną. W naszej faunie brak 2 gatunków, które wymarły całkowicie – tura i tarpana.



Źródło: Joel Berglund (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Ingrid Taylor (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Wadofglue (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

W Polsce mamy stosunkowo mało gatunków zwierząt zagrożonych wyginięciem. Jest ich 329, czyli ok. 1% z 33 tysięcy gatunków zamieszkujących nasz kraj. Wśród nich są aż 93 gatunki kręgowców, czyli prawie co 4 z nich.

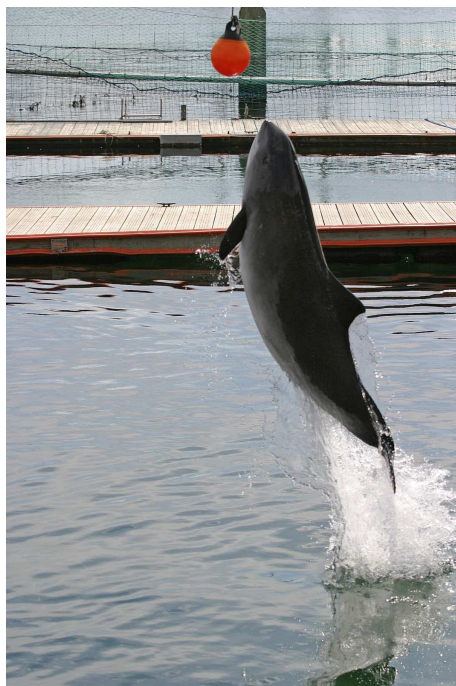
Gatunków zwierząt **krytycznie zagrożonych** wyginięciem, których liczebność jest tak mała, że w każdej chwili mogą wymrzeć, jest 91: 24 gatunki kręgowców, m.in. głuszec, kozica, kraska, morświn, orlik grubodzioby, rybitwa czubata, sokół wędrowny i wąż Eskulapa, oraz 67 gatunków bezkręgowców, w tym barczatka borówczana, bogatek wspaniały, niepylak apollo, modraszek gniady i ślimak tatrzański.



Źródło: David Palmer (<http://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Gerry Thomasen (<https://www.flickr.com>), SmashingApps (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Rene (<http://commons.wikimedia.org>), public domain.

Polecenie 1

W dostępnych źródłach odszukaj zagrożony wyginięciem gatunek zwierzęcia występującego w twojej okolicy. Naucz się go rozpoznawać i ustal, w jakich siedliskach i w jakiej porze roku można go spotkać.

Wskazówka

Zwierzęta wymarłe i zagrożone wyginięciem są opisane w Polskich Czerwonych Księgach Zwierząt prowadzonych osobno dla kręgowców i bezkręgowców.

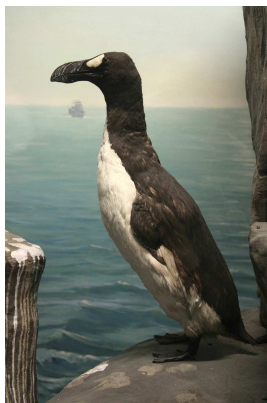
Ciekawostka

Kraska – duży przepięknie ubarwiony na niebiesko ptak – zakłada gniazda m.in. w Polsce. Obecnie jej populacja liczy ok. 35 par. Ze względu na niezwykle upierzenie jest chętnie filmowana i fotografowana przez amatorów, którzy podchodzą lub podjeżdżają samochodami pod drzewa, na których kraski wychowują młode. Spłoszone zwierzęta często porzucają swoje lęgi. Trzeba wiedzieć, że Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt zakazuje obserwacji, które prowadzą do niepokojenia zwierząt. Podobne zasady zapisano w kodeksie etyki Związku Polskich Fotografów Przyrody.

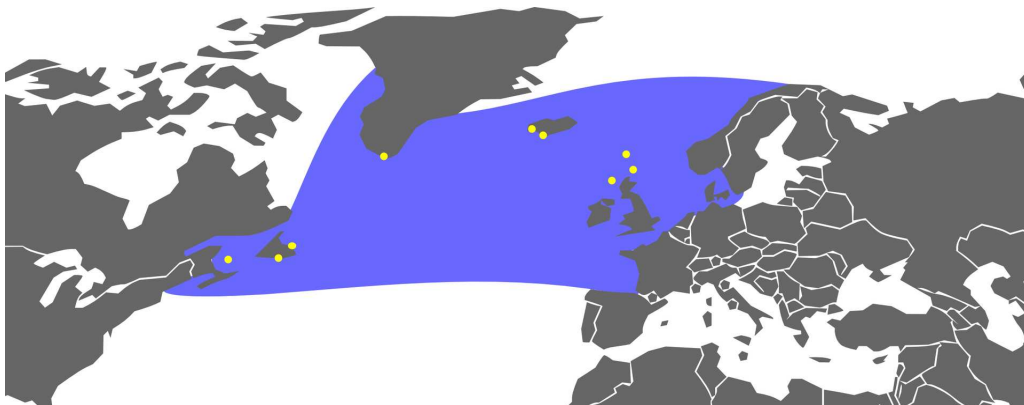
2. Człowiek jako drapieżnik

Człowiek od zarania dziejów polował na zwierzęta. Zakłada się, że jednym z głównych powodów wymarcia mamutów i nosorożców włośchatych były w **plejstocenie** zespołowe polowania prowadzone przez ludzi. W ten sposób pozyskiwano mięso i tłuszcz, skóry i futra do wytwarzania odzieży i posłań, kości do stawiania rusztowań szałasów, które pokrywano zwierzęcymi skórami.

Tarpany, dzikie konie, które jeszcze do XIX w. żyły w lasach Europy, także były źródłem mięsa i skór. Masowo zabijano duże nietłotne ptaki, jak niezdolne do szybkiego przemieszczania się alki olbrzymie, dodo czy dropie, gdyż stanowiły łatwo dostępny pokarm.



Źródło: Jim, the Photographer (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 2.0.



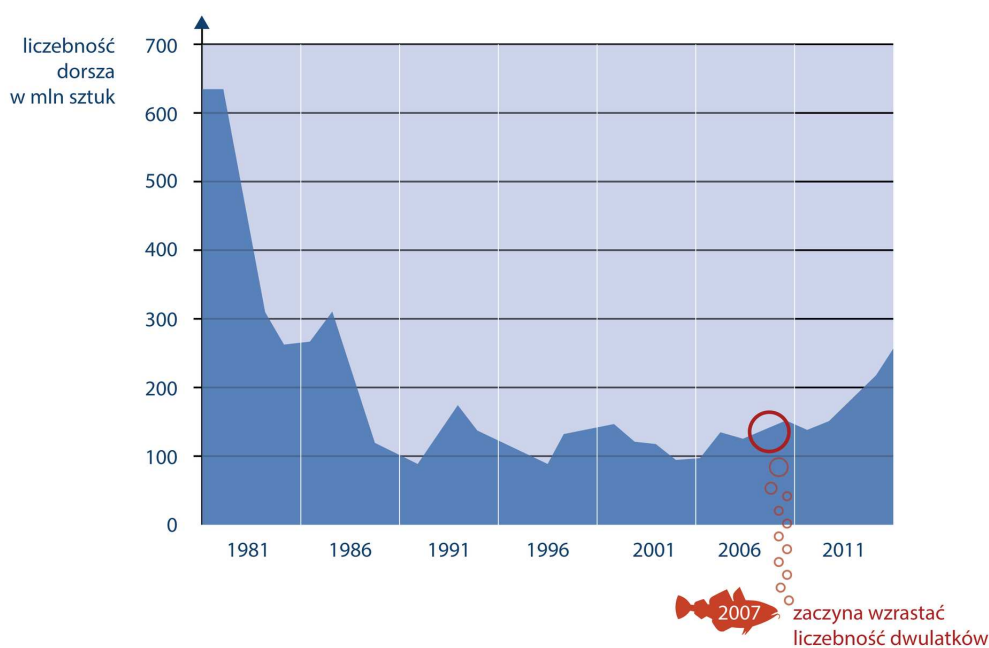
Źródło: Shyamal (<https://commons.wikimedia.org/>), public domain.

Do zagłady wielu gatunków zwierząt, zwłaszcza żyjących na wyspach endemitów, doprowadziło wytępienie przez człowieka organizmów, którymi się żywiły. Na Nowej Zelandii żyły największe ptaki świata – nietłotne moa. W XV w. (wg innych źródeł w XVII) wytępił je Maorysi, którzy polowali na nie dla mięsa. Po nich zniknął także orzeł Haasta – duży drapieżny ptak, dla którego moa, a także inne duże nietłotne ptaki wytępione przed nim, stanowiły źródło pożywienia.



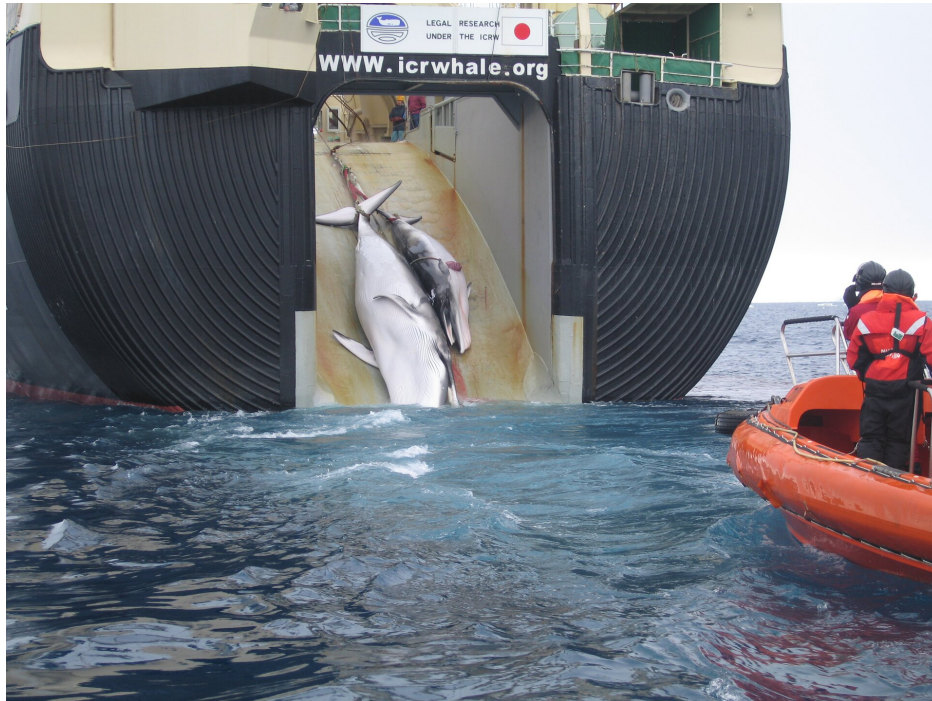
Źródło: John Megahan (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 2.5.

Aktualnie mięsa dostarczają głównie zwierzęta hodowlane, a na dziko żyjące zwierzęta lądowe w celach konsumpcyjnych poluje się sporadycznie. Stale robią to tylko niektóre ludy plemienne. Natomiast wciąż intensywnie poławia się ryby i owoce morza, co przyczynia się do drastycznego spadku liczebności niektórych populacji, a wiele z nich znalazło się na granicy wymarcia. Liczebność najintensywniej poławianych gatunków takich, jak śledzie, sardynki i dorsze, spadła kilkukrotnie. Co gorsza, kiedy okazało się, że przełowienie może doprowadzić do ich wyginięcia, znacznie ograniczono połowy, ale ich populacje się nie odnowiły. Pojawiły się obawy, że z powodu spadku różnorodności genetycznej i zaburzenia równowagi ekologicznej w ekosystemach morskich mogą już nigdy nie powrócić do dawnego stanu.



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Norwegia, Islandia i Japonia nie respektują umów międzynarodowych i kontynuują połowy coraz rzadszych dużych ssaków morskich. W ten sposób rocznie ginie 2 tysiące wielorybów i 17 tysięcy delfinów. Japonia i Islandia, wykorzystując lukę w przepisach, uzasadniają polowania koniecznością prowadzenia badań naukowych. Delfiny są też odławiane i sprzedawane do ogrodów zoologicznych, oceanariów i delfinariów na całym świecie. Ten proceder to źródło ogromnych zysków.



Źródło: Customs and Border Protection Service, Commonwealth of Australia (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 2

Zwierzęta mogą wymierać również dlatego, że w przyrodzie wymarły lub wymierają rośliny, którymi się żywiły. Obecnie w Europie pewien motyl jest zagrożony wyginięciem, ponieważ w wyniku zmiany użytkowania łąk spada liczebność rozchodnika białego, wielkiego i karpackiego, na którym żeruje. Ustal, jaki to gatunek motyla.

Polecenie 3

W XVIII w. znacznie spadła liczba łowionych wielorybów. Jedną z przyczyn było całkowite ich wytępienie w wodach przybrzeżnych, a kolejną zastąpienie jednego z pozyskiwanych z nich surowców stearyną i innymi produktami ropopochodnymi. Za pomocą schematu zilustruj związek przyczynowo-skutkowy prowadzący do ograniczenia połowów walen w XVIII w.

Nie zawsze da się usprawiedliwić zabijanie zwierząt potrzebą zapewnienia ludziom pokarmu. W Afryce wciąż uśmierca się słonie, by pozyskać kość słoniową, oraz nosorożce, gdyż ich sproszkowane rogi uchodzą za bardzo cenny środek leczniczy. Zabite zwierzęta pozostawiane są w buszu. Z kolei masowe wybijanie bizonów przez amerykańskich

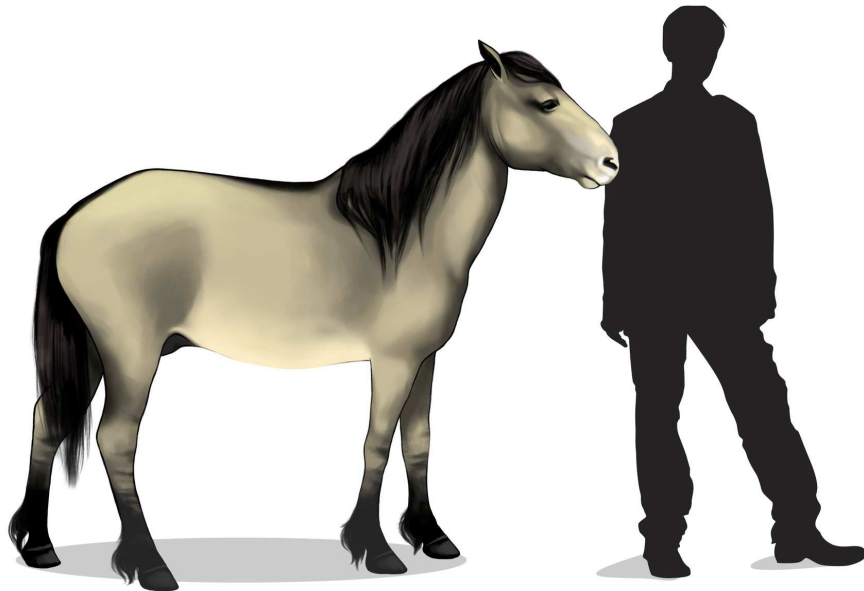
osadników w XIX w. było sposobem eksterminacji Indian żyjących na preriach poprzez pozbawianie ich pokarmu.

Warto wiedzieć

Problemowi polowań na delfiny u wybrzeży Japonii poświęcono nagrodzony w 2010 r. Oscarem film dokumentalny pt. Zatoka delfinów. Zwrócił on uwagę świata na rzeź tych niezwykłych zwierząt, odbywającą się co roku w zatoce koło wioski Taiji.

Warto wiedzieć

Tarpany najdłużej przetrwały na stepach Ukrainy, gdzie żyły do lat 80 XIX w. W Polsce ostatnie osobniki odłowiono i przeniesiono w 1790 r. do zwierzyńca w Biłgoraju. Tam podjęto próbę ich rozmnożenia, aby później wypuścić na wolność liczniejsze stado. Tak się jednak nie stało, gdyż na początku XIX w. zostały rozdane głodującym chłopom. Ci krzyżowali je z lokalnymi rasami koni, co doprowadziło do powstania nowej rasy o wyglądzie zbliżonym do tarpana – konika polskiego.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Lilly M (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 4

Amerykę Północną jeszcze 10 tysięcy lat temu zamieszkiwały wielkie ssaki: 7 gatunków trąbowców, a wśród nich mamuty i mastodonty, ogromne leniwce, liczne wielbłądowate, konie, lwy amerykańskie i tygrysy szablozębne. W tym okresie rozpoczęło się ich szybkie wymieranie – zniknęło 80% gatunków megafauny, choć – co dziwne – pozostały duże stada bizonów i karibu. Wielkie wymieranie zbiegło się w czasie z zasiedleniem tego kontynentu przez człowieka, które miało miejsce 15-11 tysięcy lat temu. Oceń, czy na podstawie zbieżności tych dat można wnioskować o związku przyczynowo-skutkowym pomiędzy pojawieniem się człowieka a wymieraniem wielkich ssaków w Ameryce.

3. Człowiek jako konkurent

Człowiek eliminuje z ekosystemów gatunki, które przynoszą szkody w hodowli i rolnictwie – drapieżniki zabijające zwierzęta hodowlane oraz roślinożerców wyjadających rośliny uprawne, a także zebrane i zmagazynowane plony.

Dawniej, kiedy ludzie utrzymywali się z polowania, tępil drapieżniki, z którymi konkurowali o ten sam pokarm. Gdy zaczęli hodować zwierzęta, dziko żyjące drapieżniki (wilki, lisy, kuny) odnalazły w nich źródło łatwo dostępnego pokarmu. Z punktu widzenia człowieka stały się zagrożeniem dla bydła, owiec, drobiu. Zmienił się sposób ich postrzegania, nagle okazały się szkodnikami, które trzeba niszczyć. Zakładano pułapki,

wykładano truciznę, a wszystko po to, by je zabić. Doprowadzono do znacznego przetrzebiecia populacji dużych drapieżnych ssaków i ptaków.

W celu ochrony zwierzyny łownej myśliwi co roku eliminują w naszym kraju ok. 140 tysięcy ptaków, zarówno gatunków łownych, jak i niełownych. Wśród nich znajdują się także ptaki chronione, głównie duże ptaki drapieżne, np. jastrzębie, które postrzegane są jako konkurenci w polowaniu na bażanty, kuropatwy i zające. Tymczasem dla tych niewielkich roślinożerców większe zagrożenie stanowią lisy, których liczebność w ostatnich latach znacznie wzrosła.



Źródło: Martin Cathrae (<https://www.flickr.com/>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Polecenie 5

Przedstaw powody masowych szczepień lisów przeciwko wściekliznie oraz ich skutki dla ekosystemów i gospodarki.

Polecenie 6

Łasica, niewielki drapieżny ssak objęty ochroną gatunkową, chętnie wprowadza się do domów, zakłada gniazda na strychach i tam wychowuje młode. Jej bliskie sąsiedztwo z człowiekiem jest uciążliwe. Zbierz informacje, jakimi sposobami właściciele domów pozbywają się tego zwierzęcia, i oceń je, biorąc pod uwagę zasady etyczne, użyteczność łasicy w ekosystemie oraz szkody, które wyrządza w domu i jego otoczeniu. Wskaż sposoby etycznego zniechęcania łasicy do zasiedlania zabudowań.

Innym przykładem zwierzęcia, którego populacja została przetrzebiona przez człowieka z powodów gospodarczych, jest kormoran czarny. Ptaki te występują na terenie całej Polski,

najliczniej na Warmii i Mazurach. Są znienawidzone przez rybaków, ponieważ wyjadają ryby ze stawów hodowlanych. Do połowy XX w. były masowo zabijane, co doprowadziło je na skraj wymarcia. Objęto je wówczas ścisłą ochroną gatunkową.

Rybacy uważają, że kormorany są bardzo żarłoczne. Tymczasem potrzebują one o 40% mniej pokarmu (w odniesieniu do masy ciała) niż inne rybożerne ptaki wodne, jak np. perkozy i alki. Są jednak od nich dużo większe, przez co łowią więcej ryb – przeciętnie ok. 0,5 kg dziennie. Liczebność kormoranów w naszym kraju szacuje się na ponad 40 tysięcy, a masę zjadanych przez nie ryb na ok. 6,5 tysiąca ton. Co roku za zgodą Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska na Warmii i Mazurach odstrzeliwanych jest prawie 1 300 tych ptaków. Nie satysfakcjonuje to jednak właścicieli stawów hodowlanych, którzy uważają, że jest ich wciąż za dużo.

Mimo że kormorany czarne nie są obecnie zagrożone wyginięciem, nie uchyla się w stosunku do nich ochrony gatunkowej, gdyż istnieje obawa, że staną się obiektem polowań, w następstwie których zostaną wytępione. Z drugiej strony utrzymywanie populacji na jej obecnym poziomie nie tylko powoduje straty w gospodarce rybackiej, ale także jest uciążliwe dla środowiska naturalnego. Wyjadanie przez nie ryb prowadzi do zaburzenia równowagi ekologicznej w jeziorach. Ich odchody zawierają substancje żrące, które powodują obumieranie drzew w obrębie kolonii lęgowych, a podczas deszczy spływają do mazurskich jezior, przyczyniając się do ich eutrofizacji.



Źródło: Orangeaurochs (<http://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Do zwierząt roślinożernych najintensywniej zwalczanych z powodu strat, jakie przynoszą w uprawie roślin, należą gryzonie, owady roślinożerne, a w mniejszym stopniu także sarny, jelenie i dziki. Liczebność gryzoni w budynkach gospodarskich, gdzie przechowywane jest ziarno i inne zapasy, zmniejsza się poprzez stosowanie różnego rodzaju środków chemicznych służących do ich zwalczania, odławianie za pomocą pułapek lub odstraszanie

przy użyciu generatorów ultradźwięków. Sprzymierzeńcami człowieka w walce ze szkodnikami wyjadającymi zboże są koty domowe. Skutecznie polują jednak tylko w małych obiektach i głównie na myszy. W przypadku zwierząt kopytnych (np. saren czy dzików) prowadzi się okresowe odstrzały. Owady roślinożerne zwalcza się za pomocą insektycydów. Zwykle mają one bardzo szerokie spektrum działania, przez co zabijają nie tylko szkodniki upraw, ale także inne owady (nie tylko roślinożerne).



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 7

Jednym z gatunków zagrożonych wyginięciem w Polsce jest uznany za szkodnika chomik europejski. Jeszcze 30 lat temu gryzoń ten występował na połowie obszaru naszego kraju. Obecnie jego zasięg bardzo się skurczył. Zbierz informacje o tym gatunku, by wyjaśnić, na czym polega konkurencja pomiędzy chomikiem a człowiekiem.

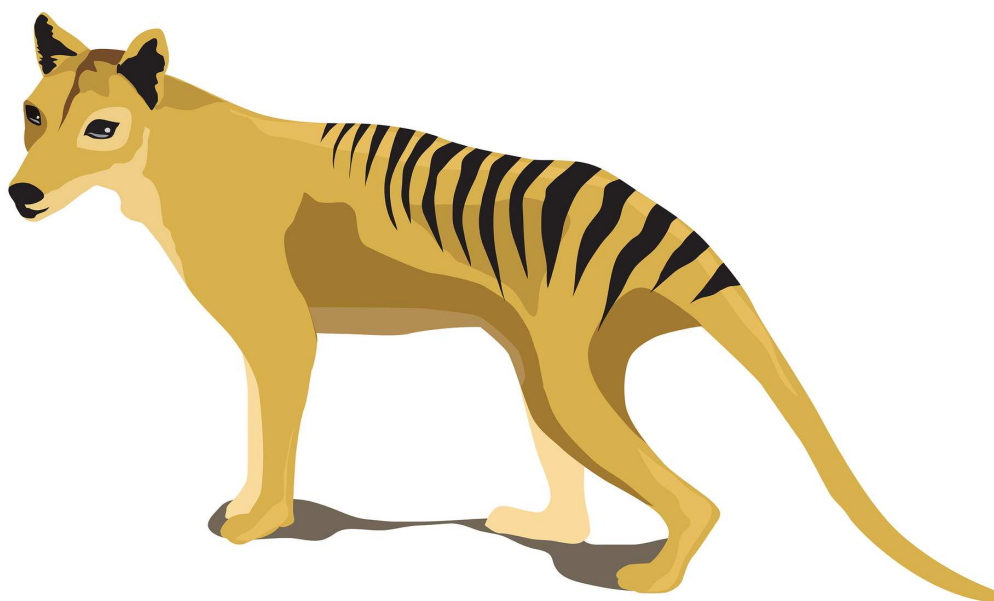
Do wymierania wielu zwierząt dochodzi także w wyniku usuwania martwego drewna z lasu. Robi się to m.in. dlatego, że rozwijają się w nim gatunki owadów uznawanych za szkodniki lasów, jest to zatem sposób ochrony przed nadmiernym, skokowym wzrostem liczby niepożądanych z punktu widzenia gospodarki leśnej gatunków. Wycinanie starych drzewostanów oraz usuwanie spróchniałych drzew zagraża na przykład populacji rzadkiego chrząszcza kozioroga dębosza. Osobniki dorosłe żywią się sokiem takich drzew, a larwy żyją pod ich korą, drążąc chodniki o długości nawet 1 m. Upodobały sobie pomniki przyrody. Równocześnie zmniejsza się populacja dzięciołów, zwłaszcza trójpalczastego. Larwy owadów, którymi się żywi, bytują na butwiejącym drewnie świerka i jodły.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., Hulcr (<http://commons.wikimedia.org>), bptakoma (<https://www.flickr.com>), Beentree (<http://commons.wikimedia.org>), Krakers (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 1.0.

Kolejnym przykładem drapieżnika wytępionego przez człowieka z powodów gospodarczych jest duży torbacz – tasmański wilk workowaty. Ostatni osobnik tego gatunku zmarł na wolności w 1930 r., a ostatni osobnik w niewoli 6 lat później. Gatunek ten zamieszkiwał Australię, Tasmanię i Nową Gwineę. Kiedy osadnicy z Europy sprowadzili się na Tasmanię, przywieźli ze sobą zwierzęta hodowlane, głównie owce i drób. Zwierzęta te czasami padały ofiarą wilka workowatego, dlatego zaczęto na niego intensywnie polować. Liczebność drapieżnika drastycznie się zmniejszyła. Do całkowitego wymarcia doprowadziło też m.in. niszczenie siedlisk wilka oraz gatunków, na które polował. Konsekwencją takiej sytuacji był spadek różnorodności genetycznej populacji tego torbacza. Sprawił on, że ocalałe osobniki cechowała większa wrażliwość na choroby, zwłaszcza te zawleczone z Europy.

Powodem wymarcia wilków workowatych w Australii i Nowej Gwinei nie były polowania, lecz sprowadzone przez człowieka psy dingo. Jako ssaki łożyskowe okazały się skuteczniejszymi drapieżnikami niż torbacze i stopniowo wyparły je z ekosystemów.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

Papuga karolińska także została wytępiona w wyniku ochrony upraw oraz pozyskiwania barwnych piór do ozdoby kapeluszy. Ten endemiczny gatunek zamieszkiwał południowo-wschodnie tereny Stanów Zjednoczonych i żerował dużymi stadami na polach uprawnych. Prowadzono tam masowy odstrzał ptaków, zabijając i raniąc śrutem dziesiątki okazów, co było tym łatwiejsze, że gromadziły się one wokół zastrzelonych pobratymców. Z biegiem czasu okazało się, że papuga karolińska może być cennym sprzymierzeńcem człowieka, gdyż żywi się inwazyjnym chwastem – rzepieniem. Podjęto próby odtworzenia populacji, ale jej liczebność była już wówczas zbyt niska, aby zapobiec wymarciu gatunku.

Ciekawostka

Nestor kea to wszystkożerna papuga, endemit gór Nowej Zelandii, której populacja została doprowadzona przez człowieka na skraj wymarcia. Ptaki te atakowały owce sprowadzone przez osadników w latach 60. XIX w. Wydziobywały im tłuszcz z grzbietów i boków ciała, powodując charakterystyczne rany, które często ulegały zakażeniu, a w ostateczności prowadziły do śmierci. W wyniku polowań zabito ok. 150 tysięcy osobników tego gatunku. Zanim w 1970 r. zakazano tępienia tych pięknych ptaków, ich liczebność spadła do poziomu ok. 5 tysięcy. Od tego czasu są objęte ochroną prawną, a rząd Nowej Zelandii wypłaca hodowcom odszkodowania za czynione przez nie szkody wśród hodowanych zwierząt.



Źródło: Piotr Zurek (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.0.

4. Celowe i niezamierzone zmiany w ekosystemach oraz ich skutki

Wraz z pojawieniem się agrocenoz, terenów zurbanizowanych i sieci dróg podziałowi uległy siedliska zwierząt. Na niżu Polski nie ma obecnie na tyle dużego i obfitego w pokarm kompleksu leśnego, aby mogła się w nim utrzymać stabilna populacja niedźwiedzia brunatnego. Nawet cała Puszcza Białowieska, włączając w to także jej białoruską część, jest zbyt mała, by gatunek ten mógł w niej swobodnie egzystować.

Podobnie jest z rysiem. W Polsce na wolności żyje ok. 250 osobników tego gatunku. Rysie wymierają, ponieważ zanikają lasy, w których mogą polować, rozmnażać się i odchowwać potomstwo. Na skutek działalności kłusowników, a także w konsekwencji ostrych i mroźnych zim, spada liczebność saren i jeleni, które stanowią ich główne źródło pokarmu. Prawdopodobnie brak pokarmu jest powodem tego, że większość młodych rysi umiera, nim osiągnie pierwszy rok życia. W wyniku fragmentacji lasów populacje rysi zostały od siebie odizolowane. Co 20 ryś ginie na drogach potrącony przez samochód. Najbardziej zagrożona jest nizinna populacja rysia zamieszkująca północno-wschodnią Polskę, licząca zaledwie 60 osobników. Aby ochronić te koty, ogranicza się odstrzały saren oraz zasiewa rośliny, którymi się żywią, zwłaszcza podczas długich zim. Dodatkowo sady między lasami pasy drzew i zarośli umożliwiające zwierzętom bezpieczne przemieszczanie się, buduje dla nich przejścia nad i pod drogami, zwłaszcza szybkiego ruchu.

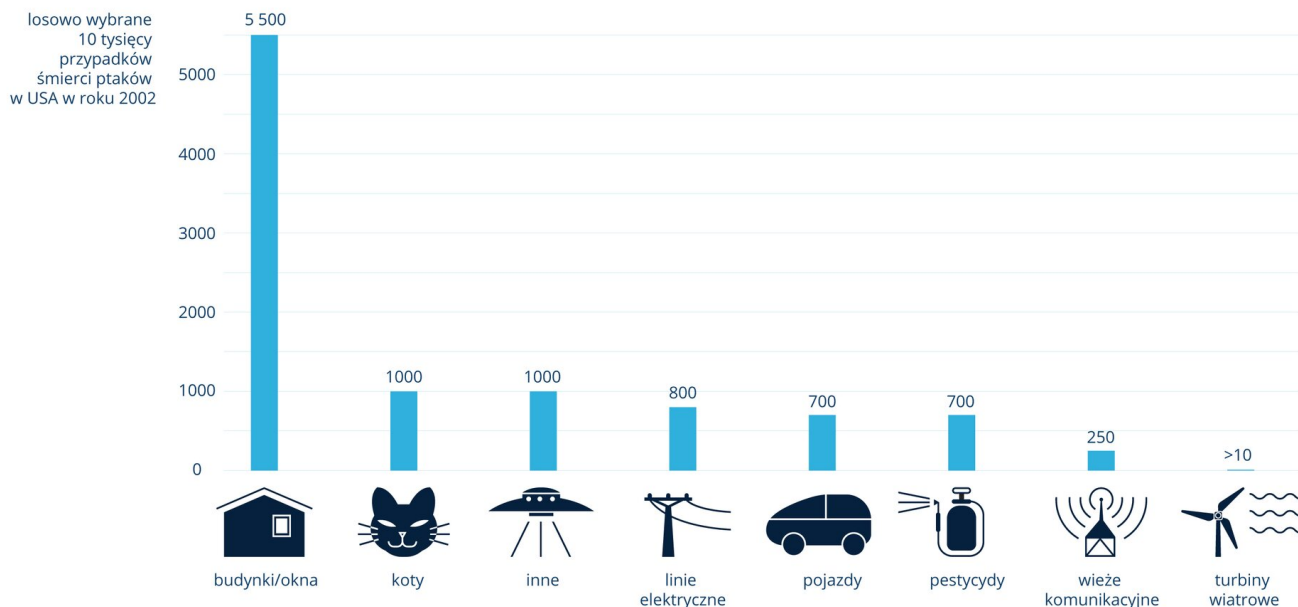


Źródło: Jonas Bengtsson (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 2.0.

Jednym ze zwierząt, które wymarło na terenie naszego kraju z powodu przekształcania siedlisk, jest suseł moręgowany – roślinożerny gryzoń zamieszkujący duże obszary pastwisk i ugorów. W latach 60. XX w. większość tego typu miejsc zaorywano lub zalesiano, wypierając susła na coraz mniejsze stanowiska. Dodatkowo zabijano go jako szkodnika upraw zbóż oraz w celu pozyskania futer.

Zanikanie naturalnych siedlisk jest głównym powodem zagrożenia wyginięciem ponad 80% gatunków żyjących współcześnie ptaków. Są to zarówno gatunki żyjące w naturalnych ekosystemach, jak i na obszarach przekształconych przez człowieka. W ciągu ostatnich 30 lat ich liczba na kontynencie europejskim zmniejszyła się o ponad 420 mln. Największy spadek liczebności dotyczy gatunków niedawno pospolitych, np. wróbli i szpaków. Na terenach zurbanizowanych zagrażają im: skażony pokarm, ograniczona liczba dostępnych schronień i miejsc lęgowych oraz ogromne szklane ściany budynków. Szacuje się, że w samych tylko Stanach Zjednoczonych w wyniku zderzeń ze szklanymi powierzchniami ginie od kilkuset milionów do miliarda ptaków. Dzieje się tak, ponieważ widzą one (oprócz innych barw) ultrafiolet – część widma światła białego niewidoczną na przykład dla ludzi. Szybko lecące ptaki nie widzą szklanej szyby, która pochłania ponad 70% promieni UV. Rozwiązaniem problemu są filtry absorbujące promienie UV naklejane na szyby, wykorzystywane w USA i wielu krajach Europy. Można też na dużych przezroczystych powierzchniach umieszczać sylwetki ptaków drapieżnych. Nie są one jednak tak skuteczne jak filtry, ponieważ ptaki omijają sylwetkę drapieżnika i uderzają w przeszkodę obok.

Poza oszklonymi budynkami duże zagrożenie dla ptaków stanowią linie energetyczne. Natomiast jest możliwe, że elektrownie wiatrowe nie są tak niebezpieczne dla ptaków jak wcześniej sądzono.



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Nieprzemyślana ingerencja w ekosystemy może być przyczyną zaniku gatunków, a nawet klęsk ekologicznych. Tak było w przypadku wypuszczenia do Jeziora Wiktorii okonia nilowego jako ryby hodowlanej. Okoń okazał się silnym drapieżnikiem i konkurentem. Doprowadził do wymarcia wielu endemicznych gatunków ryb pielęgnicowatych, które m.in. ograniczały liczebność organizmów planktonowych. Gdy ich zabrakło, glony rozwinęły się masowo, a następnie zaczęły obumierać, pochłaniając ogromne ilości tlenu i przyczyniając się do wyginięcia oraz ograniczenia liczebności kolejnych gatunków ryb. Część z nich była owadożerna, więc nad powierzchnią wody pojawiły się rekordowe chmary komarów. Klęskę ekologiczną pogłębiła wycinka lasów rosnących wokół jeziora, których drewno wykorzystywano do wędzenia ryb. Wyrąb lasów pociągnął za sobą także erozję gleb, co jeszcze bardziej nasiliło negatywne zmiany w środowisku naturalnym, przyczyniając się na przykład do wzrostu eutrofizacji wód jeziora.

Poważnym zagrożeniem dla zwierząt jest zanieczyszczanie środowiska. Skażenia wód słodkich przez ścieki przemysłowe i komunalne przyczyniły się do wyginięcia 2 rzadkich gatunków zwierząt – łososa atlantyckiego i małża perłoródki rzecznej. Zagrożają także płazom, których skóra i otoczki skrzeku są bardzo delikatne, łatwo przepuszczalne nie tylko dla wody i gazów oddechowych, ale także dla szkodliwych substancji (pestycydów i metali ciężkich). Powodują one zwiększoną śmiertelność osobników dorosłych i kijanek. Mogą także powodować deformacje ciała (zniekształcenie oczu, występowanie dodatkowych kończyn) i zaburzenia proporcji płci w populacji (np. przekształcanie się samców w samice).

Na śmiertelność płazów wpływa również nasilone promieniowanie ultrafioletowe będące skutkiem dziury ozonowej. Ich naga i cienka skóra bardzo silnie pochłania promieniowanie UV, które uszkadza materiał genetyczny. W efekcie u zarodków płazów mogą występować różne wady rozwojowe. Ponadto promieniowanie UV negatywnie oddziałuje na skrzek, zwłaszcza znajdujący się tuż pod powierzchnią wody.

Na spadek przeżywalności i pogorszenie kondycji wielu gatunków płazów rzutują także ocieplenie klimatu oraz różne choroby powodowane przez wirusy, bakterie, pasożytnicze grzyby i płazińce.



Źródło: Bill McChesney (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Zagrożeniem dla populacji płazów jest również zwiększony ruch kołowy oraz rozbudowa sieci dróg i autostrad. Wiele z nich przecina ścieżki migracji, którymi dorosłe płazy podążają do zbiorników wodnych, aby tam się rozmnażać. By umożliwić zwierzętom bezpieczne dotarcie do miejsc rozrodu, wzdłuż dróg rozpina się siatki, z których wylapuje się płazy i przenosi przez jezdnie. Innym sposobem jest budowanie pod drogami przejść umożliwiających bezpieczne, bezkolizyjne migracje.



Źródło: Christian Fischer (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 8

Podaj inne przykłady zwierząt, których spadek liczebności był skutkiem ubocznym stosowania chemicznych środków ochrony roślin i chemicznych zanieczyszczeń środowiska.

Ciekawostka

Populacja żbika, małego leśnego kota, jest bardzo mała. Drapieżnik ten może się krzyżować z kotami domowymi, zwłaszcza zdziczałymi. W populacjach żbika większość osobników to mieszańce tego gatunku z kotem domowym.

Podsumowanie

- Obecnie na świecie ponad 16 tys. gatunków zwierząt jest zagrożonych wyginięciem.
- W Polsce w okresie ostatnich 100 lat wymarło 36 gatunków zwierząt, a 330 jest zagrożonych.
- Głównymi przyczynami wymierania zwierząt są: zanik siedlisk naturalnych, nadmierna eksploatacja zasobów przyrody, zmiany relacji międzygatunkowych w ekosystemach oraz rolnictwo.

Praca domowa

Polecenie 9.1

1. Opisz przypadki wymierania zwierząt według następujących kategorii: nadmierna eksploatacja zasobów, zanik naturalnych siedlisk, zmiana relacji ekologicznych.

Polecenie 9.2

2. Przesady i strach to niektóre przyczyny zabijania zwierząt. Podaj po kilka przykładów gatunków wytępionych z takich powodów.

Słowniczek

antropogeniczny czynnik

czynnik oddziałujący na środowiska i zamieszkujące je organizmy, wywołany przez człowieka lub powstały przy jego udziale

krytycznie zagrożone gatunki

gatunki uznane za zagrożone wyginięciem przez Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody (IUCN)

plejstocen

epoka czwartorzędu, która zakończyła się ok. 10 tysięcy lat p.n.e., zwana czasem epoką lodową

Zadania

Ćwiczenie 1

Przyporządkuj przykłady gatunków zwierząt do zagrożeń powodujących ich wymieranie.

zmniejszanie powierzchni lasów

perłoródka rzeczna

nosorożec czarny

tygrys syberyjski

kozioróg dębosz

tarpan

suseł moregowany

łosoś atlantycki

słoń afrykański

ryś euroazjatycki

tur

chomik europejski

niedźwiedź brunatny

zanieczyszczanie wód

eliminowanie szkodników pól uprawnych

polowania w celu pozyskania mięsa i cennych surowców

Ćwiczenie 2

Zaznacz czynniki, które najmocniej przyczyniły się do zaniku różnorodności płazów.

☐ zanikanie siedlisk i ekosystemów naturalnych

☐ zabijanie dla celów konsumpcyjnych

☐ masowe pozyskiwanie przez kolekcjonerów

☐ tępienie ich jako rzekomych szkodników upraw

☐ ocieplenie klimatu

☐ zanieczyszczenie środowiska

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Wskaż czynnik, który ma najistotniejszy wpływ na wymieranie wilków w Polsce.

☐ wymieranie populacji ofiar

☐ wycinanie lasów

☐ polowania

☐ choroby wywołane przez gatunki inwazyjne

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Oceń prawdziwość poniższych zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Wilki, niedźwiedzie i rysie wymierają głównie na skutek zaniku pierwotnych ekosystemów leśnych.	☐	☐
W ostatnim stuleciu w Polsce wymarło ok. 200 gatunków zwierząt.	☐	☐
Obecnie na świecie wymarciem zagrożonych jest ok. 16 tysięcy gatunków zwierząt.	☐	☐
Produkcja medykamentów na potrzeby tradycyjnej medycyny chińskiej jest zagrożeniem dla nielicznych gatunków zwierząt.	☐	☐
Wiele ryb morskich wymiera, ponieważ człowiek zbyt intensywnie je poławia.	☐	☐

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Spośród wymienionych poniżej bezpośrednich powodów spadku bioróżnorodności wskaż ten, który powoduje wymieranie największej liczby gatunków zwierząt.

- ☐ nadmierna eksploatacja zasobów przyrody
- ☐ stosowanie pestycydów w rolnictwie
- ☐ wymieranie gatunków mutualistycznych
- ☐ zanikanie siedlisk i ekosystemów naturalnych
- ☐ wprowadzanie do środowiska gatunków inwazyjnych

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6

Uporządkuj, uwzględniając związki przyczynowo-skutkowe, wybrane następstwa wprowadzenia okonia nilowego do wód Jeziora Wiktorii. Zacznij od góry, od etapu, kiedy okień zwiększył swoją populację.

przestawienie się okonia na chwytanie ryb roślinożernych



zakwity wód i spadek ilości tlenu



zmniejszenie liczebności innych ryb drapieżnych



wzrost populacji organizmów roślinożernych



zwiększenie populacji okonia



wymieranie organizmów tlenowych w jeziorze



nadmierny rozwój planktonu



Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Dlaczego chronimy przyrodę?

Przyroda jest dobrem całej ludzkości – przede wszystkim źródłem zasobów, dzięki którym zaspokajamy podstawowe potrzeby życiowe. Dla wielu stanowi także synonim piękna. Z tego powodu pragną zachować ją w jak najmniej zmienionej formie.



Źródło: Maciej Stawicki (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Już wiesz

- działania człowieka zagrażają różnorodności biologicznej;
- człowiek przyczynił się do wymarcia wielu gatunków roślin i zwierząt;
- zasoby przyrody nie są nieograniczone i należy nimi racjonalnie gospodarować.

Nauczysz się

- wymieniać cele ochrony przyrody wskazane w ustawie o ochronie przyrody;
- podawać definicję ochrony przyrody przyjętą w ustawie o ochronie przyrody;
- wymieniać i opisywać wybrane motywy ochrony przyrody.

1. Ochrona przyrody w Polsce

Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. definiuje **ochronę przyrody** jako zespół działań mających na celu zachowanie, zrównoważone użytkowanie oraz odnawianie zasobów, tworów i składników przyrody. Należą do nich:

- dziko występujące gatunki roślin, zwierząt i grzybów, zwłaszcza te objęte ochroną gatunkową;
- zwierzęta prowadzące wędrowny tryb życia;

- siedliska przyrodnicze (zwłaszcza zagrożonych wyginięciem gatunków roślin, zwierząt i grzybów);
- wytwory przyrody ożywionej i nieożywionej oraz kopalne szczątki roślin i zwierząt;
- krajobraz;
- zieleń w miastach i wsiach, w tym zadrzewienia.



Źródło: Lewy849 (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Ustawa precyzuje także najważniejsze cele ochrony przyrody. Są to:

1. utrzymanie procesów ekologicznych i stabilności ekosystemów;
2. zachowanie różnorodności biologicznej;
3. zachowanie dziedzictwa geologicznego i paleontologicznego;
4. zapewnienie ciągłości istnienia gatunków roślin, zwierząt i grzybów wraz z ich siedliskami przez ich utrzymywanie lub przywracanie do właściwego stanu ochrony;
5. ochrona walorów krajobrazowych zieleni w miastach i wsiach oraz zadrzewień;
6. utrzymywanie lub przywracanie do właściwego stanu ochrony siedlisk przyrodniczych, a także pozostałych zasobów, tworów i składników przyrody;
7. kształtowanie właściwych postaw człowieka wobec przyrody przez edukację, informowanie oraz promocję w dziedzinie ochrony przyrody.

Polecenie 1

Przedstaw obiekt przyrodniczy w twojej miejscowości, który według ciebie powinien być objęty ochroną. Uzasadnij swoją decyzję, wskazując cel ochrony przyrody, który byłby w ten sposób zrealizowany.

Ciekawostka

Początki idei ochrony przyrody sięgają zamierzchłych czasów. Ok. 250 lat p.n.e. król Ashoka zabronił polowania na wybrane gatunki zwierząt w Indiach, utworzył także pierwszy w historii rezerwat przyrody. Ok. 100 lat później w Chinach wprowadzono przepisy o ochronie lasów, zabraniające wycinki wybranych gatunków drzew.

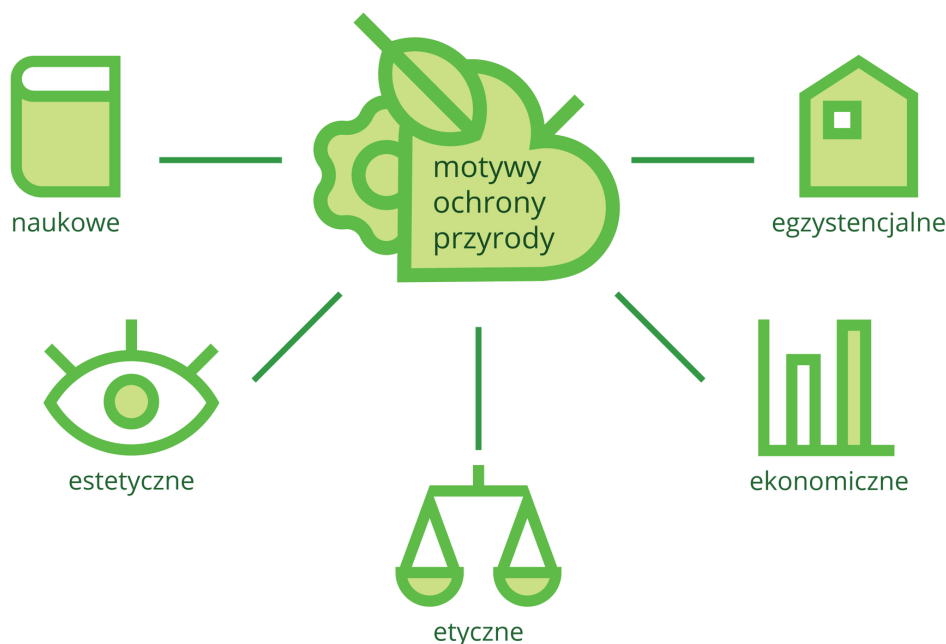
2. Motywy ochrony przyrody

Motywy, jakimi ludzie kierują się w podejmowaniu działań na rzecz ochrony przyrody, mogą być bardzo różne. Natura jest źródłem zasobów nieodnawialnych i odnawialnych, z których możemy korzystać pod warunkiem, że będziemy o nie dbać. Dlatego na przykład ochroną obejmuje się zwierzęta łowne oraz ryby w okresie ich rozrodu, zabrania się wycinania bez pozwolenia drzew (innych niż owocowe) starszych niż 5 lat, a w okresie suszy wprowadza się zakaz wstępu do lasów, by zapobiec pożarom. Zasoby przyrody mają także wymierną wartość, która może zapewnić dochód zarówno poszczególnym osobom, jak i państwu. Wystarczy wymienić tylko surowce do budowy domów, począwszy od piasku, a skończywszy na egzotycznych gatunkach drewna. Musimy chronić przyrodę, nie możemy jej dowolnie eksploatować, dlatego że jesteśmy jej częścią i niszcząc ją, skazujemy też siebie na zagładę.

Wszyscy chcemy oddychać czystym powietrzem, pić czystą wodę, jeść dobre i zdrowe produkty. Warunkiem życia w nieskażonym środowisku jest dbałość o jego ożywione i nieożywione składniki. Obecnie coraz większego znaczenia nabierają motywy etyczne. Wielu ludzi uważa, że miarą człowieczeństwa jest stosunek do innych istot, których życie należy chronić, gdyż ma wartość samą w sobie.

Podziw dla złożoności i piękna przyrody to kolejny motyw jej ochrony. Ponieważ na co dzień nie możemy cieszyć się jej wszystkimi walorami, dlatego czas wolny od pracy i nauki staramy się spędzać w najpiękniejszych i najbogatszych przyrodniczo rejonach kraju i świata. Ochrona przyrody jest niezbędna do zapewnienia człowiekowi jego niezbywalnych praw, jak: prawo do oddychania świeżym powietrzem, picia czystej wody, spożywania zdrowej żywności i wychowywania dzieci w nieskażonym środowisku.

Ludzie chronią przyrodę także dlatego, że chcą poznać jej elementy (ekosystemy, organizmy) oraz prawa, które nią rządzą. Niezmienione przez człowieka fragmenty można również wykorzystać do oceny zmian, zwłaszcza tych negatywnych, które są efektem jego działalności.



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 2

Uzasadnij, który z motywów ochrony przyrody jest najważniejszy z twojego punktu widzenia.

Ciekawostka

Z ochroną przyrody nierozzerwalnie związane są 2 hipotezy: hipoteza Gai i hipoteza Medei.

Według hipotezy Gai, sformułowanej przez Jamesa Lovelocka, Ziemia jest superorganizmem dążącym do stanu równowagi. Dlatego należy maksymalnie ograniczyć wpływ człowieka na procesy zachodzące w przyrodzie, aby jej nie zaburzyć. Przyroda sama, jak kochająca matka Gaja (matka Ziemia), zatroszczy się o organizmy żywe i zapewni utrzymanie życia na Ziemi, a z biegiem czasu naprawi także szkody wyrządzone przez człowieka.

Autorem hipotezy Medei (Medea – matka, która zabija własne dzieci) jest Peter Ward. Twierdzi on, że organizmy zaburzają równowagę w przyrodzie, np. pewne gatunki bardzo szybko się rozprzestrzeniają, ich populacje stają się zbyt liczne i nadmiernie eksploatują środowisko. Prowadzi to do załamania się równowagi biologicznej, której skutkiem może być na przykład wielkie wymieranie gatunków, odnotowane wiele razy w historii Ziemi. Według tej hipotezy człowiek powinien dbać o zachowanie równowagi biologicznej poprzez ochronę czynną, czyli zmniejszanie liczebności gatunków inwazyjnych, regulację liczebności zwierzyny łownej i zachowanie gatunków zagrożonych.

3. Egzystencjalne motywy ochrony przyrody

Egzystencjalne motywy ochrony przyrody związane są z chęcią zapewnienia człowiekowi warunków do życia, czyli egzystencji. Zależy ona m.in. od zasobów przyrody ożywionej, jak i nieożywionej, wśród których ważne miejsce zajmują surowce energetyczne, chemiczne, skalne oraz rudy metali.

Człowiek, jak każdy organizm, jest powiązany ze swoim środowiskiem życia oraz z innymi organizmami siecią wzajemnych zależności. Ich przykłady są niezliczone. Organizmy tworzą i przekształcają środowisko, w którym żyją. Rośliny i samożywne protisty produkują tlen niezbędny do oddychania, drzewa zatrzymują wytwarzane przez człowieka zanieczyszczenia pyłowe. Lasy i torfowiska gromadzą duże ilości wody, przez co z jednej strony odnawiają zasoby wód gruntowych, a z drugiej chronią przed wystąpieniem powodzi. Prawidłowe funkcjonowanie ekosystemów zależy od organizmów, które współistnieją dzięki wzajemnym zależnościom (antagonistycznym i nieantagonistycznym). Niejednokrotnie wymarcie jednego gatunku może doprowadzić do nieodwracalnych zmian w ekosystemie. Dlatego człowiek powinien dbać nie tylko o gatunki, dzięki którym zaspokaja swoje potrzeby życiowe, ale także o takie, które z jego punktu widzenia wydają się niepożądane lub szkodliwe. Na przykład gryzonie, tępione jako szkodniki, stanowią źródło pokarmu dla ssaków, ptaków i gadów, a owady niszczące uprawy są bazą pokarmową ptaków owadożernych. Całkowite usunięcie tzw. szkodników z ekosystemu może doprowadzić do zachwiania równowagi biologicznej i spadku liczebności, a nawet wymarcia gatunków dziko żyjących, które się nimi żywią. Bardzo często szkody w uprawach są powodowane właśnie spadkiem liczebności drapieżników będących naturalnymi wrogami organizmów niepożądanych z punktu widzenia człowieka.

Dlatego rolnikom i sadownikom zależy na przykład na ochronie dzikich gatunków ptaków owadożernych czy ssaków drapieżnych polujących na gryzonie. Z ich punktu widzenia niepożądane byłoby także wyginięcie owadów zapylających, bez których rośliny uprawne nie wytwarzałyby owoców i nasion.



Źródło: Michele Lamberti (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Z przyrody czerpie się niezliczoną ilość surowców. Nie można pozyskiwać ich w nadmiarze, aby nie zabrakło ich dla przyszłych pokoleń. Wytwarzanie mebli, a także budowa domów wymagają zastosowania drewna. Aby zawsze było go pod dostatkiem, należy dbać o lasy i rozsądnie gospodarować ich zasobami, wprowadzając uregulowania dotyczące ich eksploatacji. Na przykład wiek rębności, dla wielu drzew przekraczający 100 lat, jest wyznaczony w celu umożliwienia odnowienia się zasobów drewna.



Źródło: Przykuta (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Ważne źródło pokarmu dla człowieka i źródło dochodów stanowią ryby i owoce morza. Masowo poławiane są zwłaszcza ryby morskie. Aby naturalne populacje tych zwierząt nie zostały przetrzebione, w krajach Unii Europejskiej dla poszczególnych gatunków

wprowadzono tzw. kwoty połowowe. Wyznaczają one liczbę ton danego gatunku ryby, jaka może być złowiona w ciągu roku na określonym obszarze morza. Za przekroczenie limitu krajom członkowskim grożą wysokie kary pieniężne. Kwoty połowowe umożliwiają utrzymanie odpowiedniej liczebności populacji ryb morskich i pozwalają na odnawianie się ich zasobów.



Źródło: John Wallace, NOAA\NMFS\NWFSC\FRAMD (<https://commons.wikimedia.org/>), public domain.

Organizmy są także źródłem wielu substancji leczniczych. Od wieków ludzie wykorzystywali jako leki substancje pochodzenia roślinnego, rzadziej zwierzęcego. Obecnie używamy głównie leków syntetycznych, ale większość z nich ma swoje pierwowzory w substancjach naturalnych. **Kwas acetylosalicylowy** (aspirynę) pozyskano po raz pierwszy z kory wierzby, a antybiotyk **penicylinę** wyizolowano z grzybni pleśniaka. Rośliny dostarczające surowców dla przemysłu farmaceutycznego określa się mianem leczniczych. Dzięki kolejnym odkryciom substancji czynnych pochodzących z roślin grupa ta stale się powiększa. Oprócz leków niektóre rośliny dostarczają np. olejków stosowanych do wyrobu perfum i aromatyzowania potraw oraz barwników dla przemysłu na przykład spożywczego czy tekstylnego.

Ciekawostka

Odkryto ostatnio, że właściwości antynowotworowe ma **kurkumina** – substancja zawarta w kurkumie stanowiącej jeden z podstawowych składników indyjskiej przyprawy curry. Kurkumina przyspiesza także gojenie się ran, wspomaga pracę wątroby oraz łagodzi dolegliwości żołądkowe; ma właściwości przeciwzapalne i przeciwgrzybicze.



Źródło: Simon A. Eugster (<http://commons.wikimedia.org>), goldentakin (<http://commons.wikimedia.org>), Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 3.0.

Do chwili obecnej pod kątem właściwości leczniczych przebadano jedynie 15% roślin i 1% mikroorganizmów. Możemy przypuszczać, że przyroda ma dla nas jeszcze wiele nieznanymi cennymi substancji leczniczych. M.in. z tego powodu poznawanie gatunków i ich przydatności dla człowieka oraz ochrona różnorodności biologicznej powinny stanowić ważne cele ludzkości.

Polecenie 3

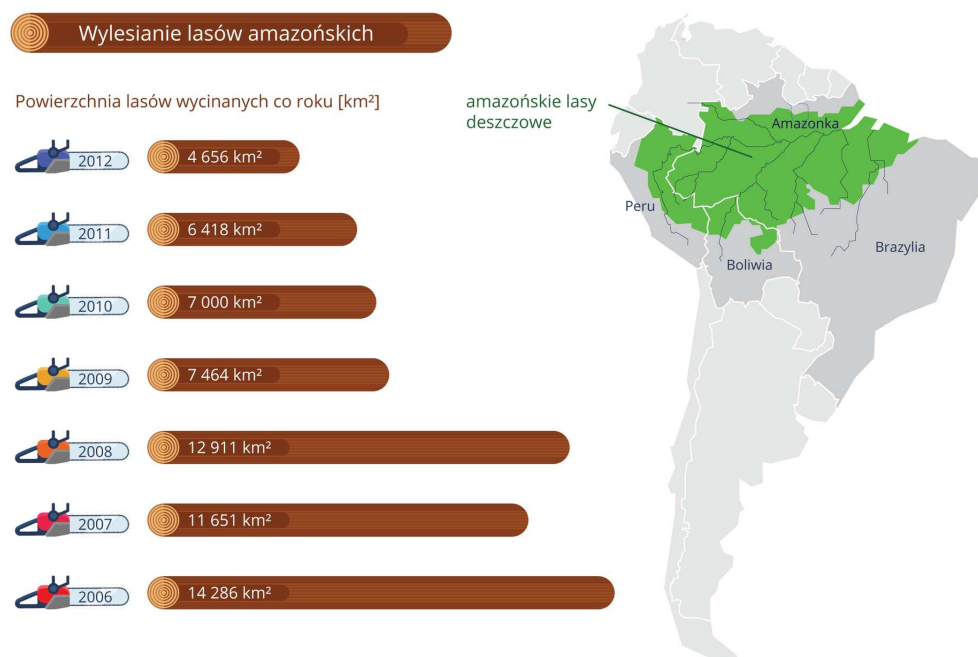
Korzystając z różnych źródeł informacji, odszukaj 2 przykłady substancji leczniczych pozyskanych z organizmów dziko żyjących, niewymienionych w tym rozdziale.

4. Ekonomiczne motywy ochrony przyrody

Zasoby przyrody, które zapewniają utrzymanie ludzkości, nie są ważne jedynie z powodów egzystencjalnych. Mają też wymierną wartość i przynoszą duże korzyści gospodarcze. Nie są też nieograniczone, odnawiają się w określonym czasie, co wymaga przemyślanego ich pozyskiwania. Ponieważ zaspokajają potrzeby lokalnych społeczności oraz przemysłu, z ich eksploatacji trudno zrezygnować.

Jednym z najważniejszych i najtrudniejszych do zastąpienia surowców naturalnych jest drewno, ważny materiał budulcowy i opałowy. Z wielu jego gatunków wyrabia się instrumenty muzyczne, ekskluzywne meble, biżuterię, dekoracje i ozdoby.

Popyt na tego typu dobra, a także rosnące zapotrzebowanie na drewno w ogóle, prowadzi do rabunkowej wycinki lasów, zwłaszcza w Ameryce Południowej i południowo-wschodniej Azji. W Amazonii, mimo znacznego ograniczania wycinki drzew, co roku ubywa ok. 5 tys. km² lasów, co odpowiada obszarowi stanowiącemu 6% powierzchni Polski.



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Zbiór ziół, grzybów, owoców runa leśnego czy wycinka pojedynczych drzew może mieć znaczenie ekonomiczne dla ludności wsi, stanowiąc ich stałe lub okresowe źródło utrzymania. Należy jednak pamiętać, żeby nie stały się one obiektem gospodarki rabunkowej. Racjonalne korzystanie z zasobów przyrody zawsze przynosi więcej pożytku niż ich nadmierna eksploatacja.



Źródło: B.navez (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka

W Polsce pierwsze działania mające na celu ochronę przyrody zostały podjęte z powodów ekonomicznych. W 1347 r. Kazimierz Wielki objął nią m.in. dęby i cisy, dostarczające cennego gospodarczo drewna, wprowadzając dodatkowo kary za ich wyrąb w cudzych lasach.

Ciekawostka

Jednymi z najcenniejszych grzybów występujących w przyrodzie są trufle. W krajach Unii Europejskiej kilogram tych cenionych w gastronomii grzybów osiąga cenę nawet 7-10 tysięcy euro.



Źródło: Rippitippi (<https://commons.wikimedia.org/>), public domain.

5. Etyczne motywy ochrony przyrody

Z punktu widzenia **etyki** stosunek do istot żywych oraz poszanowanie życia są miarą człowieczeństwa i moralności. Człowiek moralny zna wartość przyrody i szanuje ją. Wie, że posiada niewątpliwą przewagę nad innymi organizmami, ale nie upoważnia go ona do nieograniczonego czerpania z zasobów przyrody. Ma świadomość, że jego działania mogą doprowadzić do nieodwracalnych zmian w środowisku, dlatego postępuje tak, aby jak najmniej szkodzić otaczającej go przyrodzie. Pamięta także, że organizmy, będąc jej częścią, mają takie samo prawo do życia, jakie ma on, dlatego nie zrywa niepotrzebnie roślin, nie przewraca grzybów, nie zabija pozostałych organizmów ani nie niszczy siedlisk, w których one żyją.

Nieuzasadzonego zabijania istot żywych zabrania także większość **religii**. Nakazują one otaczanie ich szacunkiem i nieszkodzenie im w żaden sposób. W wielu wierzeniach

okazałe twory przyrody, jak gaje, stare dorodne drzewa, jaskinie, źródła i wodospady, były obejmowane ochroną i otaczane wyjątkowym kultem religijnym.

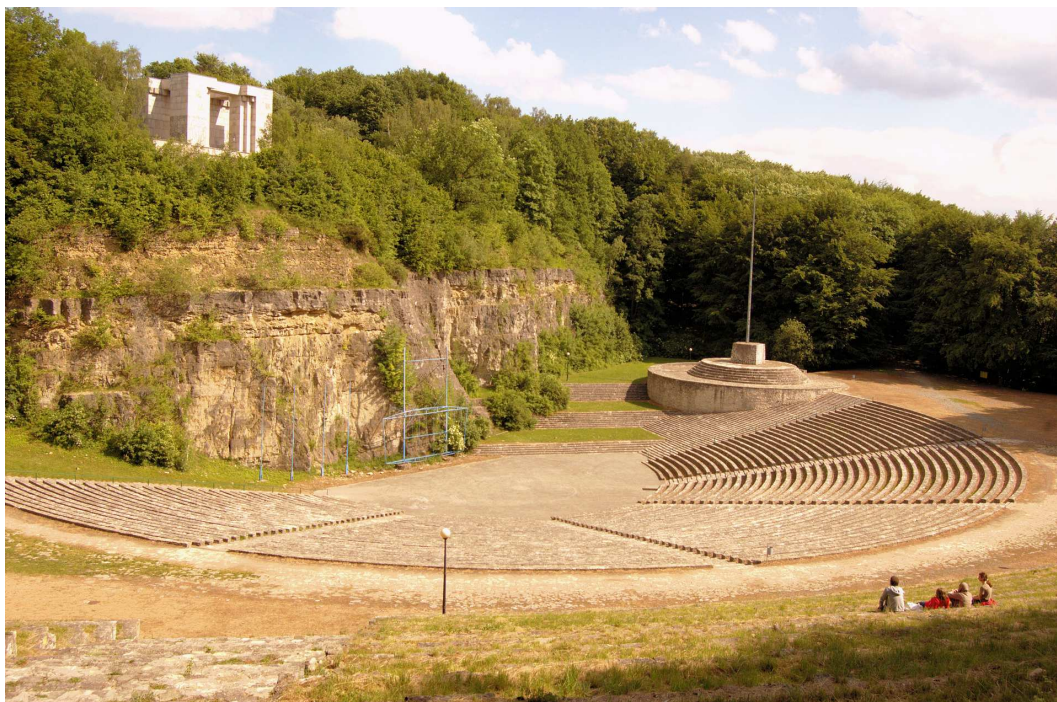
Kultem obejmowano także niektóre gatunki zwierząt określanych jako święte. W starożytnym Egipcie pod specjalną ochroną były na przykład krokodyle, koty, sokoły, szakale, które czczono jako ziemskie wcielenia bóstw. W hinduizmie krowy są otaczane wielkim szacunkiem jako matki-żywicielki ludzi. Religia ta szczególnie chroni małpy, osły, kobry oraz pawie. W islamie oprócz krów opieką objęte są słonie, pszczoły, mrówki i pająki. Niektóre otoczone czcią miejsca, jak np. święty Małpi Gaj na wyspie Bali, symbolizują harmonię we współżyciu ludzi z przyrodą.



Źródło: Damien Halleux Radermecker (<https://www.flickr.com/>), Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY-SA 2.0.

Wybrane miejsca uznaje się za **pamiętki kultury**, gdyż związane są z ważnymi wydarzeniami, postaciami historycznymi czy artystami. Należą do nich na przykład wodospad Wodogrzmoty Mickiewicza w Tatrach, któremu nadano nazwę na cześć narodowego wieszcza, Jaskinia Łokietka w Ojcowskim Parku Narodowym, która podobno była miejscem schronienia polskiego króla Władysława Łokietka i jego rycerzy, oraz mający ok. 760 lat dąb Chrobry, według legendy świadek spotkania króla Bolesława Chrobrego i cesarza Ottona III.

Ochroną obejmuje się także bogate przyrodniczo obszary, które mają znaczenie kulturowe, np. Park Krajobrazowy Góra Świętej Anny w województwie opolskim jest unikatowy nie tylko ze względu na swoje walory geologiczno-botaniczne, ale także stanowi największe na Opolszczyźnie miejsce kultu religijnego. Ma też znaczenie historyczne, ponieważ Góra Św. Anny była miejscem najbardziej zacieklej walk III powstania śląskiego o polskość Śląska Opolskiego.



Źródło: Kris Duda (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Patriotyzm nakazuje nam nie tylko pamiętać o naszej historii, troszczyć się o rodaków, pamiątki kultury, ale zobowiązuje nas także do poznania walorów przyrodniczych kraju i regionu. Warto także łączyć wysiłki z obywatelami innych narodów, aby zachować nienaruszoną przyrodę cennych przyrodniczo obszarów, których tylko część leży w granicach naszego państwa. Zalicza się do nich na przykład położona na terenie Polski i Białorusi Puszcza Białowieska stanowiąca dziedzictwo Europy i świata.

Polecenie 4

W ostatnich latach w wielu krajach, zwłaszcza zachodnioeuropejskich, coraz większą troską obejmuje się zwierzęta w hodowlach przemysłowych. Od 2014 r. w krajach UE hodowcy mają obowiązek zapewniać świniom zabawki, np. piłki, opony, gryzaki. Dowiedz się, jakie były motywy wprowadzenia tego przepisu i oceń jego zasadność.

Ciekawostka

Patronem ekologów i ekologii wybrany został w 1979 r. św. Franciszek z Asyżu, który okazywał szacunek dla otaczającej przyrody, zwłaszcza dla zwierząt, które określał mianem braci mniejszych.

6. Estetyczne motywy ochrony przyrody

Niektórzy ludzie chronią przyrodę, ponieważ cenią możliwość podziwiania jej piękna i przebywania w jej otoczeniu, wśród zieleni i śpiewu ptaków. Wiele osób i stowarzyszeń podejmuje działania lokalne polegające na zakładaniu klombów, sadzeniu drzew, upiększaniu swoich miejscowości roślinami, hoduje na przykład koty określonej rasy lub róże, które wystawiane są w konkursach piękności. Ze względów estetycznych chowa się także niektóre zwierzęta, np. wyróżniające się urodą egzotyczne ptaki czy ryby akwariowe. Ze względu na piękno kwiatów i roślin zakłada się ogrody ozdobne, upiększa roślinami tarasy i balkony, mieszkania oraz obiekty użyteczności publicznej.



Źródło: Official U.S. Navy Page (<http://flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Wielu ludzi uczestniczy w akcji Sprzątanie Świata, ponieważ nie chce, by otoczenie przyrodnicze szpeciły śmieci i odpadki. Są też tacy, którzy odczuwają potrzebę spędzania czasu wolnego na łonie natury. Piękno otaczającego świata podziwiają, spacerując po lesie. Do aktywnego wypoczynku wykorzystują także miejskie parki. Podczas wakacji wiele osób wyjeżdża w góry, aby podziwiać piękno przyrody nieożywionej, wypoczywa nad morzem lub obcuje z dziką przyrodą na obszarach, gdzie jest ona objęta ochroną: w parkach narodowych, rezerwatach przyrody, parkach krajobrazowych itp. W ostatnich latach w naszym kraju coraz bardziej rozbudowuje się sieci tras rowerowych lub ścieżek dydaktycznych, zwłaszcza w atrakcyjnych przyrodniczo obszarach, np. w otulinach parków krajobrazowych. Trasy piesze i rowerowe sprzyjają aktywnemu wypoczynkowi, umożliwiając dodatkowo zgłębianie walorów przyrodniczych.



Źródło: KrejZii (<https://commons.wikimedia.org/>), Dosp84 (<https://commons.wikimedia.org/>), Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY-SA 3.0.

Motywy estetyczne i ekonomiczne mogą się ze sobą łączyć. Wielu mieszkańców polskich gór i pojezierzy żyje ze świadczenia usług turystycznych, głównie z wynajmowania pokoi w okresie wakacji i ferii zimowych. Wynajęcie pokoju w pensjonacie lub hotelu położonym w pięknych okolicach, np. z widokiem na szczyty gór albo jezioro, jest zwykle bardziej kosztowne niż zakwaterowanie w innym, nie tak malowniczym miejscu.



Źródło: Maciej Stawicki (<https://www.flickr.com/>), licencja: CC BY 2.0.

Polecenie 5

Indianie, którzy żyli na terenie dzisiejszego Parku Yellowstone, otaczali szczególną czcią liczne gejzery, z których słynie ten obszar. Jakie mogły być motywy ich postępowania?

Ciekawostka

Pierwszym aktem prawnym, który otaczał ochroną organizmy ze względu na ich walory estetyczne, było wydane w 1353 r. w Zurychu Prawo o ochronie ptaków śpiewających. Piękny śpiew ptaków nie był jedynym powodem objęcia ich ochroną. Doceniono również rolę tych zwierząt w tępieniu szkodników lasów i upraw.

Podsumowanie

- Ochrona przyrody to ogół działań mających na celu zachowanie przyrody ożywionej i nieożywionej w stanie niezmienionym, zrównoważone gospodarowanie jej zasobami oraz zapewnienie możliwości ich odnawiania się.
- Wśród motywów ochrony przyrody wyróżnia się: egzystencjalne, ekonomiczne (gospodarcze), estetyczne, etyczne, naukowe.

Praca domowa

Polecenie 6.1

1. Każdy z motywów ochrony przyrody zilustruj 2 przykładami chronionych obiektów i uzasadnij ich wybór.

Polecenie 6.2

2. Pokrzywa, uważana przez wiele osób za uciążliwy chwast, była i nadal jest rośliną o niezwykłych zastosowaniach. Wymień sposoby jej wykorzystania.

Słowniczek

ochrona przyrody

ogół działań mających na celu zachowanie w niezmienionym lub optymalnym stanie przyrody ożywionej i nieożywionej, zrównoważone gospodarowanie jej zasobami i zapewnienie możliwości ich odnawiania się

Zadania

Ćwiczenie 1

Wśród wymienionych poniżej powodów ochrony przyrody wskaż te, które określa się mianem egzystencjalnych.

☐ chęć ochrony zwierząt z przekonania, że są one ziemskim wcieleniem bogów

☐ umożliwienie pozyskiwania roślin zielnych o właściwościach leczniczych do produkcji leków

☐ potrzeba zapewnienia dostaw dziczyzny stanowiącej źródło pożywienia

☐ potrzeba korzystania z pomocy ptaków owadożernych w ochronie upraw

☐ potrzeba zapewnienia przyszłym pokoleniom widoku wolnożyjących sokołów i nietoperzy

☐ chęć słuchania śpiewu ptaków w naturze

☐ chęć zachowania naturalnych ekosystemów w celu zrozumienia ich funkcjonowania

Źródło: K.Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Motywowom ochrony przyrody przyporządkuj właściwe im cechy.

motywy ekonomiczne

związane są z systemem wartości

motywy estetyczne

związane są z odbieraniem wrażeń towarzyszących obserwacji przyrody

służą zapewnieniu człowiekowi warunków do życia

motywy egzystencjalne

odnoszą się do materialnej wartości zasobów przyrody

nawiązują do piękna przyrody ożywionej i nieożywionej

motywy etyczne

odwołują się do sfery niematerialnej życia człowieka

Źródło: K.Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Wskaż zasoby, twory i składniki natury, które zgodnie z obowiązującą ustawą o ochronie przyrody są w Polsce chronione.

☐ wyjątkowo okazałe twory przyrody nieożywionej

☐ skamieniałości roślin i zwierząt

☐ rośliny uprawne

☐ dziko występujące rzadkie gatunki grzybów

☐ siedliska przyrodnicze zagrożonych wyginięciem, rzadkich i chronionych gatunków roślin, zwierząt i grzybów

☐ wyjątkowo okazałe twory przyrody nieożywionej

☐ rzadkie gatunki drzew owocowych

☐ zagrożone wyginięciem zwierzęta prowadzące wędrowny tryb życia

☐ dziko występujące rzadkie gatunki roślin i zwierząt

☐ zwierzęta hodowlane

Źródło: K.Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Oceń prawdziwość poniższych zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Przyrodę chroni się, aby zachować różnorodność biologiczną.	☐	☐
Rośliny dzikie, spokrewnione z uprawnymi, mogą być źródłem wielu ważnych genów, np. warunkujących odporność na choroby.	☐	☐
Grzyby są chronione wyłącznie z powodów egzystencjalnych.	☐	☐
Ptaki śpiewające chroni się jedynie z powodów estetycznych.	☐	☐
Grzyby nie dostarczają żadnych substancji leczniczych.	☐	☐

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Formy ochrony przyrody w Polsce

Ze względu na wielką różnorodność cennych przyrodniczo obszarów i obiektów, stopień ich zagrożenia, położenie i powierzchnię ustanawia się różne formy ochrony przyrody. Mimo że przekroczenie przepisów prawnych w odniesieniu do form ochrony przyrody obłożone jest różnymi karami, skuteczna ochrona zależy przede wszystkim od wrażliwości i świadomości ekologicznej każdego z nas.



Źródło: Panek (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.

Już wiesz

- postępowanie człowieka ma duży wpływ na zmniejszenie różnorodności biologicznej;
- zasoby przyrody nie są nieograniczone;
- państwo, instytucje, osoby prywatne podejmują wiele działań w celu ochrony przyrody.

Nauczysz się

- podawać i opisywać przykłady form ochrony przyrody występujących w Polsce;
- porównywać cele i zakres różnych form ochrony;
- wyjaśniać sens ochrony częściowej i ścisłej ekosystemów.

1. Prawne formy ochrony przyrody

Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. wyróżnia następujące formy ochrony przyrody obowiązujące na terenie naszego kraju:

- ochronę gatunkową roślin, zwierząt i grzybów,
- park narodowy,
- rezerwat przyrody,
- park krajobrazowy,
- obszar Natura 2000,
- obszar chronionego krajobrazu,
- pomnik przyrody,
- stanowisko dokumentacyjne,
- użytek ekologiczny,
- zespół przyrodniczo-krajobrazowy.

Liczba i powierzchnia poszczególnych form ochrony przyrody w Polsce

Formy ochrony przyrody	Liczba	Łączna powierzchnia w tysiącach ha
park narodowy	23	315
rezerwat przyrody	1481	164
park krajobrazowy	121	2608
obszary Natura 2000	990	9363
obszar chronionego krajobrazu	386	7078
pomnik przyrody	36318	–
stanowisko dokumentacyjne	157	1
użytek ekologiczny	6952	52
zespół przyrodniczo-krajobrazowy	324	95

Polecenie 1

Korzystając z dostępnych źródeł informacji, opracuj listę obszarów i obiektów objętych różnymi formami ochrony przyrody, znajdujących się w gminie, w której mieszkasz lub w której uczęszczasz do szkoły.

Ciekawostka

Różnymi formami ochrony przyrody objętych jest ok. 33% powierzchni Polski. W tym: 32,5% to formy ochrony obszarowej, a ok. 0,5% – formy obiektowe.

2. Parki narodowe

Park narodowy jest to obszar chroniony o bardzo cennych walorach przyrodniczych, którego powierzchnia przekracza 1 tysiąc ha. Parki narodowe tworzy się głównie w celu zachowania różnorodności biologicznej. Na ich terenie występują rzadkie i zagrożone wyginięciem gatunki roślin, zwierząt i grzybów, a także wyjątkowe twory przyrody nieożywionej. Strefy te są również chronione ze względu na swoje szczególne walory krajobrazowe, naukowe, społeczne, kulturowe i edukacyjne. Prowadzi się w nich badania naukowe umożliwiające poznawanie funkcjonowania ekosystemów stosunkowo mało zmienionych przez człowieka.

Park narodowy ma własne służby, które są odpowiedzialne za wykonywanie zadań ochronnych oraz zapobieganie niszczeniu siedlisk i organizmów. Strażnicy parku prowadzą działalność edukacyjną. Prezentując turystom bogactwo i piękno otaczającej przyrody, uczą ich szacunku dla niej. W wielu parkach narodowych istnieją specjalne ośrodki i muzea służące edukacji przyrodniczej, uwzględniające często także walory historyczne i kulturowe danego obszaru.



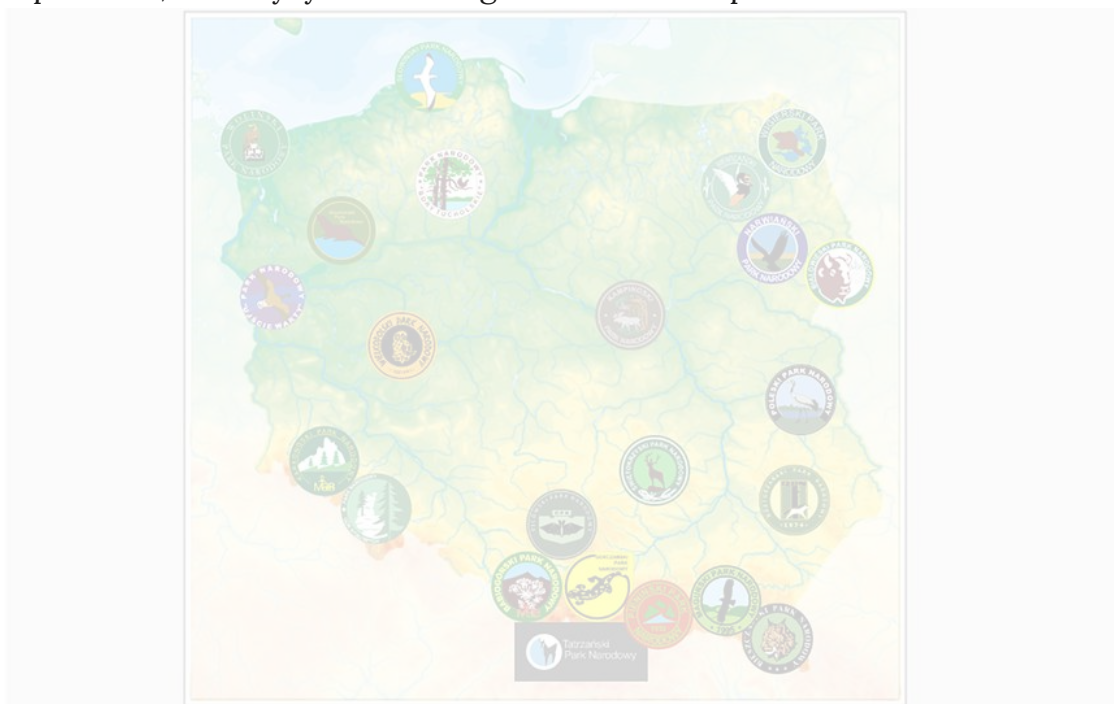
Źródło: Azymut (Rafał M. Socha) (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.

Teren parku narodowego i wszystkie występujące w nim elementy przyrody ożywionej i nieożywionej podlegają ochronie. Wyznaczone są tam obszary ochrony ścisłej, częściowej i krajobrazowej. Działalność człowieka na terytorium parku narodowego może mieć na celu jedynie ochronę przyrody.

Wokół parku wyznacza się jego **otulinę**. Jest to obszar niebędący formą ochrony przyrody. Jego zadaniem jest zabezpieczenie przyrody parku przed negatywnym wpływem czynników zewnętrznych docierających z obszarów przyległych, tzn. dużych miast, fabryk oraz dróg. W celu ochrony walorów parku narodowego działalność gospodarcza w otulinie

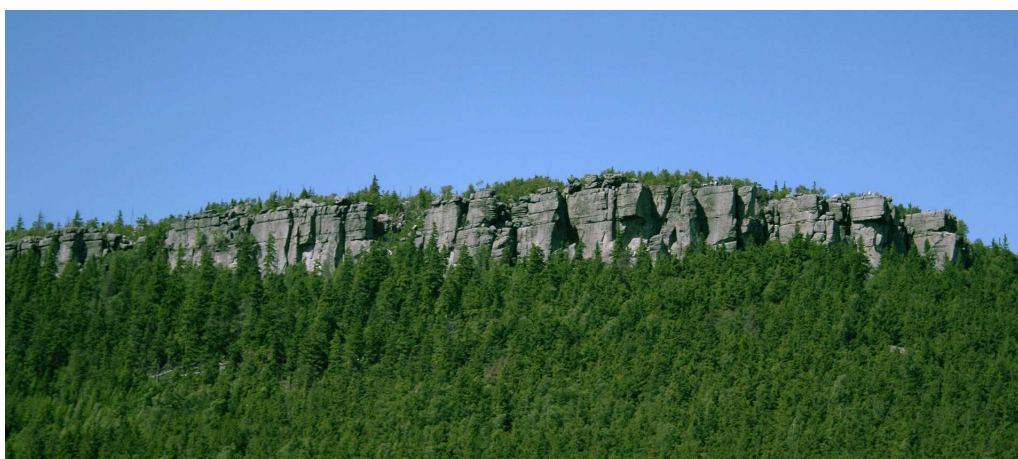
ograniczona jest do prac, które nie szkodzą otaczającej przyrodzie. Obowiązuje w niej na przykład zakaz polowania na zwierzęta łowne, ograniczenie możliwości wznoszenia budowli.

W Polsce utworzono 23 parki narodowe. Ostatni z nich (Ujście Warty) został powołany w 2001 r. Dwa z nich leżą w pasie pobrzeży, 5 w pasie pojezierzy, kolejne 5 w pasie Nizin Środkowopolskich, 3 na wyżynach i 8 w górach – 6 w Karpatach i 2 w Sudetach.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DPjHm6d1y>

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Pleple2000 (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.



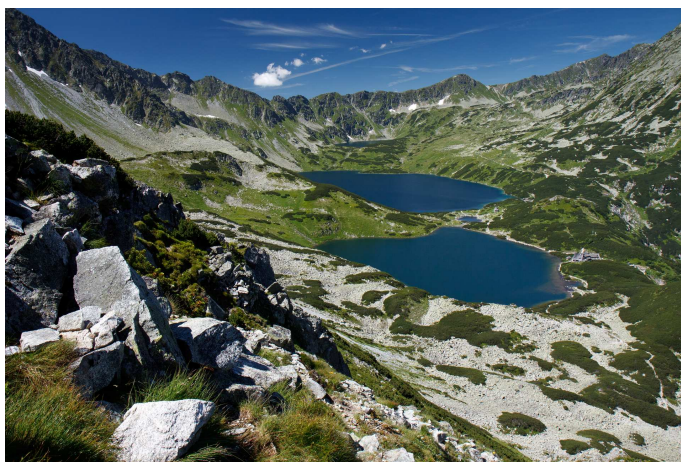
Źródło: Krzysztof Belczyński (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.



Źródło: Daiga Brakmane (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.



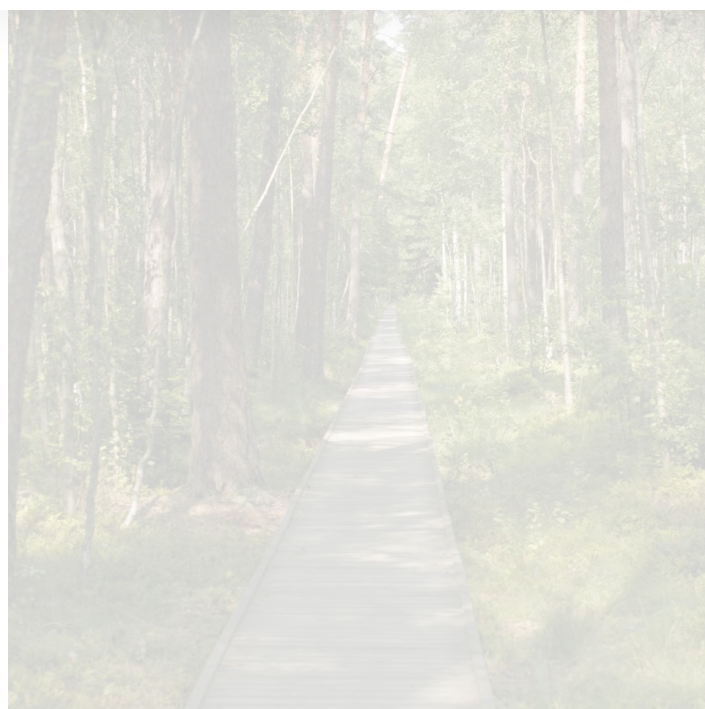
Źródło: Indrik myneur (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Andrzej Otrębski (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.



Źródło: Przykuta (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DPjHm6d1y>

Biebrzański Park Narodowy



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DPjHm6d1y>

Źródło: PANORAMIX, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 2

Wybierz dowolny park narodowy, wyszukaj w jego opisie 5 walorów, które skłoniłyby cię do odwiedzenia tego miejsca. Uzasadnij, dlaczego mają one dla ciebie takie znaczenie.

Polecenie 3

Zapoznaj się z regulaminem zwiedzania Białowieskiego Parku Narodowego (patrz bibliografia). Wynotuj zasady, o których trzeba pamiętać, planując zwiedzanie tego miejsca. Na stronie parku znajdziesz takie zdanie: **Przyrodę i obiekty Białowieskiego Parku Narodowego, stanowiące nasze wspólne dziedzictwo, polecamy opiece Zwiedzających.** Wyjaśnij, jakich zachowań od każdego zwiedzającego oczekują zarządzający parkiem.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DPjHm6d1y>

Białowieski Park Narodowy

Ciekawostka

Na świecie istnieje ponad 7 tysięcy parków narodowych. Zajmują one łączną powierzchnię ponad 1 mln km². Najstarszym parkiem narodowym na świecie jest położony w USA Park Narodowy Yellowstone.



Źródło: Gamekeeper (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.

3. Rezerваты przyrody

Rezerваты przyrody to formy ochrony przyrody zajmujące obszary mniejsze niż parki narodowe. Tworzone są w celu ochrony niezmienionych (pierwotnych, naturalnych) lub nieznacznie zmienionych ekosystemów lub ich fragmentów. W rezerwacie, podobnie jak w parku narodowym, ochronie podlegać może cała przyroda lub jedynie wybrany jej składnik, np. stanowisko rzadkiego gatunku rośliny, zwierzęcia, grzyba, wyjątkowy twór przyrody nieożywionej, np. jaskinia lub forma skalna o wyszukany kształcie. Wpływ na decyzję o ustanowieniu danego obszaru rezerwatem przyrody mają też jego wysokie walory krajobrazowe, a także znaczenie historyczne lub kulturowe miejsca.

Dla rezerwatów przygotowuje się plany ochrony, w których określa się rodzaj ochrony (całości lub części) i wyszczególnia wszystkie zadania, które powinny być realizowane, aby zachować wartości przyrodnicze w optymalnym stanie. W odróżnieniu od parków narodowych rezerваты nie mają własnych służb ochrony przyrody.

Rezerваты występujące w Polsce można podzielić na 9 kategorii:

- **leśne**, które chronią wybrane ekosystemy leśne i całą ich przyrodę;
- **florystyczne**, których zadaniem jest ochrona gatunków i stanowisk rzadkich roślin,



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DPjHm6d1y>

Rezerwat przyrody Kołacznia

- **faunistyczne**, mające na celu zachowanie bioróżnorodności wybranych gatunków zwierząt;



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DPjHm6d1y>

Źródło: PANORAMIX, licencja: CC BY 3.0.

- **torfowiskowe**, w których ochronie podlega cała przyroda ekosystemu torfowisk;



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DPjHm6d1y>

Rezerwat przyrody Torfowisko Rąbień

- **krajobrazowe**, eksponujące walory krajobrazowe wybranych obszarów;
- **przyrody nieożywionej**, otaczające ochroną niezwykle formy przyrody nieożywionej;



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DPjHm6d1y>

Rezerwat przyrody Jaskinia Raj

- **wodne**, służące ochronie ekosystemów wodnych, tzn. rzek, jezior, będących siedliskiem rzadkich organizmów,

- **stepowe**, które powstają dla zachowania różnorodności biologicznej ciepłolubnej i sucholubnej roślinności stepowej;



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DPjHm6d1y>

Rezerwat przyrody Góra Uszeście

- **słonoroślowe**, obejmujące ochroną zbiorowiska roślinności słonolubnej, rosnącej na silnie zasolonym podłożu.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DPjHm6d1y>

Rezerwat przyrody Owczary

Wśród rezerwatów wyróżnia się rezerваты ściśle, realizujące cele naukowe i dydaktyczne, udostępniane do zwiedzania za specjalnym zezwoleniem, oraz częściowe, gdzie można przebywać pod warunkiem przestrzegania obowiązującego w nich regulaminu.



Źródło: Chrumps (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Severus (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Przemysław Kapałka (Tomorrow Sp. z o.o.), licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Katarzyna Matylla (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.



Źródło: 1bumer (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.



Źródło: Jarosław Kruk (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 4

Korzystając z różnych źródeł informacji przygotuj poster, na którym przedstawisz walory przyrodnicze rezerwatu przyrody zlokalizowanego najbliżej twojego miejsca zamieszkania.

4. Parki krajobrazowe i obszary chronionego krajobrazu

Parki krajobrazowe to formy ochrony przyrody o dużej powierzchni, gdzie przepisy dotyczące ingerencji w przyrodę są mniej rygorystyczne niż w parkach narodowych i rezerwach. Zadaniem parków krajobrazowych jest zachowanie środowiska przyrodniczego i odzyskiwanie jego utraconych walorów, stworzenie warunków przetrwania gatunków oraz prowadzenie obserwacji i popularyzowanie wiedzy przyrodniczej.

Parki krajobrazowe, podobnie jak parki narodowe, mają specjalne służby, które dbają o przyrodę na ich terenie oraz zajmują się organizowaniem działalności edukacyjnej i turystyczno-rekreacyjnej. Służą także do uprawiania turystyki oraz rekreacji krajoznawczej i przyrodniczej, wypoczynku oraz edukacji środowiskowej. Przyczyniają się do promocji regionów, w których występują.

Wokół parku krajobrazowego, podobnie jak w przypadku parku narodowego, wyznacza się **otulinę**. Na jej terenie wprowadza się różnorodne zakazy mające na celu ochronę wartości danego parku. Należą do nich na przykład zakaz likwidowania zadrzewień śródpolnych, wykonywania prac zmieniających rzeźbę terenu, lokowania inwestycji mogących mieć negatywny wpływ na środowisko naturalne. Dla parków krajobrazowych także tworzy się plany ochrony.

Na terenie parków krajobrazowych dopuszcza się prowadzenie działalności gospodarczej z pewnymi ograniczeniami. Dozwolone są m.in. aktywność rolnicza i leśna pod warunkiem, że nie stoją w sprzeczności z planem ochrony parku, oraz budowa obiektów niezagrożających przyrodzie.

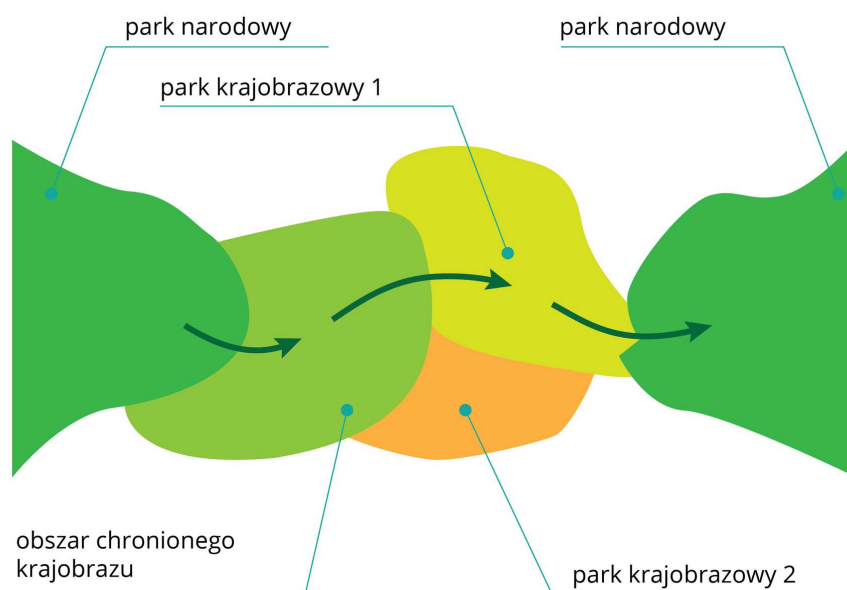
Największy park krajobrazowy w Polsce, obejmujący Dolinę Baryczy, jest położony w województwach dolnośląskim i wielkopolskim. Znajduje się w nim jeden z największych w Europie kompleksów stawów rybnych, stanowiących ostoję ptaków. Występuje tutaj ok. 300 ich gatunków, z czego 170 zakłada gniazda.



Źródło: Seabamirum (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Obszary chronionego krajobrazu to formy ochrony przyrody o niższej randze niż parki krajobrazowe, pełniące jednak podobne zadania. Na ich terenie obowiązują również podobne zakazy. Tworzy się je często w taki sposób, by łączyły ze sobą położone w pobliżu parki narodowe lub krajobrazowe. W ten sposób powstają dodatkowe otuliny, które mogą pełnić funkcję **korytarzy ekologicznych**. Korytarze umożliwiają przemieszczanie się zwierząt, dają im pokarm i schronienie podczas wędrówki pomiędzy obszarami zagospodarowanymi na potrzeby ludzi. Pozwalają też na swobodne rozsiewanie się nasion. Taką rolę odgrywa na przykład obszar chronionego krajobrazu Beskidu Niskiego, który stanowi otulinę Magurskiego Parku Narodowego i Jaślickiego Parku Krajobrazowego. W jego obrębie leży 8 rezerwatów przyrody i kilkanaście obszarów Natura 2000.

Obszary chronionego krajobrazu nie mają swoich służb ani nie tworzy się dla nich planów ochrony.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 5

Korzystając z różnych źródeł, zbierz informacje na temat najbliższego parku krajobrazowego lub obszaru chronionego krajobrazu. Przygotuj ulotkę zachęcającą do odwiedzenia go.

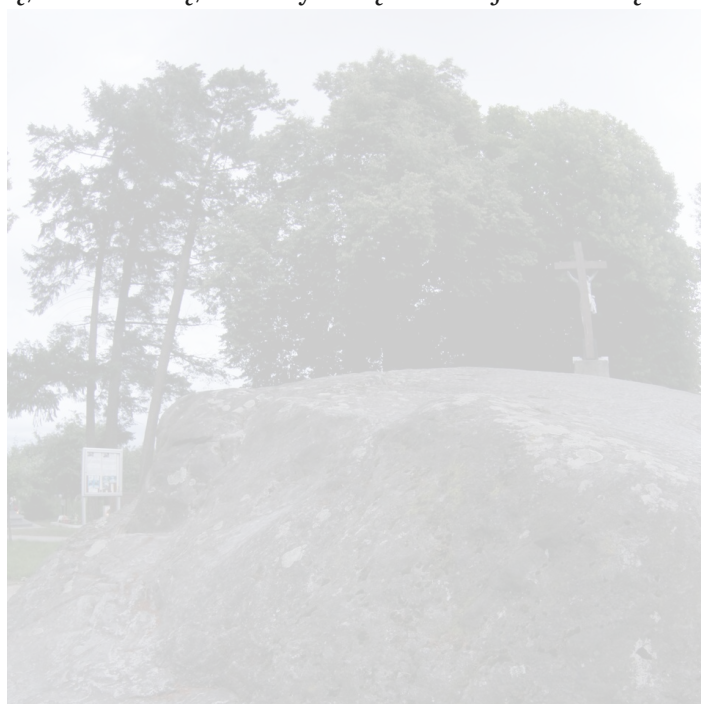
Ciekawostka

Niektóre parki krajobrazowe w Polsce obejmują obszary o tak wielkiej wartości przyrodniczej, że powinny być przekształcone w parki narodowe. Należy do nich na przykład Park Krajobrazowy Doliny Dolnej Odry. Położony jest w województwie zachodniopomorskim, chroni obszar torfowisk i mokradeł poprzecinanych siecią starorzeczy. Obejmuje olsy, łęgi wierzbowe, rozległe zarośla łozowe i wiklinowe, turzycowiska, mannowiska i trzcinowiska. Takie krajobrazy dawno zniknęły z obszaru Europy w wyniku regulacji rzek, osuszania terenów przeznaczonych pod użytki rolnicze i przemysł.

5. Obiektowe formy ochrony przyrody

Pomniki przyrody są najczęściej spotykaną obiektową formą ochrony przyrody. Najczęściej uznaje się za nie pojedyncze twory przyrody ożywionej lub nieożywionej, rzadziej ich skupiska, które zwykle charakteryzują się szczególnymi cechami, np.: ogromnymi

rozmiarami, sędziwym wiekiem, wyjątkowym kształtem, a także mają dużą wartość przyrodniczą, naukową, kulturową, historyczną lub krajobrazową.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DPjHm6d1y>

Źródło: PANORAMIX, licencja: CC BY 3.0.

Pomnikami przyrody **ożywionej** mogą być pojedyncze drzewa lub krzewy zarówno gatunków rodzimych, jak i obcych, grupy tych roślin, rosnące razem w lesie lub tworzące aleje w parkach. Pomnikami przyrody **niożywionej** są najczęściej pojedyncze skałki, głazy narzutowe przywleczone przez lodowiec, jaskinie, gołoborza, wąwozy, wywierzyska, pozostałości wulkanów, źródła, wodospady, przełomy rzeczne oraz ślady po upadku meteorytów.

W Polsce większość pomników przyrody stanowią pojedyncze drzewa. Pośród pozostałych 6 tysięcy pomników przyrody stosunkowo często spotyka się grupy i aleje drzew, głazy, skałki, jaskinie i groty.



Źródło: Rzuwig (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Stanowiskami dokumentacyjnymi są ważne pod względem naukowym i dydaktycznym obiekty przyrody nieożywionej, np. miejsca występowania formacji geologicznych, nagromadzenia minerałów oraz skamieniałości, zarówno tych wyodrębniających się ponad powierzchnię, jak i podziemnych; a także jaskinie, fragmenty nieczynnych lub eksploatowanych wyrobisk w kamieniołomach lub kopalniach (rzadziej całe wyrobiska).

Użytki ekologiczne to niewielkie pozostałości ekosystemów, jak śródleśne oczka wodne, kępy drzew i krzewów, zadrzewienia śródpolne, torfowiska, bagna, wydmy, a także wychodnie skał, skarpy, które często są siedliskami rzadkich gatunków roślin, zwierząt i grzybów. Obiekty te mają duże znaczenie dla zachowania różnorodności biologicznej, np. w zadrzewieniach śródpolnych schronienie znajdują zwierzęta, a rosnące tam rośliny są osłonięte od bezpośredniego działania środków chemicznych stosowanych w rolnictwie, co zwiększa ich szanse na przetrwanie.



Źródło: Panek (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.

Zespoły przyrodniczo-krajobrazowe to nieduże obszary tworzone w celu ochrony fragmentów krajobrazu naturalnego lub kulturowego dla zachowania ich wartości widokowych i estetycznych. Mogą obejmować krajobraz naturalny lub kulturowy. Tą formą ochrony obejmuje się m.in. fragmenty dolin rzecznych, starorzecza, stawy, zabytkowe parki pałacowe i dworskie, a także miejsca występowania starodrzewów, malowniczych skał, utworów polodowcowych, wydmy.

Polecenie 6

Wytypuj w swojej okolicy obiekty, które mogłyby być objęte indywidualną ochroną. Dowiedz się w gminie, jakie działania należy podjąć, aby ustanowić dany obiekt jedną z form ochrony przyrody.

Ciekawostka

Termin pomnik przyrody wprowadził w 1816 r. niemiecki badacz, inicjator ochrony przyrody, Aleksander von Humboldt. Użył go po raz pierwszy w odniesieniu do ogromnych drzew, które widział w Ameryce Południowej.

Podsumowanie

- Obszarowe formy ochrony przyrody to parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, obszary Natura 2000.

- Indywidualne (obiektywne) formy ochrony przyrody to pomniki przyrody, stanowiska dokumentacyjne, użytki ekologiczne i zespoły przyrodniczo-krajobrazowe.
- Najwyższą formą ochrony przyrody w Polsce są parki narodowe.
- W Polsce ustanowiono 23 parki narodowe; najstarszym jest Pieniński Park Narodowy, najmłodszym – Park Narodowy Ujście Warty, największym – Biebrzański Park Narodowy, a najmniejszym – Ojcowski Park Narodowy.

Praca domowa

Polecenie 7.1

1. Wymień różnice między parkiem narodowym a rezerwatem przyrody, parkiem krajobrazowym a obszarem chronionego krajobrazu.

Polecenie 7.2

2. Wyjaśnij, dlaczego w niektórych parkach narodowych i rezerwach przyrody wprowadza się limity zwiedzających.

Słowniczek

otulina

obszar ochronny wydzielony wokół obszarowej formy ochrony przyrody, zwykle parku narodowego lub parku krajobrazowego, zabezpieczający ją przed negatywnymi czynnikami zewnętrznymi wynikającymi z działalności człowieka

korytarz ekologiczny

obszar (np. pas lasu, zadarniony pas wzdłuż drogi lub rzeki) łączący ze sobą większe kompleksy dzikiej roślinności, tworzący sieć stanowiącą schronienie dla zwierząt i pozwalającą im na swobodne migracje, umożliwiającą rozsiewanie się nasion roślin, a tym samym zapewniającą swobodny przepływ genów między populacjami

Zadania

Ćwiczenie 1

Połącz w pary nazwy parków narodowych i opisy ich walorów przyrodniczych.

największy i najbardziej pierwotny
kompleks torfowisk w Europie

Woliński Park Narodowy

ostatni na Niżu Europy las
o charakterze pierwotnym

Białowieski Park Narodowy

dziko występujący konik polski –
potomek wymarłych tarpanów

Roztoczański Park Narodowy

unikalny w skali Europy obszar
z ruchomymi wydhami

Biebrzański Park Narodowy

strome nadmorskie klify

Słowiński Park Narodowy

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Ustal rodzaj rezerwatu, kierując się jego nazwą. Wpisz w luki nazwy rodzajów rezerwatów przyrody.

Jaskinia Niedźwiedzia - rezerwat

Cisy - rezerwat

Czapli Stóg - rezerwat

Torfowisko Borówka - rezerwat

Rzeka Drwęca - rezerwat

Żółwie Błota - rezerwat

Przełom Mieni - rezerwat

Ciechocinek - rezerwat

Morenowy Las - rezerwat

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Oceń prawdziwość poniższych zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Minimalna powierzchnia parku narodowego to 1 tys. ha.	☐	☐
Rezerваты przyrody są tworzone w celu ochrony rzadkich gatunków roślin i zwierząt.	☐	☐
Ochrona bierna wyklucza jakąkolwiek ingerencję człowieka w ekosystem.	☐	☐
Obszar chronionego krajobrazu i zespół przyrodniczo-krajobrazowy to obiektowe formy ochrony przyrody.	☐	☐
Stanowiska dokumentacyjne chronią ważne pod względem naukowym i dydaktycznym obiekty przyrody ożywionej.	☐	☐
Większość pomników przyrody to drzewa.	☐	☐
Wokół parków narodowych i krajobrazowych wyznacza się otuliny.	☐	☐
Użytki ekologiczne to pozostałości ekosystemów o dużej powierzchni.	☐	☐
Obszar chronionego krajobrazu jest formą ochrony przyrody o niższej randze ochrony niż park krajobrazowy.	☐	☐

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Które z obiektowych form ochrony przyrody są w Polsce najliczniejsze?

☐ użytki ekologiczne

☐ stanowiska dokumentacyjne

☐ zespoły przyrodniczo-krajobrazowe

☐ pomniki przyrody

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Ułóż nazwy form ochrony przyrody zgodnie z rosnącą rangą ochrony.

park narodowy



obszar chronionego krajobrazu



park krajobrazowy



pomnik przyrody



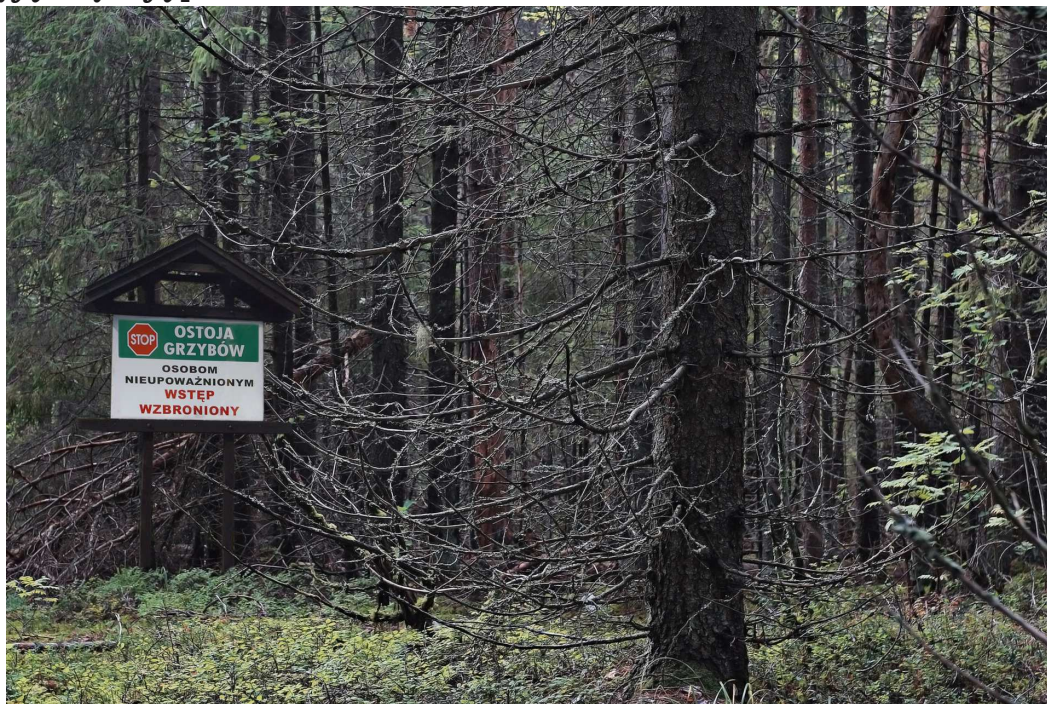
rezerwat przyrody



Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów

Każdego roku na świecie wymiera ok. 10 tysięcy gatunków. Aby uchronić przed zagładą kolejne, należy otoczyć ochroną nie tylko zagrożone populacje, ale także stanowiska, na których żyją i wydają potomstwo.



W ostojach grzybów chronione są wyłącznie rzadkie gatunki porostów (zaliczanych do królestwa grzybów)

Już wiesz

- działalność człowieka zagraża różnorodności biologicznej;
- niektóre gatunki są zagrożone całkowitym wyginięciem;
- ochrona gatunkowa jest jedną z form ochrony przyrody obowiązujących w Polsce.

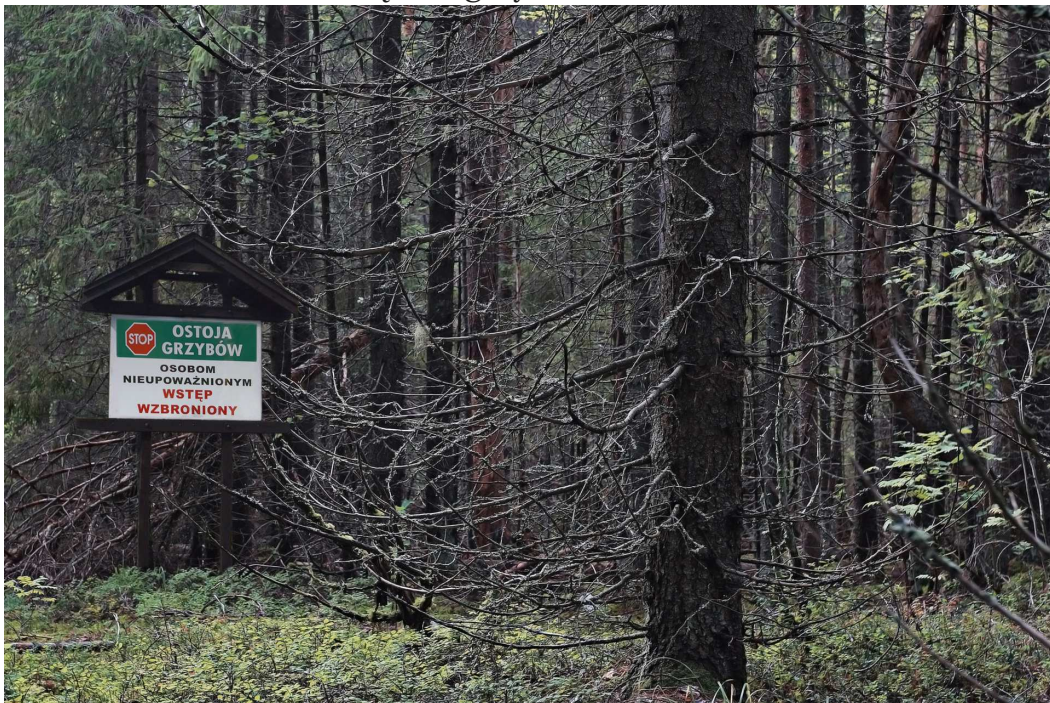
Nauczysz się

- wyjaśniać, na czym polega ochrona gatunkowa;
- porównywać ochronę ścisłą i częściową gatunków oraz podawać przykłady roślin, zwierząt i grzybów objętych taką ochroną;
- wyjaśniać, kiedy wyznacza się strefy ochrony oraz wymieniać gatunki objęte taką ochroną;
- porównywać ochronę czynną i bierną oraz opisywać sytuacje, w jakich są stosowane;
- wyjaśniać pojęcia restytucji i reintrodukcji oraz podawać przykłady roślin i zwierząt reintrodukowanych na terenie naszego kraju.

1. Ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów

Ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów to jedna z obowiązujących w Polsce form ochrony przyrody. Jej celem jest zachowanie rzadkich i zagrożonych wyginięciem gatunków roślin, zwierząt i grzybów występujących dziko na terenie naszego kraju, a także ich siedlisk i ostoi. Kompleksowa ochrona rzadkich gatunków polegająca na zapewnieniu im odpowiednich warunków życia jest skuteczna, ponieważ dąży do utrzymania stabilności ekosystemu. Ochrona gatunkowa zapewnia zatem zabezpieczenie różnorodności biologicznej na wszystkich jej poziomach: genetycznym (im większa populacja, tym większa pula genów), gatunkowym (dbałość o przeżycie jak największej liczby osobników), ekosystemowym (utrzymanie ekosystemów w stanie optymalnym dla chronionych populacji).

W celu ochrony **siedlisk** i **ostoi** roślin lub grzybów gatunków chronionych oraz miejsc regularnego przebywania i rozrodu zwierząt objętych ochroną gatunkową mogą być wyznaczane specjalne **strefy ochrony**, obejmujące na przykład miejsca gniazdowania rzadkich ptaków, przebywania unikatowych gatunków ssaków i gadów, występowania bardzo rzadkich paprotników, storczyków czy porostów. Strefy takie funkcjonują na zasadach rezerwatów przyrody, tzn. są objęte ochroną ścisłą, a wykonywanie na ich obszarze jakiegokolwiek działania przez człowieka jest zabronione przez cały rok lub w wyznaczonym okresie. Po uzyskaniu zgody Regionalnego Dyrektora Środowiska można w strefach ochrony podjąć jedynie działania mające na celu utrzymanie chronionego gatunku. Granice stref oznacza się specjalnymi tablicami informującymi o występowaniu na danym obszarze ostoi roślin, zwierząt lub grzybów.



W ostojach grzybów chronione są wyłącznie rzadkie gatunki porostów (zaliczanych do królestwa grzybów)



Źródło: Hans Hillewaert (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Bernd Haynold (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Dudva (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: FelixReimann (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Silar (<http://commons.wikimedia.org/>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Rocky (<http://commons.wikimedia.org/>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: David Palmer (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 2.0.

Polecenie 1

Korzystając z dostępnych źródeł ustal, czy w twojej okolicy znajdują się strefy ochronne. Opisz 3 wybrane organizmy chronione w ten sposób i wyjaśnij przyczyny zastosowania w ich przypadku tej formy ochrony.

Ciekawostka

Niektóre gatunki roślin, zwierząt i grzybów podlegające ochronie na mocy przepisów prawa polskiego uzyskują status **gatunków o znaczeniu priorytetowym** ([gatunków priorytetowych](#)). Wszystkie państwa członkowskie Unii Europejskiej obejmują te gatunki szczególną opieką i ponoszą odpowiedzialność za zachowanie ich różnorodności. Dla ich ochrony stworzono europejską sieć obszarów Natura 2000.



Źródło: Johan N (<https://commons.wikimedia.org>), public domain.



Źródło: Tim Sackton (<http://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.



Źródło: kuribo (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.



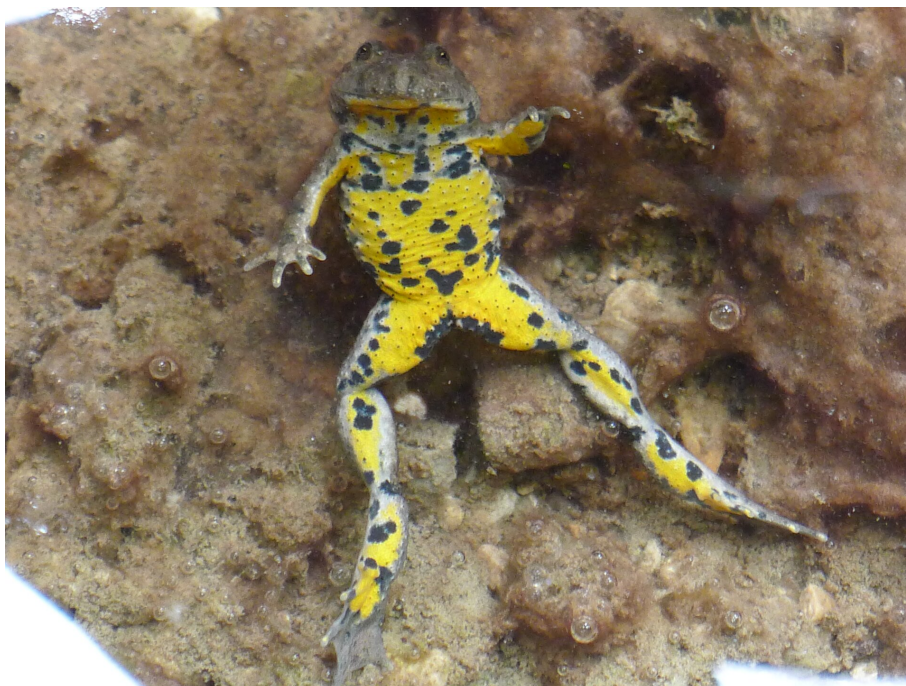
Źródło: Marcin Białek (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 4.0.



Źródło: Lake Clark National Park & Preserve (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Lilly M (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Aah-Yeah (<https://www.flickr.com/>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Siga (<https://commons.wikimedia.org/>), licencja: CC BY-SA 3.0.

2. Ochrona ścisła i częściowa gatunków

Gatunki mogą być objęte ochroną ścisłą (całkowitą) lub częściową. **Ochrona ścisła** to całoroczna opieka nad osobnikami i ich stadiami rozwojowymi. **Ochrona częściowa** to forma ochrony dopuszczająca okresową możliwość pozyskania z natury osobników

chronionych gatunków do celów leczniczych, konsumpcyjnych i gospodarczych. Pozwala ona na przykład na odławianie raków rzecznych, zbieranie ślimaków winniczków, ręczne zbieranie grzybów i takich ziół, jak konwalia majowa czy kocanki piaszkowe. Dopuszcza także regulację liczebności zwierząt, które powodują szkody w gospodarce, np. odstrzał czapli i kormorana czarnego na terenie stawów hodowlanych.

Gatunków roślin i grzybów objętych ochroną ścisłą nie wolno umyślnie zrywać i uszkadzać, a także niszczyć ich siedlisk. Nie można również pozyskiwać ich ze środowiska naturalnego, handlować nimi ani wywozić poza granice naszego kraju. Ponadto zabronione jest zamierzone przenoszenie ich poza stanowisko regularnego występowania.



Źródło: Przykuta (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Markus Koljonen (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Christian Fischer (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Irene Andersson (irenea) (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 2

Niektóre gatunki, choć rzadkie w skali kraju, na wielu stanowiskach występują bardzo licznie. Tak jest na przykład w przypadku zawilców i konwalii tworzących czasem wielkie łany. Zastanów się, czy w takich miejscach można wykopywać pojedyncze rośliny, by przenieść je i rozmnożyć w środowisku stworzonym specjalnie dla nich we własnym ogrodzie.

Polecenie 3

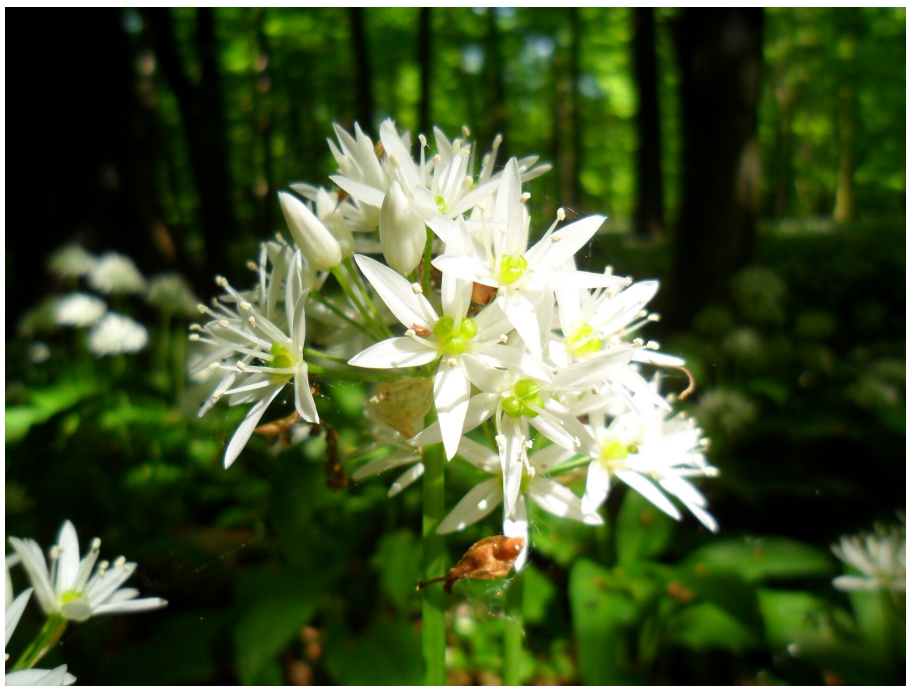
Zastanów się, w jaki sposób można przekonać zbieraczy grzybów, by nie niszczyli owocników grzybów chronionych, np. purchawicy olbrzymiej.



Źródło: Peter O'Connor aka anemoneprojectors (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 2.0.



Źródło: Krzysztof Belczyński (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: AnnaKika (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

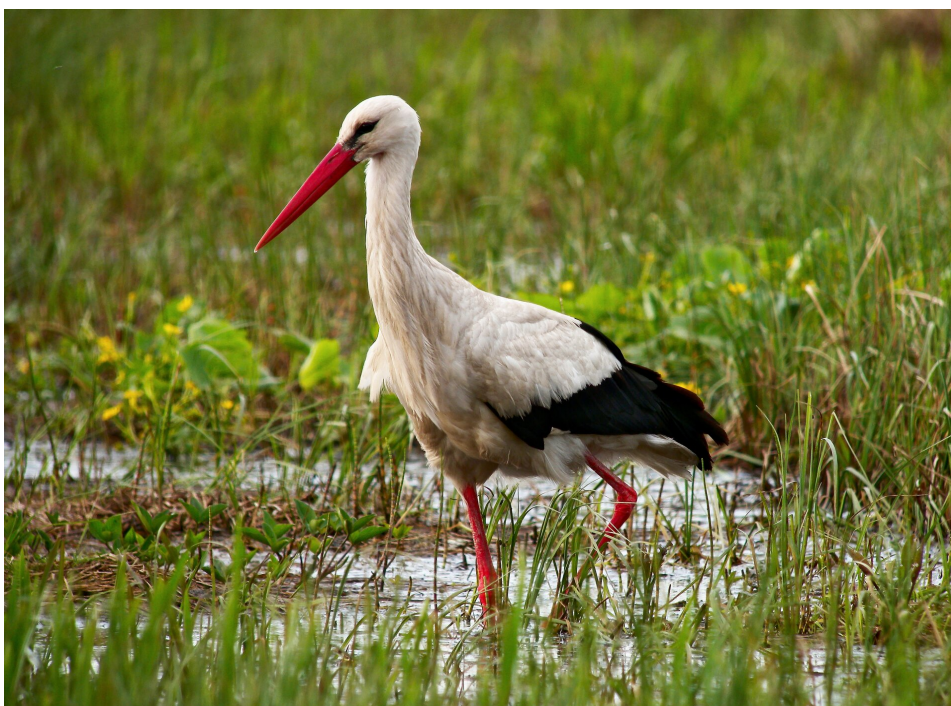
Zwierząt należących do gatunków ściśle chronionych nie wolno pod żadnym pozorem chwytać i niepokoić. Nie można także niszczyć lub usuwać ich gniazd, nor, legowisk, schronień i wszelkich innych budowli, jak np. żeremie bobrów, oraz celowo ograniczać zwierzętom dostępu do nich. Karze podlega także umyślne płoszenie zwierząt, szczególnie w miejscach rozrodu lub odchowu młodych, żerowania, odpoczynku, zimowania. Zakazem objęte są również fotografowanie, filmowanie i obserwacja, która może zaniepokoić zwierzę.

Polecenie 4

Przygotuj się do dyskusji: Gołąb miejski – sens ochrony gatunkowej.



Źródło: Frank Vassen (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Frank Vassen (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Jacob Spinks (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 2.0.



Źródło: Dick Daniels (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Keta (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.5.

Polecenie 5

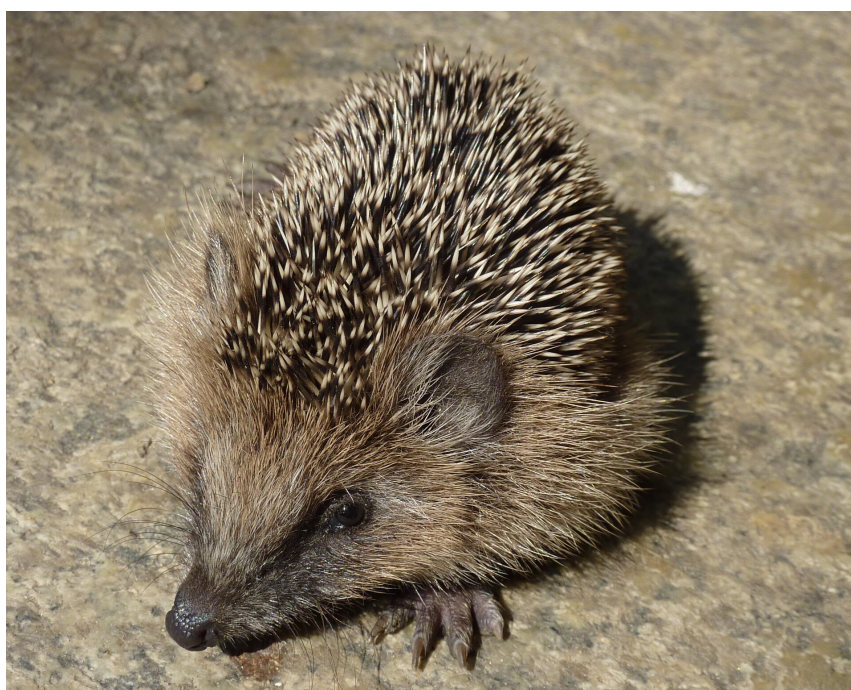
Podaj 3 argumenty przemawiające za koniecznością ochrony gatunkowej żmii zygzakowatej.



Źródło: Alvesgaspar (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Waugsberg (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Julo (<https://commons.wikimedia.org>), public domain.

Polecenie 6

Jaskółki od wielu lat towarzyszą ludziom i zakładają swoje gniazda w ich siedzibach. Zmiana sposobu konstruowania domów (np. płaskie dachy, dachówki zamiast strzechy, docieplanie budynków styropianem) znacznie utrudnia jaskółkom budowanie gniazd. Zdeterminowane brakiem odpowiednich miejsc zakładają je nawet na balkonach. Dowiedz się, w jaki sposób umożliwić ptakom (jaskółkom, jerzykom, wróblom) bezpieczne gniazdowanie w przestrzeni miejskiej.

Od ścisłej ochrony gatunkowej mogą istnieć pewne odstępstwa, na które zgodę wydaje Generalny Dyrektor Ochrony Środowiska. Mają one na celu prowadzenie zrównoważonej gospodarki rolnej, leśnej i rybackiej. Istnieją jednak gatunki skrajnie zagrożone wyginięciem, od ich ścisłej ochrony nie ma odstępstw. Należą do nich m.in. obuwik pospolity, zanokcica ciemna, sasanka zwyczajna, żółw błotny, bocian czarny, wszystkie gatunki nietoperzy.

Polecenie 7

Wyjaśnij, dlaczego podczas spaceru w lesie nie należy spuszczać psa ze smyczy.

Ciekawostka

Obecnie w Polsce ochroną ścisłą objętych jest 428 taksonów (czyli gatunków lub rodzajów) roślin, 326 taksonów zwierząt oraz 109 taksonów grzybów (w tym porosty). Ochronie częściowej podlega natomiast 51 taksonów roślin, 23 taksony zwierząt oraz 10 taksonów grzybów.

Ciekawostka

W celu ochrony rzadkich i zagrożonych wyginięciem gatunków roślin, zwierząt i grzybów sporządzane są **czerwone księgi i listy gatunków zagrożonych**. Światową listę zagrożonych wyginięciem gatunków co roku (od 1963 r.) publikuje Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody (IUCN). Na wzór tej listy w Polsce wydaje się czerwone listy zwierząt, roślin i grzybów Polski, zawierające wykaz rzadkich i zagrożonych, a także wymarłych na terenie naszego kraju gatunków oraz kategorie ich zagrożenia wg IUCN. Ponadto ukazują się Polskie Czerwone Księgi Roślin i Polskie Czerwone Księgi Zwierząt, w których oprócz wykazu gatunków i kategorii zagrożenia ujęte są ich opisy i miejsca występowania oraz stosowane i proponowane metody ochrony. Ostatnie takie opracowania dla kręgowców i bezkręgowców zostały wydane w 2002 r., a dla roślin w 2013 r.

3. Ochrona bierna i czynna gatunków

W przypadku większości gatunków ochrona gatunkowa sprowadza się do objęcia ich wraz z siedliskami **ochroną bierną**. Jest to sposób ochrony organizmów, które żyją w stabilnych środowiskach. Ograniczenie wpływu człowieka na takie ekosystemy sprawia, że występujące w nich rzadkie i zagrożone wyginięciem gatunki mogą swobodnie żyć, rozmnażać się i mają szansę na zwiększenie liczebności. Ochrona bierna sprawdza się także w ekosystemach przekształconych przez człowieka, w których pozostawienie przyrody samej sobie sprawia, że naturalna struktura zostanie przywrócona.

Niezmienione lub nieznacznie zmienione przez człowieka ekosystemy, których procesy przyrodnicze przebiegają w sposób niezakłócony, w skali świata występują jednak coraz rzadziej. Z tego powodu wiele gatunków nie może się przystosować do nowych warunków siedliskowych i z roku na rok zmniejsza się ich liczebność. Takie gatunki nie są w stanie przetrwać bez ingerencji człowieka, dlatego obejmuje się je **ochroną czynną**. Do organizmów tych należą na przykład obuwik pospolity, wszystkie gatunki płazów, żółw błotny. Ochrona czynna żółwia błotnego polega m.in. na utrzymywaniu odpowiednio wysokiego poziomu wody w zbiornikach, z którymi jest związany, odtwarzaniu niewielkich, płytkich zbiorników wodnych w miejscach, gdzie występuje oraz wycinaniu krzaków i wykaszaniu ich brzegów w celu zapewnienia mu dostępu do wody. Ponadto, jeśli żółwie złożą jaja w miejscach, w których mogłyby ulec zniszczeniu, są one przenoszone w bezpieczne miejsca lub do inkubatorów.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DDwG3YoAL>

Źródło: PANORAMIX, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Radosław Olszewski, Karolina Głogowska (Tomorrow Sp. z o.o.), Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 2.0.

Celem ochrony czynnej jest:

- zatrzymanie niekorzystnych zmian wywołanych w środowisku przyrodniczym przez człowieka,
- przywracanie optymalnego stanu środowiska,
- wykonywanie działań ochronnych umożliwiających przetrwanie gatunków.

Czasami przetrwanie gatunku na jego pierwotnym stanowisku, czyli *in situ* jest niemożliwe. W takim przypadku należy zastosować ochronę *ex situ*, to znaczy przenieść ten gatunek na stanowisko o zbliżonych warunkach siedliskowych, tzw. **stanowisko zastępcze**. Jeśli nie jest to możliwe, zagrożony gatunek umieszcza się w ogrodzie botanicznym lub zoologicznym, gdzie można podjąć próbę jego hodowli, rozmnożenia, a z biegiem czasu także przywrócenia do środowiska naturalnego, czyli *restytucji*. W ten sposób uratowano endemiczny gatunek warzuchy polskiej, która wymarła na naturalnym stanowisku na Pustyni Błędowskiej, ale została zachowana na trzech stanowiskach zastępczych i w ogrodach botanicznych.



Źródło: Panek (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Przykładem ochrony czynnej jest koszenie łąk, na których rosną rzadkie gatunki roślin naczyniowych o charakterze stepowym lub łąkowym, jak miłek wiosenny lub obuwik pospolity. Niekoszone łąki zarastają z czasem drzewami i krzewami, które zacieniają stanowiska światłolubnych roślin, uniemożliwiając im rozwój. Wyginięcie stepowych gatunków wiąże się na przykład z wymarciem gatunków motyli, które na nich żerują i składają jaja. Przykładem motyla chronionego w ten sposób jest modraszek telejus. Zamieszkane przez niego łąki mogą być koszone dopiero we wrześniu, ponieważ motyl składa jaja na kwiatostanach krwiciągu lekarskiego nawet w połowie sierpnia. Do września z jaj wylęgają się larwy i pozostają pewien czas w kwiatostanie, a potem spadają na ziemię

i są wnoszone do mrowisk przez mrówki, które opiekują się nimi aż do wyfrunięcia dorosłych postaci motyli z mrowiska.



Źródło: Jean Marc Laugner (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 8

Wyobraź sobie, że jesteś właścicielem łąki zasiedlonej przez telejusa. Wymień swoje powinności wynikające z obowiązku ochrony tego motyla. Wchodząc w rolę właściciela takiej łąki, wskaż trudności i korzyści wynikające z ochrony czynnej tego gatunku.

Do ochrony czynnej zalicza się także przebudowę lasów gospodarczych, będących najczęściej monokulturami świerka. Zabiegi mają na celu zróżnicowanie gatunkowe i wiekowe takich drzewostanów poprzez nasadzanie odpowiednich gatunków drzew rodzimych.

Ochroną czynną jest także wieszanie budek dla ptaków i nietoperzy, eliminowanie ze środowiska naturalnego **gatunków inwazyjnych**, poprawa stosunków wodnych na terenach podmokłych, które zostały wcześniej osuszone na przykład do celów rolniczych. Ten typ ochrony dopuszcza się nawet w rezerwatach przyrody lub parkach narodowych, o ile jest ona uwzględniona w ich planie ochronnym.

Ciekawostka

Banki genów zajmują się gromadzeniem i przechowywaniem nasion tysięcy różnych gatunków roślin, a także komórek zwierząt cennych pod względem przyrodniczym lub gospodarczym. Nasiona mogą służyć do odtworzenia populacji roślin wymarłych w naturze, mogą także stanowić rezerwuar rzadkich alleli, często nieobecnych już w populacjach dzikich. Sperma przechowywana w bankach pomaga zwiększać różnorodność genetyczną populacji. Inne komórki zwierzęce z kolei mogą posłużyć do

przywrócenia do środowiska naturalnego gatunków zwierząt, które wymarły, pod warunkiem że nastąpi znaczne udoskonalenie metod klonowania.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

4. Restytucja gatunków

Restytucja jest formą czynnej ochrony mającą za zadanie przywrócenie gatunku, wymarłego w naturze w skali lokalnej lub globalnej, do środowiska naturalnego. Polega na objęciu osobników zagrożonego gatunku ochroną i podjęciu prób zwiększenia liczebności jego populacji poprzez odpowiednie zabiegi hodowlane lub uprawne. Gatunek może być przywrócony na stanowisko pierwotne. Taką restytucję określa się mianem **reintrodukcji**. Gatunek może zostać także umieszczony na **stanowisku zastępczym**, na którym warunki siedliskowe są zbliżone do tych panujących na pierwotnym stanowisku występowania. Jeżeli gatunek ten nie jest gatunkiem rodzimym, takie przeniesienie (wprowadzenie) nazywa się **introdukcją**. Dotyczy ona zwykle odmian roślin uprawnych, stosowanych w rolnictwie. Często jednak, w przypadku gatunków zawleczonych, ma negatywny wpływ na środowisko naturalne.

Polecenie 9

Przykładem gatunku inwazyjnego jest dąb czerwony. Wyjaśnij, na czym polega jego niepożądany wpływ na rodzime biocenozy leśne.



Źródło: Velela (<http://commons.wikimedia.org>), public domain.

Ciekawostka

Pozytywnym przykładem introdukcji może być wprowadzenie (pod koniec XIX w.) żółwi olbrzymich z archipelagu Seszeli na Mauritius, gdzie z powodzeniem zastąpiły one rodzime żółwie wytępione przez człowieka. Podobnie pożyteczne okazało się sprowadzenie w 1896 r. z Chin do Wielkiej Brytanii budlei Dawida, której kwiaty stanowią źródło pokarmu dla wielu gatunków motyli, w tym także zagrożonych.

5. Przykłady restytucji

Restytucja gatunków może być prowadzona **in situ** na terenie obszarów chronionych, np. w rezerwatach przyrody, lub **ex situ**, w ogrodach zoologicznych i botanicznych.

W przypadku gatunków odtwarzanych z nielicznej grupy osobników założycielskich nowe populacje mają na ogół bardzo zubożoną pulę genową (chów wsobny) i z tego powodu są wrażliwe na szkodliwe czynniki środowiska.

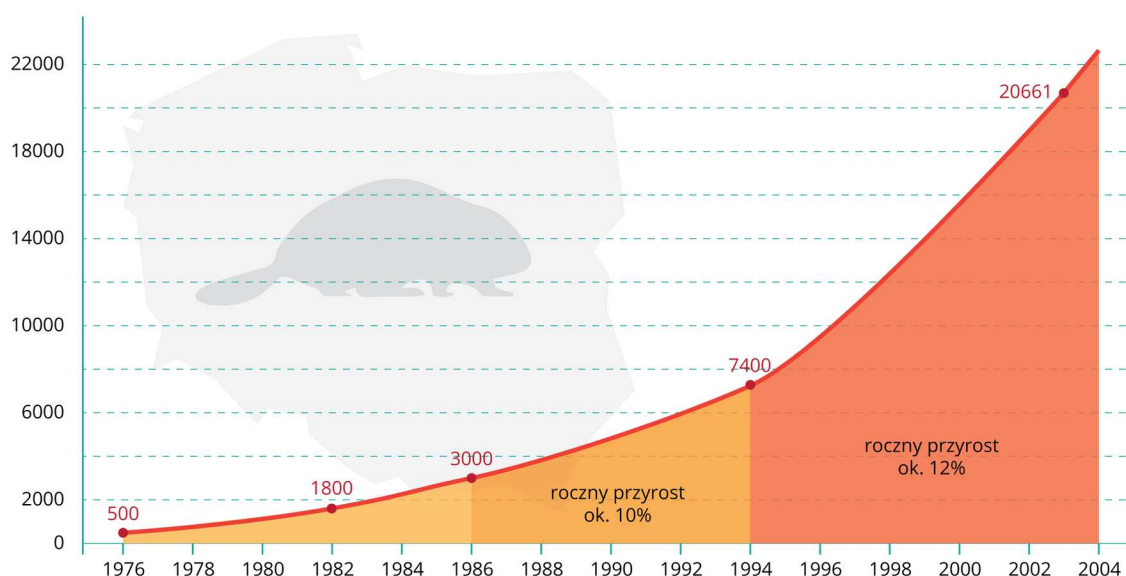
Programy hodowlane zakrojone na skalę światową, podjęte w celu późniejszej reintrodukcji zagrożonych wymarciem gatunków do środowiska naturalnego, zaczęto prowadzić

w latach 50. XX w. Jednym z pierwszych zakończonych sukcesem była reintrodukcja **oryksa arabskiego**. Zamieszkiwał on tereny Półwyspu Arabskiego oraz przyległych obszarów Bliskiego Wschodu. Zwierzę to wyginęło w naturze w 1972 r. wskutek nadmiernych polowań. Zaczątek populacji stanowiło 9 osobników, z których udało się odtworzyć stado liczące ponad 200 sztuk. Osobniki te po raz pierwszy wypuszczono na wolność w Omanie w 1982 r., a w kolejnych latach także w Arabii Saudyjskiej, Izraelu i Jordanii. Obecnie żyjąca na wolności populacja tego gatunku liczy ponad tysiąc osobników. Niestety, w Omanie oryks arabski został wytępiony w wyniku kłusownictwa.

Obecnie na terenie naszego kraju prowadzonych jest kilkanaście programów restytucji gatunków roślin i zwierząt, zwłaszcza motyli, ryb, ptaków i ssaków.

Bóbr europejski we wczesnym średniowieczu zamieszkiwał licznie całą Europę i Azję. W większości krajów zaczął wymierać w XIX w., głównie na skutek nadmiernych polowań mających na celu pozyskanie cennego futra i tłuszczu stosowanego jako środek leczniczy. Do zanikania bobra przyczyniło się także wycinanie i wypalanie lasów oraz osuszanie bagien, będące następstwem kolonizacji przez człowieka coraz to nowych obszarów Europy. Do początku XX w. przetrwało jedynie kilka małych populacji liczących w sumie ok. 1200 bobrów. Stopniowa restytucja bobrów europejskich na naszym kontynencie rozpoczęła się w latach 20. ubiegłego wieku.

W Polsce w 1939 r. żyło ok. 400 bobrów. Dziesięć lat później ich populacja liczyła już tylko 130 osobników i konieczne było założenie stada hodowlanego, które miało być reintrodukowane na obszarze całego kraju. W tym celu sprowadzono 26 bobrów z Woroneża w Rosji i zaczęto je rozmnażać w Zakładzie Doświadczalnym PAN w Popielnie. Początkowo bobry z hodowli umieszczane na stanowiskach docelowych odczuwały silny stres i nie przeżywały zmiany środowiska. Dopiero gdy zaczęto wywozić je uśpione, zaakceptowały nowy teren, ponieważ wybudzając się znaczyły go moczem.

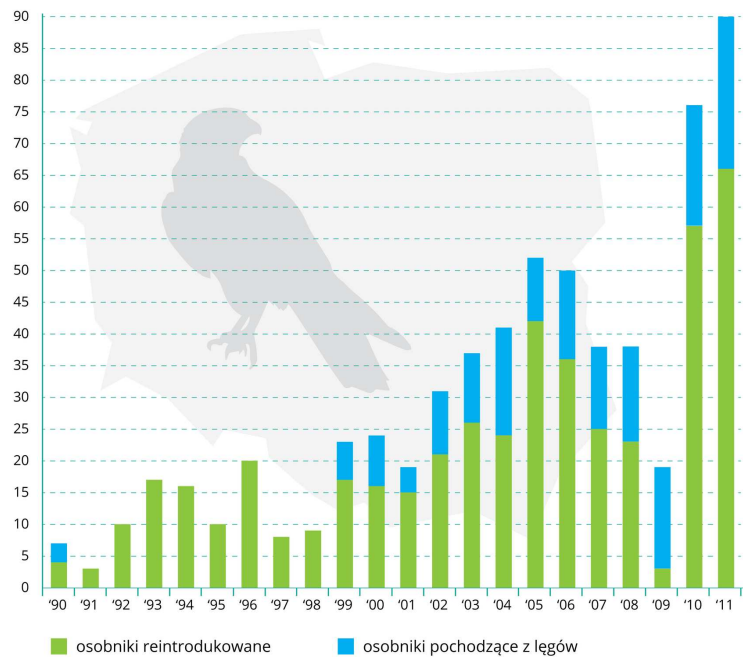


Mimo utraty pierwotnego charakteru lasów oraz osuszenia terenów podmokłych populacja bobra w Europie, w tym także w Polsce, stale rośnie. Prawdopodobnie dlatego, że gatunek ten jest bardzo plastyczny i potrafi się przystosować do życia nawet na obszarach znacznie przekształconych przez człowieka. Obecnie w Polsce jest ok. 15-25 tysięcy bobrów. W dalszym ciągu prowadzone są restytucje tych zwierząt, i jeżeli ich liczebność będzie nadal rosła, bobry w ciągu następnych dziesięcioleci staną się gatunkiem pospolitym.

Inną próbą reintrodukcji podjętą na dużą skalę było wprowadzenie do polskich rzek **łososia atlantyckiego**. Ostatnie dzikie łosose obserwowano w Drawie w 1985 r. i wtedy też rozpoczęto działania zmierzające do restytucji tego gatunku. Pierwszą hodowlę prowadzono w Zatoce Puckiej. Osobniki założycielskie pochodziły z łotewskiej Dźwiny i z fińskiej Newy. Restytucję, której dokonano w 1995 r., uznano za udaną, ponieważ łosose wracały na tarło do dopływów dolnej Wisły oraz do rzek Pomorza Zachodniego. Kolejne lata wykazały jednak, że wpływały one do rzek na tarło w niewłaściwym terminie, nie zanotowano także narybku, co sugerowało, że ryby nie mogły się rozmnażać bez pomocy człowieka. Zatem restytucja się nie powiodła.

Od 2007 r. restytucja łososia atlantyckiego prowadzona jest w zlewni górnej Wisły przez Fundację WWF Polska i współpracujące z nią instytucje. Pierwsza restytucja miała miejsce w latach 2005-2007 i zakończyła się sukcesem. Reintrodukowane łosose cechowały się dużą przeżywalnością i rozmnażały się w środowisku naturalnym. Kolejną restytucję przeprowadzono w 2011 r. Tym razem 60 tysięcy młodych łososi wypuszczono do Hoczewki (dopływu Sanu) oraz Krzyworzeki (dopływu Raby). W latach 2012-2013 łososiem zarybiono także wody rzeki Białej Tarnowskiej, dopływu Dunajca.

Kolejnym przykładem restytucji zakończonej sukcesem jest reintrodukcja **sokoła wędrownego**. Ten drapieżny ptak wyginął w Polsce w latach 60. ubiegłego wieku w konsekwencji skażenia środowiska naturalnego często stosowanym wtedy insektycydem DDT. Jego reintrodukcję rozpoczęto w 1990 r. w ramach Programu Restytucji Populacji Sokoła Wędrownego w Polsce. Zaowocowała ona odbudowaniem populacji sokołów, które od 1998 r. ponownie gniazdują w Polsce. Wzrostowi liczebności tych ptaków sprzyja zaprzestanie stosowania DDT w rolnictwie i związany z tym ciągły spadek jego stężenia w środowisku. Populacja sokoła stale się powiększa także dzięki kolejnym efektywnym programom hodowli i restytucji. Obecnie jego polska populacja liczy kilkanaście par lęgowych, a europejska ok. 700.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 10

Wymień trudności związane z reintrodukcją gatunków.

Podsumowanie

- Celem ochrony gatunkowej roślin, zwierząt i grzybów jest zachowanie bioróżnorodności rzadkich i zagrożonych wyginięciem gatunków występujących dziko na terenie naszego kraju, a także ochrona ich siedlisk i ostoi.
- Ochrona gatunków może być bierna i polegać na całkowitym wyeliminowaniu wpływu człowieka na ekosystem lub czynna, kiedy przetrwanie gatunku zależy od podejmowanych działań ochronnych.
- Ochronę czynną dopuszcza się w rezerwatach przyrody lub parkach narodowych, o ile jest ona uwzględniona w ich planie ochronnym.
- Gatunki mogą być chronione na stanowiskach zastępczych w środowisku naturalnym oraz w obiektach zlokalizowanych poza nim, tj. w ogrodach zoologicznych, botanicznych i bankach genów.
- Do skutecznej ochrony niektórych gatunków, np. ptaków drapieżnych, rzadkich paprotników, storczyków i porostów wyznacza się tzw. strefy ochronne.
- Do gatunków ponownie wprowadzonych (restytuowanych) w Polsce należą na przykład żubr, bóbr europejski, suseł moręgowany, sokół wędrowny, mikołajek

nadmorski.

Praca domowa

Polecenie 11.1

1. W Polsce stonka ziemniaczana jest gatunkiem inwazyjnym. Przedstaw w dowolnej formie (opis, komiks, inscenizacja) jej historię.

Polecenie 11.2

2. Wymień wszystkie sposoby ochrony, jakim podlega obuwik pospolity.

Słowniczek

gatunek priorytetowy

rzadki i zagrożony gatunek występujący głównie na terenie państw Unii Europejskiej, objęty ochroną prawną

introdukcja

celowe wprowadzenie gatunku nierodzimego do miejsca, w którym pierwotnie nie występował, zwykle w innym regionie geograficznym

ochrona bierna

ochrona ścisła w odniesieniu do ekosystemów; zupełne i stałe zaniechanie jakiejkolwiek działalności człowieka, mające na celu zachowanie naturalnego przebiegu procesów przyrodniczych

ochrona częściowa

w odniesieniu do gatunków częściowa, niecałoroczna ochrona dorosłych osobników roślin, zwierząt i grzybów oraz ich stadiów rozwojowych, dopuszczająca występowanie okresów, w których w określonych ilościach i miejscach można pozyskać z natury osobniki lub ich części, głównie do celów leczniczych i gospodarczych

ochrona czynna

ochrona częściowa w odniesieniu do ekosystemów, dopuszczanie ingerencji człowieka w przyrodę obszaru chronionego w celu zachowania chronionego ekosystemu lub jego wybranych składników w optymalnym stanie albo przywrócenia go do stanu pożądanego

ochrona *ex situ*

ochrona dziko żyjących gatunków roślin, zwierząt i grzybów poza miejscem ich naturalnego występowania, polegająca na przeniesieniu zagrożonych organizmów na miejsce, w którym można zapewnić mu trwałe i bezpieczne bytowanie oraz warunki umożliwiające zwiększenie liczebności

ochrona *in situ*

ochrona dziko żyjących gatunków roślin, zwierząt i grzybów w miejscu ich naturalnego występowania poprzez działania mające na celu zachowanie ich siedlisk i umożliwienie zwiększenia liczebności

ochrona ścisła

zupełne i stałe zaniechanie jakiejkolwiek działalności człowieka mające na celu zachowanie naturalnego przebiegu procesów przyrodniczych; w odniesieniu do gatunków całkowita, całoroczna ochrona dorosłych roślin, zwierząt i grzybów oraz ich stadiów rozwojowych

ostoja

obszar wyróżniający się w okolicy szczególnymi cechami, dający schronienie i miejsce życia zagrożonym i rzadkim gatunkom; są to na przykład zadrzewienia śródpolne, gdzie na terenach rolniczych mogą przetrwać gatunki leśne

strefa ochrony

obszar, który wytycza się wokół siedlisk i ostoi gatunków chronionych roślin lub grzybów oraz miejsc regularnego przebywania i rozrodu zwierząt objętych ochroną gatunkową w celu stałego lub czasowego ograniczenia niekorzystnego wpływu na nie jakichkolwiek form działalności człowieka

reintrodukcja

wprowadzenie gatunku na pierwotne stanowisko występowania

restytucja

przywrócenie gatunku wymarłego w naturze w skali lokalnej lub globalnej do środowiska naturalnego

Zadania

Ćwiczenie 1

Przyporządkuj nazwy chronionych gatunków roślin i zwierząt do odpowiednich kategorii. Jeśli chcesz sprawdzić, czy dany gatunek jest chroniony, poszukaj go w wykazie roślin chronionych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin lub w wykazie zwierząt chronionych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 6 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt.

rośliny objęte ochroną ścisłą

bóbr europejski

ślimak winniczek

puchacz

foka szara

skrzyp olbrzymi

rośliny objęte ochroną częściową

rzekotka drzewna

torfowiec brunatny

żmija zygzakowata

zwierzęta objęte ochroną ścisłą

konwalia majowa

cis pospolity

morświn

ryś

rak pręgowany

rak rzeczny

zwierzęta objęte ochroną częściową

Ćwiczenie 2

Spośród wymienionych poniżej gatunków chronionych wskaż te, które w Polsce zostały restytuowane.

☐ ziemniak

☐ bóbr europejski

☐ żubr

☐ sokół wędrowny

☐ oryks arabski

☐ wawrzynek wilczełyko

☐ tur

☐ czeremcha amerykańska

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Oceń prawdziwość poniższych zdań i zaznacz Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Strefy ochrony są ustanawiane w ścisłych rezerwach przyrody.	☐	☐
Egzotyczne zwierzęta po zakończeniu hodowli domowej należy wypuścić na wolność.	☐	☐
Reintrodukcja to celowe wprowadzenie gatunku obcego do środowiska naturalnego, prowadzące do zwiększenia bioróżnorodności ekosystemów.	☐	☐
Ogrody zoologiczne i botaniczne mogą brać udział w ochronie czynnej gatunków.	☐	☐
Restytucja obejmuje m.in. zabiegi hodowlane mające na celu zwiększenie liczebności populacji, która ma być wprowadzona do środowiska naturalnego.	☐	☐
Banki genów są jedną z form ochrony ex situ organizmów.	☐	☐
Na terenie ostoi roślin, zwierząt i grzybów stosuje się ochronę bierną.	☐	☐

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Przyporządkuj opisy poszczególnych działań ochronnych do odpowiednich kategorii.

ochrona bierna

Obejmowanie wybranych obszarów ochroną ścisłą.

Restytucje osobników na nowe stanowiska.

ochrona czynna

Tworzenie stref ochronnych wokół gniazd ptaków.

Rozwieszanie budek lęgowych dla ptaków.

Rozmnażanie zagrożonych wyginięciem roślin w ogrodach botanicznych.

Koszenie łąk, na których występują rzadkie gatunki roślin stepowych.

Przenoszenie wymierających gatunków roślin na stanowiska zastępcze.

Tworzenie ostoi dla roślin.

Obejmowanie ochroną gatunkową kolejnych organizmów.

Gromadzenie nasion w bankach genów.

Hodowla zagrożonych wyginięciem zwierząt w ogrodach zoologicznych.

Międzynarodowa współpraca na rzecz ochrony przyrody

Działalność człowieka doprowadziła do zniszczenia wielu naturalnych siedlisk oraz wymarcia tysięcy gatunków organizmów. Pozostałe naturalne ekosystemy i zagrożone wyginięciem gatunki wymagają troski i ochrony ze strony wszystkich ludzi. Jest ona najskuteczniejsza, gdy opiera się na międzynarodowej współpracy.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Już wiesz

- aby zachować różnorodność biologiczną, należy chronić przyrodę i środowisko;
- wiele gatunków jest zagrożonych wyginięciem;
- istnieje szereg różnych form prawnej ochrony przyrody.

Nauczysz się

- uzasadniać konieczność międzynarodowej współpracy w celu zapobiegania zagrożeniom przyrody;
- wymieniać przykłady konwencji i porozumień międzynarodowych, stworzonych w celu zachowania różnorodności biologicznej, oraz opisywać ich podstawowe cele;
- podawać przykłady międzynarodowych form ochrony przyrody występujących w Polsce;

- opisywać znaczenie sieci obszarów Natura 2000 dla zachowania bioróżnorodności Europy.

1. Ochrona przyrody a potrzeby społeczeństw

Zasięgi występowania organizmów obejmują obszary wykraczające poza granice państw. Gatunki często żyją na terenie kilku krajów, zwykle sąsiadujących ze sobą. Granice administracyjne nie są barierą dla zanieczyszczeń wody, powietrza i gleby, które rozprzestrzeniając się, rzutują na przyrodę obszarów przyległych. Dlatego, aby skutecznie chronić rzadkie bądź zagrożone wyginięciem gatunki, należy objąć je ochroną prawną we wszystkich państwach, na terenie których żyją. Jest to niezwykle trudne zwłaszcza w przypadku zwierząt, które przemieszczają się na bardzo duże odległości, np. ptaków. Nie wystarczy objęcie ich ochroną tam, gdzie gniazdują, trzeba stworzyć im także odpowiednie warunki w miejscach dobierania się w pary, odchovu młodych, żerowania, a także na wszystkich obszarach, przez które przebiegają ich drogi migracyjne.

Na jakość ochrony środowiska i różnorodności biologicznej ma wpływ rozwój ekonomiczny i gospodarczy danego państwa, a nawet kontynentu. Bioróżnorodność Azji, Afryki czy Ameryki Południowej jest bardzo bogata, a zagraża jej przede wszystkim rabunkowa eksploatacja zasobów naturalnych. Kluczowy element zachowania różnorodności biologicznej na tych obszarach stanowi **zrównoważony rozwój**, czyli taki rozwój społeczny, ekonomiczny i gospodarczy, który gwarantuje zaspokojenie potrzeb obywateli, nie naruszając jednocześnie zasobów naturalnej przyrody.



Podstawowym zadaniem zrównoważonego rozwoju jest zachowanie harmonii pomiędzy 3 podstawowymi elementami rzutującymi na przyszłość człowieka na Ziemi: środowiska, gospodarki i społeczeństwa, a także sprawienie, aby żaden z nich nie wpływał negatywnie na inny. Pożądane jest, żeby wzrost gospodarki prowadził do zwiększenia spójności społecznej, czyli zmniejszenia dysproporcji między różnymi narodami. Podniesienie zamożności społeczeństw nie może z kolei odbywać się kosztem stanu środowiska. Tymczasem w krajach Trzeciego Świata tak właśnie się dzieje. Rozwój często dokonuje się poprzez rabunkową gospodarkę zasobami, np. wycinanie ogromnych obszarów lasów w Chinach. Nadmierną eksploatację drewna wspiera zapotrzebowanie na ten surowiec w USA i Europie, gdzie zasoby naturalne są bardziej ograniczone i lepiej chronione. W efekcie państwa takie, jak Chiny, notują szybki wzrost gospodarczy, ale z drugiej strony rujną środowisko przyrodnicze. Efektem tego jest na przykład pustynnienie dużych obszarów kraju i powtarzanie się długotrwałych okresów suszy. Ich skutki są odczuwane nie tylko w Chinach.

Polecenie 1

Przeanalizuj schemat przedstawiony na ilustracji 1 i zinterpretuj użyte w nim pojęcia: znośny, sprawiedliwy, wykonalny.

Ciekawostka

Pojęcie zrównoważonego rozwoju powstało na długo przed Szczytem Ziemi w Rio de Janeiro. Po raz pierwszy pojawiło się w leśnictwie niemieckim w XIX w. W leśnictwie zrównoważony rozwój to koncepcja, według której w danym okresie można wycinać tylko tyle drzew, ile może urosnąć w tym samym czasie. Zapewnia to ciągłe istnienie lasu na danym terenie oraz stałe użytkowanie go przez człowieka.

2. Różnorodność biologiczna wspólnym dobrem wszystkich narodów

Idea zrównoważonego rozwoju upowszechniła się, stając się doktryną polityczną, po konferencji Narodów Zjednoczonych, zwanej **Szczytem Ziemi**. Konferencja ta została zorganizowana w 1992 r. w Rio de Janeiro pod hasłem Środowisko i Rozwój. W wydarzeniu tym brali udział przedstawiciele rządów 172 państw i ok. 2400 organizacji pozarządowych. Podpisano kilka dokumentów dotyczących wspólnych (międzynarodowych) działań na

rzecz ochrony przyrody i środowiska przed negatywnym wpływem cywilizacji ludzkiej oraz zachowania w odpowiednim stanie zasobów naszej planety. Najważniejszymi dokumentami były Konwencja o różnorodności biologicznej i Agenda 21.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Konwencja o różnorodności biologicznej (ang. *Convention on Biological Diversity*) zobowiązuje państwa członkowskie do:

- opracowania krajowych strategii, planów lub programów ochrony różnorodności biologicznej;
- identyfikowania i monitorowania stanu bioróżnorodności na wszystkich jej poziomach;
- rozpoznania procesów i działań, które mają lub mogą mieć negatywny wpływ na bioróżnorodność;
- śledzenia skutków działań ochronnych oraz tych, które mają negatywny wpływ na gatunki i ich zespoły.

Konwencja reguluje także sposób korzystania z zasobów różnorodności biologicznej, określając zasady sprawiedliwego podziału korzyści płynących z jej eksploatacji. Do 2010 r. konwencję podpisały 193 państwa, a idee zrównoważonego rozwoju i ochrony bioróżnorodności stały się ważnym elementem systemu prawa międzynarodowego.

Agenda 21 jest międzynarodowym programem wdrażania w życie zrównoważonego rozwoju na poziomie krajowym. Postuluje się w nim między innymi:

- ochronę gatunków zagrożonych, rozumianą jako ochronę organizmów lądowych i wodnych w miarę możliwości w obrębie ich naturalnych ekosystemów, ale także na

stanowiskach zastępczych, w ogrodach zoologicznych, botanicznych, w bankach genów;

- zapobieganie wylesianiu; dokument wyraźnie podkreśla, że ma ono na celu nie tylko zapewnienie zasobów drewna do celów gospodarczych, ale także ochronę ekosystemów leśnych, zaprzestanie zubażania ich różnorodności biologicznej i dewastacji gleb;
- przeciwdziałanie pustynnieniu, które należy osiągnąć m.in. poprzez konserwację gleb, zalesianie terenów zagrożonych suszą i uświadamianie lokalnym społecznościom roli lasów w stabilizowaniu obiegu wody;
- ochronę mórz i oceanów wraz ze strefami przybrzeżnymi oraz wprowadzenie regulacji prawnych zabezpieczających przed nadmierną eksploatacją łowisk, a co za tym idzie, spadkiem różnorodności gatunkowej i genetycznej ryb;
- zachowanie różnorodności genetycznej roślin uprawnych i zwierząt hodowlanych, ograniczenie stosowania pestycydów w celu zachowania różnorodności biologicznej agrocenoz oraz zapobieganie innym zanieczyszczeniom środowiska.

W dokumencie podkreśla się także konieczność stosowania demokratycznych sposobów rozwiązywania problemów, wagę równouprawnienia kobiet, wyrównywania na świecie dysproporcji w poziomie życia dla uniknięcia konfliktów społecznych oraz wskazuje się na znaczenie ograniczenia konsumpcji dóbr materialnych (w państwach wysoko rozwiniętych) i roli nowych technologii w drodze do rozwoju zrównoważonego.

Polecenie 2

W dostępnych źródłach odszukaj szczegółowy spis zadań zawarty w Agendzie 21. Wskaż zadania najważniejsze z punktu widzenia obywatela naszego kraju i uzasadnij swój wybór.

Ciekawostka

W czasie Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 r. podpisano ramową konwencję Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu. Określa ona zasady międzynarodowej współpracy dotyczącej ograniczenia emisji gazów cieplarnianych powodujących zjawisko globalnego ocieplenia.

3. Sieć obszarów Natura 2000

Realizacja idei zrównoważonego rozwoju na terenie krajów członkowskich Unii Europejskiej polega na ochronie gatunków i ekosystemów, przeprowadzana jest przede wszystkim w [sieci obszarów Natura 2000](#). Sieć ma ułatwiać przemieszczanie się dzikich

organizmów i wymianę genów między populacjami, tym samym przyczyniać się do zachowania bioróżnorodności. Nie zastępuje ona krajowego systemu obszarów chronionych, ale go wzbogaca i uzupełnia. Obszary Natura 2000 są wyznaczane przez państwa członkowskie głównie na wniosek naukowców badających ekosystemy.

Przykładem obszaru Natura 2000 jest **Dolina Rospudy** – jeden z najcenniejszych pierwotnych obszarów torfowiskowych w Europie, miejsce występowania wielu rzadkich gatunków ptaków, jak: bocian czarny, dubelt, sowa błotna, sóweczka, gadożer, bielik, a wśród roślin na przykład 20 gatunków storczyków, w tym najrzadszego polskiego storczyka – miodokwiatu krzyżowego, niewystępującego już naturalnie na żadnym innym stanowisku w naszym kraju.

W 2007 r. Dolina Rospudy stała się powodem ogółośnoeuropejskiego sporu w związku z budową obwodnicy miasta Augustowa, która zgodnie z pierwotnym planem miała przebiegać przez środek tego unikatowego terenu. Już wówczas był on objęty ochroną jako jeden z obszarów sieci Natura 2000. Wyznaczenie drogi naruszającej jego terytorium łamało zatem unijne przepisy o ochronie przyrody. W lutym 2007 r. rozpoczęły się prace budowlane, przeciwko którym silnie protestowała większość głównych organizacji ekologicznych działających w Polsce (m.in. Pracownia na rzecz Wszystkich Istot, Greenpeace, WWF, Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków, Polska Zielona Sieć). Wstrzymaniu prac sprzeciwiała się natomiast lokalna ludność, dla której budowa drogi była szansą na wyprowadzenie z miasta samochodów ciężarowych podążających masowo w kierunku położonych niedaleko przejść granicznych z Litwą, Białorusią i Rosją. Determinacja mieszkańców była duża, ponieważ nasilony ruch tranzytowy stanowił nie tylko niewygodę, ale także poważne zagrożenie ich zdrowia i życia. Ostatecznie, po kategorycznym sprzeciwie Komisji Unii Europejskiej i zapowiedzi narzucenia na Polskę ogromnych kar finansowych w razie kontynuowania prac, budowy zaprzestano. W 2009 r. wytyczono nowy wariant drogi z ominięciem cennych przyrodniczo obszarów.

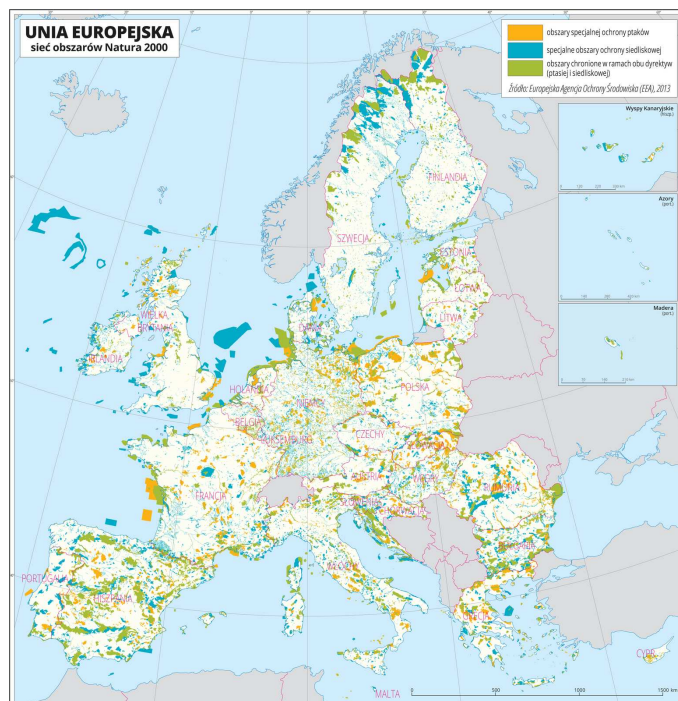


Źródło: Michał Chilmon (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY ND 2.0.

Obszary Natura 2000 zostały wprowadzone do polskiego prawa ochrony przyrody jako forma ochrony obszarowej w wyniku stosowania 2 dyrektyw unijnych: Dyrektywy o ochronie dziko żyjących ptaków, zwanej także **dyrektywą ptasią**, oraz Dyrektywy o ochronie siedlisk przyrodniczych oraz dziko żyjącej fauny i flory, określanej mianem **dyrektywy siedliskowej**.



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



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

Celem **dyrektywy ptasiej** jest zachowanie wszystkich dzikich gatunków ptaków występujących na terytorium Europy oraz zapobieganie niehumanitarnym metodom ich odławiania, np. przy użyciu siatek i siideł. Główną metodą ochrony ptactwa, do której zobowiązuje dyrektywa ptasia, jest tworzenie **obszarów specjalnej ochrony ptaków (OSO)** obejmujących miejsca gniazdowania, odchowu młodych, żerowania, pierzenia się i odpoczynku w czasie migracji. Dokument zawiera także wykaz ponad 200 gatunków ptaków zagrożonych wyginięciem, określanych mianem **gatunków priorytetowych**, których zachowanie jest szczególnie ważne dla różnorodności biologicznej.

Dyrektywa siedliskowa zobowiązuje kraje członkowskie UE do ochrony zagrożonych typów siedlisk przyrodniczych będących miejscami życia ginących gatunków roślin i zwierząt (innych niż ptaki). Główną metodą ochrony takich terenów jest tworzenie **specjalnych obszarów ochrony siedlisk (SOO)**. Wyznacza się je na podstawie zamieszczonych w dyrektywie list zagrożonych siedlisk i gatunków. Podobnie jak w przypadku dyrektywy ptasiej, dyrektywa siedliskowa zabrania niehumanitarnego i nadmiernego odłowu zwierząt, zwłaszcza ryb i ssaków, a także ich zabijania. Dodatkowo wyróżnia ona typy ekosystemów wyjątkowo ważne dla zachowania różnorodności biologicznej, czyli tzw. **siedliska priorytetowe** oraz **priorytetowe gatunki roślin i zwierząt** (kilkadziesiąt gatunków). Należą do nich m.in. foka szara, niedźwiedź brunatny, kumak górski, kozioróg dębosz, obuwik pospolity.

Polecenie 3

Korzystając z różnych źródeł informacji, odszukaj obszar Natura 2000 położony najbliżej twojego miejsca zamieszkania. Dowiedz się, czy jest on specjalnym obszarem ochrony ptaków czy siedlisk. Wymień wybrane rzadkie gatunki organizmów, objęte ochroną na tym obszarze, i naucz się je rozpoznawać

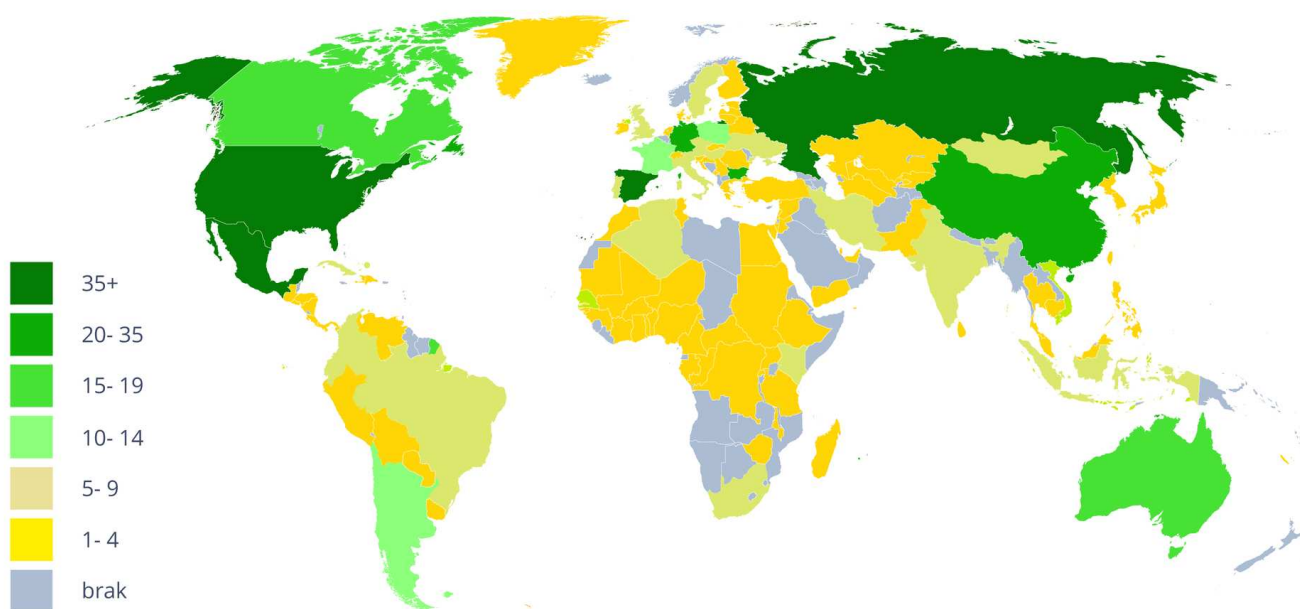
Ciekawostka

Obecnie sieć Natura 2000 w Polsce obejmuje 849 obszarów ochrony siedlisk oraz 145 obszarów ochrony ptaków. Łącznie zajmują one ponad 1/5 powierzchni lądowej (ponad 6,2 mln ha) naszego kraju. Cała sieć Natura 2000 zajmuje ok. 20% powierzchni krajów Unii Europejskiej.

4. Międzynarodowe formy ochrony przyrody w Polsce

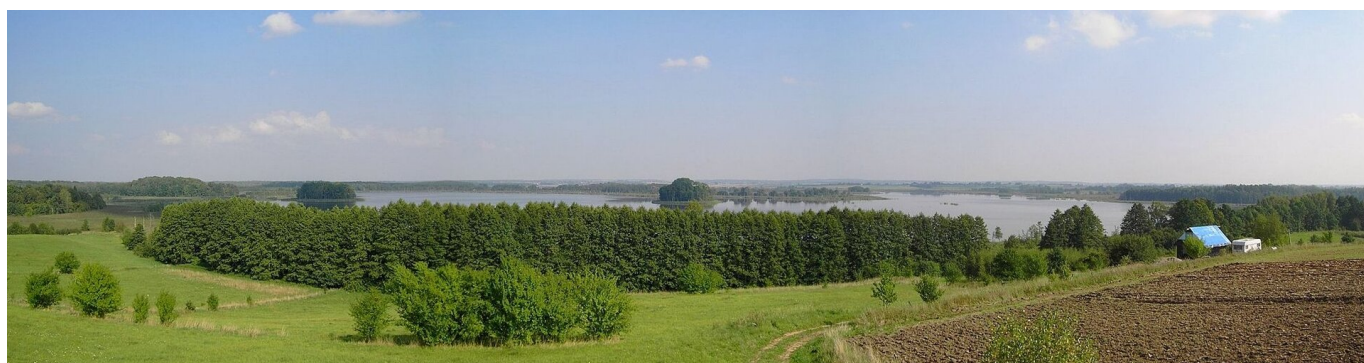
Międzynarodowa ochrona różnorodności biologicznej może być o wiele bardziej skuteczna od działań podejmowanych przez pojedyncze państwa, dlatego powstało sporo konwencji międzynarodowych, których celem jest stworzenie obszarów chronionych, służących zachowaniu bioróżnorodności.

Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Oświaty, Nauki i Kultury (UNESCO) w trosce o zachowanie cennych przyrodniczo obszarów świata doprowadziła do utworzenia w 1971 r. światowej sieci obszarów chronionych zwanych [rezerwatami biosfery](#). Obszary te zostały powołane w ramach programu Człowiek i biosfera (ang. *Man and the Biosphere*, w skrócie **MAB**). Obecnie na świecie jest 621 takich obszarów, z czego 10 w Polsce. Unikalne i cenne przyrodniczo obszary mogą także znaleźć się na **Liście światowego dziedzictwa kulturalnego i przyrodniczego UNESCO**. Na terenie Polski takim obszarem jest Puszcza Białowieska.



W legendzie liczby oznaczają ilość rezerwatów biosfery w poszczególnych państwach

Polska przystąpiła także do konwencji ramsarskiej podpisanej w 1971 r. w miejscowości Ramsar w Iranie. Dokument ten zobowiązuje państwa członkowskie do ochrony terenów wodno-błotnych, na których występują liczne gatunki zagrożonych zwierząt, zwłaszcza ptaków. W Polsce znajduje się 13 obszarów chronionych w ramach tej konwencji. Na całym świecie jest ich prawie 2 200.



Źródło: Eume (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Nasz kraj jest również sygnatariuszem **konwencji berneńskiej**, obejmującej ochroną zagrożone gatunki dzikiej flory i fauny europejskiej oraz ich siedliska naturalne, a także **konwencji helsińskiej**, otaczającej opieką środowisko morskie obszaru Morza Bałtyckiego.

Żyjące w Polsce zagrożone wyginięciem lub rzadkie gatunki zwierząt są dodatkowo chronione na mocy innych porozumień międzynarodowych. Najważniejszymi z nich są: **konwencja bońska**, która obejmuje ochroną gatunki wędrowne, **Porozumienie Eurobats**, zajmujące się ochroną nietoperzy, oraz **Porozumienie Ascobans**, zobowiązujące do ochrony małych walenii Bałtyku i Morza Północnego.

Polecenie 4

Biorąc po uwagę krajowe i międzynarodowe formy ochrony przyrody obowiązujące w Polsce, wymień na ile sposobów może być chroniony szczególnie cenny obszar – siedlisko rzadkich organizmów. Oceń, czy jest to ochrona skuteczna.

Ciekawostka

Inicjatywy mające na celu ochronę zagrożonych wyginięciem gatunków są także podejmowane przez międzynarodowe organizacje pozarządowe działające na terenie naszego kraju. Należą do nich m.in. WWF (ang. *World Wide Fund for Nature*) czyli Światowy Fundusz na Rzecz Przyrody, oraz Greenpeace. Organizacje te poprzez akcje społeczne i kampanie edukacyjne zwiększają świadomość ludzi i zachęcają do czynów służących ochronie środowiska naturalnego.

5. Konwencja waszyngtońska (CITES)

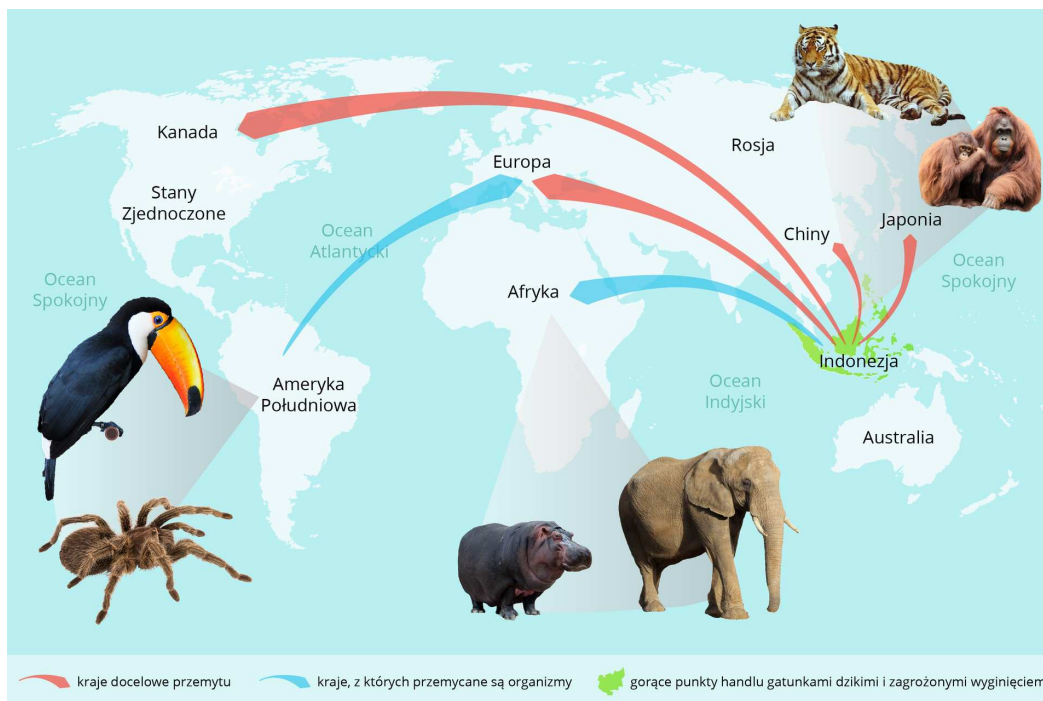
Liczne gatunki zwierząt zostały niemalże wytępione z powodu nadmiernego, często nielegalnego ich odławiania i polowania na nie w celu pozyskania takich surowców, jak kość słoniowa, rogi nosorożców, kości i futro dzikich kotów, których cena na czarnym rynku jest niewyobrażalnie wysoka. Stale rosnący popyt na egzotyczne zwierzęta i rośliny oraz wytworzone z nich produkty potęgują to zjawisko. Aby zmniejszyć popyt, wprowadzono międzynarodowe przepisy zakazujące handlu żywymi okazami gatunków najbardziej zagrożonych wyginięciem, ich częściami i wykonanymi z nich przedmiotami oraz regulujące handel okazami innych dziko żyjących gatunków. Reguły te zostały zawarte w [konwencji waszyngtońskiej](#).

Konwencja o międzynarodowym handlu dzikimi zwierzętami i roślinami gatunków zagrożonych wyginięciem (ang. *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*, w skrócie CITES) została podpisana 3 marca 1973 r. w Waszyngtonie, w odpowiedzi na rosnące zagrożenie dla występowania w warunkach naturalnych wielu gatunków organizmów. Dziś obowiązuje w 180 państwach. Polska przyjęła CITES 3 listopada 1989 r.



Strona internetowa CITES

Mechanizm działania konwencji polega na kontroli transgranicznego handlu gatunkami dzikimi i zagrożonymi wyginięciem. System kontroli przewiduje, że import oraz eksport gatunków objętych konwencją możliwe są jedynie po uzyskaniu odpowiednich zezwoleń lub świadectw. CITES obejmuje ochroną ponad 36 tysięcy gatunków, z czego ponad 5 600 to zwierzęta. Rygorom podlega nie tylko handel wymienionymi gatunkami, ale także ich hodowla. Posiadacze mają obowiązek rejestrowania organizmów objętych konwencją, a ich przewóz do innego kraju wymaga posiadania dokumentów potwierdzających ich pochodzenie. Kupowane na terenie Polski egzotyczne zwierzęta wymienione w konwencji waszyngtońskiej muszą mieć świadectwa, na podstawie których rejestruje się je w starostwach lub urzędach miejskich. Bez tego posiadanie okazu jest nielegalne.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Zakup wyrobów z kości słoniowej, rogów nosorożca, płytek pancerza żółwi morskich (szylkretu), skóry węży, krokodyli i aligatorów, futer dzikich kotów, szkieletów koralowców rafotwórczych i biżuterii z nich wykonanej, bardzo dużych muszli niektórych ślimaków i małżów, niektórych wyrobów z drewna egzotycznego, a także preparatów leczniczych, zwłaszcza tradycyjnej medycyny chińskiej, nie jest problemem w ich kraju pochodzenia. Pamiętać należy, że kupowanie takich pamiątek oznacza wspieranie kłusowników i udział w zmniejszaniu populacji zagrożonych gatunków. Ponadto za ich przewóz do Europy grożą wysokie kary, a służby celne upoważnione są do odbierania nielegalnych przedmiotów.

Polecenie 5

W sklepach zoologicznych często oferowane są egzotyczne gatunki zwierząt. Odwiedź taki sklep, zapytaj sprzedawcę, czy posiada pozwolenie CITES dla sprzedawanych gatunków, oceń warunki, w których przetrzymywane są zwierzęta. Wyraż swoją opinię na temat zakupu dzikich zwierząt i ich hodowli w warunkach domowych.

Ciekawostka

W załącznikach do konwencji waszyngtońskiej wpisano także rodzime gatunki roślin i zwierząt. Należą do nich m.in.: morświn, niedźwiedź brunatny, wilk, ryś, bocian czarny, żuraw, drop, wszystkie gatunki sów i ptaków drapieżnych dziennych, jesiote zachodni, niepylak apollo, pijawka lekarska, śnieżyczka przebiśnieg, miłek wiosenny oraz wszystkie gatunki storczyków.

Warto wiedzieć

Przemyt egzotycznych gatunków zwierząt jest drugim po niszczeniu siedlisk naturalnych powodem wymierania organizmów. Jest też trzecim co do wielkości po handlu bronią i narkotykami źródłem nielegalnego dochodu na świecie. Co roku przemycanych jest 200- 400 tysięcy okazów, z których transport, zwykle w nieodpowiednich warunkach, przeżywa jedynie 10% organizmów!

Podsumowanie

- Zachowanie różnorodności biologicznej leży we wspólnym interesie wszystkich ludzi.
- Międzynarodowa współpraca ma kluczowe znaczenie dla zachowania różnorodności biologicznej.
- Zrównoważony rozwój ma zapewnić odpowiedni standard życia współczesnym społeczeństwom oraz korzystanie z zasobów przyrody kolejnym pokoleniom.
- Idea zrównoważonego rozwoju została upowszechniona po Szczycie Ziemi w 1992 r. w Rio de Janeiro, a jej wdrożenie stało się możliwe dzięki Konwencji o różnorodności biologicznej i Agendzie 21.
- W krajach Unii Europejskiej z ochroną przyrody związane są przede wszystkim dyrektywy ptasia i siedliskowa, na których podstawie została utworzona sieć obszarów chronionych Natura 2000.
- Konwencja waszyngtońska (CITES) reguluje handel dzikimi i zagrożonymi wyginięciem gatunkami roślin i zwierząt, ich częściami oraz produktami z nich wytworzonymi.

Praca domowa

Polecenie 6.1

1. Rusałka pawik w dyrektywie siedliskowej został zaliczony do gatunków priorytetowych. Wyszukaj informacje na temat tego gatunku i podaj uzasadnienia tej decyzji.

Polecenie 6.2

2. Wyjaśnij, jakie znaczenie mają obszary sieci Natura 2000 w ochronie bioróżnorodności przyrody Europy.

Słowniczek

Agenda 21

dokument określający zasady przygotowania i wdrażania w życie lokalne programów rozwoju zrównoważonego, sporządzony 5 czerwca 1992 r. na konferencji Narodów Zjednoczonych zwanej Szczytem Ziemi

dyrektywa ptasia

(ang. *Directive on the Conservation of Wild Birds*) – potocznie używana nazwa dyrektywy (aktu prawnego) Wspólnoty Europejskiej nr 2009/147/WE z 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa, wskazująca metody ochrony gatunków dzikich ptaków występujących na terenie Unii Europejskiej, zasady handlu nimi, dozwolone sposoby ich odłowu oraz sposoby przeciwdziałania ich zabijaniu; razem z dyrektywą siedliskową stanowi podstawę tworzenia europejskiej sieci obszarów Natura 2000

dyrektywa siedliskowa

(ang. *Directive on the Conservation of Natural Habitats and of Wild Fauna and Flora*) – potocznie używana nazwa dyrektywy (aktu prawnego) Wspólnoty Europejskiej nr 92/43/EEG z 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej flory i fauny; wskazuje gatunki dzikich roślin i zwierząt występujących na terenie Unii Europejskiej, które powinny być objęte ścisłą ochroną gatunkową i dla których tworzy się obszary chronione w ramach europejskiej sieci obszarów Natura 2000

konwencja o różnorodności biologicznej

(ang. *Convention on Biological Diversity*) – międzynarodowa umowa określająca zasady korzystania z zasobów bioróżnorodności, monitorowania jej stanu i ochrony oraz zapobiegania negatywnym zmianom w ekosystemach, które mogą skutkować wymieraniem gatunków; sporządzona 5 czerwca 1992 r. na Konferencji Narodów Zjednoczonych na temat Środowiska i Rozwoju, zwanej Szczytem Ziemi

konwencja waszyngtońska

(ang. *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*, w skrócie CITES) – międzynarodowa umowa regulująca zasady międzynarodowego handlu dzikimi zwierzętami i roślinami gatunków zagrożonych wyginięciem, sporządzona 3 marca 1973 r. w Waszyngtonie

rezerwat biosfery

ekosystem charakterystyczny dla danego kraju, chroniony ze względu na swoje wysokie walory przyrodnicze jako część światowej sieci obszarów chronionych, powołany

w ramach programu Człowiek i biosfera (ang. *Man and the Biosphere*, w skrócie MAB)

Natura 2000

program Unii Europejskiej określający zasady tworzenia europejskiej sieci obszarów chronionych, którego celem jest zachowanie najcenniejszych przyrodniczo ekosystemów Europy oraz rzadkich i zagrożonych w skali kontynentu gatunków; jego podstawą prawną są dyrektywa siedliskowa i dyrektywa ptasia

zrównoważony rozwój

inaczej nazywany ekorozwojem; rozwój społeczno-gospodarczy, który nie narusza równowagi w przyrodzie i zaspokaja potrzeby wszystkich ludzi

Zadania

Ćwiczenie 1

Wskaż akty prawne, dzięki którym możliwa jest międzynarodowa współpraca w zakresie ochrony przyrody.

☐ dyrektywa ptasia

☐ dyrektywa siedliskowa

☐ ustawa o lasach

☐ konwencja waszyngtońska

☐ ustawa o ochronie środowiska

☐ ustawa o ochronie przyrody

☐ konwencja o różnorodności biologicznej

Ćwiczenie 2

Przyporządkuj aktom prawnym wynikające z nich zadania państw.

konwencja waszyngtońska

Zapobieganie niehumanitarnym
metodom odławiania ptaków.

Identyfikowanie i monitorowanie
elementów bioróżnorodności.

konwencja o różnorodności biologicznej

Identyfikowanie i monitorowanie
procesów i działań, które mają
lub mogą mieć negatywny
wpływ na bioróżnorodność.

dyrektywa ptasia

Ochrona różnorodności
biologicznej.

Zapobieganie niehumanitarnym
metodom odławiania ssaków.

dyrektywa siedliskowa

Zachowanie wszystkich dzikich
gatunków ptaków
występujących na terytorium
Europy.

Kontrola transgranicznego
handlu produktami wykonanymi
z dzikich i zagrożonych
wyginięciem gatunków.

Kontrola transgranicznego
handlu dzikimi i zagrożonymi
wyginięciem gatunkami.

Ochrona zagrożonych typów
siedlisk przyrodniczych,
będących miejscami życia
ginących gatunków roślin
i zwierząt.

Ćwiczenie 3

Wskaż nazwę parku narodowego, który jest wpisany na Listę światowego dziedzictwa kulturalnego i przyrodniczego UNESCO.

☐ Kampinoski Park Narodowy

☐ Tatrzański Park Narodowy

☐ Białowieski Park Narodowy

☐ Babiogórski Park Narodowy

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Oceń prawdziwość poniższych zdań i zaznacz odpowiedź Prawda lub Fałsz.

	Prawda	Fałsz
Konwencja waszyngtońska obowiązuje na terenie wszystkich państw Unii Europejskiej.	☐	☐
Obszary Natura 2000 to forma ochrony zagrożonych gatunków wędrownych.	☐	☐
Zrównoważony rozwój gwarantuje zaspokojenie potrzeb obywateli państwa bez naruszenia zasobów przyrody.	☐	☐
Konwencja o różnorodności biologicznej to dokument zawierający listę działań, jakie powinny być podjęte na rzecz zrównoważonego rozwoju w XXI wieku.	☐	☐
Agenda 21 reguluje handel przedstawicielami gatunków zagrożonych wyginięciem.	☐	☐
CITES reguluje prawo w zakresie ochrony krajobrazów.	☐	☐

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Wskaż przedmioty, których nie możesz wwieźć do państw Unii Europejskiej.

☐ kurtka z futra tygrysa

☐ pióra papugi ary

☐ figurka słonia wykonana z kości słoniowej

☐ ząb aligatora

☐ torebka ze skóry krokodyla

☐ biżuteria ze szkieletu koralowców

☐ okazy motyli

☐ róg nosorożca

☐ skorupa żółwia szylkretowego

Źródło: Katarzyna Lech, licencja: CC BY 3.0.

Bogactwo przyrody

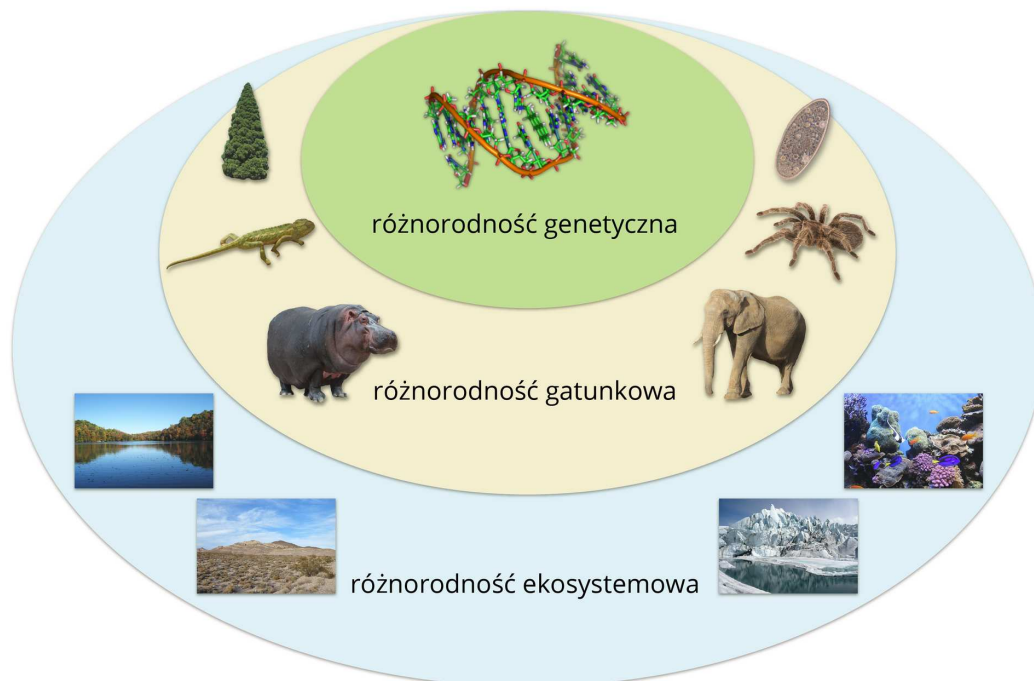
Cechą kluczową dla istnienia przyrody jest jej różnorodność, która gwarantuje utrzymanie równowagi ekosystemów, a dzięki temu trwanie zarówno gatunków, jak i pojedynczych populacji. Utrata tej równowagi stanowi poważne zagrożenie dla funkcjonowania ziemskiej biosfery. Obowiązkiem człowieka jest ochrona bogactwa przyrody zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju.



Przykład ekosystemu o dużej różnorodności biologicznej

1. Poziomy różnorodności biologicznej

Różnorodność biologiczna Ziemi jest efektem istnienia ogromnej liczby gatunków składających się z różniących się między sobą osobników, które żyją w nieprzeliczonych ekosystemach lądowych i wodnych. Różnorodność genetyczna w obrębie gatunku lub populacji zależy od liczby różnych alleli danego genu. Z kolei różnorodność gatunkowa wynika z czynników historycznych – zmian ewolucyjnych oraz współczesnych – istnienia stref klimatycznych, zróżnicowanego ukształtowania terenu, a także relacji pomiędzy żywymi elementami ekosystemów. Obecnie na wszystkie typy różnorodności biologicznej największy wpływ ma człowiek.



Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

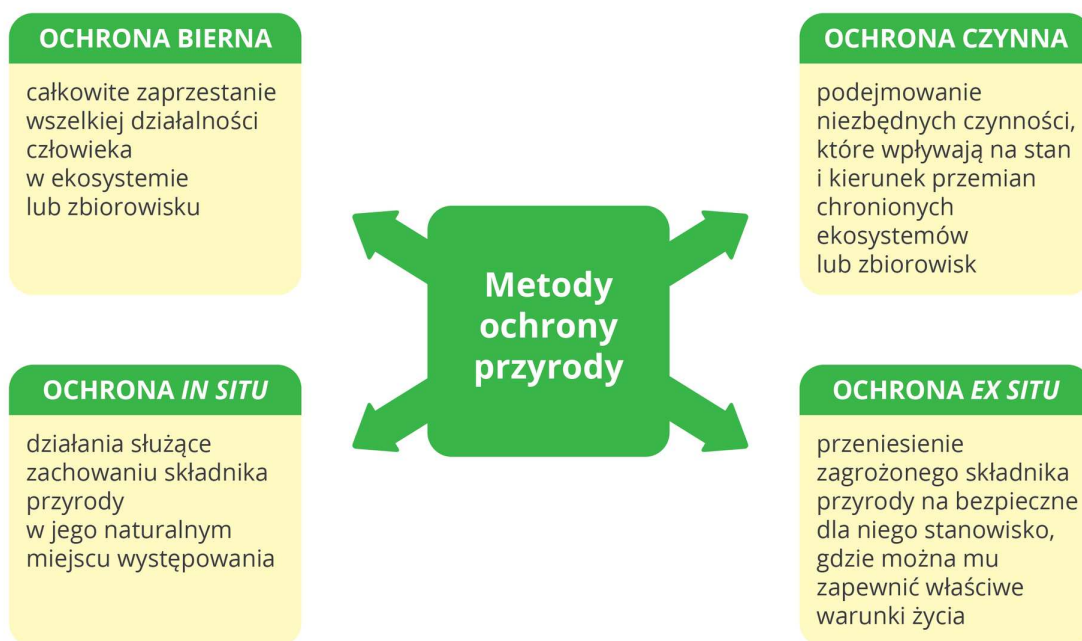
2. Zagrożenia różnorodności biologicznej i wymieranie gatunków

W dziejach Ziemi kilkakrotnie występowało zjawisko naturalnego wymierania gatunków, spowodowane zmianami klimatu czy nagłymi wybuchami wulkanów i uderzeniami planetoid. Od ok. 10 tysięcy lat następuje wymieranie gatunków. Za podstawową przyczynę tego procesu uznaje się działalność człowieka.



3. Ochrona przyrody

Istnienie każdego gatunku, łącznie z gatunkiem ludzkim, zależy od zachowania jego różnorodności genetycznej. Ochrona przyrody ma na celu utrzymanie naturalnych procesów ekologicznych i ewolucyjnych, zachowanie różnorodności organizmów i optymalnych warunków dla ich życia, racjonalne użytkowanie zasobów przyrody i zachowanie piękna krajobrazu. Działania w ramach ochrony przyrody zmierzają do odtwarzania lub pomnażania składników przyrody zniszczonych lub zmienionych przez człowieka.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Zadania otwarte

Pamiętam i rozumiem

Polecenie 1

Wyjaśnij, czym jest różnorodność gatunkowa, i opisz czynniki, które ją warunkują.

Polecenie 2

Wymień główne przyczyny zanikania naturalnych ekosystemów i spadku różnorodności biologicznej.

Polecenie 3

Podaj przykłady egzystencjalnych, ekonomicznych, etycznych i estetycznych motywów ochrony przyrody w Polsce i na świecie.

Polecenie 4

Wyjaśnij, na czym polega rola banku genów w zachowaniu różnorodności biologicznej.

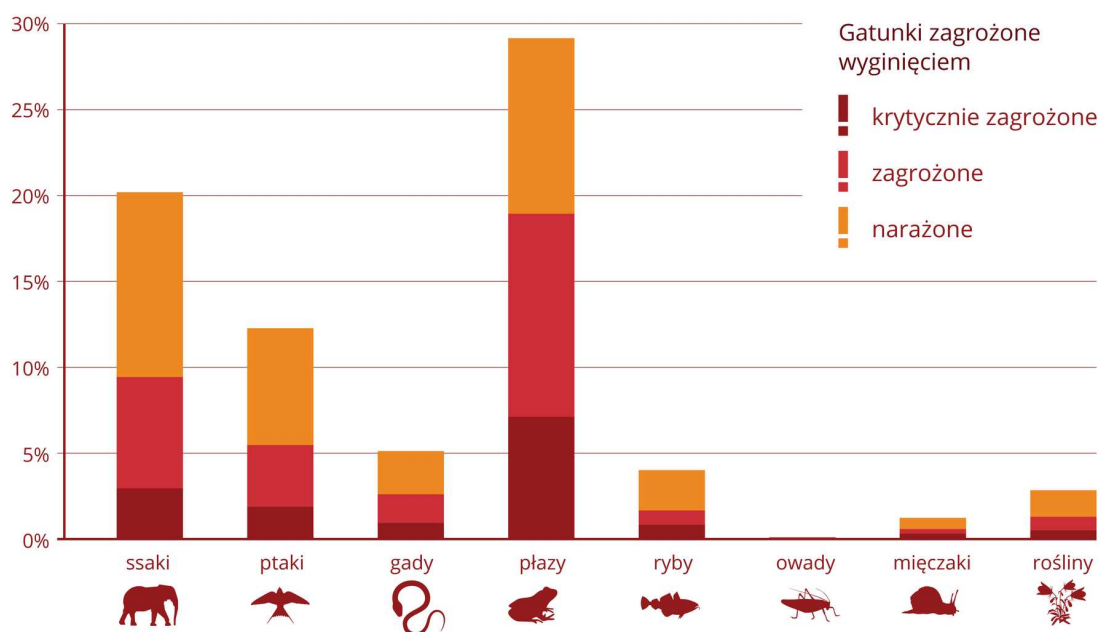
Polecenie 5

W 1973 r. w Waszyngtonie przedstawiciele 88 państw przyjęli Konwencję CITES. Opisz, czego dotyczy ta konwencja i jakie ma znaczenie dla ochrony przyrody.

Czytam i interpretuję

Polecenie 6

Wykres przedstawia odsetek gatunków zagrożonych wyginięciem na świecie (dane wg Międzynarodowej Unii Ochrony Przyrody na rok 2007).



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

1. Podaj nazwę grupy organizmów, która jest najbardziej narażona na wyginięcie, oraz wymień przyczyny tego zjawiska.
2. Podaj nazwę grupy, która jest najmniej narażona na wyginięcie, i wymień najbardziej prawdopodobne przyczyny tego zjawiska.
3. Odczytaj z diagramu, jaki odsetek poszczególnych grup kręgowców jest krytycznie zagrożony wyginięciem. Podaj przykłady gatunków takich zwierząt.

Polecenie 7

Przeczytaj tekst i wykonaj polecenia.

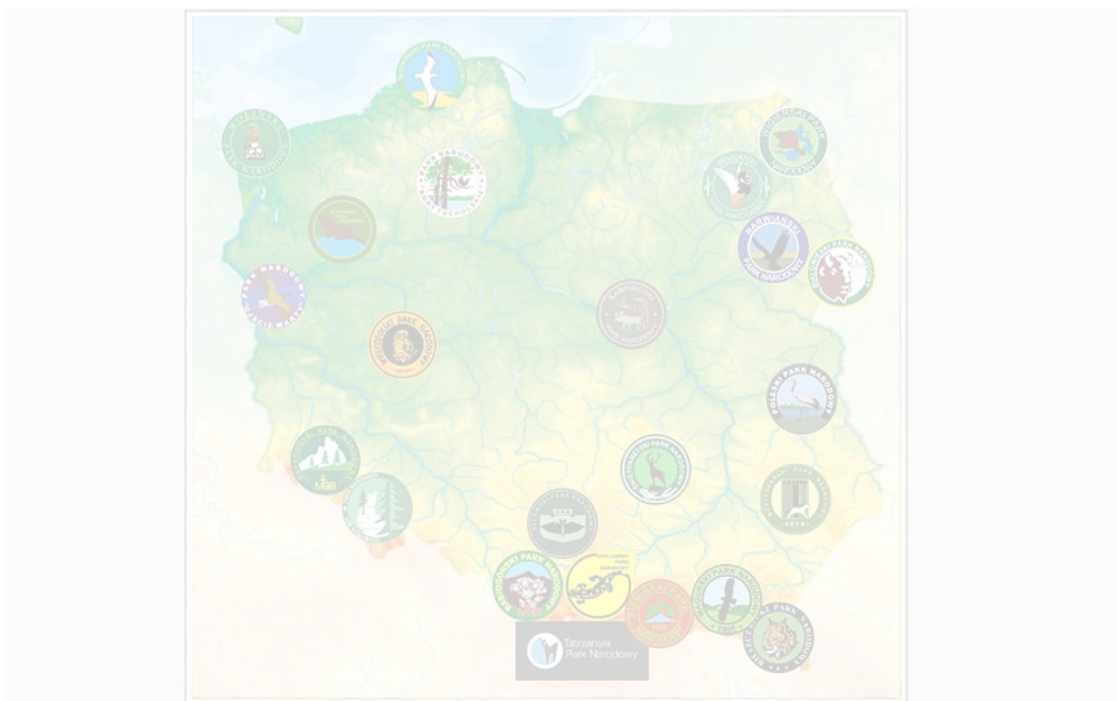
Nikt nie przewidział, że przywiezienie ponad 100 lat temu do Anglii kilku wiewiórek szarych z Ameryki Północnej przesądzi o losie ich rudych kuzynek, które zostały wyparte ze wszystkich siedlisk z wyjątkiem 16 rezerwatów. Ok. 70% wiewiórek szarych w Wielkiej Brytanii jest nosicielami wirusa ospy, który u nich nie wywołuje choroby, ale jest śmiertelnie groźny dla wiewiórek europejskich. Tam, gdzie choroba występuje, populacja rudych gryzoni kurczy się nawet 25 razy szybciej niż w rejonach wolnych od wirusa.

W 1948 r. sprowadzono 5 wiewiórek szarych do północnych Włoch, gdzie znalazły świetne warunki do życia. W ciągu 50 lat dotarły do Francji, potem ruszyły na północny wschód. Wkrótce podbiją resztę Europy. Na szczęście, we włoskiej populacji tych zwierząt nie stwierdzono wirusa ospy (na podstawie: , 10/2006, s.13).

1. Wyjaśnij, jaką rolę w przyrodzie Wielkiej Brytanii pełni gatunek wiewiórki szarej.
2. Nazwij przynajmniej jedną formę ochrony, jaką podjęto wobec wiewiórki rudej na Wyspach Brytyjskich.
3. Ustal, jakie działania należy podjąć w celu ochrony wiewiórki rudej zamieszkującej kontynent europejski.

Polecenie 8

Podaj nazwy parków narodowych, które obejmują wyjątkowe obszary przyrodnicze, jak las pierwotny, wydmy, torfowiska, bagna, klify morskie, i wskaż je na mapie.

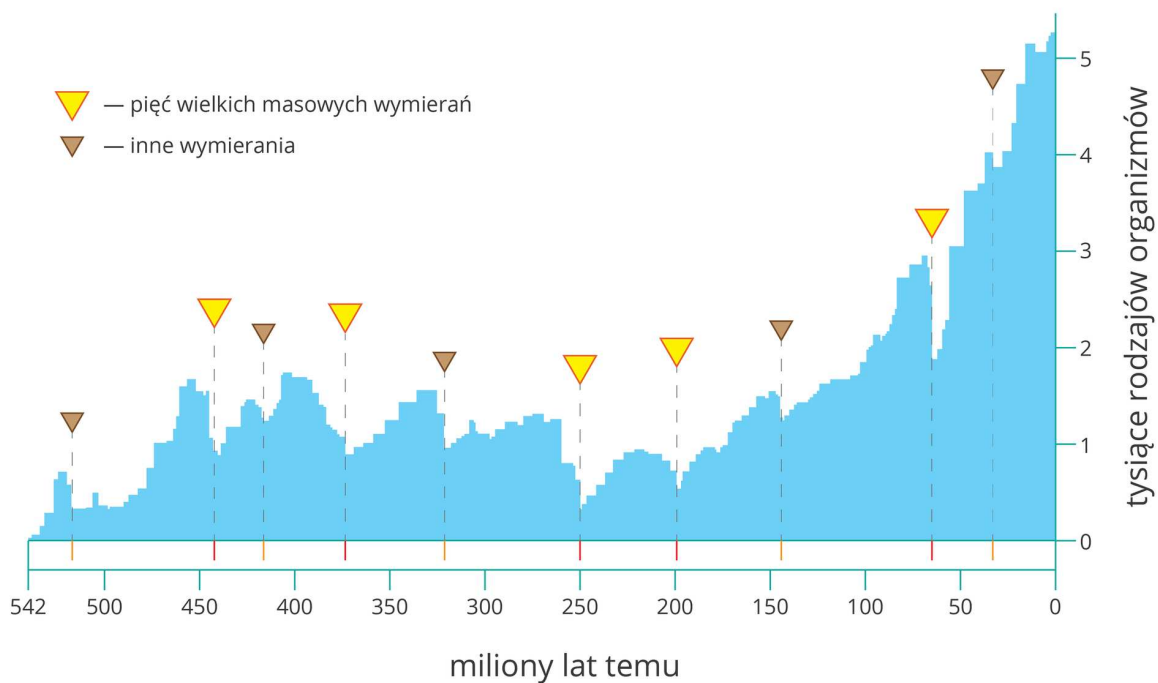


Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DCu05u33I>

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 9

Na podstawie informacji przedstawionych na poniższym wykresie sformułuj jak najwięcej hipotez dotyczących bioróżnorodności w przeszłości Ziemi.



Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 10

Przeczytaj tekst i wykonaj polecenia.

Przez stulecia bezlitośnie tępiono duże drapieżniki. Na początku XX w. w Europie występowały jedynie szczątkowe populacje wilków, rysi eurazjatyckich, niedźwiedzi brunatnych i rosomaków. Obecnie obserwuje się wzrost ich liczebności. Stopniowo powracają do dawnych ostoi, nierzadko zamieszkując obszary położone w bezpośrednim sąsiedztwie ludzi. Odtwarzanie się ich populacji jest ogromnym sukcesem europejskiego modelu ochrony przyrody. Naukowcy podkreślają, że rozwiązania wdrażane w innych częściach świata, polegające na ochronie dużych drapieżników niemal wyłącznie w parkach narodowych oraz odległych i odizolowanych od ludzkich skupisk obszarach dziewiczych, są niewystarczające. Europa, pomimo 2 razy mniejszej powierzchni i znacznie większej gęstości zaludnienia, ma dwukrotnie więcej wilków niż Stany Zjednoczone (wyłączając Alaskę).

Duże drapieżniki wiele zyskały dzięki wprowadzeniu wiążących większość europejskich krajów rozwiązań prawnych, m.in. konwencji berneńskiej oraz dyrektywy siedliskowej. Według raportu z 2014 r. największą liczebność we wszystkich krajach europejskich wykazuje niedźwiedź – 17 tysięcy osobników. Zaraz za nim plasuje się wilk – ok. 12 tysięcy oraz ryś euroazjatycki – 9 tysięcy osobników. Najrzadszy jest rosomak, który przetrwał wyłącznie w Szwecji, Norwegii i Finlandii, a jego liczebność oceniono na ok. 1 250 osobników. Odrodzenie populacji dużych drapieżników rodzi jednak problemy związane z drapieżnictwem na zwierzętach hodowlanych. Istnieje potrzeba ciągłego monitorowania populacji drapieżników oraz rozwiązywania ewentualnych konfliktów, np. między hodowcami a instytucjami czuwającymi nad zwiększeniem populacji drapieżników. Bez tego sukces może zostać szybko zaprzepaszczony. (Na podstawie: , 03/2015, s. 11.)

1. Wymień nazwy dużych drapieżników, które zamieszkują terytorium Polski.
2. Wyjaśnij, dlaczego konwencja berneńska i dyrektywa siedliskowa okazały się skutecznymi sposobami ochrony gatunków w Europie.
3. Wymień zalety i wady ochrony drapieżników wyłącznie w parkach narodowych.
4. Wykonaj wykres słupkowy ilustrujący liczebność dużych drapieżników na terenie Europy w 2014 r.

Rozwiązuję problemy

Polecenie 11

Ochrona przyrody wymaga od rządów państw i samorządów lokalnych wysokich nakładów finansowych. Czy uważasz, że warto ponosić takie koszty? Uzasadnij swoje zdanie.

Polecenie 12

Odwołując się do czynników geograficznych określ, na którym obszarze panuje większa różnorodność gatunkowa, w Himalajach czy na Grenlandii.

Polecenie 13

Ochrona wilka w Europie budzi wiele emocji. Największe kontrowersje pojawiają się w państwach, w których wilki wytępiono przed dziesiątkami lat. Tamtejsi hodowcy zarzucili wszelkie metody ochrony stad i wprowadzili masowy, pozbawiony nadzoru system wypasu owiec. Pojawienie się pierwszych wilków po tak długim czasie spowodowało lawinę szkód i ogromną niechęć ludzi do dzikich przybyszów. W Polsce liczne są głosy myśliwych oraz hodowców owiec i bydła, aby zezwolić na odstrzał tych drapieżników. Protestują przeciwko temu naukowcy i działacze ochrony przyrody, wskazując na ważną rolę wilków w ekosystemach.

Wyraź swoją opinię na ten temat oraz podaj propozycje rozwiązania tego problemu.

Polecenie 14

Obszary sieci Natura 2000 budzą wiele kontrowersji, szczególnie wśród przedstawicieli lokalnej administracji, którzy woleliby w inny sposób zagospodarować podległe im tereny. Właściciele gruntów objętych obszarami Natura 2000 otrzymują rekompensaty finansowe za utracone dochody wynikające z wprowadzonych ograniczeń.

Jak sądzisz, co jest ważniejsze: ochrona ginących gatunków i ich siedlisk czy rozwój gospodarczy regionu? Wyraź swoją opinię. Podaj propozycje rozwiązania zasygnalizowanego problemu.

Polecenie 15

Wyjaśnij, jakie znaczenie dla ochrony różnorodności biologicznej ma współpraca międzynarodowa. Podaj przykłady korzyści wynikających z takiej współpracy.

Zadania zamknięte

Otwórz i wydrukuj załącznik.

Źródło: Alicja Kasińska, licencja: CC BY 3.0.

Projekt badawczy

Otwórz i wydrukuj załącznik.

Źródło: Alicja Kasińska, licencja: CC BY 3.0.

Materiały metodyczne dla nauczycieli

Zachęcamy Państwa do wykorzystania materiałów opracowanych przez redaktora metodycznego, tj. konspektów lekcji, kart pracy ucznia oraz kartkówek, sprawdzianów i testów kompetencji.

- **Konspekty lekcji** – każdemu z nich przypisano wykaz wymagań z podstawy programowej realizowanych na danej lekcji, cele lekcji oraz (opisany w formie tabelarycznej) przebieg lekcji. Każda z faz lekcji została opisana za pomocą umiejętności szczegółowych, niezbędnych do osiągnięcia celów lekcji. Konspekty zawierają także sekwencje czynności ucznia (i nauczyciela) umożliwiające spełnienie wymagań podstawy programowej, wykaz stosowanych metod nauczania, ze szczególnym uwzględnieniem metod aktywnej pracy uczniów, propozycje pomocy dydaktycznych oraz czas przewidywany na realizację poszczególnych zadań.
- **Karty pracy ucznia** – zaopatrzone w zadania do wypełnienia w trakcie lekcji. W intencji autora zbiór wypełnionych kart pracy może zastąpić zeszyt przedmiotowy.
- **Kartkówki** – propozycje ewaluacji danej jednostki lekcyjnej, zawierające dwa zadania sprawdzające otwarte i jedno zamknięte.
- **Sprawdziany** – propozycje ewaluacji danego działu, dostępne wraz z kluczem odpowiedzi i kryteriami nauczania.
- **Testy diagnozujące** – uzyskane na ich podstawie wyniki („na wejściu” i „na wyjściu”) pozwalają zorientować się, jakie postępy poczynili uczniowie w trakcie całorocznej nauki przedmiotu.

Materiały do lekcji

Program nauczania i plan dydaktyczny

Źródło: Alicja Kasińska, licencja: CC BY 3.0.

Materiały do lekcji 1.8 Klonowanie ssaków

Źródło: Grażyna Skirmuntt, licencja: CC BY 3.0.

Materiały do lekcji 2.4 Zagrożenia różnorodności biologicznej

Źródło: Grażyna Skirmuntt, licencja: CC BY 3.0.

Materiały do lekcji 2.8 Dlaczego chronimy przyrodę?

Źródło: Grażyna Skirmuntt, licencja: CC BY 3.0.

Materiały do lekcji 2.12 Bogactwo przyrody

Źródło: Grażyna Skirmuntt, licencja: CC BY 3.0.

Sprawdzian po szkole ponadgimnazjalnej

Źródło: Grażyna Skirmuntt, licencja: CC BY 3.0.