

DLA
ABSOLWENTÓW
SZKÓŁ
PODSTAWOWYCH

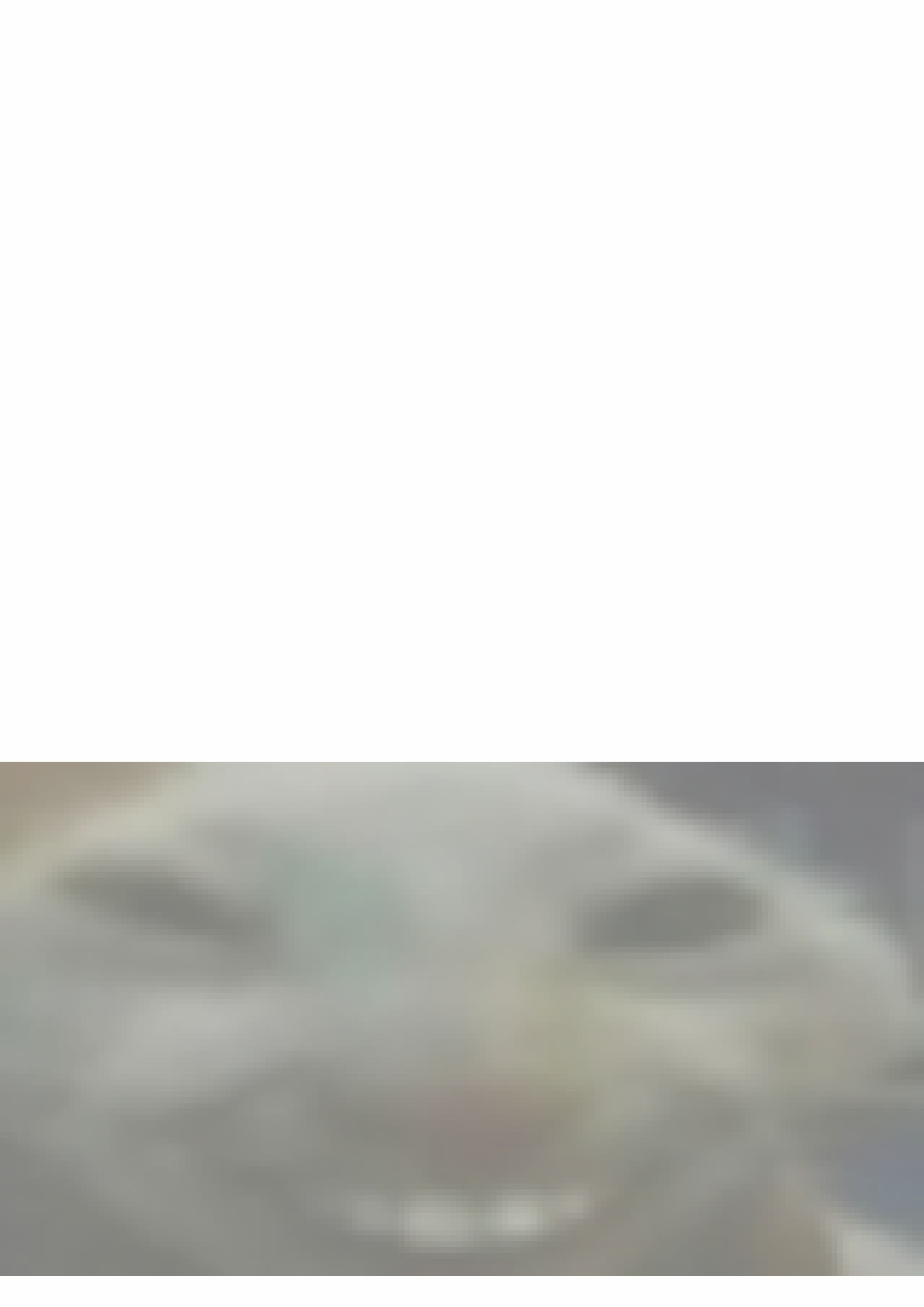
Oblicza geografii

Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego i technikum

1

Zakres rozszerzony

nowa
era



Roman Malarz

Marek Więckowski

Paweł Kroh

Oblicza geografii

1

Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego i technikum

Zakres rozszerzony



Twoje mocne strony

Oblicza geografii

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia ogólnego do nauczania geografii, na podstawie opinii rzeczoznawców:

**dr. Krzysztofa Olszewskiego, dr. Ryszarda Orłowskiego,
prof. dr. hab. Andrzeja Sieradzkiego.**

Etap edukacyjny: III

Typ szkoły: liceum ogólnokształcące i technikum

Rok dopuszczenia: 2019

Numer ewidencyjny w wykazie MEN: 973/1/2019

Podręcznik został opracowany na podstawie *Programu nauczania geografii w zakresie rozszerzonym dla liceum ogólnokształcącego i technikum – Oblicza geografii* autorstwa Ewy Marii Tuz, Barbary Dziedzic oraz Barbary Korbel.

Nabyta przez Ciebie publikacja jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy o przestrzeganie praw, jakie im przysługują. Zawartość publikacji możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym, ale nie umieszczaj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, to nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. Możesz skopiować część publikacji jedynie na własny użytek.

Szanujemy cudzą własność i prawo. Więcej na www.legalnakultura.pl



© Copyright by Nowa Era Sp. z o.o. 2019
ISBN 978-83-267-3613-1

Konsultacja merytoryczno-dydaktyczna: dr Tomasz Rachwał.

Koordynacja prac i redakcja merytoryczna: Paweł Przybylski.

Redakcja merytoryczna: Piotr Jaworski.

Współpraca redakcyjna: Paulina Rosiak, Agnieszka Szymanowska-Pancer.

Redakcja językowa: Anna Lota. **Autor Testów sprawdzających:** Józef Soja.

Autorka Sposobów na zadanie oraz Zadań powtórzeniowych: Violetta Feliniak.

Nadzór artystyczny: Kaia Pichler. **Opieka graficzna:** Ewa Kaletyn.

Projekt okładki: Maciej Galiński. **Projekt graficzny:** Sławomir Włodarczyk.

Opracowanie graficzne: Marek Błoszko, Marcin Kołacz, Aleksandra Szpunar, Sławomir Włodarczyk, Jakub Woliński.

Ilustracje: Elżbieta Buczkowska, Rafał Buczkowski, Marta Długokęcka, Wioleta Herczyńska, Adam Klodecki, Przemysław Kłosin, Krzysztof Mrawiński, Marek Nawrocki, Marcin Oleksak, Wojciech Sendal, Ewa Sowulewska.

Mapy: Zespół Kartograficzny Nowa Era. **Fotoserwis:** Bogdan Wańkowicz.

Realizacja projektu graficznego: Mariusz Trzaskalski.

Nowa Era Sp. z o.o.

Aleje Jerozolimskie 146 D, 02-305 Warszawa

www.nowaera.pl, e-mail: nowaera@nowaera.pl

Centrum Kontaktu: 801 88 10 10, 58 721 48 00

Druk i oprawa: ArtDruk Kobyłka

O czym jest podręcznik?

W podręczniku *Oblicza geografii 1* znajdziesz ważne i ciekawe informacje dotyczące geografii fizycznej, m.in. wszechświata, atmosfery, zasobów wodnych Ziemi, a także wnętrza naszej planety i ukształtowania jej powierzchni. Dzięki tym wiadomościom odpowiesz na wiele pytań dotyczących środowiska, w którym żyjesz.

Czy wybuchy
wulkanów
to tylko
katastrofa?

Czy korazja
to termin
geograficzny?

Dlaczego
satelity są
ważne
dla geografii?

Do czego służą poszczególne elementy podręcznika?

To było w szkole podstawowej!

Informacje na stronie rozpoczynającej dany dział ułatwią Ci zrozumienie nowych zagadnień.

Krok po kroku

Samouczki pozwolą Ci opanować najważniejsze umiejętności geograficzne.



Spojrzenie z bliska

Opisy zjawisk, które wystąpiły w konkretnych miejscach, nie tylko zilustrują zagadnienia omawiane na lekcji, lecz także pomogą Ci zrozumieć istotne związki przyczynowo-skutkowe.

Na tej lekcji dowiesz się

Wyszczególnienie głównych treści lekcji podpowie Ci, co w danym temacie jest najważniejsze.

Czy wiesz, że...

Dzięki **ciekawostkom** zdobędziesz interesujące informacje związane z lekcją.

Zadania

Wykonanie **poleceń** umieszczonych na końcu tematu pozwoli Ci utrwalić zdobytą wiedzę. Gwiazdką (*) oznaczono zadania o wyższym stopniu trudności.



PoGISujmy

Czytelne **instrukcje** pokażą Ci, jak korzystać z ogólnodostępnych baz danych GIS.



W Twoim regionie

Te **instrukcje** pomogą Ci analizować elementy środowiska geograficznego w Twoim miejscu zamieszkania.



WIESZ, UMIESZ, ZDASZ

Podsumowanie

Na tych stronach znajdziesz syntetyczne **zestawienie kluczowych wiadomości**.

Sposób na zadania

Wskazówki i podpowiedzi ułatwią Ci rozwiązywanie zadań z konkretnym czasownikiem operacyjnym.

Zadania powtórzeniowe

Dzięki tym **zadaniom** przećwiczysz udzielanie odpowiedzi dostosowanych do określonych typów poleceń.

Interakcje

Te **informacje** pozwolą Ci zdobyć umiejętność analizowania współzależności między komponentami środowiska geograficznego.

Spis treści

Wprowadzenie	5
--------------------	---

I. Obraz Ziemi

1. Źródła informacji geograficznej	8
2. Metody badań geograficznych	12
3. Mapa jako obraz Ziemi	16
4. Metody prezentowania informacji na mapach	21
5. Jak czytać mapę?	25
6. Geograficzne systemy informacyjne	30
Podsumowanie	37
Test sprawdzający	40
Sposób na zadania	42
Zadania powtórzeniowe	43

II. Ziemia we wszechświecie

1. Wszechświat	46
2. Budowa Układu Słonecznego	52
3. Ruch obiegowy Ziemi	59
4. Ruch obrotowy Ziemi	66
5. Czas na Ziemi	71
Podsumowanie	77
Test sprawdzający	80
Sposób na zadania	82
Zadania powtórzeniowe	83

III. Atmosfera

1. Budowa atmosfery	86
2. Temperatura powietrza	90
3. Ciśnienie atmosferyczne. Cyrkulacja atmosferyczna	97
4. Opady atmosferyczne. Fronty atmosferyczne	105
5. Prognozowanie pogody i ekstremalne zjawiska pogodowe	113
6. Czynniki klimatotwórcze	118
7. Klimaty kuli ziemskiej	122
Podsumowanie	129
Test sprawdzający	132
Sposób na zadania	134
Zadania powtórzeniowe	135

IV. Hydrosfera

1. Zasoby wodne Ziemi. Oceany i morza	138
2. Dynamika mórz i oceanów	144
3. Sieć rzeczna	150
4. Jeziora	156
5. Lodowce górskie i lądolody	162
6. Wody podziemne	167
Podsumowanie	175
Test sprawdzający	178
Sposób na zadania	180
Zadania powtórzeniowe	181

V. Wnętrze Ziemi. Procesy endogeniczne

1. Budowa wnętrza Ziemi	184
2. Minerale i skały	187
3. Tektonika płyt litosfery	194
4. Ruchy górotwórcze	199
5. Plutonizm i wulkanizm	204
6. Trzęsienia ziemi, ruchy epejrogeniczne i izostatyczne	210
7. Wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego	214
8. Odtwarzanie i datowanie dziejów Ziemi	218
9. Kronika dziejów Ziemi	223
Podsumowanie	227
Test sprawdzający	230
Sposób na zadania	232
Zadania powtórzeniowe	233

VI. Procesy egzogeniczne

1. Wietrzenie	236
2. Ruchy masowe	240
3. Procesy krasowe	245
4. Rzeźbotwórcza działalność rzek	250
5. Rzeźbotwórcza działalność lodowców górskich i lądolodów	256
6. Rzeźbotwórcza działalność wiatru	263
7. Rzeźbotwórcza działalność morza	269
Podsumowanie	276
Test sprawdzający	278
Sposób na zadania	280
Zadania powtórzeniowe	281

VII. Pedosfera i biosfera

1. Powstawanie gleb	284
2. Typy genetyczne gleb	287
3. Strefy roślinne	293
Podsumowanie	300
Test sprawdzający	302
Sposób na zadania	304
Zadania powtórzeniowe	305

Interakcje	307
Klucz odpowiedzi do testów sprawdzających	314
Klucz odpowiedzi do zadań powtórzeniowych	316
Warsztaty terenowe	317
Dane statystyczne	321
Indeks	332

Wprowadzenie

W tym roku szkolnym rozpoczynasz naukę geografii w zakresie rozszerzonym. Właśnie z tego przedmiotu będziesz zdawać maturę. Dzięki geografii zrozumiesz wiele zjawisk i procesów, które zachodzą tuż obok Ciebie. Z bliskiego związku środowiska przyrodniczego z życiem ludzi zdawano sobie sprawę już ponad 2 tys. lat temu.

■ Przedmiot i cele badań geograficznych

Terminu *geografia* użył po raz pierwszy Erazm z Cyreny – grecki uczonec, który żył na przełomie III i II w. p.n.e. Ten wyraz pochodzi od greckich słów *gē* – ‘ziemia’ oraz *graphō* – ‘piszę, opisuję’, oznacza więc ‘opis Ziemi’.

Od starożytności aż do połowy XIX w. geografia głównie **opisywała** środowisko przyrodnicze, czyli powłokę ziemską wraz z elementami przyrody ożywionej i nieożywionej. Przedstawiała również zwyczaje oraz działalność ludzi zamieszkujących zarówno znane, jak i odkrywane obszary. Obecnie ta nauka zajmuje się

przede wszystkim **badaniem** środowiska przyrodniczego oraz społeczno-gospodarczej działalności człowieka. Istotnym zadaniem geografii jest też **analizowanie współzależności** elementów środowiska geograficznego, tworzonego przez przyrodę oraz wytwory działalności człowieka.

Geografia dostarcza wiedzy o zmianach poszczególnych elementów środowiska, ich obecnym stanie oraz panujących między nimi zależnościach. Dzięki temu pozwala prognozować skutki ingerencji człowieka w środowisko i badać relację odwrotną – wpływ środowiska na życie ludzi. Z tego względu wiedzę geograficzną bardzo często wykorzystuje się podczas:

- ▶ wyznaczania kierunków rozwoju regionów oraz państw,
- ▶ opracowywania planów zagospodarowania przestrzennego,
- ▶ wyznaczania najlepszych lokalizacji dla planowanych inwestycji,
- ▶ oceny wpływu prowadzonych inwestycji na środowisko.

Sfery Ziemi

Geografia zajmuje się między innymi badaniem powłoki ziemskiej podzielonej na pięć sfer:

- litosferę – powłokę skalną,
- hydrosferę – powłokę wodną,
- atmosferę – powłokę gazową,
- biosferę – powłokę, którą tworzą organizmy,
- pedosferę – powłokę glebową.

Na pograniczu litosfery, hydrosfery i atmosfery wyróżnia się **epigeosferę**. Obejmuje ona przestrzeń rozciągającą się do takiej głębokości i wysokości, do jakiej może sięgać działalność człowieka.



Sfery Ziemi oddziałują na siebie i wzajemnie się przenikają. W ten sposób przyczyniają się do ogromnego różnicowania krajobrazów na naszej planecie.

? Podaj nazwy sfer Ziemi, które można dostrzec na fotografii. Wskaż po jednym elemencie każdej z tych sfer.

■ Podział geografii na dyscypliny

Różnorodność zagadnień, którymi zajmuje się geografia, doprowadziła w XIX w. do podziału tej nauki na dwie dyscypliny:

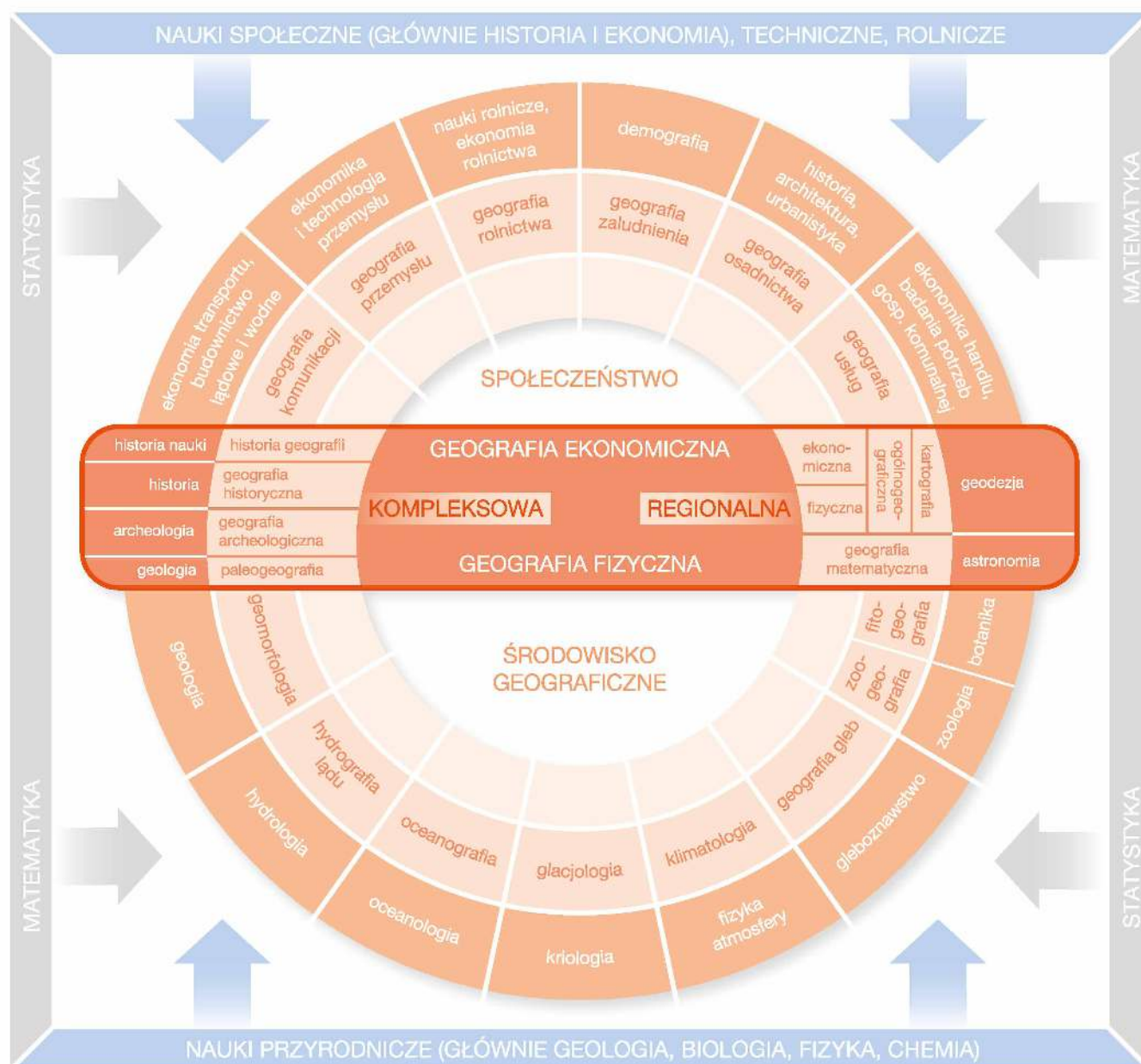
- ▶ **geografię fizyczną** – badającą przede wszystkim środowisko przyrodnicze,
- ▶ **geografię społeczno-ekonomiczną** – zajmującą się głównie działalnością człowieka w przestrzeni geograficznej.

Na skutek dalszych podziałów w obrębie geografii wyodrębniono kolejne dyscypliny naukowe. Dziś w odniesieniu do geografii coraz częściej używa się określenia *nauki geograficzne*.

■ Miejsce geografii wśród innych nauk

Geografię fizyczną zalicza się do nauk o Ziemi, a **geografię społeczno-ekonomiczną** – do nauk społecznych (poza urbanistyką, która należy do nauk inżynieryjno-technicznych). Między innymi dlatego analizy prowadzone przez geografów mają **charakter interdyscyplinarny**. Oznacza to, że wykorzystują oni osiągnięcia i metody badawcze z innych dziedzin. Na przykład miasta stanowią wspólną przestrzeń badawczą dla urbanistów, geografów społeczno-ekonomicznych, ekonomistów, klimatologów, fizyków atmosfery, statystyków oraz socjologów.

Podział nauk geograficznych (wg S. Leszczyckiego)

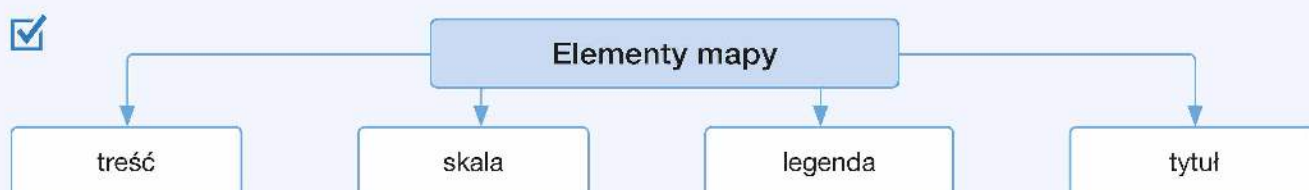




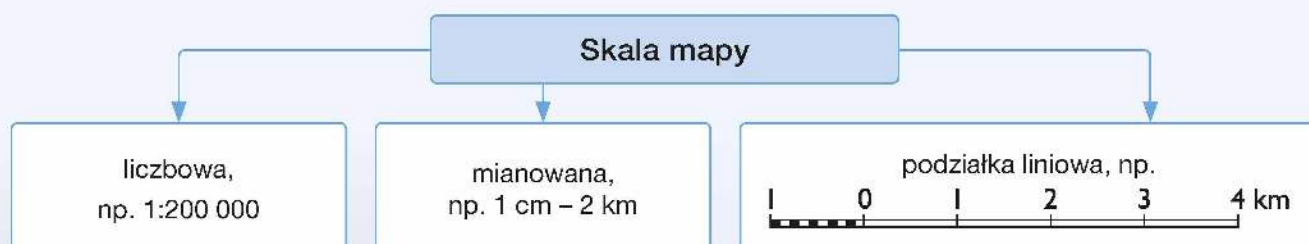
I. Obraz Ziemi

To było w szkole podstawowej!

- ✓ **Mapa** to obraz powierzchni Ziemi lub jej fragmentu widziany z góry, przedstawiony na płaszczyźnie i w pomniejszeniu, czyli w skali.



- ✓ **Skala mapy** informuje, ile razy rzeczywiste odległości zostały pomniejszone na mapie.



Źródła informacji geograficznej

Na tej lekcji dowiesz się: jakie rodzaje źródeł informacji geograficznej wyróżnia się najczęściej ■
które źródła informacji są wiarygodne ■ jak korzystać z poszczególnych źródeł informacji.

Jednym z najważniejszych zadań geografii jest gromadzenie danych, a następnie – ich analizowanie i przetwarzanie. Dane geograficzne mogą dotyczyć wielu zagadnień, dziedzin, obszarów i okresów. Dlatego czerpie się je z różnych źródeł.

■ Wybrane źródła tekstowe, kartograficzne i graficzne

Najstarszymi tekstowymi źródłami informacji są opisy miejsc lub relacje z podróży. Należy do nich *Opisanie świata* Marca Polo. Zamieszczony obok fragment tego dzieła dowodzi, że z takich źródeł należy korzystać bardzo ostrożnie. Dziś wiemy bowiem, że Cejlon (nazywany przez podróżnika Sejlanem) nie jest największą wyspą na świecie, a do zmian jej powierzchni doprowadziły skomplikowane procesy geologiczne.

Wiarygodne są z kolei współczesne źródła kartograficzne. **Mapy** nie tylko przedstawiają dany obszar. Pozwalają na niego spojrzeć z oddalenia, co ułatwia dostrzeganie zasięgu występowania zjawisk i obiektów oraz opisywanie relacji przestrzennych, które między nimi zachodzą. Obraz terenu przedstawiony na mapach jest mierzalny i dokładny na tyle, że umożliwia obliczanie odległości, powierzchni, wysokości czy nachylenia terenu.

Do ważnych i często wykorzystywanych graficznych źródeł informacji należą zdjęcia.

Tekst źródłowy

Opuściwszy wyspę Angaman, żegluję się około tysiąca mil ku zachodowi, nieco bardziej ku południo-zachodowi, i spotyka się wyspę Sejlan, która zaprawdę jest wyspą największą na świecie. I powiem wam dlaczego. Obwodu ma dwa tysiące czterysta mil. I to wam powiem, że dawniej była jeszcze większa, gdyż obwód jej wynosił trzy tysiące sześćset mil, wedle tego, co znachodzimy na mapie żeglarskiej owego morza. Lecz wiatr północny uderzył w nią tak gwałtownie, że większa część wyspy zapadła się w wodę: i to jest przyczyna, dlaczego jest ona mniejsza niż dawniej.

Marco Polo, *Opisanie świata*,
przet. A. L. Czerny, Warszawa 2010, s. 330.

Dzięki wysoko rozwiniętej technologii **zdjęcia lotnicze i satelitarne** są dokładne i przedstawiają niemal każde miejsce na Ziemi. Ponieważ wykonuje się je regularnie od kilkadziesiąt lat, ukazują zmiany, które zachodzą w środowisku geograficznym. Ponadto na ich podstawie tworzy się **ortofotomapy** (nada się zdjęciom skalę i współrzędne geograficzne). Wykonywaniem, przetwarzaniem oraz analizą zdjęć lotniczych i satelitarnych zajmuje się **teledetekcja**.

ŹRÓDŁA INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ

tekstowe	kartograficzne	graficzne	multimedialne	liczbowe	elektroniczne
• opisy • podręczniki • czasopisma • encyklopedie	• plany • mapy • atlasy geograficzne	• schematy • rysunki • profile • zdjęcia	• edukacyjne programy komputerowe • filmy popularno-naukowe	• dane statystyczne • wykresy	• bazy danych • strony internetowe • geoportale • GIS

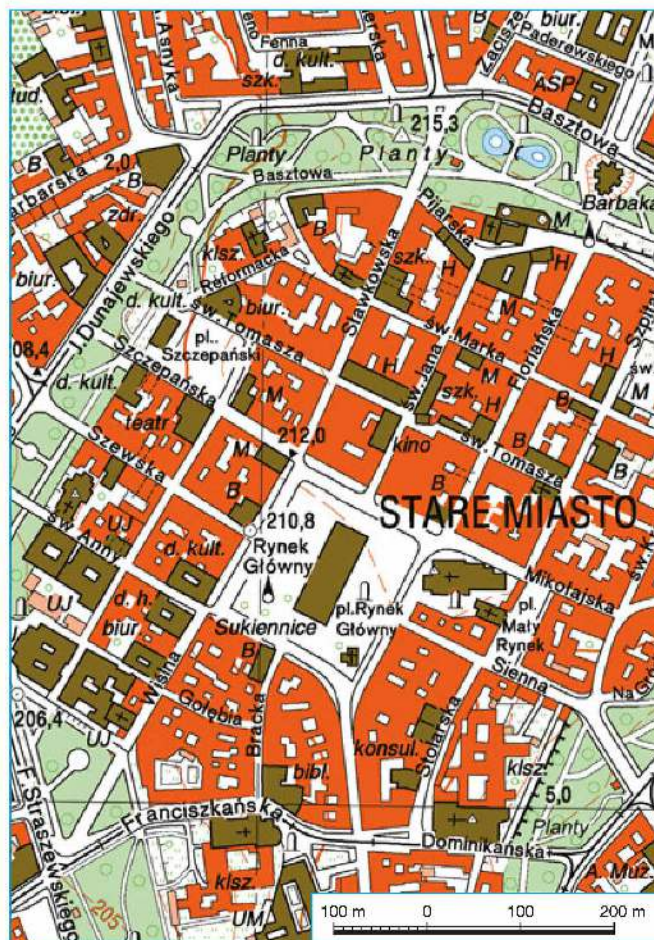
Zdjęcia lotnicze a mapy

W procesie tworzenia map bardzo często wykorzystuje się zdjęcia lotnicze oraz zdjęcia satelitarne w wysokiej rozdzielczości. Stanowią one źródło informacji, na podstawie którego kartografowie decydują o tym, jakie treści przenieść na mapę oraz w jaki sposób to zrobić. Tę pracę ułatwiają im zaawansowane programy graficzne.

Zdjęcie lotnicze



Fragment mapy



? Odszukaj różnice między obrazem terenu przedstawionym na zdjęciu lotniczym a treścią mapy. Wyjaśnij, czym są one spowodowane.

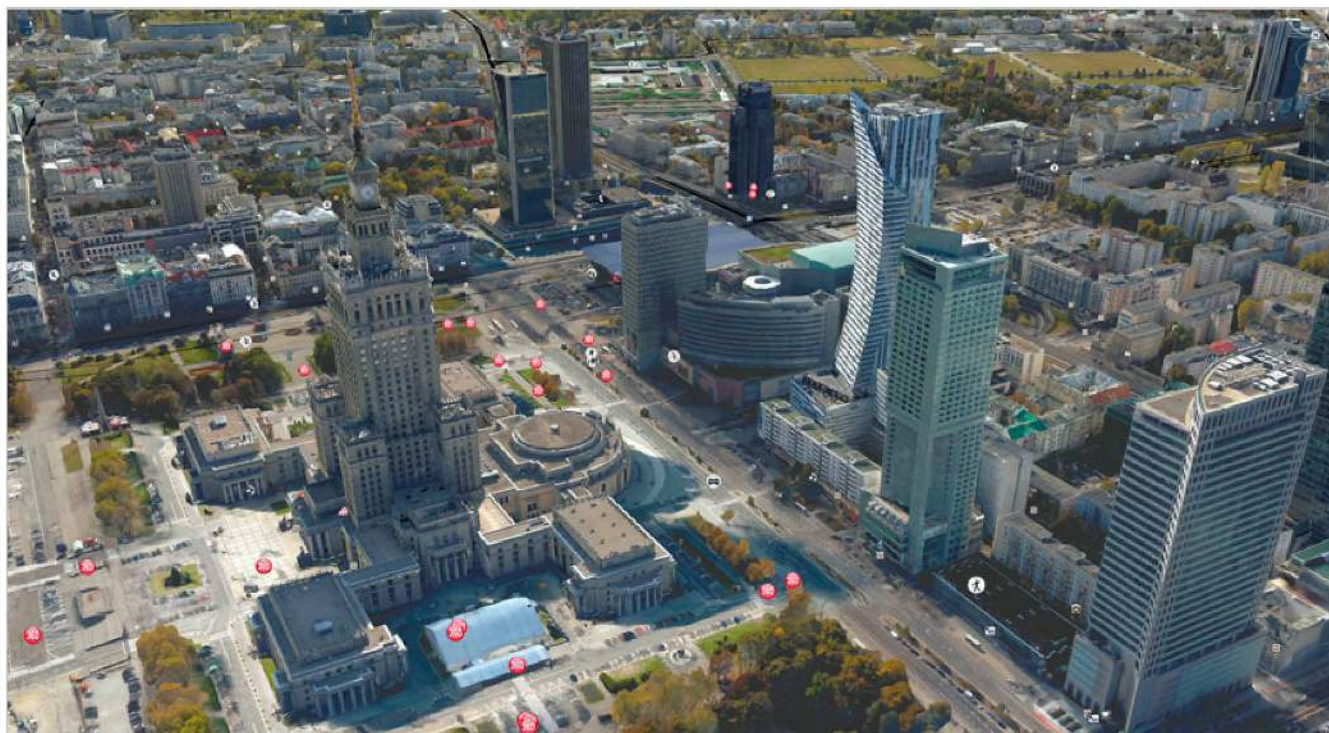
Zdjęcia wykonywane z powierzchni Ziemi dostarczają innych danych niż zdjęcia lotnicze i satelitarne. Nie pozwalają na wykonywanie precyzyjnych pomiarów, za to dokładnie rejestrują cechy obszarów, np. warunki środowiska przyrodniczego, stan dróg czy rodzaj zabudowy. Dlatego też, aby uzyskać pełny, bardzo szczegółowy obraz konkretnego miejsca, należy przeprowadzić analizę na podstawie ortofotomapy oraz zdjęć z powierzchni terenu.

Czy wiesz, że...

W badaniach zmian zachodzących w środowisku geograficznym czasem wykorzystuje się dzieła sztuki. Tę metodę zastosowano na przykład podczas analizy zmian przebiegu linii brzegowej w południowej Anglii – porównano jej obecny kształt z tym, który uwieczniono na obrazach z lat 1770–1920. Pejzaże nie oddają dokładnie rzeczywistego wyglądu krajobrazu, jednak mogą być ważnym źródłem informacji – zwłaszcza wtedy, gdy innych źródeł brak.

Źródła multimedialne

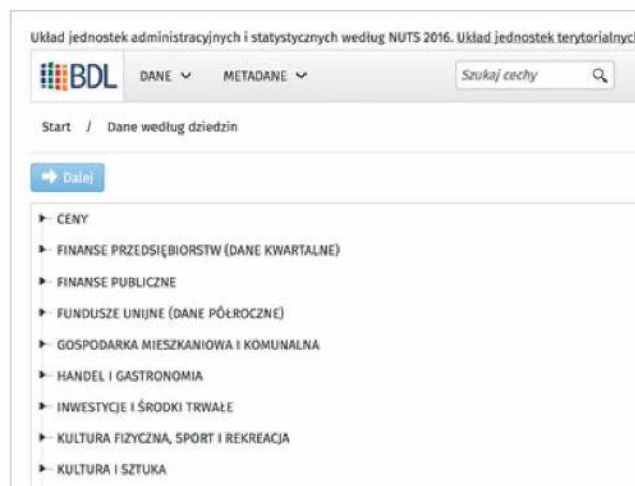
Do źródeł multimedialnych należą aplikacje komputerowe. Jedną z nich jest Google Earth Pro. Zapewnia ona dostęp do zdjęć satelitarnych Ziemi, zdjęć lotniczych, innych fotografii oraz ortofotomap z rozszerzeniami w postaci trójwymiarowych modeli zabudowy (fot.). Dzięki aplikacji można też korzystać z przewodników turystycznych i stron internetowych wielu instytucji.



■ Wybrane źródła liczbowe i elektroniczne

Ze **źródeł liczbowych** uzyskuje się **dane statystyczne**. Należą do nich na przykład wartości temperatury i wilgotności powietrza zarejestrowane w danym miejscu, liczba turystów wchodzących do parku narodowego czy odległość przewozu produktów z fabryki do sklepów. Aby uporządkować duże zbiory liczb, zwykle prezentuje się je w tabelach. Z kolei żeby ułatwić analizę oraz interpretację danych, przedstawia się je na różnego rodzaju diagramach i wykresach.

Najnowsze dane statystyczne, dotyczące nie tylko państw czy regionów, lecz także poszczególnych jednostek administracyjnych (np. gmin), znajdują się w internecie. Można je uzyskać na przykład ze stron **Głównego Urzędu Statystycznego**, zwłaszcza z serwisu **Bank Danych Lokalnych (BDL)**.



W Banku Danych Lokalnych można znaleźć dane pogrupowane według jednostek administracyjnych lub według dziedzin, np. liczbę absolwentów liceów, którzy otrzymali świadectwo dojrzałości w 2015 r.

➦ Warto zajrzeć!
<http://stat.gov.pl>
<http://swaid.stat.gov.pl>
<https://bd.l.stat.gov.pl>



Badaniem przeprowadzanym w terenie jest na przykład wiercenie rdzeni lodowych. Umożliwia ono poznanie zawartości gazów cieplarnianych w powietrzu uwiecznionym w lodzie, a w związku z tym – badanie zmian klimatu.



Prowadzenie badań terenowych bywa trudne i niebezpieczne. Na przykład speleolodzy pracujący w Kryształowej Jaskini w Meksyku zmagają się z temperaturą powietrza przekraczającą 57°C.

Oprócz danych statystycznych w internecie znajdują się także inne informacje. Trzeba z nich jednak korzystać rozsądnie. Narzędziem, dzięki któremu można odnaleźć **publikacje naukowe** zawierające wiarygodne, poparte badaniami dane, jest wyszukiwarka **Google Scholar**. Po wpisaniu w oknie wyszukiwania konkretnego hasła, np. *Śniardwy*, wśród wyników pojawiają się tylko linki do publikacji naukowych dotyczących tego jeziora, a nie do stron poświęconych turystyce czy rekreacji.

Warto zajrzeć!
<https://scholar.google.pl/>

Zbieranie danych w terenie

Niektóre dane dotyczące elementów środowiska przyrodniczego zbiera się w terenie. Nie można przecież zmierzyć temperatury powietrza w jaskini albo przezroczystości wody w jeziorze bez umieszczenia przyrządów pomiarowych w odpowiednim miejscu. Dzięki badaniom terenowym uzyskuje się też cenne dane społeczno-ekonomiczne, np. informacje

o poziomie życia, liczbie osób przechodzących przez wybrane przejście dla pieszych czy natężeniu hałasu na autostradzie. Dużą część badań terenowych można prowadzić samodzielnie i bez specjalistycznego sprzętu, np. rozpoznawać skały występujące na powierzchni, aktualizować mapy i plany czy dowiadywać się, jakie są opinie mieszkańców na dany temat.

Jak poprawnie korzystać z informacji geograficznych?

Równie ważne jak zbieranie danych jest ich weryfikowanie i selekcjonowanie. Dlatego właśnie należy wiedzieć:

- ▶ **gdzie zebrano dane** – bez tego nie można ich analizować w konkretnej przestrzeni,
- ▶ **kiedy je zebrano** – niektóre dane bardzo szybko stają się nieaktualne (np. dane sprzed 10 lat dotyczące liczby ludności określonego kraju),
- ▶ **w jaki sposób zostały zebrane** – wszystkie pomiary muszą przebiegać zgodnie z metodologią badań geograficznych.

Zadania

1. Podaj dwa źródła informacji geograficznej, z których najczęściej korzystasz.
2. Ustal, co trzeba wiedzieć o danych uzyskanych dzięki prowadzeniu pomiarów temperatury powietrza, żeby można je było wykorzystać w badaniach klimatu.
3. Wymień trzy zjawiska lub procesy, które możesz opisać na podstawie danych zebranych samodzielnie w terenie.

2

Metody badań geograficznych

Na tej lekcji dowiesz się: czym są ilościowe i jakościowe metody badań geograficznych ■ w jaki sposób odczytywać informacje z tabel i wykresów ■ jak przygotować ankietę.

Najważniejszym spośród pytań, na które odpowiada geografia, jest pytanie *Gdzie?*. Jednak oprócz lokalizacji ważne są także inne dane. Aby do nich dotrzeć, trzeba wykorzystać odpowiednie metody badań. Te metody najczęściej dzieli się na ilościowe i jakościowe. Podobnemu podziałowi podlegają uzyskane już dane.

■ Ilościowe i jakościowe metody badań

Metody ilościowe stosuje się wtedy, gdy wyniki badań mają odpowiadać na pytanie *Ile?*. Te metody charakteryzują dane zjawisko za pomocą liczb. Opierają się na dużej grupie badawczej – wymagają zgromadzenia wielu danych, które następnie analizuje się z wykorzystaniem narzędzi statystycznych. Metody ilościowe służą też do opracowywania prognoz i szacowania wielkości lub natężenia zjawisk. Przykładami danych ilościowych są wartości temperatury powietrza w określonym miejscu i czasie, a także liczba samochodów w konkretnym mieście.



Obecnie większość danych ilościowych pozyskuje się automatycznie. W taki sposób otrzymuje się na przykład wyniki pomiarów w stacjach meteorologicznych.

Metody jakościowe służą uzyskiwaniu danych odpowiadających przede wszystkim na pytania *Jak?* i *Dlaczego?*. Stosuje się je zazwyczaj wtedy, gdy istnieje potrzeba pogłębienia wiedzy o zjawiskach badanych uprzednio za pomocą metod ilościowych.

Dane jakościowe zazwyczaj nie są przedstawiane w postaci liczb, lecz opisowych informacji, które pozwalają zrozumieć dane zjawisko. Ich przykładem mogą być odpowiedzi turystów na pytania o cel przyjazdu do konkretnej miejscowości lub stopień zadowolenia z poziomu infrastruktury turystycznej. Dane jakościowe nie wymagają dużej grupy badawczej, ale właściwego doboru tworzących tę grupę osób.

■ Analiza wykresu i tabeli

Zebrane dane liczbowe można pogrupować w tabelach i przedstawić na różnego rodzaju wykresach (liniowych, słupkowych lub kołowych). Dzięki temu dużo łatwiej dostrzec wynikające z nich zależności i tendencje.



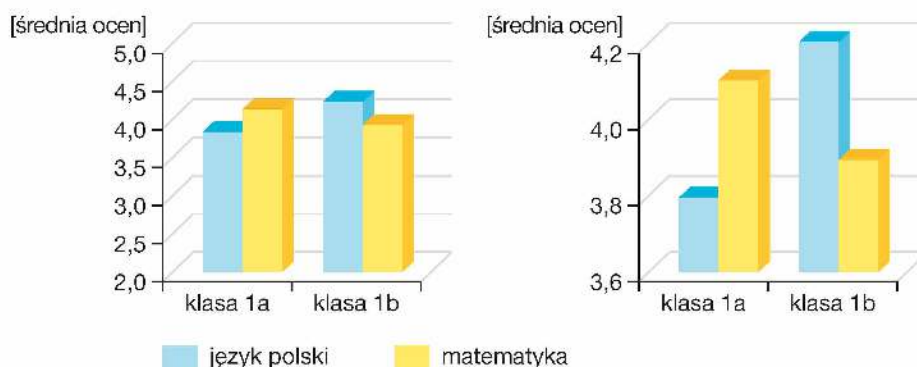
Często stosowaną metodą zbierania danych jakościowych dotyczących zagadnień geografii społeczno-ekonomicznej jest przeprowadzanie wywiadów.

Jak poprawnie czytać wykresy i tabele?

- 1 Zaczynij od przeczytania tytułu wykresu. Dzięki temu dowiesz się, jakie zjawisko będziesz analizować.
- 2 Następnie przypatrz się osiom wykresu. Ustal, jakie dane i w jakich jednostkach na nich przedstawiono.
- 3 Zwróć uwagę na wielkość zjawiska (minimalne i maksymalne wartości) oraz ogólny kierunek i dynamikę zmian. Dopiero później przeanalizuj dokładnie poszczególne fragmenty wykresu. Pamiętaj, że istotny wpływ na interpretację danych ma skala, w której je przedstawiono.

Przykład

Przyjrzyj się poniższym wykresom. Na obu ukazano średnie ocen semestralnych z języka polskiego i matematyki w klasie 1a i klasie 1b. Zauważ, że wyniki uzyskane przez uczniów z obu przedmiotów są bardzo zbliżone. Taka relacja jest doskonale widoczna na pierwszym wykresie, na którym oś Y, przedstawiającą wysokość ocen, opisano co 0,5. Zupełnie inny obraz daje drugi wykres. Oś Y opisano na nim co 0,2, a to wywołuje wrażenie, że różnica między wynikami z języka polskiego i matematyki jest bardzo duża. Przedstawianie danych w różnej skali daje możliwość ukierunkowywania ich interpretacji.



Tabele statystyczne

W tabelach statystycznych można zwykle znaleźć dane zbierane przez urzędy statystyczne, władze jednostek administracyjnych, organizacje samorządowe czy ośrodki naukowe. Aby właściwie zinterpretować te dane, należy zwracać uwagę na wszystkie elementy tabeli, także na przypisy.

TABL. 10 (70). WSPÓŁCZYNNIKI REPRODUKCJI LUDNOŚCI^a
REPRODUCTION RATES OF POPULATION^a

Wyszczególnienie	2010	2015	2016	2017	Specification
Współczynnik dzietności ^b	1,376	1,289	1,357	1,453	Total fertility rate ^b
miasta	1,292	1,240	1,325	1,418	urban areas
wieś	1,505	1,350	1,393	1,493	rural areas
Współczynnik reprodukcji brutto ^c	0,662	0,627	0,660	0,707	Gross reproduction rate ^c
miasta	0,623	0,605	0,644	0,689	urban areas
wieś	0,722	0,654	0,680	0,727	rural areas
Współczynnik reprodukcji netto ^d	0,656	0,622	0,655	0,701	Net reproduction rate ^d
miasta	0,617	0,599	0,638	0,683	urban areas
wieś	0,715	0,649	0,674	0,721	rural areas

a Wyznacza się dla konkretnych lat przy określonych założeniach dotyczących niezmiennego intensywności urodzeń oraz trwania życia, obserwowanych w danym roku wśród wszystkich rodzących kobiet. b Oznacza liczbę dzieci urodzonych przeciętnie przez kobietę w ciągu jej całego okresu rozrodczego, tj. w wieku 15–49 lat. c Oznacza średnią liczbę córek urodzonych przeciętnie przez kobietę w ciągu jej całego okresu rozrodczego, tj. w wieku 15–49 lat. d Wyraża stopień zastępowania pokoleń; oznacza średnią liczbę córek urodzonych przeciętnie przez kobietę w ciągu jej całego okresu rozrodczego, tj. w wieku 15–49 lat — przy założeniu, że córki te dożyją wieku swych matek w momencie urodzenia.

Źródło: Mały Rocznik Statystyczny, GUS, Warszawa 2018.

- ? Na podstawie przypisów do tabeli wyjaśnij różnicę między współczynnikiem reprodukcji brutto a współczynnikiem reprodukcji netto.

■ Ankiety i wywiady

Ilościową metodą zbierania danych, typową dla geografii społeczno-ekonomicznej oraz innych nauk społecznych, jest **ankietowanie**. Polega ono na zadawaniu pytań na określony temat konkretnej grupie ludzi, zliczaniu odpowiedzi, a następnie – na ich opracowywaniu statystycznym. Wskazówki dotyczące przygotowania ankiety znajdują się poniżej.

Do jakościowych metod należy z kolei przeprowadzanie **wywiadu** – rozmowy, w której jedna strona zadaje pytania, a druga na nie odpowiada. Celem wywiadu jest zdobycie informacji albo opinii na dany temat od konkretnej osoby lub kilku osób, a nie – jak w przypadku ankiety – od dużej grupy ludzi. Ta metoda zbierania danych ma charakter dialogu, jest bardziej naturalna i spontaniczna niż ankietowanie. Umożliwia też pogłębienie zdobytej wiedzy.

■ Lokalizacja

Aby właściwie zinterpretować dane, należy określić lokalizację miejsca, w którym zostały zebrane. Współcześnie do tego celu bardzo często wykorzystuje się **nawigację satelitarną**.

Czy wiesz, że...

Oznaczenie swojej pozycji za pomocą danych satelitarnych (współrzędnych geograficznych) wymaga podania kilkunastu cyfr. Ponieważ jest to trudne, kilka lat temu wymyślono nowy sposób adresowania dla całego świata – what3words. Świat podzielono w nim na kwadraty o boku 3 m i oznaczono je trzema przypadkowymi słowami. Mimo że system powstał niedawno, korzystają z niego między innymi organizacje humanitarne, firmy kurierskie, a nawet poczta w Mongolii.

Warto zajrzeć!
<https://what3words.com/pl/>

Jak poprawnie przygotować ankietę?

- 1 Zastanów się, jakie informacje chcesz zdobyć dzięki przeprowadzeniu ankiety, czyli sprecyzuj cel badania. Bez tego nie uda Ci się dotrzeć do odpowiedniej grupy docelowej (osób, którym będziesz zadawać pytania).
 - 2 Ustal, z kim chcesz przeprowadzić ankietę. Inaczej sformułujesz pytania, gdy respondentami (osobami odpowiadającymi) będą dzieci, a inaczej – pracownicy uczelni wyższej. Określenie grupy docelowej jest bardzo ważne, ponieważ to od niej głównie zależy, jakie uzyskasz odpowiedzi.
 - 3 Sformułuj pytania i ułóż je w odpowiedniej kolejności. Pytania zadawane respondentom muszą być zrozumiałe, krótkie i jednoznaczne. Ponadto nie mogą sugerować żadnej z odpowiedzi.
 W ankietach najczęściej stosuje się pytania zamknięte, ponieważ łatwiej na nie odpowiadać, a następnie – opracowywać uzyskane wyniki. W pytaniach zamkniętych należy wybrać odpowiedź (lub kilka odpowiedzi) spośród podanych. Z kolei w pytaniach otwartych trzeba sformułować własną odpowiedź. Jeśli przy pytaniu obok gotowych odpowiedzi istnieje miejsce na wyrażenie własnej opinii, jest to pytanie mieszane.
 - 4 Przetestuj ankietę. Poproś o jej wypełnienie kilku znajomych i zapytaj, czy są tam pytania, których nie rozumieją lub co do których mają wątpliwości. Wprowadź potrzebne poprawki.
- ❓ Zastanów się na jakie tematy związane z geografią społeczno-ekonomiczną warto przeprowadzić ankietę w Twojej okolicy. Podaj kilka propozycji i ustal, wśród których grup mieszkańców należałoby wykonać badania, aby uzyskane dane były przydatne.

Jak zapisać swoją lokalizację geograficzną w telefonie?

Krok po kroku

Przykład

Zapisz w telefonie współrzędne geograficzne miejsca, w którym przebywasz.

- 1 Włącz lokalizację w telefonie.
- 2 Uruchom aplikację, np. Google Maps .
- 3 Na wyświetlaczu telefonu pojawi się niebieska kropka oznaczająca Twoją pozycję oraz niebieski okrąg, który wyznacza dokładność pomiaru (ekran A).
- 4 Dotknij ekranu w miejscu, w którym zbierasz dane (nie odrywaj palca).
- 5 Po chwili na ekranie pojawi się tzw. pinezka, a w oknie wyszukiwania wyświetlą się współrzędne geograficzne (ekran B).

Wskazówka

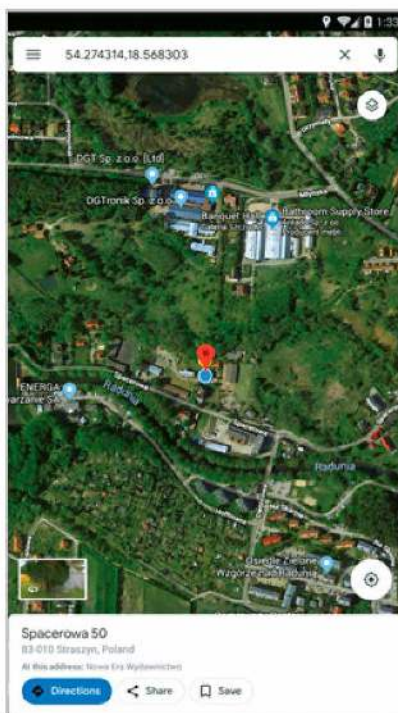
Współrzędne geograficzne można podawać w różny sposób. Więcej na ten temat dowiesz się na kolejnych lekcjach.

- 6 Jeśli chcesz zapamiętać lokalizację, możesz zapisać pinezkę. Gdy dotkniesz pola z napisem Pinezka, pojawi się menu z opcją Zapisz (ekran C).

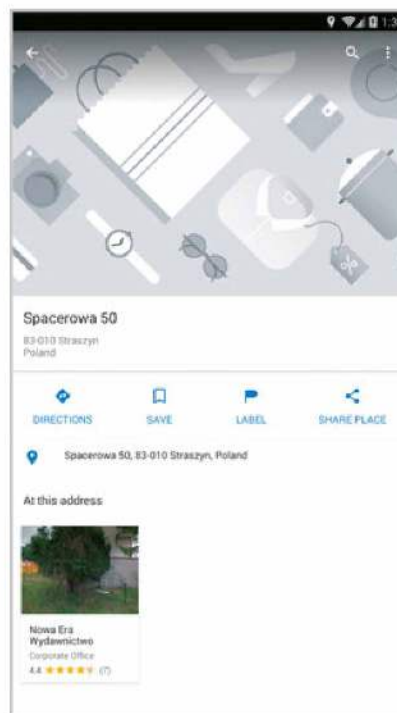
Ekran A



Ekran B



Ekran C



Zadanie

W czasie powrotu ze szkoły do domu lub podczas spaceru zapisz w telefonie lokalizację sklepu, w którym najczęściej robisz zakupy.

Zadania

1. Podaj po dwa przykłady badań ilościowych i jakościowych, bez których nie udałoby Ci się uzasadnić potrzeby utworzenia nowego przystanku autobusowego na trasie wiodącej do Twojej szkoły.
2. Wyznacz współrzędne geograficzne wejścia do Twojej szkoły za pomocą Google Maps oraz what3words.

3

Mapa jako obraz Ziemi

Na tej lekcji dowiesz się: czym są mapa i plan ■ czym jest skala i jakie są jej rodzaje ■ jak obliczyć powierzchnię i odległość rzeczywistą oraz skalę na podstawie mapy ■ czym są współrzędne geograficzne i GPS ■ jak odczytywać współrzędne geograficzne.

Na wycieczkę po nieznaney okolicy warto zabrać mapę lub plan. Dzięki nim łatwiej zorientować się w terenie i dotrzeć do celu. Można z nich też odczytać wiele innych przydatnych informacji, takich jak położenie przystanku autobusowego, restauracji czy pensjonatu. Jednak ani na mapie, ani na planie nie są przedstawiane wszystkie obiekty znajdujące się na danym obszarze. Czy potrafisz powiedzieć, dlaczego?

■ Mapa i plan

Mapa to uogólniony graficzny obraz powierzchni Ziemi, innego ciała niebieskiego lub ich fragmentu. Jest ona wykonana na płaszczyźnie, w określonym pomniejszeniu. Przedstawia dany obszar oraz znajdujące się na nim obiekty za pomocą umownych znaków (sygnatur) i przy zastosowaniu odpowiedniego odwzorowania kartograficznego, czyli matematycznego sposobu prezentowania powierzchni kuli na płaszczyźnie.

Aby przedstawić niewielki fragment Ziemi, np. część miasta, wykonuje się **plan**. Ponieważ nie uwzględnia on krzywizny Ziemi, sporządza się go tylko dla małych obszarów (o powierzchni nie większej niż 750 km²).

■ Skala mapy

Istotnym elementem każdej mapy jest **skala**. Informuje ona o tym, w jakim stopniu obraz Ziemi na mapie został pomniejszony w stosunku do wymiarów rzeczywistych. Wyróżnia się następujące skale:

- ▶ **skalę liczbową**, np. 1:100 000,
- ▶ **skalę mianowaną**, np. 1 cm – 1 km,
- ▶ **podziałkę liniową**, np.



Przykłady skal oznaczają, że odległość rzeczywista została pomniejszona na mapie 100 000 razy. Inaczej mówiąc, 1 cm na mapie to 100 000 cm, czyli 1 km w terenie.

Skalę liczbową wyraża się w postaci ułamka: w liczniku występuje liczba 1, a w mianowniku – liczba oznaczająca zmniejszenie odległości. Zapis 1:100 000 oznacza $\frac{1}{100\,000}$. Im mniejszy ułamek, tym mniejsza jest skala mapy, a tym samym – jej szczegółowość.

Oprócz odległości zmniejszeniu na mapach ulega także powierzchnia. O tym, ile razy, informuje liczba wyrażająca pomniejszenie odległości podniesiona do kwadratu. Tak więc na mapie w skali 1:10 000 powierzchnia uległa zmniejszeniu 100 000 000 razy.

Aby przedstawić wielkość zmniejszenia powierzchni, na niektórych mapach umieszcza się **skalę polową**. W jej zapisie stosuje się jednostki powierzchni, np. 1 mm² – 1 000 000 mm².

Wskazówki dotyczące obliczania skali, a także rzeczywistej odległości lub powierzchni w terenie znajdują się na następnej stronie.

■ Współrzędne geograficzne

Oprócz obliczania odległości czy powierzchni mapa umożliwia również odczytywanie współrzędnych geograficznych obiektów geograficznych, a w związku z tym – ich lokalizowanie. Jest to możliwe dzięki siatce kartograficznej, czyli układowi południków i równoleżników przeniesionemu z modelu Ziemi (globusa) na płaszczyznę. Ośiami układu współrzędnych na mapie są równoleżnik 0° (równik) oraz południk 0°, nazywany też południkiem początkowym. Wskazówki ułatwiające odczytywanie współrzędnych geograficznych wybranych obiektów przedstawionych na mapie znajdują się na stronie 18.

Obliczanie odległości, powierzchni i skali

Krok po kroku

Jak obliczyć odległość rzeczywistą?

Na podstawie mapy zamieszczonej obok oblicz rzeczywistą odległość w linii prostej między Krakowem a Kielcami.

- 1** Zamień skalę liczbową na skalę mianowaną.

$$1:3\,000\,000$$

$$1\text{ cm} - 3\,000\,000\text{ cm}$$

$$1\text{ cm} - 30\text{ km}$$

1 cm na mapie odpowiada odległości 30 km w terenie.

- 2** Zmierz na mapie odległość w linii prostej między Krakowem a Kielcami.

Odległość na mapie wynosi 3,4 cm.

- 3** Ułóż i oblicz proporcję:

$$1\text{ cm} - 30\text{ km}$$

$$3,4\text{ cm} - x$$

$$x = 3,4\text{ cm} \cdot 30\text{ km} : 1\text{ cm} = 102\text{ km}$$

Odpowiedź

Odległość rzeczywista w linii prostej między Krakowem a Kielcami wynosi 102 km.

Zadanie

Oblicz odległość rzeczywistą w linii prostej między Bielsko-Białą a Belchatowem.



Jak obliczyć powierzchnię rzeczywistą?

Na mapie w skali 1:10 000 zaznaczono sad w kształcie prostokąta o wymiarach 3 cm × 4 cm. Oblicz powierzchnię rzeczywistą (P_{rz}) tego sadu.

- 1** Oblicz powierzchnię (P) sadu na mapie.

$$P = 3\text{ cm} \cdot 4\text{ cm} = 12\text{ cm}^2$$

- 2** Zamień skalę liczbową na skalę mianowaną.

$$1\text{ cm} - 10\,000\text{ cm}$$

$$1\text{ cm} - 100\text{ m}$$

- 3** Oblicz proporcję:

$$1\text{ cm} - 100\text{ m}$$

$$(1\text{ cm})^2 - (100\text{ m})^2, \text{ czyli } 1\text{ cm}^2 - 10\,000\text{ m}^2$$

$$12\text{ cm}^2 - P_{rz}$$

$$P_{rz} = 12\text{ cm}^2 \cdot 10\,000\text{ m}^2 : 1\text{ cm}^2 = 120\,000\text{ m}^2$$

- 4** Wynik podaj w hektarach.

$$1\text{ ha} = 10\,000\text{ m}^2$$

$$120\,000\text{ m}^2 = 12\text{ ha}$$

Odpowiedź

Powierzchnia rzeczywista sadu wynosi 12 ha.

Zadanie

Powierzchnia rezerwatu na mapie w skali 1:50 000 wynosi 6 cm². Oblicz powierzchnię rzeczywistą tego rezerwatu.

Jak obliczyć skalę mapy?

Odległość między dwoma punktami przedstawionymi na mapie wynosi 3 cm. Ta odległość w terenie to 30 km. Oblicz skalę, w której została wykonana mapa.

- 1** Oblicz, ile wynosi odległość w terenie odpowiadająca 1 cm na mapie.

$$3\text{ cm} - 30\text{ km}$$

$$1\text{ cm} - x$$

$$x = 10\text{ km}$$

1 cm na mapie odpowiada 10 km odległości w terenie.

Odpowiedź

Skala mianowana mapy to 1 cm – 10 km.

- 2** Zamień skalę mianowaną na skalę liczbową.

$$10\text{ km} - 1\,000\,000\text{ cm}$$

$$\text{Skala liczbowa: } 1:1\,000\,000$$

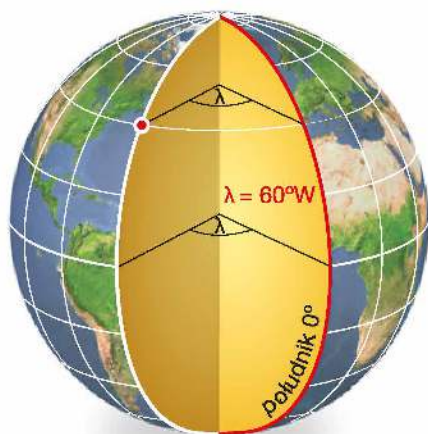
Zadanie

Odległość między dwoma punktami na mapie wynosi 8 cm. Ta odległość w terenie odpowiada 50 km. Oblicz skalę, w której została wykonana mapa.

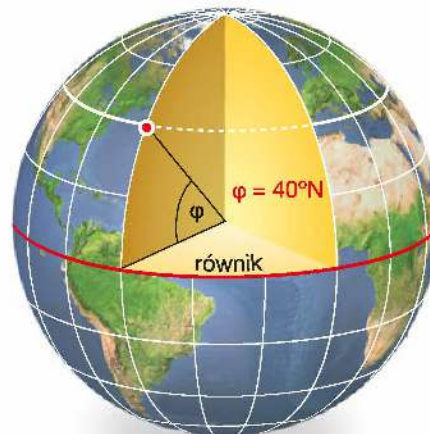
Współrzędne geograficzne

Na współrzędne geograficzne danego punktu składają się:

- długość geograficzna odczytywana na podstawie południków,
- szerokość geograficzna, którą odczytuje się na podstawie równoleżników.



Długość geograficzna (λ) to kąt dwuścienny między półpłaszczyzną południka początkowego (0°) a półpłaszczyzną południka przechodzącego przez dany punkt na powierzchni Ziemi. Wartość długości geograficznej zawiera się w przedziale od 0° do 180° (W lub E).



Szerokość geograficzna (φ) to kąt między płaszczyzną równika a promieniem ziemskim przechodzącym przez dany punkt na powierzchni Ziemi. Wartość szerokości geograficznej zawiera się w przedziale od 0° do 90° (N lub S).

Odczytywanie współrzędnych geograficznych

Krok po kroku

Przykład

Podaj współrzędne geograficzne Kielc.

- 1 Sprawdź, co ile stopni (lub minut) poprowadzono południki i równoleżniki na mapie.
- 2 Ustal, w którym kierunku rosną wartości równoleżników.
- 3 Odczytaj wartość równoleżnika, na którym leżą Kielce. Pamiętaj, że 1° to $60'$.
- 4 Ustal, w którym kierunku rosną wartości południków.
- 5 Podaj wartość południka, na którym leżą Kielce.
- 6 Podaj współrzędne geograficzne Kielc.

Odpowiedź

Współrzędne geograficzne Kielc to $50^\circ 50' \text{N}$, $20^\circ 40' \text{E}$, czyli Kielce są położone na 50 stopniu i 50 minucie szerokości geograficznej północnej oraz na 20 stopniu i 40 minucie długości geograficznej wschodniej.



■ Współczesne metody określania położenia geograficznego

Odczytywanie współrzędnych geograficznych punktów zaznaczonych na mapie lub na globusie nie stwarza zwykle problemów. Zdecydowanie trudniej ustalić współrzędne obiektu,

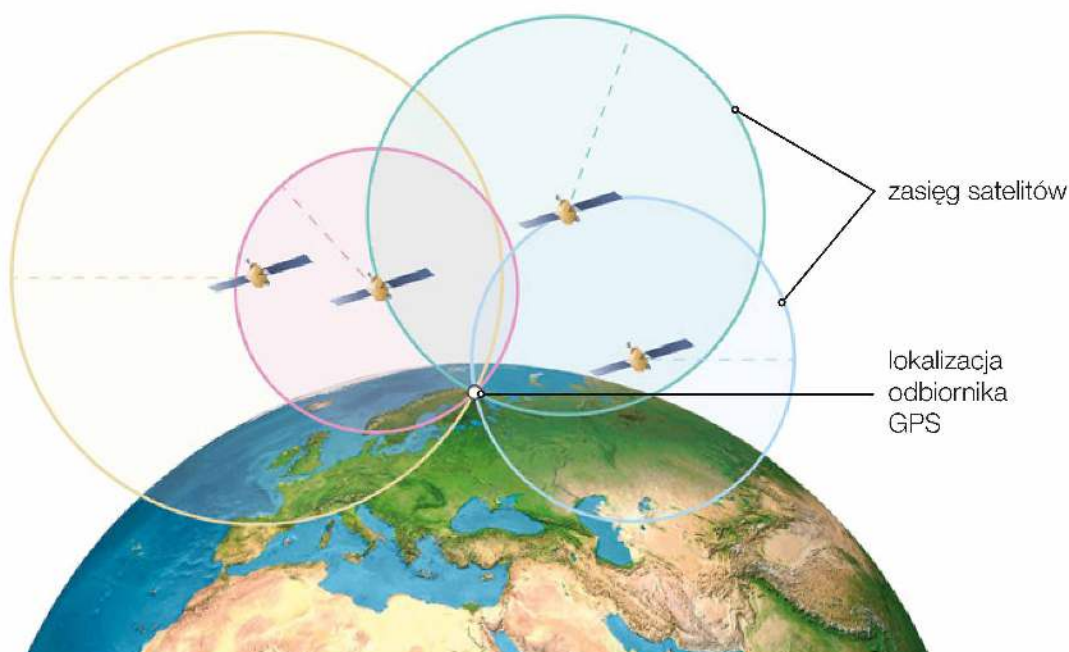
np. statku, samolotu czy konkretnego domu, bez dostępu do mapy. Dawniej wykorzystywano do tego celu między innymi umiejętności nawigacyjne oraz wiedzę z zakresu astronomii. Dziś najczęściej korzysta się z systemów nawigacji satelitarnej – GPS.

GPS

Skrót GPS pochodzi od nazwy amerykańskiego systemu wojskowego *Global Positioning System*. Ponieważ ten system powstał najwcześniej i jest najpopularniejszy, czasami mianem GPS określa się inne systemy nawigacji satelitarnej (np. rosyjski Glonass czy europejski Galileo).

Jak działa GPS?

Wokół Ziemi krążą satelity nawigacyjne. Emitują one sygnał radiowy z zakodowanym numerem i pozycją satelity oraz dokładną godziną wysłania sygnału. Na podstawie czasu, po którym sygnał dotarł do odbiornika, jest obliczana odległość odbiornika od satelity. Jeżeli odbiornik znajduje się w zasięgu minimum czterech satelitów, może obliczyć swoją lokalizację (szerokość geograficzną, długość geograficzną oraz wysokość nad poziomem morza). Im więcej satelitów jest w stanie zlokalizować odbiornik GPS, tym dokładniej określi on swoją lokalizację. Najlepsze odbiorniki mogą przetwarzać sygnał z różnych systemów, a tym samym – skuteczniej określać swoją pozycję.



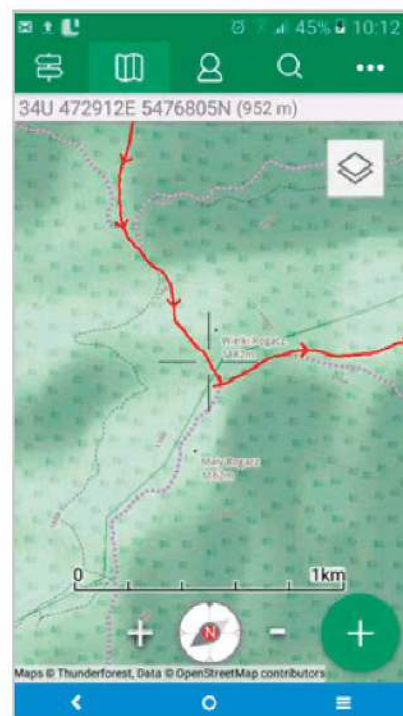
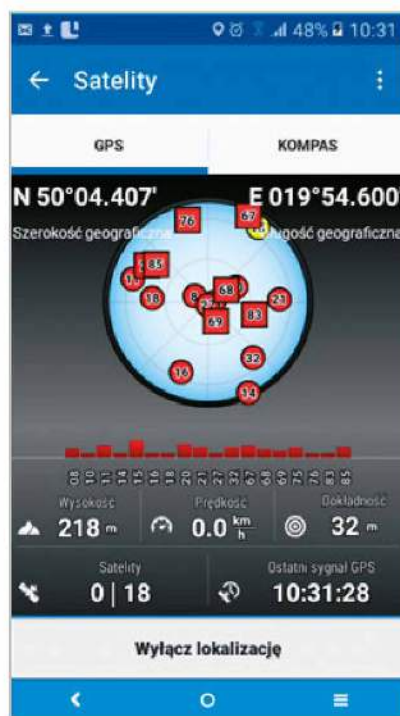
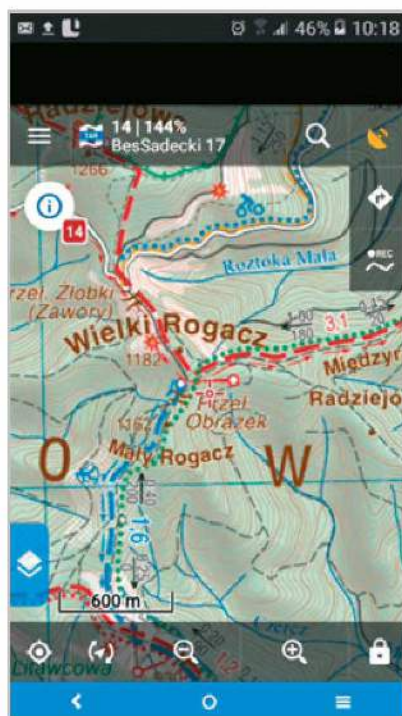
Aby każdy punkt na Ziemi znajdował się w zasięgu co najmniej czterech satelitów, wokół naszej planety muszą krążyć minimum 24 satelity. Obecnie na orbitach znajdują się 24 satelity Glonass, 26 satelitów Galileo i 30 GPS.

? Wyznacz swoją lokalizację za pomocą GPS, gdy będziesz przebywać w pomieszczeniu. Dlaczego system nawigacji satelitarnej określił współrzędne geograficzne tego miejsca z niewielką dokładnością?

Aplikacje wykorzystujące GPS

Istnieje wiele rodzajów aplikacji nawigacyjnych. Oprócz tych, które ułatwiają poruszanie się po drogach kołowych i miejscowościach (jak znana Ci już Google Maps), istnieją też aplikacje przeznaczone do nawigacji w innym terenie. To właśnie z nich warto korzystać podczas pieszych oraz rowerowych wycieczek po górach i lasach. Umożliwiają one bowiem **pobieranie map** z zaznaczonymi ścieżkami, szlakami turystycznymi i poziomiami. Programy te zapisują także **pokonaną trasę** (ang. *track*). Odbiornik zapamiętuje co pewien czas położenie punktów,

w których się znajdował, i zapisuje je jako ślady. Dzięki temu można poznać dokładną długość trasy, czas, w którym została przebyta, czy pokonaną różnicę wysokości. Po tych śladach można też wrócić do początku trasy (ang. *track back*). Aplikacje nawigacyjne pozwalają również na zapisywanie lokalizacji szczególnie interesujących nas obiektów czy miejsc, np. schronisk górskich i punktów widokowych (zazwyczaj jako POI – ang. *point of interest*). Przykładowe informacje uzyskiwane dzięki aplikacjom do nawigacji w terenie przedstawiono na poniższych fotografiach.



Programy nawigacyjne obsługiwane przez urządzenia mobilne ułatwiają poruszanie się w terenie. Należy jednak pamiętać, że korzystanie z nich wiąże się z takimi ograniczeniami, jak brak zasięgu sieci komórkowej lub GPS czy ograniczony czas pracy baterii.

Zadania

- Przekształć podane skale liczbowe na skale mianowane, a następnie uszereguj je w kolejności od najmniejszej do największej.
 - 1:2 000 000
 - 1:500 000
 - 1:20 000
 - 1:100 000
- Oblicz odległość rzeczywistą między dwoma miejscowościami, jeśli na mapie w skali 1:100 000 wynosi ona 12 cm.
- Sprawdź, z których systemów nawigacji satelitarnej możesz korzystać na swoim telefonie.

4

Metody prezentowania informacji na mapach

Na tej lekcji dowiesz się: jakie wyróżnia się ilościowe oraz jakościowe metody prezentacji zjawisk na mapach ■ w jaki sposób najczęściej przedstawia się rzeźbę terenu na mapach.

Informacje geograficzne, takie jak miejsce występowania danego zjawiska czy stopień jego natężenia, mogą być przedstawiane na mapach za pomocą różnych, jakościowych oraz ilościowych kartograficznych metod prezentacji. Na przykład gęstość zaludnienia na świecie jest ukazywana w inny sposób niż rozmieszczenie

upraw zbóż czy wielkość wydobycia ropy naftowej. Jeszcze inaczej oznacza się na mapach ukształtowanie powierzchni. Wybór metody prezentacji zależy od tematu, przeznaczenia mapy, a także skali. Niekiedy do sporządzenia jednej mapy wykorzystuje się kilka metod prezentacji. Najważniejsze z nich opisano poniżej.

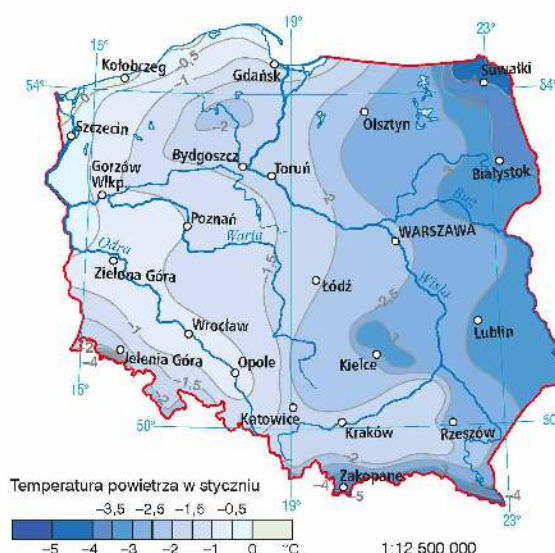
Ilościowe metody prezentacji zjawisk na mapach

Metody ilościowe służą do tworzenia map, z których można odczytać wielkość i natężenie określonych zjawisk, np. gęstość zaludnienia według województw, wielkość wydobycia surowców mineralnych czy rozkład temperatury powietrza na Ziemi. Wyróżnia się następujące ilościowe metody prezentacji zjawisk: metodę izolinii, metodę kropkową, metodę kartogramu oraz metodę kartodiagramu.

Metoda izolinii

Ta metoda polega na nanoszeniu na mapy linii łączących punkty o takich samych wartościach przedstawianego zjawiska, nazywanych izoliniami. Metoda izolinii pozwala na ukazywanie zjawisk zmieniających się w przestrzeni w sposób ciągły. Najczęściej spotykaną izolinią jest **izohipsa** (poziomica), która łączy punkty o jednakowej wysokości nad poziomem morza. Innymi stosowanymi izoliniami są:

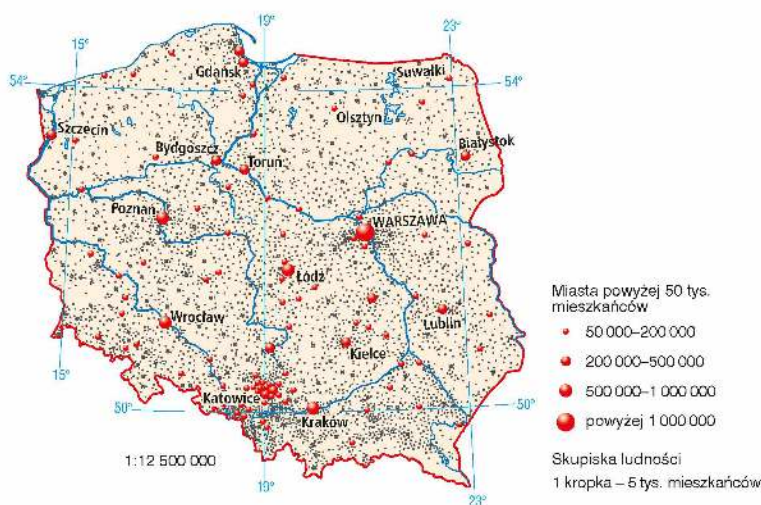
- **izobaty** – linie na mapie łączące punkty o jednakowej głębokości wody,
- **izotermy** – linie na mapie łączące punkty o jednakowej temperaturze powietrza,
- **izobary** – linie na mapie łączące punkty o jednakowej wartości ciśnienia atmosferycznego,
- **izohiety** – linie na mapie łączące punkty o jednakowej sumie opadów atmosferycznych,
- **izohaliny** – linie na mapie łączące punkty o jednakowym zasoleniu,
- **izoamplitudy** – linie na mapie łączące punkty o jednakowych amplitudach, np. temperatury,



- **izohele** – linie na mapie łączące punkty o jednakowym uśłonecznieniu,
- **izotachy** – linie na mapie łączące punkty o jednakowej prędkości wiatru.

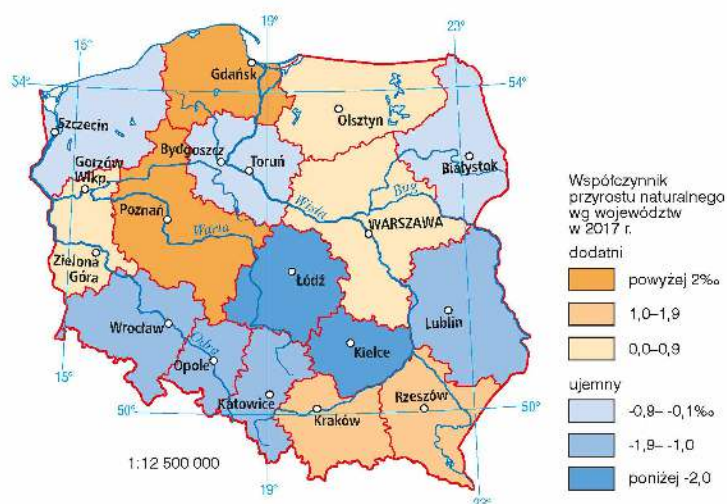
Metoda kropkowa

Jest to sposób prezentacji pozwalający na określenie wielkości danego zjawiska za pomocą kropek (lub innych znaków graficznych) umieszczanych w miejscach jego występowania. Każdej kropce jest przypisana określona wartość liczbową – waga kropki. Im większe zagęszczenie kropek, tym większe natężenie danego zjawiska. Metodę kropkową stosuje się często na mapach przedstawiających rozmieszczenie ludności, hodowlę zwierząt czy uprawę roślin.



Metoda kartogramu

Ta metoda polega na przedstawianiu natężenia określonego zjawiska w granicach danego obszaru za pomocą skali barw objaśnionej w legendzie. Podkładami kartogramu są najczęściej jednostki administracyjne (województwa, powiaty, gminy) lub państwa. Natężenie przedstawianych zjawisk w obrębie każdej jednostki terytorialnej jest uśrednione. Metodą kartogramu prezentuje się wartości względne, dlatego sprawdza się ona przy obrazowaniu takich wskaźników, jak przyrost naturalny ludności, stopa bezrobocia czy lesistość.

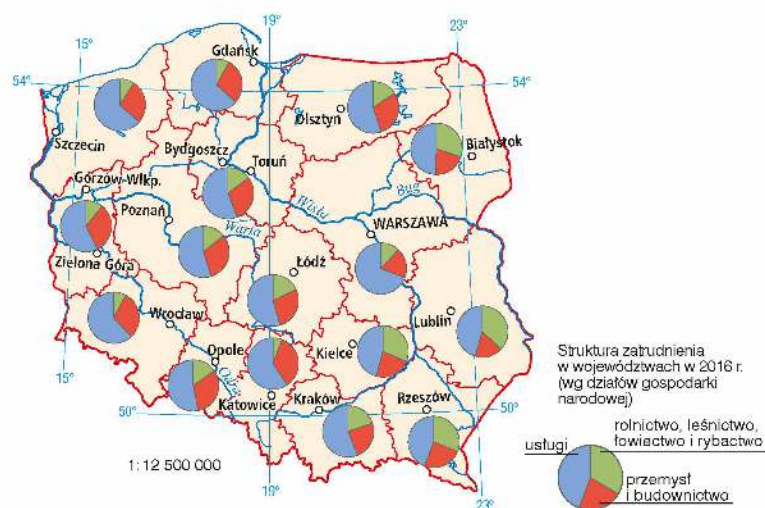


Metoda kartodiagramu

Ten sposób prezentacji polega na przedstawianiu wielkości, a niekiedy też struktury lub przebiegu zjawiska za pomocą wykresów i diagramów naniesionych na mapę. Najczęściej dotyczą one:

- punktu (np. miasta),
- powierzchni (np. województwa),
- linii (np. trasy kolejowej).

Metodą kartodiagramu przedstawia się między innymi strukturę zatrudnienia w województwach czy wielkość kolejowych przewozów pasażerskich na określonej trasie.

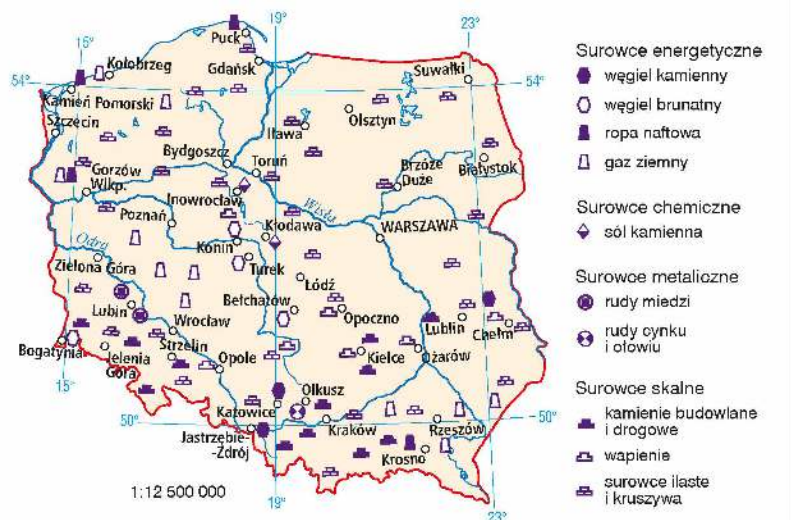


Jakościowe metody prezentacji zjawisk na mapach

Metoda sygnaturowa

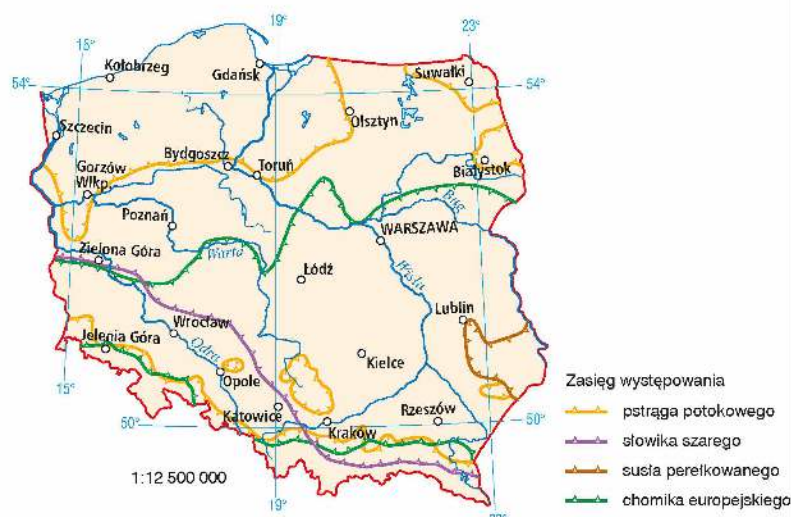
Metoda sygnaturowa służy do obrazowania rozmieszczenia danego zjawiska za pomocą umownych znaków – sygnatur. Przedstawiają one na mapie obiekty, których nie można przedstawić w danej skali, gdyż są zbyt małe. Wyróżnia się sygnatury:

- **punktowe** – wskazują miejsce występowania określonych zjawisk lub obiektów; mogą to być figury geometryczne, litery lub piktogramy naśladujące rzeczywisty wygląd przedstawianych obiektów; często stosuje się również sygnatury w postaci symboli kojarzących się z danym obiektem (np. skrzyżowane rakiety tenisowe jako symbol kortów tenisowych);
- **liniowe** – obrazują zjawiska i obiekty o charakterze liniowym (np. drogi, rzeki).



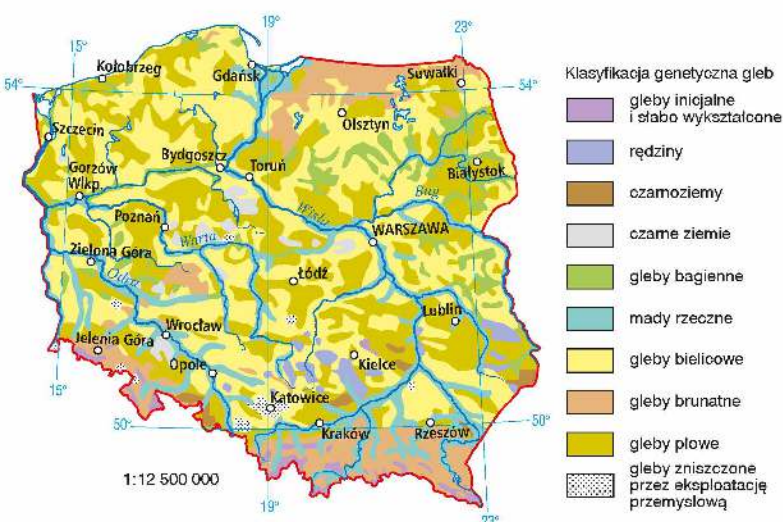
Metoda zasięgów

W metodzie zasięgów zazwyczaj za pomocą linii lub barw oznacza się obszar występowania danego zjawiska albo określonych obiektów, np. wybranych gatunków roślin lub zwierząt. Obszar ograniczony konturem oznacza, że dane zjawisko występuje tam w rozproszeniu. Aby pokazać, która część rozciętej linii mapy informuje o danym zjawisku, wprowadza się dodatkowe oznaczenia. Z reguły są to krótkie kreski skierowane do wnętrza konturu. Jeśli kontur zasięgu wykracza poza ramkę mapy, mówi się o zasięgu otwartym, a jeśli tworzy pełną figurę – o zamkniętym. Metoda zasięgów pozwala przedstawić na mapie kilka nakładających się na siebie zjawisk.



Metoda powierzchniowa

Tę metodę stosuje się do oznaczania barwami powierzchni, na które został podzielony większy obszar ze względu na jedną określoną cechę. W ten sposób, bez charakterystyki ilościowej, oznacza się na przykład strefy klimatyczne lub występowanie gleb. Metoda powierzchniowa jest stosowana wtedy, gdy obszary występowania poszczególnych zjawisk nie nachodzą na siebie.



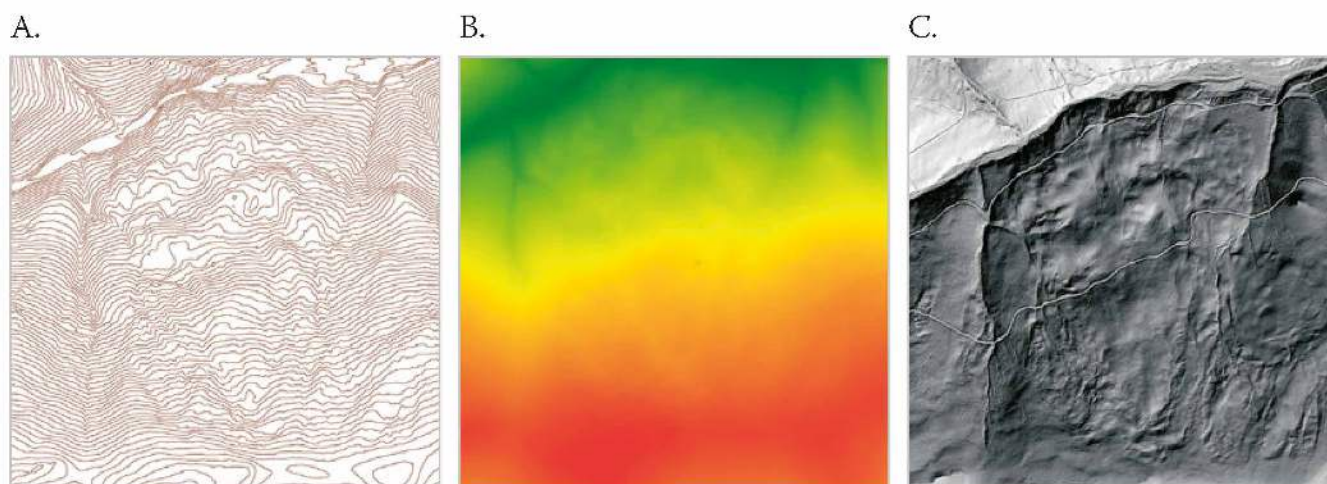
Metody przedstawiania rzeźby terenu na mapach

Przedstawienie zróżnicowania rzeźby terenu na płaskiej mapie jest trudne. Obecnie do tego celu najczęściej wykorzystuje się **metodę poziomnicową**, ukazującą rzeźbę terenu za pomocą poziomicy. Aby mapy poziomnicowe były łatwiejsze w odczycie oraz interpretacji, umieszcza się na nich sygnatury oznaczające skały, zaznacza punkty z określoną wysokością i podpisuje poziomice.

Do przedstawiania rzeźby terenu na mapach fizycznych stosuje się też **metodę hipsometryczną**. Polega ona na nakładaniu na mapę poziomnicową barw hipsometrycznych w skali, w której poszczególnym zakresom wysokości odpowiadają inne barwy. Terenom położonym niżej najczęściej nadaje się kolory zimniejsze

(zielenie), a tym, które leżą wyżej – cieplejsze (żółcie, pomarańcze, czerwienie i bordo). Obszarom wodnym odpowiadają odcienie niebieskiego.

Najnowszymi, cyfrowymi metodami przedstawiania ukształtowania powierzchni są **numeryczne modele terenu**. W takich modelach każdemu pikselowi (małemu kwadratowi składającemu się na obraz powierzchni) jest przypisana określona wartość wysokości. Dzięki temu modele dobrze oddają ukształtowanie rzeźby i pozwalają na wykonywanie dokładnych map – także drukowanych. Znaczenie numerycznych modeli terenu zwiększa się wraz z rozwojem różnego rodzaju systemów informatycznych służących do przechowywania wielu informacji dotyczących jakiegoś obszaru, np. powiatu, gminy czy województwa.



Na powyższych ilustracjach, wykonanych z wykorzystaniem numerycznego modelu terenu, zaprezentowano ten sam fragment zbocza w Górach Świętokrzyskich. Dzięki zastosowaniu różnych metod przedstawiania rzeźby terenu: metody poziomnicowej (A), metody hipsometrycznej (B) i cieniowanego modelu terenu (C) można zauważyć inne szczegóły ukształtowania powierzchni.

? Na której z przedstawionych powyżej ilustracji najwyraźniej widać, gdzie znajduje się obszar o największej wysokości bezwzględnej?

Zadania

1. Ustal, która metoda prezentowania zjawisk na mapach jest najodpowiedniejsza do przygotowania mapy przedstawiającej typy klimatów na Ziemi.
2. Wyjaśnij różnicę między kartogramem a kartodiagramem.
3. Podaj trzy przykłady obiektów, które można przedstawić na mapie za pomocą sygnatur punktowych.
- *4. Podaj nazwę tej metody stosowanej podczas nanoszenia izolinii na mapy, która polega na wyznaczeniu punktów pośrednich na podstawie istniejących punktów cechowych.

Na tej lekcji dowiesz się: jaki podział map stosuje się najczęściej ■ jak zorientować mapę ■ jak czytać mapę turystyczno-topograficzną ■ jak wykorzystać mapę do zaplanowania trasy wycieczki.

Istnieje wiele rodzajów map. Z innych map korzystają turyści w górach, z innych zawodowi kierowcy, a z jeszcze innych – geodeci. Nieustanny rozwój technologii powoduje, że coraz większą popularnością cieszą się mapy cyfrowe. Jednak niezależnie od nośnika właściwe korzystanie z map wymaga odpowiednich umiejętności.

■ Rodzaje map i przykłady ich zastosowania

Mapy najczęściej dzieli się ze względu na treść, skalę i przeznaczenie. Niewielkie fragmenty terenu, np. parki narodowe, są przedstawiane na mapach **wielkoskalowych**. Należą do nich na przykład:

- ▶ **mapy topograficzne** – są bardzo szczegółowe, przedstawiają zdecydowaną większość obiektów znajdujących się na danym obszarze;
- ▶ **mapy turystyczne** – przedstawiają przede wszystkim obiekty ważne dla turystów, np. szlaki turystyczne, restauracje i pensjonaty (gdy obiekty turystyczne zostaną specjalnie zaznaczone na mapie topograficznej, powstaje mapa **turystyczno-topograficzna**);



Z powyższej mapy leśnej można odczytać między innymi wielkość powierzchni oddziałów i pododdziałów (liczby w mianowniku) oraz ich numery (liczby i litery w liczniku).

- ▶ **mapy leśne** – są opracowywane dla leśników; często zawierają tylko informacje o numerze i granicach fragmentu lasu oraz dominującym gatunku drzewostanu.

Większe obszary przedstawia się na mapach **średnioskalowych** i **małoskalowych**. Dzięki tym mapom można na przykład analizować układ mas powietrza nad Europą czy zasięg stref klimatycznych na Ziemi.

PODZIAŁ MAP

Ze względu na treść

- **mapy ogólnogeograficzne** – przedstawiają ogólną charakterystykę powierzchni Ziemi i przestrzenne związki między elementami krajobrazu
- **mapy tematyczne** (np. mapy geomorfologiczne i glebowe) – przedstawiają tylko wybrane zjawiska; pozostałe, nieliczne elementy treści, np. zarysy lądów czy sieć rzeczna, służą jedynie ogólnej orientacji

Ze względu na skalę

- **mapy wielkoskalowe** (w tym topograficzne) – wykonane w skalach większych niż 1:200 000
- **mapy średnioskalowe** – wykonane w skalach od 1:200 000 do 1:1 000 000
- **mapy małoskalowe** (przeglądowe) – wykonane w skalach mniejszych niż 1:1 000 000

Ze względu na przeznaczenie

- **mapy turystyczne**
- **mapy komunikacyjne**
- **mapy wojskowe**

Orientowanie mapy

Krok po kroku

Przykład

Aby właściwie korzystać z mapy w terenie, musisz ją zorientować, czyli ustawić tak, aby zaznaczony na niej kierunek północny odpowiadał północy w rzeczywistości.

Wskazówka

Na zdecydowanej większości map kierunek północny znajduje się na górze arkusza. Zawsze trzeba jednak sprawdzić, czy rzeczywiście tak jest.

- 1 Jeśli chcesz zorientować mapę, ułóż ją poziomo, a następnie połóż na niej kompas. Obracaj mapę do momentu, aż kierunek północny na mapie pokryje się z północą wskazywaną przez igłę magnetyczną.



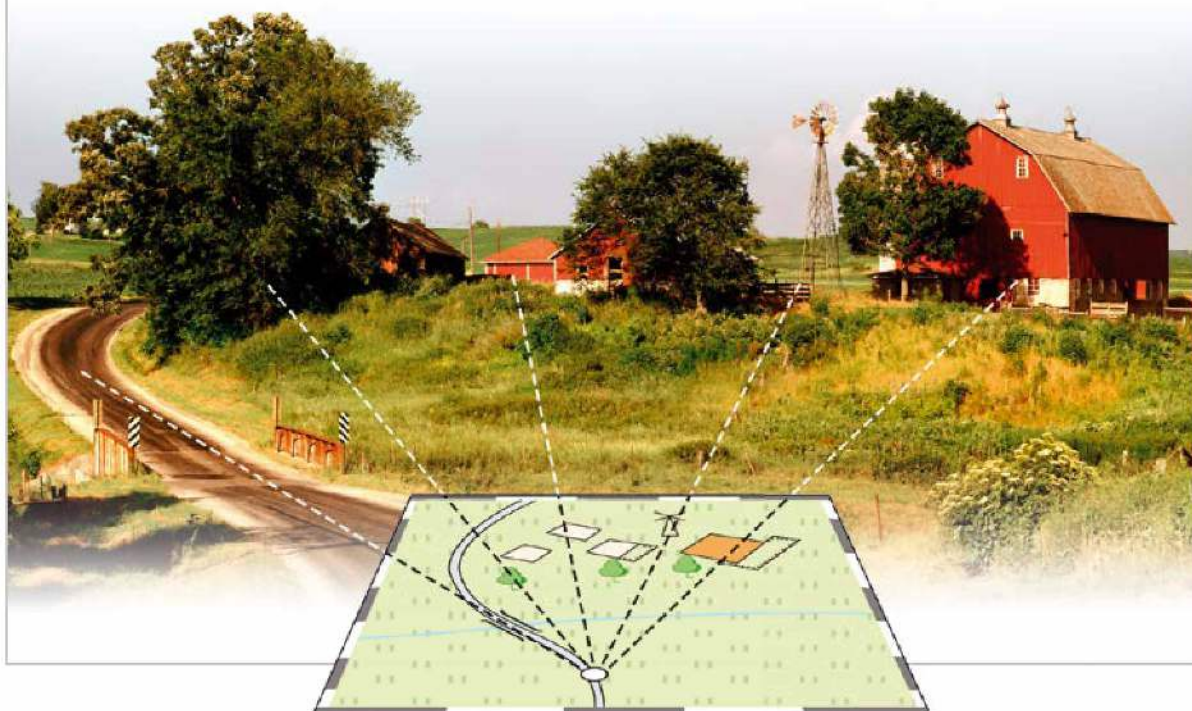
- 2 Sprawdź, czy mapa jest dobrze zorientowana. Porównaj przebieg lub położenie charakterystycznych obiektów topograficznych (np. drogi, kaplicy) na mapie i w terenie.

- 3 Wskaż miejsce, w którym się znajdujesz. Najszybciej określisz swoją pozycję wizualnie. Wybierz trzy charakterystyczne punkty zaznaczone na poprawnie zorientowanej mapie (np. kościół, wzgórze, grupę drzew) i odszukaj je w terenie. Wyobraź sobie linie łączące Cię z tymi punktami w terenie, a następnie – na mapie. Punkt, w którym się znajdujesz, leży w miejscu przecięcia się wyobrażonych linii.

- 4 Jeśli chcesz określić swoją pozycję z większą dokładnością, np. aby przekazać informację o miejscu spotkania w terenie osobom, które nie mają odbiornika GPS, postępuj podobnie. Nie sprawdzaj jednak kierunku wizualnie, lecz określ azymut do danego obiektu w terenie.

Wskazówka

Azymut to kąt między kierunkiem na dany obiekt a kierunkiem północnym liczony w prawo. Do jego wyznaczania potrzebny jest kompas lub busola.



Czytamy mapę turystyczno-topograficzną

Krok po kroku

Mapy turystyczno-topograficzne są bardzo szczegółowe. Pozwalają odnaleźć lub rozpoznać obiekty znajdujące się w terenie, a także obliczyć ich powierzchnię, odległości między nimi lub wysokość, na której się znajdują. Dzięki temu stanowią nieocenioną pomoc podczas planowania wycieczek oraz w ich trakcie.

1 Obliczanie powierzchni

Przykład

Na podstawie skali mapy oblicz rzeczywistą wielkość obszaru przedstawionego na mapie Pienin.

Odpowiedź

Wymiary mapy: 27,9 cm × 19,4 cm.

Rzeczywiste wymiary przedstawionego obszaru: 6,975 km (27,9 cm × 250 m) na 4,850 km.

Powierzchnia obszaru przedstawionego na mapie: $6,975 \cdot 4,850 = 33,829 \text{ km}^2$ (z obszarem, który jest zasłonięty przez legendę).

2 Obliczanie odległości

Przykład

Oblicz długość drogi między przystankami autobusowymi Grywałd-Hałuszowa a Grywałd-Skrzyżowanie.

Odpowiedź

Oba przystanki znajdują się przy drodze nr 969. Odległość między przystankami na mapie wynosi ok. 4,5 cm. W rzeczywistości jest to odległość 1125 m ($4,5 \text{ cm} \cdot 250 \text{ m} = 1125 \text{ m}$).

3 Czytanie znaków umownych

Symbole obiektów przedstawionych na mapie, czyli sygnatury, są wyjaśnione w legendzie. Wyróżnia się sygnatury punktowe, sygnatury liniowe i sygnatury powierzchniowe.

Sygnatury punktowe

Przedstawiają konkretne obiekty za pomocą liter, obrazków lub innych symboli. Mogą wskazywać lokalizację obiektów lub zjawisk w terenie dokładnie albo w przybliżeniu (gdy sygnatura jest większa niż obiekt lub zasięg zjawiska). Przy nazwach miejscowości często znajduje się kilka sygnatur. Oznacza to, że na mapie nie zaznaczono ich faktycznego umiejscowienia, a tylko zasygnalizowano ich obecność.

Przykład 1

Wymień obiekty znajdujące się w sąsiedztwie przystani flisackiej Kąty. Podkreśl nazwy obiektów zaznaczonych sygnaturami punktowymi.

Odpowiedź

-  parking
-  przystanek autobusowy
-  muzeum (pawilon PPN)
-  droga
-  czerwony szlak turystyczny
-  rzeka
-  granica państwa

Sygnatury liniowe

Przedstawiają zazwyczaj drogi, szlaki turystyczne oraz rzeki. Za ich pomocą zaznacza się też granice obszarów, np. parków narodowych lub państw. Sygnatury liniowe różnią się kolorem, grubością linii i ciągłością (mogą być na przykład ciągłe, przerywane, kropkowane).

Przykład 2

Wymień trzy obiekty przedstawione na mapie za pomocą sygnatur liniowych.

Odpowiedź

-  granica parku narodowego
-  ścieżka
-  potok

Sygnatury powierzchniowe

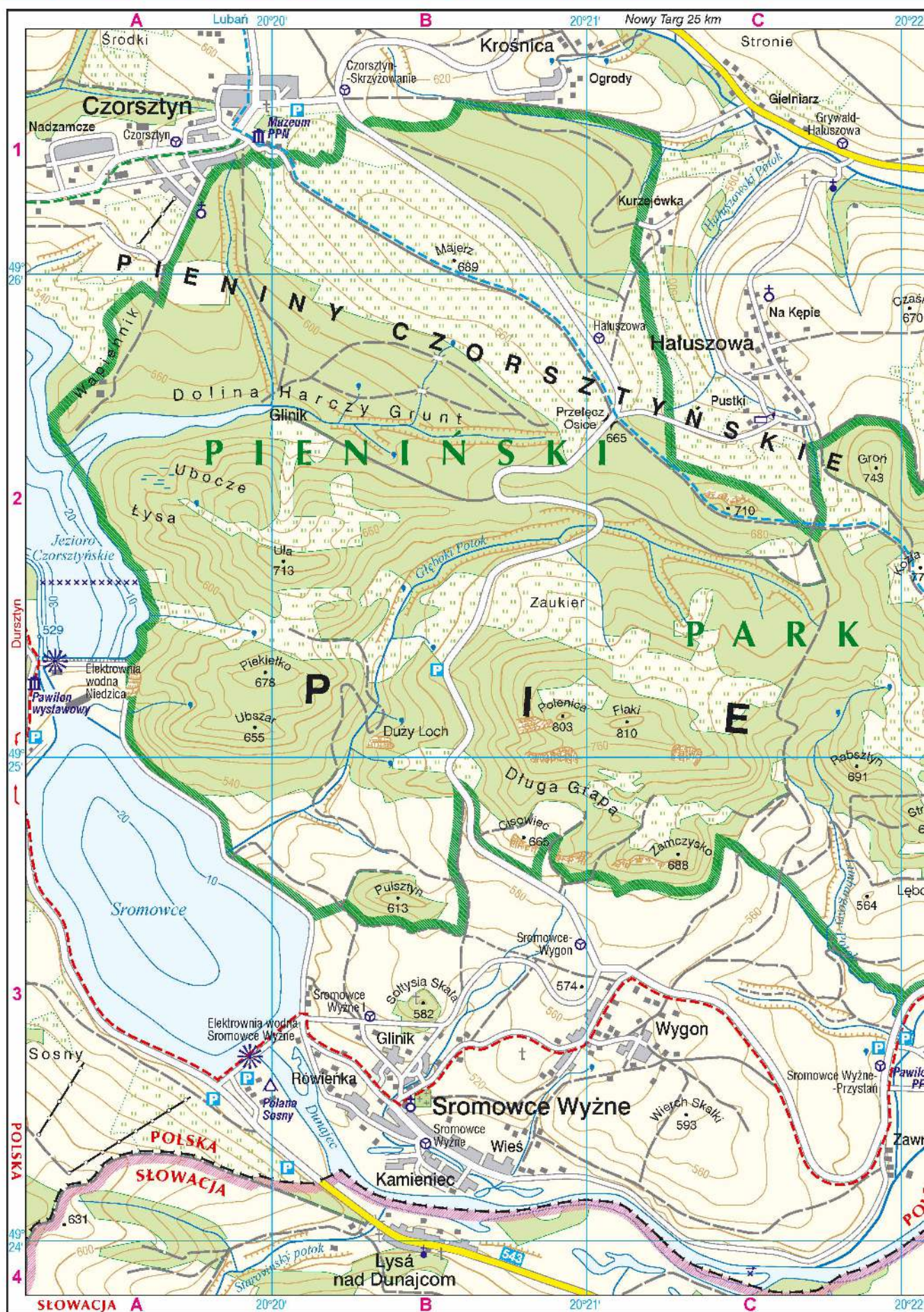
Oznacza się nimi obiekty zajmujące rozległe obszary. Tymi sygnaturami mogą być barwne plamy (np. lasy zaznacza się zwykle kolorem zielonym, a jeziora i morza – niebieskim) lub szeregi sąsiadujących ze sobą znaków (np. krótkie poziome kreski oznaczają bagna).

Przykład 3

Wymień trzy obiekty w Sromowcach Wyżnych, które oznaczono za pomocą sygnatur powierzchniowych.

Odpowiedź

-  tereny zabudowane
-  cmentarz
-  las



Czytamy mapę turystyczno-topograficzną (cd.)

4 Wysokość

Mapy topograficzne pozwalają dokładnie określić położenie wysokościowe obiektów. Możesz odczytać wysokość bezpośrednio z mapy (jest podana obok niektórych obiektów) lub obliczyć ją na podstawie układu poziomicy. W takim wypadku sprawdź w legendzie, co ile metrów zostały poprowadzone poziomice i jakie jest cięcie poziomicy (różnica wysokości między sąsiadującymi ze sobą poziomiami). Na zamieszczonej obok mapie cięcie poziomicy wynosi 20 m, a poziomice główne (co 100 m) są pogrubione.

Przykład 1

Odszukaj na mapie Wierch Skalki w Sromowcach Wyżnych. Odczytaj wysokość tego szczytu.

Odpowiedź

Wysokość Wierchu Skalki to 593 m n.p.m.

Przykład 2

Oblicz różnicę wysokości (wysokość względną) między brzegiem Jeziora Czorsztyńskiego a górą Ulą.

Odpowiedź

Brzeg Jeziora Czorsztyńskiego: 529 m n.p.m.

Góra Ula: 713 m n.p.m.

Różnica wysokości:

$$713 \text{ m n.p.m.} - 529 \text{ m n.p.m.} = 184 \text{ m}$$

5 Odnajdywanie na mapie obiektów geograficznych przedstawionych na fotografii

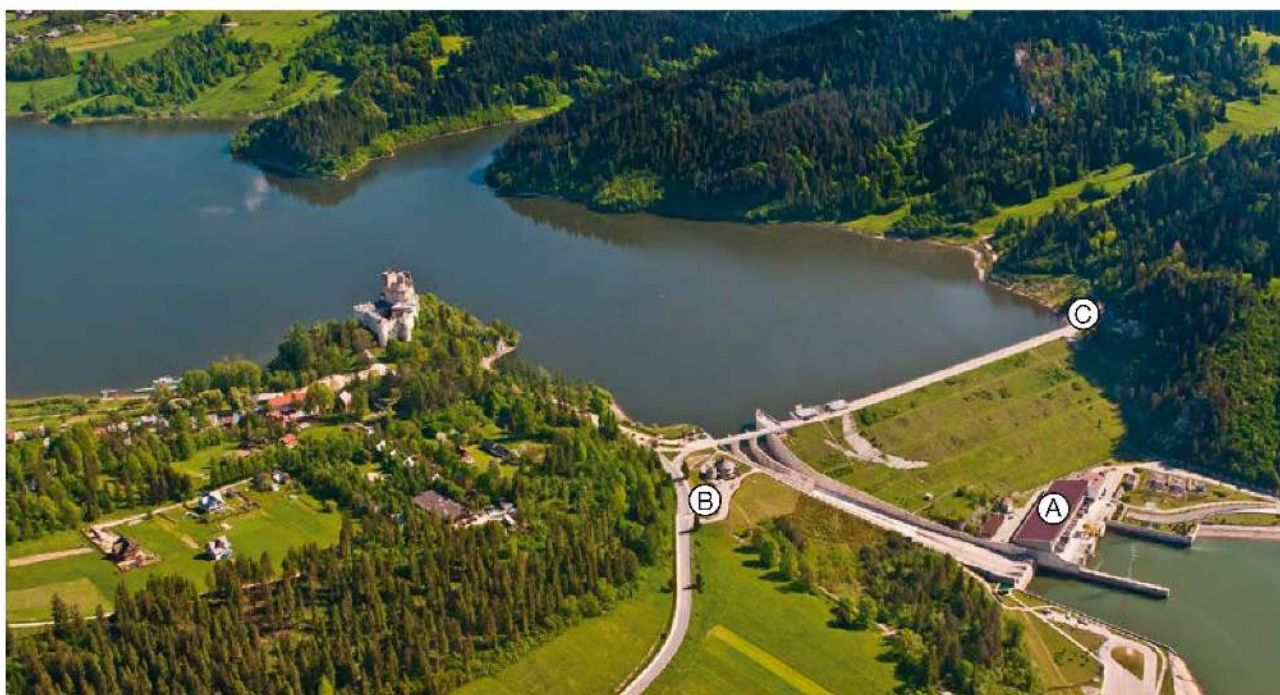
Podczas podróży samochodem bądź pieszej wędrówki przyda Ci się umiejętność identyfikowania danego obiektu w terenie lub na fotografii oraz odnajdywania go na mapie (i na odwrot). Zwróć uwagę na najbardziej charakterystyczne obiekty na fotografii, a także na ich położenie względem innych obiektów.

Przykład 1

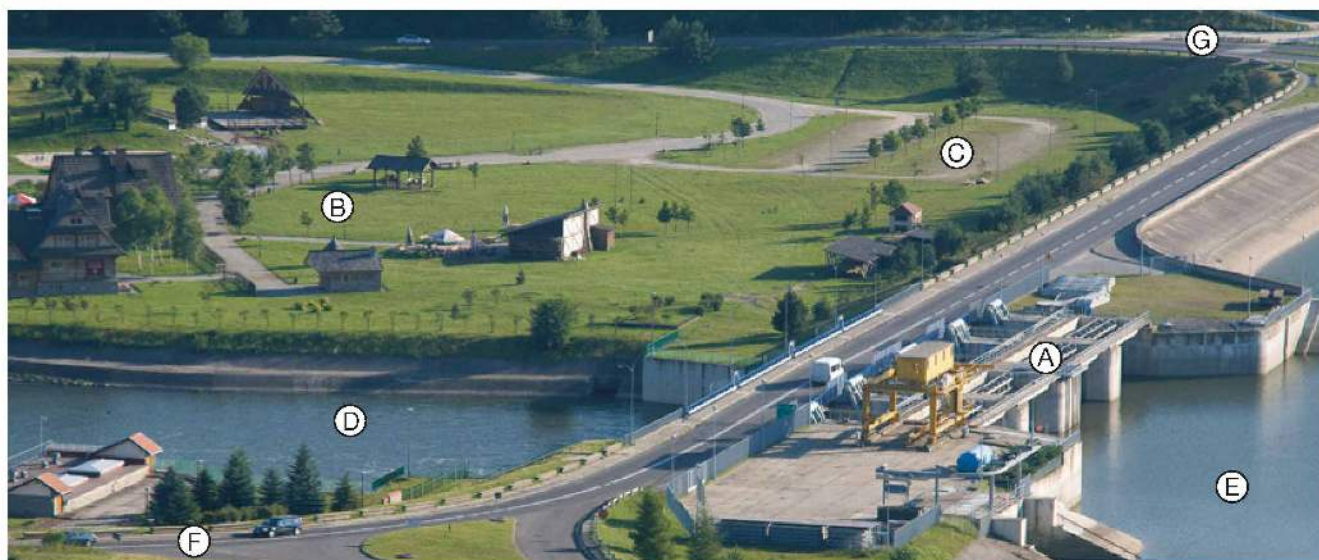
Podaj nazwy obiektów geograficznych zaznaczonych na poniższej fotografii literami A i B. Ustal, w którym kierunku geograficznym należy się udać, aby dotrzeć z punktu B do punktu C.

Odpowiedź

Na pierwszy rzut oka widać, że na fotografii znajduje się zaporę. Na mapie znajdziesz dwa obiekty tego typu, jednak tylko jeden z nich ma przepust z boku. Jest nim zaporę leżąca między Jeziorą Czorsztyńskim a jeziorem Sromowce, więc obiekt oznaczony literą A to elektrownia Niedzica, a obiekt oznaczony literą B – pawilon wystawowy. Zlokalizuj na mapie punkt C. Zauważ, że punkty B i C leżą niemal na tej samej szerokości geograficznej, zatem punkt C znajduje się na wschód od punktu B.



Czytamy mapę turystyczno-topograficzną (cd.)



Przykład 2

Wykonaj polecenia dotyczące powyższej fotografii.

- Podaj nazwy obiektów oznaczonych na fotografii literami A, B, C, D i E.
- Ustal, do których najbliższych miejscowości prowadzą drogi oznaczone na fotografii literami F i G.
- Odczytaj wysokość bezwzględną, na której znajduje się obiekt oznaczony na fotografii literą C.

Odpowiedź

- Zapora na fotografii ma przepusty pośrodku, zatem znajduje się między jeziorem Sromowce a Dunajcem. Obiekty zaznaczone na fotografii literami to: A – budynki elektrowni Sromowce Wyżne, B – pole biwakowe Polana Sosny, C – parking, D – Dunajec, E – jezioro Sromowce.
- Droga oznaczona literą F prowadzi do miejscowości Sromowce Wyżne. Z kolei droga oznaczona literą G prowadzi do miejscowości Lysá nad Dunajcem.
- Obiekt C, czyli parking na Polanie Sosny, znajduje się na wysokości nieco poniżej 500 m n.p.m.

6 Zaplanowanie trasy wycieczki

Jeśli chcesz dobrze zaplanować wycieczkę w góry, uwzględnij wszystkie najważniejsze

elementy tego samouczka. Wybierz trasę dostosowaną do możliwości uczestników wyprawy (oblicz jej długość, zwróć uwagę na różnicę wysokości do pokonania i pokrycie terenu). Sprawdź też, czy na tej trasie znajdują się miejsca na odpoczynek.

Przykład

Opisz trasę wycieczki prowadzącej ze schroniska Trzy Korony do przystani flisackiej Kąty przez przełęcz Czerniawę.

Odpowiedź

Ze schroniska Trzy Korony trasa prowadzi żółtym szlakiem w kierunku północnym. Szlak ten wiedzie przez Wąwóz Sobczański i na przełęczy Szopce krzyżuje się z niebieskim szlakiem. Dalej trasa biegnie niebieskim szlakiem na zachód po w miarę płaskim terenie, przez przełęcz Czerniawę oraz szczyt Łączanę, aż do skrzyżowania z czerwonym szlakiem. Tym szlakiem należy zejść w kierunku południowym (ok. 1,5 km) do parkingu, a następnie iść w stronę Dunajca drogą utwardzaną. Przystań znajduje się kilkadziesiąt metrów od parkingu. Pokonanie całej trasy może zająć ok. 3 godz., a różnica wysokości wyniesie ok. 340 m.

Zadania

- Wymień różnice między sygnaturami punktowymi, liniowymi a powierzchniowymi.
- Podaj przykład wykorzystania mapy topograficznej.
- Na podstawie mapy Pienin opisz przebieg niebieskiego szlaku turystycznego prowadzącego z Czorsztyna na Trzy Korony.

6

Geograficzne systemy informacyjne

Na tej lekcji dowiesz się: czym są GIS ■ w jaki sposób można zastosować GIS w życiu codziennym ■ jak wykorzystywać geoportale do analizy zróżnicowania przestrzennego wybranego obszaru oraz związków i zależności zachodzących w jego środowisku geograficznym.

Odnalezienie różnych obiektów lub opisanie ich położenia nie stwarza obecnie większych problemów. Dzięki internetowi, mapom oraz aplikacjom nawigacyjnym z łatwością można poznać ich współrzędne geograficzne. Jednak dotarcie do innych informacji, umożliwiających na przykład porównywanie dużej liczby obiektów ze względu na konkretną cechę czy opisanie relacji przestrzennych między zjawiskami, wciąż jest trudne i czasochłonne. Dlatego właśnie stworzono geograficzne systemy informacyjne – GIS.

■ Czym są GIS?

GIS, czyli **geograficzne systemy informacyjne** (ang. *Geographical Information System*), to zbiór narzędzi komputerowych służący do gromadzenia,

opisu, analizy oraz prezentacji **danych przestrzennych**, czyli informacji o obiektach i zjawiskach zlokalizowanych w przestrzeni.

Dawniej informacje te przedstawiano na rysunkach, a w późniejszym czasie – na mapach. Współcześnie do przetwarzania i analizy danych przestrzennych wykorzystuje się komputery oraz specjalistyczne oprogramowanie. Dzięki temu GIS to nie tylko mapa w komputerze, lecz także potężna baza danych. Zawiera bowiem dodatkowe informacje o obiektach nazywane **atrybutami**. Są one zamieszczane w tabelach i dotyczą lokalizacji, wielkości oraz wielu innych cech obiektów (takich jak rodzaj drogi, typ gleby czy lasu). Przykład takiej tabeli został przedstawiony na poniższej fotografii.

data	idObiektu	idKod	idKodKarty	idKodGeom	idKodGeom	idKodGeom	idKodGeom	idKodGeom	idKodGeom	idKodGeom
2013-01-01T00:00:00	false	SKDR08		Dok	5	Ort	Trn	Eks	OG	
2013-01-01T00:00:00	false	SKDR08		Dok	5	Ort	Trn	Eks	OG	
2013-01-01T00:00:00	false	SKDR08		Dok	5	Ort	Trn	Eks	OG	
2013-01-01T00:00:00	false	SKDR08		Dok	5	Ort	Trn	Eks	OG	
2013-01-01T00:00:00	false	SKDR08		Dok	5	Ort	Trn	Eks	OG	
2013-01-01T00:00:00	false	SKDR08		Dok	5	Ort	Trn	Eks	OG	

W GIS do każdego obiektu są przypisane dodatkowe informacje (atrybuty). Na przykład w tabeli dotyczącej fragmentu drogi zaznaczonego niebieskim kolorem znajdują się informacje o jego szerokości, rodzaju nawierzchni czy stanie technicznym. Każdy z tych atrybutów może być wykorzystany do osobnej analizy.

GIS – jak to działa?

W GIS do wizualizacji danych przestrzennych wykorzystuje się warstwy tematyczne. Każda z nich dotyczy tylko jednego zagadnienia, np. sieci drogowej. Program komputerowy analizuje te dane i wyszukuje obiekty o określonych przez nas atrybutach poprzez ich dodawanie lub odejmowanie.

1

GIS umożliwiają odnalezienie na przykład domu jednorodzinnego położonego nie dalej niż 300 m od rzeki i 100 m od granicy lasu, ale z dogodnym dojazdem.

2

Poszukiwania obiektu powinniśmy rozpocząć od odnalezienia w tabeli przypisanej do warstwy Budynki obiektów o atrybucie jednorodzinny.

3, 4

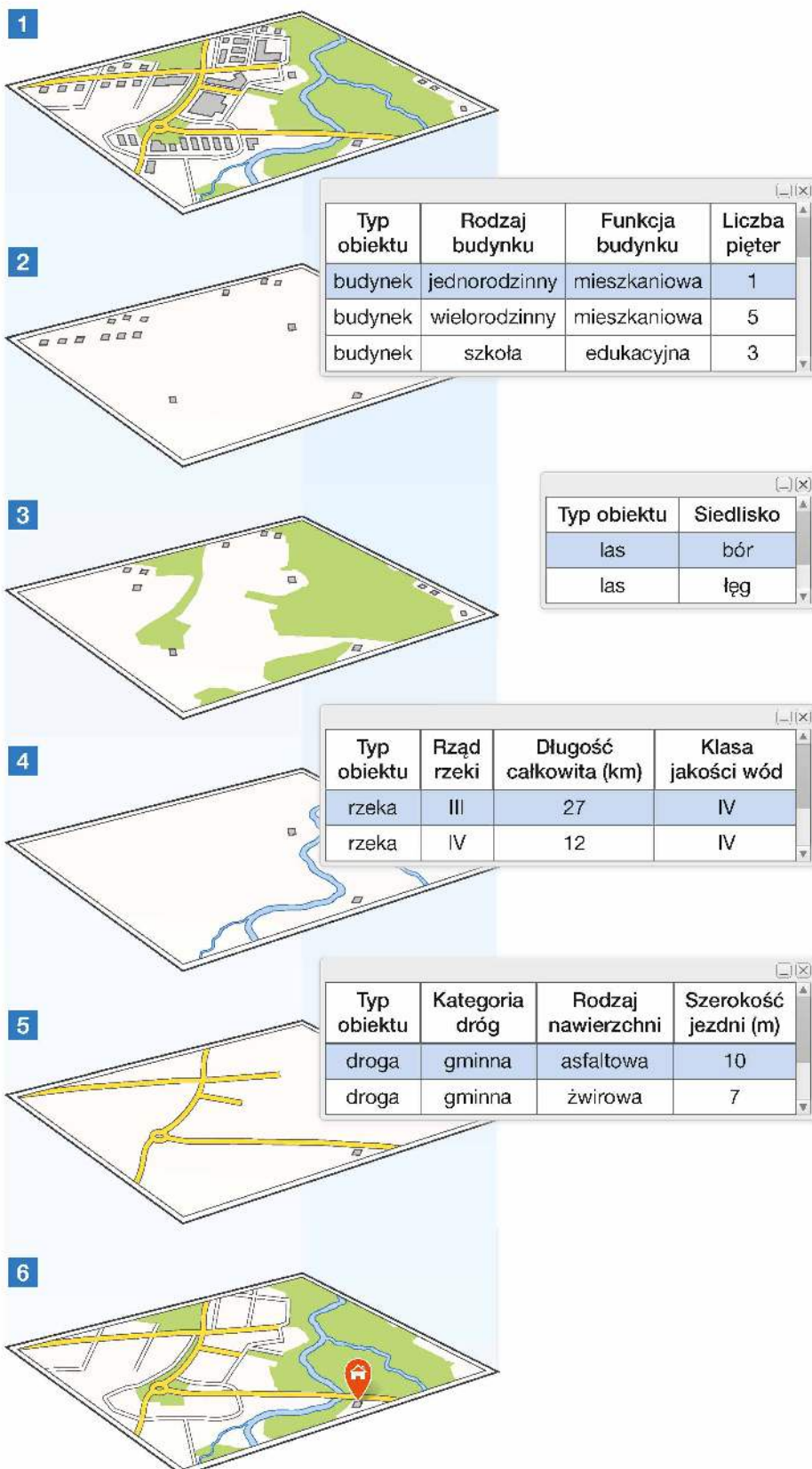
Program komputerowy porówna warstwę Budynki (z zaznaczonymi obiektami o atrybucie jednorodzinny) z warstwami Lasy oraz Sieć hydrograficzna i wybierze tylko te budynki, które znajdują się nie więcej niż 100 m od granicy lasu i 300 m od rzeki.

5

Jeśli nałożymy na wybrane warstwy kolejną – Drogi, będziemy mogli ustalić, który z budynków jednorodzinnych znajduje się najbliżej drogi asfaltowej (zapewniającej dogodny dojazd).

6

Ostatecznie uzyskamy mapę, na której będzie się znajdować wyłącznie obiekt odpowiadający określonym przez nas atrybutom.



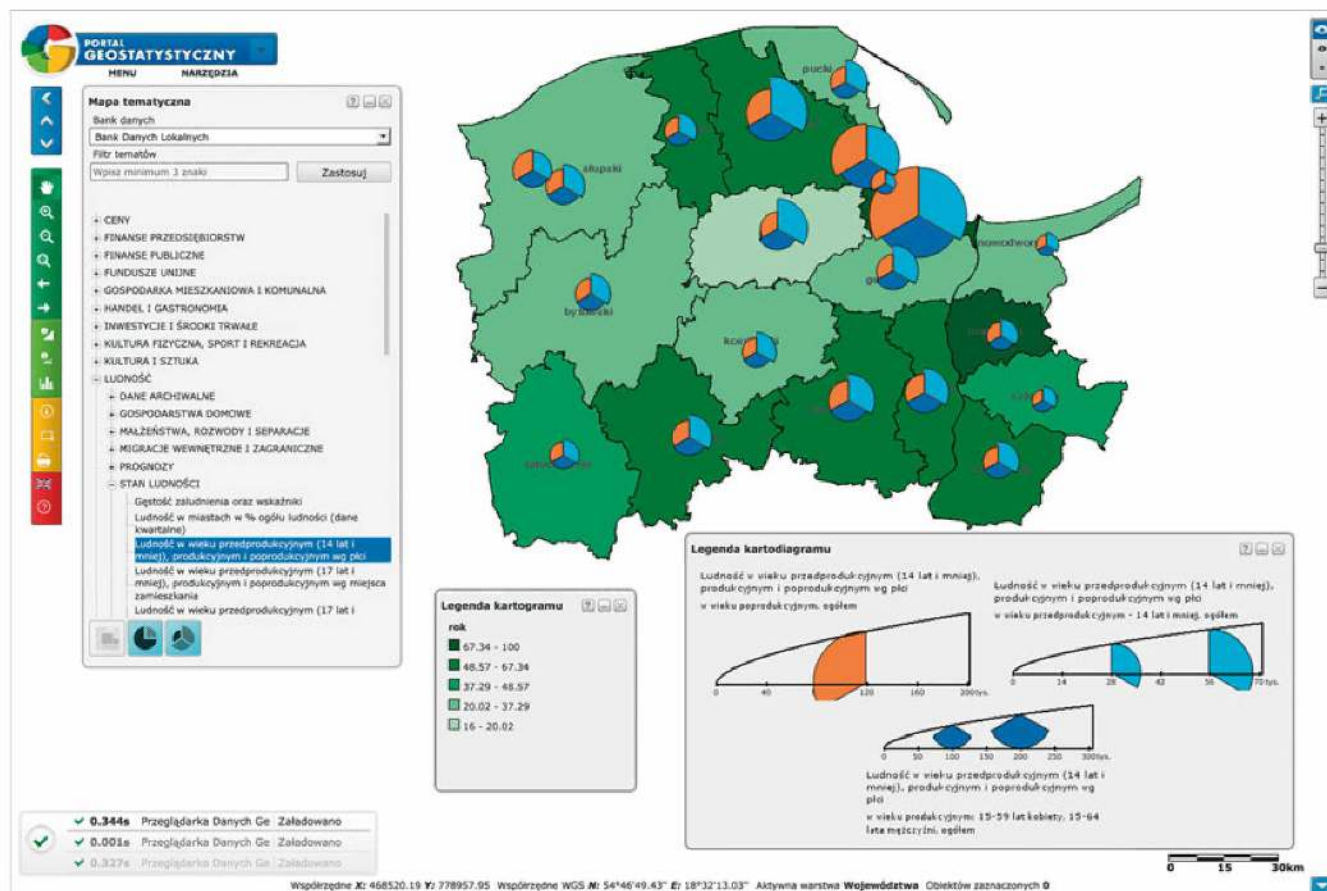
GIS, w przeciwieństwie do tradycyjnych map, pozwalają na **umieszczenie nieskończenie wielu informacji** o obiektach. Dzięki temu można analizować związki oraz zależności zachodzące w środowisku geograficznym, np. między rodzajem gleby i nachyleniem terenu a typem lasu. GIS mogą również znacznie ułatwiać podejmowanie takich decyzji, jak wybór lokalizacji nowego przedszkola (m.in. na podstawie informacji o miejscach zamieszkania rodzin z małymi dziećmi) czy domu jedno-rodzinnego, do którego byłby dogodny dojazd mimo położenia w bliskim sąsiedztwie lasu.

? Wymień informacje o lokalizacji punktu, gdzie znajduje się krzesło, na którym teraz siedzisz: od jego położenia w kosmosie i na Ziemi, poprzez warunki środowiska (np. budowę geologiczną, klimat, strefę roślinną), aż do lokalizacji w miejscowości oraz położenia w budynku szkoły i w sali lekcyjnej.

Geoportale

Geograficzne systemy informacyjne są obecnie dostępne dla każdego. Nie trzeba być specjalistą, aby z nich korzystać. Wiele danych można uzyskać z **geoportali**, czyli stron internetowych prezentujących dane przestrzenne. Na przykład oficjalny geoportal rządowy (geoportal.gov.pl) pozwala na korzystanie z map topograficznych i zdjęć lotniczych z całego obszaru Polski.

Większość geoportali daje możliwość skomponowania własnej mapy poprzez włączanie i wyłączanie warstw, które są widoczne na ekranie komputera. Co więcej, niektóre z tych portali oraz liczne programy komputerowe GIS pozwalają na prezentację danych przestrzennych za pomocą dowolnie **wybranych metod kartograficznych**, np. izolinii, kartogramu czy kartodiagramu. Umożliwiają także łączenie tych metod na jednej mapie – tak jak pokazano poniżej.



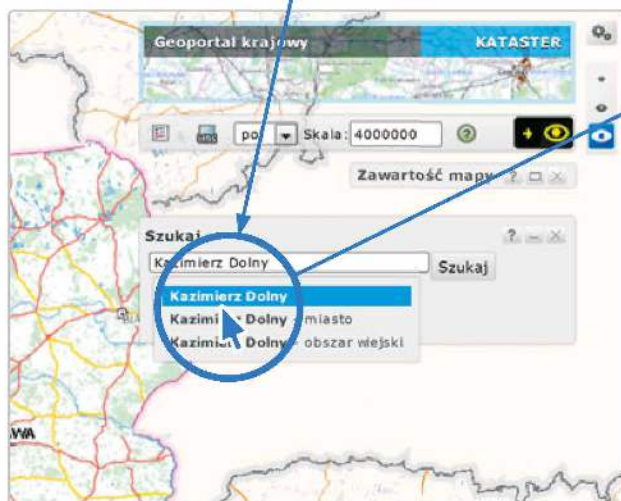
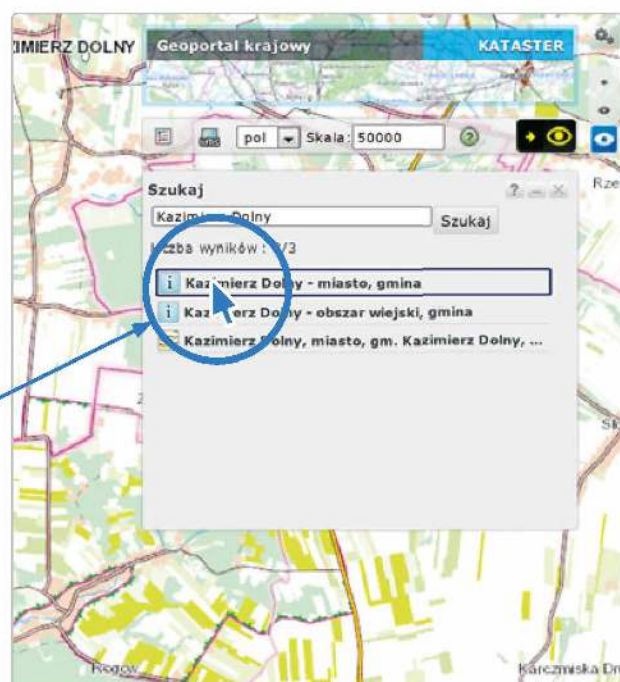
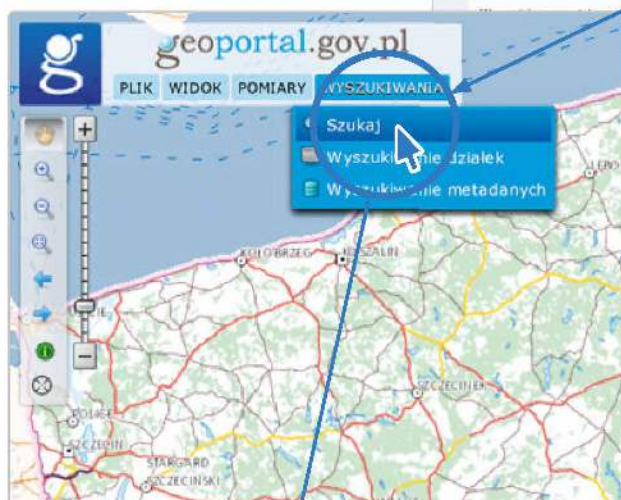
Portal Geostatystyczny (geo.stat.gov.pl) udostępnia dane statystyczne i umożliwia wykonanie map za pomocą kilku metod kartograficznych. Na powyższym przykładzie metodą kartogramu przedstawiono udział ludności miejskiej w powiatach województwa pomorskiego, a metodą kartodiagramu – liczbę ludności w przedziałach wiekowych 0–14 lat, 14–59 lat oraz 59 i więcej lat w tych powiatach.

GIS – odkrywanie ukrytej przestrzeni

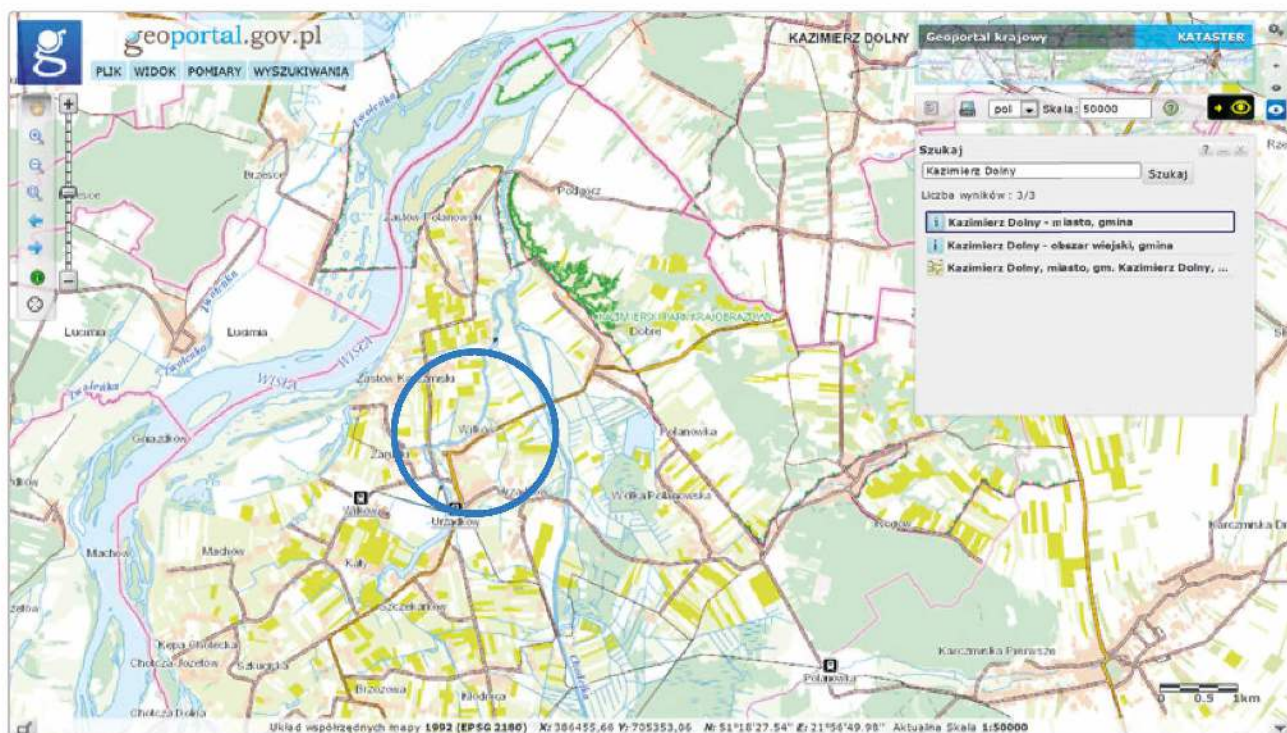
Podręcznik i komputer z dostępem do internetu – to wszystko, czego potrzebujesz, aby korzystać z geograficznych systemów informacyjnych. Dzięki rządowemu geoportalowi dokonasz analizy zróżnicowania przestrzennego i zależności w środowisku geograficznym wybranego obszaru, np. miejscowości Wilków położonej w pobliżu Kazimierza Dolnego.

Wejdź na stronę geoportal.gov.pl.

- 1 Kliknij na przycisk Geoportal Krajowy.
- 2 Gdy na ekranie monitora pojawi się mapa, kliknij na przycisk WYSZUKIWANIA. W oknie Szukaj wpisz nazwę miejscowości: Kazimierz Dolny. Następnie wybierz z listy Kazimierz Dolny – miasto, gmina.

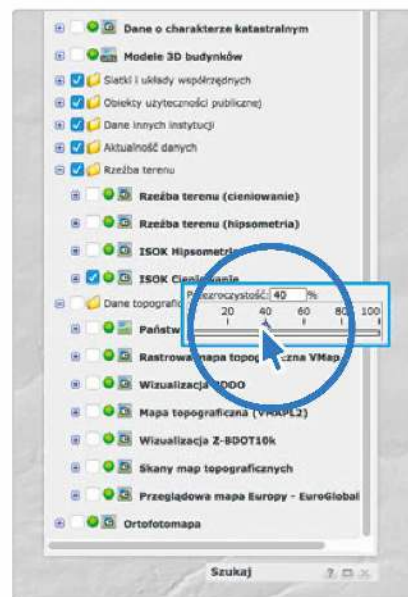
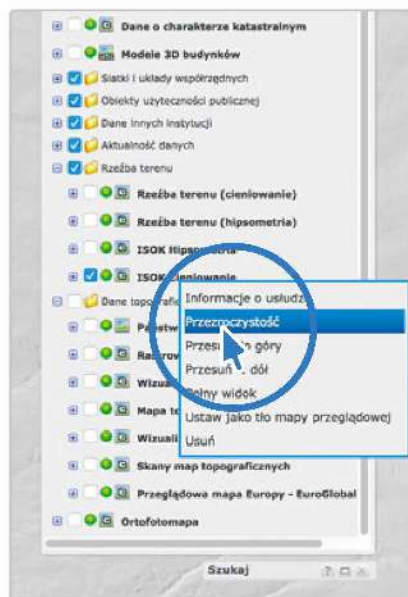


- 3 Ustaw mapę tak, aby miejscowość Wilków, położona na południowy zachód od Kazimierza Dolnego, znalazła się na środku ekranu.

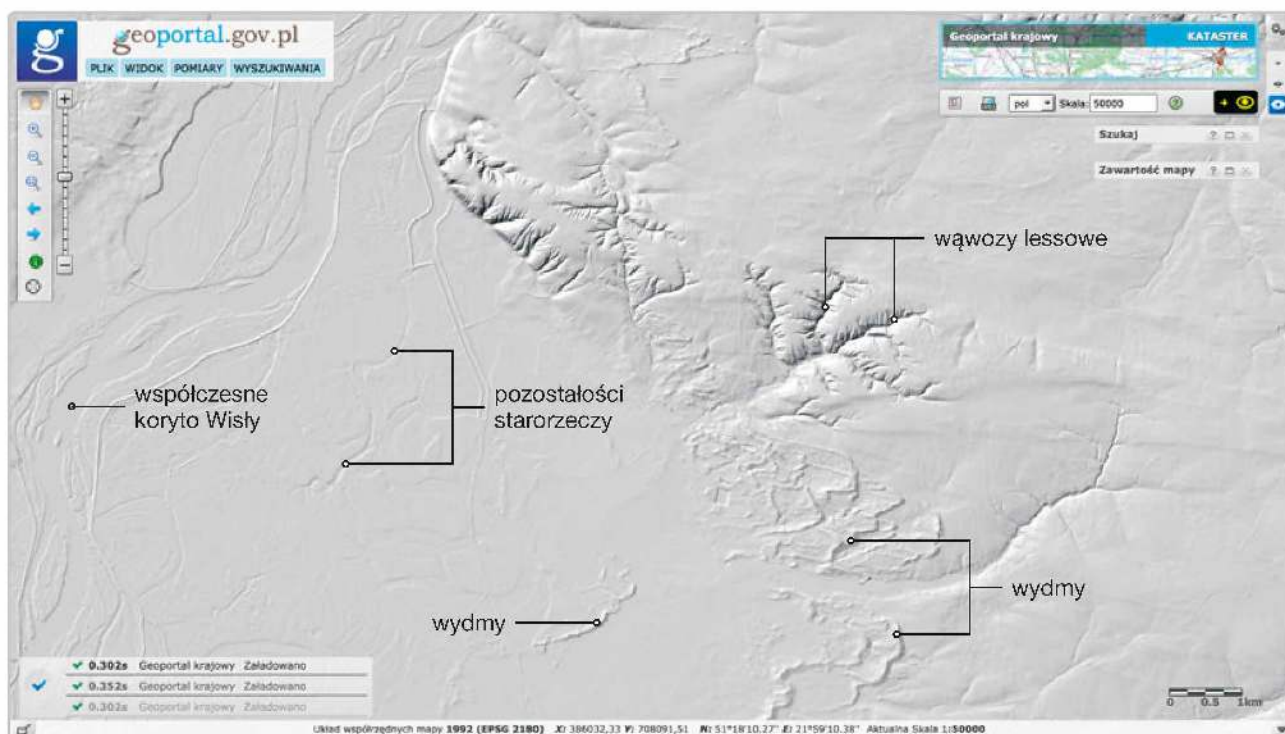


- 4 Kliknij na symbol  i rozwiń menu. Następnie włącz numeryczny model terenu. Jest to model, który pokazuje, jak wyglądałaby powierzchnia terenu bez roślinności, budynków i budowli. Tę warstwę, noszącą nazwę ISOK Cieniowanie, znajdziesz w folderze Rzeźba terenu.

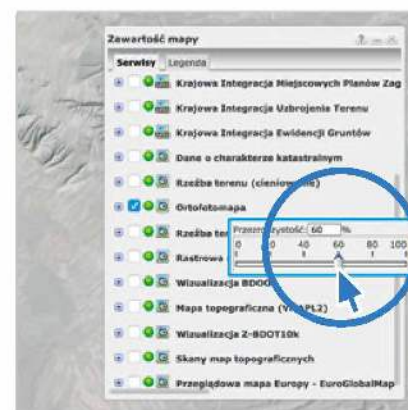
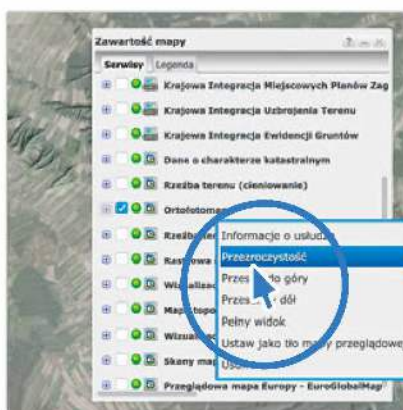
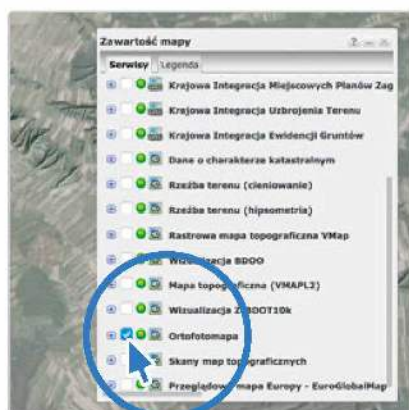
- 5 Aby dostrzec charakterystyczne elementy rzeźby tego obszaru, musisz wybrać właściwy parametr przezroczystości warstwy. Kliknij prawym przyciskiem myszy na warstwę ISOK Cieniowanie, a następnie wybierz wartość przezroczystości, np. 40%.



- 6 Na uzyskanym numerycznym modelu terenu (w oknie Zawartość mapy powinna być zaznaczona tylko warstwa ISOK Cieniowanie) zwróć uwagę na charakterystyczne elementy: krawędź wysoczyzny z licznymi wąwozami lessowymi, wydmy, współczesne koryto Wisły oraz pozostałości starorzeczy w szerokim dnie doliny Wisły.



- 7 Znajdź na liście warstwę Ortofotomapa i ją włącz. Następnie nadaj przezroczystość modelowi terenu, np. 60% (kliknij prawym klawiszem na nazwę warstwy na liście). Dzięki temu będzie dobrze widać warstwy, które znajdują się pod spodem.



Jednoczesna analiza dwóch warstw mapy pozwoli Ci dostrzec następujące zależności:

- większe kompleksy leśne zachowały się tylko tam, gdzie występują luźne piaski (wydmy), czyli na terenach niewykorzystywanych rolniczo,
- zalesione są również zbocza wąwozów,
- dawne starorzecza nie są wykorzystywane rolniczo – to tereny zielone, na których znajdują się drzewa lub krzewy,
- lokalizacja dawnych starorzeczy wpływa na rozmieszczenie działek rolnych.

? Na podstawie strony geoportal.gov.pl wskaż i opisz trzy przykłady zależności między elementami środowiska geograficznego, które występują w Twojej miejscowości.



Centra zarządzania kryzysowego wykorzystują GIS na przykład podczas wyznaczania najszybszej trasy dojazdu karetki pogotowia do miejsca wypadku.



Dane zebrane w terenie i ich analiza z wykorzystaniem GIS pozwalają rolnikom między innymi dobrać rodzaj upraw do właściwości gleb.

■ Przykłady wykorzystania GIS

Geograficzne systemy informacyjne mają zastosowanie w wielu dziedzinach, m.in. w ratownictwie i zarządzaniu kryzysowym. Wspomagają one pracę **służb ratunkowych**, takich jak policja, straż pożarna czy pogotowie ratunkowe. Na przykład GOPR i policja wykorzystują GIS podczas poszukiwań osób zaginionych – analizują zabudowę, pokrycie terenu oraz sieć dróg i ścieżek. GIS znacznie ułatwiają też ocenę ryzyka powstania pożaru lasu oraz walkę z ogniem. Pozwalają bowiem na stworzenie symulacji rozprzestrzeniania się pożaru na podstawie danych dotyczących między innymi kierunków wiatrów, typu lasu czy ukształtowania terenu. Za pomocą GIS opracowuje się również **mapy zagrożenia powodziowego**.

Inną sferą, w której geograficzne systemy informacyjne znajdują zastosowanie, jest działalność gospodarcza. Wykorzystuje się je do prowadzenia **przestrzennych analiz biznesowych**, które ułatwiają podejmowanie decyzji

w marketingu, sprzedaży czy obsłudze klienta. Na przykład gdy niektóre sieci sklepów pytają klientów o kod pocztowy, chcą ustalić, gdzie oni mieszkają i jakie produkty kupują, aby jak najlepiej dostosować ofertę do ich potrzeb. GIS pomagają też podczas podejmowania decyzji o **lokalizacji punktu usługowego**, np. gabinetu stomatologicznego (dzięki umożliwieniu przeprowadzenia analizy przestrzennej wieku mieszkańców danego osiedla). Coraz częściej GIS wykorzystuje się także w **turystyce**. Geoportale z atrakcjami turystycznymi, aplikacje na telefon prowadzące w ciekawe miejsca i dostarczające o nich informacji, aplikacje do wyszukiwania połączeń komunikacyjnych – to tylko niektóre przykłady takich zastosowań.

O tym, jak bardzo przydatne do analizy przestrzennej środowiska geograficznego wybranego obszaru mogą być geograficzne systemy informacyjne, przekonasz się dzięki zapoznaniu się z zamieszczonymi w wybranych lekcjach elementami  **PoGISujmy**.

Zadania

1. Wyjaśnij, czym są geograficzne systemy informacyjne.
2. Wymień pięć przykładów zastosowań GIS w analizie różnicowania środowiska geograficznego.
3. Jakie źródła informacji przestrzennych są dostępne w internecie? Zapisz w zeszycie nazwy trzech z nich.
4. Napisz w zeszycie, czym są atrybuty obiektów w GIS i w jaki sposób ułatwiają analizę przestrzenną środowiska geograficznego.
5. Wykonaj kartogram gęstości zaludnienia w Polsce według województw. W tym celu skorzystaj z Portalu Geostatystycznego (geo.stat.gov.pl).

Podsumowanie

- **Geografia** to nauka zajmująca się przede wszystkim badaniem środowiska przyrodniczego oraz społeczno-gospodarczej działalności człowieka. Istotnym zadaniem geografii jest też analizowanie zależności między elementami środowiska geograficznego. Obejmuje zatem całokształt powiązań środowiska przyrodniczego z wytworami działalności człowieka.
- **Geografia fizyczna** jest jedną z nauk o Ziemi.
- **Wiedzę geograficzną** bardzo często wykorzystuje się podczas:
 - wyznaczania kierunków rozwoju regionów oraz państw,
 - opracowywania planów zagospodarowania przestrzennego,
 - wyznaczania najlepszych lokalizacji dla planowanych inwestycji,
 - oceny wpływu prowadzonych inwestycji na środowisko.
- **Geografię społeczno-ekonomiczną** zalicza się do nauk społecznych (poza urbanistyką, która należy do nauk inżynierjno-technicznych).
- Analizy prowadzone obecnie przez geografów mają **charakter interdyscyplinarny**. To oznacza, że coraz częściej wykorzystują oni osiągnięcia i metody badawcze wypracowane przez naukowców z innych dziedzin.
- Źródła informacji geograficznej dzieli się na: tekstowe, kartograficzne, graficzne, multimedialne, liczbowe, elektroniczne.
- Do najważniejszych źródeł informacji geograficznej należą: podręczniki, atlasy, roczniki statystyczne, encyklopedie i słowniki geograficzne, czasopisma o tematyce geograficznej, przewodniki turystyczne, obserwacje terenowe, geoportale oraz GIS.
- Wykonywaniem, przetwarzaniem i analizą zdjęć lotniczych oraz satelitarnych zajmuje się **tele-detekcja**.
- W procesie tworzenia map bardzo często wykorzystuje się **zdjęcia lotnicze** i **zdjęcia satelitarne**.
- Ze **źródeł liczbowych** uzyskuje się **dane statystyczne**. Można je zaczerpnąć na przykład ze stron Głównego Urzędu Statystycznego, zwłaszcza z serwisu Bank Danych Lokalnych.
- Wiele danych dotyczących środowiska, np. temperatury powietrza, stopnia zanieczyszczenia rzek czy rodzaju skał, zbiera się **w terenie**.
- Aby dane uzyskane z różnych źródeł były przydatne, trzeba wiedzieć:
 - **gdzie zostały zebrane** – bez tego nie można ich analizować w konkretnej przestrzeni,
 - **kiedy je zebrano** – niektóre dane bardzo szybko stają się nieaktualne (np. dane sprzed 10 lat dotyczące liczby ludności określonego kraju),
 - **w jaki sposób zostały zebrane** – wszystkie pomiary muszą przebiegać zgodnie z metodologią badań geograficznych.
- Metody badań geograficznych najczęściej dzieli się na **metody ilościowe** i **metody jakościowe**.
- **Metody ilościowe** charakteryzują dane zjawisko za pośrednictwem liczb. Przykładami danych ilościowych są wartości temperatury powietrza czy liczba turystów na plaży.
- **Metody jakościowe** umożliwiają uzyskanie odpowiedzi na pytania *Dlaczego?*, *W jaki sposób?*. Dane jakościowe zazwyczaj nie są przedstawiane w postaci liczb, lecz opisowych informacji.
- Dane liczbowe można pogrupować w tabelach i przedstawić za pomocą różnego rodzaju **wykresów**.
- Jedną z ilościowych metod zbierania danych jest **ankietowanie**. Polega ono na zadawaniu pytań na określony temat konkretnej grupie ludzi, zliczaniu odpowiedzi, a następnie – na ich opracowywaniu statystycznym.
- **Wywiad** należy do metod jakościowych. Jego przeprowadzenie ma na celu zdobycie informacji lub opinii na dany temat od konkretnej osoby lub kilku osób. Ta metoda zbierania danych ma charakter dialogu.

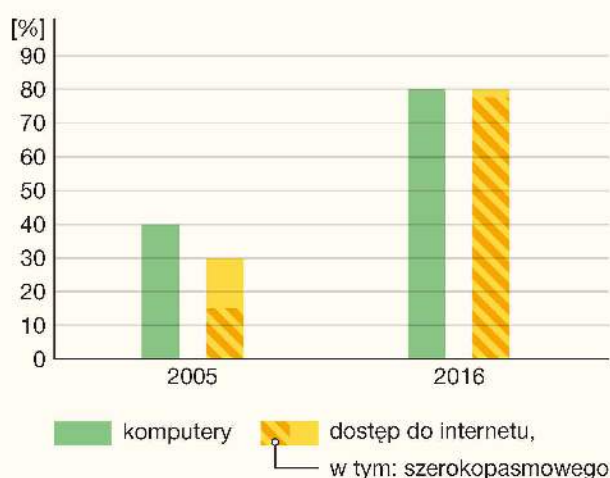
- **Mapa** to uogólniony graficzny obraz powierzchni Ziemi, innego ciała niebieskiego lub ich fragmentu, wykonany na płaszczyźnie i w określonym pomniejszeniu. Przedstawia dany obszar oraz znajdujące się na nim obiekty za pomocą umownych znaków (sygnatur) i przy zastosowaniu odpowiedniego **odwzorowania kartograficznego**.
- Aby przedstawić niewielki fragment Ziemi, np. część miasta, wykonuje się plan. Ponieważ nie uwzględnia on krzywizny Ziemi, sporządza się go tylko dla małych obszarów (o powierzchni nie większej niż 750 km²).
- **Skala mapy** informuje o tym, w jakim stopniu obraz Ziemi na mapie został pomniejszony w stosunku do wymiarów rzeczywistych. Wyróżnia się **skalę liczbową**, **skalę mianowaną** oraz **podziałkę liniową**.
- Wyróżnia się również **skalę polową**. Służy ona do wyrażania wielkości zmniejszenia powierzchni na mapie, np. 1 mm² – 1 000 000 mm².
- **Współrzędne geograficzne** wyznacza się na podstawie wartości południków (długość geograficzna) i równoleżników (szerokość geograficzna).
- **Długość geograficzna** (λ) to kąt dwuścienny zawarty między półpłaszczyzną południka początkowego (0°) a półpłaszczyzną południka przechodzącego przez dany punkt na powierzchni Ziemi. Wartość długości geograficznej może wynosić od 0° do 180° (W lub E).
- **Szerokość geograficzna** (φ) to kąt zawarty między płaszczyzną równika a promieniem ziemskim przechodzącym przez dany punkt na powierzchni Ziemi. Wartość szerokości geograficznej może wynosić od 0° do 90° (N lub S).
- **GPS** to skrót pochodzący od nazwy amerykańskiego systemu nawigacji satelitarnej *Global Positioning System*. Ponieważ ten system powstał najwcześniej i jest najpopularniejszy, mianem GPS określa się często również inne systemy nawigacji satelitarnej (np. rosyjskiego Glonass czy europejskiego Galileo).
- Aby właściwie zinterpretować dane, powinno się określić lokalizację miejsca, w którym zostały zebrane. Współcześnie do tego celu bardzo często wykorzystuje się **nawigację satelitarną**.
- Informacje geograficzne mogą być przedstawiane na mapach za pomocą różnych, jakościowych oraz ilościowych **kartograficznych metod prezentacji**.
- **Metody ilościowe** służą do tworzenia map, z których można odczytać wielkość i natężenie określonych zjawisk, np. gęstość zaludnienia według województw. Wyróżnia się następujące ilościowe metody prezentacji zjawisk: **metodę izolinii**, **metodę kropkową**, **metodę kartogramu** oraz **metodę kartodiagramu**.
- **Metoda izolinii** polega na zastosowaniu izolinii (izarytm), czyli linii łączących punkty o jednakowych wartościach przedstawianego zjawiska. Metoda izolinii pozwala na przedstawienie zjawisk zmieniających się w przestrzeni w sposób ciągły.
- Najczęściej stosowanymi izoliniami są:
 - **izohipsy** (poziomice) – linie na mapie łączące punkty o jednakowej wysokości bezwzględnej,
 - **izobaty** – linie na mapie łączące punkty o jednakowej głębokości wody,
 - **izotermy** – linie na mapie łączące punkty o jednakowej temperaturze powietrza,
 - **izobary** – linie na mapie łączące punkty o jednakowej wartości ciśnienia atmosferycznego,
 - **izohiety** – linie na mapie łączące punkty o jednakowej sumie opadów atmosferycznych,
 - **izohaliny** – linie na mapie łączące punkty o jednakowym zasoleniu,
 - **izoamplitudy** – linie na mapie łączące punkty o jednakowych amplitudach, np. temperatury,
 - **izohele** – linie na mapie łączące punkty o jednakowym osłonecznieniu,
 - **izotachy** – linie na mapie łączące punkty o jednakowej prędkości wiatru.
- **Metoda kropkowa** to sposób prezentacji pozwalający na określenie wielkości danego zjawiska za pomocą znaków graficznych. Im większe zagęszczenie kropek, tym większe natężenie danego zjawiska.
- **Metoda kartogramu** polega na przedstawianiu natężenia określonego zjawiska w granicach danego obszaru za pomocą odpowiednio dobranych barw o ustalonej skali.
- **Metoda kartodiagramu** to sposób prezentacji, który obejmuje przedstawianie wielkości zjawiska, a niekiedy też jego struktury lub przebiegu za pomocą diagramów naniesionych na mapę.

- Do **jakościowych metod** prezentacji zjawisk na mapach zalicza się między innymi **metodę sygnaturową**, **metodę zasięgów** i **metodę powierzchniową**.
- **Metoda sygnaturowa** służy do obrazowania rozmieszczenia danego zjawiska za pomocą umownych znaków – sygnatur. Przedstawiają one na mapie obiekty, których nie można przedstawić w danej skali, gdyż są zbyt małe. Wyróżnia się między innymi sygnatury:
 - **punktowe** – wskazują miejsce występowania zjawisk lub obiektów; mogą to być figury geometryczne, litery albo piktogramy przypominające rzeczywisty wygląd przedstawianych obiektów;
 - **liniowe** – obrazują zjawiska i obiekty o charakterze liniowym, np. drogi czy rzeki.
- W **metodzie zasięgów** zazwyczaj za pomocą linii albo różnych barw oznacza się obszar występowania danego zjawiska lub określonych obiektów. Metoda zasięgów pozwala przedstawić na mapie kilka nakładających się na siebie zjawisk.
- **Metodę powierzchniową** stosuje się do oznaczania barwami powierzchni, na które został podzielony większy obszar ze względu na jedną określoną cechę. Za pomocą tej metody przedstawia się zjawiska, których obszary występowania nie nachodzą na siebie.
- **Rzeźbę terenu** na mapach przedstawia się za pomocą **metody poziomicowej** oraz **metody hipsometrycznej**. Ukształtowanie powierzchni obrazują też **numeryczne modele terenu**.
- **Metoda poziomicowa** ukazuje rzeźbę terenu za pomocą poziomic.
- **Metoda hipsometryczna** polega na nakładaniu na mapę poziomicową barw hipsometrycznych w skali, w której poszczególnym zakresom wysokości odpowiadają inne barwy.
- **Numeryczny model terenu** to cyfrowa metoda przedstawiania ukształtowania powierzchni terenu. Każdemu pikselowi, czyli małemu kwadratowi składającemu się na obraz powierzchni, jest przypisana określona wartość wysokości bezwzględnej. Pozwala to na wykonanie dokładnych map.
- **Podziału map** dokonuje się najczęściej ze względu na **treść**, **skalę** lub **przeznaczenie**.
- Ze względu na **skalę** wyróżnia się:
 - **mapy wielkoskalowe** (w tym topograficzne) – wykonane w skalach większych niż 1:200 000,
 - **mapy średnioskalowe** – wykonane w skalach od 1:200 000 do 1:1 000 000,
 - **mapy małoskalowe** (przeglądowe) – wykonane w skalach mniejszych niż 1:1 000 000.
- Ze względu na **treść** wyróżnia się:
 - **mapy ogólnogeograficzne** – przedstawiają ogólną charakterystykę powierzchni Ziemi i przestrzenne związki między elementami krajobrazu,
 - **mapy tematyczne** (np. mapy geomorfologiczne i glebowe) – przedstawiają tylko wybrane zjawiska; pozostałe, nieliczne elementy treści, np. zarysy lądów czy sieć rzeczna, służą jedynie ogólnej orientacji.
- Ze względu na **przeznaczenie** wyróżnia się:
 - mapy turystyczne,
 - mapy komunikacyjne,
 - mapy wojskowe.
- **GIS – geograficzne systemy informacyjne** (ang. *Geographical Information System*) to zbiór narzędzi komputerowych służący do gromadzenia, opisu, analizy oraz prezentacji danych przestrzennych, czyli informacji o obiektach i zjawiskach zlokalizowanych w przestrzeni.
- Dodatkowe informacje o obiektach w GIS noszą nazwę **atrybutów**. Są one zamieszczane w tabelach i dotyczą lokalizacji, wielkości oraz wielu innych cech obiektów.
- GIS, w przeciwieństwie do tradycyjnych map, pozwalają na **umieszczanie nieskończenie wielu informacji** o obiektach. Dzięki temu można analizować związki oraz zależności zachodzące w środowisku geograficznym.
- **Geoportale** to strony internetowe prezentujące dane przestrzenne. Większość geoportali daje możliwość skomponowania własnej mapy poprzez włączanie i wyłączanie warstw, które są widoczne na ekranie komputera.
- Geograficzne systemy informacyjne mają zastosowanie w wielu dziedzinach, m.in. w ratownictwie i zarządzaniu kryzysowym. Wspomagają pracę policji, straży pożarnej czy pogotowia ratunkowego. GIS wykorzystuje się też podczas opracowywania map, np. zagrożenia powodziowego.



- 1** Wyjaśnij, dlaczego należy ostrożnie korzystać z najstarszych tekstowych źródeł informacji. (0–1 p.)

- 2** Poniższy wykres przedstawia odsetek gospodarstw domowych wyposażonych w komputery oraz z dostępem do internetu w latach 2005 i 2016. Wskaż poprawne dokończenie zdania. (0–1 p.)



Dane przedstawione na wykresie świadczą o

- A. zmniejszaniu się liczby gospodarstw z dostępem do internetu szerokopasmowego.
- B. zwiększaniu się liczby gospodarstw domowych wyposażonych w komputery.
- C. zmniejszaniu się liczby gospodarstw domowych wyposażonych w komputery.

- 3** Przerysuj tabelę do zeszytu. Następnie wpisz w odpowiednich kolumnach przykłady zagadnień, które można zbadać dzięki zastosowaniu ilościowych i jakościowych metod badań geograficznych. (0–2 p.)

wartość temperatury powietrza, cel wyjazdów zagranicznych, liczba urodzeń żywych, powód migracji ludzi do miast, liczba bibliotek w powiatach

Metody jakościowe	Metody ilościowe
?	?

- 4** Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Wybierz P, jeśli informacja jest prawdziwa, lub F, jeśli jest fałszywa. (0–4 p.)

1.	Jedną z ilościowych metod badań typowych dla geografii fizycznej jest ankietywanie.	P	F
2.	Wywiad zalicza się do metod ilościowych.	P	F
3.	Pytania zadawane respondentom muszą być zrozumiałe, krótkie i jednoznaczne. Nie mogą też sugerować żadnej z odpowiedzi.	P	F
4.	Celem wywiadu jest zdobycie informacji lub opinii na dany temat od konkretnej osoby lub kilku osób.	P	F

- 5** Do poniższych metod prezentacji danych dobierz przykłady zagadnień, które zostaną przez tę metodę najlepiej zobrazowane. (0–5 p.)

- A. Metoda izolinii.
- B. Metoda kartogramu.
- C. Metoda sygnaturowa.
- D. Numeryczny model terenu.
- E. Metoda kartodiagramu.

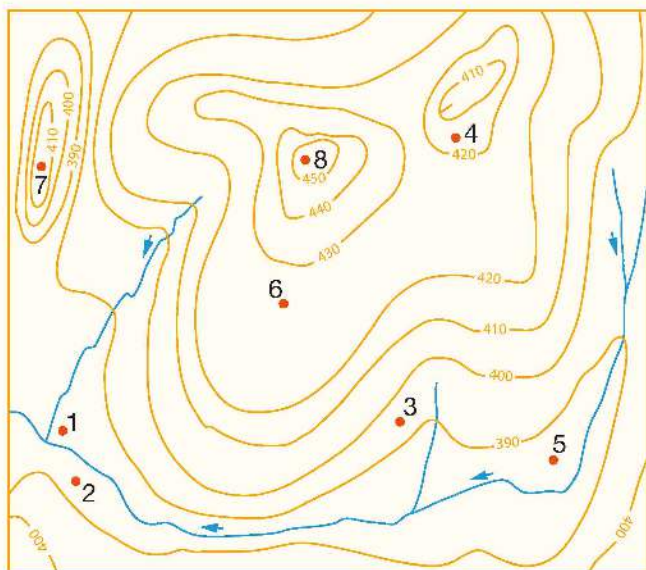
- a) Występowanie surowców naturalnych w Europie.
- b) Fragment osuwiska w Bieszczadach.
- c) Roczna suma opadów atmosferycznych w Australii.
- d) Udział obszarów chronionych w ogólnej powierzchni państw w 2017 r.
- e) Piramida płci i wieku ludności Polski w 2016 r.
- f) Użytkowanie gruntów w województwach w 2017 r.

A – [?], B – [?], C – [?], D – [?], E – [?]

- 6** Wyjaśnij, dlaczego do przedstawiania ukształtowania powierzchni coraz częściej wykorzystuje się numeryczne modele terenu. Podaj dwa argumenty. (0–2 p.)

- 7** Napisz, co trzeba wiedzieć o danych, aby móc z nich poprawnie korzystać. (0–3 p.)

- 8** Poniżej umieszczono rysunek poziomicowy. Wskaż poprawne dokończenia zdań. (0–2 p.)



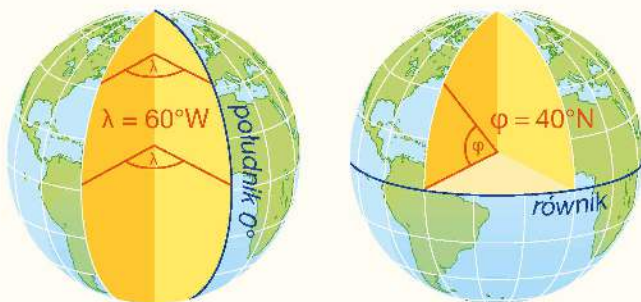
- A. Wklęsłą formę ukształtowania terenu
zaznaczono numerem

- a) 8.
b) 7.
c) 4.
d) 6.

- B. Punkt położony w dolinie rzecznej, którego wysokość względna liczona od punktu 8 wynosi ok. 70 m, zaznaczono numerem

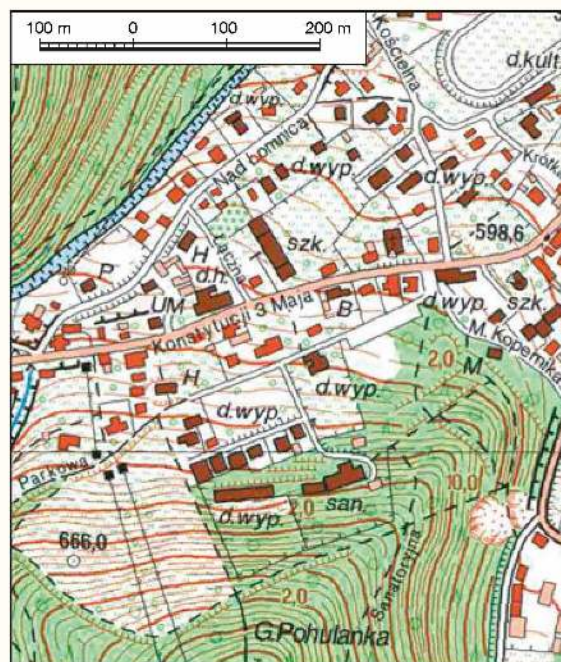
- a) 3.
b) 2.
c) 6.
d) 4.

- 9 W jaki sposób (za pomocą jakich jednostek lub systemów) można przedstawić lokalizację punktów na kuli ziemskiej? Zapisz w zeszycie trzy przykłady. (0–1 p.)



- 10** Podaj dwie funkcje odbiornika GPS, które są szczególnie przydatne podczas wędrówki po górach. (0–2 p.)

- 11** Zapisz w zeszycie nazwę grupy map, do której należy mapa przedstawiona poniżej. Następnie podaj przykład zastosowania tej mapy oraz cztery informacje, które można z niej odczytać. (0–2 p.)



- 12** Wybierz prawdziwe informacje w poniższych zdaniach. Następnie przepisz te zdania do zeszytu. (0–4 p.)

- A. *GIS / GPS* to zbiór narzędzi komputerowych służący do gromadzenia, opisu, analizy oraz prezentacji danych przestrzennych.
- B. W geograficznych systemach informacyjnych do wizualizacji danych przestrzennych wykorzystuje się *warstwy tematyczne / atrybuty*.
- C. *Geoportal / Ortofotomapa* to strona internetowa prezentująca dane przestrzenne.
- D. *BDL / GIS* są wykorzystywane podczas opracowywania map zagrożenia powodziowego.

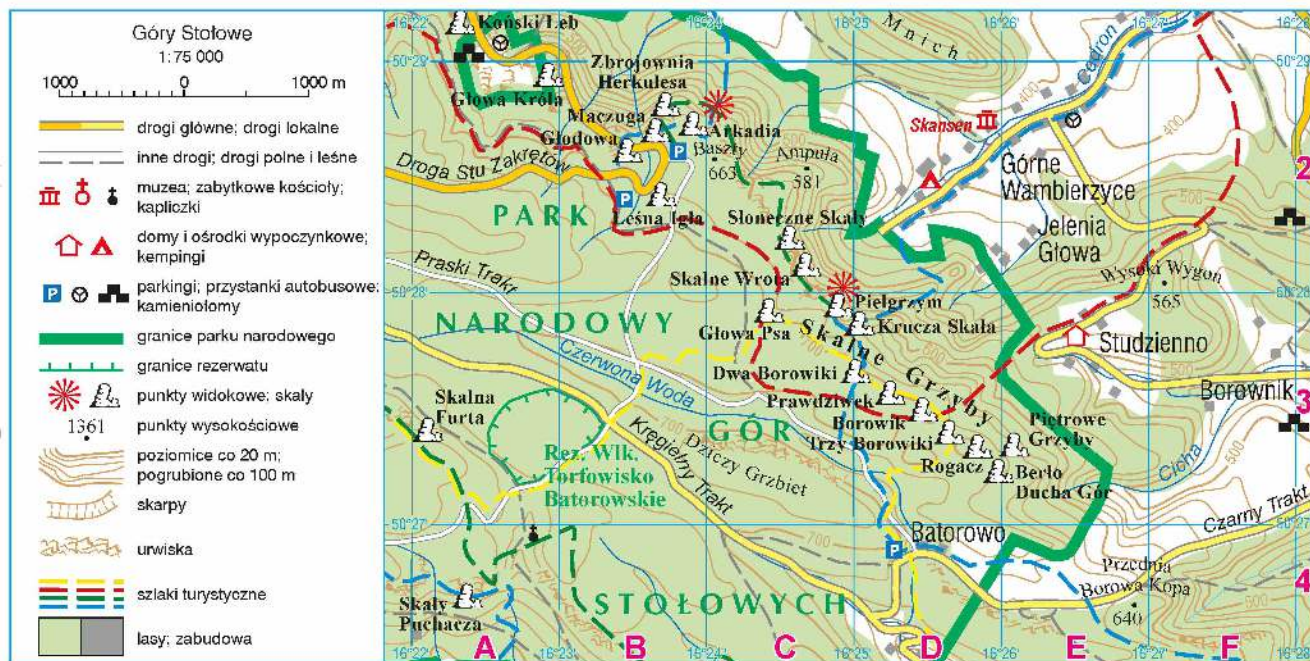
- 13** Zapisz w zeszycie dwie cechy map cyfrowych, które decydują o ich coraz większej popularności. (0–2 p.)

Sprawdź w kluczu odpowiedzi, które zadania udało Ci się rozwiązać poprawnie. Następnie oblicz uzyskany przez siebie procent ogólnej liczby punktów.

Sposób na zadania

Zadanie 1. (0–1)

Mapa przedstawia fragment Gór Stołowych.



Podaj trzy cechy środowiska przyrodniczego, którymi różnią się następujące fragmenty Gór Stołowych: Skalne Grzyby i Dziczy Grzbiet.

Czynność do wykonania

Czasowniki operacyjne *podaj* oraz *wymień* oznaczają, że należy podać wymaganą w poleceniu liczbę konkretnych informacji dotyczących procesów, zjawisk i obiektów (bez opisywania).

Praktyczne rady

Odszukaj na mapie wymienione fragmenty Gór Stołowych. Sprawdź w legendzie, co oznaczają umieszczone na nich symbole. W odpowiedzi nie podawaj wszystkich cech Skalnych Grzybów i Diczego Grzbietu, lecz wypisz te, którymi się one różnią. Zwróć uwagę na wysokości bezwzględne, nachylenie stoków czy występowanie dolin rzecznych. Zgodnie z poleceniem wymień tylko cechy środowiska przyrodniczego podanych obszarów.

Odpowiedź:

- W obrębie Skalnych Grzybów występuje bardzo dużo pojedynczych skał, a na Dzikim Grzbiecie ich nie ma.
- Obszar Skalnych Grzybów jest łagodniej nachylony ku dolinie Czerwonej Wody niż Dzikie Grzbiecie.
- Skalne Grzyby znajdują się na obszarze o mniejszych wysokościach bezwzględnych niż Dzikie Grzbiecie.

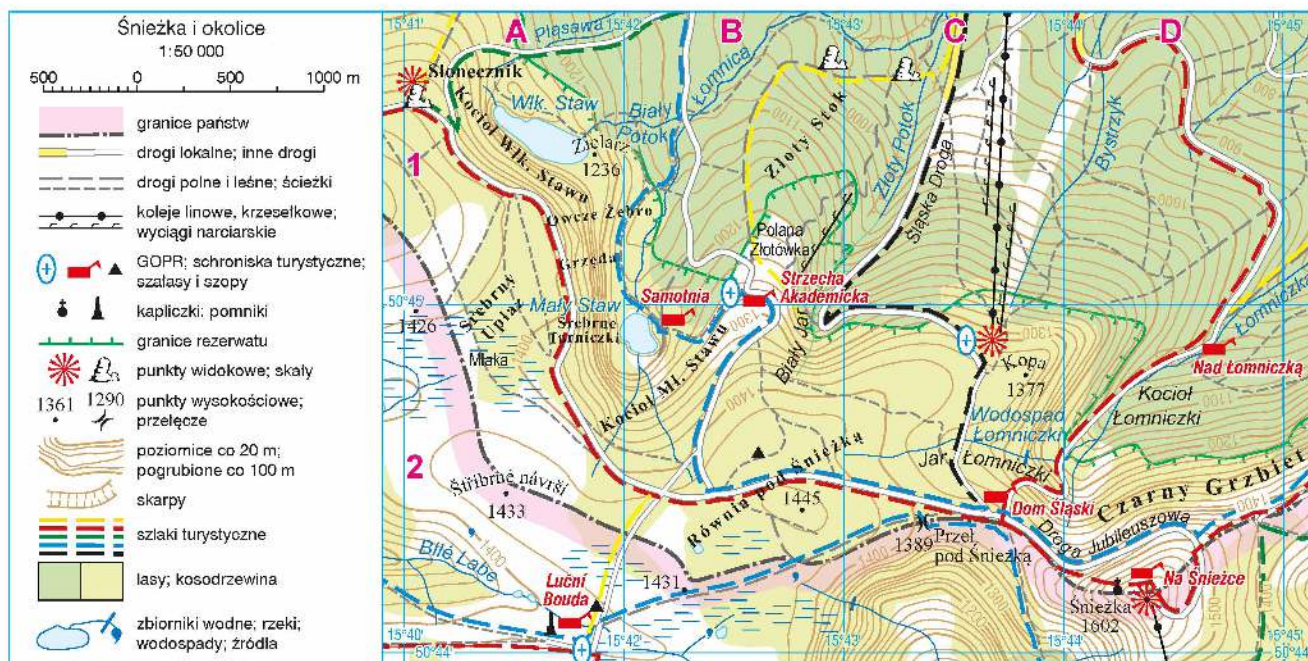
Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE



Zadanie 1.

Na poniższej mapie przedstawiono fragment Karkonoszy, a na fotografii – najwyższy szczyt tego pasma (Śnieżkę).



Zadanie 1.1. (0–1)

Na podstawie materiału źródłowego podaj trzy charakterystyczne cechy krajobrazu Karkonoszy.

Zadanie 1.2. (0–1)

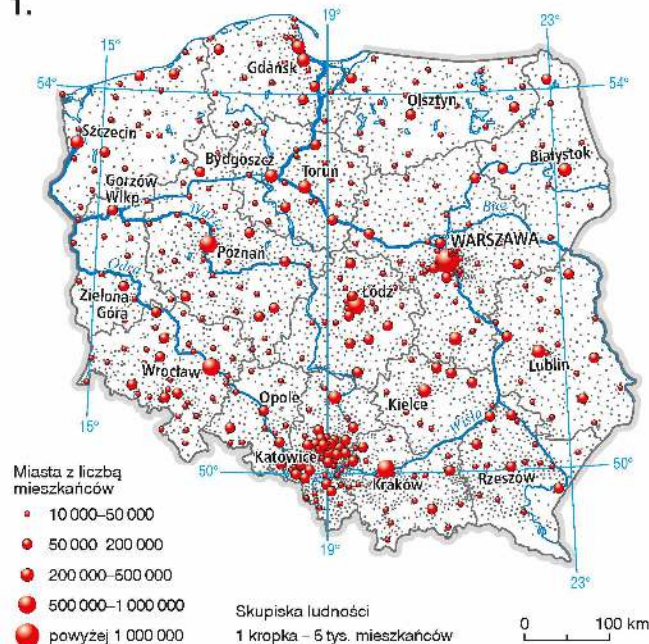
Na podstawie opisów rozpoznaj obiekty geograficzne w Karkonoszach. Wpisz do tabeli ich nazwy.

Lp.	Opis	Nazwa
1.	Obiekt noclegowy, do którego z Domu Śląskiego (D3) należy iść 2 km zgodnie z azymutem 45°.	?
2.	Piętro roślinne występujące na wysokości, na której znajduje się stacja wyciągu krzesełkowego.	?
3.	Lewy dopływ Łomnicy, który wypływa z jeziora.	?

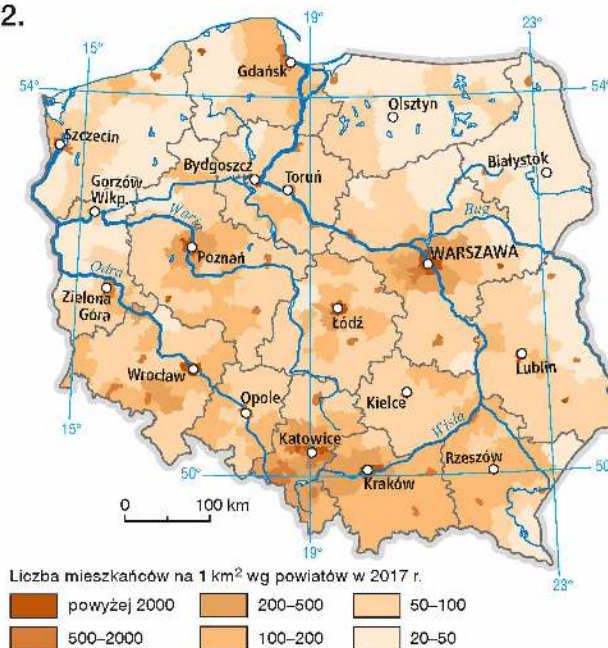
Zadanie 2.

Na mapach przedstawiono rozmieszczenie ludności w Polsce.

1.



2.

**Zadanie 2.1.** (0–1)

Podaj nazwy metod kartograficznych, które zastosowano przy tworzeniu map.

Mapa nr 1 –

Mapa nr 2 –

Zadanie 2.2. (0–1)

Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, albo F – jeśli jest fałszywa.

1.	Mapa nr 2 jest zgeneralizowana względem mapy nr 1.	P	F
2.	Na obu mapach zastosowano metody ilościowe.	P	F
3.	Na obu mapach przedstawiono rozmieszczenie ludności wyrażone w wartościach bezwzględnych.	P	F
4.	Metoda wykorzystana do sporządzenia mapy nr 1, pozwala bardzo dobrze zobrazować takie wskaźniki, jak lesistość.	P	F

Zadanie 2.3. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź 1, 2 lub 3 oraz jej uzupełnienie A, B lub C.

Obie mapy są

1.	małoskalowe	i zostały wykonane w skali	A.	1:200 000 i większej
2.	średnioskalowe		B.	od 1:200 000 do 1:1 000 000
3.	wielkoskalowe		C.	1:1 000 000 i mniejszej

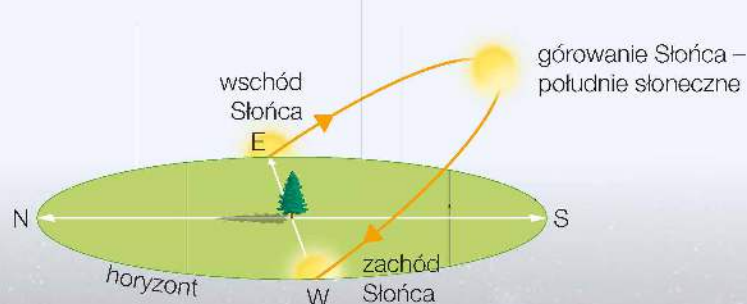
II. Ziemia we wszechświecie

To było w szkole podstawowej!

☑ Ziemia jest jedną z ośmiu planet Układu Słonecznego.



☑ Trasa pozornej wędrówki Słońca po niebie ma kształt łuku. Najważniejsze momenty podczas jej trwania to wschód, górowanie oraz zachód.



Na tej lekcji dowiesz się: jak zmieniały się poglądy na temat budowy i powstania wszechświata ■ jak jest zbudowany wszechświat ■ jakie gwiazdozbiory znajdują się na niebie obserwowanym z półkuli północnej ■ jak wygląda wszechświat widziany z Ziemi, a jak – Ziemia widziana z kosmosu ■ w jaki sposób prowadzi się obecnie badania kosmiczne ■ jakie są najważniejsze osiągnięcia związane z poznawaniem wszechświata.

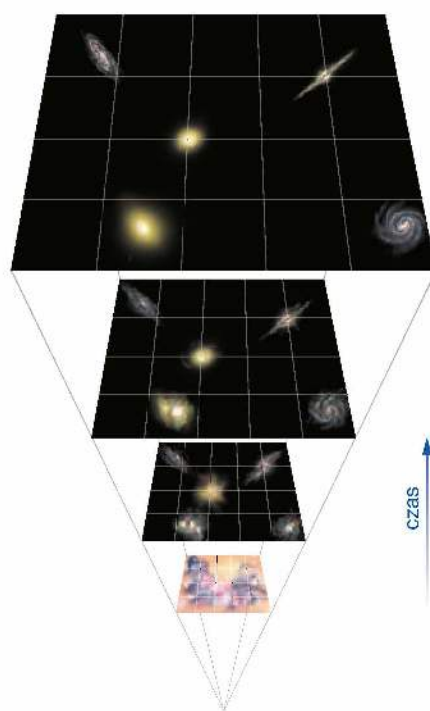
Czym jest wszechświat? Kiedy i w jaki sposób powstał? Jaka jest jego wielkość? Czy poza Ziemią istnieje życie? Mimo że uczeni i naukowcy próbują odpowiedzieć na te pytania od wieków, wiele tajemnic natury wciąż pozostaje niewyjaśnionych. Dzięki rozwojowi nauki i technologii wiemy jednak na pewno, że nasza planeta jest w kosmosie zaledwie pyłkiem, a życiodajne Słońce – tylko jedną z miliardów gwiazd wchodzących w skład naszej Galaktyki.

■ Teorie na temat budowy i powstania wszechświata

Pierwsze teorie na temat budowy i powstania wszechświata (kosmosu) wysuwano na podstawie obserwacji nieba oraz widocznych na nim gołym okiem ciał niebieskich. Starożytni astronomowie uważali, że granice kosmosu wyznacza niezmienny układ gwiazd znajdujący się na niebie. Do XVI w. większość uczonych głosiła **teorię geocentryczną**. Ta teoria zakładała, że Słońce i inne ciała niebieskie krążą wokół Ziemi. **Teorię heliocentryczną**, zgodnie z którą Ziemia i inne znane wówczas planety krążą wokół Słońca, sformułował dopiero Mikołaj Kopernik w 1543 r.

Po przełomowym odkryciu Kopernika następowały kolejne. Astronomowie odkrywali i opisywali ciała niebieskie oraz ich ruchy. Jednak dopiero w 1924 r. **Edwin Powell Hubble** [wym. habl] udowodnił, że wszechświat jest znacznie większy, niż do tej pory sądzono. Astronom stwierdził też, że galaktyki znajdują się w ciągłym ruchu i nieustannie się od siebie oddalają. Zdaniem Hubble’a cała materia

i energia wszechświata były początkowo skoncentrowane w jednym punkcie o ogromnej gęstości, a dopiero potem zaczęły się rozszerzać. Te założenia stały się podstawą **teorii Wielkiego Wybuchu** (ang. *Big Bang Theory*), według której ewolucja wszechświata rozpoczęła się ok. 13,8 mld lat temu. Według współczesnych naukowców rozszerzanie się wszechświata to nie tylko ekspansja materii i energii, ale przede wszystkim – przestrzeni. Założenia teorii Wielkiego Wybuchu przedstawia poniższa ilustracja.



Według teorii Wielkiego Wybuchu na początku cały wszechświat był skupiony w jednym punkcie, a dopiero później zaczął się rozszerzać. Ta teoria zakłada również, że w trakcie ekspansji wszechświata zmniejszają się gęstość i temperatura tworzącej go materii.

Poznanie wszechświata

Wszechświat fascynował ludzi od wieków. Jednak aż do wynalezienia teleskopu poznanie kosmosu ograniczało się do obserwacji gołym okiem i wykonywania na ich podstawie różnych obliczeń.



Przełom XX i XXI w. – Stephen Hawking dokonuje znaczących odkryć w zakresie początków wszechświata i genezy czarnych dziur.

1969 r. – Neil Armstrong i Buzz Aldrin jako pierwsi lądują na Księżycu.

1961 r. – Jurij Gagarin jako pierwszy człowiek leci w kosmos.

1929 r. – Edwin Powell Hubble odkrywa zjawisko rozszerzania się wszechświata.

1609–1619 – Jan Kepler formułuje trzy prawa opisujące ruch planet wokół Słońca.

Początek XVII w. – Galileusz odkrywa między innymi plamy na Słońcu, pierścienie Saturna i cztery księżyce Jowisza.

II w. n.e. – Klaudiusz Ptolemeusz opisuje geocentryczną teorię budowy wszechświata.

II w. p.n.e. – Hipparch tworzy pierwszy katalog gwiazd.

XVII w. – Jan Heweliusz sporządza mapy Księżycy, opisuje ok. 400 komet i opracowuje atlas nieba.

1543 r. – Mikołaj Kopernik przedstawia heliocentryczną wizję wszechświata.

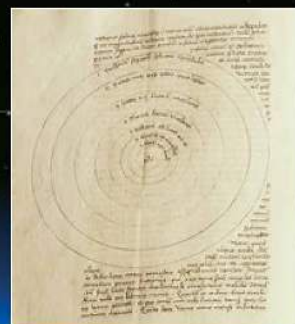
1687 r. – Isaac Newton ogłasza teorię grawitacji.

1957 r. – pierwszy sztuczny satelita – Sputnik 1 – zostaje umieszczony na orbicie okołozemskiej.

1965 r. – Aleksiej Leonow odbywa pierwszy spacer w przestrzeni kosmicznej.

1992 r. – zostają odkryte pierwsze planety spoza Układu Słonecznego (ich współodkrywcą jest polski astronom Aleksander Wolszczan).

2004 r. – amerykańskie sondy Opportunity i Spirit lądują na Marsie.



Budowa wszechświata

Większość naukowców uważa, że wszechświat jest zbudowany przede wszystkim z **ciemnej materii** oraz **ciemnej energii**. Ich istnienie udowodniono pośrednio dzięki obserwacji ruchu gwiazd. **Materia emitująca światło**, czyli taka, którą możemy obserwować bezpośrednio, stanowi prawdopodobnie jedynie ok. 5% masy wszechświata. Tworzące ją obiekty skupiają się w galaktykach uważanych za podstawowe jednostki organizacji materii we wszechświecie. Galaktyki są rozmieszczone nierównomiernie. Wiele z nich należy do małych grup lub większych gromad wchodzących z kolei w skład supergromad.

Galaktyka, w której znajduje się Układ Słoneczny, a więc i nasza planeta, jest nazywana **Drogą Mleczną**. Składa się ona z niemal 400 mld gwiazd. Droga Mleczna wraz z ponad 30 innymi galaktykami tworzy **Lokalną Grupę Galaktyk**.

Rozmiary wszechświata

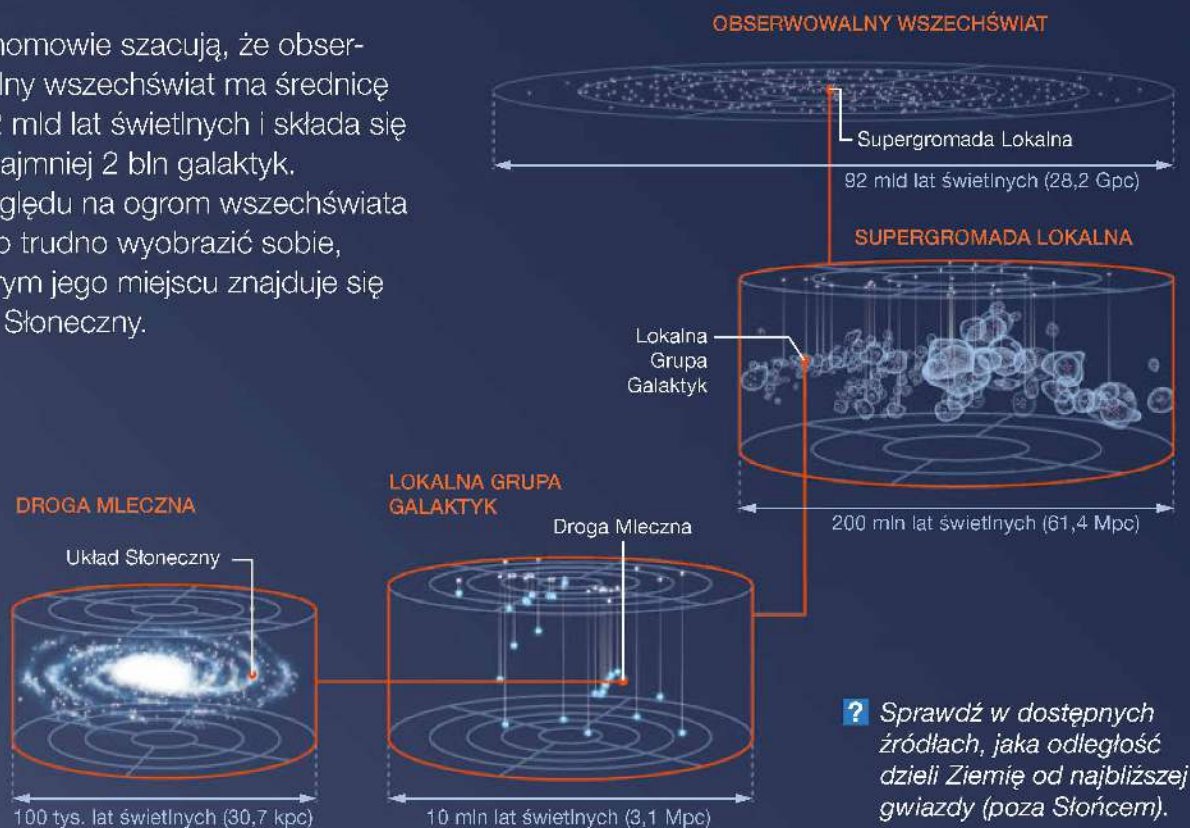
Wszechświat jest ogromny. Dlatego astronomowie opisują odległości między znajdującymi się w nim obiektami za pomocą innych jednostek niż te, którymi posługujemy się w życiu codziennym. Tymi specjalnymi jednostkami są:

- ▶ **jednostka astronomiczna** (ang. *Astronomical Unit*, w skrócie AU) – średnia odległość Ziemi od Słońca, czyli 149 597 870 km;
- ▶ **rok świetlny** – odległość przebyta przez światło w próżni w ciągu jednego roku; jeden rok świetlny jest równy 63 239 AU;
- ▶ **parsek** (pc) – największa z jednostek miary stosowanych w astronomii; 1 pc = 3,26 roku świetlnego, czyli 206 265 AU.

Zgodnie z teorią Wielkiego Wybuchu wszechświat cały czas się rozszerza. Gdy więc podaje się jego rozmiary, mówi się jedynie o tzw. **obserwowalnym wszechświecie**, czyli tej jego części, którą można zobaczyć. Prawdziwe rozmiary wszechświata nie są znane.

Położenie Układu Słonecznego we wszechświecie

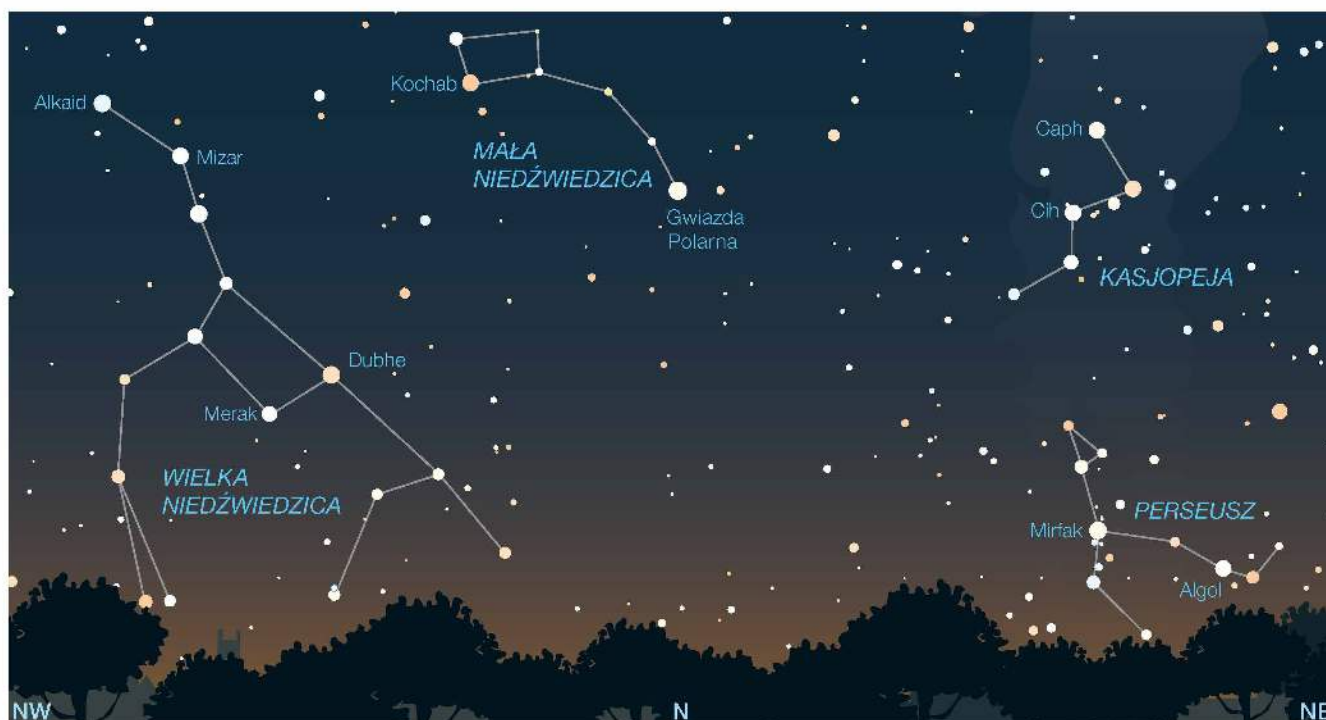
Astronomowie szacują, że obserwowalny wszechświat ma średnicę ok. 92 mld lat świetlnych i składa się z co najmniej 2 bln galaktyk. Ze względu na ogrom wszechświata bardzo trudno wyobrazić sobie, w którym jego miejscu znajduje się Układ Słoneczny.



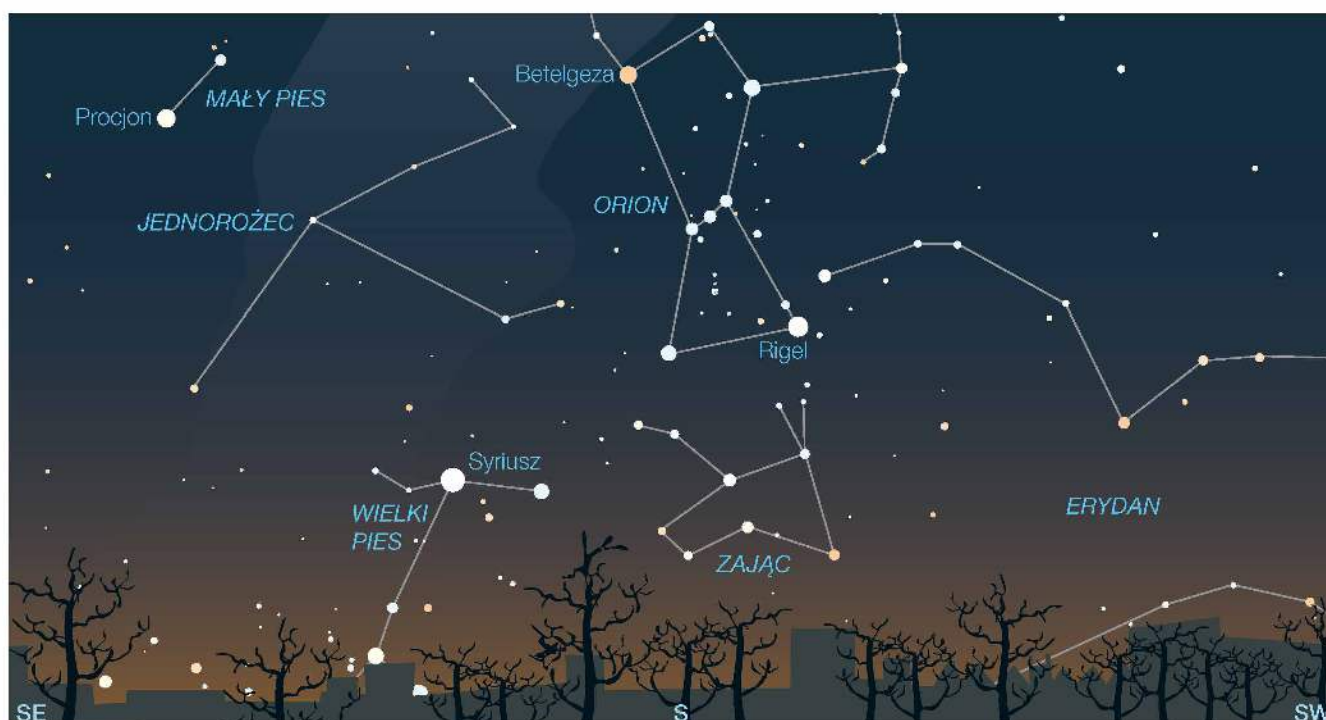
Gwiazdozbiory nieba północnego

Międzynarodowa Unia Astronomiczna podzieliła sferę niebieską na 88 gwiazdozbiorów – grup gwiazd zajmujących pewien obszar nieba. Z terytorium naszego kraju można dostrzec tylko niektóre gwiazdozbiory na niebie północnym (oglądanym z półkuli północnej).

Aby je rozpoznać, warto zlokalizować wyróżniające się gwiazdy, np. Gwiazdę Polarną (widoczną niemal dokładnie na północy) czy Syriusza (najjaśniejszą gwiazdę widoczną na nocnym niebie zimą).



Fragment nieba widzianego z obszaru Polski w połowie września ok. godz. 20.00 (kierunek północny).



Fragment nieba widzianego z obszaru Polski w połowie stycznia ok. godz. 21.00 (kierunek południowy).

■ Metody badań i eksploracji kosmosu

Ciała niebieskie można było niegdyś obserwować tylko gołym okiem. Przełomowym wydarzeniem okazało się wynalezienie na początku XVII w. **teleskopu**. Umożliwił on na przykład Galileuszowi odkrycie plam na Słońcu, czterech księżyców Jowisza oraz kraterów na powierzchni Księżyca. Obecnie w **obserwatoriach astronomicznych** korzysta się między innymi z:

- ▶ **teleskopów optycznych**, które pozwalają obserwować obiekty wysyłające światło widzialne,
- ▶ **radioteleskopów**, umożliwiających obserwację obiektów, których nie widać, ale które wysyłają fale radiowe.

Od lat 90. XX w. astronomowie uzyskują dane także z teleskopów wyniesionych na orbitę okołozemską, np. z **Teleskopu Kosmicznego Hubble'a**. Dzięki wyeliminowaniu wpływu atmosfery dają one najwierniejszy obraz przestrzeni kosmicznej.

Czy wiesz, że...

Największy radioteleskop na świecie ma średnicę 500 m. Zbudowano go w południowych Chinach, w górach znajdujących się w prowincji Kuejczou.

Innymi źródłami informacji o wszechświecie są **sztuczne satelity** oraz **sondy** i **stacje kosmiczne**. Od 1957 r., kiedy na orbitę wystrzelono pierwszego sztucznego satelitę, w przestrzeni kosmicznej znalazło się ponad 40 tys. różnych obiektów.



Badania przeprowadzone z wykorzystaniem Teleskopu Kosmicznego Hubble'a pozwoliły oszacować wiek wszechświata na 13,8 mld lat.

Odpowiedzi na wiele pytań dotyczących budowy materii we wszechświecie uzyskuje się dzięki badaniu **meteorytów**, czyli fragmentów ciał niebieskich, które spadły na Ziemię. Wyniki tych badań pozwalają na przykład określić właściwości fizyczne i skład chemiczny pozaziemskich skał i minerałów.

Istotne okazały się również załogowe loty w kosmos. Pozwoliły one przeprowadzić eksperymenty naukowe niemożliwe do wykonania na Ziemi i opracować nowe technologie, takie jak produkcja teflonu. Pierwszym człowiekiem w kosmosie był Rosjanin Jurij Gagarin. Jego lot odbył się 12 kwietnia 1961 r. i trwał 1 godz. 48 min. Do 2018 r. w przestrzeni kosmicznej przebywało ponad 550 osób z 40 krajów.

Czy wiesz, że...

Podróż kosmiczną odbyło dotychczas siedmioro turystów. Osoby te za możliwość odbycia lotu w kosmos zapłaciły od 20 mln do 35 mln dolarów.

■ Znaczenie badań kosmicznych

Mimo że badania kosmosu oraz loty w kosmos są bardzo kosztowne, przynoszą wiele korzyści. Zalicza się do nich na przykład:

- ▶ powstanie i rozwój GPS,
- ▶ ułatwienia w tworzeniu map,
- ▶ powstanie i rozwój telewizji satelitarnej,
- ▶ dokładniejsze prognozowanie pogody,
- ▶ możliwość ostrzegania przed ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi, np. tornadami, cyklonami tropikalnymi i tsunami.



Wyniki badań meteorytów tak dużych, jak znaleziony w Namibii meteoryt Hoba, pozwalają między innymi na modelowanie kolizji ciał niebieskich.

Piękno wszechświata i Ziemi widzianej z kosmosu

Współczesne metody badań kosmicznych pozwalają odkrywać kolejne ciała niebieskie oraz poznawać procesy zachodzące w odległych galaktykach. Statki i sondy kosmiczne wykonują fotografie planet, gwiazd, mgławic, komet i innych obiektów. Dzięki temu można dostrzec piękno i harmonię wszechświata.

Jedna z najbardziej znanych fotografii kosmosu przedstawia Filary Stworzenia – gigantyczne słupy gazu i pyłu w Mgławicy Orzeł. Zostały one sfotografowane przez kamery zainstalowane w Teleskopie Kosmicznym Hubble’a.

Większość znanych galaktyk to galaktyki spiralne, mające kształt dysku z odchodzącymi od środka ramionami. Przykładem galaktyki spiralnej jest galaktyka Wiatraczek w gwiazdozborze Wielkiej Niedźwiedzicy.

Z kosmosu można zobaczyć Ziemię w całej okazałości. Ze względu na kolor oceanów nazywa się ją często błękitną planetą.

? Na podstawie dostępnych źródeł wymień nazwy pięciu galaktyk innych niż wymienione w tej lekcji.



Zadania

1. Omów założenia teorii heliocentrycznej.
2. U szereguj jednostki odległości stosowane w astronomii w kolejności od najmniejszej do największej.
3. Wymień pięć gwiazdozborów widocznych na niebie oglądanym z półkuli północnej.
4. Wyjaśnij, w jaki sposób informacje uzyskiwane dzięki badaniom kosmicznym wpływają na codzienne życie ludzi.

Budowa Układu Słonecznego

Na tej lekcji dowiesz się: jak powstał Układ Słoneczny i jak jest zbudowany ■ czym są planety ■ czym różnią się planety grupy ziemskiej od planet olbrzymów ■ czym są planetoidy, meteoroidy, księżyce i komety.

Spośród miliardów gwiazd wchodzących w skład Drogi Mlecznej jedna ma dla mieszkańców Ziemi szczególne znaczenie. Słońce, bo o nim mowa, było przedmiotem kultu już w starożytności – czcili je między innymi Egipcjanie i Inkowie. Dziś wiemy, że znajduje się ono w centrum Układu Słonecznego oraz że bez jego energii życie na naszej planecie nie byłoby możliwe.

■ Powstanie Układu Słonecznego

Układ Słoneczny zaczął się formować ok. **4,6 mld lat temu**. Powstał z obłoku materii międzygwiazdowej złożonego głównie z atomów wodoru i helu oraz niewielkiej ilości cięższych pierwiastków. Wraz z kurczeniem się obłoku w jego centrum wzrastała temperatura i zwiększała się gęstość materii. W ten sposób rozpoczął się proces formowania kulistego protosłońca,

które – na skutek dalszego kurczenia się oraz wzrostu temperatury – zaczęło świecić.

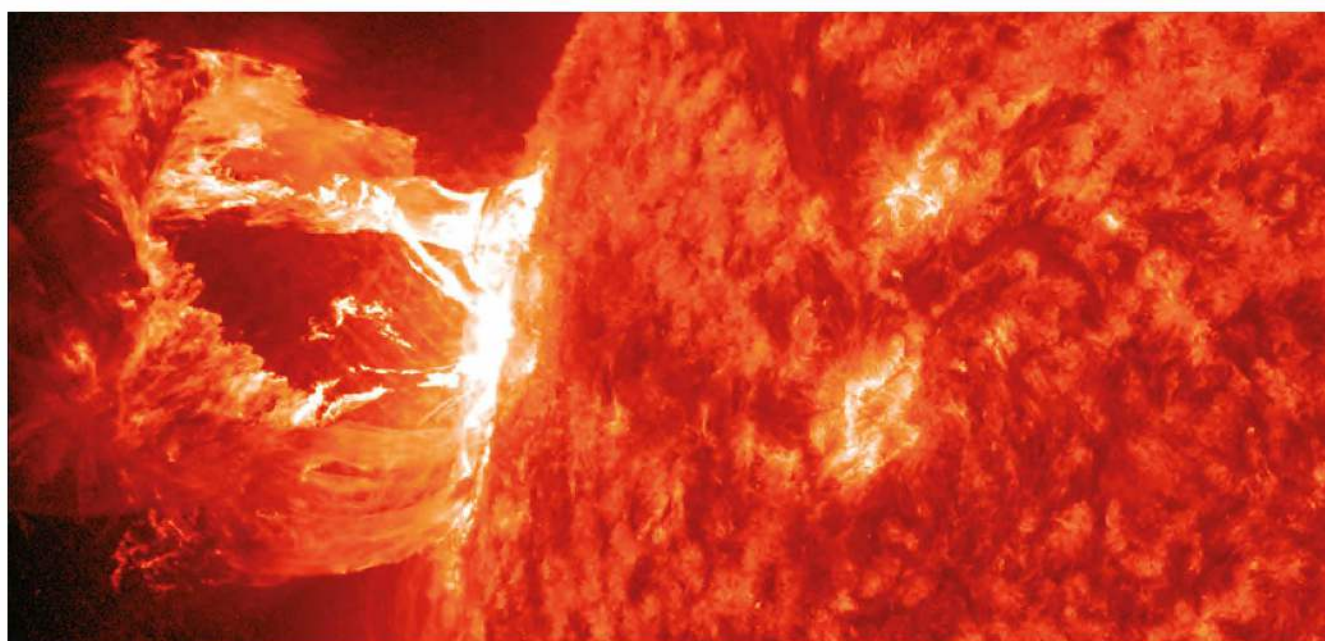
Słońce może emitować światło i ciepło dzięki reakcjom termojądrowym zachodzącym w jego wnętrzu. W wyniku tych reakcji wodór ulega przemianie w hel. Ich efektem jest też bardzo wysoka temperatura – szacuje się, że na powierzchni Słońca wynosi ona ok. 5500°C , a w jego jądrze – ok. $15\,000\,000^{\circ}\text{C}$.

Słońce stanowi aż **99,87% masy Układu Słonecznego**. Pozostałą masę tworzą związane z nim grawitacyjnie ciała niebieskie oraz materia pyłowo-gazowa wypełniająca przestrzeń międzyplanetarną.

Czy wiesz, że...

Prędkość światła wynosi ok. 300 tys. km/s.

Oznacza to, że przebywa ono odległość między Ziemią a Słońcem liczącą ok. 150 mln km w zaledwie 8 min i 20 s.



Przejawem aktywności Słońca są rozbłyski słoneczne, czyli wyrzuty ogromnej ilości energii w przestrzeń kosmiczną. Po raz pierwszy zaobserwowano je już w 1859 r.

■ Planety Układu Słonecznego

W trakcie formowania się Układu Słonecznego wokół protosłońca krążył dysk złożony z pyłu kosmicznego i gazów. Te substancje stopniowo łączyły się ze sobą w coraz większe obiekty. Po ok. 100 mln lat powstały z nich planety.

Blisko Słońca, gdzie temperatura była bardzo wysoka, krążyły cięższe pierwiastki i związki chemiczne dające początek skałom, a w konsekwencji – również **planetom grupy ziemskiej** (Merkuremu, Wenus, Ziemi i Marsowi). Z kolei w oddalonych od centrum, znacznie chłodniejszych obszarach Układu Słonecznego, dzięki kondensacji lżejszych związków i pierwiastków, takich jak woda, metan czy amoniak, powstały **planety olbrzymie** (Jowisz, Saturn, Uran i Neptun).

Zgodnie z definicją sformułowaną przez Międzynarodową Unię Astronomiczną za planety uznaje się te ciała niebieskie, które:

- ▶ krążą wokół Słońca,
- ▶ mają wystarczającą masę, aby dzięki sile grawitacji osiągnąć kulisty lub prawie kulisty kształt,
- ▶ oczyściły sąsiedztwo swojej orbity z innych obiektów (nie dzielą swojej orbity z innym ciałem niebieskim o podobnym rozmiarze),
- ▶ nie świecą światłem własnym, lecz odbijają światło słoneczne.



Mars jest jedyną (poza Ziemią) planetą, po powierzchni której poruszał się samobieżny pojazd – łazik.

Oprócz planet podczas formowania się Układu Słonecznego powstały także inne ciała niebieskie: planety karłowate, planetoidy, księżyce, komety oraz meteoroidy.

■ Planety karłowate

Planety karłowate zostały wyodrębnione jako osobna grupa obiektów wchodzących w skład Układu Słonecznego dopiero w 2006 r. Są to ciała niebieskie mniejsze od planet, które:

- ▶ krążą wokół Słońca,
- ▶ mają wystarczającą masę, aby dzięki sile grawitacji osiągnąć kulisty lub prawie kulisty kształt,
- ▶ w przeciwieństwie do planet nie oczyściły sąsiedztwa swoich orbit z innych obiektów,
- ▶ nie są satelitami planet.

Do 2018 r. za planety karłowate oficjalnie uznawano jedynie pięć obiektów. Są nimi Pluton, Ceres, Haumea, Makemake i Eris. Jednak wkrótce do tego grona zostaną zaliczone najprawdopodobniej kolejne ciała niebieskie.

Czy wiesz, że...

Aż do 2006 r. Pluton był uznawany za dziewiątą planetę Układu Słonecznego. Niewielkie rozmiary oraz fakt, że jego orbita nie jest oczyszczona z innych obiektów, sprawiły jednak, że został on ostatecznie uznany za planetę karłowatą.



Planetą karłowatą położoną najbliżej Ziemi jest Ceres. Krąży ona wokół Słońca w pasie głównym planetoid.

Planety Układu Słonecznego

Wokół Słońca krążą planety, planety karłowate oraz inne ciała niebieskie, np. planetoidy. Planety, ze względu na wielkość i budowę, dzieli się na planety grupy ziemskiej, podobne w budowie do Ziemi, i znacznie od nich większe planety olbrzymy. W zależności od budujących je substancji planety olbrzymy określa się również mianem gazowych olbrzymów bądź lodowych olbrzymów.

Planety grupy ziemskiej

Do tej grupy należą **Merkury**, **Wenus**, **Ziemia** i **Mars**. To planety skaliste. Ich skorupy i płaszcze składają się w znacznej części z minerałów o wysokiej temperaturze topnienia, np. z krzemianów, a jądra – z metali, takich jak żelazo i nikiel. Wenus, Ziemia i Mars mają atmosferę.



Merkury

Najmniejsza i położona najbliżej Słońca planeta Układu Słonecznego. Odznacza się największymi różnicami temperatury między półkulą oświetloną przez Słońce, gdzie temperatura może osiągnąć 450°C, a półkulą nieoświetloną, na której temperatura spada nawet poniżej -170°C.

- średnica: 4879 km
- masa: 0,06 masy Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 57,9 mln km
- obieg wokół Słońca: 88 dni
- obrót wokół własnej osi: 58,7 dnia
- liczba satelitów naturalnych: 0

Wenus

Najjaśniejsze po Słońcu i Księżycu ciało niebieskie, które da się zaobserwować gołym okiem na niebie. Gęsta atmosfera planety, złożona w 96,5% z dwutlenku węgla oraz w 3,5% z azotu, wywołuje efekt cieplarniany. Z tego powodu temperatura na powierzchni Wenus sięga 500°C.

- średnica: 12 104 km
- masa: 0,82 masy Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 108,2 mln km
- obieg wokół Słońca: 224,7 dnia
- obrót wokół własnej osi: 243 dni
- liczba satelitów naturalnych: 0

Ziemia

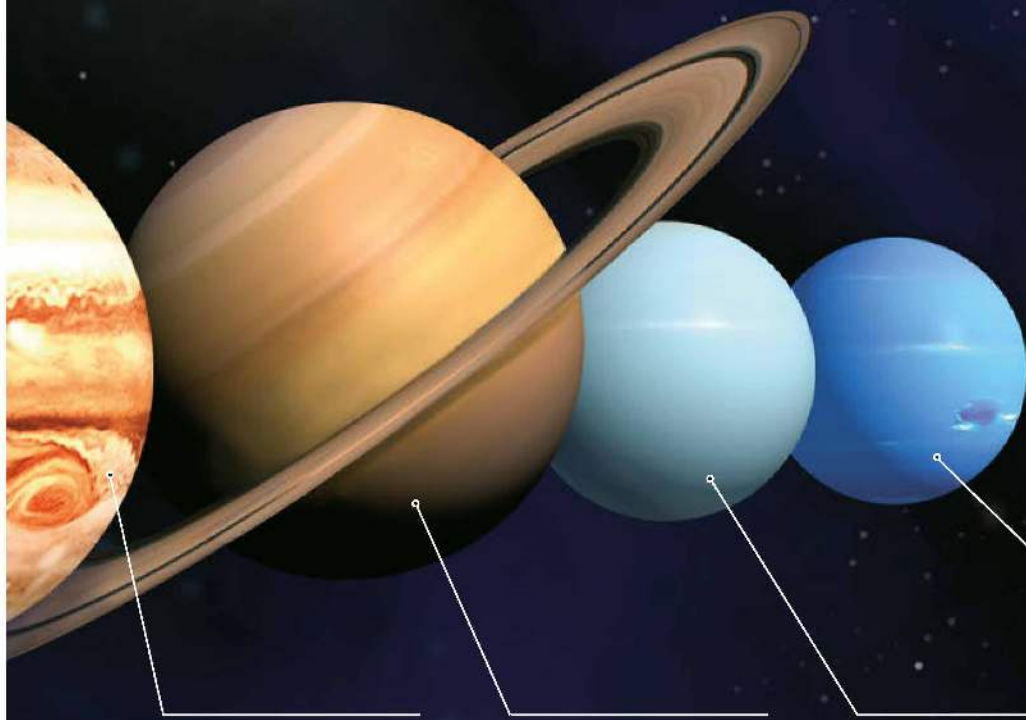
Często jest nazywana błękitną planetą. Tę barwę nadają Ziemi oceany i morza zajmujące 71% jej powierzchni. Jest jedyną planetą, na której woda występuje w trzech stanach skupienia: ciekłym, stałym i gazowym. Atmosfera Ziemi składa się z mieszaniny gazów, wśród których największy udział mają azot i tlen.

- średnica: 12 756 km
- masa: $6 \cdot 10^{24}$ kg
- średnia odległość od Słońca: 149,6 mln km
- obieg wokół Słońca: 365,25 dnia
- obrót wokół własnej osi: 23 godz. 56 min
- liczba satelitów naturalnych: 1

Mars

Najchłodniejsza planeta grupy ziemskiej. Odznacza się dużymi dobowymi wahaniami temperatury (od ok. 20°C w dzień do -90°C w nocy). Te różnice temperatury są wywoływane przez wiatry osiągające prędkość nawet 300 km/h. Mars zawdzięcza swoje czerwone zabarwienie powierzchniowej warstwie pyłu bogatego w tlenki żelaza.

- średnica: 6792 km
- masa: 0,12 masy Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 227,9 mln km
- obieg wokół Słońca: 687 dni
- obrót wokół własnej osi: 24 godz. 37 min
- liczba satelitów naturalnych: 2



Planety olbrzymy

Do planet olbrzymów należą **Jowisz, Saturn, Uran i Neptun**. Dwie pierwsze planety składają się w większości z wodoru i helu, a dwie pozostałe – z zamrożonej wody oraz zamrożonego amoniaku i metanu. Wszystkie planety olbrzymy mają pierścienie, jednak tylko pierścienie Saturna są dość łatwo dostrzegalne z Ziemi.

Jowisz

Największa i najcięższa planeta Układu Słonecznego. Na skutek krótkiego czasu obrotu wokół własnej osi jest silnie spłaszczony na biegunach. W atmosferze Jowisza wieją bardzo silne wiatry. Powodują one występowanie pasów chmur, które nadają planecie charakterystyczny wygląd.

- średnica: 142 984 km
- masa: 317,8 masy Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 778,6 mln km
- obieg wokół Słońca: 11,9 roku
- obrót wokół własnej osi: 9 godz. 55 min
- liczba satelitów naturalnych: 79

Saturn

Druga pod względem wielkości planeta Układu Słonecznego. Odznacza się najmniejszą średnią gęstością materii ze wszystkich planet Układu Słonecznego. Wśród planet olbrzymów wyróżnia się też wyraźnymi pierścieniami utworzonymi z miliardów brył lodu i skał o rozmiarach od kilku centymetrów do ok. 100 m.

- średnica: 120 536 km
- masa: 95,2 masy Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 1433 mln km
- obieg wokół Słońca: 29,4 roku
- obrót wokół własnej osi: 10 godz. 39 min
- liczba satelitów naturalnych: 62

Uran

Charakterystyczny zielonkawoniebieski kolor zawdzięcza metanowi, który pochłania czerwoną część widma słonecznego. Średnia temperatura na tej planecie wynosi ok. -213°C i wykazuje niewielkie zróżnicowanie między półkulą oświetloną przez Słońce a półkulą nieoświetloną.

- średnica: 51 118 km
- masa: 14,5 masy Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 2872 mln km
- obieg wokół Słońca: 83,8 roku
- obrót wokół własnej osi: 17 godz. 14 min
- liczba satelitów naturalnych: 27

Neptun

Planeta zawdzięcza swój kolor metanowi znajdującemu się w jej atmosferze. Wieją na niej najsilniejsze wiatry w Układzie Słonecznym. Ich prędkość, dochodząca do 2200–2500 km/h, wynika prawdopodobnie z różnic temperatury między górną a dolną powierzchnią warstwy chmur.

- średnica: 49 528 km
- masa: 17,2 masy Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 4495 mln km
- obieg wokół Słońca: 163,7 roku
- obrót wokół własnej osi: 16 godz. 6 min
- liczba satelitów naturalnych: 14

■ Planetoidy

Kolejną grupą ciał niebieskich występujących w Układzie Słonecznym są **planetoidy** – niewielkie obiekty o średnicach nieprzekraczających 1000 km. Planetoidy obiegają Słońce po prawie kołowych orbitach w dwóch obszarach:

- ▶ w **pasie głównym planetoid**, który znajduje się między orbitami Marsa i Jowisza,
- ▶ w **pasie zewnętrznym planetoid**, zwanym **Pasem Kuipera**, który znajduje się poza orbitą Neptuna.

Do połowy 2018 r. poznano ponad 700 tys. planetoid. Większość z nich wchodzi w skład pasa głównego. Są to przeważnie ciała skalne. Natomiast planetoidy Pasa Kuipera są zbudowane przede wszystkim z lodu.

■ Księżycy

Księżycy (satelity naturalne) to ciała niebieskie krążące wokół niektórych planet, planet karłowatych lub planetoid. W Układzie Słonecznym najwięcej księżyców mają Jowisz i Saturn. Ziemię obiega jeden naturalny satelita – Księżyc. Jest on znacznie mniejszy od naszej planety – jego promień wynosi 1740 km, co stanowi 1/4 promienia Ziemi. Księżyc to piąty pod względem wielkości naturalny satelita w Układzie Słonecznym. Jego średni pełny obieg wokół Ziemi trwa 27 dni 7 godzin i 43 minuty. Księżyc to jedyne (poza Ziemią) ciało niebieskie, na którym stanął człowiek. Pierwszy spacer po jego powierzchni odbyli 20 lipca 1969 r. Amerykanie Neil Armstrong i Buzz Aldrin.



Westa to jedna z największych planetoid. Obiega ona Słońce w pasie głównym planetoid.

■ Komety

Komety – małe ciała niebieskie krążące wokół Słońca – pochodzą z peryferyjnych obszarów Układu Słonecznego. Składają się one z lodu wodnego, zamrożonych gazów oraz okruchów skalnych. Główną część komety stanowi jądro osiągające średnicę nawet kilkunastu kilometrów. Gdy kometa zbliża się do Słońca, dochodzi do parowania lodu (sublimacji), a uwolnione gazy i pyły tworzą wokół jądra otoczkę nazywaną komą. Od niej ciągnie się charakterystyczny warkocz komety. Ze względu na oddziaływanie wiatru słonecznego zawsze jest on zwrócony w kierunku przeciwnym do Słońca. Do tej pory astronomowie potwierdzili istnienie ponad 6 tys. komet.

■ Meteoroidy

Czasami planetoidy zderzają się ze sobą lub z planetami. Z kolei komety, które przelatują w pobliżu Słońca, ulegają rozpadowi. W efekcie powstają okruchy skalne mające zwykle do 10 m średnicy – **meteoroidy**. Część z nich krąży wokół Słońca, a niektóre wpadają w atmosferę i ulegają spaleni. Są wtedy widoczne na sklepieniu niebieskim jako **meteory** (zwane potocznie spadającymi gwiazdami). Meteoroidy, które docierają do powierzchni naszej planety, noszą nazwę **meteorytów**. Co roku na Ziemię spada ich ok. 3 tys. Większość meteorytów to okruchy skalne. Pozostałe zawierają głównie związki żelaza i niklu oraz domieszki innych minerałów.



Najbardziej znaną kometa jest kometa Halleya. Pojawia się ona nad Ziemią mniej więcej co 76 lat.

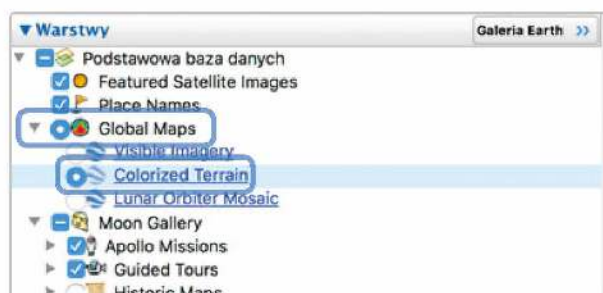
Spacer po Księżycu

Dzięki rozwojowi nowoczesnych technologii wszyscy możemy poznawać wszechświat. Musimy tylko zainstalować odpowiednią aplikację, np. Google Earth Pro. Pozwala ona między innymi obserwować ciała niebieskie oraz przyglądać się powierzchni Księżycu i Marsa.

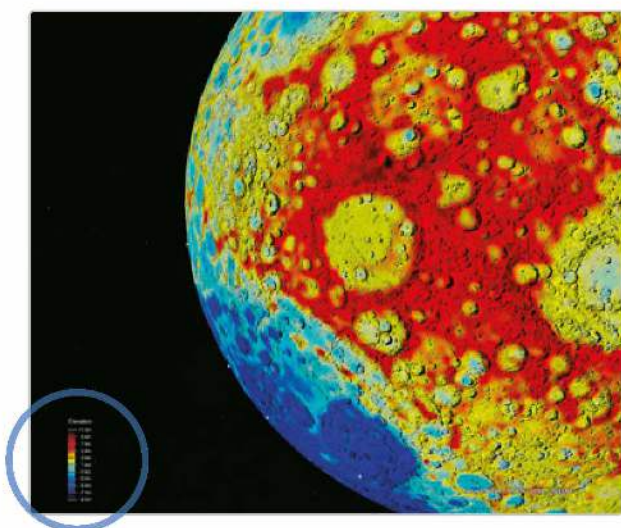
- 1 Uruchom program Google Earth Pro.
- 2 Włącz aplikację Google Moon. W tym celu kliknij na ikonę z planetą w górnym pasku narzędzi, a następnie wybierz opcję Księżyc.



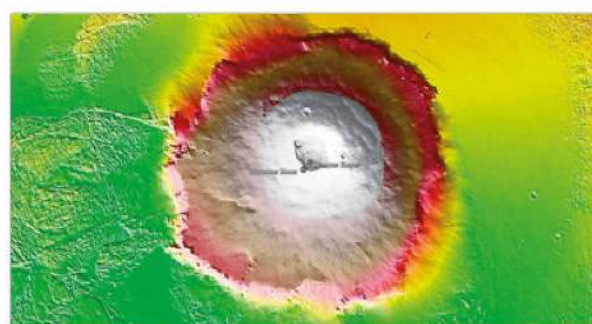
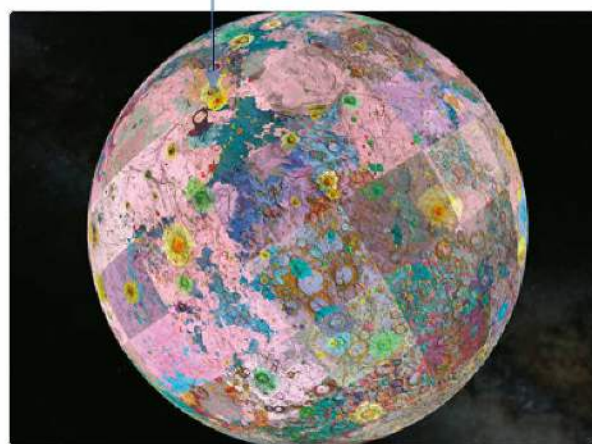
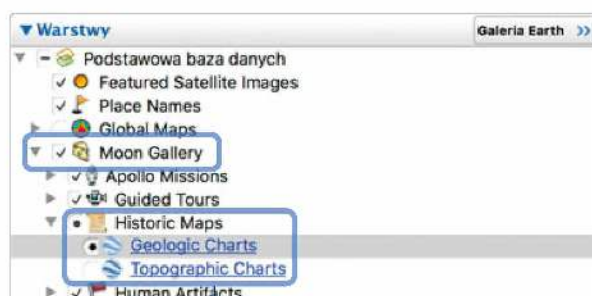
- 3 Aby zobaczyć ukształtowanie powierzchni Księżycu, włącz mapę hipsometryczną (Colorized Terrain), która znajduje się w folderze Global Maps.



- 4 Na podstawie skali barw znajdującej się po lewej stronie mapy porównaj wysokość gór na Księżycu z najwyższymi górami na Ziemi.



- 5 Włącz historyczne mapy Księżycu (Historic Maps), które znajdują się w folderze Moon Gallery: mapę geologiczną (Geologic Charts) lub mapę topograficzną (Topographic Charts). Zauważ, że przedstawiają one tylko obszary położone po jednej stronie naszego satelity.



- ? Uruchom aplikację Google Mars. Na podstawie mapy hipsometrycznej tej planety oszacuj wysokość najwyższej znanej góry w Układzie Słonecznym – Olympus Mons. Została ona przedstawiona na powyższej ilustracji.

Spojrzenie z bliska



Meteorytowy Krater Barringera

Na obszarze Stanów Zjednoczonych (w Arizonie) znajduje się jeden z największych na Ziemi kraterów meteorytowych – Krater Barringera. Powstał on ok. 20–50 tys. lat temu w wyniku uderzenia w Ziemię ogromnego meteorytu. Zagłębienie utworzone po tym uderzeniu ma średnicę 1260 m i ponad 170 m głębokości. Odkrycia krateru dokonano w 1871 r. Początkowo uznano go za krater wulkaniczny. Dopiero w 1902 r. Daniel Barringer, inżynier z Filadelfii, odkrył, jak naprawdę powstała ta forma. Precyzyjne pomiary wykazały, że meteoryt miał co najmniej 25 m średnicy, ważył blisko 70 tys. t i uderzył w Ziemię z prędkością ok. 69 tys. km/h.



Wielkość Krateru Barringera najlepiej oddaje widok z lotu ptaka.



W 2011 r. w Chinach, w górach Altaj, odkryto jeden z największych meteorytów (o masie ok. 30 t). Tak duże meteoryty docierają do powierzchni Ziemi rzadko (zwykle są to fragmenty o masie od kilku gramów do kilku kilogramów).

Zadania

1. Wymień ciała niebieskie tworzące Układ Słoneczny.
2. Podaj trzy najważniejsze różnice między planetami grupy ziemskiej a planetami olbrzymami.
3. Wyjaśnij zależność między oddaleniem planet od Słońca a ich prędkością podczas ruchu po orbicie.
- * 4. Przedstaw zmiany, jakie zaszybyły w ekosystemie ziemskim, gdyby nastąpiła kolizja naszej planety z planetoidą.

3

Ruch obiegowy Ziemi

Na tej lekcji dowiesz się: na czym polega ruch obiegowy Ziemi i jakie są jego cechy ■ jakie są następstwa ruchu obiegowego Ziemi ■ jak zmienia się oświetlenie Ziemi w ciągu roku ■ jakie strefy oświetlenia wyróżnia się na Ziemi i czym się one odznaczają ■ jak obliczyć wysokość górowania Słońca na dowolnej szerokości geograficznej w dniach równonocy i przesilen ■ czym są zaćmienie Słońca i zaćmienie Księżyca.

Ziemia, tak jak inne ciała niebieskie, znajduje się w nieustannym ruchu. Wraz z innymi obiektami tworzącymi Układ Słoneczny obiega centrum Drogi Mlecznej. Mimo że ten ruch odbywa się z ogromną prędkością, nie jest przez nas odczuwany. Możemy za to zaobserwować większość następstw ruchu obiegowego Ziemi.

■ Cechy ruchu obiegowego Ziemi

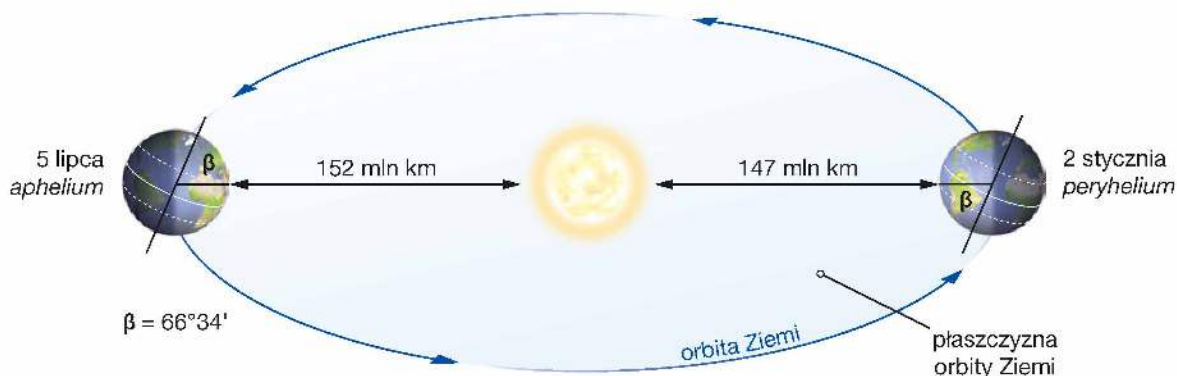
Ziemia okrąża Słońce po orbicie w kształcie elipsy. Czas pełnego obiegu wynosi **365 dni 5 godzin 48 minut i 46 sekund**, czyli jeden rok. Ponieważ Słońce nie znajduje się dokładnie w środku elipsy, odległość, która dzieli je od naszej planety, zmienia się w ciągu roku. Punkt orbity, w którym jest ona najmniejsza, nosi nazwę **perihelium**. Z kolei punkt, w którym Ziemia znajduje się najdalej od Słońca, to **aphelium**. Ziemia obiega Słońce z prędkością od ok. 29,8 km/s do ok. 30,3 km/s.

Pozorną drogę Słońca na niebie nazywa się **ekliptyką**. Płaszczyzna ekliptyki zawiera w sobie płaszczyznę orbity Ziemi. Oś ziemską jest ustawiona względem płaszczyzny ekliptyki oraz płaszczyzny orbity pod kątem $66^{\circ}34'$. Z tego powodu płaszczyzna równika nie pokrywa się ani z płaszczyzną ekliptyki, ani z płaszczyzną orbity ziemskiej, lecz tworzy z nimi kąt $23^{\circ}26'$.

Następstwa ruchu obiegowego Ziemi, wynikające także z nachylenia osi ziemskiej, omówiono w tabeli na kolejnej stronie.

■ Sfera niebieska

Obserwatorowi znajdującemu się na Ziemi wydaje się, że wszystkie widziane przez niego na niebie obiekty są położone w jednakowej odległości. Niebo wygląda tak, jakby wszystkie ciała niebieskie były punktami umieszczonymi na oglądanej od środka półkuli (sferze). Tę sferę nazywa się **sklepieniem niebieskim** lub **sferą niebieską**.



Różnica między najmniejszą i największą odległością Ziemi od Słońca jest względnie mała. Dlatego nie wpływa znacząco na ilość promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni naszej planety.

? Sprawdź w dostępnych źródłach, ile czasu trwa pełny obieg Układu Słonecznego wokół centrum Drogi Mlecznej. Ustal, z jaką prędkością odbywa się ten ruch.

Następstwa ruchu obiegowego Ziemi

Następstwo	Co z niego wynika?
Zmiana wysokości Słońca nad horyzontem w ciągu roku	Oświetlenie Ziemi, a tym samym ilość energii docierającej do jej powierzchni, zmienia się w ciągu roku.
Występowanie astronomicznych pór roku: wiosny, lata, jesieni i zimy	Ziemia obiega Słońce po orbicie w kształcie elipsy, dlatego astronomiczne pory roku mają różną długość.
Zmiana miejsca wschodu i zachodu Słońca na widnokręgu	Na przykład w Polsce latem Słońce wschodzi i zachodzi bliżej północy, a zimą – bliżej południa. Natomiast w dniach równonocy wiosennej i jesiennej wschód Słońca następuje dokładnie na wschodzie, a zachód – dokładnie na zachodzie.
Zmiana pozornej wędrówki Słońca nad horyzontem	Wiosną i latem pozorna wędrówka Słońca nad horyzontem jest znacznie dłuższa niż jesienią i zimą.
Zmienna długość trwania dnia i nocy	Na równiku przez cały rok Słońce wschodzi i zachodzi zawsze o tej samej porze, a dzień i noc mają tam dokładnie po 12 godzin. Im dalej od równika, tym letnie dni i zimowe noce są dłuższe.

■ Horyzont i widnokrąg

Mimo że terminów *horyzont* i *widnokrąg* często używa się zamiennie, mają one inne znaczenia. Horyzont to linia przebiegająca w miejscu, gdzie płaszczyzna, na której znajduje się obserwator, pozornie styka się ze sferą niebieską. Z kolei widnokrąg jest linią pozornego styku widocznej części terenu ze sklepieniem niebieskim.

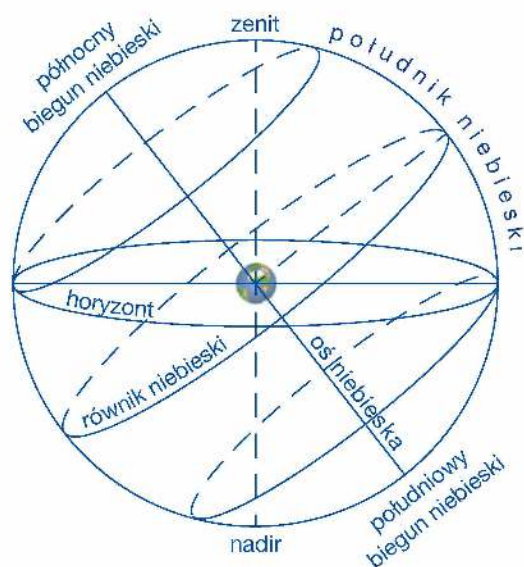
■ Układ horyzontalny

W układzie horyzontalnym Ziemię przedstawia się jako punkt znajdujący się w samym

środku sfery niebieskiej. Jest on jednocześnie miejscem, w którym stoi obserwator. Dokładnie nad tym punktem znajduje się **zenit**, a pod nim – punkt o nazwie **nadir**. Przedłużeniem osi ziemskiej w układzie horyzontalnym jest oś niebieska. Właśnie wokół niej odbywa się pozorny ruch sfery niebieskiej. Na przecięciu osi niebieskiej ze sferą niebieską znajdują się **bieguny niebieskie**. Z kolei najkrótszą linią łączącą bieguny niebieskie i biegnącą po sferze niebieskiej jest **południk niebieski**. Elementy układu horyzontalnego przedstawia poniższa ilustracja.



Horyzont ma kształt okręgu. Widnokrąg jest zaś pofalowany, a w górach bywa postrzępiony.



W układzie horyzontalnym linia łącząca zenit i nadir jest zawsze prostopadła do płaszczyzny horyzontu.

? Ustal, gdzie na kuli ziemskiej widnokrąg pokrywa się z horyzontem.

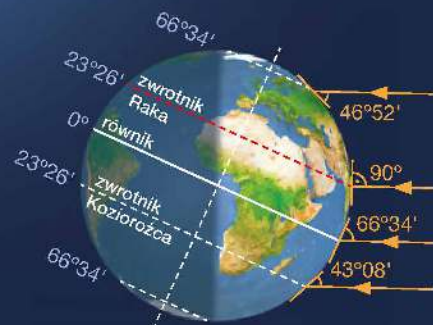
Oświetlenie Ziemi w różnych porach roku

Nachylenie osi ziemskiej do płaszczyzny ekliptyki pod kątem $66^{\circ}34'$ powoduje zmiany w oświetleniu półkul Ziemi, a w związku z tym – cykliczne występowanie wielu zjawisk, np. pór roku.



Przesilenie letnie (22 czerwca*)

W południe słoneczne Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Raka. Na półkuli północnej dzień trwa wtedy najdłużej, a noc – najkrócej w roku. Rozpoczyna się tam lato. Za kołem podbiegunowym północnym panuje dzień polarny. Tego dnia na półkuli południowej rozpoczyna się zima.

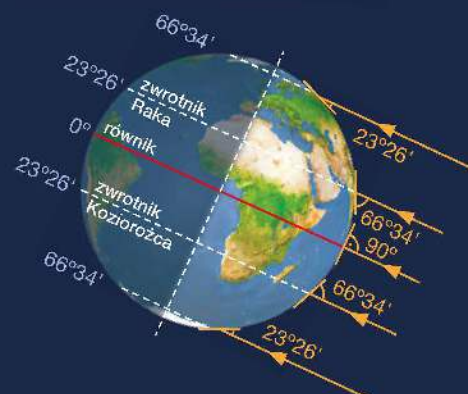


Równonoc wiosenna (21 marca*) i równonoc jesienna (23 września*)

W południe słoneczne Słońce góruje w zenicie na równiku. Na całej kuli ziemskiej dzień i noc trwają po 12 godzin.

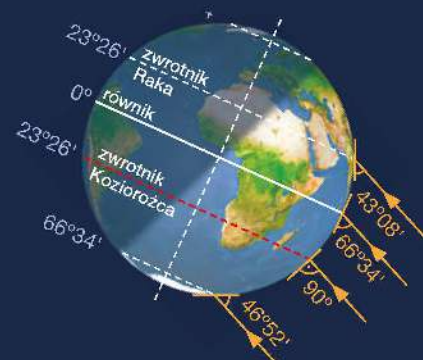
21 marca na półkuli północnej rozpoczyna się wiosna, a na półkuli południowej – jesień. W okolicach bieguna północnego zaczyna się wtedy dzień polarny, a w okolicach bieguna południowego – noc polarna.

23 września na półkuli północnej rozpoczyna się jesień, a na półkuli południowej – wiosna. W okolicach bieguna północnego zaczyna się wówczas noc polarna, a w okolicach bieguna południowego – dzień polarny.



Przesilenie zimowe (22 grudnia*)

W południe słoneczne Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Koziorożca. Na półkuli północnej dzień trwa wtedy najkrócej, a noc – najdłużej w roku. Rozpoczyna się tam zima. Za kołem podbiegunowym północnym panuje noc polarna. Tego dnia na półkuli południowej rozpoczyna się lato.

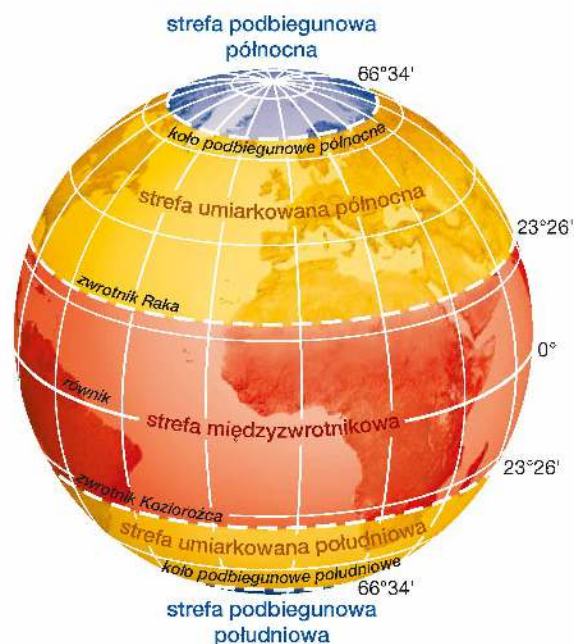


*Przesilenia i równonocce mogą wystąpić dzień lub dwa dni wcześniej.

■ Strefy oświetlenia Ziemi

Ze względu na zmiany w oświetleniu Ziemi w ciągu roku wyróżnia się pięć stref jej oświetlenia: strefę międzyzrotnikową, dwie strefy umiarkowane oraz dwie strefy podbiegunowe.

- ▶ Granicami **strefy międzyzrotnikowej** są zwrotnik Raka na północy i zwrotnik Koziorożca na południu. Tylko w tej strefie Słońce góruje w zenicie dwukrotnie w ciągu roku. Ma to miejsce we wszystkich punktach oprócz zwrotników. Długość dnia zmienia się nieznacznie. Najdłuższy dzień trwa ok. 13,5 godz., a najkrótszy – ok. 10,5 godz.
- ▶ **Strefy umiarkowane** rozciągają się między zwrotnikami a kołami podbiegunowymi. Wysokość górowania Słońca zmniejsza się w tych strefach od zwrotników w kierunku kół podbiegunowych.
- ▶ **Strefy podbiegunowe** znajdują się między kołami podbiegunowymi a biegunami, czyli w szerokościach powyżej $66^{\circ}34'N$ i $66^{\circ}34'S$. Występują tam zjawiska dnia polarnego i nocy polarnej. W miarę zbliżania się do biegunów dni i noce polarne stają się coraz dłuższe. Na biegunach trwają one pół roku bez przerwy.

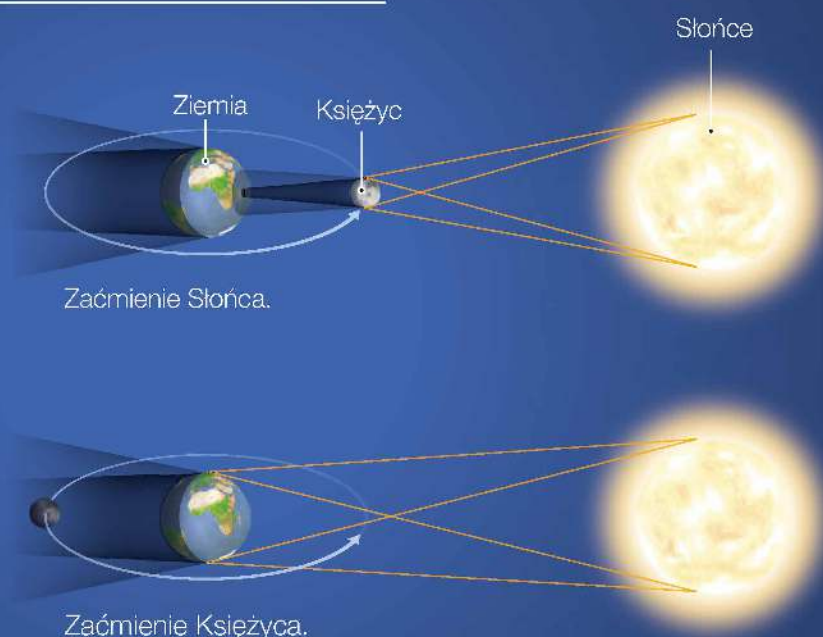


Strefy oświetlenia Ziemi.

Występowanie stref oświetlenia Ziemi wywiera bardzo duży wpływ na środowisko przyrodnicze naszej planety. Na przykład decyduje o rozmieszczeniu stref klimatycznych, roślinnych i glebowych. Ponadto przesuwanie się obszaru o zenitalnym kącie padania promieni słonecznych powoduje zmiany położenia równikowej strefy obniżonego ciśnienia.

Zaćmienie Słońca, zaćmienie Księżyca

Zdarza się, że Ziemia, Księżyc i Słońce ustawiają się na krótki czas w jednej linii. Dochodzi wówczas do zaćmienia Słońca lub zaćmienia Księżyca. **Zaćmienie Słońca** występuje wtedy, gdy Księżyc znajduje się między Ziemią a Słońcem. Zatem to zjawisko jest wywoływane cieniem rzucanym przez Księżyc na naszą planetę. Z kolei **zaćmienie Księżyca** występuje wtedy, gdy Ziemia przysłania promienie słoneczne oświetlające Księżyc. To zjawisko jest wywoływane przez cień, który nasza planeta rzuca na powierzchnię Księżyca.



■ Górowanie

Górowanie to moment w ciągu doby, w którym Słońce (lub inne ciało niebieskie) znajduje się najwyżej nad horyzontem. Można go wyznaczyć na podstawie obserwacji pozornej wędrówki danego ciała niebieskiego po sklepieniu niebieskim. Ze względu na nachylenie osi ziemskiej do płaszczyzny ekliptyki oraz ruch obiegowy Ziemi wysokość górowania we wszystkich miejscach na kuli ziemskiej zmienia się w ciągu roku.

Do obliczania wysokości górowania Słońca (lub innych ciał niebieskich) nad horyzontem na dowolnej szerokości geograficznej astronomowie stosują następujące wzory:

$$h_N = 90^\circ + \varphi - \delta \quad \text{lub} \quad h_S = 90^\circ - \varphi + \delta, \text{ gdzie:}$$

h_N – wysokość górowania Słońca (lub innego ciała niebieskiego), gdy następuje ono na północ od zenitu, czyli po północnej stronie nieba;

h_S – wysokość górowania Słońca (lub innego ciała niebieskiego), gdy następuje ono na południe od zenitu, czyli po południowej stronie nieba;

φ – szerokość geograficzna miejsca obserwacji;

δ – deklinacja Słońca (lub innego ciała niebieskiego), czyli kąt między kierunkiem poprowadzonym od obserwatora ku danemu obiektowi a płaszczyzną równika niebieskiego.

Deklinacja Słońca zmienia się w ciągu roku. W dniach równonocy wiosennej i równonocy jesiennej wynosi ona 0° , w dniu przesilenia letniego jest równa $+23^\circ 26'$, a podczas przesilenia zimowego osiąga wartość $-23^\circ 26'$.

Obliczanie wysokości górowania Słońca nad horyzontem w dniach równonocy i przesileni ułatwiają wzory w poniższej tabeli. Powstały one z przekształcenia wzorów stosowanych w astronomii.

Czy wiesz, że...

Wysokość Słońca i innych ciał niebieskich nad horyzontem można zmierzyć sekstantem – przyrządem, który jeszcze niedawno był powszechnie stosowany w żeglarskim. Jego użycie jest jednak możliwe tylko wtedy, gdy na niebie nie ma chmur.

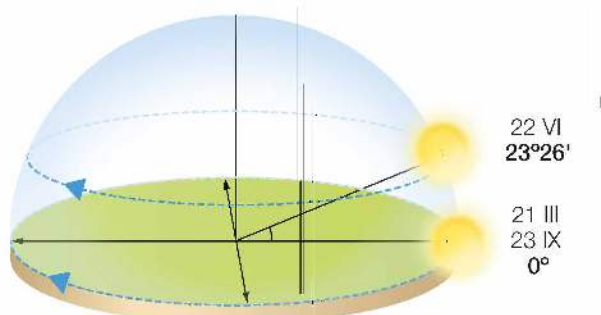


Wzory na wysokość górowania Słońca w dniach równonocy i przesileni

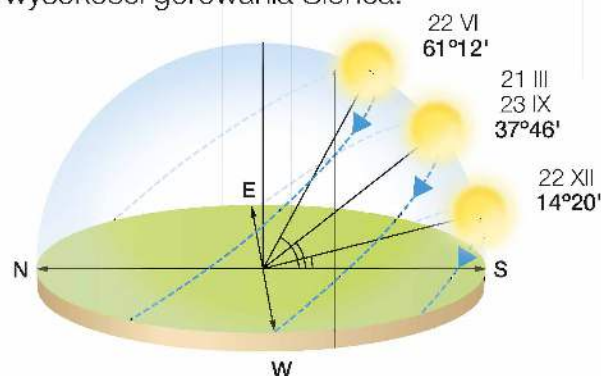
Data	21 marca	23 września	22 czerwca	22 grudnia
Wzór	$h = 90^\circ - \varphi$		wzór 1: $h = 90^\circ - \varphi + 23^\circ 26'$ wzór 2: $h = 90^\circ - 23^\circ 26' + \varphi$ wzór 3: $h = 90^\circ - \varphi - 23^\circ 26'$	
Obszary, których dotyczy	cała kula ziemską			

Górowanie Słońca

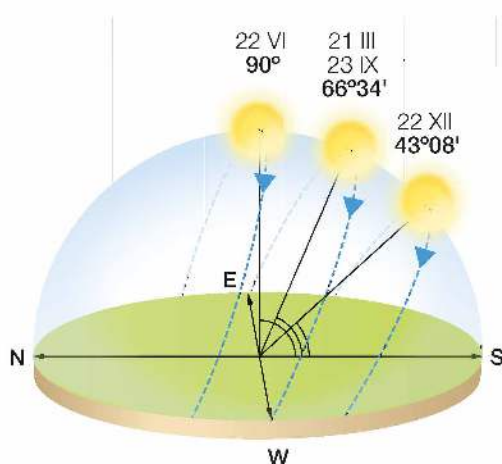
Konsekwencją ruchu obiegowego Ziemi jest między innymi zmiana pozornej wędrówki Słońca nad horyzontem, a w związku z tym – zmiana wysokości górowania Słońca.



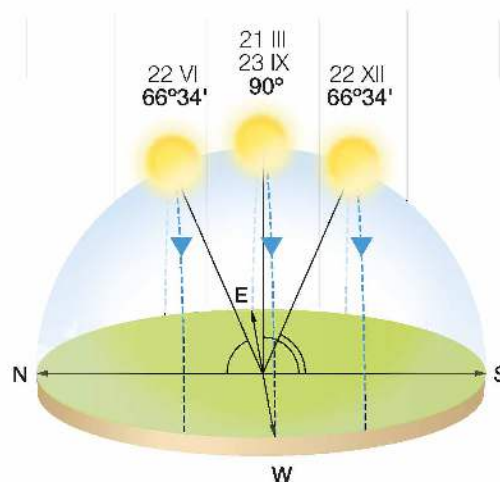
W dobowym ruchu Słońca w czasie dnia polarnego **na biegunie północnym nie ma górowania**. Przez całą dobę Słońce znajduje się na tej samej wysokości.



Wysokość górowania Słońca na równoleżniku Warszawy. Najwyżej góruje 22 czerwca, na wysokości $61^{\circ}12'$, a najniżej – 22 grudnia, na wysokości $14^{\circ}20'$.



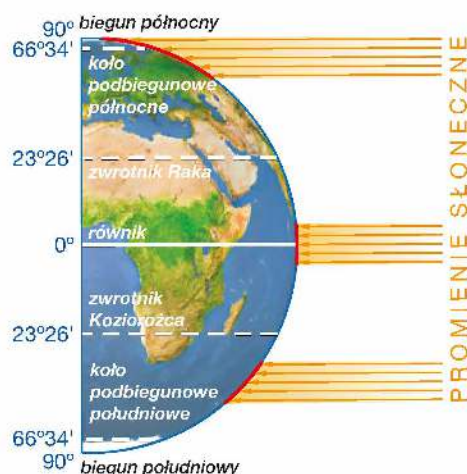
Wysokość górowania Słońca na zwrotniku Raka. Słońce góruje tam w zenicie 22 czerwca. Najniżej, na wysokości $43^{\circ}08'$, góruje 22 grudnia.



Wysokość górowania Słońca na równiku. Słońce góruje tam w zenicie 21 marca i 23 września. Jego minimalna wysokość górowania (22 czerwca i 22 grudnia) wynosi $66^{\circ}34'$.

Wysokość górowania Słońca a ilość ciepła docierającego do Ziemi

Promienie słoneczne nie oświetlają Ziemi równomiernie. Jest to spowodowane kulistym kształtem naszej planety i wykonywanymi przez nią ruchami. Zmiana wysokości górowania Słońca, będąca skutkiem ruchu obiegowego Ziemi, sprawia, że do poszczególnych miejsc na kuli ziemskiej dociera inna ilość energii słonecznej oraz ciepła. Na przykład gdy Słońce góruje w zenicie, dany fragment powierzchni Ziemi otrzymuje ponad dwa razy więcej ciepła niż powierzchnia tej samej wielkości ogrzewana przez Słońce górujące na wysokości 30° .



Ilość ciepła, którą otrzymuje powierzchnia Ziemi, zależy od wysokości Słońca nad horyzontem.

Jak obliczyć wysokość górowania Słońca na dowolnej szerokości geograficznej w dniach równonocy i przesilen?

Przykład

Szerokość geograficzna Johannesburga wynosi 26°S , Gdańska 54°N , a Acapulco 17°N . Oblicz wysokość Słońca nad horyzontem w tych miastach podczas górowania w pierwszych dniach astronomicznych pór roku.

- 1 Aby wybrać wzór na wysokość górowania Słońca, określ położenie Johannesburga, Gdańska i Acapulco względem równika i zwrotników.



- 2 Na podstawie wzoru $h = 90^{\circ} - \varphi$ oblicz wysokość górowania Słońca nad horyzontem w dniach 21 marca i 23 września dla:

a) Johannesburga.

$$h = 90^{\circ} - 26^{\circ} = 64^{\circ}$$

b) Gdańska.

$$h = 90^{\circ} - 54^{\circ} = 36^{\circ}$$

c) Acapulco.

$$h = 90^{\circ} - 17^{\circ} = 73^{\circ}$$

Odpowiedź

Podczas równonocy wiosennej i równonocy jesiennej Słońce góruje nad Johannesburgiem na wysokości 64° , nad Gdańskiem – na wysokości 36° , a nad Acapulco – na wysokości 73° .

- 3 Na podstawie odpowiedniego wzoru oblicz wysokość górowania Słońca nad horyzontem w dniu 22 czerwca dla:

a) Johannesburga.

$$h = 90^{\circ} - \varphi - 23^{\circ}26'$$

$$h = 90^{\circ} - 26^{\circ} - 23^{\circ}26' = 40^{\circ}34'$$

b) Gdańska.

$$h = 90^{\circ} - \varphi + 23^{\circ}26'$$

$$h = 90^{\circ} - 54^{\circ} + 23^{\circ}26' = 59^{\circ}26'$$

c) Acapulco.

$$h = 90^{\circ} - 23^{\circ}26' + \varphi$$

$$h = 90^{\circ} - 23^{\circ}26' + 17^{\circ} = 83^{\circ}34'$$

Odpowiedź

22 czerwca wysokość górowania Słońca nad horyzontem wynosiła w Johannesburgu $40^{\circ}34'$, w Gdańsku $59^{\circ}26'$, a w Acapulco $83^{\circ}34'$.

- 4 Na podstawie odpowiedniego wzoru oblicz wysokość górowania Słońca nad horyzontem w dniu 22 grudnia dla:

a) Johannesburga.

$$h = 90^{\circ} - \varphi + 23^{\circ}26'$$

$$h = 90^{\circ} - 26^{\circ} + 23^{\circ}26' = 87^{\circ}26'$$

b) Gdańska.

$$h = 90^{\circ} - \varphi - 23^{\circ}26'$$

$$h = 90^{\circ} - 54^{\circ} - 23^{\circ}26' = 12^{\circ}34'$$

c) Acapulco.

$$h = 90^{\circ} - \varphi - 23^{\circ}26'$$

$$h = 90^{\circ} - 17^{\circ} - 23^{\circ}26' = 49^{\circ}34'$$

Odpowiedź

22 grudnia wysokość górowania Słońca nad horyzontem wynosiła w Johannesburgu $87^{\circ}26'$, w Gdańsku $12^{\circ}34'$, a w Acapulco $49^{\circ}34'$.

Zadanie

Oblicz wysokość górowania Słońca w Chartumie ($15^{\circ}34'\text{N}$) w dniu, w którym w mieście Rehoboth ($23^{\circ}26'\text{N}$) przedmioty w południe słoneczne nie rzucają cienia.

Zadania

1. Wymień następstwa ruchu obiegowego Ziemi.
2. Oblicz wysokość górowania Słońca w pierwszych dniach astronomicznych pór roku w Buenos Aires (35°S) i w Zakopanem (49°N).
3. Opisz położenie ciał niebieskich podczas zaćmienia Słońca.
- * 4. Wyjaśnij, dlaczego w kolejnych latach zmieniają się daty równonocy i przesilen.

4

Ruch obrotowy Ziemi

Na tej lekcji dowiesz się: na czym polega ruch obrotowy Ziemi i jakie są jego cechy ■ jakie są dowody na istnienie ruchu obrotowego Ziemi i jego następstwa ■ na czym polega oddziaływanie siły Coriolisa ■ czym są fazy Księżyca.

Ziemia, niczym karuzela, obraca się wokół własnej osi. Wywołuje przez to złudzenie, że wszystkie ciała niebieskie krążą wokół niej. Z tego powodu w ciągu dnia możemy obserwować pozorną wędrówkę Słońca po sklepieniu niebieskim, a nocą – ruch innych ciał niebieskich, takich jak gwiazdy czy Księżyc.

■ Cechy ruchu obrotowego Ziemi

Ruch obrotowy Ziemi (określany też mianem ruchu wirowego) odbywa się z zachodu na wschód, czyli przeciwnie niż pozorna wędrówka Słońca po sklepieniu niebieskim. Rzeczywisty czas pełnego obrotu Ziemi wynosi **23 godziny 56 minut i 4 sekundy**, czyli **dobę gwiazdową**. Jednak za podstawę rachuby czasu przyjmuje się średnią **dobę słoneczną**. Trwa ona 24 godziny i odpowiada przybliżonemu czasowi, jaki upływa między dwoma kolejnymi górowaniami Słońca.

Czy wiesz, że...

Moment górowania Słońca wyznacza początek i koniec doby słonecznej. Ponieważ wypada on w południe, aby uniknąć zmiany daty w ciągu dnia, przesunięto początek doby na godzinę 24.00. Ta doba nosi nazwę doby cywilnej.

Wszystkie punkty na powierzchni Ziemi poruszają się razem z nią i obracają o 360° w czasie 24 godzin. Zatem **w ciągu godziny następuje obrót o 15°**. Ta prędkość, nazywana **prędkością kątową**, jest stała dla każdego punktu na naszej planecie.

Punkty na powierzchni Ziemi poruszają się również z **prędkością liniową**, która jest zmienna i zależy od szerokości geograficznej.

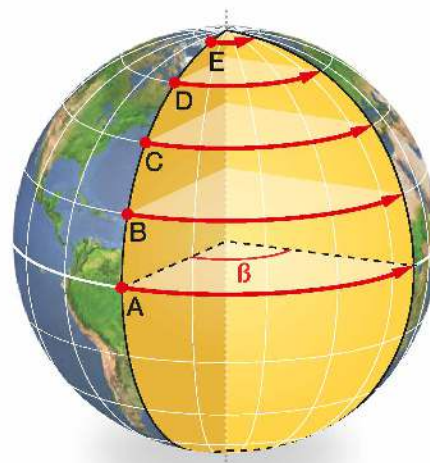
Największą wartość ta prędkość osiąga na równiku, który jest najdłuższym równoleżnikiem – jego długość wynosi 40 075 km. Tak więc każdy punkt położony na równiku porusza się z prędkością 1669 km/h.

$$40\,075\text{ km} : 24\text{ h} = 1669\text{ km/h}$$

Prędkość liniowa maleje w miarę zbliżania się do biegunów. Na biegunach wynosi ona 0 km/h.

Czy wiesz, że...

Wraz z Ziemią obraca się również jej atmosfera. Z tego powodu prędkość towarzysząca ruchowi obrotowemu naszej planety nie jest odczuwana przez człowieka.



→ drogi przebyte przez punkty A, B, C, D i E w ciągu 6 godzin

B kąt, o który zmieniło się położenie punktów A, B, C, D i E w ciągu 6 godzin

Podczas ruchu obrotowego wszystkie punkty na powierzchni Ziemi poruszają się z taką samą prędkością kątową. Inna, zależna od szerokości geograficznej, jest ich prędkość liniowa. Spośród punktów przedstawionych na ilustracji najdłuższą drogę pokonuje punkt A, który leży na równiku, a najkrótszą – punkt E leżący najbliżej bieguna.

■ Dowody na ruch obrotowy Ziemi

Ruch obrotowy Ziemi nie jest przez nas zauważany. Możemy jednak wymienić kilka dowodów świadczących o jego istnieniu.

Jednym z nich jest doświadczenie przeprowadzone w 1851 r. przez francuskiego fizyka i astronoma **Jean Foucaulta** [wym. fukota]. Zostało ono zaprezentowane szerszej publiczności w paryskim Panteonie, gdzie pod kopułą zawieszono wahadło składające się z długiego drutu i przymocowanej do niego kuli armatniej. Wprowadzone w ruch **wahadło zmieniało płaszczyznę wahań w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara**. Gdyby Ziemia nie obracała się wokół własnej osi, płaszczyzna wahań nie ulegałaby zmianom.

Urządzenia podobne do wahadła zaprezentowanego przez Foucaulta można dziś oglądać w wielu miejscach na świecie, np. w ośrodkach akademickich, muzeach, a nawet w kościołach. Znajdują się one również w Polsce, m.in. w Gdańsku, Krakowie i Poznaniu.

Czy wiesz, że...

Jedno z największych wahadeł Foucaulta znajduje się w Oregon Convention Center w Portland, w Stanach Zjednoczonych. Waży ono ponad 400 kg.

Drugim dowodem na ruch obrotowy Ziemi jest **kierunek odchylenia ciał swobodnie spadających z dużych wysokości**. Na przykład przedmiot zrzucony z wysokiej wieży nie spadnie pionowo, tuż przy jej podstawie, lecz nieco dalej na wschód. W tej sytuacji wierzchołek wieży obracającej się wraz Ziemią będzie miał bowiem większą prędkość liniową niż jej podstawa. W związku z tym ciało swobodnie spadające z wierzchołka, przy zachowaniu swojej prędkości początkowej, przebędzie drogę dłuższą niż podstawa i spadnie na wschód od wieży.

Przeprowadzenie takiego doświadczenia zaproponował pod koniec XVII w. Isaac Newton. Jednak mimo wielu prób udało się je wykonać dopiero po ponad 200 latach w Hamburgu, w Niemczech. Wówczas 31 kul zrzuconych z ponad 100-metrowej wieży znalazło się kilkanaście milimetrów na wschód od niej. Taki eksperyment był wielokrotnie powtarzany w innych częściach świata i dawał podobne wyniki.

Czy wiesz, że...

Odchylenie swobodnie spadającego ciała na szerokości geograficznej, na której leży Polska, jest niewielkie. Dla ciała spadającego z wysokości 100 m wynosi ono ok. 2 cm.



Wahadło wiszące w paryskim Panteonie jest repliką instrumentu, dzięki któremu Jean Foucault udowodnił, że Ziemia się obraca.

? Ustal, jak zachowywałoby się wahadło Foucaulta, gdyby zostało umieszczone na równiku.

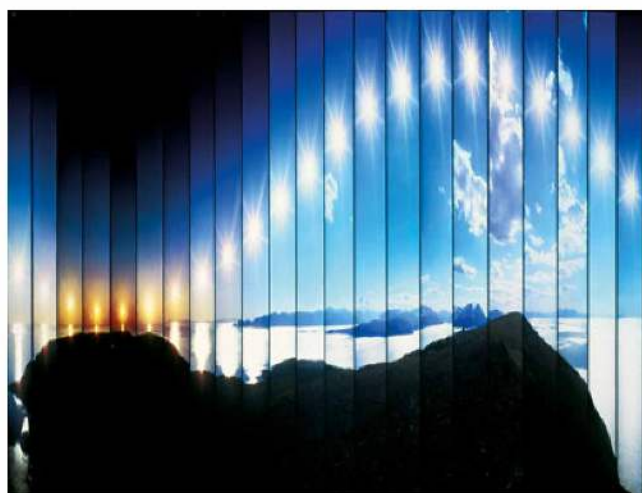
Następstwa ruchu obrotowego Ziemi

Obrót Ziemi wokół własnej osi niesie za sobą wiele konsekwencji. Najważniejszymi skutkami ruchu obrotowego naszej planety są:

- ▶ pozorny ruch Słońca i innych ciał niebieskich po sklepieniu niebieskim,
- ▶ występowanie dnia i nocy,
- ▶ siła Coriolisa [wym. koriolisa],
- ▶ spłaszczenie Ziemi przy biegunach.

Pozorny ruch Słońca i innych ciał niebieskich oznacza, że zmieniają one swoje położenie na sklepieniu niebieskim. Niemal w każdym miejscu na Ziemi można zauważyć, że Słońce pojawia się nad horyzontem (moment wschodu), zwiększa swoją wysokość aż do momentu górowania, a następnie obniża się i znika pod horyzontem (moment zachodu). Wyjątkiem są obszary położone za kołami podbiegunowymi. Zachodzą tam zjawiska dnia polarnego i nocy polarnej, podczas których Słońce nie wschodzi i nie zachodzi.

Pozorna wędrówka Słońca nad horyzontem powoduje, że w ciągu doby zmienia się oświetlenie Ziemi. Promienie słoneczne padają na kolejne fragmenty powierzchni naszej planety, wskutek czego **występują dni i noce**. Na oświetlonej przez Słońce części Ziemi panuje dzień, a na nieoświetlonej – noc. Pozorny ruch Słońca po sklepieniu niebieskim oraz naprzemienne występowanie dnia i nocy przedstawiono poniżej.



Fotografie przedstawiające położenie Słońca wykonano w godzinnych odstępach w dniach 21 i 22 lipca na norweskiej wyspie Loppa.

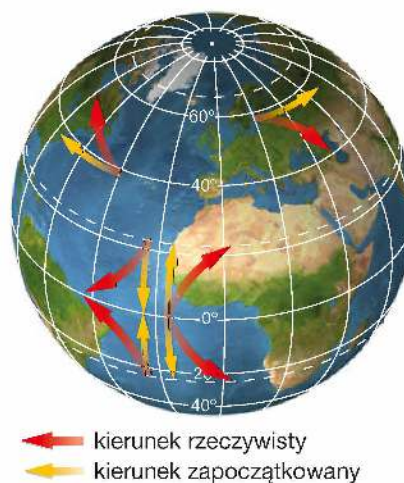
Siła Coriolisa

Wszystkie ciała, które biorą udział w ruchu obrotowym i jednocześnie poruszają się względem Ziemi, zachowują się tak, jakby działała na nie jakaś dodatkowa siła. Ta siła jest nazywana **siłą Coriolisa**. W jej wyniku kierunek ruchu ciał poruszających się **na półkuli północnej jest odchylany w prawą stronę** względem pierwotnego kierunku ich ruchu, a ciał znajdujących się w ruchu **na półkuli południowej – w lewą**. Jedynie ciała nieruchome lub te, które przemieszczają się dokładnie po równiku, nie ulegają odchyleniu.

Przyrodnicze znaczenie siły Coriolisa jest ogromne. W wyniku jej oddziaływania zmieniają się między innymi kierunki wiania wiatrów. Na przykład pasaty na półkuli północnej wieją z kierunku północno-wschodniego zamiast z północnego, na półkuli południowej zaś – zamiast z kierunku południowego wieją z południowego wschodu. Siła Coriolisa wpływa też na kierunki wiania monsunów i przebieg prądów morskich.

Czy wiesz, że...

W czasie II wojny światowej Londyn był ostrzeliwany z odległości ok. 300 km niemieckimi rakietami V2. Pierwsze z nich, w wyniku oddziaływania siły Coriolisa, uderzały ponad 3,5 km na wschód od wyznaczonego celu.

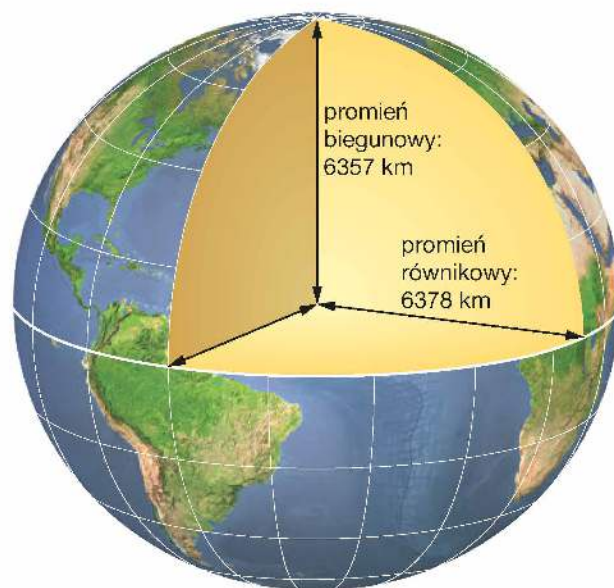


Siła Coriolisa oddziałuje na ciała będące w ruchu. Powoduje, że nie poruszają się one w linii prostej, lecz kierunek ich ruchu jest odchylany w prawo lub lewo.

■ Spłaszczenie Ziemi przy biegunach

Spłaszczenie biegunowe naszej planety jest spowodowane inną siłą działającą podczas ruchu obrotowego – siłą odśrodkową. Ziemia uległa spłaszczeniu przy biegunach już na etapie formowania się, czyli kilka miliardów lat temu, kiedy budująca ją materia była jeszcze wystarczająco plastyczna. Siła odśrodkowa jest też częściowo odpowiedzialna za nierównomierną grubość troposfery (warstwy atmosfery znajdującej się przy powierzchni Ziemi). W okolicach równika ta warstwa sięga do wysokości ok. 18 km, a na obszarach okołobiegunowych jej grubość wynosi ok. 6–8 km.

Ziemia nie jest jedynym ciałem niebieskim, które wykonuje ruch obrotowy. Wirują także pozostałe planety Układu Słonecznego, planety karłowate, niektóre planetoidy, Słońce i Księżyc. Wszystkie te obiekty, podobnie jak Ziemia, uległy spłaszczeniu.



W związku ze spłaszczeniem biegunowym Ziemi promień biegunowy jest krótszy niż promień równikowy. Dlatego gdybyśmy stanęli na którymś z biegunów, znajdowalibyśmy się około 21 km bliżej środka Ziemi, niż gdybyśmy byli na równiku.

Fazy Księżyca widziane z półkuli północnej

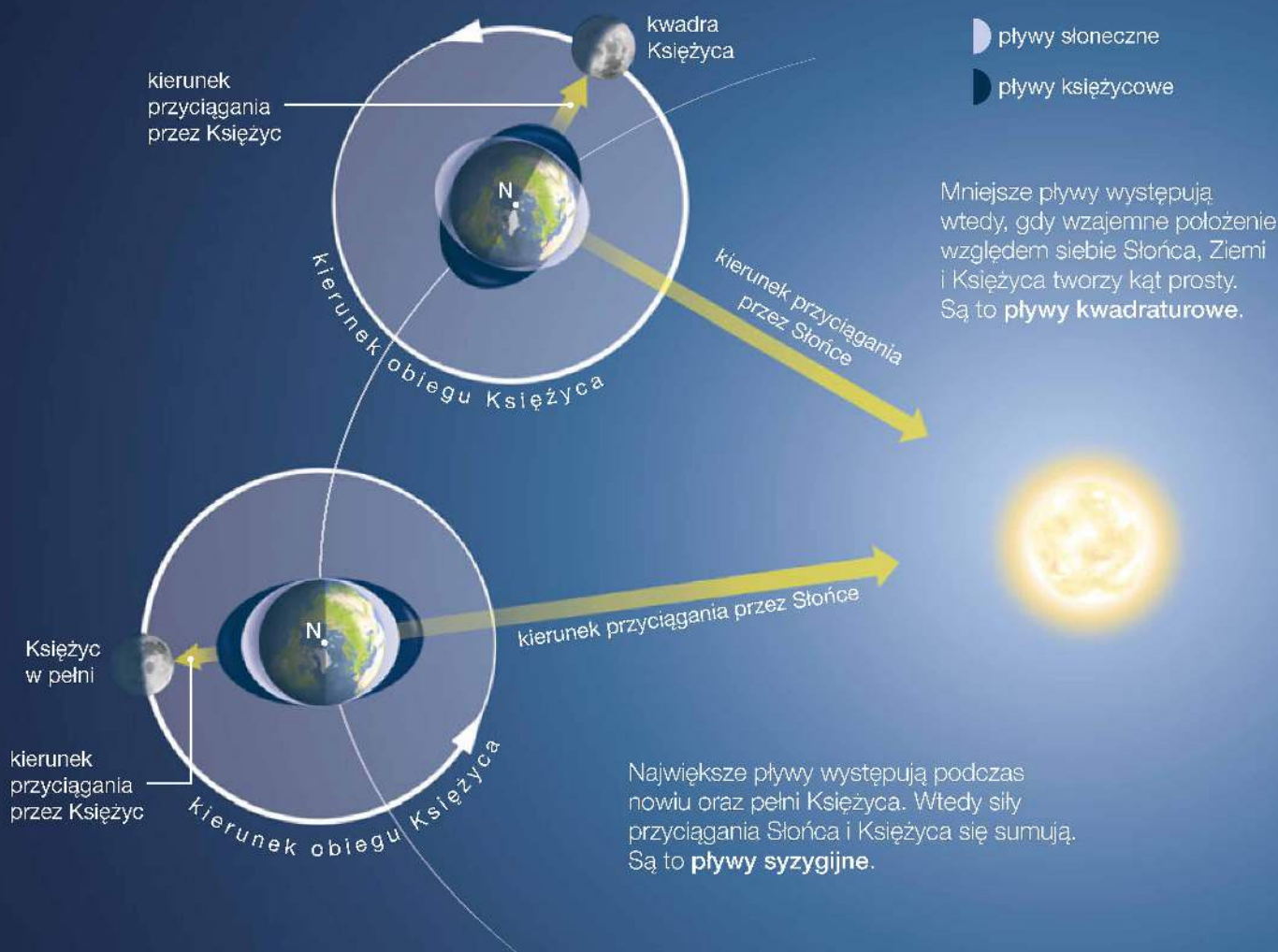
Księżyc, podobnie jak nasza planeta, znajduje się w ciągłym ruchu: obiega Ziemię oraz wykonuje ruch obrotowy wokół własnej osi. Pełny obieg Księżyca wokół Ziemi oraz jego pełny obrót wokół własnej osi trwają tyle samo – 27 dni 7 godzin i 43 minuty (miesiąc gwiazdowy). Taka synchronizacja powoduje, że z Ziemi zawsze obserwuje się tę samą jego stronę (tarczę). Księżyc jest oświetlany przez Słońce zawsze tak samo. Jednak z Ziemi, w zależności od dnia miesiąca, są widoczne inne fragmenty jego oświetlonej części lub nie widać jej wcale. Obserwowane co cztery tygodnie fazy Księżyca to: pierwsza kwadra, pełnia, trzecia kwadra i now.



? Wyjaśnij, czym różni się zaćmienie Księżyca od Księżyca znajdującego się w nowiu.

Pływy

Sila odśrodkowa wynikająca z ruchu obrotowego Ziemi oraz siły przyciągania Księżyca i Słońca wywołują **pływy**, czyli cykliczne podnoszenie się i opadanie poziomu morza. Wartości i kierunki wspomnianych sił w poszczególnych punktach na powierzchni Ziemi są różne, ponieważ zależą od odległości danego punktu od Księżyca i Słońca. Po stronie Ziemi zwróconej ku Księżycowi przeważa jego siła przyciągania, a po stronie przeciwnej – siła odśrodkowa. Powoduje to powstawanie przypliwów na obszarach położonych najbliżej i najdalej od Księżyca oraz odpływów na pozostałych terenach. Rytm pływów wyznacza właśnie Księżyc, którego siła przyciągania jest większa od siły przyciągania Słońca. Dlatego w danym punkcie Ziemi w ciągu doby księżycowej, czyli co około 12 godzin i 27 minut, występują dwa przyplivy i dwa odpływy. Wielkość przypliwu zależy od położenia względem siebie Ziemi, Słońca i Księżyca. Tę zależność przedstawiono na poniższych ilustracjach.



Zadania

1. Podaj kierunek i czas obrotu Ziemi wokół własnej osi.
2. Wymień i omów następstwa ruchu obrotowego kuli ziemskiej.
3. Zapisz w zeszycie trzy przykłady skutków oddziaływania siły Coriolisa.
4. Wyjaśnij, dlaczego z Ziemi jest widoczna zawsze ta sama strona Księżyca.

5

Czas na Ziemi

Na tej lekcji dowiesz się: jakie są jednostki czasu ■ czym są: czas słoneczny, czas uniwersalny, czas strefowy oraz czas urzędowy ■ jak obliczyć czas słoneczny na podstawie różnicy długości geograficznej ■ jak obliczyć współrzędne geograficzne na podstawie różnicy czasu słonecznego oraz wysokości górowania Słońca w dniach równonocy i przesileni ■ czym jest międzynarodowa linia zmiany daty.

Ruch obiegowy i ruch obrotowy wyznaczają rytm życia na Ziemi. Początkowo aktywność ludzi była regulowana wschodami i zachodami Słońca oraz zmianami pór roku. Jednak wraz z rozwojem cywilizacji coraz silniej zaznaczała się potrzeba dokładnego określania upływającego czasu. Dlatego właśnie tak ważne stało się ustalenie jednostek czasu i opanowanie umiejętności posługiwanie się nimi.

■ Jednostki czasu

Jednostki opisujące upływ czasu nie zostały ustalone równocześnie. Dość długo ludzie potrafili wyznaczyć tylko czas trwania jednego dnia i jednego miesiąca. Następnie zaczęli określać długość roku z dokładnością do jednej doby. Było to możliwe dzięki obserwacji zachodzących regularnie zjawisk astronomicznych, zwłaszcza górowania Słońca.

Kalendarz

Pierwsze kalendarze powstały na podstawie obserwacji Księżyca. Babilończycy podzielili rok na 12 miesięcy liczących na zmianę 29 lub 30 dni, Egipcjanie – na trzy pory roku, z których każda trwała cztery miesiące, a Aztekowie – aż na 18 miesięcy. W 46 r. p.n.e. Juliusz Cezar zdecydował się na reformę rachuby czasu. Zgodnie z nowym kalendarzem – **juliańskim** – rok trwał 365 dni, a co cztery lata następował rok przestępny, liczący 366 dni. Rok został podzielony na 12 miesięcy po 30 i 31 dni, jednak w roku przestępnym luty, który w zwykłe lata miał 28 dni, był wydłużany do 29 dni. Mimo tych wszystkich zabiegów wciąż występowało przesunięcie pór roku w stosunku do kalendarza. W XVI w. ta różnica wynosiła już ok. 10 dni. Dlatego w 1582 r. papież Grzegorz XIII dokonał reformy kalendarza juliańskiego. Zmieniono wówczas sposób wyliczania lat przestępnych. Za lata przestępne uznano te, które są podzielne przez 4, ale nie są podzielne przez 100. Wyjątek stanowią lata podzielne przez 400 – one również są przestępne. Zgodnie z tą regułą rok 2000 był przestępny (bo 2000 jest podzielne przez 400), ale rok 2100 już taki nie będzie (2100 jest podzielne przez 100, ale nie przez 400). **Kalendarz gregoriański**, bo tak po reformie nazwano kalendarz juliański, obowiązuje obecnie w większości krajów na świecie.



Kalendarz Azteków dzielił rok na 18 miesięcy po 20 dni oraz 5 dni dodatkowych. W sumie rok składał się z 365 dni.

Współczesny podział jednostek czasu wywodzi się z Babilonii. Żyjący tam astronomowie podzielili **godzinę na 60 minut, dobę na 24 godziny, tydzień na 7 dni, a rok – na 12 miesięcy**. Dlaczego podział zakładał akurat 12, a nie na przykład 10 miesięcy? Odpowiedź na to pytanie wiąże się z fazami Księżyca (nazywanego w niektórych kulturach miesiącem). Otóż Babilończycy za jeden miesiąc uznali czas między dwiema takimi samymi fazami naturalnego satelity Ziemi, czyli ok. 29,5 dnia. Dziś przyjmujemy, że niektóre miesiące mają 30, a inne – 31 dni. Jedynie luty ma 28 lub 29 dni.

■ Czas słoneczny

Czas oparty na pozornym ruchu Słońca to **czas słoneczny**, nazywany też czasem miejscowym. Jest on ustalany dla danej miejscowości na podstawie wysokości Słońca nad horyzontem. Godzinę 12.00 (południe słoneczne) wyznacza moment górowania Słońca na określonym **południku miejscowym**. Jednakowy czas słoneczny występuje tylko w miejscach leżących na tym samym południku.



Do odmierzania czasu słonecznego służą zegary słoneczne. Należą one do najstarszych urządzeń pomiarowych na świecie.

Pełny obrót Ziemi wokół własnej osi trwa 24 godziny. Łatwo zatem obliczyć, ile czasu zajmuje obrót o 1° .

$$360^\circ - 24 \text{ godziny}$$

$$15^\circ - 1 \text{ godzina}$$

$$1^\circ - 4 \text{ minuty}$$

W ciągu czterech minut Ziemia obraca się o jeden stopień. Dlatego na każdym kolejnym stopniu długości geograficznej występuje inny czas słoneczny.

Jak obliczyć czas słoneczny?

Krok po kroku

Przykład

Oblicz czas słoneczny w Pile ($16^\circ 45' E$) podczas górowania Słońca na południku $15^\circ E$.

- 1 Oblicz różnicę długości geograficznej między południkiem $15^\circ E$ a południkiem miejscowym Pily.

Aby obliczyć różnicę długości geograficznej miejsc położonych na tej samej półkuli (wschodniej lub zachodniej), odejmij wartość długości geograficznej jednego miejsca od wartości długości geograficznej drugiego miejsca. Różnica długości geograficznej między Pila a południkiem $15^\circ E$ wynosi:

$$16^\circ 45' - 15^\circ = 1^\circ 45' = 105'$$

Z kolei gdy punkty leżą na różnych półkulach, dodaj wartości ich długości geograficznej.

Na przykład różnica długości geograficznej między Pila a Dublinem ($6^\circ 15' W$) wynosi:

$$16^\circ 45' + 6^\circ 15' = 23^\circ$$

- 2 Oblicz czas słoneczny w Pile podczas górowania Słońca na południku $15^\circ E$. Pamiętaj, że obrót Ziemi o 1° trwa 4 minuty.

$$1^\circ \text{ dług. geogr.} - 4 \text{ minuty}$$

$$60' \text{ dług. geogr.} - 4 \text{ minuty}$$

$$60' \text{ dług. geogr.} - 240 \text{ sekund}$$

$$1' \text{ dług. geogr.} - 4 \text{ sekundy}$$

zatem:

$$105' \cdot 4 \text{ sekundy} = 420 \text{ sekund} = 7 \text{ minut}$$

- 3 Pila leży na wschód od południka $15^\circ E$, dlatego do godziny 12.00 dodaj 7 minut.

Odpowiedź

Podczas gdy Słońce góruje na południku $15^\circ E$, w Pile jest godzina 12.07 czasu słonecznego.

Zadanie

Oblicz czas słoneczny w Warszawie ($21^\circ E$), podczas gdy na południku $15^\circ E$ jest godzina 15.00.

Na podstawie różnicy czasu słonecznego między dwoma punktami można obliczyć długość geograficzną dowolnego miejsca na Ziemi. Z kolei wiedza o tym, na jakiej wysokości góruje Słońce, pozwala obliczyć szerokość geograficzną każdego

punktu na kuli ziemskiej. To zagadnienie zostało szerzej omówione na stronach 63–65.

Posługiwanie się czasem słonecznym byłoby bardzo uciążliwe. Dlatego też wprowadzono czas uniwersalny, czas strefowy oraz czas urzędowy.

Krok po kroku

Jak obliczyć współrzędne geograficzne na podstawie różnicy czasu słonecznego oraz wysokości górowania Słońca w dniach równonocy i przesilen?

Przykład

Oblicz współrzędne geograficzne punktu na Oceanie Atlantyckim, w którym 22 czerwca w momencie górowania Słońca znajduje się jacht, jeśli:

- górowanie następuje po południowej stronie nieba,
- wysokość Słońca nad horyzontem wynosi wówczas $61^{\circ}12'$,
- w tym samym czasie w Warszawie (21°E) jest godzina 15.54 czasu słonecznego.

- 1** Obliczanie szerokości geograficznej.
Skorzystaj z odpowiedniego wzoru ze strony 63. Słońce góruje po południowej stronie nieba, dlatego zastosuj wzór: $h_s = 90^{\circ} - \varphi + \delta$.

$$61^{\circ}12' = 90^{\circ} - \varphi + 23^{\circ}26'$$

$$\varphi = 90^{\circ} + 23^{\circ}26' - 61^{\circ}12'$$

$$\varphi = 52^{\circ}14'$$

Wskazówka

Wynik dodatni wskazuje na szerokość geograficzną północną (N). Ujemny wskazywałby na szerokość geograficzną południową (S).

Odpowiedź

Szerokość geograficzna punktu, w którym znajduje się jacht, wynosi $52^{\circ}14'\text{N}$.

- 2** Obliczanie długości geograficznej.

Oblicz różnicę czasu między południkiem miejscowym jachtu a południkiem przechodzącym przez Warszawę.

$$15.54 - 12.00 = 3 \text{ godziny } 54 \text{ minuty} = 234 \text{ minuty}$$

Oblicz różnicę długości geograficznej. Pamiętaj, że obrót Ziemi o 1° trwa 4 minuty.

$$4 \text{ minuty} = 1^{\circ},$$

zatem:

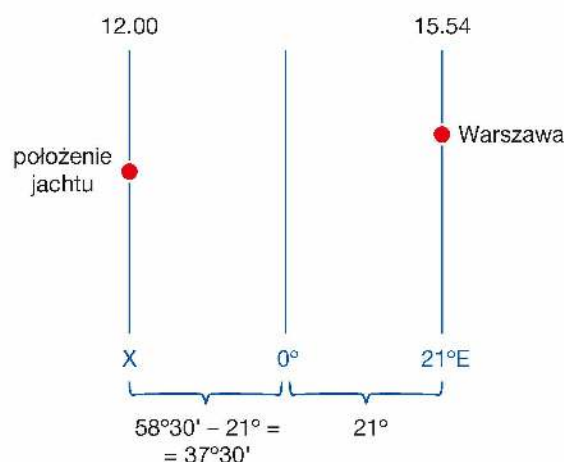
$$234 \text{ minuty} = 58^{\circ}30'$$

Różnica długości geograficznej wynosi $58^{\circ}30'$.

Oblicz długość geograficzną południka, na którym znajduje się jacht. W tym celu narysuj schemat przedstawiający południk miejscowy jachtu oraz południk przechodzący przez Warszawę. Nad południkami zapisz właściwe godziny czasu miejscowego (12.00 dla jachtu i 15.54 dla Warszawy), a pod południkami – wartości długości geograficznej (X dla jachtu i 21°E dla Warszawy).

Wskazówka

Jacht znajduje się na Oceanie Atlantyckim, a więc na zachód od Warszawy. Między południkiem miejscowym jachtu a południkiem przechodzącym przez Warszawę znajduje się południk 0° .



Odpowiedź

Długość geograficzna punktu, w którym znajduje się jacht, wynosi $37^{\circ}30'\text{W}$.

Zadanie

Oblicz współrzędne geograficzne miejsca, w którym 21 marca Słońce góruje po północnej stronie nieba na wysokości $81^{\circ}10'$. W tym samym czasie w Nowym Jorku (74°W) jest godzina 6.11 czasu słonecznego.

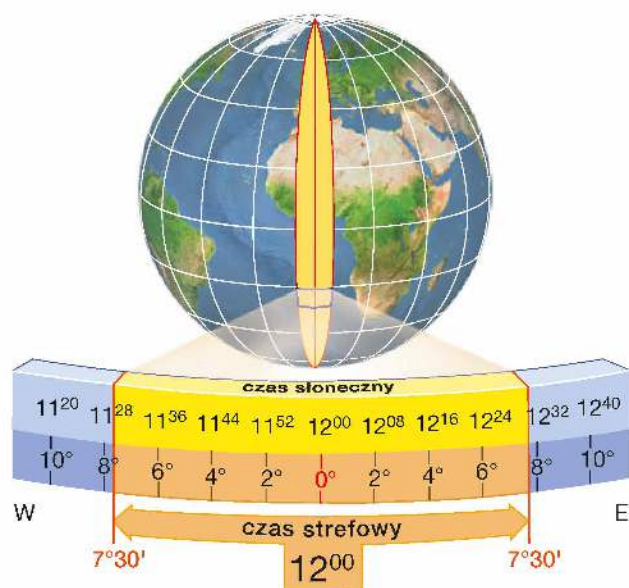
■ Czas uniwersalny

Czas uniwersalny koordynowany UTC (ang. *Universal Time Coordinated*) jest uznawany na całym świecie za podstawę rachuby czasu w ciągu doby. Liczy się go według czasu słonecznego dla południka 0° przechodzącego przez **Greenwich** – dzielnicę Londynu. Godzinę 12.00 UTC wyznacza moment górowania Słońca nad tym południkiem.

■ Czas strefowy

Czas strefowy oblicza się na podstawie umownego podziału kuli ziemskiej na 24 strefy czasowe. W każdej z nich, obejmującej obszar rozciągający się na 15° długości geograficznej, obowiązuje inny czas strefowy.

Czas strefowy jest ustalany na podstawie czasu UTC panującego w strefie, w której leży **Greenwich**. W strefach czasowych leżących na wschód od Greenwich dodaje się kolejne godziny, a w strefach leżących na zachód – odejmuje. Wynika to z faktu, że Słońce podczas pozornego ruchu po sferze niebieskiej wcześniej góruje nad miejscowościami położonymi na wschodzie i stopniowo przesuwa się w kierunku zachodnim.



Na obszarze jednej strefy, rozciągającej się $7^\circ30'$ na wschód i $7^\circ30'$ na zachód od jej południka środkowego, obowiązuje ten sam czas strefowy. Zmienia się zaś czas słoneczny – o 4 minuty na każdy stopień długości geograficznej.

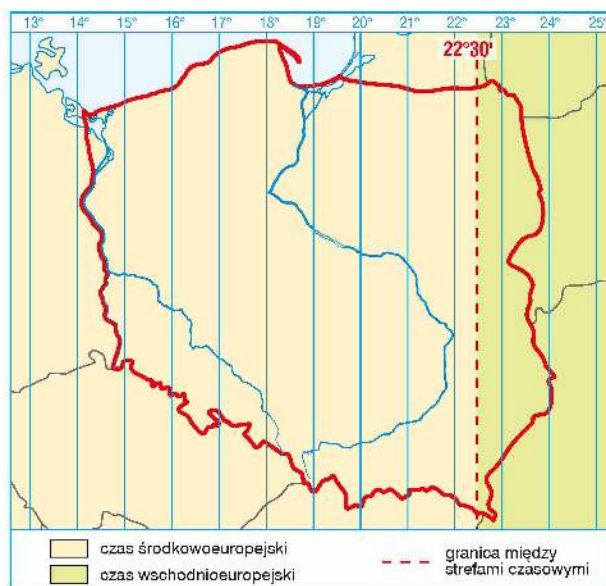
Obowiązujący na większości terytorium Polski czas strefowy jest taki sam jak czas słoneczny na południku 15°E . W położonych na nim miejscowościach (np. w Zgorzelcu) czas słoneczny pokrywa się z czasem strefowym. W innych miejscach nie ma tej zgodności.

■ Czas urzędowy

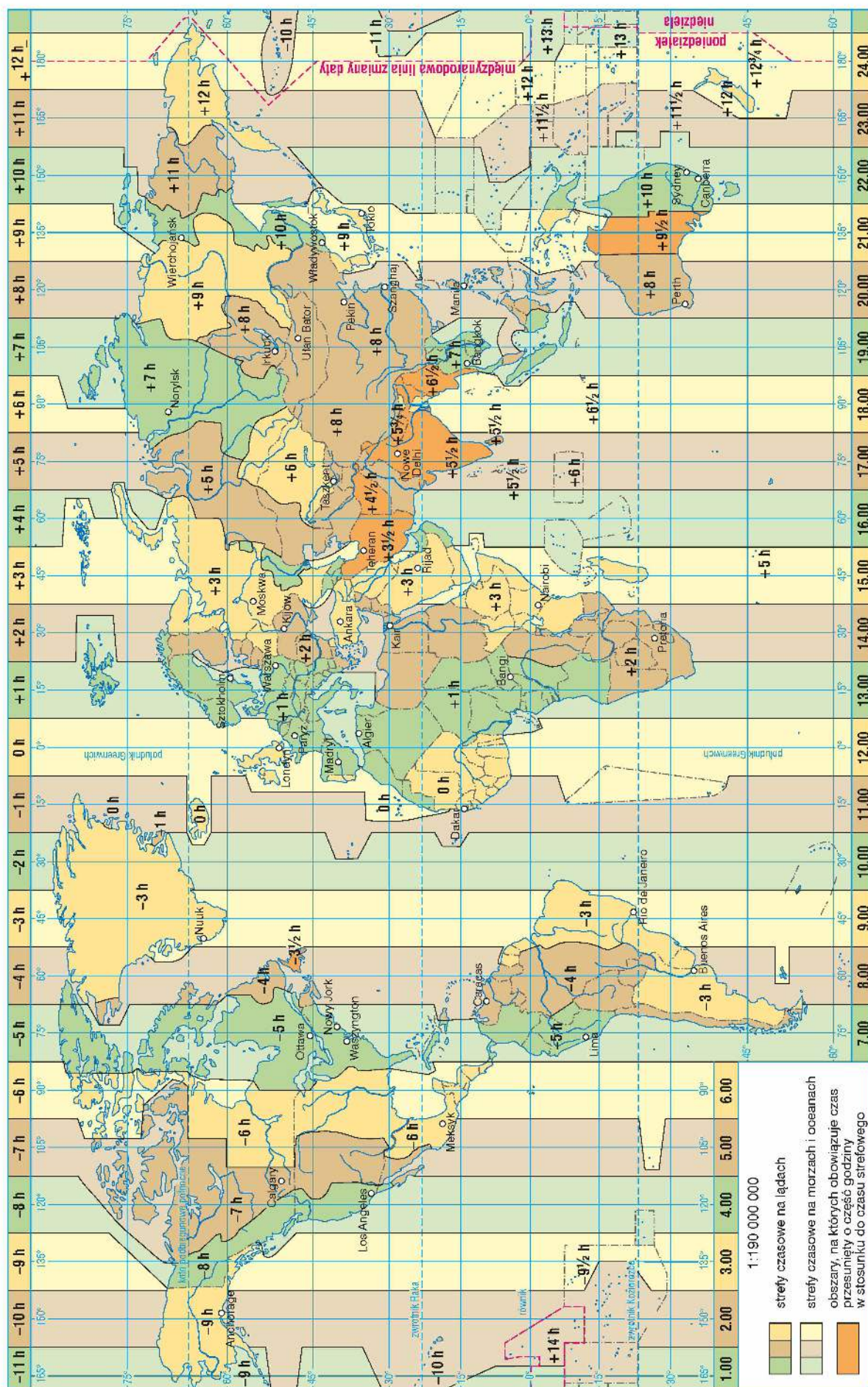
Dla niektórych regionów lub państw wprowadza się czas urzędowy. Na przykład **czas środkowoeuropejski** obejmuje obszar wykraczający daleko poza strefę czasową. Dzięki temu w Polsce obowiązuje taki sam czas jak w większości krajów europejskich. Czas urzędowy jest dzielony na czas letni i czas zimowy. Różnica między nimi wynosi jedną godzinę. Czas letni w naszym kraju obowiązuje przez pięć miesięcy. Odpowiada on czasowi strefy wschodnioeuropejskiej (UTC + 2 h) i nosi nazwę **czasu wschodnioeuropejskiego letniego**.

Czy wiesz, że...

Mimo że na terytorium Chin znajduje się aż pięć stref czasowych, w całym kraju obowiązuje jeden czas urzędowy (pekiński). Dlatego w niektórych regionach tego państwa Słońce zachodzi dopiero o północy.



Większość terytorium Polski leży w strefie czasu środkowoeuropejskiego, w której do czasu UTC jest dodawana jedna godzina. Tylko wschodnia część kraju znajduje się w strefie czasu wschodnioeuropejskiego, w której do czasu UTC dodaje się dwie godziny.



W górnej części mapy podano różnice między czasem danej strefy a czasem południka 0° (Greenwich), w dolnej zaś – godzinę, którą wskazują zegary w danej strefie, gdy w Londynie jest południe. Te dane dotyczą pory zimowej. Na większości obszaru Antarktydy obowiązuje czas południka 0°. Jednak niektóre stacje badawcze, np. niemiecka stacja Neumayer [wym. nojmajer], przyjmują czas odpowiadający strefie czasowej właściwej dla swojego kraju.

Międzynarodowa linia zmiany daty

Umowną granicę zmiany daty wyznacza południk 180°. Różnica czasu po obu jego stronach wynosi 24 godziny. Osoby przekraczające tę granicę samolotem lub statkiem z półkuli wschodniej na półkulę zachodnią muszą odjąć jeden dzień. Na przykład poniedziałek staje się dla nich niedzielą, po której znów następuje poniedziałek. Podczas podróży w kierunku przeciwnym trzeba dodać jeden dzień – niedziela staje się poniedziałkiem.

Ponieważ południk 180° przecina granice kilku państw, międzynarodowa linia zmiany daty nie przebiega dokładnie wzdłuż niego, lecz ulega rozmaitym modyfikacjom. Na przykład przesunięto ją aż do Cieśniny Beringa po to, aby całe terytorium Rosji znalazło się po jej zachodniej stronie. W innym miejscu zmieniono przebieg linii tak, by wyspy Aleuty należące do Stanów Zjednoczonych pozostały w całości po jej wschodniej stronie.

Czy wiesz, że...

Jako pierwsi na kuli ziemskiej każdy kolejny dzień witają mieszkańcy archipelagu Line należącego do państwa Kiribati. Jest ono położone na Pacyfiku w strefie czasowej UTC + 14.

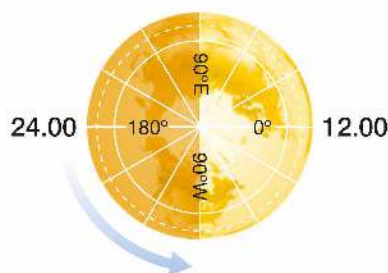


Podróżni przemieszczający się z zachodu na wschód (np. z Tokio do Los Angeles) „zyskują” jeden dzień. Gdy podróż odbywa się w przeciwnym kierunku – „tracą” jeden dzień.

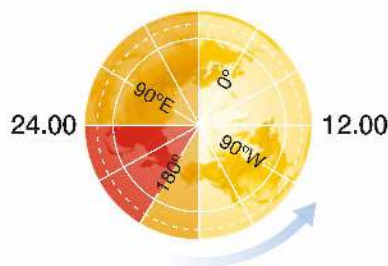
Zadania

1. Wyjaśnij, dlaczego czas słoneczny nie jest powszechnie stosowany.
2. Ustal, który najbliższy rok będzie przestępny.
3. Oblicz, o jaki kąt obraca się Ziemia w czasie trwania jednej lekcji.
4. Podaj, którą godzinę wskazują zegarki w Tokio, kiedy w Londynie jest godzina 15.00.

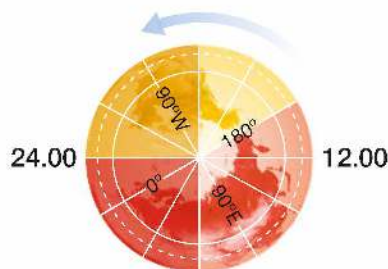
Mechanizm ruchu daty



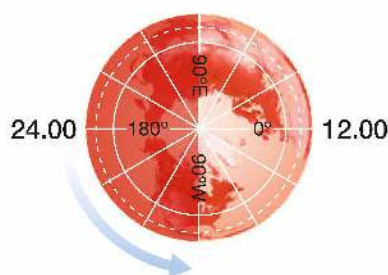
Gdy na południku Greenwich jest południe słoneczne, a na południku 180° – północ, to na całej kuli ziemskiej jest ten sam dzień (np. niedziela). Trwa to bardzo krótko.



W wyniku obrotu Ziemi z każdą sekundą powiększa się obszar, na którym jest nowa data (poniedziałek).



Po ponad 12 godzinach nowa data (poniedziałek) jest na większości kuli ziemskiej.



Po 24 godzinach nasza planeta obróci się o 360°. Przez krótki czas ponownie na całej Ziemi będzie jedna data (poniedziałek).

Niedziela	Poniedziałek
 dzień	 dzień
 noc	 noc

Podsumowanie

- **Geocentryczna teoria budowy wszechświata** zakładała, że w jego centrum znajduje się Ziemia, a wokół niej krążą pozostałe planety, Księżyc, Słońce oraz gwiazdy. W II w. n.e. tę teorię opisał **Klaudiusz Ptolemeusz**.
- W 1543 r. **Mikołaj Kopernik** przedstawił **heliocentryczną wizję wszechświata**. Dowiódł, że Ziemia i inne planety krążą wokół Słońca.
- **Teoria Wielkiego Wybuchu** zakłada, że ok. 13,8 mld lat temu cała materia była skoncentrowana w jednym punkcie o ogromnej gęstości, a potem zaczęła się rozszerzać.
- Wszechświat jest zbudowany przede wszystkim z **ciemnej materii** oraz **ciemnej energii**.
- Podstawowymi jednostkami organizacji materii we wszechświecie są **galaktyki**. Wiele z nich należy do małych **grup** lub większych **gromad** wchodzących w skład **supergromad**.
- Galaktyka, w której znajduje się Układ Słoneczny, jest nazywana **Drogą Mleczną**. Składa się ona z niemal 400 mld gwiazd i jest częścią **Lokalne Grupy Galaktyk**.
- Astronomowie stosują specjalne jednostki odległości. Są to:
 - **jednostka astronomiczna (AU)** – średnia odległość Ziemi od Słońca, czyli 149 597 870 km;
 - **rok świetlny** – odległość przebyta przez światło w próżni w ciągu jednego roku; jeden rok świetlny równa się 63 239 AU;
 - **parsek** – największa z jednostek miary stosowanych w astronomii; 1 pc = 3,26 roku świetlnego i 206 265 AU.
- Szacuje się, że obserwowalny wszechświat ma średnicę ok. 92 mld lat świetlnych i składa się z co najmniej 2 bln galaktyk.
- Zgrupowania gwiazd zajmujące pewien obszar nieba są nazywane **gwiazdozbiorami**.
- Do badań kosmicznych wykorzystuje się między innymi:
 - teleskopy optyczne,
 - radioteleskopy,
 - sztuczne satelity,
 - sondy i stacje kosmiczne,
 - fragmenty meteoroidów.
- Badania kosmiczne przyniosły wiele korzyści. Należą do nich na przykład:
 - powstanie i rozwój GPS,
 - ułatwienia w tworzeniu map,
 - powstanie i rozwój telewizji satelitarnej,
 - dokładniejsze prognozowanie pogody,
 - ostrzeganie przed ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi.
- **Układ Słoneczny** zaczął się formować ok. 4,6 mld lat temu. Powstał z obłoku materii międzygwiazdowej złożonego głównie z atomów wodoru i helu oraz z niewielkiej ilości atomów cięższych pierwiastków.
- **Słońce** stanowi 99,87% masy Układu Słonecznego. Pozostałą masę tworzą związane z nim grawitacyjnie ciała niebieskie oraz materia pyłowo-gazowa.
- Światło i ciepło emitowane przez Słońce są efektem reakcji termojądrowych zachodzących w jego wnętrzu.
- **Planeta** to ciało niebieskie, które: krąży wokół Słońca, ma wystarczającą masę, aby dzięki sile grawitacji osiągnąć kulisty lub prawie kulisty kształt, oczyściło sąsiedztwo swojej orbity z innych obiektów i nie świeci światłem własnym, lecz odbija światło słoneczne.
- Do **planet grupy ziemskiej** należą Merkury, Wenus, Ziemia i Mars.
- Do **planet olbrzymów** należą Jowisz, Saturn, Uran i Neptun.
- Osobną grupą obiektów wchodzących w skład Układu Słonecznego są **planety karłowate**. Są one mniejsze od planet i w przeciwieństwie do nich nie oczyściły sąsiedztwa swoich orbit z innych obiektów.
- **Planetoidy** obiegają Słońce w pasie głównym planetoid (między orbitami Marsa i Jowisza) oraz w Pasie Kuipera (poza orbitą Neptuna).
- **Księżyce** (naturalne satelity) to ciała niebieskie krążące wokół niektórych planet, planet karłowatych lub planetoid.
- **Komety** to małe ciała niebieskie pochodzące z peryferyjnych obszarów Układu Słonecznego.

- **Meteoroidy** to okruchy skalne o średnicy do 10 m, które powstały w wyniku kolizji planetoid z innymi planetoidami lub z planetami albo w efekcie rozpadu komet. Meteoroidy, które ulegają spaleni w atmosferze, to **meteory**, a te, które spadły na Ziemię – **meteoryty**.
- Ziemia okrąża Słońce po orbicie w kształcie elipsy. Czas pełnego obiegu Ziemi wokół Słońca wynosi **365 dni 5 godzin 48 minut i 46 sekund**, czyli rok.
- **Peryhelium** to punkt orbity, w którym odległość między Ziemią a Słońcem jest najmniejsza. Z kolei punkt, w którym Ziemia znajduje się najdalej od Słońca, to **aphelium**.
- Pozorna droga Słońca po niebie jest nazywana **ekliptyką**.
- **Następstwami ruchu obiegowego** Ziemi są:
 - zmiana wysokości Słońca nad horyzontem w ciągu roku,
 - występowanie astronomicznych pór roku,
 - zmiana miejsca wschodu i zachodu Słońca na widnokręgu,
 - zmiana pozornej wędrówki Słońca nad horyzontem,
 - zmienna długość trwania dnia i nocy.
- Dokładnie nad obserwatorium znajduje się punkt o nazwie **zenit**, a dokładnie pod nim – **nadir**.
- W **układzie horyzontalnym** przedłużeniem osi ziemskiej jest **oś niebieska**. Na przecięciu osi niebieskiej ze sferą niebieską znajdują się **bieguny niebieskie**. Najkrótszą linią łączącą bieguny niebieskie po sferze niebieskiej jest **południk niebieski**.
- **Horyzont** to linia pozornego przecięcia się płaszczyzny, na której znajduje się obserwator, ze sferą niebieską.
- **Widnokrąg** jest linią pozornego styku widocznej części terenu ze sklepieniem niebieskim.
- **Podczas równonocy wiosennej (21 marca):**
 - w południe słoneczne Słońce góruje w zenicie na równiku,
 - na półkuli północnej rozpoczyna się wiosna, a na półkuli południowej – jesień,
 - na całej kuli ziemskiej dzień i noc trwają po 12 godzin,
 - w okolicach bieguna północnego zaczyna się dzień polarny, a w okolicach bieguna południowego – noc polarna.
- **W trakcie przesilenia letniego (22 czerwca):**
 - w południe słoneczne Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Raka,
 - na półkuli północnej rozpoczyna się lato, a na półkuli południowej – zima,
 - na półkuli północnej dzień trwa najdłużej w roku, a noc – najkrócej,
 - za kołem podbiegunowym północnym trwa dzień polarny, a za kołem podbiegunowym południowym – noc polarna.
- **W dniu równonocy jesiennej (23 września):**
 - w południe słoneczne Słońce góruje w zenicie na równiku,
 - na półkuli północnej rozpoczyna się jesień, a na półkuli południowej – wiosna,
 - na całej kuli ziemskiej dzień i noc trwają po 12 godzin,
 - w okolicach bieguna północnego zaczyna się noc polarna, a w okolicach bieguna południowego – dzień polarny.
- **Podczas przesilenia zimowego (22 grudnia):**
 - w południe słoneczne Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Koziorożca,
 - na półkuli północnej rozpoczyna się zima, a na półkuli południowej – lato,
 - na półkuli północnej dzień trwa najkrócej w roku, a noc – najdłużej,
 - za kołem podbiegunowym północnym trwa noc polarna, a za kołem podbiegunowym południowym – dzień polarny.
- Ze względu na zmiany w oświetleniu Ziemi w ciągu roku, wyróżnia się **pięć stref oświetlenia**:
 - strefę międzyzwrotnikową,
 - dwie strefy umiarkowane,
 - dwie strefy podbiegunowe.
- **Zaćmienie Słońca** występuje wtedy, gdy Księżyc znajduje się między Ziemią a Słońcem i rzuca cień na naszą planetę.
- **Zaćmienie Księżyca** występuje wtedy, gdy Ziemia przystania promienie słoneczne oświetlające Księżyc. To zjawisko jest wywołwane cieniem rzucanym przez naszą planetę na powierzchnię Księżyca.
- **Górowanie** to moment, w którym Słońce (lub inne ciało niebieskie) znajduje się najwyżej nad horyzontem.
- Wysokość górowania Słońca we wszystkich miejscach na kuli ziemskiej zmienia się w ciągu roku.

- Promienie słoneczne nie oświetlają Ziemi równomiernie i dlatego do poszczególnych miejsc na Ziemi dociera inna ilość energii słonecznej oraz ciepła.
- **Ruch obrotowy** (ruch wirowy) Ziemi odbywa się z zachodu na wschód.
- Rzeczywisty czas pełnego obrotu Ziemi wynosi **23 godziny 56 minut i 4 sekundy**, czyli dobę gwiazdową.
- Podstawą rachuby czasu jest średnia doba słoneczna – czas między dwoma kolejnymi górowaniami Słońca. Trwa ona 24 godziny.
- Wszystkie punkty na powierzchni Ziemi poruszają się razem z nią i obracają o 360° w czasie 24 godzin. Ta prędkość, nazywana **prędkością kątową**, jest stała dla każdego punktu na naszej planecie.
- Punkty na powierzchni Ziemi poruszają się również z **prędkością liniową**, która jest zmienna i zależy od szerokości geograficznej. Ta prędkość osiąga największą wartość na równiku (1669 km/h).
- **Następstwa ruchu obrotowego** Ziemi to:
 - pozorny ruch Słońca i innych ciał niebieskich po sklepieniu niebieskim,
 - występowanie dnia i nocy,
 - siła Coriolisa,
 - spłaszczenie Ziemi przy biegunach.
- **Siła Coriolisa** powoduje, że kierunek ciał poruszających się na półkuli północnej jest odchylany w prawą stronę względem pierwotnego kierunku ich ruchu, a ciał znajdujących na półkuli południowej – w lewą.
- Spłaszczenie biegunowe naszej planety jest spowodowane **siłą odśrodkową** wynikającą z ruchu obrotowego Ziemi.
- Podczas ruchu obiegowego wokół Ziemi Księżyc jest różnie oświetlany przez Słońce. Powoduje to zmiany wyglądu jego tarczy widocznej z naszej planety. Dlatego możemy zaobserwować powtarzające się co cztery tygodnie **fazy Księżyca**:
 - pierwszą kwadrę,
 - pełnię,
 - trzecią kwadrę,
 - nów.
- Siła odśrodkowa oraz siła przyciągania Księżyca i Słońca wywołują **plywy**, czyli cykliczne podnoszenie się i opadanie poziomu morza.
- **Pływy kwadraturowe** powstają, gdy wzajemne położenie względem siebie Słońca, Ziemi i Księżyca tworzy kąt prosty.
- **Pływy syzygijne** występują wówczas, gdy Ziemia, Słońce i Księżyc znajdują się w jednej linii. Wtedy siły przyciągania Słońca i Księżyca się sumują.
- **Pierwsze kalendarze** powstawały na podstawie obserwacji Księżyca. Za jeden miesiąc uznawano czas między dwoma takimi samymi fazami naturalnego satelity Ziemi, czyli ok. 29,5 dnia.
- W większości krajów na świecie obowiązuje **kalendarz gregoriański**. Za lata przestępne uznaje się te, które są podzielne przez 4, ale nie są podzielne przez 100. Wyjątek stanowią lata podzielne przez 400 – one również są przestępne.
- Współczesny podział jednostek czasu wywodzi się z Babilonii, gdzie astronomowie podzielili **godzinę na 60 minut, dobę na 24 godziny, tydzień na 7 dni, a rok – na 12 miesięcy**.
- Czas oparty na pozornym ruchu Słońca to **czas słoneczny**, nazywany też **czasem miejscowym**. Jest on ustalany dla danej miejscowości na podstawie wysokości Słońca nad horyzontem. Jednakowy czas słoneczny występuje tylko w miejscach leżących na tym samym południku.
- **Czas uniwersalny koordynowany (UTC)** jest obliczany według czasu słonecznego dla południka przechodzącego przez Królewskie Obserwatorium Astronomiczne w Greenwich.
- **Czas strefowy** oblicza się na podstawie umownego podziału kuli ziemskiej na 24 strefy czasowe. W każdej z nich, obejmującej obszar rozciągający się na 15° długości geograficznej, obowiązuje inny czas strefowy.
- **Czas urzędowy** wprowadza się dla niektórych regionów lub państw. Jest on dzielony na czas letni i czas zimowy. Różnica między nimi wynosi jedną godzinę. Czas letni w Polsce obowiązuje przez pięć miesięcy i nosi nazwę **czasu wschodnioeuropejskiego letniego**.
- Umowną granicę zmiany daty wyznacza **południk 180°** . Różnica czasu po obu jego stronach wynosi 24 godziny. Jeśli przekraczamy tę granicę samolotem lub statkiem z półkuli wschodniej na półkulę zachodnią, czyli w kierunku wschodnim, odejmujemy jeden dzień. Podczas podróży w kierunku przeciwnym dodajemy jeden dzień.



- 1** Przerysuj tabelę do zeszytu i wpisz w odpowiednich jej rubrykach poniższe informacje. (0–2 p.)

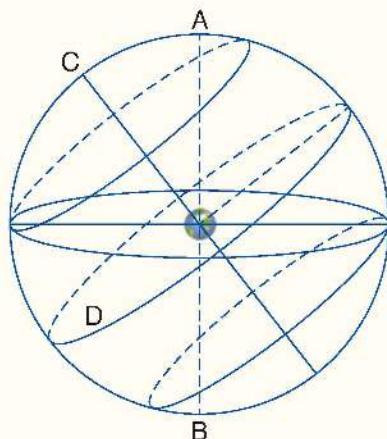
- A. Wokół Ziemi krążą inne planety, Słońce oraz Księżyc.
- B. W centrum Układu Słonecznego znajduje się Słońce.
- C. W centrum wszechświata znajduje się Ziemia.
- D. Ziemia i pozostałe planety krążą wokół Słońca.
- E. Opisał ją Klaudiusz Ptolemeusz.
- F. Jej twórcą był Mikołaj Kopernik.

Teoria geocentryczna	Teoria heliocentryczna
?	?

- 2** Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Wybierz P, jeśli informacja jest prawdziwa, lub F, jeśli jest fałszywa. (0–2 p.)

1.	Światło i ciepło mogą być emitowane przez Słońce dzięki reakcjom termojądrowym zachodzącym w jego wnętrzu.	P	F
2.	W oddalonych od centrum, znacznie chłodniejszych obszarach Układu Słonecznego powstały planety olbrzymy.	P	F
3.	Do planet grupy ziemskiej należą Jowisz, Saturn, Uran i Neptun.	P	F
4.	W Układzie Słonecznym najwięcej księżyców mają Mars i Saturn.	P	F

- 3** Przerysuj schemat do zeszytu. Następnie zapisz nazwy elementów układu horyzontalnego oznaczonych literami A–D. (0–4 p.)

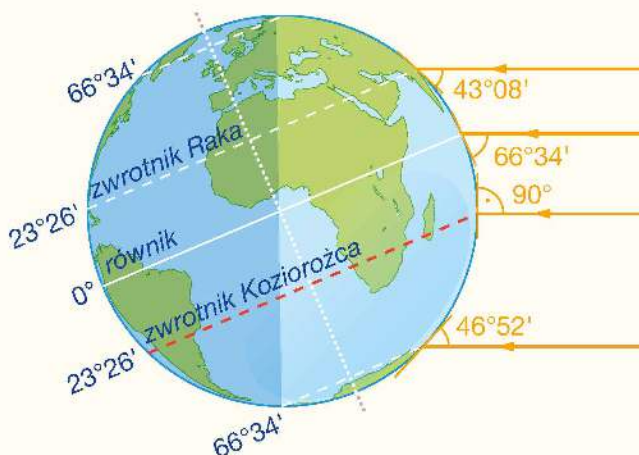


- 4** Wybierz właściwe informacje w poniższych zdaniach. Następnie zapisz te zdania w zeszycie. (0–2 p.)

W wyniku kolizji planetoid powstają *meteoroidy* / *meteoryty*. Te, które docierają do powierzchni Ziemi, noszą nazwę *meteorytów* / *meteorów*.

- 5** Wyjaśnij w zeszycie, dlaczego przez cały rok na równiku dzień i noc trwają po 12 godzin, a im dalej od równika, tym letnie dni i zimowe noce są dłuższe. (0–2 p.)

- 6** Ustal, które przesilenie przedstawiono na poniższej ilustracji. Zapisz w zeszycie jego nazwę i nazwę pory roku, która rozpoczyna się wtedy na półkuli południowej. (0–2 p.)

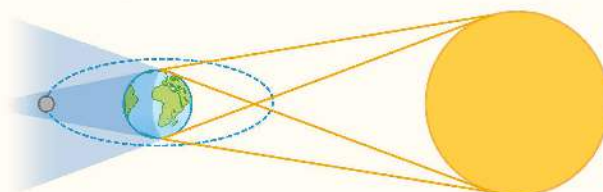


- 7** Wybierz właściwe dokończenie zdania. (0–1 p.)

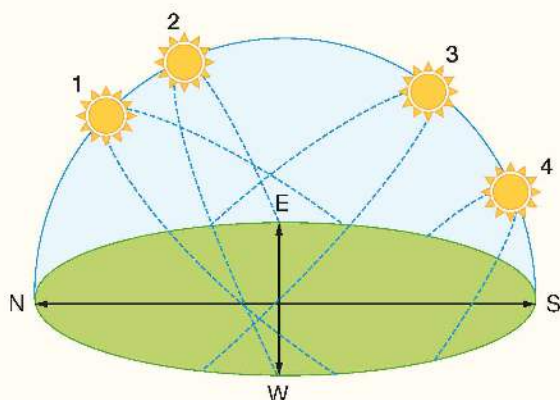
Występowanie stref oświetlenia Ziemi wpływa między innymi na

- A. rozmieszczenie surowców mineralnych.
- B. ustrój rzek.
- C. powstawanie prądów morskich.
- D. rozmieszczenie stref klimatycznych, roślinnych i glebowych.

- 8** Rozpoznaj zjawisko przedstawione na schemacie. Opisz jego przyczynę w zeszycie. (0–2 p.)



- 9 Wskaż poprawne dokończenie zdania. (0–1 p.)



Na powyższej ilustracji pozorną drogę Słońca nad horyzontem w miejscowości położonej na południe od zwrotnika Koziorożca w dniu 22 grudnia oznaczono numerem

- A. 1.
B. 2.
C. 3.
D. 4.
- 10 Wybierz współrzędne geograficzne miejsca, w którym 21 czerwca wysokość górowania Słońca jest większa niż w Warszawie (52°N , 21°E). (0–1 p.)
- A. 40°N , 70°E .
B. 40°S , 20°E .
C. 60°N , 130°E .
D. 60°S , 50°E .
- 11 Oblicz szerokość geograficzną miejsca, w którym w dniu przesilenia zimowego Słońce góruje po południowej stronie nieba na wysokości 32° . (0–1 p.)
- 12 Wybierz właściwe informacje dotyczące powstawania pływów. (0–2 p.)
- A. Pływy są wywoływane siłą odśrodkową wynikającą z ruchu obiegowego Ziemi oraz siłą przyciągania Księżyca i Słońca.
B. Rytm pływów jest wyznaczany przez Księżyc, którego siła przyciągania jest większa od siły przyciągania Słońca.
C. Wielkość przyptywu zależy od położenia względem siebie Ziemi, Słońca i Księżyca.
D. Gdy Słońce i Księżyc ustawiają się względem Ziemi pod kątem prostym (w pierwszej i trzeciej kwadrze Księżyca), powstają pływy syzygijne.

- 13 Przepisz do zeszytu zdanie zawierające prawdziwe informacje. (0–1 p.)

- A. Czas strefowy jest ustalany dla danej miejscowości na podstawie wysokości górowania Słońca nad horyzontem.
B. Czas strefowy jest uznawany na całym świecie za podstawę rachuby czasu w ciągu doby.
C. Czas strefowy oblicza się na podstawie umownego podziału kuli ziemskiej na 24 strefy czasowe.
D. Czas strefowy jest wyznaczany na podstawie południka 180° .

- 14 Oblicz różnicę czasu słonecznego między Hrubieszowem ($50^{\circ}49'\text{N}$, $23^{\circ}53'\text{E}$) a Cedynią ($52^{\circ}53'\text{N}$, $14^{\circ}12'\text{E}$). (0–1 p.)

- 15 Wykonaj obliczenia i zaznacz poprawne dokończenie zdania. (0–1 p.)

Różnica czasu słonecznego między Lizboną ($38^{\circ}42'\text{N}$, $9^{\circ}05'\text{W}$) a Ułan Bator ($47^{\circ}55'\text{N}$, $106^{\circ}53'\text{E}$) wynosi

- A. 5 godz. 38 min i 14 s.
B. 7 godz. 43 min i 52 s.
C. 9 godz. 43 min i 54 s.
D. 3 godz. 15 min i 6 s.

- 16 Oblicz różnicę w stopniach między Dallas a Sydney, jeśli różnica czasu słonecznego między tymi miastami wynosi 8 godz. 22 min i 8 s. (0–1 p.)

- 17 Oblicz współrzędne geograficzne punktu, w którym 22 grudnia Słońce góruje po południowej stronie nieba na wysokości $16^{\circ}56'$ o 4 godz. 34 min i 56 s później niż na południku 0° . (0–4 p.)

- 18 Wyjaśnij, dlaczego międzynarodowa linia zmiany daty nie przebiega dokładnie wzdłuż południka 180° , lecz ulega różnym modyfikacjom. (0–1 p.)

- 19 Zapisz w zeszycie nazwy pięciu państw położonych w kilku strefach czasowych. (0–1 p.)

Sprawdź w kluczu odpowiedzi, które zadania udało Ci się rozwiązać poprawnie. Następnie oblicz uzyskany przez siebie procent ogólnej liczby punktów.

Sposób na zadania

Zadanie 1. (0–1)

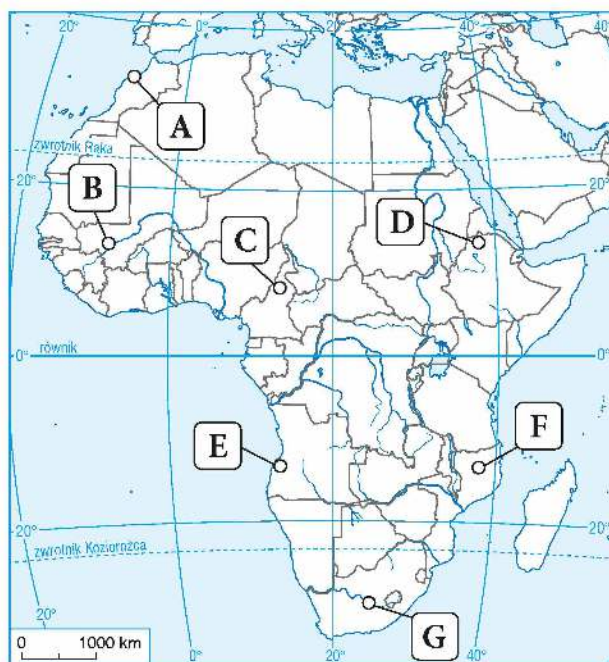
Na mapie Afryki zaznaczono literami wybrane punkty (A–G).

Zadanie 1.1. (0–1)

Oblicz współrzędne geograficzne punktów, w których 22 czerwca Słońce góruje na wysokości 80° , a czas miejscowy różni się o 1 godz. i 32 min od czasu środkowoeuropejskiego.

Zadanie 1.2. (0–1)

Zapisz litery, którymi oznaczono na mapie punkty spełniające kryteria podane w zadaniu 1.1.



Czynność do wykonania

Czasownik *oblicz* oznacza, że należy wyliczyć konkretne wartości na podstawie danych zamieszczonych w zadaniu oraz własnej wiedzy. W takich zadaniach trzeba zapisywać wszystkie obliczenia, ponieważ one również są punktowane. Niezbędne jest także podawanie jednostek. Wyznaczenie współrzędnych geograficznych danego punktu wymaga obliczenia szerokości geograficznej i długości geograficznej, podania ich wartości w miarach kątowych, a następnie ustalenia, na których półkulach znajduje się punkt: północnej czy południowej oraz wschodniej czy zachodniej.

Praktyczne rady

W poleceniu nie napisano, po której stronie nieba góruje Słońce. Dlatego musisz obliczyć dwa warianty szerokości geograficznej.

Aby ustalić, jaka jest długość geograficzna punktu, oblicz, o ile stopni obróci się Ziemia w czasie podanym w zadaniu. Pamiętaj, że w ciągu 4 min Ziemia obraca się o 1° . Z treści polecenia nie wynika, czy różnica czasu oznacza godzinę wcześniejszą, czy późniejszą. Dlatego musisz obliczyć dwa warianty długości geograficznej: dodać obliczoną wartość w stopniach do wartości środkowego południka strefy czasu środkowoeuropejskiego (15°E) lub odjąć ją od tej wartości.

Odpowiedź do zadania 1.1.:

Obliczanie szerokości geograficznej:

$$h_N = 90^\circ + \varphi_1 - 23^\circ 26', h_S = 90^\circ - \varphi_2 + 23^\circ 26',$$

$$\varphi_1 = 80^\circ - 90^\circ + 23^\circ 26' = 13^\circ 26'\text{N}, \varphi_2 = 90^\circ + 23^\circ 26' - 80^\circ = 33^\circ 26'\text{N}$$

Obliczanie długości geograficznej:

$$1 \text{ godz. } 32 \text{ min} = 92 \text{ min},$$

$$92 \text{ min} : 4 \text{ min} = 23^\circ,$$

$$15^\circ + 23^\circ = 38^\circ, 15^\circ - 23^\circ = -8^\circ, \lambda_1 = 38^\circ\text{E}, \lambda_2 = 8^\circ\text{W}$$

Punkty spełniające kryteria podane w zadaniu 1.1. mają współrzędne:

$$13^\circ 26'\text{N}, 38^\circ\text{E}; \quad 13^\circ 26'\text{N}, 8^\circ\text{W}; \quad 33^\circ 26'\text{N}, 38^\circ\text{E}; \quad 33^\circ 26'\text{N}, 8^\circ\text{W}.$$

Odpowiedź do zadania 1.2.:

Punkty spełniające kryteria podane w zadaniu 1.1. oznaczono na mapie literami A, B i D.

Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE



Zadanie 1.

Na mapie Ameryki Południowej zaznaczono wybrane miejscowości.

Zadanie 1.1. (0–1)

Oblicz współrzędne geograficzne punktu, w którym 22 grudnia górowanie Słońca można obserwować po północnej stronie nieba na wysokości $86^{\circ}37'$ o 4 godziny i 20 minut później niż w Londynie.

Zadanie 1.2. (0–1)

Zapisz nazwę miejscowości spełniającej powyższe kryteria.



Zadanie 1.3. (0–2)

Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, albo F – jeśli jest fałszywa.

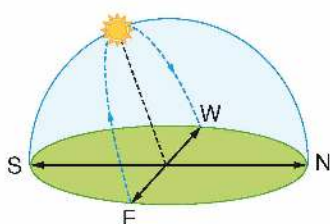
1.	W Río Gallegos najdłuższym dniem jest 22 czerwca.	P	F
2.	W Río Gallegos występują noce polarne.	P	F
3.	W miejscowości Macapá przez cały rok dzień jest równy nocy.	P	F
4.	W miejscowości Valencia Słońce góruje w zenicie dwa razy w roku.	P	F
5.	W Vitórii 30 maja Słońce zachodzi wcześniej niż w Iquique.	P	F

Zadanie 1.4. (0–2)

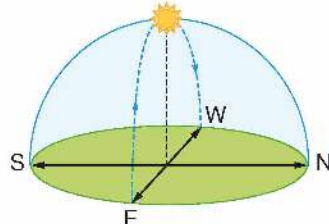
Ilustracje przedstawiają pozorną wędrówkę Słońca nad horyzontem w różnych szerokościach geograficznych.

Zaznacz ilustrację, która przedstawia pozorną drogę Słońca nad horyzontem występującą w miejscowości Macapá w pierwszym dniu astronomicznej wiosny.

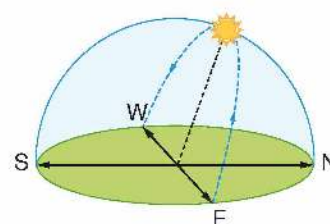
A.



B.

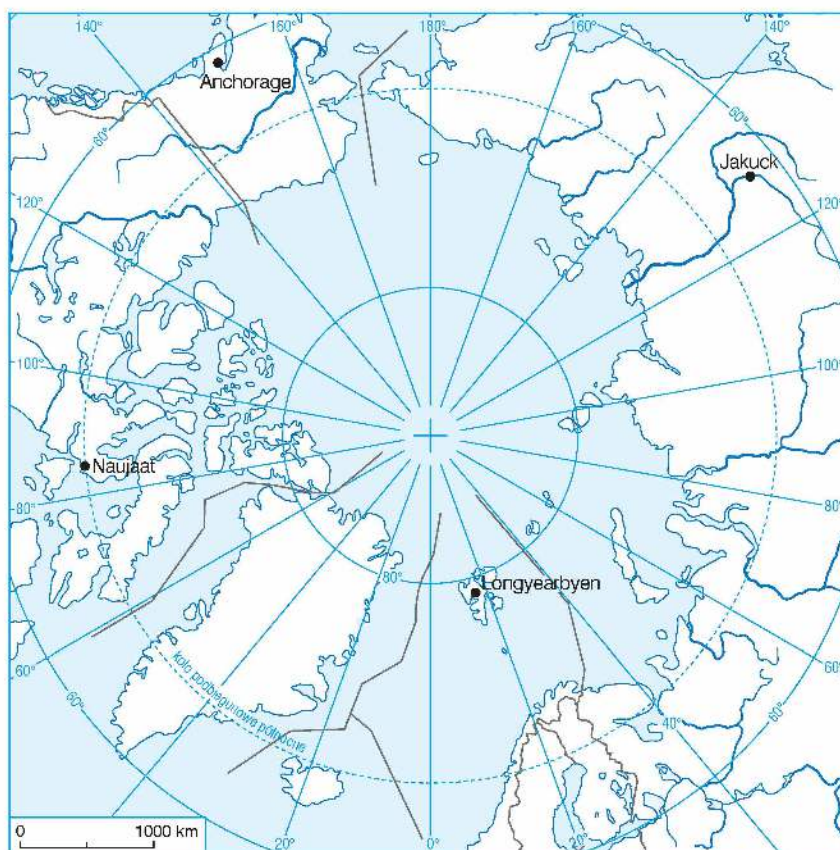


C.



Zadanie 2.

Na mapie fragmentu półkuli północnej zaznaczono wybrane miejscowości.

**Zadanie 2.1.** (0–1)

Oblicz, którego dnia i o której godzinie czasu lokalnego przyleciałby samolot do Jakucka (62°N , 130°E) z Anchorage (61°N , 150°W), gdyby lot trwał 12 godz., a samolot wystartował 30 maja o 11.20 czasu lokalnego.

Zadanie 2.2. (0–1)

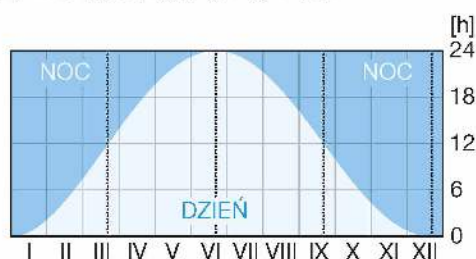
Zaznacz w każdym wierszu tabeli nazwę miejscowości, której dotyczy podana informacja.

Lp.	Informacja	Anchorage	Jakuck	Longyearbyen	Nauyasat
1.	22 grudnia wysokość górowania Słońca nad horyzontem wynosi 0° .	?	?	?	?
2.	Dzień polarny i noc polarna trwają najdłużej.	?	?	?	?
3.	Słońce góruje najwcześniej.	?	?	?	?

Zadanie 2.3. (0–1)

Wykres przedstawia długość dnia i nocy w jednej z miejscowości zaznaczonych na mapie.

Podaj nazwę tej miejscowości, której dotyczy wykres.



III. Atmosfera

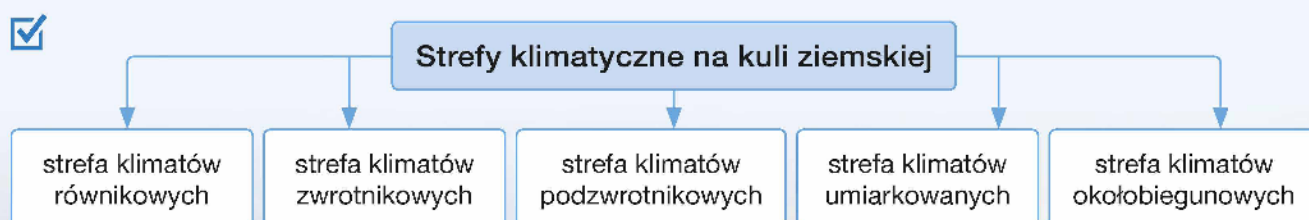
To było w szkole podstawowej!

✓ **Pogoda** to stan atmosfery w określonym miejscu i czasie.



✓

Składniki pogody	Urządzenia służące do pomiaru	Jednostki pomiaru i ich skróty
Temperatura powietrza	termometr	stopnie Celsjusza [°C]
Opady atmosferyczne	deszczomierz	milimetry [mm]
Ciśnienie atmosferyczne	barometr	hektopaskale [hPa]
Kierunek i prędkość wiatru	wiatromierz	kilometry na godzinę [km/h] lub metry na sekundę [m/s]



1

Skład i budowa atmosfery

Na tej lekcji dowiesz się: czym jest atmosfera i jak jest zbudowana ■ jaki jest skład powietrza atmosferycznego ■ czym jest magnetosfera.

Mimo że na co dzień się nad tym nie zastanawiamy, nieustannie przebywamy w atmosferze ziemskiej. To właśnie dzięki niej Ziemia jest jedyną planetą w Układzie Słonecznym, na której mogło powstać życie. Substancje chemiczne, z których jest zbudowana atmosfera, umożliwiają rozwój organizmów. Z kolei jej właściwości fizyczne powodują, że stanowi warstwę chroniącą naszą planetę między innymi przed szkodliwym promieniowaniem z kosmosu.

■ Czym jest atmosfera?

Atmosfera to powłoka Ziemi stanowiąca mieszaninę gazów zwaną **powietrzem atmosferycznym**. W powietrzu występują trzy rodzaje składników:

- ▶ składniki stałe,
- ▶ składniki zmienne,
- ▶ aerozole atmosferyczne.

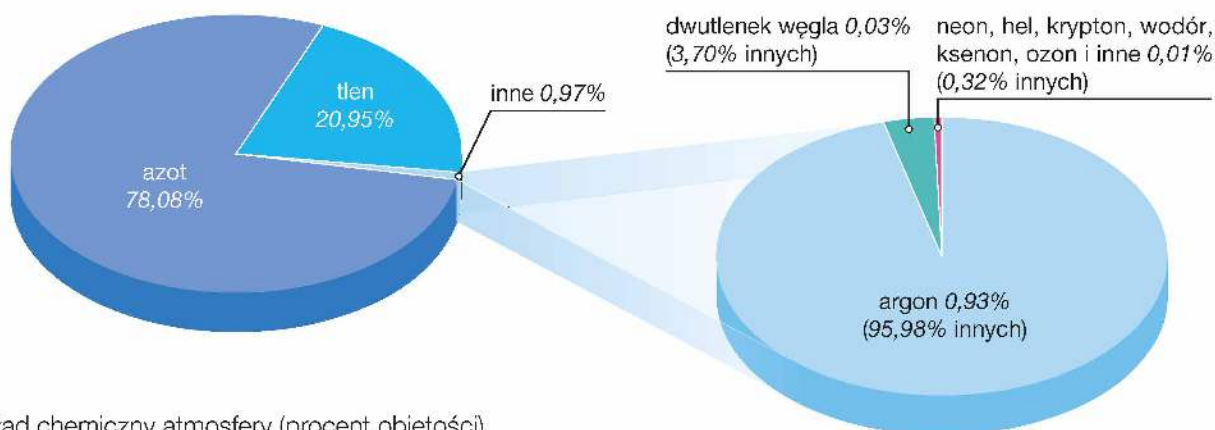
Składnikami stałymi atmosfery są gazy, których stężenie nie zmienia się do wysokości ok. 100 km nad powierzchnią Ziemi. Są to azot, tlen i argon oraz – w śladowych ilościach – neon, hel, krypton i wodór.

Stężenie **zmiennych składników atmosfery** zmienia się zarówno w czasie, jak i w przestrzeni.



Ważnym źródłem aerozoli atmosferycznych są wulkany, takie jak indonezyjski Krakatau. Wyrzucane przez nie cząstki stałe w postaci dymów i sadz oraz znaczne ilości gazów (np. dwutlenek węgla) należą do naturalnych zanieczyszczeń.

Do tych składników należą para wodna, ditlenek węgla, czyli dwutlenek węgla nazywany również tlenkiem węgla(IV), oraz ozon. Na ich zawartość w atmosferze wpływają nie tylko procesy naturalne, lecz także antropogeniczne, czyli te, które wiążą się z działalnością człowieka. Największym wahaniom ulega stężenie pary wodnej. Jej zawartość w powietrzu



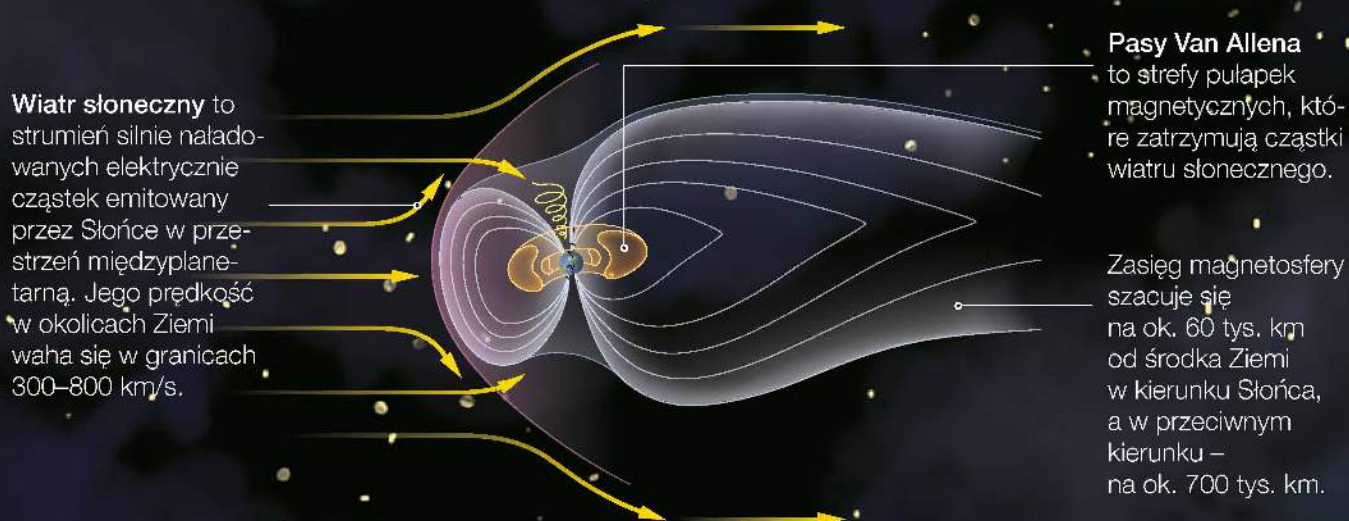
Skład chemiczny atmosfery (procent objętości).

wynosi od 0% nad obszarami okołobiegunowymi do 4% nad ciepłymi morzami. W dużym stopniu zmienia się też zawartość dwutlenku węgla. Na przykład w warstwach atmosfery znajdujących się blisko powierzchni zawartość tego gazu może czterokrotnie

przewyższać jego średnią zawartość w powietrzu. Atmosfera ziemska, oprócz mieszaniny gazów, zawiera również **aerozole atmosferyczne**. Są to zarówno substancje ciekłe, jak i stałe, np. pyłki roślin, bakterie, popioły, kryształki soli morskiej i sadza.

Pole magnetyczne Ziemi

Wokół Ziemi znajduje się ogromne pole magnetyczne, którego źródłem są ruchy płynnej materii budującej jądro Ziemi oraz ruchy wykonywane przez całą naszą planetę. Przenika ono atmosferę i tworzy przestrzeń nazywaną magnetosferą. Magnetosfera chroni życie na Ziemi przed szkodliwymi cząstkami wiatru słonecznego – odchyła je, dzięki czemu większość z nich nie dociera do naszej planety. Oddziaływanie wiatru słonecznego powoduje, że magnetosfera jest spłaszczona od strony Słońca i rozciągnięta w przeciwnym kierunku.



Zorza polarna

Cząstki wiatru słonecznego, których nie zatrzyma magnetosfera, docierają do górnych warstw atmosfery. Tu zderzają się z atomami i cząsteczkami tlenu oraz azotu, które pochłaniają energię, a następnie uwalniają ją w postaci światła. W ten sposób powstaje zorza polarna – zjawisko świetlne zachodzące w górnych warstwach atmosfery. Możemy je obserwować głównie w okresie zimowym.

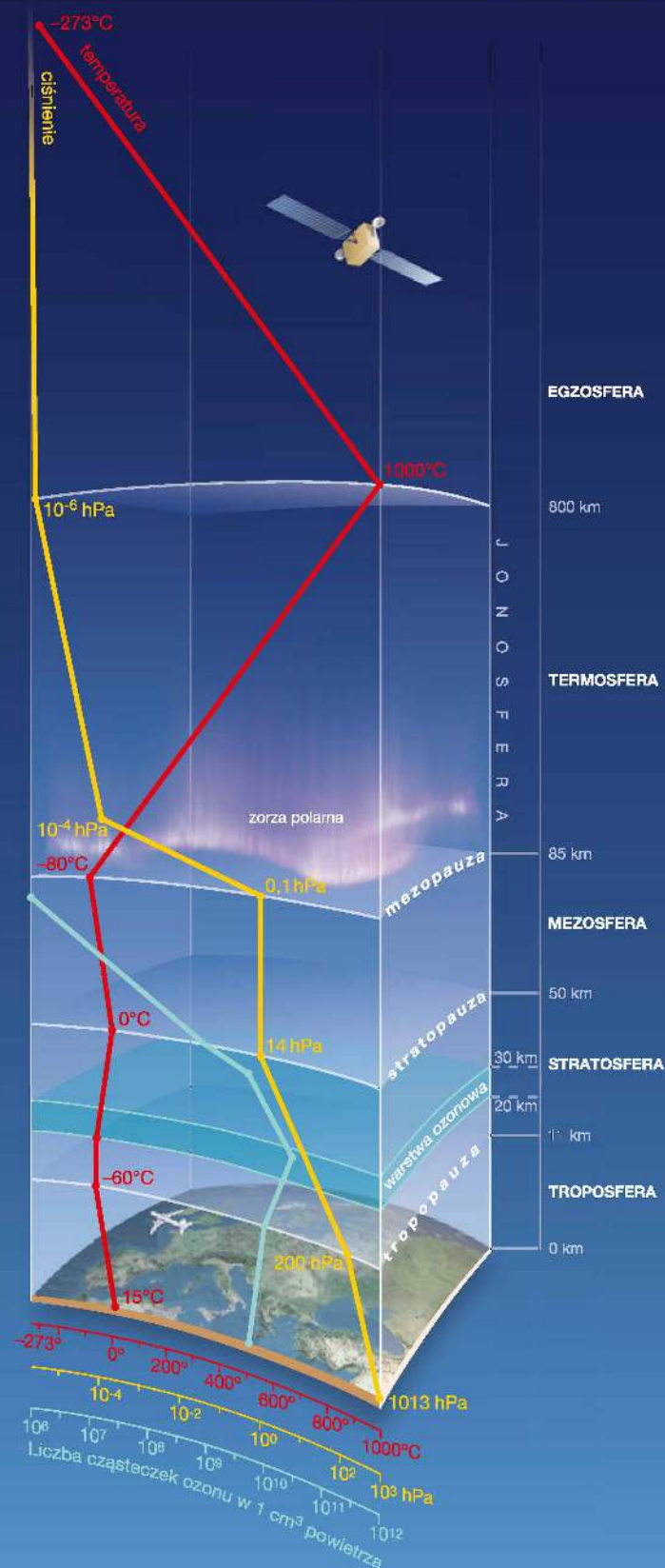


Zorza polarna ma postać zmieniających kształt łuków, pasm lub zasłon świetlnych o barwie zielonej, białej i czerwonawej.

? Sprawdź w dostępnych źródłach, z których obszarów na Ziemi można obserwować zjawisko zorzy polarnej.

Budowa atmosfery

Wyróżnia się pięć głównych warstw atmosfery: troposferę, stratosferę, mezosferę, termosferę oraz egzosferę. Są one oddzielone od siebie cienkimi warstwami przejściowymi: tropopauzą, stratopauzą, mezopauzą i termopauzą.



Troposfera

- Otacza bezpośrednio powierzchnię Ziemi i podlega silnemu oddziaływaniu jej podłoża.
- Sięga do wysokości 6–8 km na obszarach okołobiegunowych i do ok. 18 km w strefie międzyzwrotnikowej. Ta różnica jest spowodowana między innymi silniejszym nagrzewaniem się powierzchni na obszarach międzyzwrotnikowych, wskutek czego ciepłe powietrze unosi się wysoko.
- Skupia ok. 80% masy atmosfery oraz prawie całą zawartą w niej parę wodną.
- Zachodzą w niej wszystkie podstawowe procesy kształtujące pogodę i klimat: powstają chmury, tworzą się opady atmosferyczne, odbywa się krążenie wody.
- Charakteryzuje się spadkiem temperatury powietrza (ok. 0,6°C na 100 m) i ciśnienia atmosferycznego (ok. 11,5 hPa na 100 m) wraz ze wzrostem wysokości.
- Przy górnej granicy troposfery temperatura nad równikiem wynosi ok. -70°C przez cały rok, a nad biegunami waha się od ok. -45°C latem do ok. -70°C zimą.

Tropopauza

- Leży ponad górną granicą troposfery. Jej miąższość to 1–2 km.
- Jest izotermiczna w całej miąższości, co oznacza, że charakteryzuje się stałą temperaturą (średnio ok. -60°C).

Stratosfera

- Sięga do wysokości ok. 50–55 km.
- Na wysokości 15–50 km rozciąga się ozonosfera (warstwa ozonowa), która pochłania docierające ze Słońca szkodliwe dla organizmów promieniowanie ultrafioletowe. W reakcjach powstawania ozonu wyzwala się ciepło, co powoduje wzrost temperatury w górnej warstwie stratosfery do ok. 0°C. Największe stężenie ozonu występuje na wysokości 20–30 km.

- W jej dolnej części występują bardzo silne poziome ruchy powietrza (prądy strumieniowe), osiągające prędkość nawet 370 km/h.
- Skupia ok. 20% masy atmosfery oraz niewielką ilość wody.

Stratopauza

- Stanowi warstwę przejściową między stratosferą a mezosferą.
- Charakteryzuje się stałą temperaturą w całej warstwie (ok. 0°C).

Mezosfera

- Sięga do wysokości ok. 85 km nad powierzchnią Ziemi.
- Charakteryzuje się spadkiem temperatury wraz z wysokością, co sprzyja intensywnemu mieszaniu się powietrza.
- Przy górnej granicy mezosfery temperatura obniża się nawet do ok. -80°C.

Mezopauza

- Cienka izotermiczna warstwa atmosfery ziemskiej, która znajduje się między mezosferą a termosferą.
- Temperatura wynosi w niej ok. -80°C, a ciśnienie – ok. 0,1 hPa.

Termosfera

- Sięga do wysokości ok. 800 km.
- Charakteryzuje ją stały wzrost temperatury powietrza, nawet do 1000–1500°C przy górnej granicy.
- W termosferze wyróżnia się jonosferę, w której występują zorze polarne.
- Krąży w niej większość kosmicznych stacji naukowych i sztucznych satelitów.

Egzosfera

- Najwyżej położona warstwa atmosfery ziemskiej – przechodzi w przestrzeń kosmiczną na wysokości ok. 2000 km (meteorologiczna granica atmosfery).
- Charakteryzuje się znacznie rozrzedzonym powietrzem.
- Temperatura powietrza obniża się w niej do ok. -273°C.

Znaczenie atmosfery

Atmosfera jest najważniejszą powłoką ochronną Ziemi. **Zabezpiecza ją przed szkodliwym promieniowaniem kosmicznym**, czyli strumieniem protonów, elektronów i cięższych jąder atomowych, którego źródłem są między innymi wybuchy na Słońcu oraz eksplozje innych gwiazd. Atmosfera **chroni naszą planetę także przed meteoroidami** (większość z nich spala się w górnych warstwach atmosfery) oraz przed **nadmiernym wypromieniowaniem ciepła** w przestrzeń kosmiczną (naturalny efekt cieplarniany). Bez atmosfery – zwłaszcza bez występującego w niej tlenu, zdolności zatrzymywania ciepła oraz znacznego udziału w obiegu wody – życie na naszej planecie nie byłoby możliwe.

Czy wiesz, że...

Atmosfera Wenus, drugiej planety od Słońca, składa się głównie z dwutlenku węgla i azotu. Występują tam również grube chmury dwutlenku siarki. Taki skład chemiczny wywołuje najsilniejszy efekt cieplarniany na planetach Układu Słonecznego. Temperatura na powierzchni Wenus osiąga 500°C.

Atmosfera ziemska wywiera również silny wpływ na krajobraz. Niektóre spośród obecnych w niej gazów, np. dwutlenek węgla, decydują o intensywności procesów krasowych. Inne, takie jak tlenki azotu i siarki, powstające głównie w wyniku działalności człowieka, mają duże znaczenie dla przebiegu wietrzenia oraz procesów glebotwórczych.

Zadania

1. Przedstaw skład powietrza atmosferycznego.
2. Wyjaśnij, czym jest magnetosfera, i podaj nazwy warstw atmosfery, w których ona występuje.
3. Omów zmiany temperatury powietrza w kolejnych warstwach atmosfery.
- *4. Odszukaj w dostępnych źródłach przykłady oddziaływania promieniowania kosmicznego na środowisko geograficzne Ziemi.
- *5. Na podstawie dostępnych źródeł ustal, czym jest jonosfera. Podaj wysokość, na której się ona znajduje.

2

Temperatura powietrza

Na tej lekcji dowiesz się: dlaczego na Ziemi mogło się rozwinąć życie ■ jakie rodzaje promieniowania słonecznego docierają do powierzchni Ziemi ■ jakie czynniki wpływają na temperaturę powietrza ■ czym jest amplituda temperatury powietrza.

Głównym źródłem energii cieplnej na Ziemi jest promieniowanie słoneczne. Tylko nieznaczna ilość ciepła pochodzi z wnętrza naszej planety. To powoduje, że niemal wszystkie istoty żyjące na Ziemi są uzależnione od Słońca. Zbyt niska temperatura powietrza oraz niewystarczająca ilość światła uniemożliwiają rozwój roślin i zwierząt. Mogą także wywoływać ciężkie choroby, takie jak depresja.

■ Promieniowanie słoneczne

Kiedy niebo jest bezchmurne, do powierzchni kuli ziemskiej dociera energia słoneczna przede wszystkim w postaci **promieniowania bezpośredniego**. Ponieważ jednak cząstki atmosfery rozpraszają promienie słoneczne, do Ziemi dociera także niewielka ilość **promieniowania rozproszonego**. Z kolei gdy tarcza słoneczna znajduje się za chmurami, do powierzchni Ziemi dociera jedynie promieniowanie rozproszone – wtedy głównym czynnikiem rozpraszającym promieniowanie są chmury. Aby określić wpływ promieniowania bezpośredniego



Cząsteczki atmosfery najsilniej rozpraszają światło w kolorze niebieskim. Właśnie dlatego niebo w słoneczny dzień ma błękitną barwę.

i promieniowania rozproszonego na temperaturę, nie trzeba korzystać ze specjalistycznych urządzeń pomiarowych. Wystarczy w gorący letni dzień znaleźć się na odkrytym terenie, np. na plaży czy na łące, w momencie, w którym tarcza słoneczna jest na chwilę przesłonięta przez chmurę. Odczuwa się wówczas wyraźną zmianę temperatury.

■ Temperatura powietrza

Temperatura powietrza to jeden z najważniejszych elementów pogody. Określa ona stopień nagrzania atmosfery. Najczęściej wyróżnia się:

- ▶ **temperaturę aktualną** – wartość temperatury powietrza zmierzoną w danym momencie,
- ▶ **średnią dobową temperaturę powietrza** – średnią arytmetyczną wyliczaną z maksymalnej i minimalnej wartości temperatury w ciągu doby oraz wartości z godzin 7.00 i 19.00 (lub 8.00 i 20.00 czasu letniego),
- ▶ **średnią miesięczną temperaturę powietrza** – wartość obliczaną na podstawie średniej arytmetycznej dobowej temperatury powietrza wszystkich dni w miesiącu,
- ▶ **średnią roczną temperaturę powietrza** – średnią arytmetyczną obliczaną na podstawie średnich miesięcznych wartości temperatury we wszystkich miesiącach w roku.

Średnia roczna temperatura powietrza na naszej planecie wynosi ok. 14,5°C. Najniższą średnią roczną temperaturę powietrza (poniżej -10°C) obserwuje się na obszarach okołobiegunowych. W miarę oddalania się od biegunów temperatura powietrza wzrasta. W strefie międzyzwrotnikowej przekracza 20°C, a najwyższą wartość osiąga w pobliżu zwrotników (nawet powyżej 30°C).

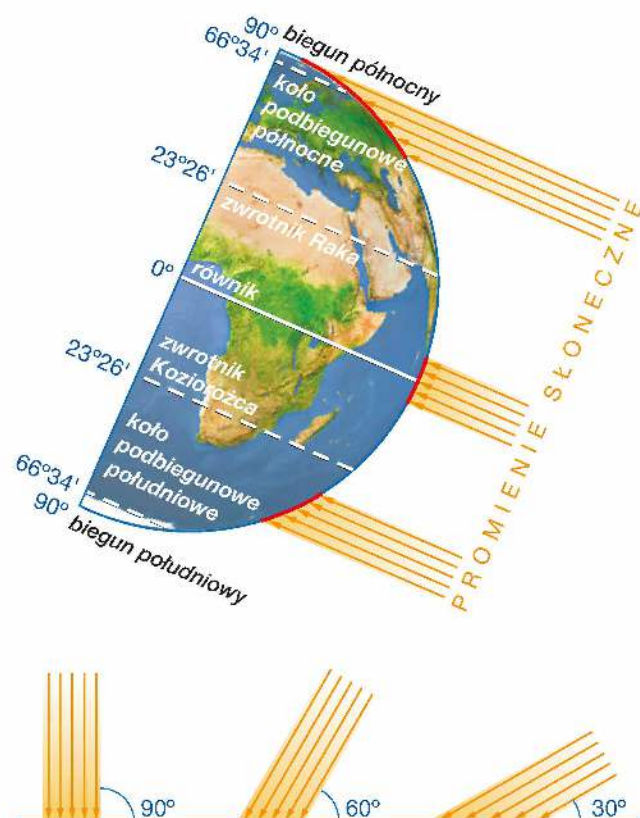
■ Czynniki wpływające na rozkład temperatury powietrza

Na rozkład temperatury powietrza na Ziemi wpływa wiele czynników. Najważniejsze z nich to:

- ▶ szerokość geograficzna,
- ▶ wysokość nad poziomem morza,
- ▶ rzeźba terenu,
- ▶ odległość od mórz i oceanów,
- ▶ prądy morskie,
- ▶ charakter podłoża,
- ▶ cyrkulacja atmosferyczna.

Ogólne prawidłowości w rozkładzie temperatury powietrza na Ziemi wyznacza **szerokość geograficzna**. Ze względu na kulisty kształt Ziemi oraz wykonywane przez nią ruchy (obiegowy i obrotowy) do poszczególnych miejsc na jej powierzchni dociera odmienna ilość promieniowania słonecznego. Jego natężenie zależy od wysokości Słońca nad horyzontem, zatem zmienia się zależnie od szerokości geograficznej.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na wartość temperatury powietrza jest **wysokość nad poziomem morza**. Wraz ze wzrostem wysokości następuje spadek temperatury. Jest to gradient termiczny, czyli wielkość określająca zmianę temperatury powietrza w atmosferze przypadającą na jednostkę wysokości. Zwykle powietrze ochładza się średnio o $0,6^{\circ}\text{C}$ na każde 100 m – **gradient wilgotno-adiabatyczny**. Jednak gdy jest ono bardzo suche, obserwuje się większy spadek temperatury (średnio o 1°C) – **gradient sucho-adiabatyczny**. Czasami w wyższych warstwach troposfery panuje wyższa temperatura niż w warstwach położonych niżej. Taki stan określa się mianem **inwersji** (odwrócenia). Inwersję najczęściej można zaobserwować w okresie jesienno-zimowym. Występuje ona na przykład na obszarach górskich, gdy nad zalegające w dolinach chłodne powietrze napływa ciepłe powietrze. Wpływ wysokości nad poziomem morza na zróżnicowanie temperatury na Ziemi jest trudny do porównania i przedstawienia. Dlatego na mapach przedstawia się rozkład temperatury powietrza na poziomie morza. Przykłady takich map znajdują się na następnej stronie.



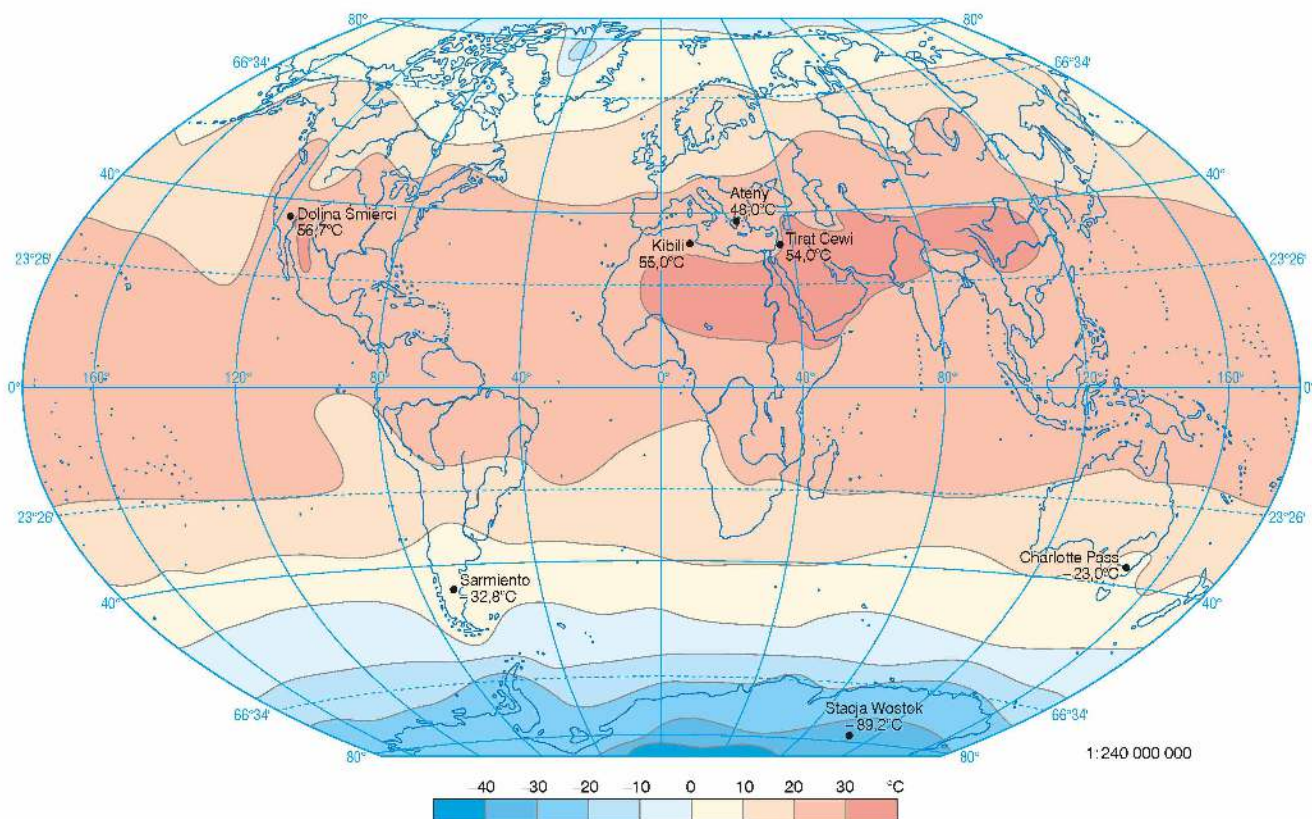
Podczas górowania Słońca w zenicie powierzchnia ogrzewana przez promienie słoneczne jest niemal dwukrotnie mniejsza niż wtedy, gdy góruje ono na wysokości 30° . Ta sama ilość energii musi więc ogrzać znacznie większą powierzchnię. W efekcie ilość ciepła docierająca do różnych szerokości geograficznych jest różna.

Duży wpływ na temperaturę powietrza wywiera **rzeźba terenu**. Na półkuli północnej stoki o ekspozycji północnej są chłodniejsze od stoków o ekspozycji południowej, które są dłużej wystawione na działanie promieni słonecznych. Na półkuli południowej występuje odwrotna sytuacja.

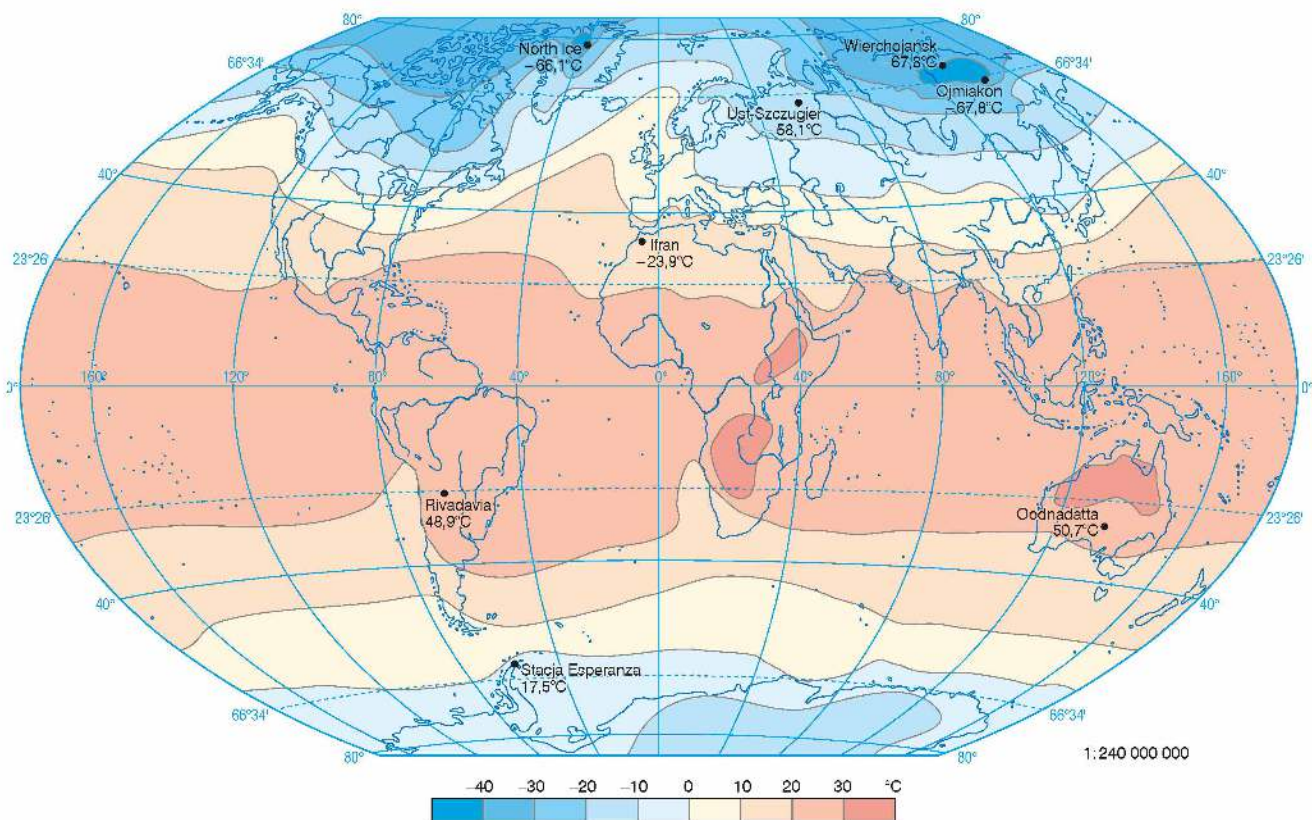


Dzięki pokrywie śnieżnej na wulkanie Licancabur (granica Chile i Boliwii) można zaobserwować, od której wysokości temperatura wynosi mniej niż 0°C .

Temperatura powietrza w lipcu



Temperatura powietrza w styczniu



? Wskaż najcieplejsze obszary na Ziemi w styczniu. Wyjaśnij, dlaczego w tym czasie występuje na nich najwyższa temperatura powietrza.



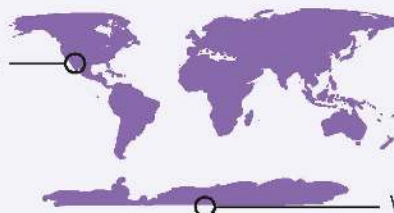
Spojrzenie z bliska

Termiczne ekstrema

Minimum

Najniższą temperaturę powietrza na Ziemi ($-89,2^{\circ}\text{C}$) zanotowano 21 lipca 1983 r. na Antarktydzie, w należącej wówczas do ZSRR stacji naukowo-badawczej Wostok. Ta stacja, położona na wysokości 3488 m n.p.m., to najzimniejsze miejsce na Ziemi. Zimą temperatura spada tam zazwyczaj do około -65°C . 21 lipca 1983 r. powietrze było bardzo suche. Ponadto odznaczało się dużą przejrzystością oraz niską zawartością tlenu i dwutlenku węgla. Dodatkowo wiał porywisty wiatr o prędkości przekraczającej 20 m/s. Takie warunki sprzyjały bardzo szybkiemu wypromieniowywaniu ciepła. Co ważne, trwała wtedy noc polarna, podczas której Słońce przez całą dobę nie pojawia się nad horyzontem.

Furnace
Creek Ranch



Wostok

Maksimum

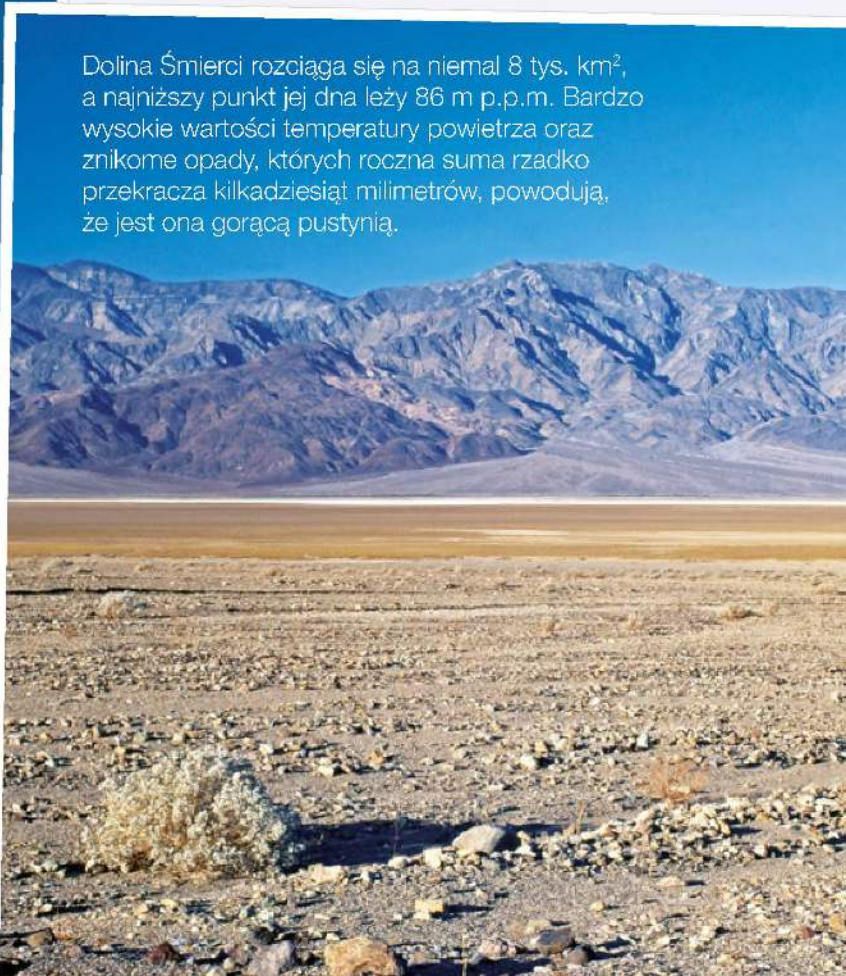
Przez wiele lat uważano, że najwyższą temperaturę powietrza odnotowano w 1922 r. w libijskiej miejscowości Al-Azizija ($57,8^{\circ}\text{C}$). W 2012 r. Międzynarodowa Organizacja Meteorologiczna uznała jednak, że dokonany wówczas pomiar był błędny, a prawdziwy rekord ciepła padł 10 lipca 1913 r. w Dolinie Śmierci (w miejscu noszącym nazwę Furnace Creek Ranch) w Stanach Zjednoczonych. Temperatura wyniosła tam $56,7^{\circ}\text{C}$.

Dolina Śmierci to nie tylko najcieplejsze miejsce na Ziemi, lecz także najsuchszy rejon Ameryki Północnej. Jest to spowodowane przede wszystkim położeniem w strefie klimatu zwrotnikowego kontynentalnego wybitnie suchego oraz oddzieleniem od Oceanu Spokojnego masywem górskim Sierra Nevada, wznoszącym się na wysokość ponad 4000 m n.p.m.

Krajobraz lodowej pustyni, np. w okolicach stacji polarnych Wostok czy Siple, powstał pod wpływem bardzo surowych czynników klimatotwórczych.



Dolina Śmierci rozciąga się na niemal 8 tys. km², a najniższy punkt jej dna leży 86 m p.p.m. Bardzo wysokie wartości temperatury powietrza oraz znikome opady, których roczna suma rzadko przekracza kilkadziesiąt milimetrów, powodują, że jest ona gorącą pustynią.



Kolejnym czynnikiem wpływającym na wartość temperatury powietrza jest **odległość od mórz i oceanów**. Na obszarach sąsiadujących z wielkimi zbiornikami wodnymi obserwuje się mniejsze wahania temperatury powietrza niż w głębi lądu. W chłodnej porze roku nagrzana w lecie woda ochładza się wolniej od lądu, przez co wpływa na wzrost temperatury powietrza obszarów nadmorskich. Z kolei w ciepłej porze roku woda nagrzewa się wolniej niż ląd, więc chłodniejszy od otoczenia zbiornik wodny powoduje obniżenie temperatury powietrza na obszarach, które z nim sąsiadują.

Prądy morskie wpływają na wzrost temperatury powietrza (prądy ciepłe) lub jej obniżenie (prądy zimne) na obszarach, które opływają. Na przykład ciepły Prąd Norweski decyduje o tym, że na wybrzeżach Norwegii zimą jest znacznie cieplej niż na innych obszarach leżących na tych samych szerokościach geograficznych półkuli północnej.

Kolejnym czynnikiem kształtującym temperaturę powietrza jest **charakter podłoża**. Na obszarach zwartych kompleksów leśnych notuje się niższe, a na obszarach zurbanizowanych – wyższe dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza. Z kolei barwa podłoża

wpływa na ilość pochłanianego przez nie promieniowania. Najwięcej promieniowania pochłaniają ciemne powierzchnie, dlatego nagrzewają się najsilniej i oddają najwięcej ciepła atmosferze. **Albedo** tych powierzchni, czyli stosunek ilości promieniowania odbitego do promieniowania padającego, jest niskie. Natomiast jasne powierzchnie pochłaniają bardzo mało promieniowania i nagrzewają się znacznie słabiej. Z tego powodu oddają one do atmosfery mniej ciepła. Ich albedo jest wysokie. Albedo wybranych powierzchni zestawiono w tabeli znajdującej się na stronie 322.

Istotny wpływ na temperaturę powietrza ma **cyrkulacja atmosferyczna**. W jej wyniku nad dany obszar w bardzo krótkim czasie, np. w ciągu paru godzin, może trafić masa powietrza, której temperatura będzie się różnić od obecnej nawet o kilkanaście stopni Celsjusza.

■ Amplituda temperatury powietrza

Temperatura powietrza podlega zmianom w cyklu dobowym oraz rocznym. Zwykle w ciągu dnia stopniowo wzrasta, osiąga maksimum ok. 1–2 godzin od momentu górowania Słońca, a potem powoli spada – minimalną wartość przyjmuje tuż przed wschodem Słońca.

Jak obliczyć temperaturę powietrza na podstawie gradientu?

Krok po kroku

Oblicz temperaturę powietrza na szczycie Kasprowego Wierchu (1985 m n.p.m.), gdy w Zakopanem (835 m n.p.m.) wynosi ona 20°C.

- 1 Oblicz różnicę wysokości między Kasprowym Wierchem a Zakopanem.

$$1985 \text{ m n.p.m.} - 835 \text{ m n.p.m.} = 1150 \text{ m}$$

- 2 Oblicz, o ile stopni Celsjusza temperatura powietrza na Kasprowym Wierchu różni się od temperatury w Zakopanem. Do obliczeń przyjmij gradient wilgotnoadiabatyyczny, w którym temperatura powietrza obniża się o 0,6°C/100 m. Ułóż proporcję:

$$\begin{aligned} 100 \text{ m} &- 0,6^\circ\text{C} \\ 1150 \text{ m} &- x \\ x &= 6,9^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- 3 Oblicz temperaturę powietrza na szczycie Kasprowego Wierchu. Ponieważ wraz ze wzrostem wysokości następuje spadek temperatury powietrza, odejmij obliczoną wartość od temperatury w Zakopanem.

$$20^\circ\text{C} - 6,9^\circ\text{C} = 13,1^\circ\text{C}$$

Odpowiedź

Temperatura powietrza na Kasprowym Wierchu wynosi 13,1°C.

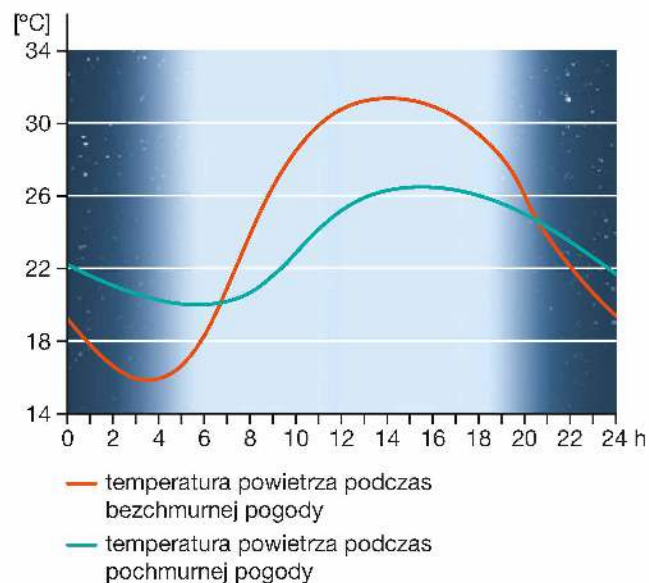
Zadanie

Oblicz temperaturę powietrza na szczycie Rysów (2499 m n.p.m.), gdy nad Morskim Okiem (1395 m n.p.m.) wynosi ona 12°C.

Różnicę między maksymalną a minimalną wartością temperatury powietrza w ciągu doby określa się mianem **dobowej amplitudy temperatury powietrza**.

Najwyższe dobowe amplitudy temperatury powietrza na Ziemi występują na obszarach pustynnych w strefie zwrotnikowej. Ponieważ dociera tam bardzo duża ilość energii słonecznej, w ciągu dnia podłoże nagrzewa się nawet do 70–80°C. To z kolei powoduje, że temperatura powietrza przekracza 50°C. Po zachodzie Słońca powierzchnia nie jest ogrzewana i – z powodu braku zachmurzenia – szybko oddaje ciepło. W rezultacie następuje silne wychłodzenie podłoża, a temperatura powietrza bardzo się obniża (może nawet osiągać ujemne wartości).

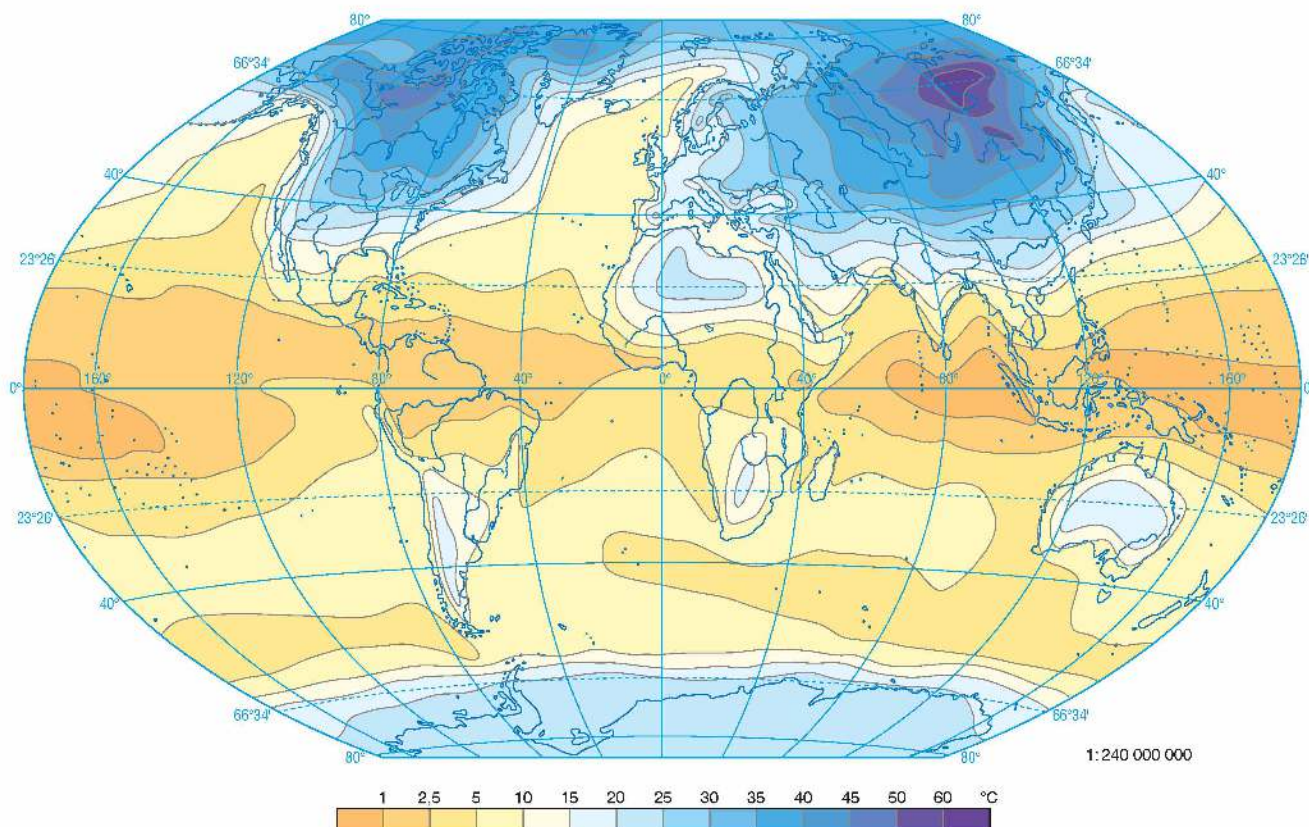
Różnica między średnią temperaturą powietrza najcieplejszego i najchłodniejszego miesiąca w roku jest nazywana **średnią roczną amplitudą temperatury powietrza**. Najniższą wartość ma ona w strefie równikowej, co wynika z niewielkich różnic w dopływie promieniowania



Dobowy przebieg temperatury powietrza.

słonecznego w ciągu roku. Z kolei najwyższe wartości średniej rocznej amplitudy temperatury powietrza występują w północno-wschodniej Azji. Wiąże się to z bardzo niskimi wartościami temperatury powietrza zimą.

Roczna amplituda temperatury powietrza



? Wyjaśnij, dlaczego amplituda temperatury powietrza nad północnym Atlantykiem jest niższa niż na innych obszarach na tej samej szerokości geograficznej.



Jak opisać przebieg temperatury powietrza w Twoim regionie w ciągu roku?

Większość z nas sprawdza wartość temperatury powietrza każdego dnia. Jednak tylko nieliczni robią to kilkakrotnie w ciągu doby. Należą do nich obserwatorzy w stacjach meteorologicznych. Jak zatem opisać przebieg temperatury powietrza w swoim regionie w ciągu roku bez prowadzenia systematycznych pomiarów?

1 Odszukaj stację meteorologiczną położoną najbliżej miejsca, w którym mieszkasz.

Skorzystaj z mapy znajdującej się na stronie <http://monitor.pogodynka.pl>. Wybierz tę stację leżącą najbliżej Twojego miejsca zamieszkania, w której warunki wykonywania pomiarów są najbardziej zbliżone do występujących w Twojej miejscowości. Przede wszystkim zwróć uwagę na:

- wysokość nad poziomem morza,
- odległość od dużych zbiorników wodnych (np. morza, jezior),
- zagospodarowanie terenu (obszar wiejski lub miejski).

2 Odszukaj dane meteorologiczne pochodzące z tej stacji.

Możesz je odnaleźć na stronach internetowych instytucji zajmujących się gromadzeniem, porównywaniem i analizowaniem danych klimatycznych, takich jak:

- <http://www.worldclimate.com>
- <https://en.climate-data.org/country/182/>
- http://www.klimadiagramme.de/pics/st_pol.html
- <https://dane.imgw.pl/>
- <http://www.pogodynka.pl/polska/daneklimatyczne/>

3 Opracuj dane meteorologiczne.

Analizowanie danych dotyczących przebiegu temperatury powietrza w ciągu roku będzie łatwiejsze, jeśli przedstawiś je w formie graficznej, np. na wykresie.

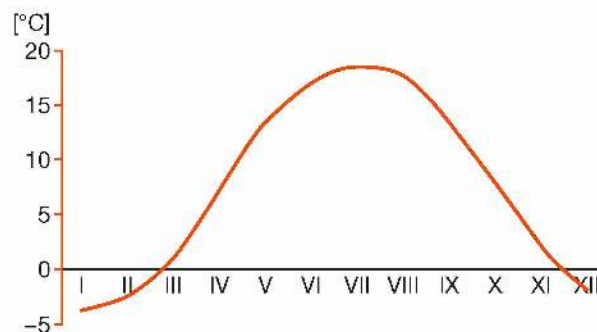
4 Opisz przebieg temperatury powietrza w Twoim regionie w ciągu roku.

Przeanalizuj przebieg temperatury powietrza. Zapisz odpowiedzi na następujące pytania:

- W których miesiącach średnia miesięczna temperatura jest dodatnia, a w których – ujemna?
- W których miesiącach temperatura powietrza jest najwyższa, a w których – najniższa?
- Jakie są wartości średniej rocznej temperatury powietrza i średniej rocznej amplitudy temperatury powietrza?

Przykład

Opisz przebieg temperatury powietrza w swoim regionie w ciągu roku na przykładzie opisu przebiegu temperatury w stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie.



Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza od marca do listopada są dodatnie. Najwyższe wartości (18,5°C) występują w lipcu, a najniższe (-3,8°C) – w styczniu. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi ok. 7°C, z kolei średnia roczna amplituda temperatury powietrza to 22°C.

Zadania

1. Scharakteryzuj dwa czynniki wpływające na rozkład temperatury powietrza na kuli ziemskiej.
2. Na podstawie dostępnych źródeł wyjaśnij, dlaczego najwyższa temperatura powietrza w ciągu doby występuje zazwyczaj 1–2 godziny po momencie górowania Słońca.
- *3. Odszukaj w dostępnych źródłach wartości rekordów termicznych w Polsce. Zapisz je w zeszycie.

3

Ciśnienie atmosferyczne. Cyrkulacja atmosferyczna

Na tej lekcji dowiesz się: co to jest ciśnienie atmosferyczne ■ jak ciśnienie wpływa na ruch powietrza ■ czym jest cyrkulacja atmosferyczna ■ jakie są najważniejsze wiatry lokalne.

Mimo że ruch powietrza atmosferycznego odbywa się nieustannie, jesteśmy w stanie dostrzec tylko silniejsze jego przejawy, np. porywy wiatru. Co wywołuje ruch powietrza i w jaki sposób się on odbywa? Czym jest ciśnienie atmosferyczne oraz jaką odgrywa rolę w kształtowaniu pogody? Odpowiedzi na te oraz inne pytania znajdują się w tej lekcji.

■ Ciśnienie atmosferyczne

Ciśnienie atmosferyczne (baryczne) to siła, z jaką słup powietrza naciska na określoną powierzchnię na Ziemi. Wartość ciśnienia mierzy się w hektopaskalach (hPa), przy czym 1 hPa jest równy naciskowi 100 N na 1 m² powierzchni. Za normalną wartość ciśnienia atmosferycznego przyjmuje się **1013,25 hPa** (przy temperaturze powietrza 0°C, na szerokości geograficznej 45°, na poziomie morza).

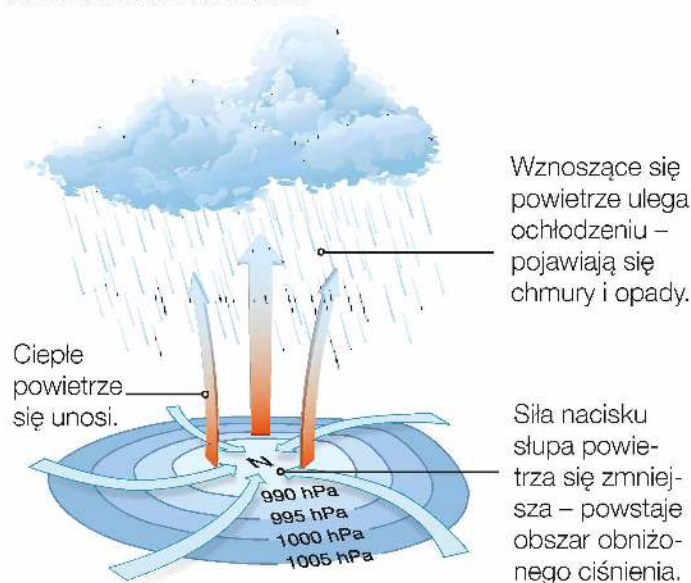
Im wyższy słup powietrza, tym większy nacisk na powierzchnię ziemi. Dlatego ciśnienie atmosferyczne w wysokich górach jest znacznie niższe niż na nizinach.

Wartość ciśnienia atmosferycznego maleje wraz ze wzrostem wysokości. Na wysokości 4800 m n.p.m. wynosi ono około 500 hPa, z kolei na wierzchołku Mount Everestu – już tylko 300 hPa.

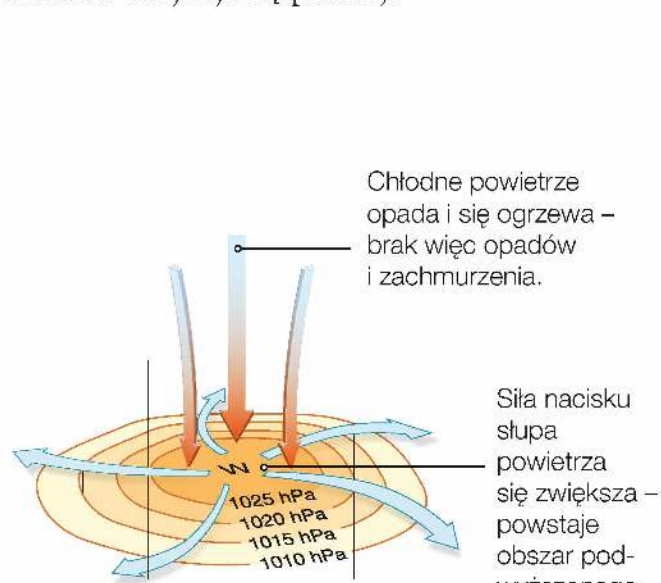
Na mapach ciśnienie atmosferyczne przedstawia się za pomocą **izobar**, czyli linii łączących punkty o jednakowych wartościach ciśnienia atmosferycznego. Dzięki izobarom można dostrzec zarówno układy o ciśnieniu wyższym, jak i układy o ciśnieniu niższym od ciśnienia otoczenia. Wyróżnia się dwa podstawowe układy baryczne:

- ▶ **niż baryczny** (cyklon) – układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie atmosferyczne maleje w kierunku środka układu (w centrum układu wartość ciśnienia jest najniższa);
- ▶ **wyż baryczny** (antycyklon) – układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie atmosferyczne wzrasta w kierunku środka układu (najwyższą wartość osiąga w centrum układu).

Schemat przedstawiający powstawanie tych układów znajduje się poniżej.



Niż baryczny.



Wyż baryczny.

Chociaż rozkład ciśnienia atmosferycznego na kuli ziemskiej jest zróżnicowany, to wykazuje pewne prawidłowości. Najwyższe ciśnienie atmosferyczne występuje w strefie zwrotnikowej. W strefie równikowej oraz w umiarkowanych szerokościach geograficznych jest już ono niższe. W okolicach równika obniżone ciśnienie utrzymuje się przez cały rok. Istnieje też inna prawidłowość dotycząca układów ciśnienia atmosferycznego. Otóż ośrodki ciśnienia nad morzami są trwałe (całoroczne), a nad lądami ulegają sezonowym zmianom – latem tworzą się nad nimi niż, z kolei zimą – wyż.

■ Jak porusza się powietrze?

Ruch powietrza jest spowodowany zróżnicowaniem ciśnienia atmosferycznego. Powietrze przemieszcza się w różnych kierunkach:

- ▶ poziomo (jako wiatr),
- ▶ pionowo (konwekcja),
- ▶ nieregularnie (turbulencja).

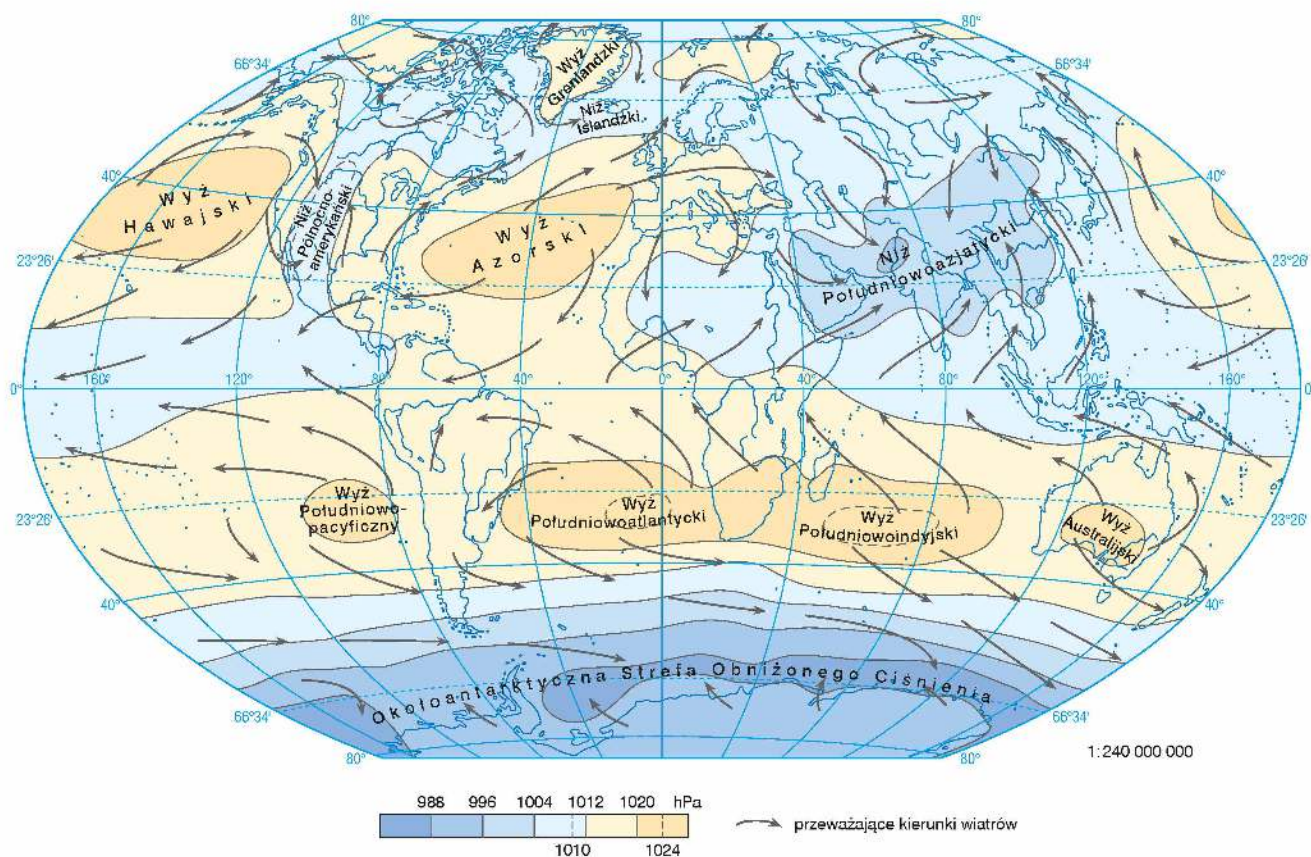
Wiatr to ruch powietrza w dolnej warstwie troposfery, przeważnie poziomy, wywołany różnicą ciśnienia atmosferycznego wynikającą z nierównomiernego nagrzewania się powierzchni ziemi. Wiatr wieje zawsze od obszarów o wyższym ciśnieniu atmosferycznym do obszarów o niższym ciśnieniu. Jego prędkość, wyrażana zazwyczaj w km/h lub m/s, zależy od różnicy ciśnienia atmosferycznego – im jest ona wyższa, tym większa jest prędkość wiatru.

Czy wiesz, że...

Największą prędkość wiatru (408 km/h) zarejestrowano 10 kwietnia 1996 r. na australijskiej Wyspie Barrowa podczas przejścia cyklonu Olivia.

O kierunku wiatru decyduje wzajemne położenie układów wysokiego i niskiego ciśnienia, a także oddziaływanie siły Coriolisa. Powoduje

Rozkład ciśnienia barycznego w lipcu wraz z przeważającymi wiatrami



? Wskaż, które z układów barycznych zajmują podobny obszar niezależnie od pory roku.

ona odchyłanie kierunku wiatru na półkuli północnej w prawo, a na półkuli południowej – w lewo. Zmianę kierunku wiatru oraz zmniejszenie jego prędkości wywołuje też siła tarcia powietrza o podłoże. Nazwa wiatru zawsze pochodzi od kierunku, z którego on wieje. Dlatego na przykład wiatr wiejący z kierunku północnego będzie się nazywał wiatrem północnym.

Konwekcja to pionowy ruch powietrza atmosferycznego. Jest powodowany różnicą gęstości powietrza wynikającą z jego nagrzewania się. Wyróżnia się prądy konwekcyjne wstępujące oraz zstępujące. **Prądy wstępujące** powstają nad silnie nagrzanymi obszarami, gdzie powietrze przy powierzchni się rozpręża (jego gęstość maleje, a objętość wzrasta). Wskutek tego powietrze się unosi, a nad obszarem powstaje ośrodek niskiego ciśnienia. Natomiast **prądy zstępujące** tworzą się nad obszarami o niskich wartościach temperatury. Nacisk na podłoże, wywoływany przez opadające zimne

i gęste powietrze, powoduje tam wzrost ciśnienia atmosferycznego i powstanie wyżu.

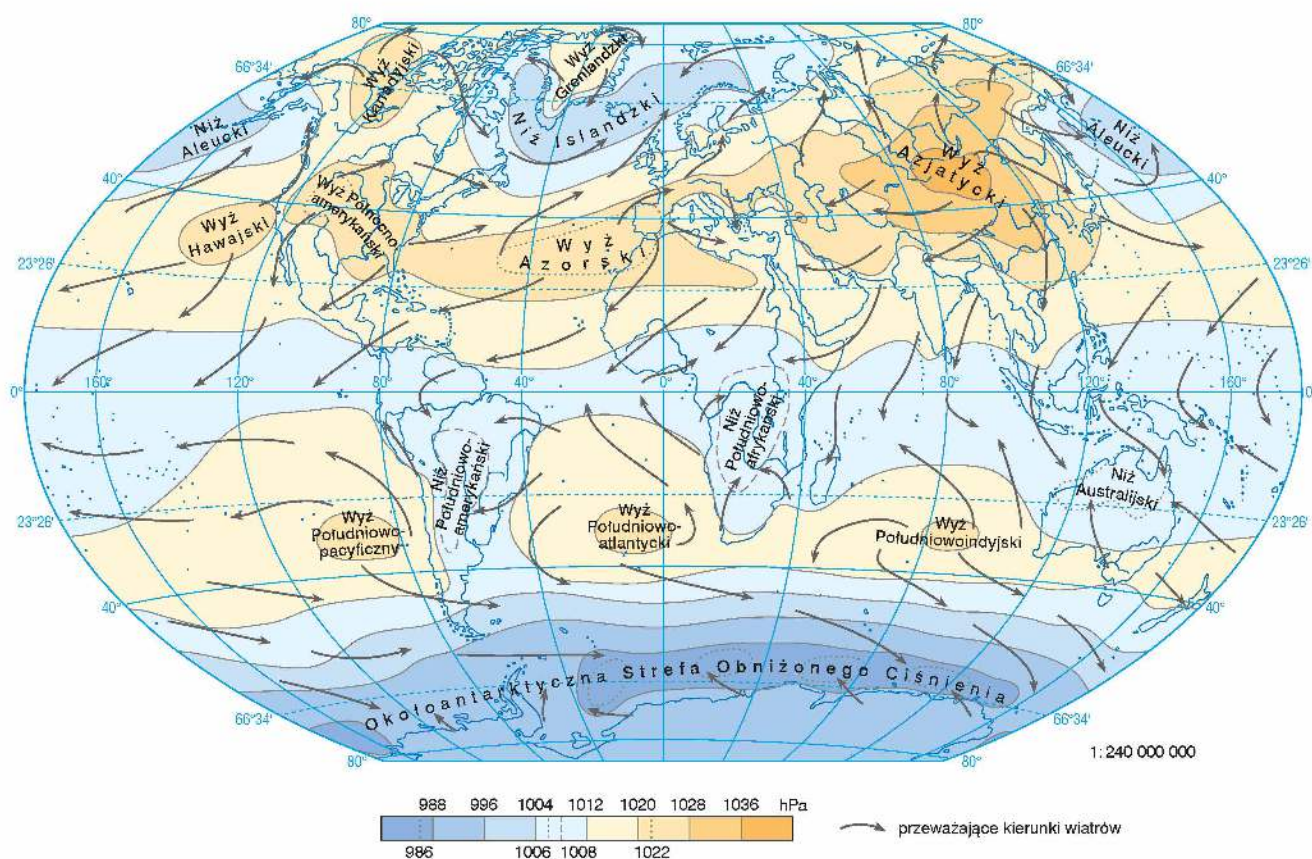
Turbulencja to chaotyczny ruch powietrza na niewielkim obszarze. Powstaje zazwyczaj wtedy, gdy przemieszczające się powietrze napotka na swojej drodze niewielkie wzniesienia lub inną barierę. Turbulencje wynikają również z lokalnych różnic w stopniu nagrzania terenu.

Czy wiesz, że...

Szczególnie niebezpieczne dla transportu lotniczego są turbulencje powstające jako uskoki wiatru, czyli granice między dwoma prądami powietrza różniącymi się znacznie prędkością. Wpadający w taki obszar samolot może spaść bezwładnie nawet kilkadziesiąt metrów w dół.

Wszystkie ruchy powietrza w atmosferze tworzą jeden wielki układ nazywany **globalną cyrkulacją atmosfery**.

Rozkład ciśnienia barycznego w styczniu wraz z przeważającymi wiatrami



? Podaj nazwę ośrodka barycznego, pod którego wpływem najczęściej znajduje się obszar Polski.

Globalna cyrkulacja atmosfery

Globalna cyrkulacja atmosfery to krążenie powietrza wokół Ziemi wywołane różnicami w dopływie energii słonecznej oraz ruchem obrotowym naszej planety. Na obu półkulach: północnej i południowej wyróżniamy po trzy komórki cyrkulacyjne, w których obrębie odbywa się ruch mas powietrza.

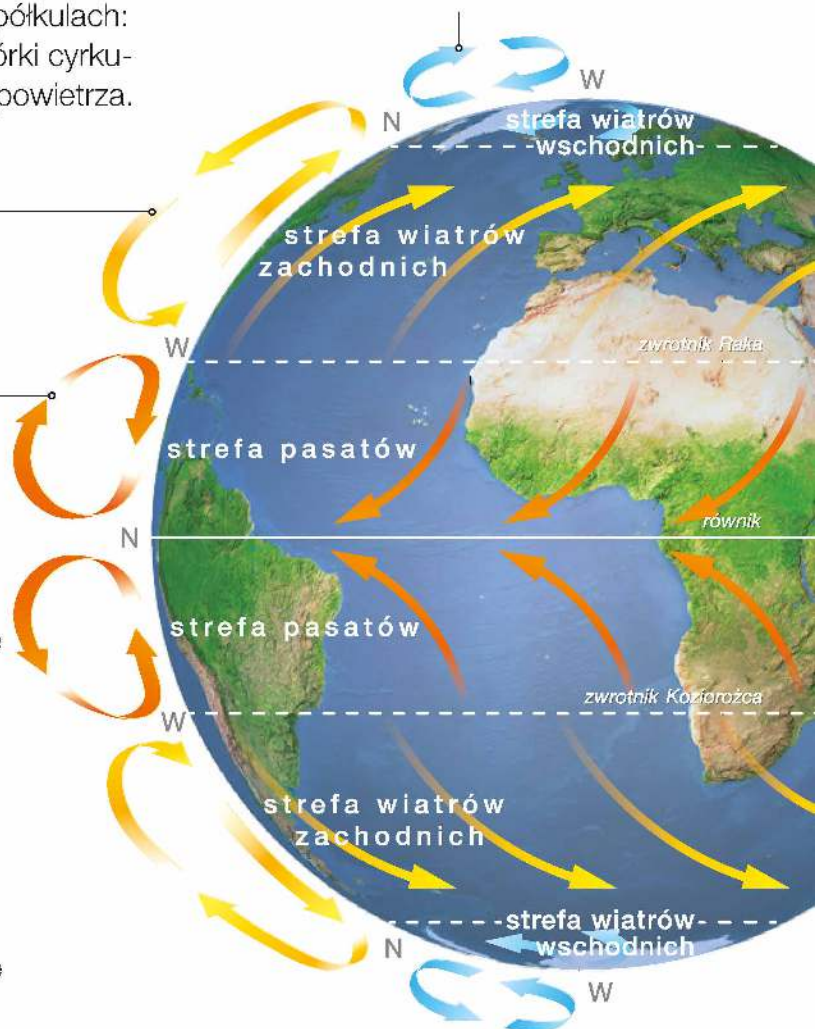
Komórka cyrkulacyjna Ferrela
tworzy się między ok. 30° a 60° szerokości geograficznej północnej i południowej.

Komórka cyrkulacyjna Hadleya
występuje między równikiem a zwrotnikiem.

Cyrkulacja powietrza w strefie międzyzwrotnikowej

Silną napędową ruchu powietrza w **komórce Hadleya** jest duża ilość energii słonecznej docierającej w okolicę równika. Nad ogrzewaną powierzchnią powstaje obszar niżowy i występują **deszcze zenitalne**, natomiast nad zwrotnikami tworzą się suche i gorące wyży. Siła Coriolisa powoduje, że wiatry stałe wiejące w kierunku równika, czyli **pasaty**, ulegają odchyleniu. Na półkuli północnej wieją z północnego wschodu, a na półkuli południowej – z południowego wschodu. Pasaty zbiegają się w okolicach równika w tzw. strefie zbieżności, która zmienia w ciągu roku swoje położenie (przesuwa się na północ lub na południe w zależności od miejsca górowania Słońca). Z tego powodu w strefie podrównikowej występują dwie pory roku – deszczowa i sucha.

Komórka okołobiegunowa występuje między ok. 60° szerokości geograficznej północnej i południowej a biegunem.



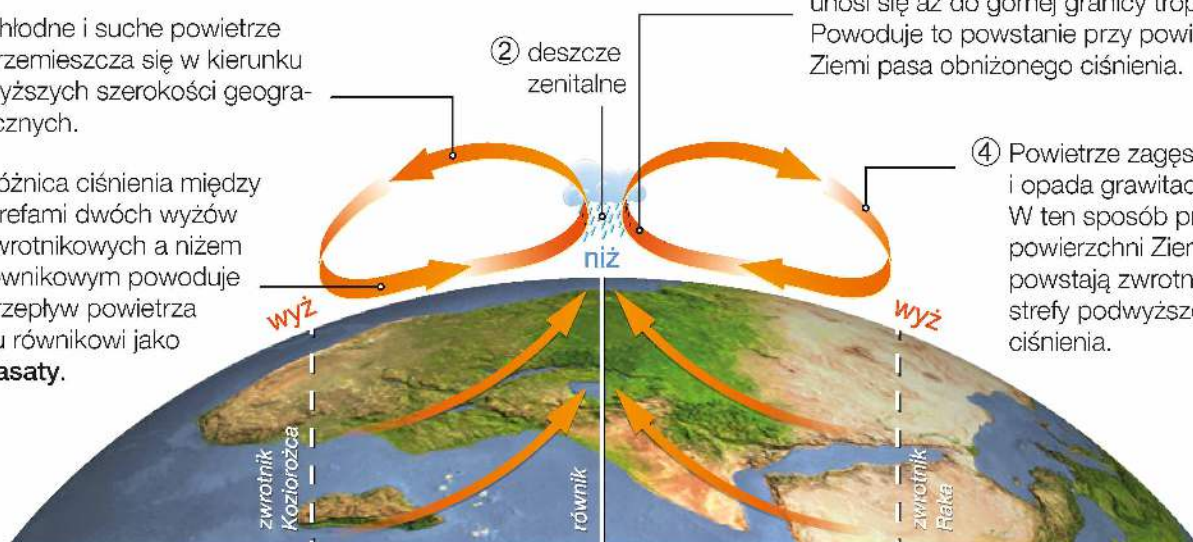
③ Chłodne i suche powietrze przemieszcza się w kierunku wyższych szerokości geograficznych.

② deszcze zenitalne

① Silnie nagrzane, lekkie i wilgotne powietrze unosi się aż do górnej granicy troposfery. Powoduje to powstanie przy powierzchni Ziemi pasa obniżonego ciśnienia.

⑤ Różnica ciśnienia między strefami dwóch wyżów zwrotnikowych a niżem równikowym powoduje przepływ powietrza ku równikowi jako **pasaty**.

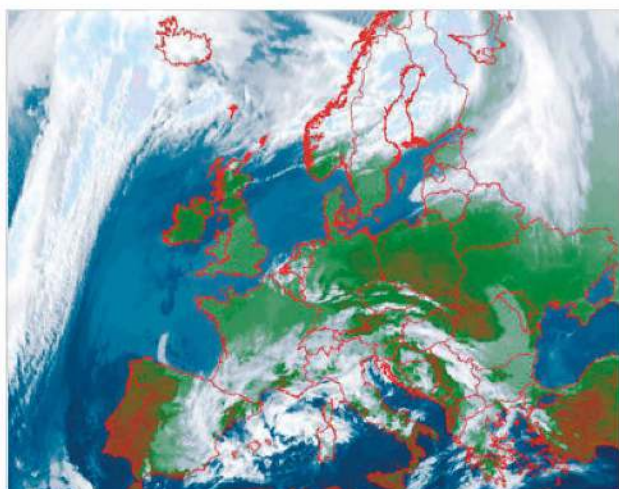
④ Powietrze zagęszcza się i opada grawitacyjnie. W ten sposób przy powierzchni Ziemi powstają zwrotnikowe strefy podwyższonego ciśnienia.



Cyrkulacja powietrza w strefach umiarkowanych

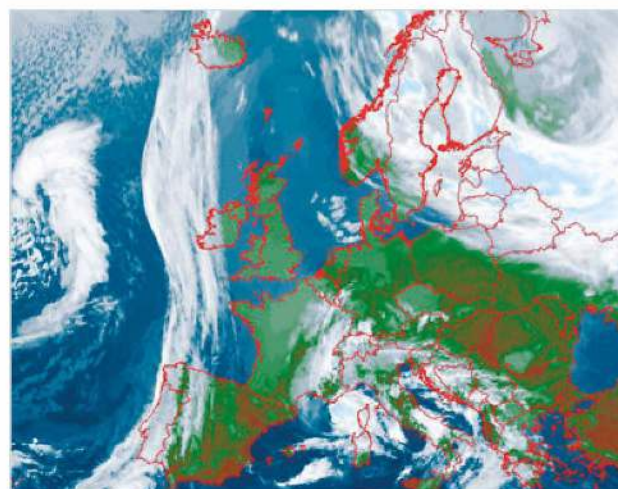
W umiarkowanych szerokościach geograficznych, w okolicach 60°N i 60°S, powietrze, które jest niesione wiatrami zachodnimi od zwrotników w komórce Ferrela, miesza się przy powierzchni Ziemi z powietrzem niesionym wiatrami wschodnimi od biegunów. Zimne i ciężkie powietrze wypycha ku górze powietrze ciepłe i lżejsze, dlatego przy powierzchni tworzy się strefa obniżonego ciśnienia. Nie jest ona ciągła, lecz składa się z pojedynczych ośrodków niżowych przemieszczających się z zachodu na wschód w tzw. strefie wędrownych niżów. Charakterystyczne dla tej strefy są częste zmiany kierunków wiatrów.

1.



Nad północnym Atlantykiem znajduje się niż atmosferyczny. Jego fragment jest widoczny na zdjęciu satelitarnym w postaci wału chmur.

2.



Zgodnie z kierunkiem cyrkulacji typowym dla strefy umiarkowanej niż wkroczył nad zachodnią część Irlandii oraz Półwyspu Iberyjskiego.

Cyrkulacja powietrza w strefach okołobiegunowych

W strefach okołobiegunowych, ze względu na niewielki dopływ energii słonecznej (małą wysokość Słońca nad horyzontem), powierzchnia jest znacznie wychłodzona. Dlatego obserwuje się tam osiadanie powietrza, które przyczynia się do powstawania stałych ośrodków wyżowych. Chłodne powietrze z wyżów biegunowych przemieszcza się w postaci stałych wiatrów w stronę umiarkowanych szerokości geograficznych. W wyniku działania siły Coriolisa wiatry wiejące od biegunów mają kierunek wschodni.



Wyżowa pogoda w strefach okołobiegunowych charakteryzuje się dużym usłonecznieniem, niewielkimi opadami oraz bardzo niską temperaturą.

Prądy strumieniowe

Okolo 10 km nad powierzchnią Ziemi, między komórką Hadleya a komórką Ferrela oraz między komórką Ferrela a komórką okołobiegunową, występują prądy strumieniowe (ang. *jet stream*). Są to wiatry wiejące wokół kuli ziemskiej z zachodu na wschód z prędkością przekraczającą 100 km/h.

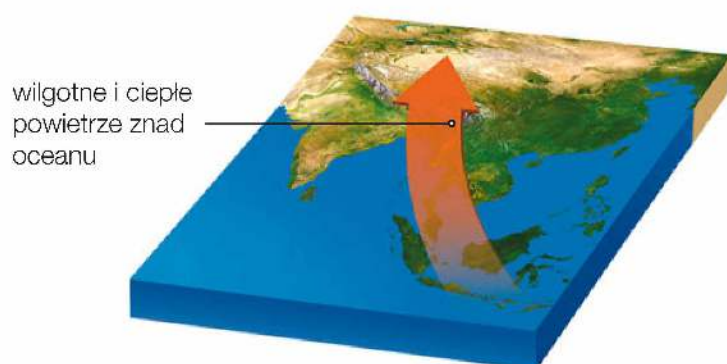
? Przyjrzyj się ilustracji przedstawiającej globalną cyrkulację atmosfery i wyjaśnij, dlaczego wysokość komórek cyrkulacyjnych zmienia się wraz z szerokością geograficzną.

Cyrkulacja monsunowa

Globalną cyrkulację atmosfery w wielu regionach na Ziemi zmienia cyrkulacja monsunowa. Powstaje ona wskutek nierównomiernego nagrzewania się sąsiadujących ze sobą dużych obszarów oceanicznych i lądowych. Obszarem, na którym cyrkulacja monsunowa zaznacza się najwyraźniej, jest południowa i południowo-wschodnia Azja. Monsuny tworzą się również w północnej Australii, środkowo-zachodniej Afryce oraz Ameryce Środkowej.

Monsun letni

W półroczu letnim powierzchnia kontynentu azjatyckiego jest silnie nagrzana, więc powietrze ogrzewa się i unosi. Nad lądem tworzy się wówczas niż, a nad chłodniejszym Oceanem Indyjskim – wyż. Wilgotne powietrze przemieszcza się zatem znad oceanu nad ląd – wieje monsun letni. Przynosi on **wilgotne powietrze** i powoduje **duże zachmurzenie** oraz **opady deszczu**. Najwyższe opady atmosferyczne występują u podnóży południowych stoków Himalajów i wynoszą ok. 11 000 mm na rok.

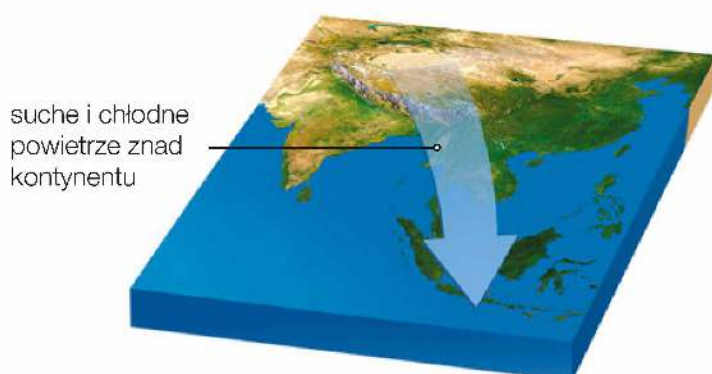


? Wyjaśnij, dlaczego na południowych stokach Himalajów występują bardzo wysokie opady deszczu w czasie monsunu letniego.



Monsun zimowy

W półroczu zimowym kierunek przemieszczania się powietrza ulega zmianie. Nad ocean, który długo magazynuje ciepło, przesuwa się strefa niskiego ciśnienia. Z kolei nad szybko wychładzającym się lądem powstaje wyż baryczny. Zatem zimą powietrze przemieszcza się znad Azji ku Oceanowi Indyjskiemu – wieje tam monsun zimowy. Jest on wiatrem **chłodnym i suchym**, kształtującym **suchą i słoneczną** pogodę.



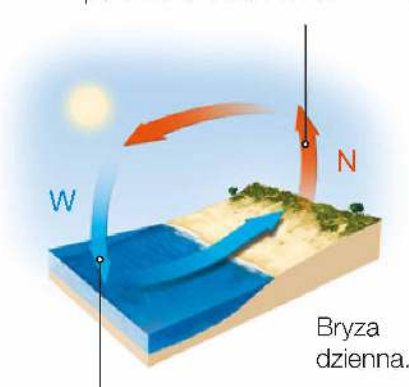
Wiatry lokalne

W poszczególnych regionach świata występują wiatry lokalne. Mimo że noszą one różne nazwy, schemat ich powstawania jest zazwyczaj bardzo podobny. Do wiatrów lokalnych należą bryza, fen, wiatr górski, wiatr dolinny oraz bora.

Bryza

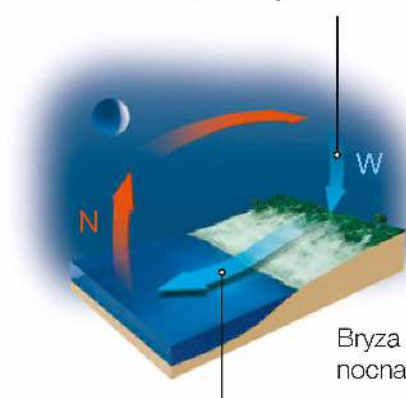
Bryza występuje w ciepłej porze roku na wybrzeżach mórz oraz w strefie brzegowej dużych śródlądowych zbiorników wodnych. Jej powstanie jest uwarunkowane różnicą temperatury podłoża, która najsilniej zaznacza się pod wieczór i nad ranem. Kierunek bryzy zmienia się w cyklu dobowym. Bryza dzienna (morska) wieje znad zbiornika wodnego w kierunku lądu i przynosi chłodne powietrze. Natomiast bryza nocna (lądowa) wieje w kierunku przeciwnym: od lądu w stronę morza.

Ciepłe powietrze nad rozgrzanim lądem unosi się i ustępuje miejsca chłodnemu powietrzu znad morza.



Powietrze znad lądu ochładza się na pewnej wysokości, po czym osiada.

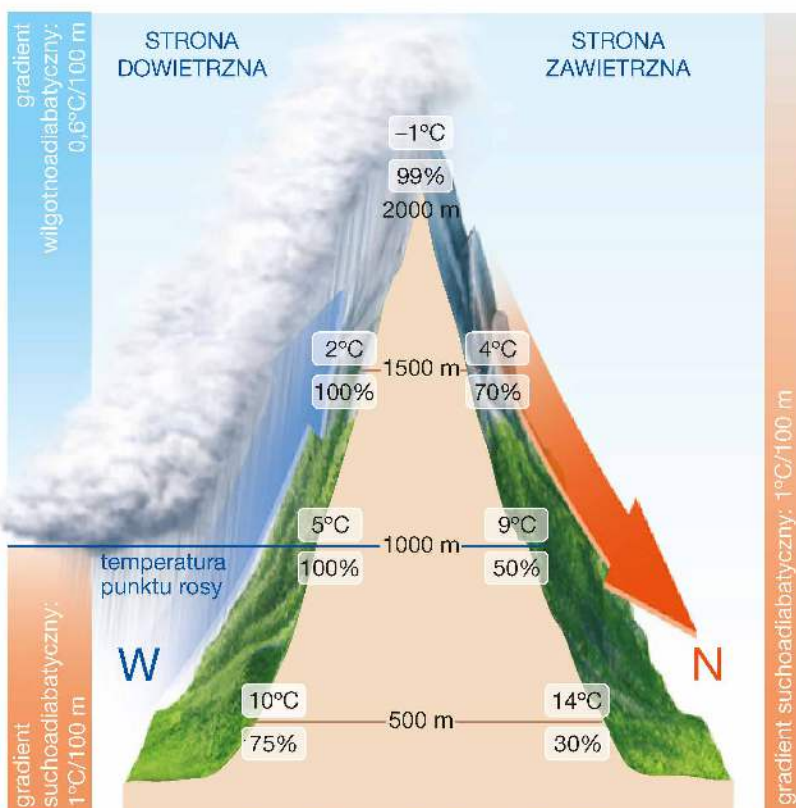
W nocy ląd szybko się wychładza i tworzy się nad nim wyż.



Chłodne powietrze przemieszcza się nad wodę. W ten sposób zajmuje miejsce ciepłego, unoszącego się powietrza.

Fen

Fen jest ciepłym, suchym i porywistym wiatrem występującym po zawietrznej stronie pasma górskiego. Powstaje, gdy masy powietrza przemieszczające się z wyżu do niżu napotykać barierę górską. Następuje wówczas wymuszone wznoszenie powietrza wzdłuż stoku, podczas którego zachodzą przemiany wilgotnoadiabatyczne (spadek temperatury powietrza średnio o $0,6^{\circ}\text{C}$ na każde 100 m). W trakcie wznoszenia dochodzi do kondensacji pary wodnej i powstania opadu. Po przekroczeniu bariery górskiej suche już powietrze opada grawitacyjnie. Zachodzą przemiany suchoadiabatyczne (wzrost temperatury powietrza średnio o 1°C na każde 100 m), co skutkuje wzrostem temperatury po zawietrznej stronie gór. Wiatr fenowy wieje najczęściej w chłodnej porze roku. Powoduje gwałtowne ocieplenia, a tym samym – wzrost zagrożenia lawinowego. Nazwa *fen* dotyczy wiatru tego typu występującego w Alpach. Podobne cechy i genezę ma halny wiejący w polskich Tatrach czy chinook w Górach Skalistych.

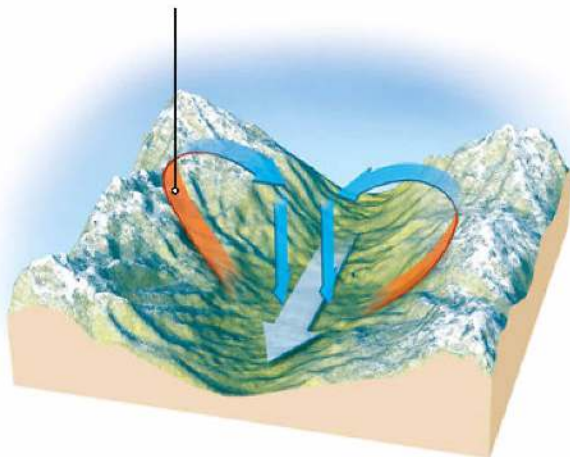


Powstawanie fenu.

Wiatr górski i wiatr dolinny

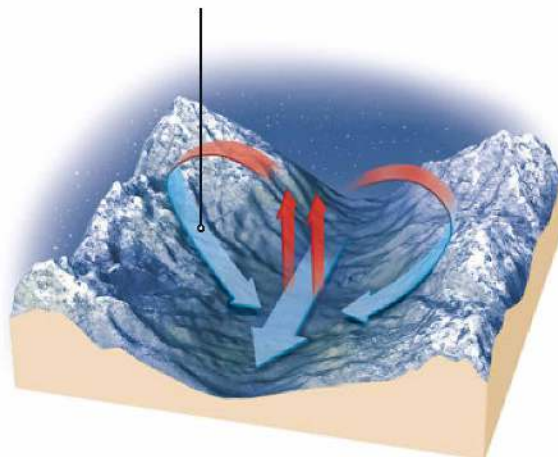
Wiatry górskie i dolinne występują w górach podczas bezchmurnej pogody, a ich kierunek zmienia się w cyklu dobowym. Powstają w wyniku różnic nagrzewania się dolin i stoków górskich. W ciągu dnia powietrze przylegające do stoków nagrzewa się szybciej i, ponieważ jest lżejsze, unosi się. Na jego miejsce napływa chłodniejsze powietrze z dna doliny. W ten sposób powstaje wiatr dolinny. W nocy kierunek wiatru ulega zmianie. Powietrze na szczytach silnie się wychładza, staje się ciężkie i – jako wiatr górski – spływa wzdłuż stoków.

W ciągu dnia powietrze nagrzewa się i unosi wzdłuż stoków.



Wiatr dolinny.

W nocy chłodne powietrze opada wzdłuż stoków.

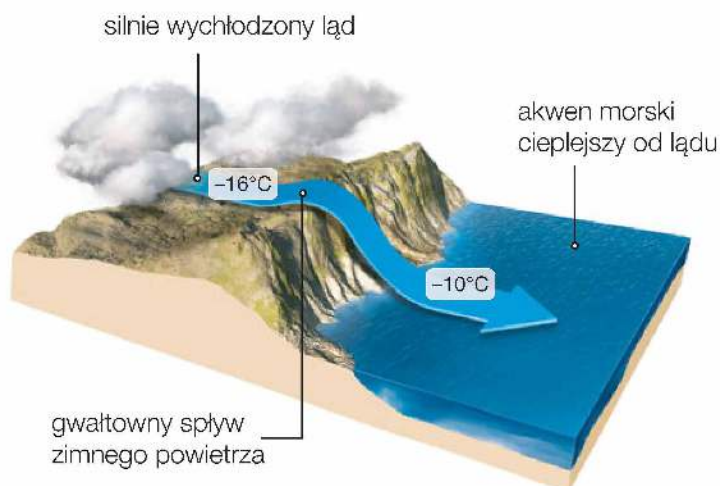


Wiatr górski.

? Wskaż na rysunku miejsce, w którym występują najlepsze warunki meteorologiczne do rozbicia namiotu. Uzasadnij swoje zdanie.

Bora

Bora to zimny, suchy i porywisty wiatr występujący na obszarach, gdzie wyżyny lub góry sąsiadują bezpośrednio z dużym zbiornikiem wodnym (morzem, jeziorem). Warunkiem wystąpienia tego wiatru jest silne wychłodzenie lądu i utworzenie się nad nim ośrodka wyżowego. Wówczas zimne i ciężkie powietrze spływa gwałtownie po stokach gór w kierunku cieplejszego morza. Bora wieje między innymi nad Adriatykiem i Morzem Czarnym.



Zadania

1. Wyjaśnij, dlaczego ośrodki niżowe powstają nad ciepłym podłożem, a ośrodki wyżowe – nad zimnym.
2. Opisz w zeszycie mechanizm powstawania wiatrów zachodnich w umiarkowanych szerokościach geograficznych.
3. Wyjaśnij, dlaczego wiatry fenowe są ciepłe i suche.
4. Podaj przyczyny cykliczności zmian cyrkulacji monsunowej.

4

Opady atmosferyczne. Fronty atmosferyczne

Na tej lekcji dowiesz się: czym jest wilgotność powietrza i jakie są jej miary ■ jakie są główne rodzaje chmur ■ jak powstają opady atmosferyczne ■ jaki jest rozkład opadów na Ziemi i co o nim decyduje ■ czym są masy powietrza oraz fronty atmosferyczne ■ w jaki sposób fronty atmosferyczne kształtują pogodę.

Woda to jeden z najważniejszych składników atmosfery. Znajduje się w niej nie tylko pod postacią pary wodnej, czyli przezroczystego gazu, lecz także w innych stanach skupienia. W zależności od temperatury powietrza może występować jako ciecz lub ciało stałe (lód) i tworzyć na przykład chmury. Czy zastanawialiście się kiedyś, dlaczego z niektórych chmur pada deszcz, z innych śnieg, a z innych nie ma opadu?

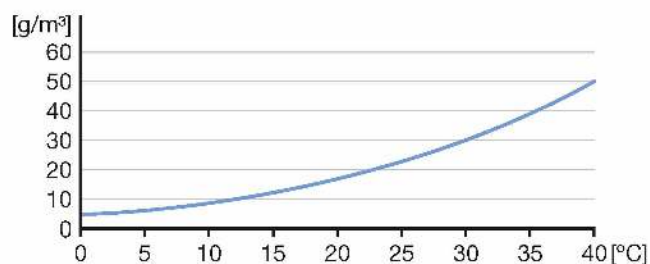
■ Wilgotność powietrza

Wilgotność powietrza to zawartość pary wodnej w powietrzu. Dostaje się ona do atmosfery na skutek parowania wody ze zbiorników wodnych, z gleb i roślin oraz w wyniku sublimacji (bezpośredniego przejścia ze stanu stałego w gazowy).

Ilość pary wodnej w powietrzu zależy od:

- ▶ temperatury powietrza – im jest ono cieplejsze, tym może pomieścić więcej pary wodnej;
- ▶ szerokości geograficznej – generalnie im dalej od równika, tym mniej pary wodnej;
- ▶ odległości od mórz i oceanów, ukształtowania powierzchni oraz pokrycia terenu.

Istnieje kilka miar wilgotności powietrza. Najważniejsze z nich opisano w poniższej tabeli.



Zawartość pary wodnej w powietrzu w zależności od temperatury powietrza.

■ Kondensacja i resublimacja

Gdy para wodna staje się parą nasyconą, rozpoczynają się procesy kondensacji (przejścia wody ze stanu gazowego w ciekły) oraz resublimacji (przejścia ze stanu gazowego w stały). Mogą one zajść, jeśli powietrze osiągnie **temperaturę punktu rosy** i wystąpią w nim **jądra kondensacji**. Są to mikroskopijne cząsteczki, stałe lub ciekłe, na których może osadzać się woda. Jądra kondensacji mają pochodzenie naturalne (np. cząstki soli morskiej) lub powstają w wyniku działalności człowieka (np. dymy, pyły). Na skutek kondensacji i resublimacji tworzą się między innymi chmury. Niektóre z nich mogą dawać opady. Najważniejsze rodzaje chmur opisano na stronach 106 i 107.

Wybrane miary wilgotności powietrza

Nazwa	Opis	Jednostka
Wilgotność bezwzględna	Masa pary wodnej w jednostce objętości powietrza. Zależy od temperatury powietrza.	[g/m³]
Wilgotność względna	Określa stosunek rzeczywistej ilości pary wodnej zawartej w powietrzu do maksymalnej zawartości pary wodnej w powietrzu (100% wilgotności), przy tym samym ciśnieniu i temperaturze.	[%]
Temperatura punktu rosy	Wartość temperatury powietrza, do której powietrze musi się ochłodzić, aby para wodna stała się parą nasyconą (100% wilgotności). Gdy temperatura powietrza osiąga wartość temperatury punktu rosy, rozpoczyna się proces przemiany pary wodnej w ciecz lub ciało stałe.	[°C]

Rodzaje chmur

13 km

PIĘTRO WYSOKIE

Chmura to zbiór kropelek wody lub kryształków lodu (albo mieszanina jednych i drugich), swobodnie unoszący się w powietrzu. Chmury powstają na różnych wysokościach i przyjmują różne kształty, ulegają przy tym nieustannym zmianom. Ze względu na wysokość występowania wyróżnia się chmury piętra: wysokiego, średniego i niskiego. Natomiast ze względu na wygląd wyróżnia się 10 podstawowych rodzajów chmur.



Cirrus

(Ci, chmura pierzasta)

Mają wygląd delikatnych włókien lub pasemek w kształcie płóz sań. Nie rzucają cienia, lekko przesłaniają Słońce.

7 km

PIĘTRO ŚREDNIE



Altostratus

(As, chmura warstwowa)

Przeważnie pokrywają całe niebo szarą lub bładoniebieską zasłoną. Nie wywołują zjawisk halo.

2 km

PIĘTRO NISKIE



Stratus

(St, chmura warstwowa)

Zasnuwają niebo grubą, ciemną warstwą, spoza której nie widać Słońca. Opady z tych chmur mają latem postać mżawki, a zimą – ziarnistego śniegu.



Stratocumulus

(Sc, chmura kłębiasto-warstwowa)

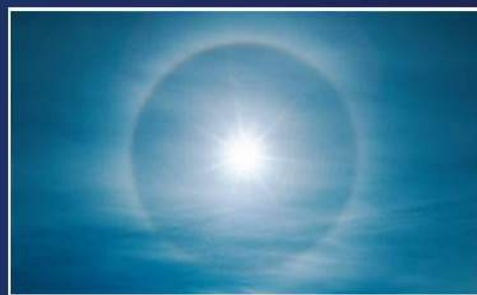
Tworzą regularne wały i kłęby ciemniejsze u podstawy. W niektórych miejscach całkowicie przesłaniają Słońce, w innych pojawiają się lokalne prześwity. Dają słabe opady deszczu lub śniegu.



Cirrocumulus

(Cc, chmura kłębiasto-pierzasta)

Tworzą pierzaste, regularnie ułożone i wyglądające podobnie kłęby lub płyty. Mają niewielką grubość, przez co są przejrzyste i nie przesłaniają Słońca.



Cirrostratus

(Cs, chmura warstwowo-pierzasta)

Przesłaniają niebo białym welonem, który często przypomina włóczkę. W chmurach tych pojawiają się czasami otoczki wokół Słońca, zwane halo.

Cumulonimbus (Cb, chmura kłębiasta deszczowa)

Chmury o rozciągłości pionowej. Ich podstawa może znajdować się w piętrze niskim, a górna część – sięgać kilkunastu kilometrów. Są to ciemnoszare chmury burzowe w kształcie kowadła. Przynoszą obfite, lecz krótkotrwałe opady, którym często towarzyszą wyładowania elektryczne.



Altocumulus

(Ac, chmura kłębiasta)

Nie przysłaniają całkowicie Słońca. Mają kłębiastą strukturę oraz wyraźnie zarysowane cienie. Nie dają opadów.



Cumulus

(Cu, chmura kłębiasta)

To chmury o rozciągłości pionowej. Mają bardzo wyraźnie zarysowane kontury. Ich podstawy są zazwyczaj ciemne, a górne części – rozjaśnione promieniami słonecznymi. Rzadko dają opady deszczu.



Nimbostratus

(Ns, chmura warstwowo-deszczowa)

Ciemne, niskie chmury z wyraźnie zarysowaną i wyrównaną podstawą. Dają długotrwały opad deszczu. Z powodu dużej grubości nie widać przez nie Słońca.

Czym jest mgła?

Mgła to zawiesina kropelek wody lub (rzadziej) kryształków lodu, która powoduje, że widoczność jest mniejsza niż 1 km. Podstawa mgły styka się z powierzchnią ziemi. Do najważniejszych przyczyn występowania mgieł należą wypromieniowanie ciepła z podłoża lub napływ ciepłego powietrza nad wychłodzony teren.

Mgły w pobliżu bagien lub w zagłębieniach terenu powstają nocą albo nad ranem – pod warunkiem, że nie wieje wiatr.



■ Jak powstają opady atmosferyczne?

Opady atmosferyczne powstają na skutek procesów zachodzących w chmurach. Kropelki wody i kryształki lodu, z których składają się chmury, są bardzo małe i dlatego unoszą się swobodnie w powietrzu. Aby pokonać jego opór i spaść na ziemię, muszą zwiększyć swoją objętość i ciężar. W chmurach zbudowanych wyłącznie z kropelek wody duże krople powstają w wyniku **łączenia się mniejszych kropelek**. Kiedy są zbyt ciężkie, by móc się unosić, wypadają z chmur w postaci deszczu. W chmurach zbudowanych z kropelek wody i kryształków lodu przechłodzone kropelki wody zwiększają objętość poprzez **zamarzanie na kryształkach lodu**. Następnie zaczynają opadać. Gdy poniżej chmur panuje ujemna temperatura, do powierzchni ziemi dociera opad w postaci śniegu, a gdy temperatura jest dodatnia – śnieg topnieje i pada deszcz. Oprócz śniegu i deszczu do opadów atmosferycznych zalicza się mżawkę, krupe śnieżną oraz grad.

■ Rozmieszczenie opadów atmosferycznych na Ziemi

Wielkość opadów atmosferycznych w poszczególnych regionach Ziemi jest znacznie zróżnicowana. Wpływają na nią między innymi:

- ▶ globalna cyrkulacja atmosferyczna,
- ▶ wysokość nad poziomem morza,
- ▶ rzeźba terenu,

- ▶ odległość od mórz i oceanów,
- ▶ prądy morskie,
- ▶ pokrycie terenu.

Najwyższe roczne sumy opadów atmosferycznych występują w Azji Południowo-Wschodniej na obszarach objętych oddziaływaniem **cyrkulacji monsunowej**. Miejscami mogą tam one przekraczać nawet 11 000 mm. Bardzo wysokie sumy opadów są odnotowywane również w strefie równikowej. Jest to związane z występowaniem **deszczów zenitalnych**. Wysokie opady atmosferyczne są charakterystyczne także dla obszarów górskich. Pionowy ruch powietrza, który stwarza odpowiednie warunki do kondensacji i resublimacji, jest tam spowodowany występowaniem **barier orograficznych** (górskich).



Ulewnie deszcze monsunowe niemal co roku powodują powódzie w mieście Cottogram w Bangladeszu.

Czy wiesz, że...

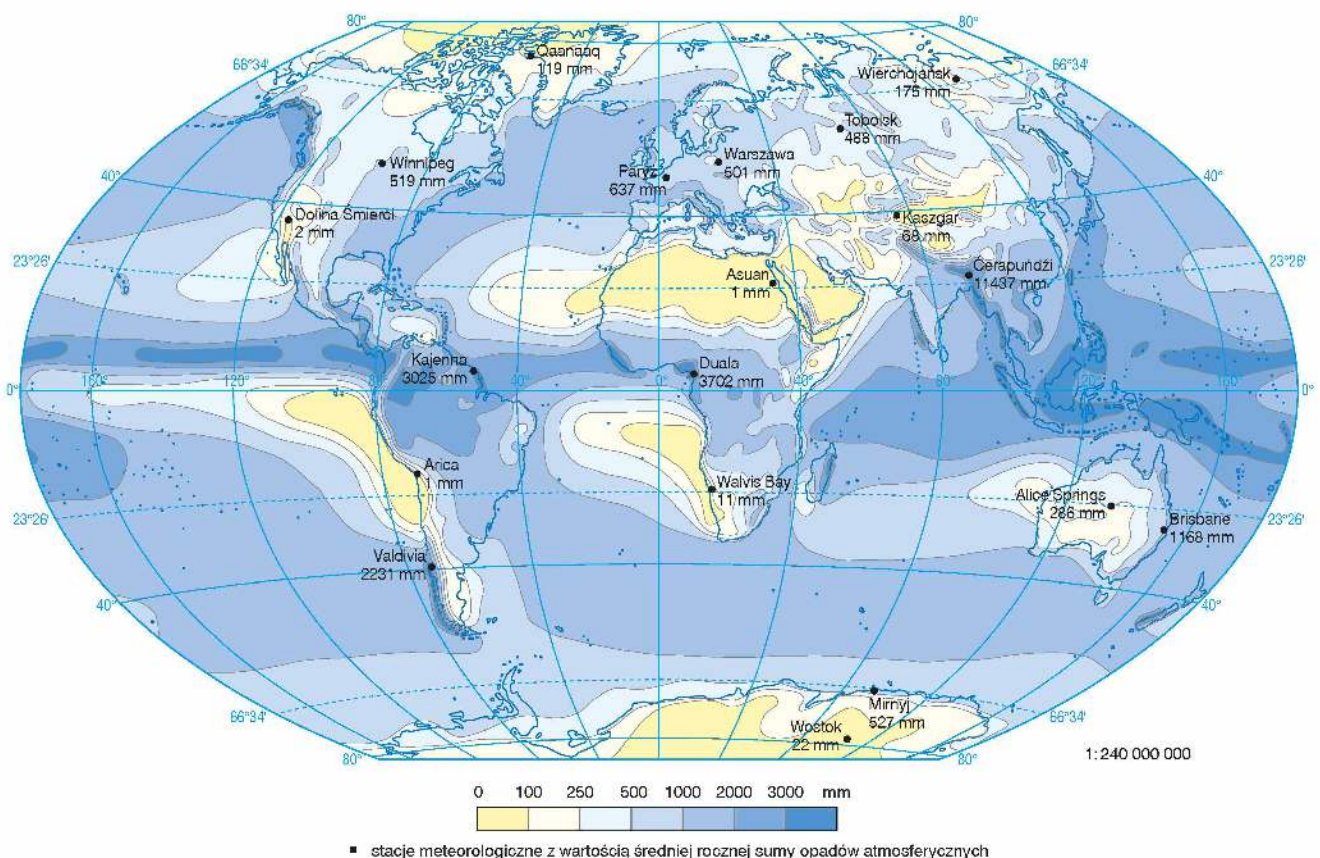
Ćerapuńdźi to indyjskie miasto, w którym zarejestrowano wiele rekordowych opadów atmosferycznych. To tam wystąpiła największa na świecie suma opadów w skali 12 miesięcy (26 641 mm).

Najniższe roczne sumy opadów odnotowuje się w pasie **pustyń zwrotnikowych**. Jest to spowodowane silnymi ruchami zstępującymi powietrza. Niską roczną sumą opadów atmosferycznych charakteryzują się również obszary podzwrotnikowe Azji Środkowej – **wnętrze największego obszaru lądowego** na kuli ziemskiej – oraz **obszary polarne**. Na tych ostatnich występują ruchy zstępujące powietrza wynikające z ogólnej cyrkulacji atmosferycznej. Niskie opady są też rejestrowane na wybrzeżach opływanych przez **zimne prądy morskie**.

Masy powietrza i fronty atmosferyczne

Masa powietrza to duży fragment troposfery charakteryzujący się określonymi właściwościami fizycznymi, przede wszystkim podobną temperaturą i wilgotnością. Tworzy się ona najczęściej nad jednolitym podłożem (np. rozległym lądem lub oceanem) i nabiera jego cech. Obszar, nad którym powstaje masa powietrza, jest nazywany obszarem źródłowym. Masy powietrza zmieniają właściwości, gdy przemieszczają się nad inne, często odległe tereny. Taki proces nazywa się transformacją mas powietrza.

Masy powietrza są rozdzielone strefami przejściowymi, które noszą nazwę **frontów atmosferycznych**. Wpływ najważniejszych frontów atmosferycznych na pogodę przedstawiono na stronach 110 i 111.

Roczna suma opadów atmosferycznych

? Na podstawie mapy ustal, w których szerokościach geograficznych roczne sumy opadów atmosferycznych są największe. Wyjaśnij, dlaczego tak jest.

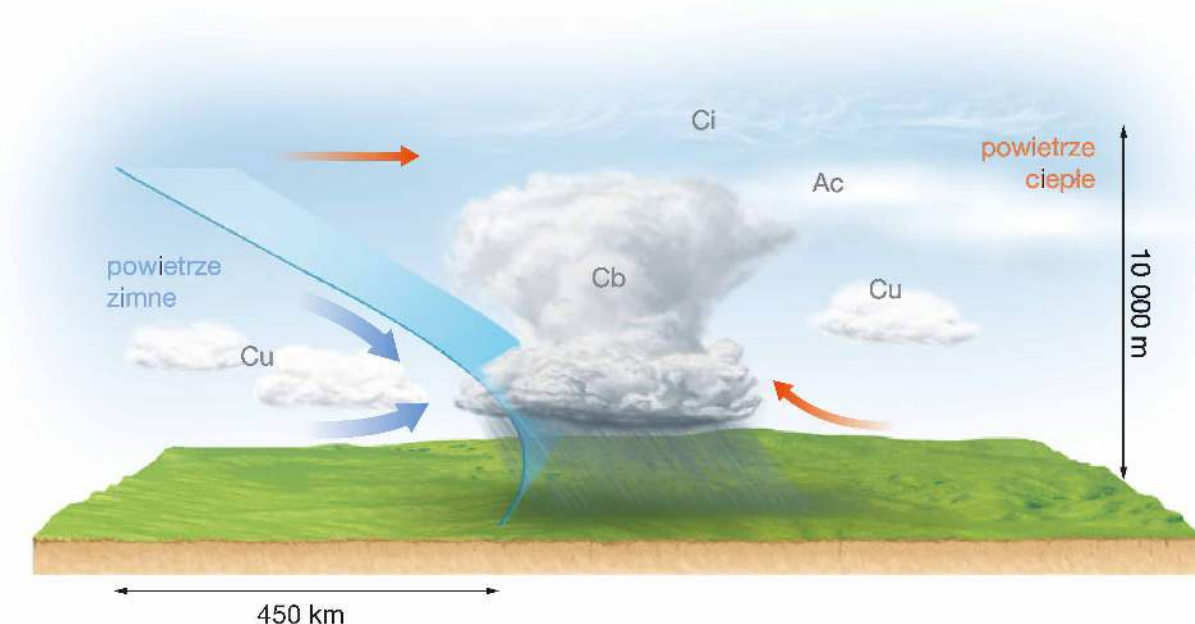
Fronty atmosferyczne

Niekiedy masy powietrza o różnych cechach graniczą ze sobą. Ta granica jest nazywana frontem atmosferycznym. Ze względu na temperaturę mas i sposób przemieszczania się frontów wyróżnia się front chłodny, front ciepły oraz front zokludowany.

Front chłodny

Front chłodny tworzy się wtedy, gdy chłodne, ciężkie masy powietrza wsuwają się pod powietrze cieplejsze, a przez to rzadsze, i wypychają je do góry. Ciepłe powietrze ochładza się i osiąga temperaturę punktu rosy, a zawarta w nim para wodna ulega kondensacji. Bardzo często na froncie chłodnym panują warunki, w których dochodzi do gwałtownych zjawisk atmosferycznych, takich jak burze.

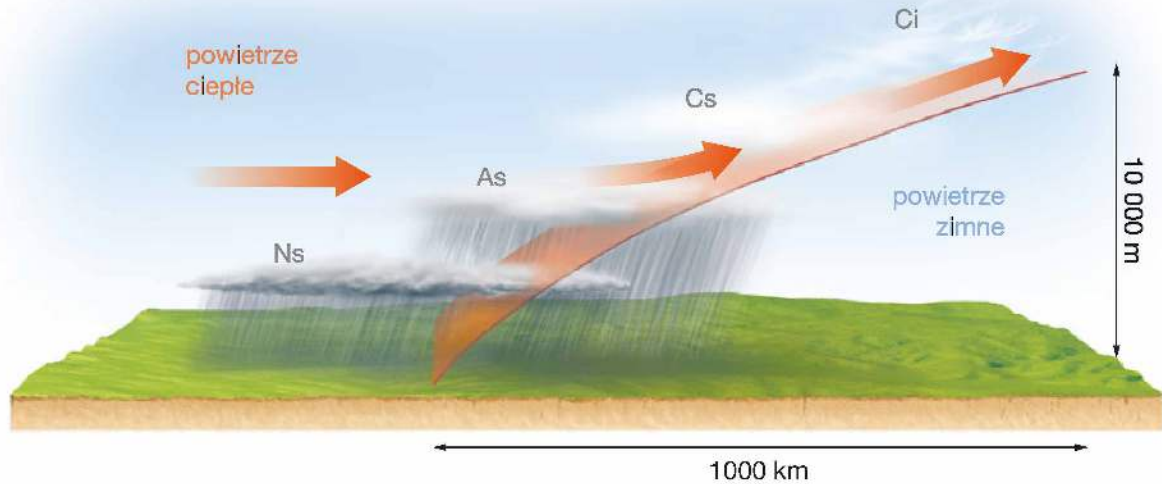
Chmury powstające na froncie chłodnym, takie jak cumulonimbusy, dają intensywne opady, którym towarzyszą wyładowania atmosferyczne.



Element pogody	Przed frontem	W czasie przechodzenia frontu	Po przejściu frontu
Ciśnienie atmosferyczne	obniża się	wzrasta	powoli wzrasta
Wiatr	wzrasta prędkość wiatru	wzrasta prędkość wiatru	silny, zmienia kierunek
Temperatura powietrza	obniża się	szybko się obniża	zmienia się nieznacznie lub powoli się obniża
Zachmurzenie	bez zmian	pojawiają się chmury Ac lub As, potem Cb	mogą pojawić się chmury Cu lub Cb
Widoczność	ograniczona	ograniczona	poza strefą opadów dobra

Front ciepły

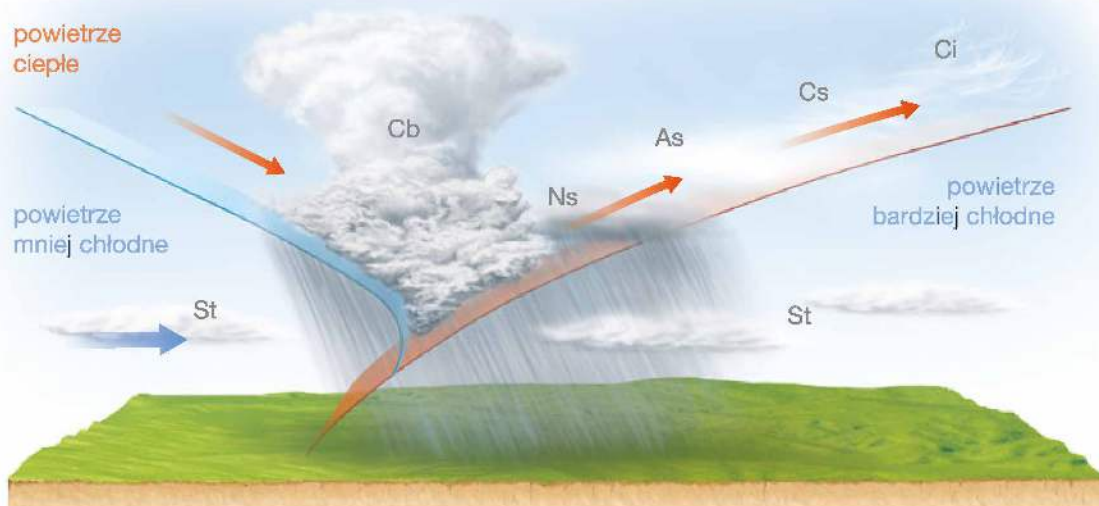
Front ciepły tworzy się wtedy, gdy nad obszar z zalegającym chłodnym powietrzem napływa powietrze cieplejsze i – jako lżejsze – wślizguje się na masę chłodną. Powietrze ciepłe się ochładza, a zawarta w nim para wodna ulega kondensacji. Tworzą się chmury warstwowo-deszczowe dające długotrwałe opady.



Element pogody	Przed frontem	W czasie przechodzenia frontu	Po przejściu frontu
Ciśnienie atmosferyczne	obniża się	stałe	stałe lub się obniża
Wiatr	silny	chwilowo słabnie	kierunek i prędkość bez zmian
Temperatura powietrza	wzrasta lub bez zmian	powoli wzrasta	zmienia się nieznacznie
Zachmurzenie	pojawiają się chmury Ci, Cs, As	występują niskie chmury Ns	występują chmury St lub Sc
Widoczność	poza strefą opadów bardzo dobra	ograniczona	ograniczona

Front zokludowany

Czasami dochodzi do sytuacji, w której przemieszczający się szybciej front chłodny dogoni front ciepły. Wówczas fronty nachodzą na siebie i następuje zetknięcie się dwóch chłodnych mas powietrza. Masa ciepła odrywa się od powierzchni i unosi ponad powietrze chłodne. Takie zjawisko nosi nazwę okluzji, a front jest nazywany zokludowanym. Wiążą się z nim długotrwałe opady atmosferyczne, którym w cieplej porze roku zazwyczaj towarzyszą burze.





Jak opisać przebieg opadów w Twoim regionie w ciągu roku?

Na co dzień nie dokonujemy pomiarów wielkości opadów atmosferycznych. Zajmują się tym specjaliści – pracownicy stacji meteorologicznych. Dzięki temu, że publikują oni uzyskane wyniki pomiarów, możesz samodzielnie opisać przebieg opadów atmosferycznych w ciągu roku w regionie, w którym mieszkasz.

1 Odszukaj stację meteorologiczną położoną najbliżej miejsca, w którym mieszkasz.

Skorzystaj na przykład z mapy znajdującej się na stronie <http://monitor.pogodynka.pl>. Wybierz tę stację leżącą najbliżej Twojego miejsca zamieszkania, w której warunki wykonywania pomiarów (m.in. wysokość na poziomie morza czy odległość od dużych zbiorników wodnych) są jak najbardziej zbliżone do występujących w Twojej miejscowości.

2 Odszukaj dane meteorologiczne pochodzące z tej stacji.

Możesz je odnaleźć na stronach internetowych instytucji zajmujących się gromadzeniem, porównywaniem i analizowaniem danych klimatycznych. Do takich stron należą:

- <http://www.worldclimate.com>
- <https://en.climate-data.org/country/182/>
- http://www.klimadiagramme.de/pics/st_pol.html
- <https://dane.imgw.pl/>
- <http://www.pogodynka.pl/polska/daneklimatyczne/>

3 Opracuj dane meteorologiczne.

Analizowanie pozyskanych danych dotyczących wielkości i rozkładu opadów atmosferycznych będzie łatwiejsze, jeśli przedstawiś je w formie graficznej, np. na wykresie.

4 Opisz przebieg opadów atmosferycznych w Twoim regionie w ciągu roku.

Przeanalizuj wielkość i rozkład opadów. Zapisz odpowiedzi na następujące pytania:

- W których miesiącach odnotowuje się najwyższe sumy opadów, a w których – najniższe?
- Jakie są minimalne i maksymalne wartości miesięcznych sum opadów?
- Jaka jest wartość średniej rocznej sumy opadów?

Przykład

Opisz przebieg opadów atmosferycznych w ciągu roku na przykładzie stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie.



Najwyższe sumy opadów występują w lipcu (77 mm) i w sierpniu (71 mm). Najniższe opady zanotowano w styczniu (28 mm) i w lutym (26 mm). Średnia roczna suma opadów atmosferycznych wynosi 550 mm.

Zadania

1. Wyjaśnij różnicę między wilgotnością względną a wilgotnością bezwzględną powietrza.
2. Scharakteryzuj chmury piętra średniego.
3. Opisz zjawiska towarzyszące ciepłym frontom atmosferycznym.
4. Podaj przyczyny występowania dużych sum opadów atmosferycznych w rejonie Archipelagu Malajskiego.

5

Prognozowanie pogody i ekstremalne zjawiska pogodowe

Na tej lekcji dowiesz się: co to jest pogoda ■ jakie elementy meteorologiczne określają pogodę ■ jak powstają prognozy pogody ■ jakie ekstremalne zjawiska pogodowe możemy obserwować najczęściej.

Każdy z nas niemal codziennie zastanawia się, jaka będzie pogoda. Wyglądamy przez okno, żeby sprawdzić, czy pada deszcz i wieje wiatr, odczytujemy wartość temperatury z termometrów zaokiennych. Śledzimy prognozy w telewizji, radiu i w internecie. Takie prognozy, przygotowywane na podstawie systematycznych i dokładnych pomiarów, nie tylko ułatwiają nam zaplanowanie dnia czy dobór ubioru. Pozwalają także przewidzieć wystąpienie ekstremalnych zjawisk atmosferycznych i podjąć działania ograniczające ich negatywne skutki.

■ Czym jest pogoda?

Pogodą nazywamy chwilowy stan atmosfery w danym miejscu i czasie. Określa ją zespół elementów meteorologicznych, do których należą:

- ▶ temperatura powietrza,
- ▶ ciśnienie atmosferyczne,
- ▶ wiatr,
- ▶ wilgotność powietrza,
- ▶ zachmurzenie,
- ▶ opady i osady atmosferyczne,
- ▶ inne zjawiska atmosferyczne, np. tęcza.

■ Podstawy prognozowania pogody

Prognozowaniem pogody zajmuje się **synoptyka**. Podstawą zdobywania informacji o pogodzie są obserwacje i pomiary meteorologiczne prowadzone w naziemnych stacjach meteorologicznych, statkach meteorologicznych oraz za pomocą satelitów meteorologicznych.

Na całym świecie obowiązują takie same zasady obserwacji meteorologicznych. Tworzy je Światowa Organizacja Meteorologiczna (WMO, ang. *World Meteorological Organization*), będąca wyspecjalizowaną agendą ONZ.

W Polsce badaniem pogody zajmuje się na przykład Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW). Dysponuje on siecią pomiarową, w której skład wchodzi stacje oraz posterunki meteorologiczne.

W **stacjach meteorologicznych** systematycznie dokonuje się obserwacji i pomiarów podstawowych elementów meteorologicznych, takich jak: temperatura powietrza i gruntu, ciśnienie atmosferyczne, kierunek i prędkość wiatru, wilgotność powietrza, wielkość i rodzaj opadów atmosferycznych, wielkość zachmurzenia czy usłonecznienie (czas dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego do powierzchni Ziemi). Przeprowadza się je co najmniej osiem razy na dobę, o stałych godzinach: 3.00, 6.00, 9.00, 12.00, 15.00, 18.00, 21.00 i 24.00 UTC, a w niektórych stacjach – nawet co godzinę. Taka regularność umożliwia porównywanie wyników pomiarów ze wszystkich stacji.



Ogródek meteorologiczny to płaski, ogrodzony, porośnięty trawą teren w kształcie kwadratu o boku długości 15 m. Przyrządy do pomiaru temperatury i wilgotności powietrza znajdują się w klatce meteorologicznej umieszczonej na wysokości 2 m nad poziomem gruntu.

Na **posterunkach meteorologicznych** pomiary dotyczą mniejszej liczby elementów meteorologicznych i są wykonywane tylko trzy razy w ciągu doby: o 6.00, 12.00 i 18.00 UTC.

Zebrane w ten sposób dane przekazuje się do biur pogody. Tam są one analizowane, przetwarzane, a następnie – publikowane, np. w postaci **map synoptycznych**.

Informacje ze stacji naziemnych uzupełnia się danymi pochodzącymi z **satelitów meteorologicznych**. Zdjęcia satelitarne ukazują między innymi układy frontów atmosferycznych, zasięg mas powietrza lub pokrywy śnieżnej oraz stan zachmurzenia. Niektóre zdjęcia pozwalają szacować wartość temperatury powietrza, a nawet oceniać wysokość fal oceanicznych. Dzięki temu, że satelity meteorologiczne wykonują pomiary na bieżąco i zbierają dane z całej kuli ziemskiej, można śledzić zagrożenia pogodowe, np. występowanie burz oraz drogę, jaką pokonują tornada i cyklony.

■ Na czym polega prognozowanie pogody?

Prognozowanie pogody polega na przewidywaniu jej przebiegu na podstawie:

- ▶ aktualnego stanu jej elementów,
- ▶ informacji o warunkach pogodowych występujących w przeszłości.

Szczegółowe dane dotyczące zmian pogody, które zaszły w określonych warunkach, pozwalają bowiem przypuszczać, że w identycznych warunkach wyjściowych pogoda będzie się kształtować podobnie. Im więcej analogii do minionych okresów, tym dokładniejsza prognoza. Należy jednak pamiętać, że stworzony w ten sposób obraz pogody zawsze jest uśredniony – analizowane zdarzenia z przeszłości, mimo jednakowego stanu wyjściowego, z pewnością miały inny przebieg.

Najbardziej wiarygodne są **krótkoterminowe prognozy pogody**. Te, które opracowano na jeden, dwa lub trzy dni, sprawdzają się w ok. 90%. Natomiast prognozy długoterminowe (np. dwutygodniowe) sprawdzają się maksymalnie w 60–70%.

Zmiany pogody można przewidywać także na podstawie obserwacji przyrody. Na przykład systematyczny **spadek ciśnienia oznacza zbliżanie się niżu**, a co za tym idzie – opady deszczu i silny wiatr. Natomiast systematyczny **wzrost ciśnienia – nadciąganie wyżu** i poprawę pogody. Czerwonopomarańczowe niebo o zachodzie słońca czy wieczorne wzmacnianie się wiatru zwiastują pogorszenie się pogody. Z kolei pionowa smuga dymu unosząca się z komina oznacza utrzymanie się dobrej pogody lub jej nadejście.

Jak opracować prognozę pogody na podstawie mapy synoptycznej i zdjęcia satelitarnego?

Krok po kroku

Przykład

Na podstawie mapy synoptycznej i zdjęcia satelitarnego z 9 września 2018 r. opracuj prognozę pogody dla Polski na dzień 10 września 2018 r.

- 1 Przyjrzyj się mapie i przeczytaj jej legendę. Zwróć szczególną uwagę na układ mas powietrza.

Wskazówka

Aktualna mapa synoptyczna dla Polski znajduje się na przykład na stronie www.pogodynka.pl w zakładce **MAPA SYNOPTYCZNA**.



W dniu 9 września 2018 r. nad Europą kontynentalną znajdowały się trzy masy powietrza – powietrze polarne morskie (PPm), powietrze polarne morskie ciepłe (PPmc) oraz powietrze polarne morskie stare (PPms). Między nimi ukształtowały się dwa fronty: chłodny oraz ciepły. W północno-zachodniej części Europy występowały bardzo głębokie układy niskiego ciśnienia, natomiast w Europie Południowej układy wysokiego ciśnienia.

- 2 Przypomnij sobie, w jaki sposób ciepłe i chłodne fronty atmosferyczne wpływają na pogodę (jest o tym mowa na stronach 110 i 111).

Front ciepły wywołuje długotrwałe opady. Przed jego przejściem występuje silny wiatr.

Front chłodny wywołuje silne, ale krótkotrwałe opady wraz z wyładowaniami atmosferycznymi, którym towarzyszy silny, zmieniający kierunek wiatr.

- 3 Przyjrzyj się zdjęciu satelitarnemu. Zwróć uwagę na układ chmur.

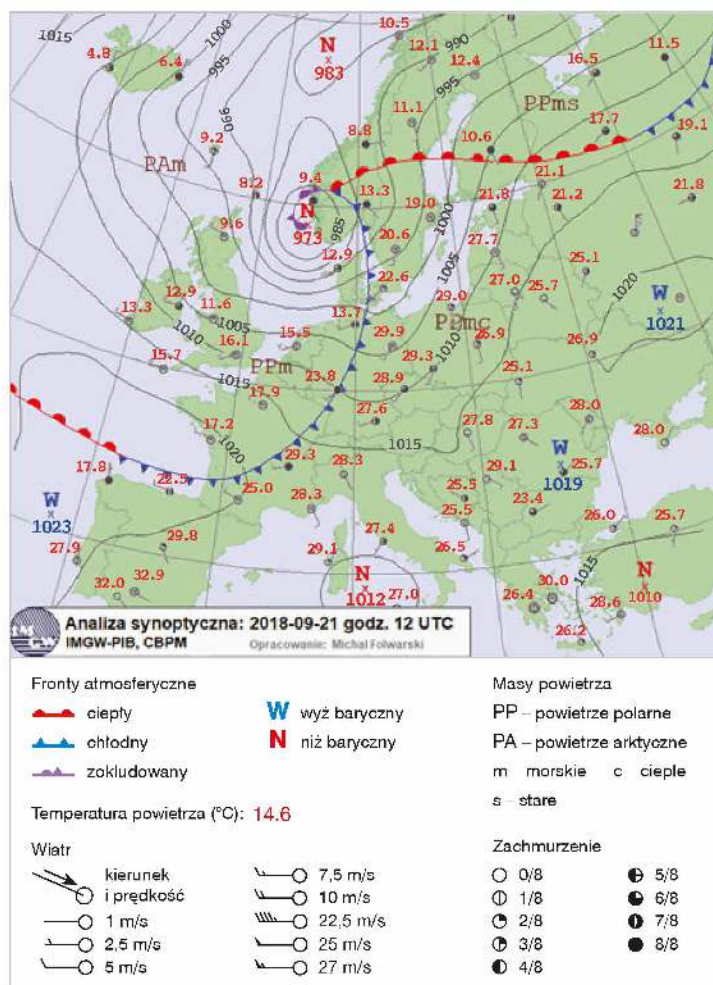
Wskazówka

Aktualne zdjęcia satelitarne znajdziesz na przykład na stronie pl.sat24.com lub www.pogodynka.pl. Możesz na nich zauważyć rozmieszczenie chmur, kierunek, w którym się poruszają, oraz grubość ich warstwy.

9 września chmury znajdowały się tylko na północno-zachodnim krańcu naszego kraju. Obszar ich występowania pokrywał się z obszarem, nad którym przechodził chłodny front atmosferyczny wkraczający do Polski z zachodu.

- 4 Na podstawie analizy pokrywy chmur oraz charakterystyki frontu sformułuj prognozę pogody dla obszaru Polski na 10 września.

10 września niemal na całym obszarze kraju zachmurzenie będzie duże lub całkowite. Spodziewane są: obniżenie temperatury powietrza, obfite opady deszczu oraz burze z silnym wiatrem. Taka zmiana pogody jest spowodowana przechodzeniem nad Polską chłodnego frontu atmosferycznego związanego z głębokim niżem znanym z Półwyspu Skandynawskiego.



Piękne i groźne

Groźne, potężne, ale piękne... Takie właśnie są ekstremalne zjawiska atmosferyczne. Burze, trąby powietrzne czy sztormy wzbudzają zwykle obawę, a nawet przerażenie, jednak patrzy się na nie z fascynacją i zachwytem. Te zjawiska uświadamiają bowiem ludziom, jak potężna i nieujarzmiona może być przyroda oraz uczą pokory, ponieważ mimo nieustannego rozwoju technologii wciąż nie można nad nimi zapanować.

Burze

Burze to jedno z najczęstszych gwałtownych zjawisk atmosferycznych. Wielkie i groźnie wyglądające chmury, które zapowiadają nadejście tego zjawiska, są jednocześnie „prądnicą” i „akumulatorem” dla piorunów. To właśnie wewnątrz burzowej chmury w wyniku zderzeń małych cząstek lodu powstaje ładunek elektryczny.



Większość piorunów ma długość ok. 5–6 km, ale szerokość zaledwie kilku centymetrów. Powietrze otaczające wyładowanie jest ponad trzy razy cieplejsze niż powierzchnia Słońca i ma temperaturę ok. 20 tys. stopni Celsjusza. Iskra elektryczna przemierza powietrze z prędkością ok. 100 tys. km/s.



Szkwały

Krótkotrwały, ale gwałtowny i osiąga-
jący bardzo dużą prędkość wiatr jest
nazywany szkwałem. Powstaje wtedy,
gdy stykające się masy powietrza
znacznie różnią się temperaturą. Szkwał
wieje najczęściej w sąsiedztwie chmur
burzowych. Odmianę tego wiatru stanowi
biały szkwał. Jest on również gwałtowny,
ale nie zapowiadają go chmury burzowe.
Nazwa *biały szkwał* nawiązuje do grzyw
fal, które pojawiają się na wodzie mimo
pogodnego nieba. To one ostrzegają
żeglarzy przed zbliżającym się uderze-
niem gwałtownego wiatru.



Szkwał, który wystąpił na Mazurach w sierpniu
2007 r., był związany z przechodzeniem
chmur burzowych. Wiał zaledwie 15 minut
z maksymalną prędkością 130 km/h i wywołał
fale sięgające 3 m wysokości. Ten szkwał
spowodował śmierć 12 osób i przewrócił
ok. 60 łodzi.



Trąby powietrzne

Trąba powietrzna to gwałtowny wir
powietrza rozciągający się między
chmurą burzową a powierzchnią gruntu,
któremu najczęściej towarzyszą
intensywne opady deszczu lub gradu.
Wielu z nas trąby powietrzne kojarzą się
z egzotycznymi krajami. Tymczasem kilka
razy w roku, najczęściej latem, występują
one także w Polsce. Te, które odnoto-
wano, miały prędkość ok. 300 km/h.



Trąba powietrzna przechodząca przez Bory
Tucholskie w 2012 r. połamała drzewa
w pasie liczącym niemal 200 m szerokości.



Zadania

1. Wyjaśnij, na czym polega prognozowanie pogody.
2. Podaj trzy przykłady zastosowania prognozy pogody w gospodarce.
3. Sfotografuj zjawisko meteorologiczne, które robi na Tobie duże wrażenie.
Wyjaśnij jego przyczyny i podaj skutki, które może wywołać.

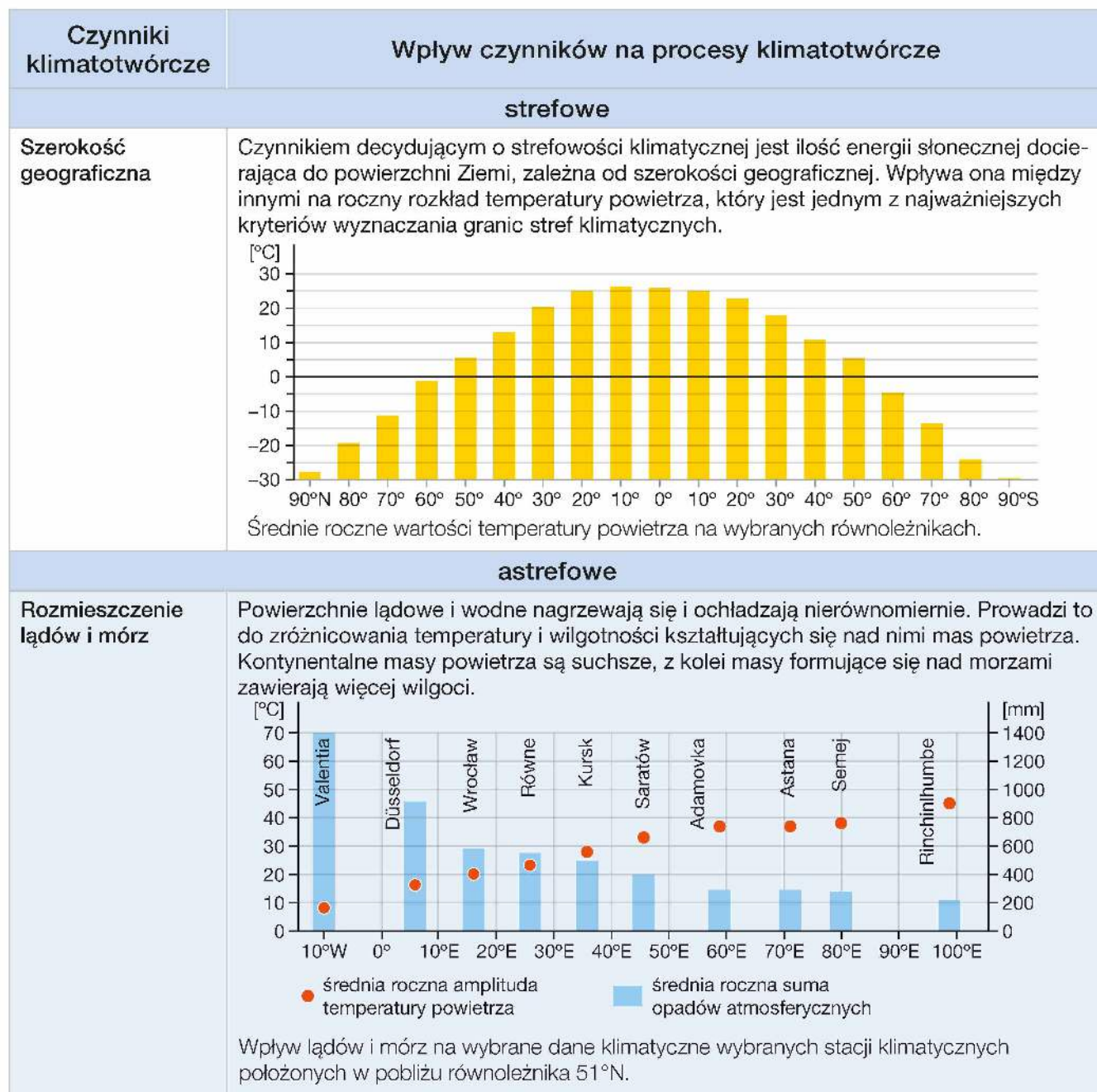
6

Czynniki klimatotwórcze

Na tej lekcji dowiesz się: co to jest klimat ■ jakie czynniki wpływają na klimat ■ czym się różni klimat lokalny od mikroklimatu ■ jakie czynniki mogą wpływać na mikroklimat w Twoim otoczeniu.

Systematyczne, trwające co najmniej 30 lat obserwacje i pomiary składników pogody na określonym obszarze pozwalają scharakteryzować jego **klimat**. Kształtują go czynniki klimatotwórcze. Najistotniejszym spośród nich jest ilość energii słonecznej docierającej

do powierzchni naszej planety. To czynnik strefowy – ze względu na kulistość Ziemi ilość tej energii maleje symetrycznie od równika w kierunku biegunów. Pozostałe czynniki, nazywane astrefowymi, modyfikują rozkład energii cieplnej na powierzchni naszej planety.



Czynniki klimatotwórcze	Wpływ czynników na procesy klimatotwórcze
Rodzaj prądów morskich i ich oddziaływanie	Masy powietrza powstające nad ciepłymi prądami morskimi mają wyższą temperaturę niż masy powietrza, przez które są otoczone. Dlatego gdy napływają nad obszary lądowe w umiarkowanych i wysokich szerokościach geograficznych w chłodnej porze roku, powodują wzrost temperatury powietrza. Ciepłe prądy morskie przyczyniają się również do zwiększenia wilgotności powietrza, a tym samym – do wzrostu opadów atmosferycznych na obszarach będących w zasięgu ich oddziaływania. Zimne prądy morskie przyczyniają się z kolei do spadku temperatury powietrza oraz zmniejszenia sumy opadów atmosferycznych. <i>Rio de Janeiro</i> (22°54'S, 43°11'W) <i>Antofagasta</i> (23°38'S, 70°24'W) Rio de Janeiro leży w strefie oddziaływania ciepłego prądu morskiego. Wskazują na to wyższa suma opadów atmosferycznych oraz wyższe wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza niż w Antofagascie.
Wysokość nad poziomem morza	Wraz ze wzrostem wysokości następuje spadek ciśnienia atmosferycznego oraz temperatury powietrza, a w efekcie – wzrost ilości opadów atmosferycznych.
Rzeźba terenu	Układ wielkich form rzeźby terenu wpływa na przemieszczanie się mas powietrza. Obszary nizinne umożliwiają swobodny przepływ mas powietrza, natomiast obszary górskie stanowią dla nich barierę, co powoduje między innymi zróżnicowanie ilości opadów atmosferycznych po obu stronach pasma górskiego. Na stokach dowiejrznych suma opadów jest większa niż na stokach zawietrznych. Czasami po jednej stronie masywu górskiego panuje słoneczna i ciepła pogoda, a po drugiej występują opady i jest znacznie zimniej. 
Pokrycie terenu	Szata roślinna, pokrywa śnieżna i lodowa oraz zabudowa miejska modyfikują warunki klimatyczne. Na przykład lasy, w porównaniu z obszarami pozbawionymi roślinności, odznaczają się niższą temperaturą powietrza w lecie, a wyższą w zimie. Z kolei rozgrzane w lecie zabudowania i nawierzchnie dróg powodują wzrost temperatury powietrza na terenach miejskich. Materiały, z których powstaje miejska zabudowa, powodują, że albedo większości miast jest bardzo niskie. Budynki, budowle i nawierzchnie ulic pochłaniają nawet 95% promieniowania słonecznego, więc emitują znaczną ilość ciepła. 

Klimat lokalny a mikroklimat

W tabeli omówiono wpływ czynników klimatycznych na bardzo duże obszary. Aby scharakteryzować klimat niewielkiego terenu, należy uwzględnić dodatkowo wiele czynników lokalnych. Im mniejszy obszar, tym większa ich rola.

Klimat występujący na przykład w niedużym mieście, na osiedlu, w małej dolinie rzecznej czy w śródgórskiej kotlinie to **klimat lokalny**. Najważniejszymi czynnikami, które go kształtują, są wysokość nad poziomem morza, położenie względem zbiorników wodnych oraz ukształtowanie i pokrycie terenu. Jeżeli warunki występujące na danym obszarze są jednorodne (np. cały obszar jest nizinny i rozciąga się w dużej odległości od jeziora), klimat lokalny może obejmować większy teren, taki jak powiat.

Zdecydowanie mniejszy zasięg niż klimat lokalny ma **mikroklimat**. Obejmuje on zwykle warstwę powietrza sięgającą do wysokości kilku metrów. Przykładami mogą być mikroklimat ściany lasu, zacienionej strony budynku czy dna doliny potoku. Mikroklimatem mogą charakteryzować się również pomieszczenia, np. sala lekcyjna czy biuro.

Różnicę między klimatem lokalnym a mikroklimatem bardzo dobrze obrazuje porównanie do supermarketu. Dzięki regulowanemu systemowi wentylacji temperatura powietrza,



Jednym z mikroklimatów składających się na klimat lokalny lasu może być mikroklimat brzegu jeziora.

jego wilgotność i przepływ są zbliżone na całej powierzchni sklepu. Dlatego w obrębie budynku panuje określony klimat lokalny. Jednak w poszczególnych częściach supermarketu występują odrębne mikroklimaty. Na przykład przy lodówkach z mięsem i nabiałem jest wyraźnie zimniej niż w innych rejonach, obok miejsca, w którym wypieka się pieczywo – cieplej, a przy stoisku z rybami – wilgotniej, gdyż łód, w którym trzyma się ryby, przechodzi w parę.

Innym przykładem ułatwiającym zrozumienie pojęć klimatu lokalnego i mikroklimatu jest las. Na całym obszarze, który porasta, występuje jeden klimat lokalny. Jednak na mniejszych jego fragmentach, takich jak granica lasu i łąki, teren osłonięty przez dorosłe drzewa czy zagajnik, będą panowały inne mikroklimaty.



W Twoim regionie

Czynniki wpływające na mikroklimat szkoły

Czynniki warunkujące mikroklimat są podobne do tych, które kształtują klimat lokalny, ale ich wpływ dotyczy mniejszego obszaru. Aby wskazać czynniki wpływające na mikroklimat za oknami sali, w której najczęściej masz lekcje, musisz zwrócić szczególną uwagę nawet na niewielkie zmiany takich parametrów, jak usłonecznienie, wiatr, pokrycie terenu czy topografia.

Wskazówka

Dokonaj obserwacji w słoneczny dzień. W takich warunkach najłatwiej dostrzec różnice w usłonecznieniu i temperaturze.

1 Usłonecznienie (ilość energii cieplnej).

Ustal, jaką ekspozycję względem kierunków geograficznych mają okna sali. Do okien znajdujących się od południa dociera więcej energii słonecznej

niż do okien o ekspozycji północnej. Zwróć również uwagę na to, czy obszar za oknami nie jest zacieniany przez budynek, drzewo lub wzgórze.

2 Wiatr.

Sprawdź, czy obszar za oknami jest wystawiony na wiatr, czy też od niego osłonięty. Silny przepływ powietrza wpływa bowiem na obniżenie temperatury i wilgotności powietrza.

3 Pokrycie terenu.

Tereny zadrzewione mają łagodniejszy mikroklimat. Wilgotność powietrza jest na nich wyższa, natomiast temperatura powietrza latem niższa, a zimą – wyższa. Z kolei obszary trawiaste są zwykle chłodniejsze od tych pokrytych asfaltem i betonem, ponieważ słabiej się nagrzewają.

4 Topografia terenu.

Jeśli Twój obszar badawczy znajduje się w obniżeniu terenu (np. na dnie doliny), zimą i nad ranem często zalega tam zimniejsze powietrze. Natomiast jeżeli znajduje się na wzniesieniu, przyjmuje więcej energii słonecznej, ale jest też bardziej wystawiony na działanie wiatru.

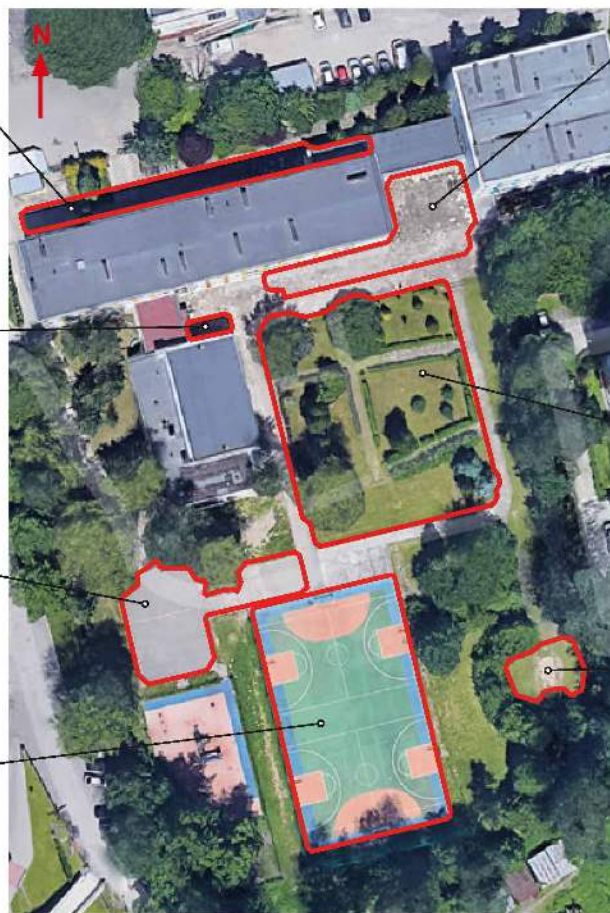
Charakterystyka wybranych fragmentów terenu ze względu na czynniki wpływające na mikroklimat

Ten fragment terenu jest zawsze zacieniony i odsłonięty od zachodu, skąd najmocniej wieje wiatr.

Wskazana część obszaru jest zawsze zacieniona i osłonięta od wiatru, a w związku z tym – najchłodniejsza i najwilgotniejsza.

Ten fragment jest nasłoneczniony i nieosłonięty od wiatru, jednak cieplejszy od boiska ze względu na pokrycie asfaltem.

Boisko szkolne pokryte jasnozielonym tartanem znajduje się w nasłonecznionej i nieosłoniętej od wiatru części obszaru.



To najcieplejsza część terenu: znajduje się przy nasłonecznionej południowej ścianie szkoły (na wzrost temperatury wpływa dodatkowo duża liczba okien odbijających promienie słoneczne) i jest osłonięta od wiatru.

Tę część terenu pokrywa trawa. Dlatego, mimo dużego nasłonecznienia i osłonięcia od wiatru, nie jest tam bardzo gorąco.

To nasłoneczniona, osłonięta od wiatru przez liczne krzewy i porośnięta trawą część obszaru. Dzięki temu panują tam warunki sprzyjające odpoczynkowi.

Zadania

1. Scharakteryzuj trzy czynniki astrefowe, które Twoim zdaniem najsilniej wpływają na klimat Twojej miejscowości.
2. Wyjaśnij różnicę między mikroklimatem a klimatem lokalnym.
3. Na podstawie dostępnych źródeł ustal, który zbiornik wodny silniej wpływa na klimat w Polsce: Morze Bałtyckie czy Ocean Atlantycki.

7

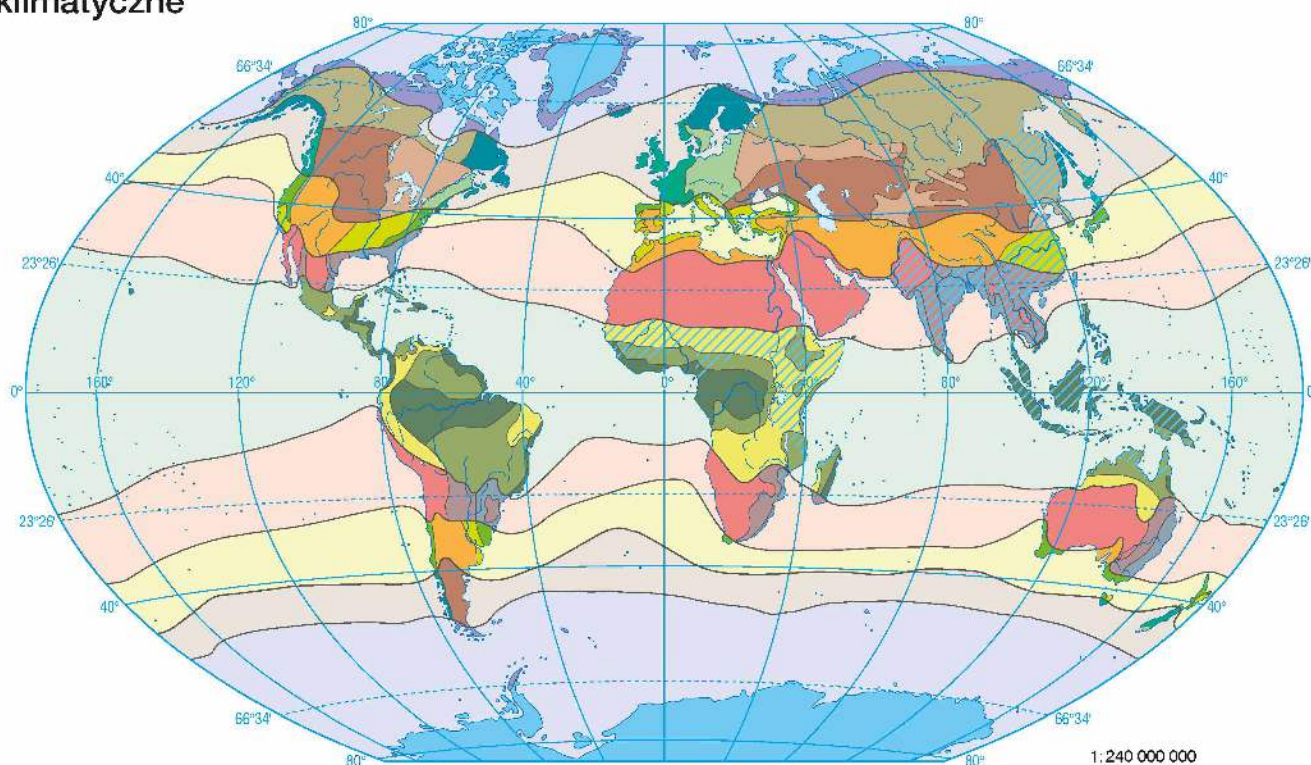
Klimaty kuli ziemskiej

Na tej lekcji dowiesz się: który podział klimatyczny najczęściej stosuje się w Polsce ■ jakie typy klimatów występują w poszczególnych strefach klimatycznych i jakimi cechami się odznaczają ■ jak rozpoznać strefę klimatyczną i typ klimatu na podstawie klimatogramu.

Klimaty na kuli ziemskiej układają się strefowo, niemal równoległe do równika. Złożoność elementów kształtujących klimat sprawia, że wydzielenie stref klimatycznych jest trudne. Różnice w przebiegu granic stref proponowanych przez klimatologów są spowodowane doбором odmiennych kryteriów klasyfikacji.

W Polsce najczęściej stosuje się podział Wincentego Okołowicza, uwzględniający typ krajobrazu, wartości temperatury powietrza oraz ilość opadów. W tym podziale istnieje dziewięć stref klimatycznych: jedna strefa równikowa oraz po dwie strefy zwrotnikowe, podzwrotnikowe, umiarkowane oraz okołobiegunowe.

Strefy klimatyczne



Strefa klimatów równikowych

- wybitnie wilgotny
- wilgotny (podrównikowy wilgotny)
- suchy i wybitnie suchy (podrównikowy suchy)

Strefa klimatów zwrotnikowych

- wilgotny
- pośredni
- kontynentalny suchy i skrajnie suchy, pustynny

Strefa klimatów podzwrotnikowych

- morski
- pośredni i kontynentalny
- kontynentalny suchy, półpustynny i pustynny

Strefa klimatów umiarkowanych

- Grupa klimatów umiarkowanych ciepłych
- morski
- przejściowy
- kontynentalny
- kontynentalny suchy i skrajnie suchy

Grupa klimatów umiarkowanych chłodnych

- morski i przejściowy
- kontynentalny i skrajnie kontynentalny

Strefa klimatów okołobiegunowych

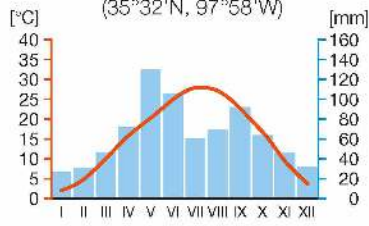
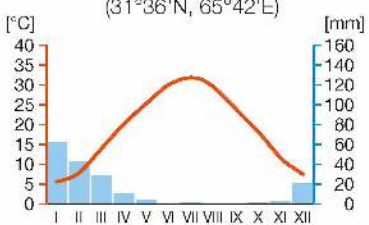
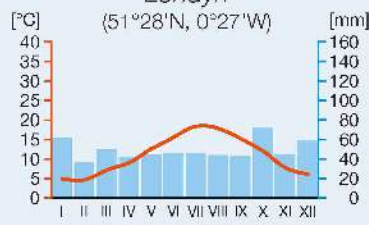
- subpolarny
- polarny

Astrefowe odmiany klimatów

- klimat monsunowy

Klasyfikacja klimatyczna

Nazwa strefy	Typ klimatu	Charakterystyka strefy	Przykładowe diagramy klimatyczne
STREFA KLIMATÓW RÓWNIKOWYCH	równikowy wybitnie wilgotny	- średnia roczna temperatura powietrza powyżej 20°C - roczna amplituda temperatury powietrza poniżej 5°C - roczna suma opadów atmosferycznych od 2000 mm do 3000 mm - brak dominującej pory deszczowej	<i>Pontianak</i> (0°00'N, 109°20'E)
	podrównikowy wilgotny	- średnia roczna temperatura powietrza powyżej 20°C - roczna amplituda temperatury powietrza poniżej 5°C - roczna suma opadów atmosferycznych od 1000 mm do 2000 mm - jedna lub dwie pory deszczowe	<i>Niamey</i> (13°31'N, 2°07'E)
	podrównikowy suchy	- roczna amplituda temperatury powietrza powyżej 10°C - roczna suma opadów atmosferycznych od 500 mm do 1000 mm - jedna pora deszczowa	<i>Aioun el Atrouss</i> (16°39'N, 9°37'E)
STREFA KLIMATÓW ZWROTNIKOWYCH	zwrotnikowy wilgotny	- temperatura powietrza w lecie powyżej 25°C, w zimie do 20°C - roczna suma opadów atmosferycznych od 1000 mm do 2000 mm - opady głównie latem - w odmianie monsunowej suma opadów powyżej 2000 mm; najobfitsze opady są związane z monsunem letnim; zima sucha i ciepła	<i>Miami</i> (25°80'N, 80°30'W)
	zwrotnikowy pośredni	- roczna suma opadów atmosferycznych od 300 mm do 1000 mm - wysokie dobowe amplitudy temperatury powietrza - duże nasłonecznienie	<i>Alice Springs</i> (23°42'S, 133°52'E)

Nazwa strefy	Typ klimatu	Charakterystyka strefy	Przykładowe diagramy klimatyczne
STREFA KLIMATÓW ZWROTNIKOWYCH	zwrotnikowy skrajnie suchy	- wysokie dobowe amplitudy temperatury powietrza - opady sporadyczne lub brak opadów	<i>Al-Kufra</i> (24°14'N, 23°20'E) 
STREFA KLIMATÓW PODZWROTNIKOWYCH	morski (śródlądowo-morski)	- średnia roczna temperatura powietrza powyżej 15°C - latem gorące, zimą łagodna - roczna suma opadów atmosferycznych od 500 mm do 900 mm - opady deszczu głównie zimą	<i>Ateny</i> (38°00'N, 23°43'E) 
	pośredni i kontynentalny suchy	- duże dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza - latem bardzo gorące; zimą średnia miesięczna temperatura powietrza może spaść nawet poniżej 0°C	<i>El Reno</i> (35°32'N, 97°58'W) 
	kontynentalny suchy	- duże dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza - zimą dobową temperaturę powietrza nawet poniżej 0°C - niewielkie opady	<i>Kandahar</i> (31°36'N, 65°42'E) 
STREFA KLIMATÓW UMIARKOWANYCH	Klimat umiarkowany ciepły	morski	<i>Londyn</i> (51°28'N, 0°27'W) 
		przejściowy	<i>Warszawa</i> (52°10'N, 21°02'E) 

Nazwa strefy	Typ klimatu	Charakterystyka strefy	Przykładowe diagramy klimatyczne
STREFA KLIMATÓW UMIARKOWANYCH			
	kontynentalny	• roczna amplituda temperatury powietrza do 45°C • upalne lato i mroźna zima • niewielkie opady, głównie latem	<i>Erenhot</i> (43°39'N, 111°59'E)
	morski	• roczna amplituda temperatury powietrza do ok. 15°C • lata chłodne, zimy łagodne • opady całoroczne z przewagą jesienno-zimowych, dochodzące do 1000 mm	<i>Trondheim</i> (63°20'N, 10°21'E)
	przejściowy	• duża zmienność stanów pogody w zależności od kierunku napływających mas powietrza • roczna amplituda temperatury powietrza powyżej 25°C • opady całoroczne z przewagą w porze letniej	<i>Joensuu</i> (62°36'N, 29°46'E)
	kontynentalny	• roczna amplituda temperatury powietrza ponad 45°C • lato krótkie i chłodne, zima długa i mroźna • roczna suma opadów atmosferycznych do 250 mm	<i>Jakuck</i> (62°02'N, 129°44'E)
STREFA KLIMATÓW OKOŁOBIEGUNOWYCH	podbiegunowy (subpolarny)	• średnia temperatura najcieplejszego miesiąca nieznacznie powyżej 0°C • roczna suma opadów atmosferycznych do 250 mm, opady głównie w postaci śniegu	<i>Nuuk</i> (64°17'N, 51°45'W)
	biegunowy (polarny)	• średnia temperatura powietrza najcieplejszego miesiąca poniżej 0°C • roczna suma opadów atmosferycznych do 150 mm, opady wyłącznie w postaci śniegu lub brak opadów	<i>Amundsen-Scott</i> (90°00'S)

W każdej ze stref klimatycznych wyróżnionych przez Wincentego Okołowicza występuje kilka typów klimatu. Należą do nich klimaty wilgotne, które w niektórych strefach klimatycznych są nazywane morskimi, klimaty suche, nazywane niekiedy kontynentalnymi, oraz klimaty pośrednie (przejściowe), mające cechy zarówno klimatów wilgotnych, jak i suchych. **Klimat morski** charakteryzują niewielkie dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza oraz duże, rozłożone równomiernie w ciągu roku opady atmosferyczne. Panujący we wnętrzach kontynentów **klimat kontynentalny** odznacza się z kolei dużymi dobowymi i rocznymi amplitudami temperatury powietrza. Opady atmosferyczne w tym klimacie są zazwyczaj niewielkie i przypadają na miesiące letnie.



Typowy dla klimatu kontynentalnego skrajnie suchego jest krajobraz pustynny. Występuje on na przykład na południu leżącego w centrum Azji Kazachstanu.

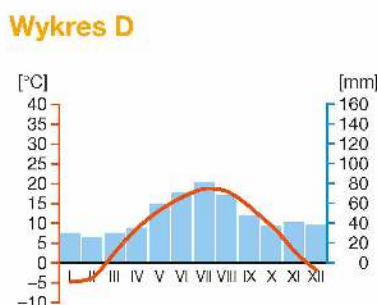
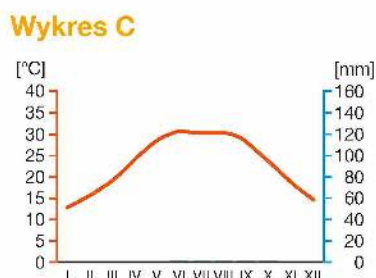
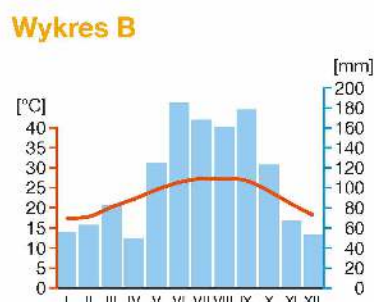
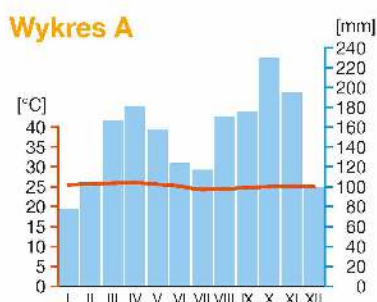
Jak rozpoznać strefę klimatyczną i typ klimatu na podstawie klimatogramu?

Krok po kroku

Aby rozpoznać strefę klimatyczną oraz typ klimatu na podstawie klimatogramu, przeanalizuj kolejno wartości temperatury powietrza oraz wielkość opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach. Następnie wyciągnij wnioski dotyczące rocznego przebiegu temperatury i opadów.

Przykład

Poniżej zamieszczono klimatogramy sporządzone dla pięciu miejscowości znajdujących się w różnych strefach klimatycznych. Podaj nazwy tych stref oraz typów klimatu.



- 1** Przeanalizuj na kolejnych wykresach dane dotyczące temperatury powietrza. Zwróć uwagę na jej wartości w poszczególnych miesiącach, przebieg w ciągu roku oraz różnicę między średnią temperaturą powietrza w najcieplejszym i najzimniejszym miesiącu (czyli średnią roczną amplitudę temperatury powietrza).

Wykres A. Wyrównany przebieg temperatury (ok. 25°C) przez cały rok, z niewielką amplitudą, świadczy o stałym dopływie energii słonecznej. Takie warunki panują jedynie w **strefie równikowej**.

Wykres B. Bardzo wysokie wartości temperatury (nawet ponad 25°C) występują niemal przez cały rok – chłodniejszych jest tylko kilka miesięcy. Takie cechy wskazują na **strefę zwrotnikową**.

Wykres C. Wartości temperatury przez cały rok przekraczają 0°C . Wyraźnie zarysowuje się podział na pory roku (z gorącym latem i znacznie chłodniejszą zimą), a roczna amplituda temperatury powietrza jest wysoka. Takie cechy są charakterystyczne dla **strefy podzwrotnikowej**.

Wykres D. Wartości temperatury powietrza w miesiącach letnich osiągają maksymalnie 20°C , a w miesiącach zimowych – ok. 0°C lub nieco mniej. Taki roczny przebieg temperatury jest charakterystyczny dla **strefy umiarkowanej**.

Wykres E. Temperatura powietrza przez większą część roku (lub cały rok) wynosi poniżej 0°C . To cecha **strefy okołobiegunowej**.

- 2** Przeanalizuj na wykresach dane dotyczące opadów atmosferycznych: ich ilość w poszczególnych miesiącach oraz przebieg w ciągu roku. Te dane pozwalają ustalić, czy klimat jest bardziej wilgotny (np. morski), czy bardziej suchy (np. kontynentalny).

Wykres A. Bardzo duże i mało zróżnicowane w ciągu roku opady są charakterystyczne dla klimatu równikowego (deszcze zenitalne). Tak wysokie sumy opadów jak przedstawione na klimatogramie wskazują na klimat **równikowy wybitnie wilgotny**.

Wykres B. Wyraźny podział na porę suchą i deszczową, z dużą amplitudą wysokości opadów w poszczególnych miesiącach, charakteryzuje **klimat zwrotnikowy wilgotny**. Uwaga: w strefie zwrotnikowej znajdują się także wielkie pustynie, na których opady prawie w ogóle nie występują.

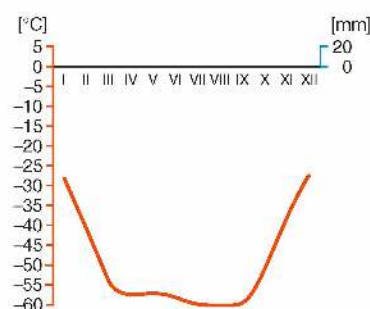
Wykres C. Brak opadów na diagramie C wskazuje na bardzo silny kontynentalizm klimatu. Trzeba pamiętać, że duże odległości od mórz powodują, że masy powietrza są bardzo suche. Stacja, dla której dane przedstawiono na klimatogramie C, znajduje się więc w **klimacie podzwrotnikowym suchym**.

Wykres D. Klimat umiarkowany przejściowy charakteryzują niezbyt wysokie, ale występujące przez cały rok opady. Większe opady latem są w strefie umiarkowanej wskaźnikiem kontynentalizmu, a znaczne opady zimą – efektem wpływu klimatu morskiego. Im bliżej morza, tym bardziej wyrównane opady w ciągu roku. Z kolei im dalej od morza w głąb lądów, tym opady są mniejsze zimą, a większe – latem. Klimatogram D przedstawia zatem klimat **umiarkowany ciepły przejściowy**.

Wykres E. W strefie okołobiegunowej większe opady występują w klimacie podbiegunowym (subpolarnym), a w klimacie biegunowym (polarnym) są znikome lub nie ma ich wcale. Klimatogram E przedstawia **klimat podbiegunowy**. Przez kilka miesięcy w roku temperatura powietrza jest w nim dodatnia.

Zadanie

Klimatogram zamieszczony obok przedstawia dane klimatyczne dla pewnego miejsca. Ustal, w której strefie klimatycznej i w jakim typie klimatu znajduje się to miejsce.



Klimaty astrefowe

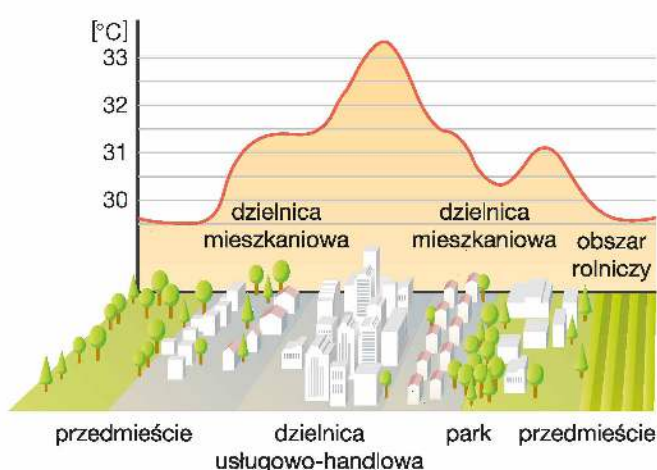
Na całej kuli ziemskiej, niezależnie od stref klimatycznych, występują klimaty astrefowe. Wśród nich wyróżnia się klimat górski, klimat monsunowy oraz klimat miejski.

Klimat górski charakteryzują:

- ▶ spadek temperatury powietrza i ciśnienia atmosferycznego wraz z wysokością,
- ▶ wzrost opadów atmosferycznych do pewnej wysokości oraz wzrost średniej prędkości wiatru wraz ze wzrostem wysokości,
- ▶ wzrost natężenia promieniowania słonecznego wraz ze wzrostem wysokości,
- ▶ duża zmienność warunków pogodowych,
- ▶ duża zależność poszczególnych elementów pogodowych od ekspozycji stoków, układu dolin i grzbietów górskich,
- ▶ częste występowanie zjawiska inwersji temperatury powietrza.

Specyfika warunków klimatycznych panujących w górach powoduje, że występują tam piętra klimatyczno-roślinne. Ich granice przebiegają na różnych wysokościach, w zależności od szerokości geograficznej. Na przykład w Tatrach górna granica lasu znajduje się na wysokości 1550 m n.p.m., natomiast w masywie Kilimandżaro – na wysokości 3500 m n.p.m.

Klimat monsunowy występuje wszędzie tam, gdzie istnieje cyrkulacja monsunowa. Charakteryzuje się występowaniem dwóch pór roku: ciepłej i chłodnej. W porze ciepłej znad oceanu napływa ciepłe i wilgotne powietrze. Wiele wówczas monsun letni, który wywołuje bardzo obfite opady. Natomiast w porze chłodnej monsun zimowy przynosi nad ląd powietrze suche i zimne. To skutkuje brakiem opadów.



Miejska wyspa ciepła.

Klimatem astrefowym jest też **klimat miejski**. Duże miasta odznaczają się znacznie większym zanieczyszczeniem atmosfery gazami i pyłami niż ich otoczenie. W związku z tym zalegające nad nimi masy powietrza zawierają dużą ilość jąder kondensacji, które zwiększają zachmurzenie i sumę opadów atmosferycznych. Ponadto w miastach występuje zjawisko miejskiej wyspy ciepła. Polega ono na tym, że średnia roczna temperatura powietrza w centrum miasta jest wyższa niż na terenach podmiejskich. Do wzrostu temperatury przyczyniają się między innymi:

- ▶ przewaga betonowej zabudowy i asfaltowych nawierzchni ulic, które szybko akumulują energię słoneczną w ciągu dnia i oddają zgromadzone ciepło w nocy,
- ▶ emisja ciepła pochodzącego ze spalania paliw oraz z ogrzewania budynków,
- ▶ zanieczyszczenia atmosferyczne, które utrudniają wypromieniowywanie ciepła nocą.

Zadania

1. Wyjaśnij, na czym polega strefowość klimatów na Ziemi.
2. Wskaż trzy różnice występujące między klimatem morskim a klimatem kontynentalnym.
3. Na podstawie map klimatycznych w atlasie geograficznym scharakteryzuj klimaty występujące na Nizinie Amazonki, Pustyni Libijskiej, półwyspie Floryda, Półwyspie Skandynawskim oraz na Islandii.
- *4. Ustal, jaki typ klimatu występuje w miejscu Twojego zamieszkania. Opisz charakterystyczne cechy tego klimatu i rozstrzygnij, czy wykazuje on więcej cech klimatu kontynentalnego, czy morskiego.

Podsumowanie

- **Atmosfera** to powłoka Ziemi stanowiąca mieszaninę gazów zwaną powietrzem. W powietrzu atmosferycznym występują trzy rodzaje składników:
 - składniki stałe,
 - składniki zmienne,
 - aerozole atmosferyczne.
- **Stałymi składnikami** atmosfery są gazy, których stężenie nie zmienia się do wysokości ok. 100 km nad powierzchnią Ziemi. Należą do nich azot, tlen i argon oraz – w śladowych ilościach – neon, hel, krypton i wodór.
- **Zmienne składniki** atmosfery to para wodna, ditlenek węgla, czyli dwutlenek węgla nazywany inaczej tlenkiem węgla(IV), oraz ozon. Ich stężenie zmienia się w czasie i przestrzeni.
- **Aerozole atmosferyczne** to zarówno substancje ciekłe, jak i stałe, takie jak pyłki roślin, bakterie, popioły, kryształki soli morskiej i sadza.
- **Magnetosfera** chroni życie na Ziemi przed szkodliwymi cząstkami wiatru słonecznego (odchyla je, dzięki czemu w większości nie docierają do naszej planety).
- **Wiatr słoneczny** to strumień silnie naładowanych elektrycznie cząstek emitowany przez Słońce w przestrzeń międzyplanetarną. Jego prędkość w okolicach Ziemi waha się w granicach od 300 km/s do 800 km/s.
- **Zorza polarna** to zjawisko świetlne widoczne jako świecenie się górnych warstw atmosfery. Można je obserwować głównie w okresie zimowym.
- Istnieje pięć głównych **warstw atmosfery**: troposfera, stratosfera, mezosfera, termosfera oraz egzosfera. Są one oddzielone od siebie cienkimi warstwami przejściowymi: tropopauzą, stratopauzą i mezopauzą.
- Atmosfera jest najważniejszą powłoką ochronną Ziemi. Zabezpiecza ją przed szkodliwym promieniowaniem kosmicznym, meteoroidami oraz przed nadmiernym wypromieniowywaniem ciepła w przestrzeń kosmiczną.
- Głównym źródłem energii świetlnej i cieplnej na Ziemi jest **promieniowanie słoneczne**.
- Do powierzchni kuli ziemskiej dociera energia słoneczna w postaci **promieniowania bezpośredniego**, a także **promieniowania rozproszonego**.
- **Temperatura powietrza** to jeden z najważniejszych elementów pogody. Określa stopień nagrzania atmosfery.
- Do głównych czynników wpływających na przestrzenne różnicowanie temperatury powietrza na Ziemi należą:
 - szerokość geograficzna,
 - wysokość nad poziomem morza,
 - rzeźba terenu,
 - odległość od mórz i oceanów,
 - prądy morskie,
 - charakter podłoża,
 - cyrkulacja atmosferyczna.
- **Inwersja** to sytuacja, kiedy w wyższych warstwach troposfery temperatura powietrza jest wyższa niż w warstwach położonych niżej.
- **Albedo** to stosunek ilości promieniowania odbitego od danej powierzchni do promieniowania, które na nią pada. Ciemne powierzchnie mają niskie albedo, a jasne – wysokie.
- Różnicę między maksymalną a minimalną wartością temperatury powietrza w ciągu doby określa się mianem **dobowej amplitudy temperatury powietrza**.
- Różnica między średnią temperaturą powietrza najcieplejszego i najchłodniejszego miesiąca w roku to **średnia roczna amplituda temperatury powietrza**.
- **Ciśnienie atmosferyczne** to siła, z jaką słup powietrza naciska na określoną powierzchnię na Ziemi. Wartość ciśnienia mierzy się w hektopaskalach (1 hPa jest równy naciskowi 100 N na 1 m² powierzchni). Za normalną wartość ciśnienia atmosferycznego przyjmuje się 1013,25 hPa.
- **Izobary** to linie łączące punkty o jednakowych wartościach ciśnienia atmosferycznego.
- **Niż baryczny** (cyklon) – układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie atmosferyczne maleje w kierunku środka układu (w centrum układu wartość ciśnienia jest najniższa).

- **Wyż baryczny** (antycyklon) – układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie atmosferyczne wzrasta w kierunku środka układu (najwyższą wartość osiąga w centrum układu).
- Powietrze przemieszcza się w różnych kierunkach:
 - poziomo (jako wiatr),
 - pionowo (konwekcja),
 - nieregularnie (turbulencja).
- **Wiatr** to poziomy ruch powietrza w dolnej warstwie troposfery, wywołany różnicą ciśnienia atmosferycznego, która wynika z nierównomiernego nagrzewania się powierzchni ziemi. Wiatr wieje zawsze od obszarów o wyższym ciśnieniu atmosferycznym do obszarów o niższym ciśnieniu.
- **Konwekcja** to pionowy ruch powietrza atmosferycznego spowodowany różnicą gęstości powietrza, wynikającą z jego nagrzewania się. Wyróżnia się prądy konwekcyjne wstępujące oraz zstępujące.
- **Prądy wstępujące** powstają nad silnie nagrzanymi obszarami, gdzie powietrze przy powierzchni się rozpręża i unosi. Wskutek tego nad obszarem powstaje ośrodek niskiego ciśnienia.
- **Prądy zstępujące** tworzą się nad obszarami o niskich wartościach temperatury. Nacisk na podłoże, wywołany przez opadające zimne i gęste powietrze, powoduje tam wzrost ciśnienia atmosferycznego i powstanie wyżu.
- **Turbulencja** to chaotyczny ruch powietrza na niewielkim obszarze. Powstaje zazwyczaj wtedy, gdy przemieszczające się powietrze napotka na swojej drodze niewielkie wzniesienia lub inną barierę.
- **Globalna cyrkulacja atmosfery** to krążenie powietrza wokół Ziemi wywołane różnicami w dopływie energii słonecznej oraz ruchem obrotowym naszej planety. Na obu półkulach: północnej i południowej wyróżniamy po trzy komórki cyrkulacyjne, w których obrębie odbywa się ruch mas powietrza.
- Siła Coriolisa powoduje, że kierunki wiatrów stałych wiejących w kierunku równika, czyli pasatów, ulegają odchyleniu. Pasaty zbiegają się w okolicach równika w tzw. strefie zbieżności, która zmienia w ciągu roku swoje położenie (w zależności od miejsca górowania Słońca). Z tego powodu w strefie podrównikowej występują dwie pory roku – deszczowa i sucha.
- W komórce **Hadleya** na obszarach równikowych nad ogrzewaną powierzchnią powstaje niż i występują **deszcze zenitalne**, natomiast nad zwrotnikami tworzą się suche i gorące wyże.
- W umiarkowanych szerokościach geograficznych, w okolicach 60°N i 60°S, powietrze, które jest niesione wiatrami zachodnimi od zwrotników w **komórce Ferrela** miesza się przy powierzchni Ziemi z powietrzem niesionym wiatrami wschodnimi od biegunów. Przy powierzchni tworzy się strefa obniżonego ciśnienia.
- Chłodne powietrze z wyżów biegunowych przemieszcza się w postaci stałych wiatrów w stronę umiarkowanych szerokości geograficznych. W wyniku działania siły Coriolisa wiatry wiejące od biegunów mają kierunek wschodni.
- **Cyrkulacja monsunowa** powstaje wskutek nierównomiernego nagrzewania się sąsiadujących ze sobą dużych obszarów oceanicznych i lądowych. Monsuny tworzą się w południowej i południowo-wschodniej Azji, północnej Australii, środkowo-zachodniej Afryce oraz Ameryce Środkowej.
- **Monsun letni** przynosi znad oceanu masy wilgotnego i ciepłego powietrza. Powoduje duże zachmurzenie oraz opady deszczu.
- **Monsun zimowy** wieje znad wychłodzonego kontynentu w kierunku oceanu. To wiatr chłodny i suchy, kształtujący suchą i słoneczną pogodę.
- W poszczególnych regionach świata występują **wiatry lokalne**. Ich liczbę szacuje się na ponad dwa tysiące. Wiatrami lokalnymi są: bryza, fen, wiatr górski, wiatr dolinny oraz bora.
- **Bryza** występuje w ciepłej porze roku na wybrzeżach mórz oraz w strefie brzegowej dużych śródlądowych zbiorników wodnych. Kierunek bryzy zmienia się w cyklu dobowym.
- **Fen** jest ciepłym, suchym i porywistym wiatrem występującym po zawietrznej stronie pasma górskiego.
- **Wiatr górski** i **wiatr dolinny** występują w górach podczas bezchmurnej pogody. Ich kierunek zmienia się w cyklu dobowym.
- **Bora** to zimny, suchy i porywisty wiatr występujący na obszarach, gdzie wyżyny lub góry sąsiadują bezpośrednio z dużym zbiornikiem wodnym (morzem, jeziorem).
- **Wilgotność powietrza** to zawartość pary wodnej w powietrzu. Dostaje się ona do atmosfery na skutek parowania wody ze zbiorników wodnych, z gleb i roślin oraz w wyniku sublimacji.

- Ilość pary wodnej w powietrzu zależy od:
 - temperatury powietrza – im jest ono cieplejsze, tym może pomieścić więcej pary wodnej;
 - szerokości geograficznej – generalnie im dalej od równika, tym mniej pary wodnej;
 - odległości od mórz i oceanów, ukształtowania powierzchni oraz pokrycia terenu.
- Miarami wilgotności powietrza są: wilgotność bezwzględna, wilgotność względna, temperatura punktu rosy.
- **Chmura** to zbiór kropelek wody lub kryształków lodu albo mieszanina jednych i drugich, swobodnie unoszący się w powietrzu.
- **Mgła** to zawiesina kropelek wody lub (rzadziej) kryształków lodu, która powoduje, że widoczność jest mniejsza niż 1 km. Podstawa mgły styka się z powierzchnią ziemi.
- Na **wielkość opadów atmosferycznych** w poszczególnych regionach Ziemi wpływają między innymi: globalna cyrkulacja atmosferyczna, wysokość nad poziomem morza, rzeźba terenu, odległość od mórz i oceanów, prądy morskie, pokrycie terenu.
- Najniższe roczne sumy opadów występują w paśmie **pustyń zwrotnikowych**.
- Najwyższe roczne sumy opadów atmosferycznych występują w Azji Południowo-Wschodniej na obszarach objętych oddziaływaniem **cyrkulacji monsunowej**.
- **Masa powietrza** to duży fragment troposfery charakteryzujący się określonymi właściwościami fizycznymi, przede wszystkim podobną temperaturą i podobną wilgotnością.
- Masy powietrza są rozdzielone strefami przejściowymi, zwanymi **frontami atmosferycznymi**.
- Ze względu na temperaturę mas i sposób przemieszczania się frontów wyróżnia się **front chłodny**, **front ciepły** oraz **front zokludowany**.
- **Front chłodny** tworzy się wtedy, gdy chłodne, ciężkie masy powietrza wsuwają się pod powietrze cieplejsze i wypychają je do góry. Bardzo często na froncie chłodnym panują warunki, w których dochodzi do gwałtownych zjawisk atmosferycznych, takich jak burze.
- **Front ciepły** powstaje, gdy nad obszar z zalegającym chłodnym powietrzem napływa powietrze cieplejsze i wślizguje się na masę chłodną. Powietrze ciepłe się ochładza, a zawarta w nim para wodna ulega kondensacji. Tworzą się chmury warstwowo-deszczowe dające długotrwałe opady.
- **Front zokludowany** tworzy się wtedy, gdy przemieszczający się szybciej front chłodny dogoni front ciepły. Wówczas fronty nachodzą na siebie i następuje zetknięcie się dwóch chłodnych mas powietrza. Masa ciepła odrywa się od powierzchni i unosi ponad powietrze chłodne. Wiążą się z nim długotrwałe opady atmosferyczne, którym w cieplej porze roku zazwyczaj towarzyszą burze.
- **Pogoda** nazywamy chwilowy stan atmosfery w danym miejscu i czasie. Określa ją zespół elementów meteorologicznych, do których należą:
 - temperatura powietrza,
 - ciśnienie atmosferyczne,
 - wiatr,
 - wilgotność powietrza,
 - zachmurzenie,
 - opady atmosferyczne,
 - inne zjawiska atmosferyczne, np. tęcza.
- W **stacjach meteorologicznych** systematycznie dokonuje się obserwacji i pomiarów podstawowych elementów meteorologicznych, takich jak: temperatura powietrza i gruntu, ciśnienie atmosferyczne, kierunek i prędkość wiatru, wilgotność powietrza, wielkość opadów atmosferycznych, wielkość zachmurzenia czy usłonecznienie.
- **Prognozowanie pogody** polega na przewidywaniu jej przebiegu na podstawie:
 - aktualnego stanu jej elementów,
 - informacji o warunkach pogodowych występujących w przeszłości.
- Klimat jest kształtowany przez **czynniki klimatotwórcze**. Najistotniejszym spośród nich jest ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni naszej planety.
- **Klimat lokalny** występuje na przykład w niedużym mieście, na osiedlu, w małej dolinie rzecznej czy w śródgórskiej kotlinie.
- **Mikroklimat** obejmuje zwykle warstwę powietrza sięgającą do wysokości kilku metrów. Mikroklimatem mogą charakteryzować się na przykład pomieszczenia, takie jak sala lekcyjna czy biuro.
- Wincenty Okołowicz wyróżnił 29 typów klimatów i 9 stref klimatycznych: jedną strefę równikową, dwie strefy zwrotnikowe, dwie strefy podzwrotnikowe, dwie strefy umiarkowane oraz dwie strefy okołobiegunowe.
- Na całej kuli ziemskiej, niezależnie od stref klimatycznych, występują **klimaty astrefowe**. Wśród nich wyróżnia się **klimat górski**, **klimat monsunowy** oraz **klimat miejski**.



- 1** Przerysuj tabelę do zeszytu. Następnie wpisz w odpowiednich jej rubrykach poniższe nazwy składników powietrza. (0–2 p.)

*argon, neon, ozon, dwutlenek węgla,
para wodna, tlen*

Składniki stałe	Składniki zmienne
?	?

- 2** Przyporządkuj wymienione warstwy atmosfery zachodzącym w niej zjawiskom i procesom meteorologicznym. (0–3 p.)

A. Termosfera.
B. Troposfera.
C. Stratosfera.

- a) W jej dolnej części występują bardzo silne poziome ruchy powietrza (prądy strumieniowe).
b) W tej warstwie wyróżnia się jonosferę, w której występują zorze polarne.
c) W tej warstwie powstają chmury i tworzą się opady atmosferyczne.
d) Sięga do wysokości ok. 85 km nad powierzchnią Ziemi.

- 3** Wskaż poprawne dokończenie zdania. (0–1 p.)

Jednym z przykładów wpływu atmosfery na krajobraz jest

- A. spłaszczenie biegunowe Ziemi.
B. odchyłanie przemieszczających się mas powietrza na półkuli północnej w prawo.
C. niszczenie znacznych powierzchni leśnych przez bardzo silne wiatry.
D. zorza polarna.

- 4** Przepisz do zeszytu wyrażenia opisujące czynniki, które nie wpływają na rozkład temperatury powietrza. (0–1 p.)

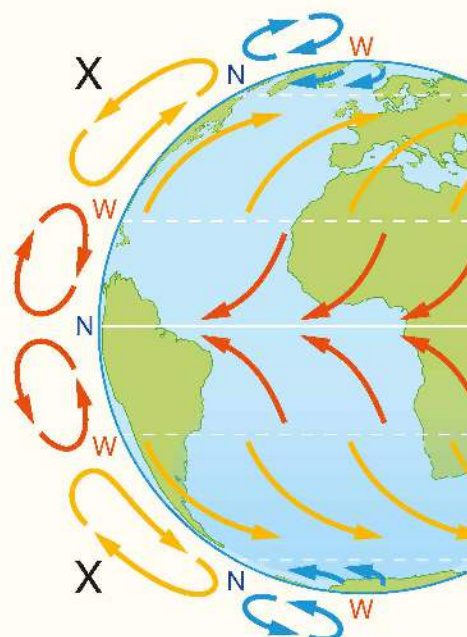
długość geograficzna, wysokość nad poziomem morza, rzeźba terenu, odległość od mórz i oceanów, długość dnia

- 5** Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Wybierz P, jeśli informacja jest prawdziwa, lub F, jeśli jest fałszywa. (0–2 p.)

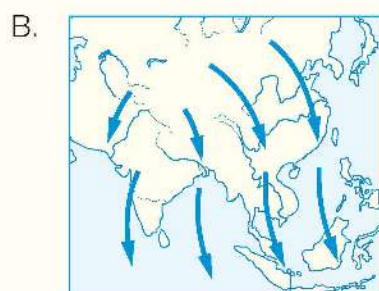
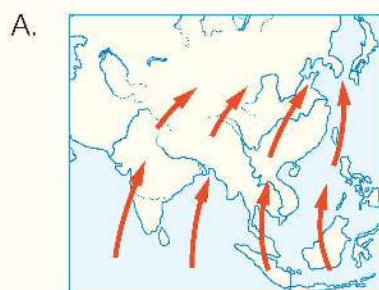
1.	Gradient wilgotnoadiabaticzny to spadek temperatury powietrza wraz z wysokością średnio o 0,6°C na każde 100 m.	P	F
2.	Inwersja to sytuacja, kiedy w wyższych warstwach troposfery temperatura powietrza jest wyższa niż w warstwach położonych niżej.	P	F
3.	Ciepłe prądy morskie wpływają na obniżenie wilgotności na obszarach będących w zasięgu ich oddziaływania.	P	F
4.	Najwyższe dobowe amplitudy temperatury powietrza na Ziemi występują na obszarach pustynnych w strefie zwrotnikowej.	P	F

- 6** Wyjaśnij, dlaczego w wysokich górach ciśnienie atmosferyczne jest znacznie niższe niż na nizinach. (0–1 p.)

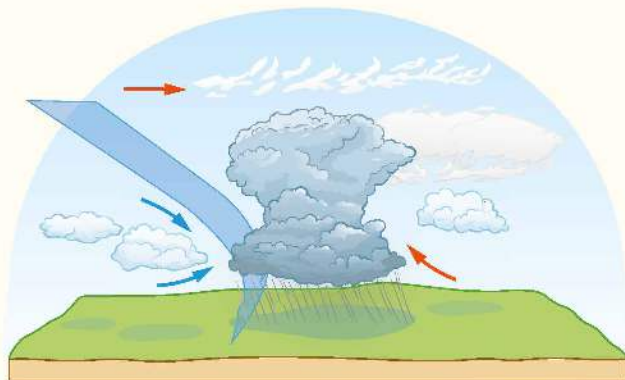
- 7** Podaj nazwę komórki cyrkulacyjnej zaznaczonej na ilustracji literą X. Opisz wpływ cyrkulacji powietrza w tej komórce na rozkład opadów. (0–2 p.)



- 8 Wskaż ilustrację, na której przedstawiono kierunek wiania monszunu letniego. Wyjaśnij, jaki wpływ na rolnictwo południowo-wschodniej Azji może mieć jego opóźnienie. (0–1 p.)



- 9 Na podstawie ilustracji przedstawiającej front atmosferyczny wybierz właściwe informacje w poniższych zdaniach. (0–3 p.)



- A. Podczas przechodzenia tego frontu temperatura powietrza się obniża / wzrasta.
 B. Widoczność na obszarze przed frontem jest dobra / ograniczona.
 C. Po przejściu frontu ciśnienie atmosferyczne się obniża / powoli wzrasta.
 D. Bardzo często na takim froncie panują warunki, w których dochodzi do gwałtownych zjawisk atmosferycznych / tworzą się chmury warstwowo-deszczowe.

- 10 Wyjaśnij, na czym polega prognozowanie pogody. (0–1 p.)

- 11 Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Wybierz P, jeśli informacja jest prawdziwa, lub F, jeśli jest fałszywa. (0–2 p.)

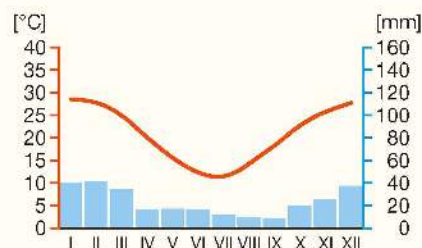
1.	Tęcza jest jednym z elementów określających pogodę.	P	F
2.	Dzięki satelitom meteorologicznym można śledzić zagrożenia pogodowe, np. burze.	P	F
3.	Czerwonopomarańczowe niebo o zachodzie słońca zwiastuje nadejście dobrej pogody.	P	F
4.	W Polsce trąby powietrzne występują głównie wiosną.	P	F

- 12 Opisz warunki, w których powstają szkwały. (0–1 p.)

- 13 Zapisz w zeszycie nazwę typu klimatu, który opisano poniżej. (0–1 p.)

Ten klimat występuje na przykład na osiedlu domów jednorodzinnych. Najważniejszymi czynnikami, które go kształtują, są wysokość nad poziomem morza, położenie względem zbiorników wodnych oraz ukształtowanie i pokrycie terenu.

- 14 Na podstawie poniższego klimatogramu sporządzonego dla wybranej stacji rozpoznaj strefę klimatyczną i typ klimatu. Zapisz ich nazwy w zeszycie. (0–1 p.)



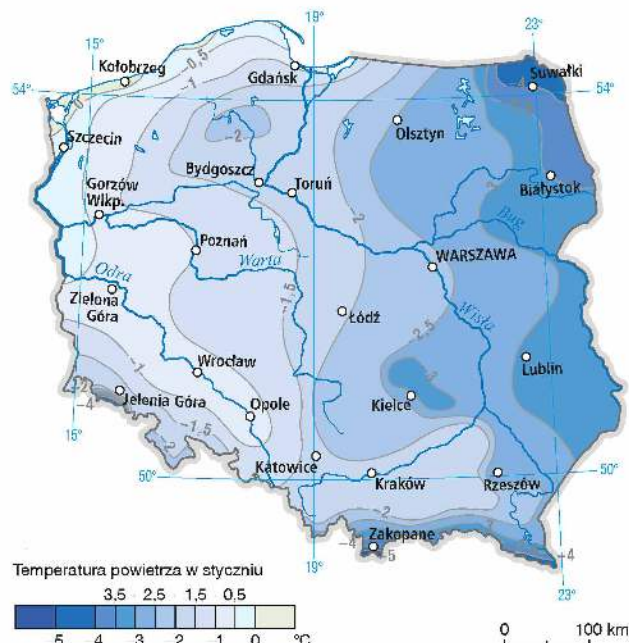
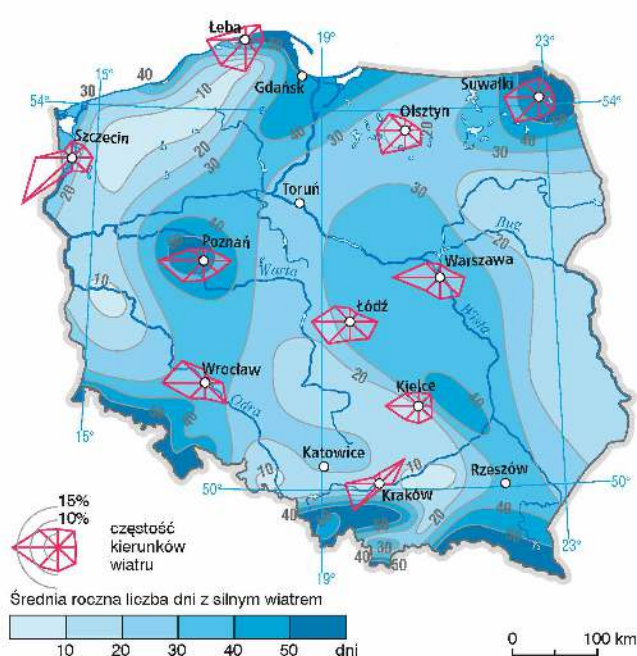
- 15 Wyjaśnij, dlaczego średnia roczna temperatura powietrza w centrum miasta jest wyższa niż na terenach podmiejskich. (0–1 p.)
- 16 Wyjaśnij, dlaczego granice pięter klimatyczno-roślinnych w różnych szerokościach geograficznych przebiegają na innej wysokości nad poziomem morza. (0–2 p.)

Sprawdź w kluczu odpowiedzi, które zadania udało Ci się rozwiązać poprawnie. Następnie oblicz uzyskany przez siebie procent ogólnej liczby punktów.

Sposób na zadania

Zadanie 1. (0–1)

Na mapach przedstawiono częstość występowania kierunków wiatrów oraz średnią dobową temperaturę powietrza w Polsce w styczniu.



Na podstawie powyższych map uzasadnij stwierdzenie, że klimat występujący w Polsce jest przejściowy.

Czynność do wykonania

Czasownik *uzasadnij* oznacza, że należy wykazać słuszność, prawdziwość podanego twierdzenia. W krótkiej odpowiedzi trzeba podać argumenty, czyli fakty przemawiające za twierdzeniem. Muszą się one odwoływać do materiału źródłowego lub posiadanej wiedzy.

Praktyczne rady

Przeanalizuj obie mapy. Zauważ, że w Polsce, tak jak w innych krajach leżących w tej części Europy, przeważają wiatry zachodnie i wschodnie, a średnie wartości temperatury stycznia zmniejszają się w kierunku wschodnim. W odpowiedzi nie ograniczaj się do podania nazw miejsc z najwyższymi i najniższymi wartościami temperatury. Taka informacja byłaby zasadna przy poleceniu z czasownikiem operacyjnym *podaj*, *wymień* lub *wskaż*. Czasownik *uzasadnij* wymaga powiązania informacji przedstawionych na mapach z cechami klimatu morskiego (występującego w Europie Zachodniej) oraz klimatu kontynentalnego (w Europie Wschodniej).

Odpowiedź: Z mapy wynika, że w Polsce przeważają wiatry zachodnie oraz wschodnie. Powodują one napływ mas powietrza znad Atlantyku (powietrze polarne morskie) lub Azji (powietrze polarne kontynentalne). Zachodnia część Polski znajduje się pod wpływem mas powietrza znad Atlantyku, które zimą są cieplejsze niż masy powietrza znad Azji, dlatego wartości temperatury są tam wyższe. O przejściowości klimatu świadczy także południkowy układ izoterm (wskazuje na zmianę temperatury w układzie wschód–zachód).

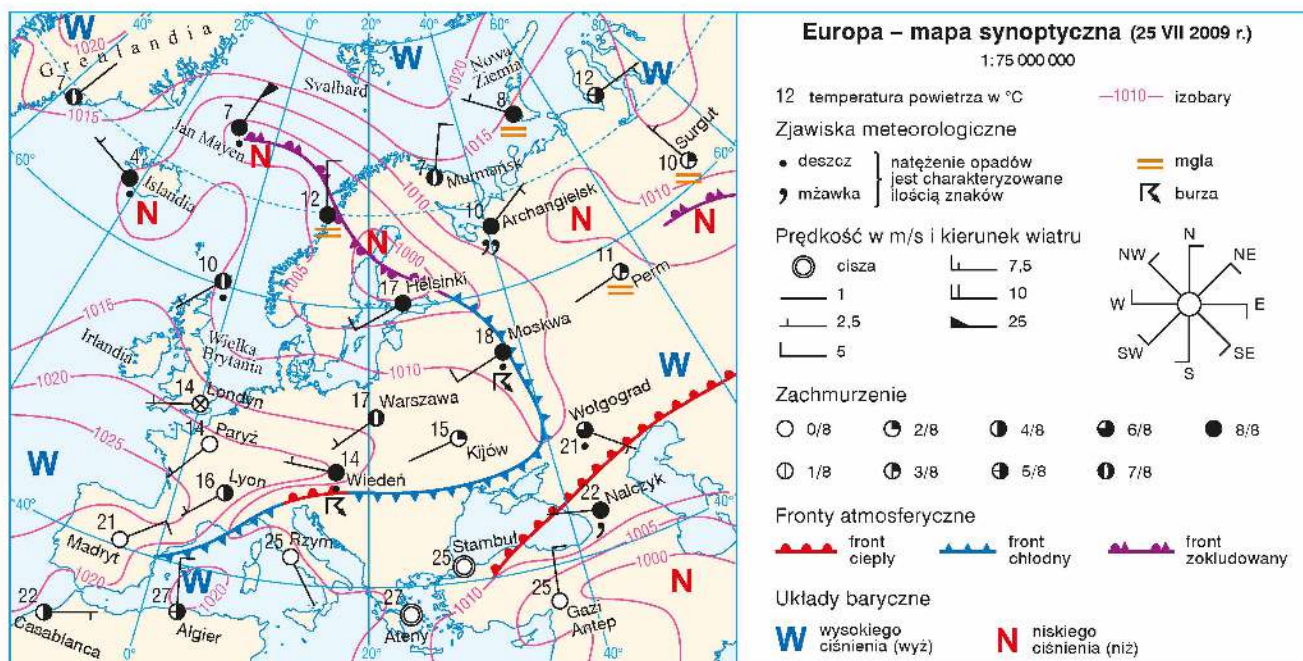
Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZCIE



Zadanie 1.

Na mapie synoptycznej przedstawiono sytuację baryczną i pogodową z 25 lipca 2009 r.



Zadanie 1.1. (0–1)

Na podstawie mapy uzasadnij, że na wyspie Jan Mayen występują wiatry o większej prędkości niż w Stambule.

Zadanie 1.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź A lub B oraz jej uzupełnienie 1 albo 2.

Jeśli przedstawiony na mapie kierunek wiania wiatru się utrzyma, w ciągu kolejnych godzin temperatura w Lyonie

A.	wzrośnie,	ponieważ nad Francję napłynie powietrze z	1.	północnego wschodu.
B.	spadnie,		2.	południowego zachodu.

Zadanie 1.3. (0–1)

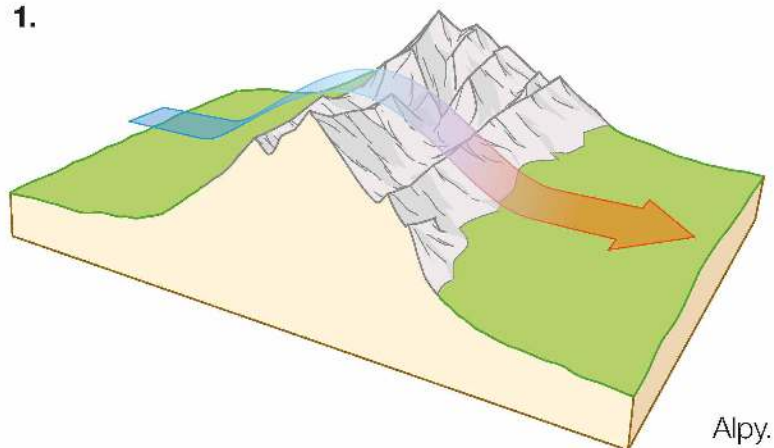
Wstaw znak X przy nazwie miejscowości, której dotyczy podana informacja.

Lp.	Informacja	Helsinki	Madryt
1.	niższe ciśnienie	?	?
2.	większe zachmurzenie	?	?
3.	położenie w zasięgu wyżu	?	?

Zadanie 2.

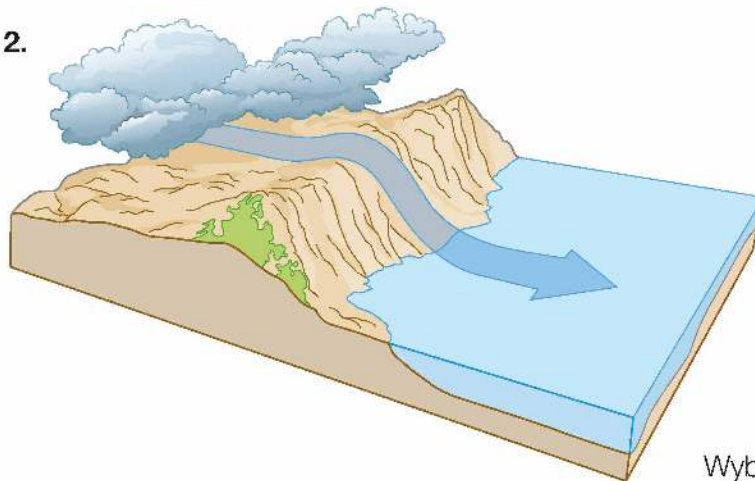
Na rysunkach przedstawiono wybrane wiatry lokalne.

1.



Alpy.

2.



Wybrzeże Adriatyku.

Zadanie 2.1. (0–1)

Uzasadnij, że warunkiem powstania wiatru przedstawionego na rysunku 1 jest różnica wartości ciśnienia atmosferycznego występującego po obu stronach bariery górskiej.

Zadanie 2.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź A lub B oraz jej uzupełnienie 1 albo 2.

Wiatr przedstawiony na rysunku numer 1 w okresie zimowym przynosi

A.	odwilż i zanik pokrywy śnieżnej,	ponieważ jest wiatrem	1.	suchym i ciepłym.
B.	spadek temperatury powietrza i wysokie opady śniegu,		2.	wilgotnym i chłodnym.

Zadanie 2.3. (0–1)

Zaznacz wyrażenia opisujące cechy, którymi charakteryzują się oba wiatry przedstawione na rysunkach.

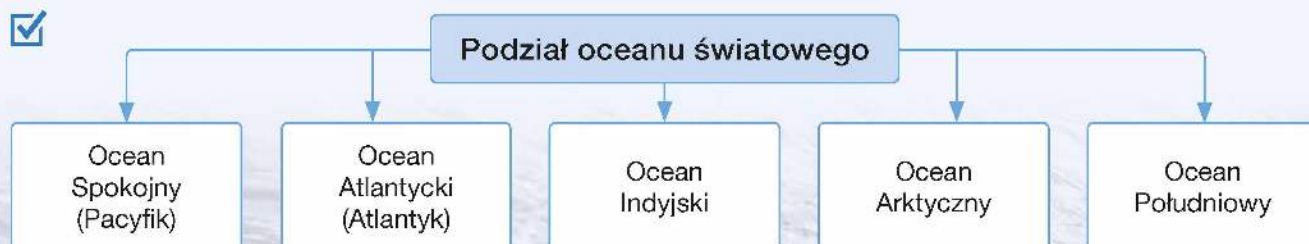
- A. Jest gorący i niesie pył.
- B. Jest gwałtowny i porywisty.
- C. Ma charakter spływowy.
- D. Ma charakter wirowy.
- E. Jego kierunek zmienia się w cyklu dobowym.



IV. Hydrosfera

To było w szkole podstawowej!

☑ Większość powierzchni Ziemi stanowi ocean światowy.



1

Zasoby wodne Ziemi. Oceany i morza

Na tej lekcji dowiesz się: jakie są zasoby wodne Ziemi ■ jak opisać zasoby wodne w swoim regionie ■ na czym polega obieg wody w przyrodzie ■ jaki jest podział wszechoceanu ■ czym są morza, zatoki i cieśniny ■ jakimi cechami fizykochemicznymi odznaczają się wody morskie ■ jakie są przyczyny i skutki zanieczyszczeń wód morskich.

Woda występuje w trzech stanach skupienia: stałym, ciekłym i gazowym jedynie na naszej planecie. Fizyczne i chemiczne właściwości wody kształtują wygląd Ziemi oraz wywierają duży wpływ na jej klimat. Przede wszystkim jednak dzięki wodzie, tak jak dzięki powietrzu atmosferycznemu, na naszej planecie istnieje życie.

■ Zasoby wodne kuli ziemskiej

Wodna powłoka naszej planety to **hydrosfera**. Woda nie tylko występuje na powierzchni Ziemi, lecz także przenika do atmosfery oraz do litosfery. Całkowita objętość wód znajdujących się na naszej planecie wynosi ok. 1,386 mld km³, z czego aż 96,5% to wody mórz i oceanów. Pozostałą część (3,5%) stanowią wody zgromadzone: w lodowcach górskich i lądolodach, pod ziemią, w wieloletniej zmarzlinie, w jeziorach, w glebie, w atmosferze, w bagnach, w rzekach oraz w organizmach (woda biologiczna).

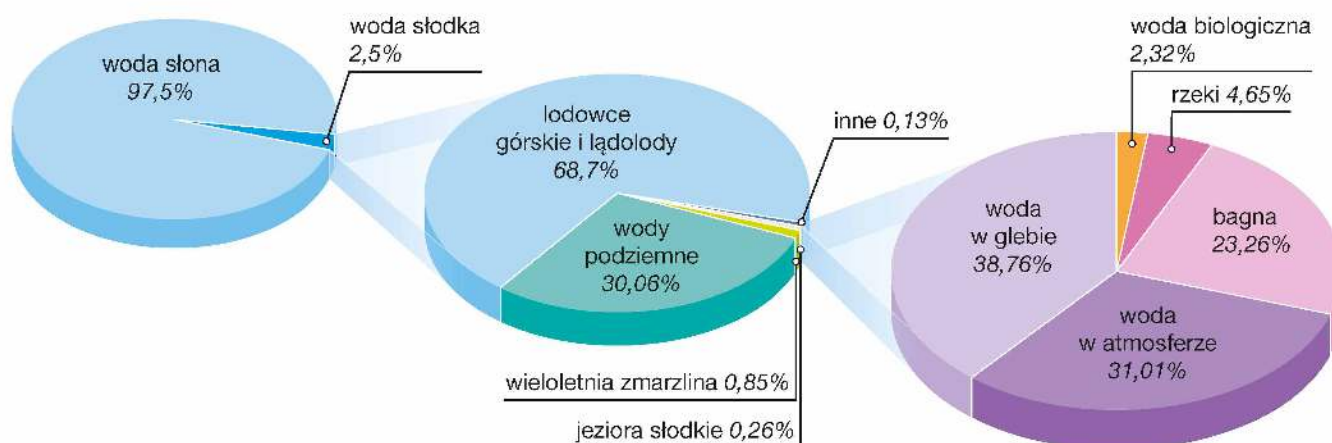
Na Ziemi występują wody słone i wody słodkie. **Wody słone** stanowią łącznie 97,5% objętości hydrosfery. Zalicza się do nich wody mórz

i oceanów, część wód podziemnych oraz wody słonych jezior. Z kolei **wody słodkie** (2,5% objętości hydrosfery) są skupione przede wszystkim w postaci śniegu i lodu na trudno dostępnych obszarach okołobiegunowych oraz w wysokich górach. Znaczna część wód słodkich znajduje się także pod powierzchnią ziemi. Najbardziej dostępne są wody zgromadzone w jeziorach i rzekach. Jest ich jednak niewiele.

Przyjmuje się, że ilość wody zgromadzonej w hydrosferze jest stała. Co prawda w wyniku naturalnych procesów, m.in. działalności wulkanicznej, każdego roku przybywa jej ok. 0,3 km³, ale w górnych warstwach atmosfery następuje ucieczka cząsteczek wody w przestrzeń kosmiczną, co niweluje powstałą nadwyżkę.

Czy wiesz, że...

Hydrosfera prawdopodobnie powstała w początkowym okresie ewolucji Ziemi. Właśnie wtedy para wodna zawarta w magmie została uwolniona do atmosfery i na skutek spadku temperatury uległa skropleniu.



Zasoby wodne Ziemi (procent objętości).



Jak opisać zasoby wód powierzchniowych w Twoim regionie?

Rzeki, potoki, strumienie, jeziora czy stawy znajdują się w każdym regionie naszego kraju. Cieki i zbiorniki wodne stanowią nie tylko źródła wody pitnej, lecz także miejsca rekreacji – chętnie w nich pływamy i spacerujemy nad ich brzegami. Jak możemy opisać wody powierzchniowe występujące w naszym regionie?

1 Ustal, jakie jest położenie geograficzne Twojego regionu.

2 Odszukaj dane hydrologiczne dotyczące wód powierzchniowych w Twoim regionie. W tym celu wejdź na stronę geoportal.gov.pl.

- Kliknij na przycisk Geoportal Krajowy, a gdy na ekranie monitora pojawi się mapa – przycisk WYSZUKIWANIA. W oknie Szukaj wpisz nazwę Twojej miejscowości.

- Powiększ obszar Twojego regionu do skali 1:10 000. W tym celu użyj suwaka znajdującego się po lewej stronie mapy.

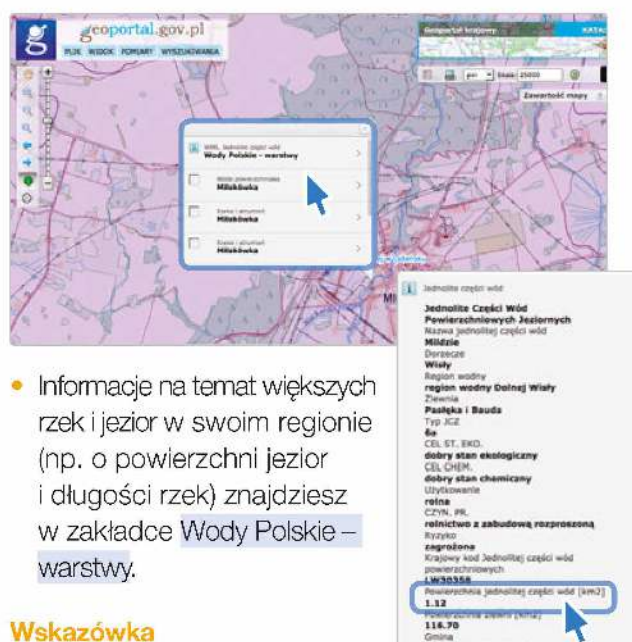
- W panelu po prawej stronie pozostaw zaznaczone tylko następujące warstwy mapy:

- Dane innych instytucji / Wody Polskie / Jednostki części wód
- Dane topograficzne / Wizualizacja Z-BDOT10k

- Nazwy niektórych rzek i jezior odczytasz bezpośrednio z mapy.



- Aby zidentyfikować niepodpisane obiekty hydrograficzne, kliknij w panelu po lewej stronie ikonę Identyfikacja. Następnie kliknij na dany obiekt lewym przyciskiem myszy.



- Informacje na temat większych rzek i jezior w swoim regionie (np. o powierzchni jezior i długości rzek) znajdziesz w zakładce Wody Polskie – warstwy.

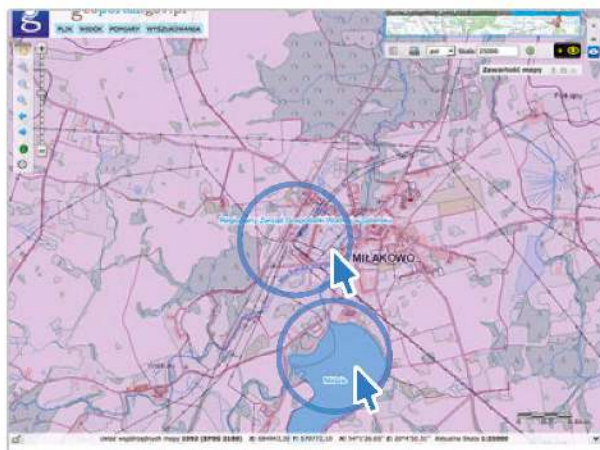
Wskazówka

Jeżeli ilość informacji znalezionych przez Ciebie w geoportalu jest niewystarczająca, skorzystaj z innych źródeł informacji.

Przykład

Opisz wody powierzchniowe występujące w okolicach Miłakowa.

Miłakowo leży na północy Pojezierza Iławskiego. W południowej części tej miejscowości znajduje się jezioro Mildzie o powierzchni 1,12 km². Przez miasto płyną rzeki Warkalska Struga i Naria (przepływająca przez jezioro Mildzie). Łączą się one w granicach Miłakowa i dają początek rzece Miłakówce, która jest lewym dopływem Pasłęki i liczy 26,12 km. W zachodniej części miasta znajduje się kilkanaście sztucznych zbiorników wodnych, a na jego północnym-zachodzie rozciągają się mokradła.



■ Obieg wody w przyrodzie

Energia słoneczna i siła ciężkości powodują, że woda znajduje się w ciągłym ruchu. Jej przemieszczanie się między atmosferą, hydrosferą i litosferą jest nazywane **obiegiem wody w przyrodzie** lub **cyklem hydrologicznym**. Krążenie wody zachodzi do wysokości ok. 16 km w troposferze i do głębokości ok. 1 km w skorupie ziemskiej. W ciągu roku w cyklu hydrologicznym uczestniczy tylko 0,04% zasobów hydrosfery.

Woda dostaje się do atmosfery na skutek **parowania** z powierzchni oceanów, mórz, rzek, jezior oraz bagien. Część pary wodnej zawartej w atmosferze jest wynikiem **ewaporacji** (parowania z gleby) oraz **transpiracji** (parowania z roślin). Parowanie z roślin i gruntu określa się mianem **ewapotranspiracji**.

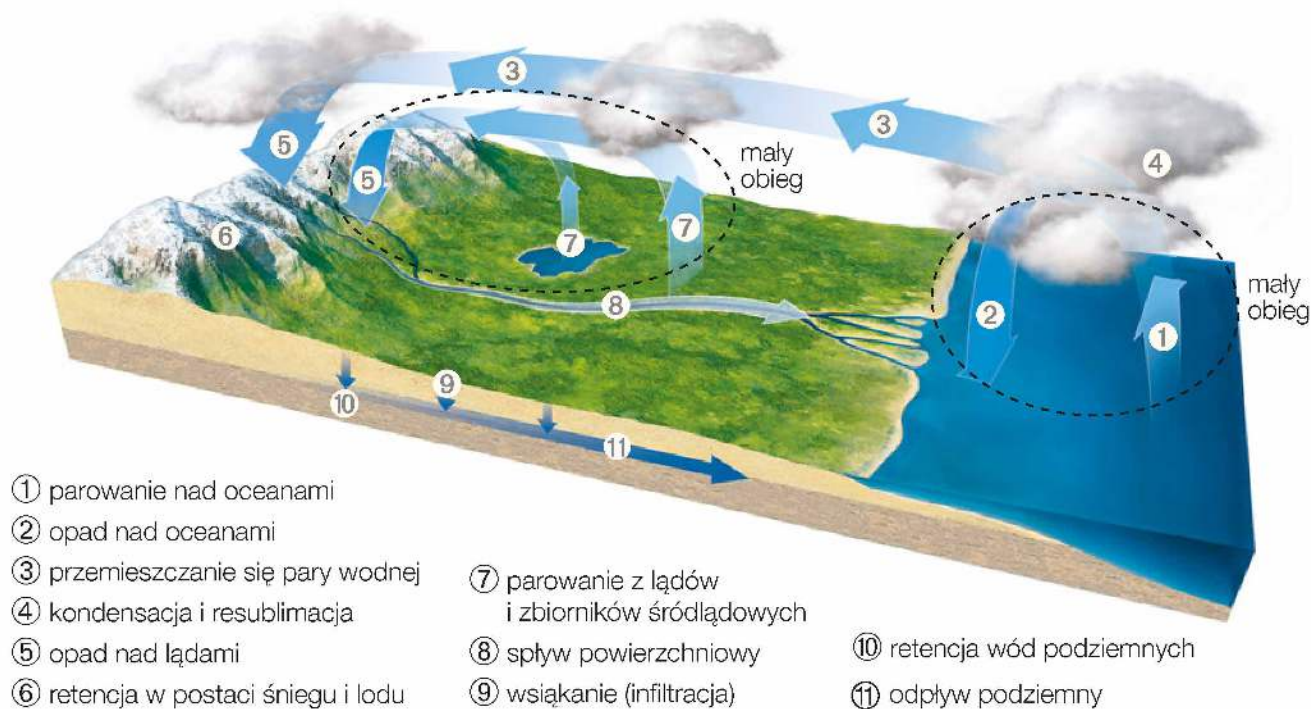
W efekcie ochładzania się powietrza zawarta w nim para wodna ulega kondensacji lub resublimacji. Tworzą się wówczas chmury, co w określonych warunkach może doprowadzić

do wystąpienia opadu atmosferycznego. Z całkowitej sumy opadów aż 80% przypada na powierzchnię oceanów i mórz, a tylko 20% – na obszary lądowe. Gdy opad atmosferyczny występuje nad lądem, woda może wsiąkać w glebę (infiltracja), a następnie spływać pod powierzchnią ziemi w kierunku morza lub oceanu (odpływ podziemny). Może też płynąć po powierzchni terenu do koryt rzecznych, a dalej – do morza lub oceanu (spływ powierzchniowy). Ponadto woda jest pobierana przez rośliny. Często zdarza się, że woda ulega **retencji**, czyli zatrzymaniu na pewien czas w obiegu, np. w postaci śniegu, lodu albo w stanie ciekłym.

Zestawienie przychodów oraz ubytków wody dla danego obszaru lub dla całej Ziemi jest nazywane **bilansem wodnym**. Po stronie przychodów umieszcza się w nim ilość opadów atmosferycznych, a po stronie ubytków – wielkość parowania oraz odpływu wody do mórz i oceanów.

Cykl hydrologiczny

Zamknięty cykl krążenia wody między oceanem, atmosferą a obszarem lądowym nosi nazwę dużego obiegu wody. Natomiast krążenie wody między atmosferą a obszarem lądowym lub między atmosferą a oceanem jest nazywane małym obiegiem wody.

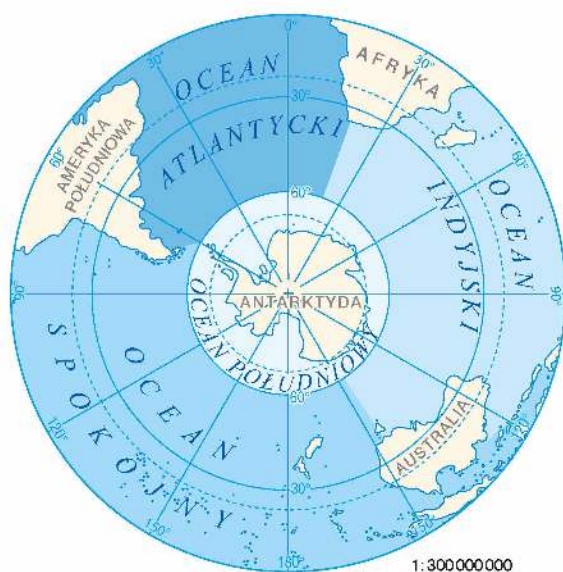


■ Wszechocean i jego podział

Wszechocean, nazywany również oceanem światowym, zajmuje aż 71% powierzchni Ziemi. Tworzy go pięć oceanów: **Ocean Spokojny** (Pacyfik), **Ocean Atlantycki** (Atlantyk), **Ocean Indyjski**, **Ocean Arktyczny** i **Ocean Południowy**. Każdy z nich odznacza się swoją budową geologiczną oraz samodzielnym systemem prądów morskich i cyrkulacji wód, a wyznaczone między nimi granice są umowne. Największą powierzchnią **zlewiska** charakteryzuje się Ocean Atlantycki. Uchodzą do niego wody powierzchniowe z blisko połowy obszarów lądowych świata. Zlewiska innych oceanów stanowią ok. 30% lądów, a obszary bezodpływowe, których wody nie zasilają żadnego z oceanów – ok. 20%.

W obrębie wszechoceanu wyróżnia się także mniejsze części:

- ▶ **morza** – części oceanu przylegające do kontynentu, oddzielone od otwartych wód oceanicznych łańcuchami wysp, półwyspami lub podwodnymi progami;
- ▶ **zatok** – części oceanu, morza lub jeziora, które wcinają się głęboko w ląd i odznaczają się swobodną wymianą wód ze zbiornikiem wodnym;
- ▶ **cieśniny** – zwężenia powierzchni wodnej między lądami, które łączą dwa akweny.



Południową granicę Oceanu Południowego stanowi wybrzeże Antarktydy, a północną – równoleżnik 60°S.

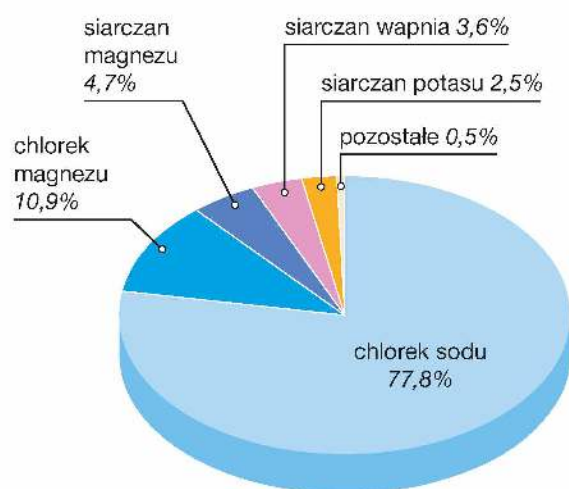
■ Skład chemiczny wody morskiej

Woda morska jest roztworem składającym się ze wszystkich znanych pierwiastków chemicznych. Wynika to ze stałego kontaktu wszechoceanu z litosferą i atmosferą oraz z dostarczania związków chemicznych przez rzeki spływające do oceanów.

Podstawowymi składnikami wody morskiej są tylko cztery pierwiastki: **tlen** i **wodór**, budujące cząsteczki wody, oraz **chlor** i **sód**, które tworzą sól morską. Pozostałe pierwiastki występują w śladowych ilościach.

Wśród związków chemicznych rozpuszczonych w wodzie morskiej największy udział mają sole. Zawartość soli w wodzie określa się mianem **zasolenia**. Jego stopień najczęściej jest wyrażany w promilach (‰).

Ważnymi składnikami wód morskich są rozpuszczone w nich gazy. Pochodzą one z atmosfery ziemskiej i podmorskich wulkanów lub powstają na skutek procesów chemicznych i biologicznych zachodzących w wodzie. Do najważniejszych gazów należą **tlen**, **azot** i **dwutlenek węgla**. Ich zawartość w zbiorniku zależy głównie od intensywności poziomego i pionowego mieszania wody, a także jej wymiany z sąsiednimi akwenami. Rozpuszczalność gazów w wodzie morskiej zmniejsza się wraz ze wzrostem zasolenia i temperatury.



Solami rozpuszczonymi w wodzie morskiej są głównie chlorki oraz siarczany.

Zasolenie wody w morzach i oceanach

Przeciętne zasolenie wód powierzchniowych oceanów wynosi 35‰. W pasie okołorównikowym wynosi ono średnio nieco ponad 32‰, a w pasie zwrotnikowym – ok. 36‰. Jest to najwyższe średnie zasolenie wód. Jego głównymi przyczynami są intensywne parowanie i niewielka ilość opadów atmosferycznych. Od zwrotników ku biegunom zawartość soli w wodach oceanicznych maleje. Najmniejsze zasolenie (ok. 25‰) występuje w strefie okołobiegunowej, co wynika z częstego zamarzania wody i topnienia lodu oraz niewielkiego parowania.

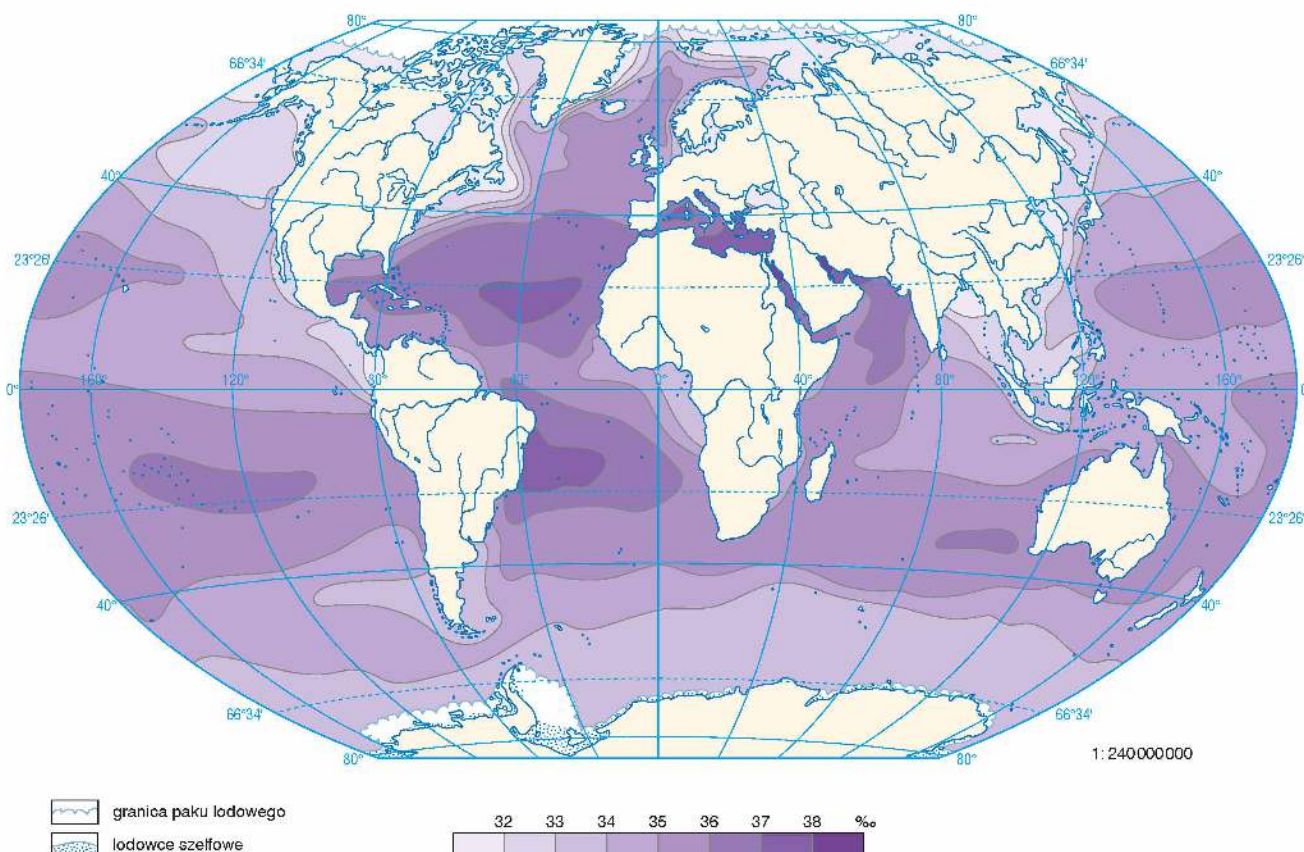
Pionowy rozkład zasolenia wykazuje nieznaczne zmiany. Do głębokości ok. 400 m różnica zasolenia zależy od szerokości geograficznej oraz intensywności parowania. Głębiej zmiany są już minimalne i zasolenie wód waha się w granicach 34–35‰ we wszystkich szerokościach geograficznych.

Zróznicowanie temperatury wód oceanicznych

Pionowy rozkład temperatury wód oceanicznych jest podobny do pionowego rozkładu zasolenia. Temperatura w powierzchniowej warstwie wody zależy bowiem głównie od szerokości geograficznej. Dopiero poniżej głębokości ok. 1500 m temperatura wody jest niemal stała. We wszystkich szerokościach geograficznych wynosi ona od 0°C do 4°C.

Szerokość geograficzna, a tym samym ilość promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni, ma decydujący wpływ na poziome zróżnicowanie wartości temperatury wód oceanicznych. Średnia roczna temperatura wód powierzchniowych wynosi 17,4°C. W strefie równikowej waha się ona od 24°C do 30°C. Najniższą temperaturę mają wody w strefie okołobiegunowej (ok. –1°C). Rozkład temperatury wód wynikający z szerokości geograficznej zaburzają ciepłe i zimne prądy morskie.

Zasolenie powierzchniowej warstwy wód oceanicznych



? Wyjaśnij, dlaczego średnie zasolenie Morza Bałtyckiego wynosi jedynie 7‰.

Zanieczyszczenie mórz i oceanów

Zanieczyszczenie wód morskich i oceanicznych to jeden z ważniejszych problemów współczesnego świata. Głównymi źródłami zanieczyszczeń są:

- ▶ rzeki odprowadzające ścieki komunalne, odpady przemysłowe oraz nawozy i pestycydy stosowane w rolnictwie,
- ▶ statki usuwające odpady na pełnym morzu,
- ▶ awarie zbiornikowców transportujących na przykład ropę naftową lub skroplony gaz ziemny,
- ▶ awarie platform wiertniczych i ropociągów.



Odpady, które przedostają się rzekami do mórz, są rozprowadzane przez prądy morskie po całej kuli ziemskiej. W ten sposób powstały pływające wyspy śmieci, np. na Morzu Karaibskim.



Każdego roku do oceanów trafia ok. 50 tys. t plastikowych toreb. Żółwie morskie często mylą je z meduzami, które stanowią ich główny pokarm.

20 kwietnia 2010 r. doszło do katastrofy na platformie wiertniczej Deepwater Horizon w Zatoce Meksykańskiej. Do morza wyciekło wówczas ok. 700 tys. t ropy.

? Ustal, jakie są główne przyczyny zanieczyszczenia Morza Bałtyckiego.

Zadania

1. Omów przyczyny zróżnicowania zasolenia wód morskich na kuli ziemskiej.
2. Podaj trzy czynniki wpływające na temperaturę wód powierzchniowych oceanu.
3. Wypisz po trzy nazwy cieśnin leżących w obrębie każdego z kontynentów.
- * 4. Wyjaśnij, dlaczego chłodne morza są najbogatszymi łowiskami.

Na tej lekcji dowiesz się: czym są pływy ■ na czym polegają upwelling i downwelling ■ czym są prądy morskie oraz jaki wywierają wpływ na życie i gospodarkę człowieka ■ na czym polega mechanizm ENSO i jaki jest jego wpływ na środowisko geograficzne ■ na czym polega falowanie.

Wody oceanu światowego znajdują się w ciągłym ruchu. Przemieszczają się one zarówno pionowo, jak i poziomo. Do pionowych ruchów wody zaliczamy na przykład pływy i upwelling, a do ruchów poziomych – prądy morskie oraz falowanie.

■ Pionowe ruchy wody morskiej

Wśród pionowych ruchów wody morskiej wymienia się najczęściej pływy i upwelling. **Pływy**, które zostały już omówione w lekcji o ruchu obrotowym Ziemi, to cykliczne wznoszenie się i opadanie poziomu morza wywołane siłą odśrodkową wynikającą z obrotu naszej planety.

Z kolei **upwelling** polega na powolnym wynoszeniu na powierzchnię morza zimnych wód głębinowych bogatych w substancje odżywcze. Najintensywniejsze wynoszenie tych wód zachodzi u zachodnich wybrzeży kontynentów w strefach występowania pasatów. Wiatry te powodują, że ciepłe wody powierzchniowe odpływają od wybrzeży w kierunku otwartego oceanu i są zastępowane przez wody głębinowe.

Mechanizm tego ruchu wody, nazywanego **upwellingiem przybrzeżnym**, przedstawiono poniżej. Nieco inny charakter ma **upwelling równikowy**. Wywołują go Prąd Północno-równikowy i Prąd Południoworównikowy, które rozsuwają powierzchniową warstwę wody i umożliwiają napływanie wody z głębin.

Kolejnym rodzajem pionowych ruchów wody morskiej jest **downwelling**. Występuje on wtedy, gdy prądy morskie przenoszą ciepłe wody powierzchniowe z niższych szerokości geograficznych do wyższych. Wraz ze wzrostem szerokości geograficznej wody stopniowo się ochładzają i zwiększają swą gęstość, a następnie (w strefach powyżej 50°N i 50°S) pogrążają się na głębokość nawet kilku tysięcy metrów.

Czy wiesz, że...

Zmiany ciśnienia atmosferycznego nad powierzchnią wody mogą prowadzić do obniżania się i podnoszenia poziomu wody w przeciwnych częściach morza, zatoki lub dużego jeziora. To zjawisko, nazywane sejszą, trwa maksymalnie kilkanaście minut.



Powstawanie upwellingu przybrzeżnego.

Prądy morskie

Prądy morskie to poziome ruchy wód morskich wywołane:

- ▶ występowaniem stałych wiatrów w dolnych partiach troposfery,
- ▶ różnicami gęstości wód oceanicznych,
- ▶ zróżnicowaniem poziomu wód oceanicznych.

Warstwa wody, w której występują prądy morskie, zazwyczaj sięga głębokości ok. 200 m. Kierunki prądów morskich nie zawsze pokrywają się z kierunkami wiatrów. Jest to spowodowane działaniem siły Coriolisa, rozmieszczeniem lądów oraz rzeźbą dna oceanu.

Prądy morskie tworzą po obu stronach równika zamknięte kręgi cyrkulacyjne. Krążenie wód w tych kręgach nawiązuje do układu stałych wiatrów wiejących przy powierzchni Ziemi. Taka cyrkulacja obejmuje wody Oceanu Atlantyckiego i Oceanu Spokojnego. Z kolei w północnej części Oceanu Indyjskiego kierunek prądów morskich zmienia się wraz ze zmianą kierunku wiatrów monsunowych.

Jednym z kryteriów podziału prądów morskich jest ich temperatura. Na tej podstawie wyróżnia się prądy ciepłe i prądy zimne.

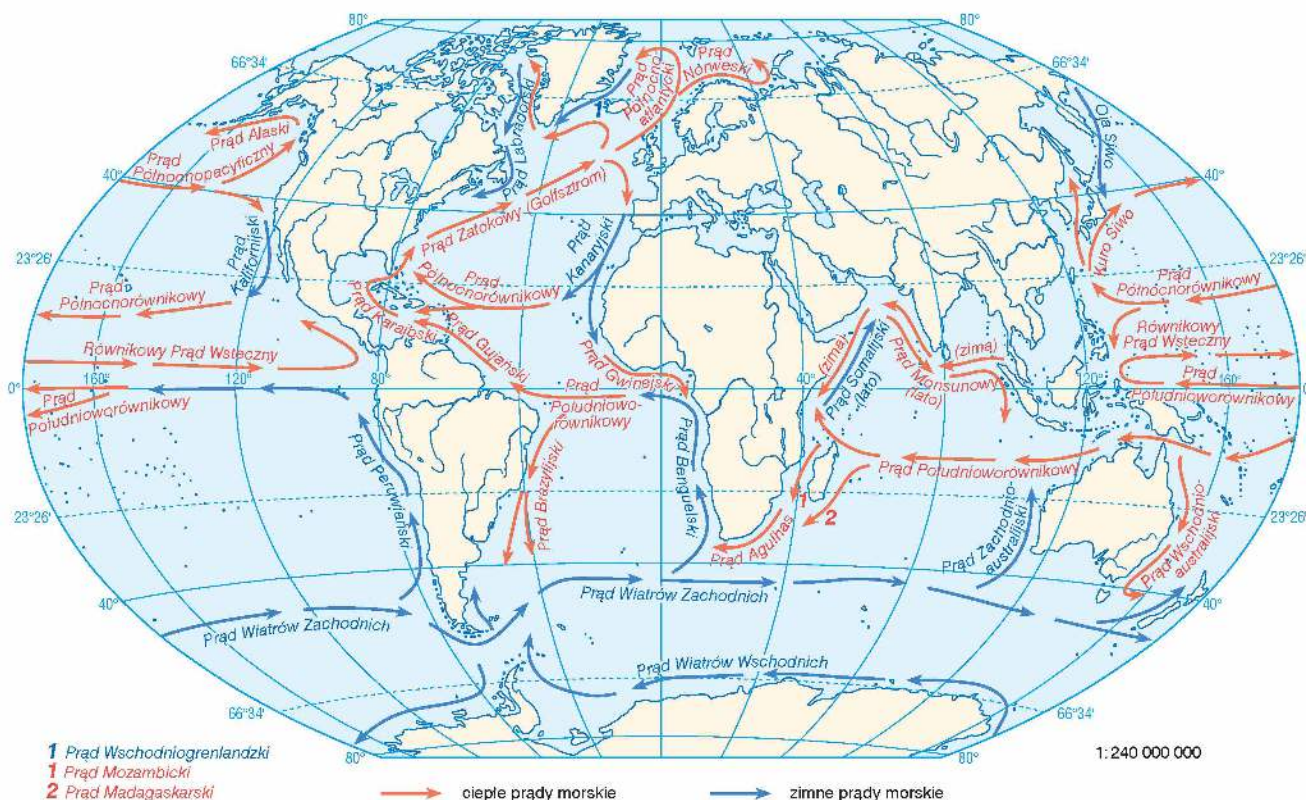
Rodzaje prądów morskich

Prądy ciepłe	Prądy zimne
• Niosą wody cieplejsze od wód, które je otaczają. • Płyną najczęściej od równika ku biegunom. • Przykłady: Prąd Zatokowy, Prąd Brazylijski, Prąd Mozambicki, Kuro Siwo.	• Niosą wody zimniejsze od wód, które je otaczają. • Płyną od wyższych szerokości geograficznych ku niższym. • Przykłady: Prąd Kanaryjski, Prąd Peruwiański.

Czy wiesz, że...

Największym systemem prądów morskich we wszechoceanie jest Prąd Wiatrów Zachodnich, nazywany też Antarktycznym Prądem Okołobiegunowym. Opływa on całą kulę ziemską. Szerokość tego prądu wynosi od 900 km do 2000 km, a głębokość przekracza 3000 m.

Rozkład prądów morskich na świecie



? Ustal, które prądy morskie mają wpływ na klimat Europy.

■ Wpływ prądów morskich na życie i gospodarkę człowieka

Prądy morskie są jednym z ważniejszych czynników kształtujących pogodę i klimat. Z tego powodu mają duże znaczenie w życiu i gospodarce człowieka. **Ciepłe prądy morskie przyczyniają się do wzrostu temperatury powietrza oraz sumy opadów atmosferycznych** na wybrzeżach, które opływają. Takie warunki sprzyjają zwykle rozwojowi roślinności, a tym samym – prowadzeniu działalności rolniczej. Z kolei **prądy zimne decydują o spadku temperatury powietrza i zmniejszeniu opadów** na wielu obszarach, co znacznie utrudnia lub wręcz uniemożliwia gospodarowanie. Na przykład Prąd Benguelski przyczynił się do powstania pustyni Namib, a Prąd Peruwiański – pustyni Atakama.

Prądy morskie wywierają ogromny wpływ na **rybołówstwo**. Najbardziej wydajne łowiiska świata znajdują się bowiem tam, gdzie wody prądów zimnych mieszają się z wodami prądów ciepłych. Przykładem takiego łowiska jest północna część Atlantyku – ciepłe wody Prądu Zatokowego zderzają się w niej z zimnymi wodami Prądu Labradorskiego i Prądu Wschodniogrenlandzkiego.

Rozkład prądów morskich ma również duże znaczenie dla **żeglugi**. Z jednej strony ciepłe prądy morskie (np. Prąd Północnoatlantycki)

sprawiają, że niektóre porty morskie położone w wysokich szerokościach geograficznych nie zamarzają. Takim portem jest na przykład Murmańsk – rosyjskie miasto leżące za kołem podbiegunowym północnym. Jednak z drugiej strony zimne prądy morskie (np. Prąd Labradorski) mogą zagrażać transportowi morskiemu. Zdarza się bowiem, że niosą one góry lodowe w kierunku niższych szerokości geograficznych.

Czy wiesz, że...

Jedną z najbardziej znanych i jednocześnie największych katastrof morskich było zderzenie się luksusowego statku pasażerskiego Titanic z górą lodową. W tej tragedii, do której doszło na północnym Atlantyku w nocy z 14 na 15 kwietnia 1912 r., zginęło ponad 1500 osób.

■ Oscylacja Południowa El Niño

W strefie okołorównikowej, między zachodnią a wschodnią częścią Oceanu Spokojnego, cyklicznie zachodzi specyficzna cyrkulacja oceaniczno-atmosferyczna nazywana **Oscylacją Południową El Niño** (ang. *El Niño Southern Oscillation*, w skrócie **ENSO**). Jest to cykl zjawisk znanych pod nazwami **La Niña** [wym. la ninia] i **El Niño** [wym. el ninio]. ENSO wywołuje anomalie pogodowe na całym świecie. Jego mechanizm przedstawiono na sąsiedniej stronie.



Port w Murmańsku odegrał ważną rolę podczas II wojny światowej. Dzięki temu, że wody wokół niego nie zamarzają, alianckie konwoje mogły dostarczać żołnierzom uzbrojenie i żywność.



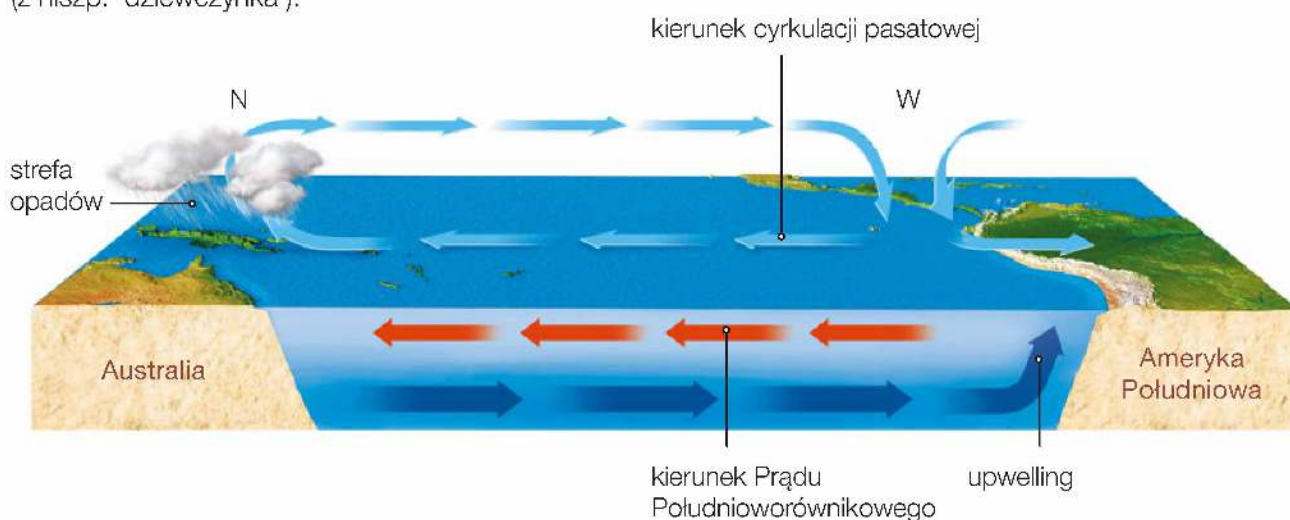
Najważniejszym źródłem informacji o ENSO jest sieć morskich boi pomiarowych na Pacyfiku. Rejestrują one między innymi zmiany temperatury wód powierzchniowych oraz kierunek przepływu wody.

Mechanizm ENSO

ENSO obejmuje dwie przeciwstawne fazy: zimną i ciepłą. Odznaczają się one odmiennym rozkładem temperatury wód powierzchniowych oceanu oraz innym układem ciśnienia atmosferycznego.

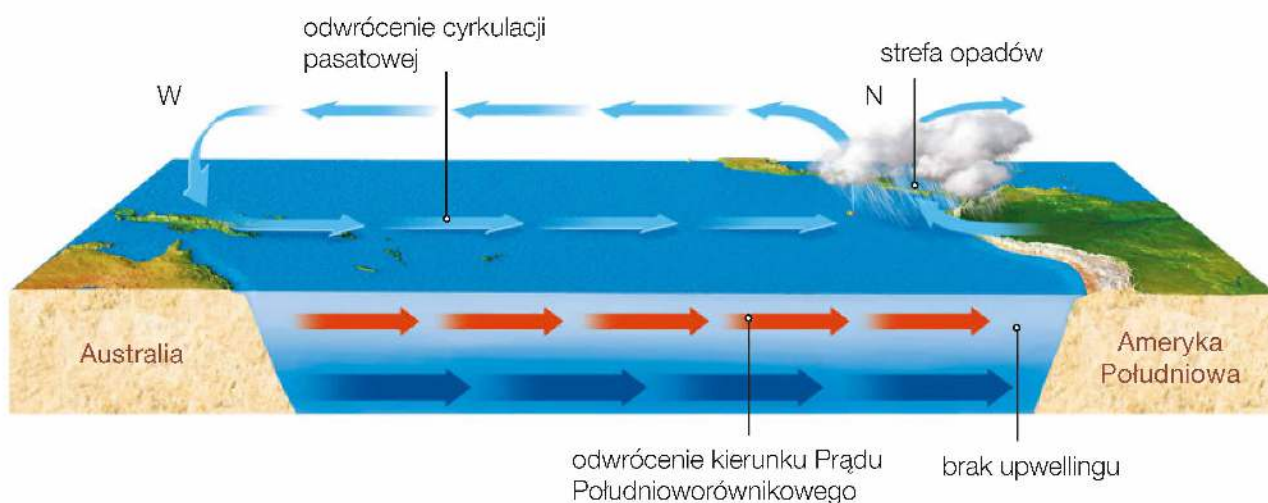
Zimna faza ENSO – La Niña

W zimnej fazie u wschodnich wybrzeży Australii oraz Indonezji tworzy się ośrodek niskiego ciśnienia, a u zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej – ośrodek wysokiego ciśnienia. Powstała różnica ciśnień sprawia, że masy powietrza znad wschodnich wybrzeży Pacyfiku przemieszczają się ku jego zachodnim wybrzeżom. Wraz z południowo-wschodnim pasatem powierzchniowe warstwy wody odpływają od wybrzeży Ameryki Południowej w kierunku Azji. W ich miejsce na powierzchnię oceanu są wynoszone zimne wody głębinowe (upwelling). Zimna faza ENSO jest nazywana La Niña (z hiszp. 'dziewczynka').



Ciepła faza ENSO – El Niño

Co pewien czas (2–7 lat) następuje pełne odwrócenie cyrkulacji wód oceanicznych. Następuje wówczas ciepła faza ENSO. Nosi ona nazwę El Niño (z hiszp. 'dzieciątko'), gdyż pojawia się w okolicy świąt Bożego Narodzenia. W zachodniej części Oceanu Spokojnego tworzy się wyż baryczny, natomiast w części wschodniej – niż. Prowadzi to do zmiany typowej cyrkulacji pasatowej i osłabienia lub zaniku upwellingu.



■ Wpływ ENSO na środowisko i gospodarkę człowieka

Oscylacja Południowa El Niño wywiera bezpośredni wpływ na krążenie wód na Pacyfiku, a także na pogodę w Oceanii oraz w zachodniej części Ameryki Południowej. Naukowcy udowodnili jednak, że **ENSO wpływa pośrednio na klimat całej kuli ziemskiej**.

Szczególnie zauważalne są anomalie pogodowe będące następstwem ciepłej fazy ENSO. Zalicza się do nich między innymi:

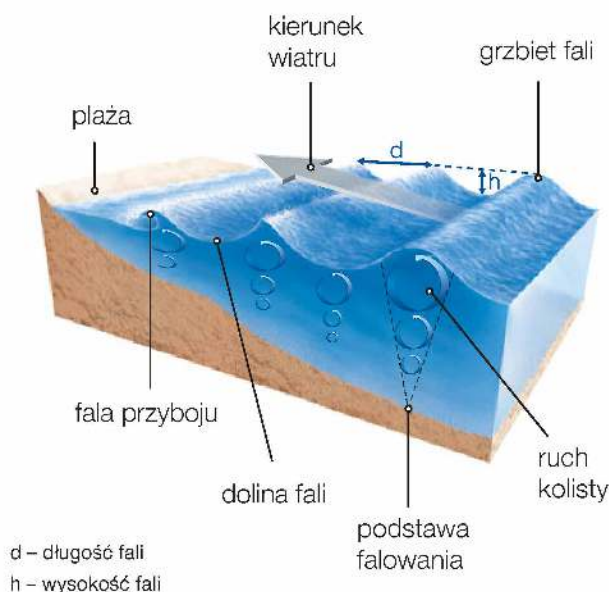
- ▶ ulewne deszcze w Ameryce Południowej,
- ▶ susze występujące jednocześnie na przykład w Australii, Indonezji i na Filipinach oraz będące ich skutkiem pożary lasów,
- ▶ silniejsze niż zazwyczaj zimowe burze i wiatry w Kalifornii,
- ▶ susze w Indiach w okresie, w którym powinny trwać deszcze monsunowe,
- ▶ huragany we wschodniej części Pacyfiku.

Ponieważ ENSO (zwłaszcza jego ciepła faza) oddziałuje na środowisko przyrodnicze, wpływa także na życie i gospodarkę człowieka. Przyczynia się między innymi do drastycznego zmniejszenia połowów ryb na wschodnim Pacyfiku oraz do obniżenia plonów w południowo-wschodniej części Azji, a także w Australii, Ameryce Północnej oraz Afryce.

■ Falowanie

Falowanie to poziomy ruch wody morskiej wywołowany głównie przez **wiatr**. Odbywa się on po **torach kołowych** – dopiero przy brzegu woda przemieszcza się ruchem postępowym. Tworzą się wówczas **fale przyboju**, które wdzierają się na plażę.

Kierunek rozchodzenia się fal pokrywa się z kierunkiem wiania wiatru, z kolei intensywność falowania zależy od jego prędkości. Wraz ze wzrostem prędkości wiatru fale stają się coraz dłuższe i wyższe. Stan powierzchni morza opisuje trzynastostopniowa **skala Beauforta**, w której przy najwyższym stanie wód fale mogą osiągnąć wysokość nawet kilkunastu metrów, a ich długość może przekroczyć kilkaset metrów. Na Morzu Bałtyckim wysokość



Schemat ruchu cząsteczek wody podczas falowania oraz parametry fali.

fal sztormowych dochodzi do 5–6 m. Po ustaniu wiatru fale nie zanikają od razu, lecz utrzymują się jeszcze przez pewien czas. Są to **fale swobodne**, zwane też falami martwymi.

Falą swobodną jest również **tsunami**. Ten szczególny rodzaj fal jest najczęściej wywołany przez podwodne trzęsienia ziemi lub wybuchy podwodnych wulkanów. Może być on jednak również efektem podmorskich osuwisk albo obrywów fragmentów gór lodowych.

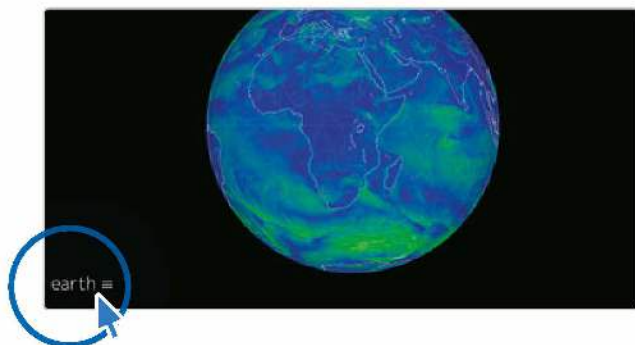
Na otwartym oceanie tsunami ma zwykle małą wysokość (1–2 m), znaczną długość (100–200 km) i odznacza się ogromną prędkością, sięgającą kilkuset kilometrów na godzinę. W momencie dotarcia do brzegu wysokość tsunami, na skutek wyhamowania jej czoła, gwałtownie wzrasta (nawet do kilkudziesięciu metrów). Nadejście tsunami jest poprzedzane zwykle szybkim, trwającym kilkanaście minut obniżeniem lustra wody o 2–4 m.

Tsunami są groźne głównie ze względu na siłę, z jaką uderzają w wybrzeże. Mogą wdzierać się głęboko w ląd, niszczyć przedmioty i budynki oraz powodować śmierć ludzi. Jednym z najtragiczniejszych w skutkach było tsunami, które powstało w grudniu 2004 r. na Oceanie Indyjskim. Przyczyniło się ono do śmierci i zaginięcia ponad 290 tys. osób.

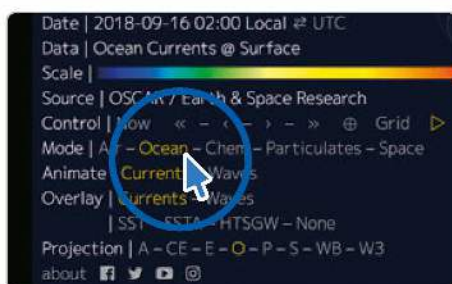
Prądy morskie i falowanie na kuli ziemskiej

Wizualizację ruchów wody we wszech oceanie, m.in. falowania i prądów morskich, możesz obserwować w internecie. Pozwalają na to nowoczesne modele matematyczne opracowywane na przykład przez naukowców pracujących w NASA (ang. *National Aeronautics and Space Administration*).

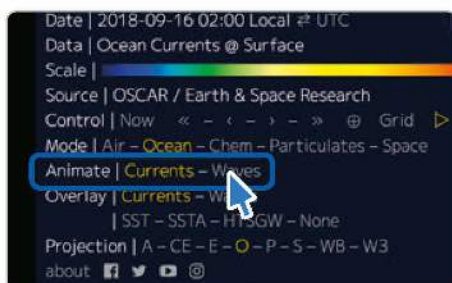
- 1 Wejdź na stronę <https://earth.nullschool.net>, a następnie kliknij w lewym menu na przycisk earth.



- 2 W oknie, które się otworzyło, w menu Mode kliknij na przycisk Ocean.



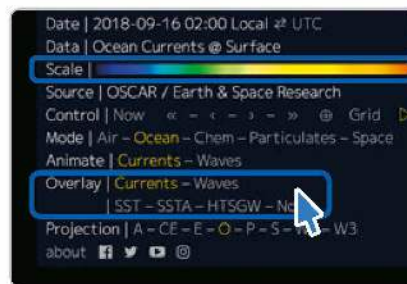
- 3 Aby zaobserwować ruch prądów morskich, kliknij w menu Animate na przycisk Currents (prądy morskie), a żeby dostrzec ruch fal morskich – na przycisk Waves (fale).



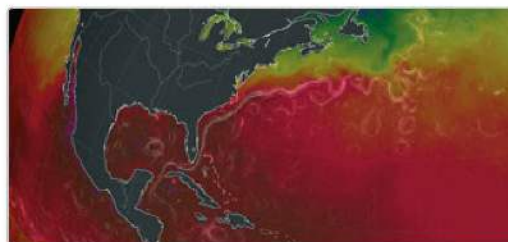
- 4 W menu Overlay możesz wybrać, co ma być tłem dla animowanych prądów morskich lub fal:

- Currents – prędkość prądów morskich,
- Waves – okres fali, czyli czas, jaki upływa pomiędzy przejściami dwóch kolejnych grzbietów fal,
- SST – aktualna temperatura powierzchni morza,
- SSTA – anomalia temperatury powierzchni morza, czyli różnica między zmierzoną temperaturą powierzchni morza a średnią temperaturą powierzchni morza obliczoną dla dłuższego okresu,
- HTSGW – średnia wysokość fali.

Zauważ, że każde przełączenie tła powoduje zmianę skali w legendzie (Scale).



- 5 Powiększ interesujący Cię obszar za pomocą rolki myszy. Spróbuj dostrzec prawidłowości w cyrkulacji oceanu światowego.



- ? Ustal, jakie są: aktualna temperatura powierzchni morza, anomalia temperatury powierzchni morza oraz średnia wysokość fali w Zatoce Gdańskiej.

Zadania

1. Wyjaśnij, jaki wpływ na życie i gospodarkę człowieka mają prądy morskie.
2. Przedstaw wpływ mechanizmu ENSO na środowisko przyrodnicze.
3. Podaj przyczynę powstawania fal morskich.
- * 4. Wymień możliwości wykorzystania ruchów wody morskiej w energetyce.

Na tej lekcji dowiesz się: czym są rzeka i jej dorzecze ■ jakie są przyczyny zróżnicowania sieci rzecznej na kuli ziemskiej ■ co to jest ustrój rzeki i jakie są jego rodzaje.

Rzeki od wieków mają ogromny wpływ na rozwój społeczeństw. Odgrywały znaczącą rolę w powstawaniu starożytnych cywilizacji. Babilon mógł się rozwijać dzięki Eufratowi i Tygrysowi, Egipt – dzięki Nilowi, a Chiny – dzięki Huang He i Jangcy. Nad rzekami budowano też największe miasta. Dlatego aż pięć stolic europejskich państw leży nad Dunajem – drugą pod względem długości rzeką kontynentu.

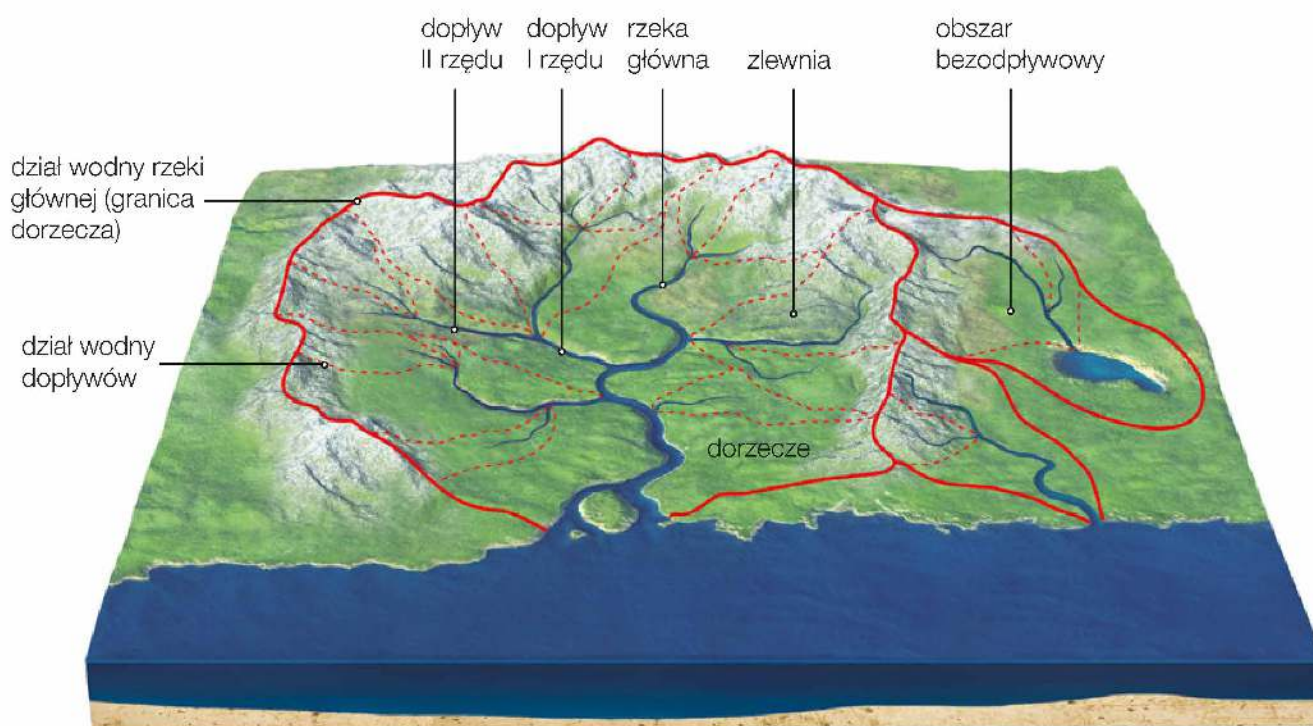
■ Rzeka i jej dorzecze

Rzeka to duży ciek wodny, który płynie utworzonym przez siebie korytem po powierzchni ziemi pod wpływem siły grawitacji. Oprócz rzek na Ziemi istnieją też niewielkie ciek wodne. Te o dużym spadku to **potoki**, a te o małym spadku – **strumienie**. Każda rzeka, niezależnie od wielkości, ma swoje **źródło** oraz **ujście**. Jeżeli uchodzi

bezpośrednio do morza lub innego zbiornika wodnego, jest określana mianem **rzeki głównej**. Rzeka główna wraz ze swoimi dopływami tworzy **system rzeczny**. Obszar odwadniany przez ten system to **dorzecze**. Duże rzeki mają dorzecza składające się z wielu **zlewni**. Zlewnie to dorzecza dopływów rzek lub obszary, z których wody spływają do jednego odbiornika, np. jeziora lub bagna. Granicę między dwoma sąsiadującymi ze sobą dorzeczami stanowi **dział wodny** (inaczej wododział). Przebiega on zazwyczaj wzdłuż najwyższych wzniesień okalających dorzecze.

Czy wiesz, że...

Największe dorzecze na kuli ziemskiej (ok. 7,2 mln km²) ma Amazonka płynąca w Ameryce Południowej. Jego obszar jest ponad 23 razy większy od powierzchni Polski.



System rzeczny wraz z dorzeczem.

■ Zróznicowanie sieci rzecznej

Sieć rzeczna na Ziemi jest bardzo zróżnicowana. Na naszej planecie istnieją zarówno obszary o bardzo gęstej sieci rzecznej, jak i tereny, na których nie ma rzek. Do głównych przyczyn tego zróżnicowania zalicza się:

- ▶ warunki klimatyczne,
- ▶ ukształtowanie powierzchni,
- ▶ budowę geologiczną, przede wszystkim przepuszczalność podłoża.

Gęsta sieć rzeczna występuje tam, gdzie opady są wysokie i częste, np. w strefie klimatów równikowych. Dużo rzek płynie też na obszarach górskich, w których płytko pod powierzchnią występują skały słabo przepuszczalne lub nieprzepuszczalne. Natomiast słabo wykształconą siecią rzeczną odznaczają się tereny leżące w klimatach suchych, gdzie parowanie wody jest większe od jej dopływu.

■ Rodzaje rzek

Istnieje wiele klasyfikacji rzek. Uwzględnia się w nich między innymi długość rzeki, wielkość dorzecza i budowę doliny. Jednym z najczęściej stosowanych kryteriów jest ciągłość zasilania. Zgodnie z nim rzeki dzieli się na:

- ▶ **stałe** – zasilane w sposób ciągły, prowadzące wodę w korycie przez cały rok;
- ▶ **okresowe** (periodyczne) – prowadzące wodę regularnie, ale tylko w porze deszczowej; występują najczęściej na półpustyniach;



Na pustyniach występują wadi – suche doliny rzeczne wypełniające się wodą jedynie po dużych opadach deszczu. Na przykład w korycie rzeki Kuiseb na pustyni Namib woda płynie raz na kilka lat.

- ▶ **epizodyczne** – prowadzące wodę sporadycznie, tylko po dużych opadach deszczu (przez pozostałą część roku dna dolin rzek epizodycznych pozostają suche); występują głównie w klimacie suchym.

■ Ustrój rzeki

Każda rzeka ma właściwy dla siebie typ ustroju (reżimu) rzecznej. Jest to ustalony na podstawie wieloletnich obserwacji rytm wahań przepływów rzeki oraz stanów wody, związany z rodzajem zasilania i zlodzeniem. Mianem **przepływu** określa się ilość wody przepływającej przez przekrój poprzeczny koryta w jednostce czasu. Przepływ rzeki jest podawany w km^3/rok , m^3/s lub l/s . Z kolei **stan wody** to wysokość zwierciadła wody w korycie rzeki względem umownie przyjętego poziomu odniesienia.

Rzeki są zasilane głównie przez:

- ▶ spływające powierzchniowo wody opadowe,
- ▶ wody roztopowe ze śniegu lub z lodu,
- ▶ wody podziemne,
- ▶ wody jezior.

Na intensywność zasilania rzeki i wielkość jej przepływu wpływają głównie warunki klimatyczne. Mniejszą rolę odgrywają rzeźba terenu, budowa geologiczna i pokrywa roślinna. Wraz ze zmianami przepływu zmienia się stan wody w rzece. Małym przepływom odpowiadają niskie stany wód, czyli **niżówki**, dużym zaś – wysokie stany wód zwane **wezbraniami**.



Szczególnie wysokie wezbrania wody w rzekach, podczas których woda zalewa okoliczne tereny, to powódzie. Jedną z najtragiczniejszych w skutkach powodzi w Polsce była tzw. powódź tysiąclecia w 1997 r.

Rodzaje ustrojów rzecznych

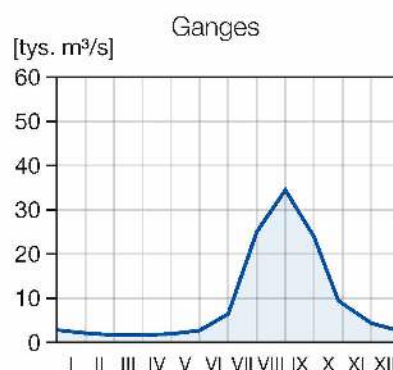
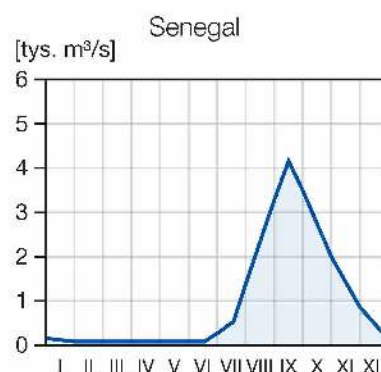
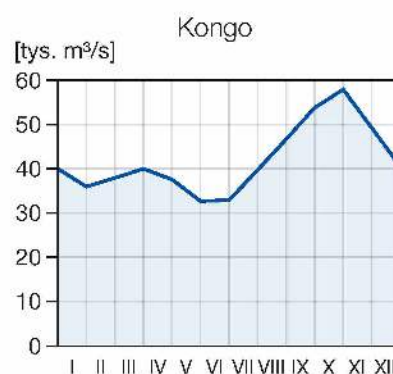
Rzeki są zasilane przez wody opadowe, roztopowe, podziemne oraz wody jezior. Gdy dominuje jeden rodzaj zasilania, rzeka ma ustrój prosty, natomiast gdy jest zasilana z kilku źródeł – ustrój złożony.

Ustrój deszczowy

Rzeki o tym typie ustroju są zasilane głównie przez wody opadowe, a wahania stanów wody zależą w nich od rocznego rytmu opadów atmosferycznych. Wyróżnia się następujące ustroje deszczowe: równikowy, podrównikowy, monsunowy, śródziemnomorski i oceaniczny.

Równikowy

W rzekach o ustroju deszczowym równikowym (np. Amazonce, Kongu) wysokie stany wody występują przez cały rok. Wzrost przepływów przypada na pory deszczowe związane z zenitalnym położeniem Słońca, czyli na wiosnę i jesień.



Podrównikowy

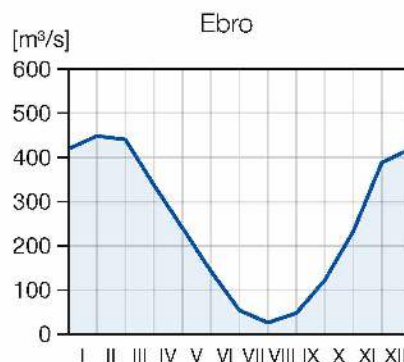
Ten ustrój charakteryzuje się dość dużymi wahaniami stanów wody. Najwyższe stany wody przypadają na porę deszczową, a minimum – na porę suchą, podczas której wiele rzek wysycha. Rzeki o tym ustroju występują w Afryce (np. Niger, Senegal) i Ameryce Południowej (np. Tocantins).

Monsunowy

Jest to reżim typowy dla rzek Azji Południowej i Azji Wschodniej (np. Gangesu, Jangcy). Charakterystyczne dla niego są duże zmiany stanów wody. Maksymalne wahanía notuje się w porze monsunu letniego (pora deszczowa), a minimalne – podczas monsunu zimowego (pora sucha).

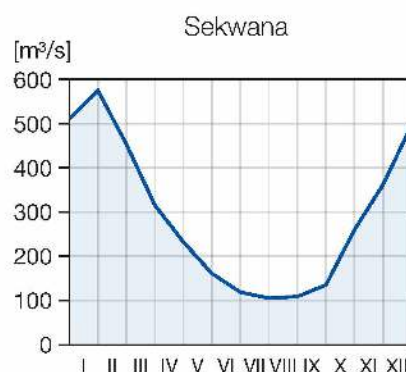
Śródziemnomorski

Ten reżim jest charakterystyczny dla rzek położonych w Europie Południowej (np. Ebro, Tybru). Poziom wody jest w nich wysoki zimą, w czasie wzmożonych opadów. Latem, na skutek niewielkich opadów i wysokiej temperatury powietrza, znacznie się obniża.



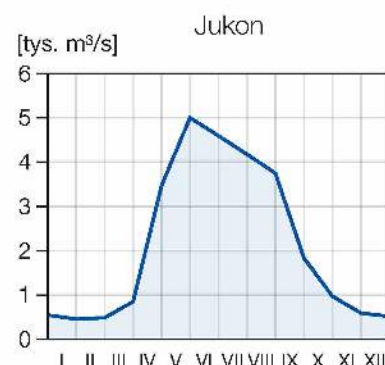
Oceaniczny

Obfite i wyrównane opady sprawiają, iż rzeki o ustroju deszczowym oceanicznym (np. Sekwana, Loara) charakteryzują się dużymi przepływami przez cały rok. Jedynie latem, z powodu zwiększonego parowania, notuje się spadek przepływów.



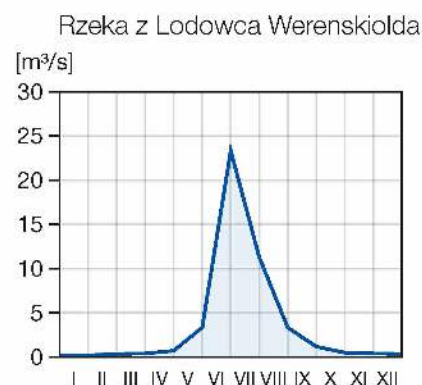
Ustrój śnieżny

Kulminacja przepływów na rzekach o tym typie ustroju występuje na wiosnę, co jest związane z topnieniem pokrywy śnieżnej. Latem przepływy maleją, a najniższe stany są notowane jesienią. Ustrój śnieżny mają rzeki Syberii (np. Ob, Jenisej, Lena), Alaski (np. Jukon), północnej Kanady (np. Mackenzie) oraz północno-wschodniej Europy (np. Dwina, Onega).



Ustrój lodowcowy

Rzeki o reżimie lodowcowym osiągają najwyższe stany wody oraz wysokie przepływy latem, podczas intensywnego topnienia lodowców górskich. Przykładami takich rzek są Inn, Rodan, Amu-daria czy rzeka z Lodowca Werenskiolda.



Ustrój złożony

To najczęstszy typ ustroju. Rzeki, które się nim odznaczają, są zasilane z różnych źródeł. Wyróżnia się między innymi zasilanie: deszczowo-śnieżne, deszczowo-śnieżno-lodowcowe oraz śnieżno-lodowcowe. Polskie rzeki mają ustrój śnieżno-deszczowy (np. Wisła, Odra). Pierwsza kulminacja przepływów następuje na nich wiosną i wiąże się z topnieniem pokrywy śnieżnej, a druga – latem, gdy opady atmosferyczne są najwyższe w roku.



? Ustal, w której porze roku na polskich rzekach odnotowuje się najniższe stany wody.



Jak opisać ustrój rzeki płynącej w pobliżu Twojej szkoły?

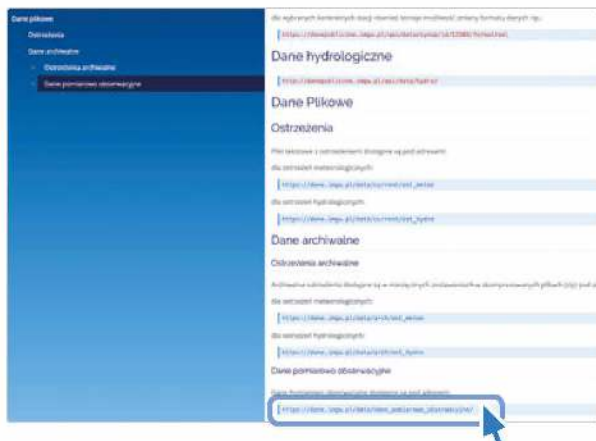
Aby scharakteryzować ustrój rzeki płynącej najbliżej Twojej szkoły, musisz zdobyć dane liczbowe dotyczące stanu wód tej rzeki lub wielkości jej przepływu. Są one dostępne dzięki pomiarom dokonywanym w stacjach hydrologicznych. Analiza tych danych pozwoli Ci ustalić, czy najwięcej wody przybywa w rzece w związku z zasilaniem jej przez opady, czy na przykład w wyniku topnienia śniegu.

1 Odszukaj stację hydrologiczną położoną najbliżej Twojej szkoły.

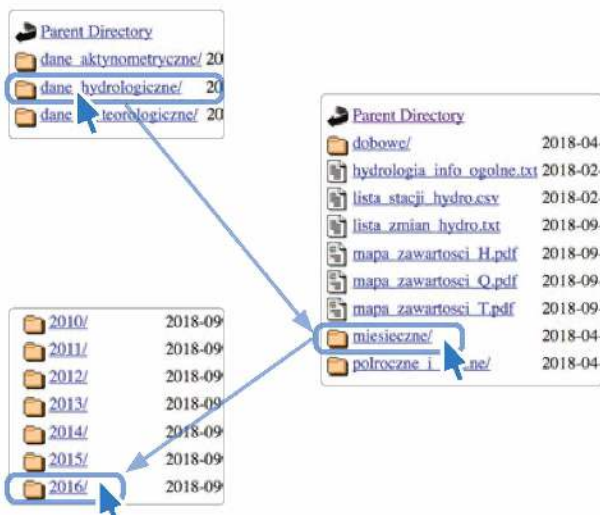
Skorzystaj na przykład z mapy znajdującej się na stronie <http://monitor.pogodynka.pl>.

2 Znajdź dane hydrologiczne pochodzące z tej stacji.

Wejdź na stronę internetową Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej <https://dane.imgw.pl> i otwórz zakładkę Dane pomiarowo-obszerności.



Na następnych ekranach wybierz kolejno: dane hydrologiczne > miesięczne > 2016. Skorzystaj z danych za 2016 r., ponieważ te z kolejnych lat mogą być niekompletne.



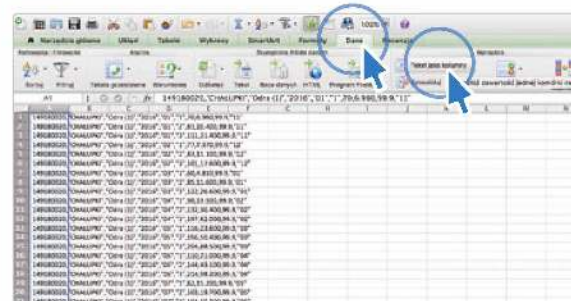
3 Przygotuj dane do opracowania i analizy.

Wykorzystaj wiedzę zdobytą podczas lekcji informatyki w szkole podstawowej i przejdź kolejne kroki do uzyskania właściwych danych.

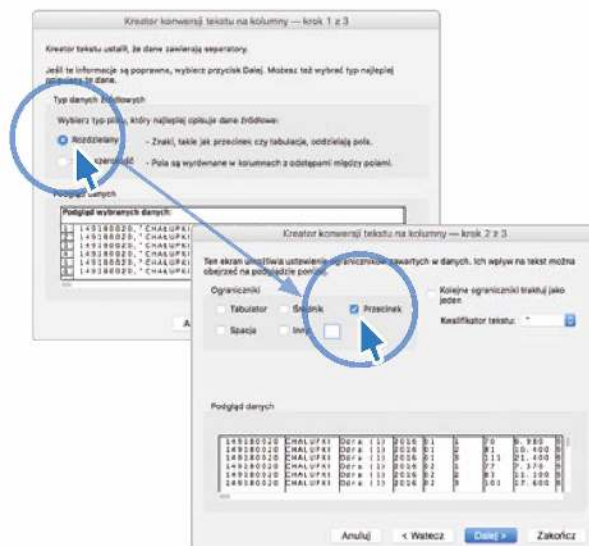
- Pobierz plik `mies_2016.zip`.



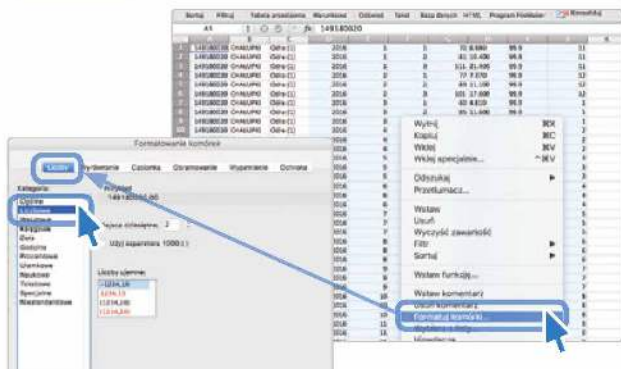
- Rozpakuj pobrany plik.
- Otwórz plik w arkuszu kalkulacyjnym.
- Zauważ, że pobrane dane nie są rozdzielone – wszystkie znajdują się w pierwszej kolumnie kolejnych wierszy. Zaznacz pierwszą kolumnę, a następnie rozdziel dane za pomocą narzędzia Tekst jako kolumny, które znajduje się w menu Dane.



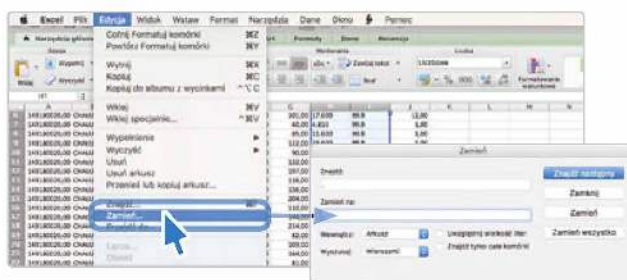
- Jako ogranicznika użyj przecinka.



- We wszystkich komórkach tabeli znajdują się dane tekstowe. Sformatuj tabelę tak, aby stały się one danymi liczbowymi. Zaznacz wszystkie komórki z danymi liczbowymi. Kliknij prawym przyciskiem myszy i wybierz polecenie **Formatuj komórki**. Następnie z menu **Liczby** wybierz kategorię **Liczbowe**.

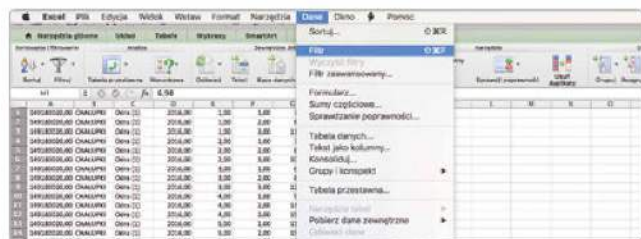


- W komórkach tabeli, w których dane liczbowe są ułkami dziesiętnymi, zamień kropki na przecinki.



- Przefiltruj dane w następujących kolumnach:
 - C (wybierz interesującą Cię rzekę),
 - B (wybierz interesujący Cię posterunek pomiarowy),
 - F (wybierz wartość 3, która oznacza maksymalną wartość przepływu).

Aby przefiltrować dane, zaznacz pierwszy wiersz tabeli, a następnie użyj narzędzia filtrowania z menu **Dane**.



W tabeli pozostanie dwanaście wierszy – po jednym dla każdego miesiąca. Zwróć uwagę, że pobrane dane dotyczą roku hydrologicznego, więc pierwszy wiersz tabeli zawiera dane z listopada poprzedniego roku.

4 Opracuj dane hydrologiczne.

Analizowanie pozyskanych danych dotyczących wielkości przepływu będzie łatwiejsze, jeśli przedstawisz je w formie graficznej, np. na wykresie. Sporządź wykres (liniowy lub słupkowy) na podstawie danych znajdujących się w kolumnie H. Przedstawiają one maksymalne miesięczne wartości przepływu w m^3/s .

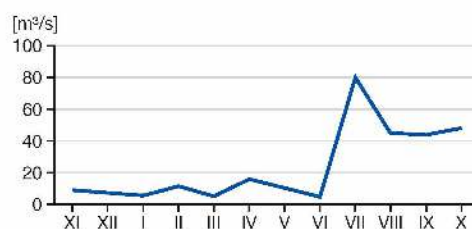
5 Opisz zmiany wielkości przepływu na wybranej rzece w ciągu roku.

Przeanalizuj wielkość przepływu. Zapisz odpowiedzi na następujące pytania:

- Jakie są minimalne i maksymalne wielkości przepływu?
- W których miesiącach (porach roku) odnotowano najwyższe wielkości przepływu, a w których – najniższe?
- O jakim zasilaniu świadczy rozkład przepływów?

Przykład

Opisz ustrój rzeczny Czarnego Dunajca na posterunku wodowskazowym w Koniówce w 2016 r.



W roku hydrologicznym 2016 najniższe wartości przepływu zanotowano w marcu i czerwcu (poniżej $6 \text{ m}^3/\text{s}$), a najwyższe – w lipcu ($78,6 \text{ m}^3/\text{s}$). Latem przepływy były więc wyraźnie wyższe niż w innych porach roku. Rozkład przepływów świadczy o tym, że w 2016 r. Czarna Dunajca był zasilany głównie letnimi opadami deszczu.

Zadania

1. Wyjaśnij znaczenie terminów: *dorzecze*, *zlewnia*, *dział wodny*, *rzeka epizodyczna*.
2. Podaj główne przyczyny zróżnicowania sieci rzecznej na kuli ziemskiej.
3. Wskaż różnice między ustrojem lodowcowym a ustrojem śnieżnym.
- *4. Na podstawie dostępnych źródeł wymień trzy przyczyny powodzi.

Na tej lekcji dowiesz się: czym są jeziora i w jakich warunkach powstają ■ czym są sztuczne zbiorniki wodne ■ jak klasyfikuje się jeziora ■ jakie jest rozmieszczenie jezior na kuli ziemskiej ■ jakimi cechami odznaczają się jeziora należące do poszczególnych typów genetycznych.

Jeziora są ozdobą krajobrazu i odgrywają ważną rolę w gospodarce. Obszary, na których występują, cieszą się zwykle dużą popularnością wśród turystów. Niektóre jeziora pełnią funkcję dróg wodnych, są źródłem słodkiej wody pitnej, dostarczają pożywienia, a w okresach ulewnych deszczów czy roztopów magazynują wodę i zmniejszają ryzyko powodzi.

■ Warunki powstawania jezior

Jezioro to naturalne zagłębienie terenu wypełnione wodą i pozbawione swobodnej wymiany wód z wszechoceanem. Do tej kategorii zalicza się także **zbiorniki sztuczne**, czyli utworzone przez człowieka. Badaniem jezior zajmuje się **limnologia**.

Jeziora mogą być zasilane przez opady atmosferyczne, wody powierzchniowe, wody podziemne, a czasem – na obszarach polarnych

lub wysokogórskich – przez dostawę mas lodowych. Niektóre jeziora są zasilane także wodami morskimi wlewającymi się do nich podczas przyływu.

Powstawanie jezior zależy od:

- ▶ **procesów rzeźbiących powierzchnię Ziemi**, w których wyniku dochodzi do utworzenia zagłębienia, czyli misy jeziornej;
- ▶ **warunków klimatycznych** regulujących wypełnianie zagłębienia wodą;
- ▶ **rodzaju skał** budujących podłoże (warunkuje on zatrzymanie wody w zagłębieniu).

Zróźnicowanie jezior na Ziemi jest ogromne. Dotyczy ono między innymi ich genezy, powierzchni, głębokości, ciągłości zasilania, zasolenia oraz ilości substancji odżywczych występujących w wodzie. Genetyczną klasyfikację jezior przedstawiono na stronach 157–159, a inne klasyfikacje – na stronie 160.

Zbiorniki sztuczne

Zbiorniki sztuczne (antropogeniczne) zostały utworzone przez ludzi, np. wskutek przegrodzenia doliny rzecznej zaporą. Pełnią między innymi funkcje energetyczne, przeciwpowodziowe i rekreacyjne. Służą też do zaopatrywania w wodę miast, wsi oraz zakładów przemysłowych. Do jezior tego typu należą Jezioro Solińskie na Sanie, Jezioro Namera na Nilu i Jezioro Brackie na Angarze. Antropogeniczną genezę mają także stawy rybne.

Jezioro Solińskie powstało na skutek wybudowania zapory na Sanie.

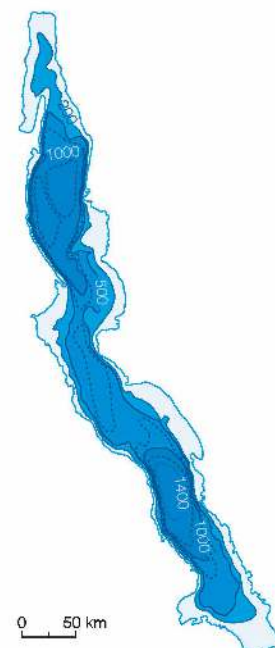


Genetyczne typy jezior

Jednym z najczęściej stosowanych kryteriów podziału jezior jest pochodzenie misy jeziornej. Procesy zachodzące pod powierzchnią ziemi (wewnętrzne) są odpowiedzialne za powstawanie jezior tektonicznych, wulkanicznych i reliktowych. Natomiast procesy działające na powierzchni (zewnętrzne) prowadzą do powstawania jezior polodowcowych, deltowych, zakolowych, przybrzeżnych, krasowych oraz meteorytowych.

Jeziora tektoniczne

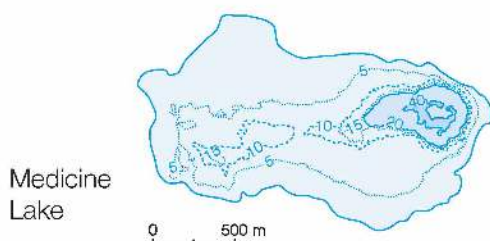
Występują w zagłębieniach powstałych wskutek ruchów skorupy ziemskiej. Misy jezior znajdujących się w obniżeniach tektonicznych na równinach (np. Jezioro Górne, Ładoga) cechują się względnie płaskim dnem. Natomiast jeziora powstałe w rowach tektonicznych (np. Bajkał, Tanganika) są długie i wąskie. Jeziora tektoniczne to najgłębsze jeziora na świecie.



Tanganika

Jeziora wulkaniczne

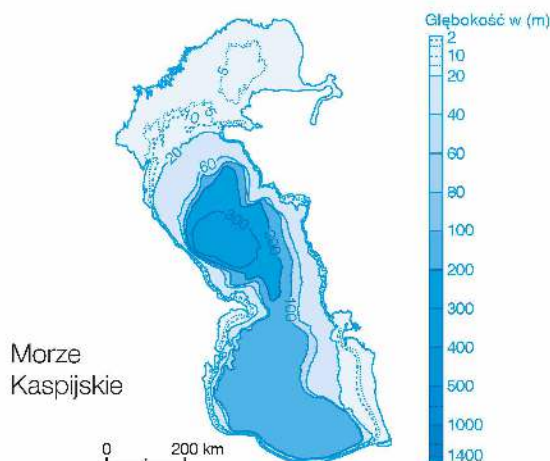
Powstają w kraterach nieczynnych wulkanów. Mają zwykle niewielką powierzchnię, są dość głębokie, a ich źródłem zasilania są opady deszczu. Dzięki podłożu bogatemu w rozpuszczalne związki chemiczne wody tych jezior są mocno zmineralizowane i czasem mają nietypowe zabarwienie (np. zielone lub czerwone). Przykładami jezior wulkanicznych są Medicine Lake w Stanach Zjednoczonych, Jezioro Bolsena we Włoszech oraz Towada w Japonii.



Medicine Lake

Jeziora reliktowe

Utworzyły się w wyniku odcięcia części dawnych mórz przez powolne podnoszenie się skorupy ziemskiej lub obniżanie się poziomu morza. Należą do nich Morze Kaspjskie oraz Jezioro Aralskie.



Morze Kaspjskie

Jeziora polodowcowe

Występują na obszarach, które uległy niegdyś zlodowaceni. Ich geneza ma zatem związek z działalnością lodowców górskich lub lądolodów. Wśród jezior pochodzenia polodowcowego wyróżnia się między innymi jeziora: morenowe, rynnowe, cyrkowe oraz oczka polodowcowe.

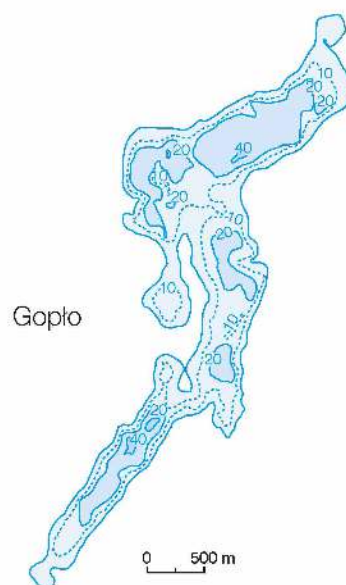
Jeziora morenowe

Powstają wskutek zatarasowania odpływu wód przez materiał sfałdowany przed czołem lądolodu (np. Mamry) lub wytapiania się brył lodu pozostawionego przez cofający się lądolód w obrębie moreny dennej (np. Śniardwy). Są to duże jeziora o urozmaiconych kształtach, licznych zatokach, półwyspach i wyspach, a także łagodnych i płaskich brzegach. Jeziora morenowe występujące w górach powstały w efekcie zatarasowania doliny wałem morenowym (np. Smreczyński Staw w Tatrach).



Jeziora rynnowe

Utworzyły się w wyniku wymywania skał w podłożu przez wody płynące pod lądolodem. Charakteryzują się urozmaiconą rzeźbą dna oraz stromymi brzegami. Są wąskie i długie, osiągają też znaczną głębokość. Jeziorami rynnowymi są między innymi Gopło (największe jezioro na Pojezierzu Wielkopolskim) i Hańcza (najgłębsze jezioro w Polsce).



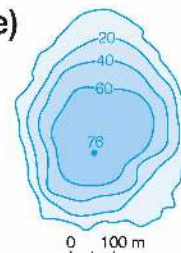
Oczka polodowcowe

Powstały w zagłębieniach utworzonych po wytopieniu się brył lodu pozostawionych przez cofający się lądolód. Te jeziora mają kolisty kształt, są małe i dość płytkie. Często wypełniają zagłębienia bezodpływowe i szybko zarastają.



Jeziora cyrkowe (karowe)

Powstały w wyniku wypełnienia wodą cyrków polodowcowych (nieckowatych zagłębień w stoku górskim ograniczonych z trzech stron stromymi zboczami). Mają kolisty lub owalny kształt i są głębokie. Przykładami tego typu zbiorników są najgłębsze jeziora Tatr.



Czarny Staw pod Rysami

Jeziora deltowe

Powstają w zagłębieniach w obrębie delt rzecznych. Są płytkie i szybko zarastają. W Polsce należą do nich Druzno (delta Wisły) i Dąbie (delta Odry).



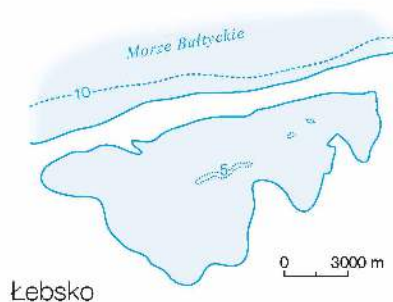
Jeziora zakolowe (starorzecza)

Ich wody wypełniają fragmenty dawnych koryt rzecznych, które są odcięte od głównego nurtu rzeki. Charakteryzują się owalnym i wydłużonym kształtem. Występują w obrębie dolin dużych meandrujących rzek, np. Dunaju i Wisły.



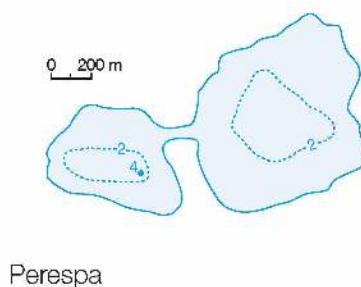
Jeziora przybrzeżne

Powstają na niskich wybrzeżach wskutek odcięcia zatoki morskiej przez mierzeję. Charakteryzują się dość dużą powierzchnią, niewielką głębokością oraz płaskimi bagnistymi brzegami. Do tego typu jezior w Polsce należą między innymi Łebsko i Gardno.



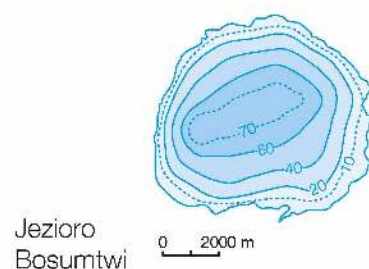
Jeziora krasowe

Wody tych jezior wypełniają obniżenia krasowe na obszarach zbudowanych ze skał wapiennych lub gipsowych. Jeziorami krasowymi są na przykład Perespa i Uściwierz na Polesiu Lubelskim, Jeziora Plitwickie w Chorwacji oraz Eicher See [wym. ajśier zi] w Niemczech.



Jeziora meteorytowe

Jeziora meteorytowe są położone w zagłębieniach kraterów, które powstały wskutek uderzenia meteorytów w powierzchnię Ziemi. Przykładami tego typu jezior są jezioro Bosumtwi w Ghanie czy jeziora znajdujące się w rezerwacie Meteoryt Morasko w Poznaniu.



Pozostałe klasyfikacje jezior

Kryterium klasyfikacji	Rodzaje jezior
Ciągłość zasilania	• Jeziora stałe – ich misy jeziorne są stale wypełnione wodą. • Jeziora okresowe – wypełniają się wodą tylko w określonej porze roku. • Jeziora epizodyczne – istnieją bardzo krótko po obfitych opadach.
Sposób zasilania i odprowadzania wody	• Jeziora odpływowe – zasilają swoimi wodami wypływające z nich rzeki, np. z afrykańskiego jeziora Tana wypływa Nil Błękitny. • Jeziora przepływowe – woda jest dostarczana do jeziora jednym lub kilkoma ciekami wodnymi, a następnie z niego odprowadzana (najczęściej jednym korytem). Do tej grupy zalicza się większość jezior polodowcowych. • Jeziora bezodpływowe – jeziora, z których nie wypływają żadne ciek wodne, a dopływ wody jest równoważony przez parowanie. Przykładem jest największe pod względem powierzchni jezioro świata – Morze Kaspijskie.
Zawartość soli w wodzie	• Jeziora słodkie – gromadzą wodę słodką, czyli taką, w której całkowita zawartość rozpuszczonych soli nie przekracza 0,5 g/l. Należy do nich większość jezior na kuli ziemskiej. • Jeziora słone – występują niemal wyłącznie na obszarach bezodpływowych w klimacie suchym. Stężenie soli w wodach jezior słonych wynosi ponad 35‰, jednak czasami może przekroczyć 300‰ (np. jezioro Gusgen w Turcji, Morze Martwe na pograniczu Izraela i Jordanii). • Jeziora słonawe – odznaczają się niewielkim stężeniem soli w wodzie (0,5–35‰). Przykładem jest leżące na Wybrzeżu Słowińskim Jamno.
Warunki rozwoju życia oraz ilość substancji odżywczych występujących w wodzie	• Jeziora oligotroficzne – akweny ubogie w substancje odżywcze, których wody są dobrze natlenione oraz mają niską temperaturę. Dna tych jezior są skaliste lub żwirowe. Jeziorami oligotroficznymi były w początkowym stadium wszystkie jeziora polodowcowe. Dziś najlepszymi przykładami tego typu jezior są tatrzańskie jeziora cyrkowe, np. Czarny Staw pod Rysami oraz Wielki Staw. • Jeziora eutroficzne – ich wody zawierają dużo substancji odżywczych, co powoduje masowy rozwój glonów i roślin wodnych. Cechuje je mała przezroczystość oraz zielony lub żółtozielony kolor. W warstwie przydennej występuje stały deficyt tlenu. • Jeziora dystroficzne – to najczęściej niewielkie i płytkie jeziora występujące w lasach, charakteryzujące się brunatną lub żółtawą barwą wody. Są one silnie zakwaszone i zawierają mało tlenu, dlatego życie organiczne jest w nich ubogie. Jeziora tego typu szybko zarastają.

■ Rozmieszczenie jezior na kuli ziemskiej

Na świecie istnieje kilka milionów jezior. Zajmują one ok. 2,5 mln km² (1,7% powierzchni lądów) i są rozmieszczone nierównomiernie. Występują we wszystkich strefach klimatycznych i niemal wszystkich środowiskach.

Szczególnie dużo jezior znajduje się na obszarach objętych ostatnim zlodowaceniem, czyli w znacznej części Ameryki Północnej, Ameryce Południowej (w Patagonii) i północnej Europie. W środkowej i we wschodniej Afryce oraz w środkowej Azji występują wielkie jeziora. Najuboższa w jeziora, poza Antarktydą, jest Australia – większość z tysiąca jezior znajdujących się w jej granicach to jeziora okresowe.

Czy wiesz, że...

Na Antarktydzie, pod powierzchnią lądolodu, znajduje się kilkaset słodkowodnych jezior. Największe z nich, Wostok, leży prawie 4 km pod lodem. Ma ono ponad 15 tys. km² powierzchni.



Państwem z największą liczbą jezior jest Kanada. Na jej terytorium znajduje się ok. 60% wszystkich jezior świata.



Spojrzenie z bliska

Jeziora Kelimutu



Kelimutu

Na indonezyjskiej wyspie Flores, w kraterze czynnego wulkanu Kelimutu, leżą trzy niezwykle jeziora. Jak większość jezior wulkanicznych mają one niewielką powierzchnię, ale znaczną głębokość (do 958 m). Tym, co je wyróżnia, jest barwa wody. W jednym zbiorniku znajduje się woda o zabarwieniu oliwkowozielonym, w drugim – turkusowym, a w trzecim – ciemnoczerwonym. Różnica w kolorze wynika z odmiennego składu mineralnego wód każdego z jezior. Za zielony odcień odpowiadają uchodzące z krateru gazy: siarkowodór i chlorowodór, natomiast za ciemnoczerwoną barwę – nagromadzone na dnie zbiornika związki żelaza. Zabarcenie wody nie jest stałe. Geolodzy, którzy odkryli Kelimutu w 1914 r., widzieli wody jezior w kolorze niebieskim, białym i czerwonym.

Wulkan Kelimutu (1640 m n.p.m.) to wielka atrakcja turystyczna wyspy Flores. Nazwy jezior znajdujących się w jego kraterze mają niezwykle znaczenia: Tiwoe Alta Polo ('jezioro zaczarowanych ludzi'), Tiwoe Morei Koooh Fai ('jezioro młodych mężczyzn i dziewczyn') i Tiwoe Alta Mboepoe ('jezioro zaczarowanych roślin').



Zadania

1. Wyjaśnij, w jaki sposób powstają jeziora polodowcowe.
2. Na podstawie dostępnych źródeł ustal, jaka jest geneza pięciu najgłębszych jezior świata.
3. Wskaż różnicę między jeziorem słonym a słodkim.
- * 4. Omów znaczenie jezior w życiu i działalności gospodarczej człowieka.

Lodowce górskie i lądolody

Na tej lekcji dowiesz się: w jakich warunkach powstają lodowce ■ czym jest granica wiecznego śniegu ■ jak jest zbudowany lodowiec górski ■ jakie są typy lodowców górskich ■ czym są lądolody ■ jaki wpływ na życie ludzi ma zanikanie pokrywy lodowej na obszarach okołobiegunowych.

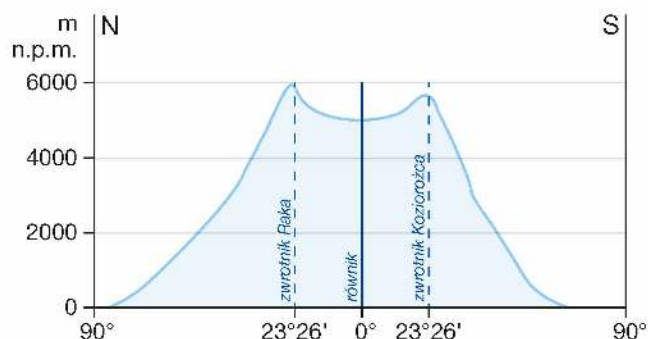
Lodowce pokrywają ok. 11% obszarów lądowych Ziemi. Występują na wszystkich kontynentach oprócz Australii, a zgromadzona w nich woda stanowi aż 68% zasobów wody słodkiej naszej planety. Ocenia się, że stopienie wszystkich lodów na Ziemi podniosłoby poziom wszech-oceanu o 66 m.

Warunki powstawania lodowców

Lodowiec to trwałe nagromadzenie lodu, które powstaje na lądzie z przeobrażenia dużych ilości śniegu. Tworzy się on powyżej **granicy wiecznego śniegu**, czyli tam, gdzie w ciągu roku więcej śniegu przybywa, niż ubywa.

Do czynników warunkujących powstawanie lodowców należą:

- ▶ odpowiednio **niska temperatura powietrza**,
- ▶ **wysokie opady śniegu**,
- ▶ **rzeźba terenu** sprzyjająca gromadzeniu się opadów atmosferycznych.



Wysokość, na której przebiega granica wiecznego śniegu, zmienia się wraz z szerokością geograficzną. Na obszarach podbiegunowych ta granica jest na poziomie morza, a nad zwrotnikami – na wysokości ok. 6000 m n.p.m.

? Sprawdź, na jakiej wysokości przebiega granica wiecznego śniegu w szerokościach geograficznych, w których leży Polska.

Śnieg przemienia się stopniowo w lód lodowcowy w **polu firnowym**. Zgromadzona tam warstwa świeżego śniegu (pochodząca z opadów, nawiewana w trakcie zamieci lub odkładana w trakcie schodzenia lawin) ulega w ciągu dnia częściowemu stopnieniu, a nocą ponownie zamarza. Pod wpływem wielokrotnego zamarzania i odmarzania płatki śniegu zamieniają się w ziarenka lodu zwane **firnem**.

W dalszych przemianach decydującą rolę odgrywa nacisk położonych wyżej warstw śniegu. Powoduje on topnienie śniegu i pojawienie się wody, która spływa w dół, zamarza i spaja lodowe ziarna w **lód firnowy**. Ma on znacznie większą gęstość niż firn i jest prawie pozbawiony powietrza. Coraz większy nacisk kolejnych warstw i wzrastające ciśnienie prowadzą do powstania **lodu lodowcowego**. Odznacza się on właściwościami masy plastycznej i może się przemieszczać pod wpływem grawitacji.



Lód w najstarszych warstwach lodowca jest niebieski. Wynika to z faktu, że kryształy lodu są tam niemal pozbawione pęcherzyków powietrza, które zwykle rozpraszają światło i sprawiają, że śnieg czy lód wydają się białe.

Ruch lodowców

Podczas sukcesywnej dostawy śniegu lód lodowcowy występuje z pola firnowego, a następnie w postaci **jęzora lodowcowego** zaczyna przemieszczać się w dół. Ruch ten jest spowodowany ciśnieniem wywieranym przez stale przyrastające masy śniegu oraz działaniem siły grawitacji. Jeżeli dostawa lodu przewyższa **ablację** (ubytek śniegu i lodu wywołany głównie topnieniem i sublimacją), lodowiec się wydłuża – następuje jego **transgresja**. Gdy dostawa lodu równoważy jego ubytek, lodowiec nie zmienia swego położenia, czyli **stagnuje**. Z kolei kiedy dostawa lodu jest mniejsza od ablacji, lodowiec się cofa i zmniejsza swój zasięg. Mówi się wtedy o **regresji** lodowca.

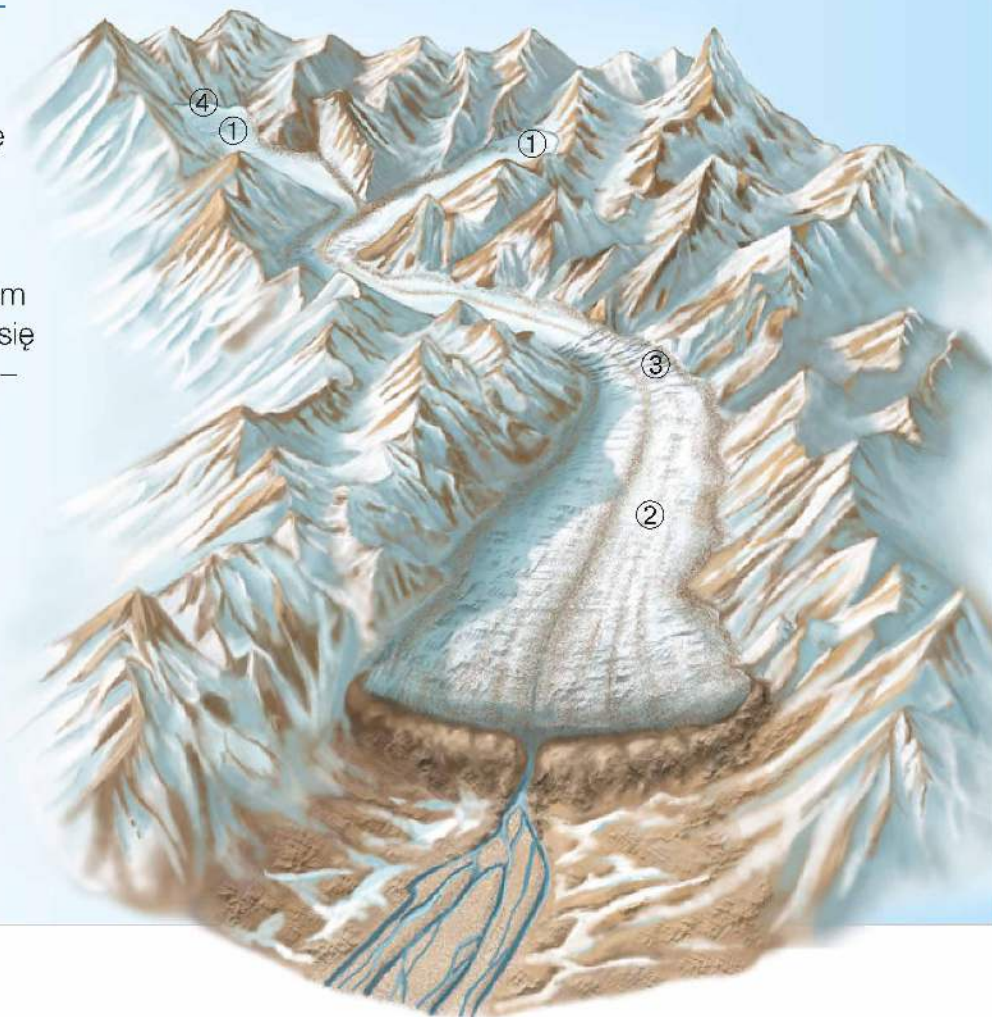
Lodowce, ze względu na budowę i lokalizację, dzieli się na: **lodowce górskie** i **lodowce kontynentalne** – lądolody.



Jednym z najszybciej przemieszczających się lodowców na świecie jest Jakobshavn znajdujący się w zachodniej części Grenlandii. Naukowcy obliczyli, że znajdujące się w nim masy lodu poruszają się z prędkością ponad 45 m na dobę, czyli prawie 17 km na rok.

Lodowiec górski

Lodowce górskie osiągają stosunkowo małe rozmiary. Składają się z pola firnowego i jęzora lodowcowego. Przemieszczanie się lodu, uwarunkowane nachyleniem i rzeźbą podłoża, odbywa się w nich w jednym kierunku – od źródła (pola firnowego) do końca jęzora lodowcowego.



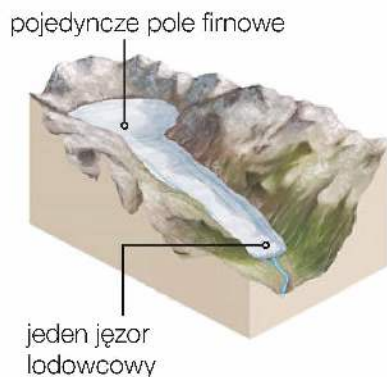
- ① pole firnowe
- ② jęzor lodowcowy
- ③ szczeliny poprzeczne
- ④ szczelina brzeżna

Typy lodowców górskich

Lodowce górskie, w zależności od ukształtowania powierzchni terenu oraz od ilości opadów, przyjmują odmienne kształty i mają różne rozmiary. Na tej podstawie wyróżnia się ich wiele typów.

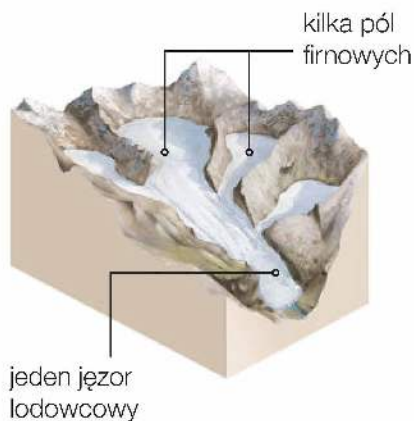
Lodowiec alpejski (dolinny)

Ma jedno duże pole firnowe i jeden długi jeźor lodowcowy. Przykładem lodowca alpejskiego jest Glacrier des Bossons [wym. glasié de bossa] znajdujący się we Francji (fot.).



Lodowiec himalajski (dendrytyczny)

Powstaje z połączenia kilku mniejszych lodowców mających własne pola firnowe. Lodowce tego typu występują w Himalajach, Karakorum i Pamirze (fot.).



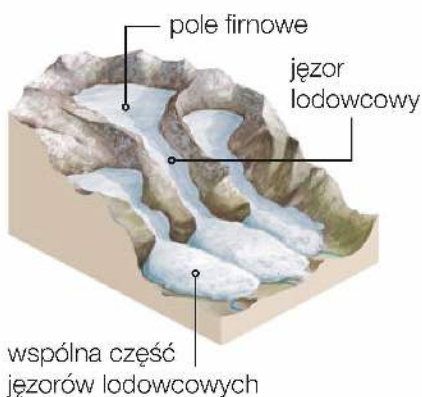
Lodowiec fieldowy (norweski)

Składa się z czapy lodowej i wypływających z niej krótkich jeźor lodowcowych. Lodowce fieldowe występują między innymi w Górach Skandynawskich (fot.).



Lodowiec piedmontowy (podgórski)

Powstaje na przedpolu gór w wyniku połączenia kilku jeźor lodowcowych wypływających z odrębnych pól firnowych. Przykładem lodowca piedmontowego jest Elephant Foot Glacier na Grenlandii (fot.).



■ Lądolody

W odróżnieniu od lodowców górskich lądolody zajmują ogromne powierzchnie i tworzą olbrzymie, lekko wypukłe czasze lodowe. Śnieg gromadzi się w centralnej części czaszy, a topnieje na jej obrzeżach. Lód przemieszcza się promieniście we wszystkich kierunkach od centrum lądolodu.

W plejstocenie, epoce która zakończyła się ok. 11 tys. lat temu, na Ziemi istniały ogromne lądolody. Na przykład lądolód kanadyjski obejmował znaczną część Ameryki Północnej i w czasie maksymalnego zasięgu dotarł aż do równoleżnika 40°N, a lądolód skandynawski, występujący na północy Europy – do równoleżnika 50°N.

Na Ziemi znajdują się dwa wielkie lądolody – na Antarktydzie i Grenlandii – oraz kilka mniejszych, np. w Patagonii w Ameryce Południowej.

Lądolód antarktyczny zajmuje obszar ok. 14 mln km² i przykrywa niemal cały kontynent. Jego miąższość (grubość) dochodzi do 4,5 km. Lądolód antarktyczny skupia w sobie aż 90% światowych zasobów lodu.

Lądolód grenlandzki jest znacznie mniejszy od lądolodu antarktycznego. Zajmuje bowiem powierzchnię 1,7 mln km², a jego maksymalna grubość dochodzi do 3,5 km. Skupia on w sobie ok. 9% światowych zasobów lodu.

Lądolód może się przemieszczać w kierunku morza. Po dotarciu do brzegu zaczyna płynąć po dnie, a następnie – w pewnej odległości od brzegu – unosić się na powierzchni wody. W taki sposób tworzy się **lodowiec szelfowy** zakończony stromą ścianą – **barierą lodową**. U czoła lodowca szelfowego fragmenty lodu odłamują się (jest to tzw. cielenie się lodowca) i przemieszczają jako góry lodowe niesione prądami morskimi ku niższym szerokościom geograficznym.

W okolicach bieguna północnego Ocean Arktyczny pokrywają duże połacie dryfującego lodu tworzące **wielki pak polarny**. Grubość pokrywy lodowej waha się tam od 2 m do 5 m, natomiast jej powierzchnia zmienia się od ok. 14 mln km² zimą do 4–5 mln km² latem. Na obrzeżach tego ogromnego pola lodowego odbywa się stały ruch kierlodowych, który znacznie utrudnia żeglugę wzdłuż północnych wybrzeży Azji.

Czy wiesz, że...

Na niepokrytych lądolodem obszarach Antarktydy i Grenlandii, w północnej Rosji, w północnej Kanadzie, na Alasce oraz innych obszarach odznaczających się zimnym klimatem występuje warstwa zamarzniętego gruntu, który nie topnieje nawet w ciepłej porze roku. Jest ona nazywana wieloletnią zmarzliną lub marzłocią trwałą. Jej miąższość przekracza niekiedy 1 km.

Barier lodowe

Lądolód, który spływa z kontynentu do oceanu, nie opiera się o dno, lecz jest unoszony przez wodę. Mimo że fragment lądolodu wystający ponad powierzchnię wody stanowi ok. 1/9 jego objętości, tworzy wielkie lodowe urwisko nazywane barierą lodową. Taki lodowy klif może ciągnąć się przez setki kilometrów i osiągać kilkadziesiąt metrów wysokości.

Jedną z największych i najwyższych barier lodowych (ponad 50 m wysokości) jest Bariera Lodowa Rossa. Bywa ona nazywana bramą Antarktydy.



Skutki zaniku pokrywy lodowej

Z obserwacji prowadzonych regularnie za pomocą satelitów od końca lat 70. XX w. wynika, że zasięg lodowców na obu półkulach się zmniejsza. Jest to spowodowane stopniowym wzrostem temperatury powietrza atmosferycznego w dolnych warstwach troposfery. Zanik pokrywy lodowej wywołuje wiele skutków ekologicznych, społecznych i gospodarczych.



Topnienie lodu na Oceanie Arktycznym sprawia, że dostęp do surowców mineralnych zalegających pod dnem tego akwenu staje się coraz łatwiejszy. Według szacunków znajdujące się tam złoża ropy naftowej mogą stanowić nawet 30% światowych zasobów tego surowca.



Zanik pokrywy lodowej zagraża wielu gatunkom zwierząt, np. wielorybom i fokom. To z kolei wpływa na życie mieszkańców Arktyki, którzy polowali na te zwierzęta od setek lat. Przenoszą się oni do miast i tracą stopniowo swoją odrębność kulturową.



Topnienie lodowców i coraz mniejsze zlodzenie Oceanu Arktycznego powodują, że szlaki morskie biegnące przez Arktykę stają się bardziej dostępne. Dzięki temu droga, którą muszą pokonać statki ze wschodnich wybrzeży Ameryki Północnej do Azji, skraca się o ok. 4000 km.

Zadania

1. Wymień trzy czynniki warunkujące powstawanie lodowców górskich.
2. Omów proces przekształcania śniegu w lód lodowcowy.
3. Wskaż różnice między lodowcem himalajskim a lodowcem piedmontowym.
- * 4. Na podstawie dostępnych źródeł informacji wyjaśnij, jakie zmiany w środowisku przyrodniczym może wywołać zanikanie pokrywy lodowej.

Na tej lekcji dowiesz się: jakie czynniki wpływają na występowanie wód podziemnych ■ jakie są rodzaje wód podziemnych ■ czym są wody artezyjskie i subartezyjskie ■ co to jest gejzer ■ czym są źródła i jakie są ich rodzaje ■ jakie znaczenie gospodarcze mają wody podziemne.

Wody, które występują pod powierzchnią ziemi, a także te, które wypełniają pory i szczeliny skalne oraz wolne przestrzenie między skałami, określa się wspólnym mianem wód podziemnych. Stanowią one znaczną część zasobów wody słodkiej na Ziemi. Większość wód podziemnych jest trudno dostępna i znajduje się głęboko pod powierzchnią. Właśnie dlatego, aby móc z nich korzystać, drąży się studnie.

■ Warunki występowania wód podziemnych

Wody podziemne pochodzą z opadów atmosferycznych, topniejącego śniegu i lodu oraz z pary wodnej zawartej w powietrzu. Pod wpływem grawitacji wsiąkają lub spływają szczelinami w coraz to niższe miejsca litosfery. Ponadto zalegają na różnych głębokościach i mają odmienne właściwości fizykochemiczne. Ilość wód podziemnych, ich jakość oraz sposób zalegania zależą od:

- ▶ wielkości opadów atmosferycznych,
- ▶ gęstości sieci wód powierzchniowych,
- ▶ rodzaju skał i ich ułożenia.

Szczególnie ważny jest ostatni z wymienionych czynników. Od niego zależy bowiem wielkość i skuteczność wsiąkania wody, czyli **infiltracja**. Woda najlepiej infiltruje przez skały luźne: piaski i żwiry. Niektóre skały (np. iły), mimo że chłoną wodę, są nieprzepuszczalne. Skały lite (np. granit) ani nie chłoną, ani nie przepuszczają wody. Może się ona gromadzić jedynie w ich szczelinach.

Czy wiesz, że...

Jedną z najbardziej przepuszczalnych skał jest żwir. Woda może przenikać przez niego nawet z prędkością kilku centymetrów na sekundę.

Ze względu na pochodzenie wody podziemne dzieli się na:

- ▶ **infiltracyjne** – tworzą się na skutek przesiąkania do ziemi wód opadowych, roztopowych, a także powierzchniowych (rzek i jezior);
- ▶ **juwenilne** – powstają na obszarach aktywnych wulkanicznie na skutek kondensacji pary wodnej zawartej w magmie; mają bardzo wysoką temperaturę i są silnie zmineralizowane; na powierzchnię ziemi wydostają się tylko czasami – mają wtedy postać gejzerów i gorących źródeł;
- ▶ **kondensacyjne** – powstają w wyniku kondensacji pary wodnej na powierzchni ziemi lub w glebie; zwykle nie odgrywają znaczącej roli – jedynie na obszarach suchych, o dużych dobowych wahaniach temperatury powietrza, mogą stanowić do 50% ogólnej ilości wód podziemnych;
- ▶ **reliktowe** – pochodzą z dawnych epok geologicznych; są pozostałością po istniejących niegdyś morzach lub jeziorach; występują na znacznych głębokościach, dlatego nie biorą udziału w cyklu hydrologicznym.



Wody podziemne gromadzą się też w zbiornikach wewnątrz jaskiń, np. w Sistema Dos Ojos [wym. sistema dos ohos] w Meksyku.

■ Strefa aeracji i strefa saturacji

Bezpośrednio pod powierzchnią ziemi znajduje się **strefa aeracji**. Tworzy ją warstwa skał przepuszczalnych, przez którą woda przesącza się i wypełnia tylko niewielką część wolnych przestrzeni – w pozostałych znajduje się powietrze atmosferyczne. Ze strefy aeracji woda przenika głębiej. Zatrzymuje się wtedy, gdy natrafia na warstwę skał nieprzepuszczalnych. Wówczas wypełnia wszystkie wolne przestrzenie w skałach powyżej tej warstwy i tworzy **strefę saturacji** – **warstwę wodonośną**. W zależności od rodzaju przestrzeni wypełnianych przez wodę w warstwie wodonośnej wyróżnia się:

- ▶ **wody porowe**, gdy woda wypełnia pory;
- ▶ **wody szczelinowe**, gdy woda wypełnia spękania (szczeliny);
- ▶ **wody krasowe**, gdy woda wypełnia pustki w skałach wapiennych lub węglanowych;
- ▶ **wody złożone**, np. porowo-szczelinowe.

Górną granicę warstwy wodonośnej stanowi **zwierciadło wód podziemnych**. Może być ono:

- ▶ **swobodne** – nieograniczone od góry warstwą nieprzepuszczalną;
- ▶ **napięte** – ograniczone od góry warstwą nieprzepuszczalną, która uniemożliwia podniesienie się poziomu zwierciadła wody.

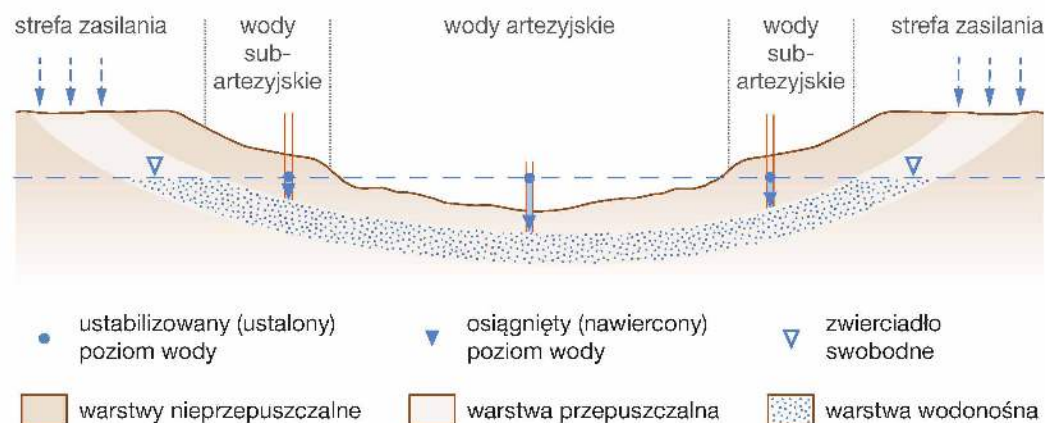
■ Temperatura wód podziemnych

Wody podziemne mogą mieć różną temperaturę – od ok. 0°C wysoko w górach do ponad 100°C na obszarach wulkanicznych. Dobowe i roczne zmiany temperatury są typowe dla płytko zalegających wód podziemnych. Podczas mroźnych zim mogą one nawet zamarzać. Wody zalegające głębiej wykazują jedynie niewielkie roczne wahania temperatury.

Wraz ze wzrostem głębokości temperatura wód podziemnych wzrasta o 1°C na każde 35 m. Jeżeli temperatura wód wydostających się na powierzchnię jest wyższa od średniej rocznej temperatury powietrza na danym obszarze, nazywa się je **wodami termalnymi**. Wypływają one ze źródeł termalnych – **term** (inaczej cieplic).

Wody artezyjskie i subartezyjskie

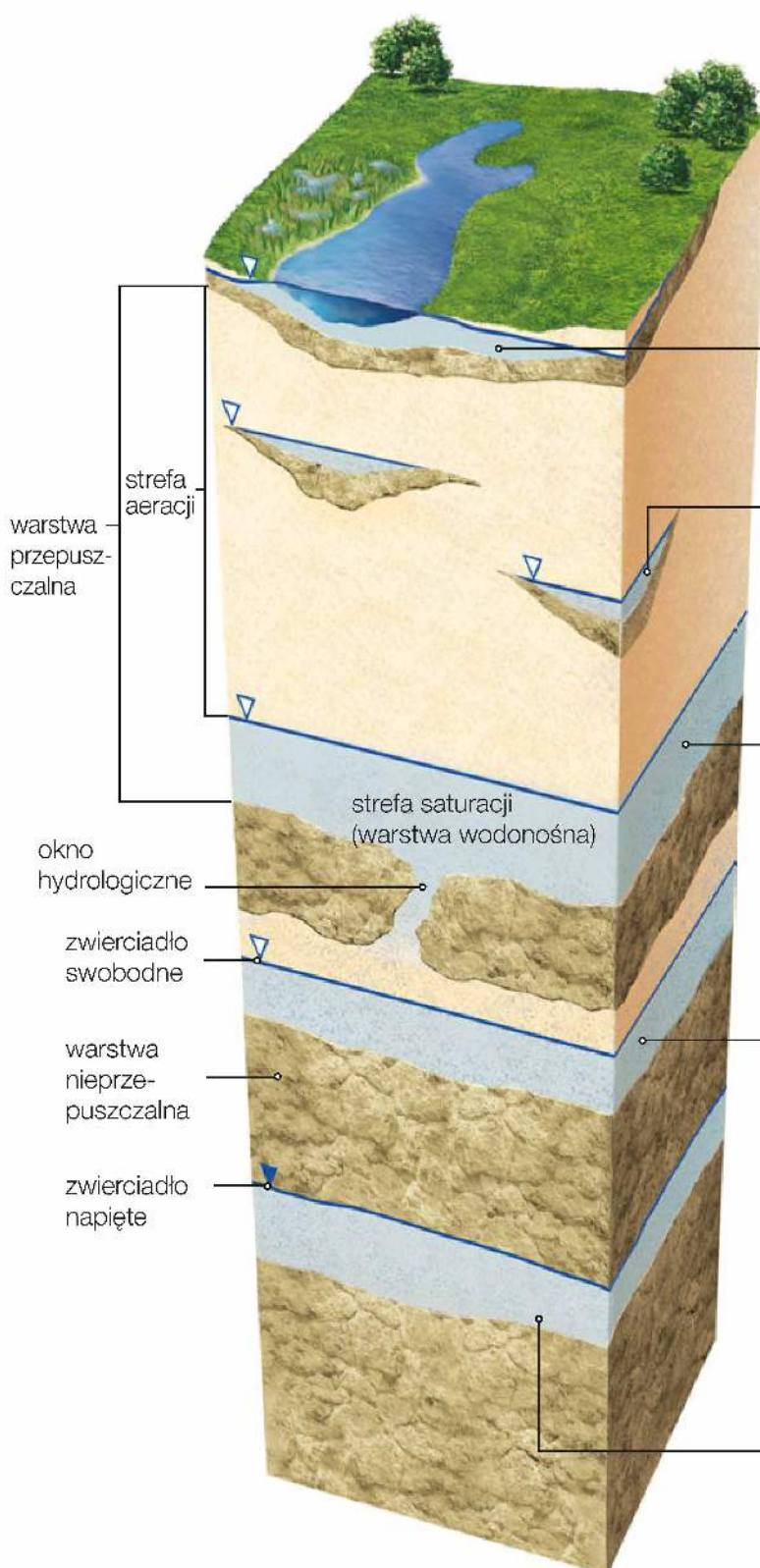
Na obszarach, gdzie warstwa wodonośna zalega w nieckowato ułożonych warstwach skalnych i jest ograniczona od dołu i od góry skałami nieprzepuszczalnymi, występują wody artezyjskie. Są one zasilane wodami opadowymi, które wsiąkają w warstwę przepuszczalną, a następnie spływają na dno niecki. Na skutek naporu napływających wód w warstwie wodonośnej panuje wysokie ciśnienie hydrostatyczne. Dlatego po przewierceniu skały nieprzepuszczalnej i wywierceniu studni wody artezyjskie wypływają samoczynnie na powierzchnię. Gdy poziom wody w studni się podniesie, ale woda nie wypłynie na powierzchnię, mówi się o wodach subartezyjskich.



? Na którym kontynencie występują największe zbiorniki wód artezyjskich?

Wody podziemne na różnych głębokościach

Wody podziemne zalegają na różnych głębokościach. Z tego względu dzieli się je na wody przypowierzchniowe (zaskórne), wody gruntowe, wody wglębne i wody głębinowe.



Wody przypowierzchniowe (zaskórne) – występują płytko pod powierzchnią ziemi, dlatego pozostają pod bezpośrednim wpływem warunków pogodowych (temperatury powietrza i opadów atmosferycznych). Lokalnie mogą tworzyć zabagnienia. Często są silnie zanieczyszczone rozkładającymi się substancjami organicznymi i nie nadają się do celów spożywczych.

wody zawieszone

Wody gruntowe – są oddzielone od powierzchni terenu strefą aeracji, dlatego czynniki atmosferyczne wywierają na nie niewielki wpływ (zaznacza się on jedynie w dłuższym czasie). Mają zazwyczaj swobodne zwierciadło wykazujące znaczne wahania okresowe, szczególnie po długotrwałych opadach lub suszy. Wody gruntowe podczas przesiąkania przez warstwę skał przepuszczalnych ulegają naturalnemu oczyszczeniu, co sprawia, że mogą być wykorzystywane do celów spożywczych. Występują nawet kilkadziesiąt metrów pod ziemią.

Wody wglębne – znajdują się w warstwach wodonośnych przykrytych skałami nieprzepuszczalnymi, przez co ich zasilanie najczęściej odbywa się w miejscach, gdzie dana warstwa sięga powierzchni. Mogą być one także zasilane wodami spływającymi przez tzw. okna hydrologiczne, czyli przerwy w warstwach skał nieprzepuszczalnych. Czasami wody wglębne znajdują się pod ciśnieniem hydrostatycznym, ponieważ są zasilane na obszarach leżących wyżej.

Wody głębinowe – zalegają bardzo głęboko pod powierzchnią ziemi i są od niej całkowicie odizolowane wieloma warstwami skał nieprzepuszczalnych. To na ogół wody reliktoowe, które nie biorą udziału w cyklu hydrologicznym. Należą do wód nieodnawialnych, a ich ilość jest stała.



Jak opisać wody podziemne występujące w Twoim regionie?

Badaniem zasobów wód podziemnych występujących na danym obszarze zajmują się hydrogeolodzy. Dzięki ich pracy możesz opisać wody podziemne występujące w Twojej okolicy. Niezbędne informacje znajdziesz na przykład w geoportalu Państwowej Służby Hydrogeologicznej.

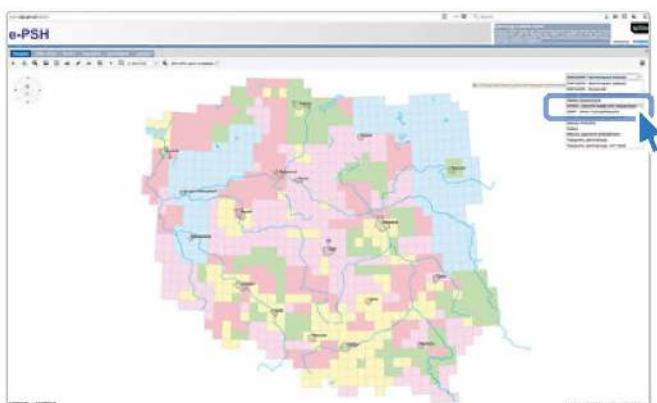
1 Zastanów się, jakie informacje będą Ci potrzebne, aby opisać wody podziemne.

Skorzystaj z zamieszczonej instrukcji, a następnie odpowiedz na poniższe pytania.

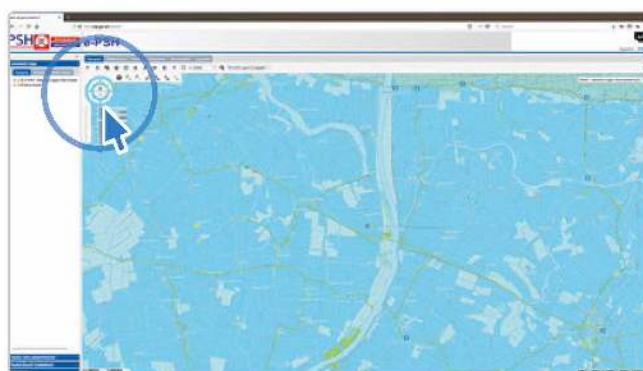
- Ile warstw wodonośnych występuje w Twoim regionie?
- Jakie rodzaje wód podziemnych występują w warstwach wodonośnych?
- Na jakiej głębokości występują wody podziemne w poszczególnych warstwach wodonośnych?
- Jakiego rodzaju zwierciadło wody występuje w poszczególnych warstwach wodonośnych?
- W jakich skałach (rodzaj i wiek geologiczny) znajdują się kolejne warstwy wodonośne?
- Ile wody pobiera się rocznie w Twoim regionie (m.in. dla ludności i przemysłu)?
- Jak duże są zasoby wód podziemnych, którymi można gospodarować? W jakim stopniu się je wykorzystuje?
- Jaki jest stan ilościowy i jakościowy wód podziemnych w Twoim regionie?

2 Odszukaj dane hydrogeologiczne.

- Wejdź na stronę <http://epsh.pgi.gov.pl/epsh>.
- Rozwiń menu po prawej stronie i wybierz warstwę JCWPD – Jednolite Części Wód Podziemnych.



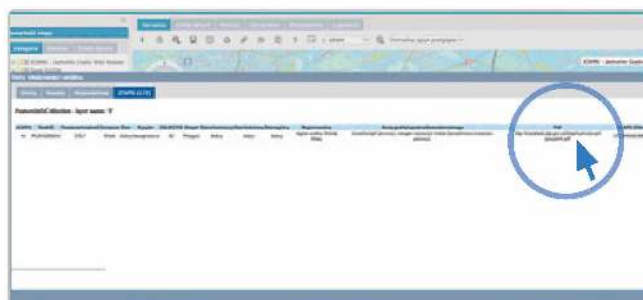
- Powiększ obszar Twojego regionu za pomocą rolki myszy lub przycisków „+” i „-” po lewej stronie mapy.



- Kliknij na ikonę  znajdującą się w górnym pasku narzędzi, a następnie w tym miejscu na mapie, o którym chcesz zebrać informacje.



- W oknie, które się otworzyło, wybierz zakładkę JCWPD (172) i znajdź w niej kolumnę pdf. Następnie skopiuj znajdujący się w niej link.



- Wklej skopiowany link do pola adresowego przeglądarki internetowej i pobierz dokument, do którego on prowadzi.

3 Przeanalizuj dane hydrogeologiczne pobrane z geoportalu Państwowej Służby Hydrogeologicznej.

W dokumencie (karcie informacyjnej) znajdziesz wiele danych dotyczących wód podziemnych w interesującym Cię regionie.

- Z części **HYDROGEOLOGIA** dowiesz się, ile warstw wodonośnych występuje w Twoim regionie ① i czym się one charakteryzują. Zdobędziesz informacje dotyczące między innymi:
 - rodzaju wód podziemnych znajdujących się w poszczególnych warstwach ②,
 - głębokości, na której występują w nich wody podziemne ③,
 - rodzaju zwierciadła wody ④,
 - rodzaju skał, w których znajduje się dana warstwa wodonośna ⑤,
 - okresu geologicznego, z którego te skały pochodzą ⑥.

Obszar bilansowy	G-7 Fryba; G-6 Břda; G-5 Struga Toruńska; G-4 Zielona Struga; G-3 Drwęca			
Region hydrogeologiczny (Paczyński, 1995)	I – mazowiecki, V – pomorski, VI – wielkopolski			
Zagospodarowanie terenu (źródło: warstwa Corin Land Cover)				
% obszarów antropogenicznych		26,42		
% obszarów rolnych		35,38		
% obszarów leśnych i zielonych		31,99		
% obszarów podmokłych		0,00		
% obszarów wodnych		6,20		
HYDROGEOLOGIA				
Liczba pięter wodonośnych		3		
Charakterystyka pięter wodonośnych (od powierzchni terenu)				
⑥	Stratygrafia	⑤	Litologia	Charakterystyka wodonośności
	czwartorzęd		piaski i żwiry	porowaty
	④	Charakter zwierciadła wody	Głębokość występowania warstw wodonośnych poziomu;	
	częściowo napięte	od – do [m] 0,5-50		
Parametry hydrogeologiczne warstwy wodonośnej				
Piętro czwartorzędowe	miąższość od – do	wsp. filtracji od – do	przewodność	odszczalność/ zasobność sprężysta
	[m]	[m/h]	[m ² /h]	średnia
	1-40	0,83-1,25	8,33-62,5	bd
	Typy chemiczne wód podziemnych (naturalne/ odbiegające od typów naturalnych)			
Typy naturalne:				
HCO ₃ -Ca (wody wodorowęglanowo -wapniowe)				
Typy odbiegające od naturalnych:				
HCO ₃ -Na (wody wodorowęglanowo -sodowe)				
HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Na (wody wodorowęglanowo -siarczanowo-wapniowo-sodowe),				
HCO ₃ -SO ₄ -Cl-Ca-Na (wody wodorowęglanowo -siarczanowo-chlorkowo-wapniowo-sodowe)				
Piętro neogerskie	Stratygrafia	Litologia	Charakterystyka wodonośności	
	neogen	żwiry, piaski średnioziarniste, piaski drobnoziarniste, piaski pyłkate	porowaty	
	Charakter zwierciadła wody	Głębokość występowania warstw wodonośnych poziomu;		
	napięte	od – do [m] 10-90		
Parametry hydrogeologiczne warstwy wodonośnej				
Piętro neogerskie	miąższość od – do	wsp. filtracji od – do	przewodność	odszczalność/ zasobność sprężysta
	[m]	[m/h]	[m ² /h]	średnia
	3-60	0,042-1,167	0,833-20,83	bd

- W końcowej części dokumentu (**Antropopresja**) znajdziesz informacje dotyczące na przykład:
 - ilości wody pobieranej rocznie w Twoim regionie (dla ludności, przemysłu i do innych celów) ⑦,
 - zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania ⑧ i stopnia ich wykorzystania ⑨,
 - oceny stanu ilościowego i jakościowego wód podziemnych w Twoim regionie ⑩,

Antropopresja	
Leje depresji (leje regionalny-lokalny) związane z poborem wód podziemnych, odwodnieniami kopalnianymi, wpływem aglomeracji itp. (źródło: Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, Aktualizacja warstw informacyjnych bazy danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski "Hydrodynamika głównego użytkowego poziomu wodonośnego (GUPW)" i pierwszego poziomu wodonośnego (PPW)", 2012.)	Leje depresji związane z poborem wód podziemnych oraz wpływem aglomeracji - mają one charakter lokalny
Ingresja lub ascencja wód słonych do wód podziemnych	Brak
Sztuczne odnawianie zasobów	Brak
Pobór wód [tys m³ rok] – pobór rejestrowany 2011 r.	
dla zaopatrzenia ludności w wodę, przemysłu i inne	11 737,71 ⑦
z odwodnienia kopalnianego	-
Zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania [m³/d]	
zasoby	53360 ⑧
% wykorzystania zasobów	60,3 ⑨
Obszarowe źródła zanieczyszczeń	
Obszary szczególnie narażone na zanieczyszczenia azotanami pochodzenia rolniczego (źródło: warstwa GIS – QSN (Obszary Szczególnie Narażone))	Brak
Obszary zurbanizowane	Miasta o liczbie mieszkańców od 10 tys. do 50 tys. Miasta o liczbie mieszkańców od 50 tys. do 200 tys. Miasta o liczbie mieszkańców powyżej 200 tys.
	Solec Kujawski - Toruń, Bydgoszcz
Ocena stanu JCWPd, 2012r.	
Stan ilościowy	dobry ⑩
Stan chemiczny	dobry
Ogólna ocena stanu JCWPd	dobry

Przykład

Opisz wody podziemne występujące w rejonie Krynicy Morskiej.

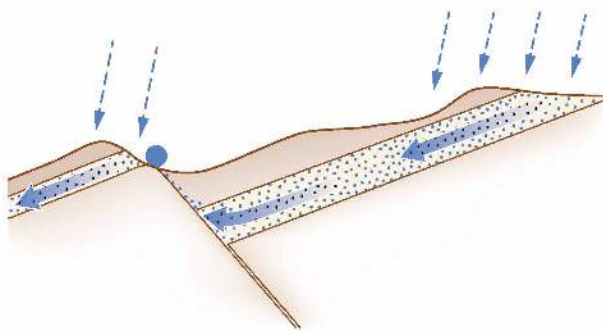
W rejonie Krynicy Morskiej występuje jedna warstwa wodonośna. Zwierciadło wód podziemnych w tej warstwie jest swobodne. Występują tam wody porowe zalegające na głębokości od 1 m do 10 m. Warstwa wodonośna znajduje się w piaskach pochodzących z holocenu i plejstocenu. W celu zaopatrzenia ludności, dla przemysłu i do innych celów w 2011 r. pobrano w tym rejonie 333,66 tys. m³ wody, a zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania wynoszą 5676 m³ na dobę (wykorzystuje się średnio 16,1% z nich). Stan ilościowy wód podziemnych w rejonie Krynicy Morskiej jest dobry, lecz ich jakość – słaba.

Rodzaje źródeł

Wody podziemne wypływają na powierzchnię w miejscu nazywanym **źródłem**. Wypływ ten może być spowodowany siłą grawitacji lub ciśnieniem hydrostatycznym. W pierwszym wypadku woda spływa w miejsca położone niżej (źródła zstępujące), w drugim – jest wypychana ku górze (źródła wstępujące). Istnieje wiele klasyfikacji źródeł. Kryteriami podziałów są w nich między innymi temperatura (źródła gorące, zimne i zwykłe), rodzaj przewodów wyprowadzających wodę na powierzchnię terenu (źródła szczelinowe, uskokowe, warstwowe i krasowe), położenie względem form terenu (np. źródła dolinne, stokowe, osuwiskowe) czy poziom mineralizacji.

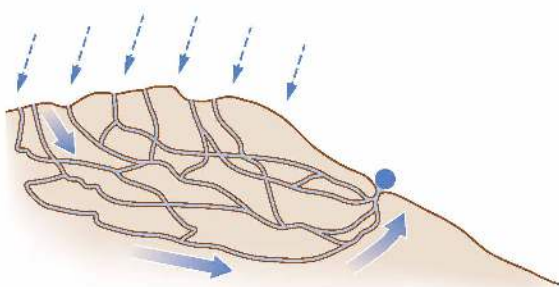
Źródła uskokowe

Powstają, gdy obsunięta warstwa skał nieprzepuszczalnych utworzy zaporę dla ruchu wód podziemnych. Woda wykorzystuje szczelinę uskoku i wypływa na powierzchnię pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego.



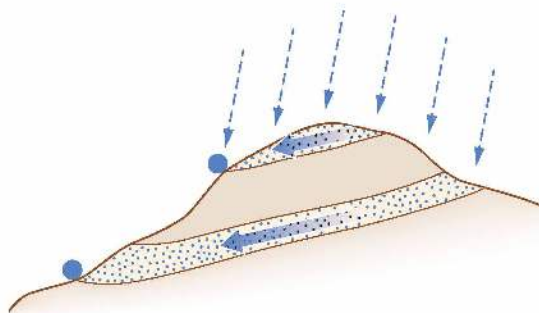
Źródła szczelinowe wstępujące

Woda wypływa ze szczelin pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego.



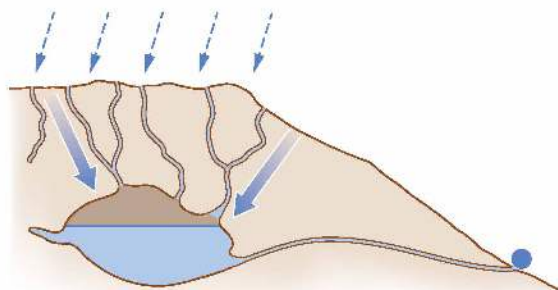
Źródła warstwowe

Powstają na granicy warstwy przepuszczalnej i nieprzepuszczalnej, w miejscu przecięcia się tych warstw z powierzchnią ziemi.



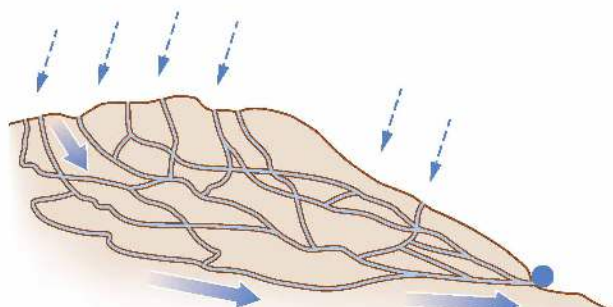
Źródła krasowe

Powstają w skałach podlegających krasowieniu przez przesiekające i krążące w nich wody. Źródła krasowe, które dają początek ciekom powierzchniowym, są nazywane wywierzyskami.



Źródła szczelinowe zstępujące

W takich źródłach woda wypływa ze szczelin pod wpływem siły grawitacji.



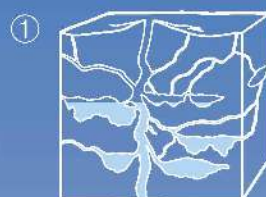
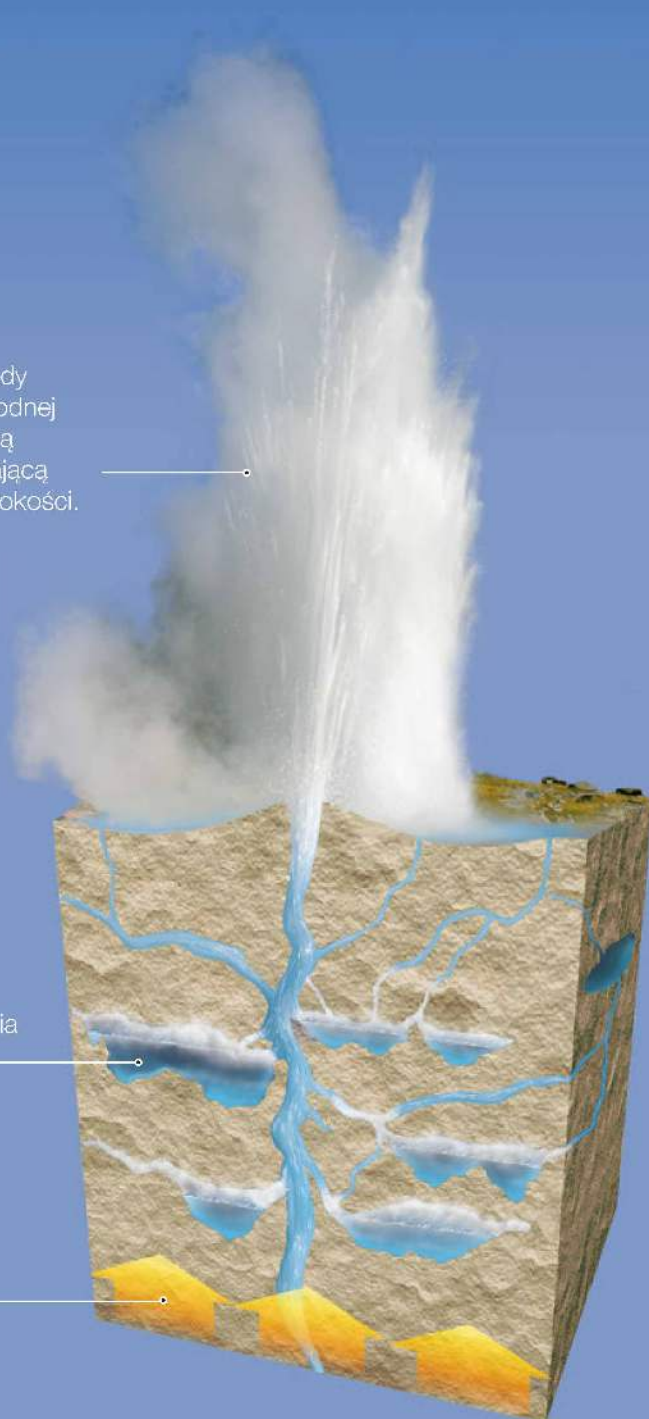
Gejzery

Szczególnymi rodzajami źródeł są gejzery. Gorąca woda oraz para wodna wydobywają się z nich w regularnych odstępach czasu. Gejzery występują na obszarach czynnych wulkanicznie, m.in. w Stanach Zjednoczonych, Nowej Zelandii, na Islandii oraz na Kamczatce. Woda zasilająca gejzery gromadzi się w podziemnych komorach podgrzewanych przez ogniska magmowe. W dolnej części przewodu woda znajduje się pod wysokim ciśnieniem, co sprawia, że nie wrze ona mimo przekroczenia temperatury 110°C . Dopiero kiedy woda w górnej części przewodu osiąga temperaturę wrzenia, woda znajdująca się poniżej zamienia się w parę wodną. Wypycha ona na zewnątrz warstwę wody znajdującą się powyżej, która po ochłodzeniu na powierzchni spływa z powrotem w głąb ziemi. Tam ponownie się nagrzewa i proces się powtarza.

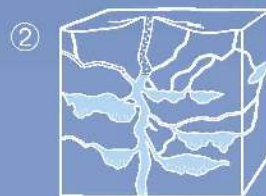
Słup wrzącej wody i gorącej pary wodnej tworzy efektowną fontannę, osiągającą nieraz 70 m wysokości.

W podziemnych zbiornikach woda podczas przechodzenia ze stanu ciekłego w gazowy zwiększa swoją objętość.

Znajdujące się płytko ognisko magmy dostarcza ciepła do ogrzania tysięcy litrów wody.



Woda spływa szczelinami do podziemnych komór, wypełniając wolne przestrzenie.



W wyniku procesów magmatycznych woda w komorach zostaje przegrzana. Wzrasta ciśnienie wody.



Następuje gwałtowna zamiana wody w parę. Woda znajdująca się powyżej zostaje wypchnięta na powierzchnię.



Regionem bogatym w zasoby wód mineralnych są Sudety. Jednym z najbardziej znanych tamtejszych uzdrowisk jest Kudowa-Zdrój. Słynie ona zwłaszcza z występowania szczawu.

■ Wody mineralne

Wody podziemne zawsze zawierają pewną ilość związków mineralnych. Jeżeli w 1 l wody podziemnej znajduje się co najmniej 1 g rozpuszczonych związków mineralnych, mówi się o **wodzie mineralnej**. W zależności od rodzaju związków rozpuszczonych w wodzie wyróżnia się:

- ▶ **wody siarczanowe i siarczkowe** – zawierające siarczki lub siarczany sodu i wapnia oraz siarkowodor;
- ▶ **szczawy** – zawierające dwutlenek węgla, wodorowęglany(IV) wapnia i sodu (szczawa alkaliczna) oraz związki żelaza (szczawa żelazista);
- ▶ **solanki** – zawierające sól kamienną w ilości ponad 15 g/l, a ponadto sole magnezu, jodu oraz bromu;
- ▶ **wody radoczynne** – zawierające niewielkie ilości pierwiastków promieniotwórczych.

Do określenia zawartości węglanu wapnia i węglanu magnezu w wodzie używa się terminu **twardość wody**. Wody podziemne zawierające mniej niż 0,08 g/l tych związków to **wody**



Właściwości wód termalnych islandzkiego basenu Bláa Lónið [wym. błała lonid] sprawiają, że wykorzystuje się je nie tylko do kąpieli, lecz także do produkcji energii elektrycznej oraz ogrzewania mieszkań.

miękkie, te zaś, które zawierają ponad 0,2 g/l – **wody twarde**. Woda o wysokiej twardości używana do gotowania pozostawia na naczyniach wapienny osad.

■ Gospodarcze znaczenie wód podziemnych

Wody podziemne mają duże znaczenie gospodarcze. Wody słodkie znajdują zastosowanie zarówno w gospodarstwach domowych, jak i w przemyśle. Wody mineralne służą **do celów spożywczych**, np. do produkcji napojów. Mają też **właściwości lecznicze**. W uzdrowiskach wykorzystuje się je nie tylko do picia, lecz także do kąpieli oraz inhalacji.

Do **celów grzewczych i energetycznych** używa się z kolei wód termalnych. Najwięcej energii wytwarzają z nich Stany Zjednoczone, Filipiny, Indonezja, Meksyk oraz Włochy. Rekordzistą pod tym względem jest stolica Islandii, Reykjavík – aż 98% mieszkań jest tam ogrzewanych za pomocą energii pochodzącej z **elektrociepłowni geotermalnych**.

Zadania

1. Omów pochodzenie wód reliktowych i wymień ich główne cechy.
2. Wyjaśnij znaczenie terminów: *strefa aeracji*, *strefa saturacji*, *zwierciadło wód podziemnych*.
3. Opisz mechanizm funkcjonowania gejzerów.
4. Przedstaw różnicę między wodami artezyjskimi a wodami subartezyjskimi.
5. Podaj trzy przykłady zastosowania wód podziemnych w gospodarce.

Podsumowanie

- Wodna powłoka naszej planety to **hydrosfera**. Tworzą ją wody atmosferyczne, wody powierzchniowe i wody podziemne.
- Całkowita objętość wód znajdujących się na naszej planecie wynosi ok. 1,386 mld km³.
- Około 96,5% wszystkich zasobów wodnych Ziemi stanowią wody mórz i oceanów.
- Oprócz mórz i oceanów woda jest zgromadzona: w lodowcach górskich i lądolodach, pod ziemią, w wieloletniej zmarzlinie, w jeziorach, w glebie, w atmosferze, w bagnach i rzekach oraz w organizmach (woda biologiczna).
- Do **wód słonych** (97,5% objętości hydrosfery) zalicza się wody mórz i oceanów, część wód podziemnych oraz wody słonych jezior.
- Większość **wód słodkich** (2,5% objętości hydrosfery) występuje w postaci śniegu i lodu oraz pod powierzchnią ziemi.
- Energia słoneczna i siła ciężkości powodują, że woda znajduje się w ciągłym ruchu. Przemieszczanie się wody między atmosferą, hydrosferą i litosferą jest nazywane **obiegiem wody w przyrodzie** lub **cyklem hydrologicznym**.
- W ciągu roku w cyklu hydrologicznym uczestniczy ok. 0,04% zasobów hydrosfery.
- **Duży obieg wody** to zamknięty cykl krążenia wody między oceanem, atmosferą a obszarem lądowym.
- Mały obieg wody obejmuje jej krążenie między atmosferą a obszarem lądowym lub między atmosferą a oceanem.
- **Retencja** to zatrzymanie wody na pewien czas w obiegu, np. w postaci śniegu czy lodu.
- **Bilans wodny** to zestawienie przychodów oraz ubytków wody dla danego obszaru lub dla całej Ziemi.
- **Wszechocean** (ocean światowy) zajmuje 71% powierzchni Ziemi.
- Wyróżnia się pięć oceanów: Ocean Spokojny (Pacyfik), Ocean Atlantycki (Atlantyk), Ocean Indyjski, Ocean Arktyczny i Ocean Południowy.
- **Morze** to część oceanu przylegająca do kontynentu, która jest oddzielona od otwartych wód oceanicznych łańcuchem wysp, półwyspem lub podwodnym progim.
- **Zatoka** to część oceanu, morza lub jeziora wcinająca się głęboko w ląd i odznaczająca się swobodną wymianą wód ze zbiornikiem wodnym.
- **Cieśniną** nazywa się zwężenie powierzchni wodnej między lądami, które łączy dwa akweny.
- Podstawowymi składnikami wody morskiej są:
 - **tlen i wodór**, które budują cząsteczki wody,
 - **chlor i sód**, które tworzą sól morską.
- Gazy rozpuszczone w wodzie morskiej, np. tlen, azot i dwutlenek węgla, pochodzą z atmosfery ziemskiej, z podmorskich wulkanów lub powstają na skutek procesów chemicznych i biologicznych zachodzących w wodzie.
- **Zasolenie** to zawartość soli w wodzie. Stopień zasolenia podaje się najczęściej w promilach (‰).
- Przeciętne zasolenie wód powierzchniowych oceanów wynosi 35‰.
- Solami rozpuszczonymi w wodzie morskiej są głównie chlorki oraz siarczany.
- Średnia roczna temperatura wód powierzchniowych oceanów wynosi 17,4°C.
- Głównymi źródłami zanieczyszczenia wody w morzach i oceanach są:
 - rzeki, które odprowadzają zanieczyszczenia pochodzące z lądu,
 - statki usuwające odpady na pełnym morzu,
 - awarie zbiornikowców,
 - awarie platform wiertniczych i ropociągów.
- **Pływy** to cykliczne wznoszenie się i opadanie poziomu morza wywołane siłą przyciągania Księżyca i Słońca oraz siłą odśrodkową wynikającą z obrotu Ziemi.
- **Upwelling** polega na powolnym wynoszeniu na powierzchnię zimnych wód głębinowych, zawierających substancje odżywcze. Opadanie ciepłych wód nosi nazwę **downwellingu**.
- **Prądy morskie** to poziome ruchy wód morskich wywołane:
 - występowaniem stałych wiatrów w dolnych partiach troposfery,
 - różnicami gęstości wód oceanicznych,
 - zróżnicowaniem poziomu wód oceanicznych.
- **Ciepłe prądy morskie** powodują wzrost temperatury powietrza oraz sumy opadów atmosferycznych na wybrzeżach, które opływają.

- **Zimne prądy morskie** przyczyniają się do spadku temperatury powietrza i zmniejszenia ilości opadów.
- Prądy morskie wywierają duży wpływ na gospodarczą działalność człowieka, np. na żeglugę.
- **Oscylacja Południowa El Niño** (ang. *El Nino Southern Oscillation*, w skrócie ENSO) to specyficzna cyrkulacja oceaniczno-atmosferyczna zachodząca w strefie okolorównikowej.
- ENSO obejmuje dwie przeciwstawne fazy: zimną (La Niña) i ciepłą (El Niño).
- ENSO wpływa pośrednio na klimat całej kuli ziemskiej, a tym samym na środowisko przyrodnicze, a także na życie i gospodarkę człowieka.
- **Falowanie** to poziomy ruch wody morskiej wywoływany głównie przez **wiatr**.
- Kierunek rozchodzenia się fal pokrywa się z kierunkiem wiania wiatru, a intensywność falowania zależy od jego prędkości.
- **Tsunami** jest falą, która powstaje najczęściej wskutek podwodnego trzęsienia ziemi.
- **Rzeka** to duży ciek wodny, czyli woda płynąca utworzonym przez siebie korytem po powierzchni ziemi pod wpływem siły grawitacji.
- **System rzeczny** obejmuje rzekę główną i jej dopływy.
- Obszar odwadniany przez system rzeczny to **dorzecze**.
- Granicę między dwoma sąsiadującymi ze sobą dorzeczami stanowi **dział wodny** (wododział).
- Główne przyczyny zróżnicowania sieci rzecznej na Ziemi to:
 - warunki klimatyczne,
 - ukształtowanie powierzchni,
 - budowa geologiczna.
- Ze względu na ciągłość zasilania rzeki dzieli się na: **stałe, okresowe i epizodyczne**.
- **Rzeki stałe** są zasilane w sposób ciągły, prowadzą wodę w korycie przez cały rok.
- **Rzeki okresowe** prowadzą wodę regularnie, ale tylko w porze deszczowej.
- **Rzeki epizodyczne** prowadzą wodę sporadycznie, tylko po dużych opadach deszczu (przez pozostałą część roku dna dolin rzek epizodycznych pozostają suche).
- Mianem **przepływu** określa się ilość wody przepływającej przez przekrój poprzeczny koryta w jednostce czasu (np. w m³/s lub km³/rok).
- **Stan wody** to wysokość zwierciadła wody w korycie rzeki względem umownie przyjętego poziomu odniesienia.
- **Ustrój rzeki** to ustalony na podstawie wieloletnich obserwacji rytm wahań jej przepływów oraz stanów wody. Jest on związany z rodzajem zasilania i zlodzeniem.
- Ze względu na rodzaj zasilania wyróżnia się **ustroje rzeczne**:
 - **deszczowy** – zasilanie odbywa się głównie poprzez wody opadowe; wahania stanów wody zależą od rocznego rytmu opadów atmosferycznych;
 - **śnieżny** – kulminacja przepływów występuje na wiosnę, co jest związane z topnieniem pokrywy śnieżnej; latem przepływy maleją, a najniższe są jesienią;
 - **lodowcowy** – najwyższe stany wody oraz wysokie przepływy występują latem, podczas intensywnego topnienia lodowców górskich;
 - **złożony** – zasilane odbywa się z różnych źródeł.
- Niski stan wody w rzece to **niżówka**, a wysoki – **wezbranie**.
- **Jezioro** to naturalne zagłębienie terenu wypełnione wodą i pozbawione swobodnej wymiany wód z wszechoceanem.
- Powstawanie jezior zależy od:
 - **procesów rzeźbiących powierzchnię Ziemi** prowadzących do utworzenia misy jeziornej,
 - **warunków klimatycznych** regulujących wypełnianie zagłębienia wodą,
 - **rodzaju skał** budujących podłoże warunkujących zatrzymanie wody w zagłębieniu.
- Ze względu na pochodzenie misy jeziornej wyróżnia się wiele genetycznych typów jezior, m.in.:
 - jeziora tektoniczne,
 - jeziora wulkaniczne,
 - jeziora reliktowe,
 - jeziora polodowcowe,
 - jeziora deltowe,
 - jeziora zakolowe,
 - jeziora przybrzeżne,
 - jeziora krasowe,
 - jeziora meteorytowe.
- **Lodowiec** to trwale nagromadzenie lodu, które powstaje na lądzie z przeobrażenia dużych ilości śniegu.
- **Granica wiecznego śniegu** to poziom, powyżej którego w ciągu roku więcej śniegu przybywa, niż ubywa.

- Czynniki warunkujące powstawanie lodowców górskich są:
 - odpowiednio niska temperatura powietrza,
 - wysokie opady śniegu,
 - rzeźba terenu sprzyjająca gromadzeniu się opadów atmosferycznych.
- Kolejne fazy, które przechodzi lód znajdujący się w lodowcu, to:
 - śnieg,
 - firn,
 - lód firmowy,
 - lód lodowcowy.
- **Ablacja** to ubytek śniegu i lodu wywołany głównie topnieniem i sublimacją.
- Powiększanie się lodowca określa się mianem **transgresji**, a zmniejszanie się jego zasięgu – mianem **regresji**.
- Lodowce, ze względu na budowę i lokalizację, dzieli się na:
 - lodowce górskie
 - lodowce kontynentalne (lądolody).
- Lodowce górskie składają się z **pola firmowego** i **jęzora lodowcowego**.
- Wśród lodowców górskich, w zależności od ich kształtów i rozmiarów, wyróżnia się m.in.:
 - lodowce alpejskie (dolinne),
 - lodowce himalajskie (dendrytyczne),
 - lodowce fieldowe (norweskie),
 - lodowce piedmontowe (podgórskie).
- Obecnie na naszej planecie istnieją dwa lądolody: **lądolód antarktyczny** i **lądolód grenlandzki**.
- **Zanik pokrywy lodowej** wywołuje wiele skutków ekologicznych, społecznych i gospodarczych.
- **Wody podziemne** wypełniają pory i szczeliny skalne oraz wolne przestrzenie między skałami.
- Ilość wód podziemnych, ich jakość oraz sposób zalegania pod powierzchnią ziemi są uzależnione przede wszystkim od:
 - wielkości opadów atmosferycznych,
 - gęstości sieci wód powierzchniowych,
 - rodzaju skał i ich ułożenia.
- Ze względu na pochodzenie wody podziemne dzieli się na:
 - **wody infiltracyjne**, tworzące się na skutek przesiąkania do podłoża wód opadowych, roztopowych i powierzchniowych,
 - **wody juvenile**, powstające na obszarach aktywnych wulkanicznie na skutek kondensacji pary wodnej zawartej w magmie; mają bardzo wysoką temperaturę.
 - **wody kondensacyjne**, powstające w wyniku kondensacji pary wodnej na powierzchni ziemi lub w glebie,
 - **wody reliktowe**, będące pozostałością po morzach lub jeziorach istniejących w dawnych epokach geologicznych.
- **Warstwa wodonośna** to warstwa skał przepuszczalnych, w której wszystkie wolne przestrzenie wypełnia woda.
- Górną granicę warstwy wodonośnej stanowi **zwierciadło wód podziemnych**. W zależności od warunków geologicznych jest ono **swobodne** lub **napięte**.
- W zależności od rodzaju przestrzeni wypełnianych przez wodę w warstwie wodonośnej wyróżnia się:
 - wody porowe,
 - wody szczelinowe,
 - wody krasowe,
 - wody złożone.
- Jeżeli temperatura wód wydostających się na powierzchnię jest wyższa od średniej rocznej temperatury powietrza na danym obszarze, to te wody nazywa się **wodami termalnymi**.
- Na obszarach, gdzie warstwa wodonośna zalega w nieckowato ułożonych warstwach skalnych i jest ograniczona od dołu i od góry warstwami nieprzepuszczalnymi, występują **wody artezyjskie**.
- Wody podziemne zalegają na różnych głębokościach. Według tego kryterium dzieli się je na:
 - wody przypowierzchniowe (zaskórne),
 - wody gruntowe,
 - wody wgłębne
 - wody głębinowe.
- **Źródło** to miejsce, w którym wody podziemne wypływają na powierzchnię. Ten wypływ może być spowodowany siłą grawitacji lub ciśnieniem hydrostatycznym.
- Ze względu na rodzaj przewodów wyprowadzających wodę na powierzchnię terenu wyróżnia się źródła: szczelinowe, uskokowe warstwowe i krasowe.
- **Gejzer** to rodzaj źródła, którym gorąca woda oraz para wodna gwałtownie wydobywają się na powierzchnię w regularnych odstępach czasu.
- Wody mineralne zawierają co najmniej 1 g związków mineralnych rozpuszczonych w 1 l wody. W zależności od rodzaju tych związków wyróżnia się między innymi **wody siarczanowe**, **szcawowe**, **solanki** i **wody radoczynne**.



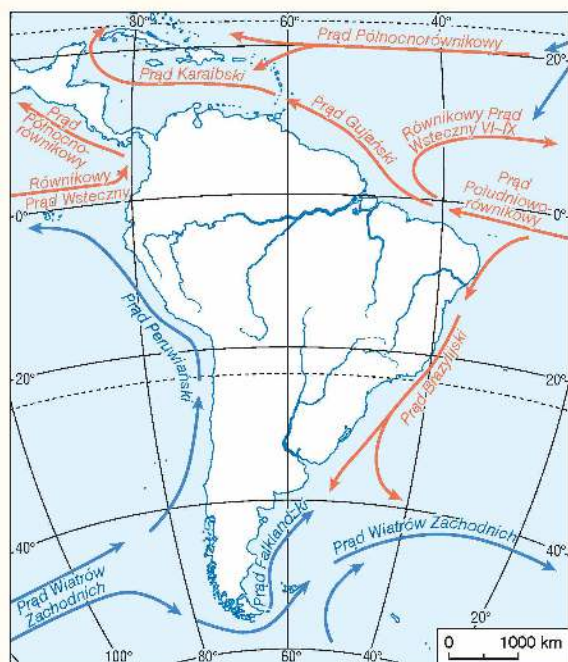
- 1** Wybierz zestaw, w którym wymieniono źródła wody słodkiej na Ziemi w kolejności od największej do najmniejszej ilości zmagazynowanej w nich wody. (0–1 p.)

A. Wody podziemne, jeziora, lodowce, rzeki.
B. Wody podziemne, rzeki, lodowce, jeziora.
C. Lodowce, wody podziemne, rzeki, jeziora.
D. Lodowce, wody podziemne, jeziora, rzeki.

- 2** Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Wybierz P, jeśli informacja jest prawdziwa, lub F, jeśli jest fałszywa. (0–2 p.)

1.	Największą powierzchnią zlewiska odznacza się Ocean Południowy.	P	F
2.	Spośród związków chemicznych rozpuszczonych w wodzie morskiej największy udział mają sole.	P	F
3.	Zawartość soli w wodach oceanicznych maleje od zwrotników ku biegunom.	P	F
4.	Pionowy rozkład temperatury wód oceanicznych nie jest podobny do pionowego rozkładu zasolenia.	P	F

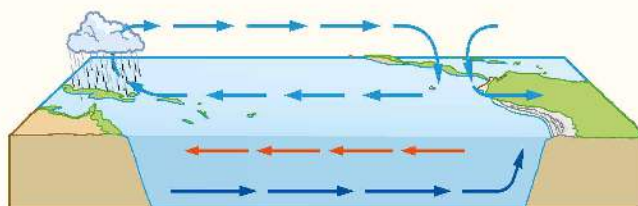
- 3** Na mapie przedstawiono rozkład prądów morskich, które opływają Amerykę Południową. Wyjaśnij, jaki wpływ na klimat tego kontynentu ma Prąd Peruwiański. (0–2 p.)



- 4** Wskaż zdanie w którym poprawnie wyjaśniono, czym jest ENSO. (0–1 p.)

A. Cykl zjawisk, które wiążą się z okresowymi zmianami rozkładu temperatury wód powierzchniowych oceanu i układu ciśnienia atmosferycznego.
B. Warstwa wody objęta poziomymi ruchami.
C. Cykliczne wznoszenie się i opadanie poziomu morza wywołane siłami przyciągania Księżyca i Słońca.
D. Powolne wynoszenie na powierzchnię zimnych wód głębinowych.

- 5** Na ilustracji przedstawiono jedną z cyrkulacji oceaniczno-atmosferycznych występujących w strefie okołorównikowej. Zapisz w zeszycie jej nazwę oraz opisz wpływ, który wywiera ona na pogodę w Oceanii oraz w zachodniej części Ameryki Południowej. (0–2 p.)



- 6** Rozpoznaj zjawisko przedstawione na fotografii. Podaj jego nazwę, a następnie wyjaśnij, w jaki sposób powstaje. (0–2 p.)

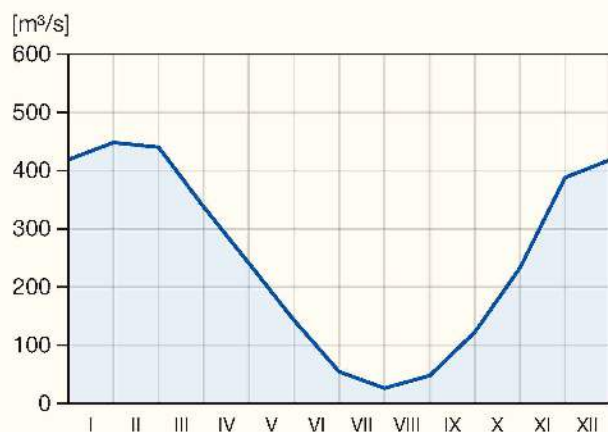


- 7** Zapisz w zeszycie nazwę skali, którą wykorzystuje się do opisu stanu powierzchni morza. (0–1 p.)

- 8 Wybierz prawdziwe informacje w poniższych zdaniach. (0–4 p.)

- A. Rzeka uchodząca bezpośrednio do morza lub innego zbiornika wodnego jest określana mianem rzeki *głównej / stałej*.
- B. Granicę między dwoma dorzecziami stanowi *dział wodny / dorzecze*.
- C. Gęsta sieć rzeczna występuje w strefie klimatów *równikowych / podzwrotnikowych*.
- D. Rzeki *periodyczne / epizodyczne* prowadzą wodę regularnie, ale tylko w porze deszczowej.

- 9 Poniżej umieszczono hydrogram dla Ebro. Zapisz w zeszycie nazwę ustroju tej rzeki oraz nazwę miesiąca, w którym stany są najwyższe. (0–2 p.)



- 10 Na zdjęciu przedstawiono jeden z typów jezior występujących na Ziemi. Wyjaśnij, w jaki sposób powstają takie jeziora. (0–1 p.)



- 11 Podaj dwa przykłady społeczno-gospodarczego wykorzystania sztucznych zbiorników wodnych. (0–1 p.)

- 12 Przyporządkuj wymienionym typom lodowców właściwe opisy. (0–3 p.)

- A. Lodowiec alpejski.
- B. Lodowiec himalajski.
- C. Lodowiec fieldowy.
- a) Powstaje z połączenia kilku mniejszych lodowców mających własne pola firnowe.
- b) Powstaje na przedpolu gór w wyniku połączenia kilku jezior lodowcowych wypływających z odrębnych pól firnowych.
- c) Ma jedno duże pole firnowe i jeden długi jezior lodowcowy.
- d) Składa się z czapy lodowej i wypływających z niej krótkich jezior lodowcowych.

- 13 Podaj przykłady gospodarczego zastosowania wymienionych typów wód podziemnych. (0–2 p.)

Wody podziemne	Gospodarcze zastosowanie
gruntowe	?
mineralne	?
termalne	?
siarczanowe	?

- 14 Wskaż zdania, które zawierają prawdziwe informacje dotyczące źródeł. (0–2 p.)

- A. Wody podziemne wypływają na powierzchnię w miejscu nazywanym źródłem.
- B. Wypływ wody na powierzchnię jest zawsze spowodowany siłą grawitacji.
- C. Źródła krasowe powstają na granicy warstwy przepuszczalnej i nieprzepuszczalnej, w miejscu przecięcia się tych warstw z powierzchnią ziemi.
- D. W źródłach szczelinowych zstępujących woda wypływa ze szczelin pod wpływem siły grawitacji.

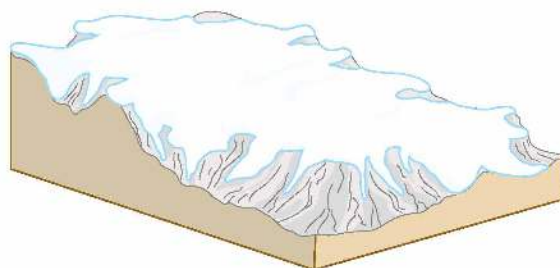
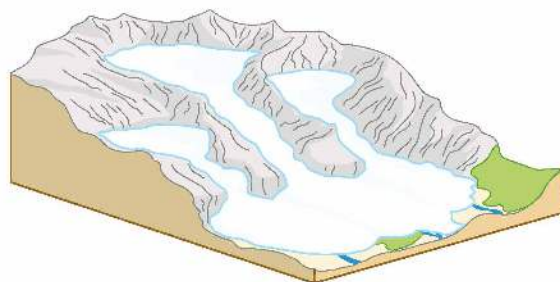
- 15 Opisz mechanizm wyrzutu wody z gejzeru. (0–1 p.)

Sprawdź w kluczu odpowiedzi, które zadania udało Ci się rozwiązać poprawnie. Następnie oblicz uzyskany przez siebie procent ogólnej liczby punktów.

Sposób na zadania

Zadanie 1. (0–1)

Na zdjęciach oraz na rysunkach przedstawiono dwa typy lodowców górskich: lodowiec norweski i lodowiec piedmontowy.



Podaj dwie przyczyny różnic w budowie lodowca norweskiego i lodowca piedmontowego.

Czynność do wykonania

Czasownik *podaj* oznacza, że w odpowiedzi należy wymienić informacje wymagane w dalszej części polecenia. W tym przypadku mają one dotyczyć dwóch przyczyn występowania różnic w budowie lodowców, dlatego nie można ograniczyć się jedynie do podania cech tych form. Należy też uważać, aby nie pomylić przyczyn ze skutkami.

Praktyczne rady

Przyjrzyj się zdjęciom oraz schematom przedstawiającym budowę lodowców. Zaczynj od ustalenia, jakimi cechami odznaczają się oba typy lodowców. Następnie wskaż różnice w ich budowie – określ liczbę pól firnowych oraz długość i kierunek spływania jeziorów. Zwróć też uwagę na warunki powstawania lodowców. Zauważ, że miejsca, w których one występują, są inne. Ustal, czy lód pokrywa całą powierzchnię szczytową, czy występuje miejscowo u podnóży szczytów.

Odpowiedź:

1. Różnice wysokości w szczytowych partiach gór. Lodowce norweskie powstają w górach o mniejszych deniwelacjach niż lodowce piedmontowe. Dlatego pola firnowe lodowców norweskich stanowią rozległe czapy lodowe pokrywające szczytowe partie gór.
2. Długość i głębokość dolin śródgórskich. Jezory lodowców piedmontowych spływają długimi i głębokimi dolinami, a następnie łączą się i tworzą rozległe pole lodowe poniżej szczytu. Na obszarach występowania lodowców norweskich takie doliny nie występują.

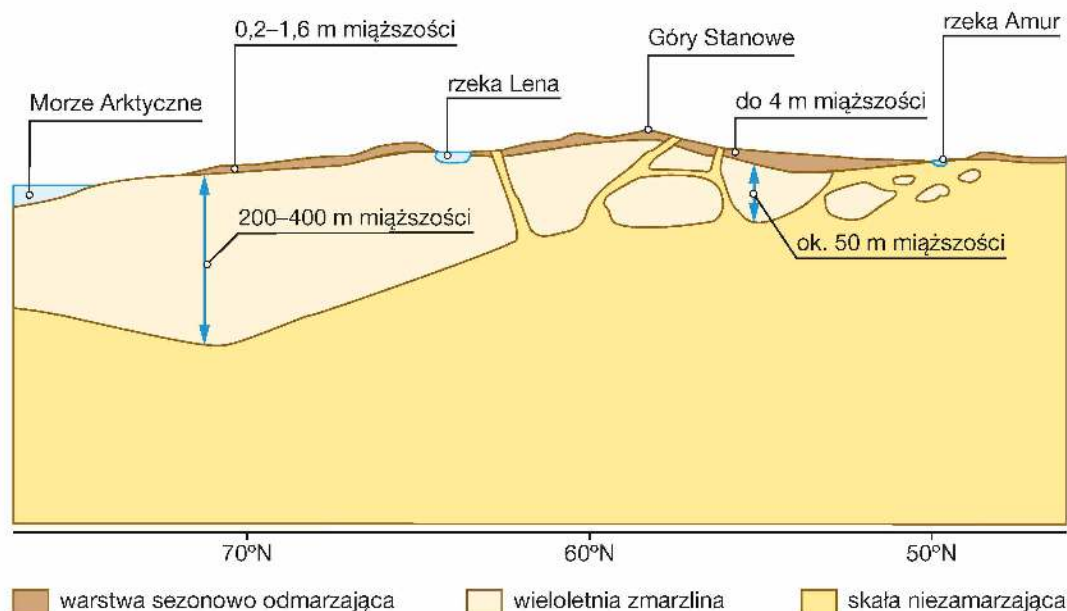
Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE



Zadanie 1.

Na ilustracji przedstawiono przekrój przez strefę wieloletniej zmarzliny na Syberii, a na fotografiach – problemy, z którymi zmagają się mieszkańcy tego regionu.



Zadanie 1.1. (0–1)

Podaj przyczynę tworzenia się bagien na obszarze objętym wieloletnią zmarzliną.

Zadanie 1.2. (0–1)

Na podstawie fotografii podaj dwa problemy wynikające z zamieszkiwania obszarów objętych wieloletnią zmarzliną.

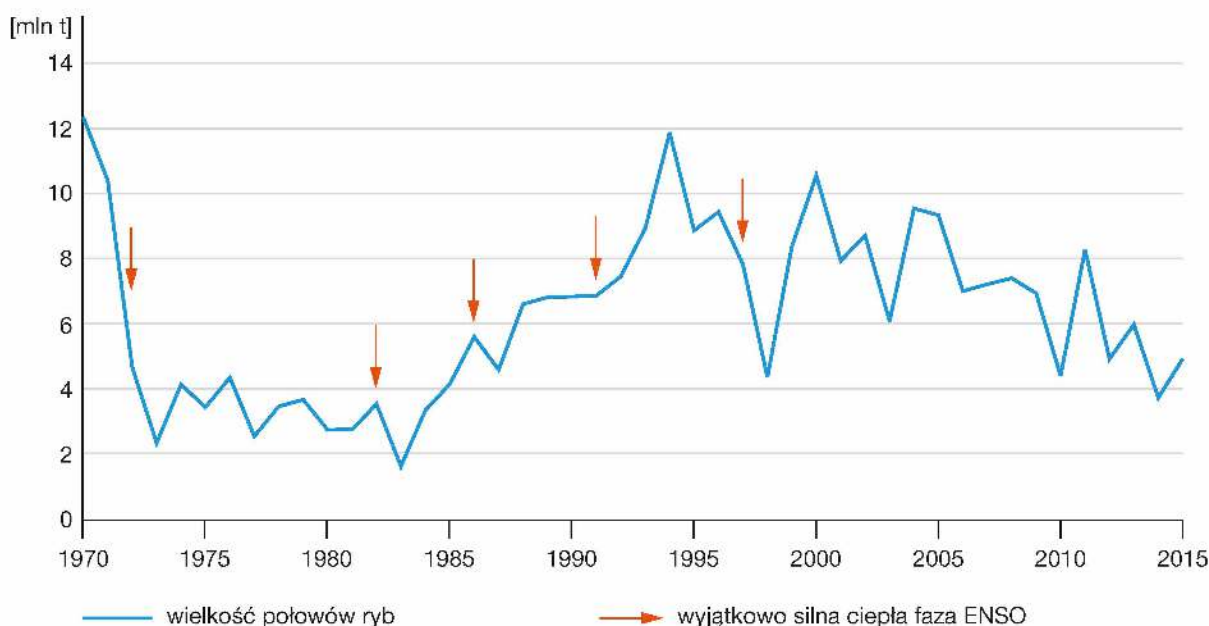
Zadanie 1.3. (0–1)

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

- Powstawanie bagien poza obszarami objętymi wieloletnią zmarzliną bardzo często wynika z występowania
- A. gleb inicjalnych.
 - B. piaszczystego podłoża.
 - C. płaskich obszarów bezodpływowych.
 - D. niewielkich opadów.

Zadanie 2.

Na diagramie przedstawiono wielkość rocznych połowów ryb w Peru w latach 1970–2015 oraz wybrane okresy występowania ciepłej fazy cyrkulacji oceaniczno-atmosferycznej nazywanej Oscylacją Południową El Niño (ENSO).

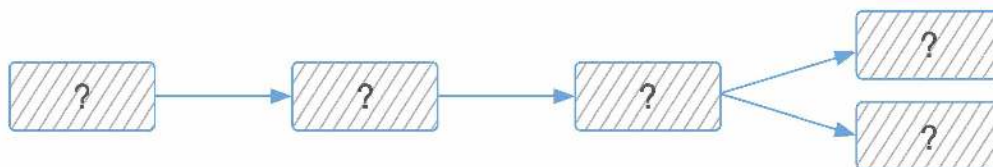
**Zadanie 2.1.** (0–1)

Podaj zależność między występowaniem wyjątkowo silnej ciepłej fazy ENSO a wielkością połowów ryb w Peru.

Zadanie 2.2. (0–1)

Uzupełnij schemat literami tak, aby przedstawiał ciąg przyczynowo-skutkowy, dotyczący występowania ciepłej fazy ENSO.

- A. Intensywne opady deszczu we wschodniej części Pacyfiku.
- B. Osłabienie lub zanik upwellingu.
- C. Powstanie wyżu barycznego w zachodniej części Oceanu Spokojnego.
- D. Osłabienie oddziaływania pasatów.
- E. Susze w Australii.

**Zadanie 2.3.** (0–1)

Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, albo F – jeśli jest fałszywa.

1.	Ciepła faza ENSO pojawia się w okolicy świąt Bożego Narodzenia.	P	F
2.	Zimna faza ENSO jest nazywana El Niño.	P	F
3.	W czasie ciepłej fazy ENSO w zachodniej części Pacyfiku występują huragany.	P	F
4.	ENSO wpływa pośrednio na klimat całej kuli ziemskiej.	P	F



V. Wnętrze Ziemi. Procesy endogeniczne

To było w szkole podstawowej!

- ✓ **Litosfera** to zewnętrzna, sztywna, zbudowana ze skał powłoka Ziemi.
- ✓ Litosfera składa się z kilkunastu ogromnych fragmentów zwanych płytami litosfery.



1

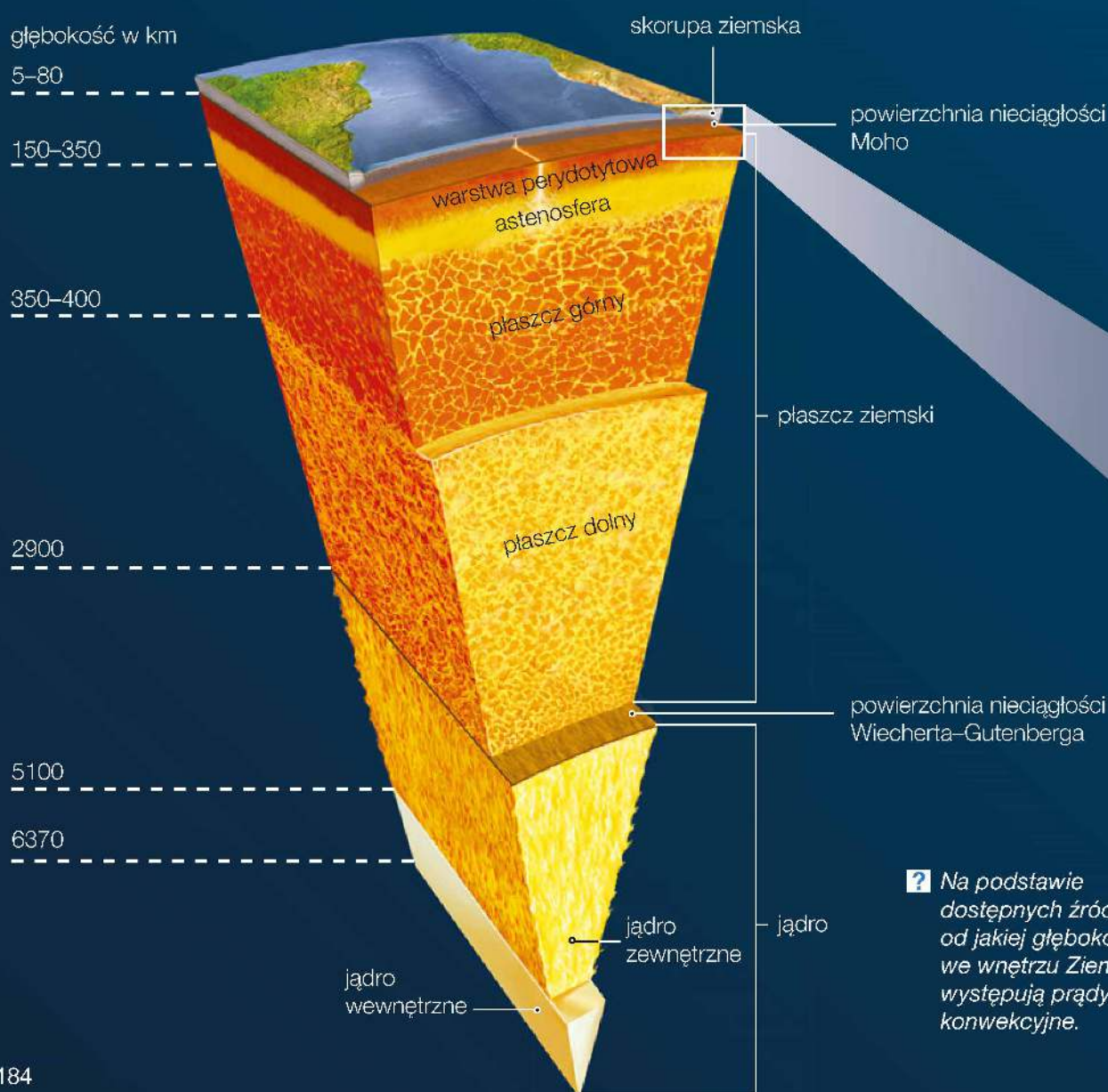
Budowa wnętrza Ziemi

Na tej lekcji dowiesz się: jak jest zbudowana Ziemia ■ co to są badania sejsmiczne ■ jakie właściwości fizyczne mają poszczególne warstwy Ziemi.

Można zaryzykować tezę, że poznanie budowy wnętrza Ziemi jest znacznie trudniejsze niż zbadanie powierzchni innych planet. Wysoka temperatura i ogromne ciśnienie panujące we wnętrzu naszej planety uniemożliwiają bowiem wysłanie tam sondy badawczej. Najgłębsze wykonane dotychczas wiercenia sięgają

zaledwie kilkunastu kilometrów (do 15 km na Sachalinie). To, że nie jesteśmy w stanie dotrzeć do warstw znajdujących się w głębi naszej planety, nie oznacza jednak, że nie mamy o nich żadnej wiedzy. Dzięki nowoczesnym technologiom powstają bowiem coraz dokładniejsze modele wnętrza Ziemi.

Budowa wnętrza Ziemi



? Na podstawie dostępnych źródeł ustal, od jakiej głębokości we wnętrzu Ziemi występują prądy konwekcyjne.

Jak jest zbudowana Ziemia?

Naukowcy badający wnętrze Ziemi ustalili, że nie jest ono jednolite, lecz składa się z kilku odmiennych warstw.

Zewnętrzną powłoką naszej planety jest **skorupa ziemska**, która wraz z warstwą perydotytową (zewnętrznym fragmentem górnego płaszczu) tworzy **litosferę**. Grubość litosfery waha się od ok. 10 km pod grzbietami śródoceanicznymi do nawet 200 km w obrębie platform kontynentalnych. Dolną granicą skorupy ziemskiej jest powierzchnia nieciągłości Moho.

Poniżej znajduje się **płaszcz ziemski**, który stanowi 83% objętości naszej planety oraz 68% jej masy. W jego obrębie wyróżnia się płaszcz

górnym oraz płaszcz dolny. W **płaszczu górnym**, poniżej warstwy perydotytowej wykazującej cechy ciała stałego, leży półplastyczna **astenosfera**. Jej właściwości wynikają z temperatury budujących ją skał, która jest bliska temperaturze ich topnienia. W płaszczu górnym, zbudowanym głównie z krzemianów i tlenków magnezu, żelaza, wapnia oraz glinu (aluminium), występują prądy konwekcyjne. Są to powolne przepływy gorącej materii z wnętrza płaszczu ziemskiego w kierunku jego górnej warstwy, które wywierają duży wpływ na procesy wewnętrzne kształtujące powierzchnię Ziemi. **Płaszcz dolny** jest zbudowany przede wszystkim z krzemu, magnezu, żelaza i tlenu.

Budowa skorupy ziemskiej

Skorupa ziemska jest zbudowana głównie ze związków krzemu i glinu. Tworzą ją skały magmowe, osadowe i metamorficzne. Grubość skorupy ziemskiej nie jest we wszystkich miejscach jednakowa. Wynosi ona od kilku kilometrów na obszarach oceanicznych do kilkudziesięciu kilometrów na obszarach kontynentów (maksymalną grubość – ok. 80 km – osiąga pod Himalajami). To między innymi dlatego wydziela się skorupę oceaniczną oraz skorupę kontynentalną.



Między płaszczem Ziemi a jej jądrem znajduje się powierzchnia nieciągłości Wiecherta–Gutenberg. Najgłębiej jest położone **jądro**. Stanowi ono 16% objętości Ziemi i aż 31% jej masy. Wyróżnia się jądro zewnętrzne i jądro wewnętrzne. **Jądro zewnętrzne** występuje w stanie ciekłym i składa się z żelaza (z domieszką tlenu lub siarki) i niklu. **Jądro wewnętrzne** wykazuje cechy ciała stałego, ma temperaturę 6000°C i prawdopodobnie składa się z żelaza i niklu.

■ Metody badań wnętrza Ziemi

Do metod badania wnętrza Ziemi zalicza się między innymi głębokie wiercenia geologiczne, badania przebiegu fal sejsmicznych czy badania różnicowania pola magnetycznego Ziemi. W **badaniach sejsmicznych**, w których rejestruje się przebieg fal sejsmicznych, wykorzystuje się zarówno naturalne fale wywołane przez trzęsienia ziemi, jak i fale wzbudzone sztucznie przez człowieka. Badaniem prędkości docierania fal sejsmicznych do kolejnych stacji badawczych rozmieszczonych w różnych miejscach na kuli ziemskiej zajmują się **sejsmolodzy**. Prędkość fal sejsmicznych zależy od ośrodka, przez który one przechodzą. Inną prędkość mają fale w warstwach sztywnych, inną – w warstwach plastycznych, a jeszcze inną – w warstwach płynnych. Zarejestrowane prędkości porównuje się z prędkościami zmierzonymi w skałach występujących na powierzchni. Dzięki temu można określić rodzaj i gęstość skał znajdujących się na badanym poziomie głębokości kuli ziemskiej.

■ Właściwości fizyczne wnętrza Ziemi

Wraz z głębokością we wnętrzu Ziemi wzrasta temperatura. Tempo tego wzrostu opisuje



Informacji o warunkach, które panują w głębi Ziemi, dostarczają badania pochodzącej stamtąd lawy.

stopień geotermiczny. Odpowiada on liczbie metrów, o którą należy przesunąć się w głąb Ziemi, aby temperatura podniosła się o 1°C. Stopień geotermiczny dla całej skorupy ziemskiej wynosi średnio 33 m. Przyjmuje się, że temperatura rośnie w ten sposób do głębokości ok. 100 km. Poniżej tej głębokości wzrost temperatury jest już wolniejszy. W wielu miejscach na Ziemi wartość stopnia geotermicznego odbiega od średniej. Na przykład na obszarze RPA dochodzi ona do 117 m (dlatego tamtejsi górnicy mogą pracować w kopalniach nawet na głębokości 3 tys. m). Na terenie Polski stopień geotermiczny wynosi 47,2 m, a w Budapeszcie – już tylko 15 m. Wraz ze wzrostem głębokości we wnętrzu Ziemi wzrastają również ciśnienie i gęstość skał.

Czy wiesz, że...

Największa głębokość, na którą zszedł człowiek, przekracza nieco 4 km. Z takiej głębokości wydobywa się złoto w kopalni Mponeng w RPA. Panujące tam warunki, np. temperatura powietrza przekraczająca 60°C i częste wstrząsy tektoniczne, powodują, że praca górników jest tam wyjątkowo trudna.

Zadania

1. Wymień metody badań wnętrza Ziemi, dzięki którym wiemy, jak jest ono zbudowane.
2. Opisz zmiany temperatury, ciśnienia i gęstości zachodzące we wnętrzu Ziemi wraz ze wzrostem głębokości.
3. Wyjaśnij, czym zajmuje się seismologia.
4. Omów różnice między skorupą oceaniczną a skorupą kontynentalną.

Na tej lekcji dowiesz się: czym są minerały i jakimi cechami się odznaczają ■ co to są skały i na jakie grupy się je dzieli ■ jakie znaczenie w gospodarce mają skały ■ w jaki sposób rozpoznać skały występujące w najbliższej okolicy.

Piękno minerałów fascynuje ludzi od wieków. Najcenniejsze, bo najrzadziej występujące minerały, to kamienie szlachetne. Niektóre z nich, takie jak diamenty, osiągają na aukcjach ceny rzędu tysięcy, a nawet setek tysięcy dolarów. Obok kamieni szlachetnych w przyrodzie występują inne, bardziej pospolite minerały. Są z nich zbudowane na przykład skały.

■ Minerały

Minerały to podstawowe i jednocześnie najmniejsze z geologicznego punktu widzenia składniki skorupy ziemskiej. Powstały one w sposób naturalny – w wyniku procesów zachodzących we wnętrzu Ziemi lub na jej powierzchni. Minerały mają określony skład chemiczny oraz określone właściwości fizyczne. Niemal wszystkie mają **budowę krystaliczną**, co oznacza, że atomy są w nich ułożone w uporządkowany sposób. Minerały różnią się między innymi:

- ▶ **składem chemicznym** – mogą występować jako:
 - pierwiastki rodzime, czyli takie, które w przyrodzie występują w stanie wolnym, np. siarka rodzima (S), złoto rodzime (Au),
 - związki chemiczne, np. halit (NaCl), kwarc (SiO_2), kalcyt (CaCO_3);
- ▶ **twardością** – określa ona opór, jaki stawia minerał przy próbie zarysowania go innym minerałem; twardość danego minerału podaje się w skali Mohsa, w której zestawiono dzieśnięć minerałów wzorcowych – każdy kolejny twardszy od poprzedniego; nazwy wzorcowych minerałów oraz wzory chemiczne tych minerałów znajdują się w tabeli końcu podręcznika, na stronie 331;



Niektóre minerały, np. ametyst, mogą występować pod postacią tzw. szczotek krystalicznych. Są to skupienia różnej wielkości kryształów, które narastają blisko siebie i tworzą charakterystyczne słupki.

? Ustal, gdzie w Polsce występują ametysty i inne kamienie półszlachetne.

- ▶ **kształtem i wielkością kryształów** – mogą przybrać postać na przykład słupków, pręcików czy igieł o rozmiarach mikroskopijnych lub sięgających kilku metrów;
- ▶ **barwą** – minerały mogą być bezbarwne, zabarwione lub barwne;
- ▶ **łupliwością** – określa ona zdolność minerałów do pękania pod wpływem uderzenia wzdłuż ich płaszczyzn; niektóre minerały, np. mika, mają bardzo dobrą łupliwość, inne, takie jak kwarc, nie są łupliwe;
- ▶ **połyskiem** – jest to sposób, w jaki powierzchnia minerału odbija promienie świetlne; połysk może być na przykład tłusty, szklisty, perłowy lub metaliczny;
- ▶ **gęstością** – określa ona masę jednostki objętości kryształu; większość minerałów ma gęstość wynoszącą ok. 2,5–3,5 g/cm³, jednak w niektórych przypadkach przekracza ona 20 g/cm³.

Spośród ok. 5,5 tys. rozpoznanych minerałów znaczącą rolę w budowie skorupy ziemskiej odgrywa zaledwie kilkadziesiąt. Są to **minerały skałotwórcze**, takie jak skalenie, kwarc, pirokseny, miki, magnetyt, hematyt, oliwiny, amfibole, granaty, kalcyt czy apatyt. Pozostałe minerały występują bardzo rzadko i stanowią zaledwie 1% objętości litosfery.

Czy wiesz, że...

Kryształy to ciała stałe wykazujące uporządkowaną budowę. Do ich opisu służą układy krystalograficzne (czyli przestrzenne schematy ułożenia w uporządkowany oraz powtarzający się sposób atomów budujących kryształ).

Wyróżniamy siedem podstawowych układów krystalograficznych: układ regularny (sól kamienna, diament), układ tetragonalny (cyrkon), układ heksagonalny (grafit), układ trygonalny (kalcyt, kwarc), układ rombowy (siarka), układ jednoskośny (gips), układ trójskośny (albit).

Na zdjęciu kwarc – kryształ górski.



■ Skały

Skała to naturalne skupisko jednego lub wielu minerałów. Jako pierwsze na Ziemi powstały skały magmowe, a znacznie później – skały osadowe i skały metamorficzne (przeobrażone).

Skały magmowe

Skały magmowe tworzą się w wyniku krzepnięcia i krystalizacji magmy we wnętrzu Ziemi lub zastygnięcia lawy na jej powierzchni. Zależnie od miejsca powstawania dzieli się je na:

- ▶ **skały głębinowe** (plutoniczne) – powstają, gdy proces krystalizacji przebiega głęboko pod powierzchnią ziemi (np. granit, gabbro, sienit);
- ▶ **skały wylewne** (wulkaniczne) – powstają na powierzchni ziemi lub płytko pod nią (np. bazalt, andezyt, riolit), kiedy krzepnięcie lawy zachodzi gwałtownie.

Struktura skał magmowych zależy od ciśnienia i temperatury, w jakich dokonuje się krystalizacja magmy. Skały głębinowe mają **strukturę jawnokrystaliczną**, co oznacza, że poszczególne ziarna minerałów można w nich zobaczyć gołym okiem. Natomiast skały wylewne mają **strukturę skrytokrystaliczną** – ze względu na niewielkie rozmiary minerałów nie jest możliwe rozróżnienie ich gołym okiem.

Skały osadowe

Skały osadowe utworzyły się w procesie sedymentacji. Polega on na osadzaniu się na lądzie lub w morzu okruchów skalnych pochodzących z wietrzenia skał, a także osadzaniu się na dnie zbiorników morskich związków chemicznych wytrącających się z roztworów lub obumarłych szczątków roślin i zwierząt. Geneza skał osadowych pozwala zatem wyróżnić następujące rodzaje skał:

- ▶ **skały okruchowe** – ze względu na frakcję, czyli rozmiar okruchów budujących skałę, dzieli się na: głazy (powyżej 2,5 cm), żwiry (powyżej 2 mm), piaski (0,1–2 mm), muły (0,01–0,1 mm) i iły (poniżej 0,01 mm); skały osadowe okruchowe można podzielić również na skały luźne (okruchy budujące skałę nie są ze sobą połączone) oraz skały zwięzłe (okruchy są ze sobą spójne); do tych ostatnich należą brekcje, zlepińce, piaskowce, mułowce, iłowce, a także glina;
- ▶ **skały pochodzenia organicznego**, powstałe:
 - ze szczątków roślinnych, np. torf, węgiel brunatny, węgiel kamienny,
 - ze szczątków zwierzęcych, np. wapień, opoka;
- ▶ **skały pochodzenia chemicznego**, np. sól kamienna, sól potasowa, gips.

Skały metamorficzne

Skały metamorficzne powstają w wyniku oddziaływania bardzo wysokiej temperatury i ogromnego ciśnienia na istniejące już skały. Takie warunki panują w trakcie ruchów górotwórczych, na obszarach wulkanicznych oraz tam, gdzie występują aktywne uskoki skalne. Przykładami skał metamorficznych są gnejs, marmur, kwarcyt i hornfels.

Gospodarcze zastosowanie skał

Ludzie wykorzystują skały i ich fragmenty od początku dziejów. Mieszkali w skalnych jaskiniach, wznecali ogień dzięki krzemieniemu krzesiwu, a ostrych fragmentów niektórych skał używali jako broni i narzędzi.

Dziś świat jest uzależniony od skał. To właśnie z nich uzyskuje się większość **surowców mineralnych** stanowiących podstawę funkcjonowania współczesnej gospodarki. Istnieje kilka podziałów surowców mineralnych. Jeden z nich, ze względu na sposób wykorzystywania, przedstawiono w znajdującej się obok tabeli.

Najpopularniejszymi na świecie paliwami służącymi do **produkcji energii** są ropa naftowa i węgiel. Ważną rolę odgrywają również skały zawierające złoża gazu ziemnego oraz te, w których można odnaleźć pierwiastki promieniotwórcze. Dzięki surowcom energetycznym można korzystać z urządzeń zasilanych energią elektryczną.

Niemal wszystkie urządzenia, z których korzystamy codziennie, zawierają **metalowe elementy**. Z metali wytwarza się między innymi silniki spalinowe i elektryczne oraz elementy konstrukcyjne pojazdów i wielu wysokich budynków (np. drapaczy chmur). Skały, w których występują metale, nazywa się rudami metali (np. rudy żelaza, rudy cynku i ołowiu).

Ze skał uzyskuje się też wiele **substancji chemicznych** niezbędnych w gospodarstwach domowych oraz w procesach produkcyjnych. Sól kuchenna, farby, nawozy, nitrogliceryna,

Podział surowców mineralnych ze względu na ich wykorzystywanie

Podział surowców		Przykłady surowców
Surowce energetyczne		węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny, rudy uranu
Surowce metaliczne		rudy żelaza, rudy miedzi, rudy cynku i ołowiu, metale szlachetne (złoto, srebro, platyna), mangan
Surowce chemiczne		ropa naftowa, węgiel kamienny i brunatny, siarka, fosfority, sól kamienna, sól potasowa
Surowce skalne	budowlane	żwir, piasek, granit, bazalt, gips, wapień, margiel
	szklarskie i ceramiczne	piasek kwarcowy, glina, il

asfalt, kwas siarkowy, sztuczne włókna to tylko niewielka część substancji wytwarzanych z surowców chemicznych występujących w skałach.

Wiele skał ma zastosowanie w **budownictwie**. Wykorzystuje się je zarówno jako bezpośredni budulec, jak i surowiec do produkcji materiałów budowlanych. Na przykład wapień jest surowcem do produkcji cementu, a glina – cegieł.

Czy wiesz, że...

Można powiedzieć, że pierwsze systemy walutowe opierały się na skałach – ściślej tych, które zawierały domieszki złota, jak na przykład piaski złotonośne. Pozyskiwane z nich złoto było bowiem podstawowym zabezpieczeniem emitowanych walut.



W procesie przetwarzania ropy naftowej w rafineriach otrzymuje się między innymi benzynę, olej napędowy, olej opałowy, asfalt i smary.



Wapień uzyskiwany w kamieniołomach jest wykorzystywany jako materiał budowlany. Służy na przykład do produkcji cementu, tynków i gładzi.

Rodzaje skał

Skały najczęściej klasyfikuje się ze względu na genezę. Na tej podstawie wyróżnia się skały: magmowe, osadowe i metamorficzne.

Skały magmowe

Skały głębinowe

Skały głębinowe mają strukturę jawnokrystaliczną. Oznacza to, że poszczególne minerały można w nich rozpoznać gołym okiem.

W skale głębinowej, takiej jak **granit**, wyraźnie widać trzy główne minerały: kwarc (szare miejsca), mikę zwaną łyszczykiem (czarne miejsca) oraz skałęń (różowe i białe miejsca).



Gabro jest skałą gruboziarnistą, w której utworzyły się duże kryształy minerałów, takich jak plagioklasy i pirokseny.

Skały wylewne

Skały wylewne mają strukturę skrytokrystaliczną. W warunkach gwałtownego krzepnięcia magmy wydostającej się na powierzchnię ziemi nie zachodzi pełna krystalizacja. Zatem tworzących je minerałów nie można dostrzec gołym okiem. Istnieją też skały wylewne o strukturze porfirowej – z dużymi kryształami spojonymi skrytokrystaliczną masą skalną, nazywaną ciastem skalnym.

Powszechną skałą wylewną jest **bazalt**. Ma on czarną barwę i składa się z mikroskopijnych kryształów skaleni, piroksenów, magnezytu i oliwinu.



W skałach o strukturze porfirowej, np. w **porfirach**, formowanie kryształów rozpoczęło się w głębi skorupy ziemskiej. Jednak magma wylała się na powierzchnię ziemi i zastygła w postaci ciasta skalnego.

Skały osadowe

Skały okruchowe

Skały okruchowe są złożone z różnej wielkości okruchów skalnych pochodzących z mechanicznego rozpadu innych skał. Dzieli się je na skały luźne, których ziarna nie są ze sobą połączone, oraz skały zwięzłe, powstałe w wyniku spojenia luźnych okruchów.

Piasek jest skałą luźną, złożoną zazwyczaj z ziaren kwarcu.



W wyniku scementowania ziaren kwarcu spoiwem mineralnym powstaje skała zwięzła – **piaskowiec**.

Skały organiczne

Skały pochodzenia organicznego powstają z nagromadzenia obumarłych szczątków roślinnych lub zwierzęcych. Ich sedimentacja zazwyczaj odbywa się w zbiornikach morskich. Do tego typu skał zalicza się wiele cennych surowców energetycznych.

Na dnie zbiorników morskich, w wyniku nagromadzenia wapiennych szkieletów i muszli skorupiaków, powstały **wapienie**.



Skały chemiczne

Skały chemiczne powstają najczęściej w płytkich zbiornikach morskich lub słonych jeziorach, gdzie na skutek intensywnego parowania zmniejsza się objętość wody i wzrasta stężenie rozpuszczonych w niej związków chemicznych. W konsekwencji te związki się wytrącają i osadzają na dnie.

W suchych, pustynnych warunkach powstają niezwykle formy zbudowane z **gipsu**, tzw. róże pustyni.





Żwir jest skalą luźną, zbudowaną z zaokrąglonych okruchów skalnych i kwarcu.

W wyniku scementowania żwiru spoiwem mineralnym powstaje skała zwięzła – **zlepienieć** (konglomerat).



Rośliny obumarłe w środowisku bagiennym, na skutek oddziaływania wysokiej temperatury i ogromnego ciśnienia, w ciągu milionów lat przekształciły się w **węgiel kamienny**.

Sól kamienna (halit) składa się głównie z minerału zwanego halitem (NaCl). Jest powszechnym środkiem spożywczym, wykorzystywanym również w przemyśle chemicznym (np. do produkcji sody i chloru) oraz w lecznictwie (jako składnik roztworów fizjologicznych).



Skały metamorficzne

W warunkach panujących w głębi Ziemi dochodzi do zmiany budowy wewnętrznej, składu mineralnego, a niekiedy – do zmiany składu chemicznego istniejących skał magmowych lub osadowych. W efekcie tworzą się skały metamorficzne.

Gnejs najczęściej powstaje z przeobrażenia granitu. Budujące go minerały są ułożone w postaci wstęg, które pod wpływem ciśnienia mogą zostać pofalowane.



W wyniku oddziaływania bardzo wysokiej temperatury na wapień powstają w nim nowe kryształy kalcytu. Tworzą one zbitą skałę – **marmur**.

Eklogit powstaje prawdopodobnie w płaszczu Ziemi, znacznie głębiej niż większość skał, pod wpływem bardzo wysokiej temperatury i ogromnego ciśnienia. Zawiera kryształy piroksenu oraz czerwone kryształy granatu.



Hornfels może powstać w wyniku kontaktu innych skał, np. osadowych ilastych lub mułowych, z intruzją magmową. Najczęściej jest szary albo szarozielony.



Jak rozpoznawać skały?

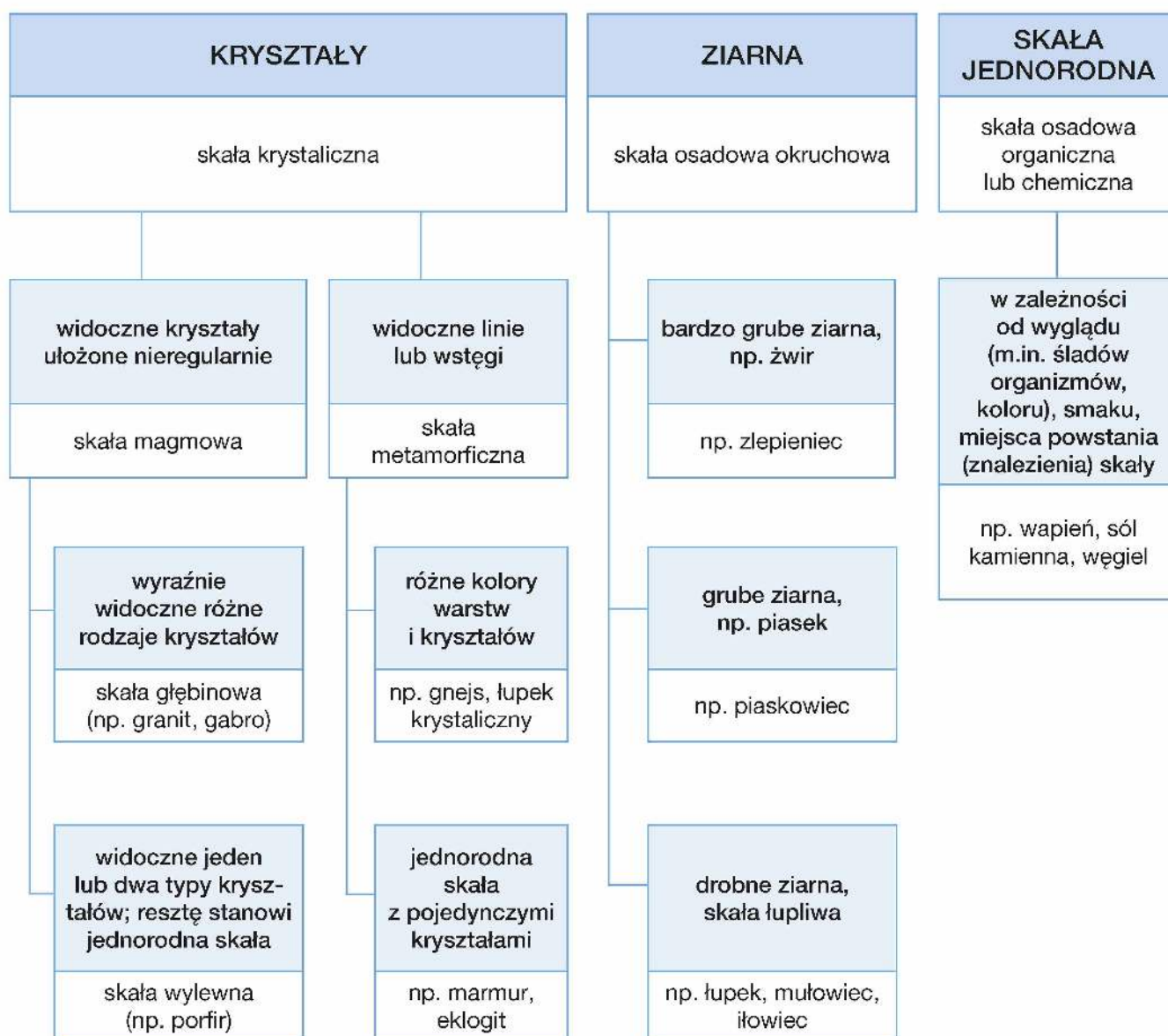
Skały możesz znaleźć wszędzie: nad rzeką, w ogrodzie czy w murach starego kościoła. Najłatwiej dostrzec cechy skały na świeżym przełamie, czyli fragmencie, który nie jest zwietrzały. Aby go uzyskać, trzeba rozłupać skałę. Jeżeli nie możesz rozłupać skały, opisz jej cechy na podstawie zewnętrznej warstwy.

1 Rozpoznaj ogólną budowę skały.

Przyjrzyj się skale. Jeśli możesz dostrzec w niej kryształy (jednego rodzaju lub różne), jest to skała krystaliczna (magmowa albo metamorficzna). Jeśli zaś składa się z ziaren bądź jest jednorodna, należy do skał osadowych.

2 Skorzystaj z poniższego schematu rozpoznawania skał.

Pamiętaj, że przedstawiono na nim tylko wybrane rodzaje skał. Do rozpoznawania skał wykorzystaj również fotografie oraz opisy znajdujące się na stronach 190 i 191.



Rodzaje skał

Informacje o rodzajach skał występujących w Twojej okolicy możesz uzyskać ze stron Państwowego Instytutu Geologicznego. Zamieszczono na nich mapy geologiczne opracowane dla całego obszaru Polski.

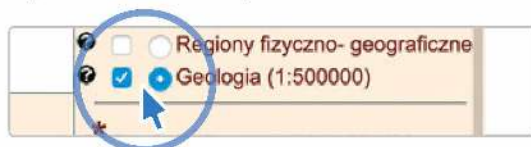
- 1 Wejdź na stronę baza.pgi.gov.pl, a następnie kliknij na przycisk Portal CBDG.



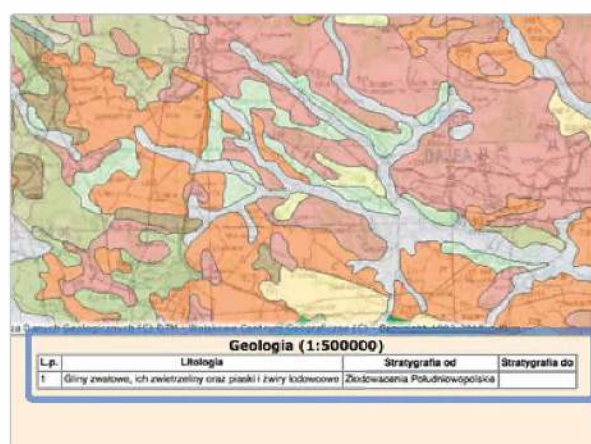
- 2 Kliknij na mapę przy części Geologia w internecie – GIS on-line.



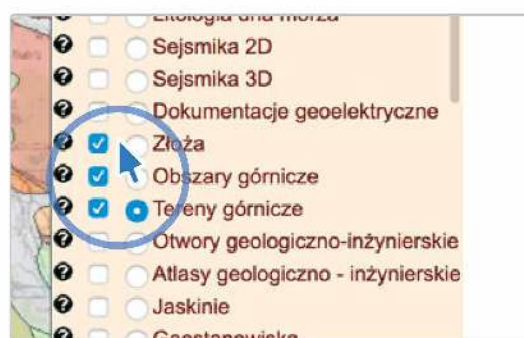
- 3 W menu znajdującym się po prawej stronie znajdź warstwę Geologia (1:500 000). Zaznacz ją, aby była widoczna i aktywna.



- 4 Zaznacz na mapie interesujący Cię obszar i go powiększ. Kliknij na ikonę informacji  znajdującą się w menu po lewej stronie. Następnie kliknij na wybrany obszar lewym przyciskiem myszy. Na dole ekranu pojawią się informacje o skałach występujących na tym terenie.



- 5 W menu po prawej stronie możesz także zaznaczyć i aktywować inne warstwy mapy. Na przykład dzięki warstwom dotyczącym górnictwa dowiesz się, jakie złoża surowców występują na tym obszarze.



Zadania

1. Przedstaw różnicę między minerałem a skałą.
2. Wymień nazwy pięciu minerałów skałotwórczych.
3. Wskaż różnicę między dwoma rodzajami skał magmowych: skałami głębinowymi oraz skałami wylewnymi.
4. Scharakteryzuj skały metamorficzne.
5. Podaj trzy przykłady gospodarczego wykorzystywania surowców budowlanych.

Na tej lekcji dowiesz się: jakie są założenia teorii tektoniki płyt litosfery ■ na czym polegają procesy subdukcji i spredingu, jakie są ich skutki i jakie zjawiska im towarzyszą ■ jakie typy granic występują między płytami litosfery.

Wydaje się, że zewnętrzna powłoka naszej planety – litosfera – jest jednolita, sztywna i nieruchoma. W rzeczywistości jednak składa się z ogromnych fragmentów, które nieustannie się przesuwają. O zmianach zachodzących w litosferze świadczą między innymi wysokie góry i głębokie rowy oceaniczne.

■ Teoria tektoniki płyt litosfery

Badania dna oceanicznego prowadzone od końca lat 40. XX w. do początku lat 60. XX w. doprowadziły do powstania teorii tektoniki płyt litosfery. Podstawowym jej założeniem jest podział litosfery na siedem dużych i kilkanaście mniejszych **płyt litosfery** (kier litosfery). Zgodnie z tą teorią wyróżnia się **płyty kontynentalne**, zbudowane ze skał o małej gęstości, oraz **płyty oceaniczne**, utworzone ze skał o większej gęstości. Płyty litosfery wraz z położonymi

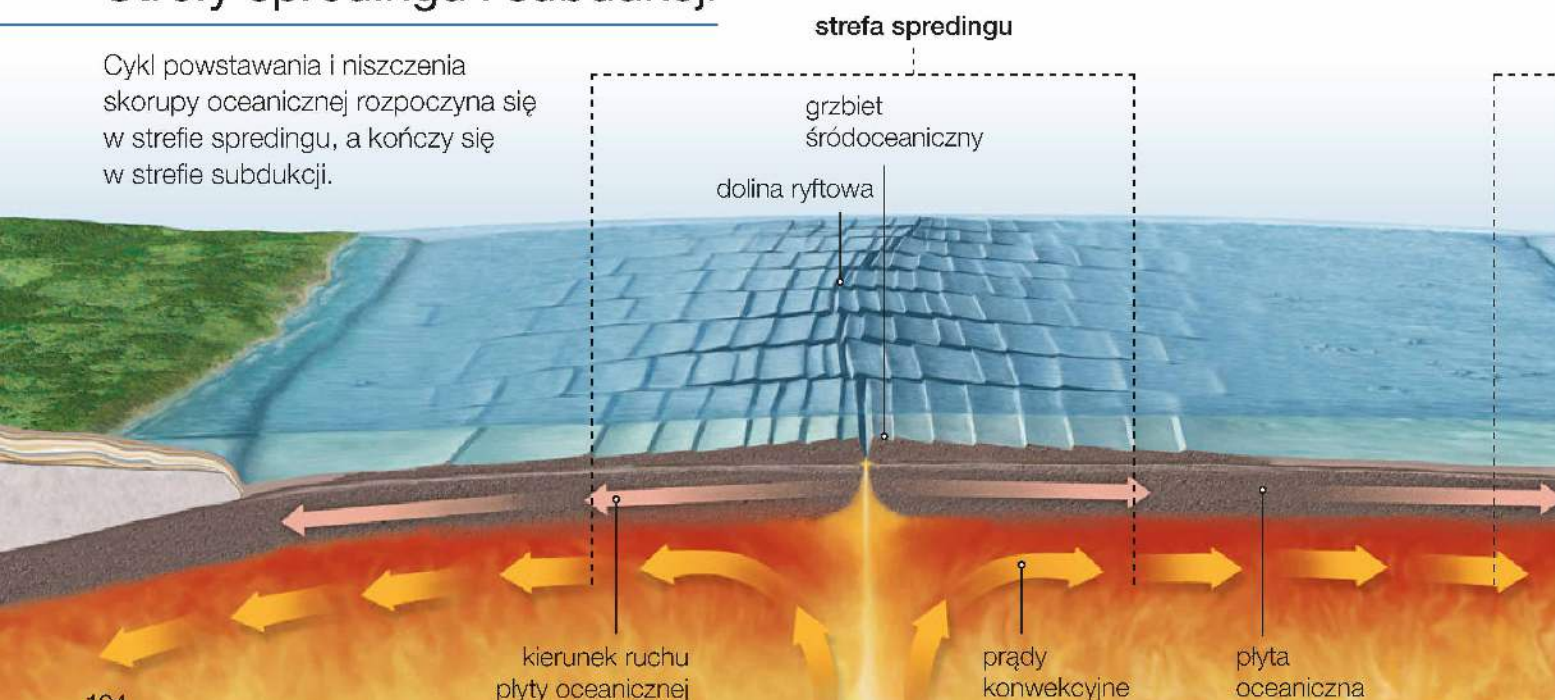
na nich lądami i morzami wolno (od kilku do kilkunastu centymetrów rocznie), lecz nieustannie przemieszczają się po plastycznej astenosferze. Przyczyną tego ruchu są **prądy konwekcyjne** występujące w płaszczu ziemskim. Te strumienie gorącej materii docierają z wnętrza Ziemi do litosfery, gdzie rozdzielają się i płyną poziomo w przeciwnych kierunkach. Następnie, w wyniku obniżenia temperatury, opadają w głąb. W ten sposób tworzą się zamknięte komórki konwekcyjne.

■ Spreding – rozciąganie

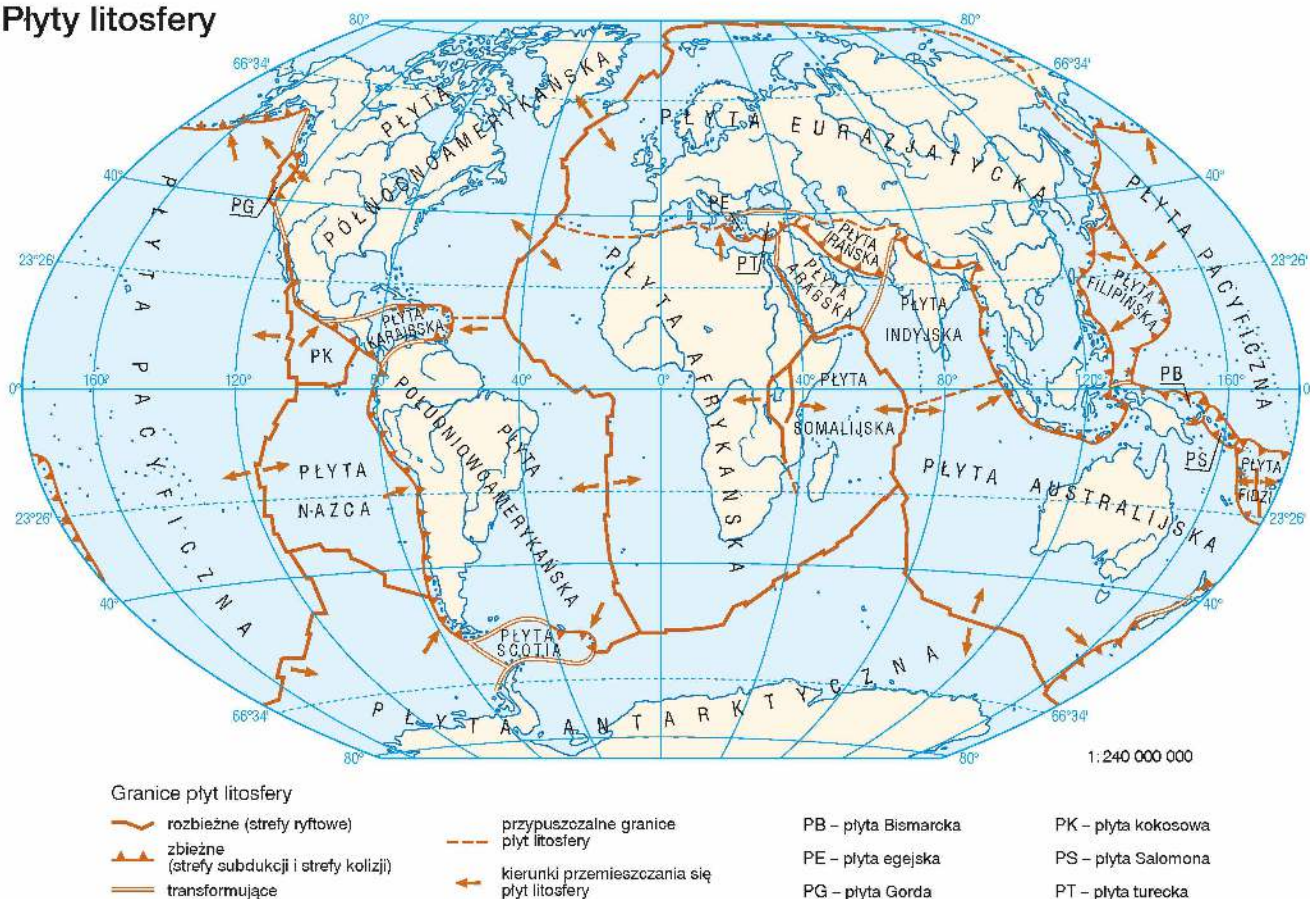
W miejscach, w których prądy konwekcyjne rozchodzą się na zewnątrz, dochodzi do rozciągnięcia, a następnie – do rozerwania litosfery. Jeżeli zjawisko to zachodzi w obrębie skorupy oceanicznej, powstają wąskie, długie i bardzo głębokie pęknięcia – **ryfty**. Przez

Strefy spredingu i subdukcji

Cykl powstawania i niszczenia skorupy oceanicznej rozpoczyna się w strefie spredingu, a kończy się w strefie subdukcji.



Płyty litosfery

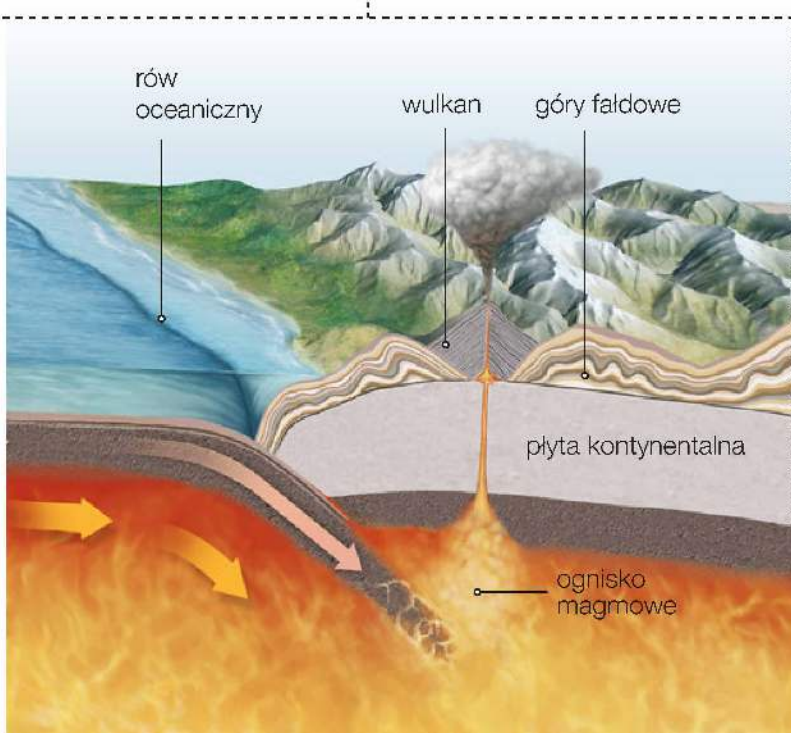


? Sprawdź, która strefa, spreadingu czy subdukcji, znajduje się bliżej obszaru Polski.

szczeliny w ryftach wydostaje się pochodząca z płaszcza Ziemi lawa bazaltowa, która wypełnia je i krzepnie. W konsekwencji zachodzi zjawisko **spreadingu**, czyli przyrastania skorupy

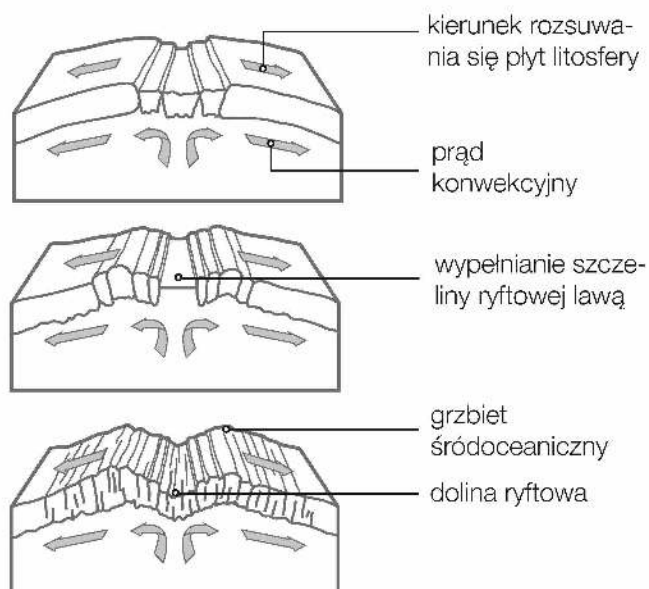
oceanicznej. Po obu stronach ryftu stopniowo tworzą się rozległe podmorskie wzniesienia – **grzbiety śródoceaniczne**. Znacznie rzadziej ryfty powstają w obrębie kontynentów.

strefa subdukcji



Etapy rozwoju ryftu

W miejscach, w których prądy konwekcyjne się rozcho-
dzą, w litosferze powstają długie szczeliny – ryfty.



Są one mniejsze niż ryfty oceaniczne. Najbardziej znany system ryftowy rozciąga się w Afryce od Morza Czerwonego po wybrzeże Oceanu Indyjskiego w Mozambiku. Małe ryfty występują na przykład na pograniczu Stanów Zjednoczonych i Meksyku.

Czy wiesz, że...

Najmłodszy ryft lądowy znajduje się na granicy Etiopii z Erytreą. Szczelina, która tam powstała, ma długość ok. 60 km.

■ Subdukcja – podsuwanie

W miejscach, w których prądy konwekcyjne opadają w głąb astenosfery, kierunki ruchu sąsiadujących ze sobą płyt litosfery są zbieżne. W takim wypadku jedna z płyt może podsuwać się pod drugą. Proces ten jest nazywany **subdukcją**. Płyta oceaniczna ma większą gęstość niż płyta kontynentalna, dlatego w strefach zbieżności płyty oceanicznej z kontynentalną subdukcji ulega zawsze płyta oceaniczna.

Wskutek tego na dnie oceanu powstaje wąskie i długie obniżenie o znacznej głębokości – **rów oceaniczny**. Zanurzająca się w głąb płaszcza płyta oceaniczna w wyniku ogromnego ciśnienia i bardzo wysokiej temperatury topi się, a leżące na jej powierzchni skały osadowe ulegają sfałdowaniu. Ich wypiętrzenie prowadzi do powstania łańcuchów górskich zbudowanych nie tylko ze skał osadowych, lecz także ze skał magmowych. Taka sytuacja występuje między innymi na granicy płyty Nazca z płytą południowoamerykańską (powstały tam Andy oraz Rów Chilijski).

■ Granice płyt litosfery

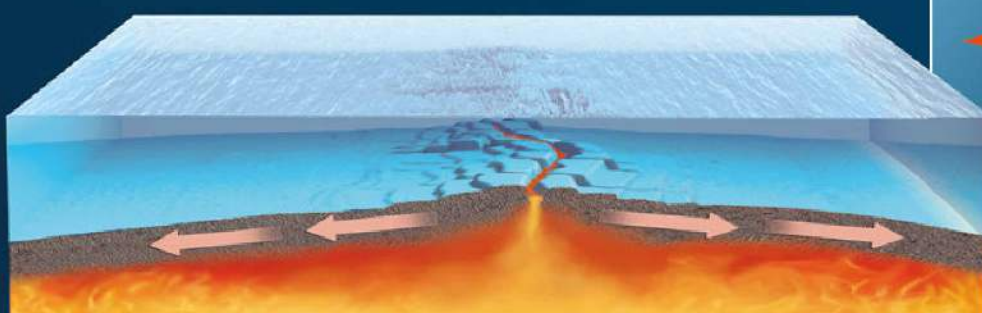
Ze względu na dominujący ruch płyt w strefie kontaktu wyróżnia się **granice rozbieżne**, **granice zbieżne** oraz **granice transformujące**.

Na **granicach rozbieżnych**, gdzie płyty odsuwają się od siebie, dochodzi do powstawania ryftu, czyli ryftogenezy. Ten proces szczególnie intensywnie zachodzi w obrębie Grzbietu

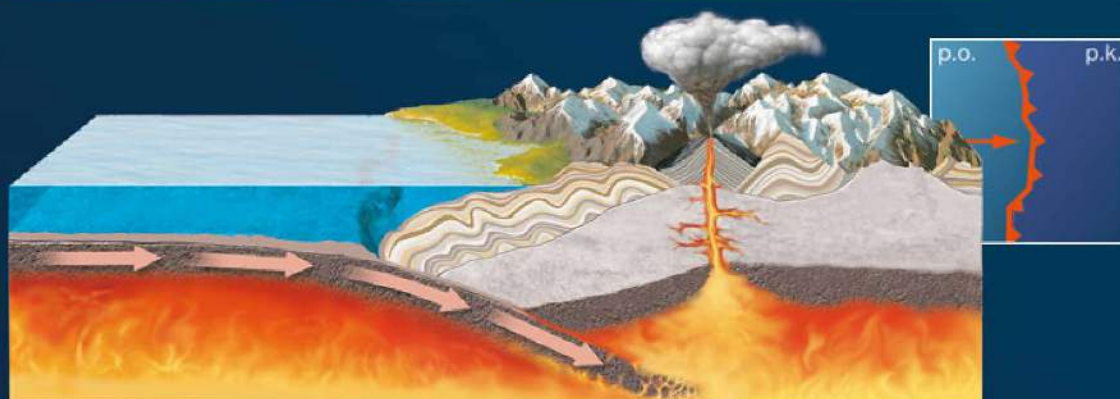
Typy granic płyt litosfery

Wyróżnia się dwa najważniejsze typy granic płyt litosfery: granice rozbieżne oraz granice zbieżne.

Na granicach rozbieżnych tworzą się strefy ryftowe, w których powstają grzbiety śródoceaniczne.



Na granicach zbieżnych dochodzi do subdukcji płyty oceanicznej pod płytę kontynentalną.



Śródatlantyckiego, rozciągającego się od Islandii po Antarktydę. Jest to strefa graniczna kilku płyt litosfery, m.in. płyty afrykańskiej oraz płyty południowoamerykańskiej.

Czy wiesz, że...

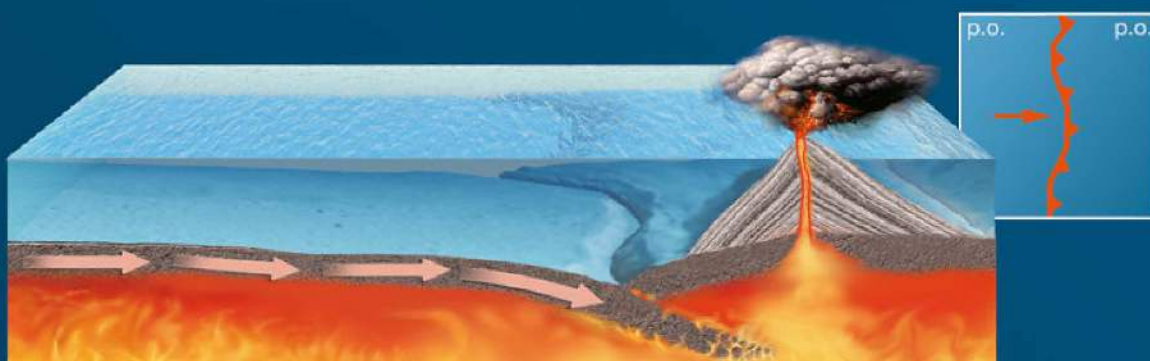
Lawa bazaltowa, która wylewa się podczas podwodnej erupcji wulkanicznej, np. w strefie ryftowej, często przyjmuje charakterystyczną formę. Wtedy jest nazywana lawą poduszkową.



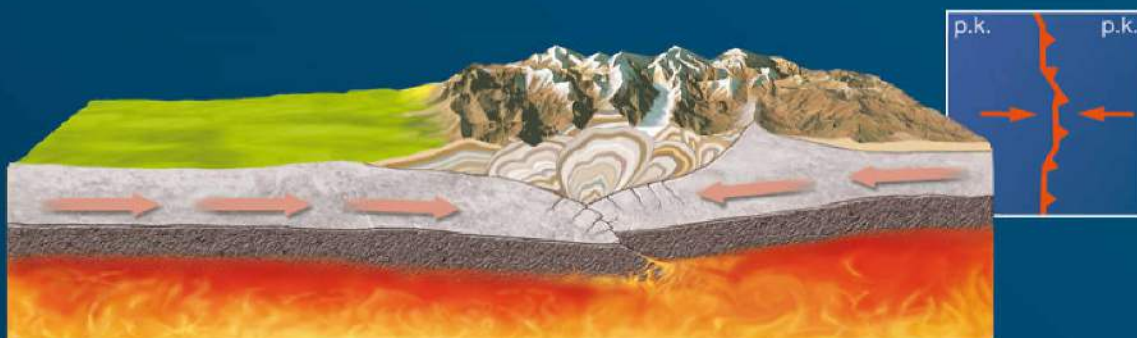
Tam, gdzie występują **granice zbieżne**, płyty zbliżają się do siebie. W wyniku **subdukcji** (podsuwania się) płyty oceanicznej pod płytę kontynentalną może nastąpić wypiętrzenie łańcucha górskiego. Z kolei gdy **płyta oceaniczna podsuwa się pod inną płytę oceaniczną**, w strefie subdukcji dochodzi do powstania rowu oceanicznego oraz łuku wysp. Tak stało się na przykład na granicy płyty pacyficznej i płyty filipińskiej – utworzyły się tam Rów Mariański oraz archipelag Mariany. W wypadku **kolizji dwóch płyt kontynentalnych** nie zachodzi subdukcja, lecz dochodzi do sfałdowania osadów, które powstają w morzach i rozdzielają te płyty. Dzieje się tak, jeśli kolizja ma charakter czołowy, jak przy zderzeniu bloku Dekan (wchodzącego w skład płyty indyjskiej) z płytą eurazjatycką.

Na **granicach transformujących** płyty litosfery poruszają się równolegle do siebie. Uskoki transformujące przebiegają poprzecznie do ryftu. Równoległym ruchom płyt często towarzyszą silne trzęsienia ziemi.

Zbieżną granicą jest również strefa subdukcji płyty oceanicznej pod inną płytę oceaniczną.



Specyficzną zbieżność wykazuje strefa kolizji dwóch płyt kontynentalnych. Nie zachodzi tu subdukcja.



p.k. płyta kontynentalna
p.o. płyta oceaniczna

— granica rozbieżna
— granica zbieżna

→ kierunek ruchu płyty

? Wskaż na mapie płyt litosfery obszary, na których występują poszczególne typy granic płyt litosfery.

Spojrzenie z bliska



Uskok San Andreas

Okolo 20 mln lat temu między przesuwającymi się w przeciwnych kierunkach płytami litosfery: pacyficzną i północnoamerykańską, powstał uskok San Andreas. Ciągnie się on przez ponad 1300 km w zachodniej części Stanów Zjednoczonych. Ten obszar, obejmujący takie wielkie miasta, jak Los Angeles, San Francisco, San Diego i Santa Cruz, należy do najaktywniejszych sejsmicznie na Ziemi. Liczne i silne wstrząsy są spowodowane szybkim tempem przesuwania się płyt litosfery (ok. 5 cm/rok). Naukowcy ustalili, że trzęsienia ziemi o magnitudzie przekraczającej 6 pojawiają się tam co 22 lata. Najpotężniejsze z nich (o magnitudzie 7,9) odnotowano w 1857 r., jednak według naukowców w rejonie uskoku San Andreas dojdzie do silniejszych wstrząsów.

Kalifornię nawiedza rocznie ponad 10 tys. trzęsień ziemi. Większość z nich jest rejestrowana tylko przez sejsmografy, jednak niektóre powodują duże straty.



Ogromne pęknięcie w obrębie uskoku, mające ponad 300 km długości i 15 km głębokości, powstało podczas trzęsienia ziemi w 1857 r.

Zadania

1. Wyjaśnij terminy: *ryft*, *spreading*, *subdukcja*, *prądy konwekcyjne*.
2. Wskaż na mapie miejsca na Ziemi, w których współcześnie przyrasta litosfera.
3. Na podstawie mapy płyt litosfery ustal, w których miejscach w przyszłości mogą powstawać nowe oceany i góry. Przyjmij, że kierunki ruchu płyt litosfery nie ulegną zmianom.
4. Scharakteryzuj krótko ruch płyt litosfery na granicach rozbieżnych, zbieżnych i transformujących.

4

Ruchy górotwórcze

Na tej lekcji dowiesz się: co to są ruchy górotwórcze ■ ile było orogenez i jakie łańcuchy górskie powstały w ich trakcie ■ jakie są typy genetyczne gór.

Badania geologów wykazały, że szczytowe partie Mount Everestu są zbudowane ze skał osadowych powstałych na dnie głębokiego oceanu. Wyniesienie skał na wysokość wielu tysięcy metrów jest możliwe dzięki procesom wewnętrznym – endogenicznym. Napędza je ten sam mechanizm, który powoduje, że płyty litosfery się poruszają.

■ Procesy wewnętrzne

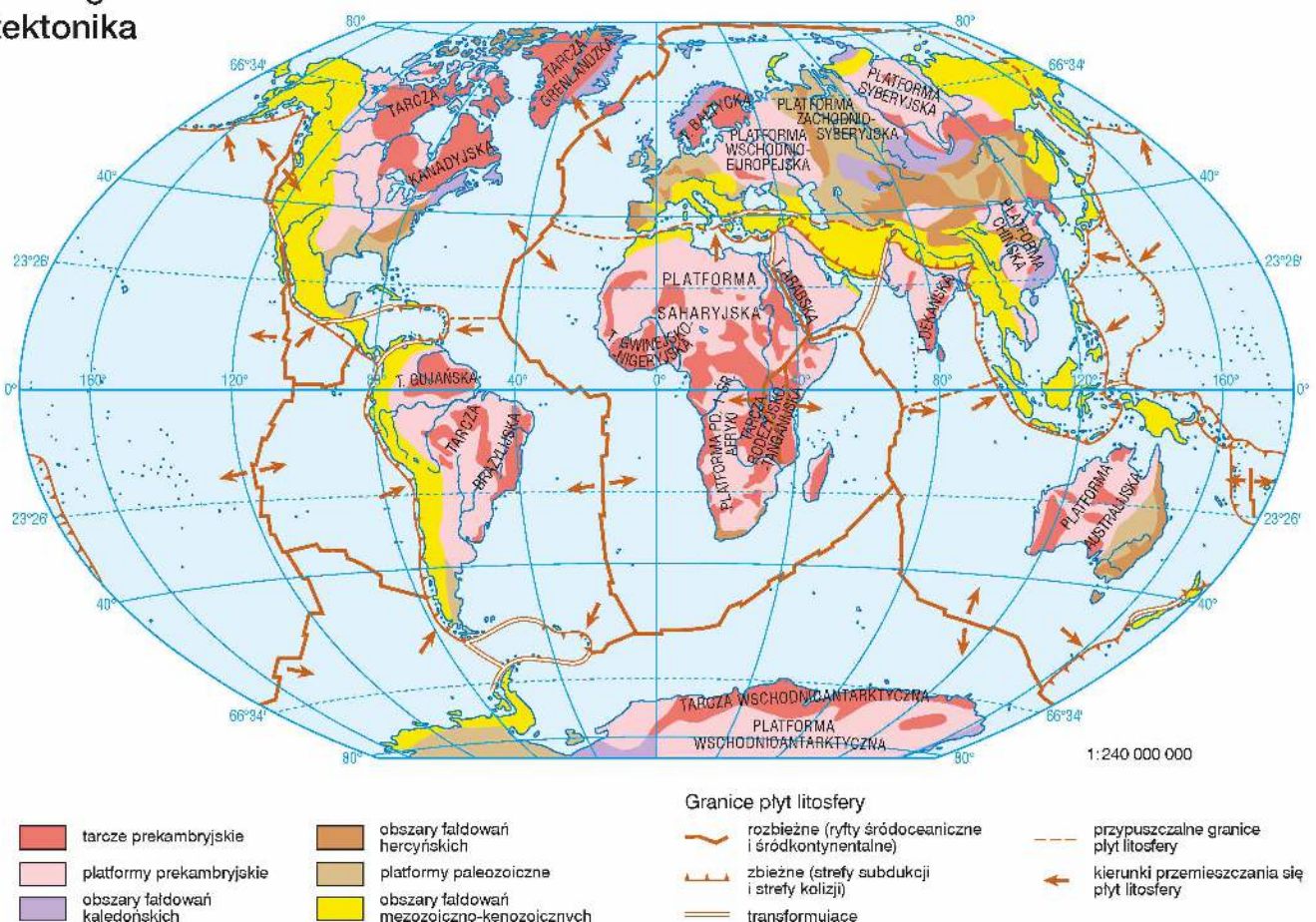
Źródłem procesów endogenicznych jest energia cieplna wnętrza Ziemi. Wywołuje ona ruch

materii (prądy konwekcyjne), a tym samym – zmiany w położonej wyżej litosferze. Jednym z przejawów procesów wewnętrznych jest **powstawanie gór**, któremu towarzyszą procesy plutoniczne, wulkaniczne oraz trzęsienia ziemi.

■ Ruchy górotwórcze

Wypiętrzanie się łańcuchów górskich jest rezultatem szeregu procesów tektonicznych nazywanych **ruchami górotwórczymi** lub **orogenezami**. W historii Ziemi ruchy górotwórcze zachodziły wielokrotnie, jednak najczęściej

Geologia – tektonika



? Wskaż kontynent, na którym nie ma gór wypiętrzonych w orogenezie alpejskiej. Jakie czynniki uniemożliwiły wystąpienie tej orogenez?



Na obszarze Gór Kaledońskich ruchy górotwórcze dawno się zakończyły. Stoki górskie są tam łagodne, a wysokości względne i bezwzględne – niewielkie.

mówi się o trzech orogenezach: kaledońskiej, hercyńskiej oraz alpejskiej. Ruchy górotwórcze są procesami długotrwałymi i ciągłymi, dlatego nie da się wyznaczyć okresu, w którym by one nie zachodziły. Można mówić jedynie o obniżonej lub wzmożonej aktywności tektonicznej.

Podczas **orogenezy kaledońskiej** powstały łańcuchy górskie nazywane kaledonidami. Należą do nich między innymi Góry Kaledońskie, Grampiany, Góry Skandynawskie, Altaj, Tienszan oraz Sajany. W Polsce w tym okresie zostały wypiętrzone fragmenty Gór Świętokrzyskich oraz znaczna część Sudetów Zachodnich.

Orogeneza hercyńska (waryscyjska) przebiegała w kilku fazach, podczas których w różnych miejscach na Ziemi następowało wzmożenie ruchów górotwórczych. Jej nazwa pochodzi od niemieckich gór Harz, a wszystkie łańcuchy górskie powstałe w tym okresie są nazywane hercynidami (waryscydami). Należą do nich na przykład Wogezy, Ardeny, Rudawy oraz Masyw Czeski. W Polsce są to części Sudetów i Gór Świętokrzyskich.

W **orogenezie alpejskiej** zostały wypiętrzone najwyższe góry świata: Himalaje, a także Karakorum, Kordyliery, Andy, Kaukaz, Zagros i Alpy. Łańcuchy górskie powstałe w tym okresie nazywa się alpidami. Na obszarze naszego kraju alpidami są Karpaty.



Masyw Mont Blanc wznoszący się na obszarze Alp Zachodnich należy do alpidów. Charakterystyczną cechą tych gór są ostre granie oraz liczne formy polodowcowe.

Czy wiesz, że...

Najnowsze badania geologiczne utworów górskich wykazały, że nie zawsze można wytłumaczyć ich powstanie jedynie poprzez odwołanie do subdukcji. Dlatego stworzono koncepcję terranów, czyli elementów płyty oceanicznej lub płyty kontynentalnej, które w wyniku kolizji płyt zostały włączone w skład górotworu, a następnie – przesunięte nawet na znaczne odległości. Koncepcja terranów pozwala wyjaśnić sąsiedztwo jednostek o zupełnie innej budowie i historii geologicznej.

■ Deformacje tektoniczne

Procesy wewnętrzne często prowadzą do występowania naprężeń w skorupie ziemskiej. Mogą one skutkować deformacjami jej fragmentów. Jeśli te naprężenia są niewielkie, nie powodują widocznych zmian w skałach, natomiast jeśli są silne – prowadzą do deformacji warstw skalnych. Gdy dochodzi do przerwania ciągłości warstw skalnych, powstają **deformacje nieciągłe**. Z kolei gdy warstwy nie zostaną przzerwane, tworzą się **deformacje ciągłe**.

Istnieją obszary, na których część warstw skalnych nie uległa deformacjom. Są to **platformy kontynentalne**. Ich płytowa budowa jest dwudzielna – składają się z krystalicznego cokołu (tarczy kontynentalnej) i leżących na nim niesfałdowanych warstw osadów.

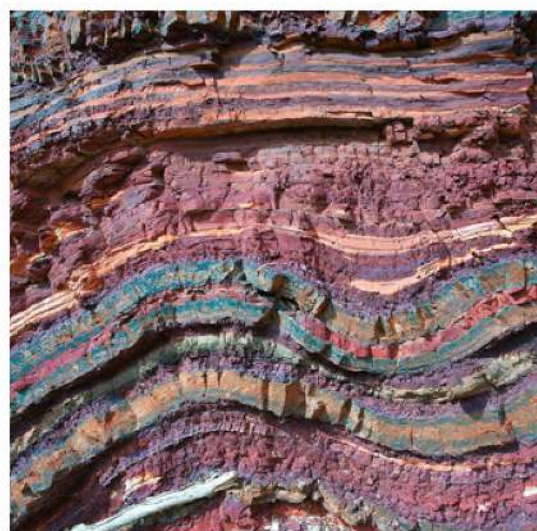
Deformacje tektoniczne

W zależności od rodzaju odkształceń w skałach oraz sposobu ich powstania deformacje tektoniczne dzieli się na:

- **deformacje ciągłe**, w których nie doszło do przerwania ciągłości warstw skalnych, np. fałdy;
- **deformacje nieciągłe**, w których ciągłość warstw uległa przzerwaniu, np. uskoki.

Faldy

Faldy to wygięcia warstw skalnych powstające wskutek ruchów tektonicznych spowodowanych bocznymi naciskami na poziome warstwy skalne.



Wyraźne, kolorowe fałdy są widoczne na przykład w skałach występujących w Parku Narodowym Karijini w Australii.

Uskoki

Uskoki powstają w wyniku przemieszczenia się warstw skalnych wzdłuż pionowych pęknięć tych warstw.



Pionowe przemieszczenia mas skalnych doprowadziły do wykształcenia uskoku widocznego na skalnej ścianie w Monument Valley w USA.

? Na podstawie dostępnych źródeł ustal, gdzie w Polsce można obserwować deformacje nieciągłe skał.

Typy genetyczne gór

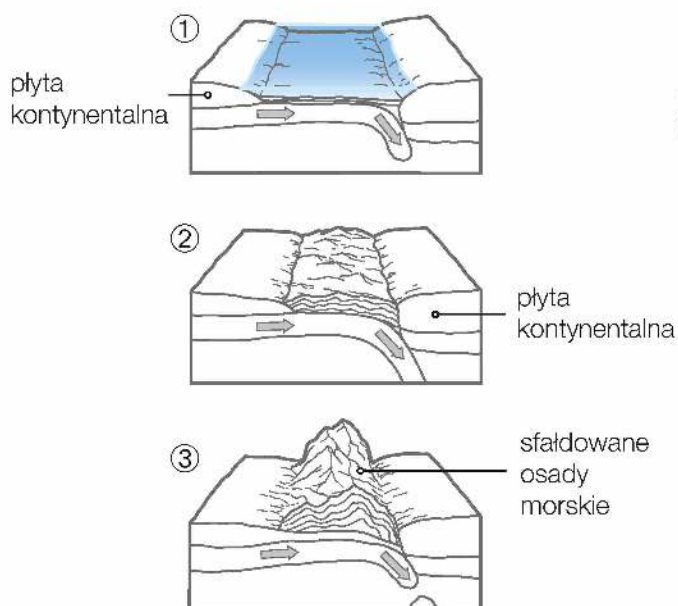
Ze względu na sposób powstawania wyróżnia się góry fałdowe, góry zrębowe oraz góry wulkaniczne. Na niektórych obszarach występują wszystkie typy gór.

Góry fałdowe

Większość łańcuchów górskich na Ziemi ma budowę fałdową. Fałdowanie osadów morskich tworzących łańcuchy górskie odbywa się w strefach zbieżności płyt litosfery. Osady najpierw gromadzą się na dnie oceanów, a następnie zostają sfałdowane i wypiętrzone.

Powstawanie Himalajów

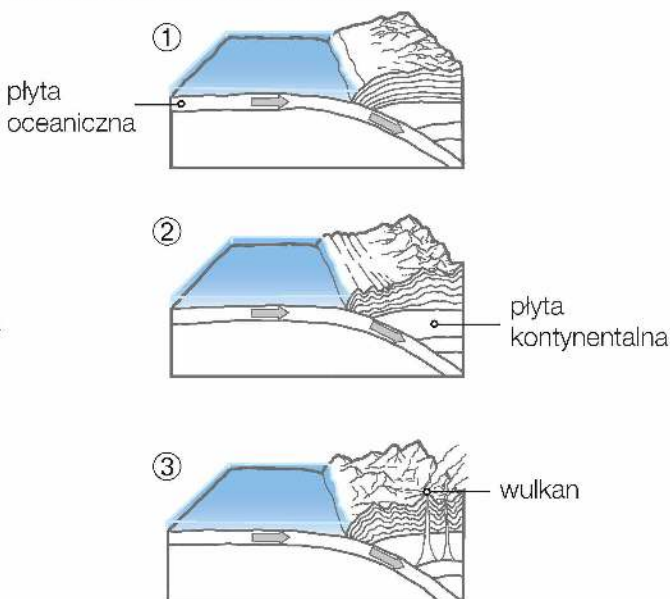
Najwyższe góry świata – Himalaje – powstały w wyniku kolizji dwóch płyt kontynentalnych: indyjskiej i eurazjatyckiej. W początkowej fazie kolizji osady zgromadzone na płycie oceanicznej znajdującej się między dwiema płytami kontynentalnymi zostały sfałdowane i wypiętrzone. Żadna z płyt kontynentalnych nie uległa jednak subdukcji.



Podczas ruchu płyt kontynentalnych na ich krawędziach powstają silne naprężenia powodujące trzęsienia ziemi, lecz nie występują zjawiska wulkaniczne. Górami fałdowymi powstałymi wskutek tego typu kolizji są Alpy i Himalaje z najwyższym szczytem na Ziemi Mount Everestem (fot.).

Powstawanie Andów

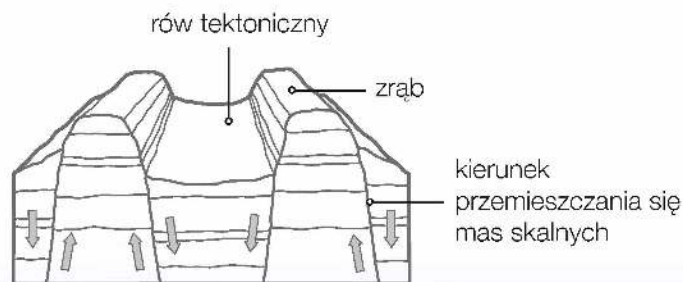
Andy – najwyższe góry Ameryki Południowej – powstały w wyniku subdukcji płyty oceanicznej (Nazca) pod płytę kontynentalną (południowoamerykańską). W tym procesie osady morskie gromadzone na powierzchni płyty oceanicznej są zdzierane na krawędzi płyty kontynentalnej, a następnie – fałdowane. Podsuwaniu się płyty oceanicznej pod kontynentalną towarzyszą trzęsienia ziemi i wybuchy wulkanów.



Góry zrębowe

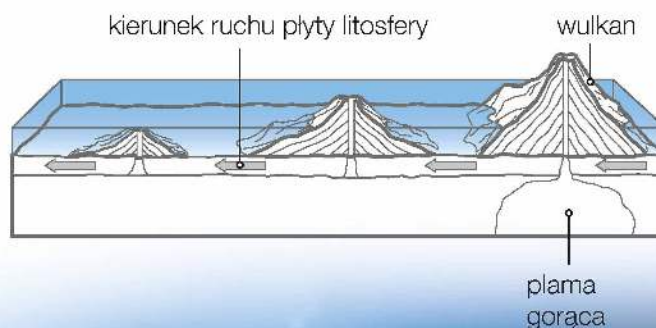
Naprężenia w skorupie ziemskiej wywołane ruchem płyt litosfery prowadzą do powstawania uskoków, wzdłuż których przesuwają się fragmenty litosfery. Masy skalne mogą zostać przesunięte nawet o setki kilometrów w poziomie oraz kilka kilometrów w pionie. Zatem góry zrębowe powstają w wyniku wypiętrzania sfałdowanych obszarów górskich wzdłuż istniejących już uskoków. Wypiętrzany blok litosfery zachowuje swoją wewnętrzną strukturę. Skały nie podlegają sfałdowaniu – mogą jedynie ulec pochyleniu wskutek nierównomiernego wypiętrzania poszczególnych części bloku. Do gór zrębowych należą między innymi Sudety, Harz, Wogezy i Schwarzwald w Europie oraz Góry Smocze w Afryce.

Przykładem obszaru wyniesionego bez fałdowania na wysokość ponad 900 m n.p.m. są Góry Stołowe.



Góry wulkaniczne

Góry wulkaniczne tworzą się na lądach lub wystają ponad powierzchnię oceanów w postaci wysp. Występują na obszarach dawnej i współczesnej działalności wulkanicznej, na granicach płyt litosfery oraz nad plamami gorąca (ang. *hot spots*). Powstają w wyniku wypływu lawy oraz wydostawania się innych materiałów pochodzenia wulkanicznego.



Typową górą wulkaniczną jest Stromboli – jedna z Wysp Liparyjskich. Powstała ona w wyniku działalności wulkanu o tej samej nazwie.



Zadania

1. Wymień różnice między procesami prowadzącymi do powstania Himalajów i Andów.
2. Podaj cechy gór zrębowych.
3. Omów zależność między wysokością gór a orogenezą, w której zostały wypiętrzone.

5

Plutonizm i wulkanizm

Na tej lekcji dowiesz się: czym są plutonizm i wulkanizm oraz jakie są ich skutki ■ jakie wyróżnia się rodzaje i produkty erupcji wulkanicznych ■ jakie są kryteria podziału wulkanów ■ gdzie występują wulkany.

Głęboko pod powierzchnią, w skorupie ziemskiej lub w górnym płaszczu Ziemi, w wyniku oddziaływania wysokiej temperatury może dojść do lokalnego upłynnienia skał i powstania ciekłego stopu skalnego zwanego **magmą**. Jej średnia temperatura wynosi 700–900°C.

Ogół procesów związanych z powstawaniem magmy, jej przemianami, przemieszczaniem się, gromadzeniem oraz krystalizacją jest określany jako **magmatyzm**. Jeżeli procesy te zachodzą we wnętrzu Ziemi, nazywa się je **plutonizmem**, a jeżeli na jej powierzchni – **wulkanizmem**.

Typy intruzji magmowych

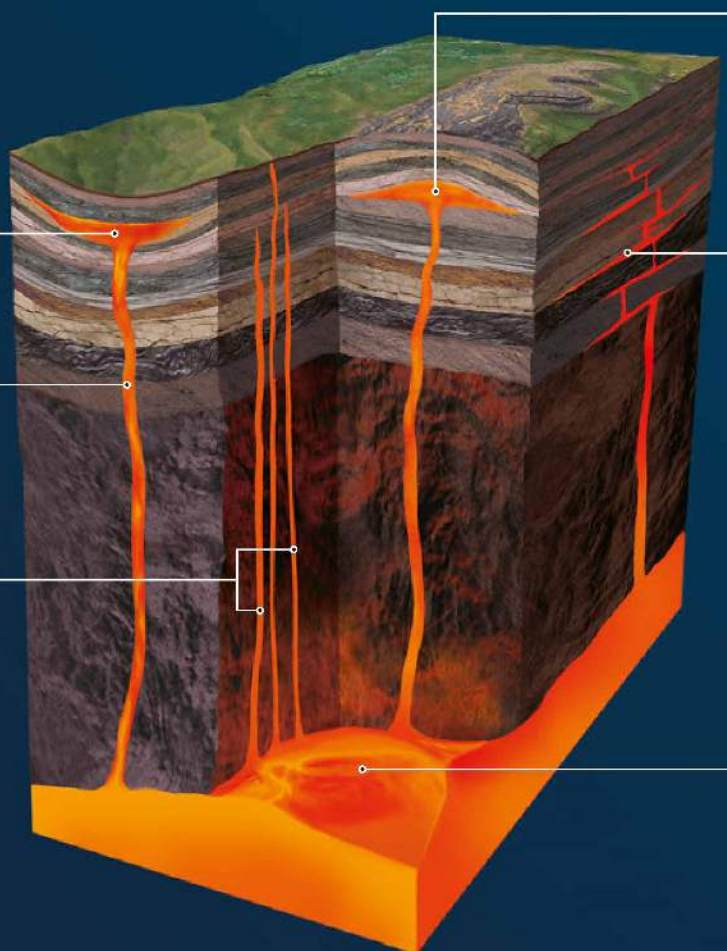
Magma, która krąży pod ziemią, może zastygać w przestrzeniach między warstwami skał i tworzyć intruzje magmowe. Intruzje zgodne układają się równolegle do powierzchni strukturalnych (granic warstw) otaczających je skał. Należą do nich sille, lakolity i lopolity. Z kolei intruzje niezgodne, przecinające powierzchnie strukturalne, to między innymi dajki i batolity.

Lopolit
Intruzja o kształcie odwróconego bochenka. Zaburza warstwy leżące poniżej, ale nie narusza warstw nadległych.

Dajki
Intruzje w formie żył przecinających w poprzek warstwy skalne.

Rój dajek

? Podaj nazwę intruzji, która może prowadzić do zmian na powierzchni terenu.



Lakolit
Intruzja o kształcie grzyba lub bochenka, która wypycha w górę wyżej położone warstwy. Lakolit ma płaską podstawę. Powstaje w górnych warstwach skorupy ziemskiej, przeważnie na głębokości nie większej niż 3 km.

Sille
Intruzje powstałe wskutek wniknięcia magmy między dwie warstwy skalne. Ich grubość sięga kilkudziesięciu metrów, a długość może przekraczać 100 km.

Batolit
Intruzja o ogromnej miąższości, której górna powierzchnia zaburza skały nadległe, dolna zaś rozszerza się do głębokości niedostępnych dla badań geologicznych. Powstaje najczęściej w wyniku połączenia się wielu pojedynczych intruzji magmowych.

■ Plutonizm

Plutonizm obejmuje procesy zachodzące w głębszych warstwach skorupy ziemskiej. Dlatego większość form powstałych w jego wyniku znajduje się do kilkudziesięciu kilometrów pod powierzchnią ziemi. Te formy zaczynają się tworzyć wtedy, gdy różnica gęstości i ciśnienia między magmą a otoczeniem skalnym umożliwia przemieszczanie się magmy ku powierzchni. W trakcie tego ruchu magma przepala i przetapia warstwy skał leżące powyżej i wypełnia przestrzenie międzywarstwowe. Następnie ulega ochłodzeniu oraz całkowitej lub częściowej krystalizacji. W ten sposób tworzą się **intruzje magmowe**. Są to ciała skalne powstałe na skutek krzepnięcia magmy w otoczeniu starszych skał. Ze względu na formę i sposób ułożenia w otaczających skałach wydzielono dwa typy intruzji: **intruzje zgodne** oraz **intruzje niezgodne**. Zostały one scharakteryzowane na ilustracji na stronie 204.

■ Wulkanizm

Mianem wulkanizmu określa się procesy związane z wydobywaniem się magmy na powierzchnię w miejscu nazywanym **wulkanem**. Wydostająca się na zewnątrz magma staje się **lawą**, a proces wydobywania się lawy oraz substancji stałych i gazowych na powierzchnię to **erupcja**.

Czy wiesz, że...

Wulkany pobudzają ludzką wyobraźnię od kilku tysięcy lat. Ich nazwa jako twórców geologicznych pochodzi od imienia Wulkana – rzymskiego boga ognia utożsamianego z greckim Hefajstosem. Starożytni Grecy twierdzili, że siedziba Hefajstosa znajduje się we wnętrzu Etny lub wulkanu Mosychlos.

Do erupcji dochodzi na powierzchni lądów lub na dnach mórz i oceanów. Wyróżnia się **erupcje centralne**, podczas których magma wydobywa się punktowo, oraz **erupcje linijne**, gdy magma wypływa na powierzchnię ziemi przez podłużne szczeliny. W pierwszym wypadku produkty erupcji wydostają się przez krater

będący elementem wulkanu. Taka sytuacja ma miejsce między innymi na Sycylii, gdzie znajduje się wulkan Etna. Natomiast w drugim wypadku magma wydobywa się przez szczeliny w skorupie ziemskiej. Dzieje się tak na przykład na Islandii, która leży w strefie ryftowej.

■ Erupcje wulkaniczne

W zależności od składu chemicznego lawy erupcja może mieć charakter gwałtowny, czyli **eksplozywny**, lub spokojny – **efuzywny**. W erupcjach eksplozywnych biorą udział lawy kwaśne. Zawierają one znaczną ilość krzemionki (SiO_2), przez co odznaczają się dużą lepkością. Zdarza się, że lawy te zastygają już w górnej części **komina wulkanicznego** i tamują jego ujście. Prowadzi to do wzrostu ciśnienia, a następnie – do eksplozji. Podczas takich erupcji często zostaje rozerwana górna część stożka. Tworzy się wówczas koliste zagłębienie – **kaldera**. Może ono powstać także na skutek zapadnięcia się stropu **komory magmowej**. Erupcje eksplozywne powodują największe zniszczenia.

Inny charakter mają erupcje efuzywne z udziałem law zasadowych. Lawy te są ubogie w krzemionkę, a bogate w oliwin i skalenionce. Dlatego wykazują małą lepkość i mogą się rozlewać na dużych przestrzeniach.

Czy wiesz, że...

W 1783 r. podczas erupcji wulkanu Laki (Islandia) na powierzchnię wydostało się aż $12,5 \text{ km}^3$ lawy. Zazwyczaj jednak wylewy są znacznie mniejsze. Na przykład z wulkanu Kilauea (Hawaje) w ciągu 26 lat w trakcie licznych erupcji wypłynęło $3,5 \text{ km}^3$ lawy.



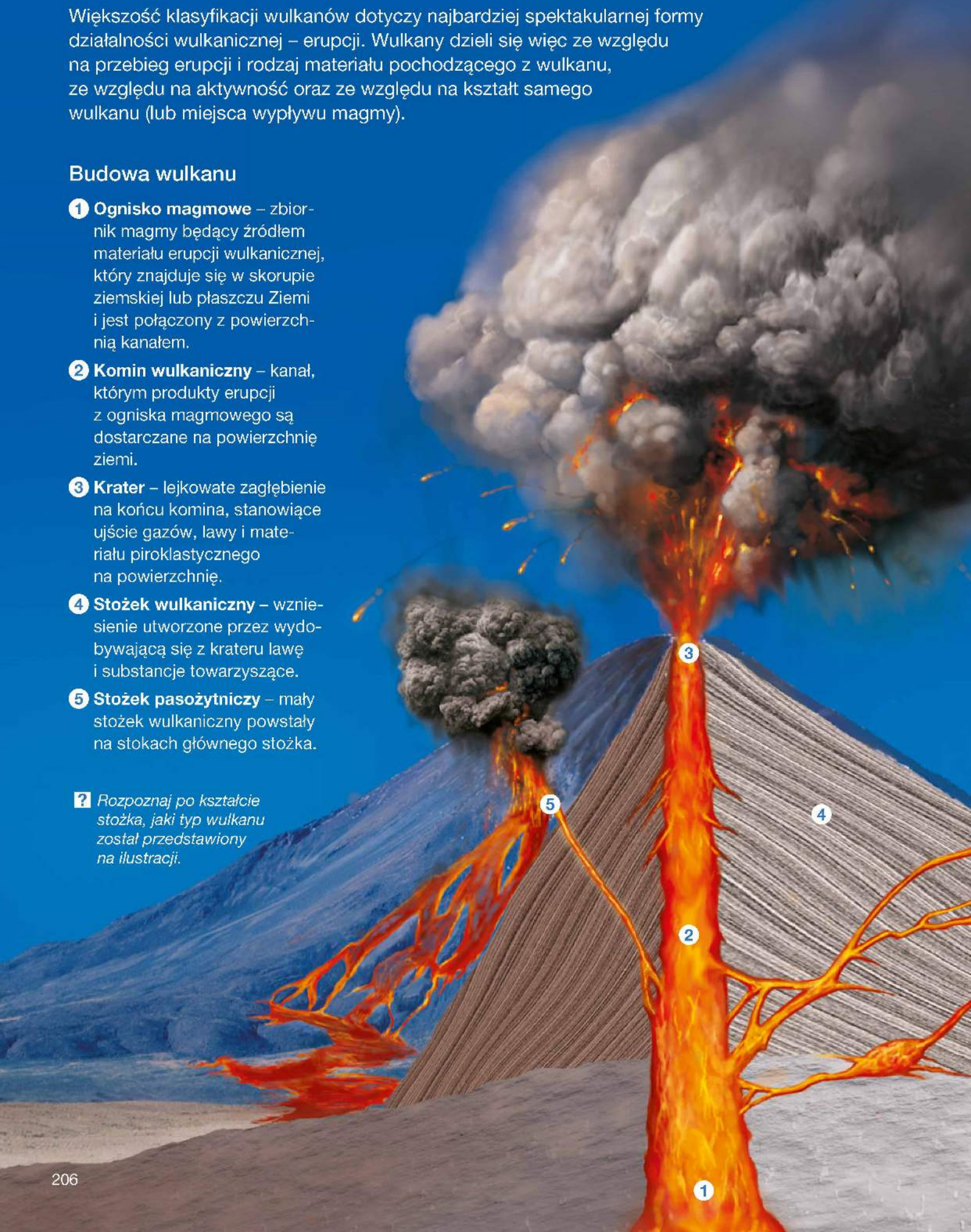
Typy wulkanów

Większość klasyfikacji wulkanów dotyczy najbardziej spektakularnej formy działalności wulkanicznej – erupcji. Wulkany dzieli się więc ze względu na przebieg erupcji i rodzaj materiału pochodzącego z wulkanu, ze względu na aktywność oraz ze względu na kształt samego wulkanu (lub miejsca wypływu magmy).

Budowa wulkanu

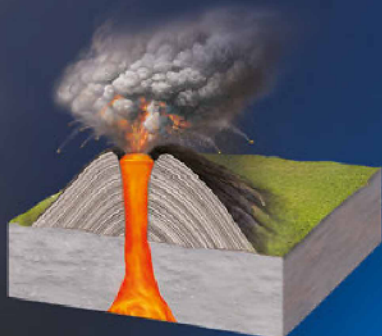
- 1 Ognisko magmowe** – zbiornik magmy będący źródłem materiału erupcji wulkanicznej, który znajduje się w skorupie ziemskiej lub płaszczu Ziemi i jest połączony z powierzchnią kanałem.
- 2 Komin wulkaniczny** – kanał, którym produkty erupcji z ogniska magmowego są dostarczane na powierzchnię ziemi.
- 3 Krater** – lejkowate zagłębienie na końcu komina, stanowiące ujście gazów, lawy i materiału piroklastycznego na powierzchnię.
- 4 Stożek wulkaniczny** – wzniesienie utworzone przez wydobywającą się z krateru lawę i substancje towarzyszące.
- 5 Stożek pasożytniczy** – mały stożek wulkaniczny powstały na stokach głównego stożka.

? Rozpoznaj po kształcie stożka, jaki typ wulkanu został przedstawiony na ilustracji.

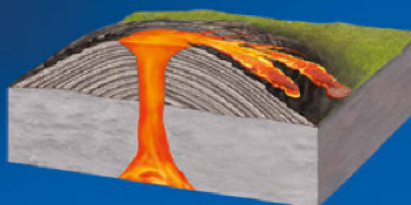


Typy wulkanów ze względu na przebieg erupcji i rodzaj materiału

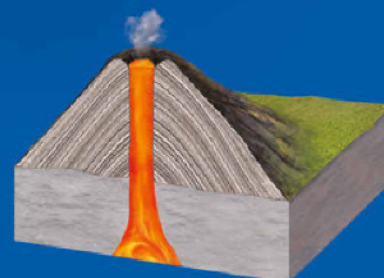
W zależności od rodzaju erupcji i materiału wyrzucanego podczas erupcji wulkany dzieli się na eksplozywne, efuzywne i stratowulkany.



Wulkany eksplozywne podczas erupcji gwałtownie wyrzucają materiał piroklastyczny i gazy. Ich stożki wulkaniczne mają zwykle niewielkie rozmiary. Występują w strefach subdukcji, gdzie magma pochodząca ze stopionej skorupy ziemskiej gromadzi się pod powierzchnią w postaci ognisk wulkanicznych. Wulkanów tego typu jest niewiele. Największy (Aquan) znajduje się w Gwatemali.



Podczas erupcji z **wulkanów efuzywnych** wydobywa się tylko magma. W wypadku płynnej, rozlewającej się szybko lawy zasadowej powstają wulkany tarczowe o łagodnych stokach (np. Mauna Loa na Hawajach). Natomiast z law kwaśnych, zastygających w pobliżu krateru, tworzą się kopuły lawowe o stromych stokach. Przykładem jest wulkan Merapi na Jawie.



Gwałtowne erupcje stratowulkanów – **wulkanów mieszanych** – są przeplatane spokojnymi wylewami magmy. Dlatego stożki wulkaniczne stratowulkanów są zbudowane z występujących na przemian warstw pyłów i popiołów wulkanicznych oraz lawy. Tego typu budowę ma większość wulkanów na kuli ziemskiej, w tym znane wulkany europejskie: Wezuwiusz i Etna.

Typy wulkanów ze względu na aktywność

Ze względu na stopień aktywności wyróżnia się trzy grupy wulkanów. Są to:

- **wulkany czynne** – zalicza się do nich wulkany wybuchające obecnie lub te, które wybuchły za ludzkiej pamięci, np. Etnę; każdego roku w stanie aktywności jest średnio 40–60 wulkanów;
- **wulkany drzemiące** – w kronikach i zapiskach historycznych odnotowano ich erupcję, ale od pewnego czasu (od dziesiątek, a nawet setek lat) są w stanie uśpienia, czyli nie wykazują aktywności, np. Fudzi w Japonii; po okresie długotrwałego uśpienia wulkany drzemiące mogą gwałtownie wybuchnąć (np. wulkan Pinatubo wybuchł w 1991 r. po niemal 500 latach uśpienia);
- **wulkany wygasłe** – wulkany, które nie były aktywne w czasach historycznych, np. Kilimandżaro w Afryce, Ostrzyca w Polsce.

KLASYFIKACJA WULKANÓW

Ze względu na rodzaj produktów erupcji

- eksplozywne (materiał piroklastyczny)
- efuzywne (lawą)
- stratowulkany (typ mieszany)

Ze względu na aktywność

- czynne
- drzemiące
- wygasłe

Ze względu na kształt wulkanu

- linearne (szczelinowe)
- tarczowe
- stożkowe

■ Produkty erupcji wulkanicznych

Oprócz lawy z komina wulkanu wydobywają się:

- ▶ **gazy** – głównie para wodna, dwutlenek węgla i tlenek węgla, siarkowodór oraz metan; wyziewy gazów określa się mianem ekshalacji wulkanicznych; w zależności od ich temperatury wyróżnia się:
 - **fumarole** (o temperaturze 200–800°C),
 - **solfatary** (100–200°C),
 - **mofety** (poniżej 100°C);
- ▶ **materiały piroklastyczne, m.in.:**
 - **bomby wulkaniczne** – bryły lawy o wydłużonym kształcie powstałe wskutek jej zastygnięcia w powietrzu; ich objętość może przekraczać nawet 1 m³;
 - **lapille** (z wł. 'małe kamyki') – okruchy skalne o wielkości dochodzącej do ok. 6 cm, powstałe z rozdrobnionej lawy lub rozkruszonych starszych skał wulkanicznych;
 - **popiół wulkaniczny** (piaski i pyły wulkaniczne) – bardzo drobne okruchy skalne (o średnicy do 2 mm), powstałe z krzepnącej w powietrzu lawy lub z pokruszonych i rozdrobnionych skał stożka bądź komina wulkanicznego; popioły osadzone na lądzie tworzą skały zwane **tufem**, a na dnie morza – **tufitem**;
 - **pumeks** – fragmenty gorącej lawy bogatej w gazy, które wydobywają się z niej w trakcie stygnięcia w powietrzu; wskutek tego opadłe fragmenty zakrzepłej lawy są wypełnione drobnymi pęcherzykami.

■ Rozmieszczenie wulkanów

Trudno określić liczbę istniejących wulkanów, gdyż wiele z nich to wulkany podmorskie. Niektóre źródła podają, że spośród kilku tysięcy wulkanów ponad 600 stanowią wulkany czynne. Rozmieszczenie wulkanów na Ziemi wykazuje ścisły związek z **granicami płyt litosfery**. Ponadto wulkany tworzą się nad **plamami gorącymi** występującymi w płaszczu górnym Ziemi.

Największe skupiska czynnych wulkanów są zlokalizowane wokół wybrzeży Oceanu Spokojnego, gdzie tworzą **Ognisty Pierścień Pacyfiku**.



W Ugandzie, niedaleko Bwindi, prowadzi się uprawy nie tylko na stożku wygasłego wulkanu, lecz także na dnie jego krateru.

Wulkany występują także w basenach Morza Śródziemnego i Morza Karaibskiego oraz towarzyszą Wielkim Rowom Afrykańskim i grzbietom śródoceanicznym w strefach spredingu.

■ Skutki erupcji wulkanicznych

Zjawiska wulkaniczne prowadzą do **zmian w rzeźbie terenu oraz krajobrazie**. Silne erupcje powodują **powstawanie lub niszczenie wysp**. Przypuszcza się, że nadmierna ilość pyłów wulkanicznych emitowanych do atmosfery mogła przyczynić się do **zmian klimatycznych** w odległych epokach geologicznych.

Zjawiskom wulkanicznym można przypisać wiele aspektów pozytywnych dla gospodarki człowieka. Na popiołach i tufach wulkanicznych wykształcają się bardzo **żyzne gleby**. Skały wulkaniczne stanowią cenny **surowiec budowlany i drogowy**. Grys bazaltowy jest najlepszym wypełniaczem mas asfaltowych, używanych między innymi do budowy autostrad. W otoczeniu czynnych wulkanów powstają **złoża wielu surowców mineralnych**, w tym siarki rodzimej i rudy miedzi. Widowiskowość erupcji niektórych wulkanów sprawia, że stają się one **atrakcjami turystycznymi** na skalę światową.

Nie można jednak zapominać, że na skutek wybuchów wulkanów zginęło **wiele tysięcy ludzi**. Ponadto erupcje podmorskich wulkanów prowadzą do powstania **tsunami**, które również powodują ofiary w ludziach oraz ogromne zniszczenia.



Spojrzenie z bliska

Katastrofalne skutki wybuchu wulkanu Pinatubo



Archipelag Filipiński, położony w obrębie Ognistego Pierścienia Pacyfiku, odznacza się występowaniem wielu wulkanów. Jednym z nich jest Pinatubo, który znajduje się na wyspie Luzon. Historyczne zapiski mówią o jego wybuchu w 1315 r. Od tego czasu uznawano wulkan za wygasły. O tym, że założenie to było błędne, przekonano się w 1991 r., kiedy doszło do jednej z najtragiczniejszych w skutkach erupcji wulkanicznej w czasach historycznych. Erupcja ta rozpoczęła się 9 czerwca i składała z serii ponad 20 wybuchów, którym towarzyszyły wstrząsy sejsmiczne. Kulminacja, czyli największa eksplozja, nastąpiła 15 czerwca. Jej siła była tak ogromna, że doprowadziła do rozerwania wierzchołka wulkanu oraz utworzenia kaldery o głębokości 600 m i średnicy 2,5 km. Na skutek wybuchu Pinatubo zginęło ponad 800 mieszkańców wyspy, a wiele osób zostało rannych. Produkty erupcji zalały i zasypały ponad 100 km² obszaru rozciągającego się wokół wulkanu. W wyniku wybuchu do atmosfery przedostało się ok. 20 mln t tlenku siarki(IV). Odnotowano także duży spadek zawartości ozonu nad Antarktydą oraz spadek średniej temperatury powietrza na Ziemi w 1992 r. o ok. 0,5°C.

Podczas erupcji Pinatubo z krateru wydostało się ok. 10 mln m³ materiału piroklastycznego. Potoki błotnistej lawy zniszczyły między innymi miejscowość Bacolor.



Wydobywające się z krateru Pinatubo gazy i pyły utworzyły chmurę o wysokości niemal 35 km.

Zadania

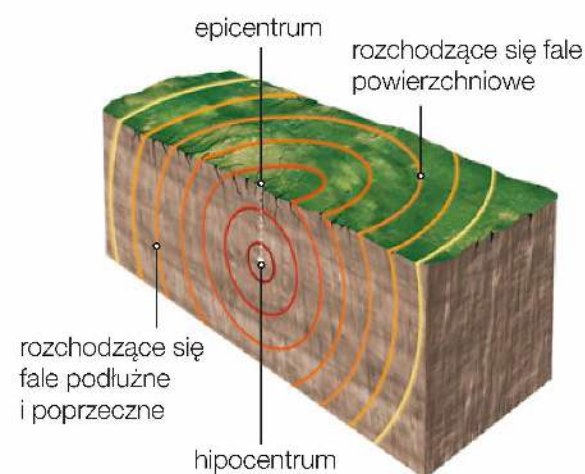
1. Omów budowę stratowulkanu i wymień produkty erupcji wulkanicznych.
2. Wymień po trzy przykłady negatywnych i pozytywnych skutków zjawisk wulkanicznych.
3. Opisz działania, które mogą zapobiec szkodom powodowanym przez wybuchy wulkanów.
- *4. Na podstawie dostępnych źródeł podaj, ile materiału piroklastycznego wydostało się podczas erupcji wulkanu Eyjafjallajökull w kwietniu 2010 r. Napisz, jakie mogłyby być skutki tego wybuchu, gdyby jego siła była zbliżona do siły erupcji Tambory.

Na tej lekcji dowiesz się: czym jest trzęsienie ziemi ■ gdzie znajdują się obszary częstych trzęsień ziemi ■ jakie są przyczyny i skutki trzęsień ziemi ■ czym charakteryzują się ruchy epejrogeniczne i izostatyczne.

Trzęsienia ziemi należą do najniebezpieczniejszych zjawisk naturalnych towarzyszących ruchowi płyt litosfery. Mimo postępu technicznego nie jesteśmy w stanie przewidzieć miejsca i czasu wystąpienia tych kataklizmów. Z kolei bardzo wolne, odbywające się w pionie ruchy epejrogeniczne i izostatyczne są niemal niezauważalne.

■ Trzęsienia ziemi

Trzęsieniem ziemi nazywamy drgania skorupy ziemskiej, których przyczyną jest gwałtowne rozładowanie naprężeń powstałych wskutek ruchu płyt litosfery. Względny ruch tych płyt odbywa się z niewielką prędkością. Jednak nie zachodzi on bez przeszkód – płyty zakleszczają się i zatrzymują, co powoduje powstawanie w skałach naprężeń kumulujących energię. Po pewnym czasie staje się ona tak ogromna, że pokonuje siły tarcia. W efekcie dochodzi do przesunięcia mas skalnych i powstania drgań, które rozchodzą się w postaci **fal sejsmicznych**. Wyróżnia się trzy ich rodzaje. **Fale podłużne**



Rozchodzenie się fal sejsmicznych.

i fale poprzeczne powstają w miejscu uwolnienia się energii w głębi Ziemi. Gdy dotrą do jej powierzchni, wzbudzają **fale powierzchniowe**.

Miejsce uwolnienia naprężeń i emisji fal sejsmicznych jest nazywane ogniskiem trzęsienia ziemi lub **hipocentrum**. Punkt na powierzchni Ziemi, do którego fale sejsmiczne docierają najwcześniej i w którym wstrząsy są najsilniejsze, to **epicentrum** (ośrodek trzęsienia ziemi). W miarę oddalania się od epicentrum siła wstrząsów maleje. Ocenia się ją na podstawie:

- ▶ **skali Mercallego** – dwunastostopniowej skali zamkniętej opierającej się na charakterystyce zniszczeń wywołanych wstrząsami;
- ▶ **skali Richtera** – skali otwartej, w której wielkość trzęsienia ziemi – magnitudę – określa się między innymi na podstawie amplitudy drgań wstrząsów sejsmicznych; jest to skala, w której każdy kolejny stopień oznacza 30-krotny wzrost energii trzęsienia; w praktyce nie notuje się wstrząsów o magnitudzie większej niż 9,5.

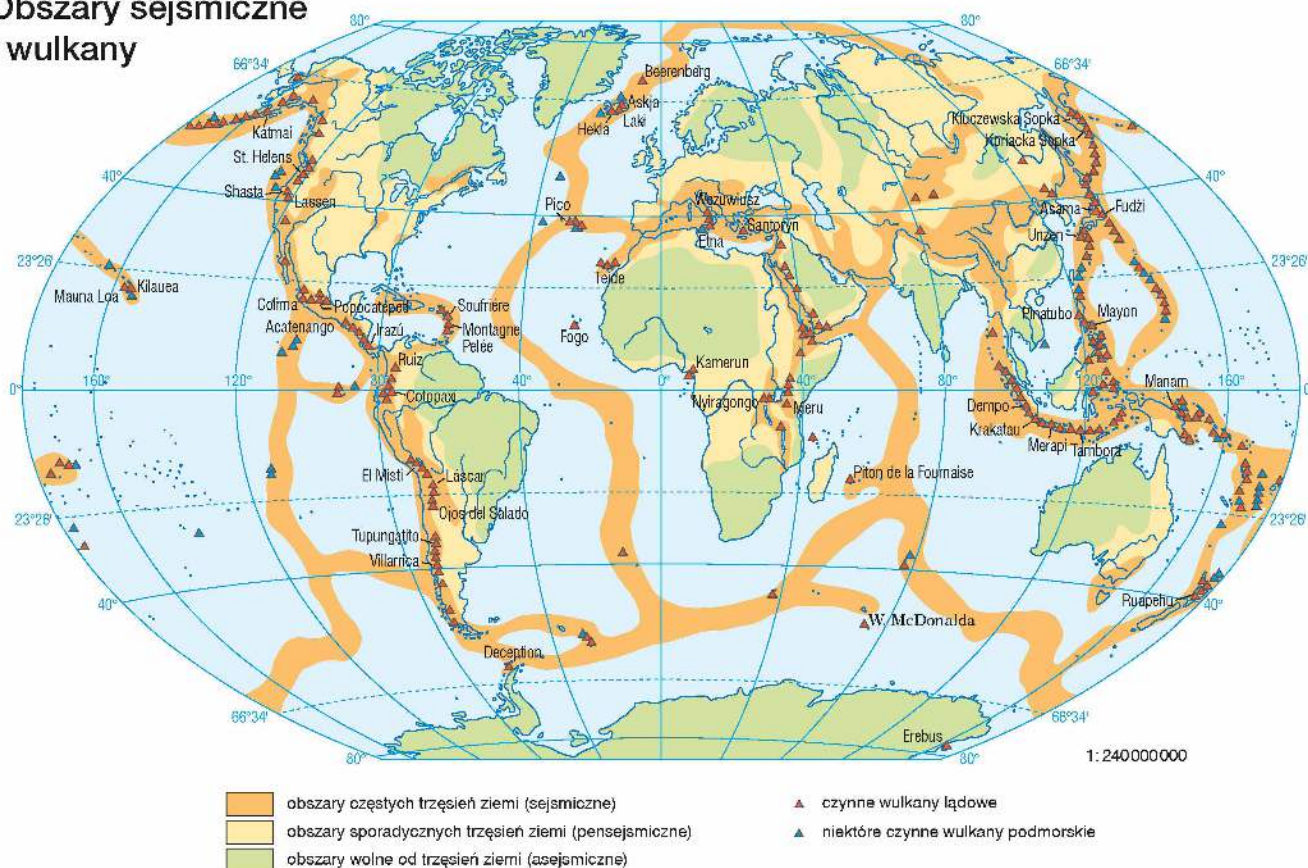
Fale sejsmiczne rejestruje się za pomocą **sejsmografów**. Uzyskany dzięki nim zapis drgań – **sejsmogram** – pozwala określić czas, miejsce oraz siłę trzęsienia ziemi.

Czy wiesz, że...

Pierwszy znany sejsmograf wykonano w Chinach w 132 r. n.e. Był to dzban, na którego obwodzie znajdowało się osiem smoczych głów. W pysku każdego smoka znajdowała się żelazna kulka balansująca między zębami. Wypadała ona z tej strony dzbanu, z której przychodziły wstrząsy.

Klasyfikację trzęsień ziemi można przeprowadzić na podstawie ich genezy. Wyróżnia się wówczas trzęsienia:

Obszary sejsmiczne i wulkany



? Wskaż kontynenty, na których najrzadziej dochodzi do wybuchów wulkanów i trzęsień ziemi.

- ▶ **tektoniczne** – powstają w wyniku ruchu płyt litosfery; są to najczęstsze i najsilniejsze trzęsienia (ok. 90% wszystkich trzęsień ziemi);
- ▶ **wulkaniczne** – mają związek z erupcjami wulkanów (ok. 7% trzęsień ziemi);
- ▶ **zapadliskowe** – powstają w efekcie zapadania się stropów jaskiń na obszarach krasowych lub chodników w kopalniach, na obszarach eksploatowanych górniczo (ok. 3% trzęsień ziemi).

Rozmieszczenie trzęsień ziemi

Rozmieszczenie zjawisk sejsmicznych na Ziemi jest nierównomierne. W zależności od częstotliwości i siły wstrząsów wyróżnia się obszary:

- ▶ **sejsmiczne**, gdzie wstrząsy są częste i silne (większość wstrząsów występuje na obszarze Ognistego Pierścienia Pacyfiku);
- ▶ **pensejsmiczne**, na których wstrząsy pojawiają się bardzo rzadko i są słabe;
- ▶ **asejsmiczne**, gdzie trzęsienia ziemi w ogóle nie występują.

Skutki trzęsień ziemi

Dokładne przewidywanie trzęsień ziemi nie jest możliwe. Dlatego są one jednymi z najtragiczniejszych w skutkach kataklizmami na Ziemi. Często przyczyniają się do śmierci wielu ludzi oraz powodują ogromne straty materialne. W wyniku trzęsień ziemi zniszczeniu ulegają budynki, linie energetyczne, gazociągi i ropociągi, a także sieć komunikacyjna.



W chińskim mieście Beichuan w 2008 r. w wyniku trzęsienia ziemi o magnitudzie 8 uległo zniszczeniu ok. 80% budynków.

Wybrane trzęsienia ziemi

Data	Region	Magnituda	Liczba zabitych (w tys.)
22.05.1960	południowe Chile	9,5	1,7
26.12.2004	Sumatra (Indonezja)	9,1	300
4.11.1952	Kamczatka (Rosja)	9,0	–
11.03.2011	środkowa Japonia	9,0	20
27.02.2010	środkowe Chile	8,8	0,3
23.01.1556	Shaanxi (Chiny)	8,0	830
16.12.1920	Gansu (Chiny)	7,8	200
17.07.1999	Izmir (Turcja)	7,6	17,1
12.01.2010	Haiti	7,0	222,6

Straty materialne i liczba zabitych zależą nie tylko od magnitudy trzęsienia ziemi, lecz także od gęstości zaludnienia i stopnia urbanizacji w rejonie epicentrum. Dlatego tak wiele ofiar pochłonęły trzęsienia ziemi w Turcji czy w Chinach. Na słabo zaludnionych obszarach górskich Azji wstrząsy o podobnej magnitudzie wywołały znacznie mniejsze zniszczenia.

Trzęsienia ziemi, oprócz strat w ludziach i szkód materialnych, powodują powstawanie głębokich szczelin w skorupie ziemskiej. Wzdłuż nich często dochodzi do: przemieszczeń warstw skalnych w pionie i poziomie, osuwisk i obrywów, podniesienia lub obniżenia poziomu wód gruntowych, zmiany położenia koryt rzecznych oraz powstawania tsunami.

■ Ruchy epejrogeniczne

Zupełnie inny charakter niż trzęsienia ziemi mają ruchy epejrogeniczne (ładowe). Są to powolne, długotrwałe pionowe ruchy skorupy ziemskiej, które obejmują duże powierzchnie i nie wywołują na ogół większych deformacji warstw skalnych. Głównymi przyczynami tych ruchów są:

- ▶ przemieszczanie się magmy w podłożu litosfery,
- ▶ naprężenia związane ze ściskaniem płyt w strefach ich kolizji,
- ▶ przemiany materii na granicy litosfery i astenosfery.

Do ruchów epejrogenicznych należą zarówno ruchy obniżające, jak i wznoszące. Fragmenty skorupy ziemskiej, które są objęte **ruchami obniżającymi** (nazywanymi niekiedy talasogenicznymi), zanurzają się w plastycznym podłożu. Wskutek tego może nastąpić **transgresja morza**, czyli zalanie lądu przez morze. **Ruchy wznoszące** prowadzą zaś do podniesienia mniejszych lub większych fragmentów płyt litosfery i wynurzenia obszarów znajdujących się poniżej powierzchni morza. Efektem tego ruchu jest **regresja morza**, czyli wycofanie morza z lądu.

W historii Ziemi transgresje i regresje morskie zachodziły wielokrotnie. Były one spowodowane także zmianami objętości wody w oceanie światowym. Tak było na przykład w ostatniej epoce lodowej, gdy olbrzymie masy wód oceanicznych zostały uwieszone w pokrywach lodowych. Obecnie ruchy obniżające występują między innymi na holenderskim wybrzeżu oraz w Polsce, w okolicach Zatoki Gdańskiej. Z kolei ruchy wznoszące zachodzą na przykład we Włoszech, w pobliżu Zatoki Neapolitańskiej. Ich występowania dowodzą tylko bardzo dokładne pomiary geodezyjne.



O zmianach poziomu wód świadczą między innymi ślady żerowania organizmów morskich na kolumnach starożytnej świątyni Serapisa wznoszącej się nad Zatoką Neapolitańską.

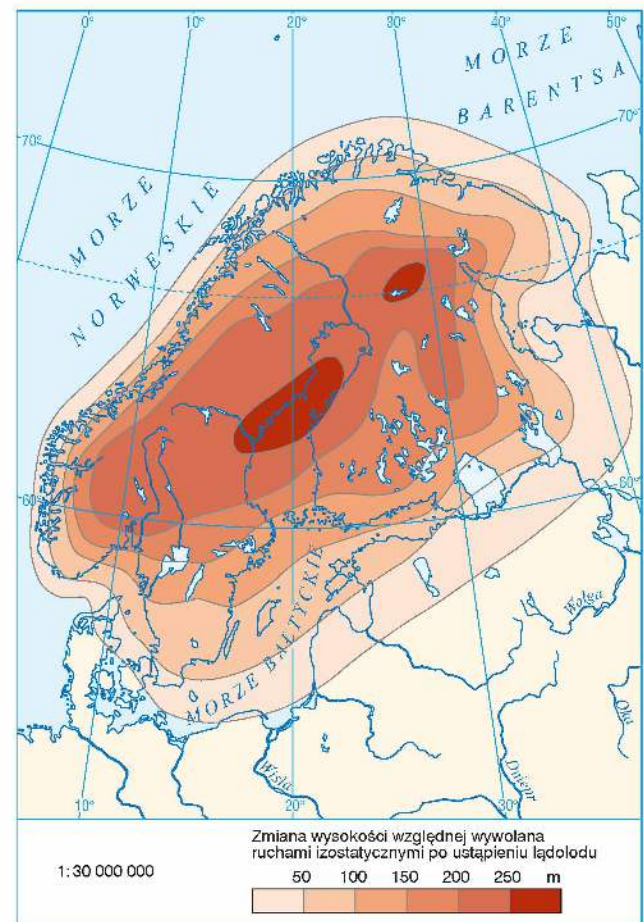
Ruchy izostaticzne

Płyty litosfery poruszające się po plastycznej astenosferze dążą do osiągnięcia równowagi grawitacyjnej. Efektem tego są powolne pionowe ruchy litosfery nazywane **ruchami izostaticznymi**. Podstawową różnicą między ruchami epejrogenicznymi a ruchami izostaticznymi jest całkowita zależność tych pierwszych od procesów endogenicznych (wewnętrznych). Natomiast ruchy izostaticzne warunkowane są również procesami egzogenicznymi (zewnętrznymi).

Płyty litosfery mogą być czasowo obciążone lub odciążone. Powoduje to, że pogrążają się w astenosferze albo z niej wynurzają, a bezwzględna wysokość lądów bądź ich fragmentów maleje lub rośnie. Masę obciążającą może stanowić na przykład lądolód albo warstwa skał osadowych o znacznej miąższości powstała w procesie sedymentacji. Nieustanne gromadzenie się lodu lub osadów prowadzi do wzrostu ciężaru płyty, a w konsekwencji – do powolnego zanurzania jej w astenosferze. Natomiast zanik lądolodu i erozja skał powodują stopniowe wynurzanie się płyty. Ruch ten utrzymuje się bardzo długo po ustąpieniu czynnika, który go wywołał. Na przykład podnoszenie Półwyspu Skandynawskiego i Zatoki Botnickiej, mimo że lądolód ustąpił z tego obszaru ponad 10 tys. lat temu, wciąż trwa.

Szczególnym przypadkiem zaburzenia równowagi izostaticznej jest Antarktyda. Masy lądolodu o grubości ok. 4 km przykrywające ten kontynent doprowadziły do ugięcia się skorupy ziemskiej na 300 m. Świadczy o tym głębokość występowania szelfów kontynentalnych. W normalnych warunkach sięgają one do 200 m p.p.m., a w otoczeniu Antarktydy występują na głębokości 500 m.

Ruchy izostaticzne na Półwyspie Skandynawskim



? Podaj nazwę polskiej krainy geograficznej, na której obszarze zachodzą ruchy izostaticzne.

Inną przyczyną ruchów izostaticznych mogą być zmiany klimatyczne. Na przykład te, które zaszły w plejstocenie, doprowadziły do niemal całkowitego zaniku prehistorycznego jeziora Bonneville, które miało dawniej powierzchnię ok. 50 tys. km². Konsekwencjami tych zmian były nierównomierne podniesienie obszaru na wysokość ponad 60 m oraz deformacja dawnych linii brzegowych. Pozostałością jeziora Bonneville jest dzisiejsze Wielkie Jezioro Słone w Wielkiej Kotlinie (Stany Zjednoczone).

Zadania

1. Omów rodzaje trzęsień ziemi.
2. Wymień podobieństwa i różnice między ruchami epejrogenicznymi a ruchami izostaticznymi.
3. Na podstawie dostępnych źródeł wymień działania mające na celu zmniejszenie liczby ofiar trzęsień ziemi oraz ograniczenie powodowanych przez nie strat materialnych.

7

Wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego

Na tej lekcji dowiesz się: jakie wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego istnieją na Ziemi ■ czym jest krzywa hipsograficzna i co można z niej odczytać.

Procesy wewnętrzne wywierają ogromny wpływ na wygląd naszej planety. W ich wyniku zmienia się zarówno ukształtowanie poziome Ziemi, czyli rozmieszczenie lądów i mórz oraz ich kształt, jak i ukształtowanie pionowe – występowanie form wklęsłych i wypukłych w budowie kontynentów oraz dna oceanicznego.

■ Ukształtowanie poziome

Obszary wodne zajmują 361,1 mln km² (71% powierzchni Ziemi), lądy zaś – 149 mln km² (29%). Obszary lądowe pod względem fizyczno-geograficznym oraz kulturowym podzielono na siedem kontynentów, w których podłożu znajduje się rozbudowana warstwa granitowa nazywana cokołem kontynentalnym. Rozmieszczenie lądów na Ziemi jest nierównomierne. Zdecydowana większość z nich znajduje się na półkuli północnej. Największym zwartym blokiem lądowym jest Eurazja, która leży we wschodniej części półkuli północnej. W obrębie Eurazji wyróżniono dwa kontynenty – Azję oraz Europę. Z kolei wszechocean podzielono na pięć oceanów.

■ Ukształtowanie pionowe

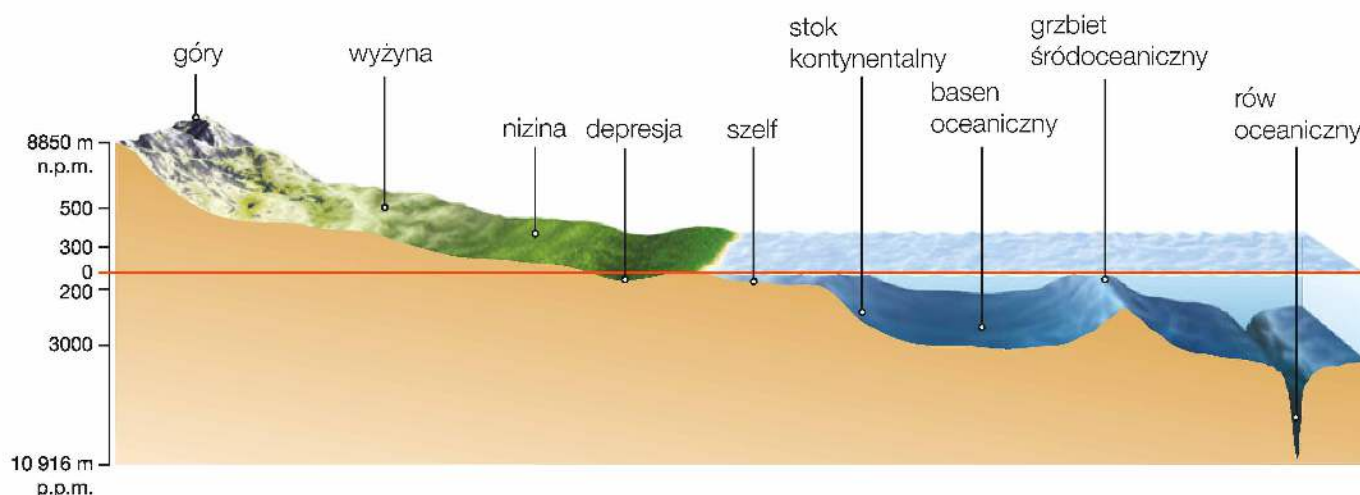
W budowie kontynentów oraz dna oceanicznego wyróżniono wielkie formy. Są to obszary o znacznych rozmiarach oraz specyficznej budowie wewnętrznej i zewnętrznej, które występują na odpowiedniej wysokości lub głębokości. Przedstawiono je na ilustracji znajdującej się u dołu strony.

Wielkie formy dna oceanicznego

W obrębie dna oceanicznego wyróżnia się:

- ▶ szelfy,
- ▶ stoki kontynentalne,
- ▶ baseny oceaniczne oraz grzbiety oceaniczne,
- ▶ rowy oceaniczne.

Szelfy to przybrzeżne, najpłytsze strefy dna oceanicznego, które sięgają przeciętnie do głębokości 200 m. Są częścią bloku kontynentalnego. Tam, gdzie góry schodzą do morza (Andy, Kordyliery), szerokość szelfów jest niewielka, z kolei na zatopionych nizinach bywa bardzo duża. Obszarem szelfowym jest na przykład całe Morze Północne. Szelfy zajmują 7,8% powierzchni oceanów.



Wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego.

Stoki kontynentalne to najbardziej strome fragmenty dna oceanicznego, położone między izobatami 200 m p.p.m. a 3000 m p.p.m. Zajmują 18,1% powierzchni dna oceanów i łączą szelfy z rozległymi dnami basenów oceanicznych. Na skutek dużego nachylenia stoków kontynentalnych na ich powierzchni często tworzą się **podmorskie osuwiska**, które powodują powstawanie prądów zawiesinowych. Prądy te niosą osady dostarczane przez rzeki z lądu w kierunku basenów oceanicznych. W wyniku działalności tych prądów na stokach kontynentalnych powstają głębokie kaniony podmorskie. Podobne formy, stanowiące zatopione doliny rzeczne, występują w obrębie szelfów.

Baseny oceaniczne zajmują aż 73,1% dna oceanicznego i znajdują się na głębokości 3000–6000 m p.p.m. W ich obrębie leżą rozległe **równiny abisalne** oraz ciągnące się przez tysiące kilometrów **grzbiety śródoceaniczne**. Przypominają one łańcuchy górskie, w których osiach występują głębokie doliny ryftowe (miejsca, w których przyrasta skorupa ziemska).

Czy wiesz, że...

Na dnie oceanicznym występują niekiedy pojedyncze podmorskie wzniesienia zwane gujotami. Są to góry pochodzenia wulkanicznego wyróżniające się płaskimi szczytami, na których znajdują się pozostałości po rafach koralowych.

Rowy oceaniczne stanowią najmniejszy fragment dna oceanicznego (1%). Powstają w miejscach, gdzie jedna płyta litosfery podsuwa się pod drugą. Są to wydłużone zagłębienia, których szerokość wynosi zazwyczaj kilkadziesiąt kilometrów, a głębokość może przekraczać 10 000 m. Za najgłębszy rów oceaniczny uznaje się Rów Mariański (10 916 m p.p.m.).

Wielkie formy ukształtowania lądów

Kontynenty zostały ukształtowane w wyniku działania sił wewnętrznych i zewnętrznych. Pierwsze z wymienionych powodują wyniesienie form na lądach, natomiast drugie nieustannie dążą do ich zrównania. Ze względu



Brzeg Morza Martwego – najgłębszej depresji świata – stanowi jednocześnie krawędź zapadliska tektonicznego.

na zróżnicowanie pionowe wśród wielkich form ukształtowania powierzchni lądów wyróżniono:

- ▶ niziny,
- ▶ wyżyny,
- ▶ góry.

Niziny zajmują ponad 30% powierzchni lądowej naszej planety. Sięgają one do wysokości 200–300 m n.p.m. Ze względu na zróżnicowanie rzeźby niziny dzieli się na:

- ▶ płaskie, odznaczające się mało urozmaiconą rzeźbą terenu,
- ▶ faliste, na których występują wzniesienia nieprzekraczające 30 m,
- ▶ pagórkowate, na których obszarach przeważa rzeźba erozyjna, a wysokości względne dochodzą do 60 m.

Najwięcej obszarów nizinnych występuje w Europie (72% powierzchni kontynentu), a najmniej – na Antarktydzie (6%). W obrębie nizin mogą występować **depresje**, czyli fragmenty terenu położone poniżej poziomu morza, oraz **kryptodepresje** – dna jezior śródlądowych leżące poniżej poziomu morza.

Depresje i kryptodepresje zajmują jedynie 0,5% powierzchni lądów. Największe obszary depresyjne znajdują się na Nizinie Nadkaspjskiej leżącej w południowo-wschodniej Europie. Najgłębszą spośród depresji jest brzeg Morza Martwego (430 m p.p.m.). Z kolei najniżej położoną kryptodepresję tworzy dno jeziora Bajkał (1165 m p.p.m.).

Wyżyny to obszary o wysokościach przekraczających 300 m n.p.m. Są formami pośrednimi między nizinami a górami. Niektóre obszary wyżynne znajdują się na wysokości kilku tysięcy metrów nad poziomem morza, jednak nie zalicza się ich do gór ze względu na zbyt małe deniwelacje (różnice wysokości względnej). Wyżyny powstają najczęściej w wyniku pionowych ruchów skorupy ziemskiej. Obszary wyżynne o wysokości od 300 do 1000 m n.p.m. zajmują 37% powierzchni lądów. Najwięcej wyżyn występuje w Afryce (55% powierzchni kontynentu), a najmniej – na Antarktydzie (5%).

Góry zajmują około 8% powierzchni Ziemi. Charakteryzują się dużym zróżnicowaniem rzeźby, stromymi stokami i znacznymi wysokościami względnymi. Obszary górskie przekraczające 1000 m n.p.m. stanowią ponad 28% powierzchni lądów. Najwięcej jest ich na Antarktydzie (88% powierzchni kontynentu) i w Azji (30%), a najmniej – w Australii (3%) i Europie (5%). Na niektórych terenach, np. w Polsce, górami nazywa się obszary położone powyżej 500 m n.p.m. Właśnie z tego względu najwyższy fragment Wyżyny Kieleckiej określa się mianem gór (Góry Świętokrzyskie).

Krzywa hipsograficzna

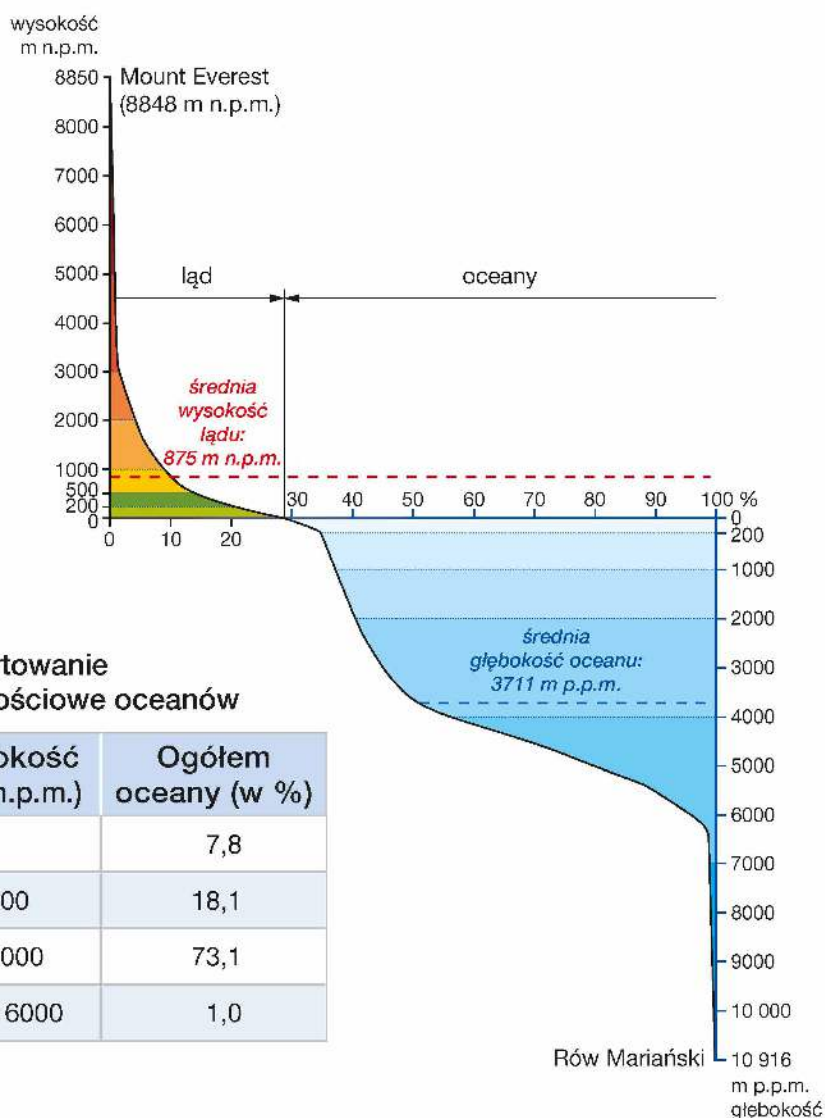
Zróżnicowanie wysokościowe lądów oraz głębokościowe mórz i oceanów obrazuje krzywa hipsograficzna. Można z niej odczytać, jaki odsetek powierzchni naszej planety zajmują tereny położone w określonych przedziałach wysokości na lądach oraz głębokości w oceanach. Pozwala także odczytać średnią wysokość lądów (875 m n.p.m.) i średnią głębokość oceanów (3711 m p.p.m.). Krzywe hipsograficzne sporządza się nie tylko dla oceanów i kontynentów, lecz także dla regionów czy państw.

Ukształtowanie pionowe lądów

Wysokość (w m n.p.m.)	Ogółem lądy (w %)
poniżej 0	0,6
0–300	33,5
300–1000	37,6
1000–3000	25,3
powyżej 3000	3,0

Ukształtowanie głębokościowe oceanów

Głębokość (w m n.p.m.)	Ogółem oceany (w %)
0–200	7,8
200–3000	18,1
3000–6000	73,1
poniżej 6000	1,0



? Sprawdź, jaki odsetek powierzchni Ziemi zajmują obszary położone wyżej niż wysokość, na której znajduje się Twoja szkoła.



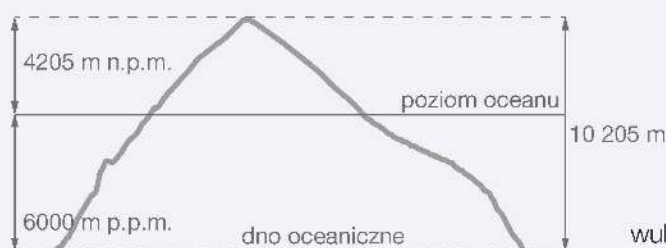
Spojrzenie z bliska



— Mauna Kea

Mauna Kea – największa góra na Ziemi?

Większość osób zapytana o to, jaką nazwę nosi najwyższa góra na Ziemi, bez wahania odpowie, że Mount Everest (8848 m n.p.m.). Tymczasem jest to prawda jedynie wtedy, gdy pod uwagę bierze się wysokość bezwzględną liczoną od poziomu morza. Jeżeli jednak za kryterium przyjmie się wysokość względną, czyli mierzoną od podnóża do wierzchołka szczytu, to okaże się, że najwyższą górą na Ziemi jest hawajski wulkan Mauna Kea. Jak to możliwe, skoro z reguły wysokości bezwzględne gór są większe niż ich wysokości względne? Wysokość względną góry może przekraczać wysokość bezwzględną wtedy, gdy góra, której podnóżem jest dno morza, wystaje ponad powierzchnię wody i tworzy wyspę. Jednym z takich kolosów jest właśnie Mauna Kea. Jej wysokość bezwzględna wynosi 4205 m n.p.m., jednak dno morskie, z którego wznosi się ten drzemiący wulkan, leży na głębokości prawie 6000 m p.p.m. W związku z tym wysokość względną najwyższej góry Hawajów wynosi niemal 10 200 m, czyli o ponad 1300 m więcej niż Mount Everestu.



Profil wulkanu Mauna Kea pokazany od dna oceanicznego do najwyższego wierzchołka.

Na szczycie wulkanu Mauna Kea znajduje się obserwatorium astronomiczne.



Mimo że Mauna Kea leży w pobliżu zwrotnika Raka, ze względu na znaczną wysokość jej wierzchołek przez część roku jest pokryty śniegiem. Stąd właśnie pochodzi nazwa szczytu, która w miejscowym języku oznacza białą górę.



Zadania

1. Podaj nazwę wielkiej formy ukształtowania dna oceanicznego, która powstaje w strefie subdukcji. Wymień formy tego typu występujące w obrębie Oceanu Atlantyckiego.
2. Na podstawie dostępnych źródeł opisz próby dotarcia do najgłębszego miejsca na dnie oceanicznym.
3. Wyjaśnij, dlaczego obszar Tybetu, mimo że leży na wysokości około 5000 m n.p.m., uznaje się za wyżynę, a nie za góry.

Na tej lekcji dowiesz się: które nauki zajmują się odtwarzaniem dziejów Ziemi ■ czym są wiek względny i wiek bezwzględny ■ jakie metody służą do określania wieku względnego i bezwzględnego.

Narodziny Ziemi oraz jej najstarsze dzieje do dziś pozostają nie do końca wyjaśnioną tajemnicą. Naukowcy przypuszczają, że Układ Słoneczny zaczął się tworzyć 4,6 mld lat temu z pyłowo-gazowej materii. Planety, w tym Ziemia, powstały dopiero 100 mln lat później.

■ Odtwarzanie dziejów Ziemi

Powstaniem i ewolucją skorupy ziemskiej oraz świata organicznego w przeszłości geologicznej zajmuje się geologia historyczna. W jej skład wchodzi między innymi:

- ▶ **paleogeografia** – nauka zajmująca się odtwarzaniem warunków geograficznych występujących na Ziemi w przeszłości geologicznej, np. rozmieszczeniem lądów i mórz;
- ▶ **stratygrafia** – nauka badająca wiek skał oraz ich występowanie w czasie i przestrzeni;
- ▶ **paleontologia** – nauka zajmująca się organizmami żyjącymi w minionych epokach geologicznych.

W badaniach przeszłości Ziemi powszechnie wykorzystuje się **zasadę aktualizmu geologicznego**. Wyraża ją hasło „Teraźniejszość jest kluczem do przeszłości”. Tłumaczy się je w ten sposób, że procesy geologiczne zachodzące w przeszłości we wnętrzu i na powierzchni Ziemi można rekonstruować na podstawie obserwacji procesów zachodzących współcześnie. Ponadto badania skał oraz sposobu ich ułożenia pozwalają określać wiek zdarzeń geologicznych. Podczas stosowania zasady aktualizmu geologicznego należy pamiętać, że procesy zachodzące we wczesnych etapach dziejów Ziemi (ze względu na inny skład atmosfery oraz wyższą temperaturę) znacząco różniły się od procesów, które obserwujemy obecnie.

■ Metody określania wieku względnego

Do określania wieku skał czy zdarzeń geologicznych naukowcy używają pojęć wieku względnego i wieku bezwzględnego. **Wiek względny** skał i zjawisk geologicznych ustala się w odniesieniu do wieku innych skał lub zjawisk – dlatego używa się określeń *skały starsze* lub *skały młodsze*. Natomiast **wiek bezwzględny** podaje się w latach wskazujących na to, ile czasu upłynęło od danego wydarzenia. Podczas ustalania wieku względnego skał stosuje się między innymi metodę stratygraficzną, metodę tektoniczną oraz metodę paleontologiczną.

Metoda stratygraficzna pozwala oszacować wiek warstw skalnych na podstawie ich wzajemnego ułożenia. Ważną rolę odgrywa w niej zasada superpozycji (nadległości warstw), według której warstwy skalne położone głębiej są starsze od warstw leżących płycej. Ta zasada może być jednak stosowana jedynie na obszarach niezaburzonych tektonicznie.



Każda warstwa skalna dostarcza wielu informacji o środowisku, w którym powstała. W seriach skalnych o niezaburzonym układzie warstwa leżąca wyżej jest młodsza od warstwy znajdującej się pod nią.

Metoda tektoniczna polega na analizie niezgodności w ułożeniu warstw skalnych. Umożliwia odtwarzanie chronologii procesów geologicznych na danym obszarze według następujących zasad:

- ▶ deformacja skał jest młodsza od najmłodszej skały, którą obejmuje;
- ▶ intruzje magmowe są młodsze od skał, które przecinają.

Metoda paleontologiczna pozwala ustalić wiek skał na podstawie znajdujących się w nich:

- ▶ skamieniałości, czyli szczątków roślin i zwierząt z minionych okresów geologicznych;
- ▶ śladów pozostawionych przez organizmy.

Bardzo dużą rolę w datowaniu skał tą metodą odgrywają **skamieniałości przewodnie**. Są to szczątki organizmów, które w geologicznej skali czasu żyły bardzo krótko, występowały powszechnie oraz odznaczały się cechami pozwalającymi na ich jednoznaczną identyfikację. Dzięki skamieniałościom przewodnim można się dowiedzieć, jakie zwierzęta i rośliny żyły dawniej, oraz odtworzyć warunki ich bytowania. Niestety, w formie skamieniałości zachowały się tylko organizmy żyjące w środowisku sprzyjającym powstawaniu skamieniałości oraz te, które miały trwałe elementy, np. szkielet, muszlę lub pancerz. Szacuje się, że tylko jeden na kilkanaście tysięcy gatunków żyjących w danym okresie przetrwał w postaci skamieniałej.



Trylobit.



Amonit.



Belemnit.

Trylobity są skamieniałościami przewodnimi ery paleozoicznej, a amonity i belemnity – ery mezozoicznej.

Jak powstają skamieniałości?

Martwa ryba *Priscacara liops* opada na dno płytkiego ciepłego morza.



Bakterie częściowo rozkładają martwą rybę. Z czasem szczątki zostają przykryte warstwą drobnoziarnistych osadów morskich.



Kolejne warstwy osadów sprzyjają rozpoczęciu procesów chemicznych powodujących fosylizację, czyli skamienienie. Skamieniały szkielet pod wpływem ciśnienia ulega sprasowaniu.



Po ustąpieniu morza powierzchnia skał jest poddawana procesom erozyjnym.



Postępujące procesy erozyjne niszczą kolejne warstwy skał i odsłaniają skamieniałą rybę.



Metody określania wieku bezwzględnego

Wiek bezwzględny określa się najczęściej za pomocą metody izotopowej, metody dendrochronologicznej i metody sedimentologicznej.

Metoda izotopowa wykorzystuje zjawisko naturalnego rozpadu izotopów promieniotwórczych niektórych pierwiastków, prowadzące do powstania izotopów niepromieniotwórczych. Każdy izotop promieniotwórczy ma inny okres połowicznego rozpadu, czyli czasu, po którym z pierwotnej ilości izotopu pozostaje połowa. Na podstawie znajomości okresu połowicznego rozpadu izotopu promieniotwórczego oraz jego obecnego stosunku ilościowego do produktu rozpadu można określić czas rozpoczęcia tego procesu. Najczęściej pokrywa się on z wiekiem skały, w której występują te pierwiastki, lub wiekiem procesu geologicznego. Ważniejszymi metodami izotopowymi są:

- ▶ **metoda uranowo-ołowiowa**, wykorzystująca izotop uranu ^{238}U . W wyniku jego rozpadu powstaje ołów ^{206}Pb . Czas połowicznego rozpadu tego izotopu jest bardzo długi i wynosi aż 4,5 mld lat. Tę metodę stosuje się do określania skał oraz zdarzeń z odległej przeszłości geologicznej;
- ▶ **metoda radiowęglowa ^{14}C** , wykorzystująca promieniotwórczy izotop ^{14}C . Stosunek tego izotopu do węgla ^{12}C podczas całego życia organizmów jest stały. Kiedy jednak organizm obumiera, ilość izotopu ^{14}C zaczyna maleć. Po 5570 latach jest już go tylko połowa, po 11 140 latach – zaledwie 1/4. Na podstawie proporcji $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ w drewnie, kościach bądź skórze można określić wiek śmierci rośliny czy zwierzęcia. Jeżeli badane szczątki zostały znalezione w skale, nie może być ona od nich starsza. Ze względu na dość krótki okres połowicznego rozpadu ta metoda pozwala na szacowanie wieku obumarłych organizmów liczących nie więcej niż 60 tys. lat. Jest ona głównie wykorzystywana przez archeologów, którzy za jej pomocą określają między innymi wiek przedmiotów wykonanych przez człowieka z materiałów pochodzenia organicznego.



Datowanie izotopowe opiera się na zjawisku rozpadu promieniotwórczego, dlatego wymaga stosowania skomplikowanej aparatury – czasami nawet spektrometru masowego.

Metoda dendrochronologiczna pozwala na ustalenie wieku badanego obiektu lub zjawiska przyrodniczego na podstawie rocznych przyrostów słojów drzew. Rosnące drzewa każdego roku wytwarzają nową warstwę tkanki odkładającą się w postaci pierścienia zwanego słojem. Zliczanie słojów i porównanie uzyskanego wyniku z istniejącymi wzorcami pozwala określić czas, w którym rosło drzewo. Z kolei analiza szerokości i gęstości przyrostów umożliwia rekonstrukcję warunków klimatycznych istniejących w przeszłości. Ze względu na krótki zakres czasowy (do ok. 10 tys. lat) stosowanie tej metody jest ograniczone głównie do badań archeologicznych i klimatycznych.



Roczne przyrosty zapisane w słojach pnia każdego drzewa są odbiciem warunków pogodowych panujących w danym roku. Słój drewna powstały w ciągu jednego roku składa się z jasnego pasma drewna wiosennego i ciemniejszego pasma drewna letniego.

Metoda sedymentologiczna pozwala określać wiek osadów w zbiornikach wodnych poprzez badanie rocznego tempa ich przyrostu. Na przykład warstwa ilów o grubości 2–3 cm osadza się w Morzu Bałtyckim w ciągu 100 lat. W otwartych morzach tempo sedymentacji jest znacznie wolniejsze i nie przekracza 1 mm na 100 lat. Na podstawie grubości osadu i tempa sedymentacji można ustalić, kiedy zaczął powstawać osad. Jednak wyniki uzyskane za pomocą tej metody należy traktować orientacyjnie, gdyż tempo sedymentacji, zależne od wielu czynników, mogło być w przeszłości inne niż obecnie.

■ Podział dziejów Ziemi

Badania geologiczne pozwoliły odtworzyć ważniejsze wydarzenia z geologicznej historii Ziemi, ustalić ich następstwo czasowe oraz ułożyć z nich tabelę stratygraficzną. Głównymi jednostkami podziału dziejów Ziemi są:

- ▶ **eony** – zostały wyznaczone na podstawie obecności życia na Ziemi. Wyróżnia się trzy eony:
 - archaik, w którym nie istniało życie,
 - proterozoik, z ukrytym życiem (nie zachowały się skamieniałości),
 - fanerozoik, w którym dominowało jawne życie (obecność życia została potwierdzona skamieniałościami organizmów mających twarde, mineralne części szkieletów);
- ▶ **ery** – wyznaczono je na podstawie okresów masowego wymierania roślin i zwierząt;
- ▶ **okresy** – zostały wydzielone na podstawie zmian zachodzących w świecie organicznym, a także w rozkładzie lądów i mórz;
- ▶ **epoki** – wyróżniono je na podstawie wielkich ruchów górotwórczych.

Aby zrozumieć proporcje między długością trwania poszczególnych er czy okresów, najlepiej porównać czas, który upłynął od powstania Ziemi, do roku liczącego 365 dni. W tej rocznej skali jeden dzień oznacza 12,6 mln lat, a jeden miesiąc – prawie 380 mln lat. Na przykład człowiek pojawiłby się na Ziemi dopiero 31 grudnia ok. godziny 21.00.

Czy wiesz, że...

Nazwy okresów geologicznych pochodzą od nazw miejscowości lub regionów, w których występują najlepiej rozpoznane skały tego wieku. Cambria to łacińska nazwa Walii, Devon to hrabstwo w Anglii, a Perm – miasto w Rosji. Z kolei jura wzięła swą nazwę od nazwy gór na pograniczu francusko-szwajcarskim.

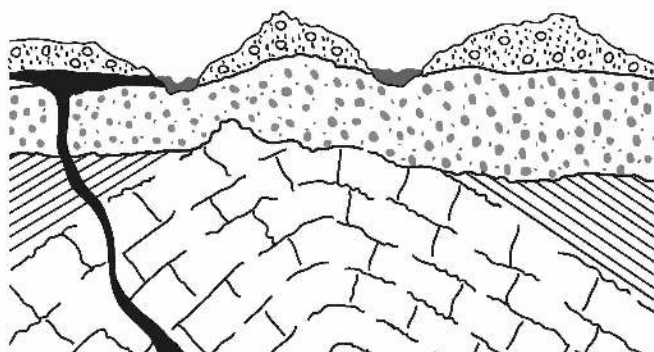
Tabela stratygraficzna

Eon	Era	Okres	Epoka	Wiek w mln lat (dolna granica)	
Fanerozoik	kenozoiczna	czwartorzęd	holocen	0,012	
			plejstocen	2,58	
		neogen	pliocen	5,33	
			miocen	23,03	
		paleogen	oligocen	33,9	
			eocen	55,8	
			paleocen	65,5	
	mezozoiczna	kreda	górna	99,6	
			dolna	145,5	
		jura	malm	161,2	
			dogger	175,6	
			lias	199,6	
		trias	górną	228,7	
			środkowy	245,9	
			dolny	251,0	
	paleozoiczna	perm			299,0
		karbon			359,2
		dewon			416,0
		sylur			443,7
		ordowik			488,3
		kambr			542,0
Pro-terozoik	neoproterozoiczna			1000	
	mezoproterozoiczna			1600	
	paleoproterozoiczna			2500	
Archaik	neoarchaiczna			2800	
	mezoarchaiczna			3200	
	paleoarchaiczna			3600	
	eoarchaiczna			4600	

Analiza profilu geologicznego

Przykład

Przedstaw historię geologiczną regionu na podstawie poniższego profilu geologicznego.



-  holoceni (współczesne) osady rzeczne: żwiry, piaski, muły
-  utwory plejstoceni (głina żwiłowa, żwiry, piaski, eratyki)
-  osady morskie miocenu (piaski, ropy, osady chemiczne)
-  margle i wapień kredy
-  wapień górnojuralskie
-  skały wulkaniczne (bazalty, melafiry)

- 1** Aby przedstawić historię geologiczną danego regionu na podstawie profilu geologicznego, musisz odczytać z legendy nazwy formacji skalnych oraz dopasować je do poszczególnych warstw skalnych przedstawionych na ilustracji.
- 2** Na podstawie układu warstw skalnych oraz typów skał w profilu ustal chronologiczny przebieg najważniejszych wydarzeń geologicznych w tym regionie. Analizę profilu zacznij od warstw znajdujących się najgłębiej. W większości przypadków będą to najstarsze warstwy w danym profilu.

Odpowiedź

- Górnouralskie wapień powstały w czasie **zalewów morza jurajskiego**.
- Osadzone na nich margle i wapień powstały po ustąpieniu morza jurajskiego, kiedy obszar ten objęły **zalewy morza kredowego**.
- Fałdowy układ wymienionych warstw skalnych dowodzi, że na tym obszarze doszło do **ruchów górotwórczych**. W tym czasie (koniec kredy) trwała orogeneza alpejska.
- Brak ciągłości warstwy margli i wapieni kredowych sugeruje, że ten obszar **został wyniesiony** ponad poziom wód, gdzie w warunkach lądowych paleogenu rozpoczęły się **procesy rzeźbotwórcze** (m.in. wietrzenie).
- Osady morskie miocenu powstały w wyniku **zalewów morza miocenijskiego**.
- Występowanie skał wulkanicznych rozcinających warstwy skalne oraz rozlewających się po osadach miocenijskich dowodzi, że pod koniec miocenu na tym obszarze występowała **działalność wulkaniczna**.
- Liczne utwory plejstocenijskie związane z działalnością lądolodu (gliny, żwiry, piaski, eratyki) świadczą o tym, że na ten teren wkroczył **lądolód**.
- Występowanie aluwów w dolinach rzecznych oznacza, że od ustąpienia lądolodu rzeźbę terenu kształtują **różnorodne procesy rzeźbotwórcze**.

Pytania kontrolne

1. Ile razy teren, którego dotyczy przekrój geologiczny, zalewało morze? (*jeden / dwa / co najmniej trzy razy*)
2. Kiedy na tym obszarze wystąpiły ruchy górotwórcze? (*górną jurą / górną kredą / miocen*)
3. Jaka struktura powstała podczas ruchów tektonicznych na tym obszarze?
4. Kiedy na analizowanym terenie wystąpiła działalność wulkaniczna? (*górną jurą / górną kredą / górnym miocen*)
5. Jakie ślady dowodzą występowania lądolodu na tym terenie? (*ropy / piaski / glina*)

Zadania

1. Podaj różnicę między wiekiem względnym a wiekiem bezwzględnym.
2. Wyjaśnij, na czym polega zasada aktualizmu geologicznego.
3. Opisz znaczenie skamieniałości przewodnich w odtwarzaniu dziejów Ziemi.
4. Wymień kryteria podziału dziejów Ziemi na ery i okresy.

Na tej lekcji dowiesz się: jaki jest wiek Ziemi ■ jakie były najważniejsze wydarzenia geologiczne w historii dziejów Ziemi ■ jakie były najważniejsze wydarzenia w historii rozwoju organizmów.

Czas i sposób powstania Ziemi były przedmiotem dyskusji uczonych już wieki temu. Historię naszej planety udało się jednak poznać dokładniej dopiero dzięki rozwojowi naukowych metod określania wieku skał oraz wydarzeń geologicznych.

■ Wiek Ziemi

Pierwsze próby określenia wieku naszej planety podejmowano na podstawie interpretacji przekazów biblijnych. W XVII w. irlandzki biskup James Ussher (1581–1656) ogłosił publicznie, że Ziemia i wszechświat zostały stworzone 23 października 4004 r. p.n.e. Twierdzenie to przetrwało niemal dwa stulecia, do 1841 r., kiedy to twórca nowoczesnej geologii Charles Lyell wyraził pogląd, że wiek Ziemi trzeba liczyć w milionach lat. Kolejnego rozszerzenia

skali czasu geologicznego dokonał William Thompson, znany jako lord Kelvin. Oszacował on wiek Ziemi na kilkadziesiąt milionów lat.

Przełomowe dla ustalania rzeczywistego wieku naszej planety okazało się odkrycie w 1896 r. przez Henriego Becquerela zjawiska naturalnej promieniotwórczości. Dzięki temu w 1907 r. Bertram Boltwood mógł zbadać stosunek izotopu uranu ^{238}U do izotopu ołowiu ^{206}Pb i określić wiek najstarszych skał na ponad 400 mln lat. Z końcem lat 50. XX w. ustalono wiek Ziemi na ponad 4,5 mld lat.

Czy wiesz, że...

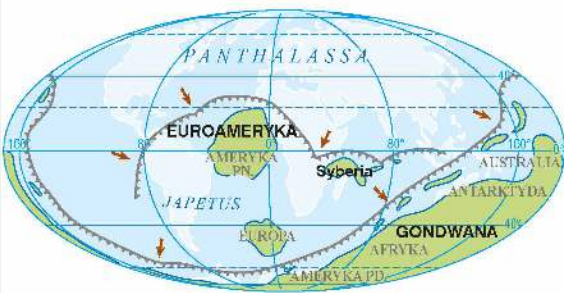
Najstarsze odkryte skały (pokłady amfibolitu) znajdują się w Kanadzie, w leżącym na wschodnim brzegu Zatoki Hudsona pasmie Nuvvuagittuq. Szacuje się, że pochodzą one sprzed ok. 4,28 mld lat.

Wybrane wydarzenia geologiczne oraz dotyczące rozwoju organizmów w historii geologicznej Ziemi

Eon	Era	Okres	Wybrane wydarzenia geologiczne	Wybrane orogenezy	Wybrane wydarzenia ze świata organizmów
FANEROZOIK	KENOZOIK	Czwartorzęd	- W plejstocenie następuje znaczne rozprzestrzenienie lądolodów, które kilkakrotnie przykryły północne obszary Europy, Azji i Ameryki Północnej. - Uwięzienie ogromnych ilości wody w lodzie prowadzi do obniżenia poziomu wód oceanicznych o ponad 100 m. Dzięki temu kontynent azjatycki zyskuje połączenie lądowe z Ameryką Północną. Z kolei topnienie lądolodów z końcem plejstocenu powoduje znaczne podniesienie poziomu oceanu światowego. - Okolo 10 tys. lat temu rozpoczyna się trwająca do czasów obecnych epoka polodowcowa – holocen. Powstaje Morze Bałtyckie.		Pod koniec plejstocenu w Afryce spośród ssaków łozyskowych wyodrębnia się człowiek rozumny (<i>Homo sapiens</i>).

FANEROZOIK	KENOZOIK	Neogen	- Dochodzi do ostatecznego ukształtowania współczesnego rozkładu kontynentów i oceanów. - Pokrywa lodowa Grenlandii powiększa się wskutek ochłodzenia klimatu.		Świat organiczny wczesnego neogenu jest bardzo zbliżony do świata współczesnego. Na lądach panują ssaki, głównie łożyskowe.
		Paleogen	Dochodzi do zderzenia fragmentów dawnego kontynentu Gondwany – Półwyspu Indyjskiego i Afryki – z Eurazją. Jego skutkiem są intensywne ruchy górotwórcze orogenezy alpejskiej. Wynoszą one skały osadowe dawnego Oceanu Tetydy na wysokość kilku tysięcy metrów.		- Świat zwierzęcy jest zdominowany przez ssaki, a świat roślinny – między innymi przez rośliny widłakowe, skrzypowe, paprociowe i szpilkowe. - Pojawiają się pierwsze ssaki kopytne (np. konie, wielbłądy, nosorożce i jelenie) oraz naczelnne (np. małpy).
	MEZOZOIK	Kreda	- Laurazja i Gondwana dzielą się na znane współcześnie kontynenty. - Ameryka Południowa odrywa się od Afryki, która systematycznie zbliża się do Europy. - We wczesnej kredzie występuje silna transgresja morska, która prowadzi do znacznego zmniejszenia powierzchni lądów oraz powstania osadów na dnie mórz. - Pod koniec kredy osady te zostały sfaldowane i wypiętrzone, co doprowadziło do powstania łańcuchów górskich ciągnących się od Alp po Himalaje.  1: 600 000 000 lądy oceany obecne położenie lądów Obszary orogeniczne hercyńskie alpejskie — rozbieżne granice płyt litosfery ▲ zbieżne granice płyt litosfery → kierunki przemieszczania się płyt litosfery	OROGENEZA ALPEJSKA	- W ciepłych morzach rozwijają się między innymi koralowce, małże oraz otwornice, z których szczątków utworzyły się złoża kredy piszącej. - Na lądach dominują dinozaury. - Pojawiają się pierwsze rośliny okrytonasienne (np. buk, brzoza, wierzba). - Pod koniec kredy następuje gwałtowne wymieranie organizmów roślinnych (wymarło wiele roślin lądowych) i zwierzęcych (wymarły wszystkie dinozaury, a w morzach – prymitywne ryby oraz bezkręgowce, takie jak amonity i belemnity).
		Jura	- Pangea rozpada się na Gondwanę i Laurazję. - Oba kontynenty powoli zaczyna zalewać morze (transgresja morska obejmująca w późnej jurze niemal wszystkie lądy). - Rozpoczyna się wczesna faza orogenezy alpejskiej, która pod koniec okresu doprowadziła do cofnięcia się wód morskich (regresji morskiej).		- Na lądzie dominują rośliny nagonasienne (m.in. sagowce, miłorzębowe) oraz dinozaury. - Pod koniec okresu pojawia się pierwszy ptak – archeopteryks. - W morzach rozwijają się amonity i belemnity oraz gady – drapieżne ichtiozaury, plezjozaury, a także krokodyle i żółwie.

FANEROZOIK	MEZOZOIK	Trias	Rozpoczyna się podział Pangei, wskutek czego zwiększa się zasięg Oceanu Tetydy. 	 - Na lądach następuje intensywny rozwój roślin iglastych. Pojawiają się dinozaury, a także pierwsze prymitywne ssaki. - W morzach pojawiają się gady morskie.
		Perm	Powstaje gigantyczny kontynent rozciągający się od bieguna północnego do bieguna południowego – Pangea. Oblewają go dwa oceany: Panthalassa oraz Ocean Tetydy.	 - Skrzypy i paprocie drzewiaste wskutek zmian klimatycznych zostają wyparte przez rośliny nagonasienne (iglaste, sagowce, miłorzębowe). - Rozwijają się ramienionogi. - Pod koniec permu następuje wielki kryzys świata organicznego – wymiera ok. 90% gatunków zwierząt.
	PALEOZOIK	Karbon	- Intensywne przemieszczanie się kontynentów przyczynia się do wystąpienia głównych faz orogenezy hercyńskiej. W efekcie na dzisiejszych obszarach zachodniej i południowej Europy, północnej Afryki oraz wschodniej i południowej części Ameryki Północnej powstają łańcuchy górskie. - Większość kontynentów skupia się w strefie równikowej i zwrotnikowej.	 - Następuje bujny rozwój flory lądowej, zwłaszcza widlaków, skrzypów i paproci (osiągały one ogromne rozmiary). Ze szczątków tych roślin powstają złoża węgla kamiennego i brunatnego. - Pojawiają się pierwsze latające owady. - W późnym karbonie pojawiają się pierwsze gady.
		Dewon	- Następuje dalsze przemieszczanie się kontynentów. - Kończy się orogeneza kaledońska, a rozpoczyna orogeneza hercyńska.	 - Trwa bujny rozwój życia w ciepłych i płytkich morzach strefy zwrotnikowej (m.in. koralowców i ryb, w tym ryb trzonopłetwych). - Na lądach pojawiają się widlaki, skrzypy i paprocie, co stwarza warunki do rozwoju pierwszych zwierząt lądowych, dla których te rośliny były pokarmem. - W późnym dewonie część populacji roślin i zwierząt z niewyjaśnionych przyczyn wymiera.
		Sylur	Przemieszczaniu się kontynentów towarzyszą silne ruchy górotwórcze orogenezy kaledońskiej.	 W morzach pojawiają się pierwsze ryby, a na lądzie – pierwsze rośliny naczyniowe (psylofity).

FANEROZOIK	PALEOZOIK	Ordowik	Kontynenty zmieniają swoje położenie i wkracają w różne strefy klimatyczne. W efekcie na powierzchni dzisiejszych kontynentów półkuli południowej rozwijają się lądolody, których późniejsze topnienie spowodowało znaczne zmiany poziomu wód w morzach i oceanach. 	OROGENEZA KALEDOŃSKA	- Ewolucja organizmów, które powstały w kambrze. - Skamieniałości przewodnie z tego czasu to graptolity i konodonty.
		Kambr	Na dnach oceanów powstają osady, które zostają później sfaldowane i wypiętrzone w wyniku kaledońskich ruchów górotwórczych.		Następuje kambryjska eksplozja życia – nagle (w geologicznej skali czasu) pojawienie się wszystkich znanych współcześnie typów zwierząt bezkręgowych. Najbardziej rozpowszechnione są stawonogi, głównie trylobity (dziś skamieniałości przewodnie tego okresu).
PROTEROZOIK			Wskutek procesów sedymentacji zachodzących na dnie długich i wąskich obniżeń w skorupie ziemskiej powstają warstwy skał osadowych. Zostają one sfaldowane, a następnie wypiętrzone. W ten sposób powstają pierwsze łańcuchy górskie.		- Życie występuje tylko w morzach i oceanach. - Pod koniec proterozoiku pojawiają się zwierzęta tkankowe: jamochłony, pierścienice i stawonogi. Te ostatnie w późniejszym czasie wytworzyły twarde elementy szkieletu.
ARCHAİK			- Formuje się pierwotna skorupa ziemska – krzepnie magma pokrywająca powierzchnię naszej planety. - Powstają fundamenty dzisiejszych kontynentów. - Około 3,8 mld lat temu, gdy temperatura na powierzchni Ziemi spada poniżej 100°C, zaczynają się tworzyć pierwsze oceany.		W oceanach pojawiają się pierwsze prymitywne organizmy. Dzięki temu, że przeprowadzają fotosyntezę, stopniowo wzbogacają atmosferę w tlen.

? Ustal w przybliżeniu, która z orogenez trwała najdłużej, a która – najkrócej. Skorzystaj z tabeli na stronie 221 i z tej, która znajduje się powyżej.

Zadania

- Podaj nazwę eonu, ery oraz okresu, w których powstały złoża węgla kamiennego, oraz tych, w których pojawił się człowiek.
- Wyjaśnij, dlaczego dopiero w paleozoiku, po ponad 4 mld lat od utworzenia naszej planety, zaczęło pojawiać się wiele organizmów.
- Podaj nazwę dwóch wydarzeń geologicznych, które Twoim zdaniem miały największy wpływ na ukształtowanie powierzchni Europy. Uzasadnij swoją opinię.
- *4. Na podstawie dostępnych źródeł ustal, w jakim okresie żyły mamuty. Wyjaśnij przyczyny ich wyginięcia.

Podsumowanie

- Wnętrze Ziemi nie ma jednolitej budowy, lecz składa się z kilku odmiennych warstw. Różnią się one właściwościami fizycznymi, m.in. stanem skupienia materii, gęstością, temperaturą, ciśnieniem oraz składem chemicznym.
- Najgłębiej znajduje się **jądro Ziemi**. Dzieli się je na:
 - **jądro zewnętrzne**, występujące w stanie ciekłym i składające się głównie z żelaza (z niewielką ilością tlenu lub siarki) i niklu;
 - **jądro wewnętrzne**, które wykazuje cechy ciała stałego, ma temperaturę 6000°C i prawdopodobnie składa się z żelaza i niklu.
- **Powierzchnia nieciągłości Wiecherta–Gutenberg** wyznacza dolną granicę płaszcza ziemskiego.
- Powyżej nieciągłości Wiecherta–Gutenberg znajduje się **płaszcz ziemski**. W jego obrębie wyróżnia się **płaszcz dolny** oraz **płaszcz górny**.
- Górną część płaszcza górnego tworzy **warstwa perydotytowa**. Poniżej tej warstwy leży półplastyczna **astenosfera**. Występują tam prądy konwekcyjne.
- **Płaszcz górny** jest zbudowany głównie z krzemianów i tlenków magnezu, żelaza, wapnia i glinu.
- **Prądy konwekcyjne** to jeden z najważniejszych czynników wpływających na procesy wewnętrzne kształtujące powierzchnię naszej planety.
- **Płaszcz dolny** jest zbudowany głównie z kremu, magnezu, żelaza i tlenu.
- **Powierzchnia nieciągłości Moho** wyznacza dolną granicę skorupy ziemskiej.
- **Skorupa ziemska** jest zewnętrzną powłoką naszej planety. Wraz z warstwą perydotytową tworzy ona litosferę.
- Do **metod badania wnętrza Ziemi** zalicza się między innymi głębokie wiercenia geologiczne, badania przebiegu fal sejsmicznych, pomiary różnicowania pola magnetycznego Ziemi czy przewodnictwa elektrycznego skał.
- Badania sejsmiczne polegają na rejestrowaniu przebiegu fal sejsmicznych. Rejestrowaniem prędkości docierania fal sejsmicznych do kolejnych stacji badawczych rozmieszczonych w poszczególnych miejscach na kuli ziemskiej zajmują się **sejsmolodzy**.
- **Stopień geotermiczny** odpowiada liczbie metrów, o którą należy przesunąć się w głąb Ziemi, aby temperatura podniosła się o 1°C. Średni stopień geotermiczny dla skorupy ziemskiej wynosi 33 m.
- **Minerały** to najmniejsze z geologicznego punktu widzenia składniki skorupy ziemskiej o określonym składzie chemicznym i właściwościach fizycznych. Niemal wszystkie minerały mają budowę krystaliczną.
- Minerały różnią się między innymi składem chemicznym, twardością, kształtem i wielkością kryształów, barwą, łupliwością, połyskiem oraz gęstością.
- **Minerały skałotwórcze** stanowią niewielki odsetek spośród ok. 5,5 tys. rozpoznanych minerałów. Są to między innymi skalenie, kwarc, pirokseny, miki, hematyt, oliwiny, amfibole, granaty, kalcyt czy apatyt.
- **Skała** to naturalne skupisko jednego minerału lub wielu minerałów. Jako pierwsze na Ziemi powstały skały magmowe, znacznie później – skały osadowe i metamorficzne (przeobrażone).
- **Skały magmowe** tworzą się w wyniku krzepnięcia i krystalizacji magmy we wnętrzu Ziemi lub zastygania lawy na powierzchni. Dzieli się je na skały głębinowe oraz skały wylewne.
- **Skały magmowe głębinowe** (plutoniczne) powstają wtedy, gdy proces krystalizacji przebiega głęboko pod powierzchnią ziemi. Należą do nich między innymi granit, gabbro i sienit.
- **Skały magmowe wylewne** (wulkaniczne) powstają w wyniku szybkiego krzepnięcia lawy. Skałami wylewnymi są na przykład bazalt, andezyt, riolit.
- Skały głębinowe mają **strukturę jawnokrystaliczną**, co oznacza, że poszczególne ziarna minerałów można w nich zobaczyć gołym okiem.
- Skały wylewne mają **strukturę skrytokrystaliczną**. Ze względu na niewielkie rozmiary minerałów nie jest możliwe rozróżnienie ich gołym okiem.
- **Skały metamorficzne** powstają w wyniku oddziaływania bardzo wysokiej temperatury i dużego ciśnienia na istniejące już skały magmowe i osadowe. Przykładami skał metamorficznych są gnejs, marmur, kwarcyt i hornfels.

- **Skąły osadowe** utworzyły się w procesie sedymentacji. Polega on na osadzaniu się na lądzie lub w morzu okruchów skalnych pochodzących z wietrzenia skał, a także osadzaniu się na dnie zbiorników morskich związków chemicznych wytrącających się z roztworów lub obumarłych szczątków roślin i zwierząt.
- Skąły osadowe można podzielić na **osadowe okruchowe** (piaskowiec, żwir), **osadowe pochodzenia chemicznego** (gips, sól kamienna) oraz **osadowe pochodzenia organicznego** (wapień, węgiel kamienny).
- Skąły osadowe okruchowe dzieli się na **skąły luźne**, w których ziarna skalne nie są spojone (np. piasek), oraz **skąły lite**, które składają się ze spojonych ziaren skalnych (np. zlepierce).
- **Surowce mineralne** stanowią podstawę funkcjonowania współczesnej gospodarki. Ze względu na sposób wykorzystywania wyróżnia się:
 - surowce energetyczne,
 - surowce metaliczne,
 - surowce chemiczne,
 - surowce skalne.
- Dziś najdokładniej płytową budowę litosfery tłumaczy **teoria tektoniki płyt litosfery**. Zakłada ona, że litosfera dzieli się na siedem dużych i kilkanaście mniejszych płyt, które są w nieustannym ruchu spowodowanym prądami konwekcyjnymi.
- Źródłem procesów endogenicznych jest **energia cieplna wnętrza Ziemi**. Wywołuje ona ruch materii (prądy konwekcyjne), a tym samym – zmiany w położonej wyżej litosferze.
- Płyty litosfery dzieli się na **oceaniczne**, zbudowane głównie z warstwy bazaltowej, oraz **kontynentalne**, w których budowie wyróżnia się dodatkowo warstwę granitową (cokół kontynentalny).
- Płyty tektoniczne mogą się od siebie oddalać. Wówczas w procesie **spredingu**, w wyniku wylewania się lawy przez szczeliny między płytami, po obu stronach ryftu powstaje nowe dno oceaniczne.
- W miejscach, gdzie płyty litosfery poruszają się zbieżnie, może dojść do **subdukcji**, czyli podsuwania się jednej płyty pod drugą, lub do **kolizji**, jeżeli żadna z płyt nie ulega subdukcji.
- Ze względu na dominujący ruch, który przeważa w strefie kontaktu płyt litosfery, wyróżnia się: **granice rozbieżne**, **granice zbieżne** oraz **granice transformujące**.
- Na **granicach rozbieżnych**, gdzie płyty litosfery odsuwają się od siebie, dochodzi do powstawania **ryftu**, czyli ryftogenezy.
- Tam, gdzie występują **granice zbieżne**, płyty zbliżają się do siebie. W wyniku **subdukcji** (podsuwania się) płyty oceanicznej pod płytę kontynentalną może nastąpić wypiętrzenie łańcucha górskiego.
- W wypadku **kolizji dwóch płyt kontynentalnych** nie zachodzi subdukcja, lecz zostają sfałdowane osady, które powstają w morzach i rozdzielają te płyty.
- Na **granicach transformujących** płyty litosfery poruszają się równolegle do siebie. **Uskoki transformacyjne** przebiegają poprzecznie do ryftu.
- **Ruchy górotwórcze**, czyli **orogenezy**, występowały na kuli ziemskiej wielokrotnie, jednak najczęściej mówi się o trzech orogenezach: **kaledońskiej**, **hercyńskiej** oraz **alpejskiej**.
- Podczas **orogenezy kaledońskiej** powstały między innymi Góry Kaledońskie, Grampiany, Góry Skandynawskie, Altaj i Sajany. W Polsce w tym okresie doszło do wypiętrzenia fragmentów Gór Świętokrzyskich oraz znacznej części Sudetów Zachodnich.
- Podczas **orogenezy hercyńskiej** (waryscyjskiej) powstały między innymi góry: Harz, Wogezy, Ardony, Rudawy oraz Masyw Czeski. Polskimi górami wypiętrzonymi w tej orogenezie są Sudety (niektóre fragmenty) oraz Góry Świętokrzyskie.
- W **orogenezie alpejskiej** zostały wypiętrzone najwyższe góry świata: Himalaje, a także Kordyliery, Andy, Kaukaz, Karpaty i Alpy.
- Ze względu na sposób powstawania wyróżnia się góry: **fałdowe** (utworzone w wyniku deformacji ciągłych), **zrębowe** (powstałe w wyniku deformacji nieciągłych) oraz **wulkaniczne** (powstałe w wyniku działalności wulkanicznej).
- Ogół procesów związanych z powstawaniem magmy, jej przemianami, przemieszczaniem się, gromadzeniem oraz krystalizacją jest nazywany **magmatyzmem**. Procesy te zachodzą we wnętrzu Ziemi – jest to **plutonizm**, oraz na jej powierzchni – **wulkanizm**.
- Formami powstałymi w wyniku plutonizmu są **intruzje magmowe**. Należą do nich: sille, lapolity, batolity oraz dajki.

- Wulkany to miejsca wypływu magmy na powierzchnię. W zależności od rodzaju produktów erupcji wyróżnia się wulkany: **eksplozywne** (materiał piroklastyczny), **efuzywne** (lawą) oraz **stratowulkany** (typ mieszany). Każdy z tych typów charakteryzuje się innym kształtem stożka wulkanicznego.
- Ze względu na aktywność wyróżnia się wulkany **czynne, drzemiące i wygasłe**.
- Ze względu na kształt wyróżnia się **wulkany linearne** (szczelinowe), **wulkany tarczowe** i **wulkany stożkowe**.
- **Produktami erupcji wulkanicznej** są: lawa, gazy (np. fumarole, solfatary, mofety) oraz **materiały piroklastyczne** (np. bomby wulkaniczne, lapille, popiół wulkaniczny, pumeks).
- Rozmieszczenie wulkanów na Ziemi wykazuje ścisły związek z **granicami płyt litosfery** oraz występowaniem **plam gorąca** w płaszczu górnym Ziemi.
- Największe skupiska czynnych wulkanów są zlokalizowane wokół wybrzeży Oceanu Spokojnego. Tworzą tam one **Ognisty Pierścień Pacyfiku**.
- Zjawiska wulkaniczne prowadzą do **zmian w rzeźbie terenu** oraz **krajobrazie**.
- Erupcje podmorskich wulkanów prowadzą do powstania **tsunami**.
- **Trzęsieniem ziemi** nazywa się drgania skorupy ziemskiej, których przyczyną jest gwałtowne rozładowanie naprężeń powstałych wskutek ruchu płyt litosfery.
- Przesuwanie się mas skalnych wywołuje drgania, które rozchodzą się w postaci fal sejsmicznych. Wyróżnia się trzy rodzaje fal sejsmicznych: podłużne, poprzeczne oraz powierzchniowe.
- Miejsce uwolnienia naprężeń w trakcie trzęsień ziemi jest nazywane **ogniskiem trzęsienia ziemi** lub **hipocentrum**. Bezpośrednio nad hipocentrum, na powierzchni ziemi, występuje **epicentrum**.
- Siłę wstrząsów ocenia się w skali Richtera i skali Mercallego.
- Ze względu na genezę wyróżnia się trzęsienia **tektoniczne, wulkaniczne** oraz **zapadliskowe**.
- W zależności od częstotliwości i siły wstrząsów wyróżnia się obszary:
 - **sejsmiczne** (z częstymi wstrząsami),
 - **pensejsmiczne** (z rzadkimi wstrząsami),
 - **asejsmiczne** (pozbawione wstrząsów).
- Trzęsienia ziemi, oprócz strat w ludziach i szkód materialnych, powodują między innymi powstawanie głębokich szczelin w skorupie ziemskiej.
- Powolne, długotrwałe pionowe ruchy skorupy ziemskiej obejmujące duże powierzchnie i niewywołujące na ogół większych deformacji warstw skalnych określa się mianem ruchów **epejro-genicznych** (łagodwórczych).
- Ruchy obniżające fragmenty skorupy ziemskiej są nazywane ruchami **talasogenicznymi**.
- Płyty litosfery poruszające się po plastycznej astenosferze dążą do osiągnięcia równowagi grawitacyjnej. Wywołuje to pionowe powolne ruchy litosfery nazywane **ruchami izostatycznymi**.
- Do **wielkich form ukształtowania pionowego lądów** należą niziny, wyżyny i góry.
- **Wielkie formy dna oceanicznego** to:
 - szelfy,
 - stoki kontynentalne,
 - baseny oceaniczne z grzbietami śródoceanicznymi,
 - rowy oceaniczne.
- **Wiek względny** skał i zjawisk geologicznych ustala się w stosunku do wieku innych skał lub zjawisk. Określa się go najczęściej za pomocą metody stratygraficznej, metody tektonicznej oraz metody paleontologicznej.
- **Wiek bezwzględny** podaje się w latach wskazujących, ile czasu upłynęło od danego wydarzenia.
- Wiek bezwzględny określa się najczęściej za pomocą:
 - metody izotopowej,
 - metody dendrochronologicznej,
 - metody sedymentologicznej.
- **Skamieniałości przewodnie** to szczątki organizmów, które w geologicznej skali czasu żyły bardzo krótko, występowały powszechnie oraz odznaczały się cechami pozwalającymi na ich jednoznaczną identyfikację.
- Dzięki odkryciu zjawiska **naturalnej promieniotwórczości** Bertram Boltwood mógł w 1907 r. zbadać stosunek izotopu uranu ²³⁸U do izotopu ołowiu ²⁰⁶Pb i określić wiek najstarszych skał na ponad 400 mln lat. Z końcem lat 50. XX w. ustalono wiek Ziemi na ponad **4,5 mld lat**.
- Głównymi jednostkami podziału dziejów Ziemi są **eony, ery, okresy i epoki**.



- 1** Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź spośród podanych. (0–1 p.)

Siła wprawiająca płyty litosfery w ruch to

- A. konwekcja.
- B. astenosfera.
- C. nieciągłość Moho.
- D. dywergencja.

- 2** Wskaż poprawne wyjaśnienie terminu *stopień geotermiczny*. (0–1 p.)

- A. Wartość temperatury podawana w stopniach Celsjusza, charakteryzująca wody podziemne na głębokości 100 m.
- B. Liczba metrów, o które należy się przesunąć w głąb Ziemi, aby temperatura podniosła się o 1°C.
- C. Jednostka odpowiadająca 33 m głębokości w skorupie ziemskiej.
- D. Wartość temperatury podawana w stopniach Fahrenheita, charakteryzująca masy powietrza atmosferycznego.

- 3** Przyporządkuj każdej nazwie skały odpowiednie określenie. (0–1 p.)

- A. Granit.
- B. Węgiel kamienny.
- C. Marmur.
- a) Skała skrytokrystaliczna.
- b) Skała metamorficzna.
- c) Skała jawnokrystaliczna.
- d) Skała pochodzenia organicznego.
- e) Skała pochodzenia chemicznego.

A – ☐, B – ☐, C – ☐

- 4** Rozpoznaj skałę przedstawioną na fotografii. Wybierz jej nazwę. (0–1 p.)

- A. Piaskowiec.
- B. Granit.
- C. Wapień.
- D. Marmur.



- 5** Podaj trzy przykłady gospodarczego wykorzystania wybranych skał osadowych. (0–3 p.)

nazwa skały – przykład wykorzystania

☐	–	☐
☐	–	☐
☐	–	☐

- 6** Przyporządkuj typom granic między płytami litosfery przykłady miejsc, w których te granice występują. (0–1 p.)

- A. Granica rozbieżna.
- B. Granica zbieżna (subdukcja).
- C. Granica zbieżna (kolizja).
- a) Wybrzeża Oceanu Spokojnego i Ameryki Północnej.
- b) Półwysep Skandynawski.
- c) Nasada półwyspu Dekan.
- d) Grzbiet Północnoatlantycki.
- e) Wyżyna Wschodniosyberyjska.

A – ☐, B – ☐, C – ☐

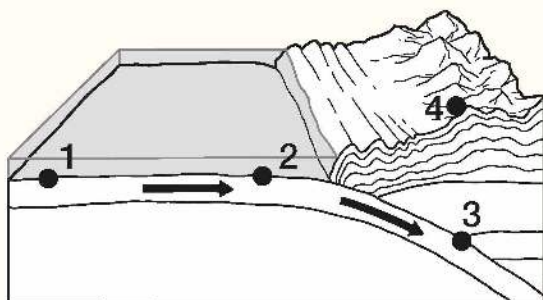
- 7** Zapisz w zeszycie po trzy przykłady gór fałdowych, zrębowych i wulkanicznych, które występują w Europie. (0–1 p.)

- 8** Zaznacz zestaw, w którym podano poprawne przykłady obszarów sejsmicznych, pensejsmicznych i asejsmicznych. (0–1 p.)

- A. Obszar sejsmiczny – Islandia, obszar pensejsmiczny – Polska, obszar asejsmiczny – Kalifornia.
- B. Obszar sejsmiczny – Włochy, obszar pensejsmiczny – Antarktyda, obszar asejsmiczny – Grenlandia.
- C. Obszar sejsmiczny – Japonia, obszar pensejsmiczny – Polska, obszar asejsmiczny – Finlandia.

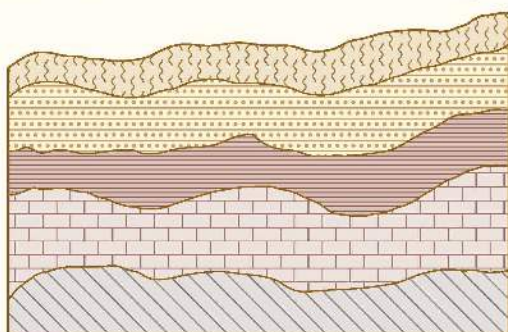
- 9** Wyjaśnij, czym jest Ognisty Pierścień Pacyfiku. Napisz, gdzie się on znajduje. (0–2 p.)

- 10 Na schemacie numerami 1–4 zaznaczono wybrane miejsca, w tym epicentrum i hipocentrum trzęsienia ziemi. Wskaż poprawne dokończenie zdania. (0–1 p.)



Epicentrum i hipocentrum oznaczono odpowiednio numerami

- A. 1 i 2.
B. 2 i 4.
C. 2 i 3.
D. 4 i 3.
- 11 Na podstawie przekroju geologicznego fragmentu terenu wybierz poprawne dokończenia zdań. (0–3 p.)



- | | |
|--|--|
|  glina |  piaskowiec ze śladami fauny morskiej |
|  łupek ilasty |  bazalt |
|  wapień | |

- A. Najmłodsza spośród skał przedstawionych na przekroju jest
- a) wapień.
b) glina.
c) bazalt.
d) piaskowiec.
- B. Obecność bazaltu świadczy o wystąpieniu procesów
- a) krasowych.
b) wulkanicznych.
c) tektonicznych.
d) izostatycznych.

- 12 Wskaż nazwę procesu, którego skutkiem jest powolne wypiętrzanie Półwyspu Skandynawskiego. Podaj przyczynę tego procesu. (0–2 p.)

- A. Ruchy epejrogeniczne.
B. Ruchy izostatyczne.
C. Prądy konwekcyjne.
D. Trzęsienia ziemi.

- 13 Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Wybierz P, jeśli informacja jest prawdziwa, lub F, jeśli jest fałszywa. (0–2 p.)

1.	Największą górą na Ziemi, licząc od podnóża do wierzchołka, jest Mauna Kea.	P	F
2.	Największą powierzchnię wśród obszarów lądowych zajmują wyżyny, następnie niziny, a najmniejszą – góry.	P	F
3.	Baseny oceaniczne stanowią najgłębsze fragmenty dna oceanicznego.	P	F
4.	Stoki kontynentalne to zbocza grzbietów śródoceanicznych.	P	F

- 14 Wybierz poprawną nazwę układu skał przedstawionego na fotografii. (0–1 p.)

- A. Platforma kontynentalna.
B. Zrąb.
C. Uskok.
D. Fałd.

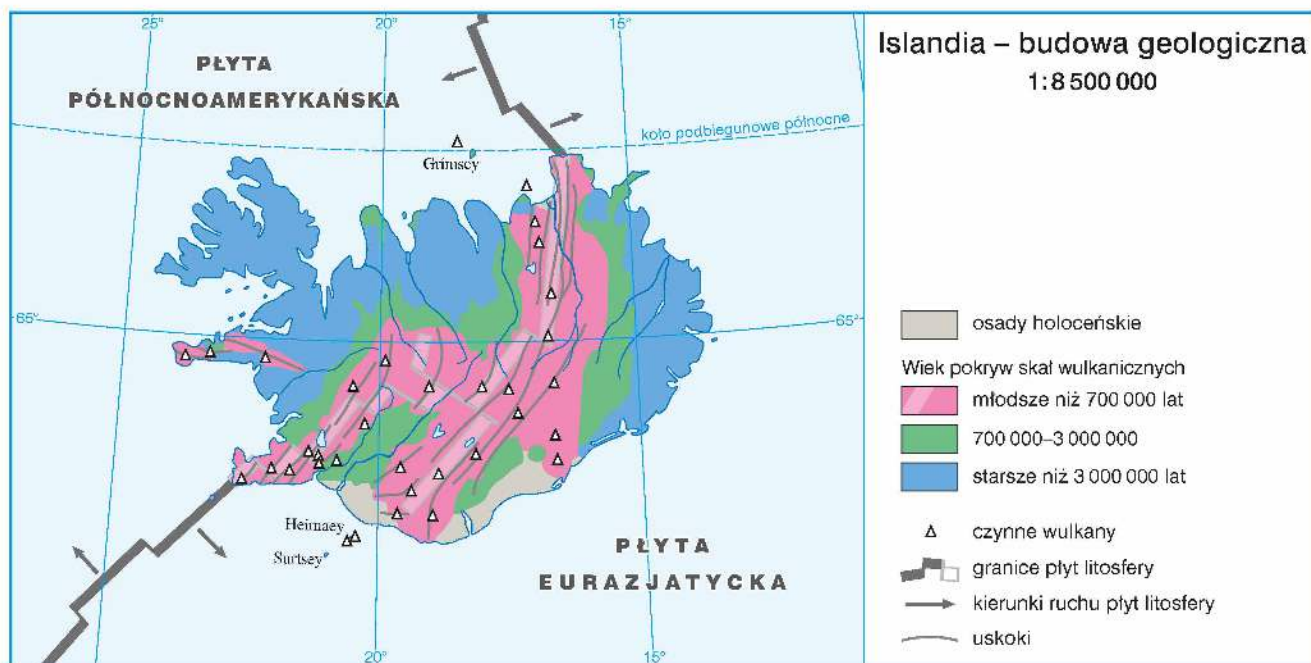


Sprawdź w kluczu odpowiedzi, które zadania udało Ci się rozwiązać poprawnie. Następnie oblicz uzyskany przez siebie procent ogólnej liczby punktów.

Sposób na zadania

Zadanie 1. (0–1)

Na mapie przedstawiono budowę geologiczną Islandii.



Wyjaśnij, dlaczego powierzchnia Islandii stale się powiększa.

Czynność do wykonania

Czasownik *wyjaśnij* oznacza, że w krótkiej odpowiedzi należy coś (np. proces czy zjawisko) wytłumaczyć tak, aby nie tylko wskazać przyczynę lub skutek, lecz także przedstawić drogę, która prowadzi od przyczyny do zjawiska lub od zjawiska do jego skutku (zależności albo związki czasowe czy przestrzenne).

Praktyczne rady

Dokładnie przeanalizuj mapę. Pamiętaj, że z treści mapy dołączonej do zadania można zwykle odczytać informacje niezbędne do jego rozwiązania.

Nie ograniczaj się do podania przyczyny występowania zjawiska, np. „Ponieważ Islandia jest położona na grzbiecie śródoceanicznym”. Taka odpowiedź byłaby poprawna, gdyby w poleceniu został użyty czasownik *podaj* i brzmiało ono: „Podaj przyczynę powiększania się powierzchni Islandii”.

Polecenie wymaga wyjaśnienia, dlatego w odpowiedzi musi znaleźć się informacja o procesie przyrastania skorupy ziemskiej w miejscu, w którym znajduje się ryft.

Odpowiedź: Islandia leży na grzbiecie śródoceanicznym, który powstał na granicy dwóch płyt litosfery. W wyniku oddalania się od siebie płyt litosfery utworzył się ryft, czyli bardzo głębokie pęknięcie w skorupie ziemskiej. Przez szczeliny w ryfcie stale wydobywa się lava bazaltowa pochodząca z płaszcza ziemskiego. Wypełnia ona ryft i krzepnie. Prowadzi to do ciągłego przyrostu skorupy ziemskiej po obu stronach ryftu i grzbietu śródoceanicznego, na którym jest położona Islandia, a w efekcie – do powiększania się powierzchni tej wyspy.

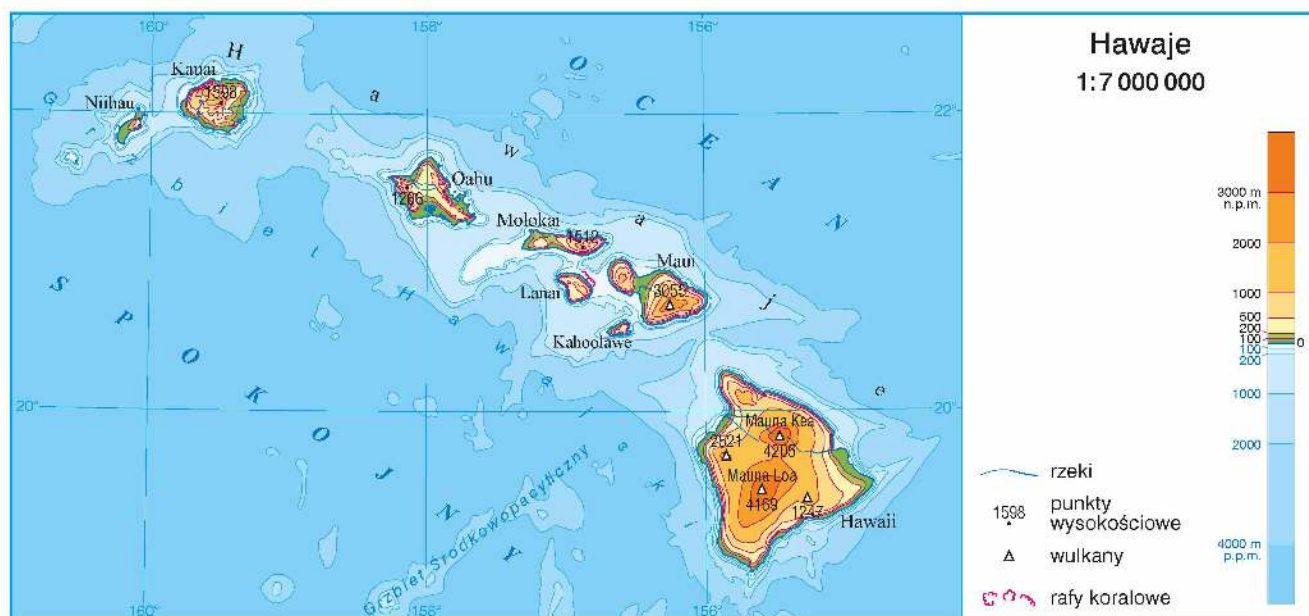
Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE

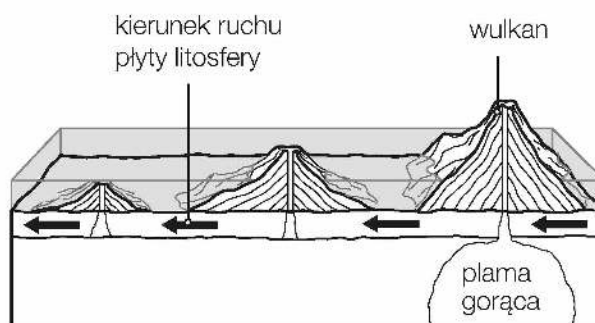


Zadanie 1.

Na mapie przedstawiono Hawaje, a w tabeli podano wiek wysp tworzących ten archipelag. Na rysunku pokazano proces powstawania gór wulkanicznych.



Lp.	Nazwa wyspy	Przybliżony wiek wyspy w milionach lat
1.	Niihau	5,6
2.	Kauai	4,9
3.	Oahu	3,4
4.	Molokai	1,8
5.	Maui	1,3
6.	Hawaii	0,7



Zadanie 1.1. (0–1)

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Płyta litosfery, na której leżą Hawaje, przemieszcza się w kierunku

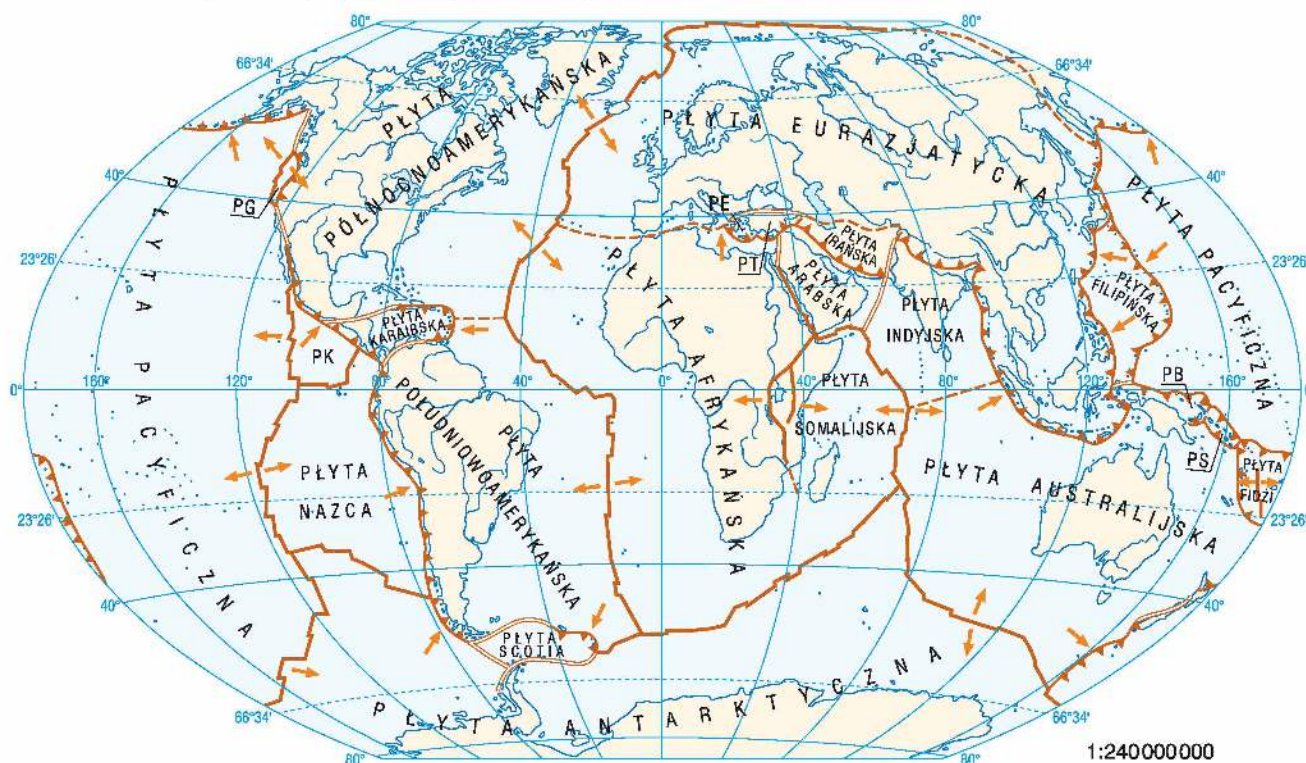
- południowo-wschodnim.
- północno-zachodnim.
- południowo-zachodnim.
- północno-wschodnim.

Zadanie 1.2. (0–1)

Wyjaśnij przyczyny różnic w maksymalnych wysokościach nad poziomem morza występujących między poszczególnymi wyspami Hawajów.

Zadanie 2.

Na mapie przedstawiono rozmieszczenie płyt litosfery, a na rysunkach oznaczonych literami A–C – wybrane typy granic płyt litosfery.



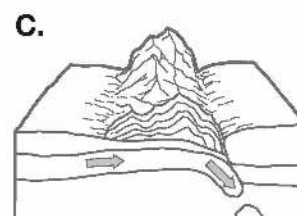
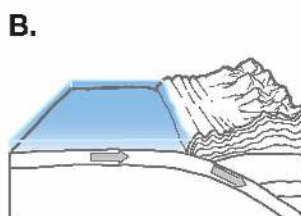
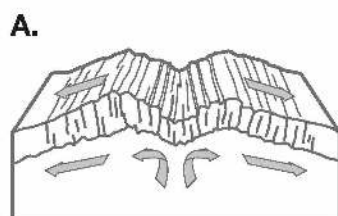
Granice płyt litosfery

— rozbieżne
— zbieżne
— transformujące

--- przypuszczalne granice płyt litosfery
— kierunki przemieszczania się płyt litosfery

PB – płyta Bismarcka
PE – płyta egejska
PG – płyta Gorda

PK – płyta kokosowa
PS – płyta Salomona
PT – płyta turecka

**Zadanie 2.1.** (0–1)

Podaj literę odpowiadającą typowi granicy płyt litosfery, na której powstały Himalaje.

Zadanie 2.2. (0–1)

Wyjaśnij, jak powstały Himalaje.

Zadanie 2.3. (0–1)

Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, albo F – jeśli jest fałszywa.

1.	Na obszarach występowania granic płyt litosfery oznaczonych literą C występują zjawiska wulkaniczne.	P	F
2.	Na granicach płyt litosfery oznaczonych literą A następuje przyrost skorupy ziemskiej.	P	F
3.	Rowy oceaniczne powstają na granicach płyt litosfery oznaczonych literą B.	P	F



VI. Procesy egzogeniczne

To było w szkole podstawowej!



1

Wietrzenie skał

Na tej lekcji dowiesz się: czym jest wietrzenie ■ jakie są rodzaje wietrzenia ■ które czynniki wpływają na intensywność wietrzenia ■ jakie formy terenu powstają w następstwie tego procesu.

Rzeźba powierzchni Ziemi nieustannie się zmienia. Wynika to ze ścierania się dwóch przeciwnych sił – wewnętrznych (endogenicznych) i zewnętrznych (egzogogenicznych). Formy powierzchni Ziemi utworzone wskutek działania procesów wewnętrznych ulegają ciągłemu przekształcaniu pod wpływem procesów zewnętrznych, przez co wzniesienia ulegają obniżeniu, a zagłębienia wypełniają się osadami.

Do procesów zewnętrznych kształtujących powierzchnię Ziemi zalicza się:

- ▶ **erozję**, czyli niszczenie podłoża,
- ▶ **transport** materiału skalnego,
- ▶ **akumulację**, czyli osadzanie materiału.

Efekty procesów zewnętrznych zależą między innymi od ukształtowania terenu, budowy geologicznej oraz warunków klimatycznych. Procesem poprzedzającym wiele zjawisk rzeźbotwórczych jest **wietrzenie**.

Wietrzenie

Wietrzenie to proces, w którym skały ulegają rozkładowi chemicznemu lub rozpadają się na mniejsze fragmenty. Jego przyczyną jest nieustanne oddziaływanie czynników atmosferycznych oraz organizmów na skały występujące na powierzchni ziemi. Produktem wietrzenia jest **zwietrzelina**, czyli zewnętrzna część skały o przekształconych właściwościach chemicznych (rozkład skały) lub fizycznych (rozpad skały).

Wyróżnia się dwa główne typy wietrzenia:

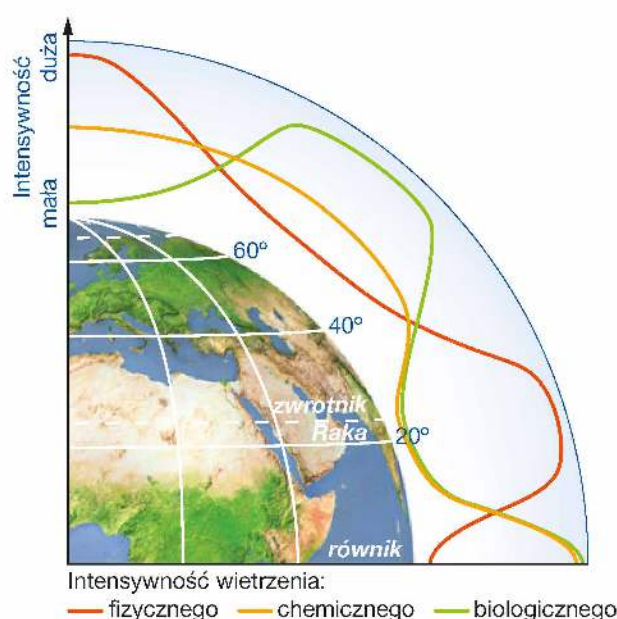
- ▶ **mechaniczne** (fizyczne),
- ▶ **chemiczne**.

Dla podkreślenia znaczenia organizmów w przyspieszaniu procesów wietrzenia czasem wyróżnia się także **wietrzenie biologiczne**. Każdy z rodzajów wietrzenia przebiega z inną intensywnością. To zagadnienie omówiono poniżej.

Intensywność wietrzenia

Skały ulegają wietrzeniu na całej kuli ziemskiej. Jednak ze względu na różnice w budowie geologicznej, ukształtowaniu terenu, warunkach klimatycznych i szacie roślinnej charakter oraz intensywność tego procesu są odmienne na poszczególnych obszarach.

? Wyjaśnij, w jaki sposób warunki środowiskowe wpływają na intensywność poszczególnych rodzajów wietrzenia na różnych obszarach na Ziemi.



■ Wietrzenie mechaniczne (fizyczne)

Wietrzenie mechaniczne polega na rozluźnianiu połączeń między minerałami budującymi skałę bez zmiany jej składu chemicznego. W rezultacie wietrzenia mechanicznego skała rozpada się na mniejsze fragmenty o różnej wielkości – od dużych bloków aż po pojedyncze ziarna. Głównymi czynnikami prowadzącymi do rozpadu skał są:

- ▶ zmiany temperatury powierzchni skał – **wietrzenie termiczne**,
- ▶ zmiany wilgotności ośrodka skalnego – **wietrzenie ilaste**,
- ▶ zwiększenie objętości substancji znajdujących się w próżniach skalnych – **wietrzenie mrozowe** oraz **wietrzenie solne**.

Wietrzenie termiczne (insolacyjne) jest powodowane znacznymi zmianami temperatury powierzchni skał. Zmiany te prowadzą do rozszerzania się minerałów w ciągu dnia, podczas nagrzewania, oraz ich kurczenia się w nocy, w czasie ochładzania się powierzchni skał.

Skały zbudowane z minerałów o różnych rozmiarach oraz barwach nagrzewają się nierównomiernie. Ciemne minerały pochłaniają więcej ciepła niż jasne, dlatego ulegają większemu rozszerzaniu. Wskutek wielokrotnych zmian objętości minerałów dochodzi do utraty spójności między nimi i **rozpadu ziarnistego**, czyli rozsypania się skały na pojedyncze ziarna mineralne. Ze względu na słabe przewodnictwo cieplne skał zmianom termicznym podlega jedynie ich

zewnątrzna, nasłoneczniona część. Na granicy między wewnętrzną a zewnętrzną częścią skały dochodzi do zmniejszenia spójności, co prowadzi do powstawania pęknięć i oddzielania się fragmentów skały o grubości od kilku milimetrów do kilkudziesięciu centymetrów. Ten proces określa się mianem **łuszczenia** (eksfoliacji). Wietrzenie insolacyjne jest szczególnie intensywne na obszarach z dużymi dobowymi wahaniami temperatury: na pustyniach, obszarach stepowych oraz górskich.

Czy wiesz, że...

Rozpad skał może nastąpić także na skutek pożaru. Objęta ogniem zewnętrzna warstwa skał w ciągu kilkunastu minut może się rozgrzać nawet do 1000°C, po czym, po przejściu ognia, ponownie osiągnąć temperaturę otoczenia. Takie gwałtowne zmiany temperatury powodują natychmiastowe oddzielanie się i odpadanie zewnętrznych warstw skalnych.

Wietrzenie ilaste jest powodowane pęcznieniem i kurczeniem się skał pod wpływem wody. Są na nie podatne przede wszystkim skały ilaste oraz skały zawierające dużą domieszkę ilu. Wzrost wilgotności tych skał, np. w wyniku opadów atmosferycznych, powoduje pęcznienie i zwiększenie objętości minerałów ilastych. Z kolei ubytek wody, który powstaje w wyniku parowania, prowadzi do kurczenia się minerałów. Wskutek tych procesów następuje rozpad skały na drobne okruchy.



W wyniku procesu łuszczenia ostre krawędzie bloków skalnych ulegają zaokrągleniu. Formy skalne o kształcie zbliżonym do kuli występują na przykład na Terytorium Północnym w Australii.



W skałach ilastych, na skutek pęcznienia i kurczenia się minerałów, powstają szczeliny. Występują one między innymi na pustyni Atakama – ich głębokość miejscami przekracza 1 m.



Wietrzeniu mrozowemu ulegają nie tylko skały. Skutkiem tego procesu są także dziury, które powstają w asfaltowych nawierzchniach dróg.



Efektom wietrzenia fizycznego (mrozowego) są rumowiska skalne zwane głoborzami. W Polsce występują one na przykład na stokach Babiej Góry.

Wietrzenie mrozowe (inaczej zamróz) zachodzi na skutek powtarzającego się zamarzania i rozmarzania wody wypełniającej pory i szczeliny skalne. Przebieg tego procesu przedstawiono na poniższych ilustracjach. Podczas zamarzania woda zwiększa objętość, przez co wywiera nacisk na ściany szczelin. Powstały лёd rozpycha szczeliny i rozsadza skałę. W efekcie powstają duże bloki skalne. Taki rozpad skały nazywa się **rozpadem blokowym**. Wietrzenie mrozowe najintensywniej zachodzi tam, gdzie temperatura oscyluje często wokół 0°C , czyli w klimacie subpolarnym, klimacie umiarkowanym chłodnym oraz w wysokich górach.

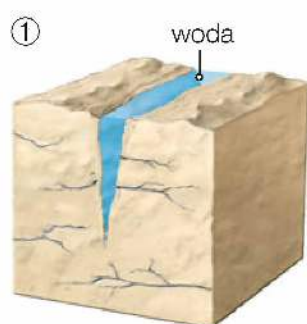
? Podaj różnicę między rozpadem ziarnistym a rozpadem blokowym skały.

Wietrzenie solne jest spowodowane pęcznieniem kryształków soli obecnych w szczelinach i porach skalnych. Zmiany objętości soli, będące skutkiem wytrącania jej z roztworu wodnego oraz wahań temperatury i wilgotności, prowadzą do zwiększenia nacisku na ściany szczelin, a w konsekwencji – do rozpadu skały. Ten typ wietrzenia występuje głównie na obszarach odznaczających się suchym klimatem.

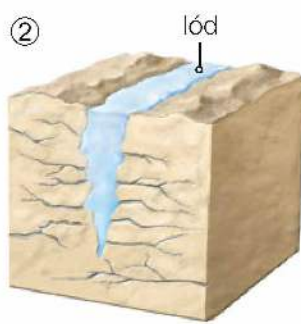
Czy wiesz, że...

Wzrost kryształków soli w luźnych skałach może wywoływać przemieszczanie się większych fragmentów skał ku powierzchni. W rezultacie tego procesu powstają niekiedy grzebienie solne. Są to wysady solne o wyraźnym wydłużeniu i zwykle stożkowatym lub walcowatym kształcie.

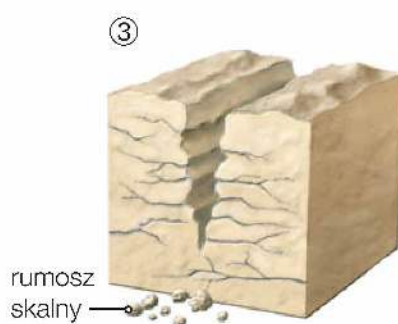
Etapy wietrzenia mrozowego



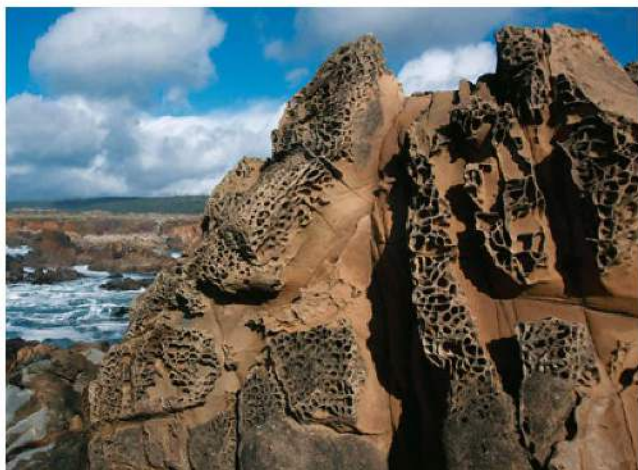
Woda wnika w istniejące szczeliny skalne.



W wyniku ochłodzenia (poniżej 0°C) woda zamarza i zwiększa swoją objętość, przez co powiększa szczelinę.



Wzrost temperatury (powyżej 0°C) powoduje roztopienie lodu i wypływ wody z powiększonej szczeliny.



Na skutek wietrzenia chemicznego mogą powstawać w skałach zagłębienia przypominające plastry miodu – tafoni. Występują one na przykład na wybrzeżu Kalifornii.



Rozrastanie się korzeni roślin, szczególnie większych, takich jak drzewa, może powodować poszerzanie szczelin w litych skałach.

■ Wietrzenie chemiczne

Wietrzenie chemiczne obejmuje procesy rozkładu polegające na zmianie składu chemicznego skał. Te zmiany zachodzą pod wpływem wody i rozpuszczonych w niej związków chemicznych, głównie dwutlenku węgla, oraz powietrza atmosferycznego, zwłaszcza tlenu. Zachodzi ono między innymi na skutek:

- ▶ **rozpuszczania** – minerały pod wpływem wody tworzą roztwór; najbardziej podatne na rozpuszczanie są chlorki (np. sól kamienna), węglany i siarczany (np. gips);
- ▶ **utleniania**, czyli reakcji niektórych składników minerałów (głównie żelaza) z tlenem atmosferycznym; dzięki temu procesowi powstają nowe minerały (np. piryt przechodzi w siarczan żelaza) lub następuje zmiana ich barwy;
- ▶ **uwadniania**, zachodzącego wskutek przyłączenia cząstek wody do minerału; przykładami tego procesu są przeobrażenie hematytu, czyli tlenku żelaza(III), w limonit – uwodniony

tlenek żelaza(III), a także przeobrażenie anhydrytu, czyli siarczanu(VI) wapnia, w gips – uwodniony siarczan(VI) wapnia.

- ▶ **uwęglanowienia**, czyli działania na skały kwasu węglowego powstającego w wyniku rozpuszczania dwutlenku węgla w wodzie; ten proces, określany mianem **krasowienia**, prowadzi do rozpuszczania niektórych minerałów, np. węglanu(IV) wapnia.

■ Wietrzenie biologiczne

Rozwój oraz aktywność życiowa organizmów mają wpływ na zmiany fizyczne oraz chemiczne skał. Na przykład mechaniczne rozkruszanie skał może być powodowane przez korzenie drzew lub zwierzęta ryjące w ziemi (np. krety). Natomiast w wietrzeniu chemicznym dużą rolę odgrywają między innymi różne substancje (np. kwasy) wydzielane przez systemy korzeniowe roślin, obecność odchodów zwierząt oraz działanie bakterii. Zmieniają one bowiem skład chemiczny skał.

Zadania

1. Wymień trzy czynniki, od których zależą efekty procesów zewnętrznych kształtujących powierzchnię Ziemi.
2. Omów przebieg wietrzenia mrozowego.
3. Wyjaśnij, dlaczego intensywność wietrzenia fizycznego jest duża zarówno na obszarach okołozwrotnikowych, jak i okołobiegunowych.
4. Sformułuj zależność między intensywnością wietrzenia chemicznego a klimatem.
5. Podaj trzy przykłady wietrzenia biologicznego.

Na tej lekcji dowiesz się: na czym polegają ruchy masowe ■ jakie są rodzaje ruchów masowych ■ jaki wpływ wywierają ruchy masowe na działalność człowieka ■ w jaki sposób można zapobiegać ruchom masowym lub minimalizować ich skutki.

Grawitacja istnieje na całej kuli ziemskiej. Zwykle zaczynamy zdawać sobie z niej sprawę jednak dopiero wtedy, gdy na przykład upuścimy jakiś przedmiot. Podobnie wpływ siły ciężkości na środowisko przyrodnicze najłatwiej dostrzec podczas występowania gwałtownych procesów, takich jak obrywanie czy osuwanie się skał.

■ Mechanizm ruchów masowych

Ruchy masowe polegają na przemieszczaniu się materiału skalnego pod wpływem siły ciężkości. Warunkiem występowania ruchów masowych jest nachylenie terenu. Nachylona powierzchnia, która łączy wierzchołek wzniesienia lub grzbiet z jego podnóżem, jest nazywana **stokiem**. Stoki wklęsłych form terenu, np. dolin lub kotlin, nazywa się również **zbozcami**.

Czy wiesz, że...

Procesem podobnym do ruchów masowych jest splukiwanie. Głównym czynnikiem, który powoduje ruch zwietrzliny nie jest w tym wypadku grawitacja, lecz woda opadowa.

Największy wpływ na przebieg, charakter i rozmiar ruchów masowych ma **nachylenie stoku**. Innymi czynnikami warunkującymi te procesy są: rodzaj skał budujących stok, układ warstw skalnych, głębokość zalegania wód gruntowych oraz ilość opadów.

Stok, na którym utrzymuje się luźny materiał skalny, znajduje się w równowadze. Ruchy masowe występują wtedy, gdy **równowaga stoku zostaje zaburzona**. To zaburzenie może być spowodowane czynnikami naturalnymi, np.:

- ▶ nasączeniem zwietrzliny wodą pochodzącą z opadów deszczu lub śniegu,
- ▶ podcięciem stoku przez erozję,
- ▶ trzęsieniem ziemi.

Ruchy masowe mogą być też wywołane działalnością człowieka, np. wylesieniami, niewłaściwym prowadzeniem prac ziemnych, detonacjami ładunków (np. w kamieniołomach), drganiami gruntu wywołanymi przez komunikację, budową dróg na stromych stokach lub intensywną działalnością rolniczą.



Stoki iglicy skalnej Petit Dru [wym. peti dri] we Francji uległy znacznemu przeobrażeniu na skutek obrywów ogromnych fragmentów skał. Rezultaty tego procesu są widoczne na fotografii po prawej stronie.



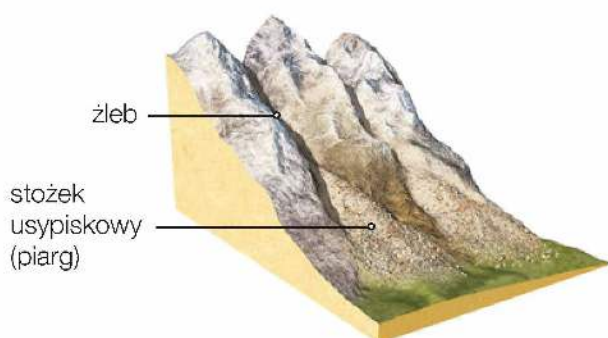
Ruchy masowe często występują tam, gdzie niedbala zabudowa doprowadziła do przeciążenia podłoża, a ulewne deszcze – do zaburzenia równowagi stoku. Takimi obszarami są na przykład slumsy w brazylijskich miastach.

Rodzaje ruchów masowych

Ruchy masowe mogą przebiegać gwałtownie i zmieniać rzeźbę dużych obszarów w kilka sekund. Mogą także zachodzić powoli – są wówczas trudne do zauważenia. Do podstawowych rodzajów ruchów masowych należą: odpadanie, obrywanie, osuwanie, spływanie oraz spelzwanie. Warto jednak pamiętać, że w tym podziale nie ma wyraźnych granic. Na przykład osuwisko w wyniku upłynnienia mas skalnych tworzy spływ gruzowo-błotny, a obryw skalny w dolnej części stoku może się przekształcić w osuwisko.

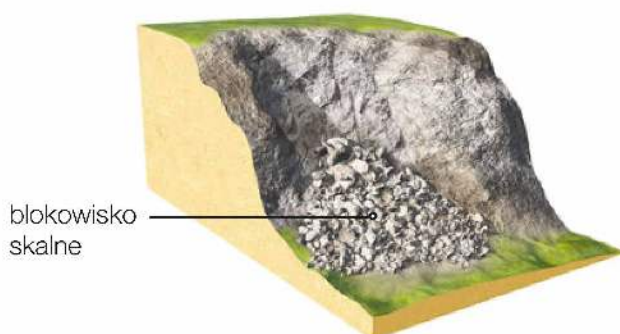
Odpadanie

Polega na odrywaniu się i przemieszczaniu w dół stoku pojedynczych, niewielkich okruchów skalnych. Staczające się okruchy złożą w stoku podłużną rynnę zwaną żlebem. Nagromadzony u wylotu żlebu materiał skalny tworzy stożek usypiskowy. W Tatrach jest on nazywany piargiem.



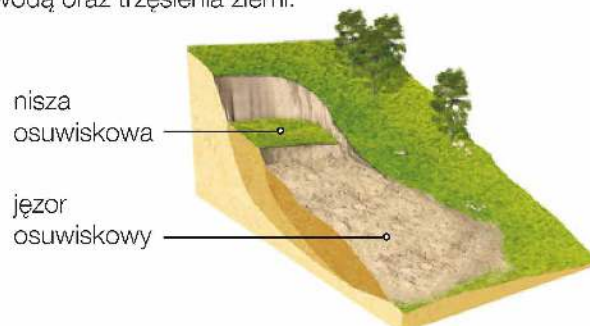
Obrywanie

Polega na nagłym odrywaniu się dużych mas skalnych i gromadzeniu się ich u podnóża stoku, wskutek czego tworzy się blokowisko skalne. Obrywanie przebiega podobnie do odpadania – materiał skalny przebywa część drogi w powietrzu. Różnica polega na ilości przemieszczanych mas skalnych. Odpadają pojedyncze okruchy, a obrywają się duże masy skalne.



Osuwanie

Jest to gwałtowne zsuwanie się zwietrzliny lub luźnych skał w dół stoku. W efekcie powstaje forma nazywana osuwiskiem. W górnej części osuwiska powstaje niska osuwiskowa, a materiał skalny złożony u podnóża stoku tworzy jezior osuwiskowe. Częstymi przyczynami powstawania osuwisk są przesiąknięcie zwietrzliny wodą oraz trzęsienia ziemi.



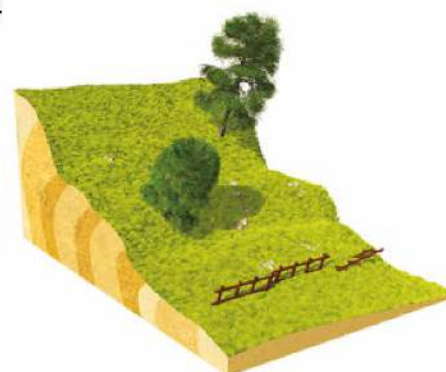
Spływanie

Ten proces zachodzi na stokach o dużym nachyleniu pod wpływem intensywnych opadów deszczu. Przemieszczająca się z dużą prędkością warstwa zwietrzliny jest silnie przesiąknięta wodą. W zależności od składu zwietrzliny mówi się o spływach błotnych, ziemnych i gruzowych.



Spelzwanie

Jest to proces polegający na powolnym zsuwaniu się zwietrzliny. Zachodzi na rozległych stokach o stosunkowo niewielkim nachyleniu. Oprócz siły ciężkości istotnym czynnikiem wywołującym spelzwanie jest przesiąkanie skał wodą. Oznakami tego procesu są powyginane pnie drzew, a także pochylone słupy lub płoty.



Ruchy masowe w różnych strefach klimatycznych

Czynnikiem warunkującym występowanie ruchów masowych, oprócz siły ciężkości, jest nasączenie zwietrzliny wodą pochodzącą z opadów deszczu lub śniegu, a także z topniejącego lodu. Dlatego właśnie, w zależności od strefy klimatycznej, te procesy przebiegają w inny sposób i z różną intensywnością. Tę zależność dobrze obrazuje przykład spełzywania.

Na obszarach o zimnym klimacie powierzchniowa warstwa wieloletniej zmarzliny latem rozmarza. Jest ona silnie nasączona wodą i pod wpływem siły ciężkości powoli (do kilku centymetrów na rok) spływa po zalegającej głębiej, wciąż jeszcze zamrożonej warstwie. Ten proces to **soliflukcja**. W jego efekcie na stoku tworzą się **języki soliflukcyjne**.

Z kolei w **klimacie gorącym i wilgotnym**, w którym opady deszczu są wyjątkowo wysokie, silnie nasączona wodą jest bardzo gruba warstwa zwietrzliny. To sprawia, że spełzywanie jest tam znacznie głębsze niż w innych strefach klimatycznych. Odbywa się ono nawet pod gęstą pokrywą roślinną, poniżej strefy korzeniowej. Ten proces nosi nazwę **cieczenia**.

Wpływ rzeźby terenu i ruchów masowych na działalność człowieka

Ukształtowanie terenu silnie wpływa na możliwości gospodarowania człowiekiem na danym obszarze. Wytyczenie drogi czy wybudowanie budynku na stokach o dużym nachyleniu jest



Zabezpieczanie dróg zagrożonych ruchami masowymi wymaga kosztownych prac geotechnicznych. Podczas ich wykonywania często stosuje się techniki alpinistyczne.

znacznie trudniejsze, dużo bardziej kosztowne oraz obarczone większym ryzykiem niż na płaskich obszarach. Mała zwięzłość skał, ich kruchość lub podatność na rozpuszczanie czy osuwanie dodatkowo zmniejszają stabilność konstrukcji. Dlatego wszystkie inwestycje na takich obszarach wymagają współpracy geologów, inżynierów, planistów i innych ekspertów. Badanie właściwości skał w różnych warunkach jest tak istotne, że zajmuje się nimi osobna dziedzina wiedzy – **mechanika gruntu**.

Mimo trudności wznoszenie budynków i budowli na terenach górskich i zagrożonych wystąpieniem ruchów masowych jest możliwe. Do stabilizowania stoków stosuje się **siatki geotechniczne, specjalną roślinność, kotwy gruntowe** czy **tarasowanie**. Z kolei budowle są zabezpieczane przed procesami masowymi między innymi **palisadami i zadaszeniami**.



Na obszarach polarnych występują języki soliflukcyjne pochodzące sprzed kilkudziesięciu tysięcy lat.



W miejscach występowania ruchów masowych, np. nad drogami w Alpach, buduje się specjalne osłony.

System Ośłony Przeciwośuwiskowej (SOPO)

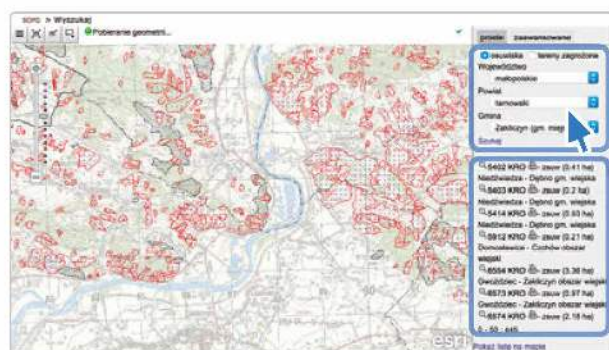
Ministerstwo Środowiska we współpracy z Państwowym Instytutem Geologicznym realizuje projekt, którego celem jest rozpoznanie i udokumentowanie wszystkich osuwisk i terenów potencjalnie zagrożonych ruchami masowymi w Polsce. W ramach tego projektu powstała aplikacja zawierająca ogólnodostępną mapę tych obiektów. Ułatwia ona znacznie wykonywanie miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego oraz zapobieganie stratom wywoływanym przez osuwiska.

1 Wejdź na stronę <http://osuwiska.pgi.gov.pl>, a następnie kliknij po lewej stronie na przycisk Aplikacja.

2 Na kolejnym ekranie kliknij na przycisk Wejście do aplikacji.



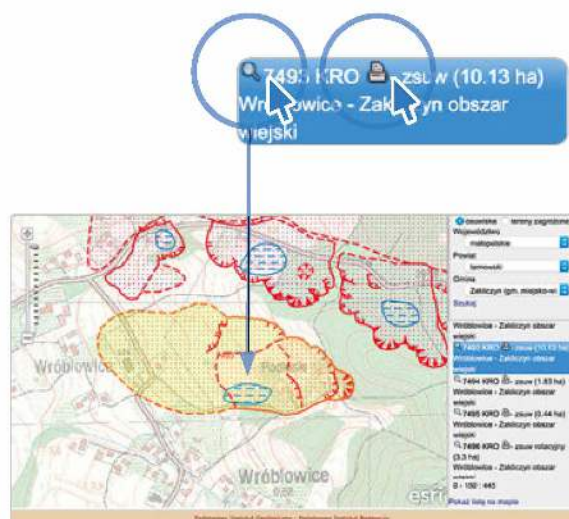
3 Gdy zaakceptujesz regulamin, wyświetli się mapa z zaznaczonymi osuwiskami i terenami, które są zagrożone ich wystąpieniem. Aby odnaleźć dane dotyczące obszaru, który Cię interesuje, wybierz odpowiednie województwo, powiat i gminę. Gdy klikniesz na przycisk Szukaj, w panelu po prawej stronie pojawi się lista obiektów na zdefiniowanym obszarze.



4 Kliknij na przycisk Pokaż listę na mapie. Dzięki temu mapa przesunie się tak, że zobaczysz wszystkie obiekty znajdujące się na wyświetlonej liście.



5 Przy każdym wyszukiwanym obiekcie znajdują się dwie ikony. Ikona lupy  umożliwia przesunięcie widoku w oknie mapy do zasięgu wybranego osuwiska lub terenu zagrożonego ruchami masowymi, a ikona drukarki  – wydrukowanie mapy tego obiektu.



? Sprawdź, które osuwiska lub tereny zagrożone ich wystąpieniem znajdują się najbliżej Twojego miejsca zamieszkania.



Spojrzenie z bliska



Leyte

Osuwisko z wyspy Leyte

Rankiem 17 lutego 2006 r. na filipińskiej wyspie Leyte doszło do jednego z najtragiczniejszych w skutkach osuwisk ostatnich kilkudziesięciu lat. Zwały skał spłynęły na miejscowość Guinsaugon leżącą u podnóża góry Mount Can-abag. Osunięcie się ziemi poprzedzały blisko dwutygodniowe intensywne opady, podczas których spadło ok. 2000 mm deszczu. Tuż przed osunięciem odnotowano także niewielkie trzęsienie ziemi. W wyniku drgań i dużego nasączenia skał wodą po stoku ześlizgnęły się zwały ziemi, gruzu i błota, które ostatecznie zasypały całe podnóże góry. Miasteczko Guinsaugon przestało istnieć – zostało całkowicie przykryte materiałem skalnym o grubości od 9 m do 30 m. Jezor osuwiska miał blisko kilometr szerokości. W wyniku katastrofy zginęło 1450 osób.

Oprócz ulewnych opadów i trzęsienia ziemi do katastrofy na Leyte przyczyniła się nieracjonalna działalność człowieka. Wycięcie lasów ze stoków góry Mount Can-abag pozbawiło ludzi naturalnej bariery ochronnej.



Tragedię przeżyło jedynie 57 mieszkańców Guinsaugon. Zostali oni odkopani przez służby ratownicze.

Zadania

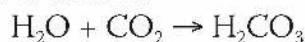
1. Podaj czynniki, które mogą prowadzić do zaburzenia równowagi stoku i uaktywnienia procesów masowych.
2. Wyjaśnij różnicę między odpadaniem a obrywaniem.
3. Omów przebieg procesu soliflukcji.
4. Przedstaw metody zabezpieczania budynków i szlaków komunikacyjnych przed skutkami ruchów masowych.

Na tej lekcji dowiesz się: na czym polegają procesy krasowe ■ od czego zależy tempo rozpuszczania skał ■ jakie są cechy rzeźby krasowej ■ jakie formy powstają w wyniku procesów krasowych.

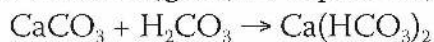
Woda potrafi rozpuścić wiele substancji: nie tylko cukier lub sól, lecz także skały. Pomagają jej w tym inne związki chemiczne, zwłaszcza dwutlenek węgla. W ten sposób zachodzą procesy krasowe. W ich efekcie w skałach powstają różnorodne formy.

■ Krasowienie

Niektóre skały występujące na Ziemi dość łatwo reagują z wodą. Należą do nich między innymi **skały węglanowe** (np. wapień, dolomity), **skały siarczanowe** (np. gips) oraz **skały chlorkowe** (np. sól kamienna). Rozpuszczanie tych skał, nazywane **krasowieniem**, odbywa się przy udziale roztworu kwasu węglowego H_2CO_3 . Powstaje on w wyniku rozpuszczenia dwutlenku węgla w wodzie:



Efekty krasowienia są szczególnie widoczne w skałach węglanowych, których główny składnik stanowi **węglan(IV) wapnia** $CaCO_3$. Ten związek chemiczny jest rozpuszczany przez roztwór kwasu węglowego, w następstwie czego powstaje wodorowęglan(IV) wapnia $Ca(HCO_3)_2$:

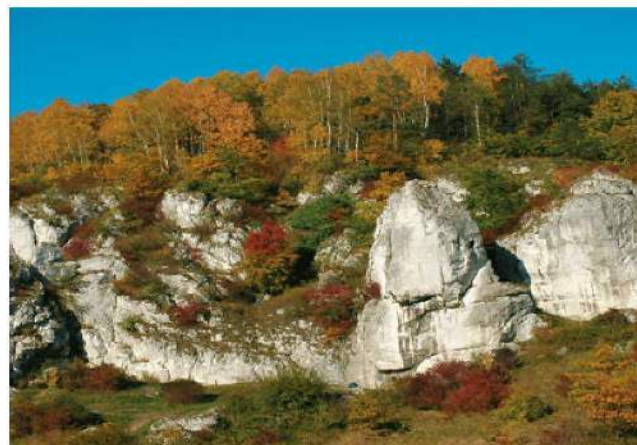


Pojęcie krasu pochodzi od nazwy płaskowyżu Kras. Znajduje się on na pograniczu Słowenii i Włoch.

■ Czynniki wpływające na tempo rozpuszczania skał

Krasowienie zachodzi w różnym tempie. Tempo rozpuszczania skał jest bowiem uwarunkowane wieloma czynnikami. Najważniejszymi z nich są:

- ▶ **ilość wody opadowej**, która jest nośnikiem dwutlenku węgla;
- ▶ **ilość dwutlenku węgla** rozpuszczonego w wodzie – zwiększenie tej ilości prowadzi do wzrostu stężenia H_2CO_3 , a tym samym – do intensywniejszego rozpuszczania skał;
- ▶ **temperatura wody** – im jest ona niższa, tym więcej dwutlenku węgla może się rozpuścić; na przykład w wodzie o temperaturze $0^\circ C$ rozpuszcza się ponad trzy razy więcej CO_2 niż w wodzie o temperaturze $35^\circ C$;
- ▶ **pokrywa roślinna i glebowa**, która jest źródłem dwutlenku węgla w wodzie opadowej wsiąkającej w głąb ziemi;
- ▶ **rodzaj skały** (m.in. jej skład i stopień spękania), decydujący o podatności na rozpuszczanie oraz o tempie przebiegu tego procesu;
- ▶ **uksztaltowanie terenu** – im bardziej płaski obszar, tym więcej wody opadowej wsiąka w podłoże.



W Polsce zjawiska krasowe występują między innymi na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej.

Rzeźba krasowa

Woda opadowa działa na powierzchni ziemi i pod nią. Dlatego na skutek procesów krasowych powstają zarówno formy powierzchniowe, jak i podziemne. Do form powierzchniowych należą między innymi mogoty, polja, żłobki krasowe, lejki krasowe, żebra krasowe, ponory, wywierzyska i uwały.



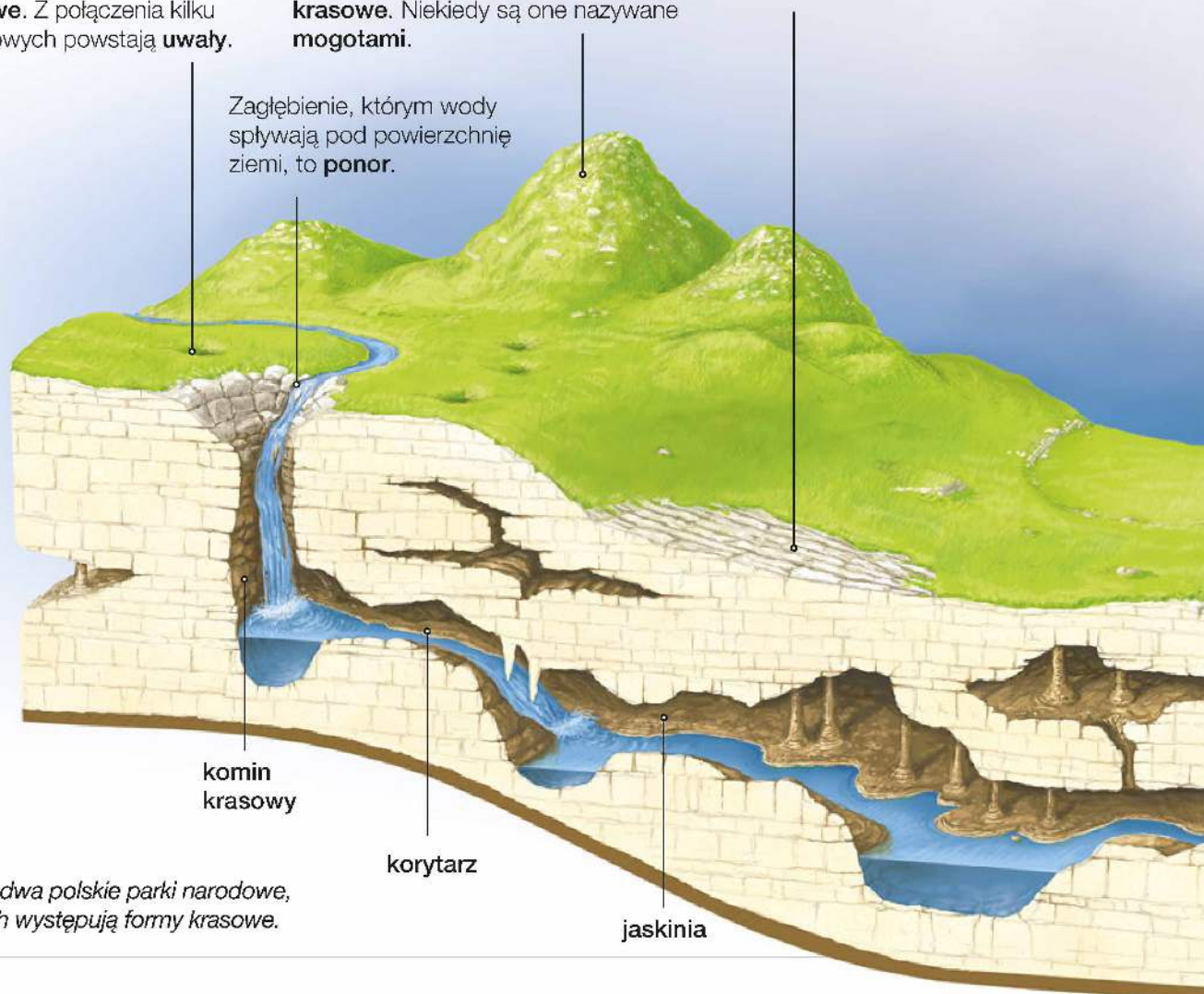
Okrągłe zagłębienia terenu powstałe w wyniku intensywnego rozpuszczania skał na powierzchni lub zapadania się podziemnych pustek krasowych to **lejki krasowe**. Z połączenia kilku lejków krasowych powstają **uwały**.



Wysokie pagóry wapienne o stromych stokach, wznoszące się ponad powierzchnię zrównaną przez procesy krasowe, to **ostańce krasowe**. Niekiedy są one nazywane **mogotami**.



Na powierzchni skał wapiennych występują naprzemianległe bruzdy – **żłobki krasowe** – oraz rozdzielające je grzbiety – **zebra krasowe**.

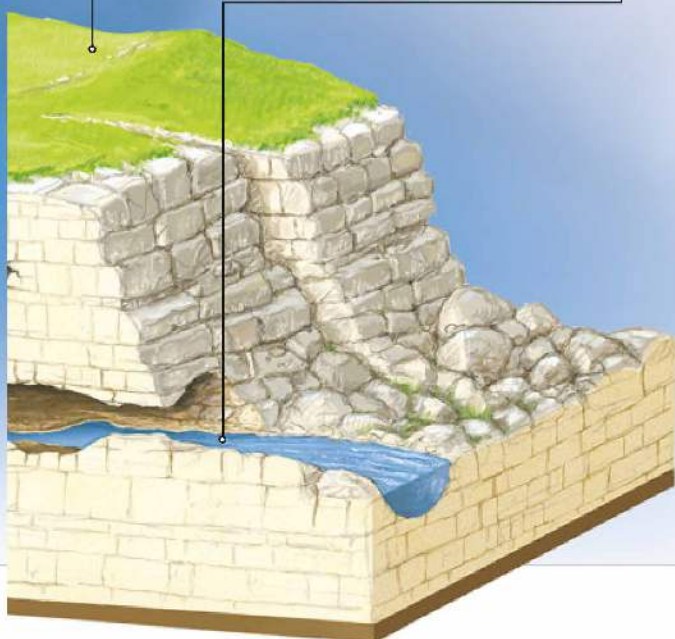


? Wymień dwa polskie parki narodowe, w których występują formy krasowe.



Źródło, którym podziemny ciek krasowy wypływa na powierzchnię, to **wywierzyisko**. Charakteryzuje się ono znaczną wydajnością (niekiedy przekraczającą nawet tysiące litrów na minutę).

Rozległe płaskodenne kotliny krasowe, otoczone stromymi ścianami wapienymi, powstałe wskutek niemal całkowitego zniszczenia skał przez procesy krasowe to **polja**.



■ Formy krasu podziemnego

Gdy woda wsiąka w szczeliny skalne, powiększa je. W efekcie pod ziemią powstają **jaskinie**. Często tworzą one rozgałęzioną sieć **korytarzy, studni, komór i kominów** o rozmaitych kształtach i rozmiarach. Z wody sączącej się po nachylonej powierzchni ścian oraz z występów skalnych wytrąca się węglan(IV) wapnia. Powstają z niego **draperie** – nacieki przypominające wyglądem cienkie zasłony. Natomiast woda spływająca powoli po stropie jaskini powoduje powstanie nacieków w kształcie sopli nazywanych **stalaktytami**. Niektóre stalaktyty, szczególnie długie i cienkie, mają puste wnętrza, którymi spływa woda z rozpuszczonym w niej węglanem(IV) wapnia. Nazywa się je **makaronami**. Woda kapiąca ze stropu na dno jaskini kształtuje rosnące ku górze **stalagmity**. Kiedy stalaktyty połączą się ze stalagmitami, powstają kolumny skalne zwane **stalagnatami**. U podnóżu ścian tworzą się misy naciekowe. W wypełnionych wodą zagłębieniach – **misach martwicowych** – powstają niekiedy **perły jaskiniowe**. Jest to skutek odkładania się kolejnych warstw węglanu(IV) wapnia wokół mineralnego ziarna. Niektóre formy krasu podziemnego zostały przedstawione na następnej stronie.

Czy wiesz, że...

Całkowita długość Jaskini Mamuciej, najdłuższego systemu jaskiń na świecie, wynosi ponad 640 km. Ta jaskinia znajduje się w stanie Kentucky w Stanach Zjednoczonych. W Europie najdłuższa jest Jaskinia Optymistyczna na Ukrainie wydrążona w rozpuszczalnych w wodzie i bardzo kruchych gipsach. Łączna długość jej korytarzy przekracza 200 km. Natomiast najgłębsza znana jaskinia na świecie to Jaskinia Wieriwkina położona w Gruzji w górach Kaukazu. Ma ona ponad 2,2 tys. m głębokości.

Oprócz form naciekowych we wnętrzach jaskiń często można spotkać osady zwane **namuliskami**. Mogą one wypełniać komory oraz korytarze jaskiniowe aż po strop. W skład namulisk wchodzi głównie osad mineralny. Czasami znajdują się w nich także szczątki i odchody zwierząt.

W jaskini

Jaskinia Raj powstała w skałach wapiennych koło Chęcín, w Górach Świętokrzyskich. W jej wnętrzu procesy krasowe wytworzyły rozległą komorę z bogatą szatą naciekową. Szacuje się, że tempo przyrostu stalaktytów wynosi średnio ok. 1 mm na rok. Jaskinia Raj była schronieniem dla naszych przaprzodków. Świadczą o tym odnalezione w niej prymitywne narzędzia oraz kości zwierząt z epoki lodowcowej. Odkrycia jaskini dokonali w 1963 r. uczniowie krakowskiego Technikum Geologicznego. Jaskinia Raj, tak jak wiele innych jaskiń, ze względu na unikalną szatę naciekową została uznana za rezerwat przyrody nieożywionej. Jest ona również stanowiskiem archeologicznym.



- ❶ stalagnat
- ❷ stalagmit
- ❸ stalaktyt
- ❹ misa martwicowa
- ❺ draperia



Spojrzenie z bliska

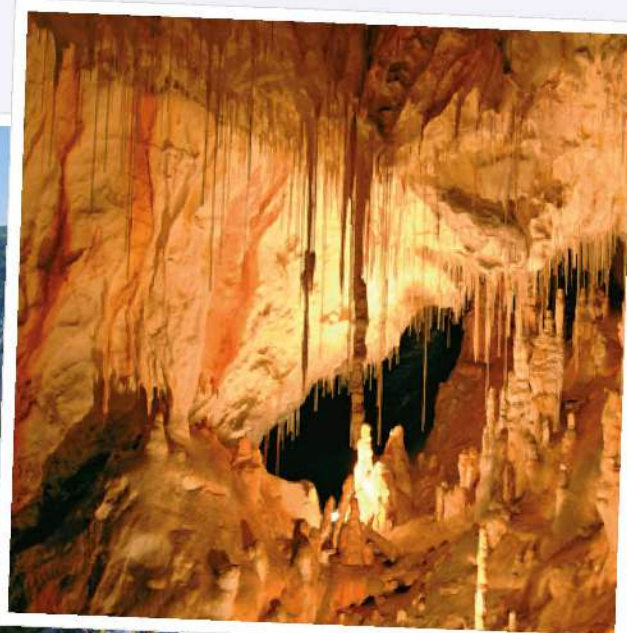
Słowacja



Słowacki Kras

Słowacki Kras leżący w południowo-wschodniej Słowacji to jeden z największych i najpiękniejszych obszarów krasowych w Europie. W jego krajobrazie dominują równiny oraz płaskowyże zbudowane ze skał wapiennych i z dolomitów. Przecinają je głębokie doliny wcinające się w podłoże nawet na kilkaset metrów. Strome wapienne ściany osiągają wysokość ponad 200 m. Najwyżej położony punkt, Jelení vrch, ma zaledwie 947 m n.p.m. Jednak rzeźba terenu jest dość urozmaicona. Na płaskowyżach występują studnie krasowe, z których najgłębsze sięgają 180 m – Čertova diera (186 m) oraz Brázda (181 m), a także liczne lejki, uwały i pola żeber krasowych. Rzeki i strumienie płynące w Słowackim Krasie często giną w ponorach albo wypływają malowniczymi wywierzyskami. Główną atrakcją krajobrazową Słowackiego Krasu są jaskinie krasowe: Domica, Jaskinia Gombasecka, Jaskinia Jasowska i Jaskinia Ochtińska Aragonitowa. W 1995 r. wpisano je na *Listę światowego dziedzictwa UNESCO*.

Do najbardziej charakterystycznych obiektów geograficznych w Parku Narodowym Słowacki Kras należą wąwozy krasowe, np. Zádielska tiesňava.



Jedną z najciekawszych jaskiń Słowackiego Krasu jest Jaskinia Gombasecka. Słynie ona ze zwisających ze stropu cienkich i pustych w środku form nazywanych makaronami.

Zadania

1. Omów czynniki, od których zależy tempo krasowienia.
2. Podaj nazwy głównych form krasu powierzchniowego i krasu podziemnego.
- *3. Wyjaśnij, dlaczego formy krasowe mogą stanowić zagrożenie dla działalności gospodarczej człowieka.

Na tej lekcji dowiesz się: na czym polega rzeźbotwórcza działalność rzeki w górnym, środkowym i dolnym biegu ■ jakie formy terenu powstają w wyniku niszczącej i budującej działalności rzek ■ w jaki sposób powstają delty, a w jaki – lejkowate ujścia rzek.

Wody płynące w rzekach mają wielką siłę. Potrafią niszczyć nawet bardzo odporne skały i przenosić materiał skalny setki kilometrów od miejsca, z którego został zabrany. Jednak aby można było dostrzec skutki tej działalności, musi minąć dużo czasu. Na przykład rzeka Kolorado drąży jeden z najsłynniejszych kaniionów na świecie od milionów lat.

■ Budowa doliny rzecznej

W profilu podłużnym rzeki wyróżnia się trzy odcinki: **bieg górny**, **bieg środkowy** i **bieg dolny**. W poszczególnych biegach dominują inne procesy rzeźbotwórcze, które prowadzą do wykształcenia różnych cech budowy zewnętrznej **doliny rzecznej**. Mimo to w każdej dolinie rzecznej można wyróżnić elementy występujące we wszystkich odcinkach:

- ▶ **koryto rzeki**, którym płynie woda;
- ▶ **terasy zalewowe** – płaskie fragmenty doliny rzecznej znajdujące się po jednej lub po obu stronach koryta, na które rozlewa się woda występująca w czasie wysokich stanów rzeki;
- ▶ **łożysko rzeki**, obejmujące koryto rzeki i terasy zalewowe.



Profil podłużny rzeki.

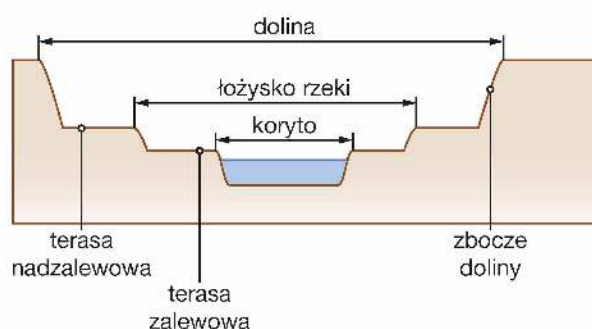
W górnym biegu dolina rzeczna jest wąska, a w odcinkach środkowym i dolnym jej szerokość może sięgać wielu kilometrów. Oprócz łożyska występują tam bowiem również **terasy nadzalewowe**.

■ Rzeźbotwórcza działalność wód płynących

Rzeźbotwórcza działalność rzeki polega na niszczeniu podłoża, po którym ona płynie, oraz transporcie i akumulacji niesionego przez nią materiału skalnego, nazywanego **rumowiskiem rzeczonym**. Intensywność procesów rzeźbotwórczych zachodzących w wyniku działalności rzek zależy między innymi od:

- ▶ spadku rzeki,
- ▶ wielkości przepływu i prędkości płynącej wody,
- ▶ charakteru podłoża,
- ▶ warunków klimatycznych.

Głębokość, do której rzeki mogą niszczyć podłoże, jest określana mianem **bazy erozyjnej**. Za ogólną bazę erozyjną przyjmuje się poziom morza, jednak lokalnie może się ona znajdować na przykład na wysokości ujścia do innej rzeki.



Elementy doliny rzecznej.

? Sprawdź, co stanowi bazę erozyjną Wisły, a co – Warty.

■ Górny bieg rzeki

Górny odcinek rzeki odznacza się dużym spadkiem. Mimo że w korycie rzeki jest mniej wody niż w kolejnych odcinkach, to jednak płynie ona z dużą prędkością. Dzięki temu może transportować sporą ilość materiału skalnego, który uderza w podłoże skalne i silnie je żłobi. W ten sposób zachodzi **erozja wgłębna**. Ten intensywny proces prowadzi do pogłębiania dna rzeki i kształtowania się **V-kształtnej doliny rzecznej**.

W miejscach, gdzie rzeka napotyka bardziej odporne skały, tworzą się **wodospady** – progi skalne, z których spływa woda. Podcina ona próg skalny od dołu, co powoduje obrywanie się jego górnej części, a w konsekwencji – cofanie się progu. Ten proces jest określany mianem **erozji wstecznej**. Woda spływająca z progu niesie głazy i okruchy skalne. Uderzają one z dużą siłą o dno koryta, co prowadzi do jego pogłębiania i tworzenia się **kotłów eworsyjnych**. Są to zagłębienia wyżłobione przez rumowisko rzeczne obracane wskutek ruchu wirowego wody. Materiał skalny transportowany przez szybko płynącą rzekę jest rozdrabniany i obtaczany. W ten sposób powstają **otoczaki**.

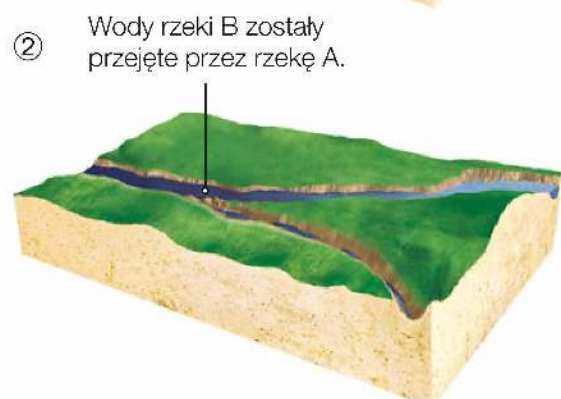
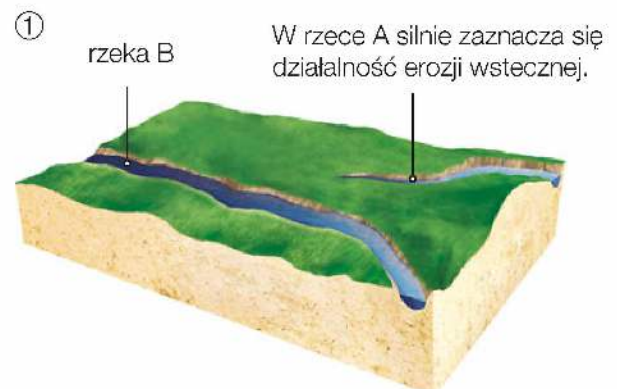


Erozja wsteczna.



Fragment doliny rzecznej, w którym rzeka pokonuje przeszkodę w postaci wzniesienia czy pasma górskiego, jest nazywany przełomem. Przykładem takiej formy może być Desfiladero de los Gaitanes – hiszpański wąwóz utworzony przez rzekę Guadalhorce [wym. gualalorse].

Proces erozji wstecznej zachodzi również w pobliżu źródła rzeki. Woda, która wypływa z otworu źródłowego, powoduje jego powiększanie, a w efekcie – cofanie się źródła i wydłużanie koryta rzeki. Czasem w wyniku tego ruchu rzeka przecina dział wodny i przejmuje rzekę o mniejszej sile erozyjnej. Jest to tak zwany **kaptaż**.



Kaptaż.

■ Środkowy bieg rzeki

W środkowym biegu rzeki wzrasta ilość niesionej przez nią wody. Jednocześnie **maleje spadek rzeki**, a tym samym – prędkość płynięcia wody oraz jej siła transportowa. Dlatego też woda niesie znacznie mniejsze okruchy skalne niż w górnym biegu. W rumowisku rzeczonym przeważa drobny materiał, np. ziarna kwarcu, iły oraz szczątki roślinne. Grubszy materiał, np. piaski i żwiry, jest wleczony po dnie rzeki.

Woda w korycie ma największą prędkość w **nurcie**, który przemieszcza się od jednego brzegu do drugiego i nieustannie je niszczy (podmywa). Materiał przenoszony z niszczonego brzegu zostaje osadzony w miejscu, gdzie woda ma mniejszą prędkość i nie jest w stanie go unieść. Jeden z brzegów cofa się w wyniku **erozji bocznej**, a drugi (przeciwny) narasta wskutek **akumulacji**. W ten sposób powstają **meandry** (zakola rzeczne). Nadbudowywane brzegi odznaczają się niewielkim nachyleniem, a koryto rzeki w miejscu ich występowania jest płytkie. Z kolei brzegi erodowane są strome, a koryto rzeki ma większą głębokość.

Na półkuli północnej w wyniku działania siły Coriolisa bardziej podmywane są prawe brzegi rzeki, a na półkuli południowej – lewe. Sytuacja ta jest szczególnie zauważalna, kiedy rzeka płynie południkowo. Nieustanne niszczenie brzegu prowadzi do wydłużenia meandru



Płynąca w Peru rzeka Tambopata słynie z licznych meandrów. Beżowy kolor jej wód jest skutkiem transportowania znacznej ilości erodowanego materiału.

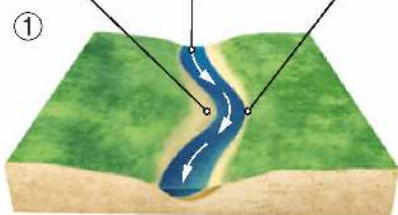
oraz zwężenia jego nasady – szyi meandru. Może ona zostać łatwo przerwana – zwłaszcza podczas gwałtownych wezbrań rzeki. Oderwane od głównego koryta zakole tworzy jezioro nazywane **starorzeczem**.

Czy wiesz, że...

Termin *meander* pochodzi od nazwy rzeki Meander. Płynie ona w zachodniej części Turcji i tworzy liczne zakola.

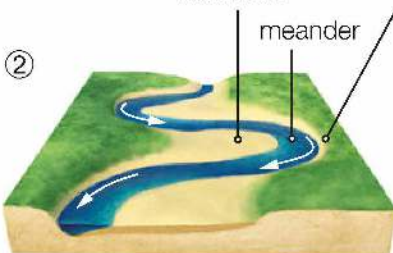
Powstawanie meandrów

akumulacja materiału nurt rzeki erozja boczna



Woda płynąca w nurcie podmywa raz jeden, a raz drugi brzeg rzeki.

akumulacja materiału erozja boczna



Wskutek erozji brzegu i akumulacji materiału skalnego powstają meandry.

starorzecze



Erozja boczna prowadzi do przerywania meandru. Rzeka prostuje swój bieg. W ten sposób powstają starorzecza.

■ Dolny bieg rzeki

W dolnym odcinku rzeka płynie wolno i spokojnie. Jej **siła transportowa znacznie maleje**, co skutkuje akumulacją niesionego materiału skalnego. Utwory nagromadzone na dnie rzeki lub przy jej brzegach są nazywane **aluwiami**. W tych miejscach koryta, gdzie nurt rzeki jest słabszy, tworzą się podłużne **mielizny**. Są one formami przejściowymi, które stopniowo przemieszczają się z prądem wzdłuż rzeki.

Gruboziarnisty materiał (piaszczysto-żwirowy) zwykle gromadzi się w korycie rzeczonym, a drobnoziarnisty pokrywa dno terasy zalewowej. Podczas wezbrań na terasach zalewowych przyrastają kolejne warstwy osadów rzecznych. Rozwijają się na nich żyzne gleby aluwialne – **mady**.

■ Rzeźbotwórcza działalność rzek a zmiany bazy erozyjnej

Odmienny kształt doliny rzecznej w jej górnym, środkowym i dolnym odcinku jest spowodowany różną intensywnością procesów rzeźbotwórczych. W wyniku erozji wgłębnej następuje pogłębianie się koryta, a w wyniku erozji bocznej – poszerzanie dna doliny. Rodzaj i intensywność procesów zależą od zmian położenia bazy erozyjnej rzeki. Na skutek obniżenia się jej poziomu następuje nasilenie erozji wgłębnej. Natomiast podniesienie jej poziomu prowadzi



Podczas niskich stanów wody mielizny wystają ponad powierzchnię w postaci łach. Takie formy powstają nawet na dużych i głębokich rzekach, takich jak Wisła.

do intensywnej akumulacji. Zmiany położenia bazy erozyjnej rzeki mogą być spowodowane na przykład ruchami górotwórczymi lub zmianami klimatu. W efekcie tych zmian powstają **terasy rzeczne** – płaskie powierzchnie o różnej szerokości stanowiące fragmenty dawnego dna rzeki, które ciągną się wzdłuż doliny.

? Ustal, w którym odcinku (górnym, środkowym, czy dolnym) znajduje się rzeka płynąca najbliżej Twojej szkoły.

Powstawanie teras rzecznych



■ Typy ujść rzecznych

Większość rzek kończy swój bieg **ujściem**, czyli miejscem, gdzie rzeka wpływa do jeziora, morza lub do innej rzeki. Przy ujściu proces akumulacji osadów aluwialnych zachodzi najszybciej. Wyróżnia się dwa główne typy ujść rzecznych:

- ▶ deltę,
- ▶ estuarium (ujście lejcowate).

Delta tworzy się w miejscu, gdzie morze, do którego uchodzi rzeka, jest płytkie i nie występują w nim silne prądy przybrzeżne (rzeka przynosi więcej materiału niż mogą usunąć fale i prądy przybrzeżne). Część delty wystaje ponad powierzchnię wody, jednak jej większość znajduje się pod wodą. Osady delty stanowią przeszkodę dla wód rzecznych. Dlatego rzeka rozgałęzia się na liczne ramiona rozpościerające się wachlarzowato w kierunku zbiornika wodnego. Kształt delty zależy przede wszystkim od zarysu linii brzegowej, a jej wielkość – głównie od ilości osadów niesionych przez rzekę oraz od ukształtowania dna zbiornika.

Rzekami, które utworzyły delty, są na przykład Missisipi, Amazonka, Eufrat z Tygrysem, Orinoko, Wołga i Wisła.

Czy wiesz, że...

Największą deltę na kuli ziemskiej tworzą Ganges i Brahmaputra (południowa Azja). Delta, która powstała w miejscu połączenia się tych rzek w ich odcinkach ujściowych, ma ok. 350 km długości i zajmuje powierzchnię ponad 100 tys. km².



W większości delt rzecznych występują bardzo żyzne gleby – mady. To dlatego Delta Nilu oglądana na zdjęciach satelitarnych wyraźnie odróżnia się od otaczającej ją pustyni.

Estuarium powstaje wtedy, gdy rzeka wpada do morza, w którym występują duże pływy lub prądy przybrzeżne. Takie ruchy wody morskiej nie pozwalają na akumulację osadów rzecznych. Woda morska wdziera się głęboko w górę koryta rzeki i stale je poszerza. Fala odpływu zabiera niesiony przez rzekę materiał skalny i wynosi go daleko w głąb morza. Typowe estuaria mają między innymi Rzekę Świętego Wawrzyńca, Garonna i Tamizę. Często w lejku, który tworzy całe ujście rzeki, następuje mieszanie się wód słodkich (recznych) z wodami słonymi (morskimi). Nietypowe warunki panujące w takim środowisku sprawiają, że występują tam wyłącznie rośliny i zwierzęta wykazujące dużą tolerancję na dobowe, miesięczne i roczne zmiany zasolenia wody, a także na zmiany jej temperatury.

■ Rzeźbotwórcza działalność wód opadowych

Wody opadowe mogą płynąć nie tylko korytami rzek, ale także po powierzchni gruntu. Woda spłukuje zwietrzelinę przede wszystkim na obszarach występowania obfitych opadów deszczu. Proces ten nazywa się **ablacją deszczową**. Gdy woda spływa strugami, powstają bruzdy, rozcięcia, rynny oraz większe formy terenu: jary, parowy i wąwozy. Innymi formami tworzącymi się w wyniku rzeźbotwórczej działalności wód opadowych są **piramidy ziemne**. Mogą one osiągać wysokość kilkunastu metrów.



Piramidy ziemne powstają, gdy roślinność lub glazy chronią znajdujący się pod nimi materiał skalny przed wymyciem. Takie formy występują na przykład w rezerwacie Đavolja Varoš [wym. dżawolia warosz] w Serbii.



Spojrzenie z bliska

Zatoka
Biskajska



Żyronda

Jedno z większych estuariów w Europie – Żyronda – znajduje się w południowo-zachodniej Francji. Stanowi ujście dwóch rzek wpływających do Zatoki Biskajskiej: Garonny i Dordogne [wym. dordoń]. Łączą się one w miejscowości Ambès [wym. ąbes], gdzie znajduje się początek estuarium. Jego całkowita długość wynosi 75 km, a szerokość – od 3 km aż do 12 km. Tak dużego odcinka ujściowego nie mogły stworzyć obecne, zbyt małe na to rzeki. Badania wykazały, że ukształtował się on w plejstocenie, kiedy na tym obszarze płynęła potężna rzeka drążąca głęboką i szeroką dolinę. Gdy poziom morza się podniósł, wody wlały się w ujściowy fragment doliny. Jej część to dzisiejsza Żyronda. Znaczne wahania poziomu morza na tym odcinku wybrzeża sprawiają, że w czasie przyływu woda wlewa się w głąb estuarium i powoduje podniesienie się poziomu wód nawet 150 km od ujścia. Podczas odpływu, kiedy poziom morza się obniża, wody z estuarium odpływają do Zatoki Biskajskiej.



W Żyrondzie znajduje się kilka wysp, które często zmieniają swoją powierzchnię i położenie. Są to między innymi: Patiras [wym. patira], Bouchaud [wym. buszo], Nouvelle [wym. nuwel], Paté (z fortem z 1690 r. pozwalającym kontrolować przepływ statków) oraz Verte [wym. wert].

Zadania

1. Scharakteryzuj rzeźbotwórczą działalność rzeki w jej górnym, środkowym oraz dolnym biegu.
2. Wymień główne formy rzeźby powstałe w wyniku niszczącej i budującej działalności rzeki.
3. Podaj znaczenie terminów: *kocioł eworsyjny*, *otoczak*, *meander*, *delta*, *łacha*, *estuarium*.
4. Omów powstawanie meandrów i starorzeczy.
5. Wyjaśnij, dlaczego niektóre rzeki mają ujścia deltowe, a inne – ujścia lejcowate.

Rzeźbotwórcza działalność lodowców górskich i lądolodów

Na tej lekcji dowiesz się: na czym polega rzeźbotwórcza działalność lodowców górskich i lądolodów ■ w jaki sposób powstają polodowcowe formy terenu ■ jak wygląda krajobraz młodołdglacjalny.

Lodowce górskie i lądolody powstają powyżej granicy wiecznego śniegu. Łód lodowcowy pod wpływem nacisku nadległej masy śniegu i firnu oraz siły grawitacji przemieszcza się i silnie przekształca krajobraz. Ślady działalności lodowców można odnaleźć zarówno na nizinach, jak i w górach.

■ Niszcząca działalność lodowców górskich

Przesuwające się masy lodu niszczą powierzchnię Ziemi, transportują materiał skalny i go osadzają, niekiedy daleko od miejsca pochodzenia. Intensywność **erozji lodowcowej** zależy między innymi od grubości pokrywy lodowej, ilości transportowanego materiału skalnego, odporności podłoża na niszczenie oraz zastanej rzeźby terenu. Do podstawowych rodzajów erozyjnej działalności lodowców należą:

- ▶ **detrakcja** – wrywanie z podłoża okruchów skalnych lub bloków skalnych o długości nawet kilkunastu metrów i włączanie ich w przemieszczający się lodowiec;
- ▶ **detersja** (abrazja lodowcowa) – wygładzanie i polerowanie podłoża skalnego przez fragmenty skalne, które znajdują się w dolnej części przemieszczającej się masy lodowej, czyli w spągu;
- ▶ **egzaracja** – żłobienie podłoża na skutek zdzierania materiału skalnego przez czoło nasuwającego się lodowca.

Z kolei efektami erozyjnej działalności lodowców górskich są:

- ▶ **doliny U-kształtne** (żłoby lodowcowe) – doliny powstające w wyniku poszerzania i pogłębiania dolin rzecznych (V-kształtnych) przez jezory lodowcowe w procesach detrakcji

i egzaracji; przekrój poprzeczny żłobów lodowcowych ma kształt litery U (proces ich powstawania przedstawiono na stronie 257);

- ▶ **kotły lodowcowe** (cyrki, kary lodowcowe) – wielkie nieckowate zagłębienia otoczone z trzech stron stromymi ścianami skalnymi; tworzą się w obrębie pola firnowego lodowca górskiego;
- ▶ **barańce** (mutony) – wygładzone pagórki, które mają jeden stok łagodny, a drugi – stromy; powstają w wyniku detersji skał o różnej odporności na erozję;
- ▶ **doliny zawieszone** – doliny kończące się wyraźnym progiem; są odgałęzieniami położonych niżej dolin U-kształtnych;
- ▶ **rysy i wygłady lodowcowe** – bruzdy na powierzchni skał oraz wygładzone powierzchnie skał powstałe w wyniku egzaracji i detersji.

Czy wiesz, że...

Czasem na progach dolin zawieszonych tworzą się wodospady. Na przykład tatrzańskie Wodogrzmoty Mickiewicza znajdują się u wylotu Doliny Rostoki zawieszonej nad Doliną Białką.



Doliny U-kształtne zalane przez wody morskie są nazywane fiordami. Występują one na przykład w Norwegii, Grenlandii i Nowej Zelandii.

Powstawanie doliny U-kształtnej

①



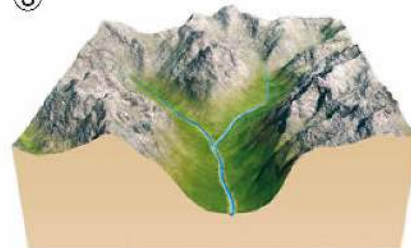
W wyniku erozji rzecznej powstaje dolina V-kształtna.

②



Lodowiec górski poszerza i pogłębia dolinę rzeczną.

③



Po wytopieniu się lodowca górskiego pozostaje dolina U-kształtna.

■ Działalność transportowa lodowców górskich

Lodowiec górski transportuje materiał skalny różnej wielkości. Ten materiał, nazywany **moreną**, jest zdzierany przez lodowiec z podłoża lub pochodzi z wietrzenia otaczających go stoków.

Morena może być transportowana **na powierzchni lodowca**, wtopiona w masy lodu oraz **spychana przez czoło lodowca**. Podczas transportu materiał morenowy jest rozdrabniany i szlifowany, lecz nie ulega segregacji i wygładzeniu (pozostaje ostrokrawędzisty).

Materiał skalny może być również **przenoszony przez wody lodowcowe** płynące po powierzchni lodowca oraz w jego wnętrzu. Natomiast drobny materiał zalegający na powierzchni lodu bywa **transportowany na duże odległości przez wiatr**.



Ciemna barwa niektórych lodowców (np. lodowca Valdez na Alasce) jest efektem zalegania na nich dużej ilości materiału morenowego.

■ Akumulacyjna działalność lodowców górskich

Połodowcowe formy akumulacyjne są widoczne dopiero po deglacjacji lodowca, czyli po jego ustąpieniu. W zależności od miejsca akumulacji materiału morenowego powstają:

- ▶ **morena denna** – płaska lub falista powierzchnia zbudowana z osadów, które wytopiły się podczas wycofywania się lodowca;
- ▶ **morena boczna** – wał osadów morenowych biegnący wzdłuż zboczy doliny, który powstał wskutek wytapiania się materiału skalnego na bokach jezora lodowcowego;
- ▶ **morena środkowa** – wał biegnący środkiem dawniej zlodowaconej doliny, który tworzy się z połączenia wałów moren bocznych dwóch jezior lodowcowych;
- ▶ **morena czołowa** – wał usypany przed czołem lodowca, który jest zbudowany z materiału skalnego wytapiającego się z lodu; tworzy się, gdy czoło lodowca pozostaje przez długi czas w jednym miejscu.

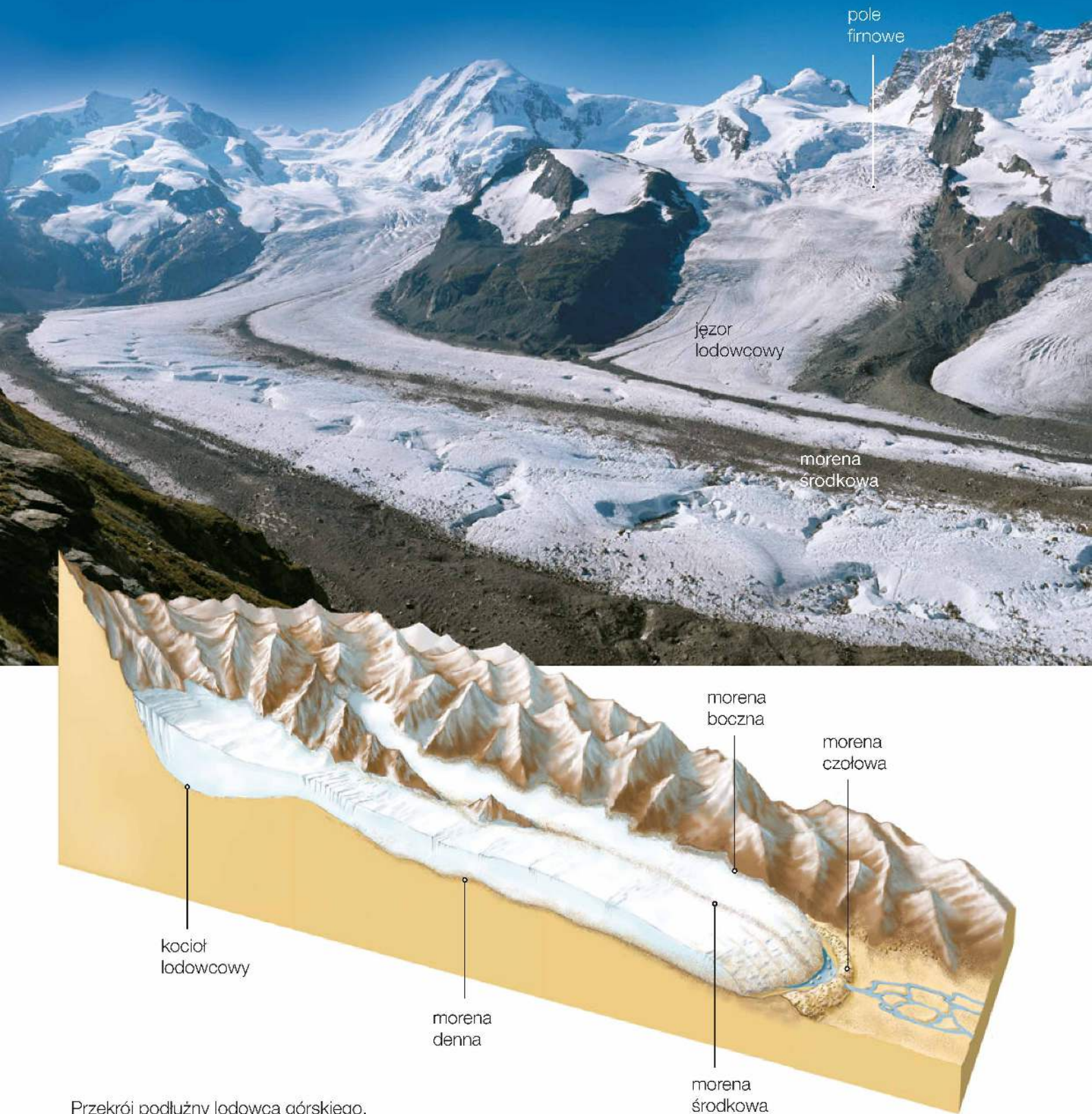
Czy wiesz, że...

Na obszarze Polski efekty działalności lodowców górskich można obserwować między innymi w Tatrach. Około 20 tys. lat temu istniało tam ponad 50 lodowców. Ostatnie z nich ustąpiły ok. 11 tys. lat temu.

Formy powstałe w wyniku działalności lodowców górskich przedstawiono na następnych stronach.

Formy rzeźby terenu powstałe wskutek działalności lodowców górskich

Proces przekształcania rzeźby terenu przez lodowce górskie można obecnie obserwować w najwyższych partiach gór powstałych w orogenezie alpejskiej, np. w Himalajach.



Przekrój podłużny lodowca górskiego.

? Sprawdź, gdzie w Europie występują formy terenu powstałe wskutek działalności lodowców górskich.



Baraniec

O tym, że skała Lemberg Dome w Parku Narodowym Yosemite w Stanach Zjednoczonych to baraniec, świadczy między innymi wyraźna asymetria stoków.



Kocioł polodowcowy

Kotły polodowcowe (powstałe po ustąpieniu lodowca) często wypełniają się wodą. W ten sposób powstają jeziora cyrkowe, np. Czarny Staw pod Rysami.



Dolina zawieszona

Dolina zawieszona stanowi odgałęzienie doliny głównej. Na przykład nad doliną Yosemite jest zawieszona dolina, na której progu powstał wodospad Bridalveil Fall.



Rysy lodowcowe

Rysy lodowcowe, np. w Parku Narodowym Yosemite, zostały wyłobione przez fragmenty skał, które wmarzły w przemieszczający się lodowiec.



■ Formy powstałe wskutek działalności łądolodów

Łądolody, podobnie jak lodowce górskie, niszczą podłoże, po którym się przesuwają, a następnie transportują materiał skalny i go osadzają. W wyniku tej działalności powstaje krajobraz glacialny. Jeśli formy polodowcowe zostały przekształcone (np. moreny zostały wyrównane, a rynny zasypane), mówi się o **krajobrazie staroglacjalnym**, a jeśli są wyraźne i dobrze zachowane – o **krajobrazie młodoglacjalnym**.

Czynnikami kształtującymi rzeźbę polodowcową są zarówno masy przemieszczającego się lodu lodowcowego, jak i wody pochodzące z jego topnienia.

Formy glacialne

Do form glacialnych, czyli powstałych w wyniku działalności lodu lodowcowego, należą między innymi:

- ▶ **moreny czołowe** – wzgórza powstałe przed czołem łądolodu, zbudowane z gliny zwałowej stanowiącej mieszaninę ilów, piasków, żwirów oraz głazów;
- ▶ **moreny denne** – płaskie lub faliste powierzchnie powstałe podczas wycofywania się łądolodu, charakteryzujące się mniejszymi różnicami wysokości niż moreny czołowe;
- ▶ **głazy narzutowe** (eratyki) – duże głazy występujące w obrębie moren, których obecność świadczy o ogromnej sile niszczącej i transportowej łądolodu.



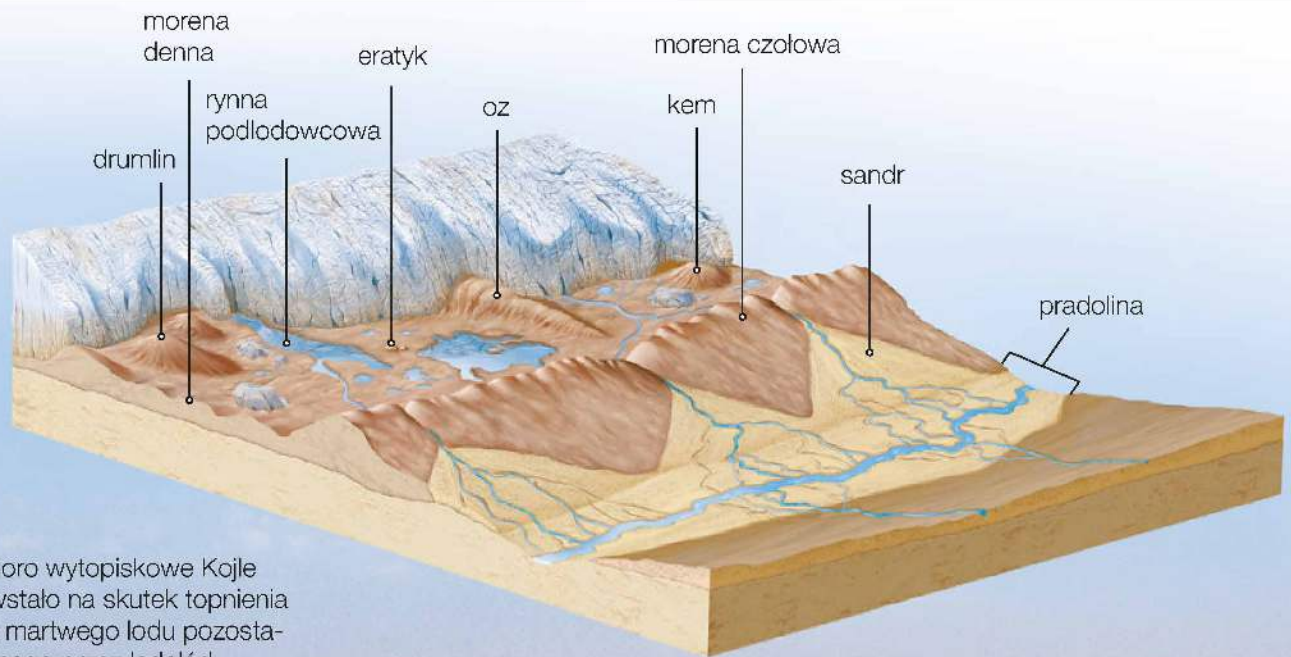
Głazy narzutowe występują licznie w północnej i środkowej części Polski. Można wśród nich znaleźć skały pochodzące ze Skandynawii, np. granit rapakiwi.

Krajobraz młodoglacjalny

Krajobraz młodoglacjalny charakteryzuje się występowaniem wielu form polodowcowych, m.in. moreny dennej, moren czołowych oraz jezior w obniżeniach terenu powstałych w wyniku działalności łądolodu. W Polsce krajobraz młodoglacjalny występuje na przykład na Pojezierzu Suwalskim.

Wzgórze moreny czołowej – Góra Cisowa (256 m n.p.m.) – ma nietypowy, regularny kształt piramidy.





Jezioro wytopiskowe Kojle powstało na skutek topnienia brył martwego lodu pozostawionego przez lądolód.



? Wyjaśnij, dlaczego rzeźba obszarów młodoglacjalnych jest pagórkowata.

Formy fluwioglacjalne

W wyniku niszczącej i budującej działalności wód roztopowych lądolodu powstały formy fluwioglacjalne. Do form erozyjnych należą:

- ▶ **rynny podlodowcowe** – długie i wąskie zagłębienia o stromych zboczach i niewyrównanym dnie, wyrzeźbione w skałach podłoża przez strumienie wód subglacjalnych (płynących pod ciśnieniem hydrostatycznym pod lądolodem); obecnie wiele rynien jest wypełnionych wodą i tworzy jeziora rynnowe;
- ▶ **pradoliny** – szerokie doliny biegnące równolegle do czoła lądolodu, wyżłobione przez wody spływające z topniejącego lądolodu oraz wody rzek płynących w jego kierunku z obszarów niezlodowaconych.

Wody z topniejącego lądolodu przenoszą znaczną ilość materiału morenowego, dlatego tam, gdzie prędkość wody maleje, rozpoczyna się jej działalność budująca. Do form powstałych pod wpływem akumulacyjnej działalności wód lodowcowych należą:

- ▶ **sandry** – wielkie stożki napływowe zbudowane ze żwirów i z piasków powstałe na przedpolu lądolodu, łączące się czasem w rozległe równiny sandrowe;
- ▶ **kemy** – piaszczysto-żwirowe pagórki o wysokości od kilku do kilkudziesięciu metrów i długości do kilkuset metrów, które tworzyły się w otwartych szczelinach lodowcowych podczas postoju lądolodu lub gdy rozpadał się on na pojedyncze bryły lodowcowe zwane bryłami martwego lodu;
- ▶ **ozy** – długie, wąskie i kręte wały zbudowane głównie z piasków i ze żwirów, przykryte niekiedy warstwą gliny (ten materiał skalny był osadzany przez wody płynące pod lodem, w szczelinach lub tunelach lodowcowych);



W północnej Kanadzie powstały ozy, których długość sięga nawet 800 km.

- ▶ **drumliny** – niewielkie wzgórza o obłym kształcie zbudowane z gliny, piasków oraz żwirów; nie występują pojedynczo, lecz tworzą grupy nazywane polami drumlinowymi.

Czy wiesz, że...

Gdy wody roztopowe lądolodu nie znajdowały odpływu, zbierały się przed czołem lądolodu w rozległych jeziorach – zastoiskach. Na ich dnie gromadziły się osady nazywane iltami warwowymi. Odznaczają się one naprzemiennym ułożeniem jasnych i ciemnych warstw tworzących tzw. warwę. Jasne warstwy powstawały w okresach letnich, a ciemne – w zimowych. Liczba warw stanowi podstawę do obliczania wieku osadów.

Zadania

1. Wymień i opisz formy powstające w wyniku niszczącej działalności lodowców górskich.
2. Podaj znaczenie terminów: *detrakcja*, *detersja*, *egzaracja*.
3. Przedstaw cechy krajobrazu młodoglacjalnego.
4. Omów różnice w powstawaniu form glacialnych i fluwioglacjalnych.
- *5. Wyjaśnij, dlaczego lądolody, w odróżnieniu od lodowców górskich, nie tworzą moren bocznych.

Na tej lekcji dowiesz się: na czym polega niszcząca, transportująca i budująca działalność wiatru ■ jakie formy terenu powstają w wyniku tej działalności ■ jakie są rodzaje wydm i w jaki sposób powstają ■ jakie rodzaje pustyni występują na kuli ziemskiej ■ w jaki sposób powstają pokrywy lessowe.

Większość osób zapytanych o to, z czym kojarzy im się wiatr, w odpowiedzi z pewnością nawiązałoby do pogody. Tymczasem wiatr jest także czynnikiem rzeźbotwórczym. Potrafi niszczyć skały, transportować materiał skalny oraz budować z niego różnorodne formy terenu.

■ Czynniki warunkujące działalność wiatru

Wiatr kształtuje powierzchnię Ziemi poprzez erozję, transport i akumulację materiału skalnego. Te procesy określa się wspólnym mianem **procesów eolicznych**. Ich intensywność jest uwarunkowana:

- ▶ **kierunkiem, częstością występowania oraz prędkością wiatru**, które wpływają na jego siłę transportową (im prędkość wiatru jest większa, tym grubszy materiał skalny i na większą odległość może być transportowany);
- ▶ **podatnością podłoża na wywiewanie i ścieranie**, która zależy od:
 - wielkości ziaren mineralnych – najbardziej podatne na wywiewanie są pyły oraz drobny i średni piasek,
 - wilgotności podłoża – wilgotność zwiększa spoistość ziaren mineralnych, a tym samym utrudnia wywiewanie,
 - stopnia pokrycia roślinnością – im roślinność jest bardziej zwarta i wysoka, tym mniejsze jest oddziaływanie wiatru na podłoże;
- ▶ **warunkami klimatycznymi**, wpływającymi na rozwój roślinności i tym samym na intensywność procesów eolicznych;
- ▶ **działalnością człowieka**, która może się przyczyniać do zmian intensywności procesów eolicznych.

■ Niszcząca działalność wiatru

Niszcząca działalność wiatru (erozja eoliczna) obejmuje dwa podstawowe procesy: deflację i korazję. **Deflacja** polega na wywiewaniu cząstek mineralnych z powierzchni zbudowanych ze skał luźnych, np. z piasków. Do form utworzonych w wyniku deflacji należą:

- ▶ **misy deflacyjne** (niecki deflacyjne) – rozległe zagłębienia terenu powstałe w wyniku wywiewania dużych ilości piasku i pyłu na obszarach pozbawionych roślinności;
- ▶ **ostańce deflacyjne** – pagórki o stromych stokach, które utworzyły się w efekcie nierównomiernego wywiewania piasków lub pyłów; na nierównomierne wywiewanie ma wpływ obecność roślinności lub występowanie bardziej odpornych skał;
- ▶ **bruk deflacyjny** – pokrywa złożona z większych fragmentów skalnych, grubych żwirów, kamieni i głazów, powstała wskutek wywiewania drobniejszego materiału (piasku i pyłu).

? *Wymień nazwy trzech regionów geograficznych, w których występują formy terenu powstałe w wyniku deflacji.*



Dna głębokich mis deflacyjnych, np. na pustyni Namib, sięgają niekiedy poziomu wód gruntowych.



Grzyby skalne mają specyficzny kształt. Ich podstawa jest wąska, gdyż proces korozji najintensywniej zachodzi tuż przy powierzchni ziemi. Takie formy skalne występują między innymi na Pustyni Zachodniej położonej w Egipcie.

Korazja to rysowanie, polerowanie, ścieranie i drażnienie skał przez twarde ziarna mineralne unoszone przez wiatr. Ten proces zachodzi najintensywniej do ok. 30 cm nad powierzchnią terenu – na tej wysokości wiatr niesie największą ilość materiału. Korazja polega przede wszystkim na modelowaniu istniejących form skalnych. W jej efekcie tworzą się:

- ▶ **graniaki wiatrowe** – głazy i okruchy skalne o ściętych, wypolerowanych powierzchniach i wyraźnie zaznaczonych krawędziach (graniach); powstają wskutek szlifowania i ścierania skały ziarnami mineralnymi od strony dowietrznej;
- ▶ **grzyby skalne** – pojedyncze skałki o kształcie zbliżonym do grzyba (podcięte przy podstawie i rozszerzające się ku górze), które powstają w wyniku silniejszego niszczenia ich dolnych części;
- ▶ **bruzdy korazyjne** – wąskie i podłużne zagłębienia oddzielone od siebie ostrymi grzbietami skalnymi – jardangami.

Luźny materiał skalny będący efektem działalności erozyjnej wiatru bardzo często jest transportowany, a następnie akumulowany. Czasem akumulacja tego materiału odbywa się daleko od miejsca, z którego został on zabrany.



Ripplemarki są ułożone prostopadle do kierunku wiania wiatru i mają kilka centymetrów wysokości. Powstają wskutek przenoszenia piasku przez wiatr. Są typowym elementem krajobrazu na obszarach pustynnych, np. w Dolinie Śmierci w Stanach Zjednoczonych.

■ Transport wiatrowy (eoliczny)

Działalność transportowa wiatru obejmuje zarówno cząstki mineralne, jak i organiczne. Ruch, w który są wprowadzane te cząstki, nazywa się:

- ▶ **pełzaniem**, gdy transportowany materiał jest toczony po podłożu;
- ▶ **saltacją** (skakaniem), jeśli materiał odrywa się na chwilę od podłoża;
- ▶ **suspensją**, gdy drobiny materiału utrzymują się w powietrzu przez dłuższy czas.

■ Budująca działalność wiatru (akumulacja eoliczna)

Gdy siła transportowa wiatru maleje, niesiony przez niego materiał skalny akumuluje się w obniżeniach terenu oraz za wszelkimi przeszkodami (np. głazami, pagórkami i krzakami). Do form powstałych wskutek akumulacji eolicznej należą:

- ▶ **ripplemarki** (zmarszczki eoliczne) – drobne piaszczyste grzbiety rozdzielone równoległymi, niewielkimi obniżeniami;
- ▶ **wydm** – piaszczyste wzniesienia usypane przez wiatr, których stoki dowietrzne są łagodnie nachylone, natomiast zawietrzne – strome. Informacje dotyczące powstawania wydmy oraz ich rodzajów znajdują się na sąsiedniej stronie.

Rodzaje wydym

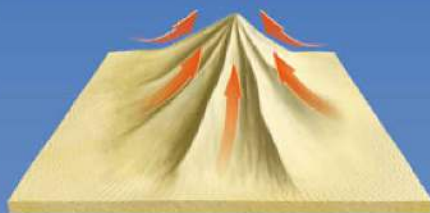
Wydmy tworzą się na pustyniach pokrytych piaskiem, piaszczystych wybrzeżach morskich, a czasem – również na szerokich terasach rzecznych. W zależności od kierunku i siły wiatru, ilości piasku, wilgotności oraz obecności roślin powstają różne rodzaje wydym.



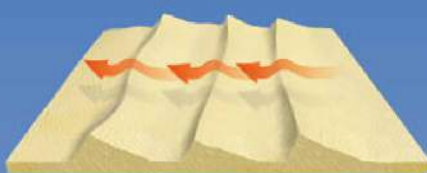
Barchany to wydmy w kształcie sierpów. Powstają na obszarach pustynnych pozbawionych roślinności, gdzie wiatr wieje przeważnie z jednego kierunku i ma umiarkowaną siłę. Ramiona tych wydym są zwrócone zgodnie z kierunkiem wiania wiatru i poruszają się szybciej niż ich środkowe części.



Wydmy paraboliczne tworzą się na obszarach, gdzie klimat umożliwia rozwój skąpej roślinności, np. na terenach nadmorskich. Ramiona tych wydym, unieruchomione przez roślinność lub zespolone wilgocią, poruszają się wolniej niż ich części środkowe i są zwrócone w przeciwną stronę do kierunku wiania wiatru.



Wydmy gwiaździste powstają na obszarach o zmiennych kierunkach wiania wiatru.



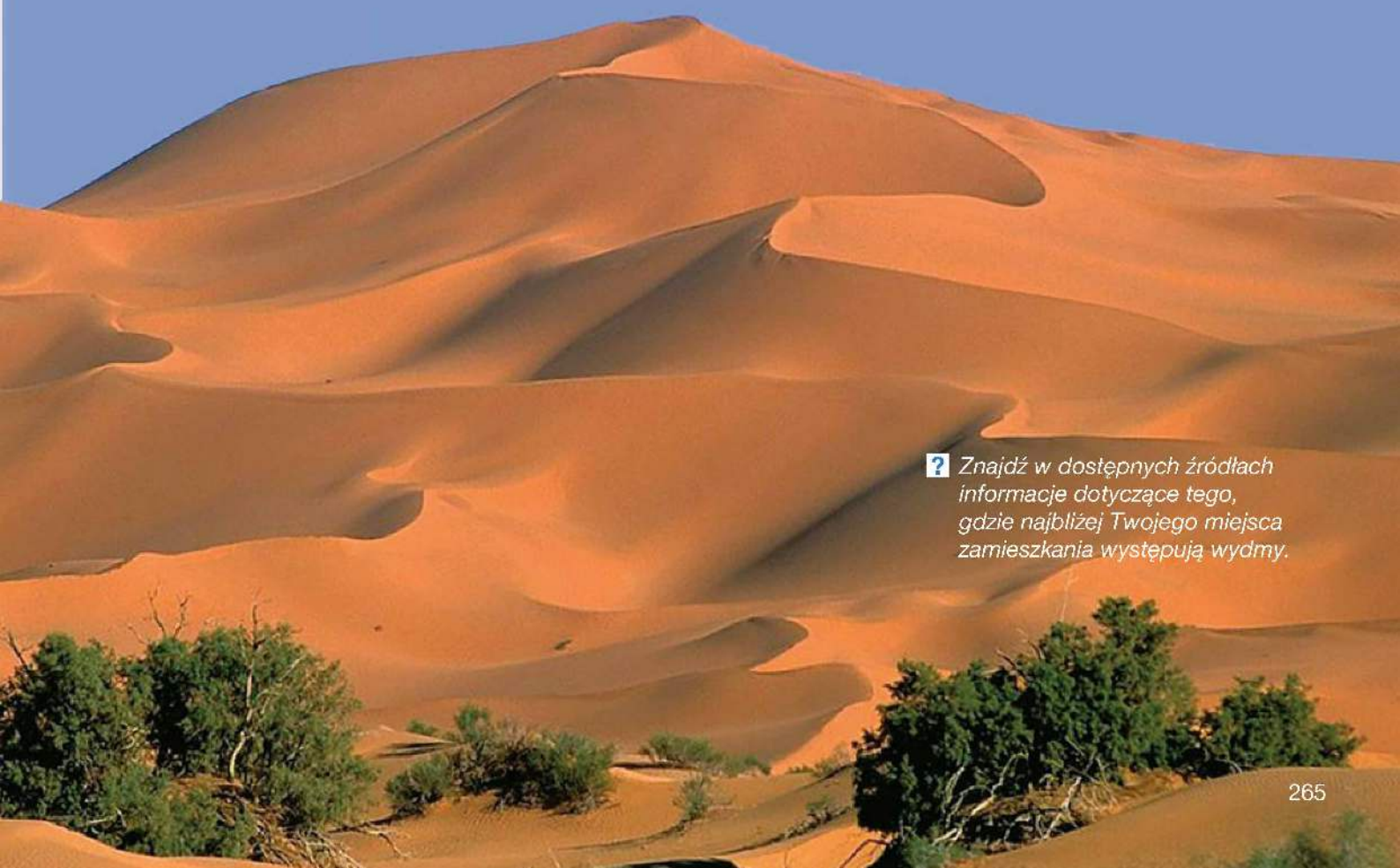
Wydmy poprzeczne mają kształt wałów ustawionych poprzecznie do kierunku wiania wiatru.



Wydmy podłużne mają kształt wałów ułożonych zgodnie z kierunkiem wiania wiatru.

Największe wydmy na świecie

Największe wydmy świata znajdują się na Saharze, we wschodniej części Algierii, w okolicy Isaouane-n-Tifernine [wym. isalan en tiférin]. Mają one 5 km długości i aż 465 m wysokości.



? *Znajdź w dostępnych źródłach informacje dotyczące tego, gdzie najbliżiej Twojego miejsca zamieszkania występują wydmy.*

■ Pokrywy lessowe

Działalność wiatru może prowadzić do powstania rozległych **pokryw lessowych**. Tworzą się one wtedy, gdy drobny pył przenoszony z obszarów pozbawionych roślinności, takich jak pustynie, półpustynie i niecki wyschniętych jezior, jest wywiewany na znaczne odległości, a następnie osadzany wskutek zmniejszenia prędkości wiatru lub występowania barier terenowych. Zwarte pokrywy lessowe występują między innymi na północy i na południu od Sahary oraz we wschodniej części Chin (Wyżyna Lessowa).

Pokrywy lessowe znajdują się także w Ameryce Północnej (Wielkie Równiny) oraz Europie, gdzie ciągną się od Anglii przez Niemcy, Węgry i Polskę, aż do Morza Czarnego i dalej w głąb Azji Środkowej. Ich powstanie wiąże się jednak z wywiewaniem pyłu ze strefy intensywnego wietrzenia mrozowego, która w plejstocenie znajdowała się na przedpolu lądolodu. Na pokrywach lessowych wytworzyły się jedne z najżyźniejszych gleb na świecie – **czarnoziemy**.

Czy wiesz, że...

Pokrywy lessowe są wyjątkowo podatne na erozję i odznaczają się bardzo urozmaiconą rzeźbą. Na przykład na Wyżynie Lessowej w Chinach występują rozbudowane systemy głębokich wąwozów i parowów, ponad którymi górują strome ściany osiagające nawet kilkadziesiąt metrów wysokości.



? Wyjaśnij, jakie znaczenie gospodarcze mają obszary zbudowane z pokryw lessowych.

Rodzaje pustyni

Rzeźbotwórcza działalność wiatru jest najlepiej widoczna na pustyniach. Są to obszary niemal zupełnie pozbawione roślinności, których klimat cechują: niska wilgotność powietrza, niewielka roczna suma opadów atmosferycznych oraz znaczne dobowe i roczne wahania temperatury powietrza. Obecnie pustynie zajmują ok. 19% powierzchni lądów. Zasięg obszarów pustynnych zmienia się jednak wraz ze zmianami klimatu. Podział pustyni nawiązuje do zróżnicowania klimatycznego, rzeźby terenu oraz rodzaju materiału budującego dany obszar. Ze względu na materiał skalny występujący na pustyni wyróżnia się między innymi pustynie piaszczyste, żwirowe, kamieniste (skaliste) oraz ilaste.



Pustynia piaszczysta (erg)

Charakteryzują ją wyraźnie ukształtowane wydmy. Do tego typu pustyni należą Wielki Erg Wschodni i Wielki Erg Zachodni (Sahara), Ar-Rab al-Chali (Półwysp Arabski) oraz Kara-kum (Azja Środkowa).

Pustynia ilasta

Stanowi powierzchnię pokrytą stwardniałym, spękanym ilem. Po obfitych opadach zmienia się okresowo w grząskie błoto lub jezioro. W Ameryce Północnej tego typu pustynie noszą nazwę *playa*, a w Azji Środkowej – *takyr*.



Pustynia kamienista (hamada)

To obszar pozbawiony roślinności i gleby, na którym znajdują się nagie skały formowane przez wiatr i wietrzenie mechaniczne. Takie pustynie są typowe dla Azji Środkowej, Wyżyny Irańskiej oraz Sahary.



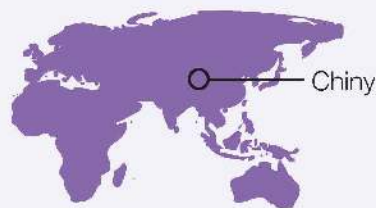
Pustynia żwirowa (serir)

Jest zbudowana ze żwirów oraz z dużych ziaren piasku. Tego typu pustynie występują zazwyczaj na przedpolu gór i płaskowyżów, w Azji Środkowej, na Saharze, Półwyspie Arabskim oraz w Australii.





Spojrzenie z bliska



Gigantyczne jardangi

Jardangi to długie, liczące od kilku do kilkudziesięciu metrów wysokości, równoległe ułożone grzbiety skalne, między którymi znajdują się wąskie, podłużne zagłębienia – bruzdy i rynny korazyjne. Ich nazwa wywodzi się z języka mieszkańców centralnej Azji, Ujgurów, i oznacza ‘stromie góry’ lub ‘wyspy’. Gigantyczne jardangi występują na przykład w północno-zachodniej części Chin, w prowincji Gansu, między górami Qilian Shan a pustynią Gobi. Zostały one wyłobione w słabo zwięzłych skałach lessowych przez wiatry niosące ogromne ilości ziaren piasku z pustyni Gobi. Piasek szlifuje i poleruje ściany jardangów oraz pogłębia rozdzielające je bruzdy korazyjne. W ciągu tysiąca lat drobiny piasku mogą zedrzyć nawet 20 m osadu.

Jardangi mogą mieć długość kilkunastu kilometrów.



Trwająca dziesiątki tysięcy lat korazja nadała jardangom z prowincji Gansu aerodynamiczny kształt. Z tego powodu stały się one bardziej odporne na niszczenie.

Zadania

1. Wymień czynniki wpływające na intensywność rzeźbotwórczej działalności wiatru.
2. Wyjaśnij znaczenie terminów: *deflacja*, *graniak*, *jardang*, *playa*, *erg*.
3. Omów proces powstawania grzybów skalnych.
- * 4. Podaj różnice między wydumą paraboliczną a barchanem.

Na tej lekcji dowiesz się: na czym polega niszcząca i budująca działalność morza ■ jak powstają mierzeje ■ jakie typy wybrzeży występują na kuli ziemskiej i w jaki sposób powstają.

Kształt wybrzeża, czyli wąskiego pasa na styku lądu z morzem lub oceanem, stale się zmienia. Wynika to z ciągłego oddziaływania na brzegi fal morskich, pływów i prądów przybrzeżnych. Transportują one materiał skalny w strefie brzegowej. W efekcie ich działalności powstają różnego rodzaju formy akumulacyjne i erozyjne.

■ Czynniki warunkujące niszczącą działalność morza

Na intensywność niszczącej działalności wód morskich wpływają między innymi:

- ▶ **siła fal uderzających o brzeg** – jest ona szczególnie duża podczas sztormów, kiedy nacisk fal na 1 m² może wynieść nawet 30 t;
- ▶ **wysokość fal** – może ona dochodzić nawet do kilkudziesięciu metrów;
- ▶ **plywy** – zmiany poziomu wód morskich skutkują zwiększeniem lub zmniejszeniem zasięgu oddziaływania fal;
- ▶ **rodzaj skał budujących wybrzeże** – różna odporność skał na erozję przyczynia się do nierównomiernego niszczenia wybrzeży.



Wysokość fal może wynosić nawet kilkadziesiąt metrów. Spiętrzona fala wraz z niesionymi okruchami skalnymi uderza wówczas o brzeg z ogromną siłą, co powoduje jego niszczenie.

■ Niszczenie wybrzeży wysokich

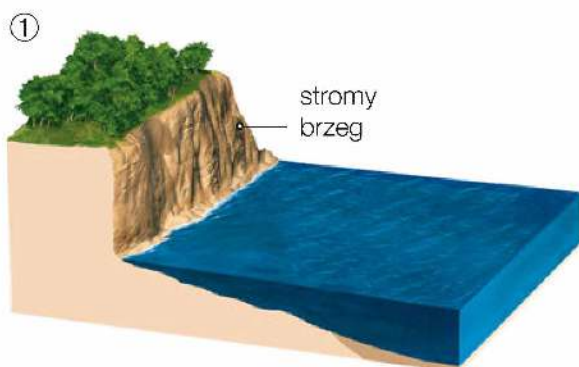
Gdy fale morskie uderzają o wysoki brzeg, kruszą go. Dzieje się tak, ponieważ woda rozsadza szczeliny skalne, w które się dostaje. Oderwany od brzegu materiał skalny jest nieustannie przetaczany przez fale, wskutek czego zachodzi proces **abrazji**. Polega on na ścieraniu skalnej powierzchni brzegu i dna przez okruchy skalne.

Fale uderzające o stromy brzeg podcinają go, przez co powodują jego obrywanie i cofanie. Strome, cofające się urwisko nadbrzeżne jest nazywane **klifem** lub **falezą**. Fale morskie podcinają dolną część klifu, wskutek czego tworzy się zagłębienie – **nisza abrazyjna**. Następnie fale przenoszą i rozdrabniają materiał skalny pochodzący z niszczenia klifu. Ten materiał ściera dno i je wyrównuje, a to z kolei prowadzi do powstania lekko nachylonej w stronę morza **platformy abrazyjnej**. Jej przedłużeniem jest **platforma akumulacyjna**, na której osadza się drobniejszy materiał naniesiony przez cofające się fale. Przebieg procesu abrazji przedstawiono na następnej stronie.



Kościół w miejscowości Trzęsacz został zbudowany ponad 600 lat temu ok. 2 km od brzegu Morza Bałtyckiego. Intensywna abrazja doprowadziła do tego, że do dziś zachowała się tylko południowa ściana świątyni.

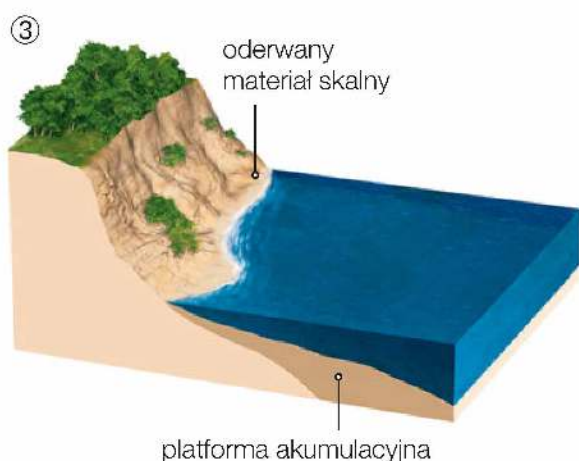
Niszczzenie klifu



Strome, często pionowe i cofające się urwisko nadbrzeżne jest nazywane klifem.



Uderzające o brzeg fale przyczyniają się do powstania zagłębienia zwanego niszą abrazyjną.



Dalsze niszczenie brzegu powoduje obrywanie się nawisu. Gdy brzeg się cofa, fale zabierają materiał skalny i budują platformę akumulacyjną.

? Zaproponuj działania, które pozwoliłyby zabezpieczyć klif przed niszczącą działalnością fal morskich.

Niszczzenie wybrzeży niskich

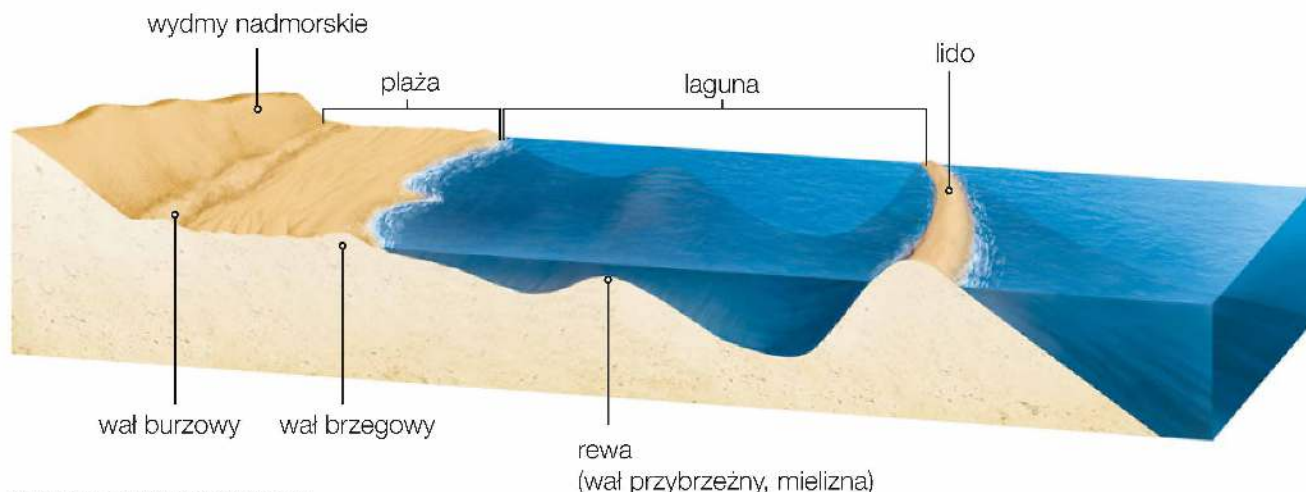
W trakcie największych sztormów fale wdzierają się daleko w głąb plaży. Gdy się cofają, zabierają dużą część materiału budującego plażę, co prowadzi do jej zmniejszenia. W ciągu jednego sztormu fale potrafią zabrać z niewielkiego fragmentu brzegu tysiące ton piasku.

Budująca działalność morza

Materiał z niszczonego brzegu jest rozkruszany przez fale i wynoszony w morze. Następnie przemieszcza się wzdłuż brzegu i osadza w innych miejscach wybrzeża. Okruchy skalne nieustannie o siebie uderzają, co prowadzi do ich niemal całkowitego zaokrąglenia. Efekty budującej działalności fal morskich obserwuje się przede wszystkim na wybrzeżach niskich. Powstają tam między innymi:

- ▶ **plaża** – płaski, piaszczysty (czasem żwirowy lub kamienisty) odcinek wybrzeża, który powstaje tam, gdzie fale wyrzucają na brzeg więcej materiału, niż są go później w stanie zabrać; jest to element linii brzegowej, który nieustannie zmienia swoje rozmiary i ukształtowanie;
- ▶ **wał brzegowy** – zbudowany z piasków oraz żwirów, które gromadzą się w końcowym miejscu zasięgu fal; jego wysokość zależy od wysokości fali; podczas sztormu fale docierają znacznie dalej w głąb plaży, gdzie osadzają niesiony materiał w postaci **wału burzowego**;
- ▶ **rewa** (wał przybrzeżny, mielizna) – długi, równoległy do wybrzeża piaszczysty wał, który powstaje w pobliżu brzegu; jest formą nietrwałą, przemieszczającą się prostopadle do linii brzegowej;
- ▶ **lido** – piaszczysty wał wystający niekiedy ponad poziom morza, który powstaje wtedy, gdy fale zaczynają załamywać się daleko od brzegu (nawet w odległości kilku kilometrów) i osadzają tam niesiony materiał; zwykle osiąga duże rozmiary i jest trwały; część morza między lido a wybrzeżem to **laguna**.

Wymienione elementy wybrzeża płaskiego przedstawiono na ilustracji znajdującej się na sąsiedniej stronie.



Budowa wybrzeża niskiego.

W wyniku akumulacyjnej działalności **prądów przybrzeżnych** powstają wąskie półwyspy – mierzeje i kosa. **Mierzeja** to piaszczysty wał odcinający wody zatoki od pełnego morza, który przyrasta do lądu z obu stron zatoki lub z nierównego brzegu (np. Mierzeja Wiślana, Mierzeja Kurońska). Między mierzeją a lądem znajduje się zalew połączony z morzem wąską cieśniną (np. Zalew Wiślany). Mierzeję, która jest przyrośnięta do lądu tylko jednym końcem, nazywa się **kosą** (np. kosa helska, czyli Mierzeja Helska). Zdarza się, że w czasie silnych sztormów kosa są rozmywane przez fale i przerywane.



Mierzeja Helska odcina Zatokę Pucką od otwartego morza.

? Jakie są gospodarcze konsekwencje rozmywania mierzei przez fale morskie?

Powstawanie mierzei



Prądy przybrzeżne nieustannie transportują przy dnie drobny materiał skalny.

Załamania linii brzegowej powodują spowalnianie prądów przybrzeżnych. Gdy prędkość prądu maleje, następuje akumulacja piasku.

Wskutek budowania mierzei może dojść do odcięcia zatoki od otwartego morza i powstania jeziora przybrzeżnego.

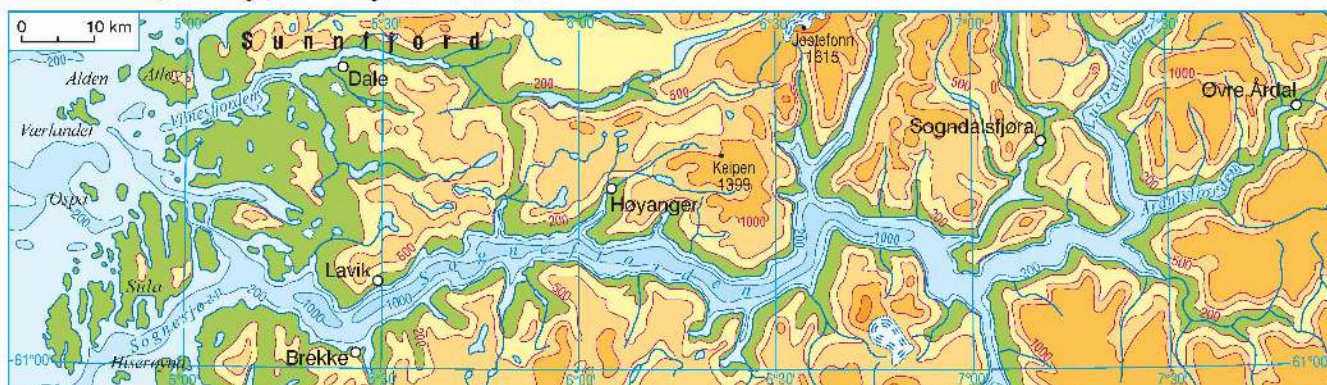
Typy wybrzeży

W zależności od rodzaju rzeźbotwórczej działalności fal morskich oraz ukształtowania powierzchni powstają różne typy wybrzeży. Ze względu na genezę najczęściej wyróżnia się wybrzeża: fiordowe, szkiekowe, riasowe, dalmatyńskie, limanowe, lagunowe i zalewowo-mierzejowe.

Wybrzeża fiordowe

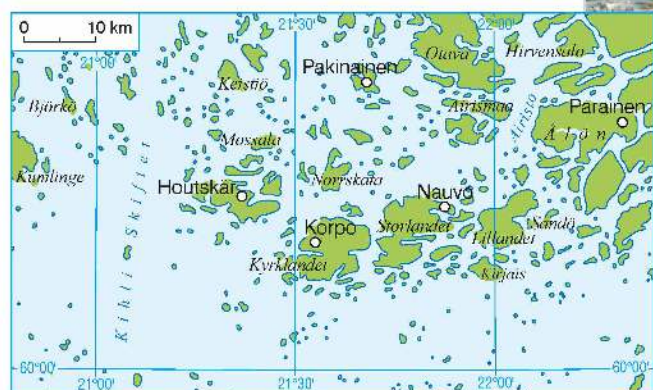
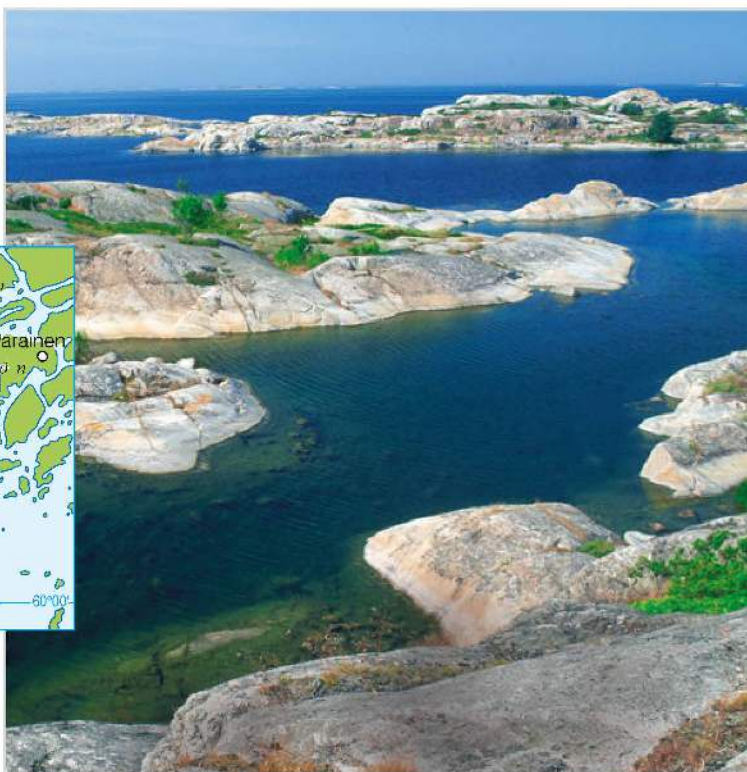
Powstały w wyniku zalania przez morze dolin polodowcowych. Fiordy, czyli głębokie, kręte, wąskie zatoki, ciągną się niekiedy kilkadziesiąt kilometrów w głąb lądu (np. wybrzeża Norwegii oraz Nowej Zelandii, a także Grenlandii i Szkocji).

Sognefjorden znajduje się w zachodniej części Norwegii i liczy ponad 200 km. Jest to najdłuższy fiord w Europie i drugi pod względem długości na świecie.



Wybrzeża szkiekowe

Utworzyły się na skutek zalania przez morze obszaru polodowcowego z licznymi skalistymi pagórkami (np. wybrzeża Szwecji oraz Finlandii). Takie wybrzeża są również nazywane szerowymi.



Przykładem wybrzeża szkiekowego są Wyspy Alandzkie rozciągające się między Szwecją a Finlandią.

Wybrzeża riasowe

Powstały wskutek zalania dolin górskich o przebiegu prostopadłym do linii brzegowej. W wyniku wtargnięcia morza na obszar górski, szczyty gór stały się wyspami, a doliny – zatokami wcinającymi się głęboko w ląd (np. wybrzeża Irlandii oraz Bretanii).



Wybrzeża dalmatyńskie

Powstały w wyniku częściowego zalania silnie rozczłonkowanych grzbietów górskich biegnących równoległe do linii brzegowej. Charakteryzują się występowaniem wydłużonych wysp, wąskich półwyspów i zatok ułożonych równoległe do linii wybrzeża (np. wybrzeże Chorwacji).



Wybrzeża limanowe

Zostały utworzone wskutek zalania przez morze wylotów dolin rzecznych odciętych od niego mierzejami lub w wyniku odcięcia piaszczystymi wałami lejkowatych ujść rzek (np. wybrzeże Ukrainy).



Wybrzeża lagunowe

Występują na obszarach o dużej amplitudzie pływów. Tworzą się wskutek usypania lido. Część morza odcięta tym wałem nosi nazwę laguny (np. adriatyckie wybrzeże Włoch).



Wybrzeża zalewowo-mierzejowe

Powstały na obszarach o niewielkich pływach na skutek częściowego odcięcia zatoki lub płytkiej części zbiornika morskiego od otwartego morza oraz akumulacji materiału piaszczystego niesionego przez prądy przybrzeżne.

? Wymień typy wybrzeży występujące na polskim wybrzeżu.



■ Wybrzeża powstałe przy udziale organizmów

Wśród czynników wpływających na budowę wybrzeży należy wymienić także organizmy. Pod wpływem ich działalności powstają:

▶ **wybrzeża namorzynowe** (mangrowe) – porośnięte roślinnością (z reguły lasem) przystosowaną do życia w wodzie słonej oraz do okresowych zmian poziomu wody;

▶ **słone bagna** – porośnięte roślinnością słonolubną, występujące z reguły na równinnych fragmentach brzegu okresowo zalewanego i odsłanianego przez pływy;

▶ **wybrzeża koralowe** – powstałe w wyniku rozwoju koralowców; wśród nich wyróżnia się: rafy przybrzeżne (występujące bezpośrednio przy brzegu), rafy barierowe (oddzielone od brzegu laguną) oraz atole.

Powstawanie atolu

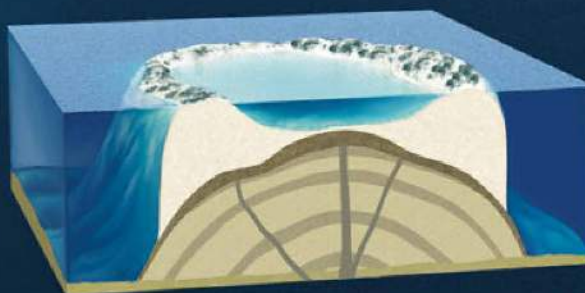
Atole to pierścienie raf koralowych, które pozostają na powierzchni po zapadnięciu się niewielkich wysp wulkanicznych. Powstają w ciepłych morzach strefy międzyzwrotnikowej, gdzie rozwojowi raf (podwodnych form utworzonych przez szkielety osiadłych kolonijnych organizmów morskich) sprzyjają wysoka temperatura wód (18–34°C) oraz zasolenie na poziomie 27–38‰.



Wokół wulkanicznej wyspy tworzy się rafa przybrzeżna.



Gdy koralowce się rozrastają, wyspa zapada się pod ich ciężarem. Z czasem znika pod powierzchnią oceanu.



Kiedy wyspa całkowicie się zanurzy, na powierzchni pozostaje jedynie pierścień rafy zwany atolem.



Spojrzenie z bliska



Palce Boga

W północno-wschodniej części Grecji, w okolicy Salonik, leży Półwysep Chalcydycki. Ze względu na charakterystyczny trójpalczasty kształt bywa on nazywany palcami Boga. Te trzy palce wyciągnięte w stronę Morza Egejskiego to nic innego jak trzy mniejsze półwyspy (Athos, Sithonia i Kasandra). Odnaczają się one bardzo dużym urozmaicheniem linii brzegowej – przy niewielkiej powierzchni (ok. 3 tys. km²) długość linii przekracza 500 km, co jest porównywalne z długością całego polskiego wybrzeża. Położony najdalej na wschód półwysep Athos jest najbardziej górzysty i ma największe wysokości bezwzględne (najwyższy szczyt wznosi się na wysokość 2033 m n.p.m.). Strome góry opadają wprost do morza, dlatego w wielu miejscach występują tam wybrzeża klifowe. Środkowy półwysep, Sithonia, również jest górzysty – wysokości wzniesień przekraczają 600–700 m n.p.m. Dominują tam skaliste brzegi, ale nie brak też piaszczystych i żwirowych plaż. Najdalej na zachód leży półwysep Kasandra. Brzeg jest tam w przeważającej części płaski, bez większych zatok, a plaże są na ogół piaszczyste.



Klify na półwyspie Athos osiągają miejscami kilkadziesiąt metrów wysokości i stanowią końcowe fragmenty stoków górskich.



Zadania

1. Opisz, na czym polega niszcząca działalność morza.
2. Wyjaśnij znaczenie terminów: *faleza*, *rewa*, *wał burzowy*, *lido*, *laguna*, *kosa*.
3. Wymień i opisz trzy formy powstałe w wyniku akumulacyjnej działalności morza.
4. Przedstaw proces powstawania atolu.
5. Omów różnice między wybrzeżem fiordowym a wybrzeżem szkierowym.

Podsumowanie

- Procesy zewnętrzne kształtujące powierzchnię Ziemi to:
 - **erozja** (niszczenie podłoża),
 - **transport** materiału skalnego,
 - **akumulacja** (osadzanie materiału).
- Dwa główne typy wietrzenia to: **wietrzenie mechaniczne** (fizyczne) i **wietrzenie chemiczne**. Produktem wietrzenia jest **zwietrzelina**.
- **Wietrzenie mechaniczne** polega na rozluźnianiu połączeń między minerałami budującymi skałę bez zmiany jej składu chemicznego. Najczęściej wyróżnia się **wietrzenie termiczne**, **wietrzenie ilaste**, **wietrzenie mrozowe** i **wietrzenie solne**.
- **Wietrzenie chemiczne** obejmuje procesy rozkładu polegające na zmianie składu chemicznego skał pod wpływem wody i rozpuszczonych w niej związków chemicznych. Zachodzi ono głównie na skutek **rozpuszczania**, **utleniania**, **uwadniania** i **uwęglanowienia**.
- **Wietrzenie biologiczne** jest efektem aktywności życiowej organizmów.
- **Ruchy masowe** polegają na przemieszczaniu się materiału skalnego pod wpływem siły ciężkości (grawitacji). Podstawowymi rodzajami tych ruchów są: **obrywanie**, **osuwanie**, **odpadanie**, **spęływanie** oraz **spływanie**.
- Ruchy masowe mogą być wywołane czynnikami przyrodniczymi (np. nasączeniem zwietrzeliny wodą, podcięciem stoku przez erozję, trzęsieniem ziemi) lub antropogenicznymi (np. wylesieniami, drganiami gruntu wywołanymi przez komunikację, budową dróg na stromych stokach lub intensywną działalnością rolniczą).
- Budowa geologiczna podłoża, rzeźba terenu i ruchy masowe w znacznym stopniu wpływają na gospodarowanie, np. wytyczanie dróg czy wznoszenie budynków.
- Aby zapobiegać ruchom masowym lub minimalizować ich następstwa, stabilizuje się stoki (np. poprzez nasadzanie roślinności) i zabezpiecza budowle (np. osłania się je palisadami).
- **Krasowienie** jest procesem rozpuszczania skał (np. węglanowych) przez wodę przy udziale roztworu kwasu węglowego H_2CO_3 .
- Tempo rozpuszczania skał zależy głównie od: ilości wody opadowej, ilości dwutlenku węgla rozpuszczonego w wodzie, temperatury wody, pokrywy roślinnej i glebowej, rodzaju skały oraz ukształtowania terenu.
- Formy krasu powierzchniowego to między innymi **mogoty**, **polja**, **żłobki krasowe**, **lejki krasowe**, **ponory**, **wywierzyska** i **uwały**.
- Efektem krasowienia pod powierzchnią ziemi są **jaskinie**, w których występują na przykład **stalaktyty**, **stalagmity**, **stalagnaty**, **draperie** i **misy martwicowe**.
- W profilu podłużnym rzeki wyróżnia się trzy charakterystyczne odcinki: **bieg górny**, **bieg środkowy** i **bieg dolny**.
- W biegu górnym rzeki dominuje **erozja wgłębna**, czyli pogłębianie dna rzeki, której efektem jest powstawanie **V-kształtnej doliny rzecznej**. W tym samym odcinku rzeki zachodzi **erozja wsteczna**, która prowadzi do powstania **wodospadów**.
- W środkowym biegu rzeki dominuje **erozja boczna**. Towarzyszy jej **akumulacja** materiału skalnego niesionego przez rzekę. W wyniku tych procesów powstają **meandry** (zakola rzeczne) i **starorzecza**.
- W dolnym biegu rzeki następuje głównie **akumulacja** niesionego materiału. Osady nagromadzone przez rzekę są nazywane **aluwiami**. Rozwijają się na nich żyzne gleby aluwialne – **mady**.
- Wyróżnia się dwa główne typy ujść rzecznych: **deltę** oraz **estuarium** (ujście lejkowate).
- **Delta** tworzy się tam, gdzie morze, do którego uchodzi rzeka, jest płytkie i nie występują w nim silne prądy przybrzeżne. Rzeka przynosi więcej materiału niż mogą usunąć fale i prądy przybrzeżne.
- **Estuarium** (ujście lejkowate) powstaje wtedy, gdy rzeka wpada do morza, w którym występują duże pływy lub prądy przybrzeżne niepozwalające na akumulację osadów rzecznych.
- Działalność lodowców górskich i lądolodów może być **niszcząca** (erozyjna), **transportująca** lub **budująca** (akumulacyjna).

- **Erozja lodowcowa** polega na niszczeniu podłoża przez przesuwające się masy lodu. Intensywność tego procesu zależy między innymi od grubości pokrywy lodowej oraz ilości transportowanego materiału skalnego.
- Podstawowe rodzaje erozji lodowcowej to: **detrakcja**, **detersja** i **egzaracja**.
- Efektami erozyjnej działalności lodowców górskich są: **doliny U-kształtne** (żłoby lodowcowe), **kotły lodowcowe** (cyrki lodowcowe), **barańce** (mutony), **doliny zawieszone**, **rysy lodowcowe** i **wygłądy lodowcowe**.
- **Morena** to materiał skalny różnej wielkości, który jest zdzierany z podłoża, a następnie transportowany przez lodowiec.
- W efekcie budującej działalności lodowców górskich powstają: **morena denna**, **morena boczna**, **morena środkowa** i **morena czołowa**.
- W wyniku działalności lądolodów powstaje **krajobraz glacialny**. Jeśli formy polodowcowe uległy znacznemu przekształceniu, mówi się o krajobrazie **staroglacialnym**, a jeśli są wyraźne i dobrze zachowane – o **młodoglacialnym**.
- **Formami glacialnymi** powstałymi w wyniku działalności lodu lodowcowego są między innymi: **moreny czołowe**, **moreny denne** i **głazy narzutowe** (eratyki).
- **Formy fluwioglacialne** powstały w wyniku niszczącej i budującej działalności wód pochodzących z topniejącego lądolodu. Formami erozyjnymi są **rynny podlodowcowe** i **pradoliny**, a formami akumulacyjnymi – **sandry**, **kemy**, **ozy** i **drumliny**.
- **Korazja** to rysowanie, polerowanie, ścieranie i drażnienie skał przez twarde ziarna mineralne unoszone przez wiatr. W jej efekcie tworzą się między innymi: **graniaki wiatrowe**, **grzyby skalne** i **bruzdy korazyjne**.
- **Deflacja** polega na wywiewaniu luźnego materiału skalnego, np. piasku. W wyniku tego procesu powstają na przykład **misy deflacyjne**, **ostańce deflacyjne** i **bruk deflacyjny**.
- Intensywność procesów eolicznych zależy od: kierunku, częstości występowania oraz prędkości wiatru, podatności podłoża na wywiewanie i ścieranie, warunków klimatycznych oraz działalności człowieka.
- Rzeźbotwórczą działalność wiatru określa się mianem **procesów eolicznych**. Działalność wiatru może być niszcząca (erozyjna), transportowa lub budująca (akumulacyjna).
- W zależności od kierunku i siły wiatru, ilości piasku, wilgotności oraz obecności roślin powstają różne rodzaje wydmy, np. **barchany**, **wydmy paraboliczne**, **wydmy gwiaździste**, **wydmy poprzeczne** i **wydmy podłużne**.
- Do form powstałych wskutek **akumulacji eolicznej** należą: **ripplemarki** i **wydmy**.
- Działalność wiatru może prowadzić do powstania rozległych **pokryw lessowych**. Na pokrywach lessowych wytworzyły się jedne z najżyźniejszych gleb na świecie – **czarnoziemy**.
- Ze względu na materiał skalny występujący na pustyni wyróżnia się między innymi **pustynie piaszczyste**, **pustynie żwirowe**, **pustynie kamieniste** (skaliste) oraz **pustynie ilaste**.
- Na intensywność niszczącej działalności wód morskich wpływają między innymi: siła fal uderzających o brzeg, wysokość fal, pływy i rodzaj skał budujących wybrzeże.
- Działalność wód morskich może być **niszcząca** lub **budująca**.
- Efekty **budującej działalności fal morskich** obserwuje się przede wszystkim na wybrzeżach niskich. Powstają tam między innymi: **plaże**, **wały brzegowe** i **mielizny** (rewy).
- Niszczącą działalność wód morskich zachodzącą na wybrzeżach wysokich określa się mianem **abrazji**. Przejawem tego procesu jest podcinanie stromego brzegu morskiego nazywanego **klifem**.
- W wyniku akumulacyjnej działalności **prądów przybrzeżnych** powstają wąskie półwyspy – **mierzeje** i **kosy**.
- **Mierzeja** to piaszczysty wał odcinający wody zatoki od pełnego morza, który przyrasta do lądu z obu stron zatoki lub nierównego brzegu.
- Ze względu na genezę najczęściej wyróżnia się wybrzeża: **fiordowe**, **szkierowe**, **riasowe**, **dalmatyńskie**, **limanowe**, **lagunowe** i **zalewowo-mierzejowe**.
- Pod wpływem działalności organizmów powstają między innymi **wybrzeża namorzynowe** i **wybrzeża koralowe** (np. rafy koralowe i atole).



- 1** Wyjaśnij, czym jest wietrzenie biologiczne.
Podaj dwa przykłady tego procesu. (0–2 p.)

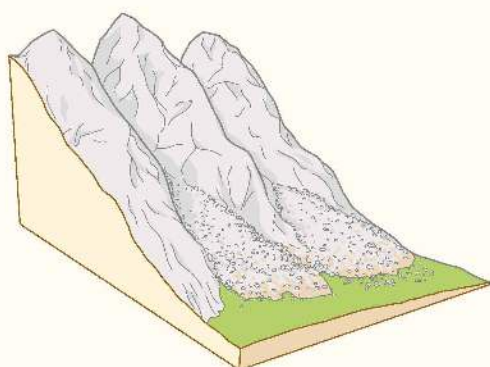
- 2** Na fotografii przedstawiono formę terenu.
Podaj jej nazwę oraz nazwę rodzaju wietrzenia fizycznego, który doprowadził do jej powstania. (0–2 p.)



- 3** Wybierz dwa czynniki decydujące o tempie ruchów masowych. (0–2 p.)

- A. Ciśnienie atmosferyczne.
- B. Faza Księżyca.
- C. Nachylenie stoku.
- D. Przeważający kierunek wiatru.
- E. Wilgotność zwietrzliny.
- F. Ekspozycja zbocza.

- 4** Na podstawie ilustracji wykonaj polecenia. (0–3 p.)



- a) Zapisz nazwę ruchu masowego, którego następstwo przedstawiono na ilustracji.
- b) Wyjaśnij, na czym polega ten proces.
- c) Wymień dwa jego skutki.

- 5** Wybierz wyrażenia, w których opisano sposoby zapobiegania ruchom masowym. (0–2 p.)

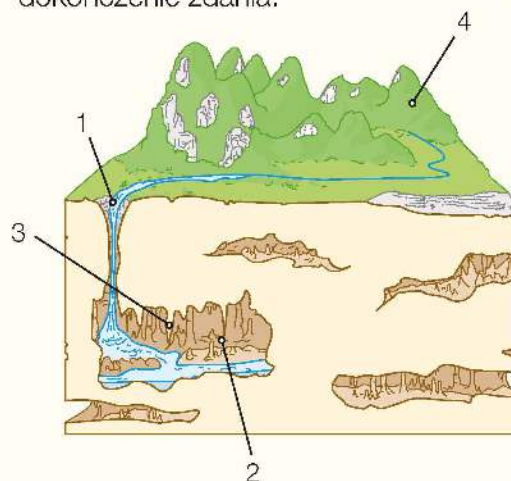
stabilizowanie stoków za pomocą siatek geotechnicznych, wylesianie, zabezpieczanie budowli murami oporowymi, intensywna działalność rolnicza, budowa dróg na stromych stokach

- 6** Wybierz poprawne dokończenie zdania. (0–1 p.)

Krasowienie to proces

- A. zachodzący na skutek powtarzającego się zamarzania i rozmarzania wody wypełniającej pory i szczeliny skalne.
- B. powodowany pęcznieniem kryształków soli obecnych w szczelinach i porach skalnych.
- C. rozpuszczania skał węglanowych, siarczanowych oraz chlorkowych przy udziale roztworu kwasu węglowego.
- D. polegający na osadzaniu materiału skalnego na dnie rzeki.

- 7** Na schemacie numerami 1–4 oznaczono wybrane formy krasowe. Wskaż poprawne dokończenie zdania. (0–1 p.)



Ponor i mogot oznaczono odpowiednio numerami

- A. 1 i 2.
- B. 2 i 3.
- C. 3 i 4.
- D. 1 i 4.

- 8** Napisz w zeszycie, w jaki sposób powstają wodospady. (0–1 p.)

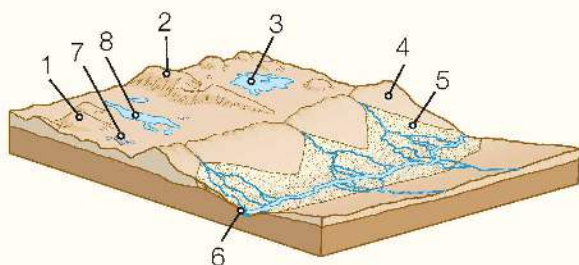
- 9 Przerysuj tabelę do zeszytu, a następnie wpisz we właściwych miejscach podane niżej określenia. (0–3 p.)

erozja boczna, duży, akumulacja, średni, żwiry i otoczaki, piaski i muły, erozja wsteczna, starorzecza, meandry

	Górny bieg rzeki	Środkowy bieg rzeki	Dolny bieg rzeki
Dominujący proces rzeźbotwórczy	erozja wglębna	?	?
Spadek rzeki	?	?	mały
Rodzaj osadów rzecznych	?	ziarna kwarcu, iły	?

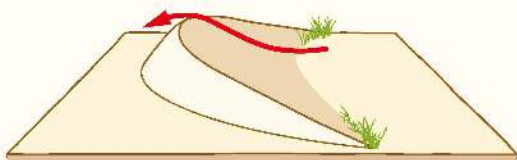
- 10 Opisz w zeszycie sposób powstawania delt. (0–1 p.)

- 11 Na schemacie numerami 1–8 zaznaczono wybrane formy glacialne. Wskaż podpunkt, w którym zostały poprawnie podpisane. (0–1 p.)



- A. 1 – drumlin, 2 – oz, 5 – sandr, 8 – rynna podlodowcowa.
 B. 2 – rynna podlodowcowa, 4 – morena czołowa, 6 – pradolina.
 C. 1 – kem, 3 – jezioro wytopiskowe, 5 – morena czołowa, 7 – eratyk.
 D. 2 – drumlin, 4 – sandr, 6 – pradolina, 8 – rynna podlodowcowa.

- 12 Na poniższej ilustracji przedstawiono jeden z rodzajów wydmy. Zapisz w zeszycie jego nazwę oraz podaj warunek, który musi być spełniony, aby taka wydma powstała. (0–2 p.)



- 13 Na mapie zaznaczono dwa fragmenty wybrzeża Morza Bałtyckiego. Wskaż poprawne dokończenie zdania. (0–2 p.)



Na mapie zaznaczono wybrzeża

- A. dalmatyńskie i szkierowe.
 B. fiordowe i limanowe.
 C. szkierowe i zalewowo-mierzejowe.
 D. zalewowo-mierzejowe i fiordowe.

- 14 Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Wybierz P, jeśli informacja jest prawdziwa, lub F, jeśli jest fałszywa. (0–2 p.)

1.	Deflacja polega na wywieśnianiu cząstek mineralnych z powierzchni zbudowanych z luźnych skał.	P	F
2.	Korazja polega przede wszystkim na powstawaniu bruku deflacyjnego.	P	F
3.	Wskutek akumulacji eolicznej powstają między innymi ripplemarki.	P	F
4.	Działalność wiatru nie prowadzi do powstania rozległych pokryw lessowych.	P	F

Sprawdź w kluczu odpowiedzi, które zadania udało Ci się rozwiązać poprawnie. Następnie oblicz uzyskany przez siebie procent ogólnej liczby punktów.

Sposób na zadania

Zadanie 1. (0–1)

Na fotografiach przedstawiono dwa typy krajobrazu.



Przyporządkuj każdej fotografii po trzy elementy środowiska przyrodniczego (A–H) charakterystyczne dla danego typu krajobrazu.

Nazwy elementów środowiska przyrodniczego do wyboru:

- A. polje
- B. wydmy
- C. moreny czołowe
- D. jaskinie
- E. jeziora przybrzeżne
- F. skałki ostańcowe
- G. mierzeje
- H. jeziora rynnowe

Czynność do wykonania

Czasownik *przyporządkuj* oznacza, że należy dopasować do siebie właściwe informacje, np. pojęcia, cechy, opisy czy dane. Zwykle w zadaniach z tym czasownikiem trzeba wybrać właściwe informacje spośród większej liczby podanych.

Praktyczne rady

Zauważ, że na fotografiach przedstawiono bardzo odmienne krajobrazy. Przeczytaj nazwy wymienionych elementów środowiska przyrodniczego. Przypomnij sobie, jakie procesy są odpowiedzialne za ich powstanie.

Wykonanie zadania rozpocznij od przyporządkowania tych elementów środowiska, co do których nie masz wątpliwości, że są charakterystyczne dla danego typu krajobrazu. Następnie wyeliminuj te, które z pewnością nie występują w żadnym z nich.

Odpowiedź: 1 – A, D, F; 2 – B, E, G.

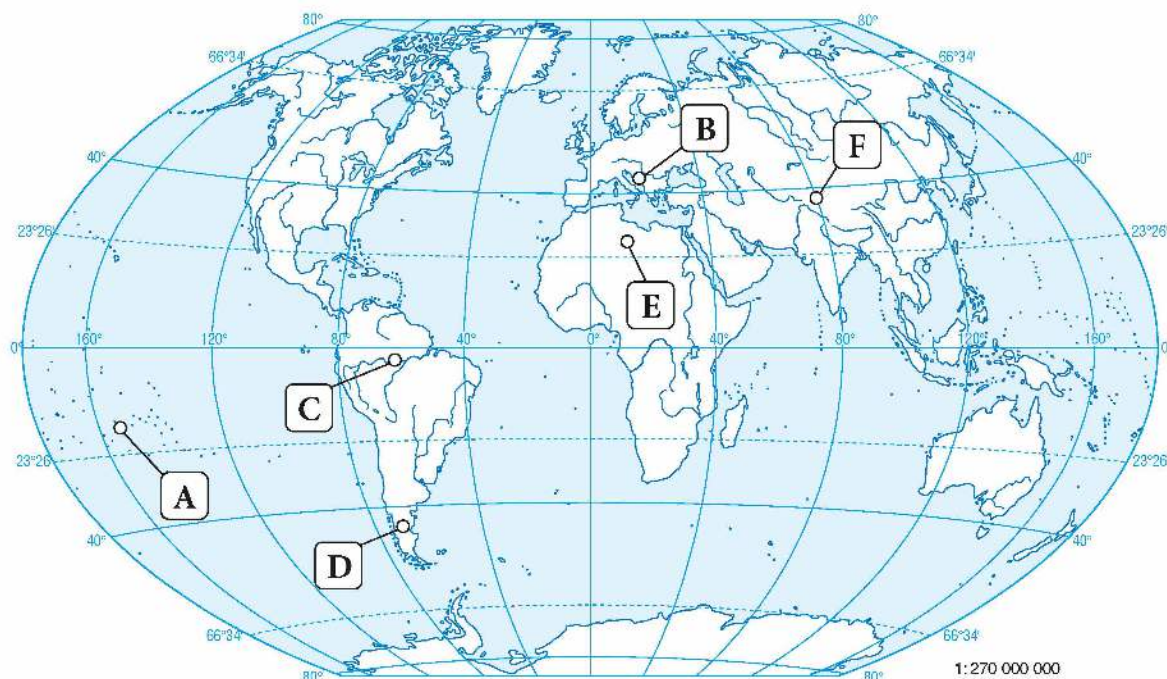
Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE



Zadanie 1.

Na mapie oznaczono literami wybrane krainy geograficzne, a na fotografiach przedstawiono obiekty geograficzne charakterystyczne dla niektórych z tych krajin.



1.

2.

3.

4.



Zadanie 1.1. (0–2)

Przyporządkuj każdej fotografii nazwę krainy geograficznej wybraną spośród wymienionych poniżej oraz literę, którą oznaczono tę krainę na mapie.

Nazwy krajin geograficznych do wyboru:

Patagonia, Dalmacja, Bora-Bora, Sahara, Himalaje, Nizina Amazonki.

Zadanie 1.2. (0–1)

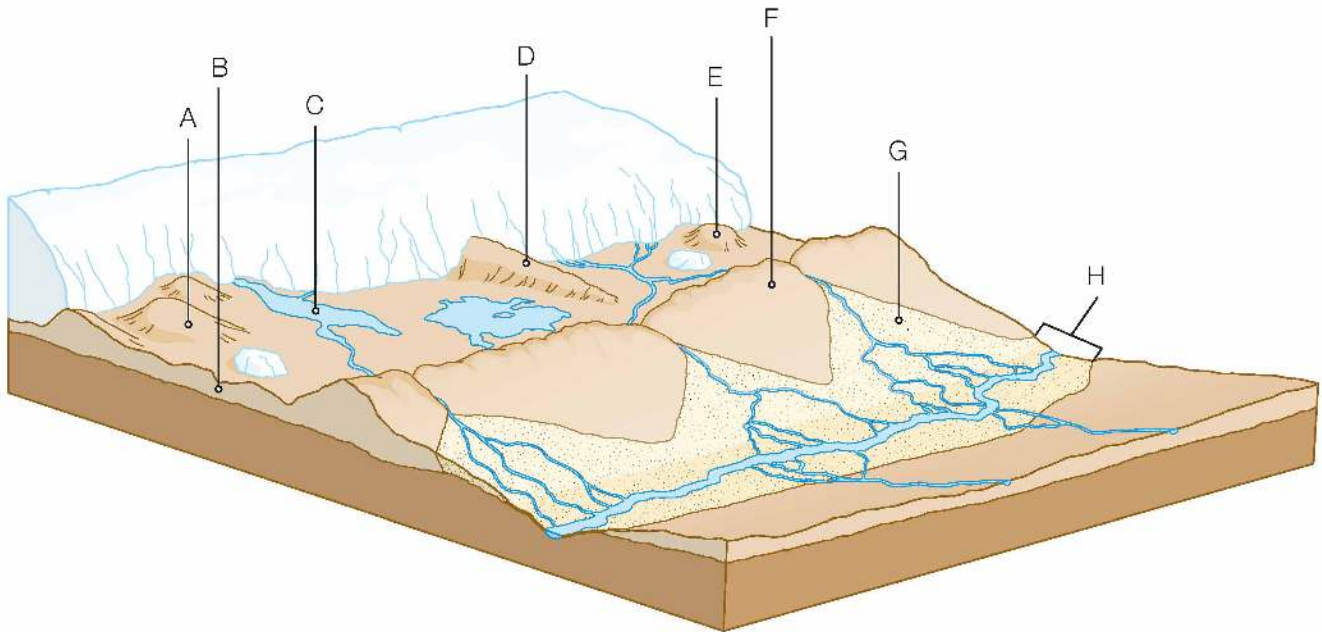
Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź 1 lub 2 oraz jej uzupełnienie A lub B.

Na fotografii nr 1 przedstawiono wybrzeże

1.	koralowe,	które powstało w wyniku	A.	zapadnięcia się wyspy wulkanicznej.
2.	limanowe,		B.	zalania doliny polodowcowej przez morze.

Zadanie 2.

Na ilustracji oznaczono literami wybrane formy glacialne oraz fluwioglacialne.



Zadanie 2.1. (0–1)

Przyporządkuj każdej literze z ilustracji nazwę odpowiedniej formy terenu.

Nazwy form terenu do wyboru:

morena czołowa, morena denną, morena boczna, muton, oz, kem, drumlin, sandr, pradolina, rynn podlodowcowa

Zadanie 2.2. (0–1)

Przyporządkuj wymienionym w tabeli rodzajom działalności lądolodów odpowiednie formy terenu oznaczone na ilustracji. Wpisz we właściwych kolumnach ich nazwy.

Formy glacialne	Erozyjne formy fluwioglacialne	Akumulacyjne formy fluwioglacialne
?	?	?

Zadanie 2.3. (0–1)

Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, albo F – jeśli jest fałszywa.

1.	Typowymi elementami krajobrazu młodoglacialnego są jeziora rynnowe.	P	F
2.	Pradoliny biegną prostopadle do czoła lądolodu.	P	F
3.	Ozy mogą mieć nawet kilkaset kilometrów długości.	P	F
4.	Eratyki to pagórki, których jeden stok jest bardzo stromy, a drugi – łagodny.	P	F



VII. Pedosfera i biosfera

To było w szkole podstawowej!

- ✓ Na kuli ziemskiej występują różne typy gleb, np. gleby bielcowe, gleby brunatne, mady oraz czarnoziemy.
- ✓ Układ stref krajobrazowych na Ziemi wiąże się ściśle z rozmieszczeniem stref klimatycznych.



Powstawanie gleb

Na tej lekcji dowiesz się: czym jest gleba i z jakich poziomów się składa ■ jak przebiegają główne procesy glebotwórcze ■ od jakich czynników zależą procesy glebotwórcze ■ czym są żyzność i urodzajność gleby.

W powłoce glebowej Ziemi – pedosferze – żyje wiele organizmów. Jej najważniejszą funkcją jest dostarczanie roślinom składników odżywczych, które są niezbędne do ich rozwoju. Dlatego właśnie gleba należy do najcenniejszych bogactw naturalnych naszej planety.

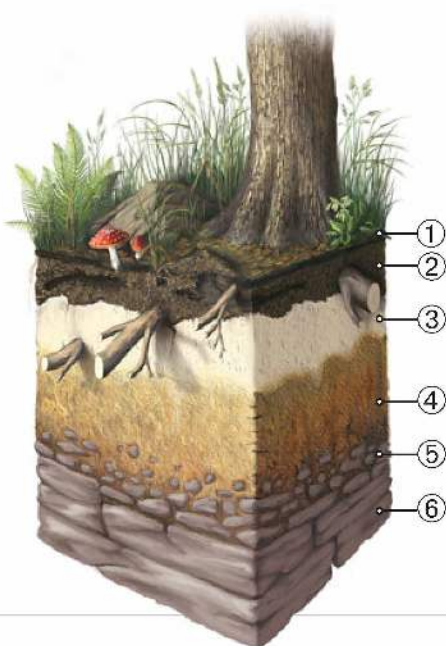
■ Gleba i jej składniki

Gleba to zewnętrzna powłoka skorupy ziemskiej o grubości od kilkunastu centymetrów do kilku metrów. Składa się z wielu pierwiastków, jednak tylko kilka z nich odgrywa istotną rolę w życiu i rozwoju roślin. Do tych pierwiastków należą azot, fosfor, potas, wapń, magnez, siarka i żelazo.

Składniki gleby występują w trzech stanach skupienia: stałym, ciekłym i gazowym. Ponieważ te stany skupienia są nazywane fazami, mówi się o **trójfazowym układzie gleby**. **Faza stała** gleby obejmuje cząstki mineralne, czyli okruchy skał i minerałów, oraz cząstki organiczne (mniej lub bardziej rozłożone szczątki roślinne i zwierzęce oraz organizmy żyjące w glebie). **Faza ciekła** gleby to woda, w której są rozpuszczone związki mineralne i organiczne. Z kolei **fazę gazową** stanowi powietrze glebowe będące mieszaniną gazów i pary wodnej. Poszczególne fazy gleby, w zależności od jej typu, występują w różnych proporcjach.

Poziomy glebowe

Każda gleba składa się z warstw nazywanych **poziomami glebowymi**. Wykształcają się one wskutek ciągłego przemieszczania się składników mineralnych i organicznych. Poziomy glebowe różnią się między innymi składem chemicznym, barwą, rozmiarem ziaren mineralnych oraz zawartością materii organicznej. W zależności od typu gleby zalegają też na różnych głębokościach.



- ① **Ściółka** – płytka warstwa słabo rozłożonych substancji organicznych, m.in. liści i traw.
- ② **Poziom próchniczny** – zachodzi w nim proces rozkładu materii organicznej, w którego wyniku powstaje próchnica (rozłożona substancja organiczna będąca źródłem składników odżywczych pobieranych przez rośliny); grubość tego poziomu decyduje o żyzności gleby.
- ③ **Poziom wymywania** (eluwialny) – tu kwasy organiczne rozpuszczają niektóre substancje mineralne i razem z wodą opadową wypłukują je do poziomów położonych niżej.
- ④ **Poziom wmywania** (iluwialny) – osadzają się w nim związki wymyte z wyższych poziomów; to najbogatsza w związki chemiczne warstwa gleby.
- ⑤ **Zwietrzelina skały macierzystej**.
- ⑥ **Skała macierzysta** – niezmięknięta część podłoża skalnego, która nie uległa procesom glebotwórczym.

■ Procesy glebotwórcze

Gleba powstaje w wyniku długotrwałych i złożonych procesów fizycznych, fizykochemicznych, chemicznych i biologicznych. Są one nazywane **procesami glebotwórczymi**.

W trwającym niekiedy tysiące lat procesie powstawania gleby najczęściej wyróżnia się trzy etapy:

- ▶ wietrzenie skał,
- ▶ akumulację i przekształcanie materii organicznej,
- ▶ zaawansowane procesy glebotwórcze.

Wietrzenie skał prowadzi do ich rozpadu na coraz drobniejsze okruchy oraz do zmiany składu chemicznego przypowierzchniowych warstw skalnych. W wyniku tych procesów zwiększają się porowatość, przepuszczalność i przewodność gruntu oraz są uwalniane pierwiastki niezbędne do rozwoju roślin. Dzięki temu mogą rozwijać się mikroorganizmy, mchy i porosty, które dostarczają glebie składników odżywczych.

Akumulacja i przekształcanie materii organicznej obejmują:

- ▶ **mineralizację** – przemianę związków organicznych w proste związki mineralne, takie jak dwutlenek węgla, woda czy amoniak;
- ▶ **humifikację** – rozkład obumarłych substancji organicznych przy udziale bakterii i grzybów, w którego wyniku powstaje próchnica (humus).



Gleby o dużej zawartości próchnicy odznaczają się bardzo ciemną barwą.

Dwa pierwsze etapy zachodzą we wszystkich glebach. Z kolei **zaawansowane procesy glebotwórcze** zależą od klimatu, warunków wodnych, szaty roślinnej i rodzaju podłoża skalnego (skały macierzystej). Do procesów tych zalicza się między innymi:

- ▶ **bielicowanie** – wymywanie w głąb gleby związków mineralnych (np. żelaza) i organicznych (np. próchnicy); w wyniku tego procesu powstają dwa poziomy glebowe: bardzo jasny i ubogi w substancje odżywcze poziom wymywania, a pod nim – ciemny, utworzony ze związków mineralnych i organicznych poziom wmywania.
- ▶ **brunatnienie** – stopniowy rozkład złożonych związków chemicznych zawierających glin i krzem (glinokrzemianów); w tym procesie żelazo i glin są uwalniane, a ich związki otaczają cząstki gleby i nadają im brunatną barwę;
- ▶ **płowienie** – wymywanie w głąb gleby składników ilastych, które prowadzi do powstania jasnego poziomu wymywania i utworzenia się pod nim znacznie ciemniejszego poziomu wmywania;
- ▶ **oglejenie** – odtlenianie związków mineralnych znajdujących się w glebie, np. w wyniku nadmiernego jej uwilgotnienia; skutkiem tego procesu jest powstanie gleby o sinoniebieskiej barwie;
- ▶ **ferralityzacja** (lateryzacja) – szybki rozkład szczątków organicznych oraz wypłukiwanie z gleby większości minerałów; ten proces odbywa się w gorącym i wilgotnym klimacie; w jego efekcie w glebie pozostają głównie związki żelaza i glinu nadające jej czerwoną lub czerwonożółtą barwę.

■ Czynniki glebotwórcze

Elementy środowiska geograficznego, które wpływają na rodzaj i tempo procesów glebotwórczych, na skład mineralny gleby oraz na rozwój życia organicznego w glebie, to **czynniki glebotwórcze**. Zostały one opisane w tabeli na następnej stronie.

? Ustal, który z zaawansowanych procesów glebotwórczych wymienionych w tej lekcji nie zachodzi w glebach występujących na obszarze Polski.

Czynniki glebotwórcze oraz ich oddziaływanie

Czynnik glebotwórczy	Opis oddziaływania
Klimat	Najważniejszy czynnik glebotwórczy. Wpływa na sposób i tempo wietrzenia skał oraz na rozwój życia organicznego. Bezpośrednie oddziaływanie klimatu poprzez opady atmosferyczne czy też wiatr może przyczyniać się do niszczenia pokrywy glebowej. Na obszarach odznaczających się dużą ilością opadów gleby są narażone na przemywanie górnych poziomów glebowych i wymywanie z nich ważnych składników odżywczych. Z kolei w klimatach suchych, gdzie parowanie jest większe niż opady, dochodzi do podsiąkania wód gruntowych bogatych w sole mineralne. Prowadzi to do zasolenia gleb.
Skała macierzysta	Decyduje o składzie mineralnym gleby. Zwietrzeliny poszczególnych typów skał dostarczają glebie różnych związków mineralnych. Mają odmienne właściwości mechaniczne, które decydują o ilości powietrza w glebie, przepuszczalności wodnej oraz głębokości zalegania wód podziemnych.
Warunki wodne	Umożliwiają rozwój roślin oraz innych organizmów. Jednak zbyt intensywne opady mogą wypłukiwać z gleby wartościowe składniki i prowadzić do jej zniszczenia. Nadmiar lub niedobór wody decyduje o możliwości wykorzystania poszczególnych typów gleb pod uprawy.
Rzeźba terenu	Decyduje o stabilności pokrywy glebowej oraz wpływa na intensywność degradacji gleby. Najsilniejsze niszczenie gleb zachodzi na obszarach górskich, na stokach o dużym nachyleniu i pozbawionych roślinności. Od rzeźby terenu zależy też grubość zwietrzeliny, a tym samym – głębokość, do której może zachodzić proces glebotwórczy.
Czas	Powstawanie gleby jest procesem długotrwałym. Wyróżnia się w nim kilka stadiów rozwojowych – od gleby inicjalnej aż do gleby dojrzałej. Jednym z głównych czynników zmieniających się w czasie jest klimat.
Rośliny i zwierzęta	Szczątki obumarłych organizmów dostarczają glebie wielu cennych składników. Zwarte pokrywy leśne chronią glebę przed wiatrem, łagodzą warunki klimatyczne, a także zmniejszają ilość wód opadowych dochodzących do gruntu. Systemy korzeniowe roślin stabilizują pokrywę glebową i zapobiegają erozji gleby. Zwierzęta żyjące w glebie (m.in. dżdżownice, krety, myszy) w trakcie rycia korytarzy spulchniają glebę, przez co wpływają na jej strukturę oraz przepuszczalność i przewodność.
Działalność człowieka	Może sprzyjać procesom glebotwórczym lub utrudniać ich przebieg. Na terenach zurbanizowanych rozwój gleb jest praktycznie niemożliwy. Nawożenie oraz stosowanie środków ochrony roślin powoduje zmiany właściwości chemicznych gleb.

■ Żyzność i urodzajność

Oddziaływanie poszczególnych czynników glebotwórczych prowadzi do powstawania gleb o różnej żyzności. **Żyzność** oznacza naturalną zdolność gleby do zaspokajania życiowych potrzeb roślin poprzez dostarczanie im składników pokarmowych, wody i powietrza. Natomiast **urodzajność** to zdolność gleby do zaspokajania

potrzeb roślin, modyfikowana działalnością rolniczą. Jest to inaczej zdolność produkcyjna gleby. Miarą urodzajności są **plony** – ilość plodów rolnych uzyskana z jednostki powierzchni. W wyniku odpowiednich zabiegów agrotechnicznych (m.in. nawożenia i melioracji) nawet mało żyzne gleby mogą stać się urodzajne i dawać wysokie plony.

Zadania

1. Wymień poziomy glebowe, poczynając od tego, który znajduje się najbliżej powierzchni ziemi. Krótko je scharakteryzuj.
2. Wyjaśnij, jaką rolę w procesach glebotwórczych odgrywają klimat oraz podłoże skalne.
3. Podaj znaczenie terminów *próchnica* i *skała macierzysta*.
4. Wyjaśnij, czym różni się żyzność gleby od jej urodzajności.

2

Typy genetyczne gleb

Na tej lekcji dowiesz się: jak klasyfikuje się gleby na kuli ziemskiej ■ czym charakteryzują się główne typy gleb i jaka jest ich przydatność rolnicza.

W efekcie procesów glebotwórczych powstają różne typy genetyczne gleb. Jednym z kryteriów klasyfikacji gleb jest ich występowanie w określonej strefie klimatycznej. Na tej podstawie wydziela się gleby strefowe, gleby śródstrefowe i gleby niestrefowe.

■ Gleby strefowe

Gleby strefowe charakteryzują się występowaniem wyłącznie w obrębie określonej strefy klimatyczno-roślinnej. Z tego powodu ich rozmieszczenie na kuli ziemskiej ma układ pasowy i wykazuje ścisły związek z warunkami klimatycznymi oraz szatą roślinną.

Gleby tundrowe wykształciły się na obszarach o klimacie subpolarnym. Ich rozwój jest ograniczony występowaniem wieloletniej zmarzliny oraz niskiej temperatury powietrza, która hamuje wzrost roślinności. Ze względu na silne uwilgotnienie podłoża, spowodowane wysokim poziomem wód gruntowych, w tych glebach często zachodzi proces oglejenia. Gleby tundrowe mają słabo wykształcony profil, dlatego rzadko się je uprawia.



Gleby bielnicowe charakteryzują się małą zawartością próchnicy.

Gleby bielnicowe są typowe dla obszarów o klimacie umiarkowanym chłodnym. Występują najczęściej na utworach polodowcowych (piaskach, żwirach, glinach lub iłach) w strefie lasów iglastych. Powstają w procesie bielnicowania, który prowadzi do wyraźnego wykształcenia się jasno zabarwionego poziomu wymywania. Mimo że gleby bielnicowe nie należą do gleb żyznych, to w wielu krajach o wysokiej kulturze rolnej stanowią podstawę rozwoju rolnictwa.

Gleby brunatne i gleby płowe występują w strefie klimatu umiarkowanego ciepłego. Tworzą się pod lasami mieszanymi i liściastymi na podłożu zbudowanym z glin, piasków i pyłów. Mają słabo wykształcony poziom wymywania. Brunatne zabarwienie pierwszej z wymienionych gleb to efekt procesu brunatnienia, w którym są uwalniane żelazo oraz glin. Jasna barwa górnych warstw gleb płowych jest z kolei skutkiem procesu płowienia – wymywania ilastych części gleby w głąb jej profilu. Zarówno gleby brunatne, jak i gleby płowe należą do gleb o średniej żyzności, lecz przy odpowiednim nawożeniu dają wysokie plony.



W glebach płowych pod jasnym poziomem wymywania znajduje się wyraźnie ciemniejszy poziom wmywania.

W klimacie umiarkowanym ciepłym występują także **czarnoziemy**. Najczęściej powstają one z utworów lessowych przy udziale roślinności trawiastej. Charakteryzują się bardzo grubym poziomem próchnicznym, dochodzącym nawet do 1 m. Należą do najżyźniejszych gleb na świecie.

Gleby kasztanowe powstają pod pokrywą roślinności trawiastej na obszarach o klimacie umiarkowanym ciepłym suchym, podzwrotnikowym oraz zwrotnikowym suchym. Mają czerwone zabarwienie, ponieważ zawierają tlenki żelaza. Przy odpowiednim nawodnieniu dają wysokie plony.

Szaroziemy, buroziemy i gleby pustynne występują w strefach klimatów podzwrotnikowych i zwrotnikowych, na obszarach o skąpej roślinności, wysokiej temperaturze powietrza i niskich opadach atmosferycznych. Zabarwienie tych gleb wynika z niewielkiej zawartości próchnicy. Często są one zasolone.

Czerwone i czerwonożółte gleby ferralitowe występują w klimacie równikowym wybitnie wilgotnym. Mimo że tworzą się pod bujną roślinnością wiecznie zielonych lasów równikowych, odznaczają się małą zawartością próchnicy. Jest to skutek ferralityzacji, czyli intensywnego przemywania gleby wodą pochodzącą z opadów atmosferycznych (deszczów zenitalnych). Ferralityzacja jest też odpowiedzialna za czerwoną lub czerwonożółtą barwę tych gleb.



Intensywne wypłukiwanie próchnicy przez deszcze sprawia, że czerwone i czerwonożółte gleby ferralitowe są trudne w uprawie.



Czarnoziemy należą do gleb strefowych. Wyjątkową żyzność zawdzięczają bardzo grubej warstwie próchnicznej.

Czerwonoziemy i żółtoziemy powstają pod bujną roślinnością leśną na obszarach o klimacie zwrotnikowym monsunowym, podzwrotnikowym monsunowym lub zwrotnikowym morskim. Duża zawartość związków żelaza lub glinu nadaje tym glebom charakterystyczne czerwone lub żółte zabarwienie. Są glebami trudnymi w uprawie.

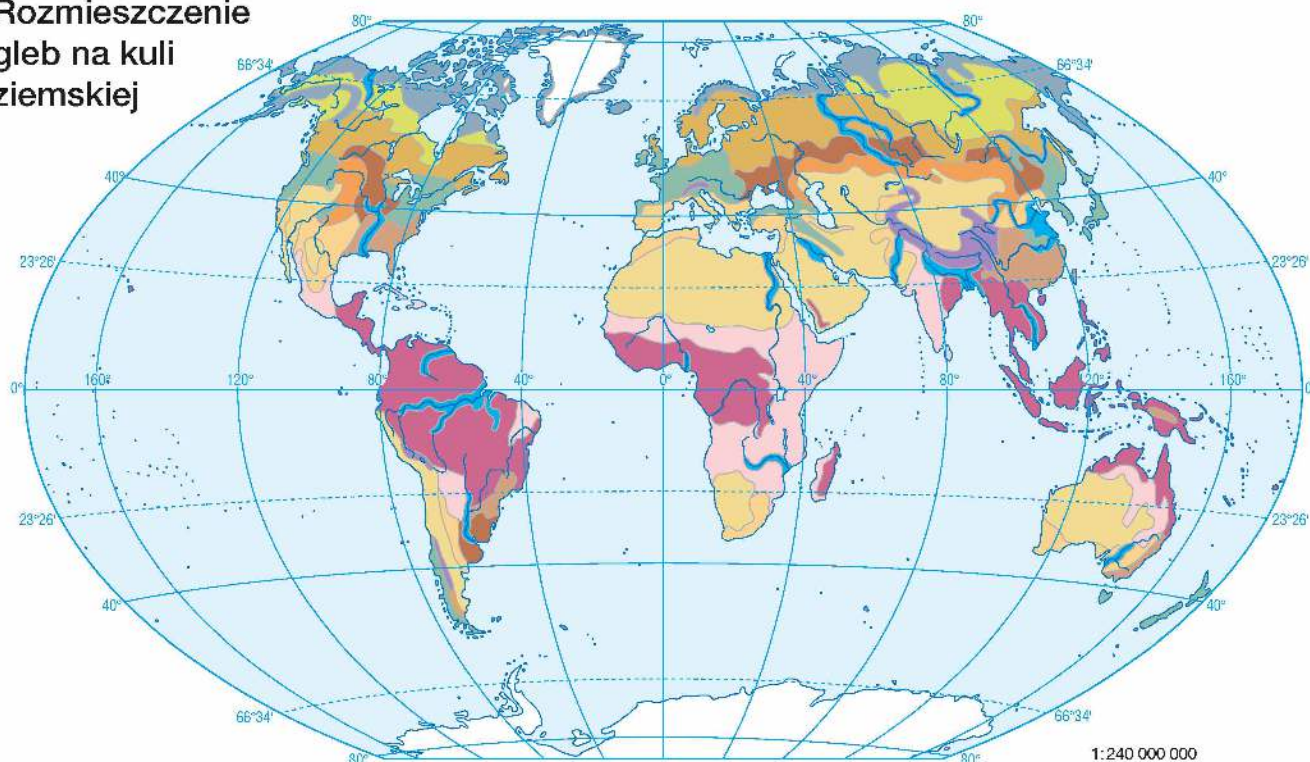
Gleby cynamonowe i terra rossa występują w klimacie podzwrotnikowym śródziemnomorskim na podłożu skał węglanowych. Kształtują się na terenach porośniętych suchymi lasami i zaroślami. Są dość żyzne, lecz podatne na erozję.

Rozmieszczenie gleb na świecie i profile wybranych typów gleb przedstawiono na sąsiedniej stronie.



Nazwa *terra rossa*, oznaczająca w języku włoskim czerwoną ziemię, nawiązuje do jaskrawoczerwonej barwy gleby.

Rozmieszczenie gleb na kuli ziemskiej



Gleby strefowe

- inicyjne gleby arktyczne i gleby tundrowe
- marzłociowe gleby tajgi
- gleby bielcowe i bielice
- gleby brunatne i gleby płowe
- czarnoziemy
- gleby kasztanowe

- czerwonoziemie i żółtoziemie
- gleby cynamonowe
- szaroziemie, buroziemie i gleby pustynne
- czerwone i czerwonożółte gleby ferralitowe
- gleby cynamonowoczerwone i czerwonebure

Gleby śródstrefowe i niestrefowe

- gleby górskie
- mady
- lodowce

Profile wybranych typów gleb



Gleba brunatna.



Gleba cynamonowa.



Mada.



Czarnoziem.



Gleba bielcowa.



Gleba górskie.

■ Gleby śródstrefowe

Rozmieszczenie gleb śródstrefowych zależy głównie od warunków lokalnych, np. wilgotności podłoża czy rodzaju występujących w nim skał. Zasięg ich występowania nie ogranicza się do jednej strefy klimatycznej.

Mady występują w dolinach i deltach rzecznych, gdzie regularnie dochodzi do wezbrań sprzyjających akumulacji mułów, piasków i żwirów. Są to przeważnie gleby żyzne, choć zdarzają się takie ich odmiany, których profil jest słabo wykształcony lub które zawierają mało próchnicy.

Rędziny powstają na skałach węglanowych (np. na wapieniach) lub siarczanowych (np. na gipsach). Ich żyzność może być różna, gdyż zależy od podłoża, na którym się tworzą. Ze względu na liczne odłamki skalne są trudne w uprawie.

Czarne ziemie powstają przy udziale roślinności łąkowej na obszarach o dużej wilgotności (zarośniętych bagien lub jezior). Mają gruby poziom próchniczny. Należą do gleb żyznych, lecz trudnych w uprawie.

Gleby bagienne występują w miejscach, gdzie zwierciadło wód podziemnych zalega płytko pod powierzchnią. Zawierają duże ilości nierozłożonej materii organicznej. Zazwyczaj w profilu tych gleb występuje sinoniebieski poziom glejowy. Mimo że zawierają dużo próchnicy, są mało żyzne.

Gleby wulkaniczne powstają na obszarach występowania skał wulkanicznych, np. na pokrywach bazaltowych oraz na tufach wulkanicznych. Należą do gleb stosunkowo żyznych.



Gleby wulkaniczne charakteryzują się ciemną barwą oraz dużą zawartością próchnicy.



W profilu glebowym mady występują warstwy odpowiadające kolejnym wezbraniom wód.

■ Gleby niestrefowe

Wpływ warunków klimatycznych oraz roślinności na powstawanie gleb niestrefowych jest niewielki. Przykładem takich gleb są **gleby górskie**, które występują na obszarach górskich we wszystkich strefach klimatycznych. Są to gleby inicjalne – słabo wykształcone, o płytkim profilu glebowym. Z reguły wykorzystuje się je pod pastwiska.

Glebami niestrefowymi są też **gleby antropogeniczne** – powstałe w wyniku działalności człowieka. Część gleb tego typu, która jest użytkowana w ogrodach, ogródkach działkowych czy szklarniach, odznacza się dużą zawartością próchnicy i jest bardzo bogata w składniki pokarmowe. Inną grupę gleb antropogenicznych stanowią gleby występujące na obszarach zurbanizowanych i terenach przemysłowych. Są one często silnie zdegradowane.



Gleby antropogeniczne, np. na terenach ogródków działkowych, są zwykle bardzo żyzne.

Jak opisać gleby oraz określić przebieg procesów glebotwórczych zachodzących w okolicy Twojej szkoły?

Aby scharakteryzować gleby występujące w okolicy Twojej szkoły, musisz zebrać informacje o elementach środowiska przyrodniczego wpływających na kształtowanie się gleb i dokonać obserwacji profilu glebowego.

1 Zbierz informacje dotyczące wybranych elementów środowiska przyrodniczego w okolicy Twojej szkoły.

Odszukaj w atlasie geograficznym oraz w innych źródłach (np. na lokalnych stronach internetowych) informacje dotyczące warunków klimatycznych, przeważających typów skał w podłożu oraz szaty roślinnej.

2 Przygotuj się do zajęć terenowych.

Przygotuj narzędzia niezbędne do odsłonięcia i opisu profilu glebowego:

- łopatkę,
- taśmę mierniczą,
- ołówek,
- kartę opisu gleby.

3 Przygotuj odsłonięcie profilu glebowego.

Odszukaj naturalne lub sztuczne odsłonięcie profilu glebowego i w razie potrzeby wyrównaj go łopatką. Pamiętaj o zachowaniu zasad bezpieczeństwa. Unikaj sytuacji, które mogłyby prowadzić na przykład do obsunięcia się ziemi.

4 Scharakteryzuj profil glebowy.

Uzupełnij kartę opisu gleby:

- naszkicuj wzdłuż miarki zasięg poszczególnych warstw w profilu glebowym,
- zapisz informacje dotyczące kolejnych warstw gleby:
 - nazwę,
 - miąższość,
 - głębokość występowania,
 - skład (np. żwir, piasek, glina),
 - barwę,
 - wilgotność (mokra, wilgotna, sucha).

5 Ustal, jaki typ gleby występuje w okolicy Twojej szkoły.

Na podstawie odkrywki oraz ilustracji zamieszczonych w podręczniku na stronie 289 rozpoznaj typ gleby. Opisz procesy glebotwórcze, które wystąpiły na tym obszarze.

Wskazówka

Zwróć uwagę, że najpowszechniejszymi glebami w Polsce są gleby bielcowe i gleby brunatne.

Przykład

W okolicy szkoły przeważają gleby brunatne. Warstwa próchniczna ma miąższość ok. 20 cm, a znajdujący się poniżej poziom brunatnienia – ok. 90 cm. Gleby te powstały w wyniku brunatnienia. Jest to proces typowy dla obszarów o klimacie umiarkowanym ciepłym, w których podłożu znajdują się głównie gliny i piaski. Występują tam lasy liściaste i mieszane.

Karta opisu gleby						
	Nazwa warstwy	Miąższość	Głębokość występowania	Skład	Barwa	Wilgotność
10 cm						
20 cm						
30 cm						
40 cm						
50 cm						
60 cm						
70 cm						
80 cm						
90 cm						
100 cm						
110 cm						
120 cm						
130 cm						
140 cm						
150 cm						

Typ gleby: _____

Karta opisu gleby.



Plantacje cytrusów znajdują się zazwyczaj na glebach żyznych, ale trudnych w uprawie, np. na glebach cynamonowych.



Na obszarach górskich, na których występują gleby inicjalne, najczęstszą formą działalności rolniczej jest wypas zwierząt.

■ Przydatność rolnicza gleb

Przydatność rolnicza poszczególnych typów gleb zależy od ich żyzności i urodzajności. Rozmieszczenie najważniejszych obszarów rolniczych świata pokrywa się na ogół ze strefą występowania czarnoziemów, gleb brunatnych, płowych i kasztanowych. Na tych glebach uprawia się rośliny żywieniowe, np. zboża (zwłaszcza pszenicę, kukurydzę, jęczmień) i ziemniaki, oraz przemysłowe, takie jak buraki cukrowe, bawełnę czy słoneczniki. **Najżyźniejszymi glebami** tej strefy są czarnoziemy odznaczające się bardzo głębokim poziomem próchnicznym. Na glebach brunatnych, płowych i kasztanowych uzyskuje się na ogół także wysokie plony, choć wymaga to stosowania odpowiednich zabiegów agrotechnicznych, np. melioracji. Dotyczy to zwłaszcza gleb kasztanowych, które – jeśli nie są nawadniane – zwykle wykorzystuje się jako naturalne pastwiska.

Do gleb żyznych, ale trudnych w uprawie należą gleby cynamonowe i terra rossa. Podobnie jak gleby kasztanowe są one podatne na erozję i przesuszenie, dlatego często są intensywnie nawożone i nawadniane. Na obszarach,

na których występują, bardzo często uprawia się winorośle, cytrusy oraz drzewa oliwne.

Żyzne, choć wymagające intensywnego nawożenia, są czerwonoziemy i żółtoziemy. Uprawia się na nich między innymi ryż, bataty, herbatę, tytoń, trzcinę cukrową i cytrusy.

Wysoką żyznością odznacza się także większość gleb śródstrefowych. Bardzo przydatne dla rolnictwa są zwłaszcza czarne ziemie oraz większość odmian mad. Wykorzystuje się je pod uprawy najbardziej wymagających roślin, np. pszenicy i buraków cukrowych.

Mało żyzne gleby mogą być wykorzystywane rolniczo jedynie przy bardzo intensywnym nawożeniu. Na przykład na występujących w Polsce glebach bielcowych rosną głównie lasy iglaste. Rolnicze wykorzystywanie niektórych gleb (np. gleb ferralitowych) nie jest opłacalne, ponieważ – mimo zabiegów agrotechnicznych – szybko jałowieją (pogarsza się ich jakość). Są również bardzo podatne na erozję.

Na obszarach, na których występują najmniej żyzne gleby, np. gleby tundrowe, gleby pustynne i gleby górskie, znajdują się głównie pastwiska.

Zadania

1. Wyjaśnij różnicę między glebami strefowymi a glebami śródstrefowymi.
2. Wymień po jednym przykładzie typów gleb występujących w poszczególnych strefach klimatycznych.
3. Podaj pięć przykładów roślin uprawianych na najżyźniejszych glebach kuli ziemskiej.
- * 4. Omów wpływ człowieka na degradację gleb.

3

Strefy roślinne

Na tej lekcji dowiesz się: jakie zależności istnieją między warunkami klimatycznymi, typami gleb i formacjami roślinnymi ■ jakie strefy roślinne występują na kuli ziemskiej ■ od czego zależy pionowe zróżnicowanie roślinności na Ziemi.

Biosfera to jedna z pięciu powłok Ziemi. Obejmuje ona wszystkie organizmy żyjące na naszej planecie, w tym rośliny. Dzięki umiejętności przystosowania się do różnych warunków panujących na naszej planecie rośliny występują niemal na wszystkich jej obszarach.

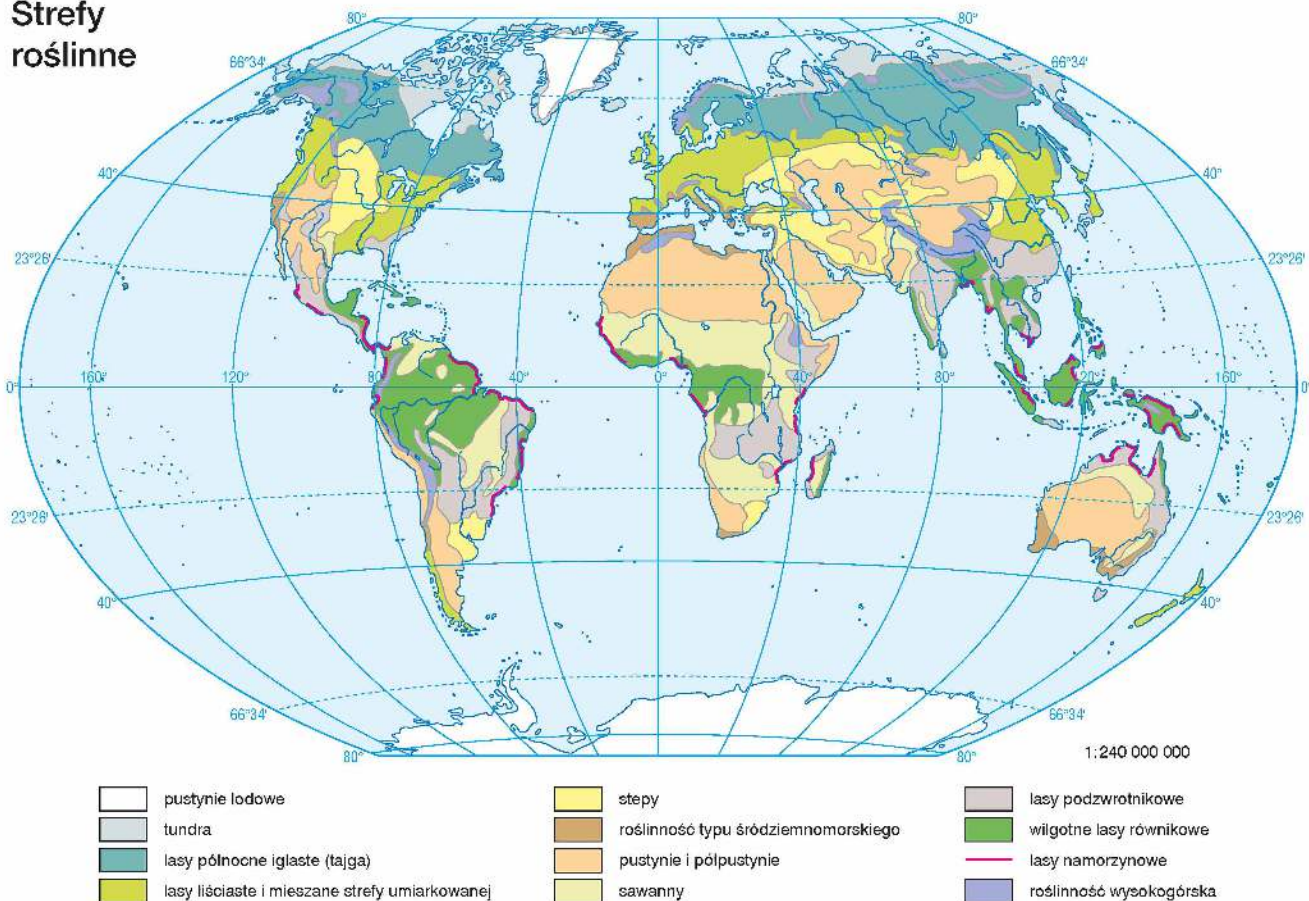
■ Formacje roślinne

Na kuli ziemskiej występuje ogromna liczba formacji (zbiorowisk) roślinnych. Każda z nich ma określone wymagania dotyczące **warunków klimatycznych** (temperatury powietrza, światła, wilgoci) oraz **podłoża glebowego**. Z tego

względu roślinność tworzy na Ziemi charakterystyczne strefy. Ich rozmieszczenie nawiązuje bezpośrednio do rozmieszczenia stref klimatycznych oraz do występowania różnych typów gleb. Roślinność, która wykazuje ściśle powiązanie ze strefami klimatycznymi, jest nazywana **roślinnością strefową**.

Na świecie występuje również roślinność, której rozmieszczenie nie wykazuje związku ze strefami klimatycznymi, lecz ze specyficznymi warunkami występowania. Jest to tak zwana **roślinność astrefowa**. Zalicza się do niej na przykład roślinność wodną, wydmy oraz górską.

Strefy roślinne



? Podaj nazwy stref roślinnych występujących w Europie.

Strefy roślinne na Ziemi

Wilgotny las równikowy

► Klimat

- strefa klimatów równikowych, typ wybitnie wilgotny
- wysokie opady przez cały rok (deszcze zenitalne)

► Roślinność

- najbujniejsza formacja roślinna na Ziemi
- ogromna różnorodność gatunków
- kilka warstw roślinności:
 - wysokie pojedyncze drzewa (np. drzewa kapokowe)
 - drzewa o zwartych koronach (np. hebanowce) z rosnącymi na nich epifitami (np. storczykami)
 - niskie drzewa o grubych pniach oplecionych lianami
 - rośliny cieniolubne, np. krzewy, paprocie i młode drzewa

► Gleby

- czerwonożółte gleby ferralitowe



Las monsunowy i suchy las podrównikowy

► Klimat

- strefa klimatów równikowych, typ wilgotny oraz suchy i wybitnie suchy o odmianie monsunowej
- wyraźnie zaznaczające się pory roku: wilgotna i sucha

► Roślinność

- gatunki gubiące liście w porze suchej (np. drzewa tekowe)
- niższe warstwy zwykle dobrze wykształcone, z przewagą traw (np. bambusów) i drzewiastych paproci
- na bardziej suchych obszarach sucholubne krzewy

► Gleby

- czerwonożółte gleby ferralitowe



Sawanna

► Klimat

- strefa klimatów równikowych, typ wilgotny oraz suchy i wybitnie suchy
- wysoka temperatura powietrza przez cały rok
- dwie pory roku: sucha i deszczowa

► Roślinność

- twarde, sucholubne trawy oraz pojedyncze drzewa (np. akacje i baobaby)
- im bardziej wilgotny klimat, tym większa liczba drzew

► Gleby

- gleby czerwonożółte
- gleby cynamonowożółte



Pustynia i półpustynia

► Klimat

- strefa klimatów zwrotnikowych, typ suchy i wybitnie suchy
- wysoka temperatura powietrza w dzień, a niska – w nocy
- bardzo niskie sumy opadów

► Roślinność

- skąpa ze względu na niewielką ilość opadów
- głównie roślinność sucholubna (kserofity):
 - sukulenty – rośliny magazynujące wodę w liściach lub łodygach (np. kaktusy, aloesy)
 - sklerofity – rośliny o niewielkich liściach ograniczających powierzchnię parowania lub z rozbudowanym systemem korzeniowym umożliwiającym pobór wody z dużego obszaru
- bujniejsza roślinność jedynie w oazach (na obszarach o płytko zalegających wodach gruntowych)

► Gleby

- szaroziemie
- buroziemie
- gleby pustynne



Roślinność typu śródziemnomorskiego

► Klimat

- strefa klimatów podzwrotnikowych
- gorące i suche lato oraz wilgotna i łagodna zima

► Roślinność

- w dużym stopniu zmieniona w wyniku działalności człowieka (porasta obszary zajęte niegdyś przez lasy podzwrotnikowe)
- głównie wiecznie zielone, twarde liście zarośla (np. oleandry, jałowce, mirty) nazywane makia; jej odpowiedniki to:
 - chaparral [wym. czia'parra] – zarośla z dużym udziałem krzewiastych dębów w Ameryce Północnej,
 - skrub – grubolistne kolczaste zarośla z przewagą eukaliptusów i akacji w Australii.
- charakterystyczne gatunki drzew: dąb korkowy, sosna pinia, drzewo oliwne

► Gleby

- gleby cypranowe



Las podzwrotnikowy

► Klimat

- strefa klimatów podzwrotnikowych i strefa klimatów zwrotnikowych, typ wilgotny
- gorące i suche lato oraz wilgotna i łagodna zima
- duża roczna suma opadów atmosferycznych

► Roślinność

- różny skład gatunkowy na poszczególnych kontynentach: w Ameryce Północnej głównie sekwoje i daglezie, w Ameryce Południowej – araukarie, w Australii – eukaliptusy, a we wschodniej Azji – rododendrony (azalie)

► Gleby

- gleby cynamonowe



Step

► Klimat

- strefa klimatów umiarkowanych, typ ciepły kontynentalny
- gorące lato i mroźna zima
- małe sumy opadów, nieznacznie większe w lecie

► Roślinność

- formacja trawiasta z przewagą kostrzew, ostnic i turzyc
- rozwój drzew ograniczony niewielkimi opadami (rosną jedynie w dolinach rzek)
- inne nazwy stepu:
 - preria (w Ameryce Północnej),
 - pampa (w Ameryce Południowej),
 - puszcza (na Węgrzech)

► Gleby

- czarnoziemy



Lasy liściaste i mieszane, zrzucające liście na zimę

► Klimat

- strefa klimatów umiarkowanych ciepłych, typ morski i przejściowy
- ciepłe, ale niezbyt gorące lato oraz łagodna zima
- opady rozłożone równomiernie w ciągu roku

► Roślinność

- przewaga drzew liściastych zrzucających liście na zimę, np. buków, dębów, grabów, lip, klonów, jesionów i wiązów
- w lesie mieszanym ponadto sosny, świerki i modrzewie
- wrzosowiska

► Gleby

- gleby brunatne i płowe



Tajga

► Klimat

- strefa klimatów umiarkowanych chłodnych (tylko półkula północna)
- krótkie i ciepłe lato oraz długa i mroźna zima
- niewielkie opady

► Roślinność

- przede wszystkim drzewa iglaste: świerk, sosna, jodła i modrzew
- niewielki udział drzew liściastych, głównie brzoza i topoli
- torfowiska

► Gleby

- gleby bielcowe
- marzłociowe gleby tajgi



Tundra

► Klimat

- strefa klimatów okołobiegunowych, typ podbiegunowy
- bardzo krótkie i chłodne lato oraz długa i mroźna zima
- małe sumy opadów
- bardzo silne wiatry

► Roślinność

- głównie mchy, krzewinki oraz porosty
- nieliczne gatunki karłowatych drzew, np. wierzba lapońska i brzoza

► Gleby

- gleby tundrowe



Pustynia lodowa

► Klimat

- strefa klimatów okołobiegunowych, typ biegunowy
- bardzo krótkie i chłodne lato oraz długa i mroźna zima
- małe sumy opadów
- bardzo silne wiatry

► Roślinność

- glony, mchy oraz porosty rosnące na skałach niepokrytych lodem

► Gleby

- inicjalne gleby arktyczne



■ Piętrowe różnicowanie roślinności

Na obszarach górskich roślinność układa się piętrowo. Wiąże się to ze zmianą warunków klimatycznych wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza.

Elementem klimatu wywierającym bardzo duży wpływ na rozwój roślin jest **temperatura powietrza**. Jej wartość spada średnio o $0,6^{\circ}\text{C}$ na każde 100 m wysokości (gradient wilgotno-adiabatyczny) lub o 1°C na 100 m (gradient suchoadiabatyczny). Dlatego im wyżej, tym temperatura powietrza jest niższa, a warunki do rozwoju roślinności są gorsze.

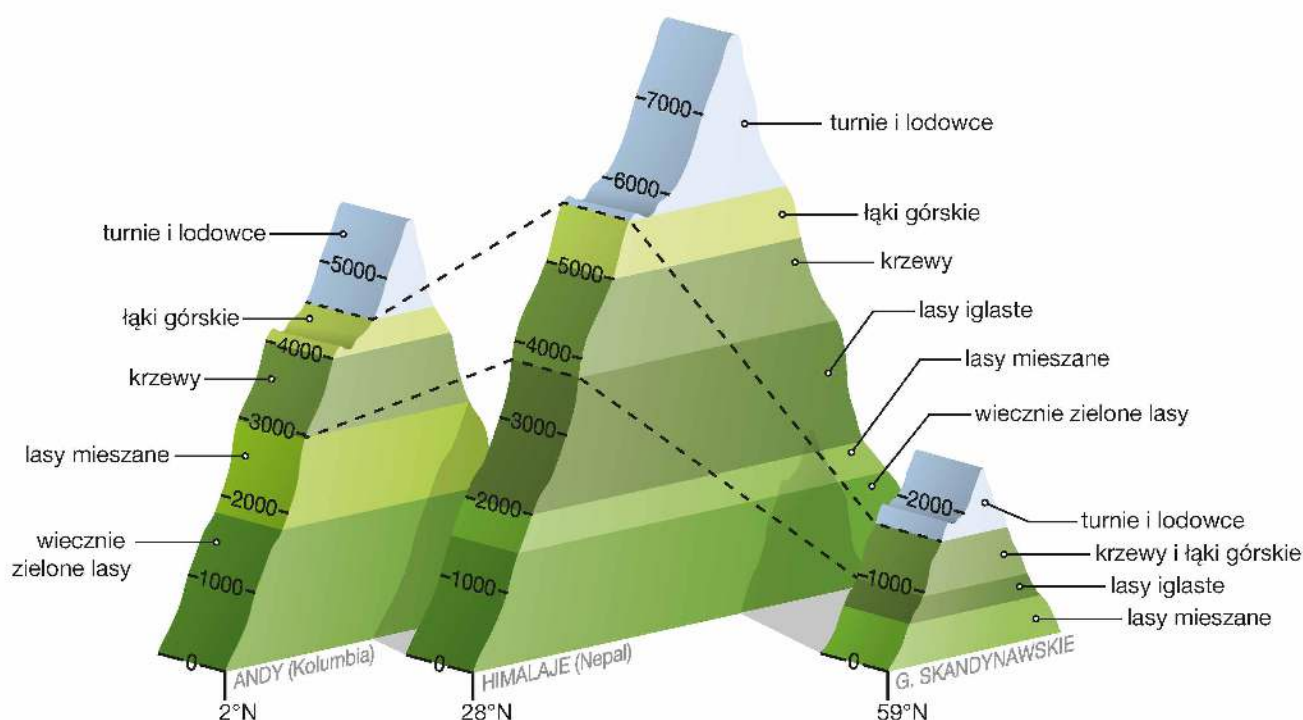
Drugim istotnym czynnikiem jest **występowanie barier orograficznych** (górskich) uniemożliwiających swobodny przepływ mas powietrza. Gdy masy te napotkają barierę górską, wznoszą się i ochładzają. To z kolei prowadzi do powstania chmur deszczowych i wystąpienia opadów, które sprzyjają rozwojowi roślinności. Ta zależność jest szczególnie widoczna w strefie klimatów podzwrotnikowych, gdzie powyżej stepów, na granicy zwiększonych opadów atmosferycznych, rosną lasy. Należy pamiętać, że wzrost sumy opadów występuje tylko do poziomu kondensacji chmur. Powyżej tej wysokości

opady nie występują (między innymi dlatego szata roślinna najwyższych partii gór jest bardzo uboga).

Rozwój roślin w górach zależy też od ekspozycji stoków. Dlatego na przykład granice pięter roślinnych na północnych i na południowych stokach tego samego pasma górskiego są często położone na innej wysokości nad poziomem morza.

Pionowy układ pięter roślinnych w górach jest zbliżony do układu stref klimatycznych na kuli ziemskiej. Kolejne, wyższe piętra są odpowiednikami stref klimatycznych znajdujących się w coraz wyższych szerokościach geograficznych. Piętro najniższe jest najcieplejsze – występujące w nim warunki klimatyczne nie różnią się od tych, które panują na innych obszarach w tej szerokości geograficznej. Najsurowszym klimatem odznacza się piętro najwyższe. Generalnie na obszarach górskich wyróżnia się trzy piętra roślinne:

- ▶ piętro lasów (w Tatrach nazywanych regłami),
- ▶ piętro subalpejskie i alpejskie (karłowate drzewa i krzewy oraz łąki górskie),
- ▶ piętro subniwalne i niwalne (mchy i porosty oraz stale zalegający śnieg).



Te same piętra roślinne w różnych szerokościach geograficznych znajdują się na innej wysokości nad poziomem morza.



Spojrzenie z bliska



Kalahari

Kwitnąca roślinność na Kalahari

Większość obszaru pustyni Kalahari, leżącej w południowej części kontynentu afrykańskiego, pokrywają piaski z wydmiami i miejscowo występującymi twardszymi formacjami skalnymi. Jej północne krańce zajmuje sucha sawanna. Rośliny obecne na Kalahari mogą przetrwać bez opadów nawet kilka lat. Dlatego nawet przy niewielkim deszczu rozkwitają, a pustynia przypomina wiosenną łąkę. Taka sytuacja zdarza się jednak niezwykle rzadko i trwa tylko parę dni. Rośliny, które potrafią gromadzić wodę i przechowywać ją w okresie suchym, to sukulenty. Niektóre z nich magazynują w podziemnych korzeniach, cebulach, bulwach lub kłęczach nawet litr wody.

W okresach wilgotnych część roślin puszcza pąki, które rozkwitają po większych opadach.



Litopsy to sukulenty nazywane również żywymi kamieniami. W okresie suchym bardzo trudno odróżnić je od żwirów i innych drobnych kamieni – jest to ich forma obrony przed zwierzętami. Jednak nawet przy najmniejszych opadach liście litopsów napelniają się wodą, a spośród nich wyrastają promieniste kwiaty o białych lub żółtych płatkach.

Zadania

1. Podaj przyczyny nierównomiernego rozmieszczenia stref roślinnych na Ziemi.
2. Wyjaśnij znaczenie terminów: *sukulent*, *chaparral*, *epifit*, *regiel*.
3. Wskaż dwie różnice występujące między stepem a sawanną.
4. Wymień dwa czynniki decydujące o zróżnicowaniu roślinności w zależności od wysokości nad poziomem morza.

Podsumowanie

- Pedosfera to powłoka glebowa Ziemi będąca miejscem życia wielu organizmów. Jej najważniejszą funkcją jest dostarczanie roślinom niezbędnych składników odżywczych.
- **Gleba** jest zewnętrzną powłoką skorupy ziemskiej o grubości od kilkunastu centymetrów do kilku metrów.
- W skład gleby wchodzi wiele pierwiastków. Najważniejszą rolę w życiu i rozwoju roślin odgrywają: azot, fosfor, potas, wapń, magnez, siarka i żelazo.
- Każda gleba składa się z: cząstek mineralnych, cząstek organicznych, wody i powietrza.
- W każdej glebie występują warstwy nazywane **poziomami glebowymi**. Najważniejsze z nich to:
 - ściółka,
 - poziom próchniczny,
 - poziom wymywania,
 - poziom wmywania,
 - zwietrzelina skały macierzystej,
 - skała macierzysta.
- Gleba powstaje w wyniku długotrwałych i złożonych **procesów glebotwórczych**.
- W procesie powstawania gleby najczęściej wyróżnia się trzy etapy:
 - wietrzenie skał,
 - akumulację i przekształcanie materii organicznej,
 - zaawansowane procesy glebotwórcze.
- **Wietrzenie skał** prowadzi do ich rozpadu na coraz drobniejsze okruchy oraz do zmiany składu chemicznego przypowierzchniowych warstw skalnych. Na skutek tych procesów zwiększają się porowatość, przepuszczalność i przewodność gruntu oraz są uwalniane pierwiastki niezbędne do rozwoju roślin.
- **Akumulacja i przekształcanie materii organicznej** obejmują:
 - **mineralizację** – przemianę związków organicznych w proste związki mineralne, takie jak dwutlenek węgla, woda czy amoniak;
 - **humifikację** – rozkład szczątków obumarłych organizmów przy udziale bakterii i grzybów, w którego wyniku powstaje próchnica (humus).
- **Zaawansowane procesy glebotwórcze** zależą od klimatu, szaty roślinnej i rodzaju podłoża skalnego. Zalicza się do nich między innymi bielicowanie, brunatnienie, płowienie, oglejenie oraz ferralityzację.
- **Belicowanie** polega na wymywaniu w głąb gleby związków mineralnych (np. żelaza) i organicznych (np. próchnicy). Wynikiem tego procesu jest powstanie bardzo jasnego i ubogiego w substancje odżywcze poziomu wymywania, a pod nim – ciemnego poziomu wmywania.
- **Brunatnienie** polega na stopniowym rozkładzie złożonych związków chemicznych zawierających glin i krzem (glinokrzemianów). W tym procesie są uwalniane żelazo i glin, których związki otaczają cząstki gleby i nadają im brunatną barwę.
- **Płowienie** jest procesem polegającym na wymywaniu części ilastych w głąb gleby. W efekcie powstaje jasny (płowy) poziom wymywania, pod którym znajduje się ciemniejsza warstwa wmywania.
- **Oglejenie** to odtlenianie związków mineralnych znajdujących się w glebie na przykład na skutek nadmiernego jej uwilgotnienia. Wynikiem tego procesu jest powstanie gleby o sinoniebieskiej barwie.
- **Ferralityzacja** odbywa się w gorącym i wilgotnym klimacie. W tym procesie dochodzi do szybkiego rozkładu szczątków organicznych oraz wypłukiwania z gleby większości minerałów. W efekcie w glebie zostają głównie związki żelaza i glinu, które nadają jej czerwoną lub czerwonożółtą barwę.
- Rodzaj oraz tempo procesów glebotwórczych, a także skład mineralny i rozwój życia organicznego w glebie zależą od wielu **czynników glebotwórczych**. Najważniejszymi czynnikami glebotwórczymi są:
 - klimat,
 - skała macierzysta,
 - warunki wodne,
 - rzeźba terenu,
 - czas,
 - obecność roślin i zwierząt,
 - działalność człowieka.

- **Żyzność** oznacza naturalną zdolność gleby do zaspokajania życiowych potrzeb roślin poprzez dostarczanie im składników pokarmowych, wody i powietrza.
- **Urodzajność** to zdolność gleby do zaspokajania potrzeb roślin modyfikowana działalnością rolniczą.
- Miarą urodzajności są **plony** – ilość płodów rolnych uzyskana z jednostki powierzchni.
- Ze względu na występowanie w określonych strefach klimatycznych wyróżnia się gleby:
 - strefowe,
 - śródstrefowe,
 - niestrefowe.
- **Gleby strefowe** występują wyłącznie w obrębie określonej strefy klimatyczno-roślinnej. Ich rozmieszczenie na kuli ziemskiej ma układ pasowy i wykazuje ścisły związek z:
 - warunkami klimatycznymi,
 - szatą roślinną.
- Do gleb strefowych należą między innymi: gleby tundrowe, gleby bielcowe, gleby brunatne, gleby płowe, czarnoziemy, gleby kasztanowe, szaroziemie, buroziemy, gleby pustynne, czerwone i czerwonożółte gleby ferralitowe, czerwonoziemy, żółtoziemy, gleby cynamonowe oraz terra rossa.
- **Gleby śródstrefowe** to takie, których rozmieszczenie zależy głównie od warunków lokalnych, np. występowania w podłożu wody lub określonych typów skał.
- Do gleb śródstrefowych należą na przykład: mady, rędziny, czarne ziemie, gleby bagienne i gleby wulkaniczne.
- Warunki klimatyczne i typ roślinności wywierają niewielki wpływ na występowanie gleb niestrefowych. Przykładem takich gleb są gleby górskie i gleby antropogeniczne.
- **Gleby górskie** to gleby inicjalne – są słabo wykształcone i mają płytki profil glebowy.
- **Gleby antropogeniczne** powstały w wyniku działalności człowieka. Są one użytkowane między innymi w ogrodach, ogródkach działkowych i szklarniach. Część gleb antropogenicznych jest silnie zdegradowana.
- **Przydatność rolnicza** gleb jest bardzo zróżnicowana. Zależy ona od ich żyzności i urodzajności.
- Do **najżyźniejszych gleb** należą czarnoziemy, gleby brunatne, gleby płowe, gleby kasztanowe, czarne ziemie oraz większość odmian mad.
- **Mało żyzne gleby** to na przykład: gleby bielcowe, gleby ferralitowe, gleby tundrowe, gleby pustynne i gleby górskie.
- **Biosfera** to sfera obejmująca organizmy na pograniczu pozostałych geosfer.
- Zbiorowiska roślinne tworzą na Ziemi charakterystyczne strefy. Występująca w nich roślinność wykazuje ściśle powiązanie ze strefami klimatycznymi i jest nazywana **roślinnością strefową**.
- Roślinność, której rozmieszczenie nie wykazuje związku ze strefami klimatycznymi, lecz ze specyficznymi warunkami występowania, to **roślinność astrefowa**.
- Do roślinności astrefowej zalicza się na przykład roślinność wodną, wydmową oraz górską.
- Główne strefy roślinne na Ziemi to:
 - wilgotne lasy równikowe,
 - sawanny,
 - pustynie i półpustynie,
 - roślinność typu śródziemnomorskiego,
 - lasy podzwrotnikowe,
 - stepy,
 - lasy liściaste i mieszane, zrzucające liście na zimę,
 - tajga,
 - tundra,
 - pustynie lodowe.
- Na obszarach górskich warunki klimatyczne i glebowe ulegają zmianom. Dlatego występuje tam **piętrowy układ roślinności**. Najważniejszymi czynnikami klimatycznymi wpływającymi na kształtowanie się pięter roślinnych są zmniejszanie się miąższości atmosfery w miarę wzrostu wysokości nad poziomem morza, występowanie barier orograficznych oraz ekspozycja stoków.
- Wyróżnia się następujące główne piętra roślinne:
 - piętro lasów,
 - piętro subalpejskie i alpejskie (karłowate drzewa i krzewy oraz łąki górskie),
 - piętro subniwalne i niwalne (mchy i porosty oraz stale zalegający śnieg).
- Te same piętra roślinne w różnych szerokościach geograficznych znajdują się na innej wysokości nad poziomem morza.



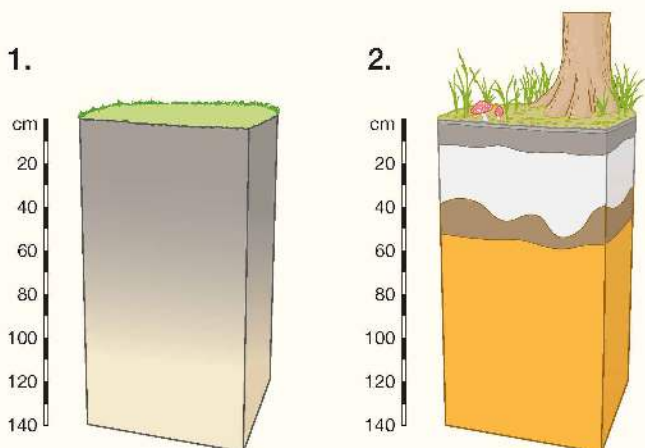
- 1** U szereguj poziomy glebowe, których nazwy podano poniżej, w kolejności od zalegających najgłębiej do znajdujących się najbliżej powierzchni ziemi. (0–1 p.)

ściółka, poziom wmywania, skała macierzysta, poziom próchniczny, zwietrzelina skały macierzystej, poziom wymywania

- 2** Wskaż poprawne wyjaśnienie terminu *humifikacja*. (0–1 p.)

- A. Przemiana związków organicznych w proste związki mineralne, takie jak dwutlenek węgla, woda czy amoniak.
- B. Odtlenianie związków mineralnych znajdujących się w glebie, np. w wyniku jej nadmiernego uwilgotnienia.
- C. Rozkład obumarłych substancji organicznych przy udziale bakterii i grzybów, w którego wyniku powstaje próchnica.
- D. Wymywanie w głąb gleby części ilastych prowadzące do powstania jasnego poziomu wymywania i tworzenia się pod nim ciemniejszej warstwy.
- E. Wyplukiwanie z gleby większości minerałów (poza związkami żelaza i glinu), które odbywa się w gorącym i wilgotnym klimacie.

- 3** Rozpoznaj gleby, których profile przedstawiono na ilustracjach 1 i 2. Zapisz ich nazwy w zeszycie. (0–1 p.)



- 4** Wyjaśnij, czym różni się żyzność od urodzajności. (0–1 p.)

- 5** Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Wybierz P, jeśli informacja jest prawdziwa, lub F, jeśli jest fałszywa. (0–2 p.)

1.	Gleby tundrowe występują na obszarach o klimacie subpolarnym.	P	F
2.	Gleby bielcowe charakteryzują się ciemnym poziomem wymywania.	P	F
3.	Największy udział wśród gleb strefowych mają mady.	P	F
4.	Glebami niestrefowymi są gleby antropogeniczne.	P	F

- 6** Rozpoznaj strefę roślinną przedstawioną na fotografii. Zapisz jej nazwę w zeszycie. (0–1 p.)



- 7** Wyjaśnij, dlaczego w Tatrach nie powstają lodowce górskie. (0–1 p.)

- 8** Wskaż zestaw, w którym przedstawiono poprawną kolejność występowania pięter roślinnych. (0–1 p.)

- A. Piętro lasów mieszanych, piętro lasów iglastych, piętro alpejskie, piętro subniwalne, piętro niwalne.
- B. Piętro subniwalne, piętro niwalne, piętro alpejskie, piętro lasów mieszanych, piętro lasów iglastych.
- C. Piętro niwalne, piętro lasów iglastych, piętro subniwalne, piętro alpejskie, piętro lasów mieszanych.
- D. Piętro lasów mieszanych, piętro lasów iglastych, piętro alpejskie, piętro niwalne, piętro subniwalne.

9 Fotografie przedstawiają trzy strefy roślinne na Ziemi.

(0–9 p.)

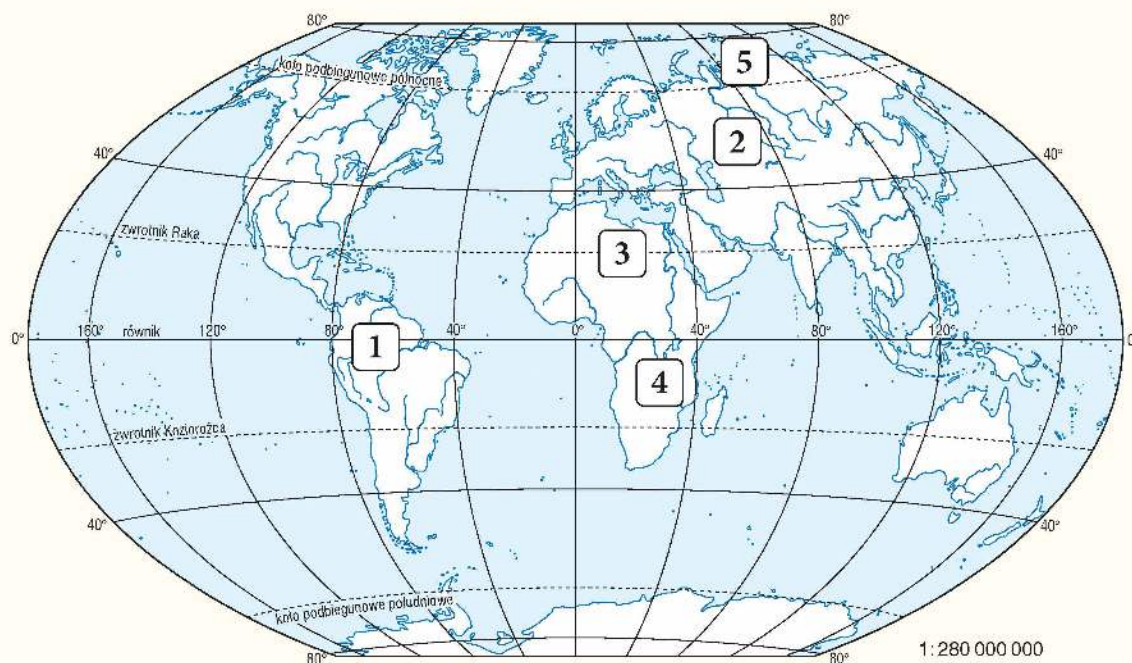
A.



B.



C.



Przerysuj tabelę do zeszytu. Następnie wpisz do niej nazwy stref roślinnych przedstawionych na fotografiach, numery (1–5), którymi oznaczono obszary ich występowania na mapie, oraz nazwy charakterystycznych typów gleb.

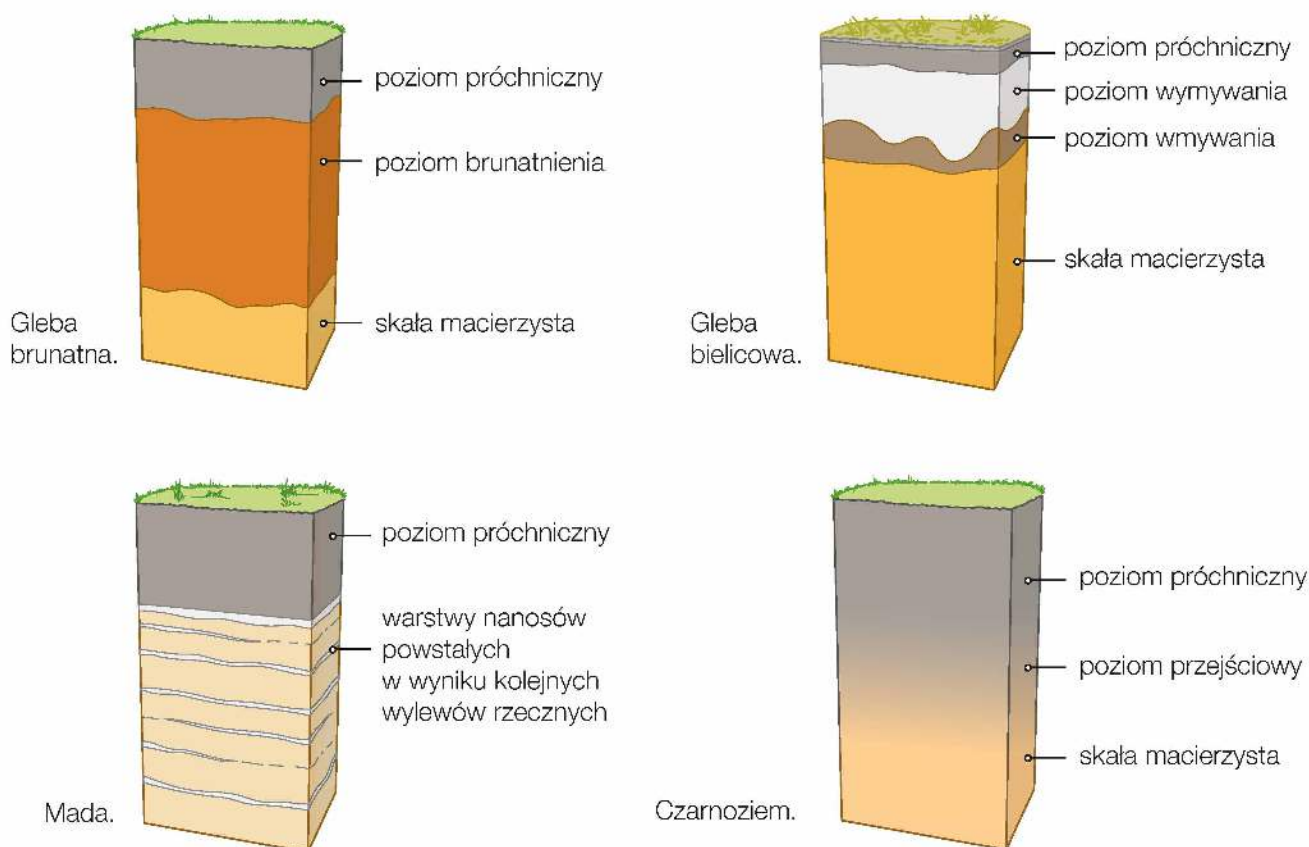
Fotografia	Nazwa strefy roślinnej	Numer obszaru na mapie	Typ gleby
A	?	?	?
B	?	?	?
C	?	?	?

Sprawdź w kluczu odpowiedzi, które zadania udało Ci się rozwiązać poprawnie. Następnie oblicz uzyskany przez siebie procent ogólnej liczby punktów.

Sposób na zadania

Zadanie 1. (0–1)

Na ilustracjach przedstawiono profile glebowe czterech typów gleb.



Sformułuj wniosek dotyczący wpływu miąższości poziomu próchnicznego na żyzność gleby.

Czynność do wykonania

Polecenie *sformułuj wniosek* wymaga podania nowego twierdzenia, np. dotyczącego zjawiska czy procesu, na podstawie materiału źródłowego: map, wykresów, tabel czy ilustracji. Przy formułowaniu wniosku należy dokonać uogólnień, a nie rozpatrywać poszczególne zjawiska czy sytuacje. Wniosek powinien być zwięzły.

Praktyczne rady

Przeanalizuj dokładnie ilustracje. Widać na nich wyraźnie, że w dwóch profilach: mady i czarnoziemu miąższość poziomu próchnicznego jest zdecydowanie większa niż w dwóch pozostałych.

Przypomnij sobie, które typy gleb są żyzne. Zauważ, że należą do nich mady i czarnoziemy. Porównaj informacje dotyczące żyzności wybranych typów gleb z miąższością poziomów próchnicznych na poszczególnych ilustracjach. Wyciągnij wnioski.

Odpowiedź: Miąższość poziomu próchnicznego decyduje o żyzności gleby. Im miąższość jest większa, tym gleba jest bardziej żyzna.

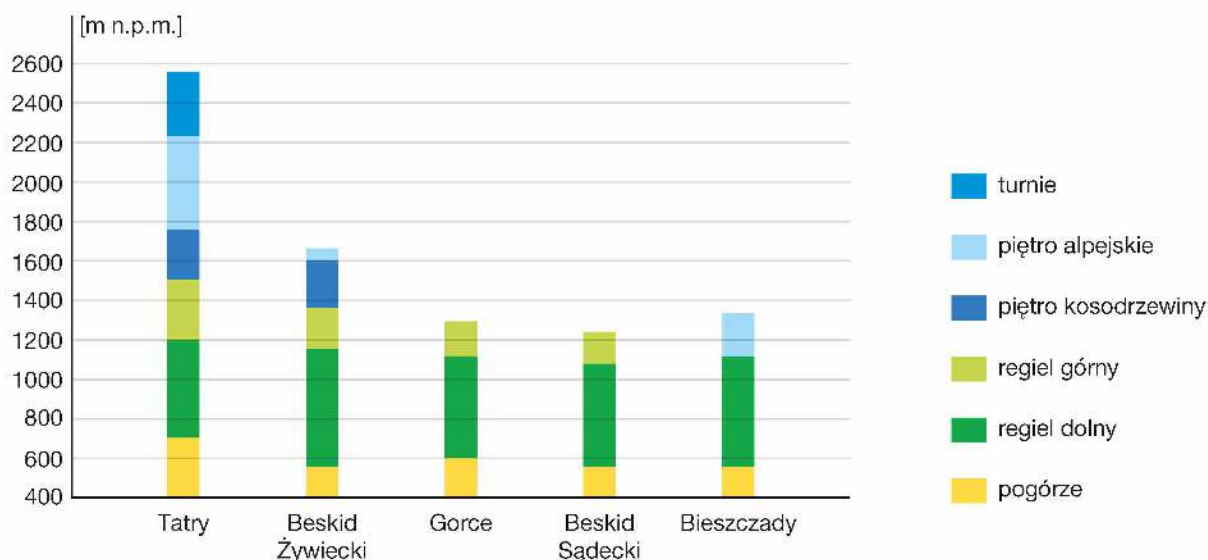
Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE



Zadanie 1.

Na diagramie przedstawiono ułożenie pięter roślinnych w wybranych pasmach górskich Karpat, a na fotografiach – trzy spośród tych pięter.



A.



B.



C.



Zadanie 1.1. (0–1)

Porównaj ułożenie pięter roślinnych w poszczególnych pasmach górskich przedstawionych na diagramie. Sformułuj dwa wnioski dotyczące różnic między ułożeniem pięter roślinnych w Bieszczadach i w innych pasmach górskich.

Zadanie 1.2. (0–1)

Zapisz literę, którą oznaczono fotografię przedstawiającą piętro alpejskie.

Zadanie 1.3. (0–1)

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

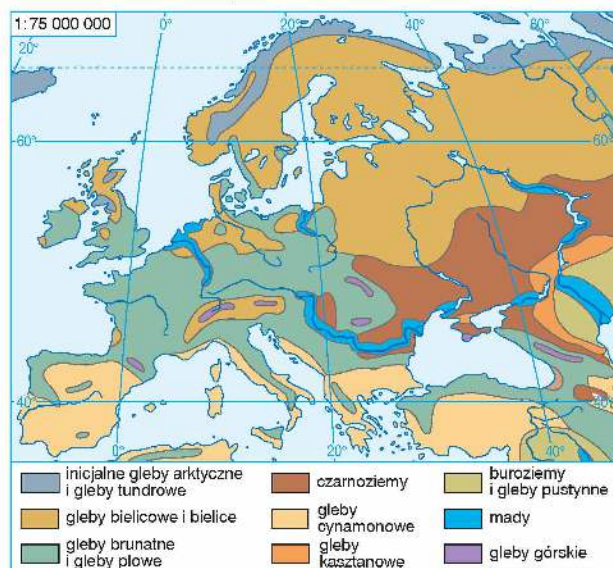
W piętrze alpejskim przeważają

- A. lasy iglaste.
- B. niskie trawy.
- C. lasy liściaste.
- D. krzewy i karłowate drzewa.

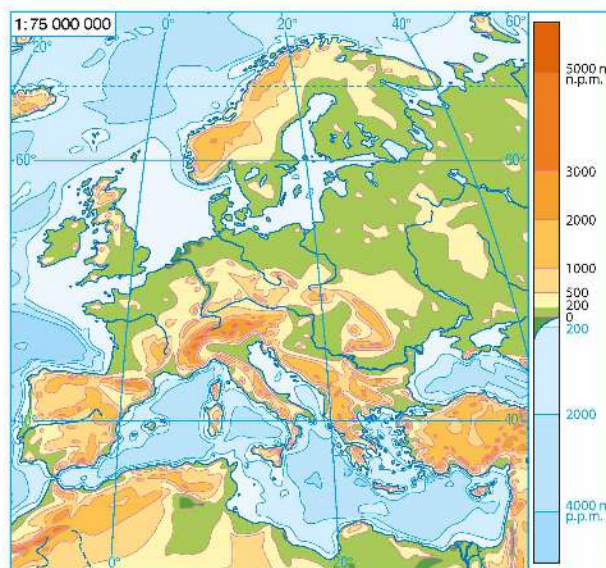
Zadanie 2.

Na mapach przedstawiono rozmieszczenie gleb w Europie oraz ukształtowanie powierzchni tego kontynentu.

Rozmieszczenie gleb w Europie



Mapa hipsometryczna Europy

**Zadanie 2.1.** (0–1)

Na podstawie map sformułuj wniosek dotyczący zależności między występowaniem w Europie zaznaczonych na mapie gleb niestrefowych a ukształtowaniem powierzchni tego kontynentu.

Zadanie 2.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź A lub B oraz jej uzupełnienie 1 lub 2.

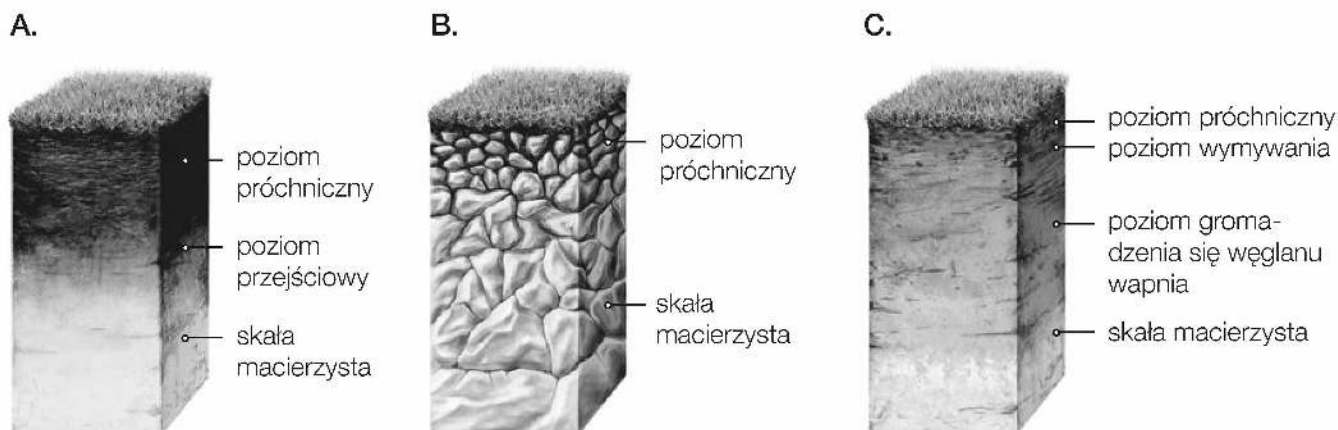
Glebami niestrefowymi są na przykład

A.	gleby brunatne,	które odznaczają się	1.	płytkim profilem glebowym.
B.	gleby górskie,		2.	dobrze wykształconym poziomem próchnicznym.

Zadanie 2.3. (0–1)

Ilustracje przedstawiają wybrane profile glebowe.

Zaznacz literę, którą oznaczono ilustrację przedstawiającą profil gleby niestrefowej opisanej w zadaniu 2.1.





Interakcje

Przykłady zależności występujących
między poszczególnymi sferami Ziemi

Interakcje

Przykłady oddziaływania ciał niebieskich oraz wpływu ruchów Ziemi na jej sfery

Wpływ na litosferę

- ▶ Siła odśrodkowa działająca podczas obrotu Ziemi wokół własnej osi powoduje jej spłaszczenie biegunowe. **1**
- ▶ Ruchy obrotowy i obiegowy Ziemi wpływają na ilość energii słonecznej docierającej do jej powierzchni. Od tej ilości zależą z kolei czynniki atmosferyczne rzeźbiące skały.

Wpływ na atmosferę

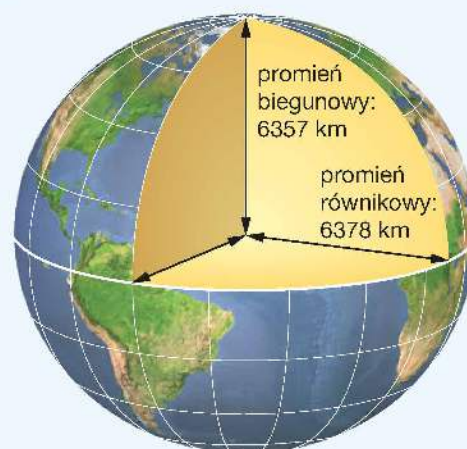
- ▶ Kształt Ziemi, jej ruchy oraz nachylenie osi ziemskiej do płaszczyzny orbity decydują o różnicach w ilości energii słonecznej, która dociera do poszczególnych obszarów. Konsekwencją tego zróżnicowania jest występowanie stref klimatycznych.
- ▶ W związku z nachyleniem osi ziemskiej oraz ruchem obiegowym oświetlenie naszej planety zmienia się w rytmie rocznym i wywołuje sezonowe zmiany w atmosferze.
- ▶ Następstwem ruchu obrotowego Ziemi jest siła Coriolisa. Powoduje ona między innymi odchyłanie kierunków przemieszczających się mas powietrza i wiatrów (na półkuli północnej w prawo, a na półkuli południowej – w lewo).

Wpływ na hydrosferę

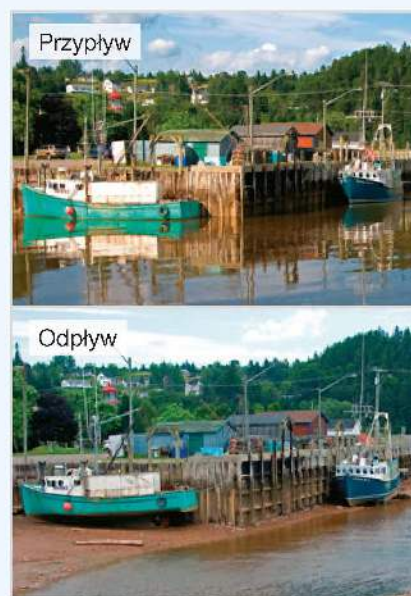
- ▶ Dzięki grawitacji wody tworzące hydrosferę krążą wraz z Ziemią wokół Słońca.
- ▶ Energia słoneczna i grawitacja odgrywają ogromną rolę w obiegu wody w przyrodzie (dzięki nim zachodzi parowanie i występują opady).
- ▶ Odmienna ilość promieni słonecznych docierających do poszczególnych obszarów wpływa na zróżnicowanie temperatury powierzchniowej warstwy wód oceanicznych.
- ▶ Przyciąganie Księżyca i Słońca powoduje zmiany poziomu wód morskich (pływy). **2**

Wpływ na biosferę i pedosferę

- ▶ Różnice w ilości promieni słonecznych docierających do poszczególnych obszarów wpływają na zróżnicowanie strefowe biosfery i pedosfery.
- ▶ Ruchy wód morskich powstałe pod wpływem przyciągania Słońca i Księżyca (pływy) warunkują występowanie charakterystycznej roślinności przystosowanej do częstych zmian poziomu wody. **3**



1 Spłaszczenie biegunowe.



2 Pływy.



3 Namorzyny.

Przykłady wpływu atmosfery na inne sfery Ziemi

Wpływ atmosfery na hydrosferę

- ▶ Wartość temperatury powietrza decyduje o występowaniu wieloletniej zmarzliny oraz zlodzeniu wód powierzchniowych i podziemnych. Wielkość opadów oraz temperatura powietrza są głównymi czynnikami warunkującymi istnienie lodowców.
- ▶ Wielkość opadów atmosferycznych oraz temperatura powietrza wpływają na zasilanie wód podziemnych i powierzchniowych.

Wpływ atmosfery na litosferę

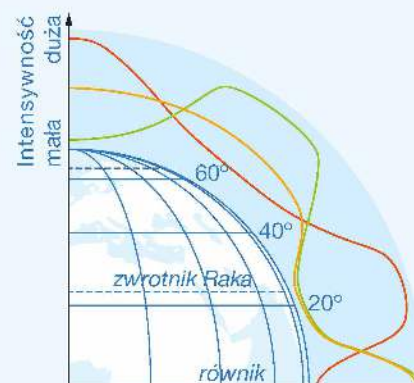
- ▶ Typ klimatu warunkuje procesy niszczące powierzchnię litosfery. Wietrzenie fizyczne zachodzi najintensywniej w klimatach o wysokiej amplitudzie temperatury powietrza. W klimatach wilgotnych i ciepłych przeważa wietrzenie chemiczne. **1**
- ▶ Obfite opady, zwłaszcza na obszarach pozbawionych roślinności, mogą niszczyć podłoże skalne (szczególnie zbudowane z miękkich skał). Przyspieszają też procesy stokowe.

Wpływ atmosfery na pedosferę

- ▶ Strefowość klimatyczna silnie wpływa na strefowość glebową.
- ▶ Warunki atmosferyczne należą do czynników glebotwórczych. Intensywne opady oraz silne wiatry przyczyniają się do niszczenia pokrywy glebowej. **2**
- ▶ Ujemna temperatura powietrza przyczynia się do zamarzania zewnętrznej części litosfery, w tym pokrywy glebowej.

Wpływ atmosfery na biosferę

- ▶ Zróżnicowanie klimatyczne wywiera decydujący wpływ na zróżnicowanie roślinne (występowanie strefowości).
- ▶ W wyniku obniżania się temperatury (wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza) na obszarach górskich występuje zjawisko piętowości. **3**
- ▶ Silne i regularne wiatry z jednego kierunku mogą wpływać na wygląd pojedynczych drzew i całych formacji roślinnych (oraz na ich układ). Jest to szczególnie widoczne na obszarach nadmorskich. Korony drzew są tam często znacznie przekrzywione i nachylone zgodnie z przeważającym kierunkiem wiatrów. **4**



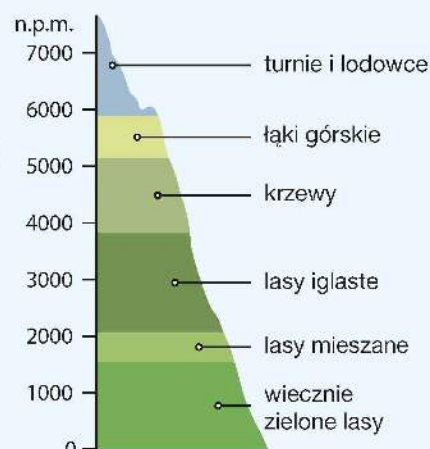
Intensywność wietrzenia:

- biologicznego
- fizycznego
- chemicznego

1 Zróżnicowanie intensywności wietrzenia w zależności od szerokości geograficznej.



2 Erozja gleby.



3 Piętra klimatyczno-roślinne w Himalajach.

4 Drzewo nachylone w wyniku przewagi jednego kierunku wiatru.



Przykłady wpływu hydrosfery na inne sfery Ziemi

Wpływ hydrosfery na atmosferę

- ▶ Wpływ oceanów sięga daleko w głąb lądu, natomiast wpływ jezior ma znaczenie lokalne. Różne tempo nagrzewania i ochładzania się wody oraz lądu wpływa na cyrkulację powietrza – powoduje występowanie monsunu oraz bryzy.
- ▶ Prądy morskie wywierają wpływ na klimat obszarów, które opływają. Prądy ciepłe powodują wzrost temperatury powietrza. Z kolei prądy zimne przyczyniają się do spadku temperatury i zmniejszenia opadów, co może prowadzić do powstania pustyń. **1**
- ▶ Zmiana rozkładu prądów morskich na Oceanie Spokojnym, znana jako Oscylacja Południowa El Niño, wywołuje zaburzenia klimatyczne nawet na odległych obszarach.
- ▶ Wysoka temperatura powierzchniowej warstwy wody w oceanach (ponad 25°C) zapoczątkowuje proces tworzenia się cyklonów tropikalnych.



1 Pustynia Namib – efekt oddziaływania zimnego Prądu Benguelskiego.

Wpływ hydrosfery na litosferę

- ▶ W środowisku wodnym powstaje większość skał osadowych, m.in. wapienie, gipsy, łupki, piaskowce oraz ily. **2**
- ▶ Woda jest ważnym czynnikiem rzeźbotwórczym. Rzeki transportują do mórz materiał skalny z powierzchni lądów, żłobią i pogłębiają doliny oraz budują delty. Wody morskie modelują wybrzeża, wody opadowe przyczyniają się do krasowienia, a lodowce zmieniają powierzchnię lądów.



2 Wapień.

Wpływ hydrosfery na pedosferę

- ▶ Woda jest bardzo ważnym czynnikiem glebotwórczym. Bierze udział w procesach przekształcania szczątków organicznych w próchnicę, a próchnicy – w substancje odżywcze pobierane z gleby przez rośliny.
- ▶ W dolinach i deltach rzek, których wody często występują z brzegów (np. Nilu), powstały bardzo żyzne gleby (mady). **3**



3 Uprawy na madach w Dolinie Nilu.

Wpływ hydrosfery na biosferę

- ▶ Woda warunkuje życie organizmów.
- ▶ Odmierna ilość wody na poszczególnych obszarach wpływa na zróżnicowanie biosfery. **4**

4 Skąpa szata roślinna na obszarach odznaczających się niedoborem wody, np. w zachodniej części Sahary.

Przykłady wpływu litosfery na inne sfery Ziemi

Wpływ litosfery na atmosferę

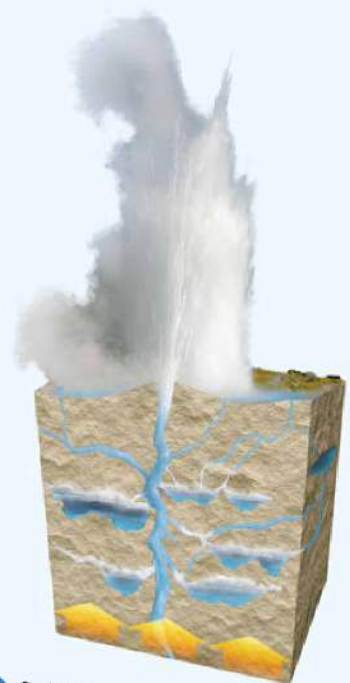
- ▶ Rozmieszczenie lądów i oceanów, ukształtowanie powierzchni terenu oraz wysokość nad poziomem morza należą do astrefowych czynników klimatotwórczych.
- ▶ Obszary górskie stanowią naturalną barierę dla przemieszczających się mas powietrza.
- ▶ W trakcie wybuchów wulkanów do atmosfery emitowane są duże ilości pyłów i gazów, które zmieniają jej skład. Cząstki pyłu wulkanicznego pełnią funkcję jąder kondensacji. Towarzyszące erupcji chmury pyłów mogą osiągać ogromne rozmiary i ograniczać dopływ energii słonecznej do powierzchni Ziemi. **1**



1 Wybuch wulkanu Krakatau.

Wpływ litosfery na hydrosferę

- ▶ W litosferze i na jej powierzchni gromadzą się wody powierzchniowe i wody podziemne.
- ▶ Wielkość stopnia geotermicznego decyduje o obecności ciepłych wód podziemnych. Na obszarach wulkanicznych występują gorące wody podziemne. **2**
- ▶ W wyniku procesów wewnętrznych, np. trzęsień ziemi i wybuchów wulkanów, może dojść do powstania lub zniszczenia zbiorników wodnych. Pionowe ruchy endogeniczne prowadzą ponadto do zmiany linii brzegowej mórz i jezior oraz biegu rzek.

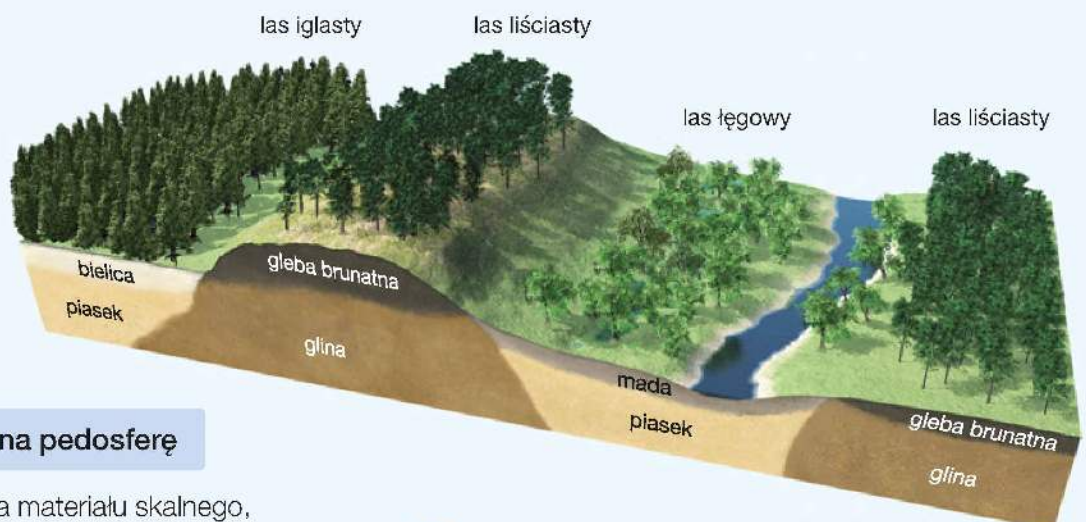


2 Gejzer.

Wpływ litosfery na biosferę

- ▶ Zewnętrzna warstwa litosfery stanowi środowisko życia wielu organizmów.
- ▶ Typ skał decyduje o rodzaju roślinności porastającej dany obszar. Na szatę roślinną wpływa także stopień zespolenia skał. Skały zwięzłe (np. granitowe) utrudniają rozwój roślin – zwłaszcza tych, które osiągają większe rozmiary (np. drzew).

- 3** Typy zbiorowisk leśnych w zależności od rodzaju podłoża.



Wpływ litosfery na pedosferę

- ▶ Litosfera dostarcza materiału skalnego, z którego tworzy się gleba, oraz stanowi jej podłoże. **3**

Przykłady wpływu sfer Ziemi na rzeźbę terenu

Rzeźba terenu to zespół form powierzchniowych powstałych w wyniku oddziaływania na litosferę innych sfer Ziemi.

Wpływ litosfery na rzeźbę terenu

- ▶ W wyniku ruchów płyt litosfery powstają łańcuchy górskie, wyżyny, rowy oceaniczne oraz inne wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego.
- ▶ Gwałtowne zjawiska, takie jak trzęsienia ziemi czy wybuchy wulkanów, mogą bardzo szybko zmieniać ukształtowanie powierzchni.
- ▶ Rzeźba terenu w dużym stopniu zależy od rodzaju podłoża. Skąy luźniejsze i bardziej miękkie są szybciej niszczone i transportowane niż skąy lite. **1**
- ▶ Rodzaj podłoża i nachylenie stoków decydują o występowaniu ruchów masowych.

Wpływ atmosfery na rzeźbę terenu

- ▶ Na obszarach o wilgotnym klimacie zachodzi intensywne wietrzenie chemiczne, a tam, gdzie klimat jest suchy – fizyczne.
- ▶ Obfite opady są odpowiedzialne za przyspieszanie procesów stokowych.
- ▶ Wiatr może niszczyć, transportować i akumulować skąy. **2**

Wpływ biosfery i pedosfery na rzeźbę terenu

- ▶ Niektóre organizmy biorą udział w wietrzeniu.
- ▶ Roślinność porastająca stoki powstrzymuje rozwój procesów stokowych i spowalnia erozję gleby.

Wpływ hydrosfery na rzeźbę terenu

- ▶ Wody rzek erodują brzegi i dno. W efekcie ich działalności powstają między innymi doliny V-kształtne, wąwozy i wodospady.
- ▶ Rzeka transportuje materiał i go osadza. W ten sposób powstają na przykład piaszczyste łachy i delty.
- ▶ Wody morskie modelują wybrzeża. Ich działalność może być budująca (np. plaże, kosa) lub niszcząca (np. klif). **3**
- ▶ Lodowce górskie przekształcają krajobraz gór. Łądolody kształtują znacznie większe powierzchnie – tworzą krajobraz polodowcowy (glacjalny).
- ▶ Woda potrafi rozpuszczać skąy węglanowe. W wyniku procesów krasowych powstają formy powierzchniowe i formy podziemne.



1 Granit – przykład skąy litej o dużej odporności na wietrzenie i erozję (fot. Andy).



2 Grzyb skalny – efekt niszczącej działalności wiatru.



3 Klif.

Przykłady wpływu pedosfery na inne sfery Ziemi

Wpływ pedosfery na litosferę

- ▶ Gleby biorą udział w wietrzeniu skał, zwłaszcza w wietrzeniu chemicznym.

Wpływ pedosfery na atmosferę

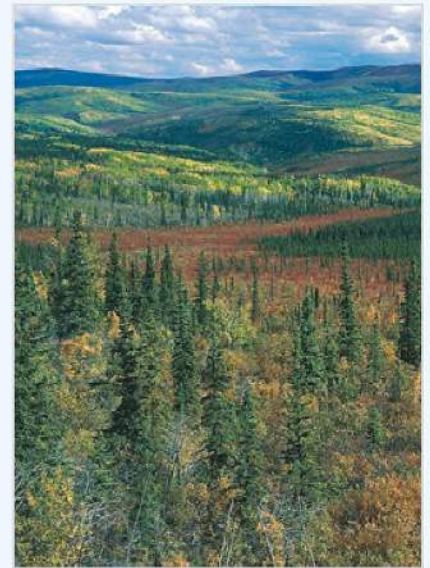
- ▶ W glebach znajduje się wiele związków chemicznych, które, uwalniane do atmosfery, mogą zmieniać jej skład.

Wpływ pedosfery na hydrosferę

- ▶ Spływy błotne i osuwiska mogą prowadzić do utworzenia jezior zaporowych.

Wpływ pedosfery na biosferę

- ▶ Rodzaj gleby w dużym stopniu wpływa na to, jaki typ roślinności występuje na danym obszarze. **1**



- 1** Tajga – formacja roślinna występująca głównie na glebach bielcowych.

Przykłady wpływu biosfery na inne sfery Ziemi

Wpływ biosfery na litosferę

- ▶ Szata roślinna chroni stoki gór, zbocza dolin, a także wydmy przed splukiwaniem zwietrzałych skał i ich osuwaniem się. **2**

Wpływ biosfery na atmosferę

- ▶ Rośliny mają znaczny wpływ na skład chemiczny atmosfery – pobierają dwutlenek węgla oraz produkują tlen.
- ▶ Lasy wpływają na klimat lokalny. Latem jest w nich chłodniej i bardziej wilgotno niż na otaczających obszarach. Natomiast zimą temperatura panująca w lesie jest wyższa niż na niezalesionych obszarach.

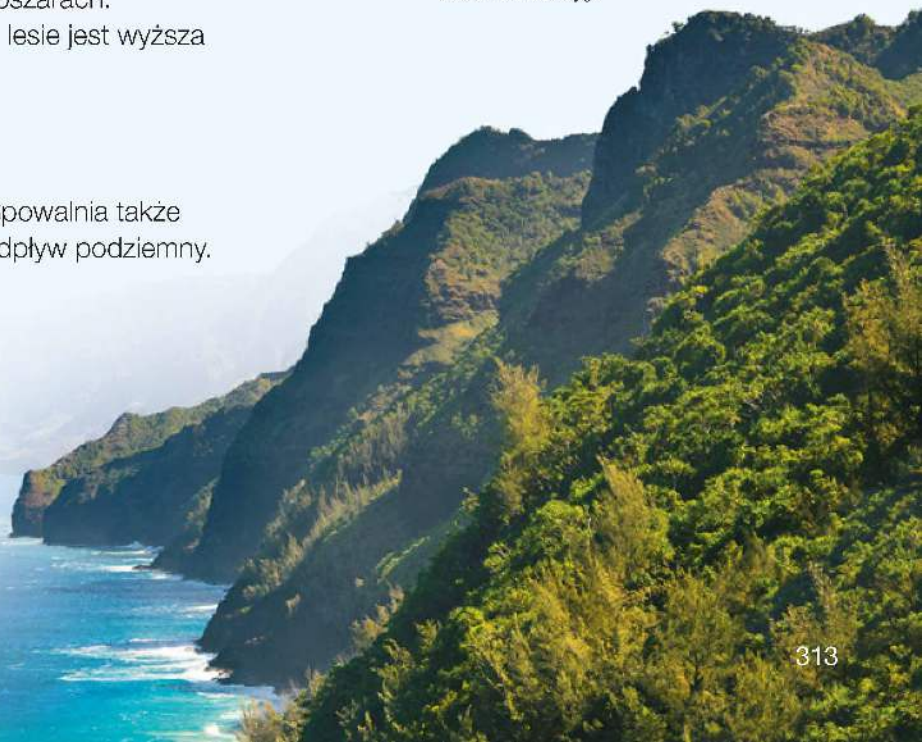
Wpływ biosfery na hydrosferę

- ▶ Szata roślinna pełni funkcję retencyjną. Spowalnia także spływ powierzchniowy i – częściowo – odpływ podziemny.

Wpływ biosfery na pedosferę

- ▶ Organizmy odgrywają istotną rolę w procesie glebotwórczym. Przyswojone przez nie pierwiastki pozostają w ich szczątkach, a to powoduje wzrost żyzności gleb.

- 2** Bogata szata roślinna zmniejszająca podatność skał na erozję.



Test sprawdzający – klucz odpowiedzi



Rozdział I

1. Ze względu na stan wiedzy w okresie, w którym powstawały, mogą zawierać błędne informacje.
2. B
3. Metody jakościowe: cel wyjazdów zagranicznych, powód migracji ludzi do miast.
Metody ilościowe: wartość temperatury powietrza, liczba urodzeń żywych, liczba bibliotek w powiatach.
4. P, F, P, P
5. A – c, B – d, C – a, D – b, E – f
6. Dobrze oddają ukształtowanie powierzchni. Pozwalają na wykonywanie dokładnych map, także drukowanych.
7. miejsce, czas i sposób zbierania danych
8. A. c), B. b)
9. stopnie kątowe, stopnie z dokładnością do kilku miejsc po przecinku (np. odczytane z odbiornika GPS), trzy słowa (na podstawie what3words)
10. Na przykład: dostęp do map z zaznaczonymi szlakami, zapisywanie pokonanej trasy.
11. Grupa map: mapy wielkoskalowe.
Zastosowanie: np. podczas pieszych wędrówek.
Informacje: np. ukształtowanie terenu, rodzaj zabudowy, pokrycie terenu, nazwy obiektów geograficznych.
12. A. GIS, B. warstwy tematyczne, C. Geoportal, D. GIS
13. Na przykład: Pozwalają na umieszczenie nieskończenie wielu informacji o obiektach. Pozwalają na prezentację danych przestrzennych za pomocą dowolnie wybranych metod kartograficznych.

Rozdział II

1. Teoria geocentryczna: A, C, E.
Teoria heliocentryczna: B, D, F.
2. P, P, F, F
3. A – zenit, B – nadir, C – północny biegun niebieski, D – równik niebieski
4. meteoroidy, meteorytów
5. Powodem jest równomierne oświetlenie Ziemi na równiku w ciągu roku.
6. przesilenie zimowe, lato
7. D
8. Zaćmienie Księżyca. Na przykład: Następuje wtedy, gdy Ziemia przysłania promienie słoneczne oświetlające Księżyc.
9. A
10. A
11. 34°34'N
12. B, C

13. C
14. 38 min 44 s
15. B
16. 125°32'
17. 49°38'N, 68°44'W
18. Aby nie przecinała terytorium żadnego kraju.
19. Rosja, USA, Kanada, Brazylia, Australia

Rozdział III

1. Składniki stałe: argon, neon, tlen.
Składniki zmienne: ozon, dwutlenek węgla, para wodna.
2. A – b, B – c, C – a
3. C
4. długość geograficzna, długość dnia
5. P, P, F, P
6. Na przykład: Powietrze wywiera mniejszy nacisk na powierzchnię, ponieważ wysokość jego słupa jest tam jest niższa.
7. Komórka Ferrela. Na przykład: Powietrze przemieszczające się w komórce Ferrela opada nad zwrótnikami. Tak powstaje wyż, który wpływa na zmniejszenie opadów na tych obszarach. Powietrze transportowane od zwrótników w kierunku biegunów miesza się z powietrzem napływającym od biegunów, co powoduje powstawanie niżów barycznych w średnich szerokościach geograficznych. Te niży niosą opady i przemieszczają się z zachodu na wschód.
8. A. Na przykład: Opóźnienie może spowodować susze i straty w rolnictwie.
9. A. obniża, B. ograniczona, C. powoli wzrasta, D. dochodzi do gwałtownych zjawisk atmosferycznych
10. Prognozowanie pogody polega na przewidywaniu jej przebiegu na podstawie aktualnego stanu jej elementów oraz informacji o warunkach pogodowych występujących w przeszłości.
11. P, P, F, F
12. Powstają wtedy, gdy stykające się masy powietrza znacznie różnią się temperaturą.
13. klimat lokalny
14. strefa klimatów zwrótnikowych, klimat zwrótnikowy pośredni
15. Na przykład: Występuje tam zjawisko miejskiej wyspy ciepła.
16. W odmiennych szerokościach geograficznych do powierzchni Ziemi dociera inna ilość promieniowania słonecznego. To powoduje, że na obszarach położonych na tej samej wysokości nad poziomem morza, ale w różnych

szerokościach geograficznych panują odmienne warunki klimatyczne decydujące o wykształceniu się piętra klimatyczno-roślinnego.

Rozdział IV

1. D
2. F, P, P, P
3. Na przykład: Powoduje zmniejszenie opadów i obniżenie temperatury na wybrzeżach, które opływa.
4. A
5. Zimna faza ENSO – La Niña – wywołuje ulewne deszcze w Oceanii i susze w Ameryce Południowej.
6. Falowanie. Na przykład: jest wywoływane przez wiatr.
7. skala Beauforta
8. A. głównej, B. dział wodny, C. równikowych, D. okresowe
9. deszczowy śródziemnomorski, luty
10. Jezioro cyrkowe. Takie jeziora powstają w wyniku wypełnienia wodą cyrków polodowcowych.
11. funkcje energetyczne, funkcje rekreacyjne
12. A – c, B – a, C – d
13. Od góry: do celów spożywczych, do celów leczniczych, do celów energetycznych, do celów rekreacyjnych.
14. A, D
15. Na przykład: Woda w podziemnych komorach jest ogrzewana przez ogniska magmowe. W efekcie następuje wzrost ciśnienia wody i gwałtowna zamiana wody w parę, która wypycha wodę znajdującą się w podziemnych komorach na powierzchnię.

Rozdział V

1. A
2. B
3. A – c, B – d, C – b
4. C
5. Na przykład: węgiel kamienny – energetyka, sól kamienna – przemysł spożywczy, glina – produkcja cegieł.
6. A – d, B – a, C – c
7. Góry fałdowe: Alpy, Góry Skandynawskie, Ardeny
Góry zrębowe: Sudety, Harz, Wogezy
Góry wulkaniczne: Stromboli, Wezuwiusz, Etna
8. C
9. To strefa występowania częstych trzęsień ziemi i erupcji wulkanicznych. Znajduje się na granicach płyt litosfery, których przebieg pokrywa się w przybliżeniu z wybrzeżami Oceanu Spokojnego.
10. D
11. A. b), B. b)

12. B
13. P, P, F, F
14. D

Rozdział VI

1. To wpływ roślin i zwierząt na zmiany fizyczne oraz chemiczne skał (np. poszerzanie szczelin przez korzenie drzew czy zwierzęta ryjące w ziemi).
2. blok skalny; wietrzenie mechaniczne termiczne
3. C, E
4. a) odpadanie; b) odrywanie się i przemieszczanie w dół stoku pojedynczych, niewielkich okruchów skalnych; c) powstanie żlebu, utworzenie stożka usypiskowego
5. stabilizowanie stoków za pomocą siatek geotechnicznych, zabezpieczanie budowli murami oporowymi
6. C
7. D
8. Rzeka, która pogłębia dolinę, czasami napotyka bardziej odporne skały – wtedy tworzą się progi skalne, czyli wodospady.
9. Kolejno wierszami: erozja boczna, akumulacja; duży, średni; żwiry i otoczaki, piaski i muły.
10. Delta tworzy się w miejscu, gdzie morze, do którego uchodzi rzeka, jest płytkie i nie występują w nim silne prądy przybrzeżne.
11. A
12. wydma paraboliczna, klimat umożliwiający rozwój skąpej roślinności
13. C
14. P, F, P, F

Rozdział VII

1. skała macierzysta, zwietrzelina skały macierzystej, poziom wmywania, poziom wymywania, poziom próchniczny, ściółka
2. C
3. 1. czarnoziem, 2. gleba biellicowa
4. Żyzność oznacza naturalną zdolność gleby do zaspokajania życiowych potrzeb roślin poprzez dostarczanie im składników pokarmowych, wody i powietrza. Natomiast urodzajność to zdolność gleby do zaspokajania potrzeb roślin, modyfikowana działalnością rolniczą.
5. P, F, F, P
6. roślinność typu śródziemnomorskiego
7. Powyżej granicy wiecznego śniegu brakuje obszarów o odpowiednim nachyleniu, na których może gromadzić się śnieg.
8. A
9. Kolejno wierszami: tundra, 5, gleby tundrowe; step, 2, czarnoziemy; wilgotny las równinowy, 1, czerwonożółte gleby ferralitowe.

Zadania powtórzeniowe – klucz odpowiedzi



Rozdział I

- 1.1.** wyrównane, płaskie partie szczytowe (płaskie wierzchowiny); występowanie elementów rzeźby polodowcowej (kotłów polodowcowych); występowanie nagich skał w szczytowych partiach najwyższych wzniesień
- 1.2.** Kolejno od góry: Nad Łomniczką, kosodrzewina, Biały Potok.
- 2.1.** Kolejno: metoda kropkowa, metoda kartogramu.
- 2.2.** F, P, F, F
- 2.3.** 1, C

Rozdział II

- 1.1.** Obliczanie szerokości geograficznej:
 $h_N = 90^\circ + \varphi - \delta$
 $86^\circ 37' = 90^\circ + \varphi - (-23^\circ 26')$
 $\varphi = 86^\circ 37' - 90^\circ - 23^\circ 26' = -26^\circ 49' = 26^\circ 49'S$
Obliczanie długości geograficznej:
4 godz. 20 min = 260 min
 $260 \text{ min} : 4^\circ = 65^\circ$
 $\lambda = 0^\circ + 65^\circ = 65^\circ W$
Odpowiedź: $\varphi = 26^\circ 49'S$, $\lambda = 65^\circ W$
- 1.2.** San Miguel de Tucumán
- 1.3.** F, F, P, P, P
- 1.4.** B
- 2.1.** $\Delta\lambda = 130^\circ + 150^\circ = 280^\circ$
 $\Delta t = 280^\circ \cdot 4 \text{ min} = 1120 \text{ min} = 18 \text{ godz. } 40 \text{ min}$
11.20 (30 maja) + 18 godz. 40 min różnicy czasu + 12 godz. lotu = 18.00 (31 maja)
Odpowiedź: Samolot przyleciałby do Jakucka 31 maja o godz. 18.00 czasu lokalnego.
- 2.2.** 1 – Naujaat, 2 – Longyearbyen, 3 – Jakuck
- 2.3.** Naujaat

Rozdział III

- 1.1.** O tym, że prędkość wiatru na Jan Mayen jest większa niż w Stambule, świadczy zdecydowanie większe zagęszczenie izobar w rejonie wyspy niż w okolicach miasta. Im większe bowiem różnice ciśnienia atmosferycznego (gradient baryczny), tym większa prędkość wiatru (na Jan Mayen wynosi ona 25 m/s, a w Stambule – 0 m/s).
- 1.2.** A, 2
- 1.3.** Kolejno zaznaczone: Helsinki, Helsinki, Madryt.
- 2.1.** Warunkiem powstania wiatru fenowego jest różnica ciśnienia atmosferycznego po obu stronach bariery górskiej. Ta różnica wymusza ruch powietrza po zboczu góry. Podczas wznoszenia powietrze się ochładza i ulega kondensacji. Gdy – już jako suche – przekracza szczyty, opada po drugiej stronie i się ogrzewa.
- 2.2.** A, 1
- 2.3.** B, C

Rozdział IV

- 1.1.** Latem temperatura jest na tyle niska, że rozmarza tylko wierzchnia warstwa gruntu. Teren staje się

grząski, ponieważ woda nie może wsiąknąć w głębiej położoną, zamrożoną warstwę.

- 1.2.** 1. Problemy z transportem podczas wiosennych roztopów (drogi zamieniają się w bagna).
2. Konieczność wznoszenia budynków na palach (nie mogą one ogrzewać zamrożonego gruntu i powodować jego rozmarzania), bez piwnic.

1.3. C

- 2.1.** Zazwyczaj w sezonie następującym po wystąpieniu wyjątkowo silnej ciepłej fazy ENSO spada wielkość połowów ryb w Peru.

- 2.2.** C – D – B – A – E

- 2.3.** P, F, F, P

Rozdział V

1.1. B

- 1.2.** Różnice w wysokościach wysp są związane z upływem czasu. Im dawniej dany obszar znajdował się nad plamą gorącą, tym dłużej działają na niego tylko czynniki niszczące i tym niższa jest jego wysokość.

2.1. C

- 2.2.** Powstały w wyniku wypływu lawy oraz wydostawania się materiału piroklastycznego na powierzchnię.

- 2.3.** F, P, P

Rozdział VI

- 1.1.** 1 – Bora-Bora – A, 2 – Nizina Amazonki – C, 3 – Dalmacja – B, 4 – Sahara – E

1.2. 1, A

- 2.1.** A – drumlin, B – morena denną, C – rynna podlodowcowa, D – oz, E – kem, F – morena czołowa, G – sandr, H – pradolina

- 2.2.** Formy glacialne: morena denną, morena czołowa. Erozyjne formy fluwioglacjalne: rynna podlodowcowa, pradolina.

Akumulacyjne formy fluwioglacjalne: kem, oz, drumlin, sandr.

- 2.3.** P, F, P, F

Rozdział VII

- 1.1.** 1. Piętro polonin występuje bezpośrednio nad regłem dolnym tylko w Bieszczadach.
2. Tylko w Bieszczadach nie występuje regiel górny.

1.2. C

1.3. B

- 2.1.** Gleby niestrefowe, które zostały zaznaczone na mapie (gleby górskie), występują jedynie na obszarach wysokogórskich, położonych zazwyczaj na wysokości powyżej 2000 m n.p.m.

- 2.2.** B, 1

- 2.3.** B



Warsztaty terenowe

Instrukcje do przeprowadzenia
wybranych zajęć terenowych



Obserwacje geologiczne i geomorfologiczne

W środowisku geograficznym nieustannie zachodzą skomplikowane procesy geologiczne i geomorfologiczne. Dzięki ich obserwacji, rejestrowaniu i analizie możemy się dowiedzieć, jak żyć w zgodzie ze środowiskiem, jak postępować, aby jego degradacja była jak najmniejsza i jak minimalizować negatywne skutki zachodzących w nim zjawisk.

Obserwacje elementów środowiska zawsze wymagają właściwego przygotowania się. Aby dostrzec zmiany, którym one uległy, trzeba zarejestrować ich stan przynajmniej w dwóch oddalonych od siebie momentach (najlepsze wyniki dają jednak cykliczne obserwacje). Mogą to być na przykład dni w dwóch miesiącach następujących po sobie, albo – w wypadku wystąpienia gwałtownych zjawisk atmosferycznych, takich jak burze z ulewnymi opadami czy porywisty wiatr wywołujący wysokie fale – kolejne godziny tego samego dnia. Powtarzanie obserwacji i badań jest bardzo ważne. Nie uda się nam bowiem ustalić, jak głęboko rzeka podcięła brzegi w trakcie wezbrania, jeśli nie sprawdzimy, jaki był ich wcześniejszy wygląd. Podobnie nie będziemy mogli opisać zmian wywołanych rzeźbotwórczą działalnością morza, jeżeli nie udokumentujemy stanu wybrzeża na przykład przed sztormem.

Przebieg warsztatu

1 Wybór obszaru badań

Wybierz obszar, na którym chcesz prowadzić obserwacje. Obserwowanymi elementami środowiska geograficznego mogą być między innymi:

- **rzeki i potoki** – możesz zarejestrować podcinanie brzegów rzeki przez nurt, powiększanie się łach w miejscu, gdzie osadzany jest materiał skalny czy zmiany przebiegu i głębokości koryta;
- **pola uprawne** – wierzchnia warstwa gruntu jest splukiwana nawet na terenach o niewielkim nachyleniu, dlatego możesz zmierzyć zagłębienia powstałe na polu w wyniku erozyjnej działalności deszczu, a także ustalić, jaka jest wielkość stożków utworzonych z napływającego materiału

skalnego (obszary, na których wystąpiły te procesy, różnią się od pozostałych między innymi kolorem powierzchniowej warstwy gleby);

- **czynne osuwiska** – możesz zarejestrować zmiany wielkości i nachylenia skarpy, obliczyć odległość, o którą przesunął się materiał skalny, a nawet oszacować jego objętość;
- **nieutwardzone drogi** – możesz zmierzyć głębokość zagłębień powstałych w wyniku erozyjnej działalności deszczu lub wiatru; jeżeli droga nie jest uczęszczana, możesz umocować na niej przed deszczem bardzo drobne sito lub chwytak z materiału, a po ustaniu opadów zważyć zebrany materiał skalny;
- **klify morskie, ściany skalne** – możesz zbadać, ile materiału skalnego odpadło od ściany od czasu pierwszej obserwacji do następnej, a przy okazji ustalić, jakie jest pochodzenie skał znalezionych pod klifem.

2 Wybór terminu obserwacji

Zastanów się, w których dniach lub godzinach najlepiej przeprowadzić obserwacje. Jeśli zdecydujesz się na badanie zmian zachodzących w korycie rzeki, sprawdź w prognozach pogody, czy w najbliższych dniach mogą wystąpić wysokie opady. Przeanalizuj także hydrogramy, aby dowiedzieć się, w którym miesiącu następuje największy wzrost przepływów w ciągu roku. Możesz też ustalić, czy w Twojej okolicy mają być wykonywane większe prace budowlane prowadzące do zmian w rzeźbie terenu, np. do powstania lokalnych osuwisk.

3 Wybór metody badań

W trakcie badań możesz wykorzystywać różne metody badań geograficznych. Szczególnie przydatne będą metody ilościowe: pomiary wysokości, głębokości czy wielkości powierzchni. Możesz jednak zastosować także metody jakościowe, np. porozmawiać z rolnikami pracującymi na polu czy

osobami, które mieszkają bardzo blisko rzeki. Pamiętaj o tym, aby dokładnie wyznaczyć współrzędne geograficzne miejsca prowadzenia badań.

4 Sporządzanie dokumentacji

Nie zapomnij, że równie ważne jak zbieranie informacji jest ich selekcjonowanie i dokumentowanie. Dlatego zapisuj wyniki pomiarów, wykonuj zdjęcia, szkice i nanosząc dane na mapę (np. wydrukowaną z dowolnego geoportalu). Im więcej istotnych informacji zbierzesz na swoim polu badawczym, tym ciekawsza będzie analiza wyników.

5 Obserwacje i pomiary

Przed udaniem się na wybrane wcześniej miejsce upewnij się, że masz wszystkie niezbędne narzędzia pomiarowe oraz przedmioty i urządzenia do sporządzania dokumentacji. Dokonaj obserwacji elementu środowiska przyrodniczego, przeprowadź pomiary, zapisz uzyskane informacje, zrób zdjęcia. Po upływie ustalonego czasu czy na przykład po ulewnym deszczu wróć na miejsce obserwacji i ponów badania.

Porównanie wyników będzie możliwe tylko wtedy, gdy w obu momentach badawczych wykorzystasz **jednakowe metody badań i dokumentacji** (np. zmierzysz szerokość koryta rzeki w tym samym miejscu i sfotografujesz ten sam odcinek brzegu).

6 Zajęcia kameralne (do wykonania przy biurku)

- Opracuj materiał uzyskany w trakcie badań. Przedstaw go na przykład w formie sprawozdania czy prezentacji multimedialnej (możesz nawet nakręcić film). W opracowaniu zawrzyj wszystkie zebrane informacje o obszarze badawczym: dokładną lokalizację, pomiary dotyczące zmian elementu środowiska, a także wnioski. Na podstawie uzyskanych wyników możesz również opracować prognozę kolejnych zmian.
- Zastanów się, czy zaobserwowane zmiany wpływają na życie mieszkańców Twojej okolicy oraz czy występuje relacja odwrotna (człowiek wpływa na tempo zmian). Jeśli zachodzące procesy mogą zagrażać ludziom lub środowisku, zaproponuj działania, które pozwolą je zahamować.

Odkrywka geologiczna

Odkrywki geologiczne to wszystkie miejsca, w których w wyniku procesów naturalnych lub na skutek działalności człowieka zostały odsłonięte warstwy skał przykryte w normalnych warunkach powierzchnią warstwą gruntu. Znajdują się one w różnych miejscach, np. tam, gdzie rzeka lub potok rozcina warstwy skalne, w obrębie dużych osuwisk, w kamieniołomach czy wyrobiskach. Jako odkrywkę można również traktować wykopy powstałe przy budowie garażu podziemnego czy rozciętą skarpe w czasie budowy drogi. Dzięki odkrywkom możemy poznać historię geologiczną swojego regionu. Musimy jednak wiedzieć, jak analizować odsłonięty w nich układ warstw skalnych.

Przebieg warsztatu

1 Przygotowania do warsztatu

Przypomnij sobie, jakie są główne typy skał i w jaki sposób można rozpoznać znalezione skały. Wiadomości na ten temat znajdziesz na stronach 188–192. Zbierz informacje o skałach występujących w Twojej okolicy. Przeanalizuj mapy zamieszczone w atlasie geograficznym i skorzystaj

z portalu Centralnej Bazy Danych Geologicznych (baza.pgi.gov.pl). Jeśli nie pamiętasz, w jaki sposób dotrzeć do znajdujących się tam informacji, postępuj zgodnie z instrukcją zawartą na stronie 193 w elemencie  **Pobierz**.

Dzięki portalowi możesz się dowiedzieć:

- gdzie w Twojej okolicy znajdują się geostanowiska,
- jakie skały występują w podłożu w Twoim regionie,
- czy w Twoim regionie znajdują się obszary wykorzystywane górniczo i jakie surowce wydobywa się w ich obrębie.

2 Wybór miejsca badań

Wybierz odkrywkę, którą będziesz badać. Pamiętaj, że tam, gdzie nastąpiło odsłonięcie ukrytych wcześniej warstw skalnych **należy zachować bardzo dużą ostrożność** – proces odsłaniania może się powtórzyć w niekontrolowany sposób. Propozycje miejsc, które możesz uznać za odkrywkę, oraz cechy skał i ich układu, na które warto zwrócić uwagę, znajdują się na stronie 320.

Skalna ściana**Zwróć uwagę na:**

- rodzaj skał występujących w odkrywce – czy znajdowały się w tym miejscu zawsze, czy powstały na innym obszarze, lecz zostały przetransportowane na przykład w wyniku rzeźbotwórczej działalności lodolodu;
- sposób zalegania warstw skalnych – czy ich układ jest taki sam jak w momencie powstania (warstwy układają się poziomo), czy został zmieniony (np. niektóre warstwy uległy zniekształceniu);
- kolejność występowania warstw;
- miąższość warstw – duża miąższość świadczy o tym, że warunki, w których powstawała dana warstwa, występowały przez długi czas lub że w krótkim czasie została naniesiona bardzo duża ilość materiału skalnego.

Osady rzeczne**Zwróć uwagę na:**

- wielkość ziaren skalnych (frakcję) budujących poszczególne warstwy – drobne osady są transportowane i akumulowane podczas spokojnego przepływu wody, z kolei żwiru i kamienie – gdy rzeka ma wartki nurt i prowadzi dużo wody;
- jednorodność frakcji skał tworzących poszczególne warstwy – występowanie skał o zbliżonej frakcji świadczy o tym, że warunki w czasie tworzenia się warstwy nie ulegały znacznym zmianom, a zróżnicowanie frakcji dowodzi częstych i gwałtownych zmian;
- miąższość warstw;
- stopień obtoczenia krawędzi żwiru i większych fragmentów skalnych – im bardziej obłe są ich krawędzie, tym dłużej były transportowane, a im ostrzejsze – tym krócej;
- rodzaj skał budujących nanosy rzeczne – dzięki temu możesz ustalić, skąd zostały one przetransportowane.

Wydma lub wąwóz lessowy**Zwróć uwagę na:**

- wielkość ziaren widocznych w odkrywce;
- układ warstw – jednorodny świadczy o tym, że przez długi czas dominował jeden kierunek wiatru, a zróżnicowany wskazuje na częste zmiany kierunków wiatrów transportujących materiał;
- frakcje materiału tworzącego kolejne warstwy – duże różnice w wielkości ziaren świadczą o tym, że zmieniała się siła wiatru transportującego materiał skalny;
- korzenie roślin – mogą one w mniejszym lub większym stopniu zaburzać układ warstw skalnych.

3 Badania w terenie

Po dotarciu na miejsce odkrywki wykonaj kolejno czynności, które pozwolą Ci na jej analizę oraz udokumentowanie zebranych informacji.

- Rozpoznaj skały budujące odkrywkę.
- Jeśli widzisz warstwowanie, ustal, jaki jest układ tych warstw. Podczas wykonywania tego zadania możesz posłużyć się busolą, poziomą i kątomierzem. Dzięki nim wyznaczysz przeważający kierunek geograficzny nachylenia warstw skalnych oraz ich upad (kąt nachylenia danej warstwy do płaszczyzny poziomu).
- Zrób zdjęcia odkrywki lub ją naszkicuj. Jeśli zdecydujesz się na fotografowanie, umieść w kadrze przedmiot, który pozwoli Ci oszacować grubość kolejnych warstw (np. 20-centymetrową linijkę).
- Przeanalizuj układ warstw w kontekście naturalnych procesów geologicznych, które zachodziły na obszarze, gdzie występuje odkrywka.

4 Analiza i wnioskowanie po badaniach terenowych

Przygotuj dokumentację odkrywki. Zanotuj wszelkie uwagi i spostrzeżenia. W trakcie analizy wykorzystaj wiedzę o skałach oraz o procesach geologicznych i rzeźbotwórczych. Przeanalizuj także mapy geologiczne znajdujące się w atlasie lub w internecie (np. na stronie <https://geolog.pgi.gov.pl/#name=kob30dg043>). Sformułuj wnioski. Skup się przede wszystkim na procesach, które doprowadziły do powstania widocznego układu warstw skalnych.

- 5 Jeżeli Twoja odkrywka należy do geostanowisk zarejestrowanych w Centralnej Bazie Danych Geologicznych, możesz uzyskać na jej temat szczegółowe informacje, a następnie porównać je z własnymi wnioskami.

UWAGA!

Podczas prowadzenia obserwacji i badań w miejscu, w którym znajduje się odkrywka geologiczna (np. pod ścianą skalną, w kamieniołomie, nad rzeką), **pamiętaj o zachowaniu szczególnej ostrożności**. Nigdy nie wchodź do czynnych wyrobisk bez wiedzy oraz zgody pracujących tam osób, nie wspinaj się na ściany skalne lub usypiska i nie wychylaj się za krawędź odkrywki. Poinformuj rodziców, kolegów, nauczycieli, gdzie będziesz prowadzić badania, a najlepiej poproś ich o towarzystwo.



Wybrane zagadnienia geografii fizycznej

Planety Układu Słonecznego

Nazwa planety	Średnia odległość od Słońca (w mln km)	Średnica (w km)	Okres obiegu wokół Słońca	Liczba księżyców
Merkury	57,9	4 879	88 dni	0
Wenus	108,2	12 104	224,7 dnia	0
Ziemia	149,6	12 756	365,25 dnia	1
Mars	227,9	6 792	687 dni	2
Jowisz	778,6	142 984	11,9 roku	79
Saturn	1433,5	120 536	29,4 roku	62
Uran	2872,5	51 118	83,8 roku	27
Neptun	4495,1	49 528	163,7 roku	14

Czas trwania dnia polarnego i nocy polarnej na półkuli północnej

Szerokość geograficzna	Dzień polarny			Noc polarna		
	początek	koniec	liczba dni	początek	koniec	liczba dni
90°	19 III	25 IX	189	25 IX	19 III	176
86°	30 III	15 IX	168	5 X	9 III	156
80°	1 IV	29 VIII	136	21 X	21 II	123
76°	26 IV	18 VIII	114	2 XI	10 II	99
68°	26 V	17 VIII	52	10 XII	3 I	25

Skutki cyklonów (skala Saffira–Simpsona)

Kategoria	Prędkość wiatru (w km/h)	Potencjalne zniszczenia
1	119–153	Brak większych zniszczeń budynków, zniszczenia spowodowane głównie przez niezabezpieczone przedmioty (np. gałęzie drzew), lokalnie niewielkie przybrzeżne podtopienia.
2	154–177	Zniszczenia dachów, drzwi i okien, poważne zniszczenia roślinności, zniszczenia spowodowane podtopieniami w portach i marinach.
3	178–209	Niewielkie uszkodzenia mniejszych budynków, możliwe podtopienia w głębi lądu.
4	210–249	Zniszczenie ścian budynków, możliwe zerwane dachy z mniejszych budynków, duża erozja nadbrzeża, możliwe podtopienia znacznych obszarów w głębi lądu.
5	≥ 250	Całkowite zniszczenie budynków o słabszej konstrukcji, powódzie o dużym zasięgu, niekiedy wymagana ewakuacja ludności.

Skutki tornad (ulepszona skala Fujity)

Skala	Prędkość wiatru (w km/h)	Zniszczenia
EF0	105–137	Lekkie zniszczenia, np. uszkodzone dachy domów.
EF1	137–178	Umiarkowane zniszczenia, np. zerwane dachy domów.
EF2	179–218	Znaczne zniszczenia, np. wyrwane z korzeniami duże drzewa.
EF3	219–266	Ciężkie zniszczenia, np. uszkodzone duże budynki.
EF4	267–322	Druzgocące zniszczenia, np. zrównane z ziemią domy.
EF5	> 322	Nieprawdopodobne zniszczenia, np. zniszczone do fundamentów domy o bardzo mocnej konstrukcji.

Albedo wybranych powierzchni

Rodzaj powierzchni	Albedo (w %)
Śnieg świeży	75–95
Lód morski	36–50
Piasek wydmy	20–45
Pustynia piaszczysta	25–30
Beton suchy	17–27
Las liściasty	10–20
Lita skała	12–15
Czarna nawierzchnia dróg	5–10

Termiczne rekordy klimatyczne

Rekord klimatyczny	Wartość (w °C)	Miejsce	Data
Najwyższa temperatura powietrza na świecie	+56,7	Dolina Śmierci	10.07.1913
Najniższa temperatura powietrza na świecie	–89,2	stacja Wostok	21.07.1983
Najniższa temperatura powietrza na półkuli północnej	–77,8	Ojmiakon	zima 1938/1939
Najwyższa temperatura na biegunie południowym	–13,6	stacja badawcza Amundsen–Scott	1978

Najdłuższe rzeki na poszczególnych kontynentach

Rzeka	Zlewisko	Kontynent	Państwo	Długość (w km)	Powierzchnia dorzecza (w tys. km ²)	Średni przepływ przy ujściu (w tys. m ³ /s)
Nil z Kagerą	Morze Śródziemne	Afryka	Burundi, Rwanda, Tanzania, Uganda, Sudan Południowy, Sudan, Egipt	6671	2870	2,6
Amazonka	Ocean Atlantycki	Ameryka Południowa	Peru, Brazylia	6437	7300	175,0
Jangcy	Morze Wschodnio-chińskie	Azja	Chiny	6380	1800	35,0
Missisipi z Missouri	Zatoka Meksykańska	Ameryka Północna	Stany Zjednoczone	5970	3222	19,0
Wołga	Morze Kaspijskie	Europa	Rosja	3531	1380	8,1
Murray z Darling	Ocean Indyjski	Australia	Australia	3490	1160	0,3

Największe jeziora

Nazwa jeziora	Państwo	Powierzchnia (w tys. km ²)	Pojemność (w km ³)	Maksymalna głębokość (w m)	Wysokość lustra wody (w m n.p.m.)
Morze Kaspijskie	Rosja, Azerbejdżan, Iran, Kazachstan, Turkmenistan	370,0	78 200	1025	–28
Jezioro Górne	Kanada, Stany Zjednoczone	82,4	12 100	406	183
Jezioro Wiktorii	Uganda, Kenia, Tanzania	68,8	2 760	84	1134
Huron	Kanada, Stany Zjednoczone	59,6	3 540	228	176
Michigan	Stany Zjednoczone	57,8	4 920	281	176
Tanganika	Burundi, Demokratyczna Republika Konga, Tanzania, Zambia	32,6	19 000	1471	773
Bajkał	Rosja	31,5	23 600	1620	455
Ładoga	Rosja	17,8	838	230	4,8
Maracaibo	Wenezuela	16,3	280	250	0
Eyre	Australia	do 9,5	do 32	do 20	do 20

Największe sztuczne zbiorniki wodne

Nazwa	Państwo	Powierzchnia (w km ²)	Pojemność (w km ³)	Rzeka	Rok uruchomienia
Kariba	Zambia, Zimbabwe	5960	180,6	Zambezi	1959
Zbiornik Bracki	Rosja	5476	169,0	Angara	1964
Jezioro Nasera	Egipt	5250	162,0	Nil	1971

Największe morza

Nazwa	Ocean	Powierzchnia (w tys. km ²)	Maksymalna głębokość (w m)
Morze Sargassowe	Ocean Atlantycki	6000–7000	6 905
Morze Filipińskie	Ocean Spokojny	5726	10 497
Morze Koralowe	Ocean Spokojny	4791	9 103
Morze Arabskie	Ocean Indyjski	4592	5 875
Morze Południowochińskie	Ocean Spokojny	3537	5 560
Morze Tasmana	Ocean Spokojny	3336	5 944
Morze Weddella	Ocean Południowy	2910	6 820
Morze Karaibskie	Ocean Atlantycki	2777	7 680
Morze Śródziemne	Ocean Atlantycki	2502	5 121
Morze Beringa	Ocean Spokojny	2315	5 500
Morze Ochockie	Ocean Spokojny	1603	3 916

Skala Beauforta

Sto- pień	Ozna- czenie	Prę- kość wiatru (w m/s)	Oznaki na morzu	Oznaki na lądzie
0	Cisza	0,0–0,2	Morze gładkie jak lustro.	Cisza, dym unosi się pionowo.
1	Powiew	0,3–1,5	Na powierzchni wody tworzą się zmarszczki o wyglądzie łusek.	Dym wskazuje na kierunek wiatru, chora- giewka nie reaguje.
2	Słaby wiatr	1,6–3,3	Na powierzchni morza występują krótkie, dość wyraźne małe fale. Żadna z nich się nie załamuje.	Drżą liście, chora- giewka się porusza.
3	Łagodny wiatr	3,4–5,4	Grzbiety małych fal stają się wyraźnie wydłużone i zaostrome, pojedyncze grzbiety zaczynają się załamywać, tworząca się piana ma szklisty wygląd. Na powierzchni morza w dużym oddaleniu od siebie pojawiają się pierwsze, pojedyncze grzebienie.	Liście i mniejsze gałązki stale się poruszają.
4	Umiar- kowany wiatr	5,5–7,9	Małe fale zaczynają się wydłużać, na powierzchni morza pojawia się sporo białych grzebieni.	Poruszają się małe gałęzie, kurz unosi się z podłoża.
5	Dość silny wiatr	8,0–10,7	Fale stają się wyraźne i dobrze wykształcone, ich długość wzrasta. Większość fal się załamuje, na powierzchni wody widać dużo białych grzebieni, pojawiają się pierwsze bryzgi.	Chwieją się małe drzewka pokryte liśćmi.
6	Silny wiatr	10,8–13,8	Zaczynają się tworzyć duże fale o silnie wykształconych, stromych i pienistych grzbietach. Fale wyraźnie załamują się, tworzą się bryzgi.	Poruszają się duże gałęzie.
7	Bardzo silny wiatr	13,9–17,1	Bardzo asymetryczna, łamiąca się fala. Piana porywana przez wiatr z łamiących się grzbietów zaczyna się układać w pasma równoległe do kierunku wiatru.	Poruszają się całe drzewa, porusza- nie się pod wiatr jest utrudnione.
8	Gwałtow- ny wiatr (sztorm)	17,2–20,7	Bryzgi odrywane od wierzchołków łamiących się fal zaczynają wirować w powietrzu. Piana układa się w długie, bardzo wyraźnie wykształcone pasma zgodne z kierunkiem wiatru.	Mniejsze gałęzie łamią się, poruszanie się pod wiatr jest mocno utrudnione.
9	Wichura (silny sztorm)	20,8–24,4	Niemal każda fala załamuje się, gęste pasma piany układają się w szerokie pasma wzdłuż kierunku wiatru, duża ilość bryzgów unoszona jest w powie- trze. Granica między wodą a powietrzem w niektó- rych miejscach staje się niewyraźna.	Wiatr zrywa dachów- ki i słabsze kominy, łamie gałęzie.
10	Silna wichura (bardzo silny sztorm)	24,5–28,4	Powierzchnia morza niemal w całości biała od pia- ny, również między pasmami piany. Piana i woda bezpośrednio z powierzchni morza zaczynają być wyrwane przez wiatr w powietrze. Widzialność pozioma zaczyna się wyraźnie zmniejszać od wzra- stającej ilości pyłu wodnego w powietrzu.	Wiatr wyrывa drzewa z korzeniami, po- ważne uszkodzenia budynków.
11	Gwał- towna wichura, sztorm	28,5–32,6	Wiatr wszędzie porywa i rozpyla wierzchołki fal, powierzchnia morza jest całkowicie biała. Widzial- ność pozioma zmniejszona, powierzchnia morza w większym oddaleniu od statku słabo widoczna.	Duże zniszczenia.
12	Huragan	> 32,6	Zanika granica między powietrzem a wodą; powietrze przesycane pyłem wodnym, bryzgami i unoszonymi przez wiatr płatami piany. Widzialność bardzo ograniczona.	Ogromne spustoszenia.

Charakterystyka oceanów

Nazwa	Powierzchnia (w mln km ²)	Udział w powierzchni wszechoceanu (w %)	Średnia głębokość (w m)	Maksymalna głębokość (w m)
Ocean Spokojny	168,7	46,4	4028	10 916
Ocean Atlantycki	85,1	22,9	3926	9 219
Ocean Indyjski	70,6	20,4	3663	7 455
Ocean Południowy	22,0	6,1	4000–5000	7 236
Ocean Arktyczny	15,6	4,2	1225	5 625
Wszechocean	362,0	100	3711	10 916

Amplitudy pływów w wybranych miejscach na świecie

Miejsce	Akwen	Państwo	Średnia wysokość (w m)	Największa zarejestrowana wysokość (w m)
Zatoka Fundy	Ocean Atlantycki	Kanada	11,4	19,6
Ujście Río Gallegos	Ocean Atlantycki	Argentyna	10,4	18,0
Zatoka Frobishera	Cieśnina Dawsa	Kanada	10,1	17,4
Ujście Severn	Kanał Bristolski	Wielka Brytania	9,7	16,8
Port Granville	kanał La Manche	Francja	9,3	16,1
Ujście Koksoak	zatoka Ungava	Kanada	8,7	15,0
Zatoka Penżyńska	Morze Ochockie	Rosja	8,5	14,7

Wybrane rowy oceaniczne i głębie

Rów oceaniczny	Długość (w km)	Szerokość (w km)	Maksymalna głębokość (w m)
Ocean Spokojny			
Mariański	2500	70	10 916
Tonga	1400	55	10 882
Kurylsko-Kamczacki	2200	120	10 542
Filipiński	1400	80	10 497
Ocean Atlantycki			
Puerto Rico	1550	120	9219
Sandwich Południowy	1450	90	8428
Romanche	300	20	7758
Ocean Indyjski			
Jawajski	4500	80	7450
Diamantina	2160	30	7102
Ocean Arktyczny			
Głębia w Basenie Nansena	5449	–	5450
Morze Śródziemne			
Helleński	2500	40	5121

Najpotężniejsze wodospady na świecie i w Polsce

Wodospad	Rzeka	Państwo	Kontynent	Średni przepływ na progu (w m ³ /s)	Wysokość (w m)
Wodospady Livingstone'a	Kongo	Demokratyczna Republika Konga	Afryka	42 476	40
Wodospady Stanleya	Kongo	Demokratyczna Republika Konga	Afryka	16 990	61
Khone	Mekong	Laos	Azja	11 610	21
Niagara	Niagara	Kanada, Stany Zjednoczone	Ameryka Północna	6009	51
Salto Para	Caura	Wenezuela	Ameryka Południowa	3540	25
Paulo Afonso	Sao Francisco	Brazylia	Ameryka Południowa	2832	84
Urubupungá	Parana	Brazylia	Ameryka Południowa	2012	13
Iguaçu	Iguaçu	Argentyna, Brazylia	Ameryka Południowa	1746	82
Patos e Maribondo	Rio Grande	Brazylia	Ameryka Południowa	1501	35
Siklawa	Roztoka	Polska	Europa	–	70

Wybrane depresje

Depresja	Kontynent	Wysokość (w m n.p.m.)
Linia brzegowa Morza Martwego	Azja	–430
Linia brzegowa jeziora Asal	Afryka	–155
Kotlina Turfańska	Azja	–154
Kattara	Afryka	–133
Karakija	Azja	–132
Kotlina Danakilska	Afryka	–116
Linia brzegowa jeziora Laguna del Carbón	Ameryka Południowa	–105
Dolina Śmierci	Ameryka Północna	–86
Enriquillo	Ameryka Północna	–46
Salinas Grandes	Ameryka Południowa	–40
Kotlina Sarykamyska	Azja	–38
Nizina Nadkaspijska	Europa	–27
Raczki Elbląskie	Europa	–1,8

Wybrane kanały morskie na świecie

Kanał	Państwo	Długość (w km)
Sueski	Egipt	180
Kilofski	Niemcy	99
Panamski	Panama	82
Koryncki	Grecja	6

Wybrane kanały śródlądowe

Kanał	Państwo	Długość (w km)
Wielki Kanał	Chiny	1782
Karakumski	Turkmenistan	1100
Rodan–Ren	Francja	320
Dortmund–Ems	Niemcy	269
Południowy	Francja	241
Białomorski	Rosja	227
Men–Dunaj	Niemcy	171
Wieprz–Krzna	Polska	140
Wołga–Don	Rosja	101
Wellandzki	Kanada	45

Najwyższe zapory na świecie i w Polsce

Zapora	Rzeka	Państwo	Wysokość (w m)
Rogun	Wachsz	Tadżykistan	335
Nurek	Wachsz	Tadżykistan	300
Grande Dixence	Dixence	Szwajcaria	285
Inguri	Inguri	Gruzja	272
Vaiont	Vaiont	Włochy	262
Manuel M. Torres	Grijalva	Meksyk	261
Tehri	Bhagirathi	Indie	261
Alvaro Obregón	Yaqui	Meksyk	260
Mauvoisin	Drance de Bagnes	Szwajcaria	250
Alberto Lleras C.	Guavio	Kolumbia	243
Solina	San	Polska	82

Wybrane lodowce

Lodowiec	Miejsce położenia	Kontynent	Państwo	Powierzchnia (w km ²)
Ellesmere'a	Wyspa Ellesmere'a	Ameryka Północna	Kanada	80 000
Baffina	Ziemia Baffina	Ameryka Północna	Kanada	37 000
Spitsbergen Zachodni	Spitsbergen	Europa	Norwegia	21 240
Devon	Devon (wyspa)	Ameryka Północna	Kanada	16 200
Alex Heyberga	Wyspa Alexa Heyberga	Ameryka Północna	Kanada	11 700
Ziemia Północno- -Wschodnia	Spitsbergen	Europa	Norwegia	11 107
Vatnajökull	Islandia	Europa	Islandia	8 300
Beringa	Alaska (góry)	Ameryka Północna	Stany Zjednoczone	5 800
Byłota	Wyspa Byłota	Ameryka Północna	Kanada	5 000
Malaspina	Góry Nadbrzeżne	Ameryka Północna	Stany Zjednoczone	4 500

Powierzchnia kontynentów

Nazwa kontynentu	Powierzchnia (w mln km ²)	Udział w powierzchni lądowej Ziemi (w %)	Średnia wysokość (w m n.p.m.)
Azja	44,40	29,8	990
Afryka	30,30	20,3	657
Ameryka Północna	24,20	16,2	780
Ameryka Południowa	17,80	11,9	650
Antarktyda	13,30	8,9	2030
Europa	10,50	7,0	292
Australia i Oceania	8,50	5,7	330
Lądy ogółem	148,94	100	875

Ukształtowanie powierzchni kontynentów

Nazwa	Średnia wysokość (w m n.p.m.)	(w m n.p.m.)					
		poniżej 0	0–300	300–500	500–1000	1000–3000	powyżej 3000
		(%)					
Europa	292	1,4	72,6	10,0	10,9	5,0	0,1
Azja	990	1,2	31,2	15,8	21,3	23,7	6,8
Afryka	657	0,1	22,4	27,0	28,6	21,7	0,2
Ameryka Północna	780	0,0	32,8	22,6	17,4	26,6	0,6
Ameryka Południowa	650	0,0	49,0	19,5	16,9	9,6	5,0
Australia i Oceania	330	0,2	54,0	29,5	13,0	3,1	0,2
Antarktyda	2030	0,0	6,4	0,2	5,2	85,7	2,5
Łądy ogółem	875	0,6	33,5	18,6	19,0	25,3	3,0

Najwyższe szczyty górskie na poszczególnych kontynentach

Nazwa szczytu	Kontynent	Wysokość (w m n.p.m.)	Masyw górski	Państwo
Mount Everest	Azja	8848	Himalaje	Nepal, Chiny
K2 (Czogori)		8611	Karakorum	Pakistan, Chiny
Kanczendzonga		8586	Himalaje	Indie, Nepal
Kibo	Afryka	5895	Kilimandżaro	Tanzania
Batian		5199	Kenia	Kenia
Margherita		5109	Ruwenzori	Uganda, Demokratyczna Republika Konga
Denali	Ameryka Północna	6190	Alaska	Stany Zjednoczone
Logan		5953	Góry Świętego Eliasza	Kanada
Orizaba		5700	Kordyliera Wulkaniczna	Meksyk
Aconcagua	Ameryka Południowa	6962	Andy	Argentyna
Ojos del Salado		6893	Andy	Argentyna, Chile
Tupungato		6800	Andy	Argentyna, Chile
Góra Kościuszki	Australia i Oceania	2228	Alpy Australijskie	Australia
Puncak Jaya		4884	Góry Śnieżne	Indonezja, Papua-Nowa Gwinea
Mont Blanc	Europa	4810	Alpy	Francja, Włochy
Masyw Vinsona	Antarktyda	4892	Góry Ellswortha	—

Największe półwyspy na poszczególnych kontynentach

Nazwa półwyspu	Kontynent	Powierzchnia (w tys. km ²)	Państwo
Półwysep Arabski	Azja	3237	Arabia Saudyjska, Irak, Jemen, Jordania, Katar, Kuwejt, Oman, Zjednoczone Emiraty Arabskie
Półwysep Indochiński (wraz z Półwyspem Malajskim)		2175	Chiny, Kambodża, Laos, Malezja, Mjanma, Singapur, Tajlandia, Wietnam
Półwysep Indyjski		2175	Indie
Półwysep Somalijski	Afryka	1882	Etiopia, Somalia
Labrador	Ameryka Północna	1400	Kanada
Jukatan		180	Belize, Gwatemala, Meksyk
Guajira	Ameryka Południowa	14,6	Kolumbia, Wenezuela
Ziemia Arnhema	Australia	240	Australia
Półwysep Skandynawski	Europa	750	Finlandia, Norwegia, Szwecja
Półwysep Antarktyczny	Antarktyda	300	–

Największe wyspy

Nazwa wyspy	Powierzchnia (w tys. km ²)	Ocean/morze	Państwo
Grenlandia	2130,8	Ocean Atlantycki	Dania
Nowa Gwinea	785,7	Ocean Spokojny	Indonezja, Papua-Nowa Gwinea
Borneo	748,1	Ocean Spokojny	Indonezja, Malezja, Brunei
Madagaskar	587,7	Ocean Indyjski	Madagaskar
Ziemia Baffina	507,4	Ocean Arktyczny	Kanada
Sumatra	443,0	Ocean Spokojny, Ocean Indyjski	Indonezja
Honsiu	225,8	Ocean Spokojny	Japonia
Wyspa Wiktorii	217,3	Ocean Arktyczny	Kanada
Wielka Brytania	209,3	Ocean Atlantycki	Wielka Brytania
Wyspa Ellesmere'a	196,2	Ocean Arktyczny	Kanada
Celebes	180,6	Ocean Spokojny	Indonezja
Wyspa Południowa	145,8	Ocean Spokojny	Nowa Zelandia
Jawa	138,7	Ocean Spokojny, Ocean Indyjski	Indonezja
Wyspa Północna	111,5	Ocean Spokojny	Nowa Zelandia
Luzon	109,9	Ocean Spokojny	Filipiny
Nowa Fundlandia	108,8	Ocean Atlantycki	Kanada
Kuba	105,5	Morze Karaibskie, Ocean Atlantycki	Kuba
Islandia	101,8	Ocean Atlantycki, Ocean Arktyczny	Islandia

Wybrane przesmyki

Przesmyk	Połączenie lądu	Minimalna szerokość (w km)
Koryncki	Peloponez – Półwysep Bałkański	5,7
Perekopski	Krym – Europa	8
Jutlandzki	Europa – Półwysep Jutlandzki	41
Kra	Półwysep Indochiński – Półwysep Malajski	42
Panamski	Ameryka Północna – Ameryka Południowa	47
Kamczacki	Azja – Kamczatka	91
Sueski	Afryka – Azja (Półwysep Synaj)	121
Tehuantepec	Ameryka Północna – Ameryka Środkowa	194

Wybrane archipelagi

Archipelag	Największe wyspy	Powierzchnia wysp (w tys. km ²)	Liczba wysp
Malajski	Borneo, Sumatra, Jawa, Celebes	1900	13 677
Arktyczny	Ziemia Baffina, Ziemia Wiktorii	1400	36 560
Japoński	Honsiu, Kiusiu, Sikoku, Hokkaido	410	6852
Wyspy Brytyjskie	Wielka Brytania, Irlandia	312	1000
Filipiński	Luzon, Mindanao	298	7100
Hawaje	Hawai	16,8	8
Cyklady	Naksos, Milos	2,6	220
Alandzki	Eckerö, Lemland, Vardø	1,5	6554
Malediwy	Male	0,3	2000
Wyspy Marshalla	Bikini	0,18	1200

Najwyższe wulkany na poszczególnych kontynentach

Nazwa	Kontynent	Państwo	Wysokość (w m n.p.m.)
Ojos del Salado	Ameryka Południowa	Argentyna, Chile	6893
Orizaba	Ameryka Północna	Meksyk	5636
Kluczewska Sopka	Azja	Rosja	4750
Meru	Afryka	Tanzania	4565
Mauna Kea	Australia i Oceania	Stany Zjednoczone (Hawaje)	4205
Erebus	Antarktyda	–	3794
Etna	Europa	Włochy	3323

Korona Himalajów i Karakorum

Lp.	Nazwa szczytu	Wysokość (w m n.p.m.)	Masyw górski	Państwo
1.	Mount Everest	8848	Himalaje	Nepal, Chiny
2.	K2 (Czogori)	8611	Karakorum	Pakistan, Chiny
3.	Kanczendzonga	8586	Himalaje	Indie, Nepal
4.	Lhotse	8516	Himalaje	Nepal, Chiny
5.	Makalu	8463	Himalaje	Nepal, Chiny
6.	Czo Oju	8201	Himalaje	Nepal, Chiny
7.	Dhaulagiri	8167	Himalaje	Nepal
8.	Manaslu	8156	Himalaje	Nepal
9.	Nanga Parbat	8126	Himalaje	Pakistan
10.	Annapurna	8091	Himalaje	Nepal
11.	Gaszerbrum I	8068	Karakorum	Pakistan, Chiny
12.	Broad Peak	8047	Karakorum	Pakistan, Chiny
13.	Gaszerbrum II	8035	Karakorum	Pakistan, Chiny
14.	Sziszapangma	8012	Himalaje	Chiny

Najdłuższe jaskinie

Nazwa	Państwo	Długość (w km)
Jaskinia Mamucia	USA	651,8
System Sac Actun	Meksyk	335,0
Jewel	USA	289,8
System Ox Bel Ha	Meksyk	257,1
Jaskinia Optymistyczna	Ukraina	236,0

Długość linii brzegowej

Kontynent	Długość linii brze- gowej (w km)	Średnia odległość od wybrzeża (w km)
Ameryka Północna	75 500	470
Azja	70 000	750
Europa	37 000	340
Afryka	30 500	680
Ameryka Południowa	29 000	590
Antarktyda (lądolód)	26 000	–
Australia*	19 700	530

* tylko kontynent australijski

Skala Mohsa

Stopień Mohsa (twardość)	Minerał wzorcowy	Wzór chemiczny
1	talk	$Mg_3[(OH)_2Si_4O_{10}]$
2	gips	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
3	kalcyt	$CaCO_3$
4	fluoryt	CaF_2
5	apatyt	$Ca_5F(PO_4)_3$
6	ortoklaz	$K[AlSi_3O_8]$
7	kwarc	SiO_2
8	topaz	$Al_2F_2SiO_4$
9	korund	Al_2O_3
10	diament	C



A

ablacja 163, 177
 – deszczowa 254
 abrazja 269, 277
 – lodowcowa 256
 aerozole atmosferyczne 86, 87, 129
 akumulacja 236, 250, 252–254, 257, 263, 264, 271, 273, 276, 277, 285, 290, 300
 albedo 94, 119, 129
 aluwia 222, 253, 254, 276, 290
 amplituda temperatury powietrza
 – dobową 95, 129
 – roczną 95, 96, 126, 127, 129
 amonit 219, 225
 antypasaty 100
 aphelium 59, 78
 astenosfera 185, 194, 196, 212, 213, 227, 229
 atmosfera 5, 50, 54–56, 69, 77, 85–91, 94, 99, 100, 102, 105, 113, 128–131, 138, 140, 175, 208, 218, 223, 301, 308–313
 atol 274, 277
 atrybut 30, 31, 39

B

baraniec 256, 259, 277
 bariera
 – lodowa 165
 – orograficzna 103, 108, 298, 301
 basen oceaniczny 214, 215, 229
 baza erozyjna 250, 253
 bieg rzeki
 – dolny 250, 253, 276
 – górny 250–253, 276
 – środkowy 250, 252, 253, 276
 biegun niebieski 60, 78
 bielcowanie 285, 287, 300
 biosfera 5, 293, 301, 308–313
 bomba wulkaniczna 208, 229
 bora 103, 104, 130
 bruk deflacyjny 263, 277
 brunatnienie 285, 287, 291, 300
 bruzda korazyjna 264, 277
 bryza 103, 130, 310
 buroziem 288, 295, 301
 burza 110, 111, 114–116, 131, 148, 318

C

chinook 103
 chmury 55, 88, 90, 101, 105–108, 110, 111, 115–117, 131, 140, 298, 311
 cieczenie 242
 cieśnina 76, 141, 175, 271

ciśnienie

– atmosferyczne 21, 38, 85, 88, 97–102, 110, 111, 113–115, 119, 128–131, 147
 – hydrostatyczne 168, 169, 172, 177, 262
 cykl hydrologiczny 140, 167, 169, 175
 cyklon 97, 114, 129
 – tropikalny 50, 310
 cykl lodowcowy 256, 277
 cyrkulacja monsunowa 102, 108, 128, 130, 131
 czarne ziemie 290, 292, 301
 czarnoziem 266, 277, 283, 288, 292, 296, 301
 czas 72–75, 79
 czynniki
 – glebotwórcze 285, 286, 300, 309, 310
 – klimatotwórcze 118–120, 131, 311
 czerwonoziem 288, 292, 301

D

dane przestrzenne 30–33, 39
 deflacja 263, 277
 deformacje tektoniczne 200, 201
 – ciągłe 200, 201, 228
 – nieciągłe 200, 201, 228
 deszcz 102, 105–108, 113–115, 117, 124, 130, 148, 151, 155–157, 176, 240–242, 254, 288, 318, 319
 – zenitalny 100, 108, 127, 130, 288, 294
 delta 159, 254, 276, 290, 310, 312
 depresja 214, 215
 detersja 256, 277
 detrakcja 256, 277
 długość geograficzna 18, 19, 38, 72–74, 79
 dolina 91, 104, 120, 121, 128, 131, 151, 156, 158, 159, 176, 195, 215, 222, 235, 240, 250, 253, 262, 272, 273, 290, 296, 310, 313
 – U-kształtna 256, 257, 277
 – V-kształtna 251, 256, 257, 276, 312
 – zawieszona 256, 259, 277
 dorzecze 150, 151, 176
 downwelling 144, 175
 Droga Mleczna (Galaktyka) 48, 52, 59, 77
 drumlin 261, 262, 277
 dział wodny 150, 176, 251
 dzień polarny 61, 62, 64, 68, 78

E

egzaracja 256, 277
 egzosfera 88, 89, 129
 ekliptyka 59, 61, 63, 78
 eksfoliacja 237
 epicentrum 210, 212, 229
 era geologiczna
 – kenozoiczna 221, 226
 – mezozoiczna 221, 225
 – paleozoiczna 221, 224, 225
 erozja
 – boczna 252, 253, 276
 – lodowcowa 256, 277
 – wgłębna 251, 253, 276
 – wsteczna 251, 276
 erupcja
 – centralna 205
 – efuzywna 205, 207, 229
 – eksplozywna 205, 207, 229
 – linijna 205
 estuarium 254, 276

F

fale 50, 114, 117, 176, 235, 254, 269–272, 276, 277, 318
 – przyboju 148
 – sejsmiczne 186, 210, 227, 229
 – swobodne 148
 falowanie 144, 148, 149, 176
 fazy Księżyca 69, 72, 79
 fen 103, 130
 ferralizacja 285, 288, 300
 firn 162, 177, 256
 formacja roślinna 293, 294, 296, 309, 313
 formy fluwioglacjalne 262, 277
 formy glacialne 260, 277
 front atmosferyczny 109, 110, 114, 131
 – chłodny 110, 115, 131
 – ciepły 111, 115, 131
 – zokludowany 111, 131
 fumarole 208, 229

G

galaktyka 46, 48, 51, 77
 gejzer 167, 173, 177, 311
 geografia
 – fizyczna 6, 37
 – społeczno-ekonomiczna 6, 37
 GIS 8, 30–33, 36, 37, 39
 gleba 105, 130, 138, 140, 167, 175, 208, 267, 284–292
 – aluwialna 253, 276
 – antropogeniczna 290, 301
 – bagienna 290, 301

- bielkowa 283, 287, 291, 292, 297, 301, 313
 - brunatna 283, 287, 291, 292, 296, 301
 - cynamonowa 288, 292, 295, 296, 301
 - ferralitowa 288, 292, 294, 301
 - górską 290, 292, 301
 - kasztanowa 288, 292, 301
 - płowa 287, 292, 296, 301
 - pustynna 288, 292, 295, 301
 - strefowa 287, 301
 - tundrowa 287, 292, 297, 301
 - wulkaniczna 290, 301
 - globalna cyrkulacja atmosfery 99–102, 108, 130, 131
 - głaz narzutowy (eratyk) 222, 260, 277
 - górowanie 45, 63–66, 68, 71–74, 78, 79, 94, 100, 130
 - góry 20, 25, 29, 97, 103, 104, 128, 130, 138, 158, 164, 168, 194, 199, 200, 214–216, 228, 229, 238, 258, 267, 273, 298, 312, 313
 - fałdowe 202, 228
 - wulkaniczne 203, 228
 - zrębowe 203, 228
 - GPS 19, 20, 25, 38, 50, 77
 - gradient 94
 - suchoadiabatyczny 91, 298
 - wilgotnoadiabatyczny 91, 298
 - graniak wiatrowy 264, 277
 - granica
 - rozbieżna 196, 228
 - transformująca 196, 197, 228
 - wiecznego śniegu 162, 176, 256
 - zbieżna 196, 197, 228
 - grzbiety śródoceaniczne 195, 196, 208, 214, 215, 229
 - grzyb skalny 235, 264, 277, 312
- H**
- halny 103
 - hipocentrum 210, 229
 - horyzont 60, 63–65, 68, 72, 78, 79
 - humifikacja 285, 300
 - hydrosfera 5, 138, 140, 175, 308–313
- I**
- intruzje magmowe 204, 205, 219, 228
 - niezgodne 204, 205
 - zgodne 204, 205
 - inwersja 91, 128, 129
 - izobary 21, 38, 97, 129, 130
 - izolinie 21, 32, 38
- J**
- jaskinia 11, 189, 235, 247, 248, 276
 - jezioro 11, 27, 29, 104, 120, 130, 138–141, 151, 152, 156–160, 167, 175, 176, 190, 213, 215, 235, 252, 254, 259, 260, 262, 266, 267, 271, 290, 310, 311, 313
 - jezioro lodowcowy 163, 164, 177, 256, 257
- K**
- kaldera 205
 - kaptaż 251
 - kartodiagram 21, 22, 32, 38
 - kartogram 21, 22, 32, 38
 - kem 262, 277
 - klif (faleza) 235, 269, 270, 277, 312, 318
 - klimat
 - górski 128, 131
 - lokalny 120, 131, 313
 - kontynentalny 124–127, 296
 - miejski 128, 131
 - monsunowy 123, 128, 131, 294
 - przejściowy 124–127, 296
 - kometa 47, 51, 53, 56, 78
 - komin wulkaniczny 205, 206, 208
 - komórka cyrkulacyjna
 - Ferrela 100, 101, 130
 - Hadleya 100, 130
 - okołobiegunowa 100, 101
 - konwekcja 98, 99, 130
 - korazja 263, 264, 277
 - korytarz 246, 247
 - koryto rzeki 140, 150, 159, 176, 212, 250–254, 319
 - krajobraz
 - młodoglacjalny 260, 277
 - staroglacjalny 260, 277
 - krasowienie 172, 235, 239, 245, 276, 310
 - krater 50, 157, 159, 205–207
 - kryptodepresja 215
 - Księżyc (satelita naturalny) 47, 50, 53, 54, 56, 62, 78
 - księżyc 47, 50, 54, 56, 57, 62, 66, 69–72, 77–79, 175, 308
- L**
- La Niña 146, 147, 176
 - laguna 270, 273, 274
 - las
 - liściasty i mieszany, zrzucający liście na zimę 283, 287, 291, 296, 301
 - monsunowy 294
 - podzwrotnikowy 295, 296, 301
 - lapille 208, 229
 - lawo 188, 195, 203, 205–208, 227–229
 - ładolód 138, 158, 163, 165, 175, 177, 213, 222, 224, 226, 235, 256, 260, 262, 266, 276, 277, 312
 - antarktyczny 165, 177
 - grenlandzki 165, 177
 - lejek krasowy 246, 276
 - lido 270, 273
 - litosfera 5, 138, 140, 141, 167, 175, 183, 185, 188, 194–197, 199, 202, 203, 212, 213, 227, 228, 308–313
 - lodowiec 138, 153, 162–165, 176, 235, 256–260, 277, 309, 310
 - lód lodowcowy 162, 163, 177
- Ł**
- łożysko rzeki 250
 - łuszczenie, zob. eksfoliacja
- M**
- mada 254, 276, 283, 290, 292, 301, 310
 - magma 167, 173, 177, 188, 190, 191, 204–207, 212, 223, 227–229
 - magmatyzm 204, 228
 - magnetosfera 87, 129
 - mapa 8, 9, 11, 16, 17, 19–25, 27–39, 50, 57, 77, 91, 96, 97, 112, 139, 154, 170, 193, 243, 319, 320
 - komunikacyjna 25, 39
 - leśna 25
 - synoptyczna 114
 - topograficzna 25, 27, 28, 32, 39, 57
 - turystyczna 25, 39
 - wojskowa 25, 39
 - materiał piroklastyczny 203, 206–208, 229
 - meander 252, 276
 - meteoroidy 53, 56, 77, 89, 129
 - meteoryty 50, 56, 77, 159
 - metody
 - określania wieku 218–221, 229
 - prezentowania informacji na mapie 21–24, 38, 39
 - mezopauza 88, 89, 129
 - mezosfera 88, 89, 129
 - mielizna 253, 270, 277
 - mierzeja 159, 235, 271, 273, 277
 - mikroklimat 120, 121, 131
 - minerały skałotwórcze 188, 227
 - misa
 - deflacyjna 263, 277
 - martwicowa 247, 276
 - mofety 208, 229
 - mogot 246, 276
 - monsun 68, 310
 - letni 102, 123, 128, 130, 152
 - zimowy 102, 128, 130, 152
 - morena 277
 - boczna 257, 277
 - czołowa 257, 260, 277
 - denna 158, 257, 260, 277
 - środkowa 257, 277

N

nadir 60, 78
 nisza abrazyjna 269
 niż baryczny 97, 98, 100–103, 114, 115, 129, 147
 niżówka 151, 176
 noc polarna 61, 62, 68, 78
 numeryczny model terenu 24, 34, 35, 39

O

obszar
 – asejsmiczny 211, 229
 – pensejsmiczny 211, 229
 – sejsmiczny 211, 229
 obrywanie 240, 241, 251, 269, 276
 odpadanie 241, 276
 odpływ podziemny 140
 oglejenie 285, 287, 300
 ognisko magmowe 173, 206
 Ognisty Pierścień Pacyfiku 208, 211, 229
 opad atmosferyczny 21, 38, 85, 88, 102, 105, 108–115, 117–119, 122–128, 131, 140, 142, 146, 152, 153, 155–157, 160, 162, 167–169, 175–177, 237, 240–242, 254, 266, 286, 288, 294–298, 308–310, 312, 318
 orbita 50, 53, 56, 59, 77, 78, 308
 orogeneza 199, 228
 – alpejska 200, 222, 225, 226, 228, 258
 – hercyńska 200, 224, 225, 228
 – kaledońska 200, 224, 228
 Oscylacja Południowa El Niño (ENSO) 146–148, 176, 310
 ostaniec 235
 – deflacyjny 263, 277
 – krasowy 246
 osuwanie 240–242, 276, 313
 otoczek 251
 oz 262, 277

P

paleogeografia 218
 paleontologia 218
 pasaty 68, 100, 130, 144, 147
 Pas Kuipera 56, 77
 pedosfera 5, 284, 300, 308–313
 pelzanie 264
 peryhelium 59, 78
 plamy gorąca 203, 208, 229
 planeta 45–48, 51, 53–56, 59, 62, 64, 68, 69, 77–79, 86, 87, 89, 90, 100, 118, 129–131, 138, 144, 162, 175, 184, 185, 194, 214–216, 218, 223, 227, 284, 308
 planetoida 53, 54, 56, 69, 77, 78
 platforma
 – abrazyjna 269
 – akumulacyjna 269

– kontynentalna 185, 200
 plaża 37, 148, 270, 277, 312
 plutonizm 204, 205, 228
 płowienie 285, 287, 300
 płyty litosfery 183, 194, 196, 197, 199, 202, 203, 208, 210–213, 215, 228, 229
 pływy
 – kwadraturowe 70, 79
 – syzygijne 70, 79
 pogoda 50, 77, 85, 88, 90, 97, 102, 104, 109–115, 118, 119, 124, 125, 129–131, 146, 148, 263, 318
 pokrywa lessowa 266, 277
 pole firnowe 162–164, 177, 256
 pole magnetyczne 87, 186, 227
 polje 246, 247, 276
 południk 18, 38, 74, 76, 79
 – miejscowy 72, 73
 – niebieski 60, 78
 ponor 246, 276
 popiół wulkaniczny 207, 208, 229
 poziom glebowy 284–286, 300
 – próchniczny 284, 288, 290, 292, 300
 – wmywania 284, 285, 300
 – wymywania 284, 285, 287, 300
 poziomica 20, 21, 24, 28, 38, 39
 półpustynia 151, 266, 295, 301
 pradolina 262, 277
 prądy
 – konwekcyjne 99, 130, 185, 194, 196, 199, 227, 228
 – wstępujące 99, 130
 – zstępujące 99, 130
 prądy morskie 68, 91, 94, 108, 129, 131, 141, 144–146, 149, 165, 175, 176, 310
 – ciepłe 94, 119, 142, 145, 146, 175, 310
 – zimne 94, 109, 119, 142, 145, 146, 176, 310
 procesy
 – eoliczne 263, 277
 – glebotwórcze 89, 284–287, 291, 300, 313
 promieniowanie
 – bezpośrednie 90, 113, 129
 – rozproszone 90, 129
 przepływ 151–155, 176, 250, 318, 320
 przesilenie 61, 63, 65, 73, 78
 przydatność rolnicza 292, 301
 pumeks 208, 229
 pustynia 109, 127, 131, 146, 237, 265–267, 277, 283, 295, 297, 301, 310

R

regresja 163, 177, 212, 225
 resublimacja 105, 108, 140

retencja 140, 175
 rewa 270, 277
 rędzina 290, 292, 301
 rippl marki 264, 277
 roślinność typu śródziemno-
 morskiego 283, 295, 301
 rozpad blokowy 238
 równonoc 60, 61, 63, 65, 73, 78
 rów oceaniczny 196, 197, 214, 215, 229, 312
 ruch
 – obiegowy 45, 59, 60, 63, 64, 71, 78, 79, 91, 308
 – obrotowy 45, 66–71, 79, 91, 100, 130, 144, 308
 ruchy
 – epejrogeniczne 210, 212, 213, 229
 – górotwórcze, zob. orogeneza
 – izostatyczne 210, 213, 229
 – masowe 240–243, 276, 312
 – obniżające, zob. talasogeniczne
 – wznoszące 212
 rumowisko rzeczne 250–252
 ryft 194–197, 205, 228
 rynna podlodowcowa 262, 277
 rzeka 31, 37, 39, 68, 138, 139–141, 143, 150, 152, 153, 160, 175, 215, 250–254, 262, 273, 276, 296, 310–312, 318, 320
 – epizodyczna 151, 176
 – główna 150
 – okresowa 151, 176
 – stała 151, 176

S

saltacja 264
 sandr 262, 277
 sawanna 283, 294, 301
 sejsmograf 210
 sfera niebieska 59, 60, 77, 78
 siła
 – ciężkości 140, 175, 240–242, 276
 – Coriolisa 68, 79, 98, 100, 101, 130, 145, 252, 308
 – odśrodkowa 69, 70, 79, 144, 175, 308
 skala
 – Beauforta 148, 324
 – liczbowa 7, 16, 17, 38
 – Mercallego 210, 229
 – mianowana 7, 16, 17, 38
 – Mohsa 187
 – Richtera 210, 229
 skała
 – macierzysta 284–286, 300
 – magmowa 185, 188, 190–192, 195, 227
 – – głębinowa 188, 190, 192, 227
 – – wylewna 188, 190, 192, 227
 – metamorficzna 185, 188, 190–192, 227

– osadowa 185, 188, 190–192, 196, 199, 213, 223, 226–228, 310
 – – okruczowa 188, 190, 192, 228, 241
 – – pochodzenia chemicznego 188, 190, 192, 228
 – – pochodzenia organicznego 188, 190, 192, 228
 skamieniałości przewodnie 219, 224, 229
 skorupa ziemska 140, 157, 185, 187, 188, 190, 200, 203–207, 210, 212, 213, 215, 216, 218, 223, 227, 229, 284, 300
 słone bagna 274
 Słońce 45–48, 50, 52–56, 59, 60, 62–66, 68–74, 77–79, 87–90, 94, 95, 100, 106, 107, 114, 116, 129, 130, 152, 175, 308
 solanki 174, 177
 solfatory 208, 229
 soliflukcja 242
 spęzanie 241, 242, 276
 spływanie 241, 276
 spływ powierzchniowy 140, 313
 spreding 194, 195, 208, 228
 stalagmit 247, 276
 stalagmat 247, 276
 stalaktyt 247, 248, 276
 stan wody 151–154, 176
 starorzecze 35, 159, 252, 276
 stratopauza 88, 89, 129
 stratosfera 88, 129
 stratygrafia 218
 step 296, 298, 301
 stok 91, 102–104, 119, 128, 158, 206, 207, 216, 240–242, 256, 257, 259, 263, 264, 276, 286, 312, 313
 – kontynentalny 214, 215, 229
 stopień geotermiczny 186, 227, 311
 stożek
 – pasożytniczy 206
 – wulkaniczny 205–208, 229
 stratowulkan 207, 229
 subdukcja 194, 196, 197, 202, 207, 228
 surowce mineralne 21, 166, 189, 208, 228, 319
 suspensja 264
 system rzeczny 150, 176
 szaroziem 288, 295, 301
 szczawy 174, 177
 szelf 213–215, 229
 szerokość geograficzna 18, 19, 28, 38, 62, 63, 65, 66, 73, 79, 91, 94, 97, 98, 100, 101, 105, 118, 119, 128–131, 142, 144–146, 165, 298, 301, 309
 szkwał 117

Ś

ściółka 284, 300
 śnieg 105, 106, 108, 124, 125, 138, 140, 151, 154, 162, 163, 165, 167, 175–177, 240, 242, 256, 298, 301

T

tajga 283, 297, 301, 313
 teledetekcja 8, 37
 temperatura
 – aktualna 90
 – punktu rosy 105, 131
 – średnia dobową 90
 – średnia miesięczna 90
 – średnia roczna 90
 teoria
 – geocentryczna 46, 47, 77
 – heliocentryczna 46, 47, 77
 – Wielkiego Wybuchu 46, 77
 terasy rzeczne
 – nadzalewowe 250
 – zalewowe 250, 253
 termosfera 88, 89, 129
 terminy 168
 terra rosa 288, 292, 301
 tornado 50, 114
 transgresja 163, 177, 212, 225
 trąby powietrzne 116, 117
 troposfera 69, 88, 98, 100, 109, 129, 130, 131, 140, 145, 166, 175
 trylobit 219, 224
 trzęsienie ziemi 197, 199, 211, 229, 312
 tsunami 50, 148, 176, 183, 208, 212, 229
 tropopauza 88, 129
 tuf wulkaniczny 208, 290
 tundra 283, 297, 301
 turbulencja 98, 99, 130

U

ujście rzeki 150, 250, 254, 273, 276
 Układ Słoneczny 47, 48, 52–56, 59, 69, 77, 78, 86, 218
 upwelling 144, 147, 175
 urodzajność 286, 292, 301
 uskok 201, 203, 228
 – transformujący 197
 ustrój rzeczny 151–155, 176
 utlenianie 239, 276
 uwadnianie 239, 276
 uwał 246, 276
 uwęglanowanie 239, 276

W

wał brzegowy 270, 277
 warstwa
 – nieprzepuszczalna 151, 167–169, 172, 177
 – przepuszczalna 168, 169, 172, 177
 – wodonośna 168–171, 177

wiatr

– dolinny 103, 104, 130
 – górski 103, 104, 130
 – słoneczny 87, 129
 wezbranie 151, 153, 176, 252, 253, 290, 318
 widnokrąg 60, 78
 wiek
 – bezwzględny 218, 220, 229
 – względny 218, 229
 wietrzenie
 – biologiczne 236, 239, 276
 – chemiczne 236, 239, 276, 309, 312, 313
 – mechaniczne 236, 237, 239, 276
 wilgotność powietrza 105, 109, 113, 119–121, 130, 131
 wilgotny las równikowy 294
 wody
 – artezyjskie 168, 177
 – krasowe 168
 – mineralne 174, 177
 – podziemne 138, 151, 156, 167–172, 174, 175, 177, 286, 290, 309
 współrzędne geograficzne 8, 15, 16, 18, 19, 30, 38, 73, 319
 wszechocean 141, 149, 156, 162, 175, 176, 214
 wszechświat 46, 51, 57, 77, 223
 wulkan 141, 157, 175, 183, 202, 205–208, 211, 229, 311, 312
 wulkanizm 204, 205, 228
 wybrzeże
 – dalmatyńskie 272, 273, 277
 – fiordowe 272, 277
 – koralowe 274, 277
 – lagunowe 272, 273, 277
 – limanowe 272, 273, 277
 – namorzynowe (mangrowe) 274, 277
 – riasowe 272, 273, 277
 – szkierowe 272, 277
 – zalewowo-mierzejowe 272, 273, 277
 wydma 35, 235, 264–266, 277, 313, 320
 wygląd lodowcowy 256, 277
 wywierzyisko 172, 246, 247, 276
 wyż baryczny 97–104, 114, 130, 147

Z

zaciemnienie
 – Księżyca 62, 78
 – Słońca 62, 78
 zasilanie rzek 151–155, 176
 zasolenie 21, 38, 141, 142, 156, 175, 254, 274
 zatoka 141, 158, 159, 175, 271–273, 277
 zdjęcie lotnicze 8–10, 32, 37
 zenit 60, 63, 78

zlewisko 141
zlewnia 150
złodowacenie 158, 160
zorza polarna 87, 89, 129
zwierciadło wód podziemnych
– napięte 168, 169, 177
– swobodne 168, 169, 177
zwietrzelnina 236, 240–242, 254,
276, 284, 286

zwrotnik 65, 100, 101, 130
– Kozioróżka 61, 62, 78
– Raka 61, 62, 64, 78

Ż
źródło 150, 172, 177
źródło informacji geograficznej 8,
37

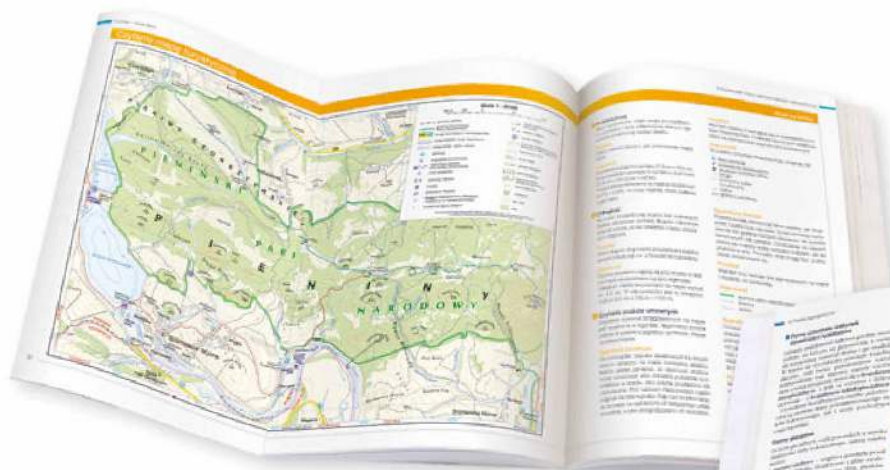
Ż
 żebra krasowe 246
 żłobek krasowy 246, 276
 żółtoziemy 288, 292, 301
 żyzność gleby 284, 286, 292, 301,
 313

Zdjęcia i mapy:

AGNCJA CZYTA: Lukas Krajewski s. 36 (centrum zaradania kryzysowego); Archiwum Nowej Fiy s. 47 (Spurik); ArcMap s. 30; baza.pgig.gov.pl s. 193; bc.tsl.gov.pl s. 10; BFWB: Arany Stock Photo/Jeff G s. 12 (ankieta uliczna); AEE Fotostudio MacPhoto s. 106 (stracunculus); Lukasz Przybyłowicz s. 29; Marek Maruszak s. 174 (Kucowa Andrzej, MJS Media/Animals/P. Brock s. 191 (marmur); Nature Picture Library/Mark Taylor s. 165; Photoshot/Dimitrios Mukhejjes s. 251; PhotoShot/N.H.P.A./Martin Harvey s. 294 (las iwanicki); Science Source/Andrew J. Martner s. 191 (gnajny); Wojciech Węgielkowicz/fotografika.pl s. 159 (Gruzno); 23CS; COPPI s. 107 (głębokość, cumulus); EAST NEWS: Album/Erich Lessing s. 47 (dzieło Mikkołaja Kopernika); Masterfoto/Dave Wilson s. 297 (tętno); Polaris Images/Julie Domansky s. 143 (Dopowiadz Horgen); Reporcer/Adrian Gladocki s. 258 (Akol polownicowy); Reporter/Zbigniew Jarowski s. 117 (szwał, zagłówek); ejsh.jp/gov.pl s. 170, 171; EUMETSAT: Odgór i przetwarzanie danych: Dział Telecestry Satellite/ IMGW-PIB w Krakowie s. 101 (mapa cyrkulacji powietrza); 115 (mapa satelitarna); FLASH PRESS MEDIA/DIOMEDIA: Danita Delmont RM s. Kristin Mushar s. 157; Walter Bibikow s. 235 (roślinność śródziemnomorska); Guido Alberto Rossi Acuña s. 235 (Zyronda); HEIMS U Boisteranger Jean s. 203 (Stromboli); Gardel Bernard s. 91, 236, 207; Robert Harding Photography/Lane Sweeney s. 161 (Keimuzji); Science Source/Andrew Rakoczy s. 259 (rysunek ludzki); Żuma Press s. 58 (mecenasy); FORUM: Kacper Kowalski s. 117 (członkini po przejściu larwy powisnęcej); 156; Thomas Walkowiński s. 117 (tała powielająca); yug.stat.gov.pl s. 32; ygoportal.gov.pl s. 33–35, 319; GETTY IMAGES: 500px/pwFWSAM s. 288 (Jarcangi w Gansju); Anadol Agency/Sergey Anisimov s. 166 (platforma wieńcista); Biosphoto/Sergi Garcia Hernandez s. 143 (dół morski); Collection Libr: Subjects H/ Matthew Williams-Lillis s. 245 (kras w Słowenii); Corbis Document ary – George Steinmetz s. 11 (pobieranie rzeki lodowej); 68 (Jardang); Hans Strand s. 174 (Blue Laguna); Thos Aloke s. 237 (szczyty w wyschniętej ziemi); 308 (naranczy); Corbis Historical – Ryan Pyle s. 21 (VGS s. 198 (zrzeczenie ziem); Corbis NX – Mark Hoberman s. 263; Scientifica s. 190 (porfir); Corbis/Grand Tour s. 237 (kamienne kule); De Agostini Editorial – A. Vergani s. 310 (Dolina Nilu); L. Barbagallo s. 313 (żagla); L+/Angela Korrentino s. 212; F. Ansonnikov s. 85; F./to Oyayager s. 200 (Mont Blanc); F./ruzi s. 80; Gallo Images/africainmagery.com/Roger de la Harpe s. 309 (jeroda głębi); iStock Editorial/Cali07 s. 67; iStockphoto – Andrii030 s. 116; aurelianencasa s. 240 (Półt Dro w 2012 r.); cinoby s. 281 (Sahara); cesertsolitaire s. 201 (uskoki skalne); Elena/Aeva s. 167; Lis Blanca s. 167; ewg30 s. 289 (lirzsadz); 283 (krajobraz namorski); 305 (grani skalne); Irandisco Salpa s. 120; Filiz s. 176; guvernement s. 51 (kula ziemską); haryhaysi s. 235; javamv3 s. 312 (skaly graniczne); JNFPhotos s. 137; Klaus Holler ver s. 792 (plantacja cytrynowa); Mateau s. 231; Natasa Klin s. 280 (Kras); Oleg Znamenskiy s. 295 (puszczyn); Orichipod s. 160; Pi Lens s. 297 (audrio); Pro syranov s. 146 (Almuatiki); Rainer Albeiz s. 183; Rossileon s. 269 (głeba morskiej); Sandra Dunlap s. 288 (głeba czerwona); SellOnLineMarketing s. 72; studi023 s. 90; swio79 s. 191 (belitry); TAPUSUF-BRCM s. 305 (podnala); vjayer s. 45; zhd s. 792 (wpas okule); Milt Images RM/Frans Janling s. 252; National Geographic Creative/Selesolesearch & Films/Carsten Peter s. 11 (eksploracja jaskini); National Geographic Magazines/Derek Van Briceon – okładka; National Geographic RF/Jason Edwards s. 208; Photocisc/Stocktrek s. 209 (wybuch Pinazub); Photographer's Choice/Michael Melford s. 234 (sewnia); Photo Army RM/John Wardley s. 288 (terre usiane); Science Source/Michael Kennedy /U.S. Navy s. 244 (okale wodne); Sine Images s. 268; Stocktek Images s. 50 (tektura); StoneArmy – Jamno s. 6; The Image Bank – Art Wolfe s. 281 (Bora Bora); John Porret s. 207 (nimfobotaniste); Thinkstock/thinkphoto – CaronB s. 93 (dolina Śniard); DouglasC; Sine Images s. 268; ijpplmarki); ElbasdiPhoto s. 5; PhotoGalleryMM s. 254 (piarmidzie); sandif s. 179; Visuals Unlimited/Jim Marks s. 58 (katar); Yann Arthur-Bertrand s. 209 (Sahar); 281 (Nizina Amazonki); Google Earth Pro s. 10, 57; https://earth.nullschool.net s. 149; IMGW-PIB w Warszawie s. 115 (mapa synoptyczna); INDIGO IMAGES: AGE Fotozak – Juan Carlos Muñozes; 86, 311; Larry Dale Gordon s. 310 (Nabibi); Karmin Zwick s. 249; Park Narocowy Slowacki Kras; Michael S. Nolan s. 166 (stwierz w Arktyce); Philippe Body s. 272 (wybrzeże fiordowe); AGE Fotosak – David Fuentes s. 219 (cyrbity); Shaven Gillis s. 281 (Dalmacja); Walter Bibikow s. 163; Yoko Azai s. 268; Arany Stock Photo – akensberg-Photo-Cologne s. 265 (gwiazda Pokowsku Chalcytycznej); blawinkelw s. 107 (drostrosulca); 108 (mgła); 217 (obszaruwanie asronomiczne); 305 (kosmicznywa); BrazilPhoto s. 240 (puszczki); Chad Ehlers s. 272 (wybrzeże szklowe); Cultura Creativa (FR) s. 180 (dozwolenie narowski); David Hamman s. 151 (sucha okolica rzeczna); Davis R. Izquier Photography; Inc. s. 308 (przynęty i łodygi); David Wall s. 246 (język kwasowy); Nick Nathan s. 292 (Jaskinia Gombaseck); George and Monserate Schwartz s. 25 (jeziorajba wijskiej); Glenn McGrea s. 239 (lafoni); India/Roger Cracknell s. 25 (las monsunowy); Ivan Vidovic s. 298 (step); 303 (ępt); J Marshall – Tribaley Images s. 267 (pustynia kamienistą); Jack Stephens s. 297 (gustylna locowa); John Sirkin s. 111; Marcus Larsson – environment s. 242 (zabezpieczenie steków); Mcmaster Studio s. 116, 11 (font burzowy); Michal Krizi s. 164 (Ludowiek i cerknie); National History Archive s. 242 (sofinialnik); Nell Hepworth s. 256; Peter M. Wilson s. 284 (512 (żył skały); Prima by Dukas Presseagentur GmbH s. 201 (fałd skały); Ryan McInnis s. 12 (gaberya o nieorologizacji); SeBuKi s. 313 (zależności górskie zbocz); Sergey Rykov s. 7; tbcmarcia s. 299 (kwintana pustynia); Tibor Ungar s. 246 (mogoty); Tom Garner s. 246 (złoki kwasowy); AB-Fischer/InfraRedROCK s. 240 (Półt Dro w 2006 r.); Fotoarchiv IRR/CSP_Archivo s. 63; Fotoarchiv IRR/Flyscats s. 267 (pustynia żwirkowa); Itoshige HM s. 242 (osłony drogowe); imageBROKER – Ecophoto/Umdirij Bartosh s. 181 (samochód); Markus Keller s. 200 (Góry Kalcarenski); Rolf Schulten s. 20; Keystone HM/Keystone RM s. 236 (gał pzdrowiolnic); LOOK&You via Diendrendok s. 166 (inici); Majority World/M. Dicard Alan Chow s. 108 (powiedź); Mary Evans Picture Library/LicArdea.com/Francisco Cohier s. 198 (leśnik San Andria); Pacific Stock/Philip Rosenberg s. 217 (Mauna Kea); Pisma/Sconeregger Christof s. 258, 259; Hubert Harding Photography/Goeff Renner s. 93 (Anadyrdy); Science Photo Library s. 51 (Spruzzi); 186, 221 (spektrum masowy); 26; Delev Van Narensweay s. 56 (koncya); M-SAT LTD s. 255 (Zyronda); NASA/Paul E. Aleis s. 47 (Stephen Hawking); Kacper Kowalski/Aeromedia s. 271; Locos Map s. 20; maps.google.com s. 15, 121; NASA: Earth Observatory/ Jesse Allen s. 180 (rodowiec pieczyny); Lathi Observatory/Soodard Space Light Center/HUDOS Replic Response Team/Jeff Schmalz s. 275 (zbiegja satelitarne); JPL-Caltech/WISS s. 53 (fazki); JPL-Caltech/JCAL/MPS/DLV/IDA s. 56 (węzła); JPL-Caltech/JAL/MPS/DLV/IDA s. 33 (Ceres); NASA s. 52; NASA/ESA/Hubble Heritage Team/STScI/AURA s. 51 (Flary S. warzenia); NASA/Hubble Heritage Team s. 51 (galaktyka spiralna); Visible Ear/HMSO/DLV Land Science Team/Jacques Desclatres s. 254 (Delta Nilu); National Oceanic and Atmospheric Administration/www.noaa.gov s. 146 (morska boja podmorska); NOAA-OL; Outspage/Hill: 2005 Exploration s. 197; Państwowy Zespół Geodezji i Kartograficzny (PGIG); CUCIK (kompilacja map topograficznych w skali 1:10 000, układ 1932; arkusza: M-34-64-D-1-M-34-64-D-2); Wykaz zasobów materiałów z państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego na podstawie zezwolenia Marszałka Województwa Małopolskiego nr 8/2013 s. 9 (mapa topograficzna); pig.gov.pl s. 114; POLSKA AGENCJA PRASOWA PAP: LPAD/ANNNIS M. SABANGAN s. 244 (przekształcanie powierzchni); Leszek Blackbays s. 151 (powieść); SHUTTERSTOCK: Aleksandr Sakov s. 202; Aye0001 s. 87; Anna Wegler s. 309 (drzewo); Apple/Go s. 190–191 (figi); Annin Rose s. 101 (Anadyrdy); Aviator Thailand s. 189 (afrozja); BLACKBAYS s. 47 (kosmos i gwiazdy); Boris B s. 164 (Etacer des Bossont); Chris P s. 107 (Alumina); cmrtidy s. 191 (okogit); Cleonar s. 238 (korzenie w skale); EpicStockMedia s. 178; Elena Andrusenko s. 267 (puszczyna ilasta); Catyna Andrusenko s. 50 (meteory); holbox s. 219 (anioni); J. Allen Frame s. 119 (mlasto); Jeljin s. 71; Josef Hanus s. 303 (fundka); KajnrPhotography s. 310 (puszczyna piaskzysta); Kara Jade Quon Montgomery s. 259 (baraniec); Karol Kozielewski s. 230, 310 (kaponia); Korionos s. 69; Lizard s. 119 (gora); Mikhail Otkalenko s. 220 (przekrój przez pion); Nazila Barsukova s. 302; Natapod Sritongcom s. 238; Nicola Larsen s. 164 (Elephant Foot) ony s. 278; Pablo Romero s. 190 (figi); Paya Maria s. 38 (graniany CPB); photographer treccari s. 266, 267 (Sahara); Przemysław Skibinski s. 43, 161 (Kelmutu); Sallenko Evgenii s. 189 (kamiennicy); Sandpap Wa-anapan s. 257; Sorcey Lavrenco s. 219 (okogit); Sergey Nikovs s. 47 (sonda kosmiczna); Sergii Kuchugurnyi s. 238 (żużury w nawierzchni); somthink s. 239 (głeba antropogeniczna); Stéphane Bidouze s. 303 (las iwanicki); studi023 s. 47 (antagonizm); Urszulanin Andrei Anadolysci s. 106 (hostrastiat); yaalan s. 69 (nieho no); TECHIMEX S.A. (wszelkie prawa zastrzeżone www.geoserwer.pl, zdjęcie udostępnione na podstawie licencji wg zamówienia nr: 516 GEOSFM) s. 9 (zdjęcie lotnicze); Viewfinder s.

Wydawnictwołożyło wszelkich starań, aby odnaleźć posiadaczy praw autorskich do wszystkich utworów zamieszczonych w podręczniku. Pozostałe osoby prosimy o kontakt z Wydawnictwem.

Podręcznik *Oblicza geografii 1* do zakresu rozszerzonego zawiera treści dotyczące geografii fizycznej ogólnej, m.in. atmosfery, hydrosfery, biosfery, a także wnętrza naszej planety i ukształtowania jej powierzchni. Szczególny nacisk położono w nim na doskonalenie najważniejszych umiejętności geograficznych, takich jak praca z mapą, oraz na wyjaśnianie zjawisk i procesów fizycznogeograficznych.



Czytanie treści map

Samouczki *Krok po kroku* oraz czytelne mapy, m.in. duża rozkładana mapa turystyczno-topograficzna, pozwalają kształcić i doskonalić umiejętności dotyczące pracy z mapą.

Wyjaśnianie zjawisk i procesów fizycznogeograficznych

Atrakcyjne i czytelne infografiki ułatwiają tłumaczenie nawet najbardziej skomplikowanych zjawisk i procesów fizycznogeograficznych.



WIESZ, UMIESZ, ZDASZ

W podręczniku *Oblicza geografii 1* do zakresu rozszerzonego zamieszczono szereg rozwiązań umożliwiających kształcenie kluczowych umiejętności zawartych w podstawie programowej. *Wiesz, umiesz, zdasz* to blok, który porządkuje wiedzę z danego rozdziału i pozwala utrwalić kształcone w nim umiejętności. Na ten blok składają się *Podsumowanie*, *Sposób na zadania*, *Zadania powtórzeniowe* oraz znajdujące się na końcu podręcznika *Interakcje*.

