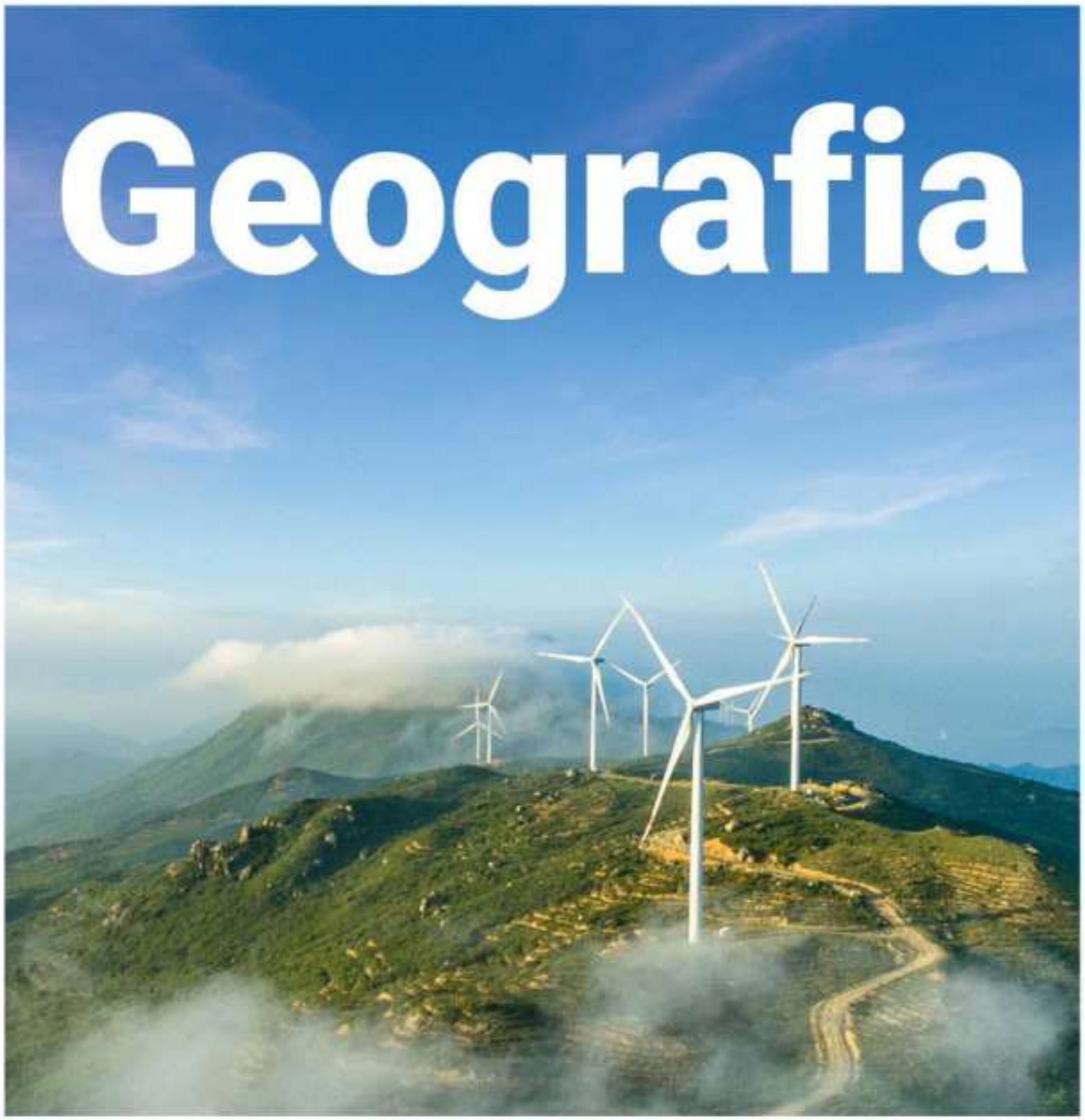
OPERON
Edukacja jest podróżą

ZAKRES ROZSZERZONY

Geografia



Zmiana MEN 2024

Oznaczono usunięte i zmienione treści

1

Podręcznik dla **szkół ponadpodstawowych**

Sławomir Kurek

Geografia

Podręcznik dla **szkół ponadpodstawowych**

1

ZAKRES ROZSZERZONY

OPERON
Edukacja jest podróżą

2023

Projekt okładki: Paweł Kwacz
Redaktor prowadzący: Izabela Kulaszewicz
Redakcja językowa: Marlena Dobrowolska, Monika Turała
Redakcja graficzna i skład: Roman Osiński
Korekta: Magdalena Kuchnowska, Katarzyna Kupracz

Zdjęcia: Biuletyn Planowania Przestrzennego UMK, COMPASS, Instytut Geofizyki PAN/Polska Stacja Polarna Hornsund, Y. Beletsky (LCO)/ESO/ESA/NASA/M. Zamani, NASA/ESO/L. Calçada, NASA/ESA and R. O'Connell, NASA/Cenk E. Tezel&Tunç Tezel (TWAN), NASA/JPL-Caltech/STScI, NASA-/W. Liller, NASA/NOAA GOES Project, NASA/WMAP Science Team, NOAA/CIRA, Bill Morson/Shutterstock, MrMR/Shutterstock, Oscity/Shutterstock, Shutterstock, Vivvi Smak/Shutterstock, Paweł Szczepański/Shutterstock, Wikipedia/Citynoise/CC BY-SA 3.0, Wikipedia/Gladson Machado/CC BY-SA 4.0, Wikipedia/Le Grand Portage/CC BY-2.0, Wikipedia/Pibwl/CC BY-SA 4.0

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

Etap edukacyjny: III
Typ szkoły: szkoła ponadpodstawowa

© Copyright by OPERON Sp. z o.o. & Sławomir Kurek
Gdynia 2019
Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie w całości lub we fragmentach bez zgody wydawcy zabronione.
N6837

Wydawca:
OPERON Sp. z o.o.
81-212 Gdynia, ul. Hutnicza 3
tel. centrali 58 679 00 00
e-mail: info@operon.pl
www.operon.pl

ISBN 978-83-7879-965-8

07/23/XXI/O80

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

Takim symbolem oznaczono treści usunięte z podstawy programowej.

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

Spis treści

Wstęp 6

I. Źródła informacji geograficznej

1. Metody pozyskiwania informacji geograficznych 10
2. Badania ankietowe i wywiady 14
3. Metody prezentacji zjawisk w tabelach i na wykresach 17
4. Metody prezentacji zjawisk na mapach 25
5. Prowadzenie obserwacji w terenie 34
6. Posługiwanie się mapą topograficzną w terenie 36
7. Zdjęcia satelitarne i lotnicze 46
8. Określanie położenia na podstawie Globalnego Systemu Pozycjonowania (GPS) 51
9. Zastosowanie Systemów Informacji Geograficznej (GIS) 54
10. Identyfikacja zależności między elementami przestrzeni geograficznej 59

Podsumowanie przed sprawdzianem 61
Sprawdź, czy umiesz 66

II. Obserwacje astronomiczne

1. Budowa Wszechświata. Galaktyki i gwiazdozbiory 70
2. Teoria heliocentryczna i współczesne badania kosmiczne 81
3. Ziemia w Układzie Słonecznym 88
4. Ruch obiegowy i obrotowy Ziemi 97
5. Obliczanie wysokości górowania Słońca 109
6. Wyznaczanie współrzędnych geograficznych na podstawie wysokości górowania Słońca 114
7. Oddziaływanie Słońca i Księżyca. Zaćmienia i pływy morskie 118

Podsumowanie przed sprawdzianem 124
Sprawdź, czy umiesz 128

III. Dynamika zjawisk atmosferycznych

1. Budowa atmosfery 134
2. Temperatura powietrza i jej rozkład na Ziemi 139
3. Ciśnienie atmosferyczne i cyrkulacja atmosfery 145
4. Fronty atmosferyczne 152
5. Wiatry stałe, okresowe i lokalne 157
6. Rozkład opadów na Ziemi 161
7. Elementy pogody i jej prognozowanie 171
8. Czynniki klimatotwórcze 177
9. Strefy klimatyczne i typy klimatów na Ziemi 181
10. Ekstremalne zjawiska atmosferyczne i ich skutki 194

Podsumowanie przed sprawdzianem 200
Sprawdź, czy umiesz 206

IV. Dynamika procesów hydrologicznych

1. Zróżnicowanie zasobów wodnych na Ziemi 214
2. Oceany i morza 220
3. Prądy morskie: przyczyny powstawania i ich rodzaje 231
4. Wpływ mechanizmu ENSO na środowisko geograficzne 234
5. Problem zanieczyszczenia wód morskich 239
6. Rodzaje wód podziemnych, ich geneza i wykorzystanie gospodarcze 244
7. Zróżnicowanie sieci rzecznej na Ziemi 251
8. Typy genetyczne jezior i ich rozmieszczenie 259
9. Lodowce i lądolody: przyczyny powstawania i ich rozmieszczenie 266
10. Gospodarcze i społeczne skutki zanikania pokrywy lodowej 272

Podsumowanie przed sprawdzianem 275

Sprawdź, czy umiesz 280

V. Dynamika procesów geologicznych i geomorfologicznych

1. Budowa wnętrza Ziemi i tektonika płyt litosfery 284
2. Podział i geneza skał 292
3. Ustalanie wieku względnego i bezwzględnego skał 298
4. Podział dziejów Ziemi. Analiza profilu geologicznego 303
5. Procesy endogeniczne – wulkanizm i trzęsienia ziemi 313
6. Procesy endogeniczne – ruchy górotwórcze i lądotwórcze 322
7. Procesy egzogeniczne modelujące powierzchnię Ziemi 329
8. Procesy egzogeniczne – rzeźbotwórcza działalność lodowców oraz wiatru 350
9. Wpływ procesów geologicznych i geomorfologicznych na zagospodarowanie terenu 356

Podsumowanie przed sprawdzianem 361

Sprawdź, czy umiesz 370

VI. Procesy glebotwórcze oraz powiązania klimatyczno-glebowo-roślinne na świecie

1. Procesy glebotwórcze 374
2. Typy genetyczne gleb na świecie i ich przydatność rolnicza 384
3. Strefowość i piętrowość roślinna 395

Podsumowanie przed sprawdzianem 408

Sprawdź, czy umiesz 414

Indeks 418

Wstęp

Jak jest zbudowany nasz podręcznik

Podręcznik pozwala na pełne wykorzystanie nowoczesnych metod dydaktycznych w nauczaniu geografii. Zgodnie z założeniami reformy programowej uczniowie I klasy liceów i techników rozpoczną naukę tego przedmiotu w zakresie rozszerzonym w zwiększonym wymiarze godzin.

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



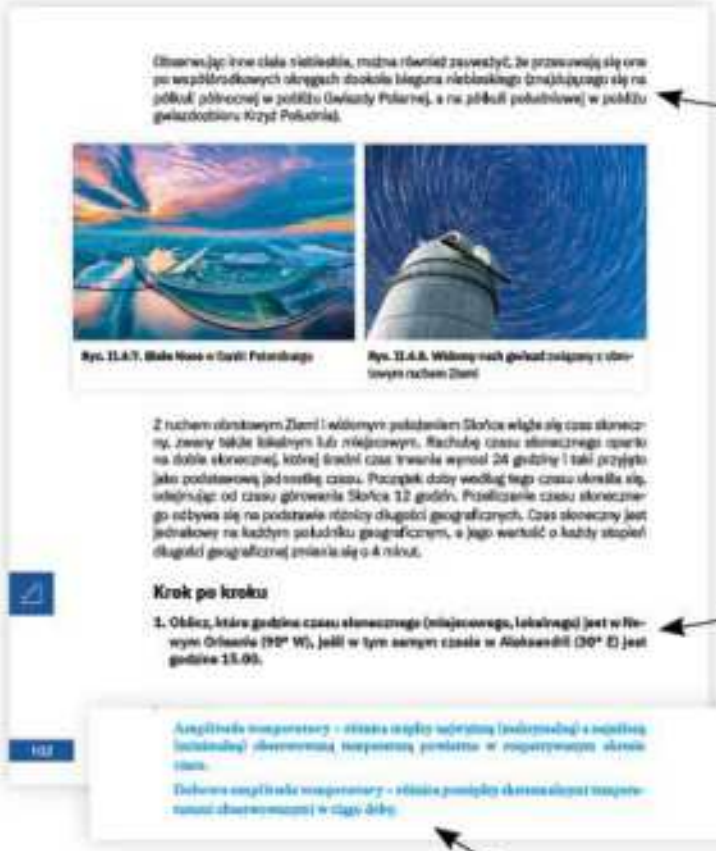
Każdy dział podręcznika otwiera **spis tematów** z danego obszaru.



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

Hasła na marginesach to treści obowiązkowe do zapamiętania z lekcji. Zostaną powtórzone w podsumowaniu lekcji. Pozostałe ważne hasła zapisano szarym kolorem.

Tabele pomogą wam usystematyzować wiedzę.



Przystępny język publikacji ułatwi wam zrozumienie treści i pozytywnie nastawi was do powtarzanego materiału. W tekście pojawiają się wytłuszczenia – dzięki nim łatwiej odnajdziecie najistotniejsze zagadnienia, pojęcia i nazwy.

Rozwiązania zadań krok po kroku przypomną wam omawiany materiał z lekcji i będą wsparciem podczas nauki w domu.

Definicje wyróżnione kolorową czcionką bez trudu zauważycie podczas powtórek.

Podsumowanie przed sprawdzianem zawiera najważniejsze treści do zapamiętania z działu. Jeśli ich nie pamiętacie, wróćcie na stronę wskazaną obok i poszukajcie hasła na marginesie.



Zadania do rozwiązania przećwiczycie w toku lekcji lub wykorzystacie do nauki w domu albo przed kartkówką czy sprawdzianem.

Uwaga: odpowiedzi do zadań wymagających pisemnego rozwiązania zapiszcie w zeszycie.

Podsumowanie lekcji to esencja najważniejszych treści do zapamiętania Jeśli ich nie pamiętacie, wróćcie na stronę wskazaną obok. Znajdziecie tam na marginesie odpowiednie hasło, a w treści lekcji – jego omówienie.



I. Źródła informacji geograficznej

- Metody pozyskiwania informacji geograficznych
- Badania ankietowe i wywiady
- Metody prezentacji zjawisk w tabelach i na wykresach
- Metody prezentacji zjawisk na mapach
- Prowadzenie obserwacji w terenie
- Posługiwanie się mapą topograficzną w terenie
- Zdjęcia satelitarne i lotnicze
- Określanie położenia na podstawie Globalnego Systemu Pozycjonowania (GPS)
- Zastosowanie Systemów Informacji Geograficznej (GIS)
- Identyfikacja zależności między elementami przestrzeni geograficznej

1. Metody pozyskiwania informacji geograficznych

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, jakie są możliwości wykorzystywania różnych źródeł informacji geograficznej;
- zapoznasz się z oceną przydatności tych źródeł;
- nauczysz się wykorzystywać technologie informacyjno-komunikacyjne i geoinformacyjne do pozyskiwania, przechowywania, przetwarzania i prezentacji informacji geograficznych;
- nauczysz się charakteryzować ilościowe i jakościowe metody badań geograficznych.

Podział nauk geograficznych

przedmiot badań geografii

Geografia to nauka o przestrzennym zróżnicowaniu zjawisk przyrodniczych, społecznych i gospodarczych i ich wzajemnym powiązaniu. **Przedmiotem badań geografii** jest środowisko geograficzne, obejmujące zarówno składniki środowiska przyrodniczego (budowa geologiczna, rzeźba terenu, wody, klimat, gleby, flora i fauna), jak i społeczno-gospodarczą działalność człowieka. Ze względu na różnorodność geografii współcześnie mówimy o **naukach geograficznych**, takich jak: kartografia, paleogeografia, geomorfologia, hydrografia, klimatologia, biogeografia, geografia społeczna czy geografia ekonomiczna. W nowej, obowiązującej od 1.10.2018 r. klasyfikacji dziedzin i dyscyplin naukowych geografia fizyczna wraz z geofizyką, geologią i oceanologią wchodzi w skład dyscypliny **nauki o Ziemi i środowisku** (dziedzina nauk ścisłych i przyrodniczych), natomiast geografia społeczno-ekonomiczna jest częścią dyscypliny o nazwie **geografia społeczno-ekonomiczna i gospodarka przestrzenna** (dziedzina nauk społecznych). Prowadzone przez geografów badania mają często charakter interdyscyplinarny, z wykorzystaniem dorobku różnych nauk, na przykład: geologii, fizyki, demografii, urbanistyki, ekonomii. Badania geograficzne są wykorzystywane w planowaniu przestrzennym, prognozowaniu zjawisk przyrodniczych, społecznych i gospodarczych, gospodarowaniu zasobami naturalnymi, ocenie oddziaływania człowieka na środowisko przyrodnicze czy wyborze lokalizacji działalności gospodarczej. Z biegiem czasu zakres dostępu do informacji geograficznych znacznie się poszerzył – od obserwacji w terenie (opisywanie zjawisk przyrodniczych, odkrywanie nowych lądów), pomiarów (np. temperatury, opadów) po analizy baz danych wchodzących w skład systemów informacji geograficznych (wraz z rozwojem technologii cyfrowych).

Podział źródeł informacji kartograficznej

źródła informacji geograficznej

Podstawowym i najstarszym źródłem informacji geograficznych są **obserwacje dokonywane w terenie**. Zalicza się do nich obserwację ułożenia warstw skalnych, profili glebowych, zjawisk atmosferycznych, elementów krajobrazu naturalnego i kulturowego, występowania szaty roślinnej, charakteru zabudowy i układów osadniczych. W terenie bardzo przydatnym źródłem jest mapa lub plan, dzięki którym można określić położenie obiektów czy zaplanować trasę wycieczki. Informacje geograficzne pozyskuje się także ze źródeł tekstowych, takich jak: podręczniki, encyklopedie, czasopisma, książki czy przewodniki. Ważnymi źródłami są również publikacje multimedialne, obejmujące filmy popularnonaukowe, prezentacje czy edukacyjne programy komputerowe. Ponadto dane geograficzne można czerpać z różnego rodzaju baz danych, na przykład roczników statystycznych. Dzięki dynamicznemu rozwojowi internetu w szybki sposób uzyskuje się informacje z serwerów wielu instytucji naukowych czy rządowych – dzięki nim sprawdza się prognozę pogody czy zbiera dane przykładowo ze strony Głównego Urzędu Statystycznego. Na stronie GUS znajduje się m.in. Bank Danych Lokalnych, w którym na bieżąco są aktualizowane dane dotyczące ludności, podmiotów gospodarczych czy ochrony środowiska. Do analizy danych w geografii wykorzystywane są także tabele statystyczne, wykresy, rysunki i schematy. Najbardziej rozwijającą się formą pozyskiwania danych geograficznych w ostatnich kilkunastu latach są **systemy informacji geograficznej** (GIS – od nazwy w języku angielskim: *geographic information systems*), które służą do wprowadzania, przetwarzania i gromadzenia danych, a także zarządzania nimi oraz ich wizualizacji. Dane przetwarzane przez GIS dotyczą przykładowo pokrycia i użytkowania terenu, rozmieszczenia ludności, monitoringu zanieczyszczeń środowiska, zagrożenia przestępczością.

GIS



Ryc. I.1.1. Podział źródeł informacji geograficznej.

Ilościowe i jakościowe metody badań w geografii

metody ilościowe

Metody ilościowe są związane z zastosowaniem pomiaru w badaniach. Podczas dokonywania pomiaru przypisujemy poszczególnym elementom wartości liczbowe. Przykładem badań ilościowych w geografii są pomiary wielkości opadów, temperatury, wilgotności i ciśnienia powietrza, nachylenia stoków i zboczy, odległości pomiędzy obserwowanymi obiektami, wskaźniki statystyczne stosowane dla analizy zgromadzonego materiału, w tym współczynnik urodzeń, zgonów, przyrostu naturalnego, salda migracji, stopa bezrobocia czy udział przemysłu w tworzeniu dochodu narodowego.

metody jakościowe

Badania jakościowe interpretują i opisują zjawiska społeczne z perspektywy wewnętrznych przeżyć podmiotów badania. Mowa tu o doświadczeniach jednostek i grup, interakcjach, w jakie wchodzą, oraz komunikacji, jaka wówczas zachodzi, a także o wszelkich wytworach ich działalności (w szczególności tekstach, obrazach, muzyce itp.). Jakościowe badania marketingowe pozwalają na dotarcie do często nieujawnianych, nieuświadamianych motywów zachowań. Do technik badań jakościowych należą m.in. indywidualne wywiady pogłębione, zogniskowany wywiad grupowy, pytania otwarte w ankietach, obserwacje określonych zachowań, warsztaty tematyczne. W metodach jakościowych nie wykorzystuje się pomiaru ilościowego, lecz główny nacisk kładzie się na to, aby za pomocą specjalnych technik badawczych lepiej zrozumieć analizowane zjawisko. Przyjmuje się, że gdy badacz chce dowiedzieć się jak najwięcej na jakiś temat, powinien posłużyć się metodami jakościowymi, które pozwolą mu gruntownie przebadać zagadnienie, chociaż kosztem liczby poznanych przypadków.

Tab. I.1.1. Porównanie cech badań ilościowych i jakościowych

Badanie ilościowe	Badanie jakościowe
– odpowiada na pytanie „ile?"	– odpowiada na pytanie „co?", „gdzie?", „jak?", „dlaczego?"
– pomiar i analiza statystyczna zjawisk	– dogłębne poznanie danego zjawiska bez wnioskowania statystycznego
– w ankiecie przeważają pytania zamknięte	– w ankiecie przeważają pytania otwarte
– dobór próby losowy, reprezentatywny	– próba celowa
– większe próby badawcze (np. 100–1000 osób)	– mniejsze próby (np. 10-50 osób)
– możliwość uogólnienia wyników badania na całą populację	– badania subiektywne, dotarcie do emocji, jakie ludzie przypisują zjawiskom, interpretacja faktów od rozmówców
– mniejszy wpływ prowadzącego badania na jego przebieg (np. przy kwestionariuszu zamkniętym)	– większy wpływ badacza na przebieg badania (np. pytania naprowadzające podczas wywiadu)

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Podaj, do czego mogą być przydatne poszczególne rodzaje źródeł informacji geograficznej.
2. Znajdź w internecie informacje dotyczące środowiska geograficznego miejscowości, w której mieszkasz lub jej najbliższej okolicy. Wyszukaj informacje o takich elementach środowiska geograficznego, jak: położenie geograficzne, budowa geologiczna, rzeźba terenu, wody, klimat, szata roślinna, ludność, gospodarka i atrakcje turystyczne.
3. Podaj po trzy przykłady badań ilościowych i jakościowych.
4. Przyporządkuj tytuły prac naukowych z zakresu geografii do podanych działów geografii. Przerysuj do zeszytu i uzupełnij tabelę.

   A – współpraca touroperatorów z pozalotniczymi przewoźnikami pasażerskimi w Polsce

   B – rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu wielkości zachmurzenia ogólnego na Spitsbergenie (1983–2013)

   C – stan i zmiany stosunków wodnych Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego.

Dział geografii	Tytuł pracy naukowej (wpisz literę)
geomorfologia	
geografia usług	
klimatologia	

PODSUMOWANIE LEKCJI

- Geografia to nauka o przestrzennym zróżnicowaniu zjawisk przyrodniczych, społecznych i gospodarczych oraz ich wzajemnym powiązaniu. **Przedmiotem badań geografii** jest środowisko geograficzne obejmujące zarówno składniki środowiska przyrodniczego (budowa geologiczna, rzeźba terenu, wody, klimat, gleby, flora i fauna), jak i społeczno-gospodarczą działalność człowieka. ◂ s. 10
- **Źródła informacji geograficznej** można podzielić na: badania terenowe, materiały publikowane, źródła internetowe oraz systemy informacji geograficznej (**GIS**). ◂ s. 11
- **Metody ilościowe** badań geograficznych są związane z zastosowaniem pomiaru w badaniach. Podczas pomiaru poszczególnym elementom są przypisywane wartości liczbowe. ◂ s. 12
- **Metody jakościowe** nie wykorzystują pomiaru ilościowego, lecz główny nacisk położony jest na to, aby za pomocą specjalnych technik badawczych (np. wywiadu) lepiej i dokładniej zrozumieć analizowane zjawisko. ◂ s. 12

2. Badania ankietowe i wywiady

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz zasady tworzenia kwestionariusza ankiety;
- zapoznasz się z przeprowadzaniem wywiadu i opracowaniem jego wyników.

W geografii społeczno-ekonomicznej przykładem badań ilościowych mogą być ankiety, a jakościowych – wywiady pogłębione. **Ankieta** to badanie polegające na zbieraniu informacji za pomocą kwestionariusza. Rola osób badających sprowadza się tu jedynie do rozprowadzenia i zebrania kwestionariuszy ankiety (czyli listy pytań służących do zebrania informacji). Kwestionariusz musi być tak opracowany, aby respondent mógł go wypełnić samodzielnie. Ostatnio coraz częściej popularne są ankiety internetowe (wypełniane np. za pośrednictwem Facebooka czy Google'a). Istnieją aplikacje pomocne również w opracowaniu wyników ankiety w formie tabel i wykresów.

ankieta ▸

Ankieta powinna składać się z tytułu, nazwy osoby lub instytucji przeprowadzającej badanie, stwierdzenia, w jakim celu jest przeprowadzane, zapewnieniu o anonimowości, instrukcji wypełnienia ankiety, zawartości merytorycznej (pytań) oraz tzw. metryczki. Na końcu powinno się znaleźć podziękowanie za wypełnienie ankiety. Informacje, które należy podać w metryczce, dotyczą cech, według których mają być podzieleni respondenci, na przykład: płci, wieku, wykształcenia, stanu cywilnego, miejsca zamieszkania, narodowości. Pytania zamieszczone w ankiecie mogą być zamknięte (z odpowiedziami wielokrotnego wyboru) oraz otwarte.

Przed rozpoczęciem badań ankietowych trzeba ustalić ich cel i odpowiedzieć na pytanie, kogo ankietować. Należy zatem określić wielkość próby reprezentatywnej (grupy badanych osób) oraz sposób wyboru próby do badania. Próba reprezentatywna daje wyniki zbliżone do wyników całej populacji, pozwalające na uogólnienie wniosków z próby badawczej na całą populację. Każda próba jest jednak obarczona błędem statystycznym, ale im większa jej liczebność, tym błąd mniejszy. Z reguły nie bada się próby reprezentatywnej dla całego społeczeństwa, tylko ze względu na pewne jego cechy (np. przeprowadza się badanie na próbie osób korzystających z mediów społecznościowych, jeżdżących na rowerze, spędzających wakacje nad morzem, używających produktów określonej firmy czy klientów wybranego typu usług – dotyczy badań marketingowych).

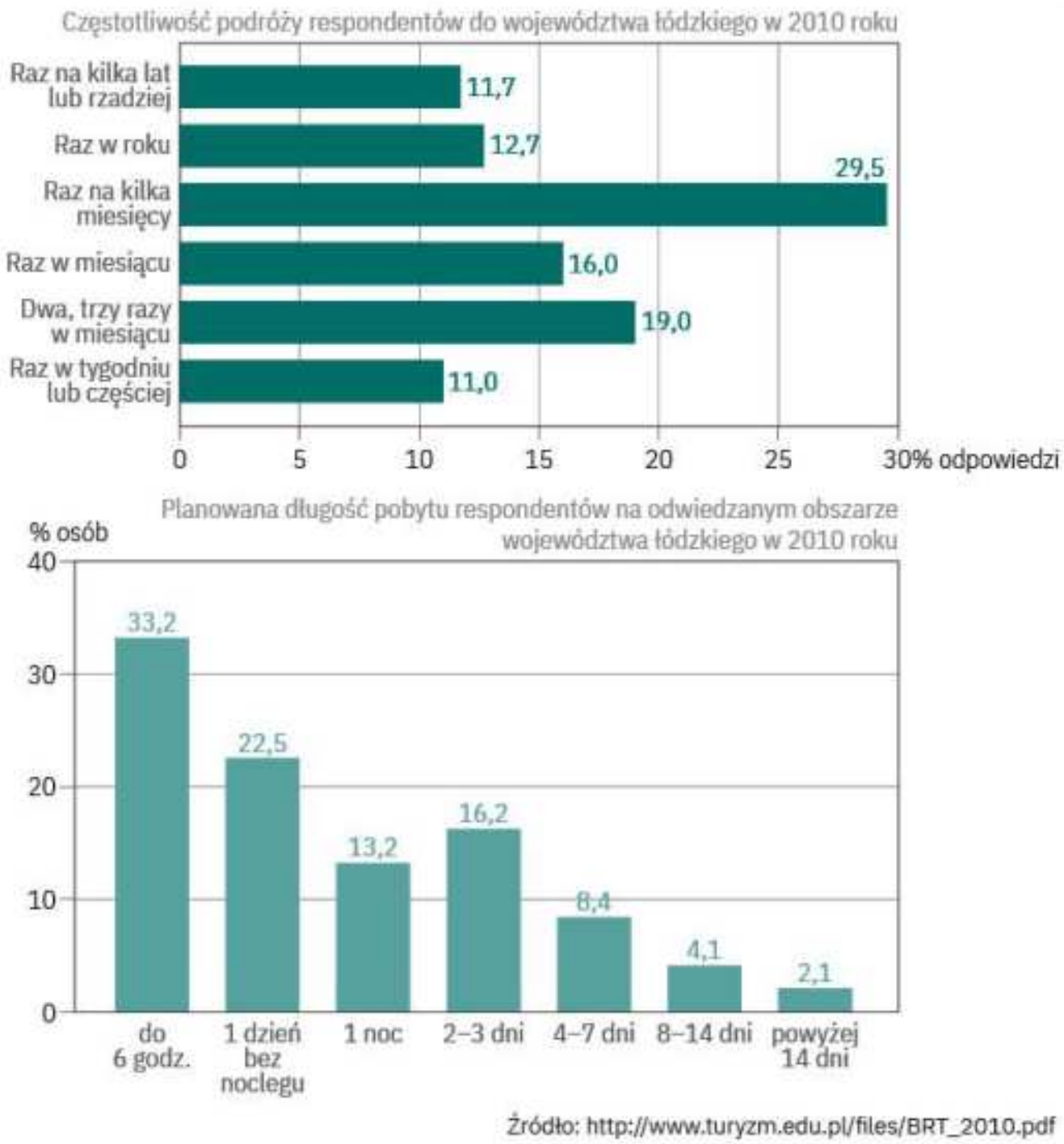
wywiad ▸

Wywiad to z kolei bezpośrednie uzyskiwanie informacji od respondenta przez badacza. Jest przeprowadzany na podstawie kwestionariusza wywiadu. Ze względu na obecność badacza pytania mogą być bardziej złożone. Osoba zbierająca wywiad aktywnie uczestniczy w rozmowie, wyjaśnia niezrozumiałe kwestie, dzięki temu mniej pytań pozostaje bez odpowiedzi lub z odpowiedziami nietrafnymi.

Przykładem zróżnicowania wyników uzyskiwanych za pomocą metod ilościowych i jakościowych mogą być badania przestępczości w określonej przestrzeni geograficznej i poczucia bezpieczeństwa jej mieszkańców. Otóż może się okazać, że liczba zdarzeń kryminalnych na danym obszarze jest bardzo mała, jednak poczucie bezpieczeństwa ludności określone na podstawie wywiadów jest niskie, na co ma wpływ postrzeganie danego miejsca jako niebezpieczne, np. ze względu na zdarzenia z przeszłości, brak oświetlenia ulic, pokrycie terenu (zarośla, las) i związane z tym subiektywne poczucie zagrożenia itp. Dlatego dzięki integracji stanowiska ilościowego i jakościowego istnieje możliwość dogłębnego poznania problemu, a równocześnie zminimalizowania ryzyka pominięcia spostrzeżeń ważnych pod względem poznawczym.

opracowanie wyników badań

Wyniki badań można opracowywać w formie wykresów przedstawiających ilość i rodzaj odpowiedzi na poszczególne pytania, podając wartości bezwzględne lub udziały procentowe. Ponadto odpowiedzi różnicuje się także według metryczki, czyli na przykład według płci, wieku, poziomu wykształcenia, stanu cywilnego czy źródła utrzymania.



Ryc. I.2.1. Przykład opracowania pytań kwestionariusza ankiety.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Opracuj kwestionariusz ankiety w formie elektronicznej dotyczący tematu ważnego i aktualnego w twoim środowisku (maksymalnie 10 pytań). Możesz użyć darmowych aplikacji lub programów służących do konstruowania ankiet.
2. Przeprowadź badanie ankietowe wśród swoich znajomych. Wyślij im, na przykład w mailu, link do ankiety.
3. Opracuj wyniki ankiety. Sporządź wykresy dotyczące poszczególnych pytań. Utwórz tabele pokazujące zróżnicowanie w odpowiedziach na pytanie według cech osobistych i społeczno-demograficznych (np. wieku, płci, miejsca zamieszkania).
4. Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Wybierz P, jeśli informacja jest prawdziwa, lub F – jeśli jest fałszywa. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

1.	Kwestionariusz wywiadu jest wypełniany przez przeprowadzającego badania.	P	F
2.	Kwestionariusz ankiety to zestaw pytań tak sformułowanych, że ich treść nie wymaga dodatkowych wyjaśnień udzielanych przez ankietera.	P	F
3.	W kwestionariuszu wywiadu przeważają pytania zamknięte.	P	F

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 14 ▸ • **Ankieta** to badanie polegające na zbieraniu danych na podstawie kwestionariusza opracowanego w sposób umożliwiający jego samodzielne wypełnienie przez respondenta.

s. 14 ▸ • **Wywiad** to bezpośrednie uzyskiwanie informacji od respondenta przez badacza. Jest przeprowadzany na podstawie kwestionariusza wywiadu.

s. 15 ▸ • **Wyniki badań można opracowywać w formie wykresów** przedstawiających ilość i rodzaj odpowiedzi na poszczególne pytania, podając wartości bezwzględne lub udziały procentowe.

3. Metody prezentacji zjawisk w tabelach i na wykresach

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, jak interpretować dane liczbowe przedstawione w postaci tabel i wykresów;
- poznasz rodzaje i zastosowanie podstawowych typów wykresów.

Prezentacja danych statystycznych w tabelach

Podstawową metodą prezentacji danych statystycznych są **tabele**. Można z nich odczytać konkretne wartości natężenia danego zjawiska, które przedstawia się w postaci wartości bezwzględnych (np. liczba urodzeń) lub względnych – wskaźników (np. liczba urodzeń na 1000 mieszkańców) czy wartości procentowych. Tabele pozwalają na porównanie ze sobą poszczególnych jednostek terytorialnych. Służą również ukazaniu zmian danego zjawiska w czasie (np. zmiany liczby ludności w poszczególnych latach, wskaźnik dynamiki zaludnienia).

◂ tabele

Tabela powinna mieć tytuł, główkę zawierającą nazwy poszczególnych kolumn oraz boczek zawierający nazwy poszczególnych wierszy (najczęściej są to jednostki terytorialne). Pod takim zestawieniem należy umieścić źródło danych w nim zamieszczonych. Choć tabela jest dobrym narzędziem do prezentacji danych statystycznych, to niekiedy zbyt duża ilość informacji utrudnia ich interpretację.

Tab. I.3.1. Tabela przedstawiająca prognozę ludności Głównego Urzędu Statystycznego

Wyszczególnienie	2020	2025	2030	2040	2050
OGÓŁEM w tys.	38138	37741	37185	35668	33951
W wieku przedprodukcyjnym	**6733**	**6500**	**5931**	**5262**	**4963**
Mężczyźni	3458	3342	3052	2708	2554
Kobiety	3274	3159	2880	2554	2409
Miasta	*3760*	*3603*	*3232*	*2808*	*2647*
Mężczyźni	1930	1851	1661	1443	1360
Kobiety	1830	1752	1571	1365	1287
Wieś	*2973*	*2898*	*2700*	*2454*	*2317*
Mężczyźni	1528	1491	1391	1265	1194
Kobiety	1445	1407	1309	1189	1123

Wyszczególnienie	2020	2025	2030	2040	2050
OGÓŁEM w tys.	38138	37741	37185	35668	33951
W wieku produkcyjnym	**22788**	**21892**	**21504**	**19536**	**16583**
Mężczyźni	12115	11584	11396	10631	9134
Kobiety	10673	10308	10108	8905	7449
Miasta	*13314*	*12601*	*12267*	*10874*	*8901*
Mężczyźni	6980	6570	6409	5856	4846
Kobiety	6334	6031	5858	5018	4055
Wieś	*9474*	*9291*	*9237*	*8662*	*7681*
Mężczyźni	5135	5014	4987	4775	4287
Kobiety	4339	4277	4250	3887	3394
W wieku poprodukcyjnym	**8617**	**9349**	**9750**	**10870**	**12404**
Mężczyźni	2887	3347	3554	3955	4876
Kobiety	5730	6002	6196	6915	7529
Miasta	*5643*	*6012*	*6120*	*6553*	*7277*
Mężczyźni	1852	2098	2162	2302	2805
Kobiety	3791	3914	3958	4250	4472
Wieś	*2975*	*3337*	*3630*	*4317*	*5127*
Mężczyźni	1036	1248	1392	1653	2071
Kobiety	1939	2088	2238	2664	3056
Ludność w wieku nieprodukcyjnym na 100 osób w wieku produkcyjnym	**67**	**72**	**73**	**83**	**105**
Mężczyźni	52	58	58	63	81
Kobiety	84	89	90	106	133

Źródło: Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2017

Z powyższej tabeli możemy odczytać przewidywane zmiany liczby ludności Polski do 2050 r. ogółem i według ekonomicznych grup wieku, w tym w podziale na miasto i wieś. Według prognozy liczba ludności kraju w latach 2020–2050 zmniejszy się o ponad 4 miliony. Liczba ludności w wieku przedprodukcyjnym (poniżej 18 lat) zmniejszy się o ponad 1,7 miliona, z czego w samych miastach – o 1,1 miliona. O 6,2 miliona spadnie liczba ludności w wieku produkcyjnym (18–59 lat dla kobiet i 18–64 lat dla mężczyzn). Z kolei w analizowanym okresie nastąpi wzrost liczby ludności w wieku poprodukcyjnym (emerytalnym) i to o niemal 4 miliony osób. Zwiększy się także współczynnik obciążenia demograficznego mówiący o tym, ile osób w wieku nieprodukcyjnym (czyli przedprodukcyjnym i poprodukcyjnym łącznie) będzie przypadać na 100 osób w wieku produkcyjnym. W 2050 r. liczba osób w wieku nieprodukcyjnym przekroczy liczbę ludności w wieku produkcyjnym.

Prezentacja danych statystycznych na wykresach

Dane liczbowe można prezentować w formie graficznej za pomocą **wykresu statystycznego**. Wykres statystyczny to graficzne przedstawienie zależności pomiędzy danymi wielkościami statystycznymi. Składa się on z tytułu, pola wykresu i części opisowej. Tytuł powinien wskazywać przedmiot badanego zjawiska oraz jego umiejscowienie w czasie i przestrzeni. Pole wykresu to jego najważniejsza część, a wybór odpowiedniej metody graficznej wpływa na czytelność i poprawność prezentowanego zjawiska. Wykres konstruuje się najczęściej za pomocą prostokątnego układu współrzędnych i przyjętej na jego osiach odpowiedniej skali. Do najczęściej występujących wykresów zalicza się wykresy liniowe, słupkowe, powierzchniowe oraz punktowe.

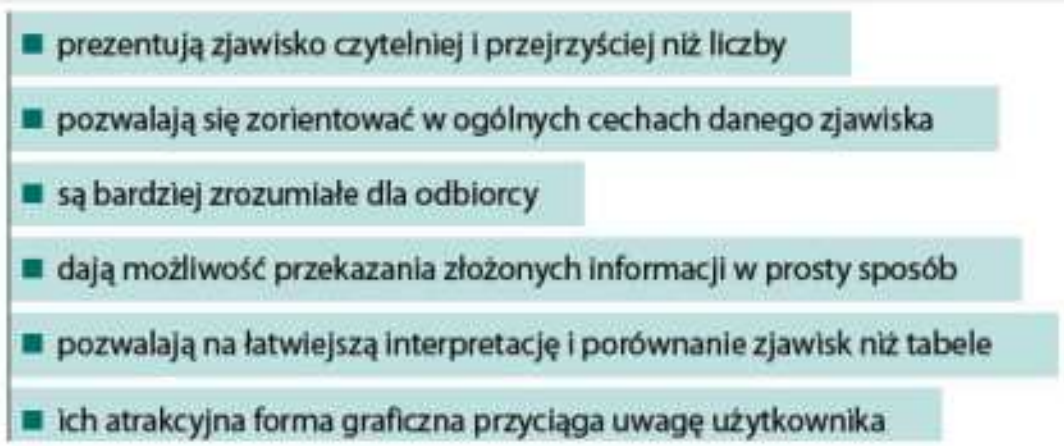
◂ **wykres statystyczny**



Ryc. I.3.1. Cechy wybranych wykresów statystycznych.

Część opisowa wykresu to **legenda** wyjaśniająca znaczenie poszczególnych znaków graficznych zastosowanych na wykresie. Obejmuje ona: opis skali, objaśnienie użytych symboli, barw i sposobów kreskowania, a także ewentualne wyjaśnienia metodologiczne i źródło danych.

◂ **legenda**

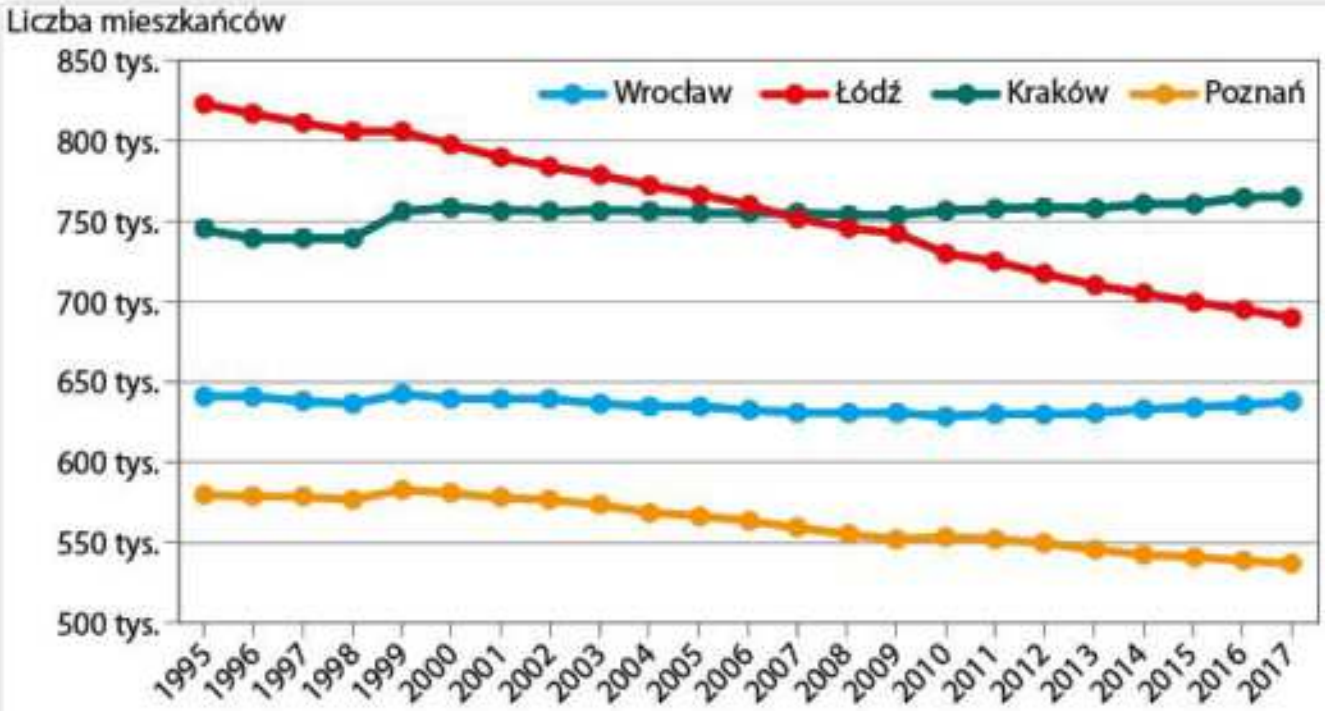


Ryc. I.3.2. Zalety stosowania wykresów statystycznych.

podział wykresów ▸

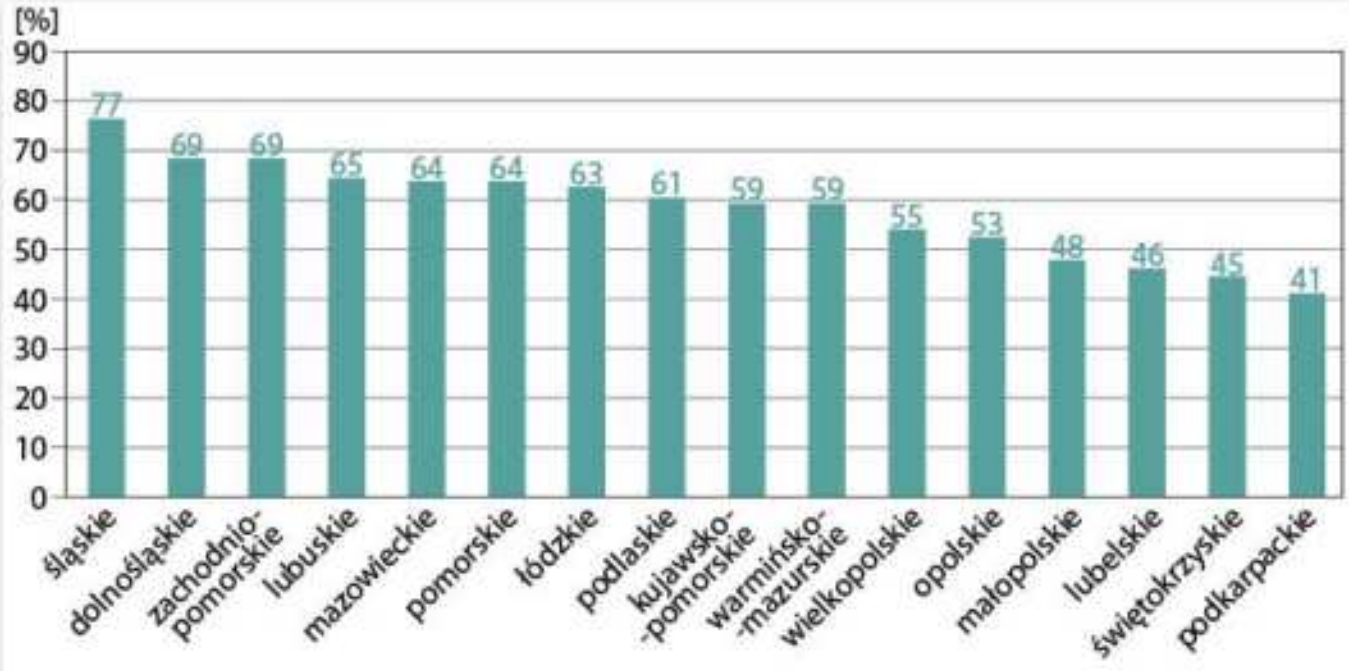
Rodzaje wykresów

Na **wykresie liniowym** można analizować zmiany wielkości natężenia danego zjawiska (wzrost bądź spadek). Przykładowo: wykres zaprezentowany na **ryc. I.3.3.** pozwala zauważyć, że liczba ludności Łodzi wyraźnie spadła w badanym okresie, a także o ile spadła. Do 2006 r. Łódź liczyła więcej mieszkańców niż Kraków, ale od 2007 r. to Kraków liczy więcej mieszkańców niż Łódź.



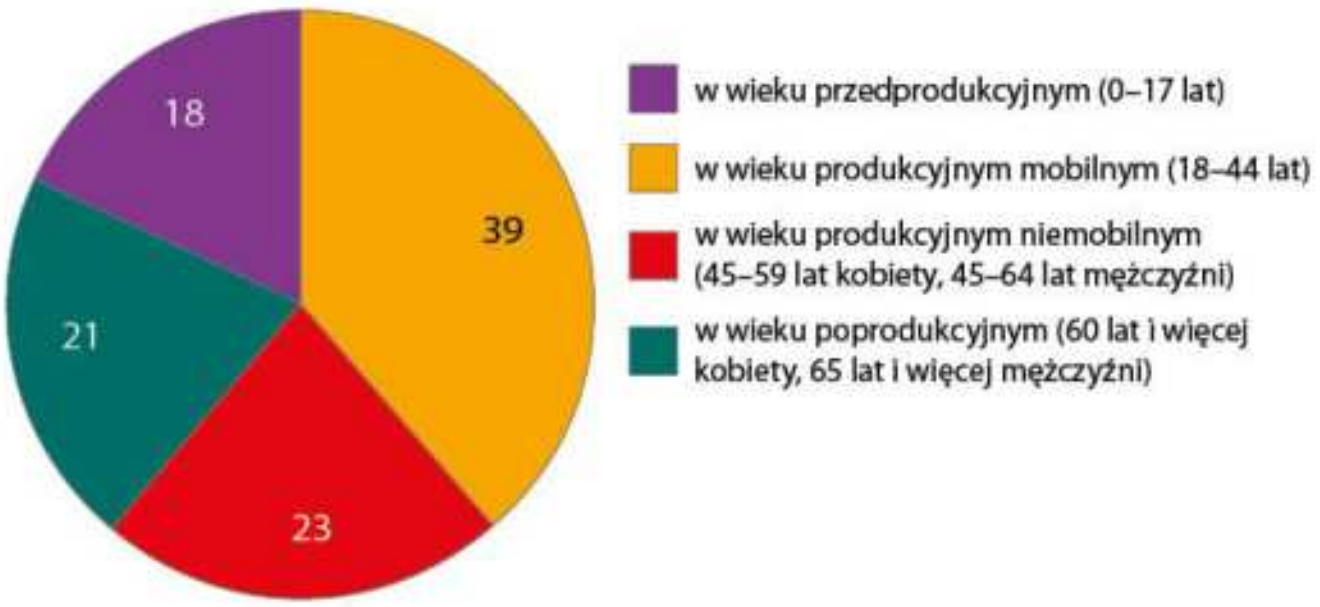
Ryc. I.3.3. Wykres liniowy przedstawiający zmiany liczby ludności w wybranych miastach Polski (Krakowie, Łodzi, Poznaniu i we Wrocławiu) w latach 1995–2017 (w tysiącach).

Do porównywania wartości (względnych lub bezwzględnych) danego zjawiska w różnych jednostkach przestrzennych służą **wykresy słupkowe**. Wykres na **ryc. I.3.4.** przedstawia odsetek ludności mieszkającej w miastach według poszczególnych województw. Słupki są uszeregowane od największej do najmniejszej wartości zjawiska od strony lewej do prawej. Z wykresu wynika, że największy udział ludności miejskiej (czyli poziom urbanizacji) mają województwo śląskie oraz województwa położone w zachodniej Polsce.



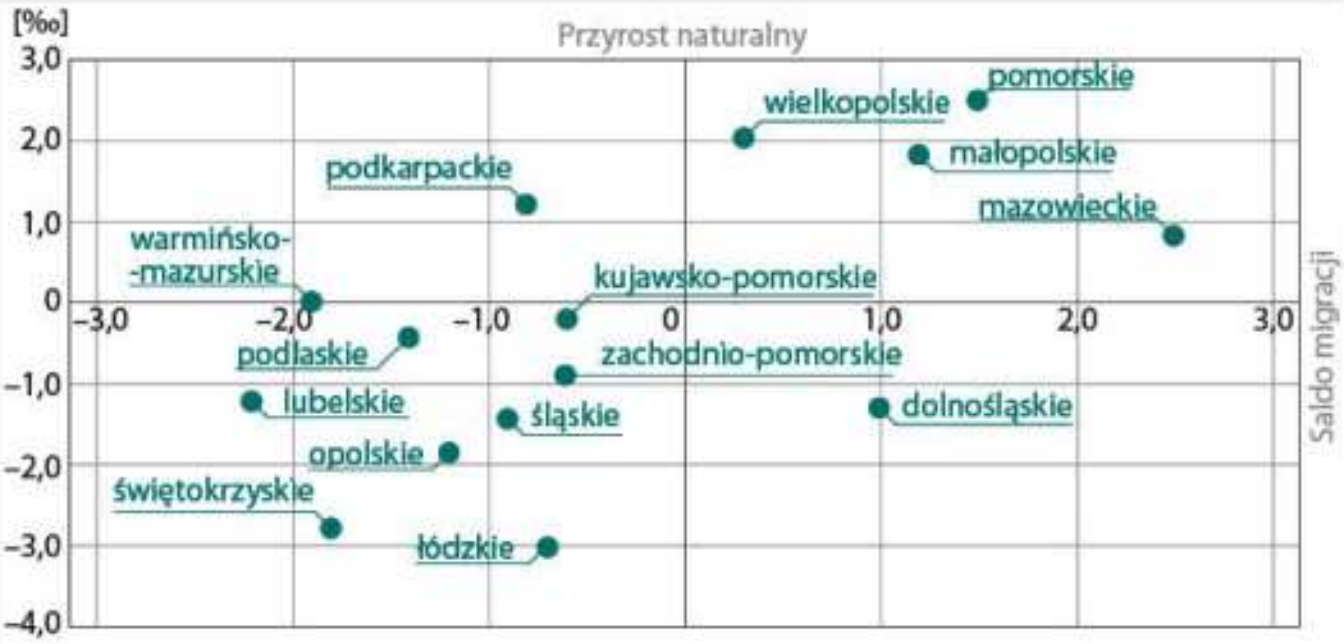
Ryc. I.3.4. Wykres słupkowy przedstawiający procentowe udziały ludności mieszkającej w miastach w 2017 r. w województwach Polski.

Z kolei **wykres kołowy strukturalny** z **ryc. I.3.5.** prezentuje udziały procentowe ludności według ekonomicznych grup wieku. Można z niego odczytać na przykład, że odsetek ludności starszej przewyższa udziały ludności młodej (poniżej 18 lat).



Ryc. I.3.5. Wykres kołowy przedstawiający strukturę ludności Polski według ekonomicznych grup wieku (w %).

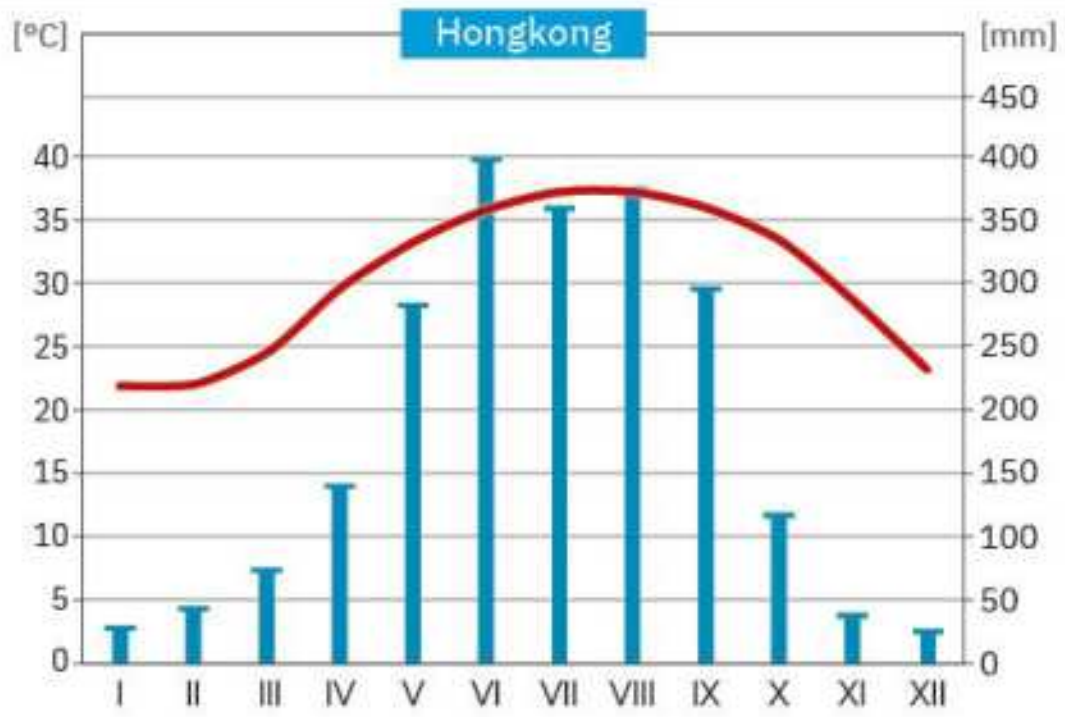
Wykres punktowy pokazany na **ryc. I.3.6.** przedstawia główne składowe przyrostu lub ubytku rzeczywistego ludności (przyrost naturalny i saldo migracji). Według tych informacji w czterech województwach (mazowieckim, małopolskim, pomorskim i wielkopolskim) ludność charakteryzuje się zarówno dodatnim saldem migracji, jak i przyrostem naturalnym, a w województwie mazowieckim głównym składnikiem przyrostu rzeczywistego ludności jest saldo migracji.



Ryc. I.3.6. Wykres punktowy przedstawiający zależność między przyrostem naturalnym a saldem migracji ludności województw (na 1000 osób).

klimatogram ▸

Ostatni wykres – **na ryc. I.3.7.** – to **wykres złożony**. Połączono na nim prezentacje danych za pomocą słupków oraz linii. To **klimatogram**, czyli wykres przedstawiający ilość opadów i temperaturę powietrza w Hongkongu w poszczególnych miesiącach. Można z niego odczytać, w których miesiącach występują najwyższe opady (czyli występuje monsun letni), a także na jego podstawie obliczyć amplitudę średnich temperatur między najchłodniejszym a najcieplejszym miesiącem.



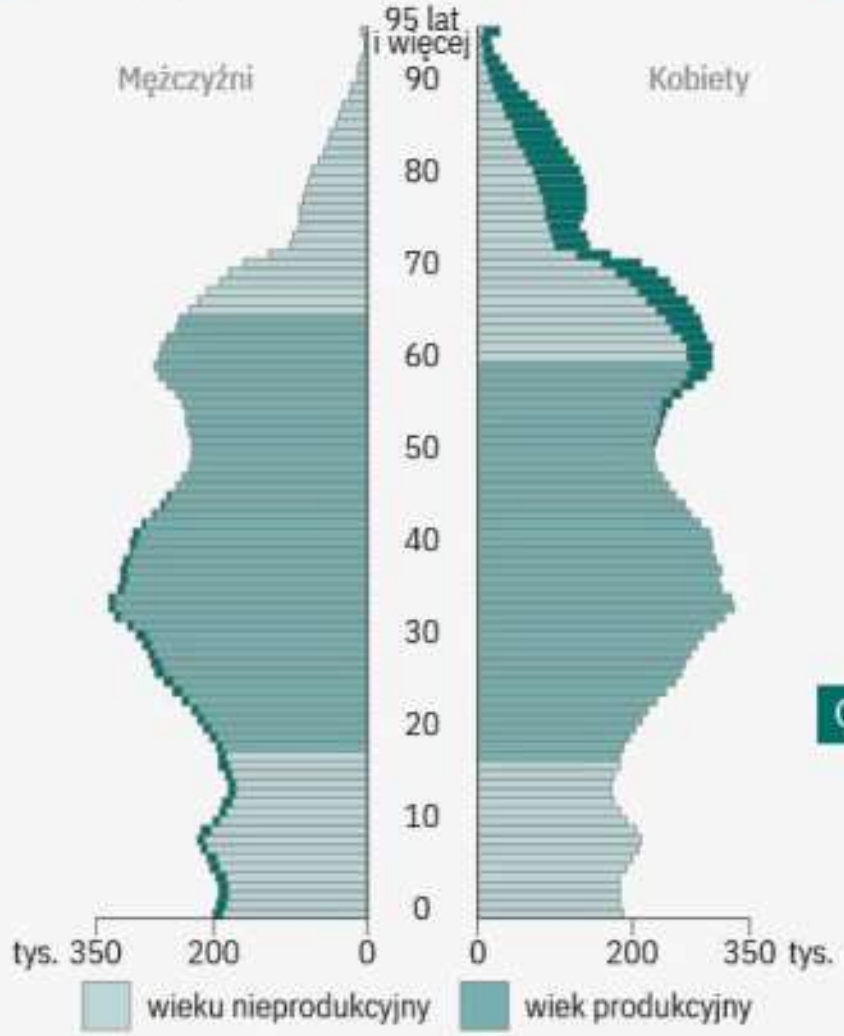
Ryc. I.3.7. Wykres złożony przedstawiający klimatogram dla Hongkongu.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

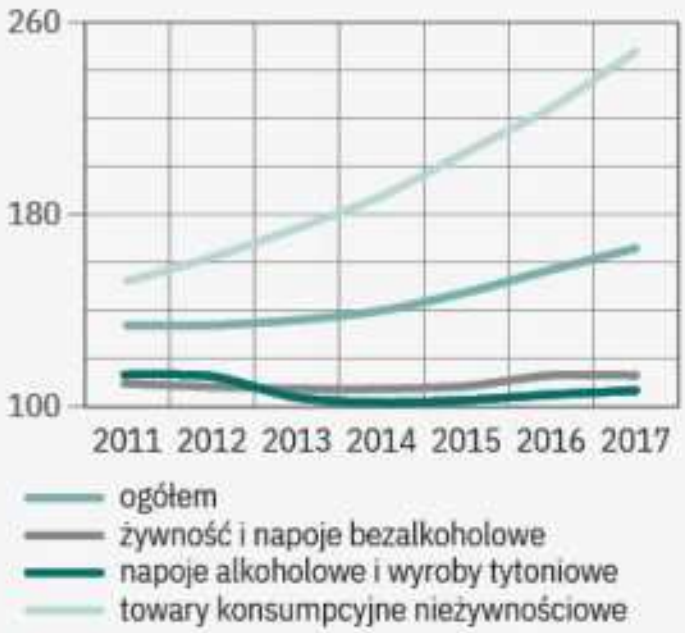
1. Wymień czynniki, które wpłyną na zmniejszenie ludności Polski do 2050 r.
2. Uzasadnij, dlaczego większy spadek liczby ludności w wieku przedprodukcyjnym jest przewidywany w miastach.
3. Wskaż, jakie konsekwencje dla gospodarki Polski może mieć skurczenie się zasobów siły roboczej o ponad 6 milionów.
4. Ustal, co może wpływać na wzrost liczby osób w wieku poprodukcyjnym.
5. Oblicz udziały procentowe ludności w wieku przedprodukcyjnym, produkcyjnym i poprodukcyjnym dla lat 2020 i 2050. Porównaj zmiany w tych latach. Jakie zmiany w strukturze wieku ludności prowadzą do starzenia się społeczeństwa?
6. Skonstruuj wykresy: liniowy, słupkowy i kołowy na podstawie wybranych przez siebie danych zamieszczonych w tabeli I.3.1.

7. **Przyporządkuj wykres do podanego typu. Przerysuj do zeszytu i uzupełnij tabelę.**

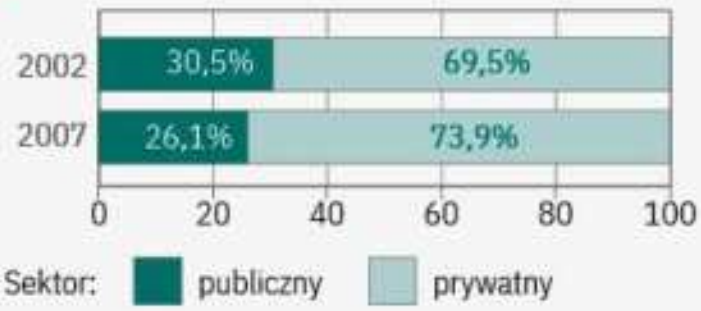
A Ludność według płci i wieku w 2017 r.



B Dynamika sprzedaży detalicznej



C Struktura pracujących według sektorów własności



D Bezrobotni oraz stopa bezrobocia



Typ wykresu	Wpisz literę odpowiadającą danemu typowi wykresu
złożony	
powierzchniowy	
słupkowy	

8. Sporządź notatkę w zeszycie będącą interpretacją podanej tabeli dotyczącej zbiorników retencyjnych.

Tab. I.3.2. Większe sztuczne zbiorniki wodne

Zbiorniki wodne	Rzeka	Rok uruchomienia	Pojemność całkowita (przy maksymalnym piętrzeniu) [hm³]	Powierzchnia przy maksymalnym piętrzeniu [km²]	Wielkość piętrzenia [m]
Solina	San	1968	472,4	22,0	60,0
Włocławek	Wisła	1970	453,6	75,0	12,7
Czorsztyn-Niedzica	Dunajec	1997	231,9	12,3	54,5
Jeziorsko	Warta	1986	202,0	42,3	11,2
Goczałkowice	Mała Wisła	1956	161,3	32,0	14,0
Rożnów	Dunajec	1942	159,3	16,0	31,5
Dobczyce	Raba	1986	141,7	10,7	27,9
Otmuchów	Nysa Kłodzka	1933	129,5	20,2	15,1
Nysa	Nysa Kłodzka	1971	122,5	20,8	12,1
Tresna	Soła	1967	96,1	9,6	23,8

Źródło: Mały Rocznik Statystyczny 2018, GUS

9. Na podstawie zamieszczone tabeli zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych wykonaj wykres przedstawiający strukturę tych zasobów w 2017 r. oraz wykres przedstawiający dynamikę zmian w zasobach eksploatacyjnych wód podziemnych w latach 2010-2017. Zinterpretuj oba wykresy.

Tab. I.3.3. Zasoby eksploatacyjne wód podziemnych

Wyszczególnienie	2010	2015	2016	2017
	[hm³]			
Ogółem	**17176,6**	**17691,1**	**17884,8**	**18021,1**
z utworów geologicznych:				
Czwartorzędowych	11379,7	11677,5	11789,7	11864,3
Trzeciorzędowych	1784,9	1857,0	1885,8	1909,6
Kredowych	2342,7	2438,1	2466,3	2494,1
Starszych	1669,2	1724,5	1742,9	1753,2

Źródło: Mały Rocznik Statystyczny 2018, GUS

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 17 ▸ • Podstawową metodą prezentacji danych statystycznych są **tabele**.

s. 19 ▸ • Dane liczbowe można prezentować w formie graficznej za pomocą **wykresu statystycznego**. Wykres statystyczny to graficzne przedstawienie zależności pomiędzy danymi wielkościami statystycznymi.

s. 19 ▸ • Część opisowa wykresu to **legenda** wyjaśniająca znaczenie poszczególnych znaków graficznych zastosowanych na wykresie.

s. 20 ▸ • **Wykresy dzielimy na:** liniowe, słupkowe, kołowe, strukturalne, punktowe, złożone.

s. 22 ▸ • **Klimatogram** to wykres przedstawiający ilość opadów i temperaturę powietrza w poszczególnych miesiącach w danym miejscu.

4. Metody prezentacji zjawisk na mapach

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz graficzne i kartograficzne metody przedstawiania informacji geograficznej;
- zapoznasz się z przykładami zastosowania różnych rodzajów map;
- dowiesz się, jak czytać mapy i interpretować ich treści.

Definicja mapy i rodzaje skali

Mapa to obraz powierzchni Ziemi lub jej fragmentu wykonany w odpowiedniej skali, przedstawiony na płaszczyźnie za pomocą graficznych znaków umownych. Przeniesienie punktów z powierzchni kuli ziemskiej na płaszczyznę nazywa się odwzorowaniem kartograficznym. W każdym odwzorowaniu obraz Ziemi ulega zniekształceniu, gdyż nie da się przedstawić powierzchni kuli na płaszczyźnie. Dlatego siatka kartograficzna (układ południków i równoleżników przedstawiony na mapie) różni się od siatki geograficznej (układu południków i równoleżników na powierzchni Ziemi). **Skala mapy** to wartość liczbowa wyrażająca zmniejszenie odległości na mapie w porównaniu z odległością rzeczywistą w terenie. Zapisuje się ją na mapie na trzy sposoby: liczbowy, mianowany oraz w postaci podziałki liniowej.

◂ **mapa**

◂ **skala mapy**

Skala liczbowa 1 : 100 000

Skala mianowana 1 cm – 1 km

Skala liniowa (podziałka)

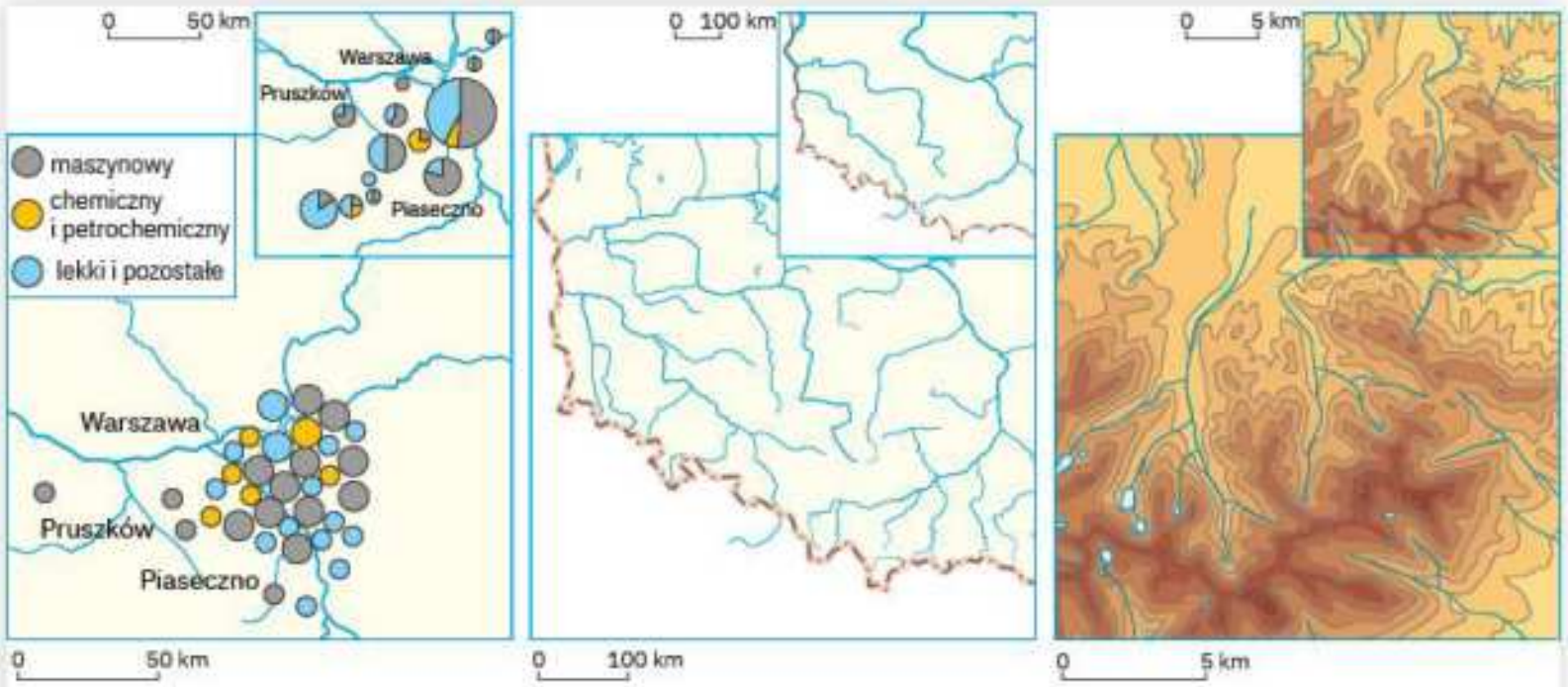


Skalę mapy podaje się też w postaci ułamka, na przykład $\frac{1}{10\,000}$. Można wówczas powiedzieć, że skala mapy jest tym większa, im jej wartość liczbowa w mianowniku jest mniejsza, na przykład skala $\frac{1}{15\,000}$ jest większa od skali $\frac{1}{25\,000}$. Mapy w dużej skali charakteryzują się większą szczegółowością niż mapy w małej skali.

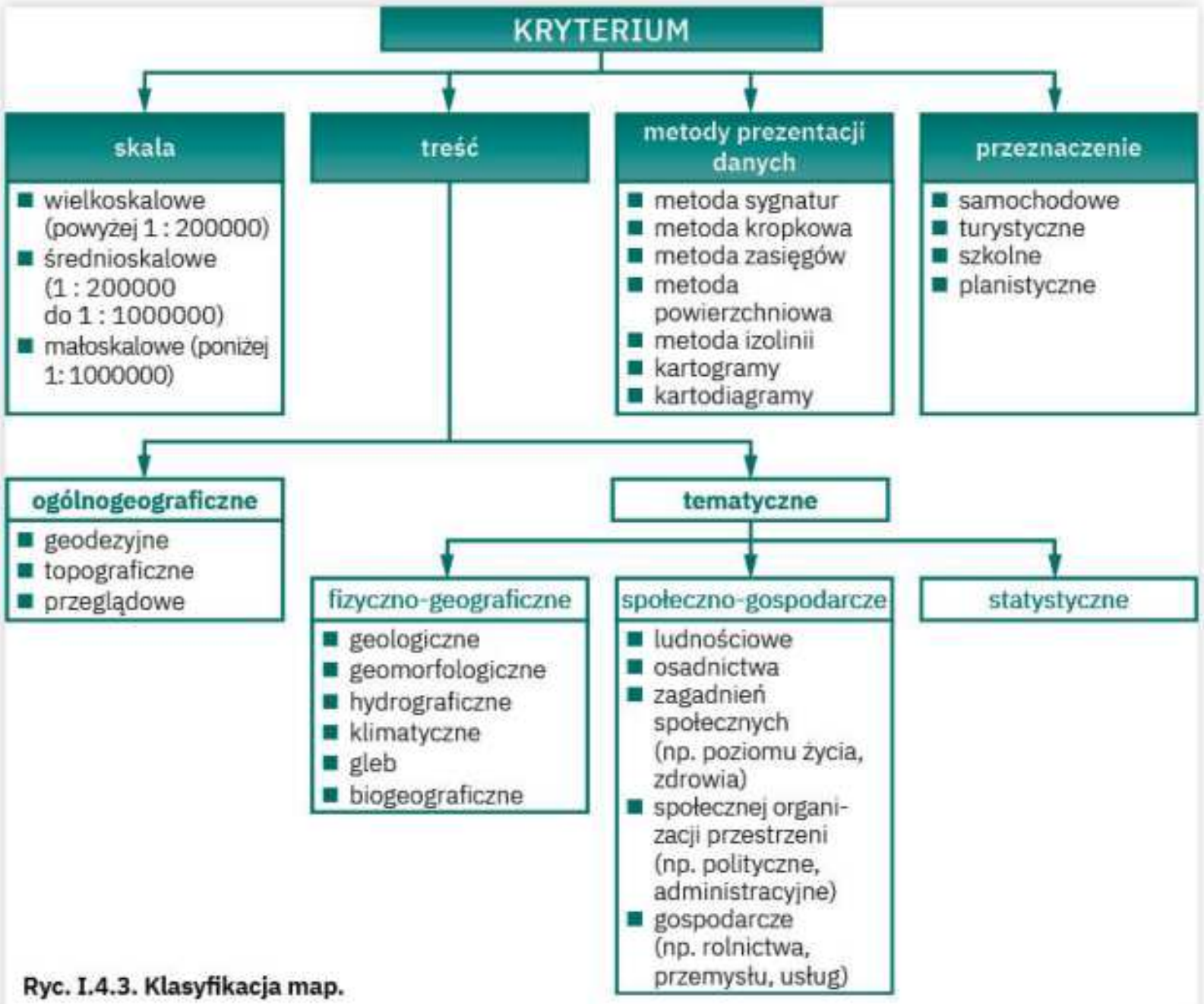
Na planie można przedstawić bardzo mały fragment powierzchni Ziemi, nie biorąc pod uwagę jej krzywizny. Plan zatem to obraz niewielkiego obszaru Ziemi wykonany w rzucie poziomym, nieuwzględniający kulistości Ziemi i nieposiadający siatki kartograficznej.


Hotele
Szpitale
Pogotowia ratunkowe
Apteki
Parkingi strzeżone
Kościoły
Policja
Teatry
Kina
Restauracje
Poczty
Bary mleczne
Muzea
Pomniki
Stacje benzynowe
Parki, zieleńce
Ogrody, sady
Tereny zabudowane
Budynki użyteczności publicznej
Zabytki
500
0
500
1000 m
AL. SOLIDARNOŚCI
KRAKOWSKIE PRZEDMIEŚCIE
WYBRZEŻE GDAŃSKIE
pl. Zamkowy
pl. Teatralny
Rynek
Długa
Długi Targ
Mariensztat
Bednarska
Podwale Przedmiejskie
Podwale Grodzkie
Nowy Zjazd
Nowy Przejazd
Hipoteczna
Bielańska
Senatorska
Miodowa
Świętojańska
Kanonia
Grodzka
Bugaj
Wodna
Mostowa
Kamienne Schodki
Celna
Dekerta
Piwna
Piekarska
Kapitulna
Schiffera
Bednarska
Boczna
Żabia
Furmańska
Mostowa
Mostowa
Nowy Świat
Nowy Świat
Nowy Świat

mapy są zastępowane znakami umownymi, gdyż w przeciwnym razie mogłyby być niewidoczne w skali mapy, a inne z kolei są upraszczane (np. zarysy linii brzegowej).



Ryc. I.4.2. Przykłady generalizacji mapy.



Ryc. I.4.3. Klasyfikacja map.

podział map

Klasyfikacja map

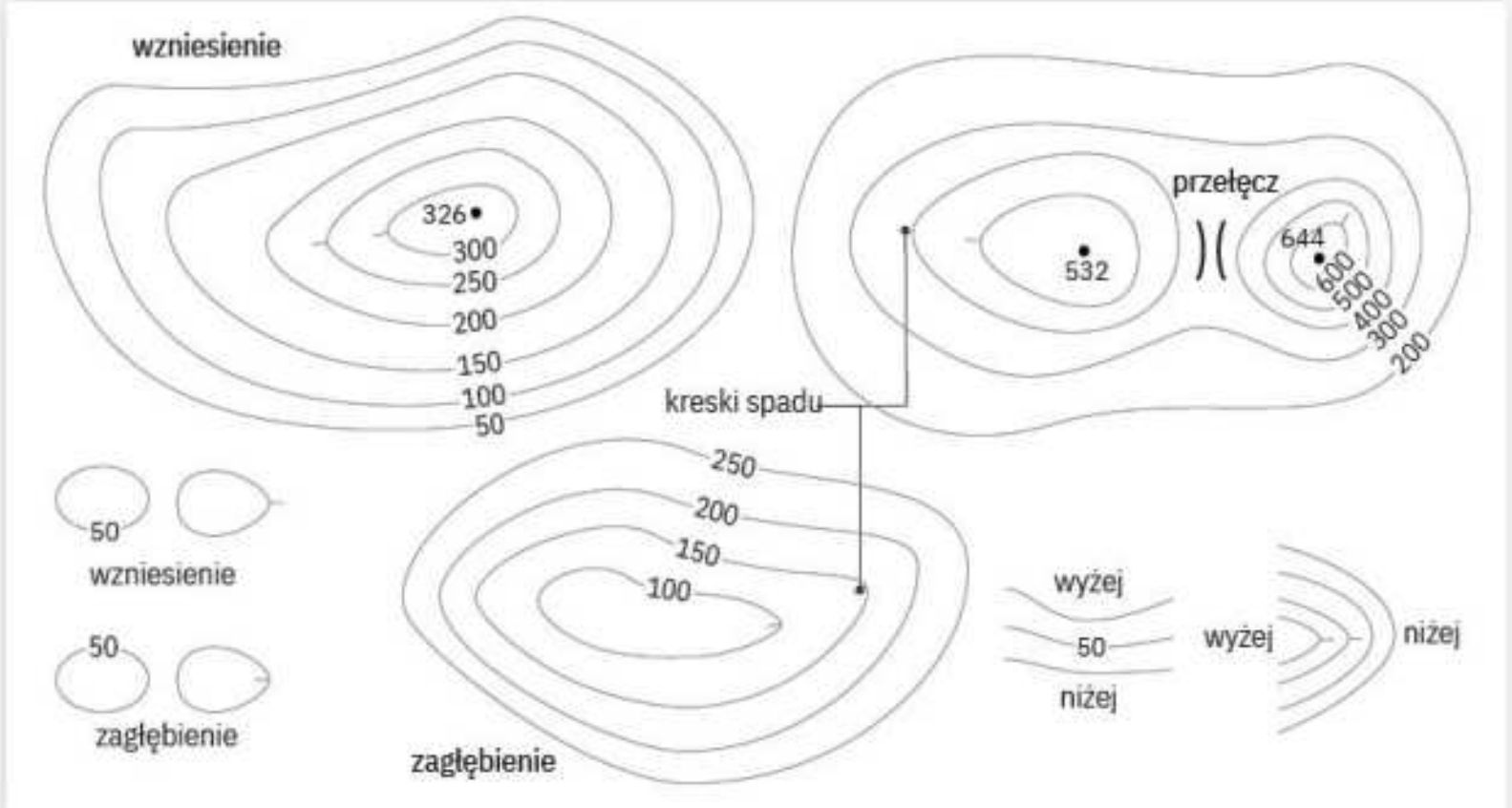
Mapy dzieli się według skali, treści, sposobu prezentacji danych oraz przeznaczenia (**ryc. I.4.3.**). Mapy ogólnogeograficzne przedstawiają z reguły ukształtowanie poziome i pionowe, układ sieci rzecznej oraz zagospodarowanie przestrzenne danego obszaru (sieć transportową, miasta, granice państw). Można tu wymienić mapy geodezyjne (wielkoskalowe), obrazujące układ działek budowlanych i własności gruntów, topograficzne, topograficzno-przeglądowe (średnioskalowe) czy przeglądowe (małoskalowe). Mapy tematyczne prezentują wybrane cechy środowiska przyrodniczego lub społeczno-gospodarczego. Szczególnym ich przykładem są mapy statystyczne, których podstawowym celem jest graficzna prezentacja przestrzennego rozkładu danych statystycznych.

Prezentacja ukształtowania powierzchni na mapach

odwzorowanie powierzchni na mapach

Rzeźba terenu na mapie jest **odwzorowana** za pomocą kolorów i poziomic. Z reguły zielonym kolorem wyróżnia się obszary nizinne, żółtym – wyżyny, natomiast czerwono-brązowym – obszary górskie. Nachylenie stoków i wysokość bezwzględną (nad poziomem morza) zaznacza się poziomicami (izohipsami), czyli liniami łączącymi punkty o jednakowych wysokościach n.p.m. Im bardziej gęste są poziomice, tym stoki są bardziej nachylone. Poziomice w kształcie okręgów lub domkniętych podłużnych pętli wzajemnie się otaczających mogą przedstawiać wypukłe bądź wklęsłe formy terenu. Jeśli wartości poziomic zmniejszają się do środka formy terenu, to oznaczają zagłębienie terenu (np. kotlinę, nieckę), a jeśli wartości rosną do środka – to formę wypukłą (wzniesienie, grzbiet górski).

Aby dowiedzieć się z rysunku poziomicowego, czy teren wznosi się, czy opada, należy zwrócić uwagę na kreski. Spady mają postać bardzo krótkich odcinków prostopadłych do poziomic, zwróconych zgodnie ze spadkiem terenu.

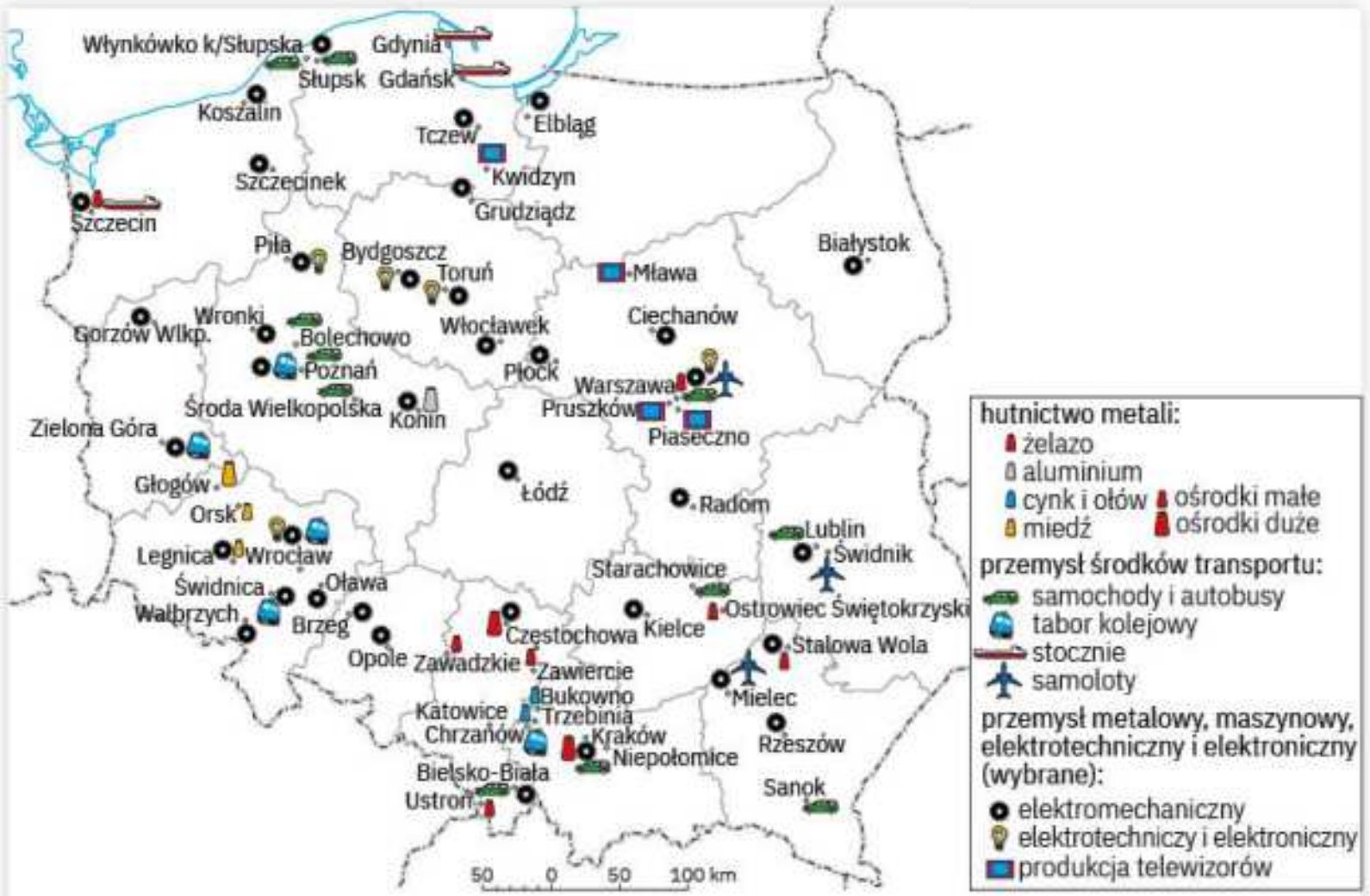


Ryc. I.4.4. Zasady opisywania poziomic dla wybranych form terenu.

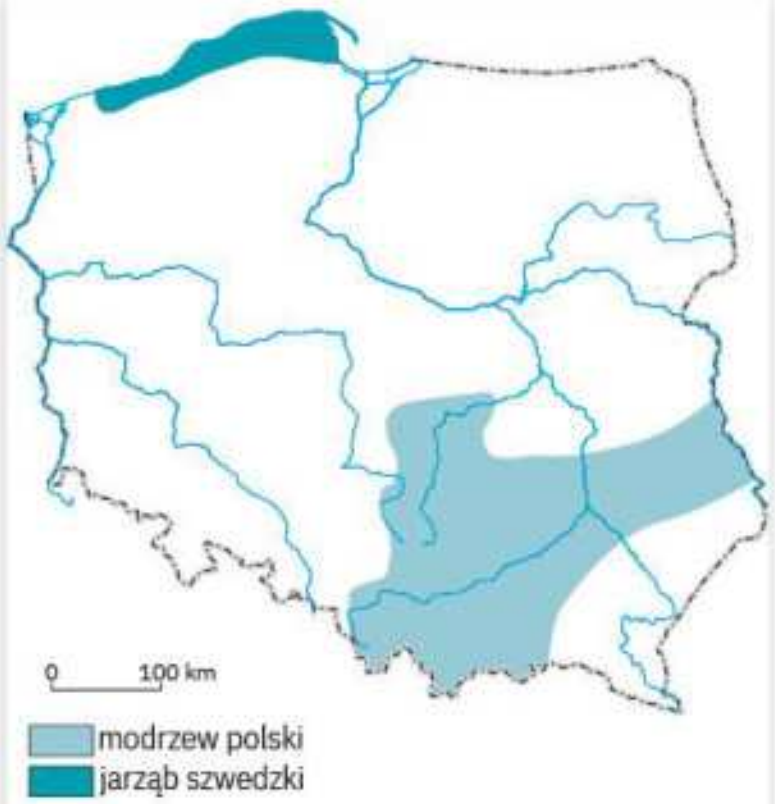
Jakościowe metody prezentacji zjawisk na mapach

jakościowe metody prezentacji zjawisk

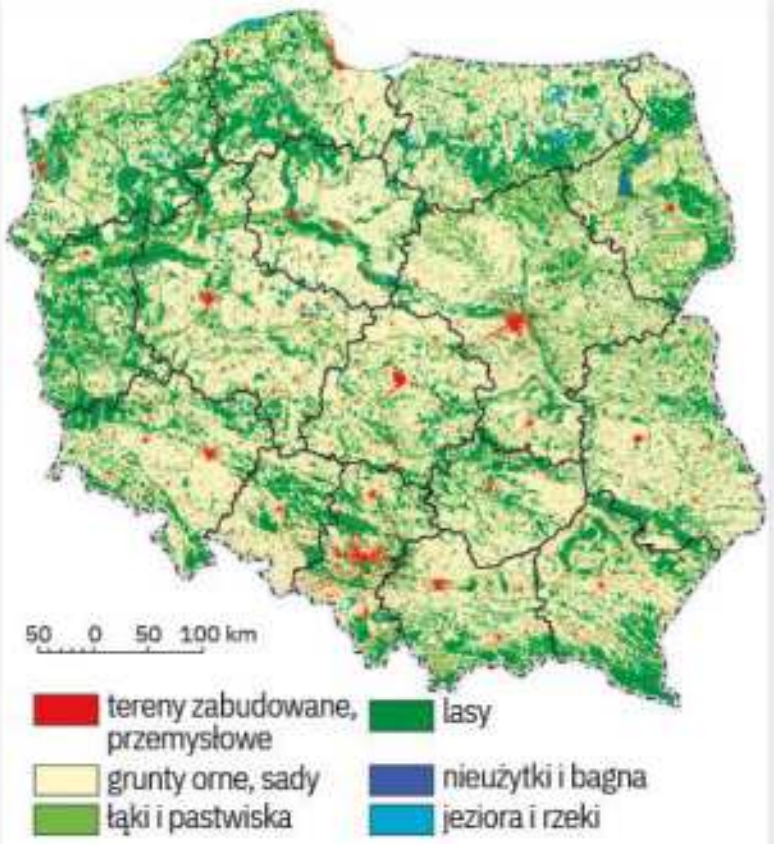
Istnieje wiele sposobów prezentacji procesów i zjawisk na mapach. Metody jakościowe zwracają uwagę na rozmieszczenie danego zjawiska w sposób punktowy, liniowy czy powierzchniowy, bez podawania jego natężenia w liczbach. **Metoda sygnatur** polega na prezentacji obiektów niemożliwych do przedstawienia w skali mapy za pomocą znaków punktowych bądź liniowych. Ze względu na rodzaj znaku wyróżnia się następujące typy sygnatur punktowych: geometryczne (np. prostokąty, kwadraty, trójkąty, koła), obrazkowe (np. rysunki samochodów oznaczają przemysł samochodowy, kół zębatych – przemysł elektromaszynowy, ubrań – przemysł odzieżowy), literowe (np. Cu – występowanie złóż miedzi). Sygnaturami liniowymi są zaznaczane takie obiekty, jak: drogi, linie kolejowe, rzeki, kanały. **Metoda zasięgów** z kolei polega na oznaczeniu na mapie za pomocą linii obrysu zasięgu występowania jakiegoś zjawiska, na przykład wybranych gatunków roślin czy zwierząt. Linia zasięgu informuje, po której jej części dane zjawisko występuje. W metodzie zasięgu zjawiska mogą być rozproszone (na części mapy nie występują) lub współwystępować. Wyróżnia się zasięgi otwarte wychodzące poza obszar ramki danej mapy i zasięgi zamknięte, które w całości mieszczą się na konkretnej mapie. **Metodą powierzchniową** jest zaznaczane rozmieszczenie zjawisk występujące na obszarze mapy. Obszar mapy dzielony jest na mniejsze powierzchnie czy kształty niezachodzące na siebie za pomocą barw czy szrafu, odpowiadające zróżnicowaniu cech jakościowych zjawisk geograficznych (np. form ochrony przyrody, typów gleb czy form użytkowania ziemi).



Ryc. I.4.5. Mapa przedstawiająca zróżnicowanie zjawiska metodą sygnatur.



Ryc. I.4.6. Mapa przedstawiająca zróżnicowanie zjawiska metodą zasięgów.



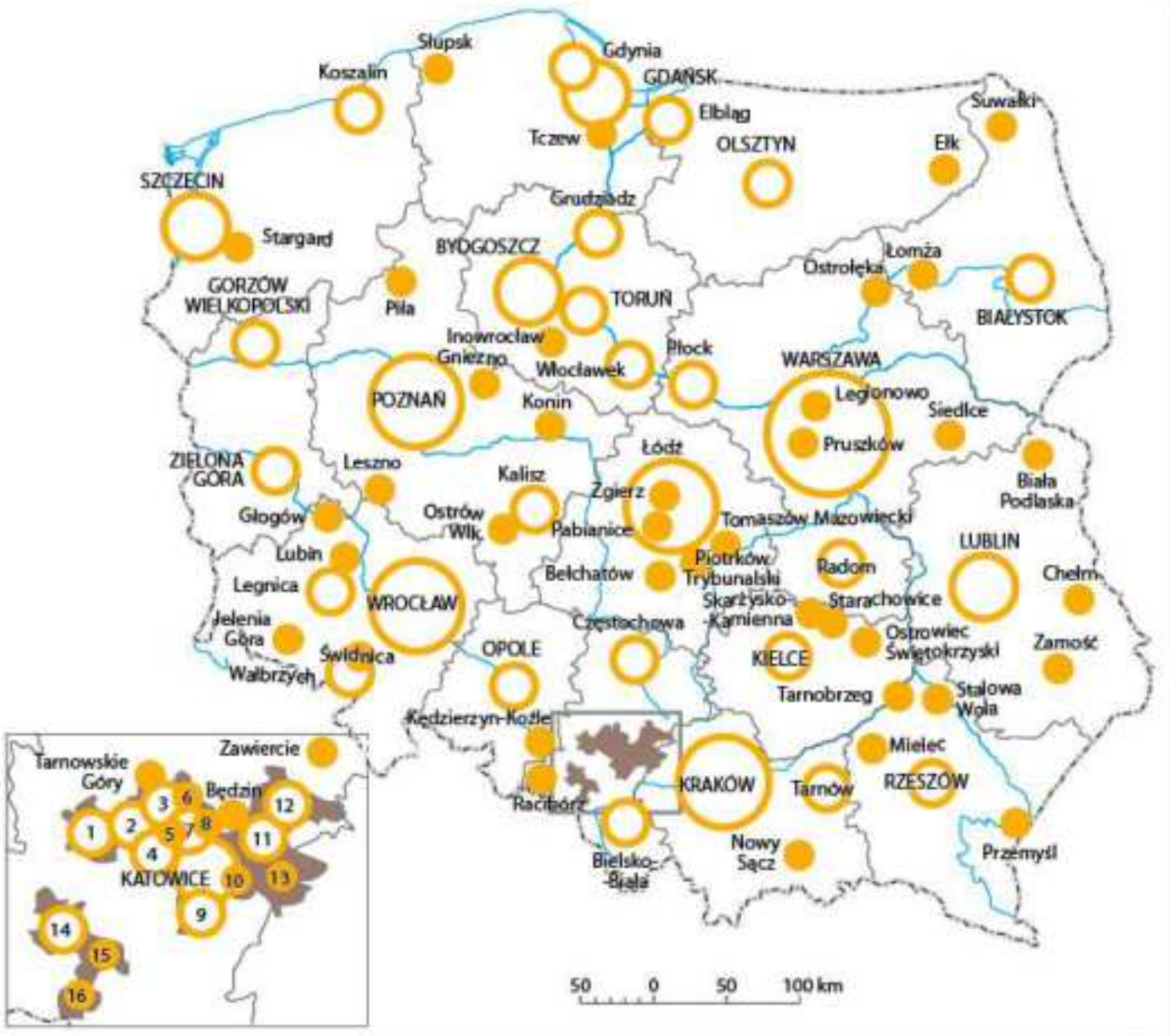
Ryc. I.4.7. Mapa przedstawiająca zróżnicowanie zjawiska metodą powierzchniową.

ilościowe metody przedstawiania zjawisk

Ilościowe metody prezentacji zjawisk na mapach

Kartograficzne metody ilościowe służą do prezentacji na mapie przestrzennego zróżnicowania danych liczbowych. Metoda kropkowa polega na przedstawianiu zjawisk rozproszonych wyrażonych w wartościach bezwzględnych, takich jak rozmieszczenie ludności. Wówczas jedna kropka obrazuje wartość pewnej liczby ludności. **Metoda izolinii** służy do prezentacji cech ilościowych zjawisk ciągłych, takich jak: temperatura powietrza, ilość opadów, głębokość zbiorników wodnych. Izolinie to linie łączące jednakowe wartości danego zjawiska, na przykład: izotermy łączą punkty o jednakowej temperaturze, izohiety – o jednakowych opadach, izobary – o jednakowym ciśnieniu, izohaliny – o jednakowym poziomie zasolenia, izobaty – o jednakowej głębokości. **Metoda kartogramu** to sposób przedstawienia intensywności danego zjawiska w jednostkach powierzchni za pomocą natężenia barw bądź deseni. Kartogramy są używane do prezentacji wartości względnych, takich jak: przyrost naturalny na 1000 ludności, udział procentowy osób w wieku 65 lat i więcej, gęstość zaludnienia na km^2. Stosowanie wartości względnych pozwala na porównywanie jednostek powierzchni, którymi najczęściej są jednostki administracyjne (np. województwa, powiaty, gminy). Wartości liczbowe porządkuje się w sposób skokowy w przedziałach klasowych przy zastosowaniu odpowiedniej skali barw (np. zgodnie z zasadą „im więcej, tym ciemniej" – czyli duże natężenie danej cechy odpowiada ciemniejszym barwom lub ich odcieniom). Z kolei przy stosowaniu wskaźników o możliwych wartościach ujemnych, takich jak przyrost lub ubytek naturalny ludności, dodatnie wartości można zaznaczyć barwami ciepłymi (np. od żółtego do brązowego), a ujemne – chłodnymi (od jasnozielonego do ciemnoniebieskiego). **Metoda kartodiagramu** to prezentowanie zjawiska za pomo-

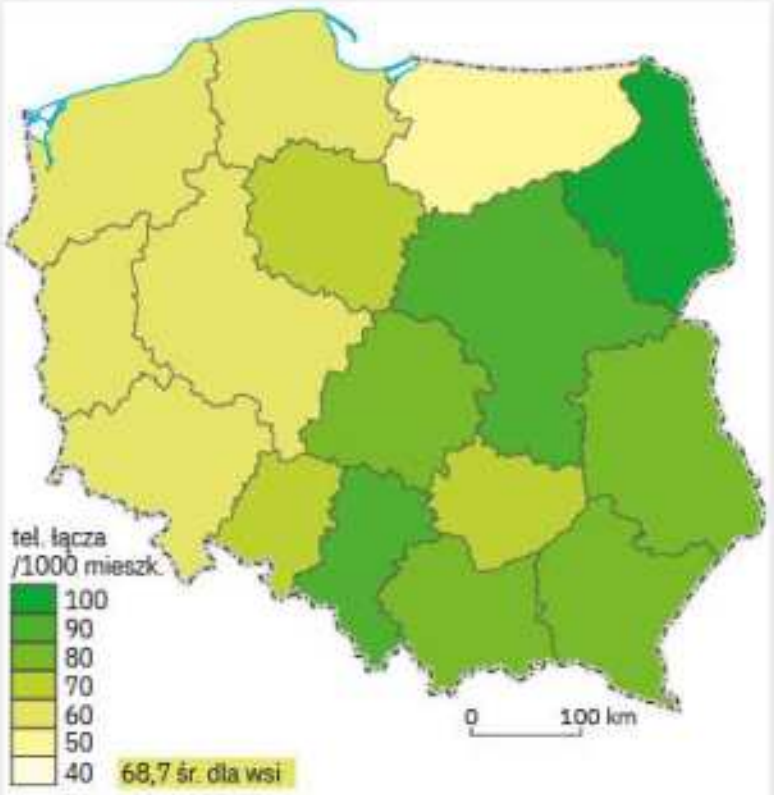
cą diagramów (słupkowych, kołowych, objętościowych, wstęgowych czy strukturalnych) umieszczonych na mapie. Pozwala ona przedstawić nie tylko rozmieszczenie zjawiska, lecz także jego natężenie. Wielkości bezwzględne przedstawione na diagramie są proporcjonalne do długości słupka, powierzchni figury geometrycznej (kwadratu, koła), objętości bryły (sześcianu, kuli) bądź szerokości wstęgi. **Kartodiagramy wstęgowe** mogą przedstawiać na przykład natężenie ruchu kolejowego lub samochodowego (wzdłuż linii kolejowych i dróg), natomiast **kartodiagramy strukturalne** – wewnętrzne zróżnicowanie cech ilościowych zjawiska, na przykład wielkość zatrudnienia z podziałem na główne sektory gospodarki (rolnictwo, przemysł, usługi).



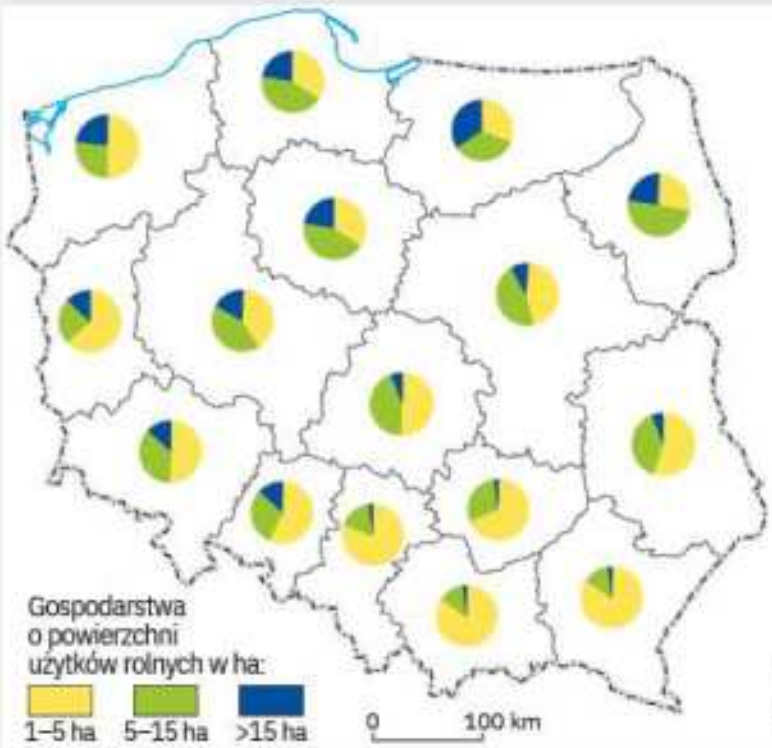
Ryc. I.4.8. Mapa przedstawiająca zróżnicowanie zjawiska metodą kropkową.



Ryc. I.4.9. Mapa przedstawiająca zróżnicowanie zjawiska metodą izolinii.



Ryc. I.4.10. Mapa przedstawiająca zróżnicowanie zjawiska metodą kartogramu.



Ryc. I.4.11. Mapa przedstawiająca zróżnicowanie zjawiska metodą kartodiagramu.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wymień, rodzaje skal mapy i podaj, czym się one różnią.
2. Z podanych skal wskaż skalę najmniejszą i największą.
   1 : 10 000, 1cm – 5km, 1 : 100 000, 1cm – 500 m
3. Wytłumacz, czym się różni plan od mapy.
4. Omów, do czego służy generalizacja mapy.

5. Narysuj w zeszycie za pomocą poziomic formę terenu wklęsłą (kotlina), wypukłą (wzniesienie) i podłużną (dolina), przyjmując skok poziomicowy co 10 m.

6. Podaj różnice pomiędzy ilościowymi i jakościowymi sposobami prezentowania zjawisk na mapie.

7. Podaj przykłady z atlasu geograficznego mapy wykonanej metodą sygnatur, zasięgów, powierzchniową, kropkową, izolinii, kartogramu oraz kartodiagramu.

8. Dobierz skalę mapy do rodzaju jej zapisu. Przerysuj do zeszytu i uzupełnij tabelę.

a) 

b) 1 : 100 000 000

c) 1cm – 5 km

Rodzaje zapisu skali	Skala (wpisz literę):
Skala liczbowa	
Skala mianowana	
Podziałka liniowa	

9. Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Wybierz P, jeśli informacja jest prawdziwa, lub F – jeśli jest fałszywa. Odpowiedzi zapisz w zeszycie.

1.	Metoda kartodiagramu to sposób przedstawienia intensywności danego zjawiska w jednostkach powierzchni za pomocą natężenia barw bądź deseni.	P	F
2.	Izobary łączą punkty o jednakowym ciśnieniu, natomiast izobaty – o jednakowej głębokości.	P	F
3.	Natężenie ruchu kolejowego lub samochodowego możemy przedstawiać za pomocą kartodiagramu wstęgowego.	P	F

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Mapa** to obraz powierzchni Ziemi lub jej fragmentu wykonany w odpowiedniej skali, przedstawiony na płaszczyźnie za pomocą graficznych znaków umownych. Mapy dzieli się według skali, treści, sposobu prezentacji danych oraz przeznaczenia. ◂ s. 25
- **Skala mapy** to wartość liczbowa wyrażająca zmniejszenie odległości na mapie w porównaniu z odległością rzeczywistą w terenie. Skalę można podać na mapie na trzy sposoby: liczbowy, mianowany oraz w postaci podziałki liniowej. ◂ s. 25
- **Znaki umowne (kartograficzne)** przyjmują postać punktów, linii lub symboli powierzchniowych. ◂ s. 26
- **Mapy dzieli się m.in. na** ogólnogeograficzne oraz tematyczne. ◂ s. 28
- Rzeźba terenu na mapie jest **odwzorowana** za pomocą kolorów lub poziomic. ◂ s. 28
- Do **jakościowych metod prezentacji zjawisk** na mapach zaliczamy: metodę sygnatur, zasięgów oraz powierzchniową. ◂ s. 29
- **Ilościowe metody przedstawiania zjawisk** na mapach to: metoda kropkowa, izolinii, kartogramu, kartodiagramu (kartodiagramy wstęgowe i strukturalne). ◂ s. 30

5. Prowadzenie obserwacji w terenie

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz przykłady informacji pozyskiwanych na podstawie obserwacji i pomiarów prowadzonych w terenie;
- poznasz techniki prowadzenia obserwacji terenowych.

obserwacje w terenie

Obserwacje to jedna z najważniejszych metod badawczych w nauce. Można je określić jako celowe, świadome i zamierzone postrzeganie procesów i zjawisk zachodzących w środowisku geograficznym. Niektóre obserwacje, jak meteorologiczne czy astronomiczne, charakteryzują się systematycznością. Wyróżnia się obserwacje bezpośrednie, prowadzone w terenie, i pośrednie, przeprowadzane na podstawie mapy, danych statystycznych, fotografii itp. Z obserwacją zwykle jest związany pomiar, czyli ilościowe określenie wielkości danego procesu lub zjawiska zachodzącego w środowisku geograficznym. Za pomocą różnych urządzeń można mierzyć natężenie różnego rodzaju zjawisk. Aby pomiary były porównywalne, należy je powtarzać w tych samych warunkach. Dlatego przykładowo pomiary meteorologiczne wykonuje się najczęściej w ogródkach meteorologicznych, gdzie przyrządy są rozmieszczone na stałej wysokości nad powierzchnią gruntu.

wyznaczanie kierunków i azymutów

Do podstawowych obserwacji w terenie związanych z określeniem położenia geograficznego należy **wyznaczenie kierunków i azymutów** (czyli kątów między kierunkiem północnym a wyznaczanym kierunkiem mierzonym zgodnie z ruchem wskazówek zegara). Służy do tego **busola**. Kierunki w terenie określa się za pomocą kąta poziomego zawartego między kierunkiem północy a kierunkiem szukanym. Pomiar azymutu busolą polega na wycelowaniu urządzenia w obiekt, do którego kierunek chcemy zmierzyć. Busolę należy trzymać poziomo. **Marsz na azymut** polega na wyznaczeniu kierunku marszu (np. na podstawie mapy), a następnie na ustawieniu żądanego azymutu na busoli i wykonywaniu marszu w wyznaczonym kierunku. Marsz ten może być trudny w przypadku przeszkód terenowych (ogrodzenie, zbiorniki wodne, zabudowania).



Ryc. I.5.1. Busola.

szkic terenowy

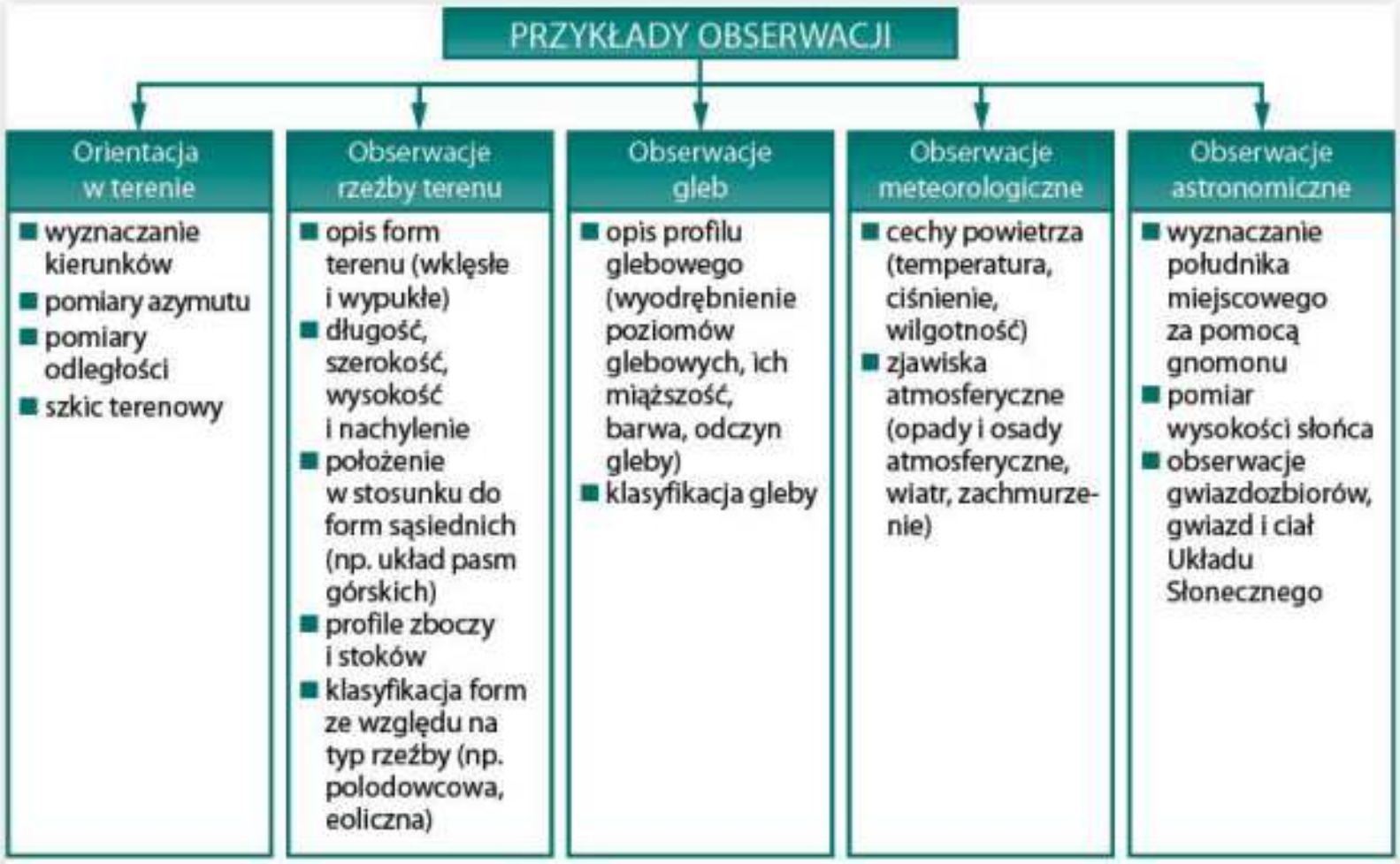
Elementem obserwacji jest również szkic terenowy. To rysunek niewielkiej powierzchni terenu, w przybliżonej skali, wykonany na podstawie

pomiaru kątów i odległości. Przed wykonaniem szkicu należy wyznaczyć skalę, a następnie odmierzyć przynajmniej dwa punkty w terenie (azymuty i odległości) i nanieść je w odpowiedniej skali na kartkę papieru. Po wyznaczeniu podstawowych punktów można nanosić na szkic pozostałe charakterystyczne obiekty za pomocą znaków topograficznych, uwzględniając ich odległości i kąty w stosunku do obiektów już naniesionych. Kąty można mierzyć za pomocą busoli, kątomierza lub nawet linijki („celując" linijką na wybrane obiekty z wyznaczonych punktów, zaznaczając na szkicu kierunki za pomocą przerywanych linii i umieszczając wybrany obiekt w miejscu przecięcia się tych linii).

W terenie dokonuje się także obserwacji **rzeźby terenu** (ukształtowania powierzchni). Należy zacząć od rozróżnienia terenów płaskich od nachylonych. Tereny nachylone tworzące formy wypukłe to stoki, a formy wklęsłe to zbocza (np. doliny). Tereny płaskie to równiny, które też bywają urozmaicone (równiny faliste i pagórkowate). Zaobserwować można profil stoków i zboczy: wklęsły, wypukły, schodowy lub prosty. Formy wypukłe (pagórki, wzgórza, góry) składają się ze szczytu (najwyższa część wzniesienia), stoku oraz podnóża. Doliny z kolei mogą być V-kształtne, U-kształtne (przekształcone przez lodowiec) oraz płaskodenne.

◀ rzeźba terenu

Do pomiarów w terenie używa się szeregu przyrządów, na przykład do zbadania odczynu gleby (pH) służy kwasometr, do obserwacji meteorologicznych wykorzystujemy termometr, wiatromierz (do pomiaru prędkości i kierunku wiatru), barometr (do pomiaru ciśnienia), higrometr (do pomiaru wilgotności powietrza), deszczomierz (do określenia wielkości opadu), a do obserwacji astronomicznych – gnomon (do wyznaczania południka miejscowego i górowania Słońca).



Ryc. I.5.2. Przykłady obserwacji w terenie.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Dokonaj obserwacji rzeźby terenu twojej okolicy. Wyniki obserwacji zapisz w zeszycie.
2. Przygotuj prezentację multimedialną na temat rodzajów obserwacji geograficznych prowadzonych w terenie z wykorzystaniem różnych technik obserwacji.
3. Wyjaśnij, do czego służą podane przyrządy.

   a) kwasometr b) higrometr c) barometr d) gnomon

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 34 ▸

- Do najpowszechniejszych **metod obserwacji w terenie** zalicza się: orientację w terenie, obserwacje rzeźby terenu, obserwacje profili glebowych, obserwacje astronomiczne oraz pomiar elementów meteorologicznych.

s. 34 ▸

- **Szkic terenowy** to rysunek niewielkiej powierzchni terenu w przybliżonej skali, wykonany na podstawie pomiaru kątów i odległości.

6. Posługiwanie się mapą topograficzną w terenie

NA TEJ LEKCJI:

- nauczysz się posługiwać mapą topograficzną w terenie;
- zapoznasz się z określaniem współrzędnych geograficznych punktów na mapie;
- nauczysz się, określać na podstawie mapy odległość pomiędzy punktami oraz wysokość terenu.

Orientacja mapy i wyznaczanie kierunków w terenie

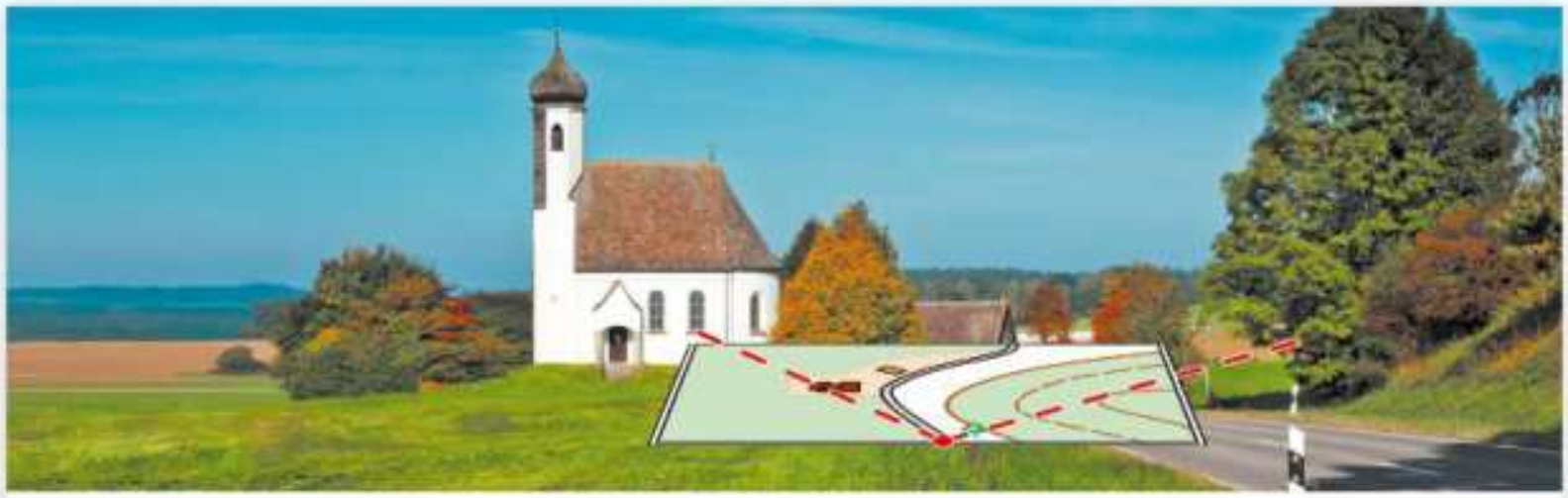
Umiejętność czytania mapy i interpretowania jej treści jest niezbędna nawet we współczesnym świecie – w erze smartfonów, nawigacji internetowych itp., gdyż w górach może nie być zasięgu czy dostępu do internetu, a telefon komórkowy może się rozładować.

Do wędrówek, nie tylko górskich, przydają się tradycyjne mapy papierowe (mogą być laminowane) z siecią szlaków turystycznych i elementami zagospodarowania turystycznego. Na wielu mapach turystycznych zapisano czasy przejścia szlakami

turystycznymi, z rozróżnieniem podejść w górę i przemieszczania się w dół. Pamiętać jednak należy, że czasy przejść nie uwzględniają czasu przeznaczonego na odpoczynek, wieku turystów i ich umiejętności. Prezentują wartości uśrednione, które mogą zmieniać się w trudnych warunkach pogodowych.

Podstawową umiejętnością czytania mapy jest jej **orientacja** – czyli takie ułożenie, aby wszystkie kierunki na mapie odpowiadały rzeczywistym kierunkom w terenie. Mapę można zorientować topograficznie, za pomocą charakterystycznych obiektów widocznych w terenie i na mapie (mapę ustawia się tak, aby kierunki wyznaczające te obiekty były identyczne na mapie i w terenie), oraz magnetycznie, za pomocą busoli (należy przyłożyć busolę do bocznej ramki mapy i w taki sposób obracać mapą, aby igła pokrywała się z ramką).

◂ **orientacja mapy**



Ryc. I.6.1. Orientacja mapy za pomocą obiektów w terenie.

Na mapie można także wyznaczyć kierunki pośrednie (NE, SE, SW, NW), jak pokazano na **ryc. I.6.2.**, lub obliczyć azymut. Kierunki główne mają następujące azymuty: północny (N) – 0°, wschodni (E) – 90°, południowy (S) – 180° oraz zachodni (W) – 270°. Ponadto na mapie wyznacza się **współrzędne geograficzne** (długość i szerokość geograficzną) za pomocą wartości opisanych na siatce kartograficznej.



Ryc. I.6.2. Róża wiatrów.

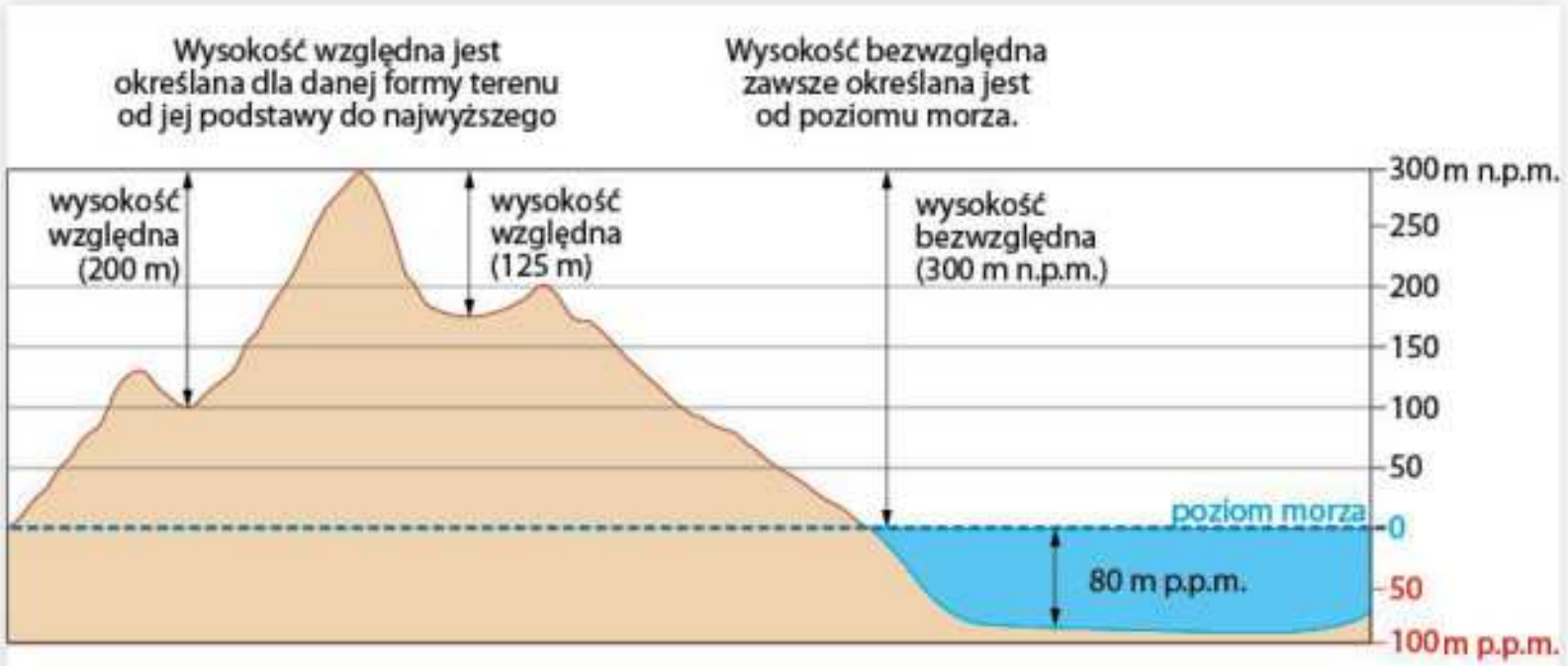
Obliczanie odległości, nachylenia i wysokości

Mapa w terenie może posłużyć do obliczenia odległości między wybranymi punktami, na przykład od miejsca rozpoczęcia wędrówki do jej celu (np. wierzchołka góry). Aby obliczyć rzeczywistą odległość, trzeba znać skalę mapy, zmierzyć dany odcinek i przeliczyć wartości. Na mapie można także określić wysokość bezwzględną (nad poziomem morza) i względną (np. w stosunku do dna doliny; patrz **ryc. I.6.3.**) na podstawie odczytu z poziomic. Planując wycieczkę, można obliczyć sumę podejść. Aby to zrobić, należy znać **cięcie poziomicowe** mówiące o tym, jaka jest różnica wysokości pomiędzy sąsiadującymi poziomicami. Należy zwrócić uwagę,

◂ **cięcie poziomicowe**

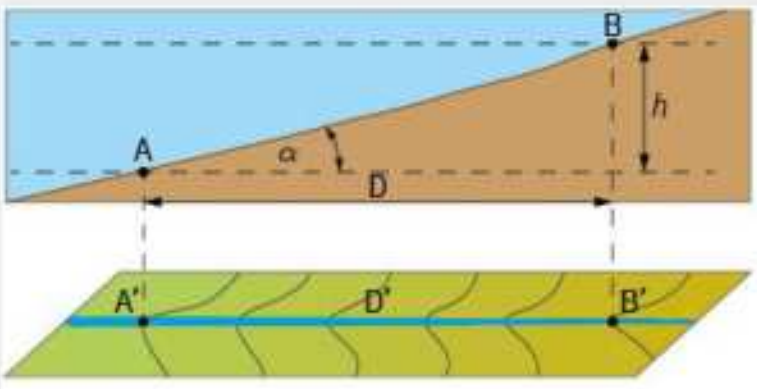
czy wartości poziomic zwiększają się czy zmniejszają (**ryc. I.6.4.**), oraz jakie jest

nachylenie stoku ▸ **nachylenie stoku**.



Ryc. I.6.3. Określanie wysokości bezwzględnej i względnej.

Dokładne nachylenie stoku można również obliczyć, mając dane dotyczące długości stoku oraz różnicy wysokości. Wartość nachylenia oblicza się, dzieląc wysokość (h) przez długość wybranego odcinka (AB). Otrzymany wynik należy zamienić na procenty lub promile.



Spadek $\alpha = h/D$
gdzie:
h – różnica wysokości bezwzględnych punktów pomiarowych A i B
D – odległość pozioma między punktami pomiarowymi. Wynik jest ułamkiem. Po pomnożeniu go przez 100 otrzymamy spadek w procentach, a przez 1000 – w promilach.

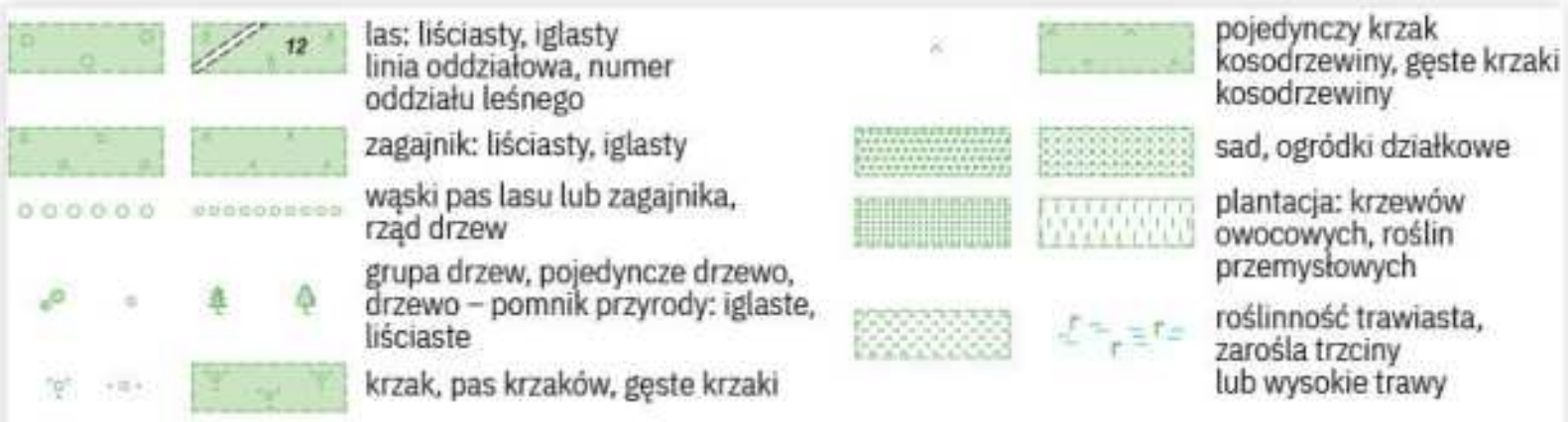
Ryc. I.6.4. Obliczanie nachylenia stoków.

Czytanie treści mapy

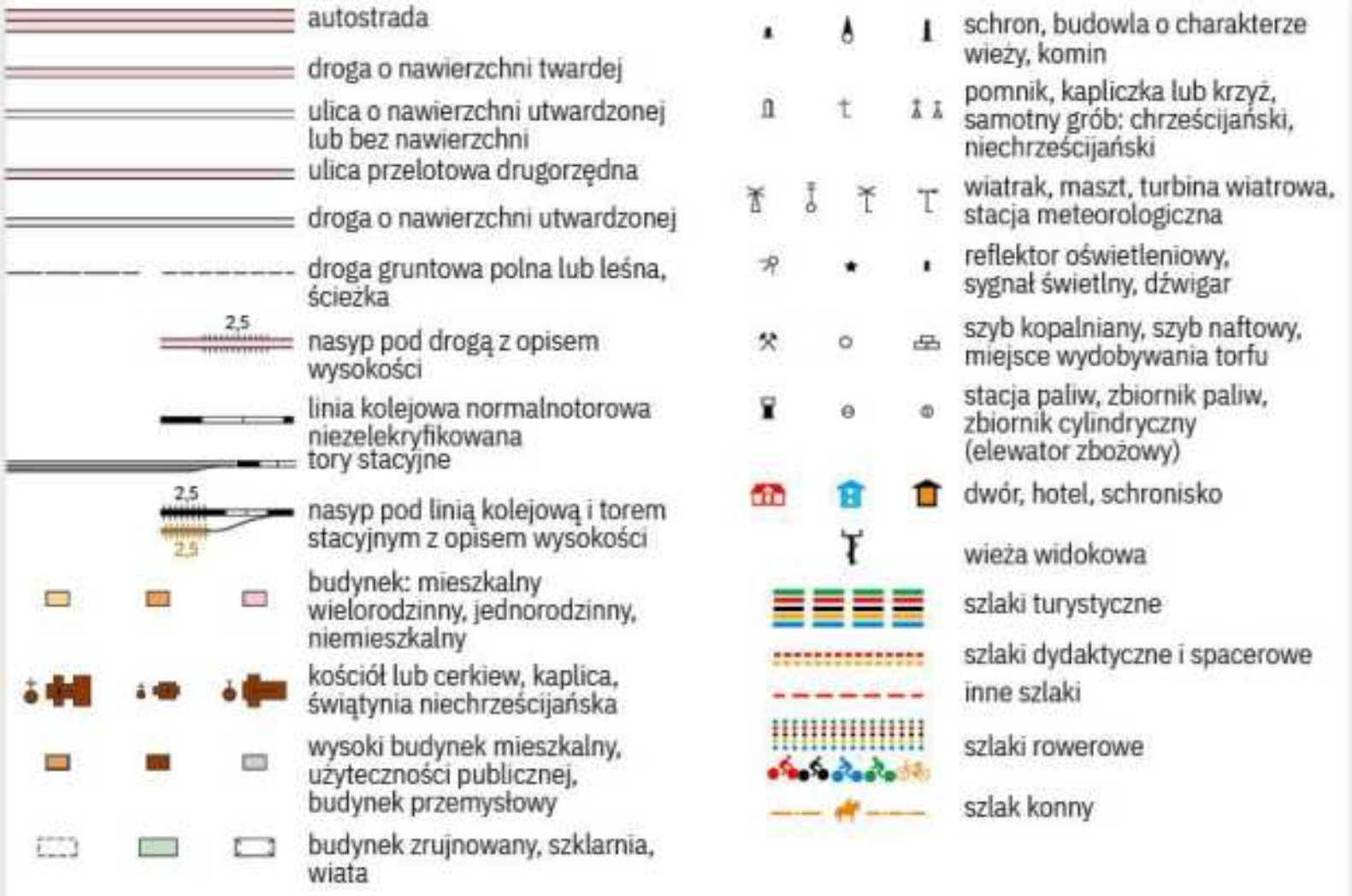
Na podstawie mapy turystycznej można dokonać charakterystyki sieci wodnej (hydrograficznej). Elementy sieci wodnej przedstawione na mapach to rzeki, potoki, strumienie, jeziora naturalne i sztuczne, stawy, bagna, mokradła, strefy brzegowe mórz. Mapa pozwala określić lewobrzeżne i prawobrzeżne dopływy cieków wodnych, bieg rzeki (zawsze w kierunku ujścia), obliczyć spadek koryta rzeki i szerokość dna doliny (często rzeczywista szerokość koryta rzeki jest węższa, niż wynikałoby to z grubości linii na mapie). Dzięki mapie można przeanalizować także układ koryt rzecznych, na

przykład ustalić, czy jest prostolinijny, czy – kręty (meandrujący). Znając skalę mapy, można także obliczyć pole powierzchni zbiornika wodnego (np. jeziora lub stawu).

Mapa jest ponadto źródłem informacji o zróżnicowaniu pokrycia terenu czy jego zagospodarowaniu. Znakami powierzchniowymi są zaznaczone na niej lasy, łąki, obszary występowania kosodrzewiny, tereny zabagnione, sady, zabudowania czy tereny przemysłowe. Zagospodarowanie turystyczne danego obszaru można określić na podstawie obiektów bazy noclegowej (hoteli, schronisk, obiektów agroturystycznych), bazy gastronomicznej (restauracje, bary, kawiarnie), sieci komunikacyjnej (drogi główne, drugorzędne, utwardzone, polne, ścieżki), bazy towarzyszącej (informacja turystyczna, wyciągi narciarskie, obiekty sportowo-rekreacyjne, placówki pocztowe, stacje benzynowe, sklepy).



Ryc. I.6.5. Powierzchniowe znaki topograficzne wykorzystywane przy interpretacji pokrycia terenu.

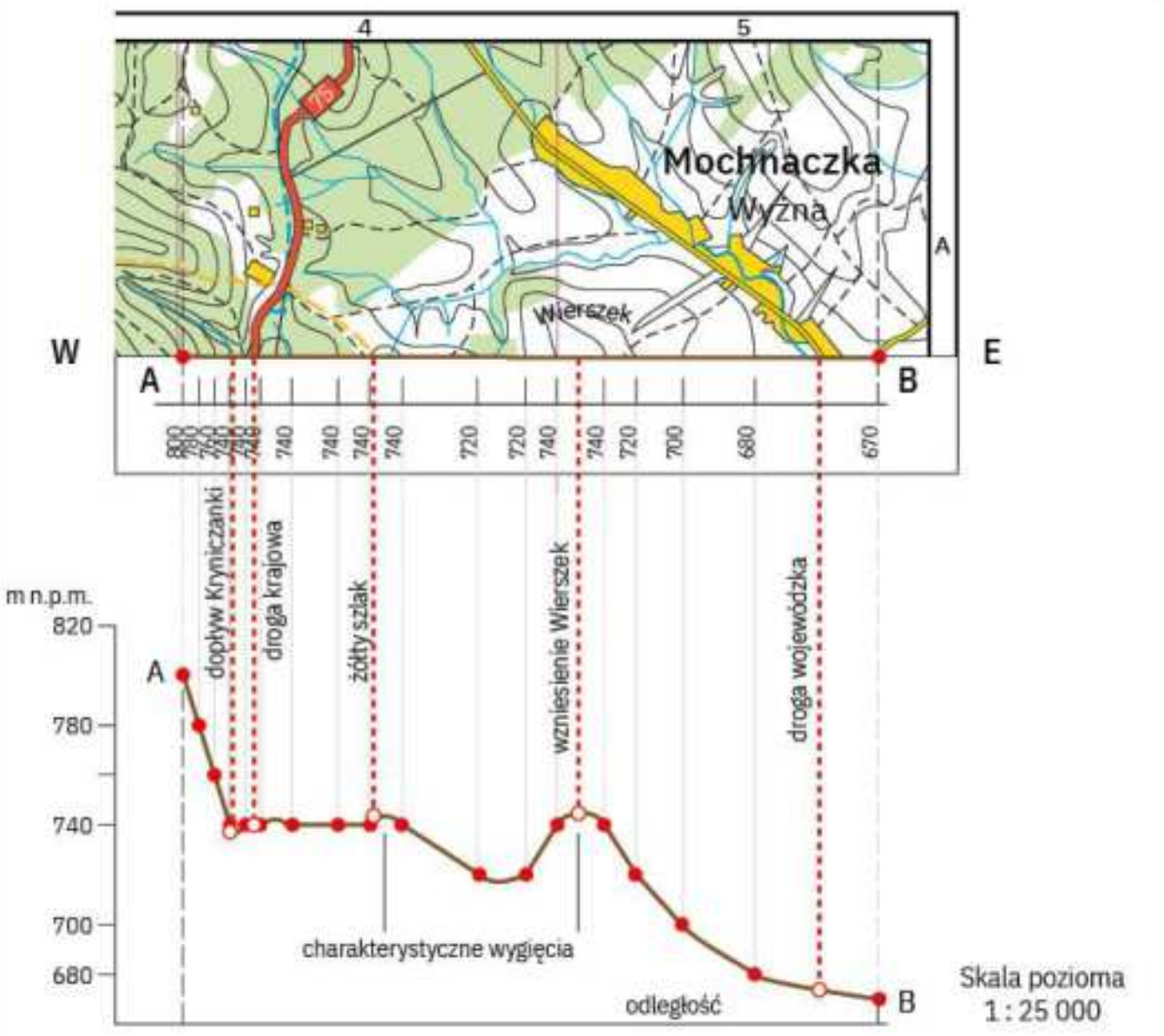


Ryc. I.6.6. Przykładowe znaki topograficzne wykorzystywane przy interpretacji zagospodarowania terenu i sieci.

profil hipsometryczny

Profil hipsometryczny

Aby przedstawić zróżnicowanie ukształtowania powierzchni na mapie między wybranymi punktami w terenie, można sporządzić **profil hipsometryczny (topograficzny)**. Ukazuje on zmiany wysokości terenu nad poziomem morza w zależności od odległości. Profil terenu pozwala określić sumę podejść i zejść na szlaku turystycznym, rowerowym lub w linii prostej, ustalić trudność wyznaczonej trasy, a także obliczyć wysokość względną na wyznaczonych odcinkach.



Ryc. I.6.7. Profil hipsometryczny.

Instrukcja wykonania profilu hipsometrycznego:

1. Zaznacz na mapie, między którymi punktami ma być wykonany profil, i narysuj odcinek.
2. Oznacz wszystkie punkty przecięcia poziomic z odcinkiem.
3. Narysuj układ współrzędnych tak, aby na osi poziomej zaznaczyć odległości pomiędzy wybranymi punktami odcinka (najlepiej w skali odpowiadającej skali mapy), a na osi pionowej – wysokości bezwzględne (n.p.m.). Na osi pionowej odległości między wartościami poziomic powinny być większe, niż to wynika ze skali mapy, aby zapewnić większą czytelność profilu.

4. Na przygotowanym układzie współrzędnych zaznacz punkty odpowiadające przecięciu poziomicy z linią profilu na określonej wysokości.
5. Połącz wyznaczone punkty krzywą.
6. Profil możesz opisać w odpowiednich miejscach nazwami miejscowości, rzek, wierzchołków, stronami świata itp.

Krok po kroku

1. Odcinek na mapie zmierzony od miejsca, w którym znajduje się turysta, do celu jego podróży ma 5 cm. Skala mapy wynosi 1 : 25000. Oblicz rzeczywistą odległość w terenie, którą musi pokonać turysta.

Rozwiązanie:

1 cm na mapie odpowiada 25 000 cm w terenie

1 cm na mapie odpowiada 250 m

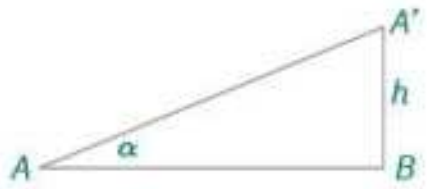
5 cm na mapie odpowiada 1250 m w terenie (5 cm x 250 m / 1 cm = 1250 m)

Odpowiedź: Rzeczywista odległość do pokonania wynosi 1250 m.

2. Wysokość stoku wynosi 50 m, a jego długość to 500 m. Ile wynosi nachylenie stoku α?

Rozwiązanie:

$\alpha = h/AB = 50/500 = 0{,}1 = 10\%$



Odpowiedź: Nachylenie stoku wynosi 10%.

3. Pole powierzchni jeziora na mapie w skali 1 : 25000 wynosi 60 cm². Ile wynosi rzeczywista powierzchnia jeziora?

Rozwiązanie:

Skala mapy 1 : 25 000, 1 cm – 250 m, 1cm – 0,25 km, 1 cm² – 0,0625 km²

60 cm² x 0,0625 km² / 1 cm² = 3,75 km²

Odpowiedź: Rzeczywista powierzchnia jeziora przedstawionego na mapie wynosi 3,75 km².

BESKID ŻYWIECKI

poziomice co 10 m

250 m 1 km 2 km

- las, sukcesja roślinna, kosodrzewina
- teren zabudowany, przemysłowy, cmentarz katolicki
- 945 droga wojewódzka
- droga asfaltowa, przystanek autobusowy
- droga utwardzona, zakaz wjazdu
- inna droga, ścieżka, przecinka
- budynek użyteczności publicznej, budynek
- krzyż, kapliczka
- kaplica, kaplica zabytkowa
- kościół, kościół zabytkowy drewniany
- skała, jaskinia
- pomnik przyrody, osobliwość natury
- rezerwat przyrody, obszar rezerwatu
- granica państwa, przejście graniczne turystyczne
- 400 638 poziomice, skarpa, przełęcz, szczyt
- jezioro, staw, wodospad
- rzeka, potok, bagno, źródła
- dwór, inny zabytek, inny zabytek drewniany
- muzeum, pomnik, skansen
- informacja turystyczna, policja
- służba zdrowia, GOPR
- restauracja, bar, piwiarnia (pub)
- hotel, inne noclegi
- agroturystyka, schronisko, schronisko sezonowe
- miejsce odpoczynku, wiata turystyczna
- kąpielisko, pole namiotowe
- stacja benzynowa, parking
- ośrodek jeździecki, leśniczówka
- wieża przekaźnikowa, punkt widokowy
- wyciąg narciarski: krzesełkowy, orczykowy, nartostrada
- szlaki turystyczne piesze PTTK
- początek szlaku turystycznego




wyciąg narciarski: krzesełkowy, orczykowy, nartostrada
szlaki turystyczne piesze PTTK
początek szlaku turystycznego
inne szlaki
szlak konny
Opracowanie:
"Compass" ul. Podchorążych 3, 30-084 Kraków, www.compass.krakow.pl
COMPASS
Babiogórski Park Narodowy
Wilczna Składy
Ciocki
Podryzowane
Stolarka
Palucháwka
Kopry
Madziarowa
Czatoża
Kamieniec
Fitaki
Czatożą
Markowa
842
Mokry Kozub
Mátkowe Bówienki
Barani Cyl
Barani Groń
Las Ryżowane
Ryżowane
Podświniarka
Świniarka
Rybna
Policzne
Polana Wilcza Łapa
Las Norczak
Polana Norczak
Norczak
Sulowa Cyrhla
Polana Stenow
Mosorny Groń
1047
Jaworzyna
Jaworzynka
Przeł. Jałowiecka Płn. (Tabakowe Siodło)
Jałowcowy Garb
1012
Gruba Jodła
Czarna Cyrhla
Żywieckie Rozstaje
Mała Czarna
Fickowe Rozstaje
Markowe Szczawiny
Muzeum Turystyki Górskiej
Szeroki Upłaz
Borsucze Sk.
Przeł. Brona
Mt. Stawek
Hladké pole
Złota Studnia
Mała Babia Góra (Cyl)
1515
Brána
1408
Rez. Babia hora
Kościelska Pośredni
Babia Góra
1725
(Wołowe Skały)
Diablak
Przeł. Lodowa (Zimna)
Grzbiet
Borsučie
1004
Žadní Vrchovec
Polgórskie Rozstaje
Diabli Kamień
Huściańska Polana
Orawski Mt. Stawek
Wielkie Pole
Mułowy Stawek
Orawski Duży Stawek
Kuhnia
Szkolnikowe Rozstaje
Sokolica
1367
Mokry Stawek
Zimny Staw
Kępa
Szczawiny
Główniak
Królowa
Polana Spod Jaworzyny
Taworzyna
940
Przeł. Jałowiecka Płd.
993
Żywieckie Rozstaje
Przeł. Brona
Przeł. Lodowa (Zimna)
Przeł. Jałowiecka Płn. (Tabakowe Siodło)
Schr. PTTK Markowe Szczawiny
Muzeum Turystyki Górskiej
Dyrekcja i Ośrodek Eduk. BgPN
Muzeum BgPN
Skansen im. J. Żaka
Schr. PTTK "Markowe Szczawiny"
Wyciąg krzesełkowy "Mosorny Groń"
Schronisko "Markowe Szczawiny"
Schronisko PTTK na Polanie Stenowej
Schronisko Orawski Mt. Stawek
Ruiny schr. Beskidenverein
Kapliczka zbójecka
Kapliczka Turystyczna
Zbójecki Chodnik
Chodnik Parkowy
Szlak Orawsko-Zubrzycki
Szlak Orawsko-Zubrzycki Niżny
Szlak Orawsko-Zubrzycki Wyżny
Zbójnicka Kościelska
Zbójnicka Ścieżka
Zbójnicka Ścieżka Markowa
Zbójnicka Ścieżka Stawkowa
Zbójnicka Ścieżka Szeroki Żleb
Zbójnicka Ścieżka Przełęcz Brona
Zbójnicka Ścieżka Przełęcz Lodowa
Zbójnicka Ścieżka Przełęcz Jałowiecka
Zbójnicka Ścieżka Przełęcz Tabakowe Siodło
Zbójnicka Ścieżka Przełęcz Jałowiecka Płn.
Zbójnicka Ścieżka Przełęcz Jałowiecka Płd.
Zbójnicka Ścieżka Przełęcz Jałowiecka Płn. (Tabakowe Siodło)
Zbójnicka Ścieżka Przełęcz Jałowiecka Płd. (Tabakowe Siodło)

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Na podstawie mapy fragmentu Beskidu Żywieckiego oblicz długość trasy, średni czas przejścia oraz sumę podejść i zejść zielonym szlakiem turystycznym z Przełęczy Jałowieckiej Północnej (Tabakowe Siodło) do Diablaka (najwyższy wierzchołek Babiej Góry). Do obliczenia średniego czasu przejścia przyjmij następujące założenia: 1 km po równym terenie – 15 minut, każde 100 m podejścia – dodatkowe 10 minut, każde 100 m stromego zejścia – dodatkowe 5 minut.
2. Opisz zagospodarowanie turystyczne Zawoi.
3. Oblicz wysokość względną między Zawoją Markową (w miejscu, gdzie znajduje się parking) a Diablakiem.
4. Średni czas przejścia i długość trasy do pokonania na Babią Górę wynosi:

   a) z Zawoi Markowej szlakiem zielonym, a następnie Percią Akademików – 3 godziny 5 minut, 7,6 km;

   b) z Zawoi Markowej szlakiem zielonym, a następnie szlakiem czerwonym – 2 godziny 55 minut, 7,9 km;

   c) z Przełęczy Krowiarki szlakiem czerwonym – 2 godziny 20 minut, 4,5 km.

   Ile zajmie średnio pokonanie 1 kilometra każdą z wyznaczonych tras? Który szlak będzie najtrudniejszy do pokonania?
5. Suma podejść na Babią Górę ze schroniska PTTK Markowe Szczawiny szlakiem żółtym wynosi 540 m (czas przejścia 1 godzina 50 minut, długość trasy 2,5 km), a szlakiem czerwonym – 490 m (czas przejścia 1 godzina 40 minut, długość trasy 2,8 km).

   Oblicz:

   a) ile czasu zajmie pokonanie 100 m podejścia na każdym szlaku;

   b) ile wynosi średnie nachylenie (w %) poszczególnych szlaków.
6. Turystka wybrała się na wycieczkę niebieskim szlakiem z Zawoi Policznej do Zawoi Markowej. W jakim kierunku będzie szła na poszczególnych odcinkach tego szlaku? Wykorzystaj kierunki pośrednie.
7. Wyobraź sobie, że stoisz na szczycie Babiej Góry. Określ azymuty poniższych obiektów geograficznych.

   a) Sokolica

   b) Mosorny Groń

   c) Schronisko Markowe Szczawiny

   d) Orawski Mały Stawek

   e) Mała Babia Góra

   f) Zawoja Centrum

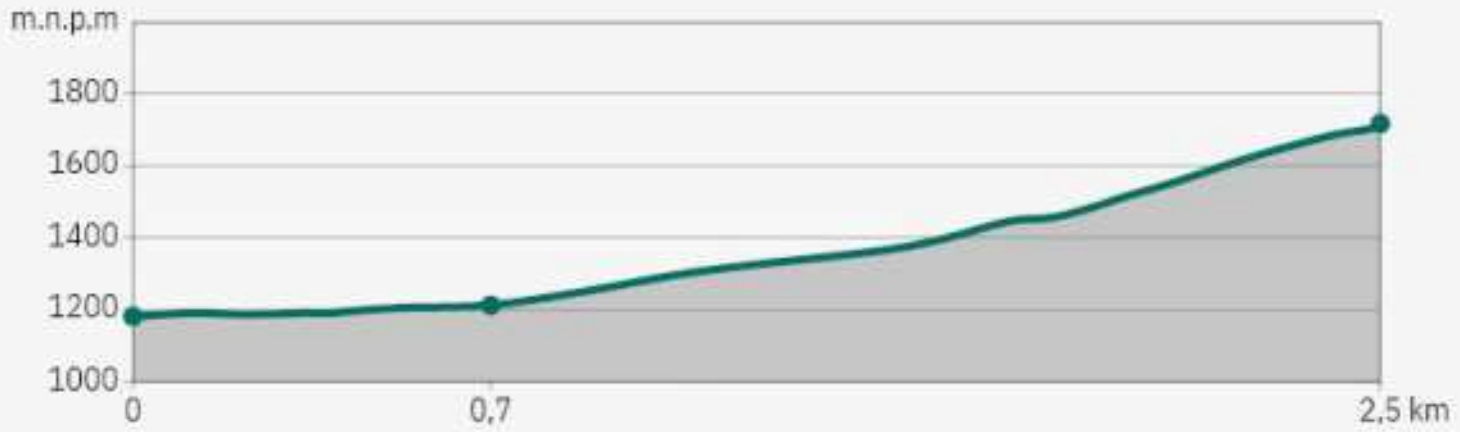
   g) Solnisko

   h) Przełęcz Opaczne
8. Poniższy profil hipsometryczny został wykonany na jednym ze szlaków turystycznych. Rozpoznaj, którego spośród poniższych szlaków on dotyczy:

   a) ze schroniska PTTK Markowe Szczawiny na Babią Górę (Percią Akademików),

   b) ze schroniska PTTK Markowe Szczawiny na Babią Górę (przez Przełęcz Brona),

   c) z przełęczy Krowiarki na Babią Górę.



9. Oblicz rzeczywistą odległość w prostej linii między Babią Górą a Zawoją Centrum.

10. Odczytaj z mapy współrzędne geograficzne wymienionych szczytów.

a) Babia Góra (Diablak)

b) Sokolica

c) Mosorny Groń

d) Solnisko

11. Narysuj profil hipsometryczny od szczytu Babiej Góry do szczytu Mosorny Groń.

12. Odszukaj na mapie i podaj nazwy przedstawionych obiektów geograficznych.

a) Obiekt ten jest położony na górze Miśkowców Groń, na północny-zachód od skrzyżowania drogi prowadzącej z Zawoi Centrum do Zawoi Widły z drogą prowadzącą do przysiółka Welcza.

b) Potok górski będący prawostronnym dopływem Skawicy przepływający przez część Zawoi zwaną Policzne.

c) Obiekt noclegowy znajdujący się w dolinie potoku Welczówka położony przy niebieskim szlaku.

d) Szczyt o wysokości 719 m n.p.m., od którego w kierunku południowo-zachodnim znajduje się centrum miejscowości Zawoja.

13. Omów rzeźbę terenu, sieć hydrograficzną oraz formy użytkowania ziemi na załączonym fragmencie mapy Beskidu Żywieckiego.

14. Zaplanuj wycieczkę jednodniową z Krakowa na Babią Górę. Opracuj godzinowy harmonogram wycieczki. Uwzględnij dojazd autokarem (oblicz odległość Kraków – Zawoja, przyjmij, że średnia prędkość autokaru na trasie wynosi 50 km/h). Zaplanuj także przerwę na obiad i określ precyzyjnie godzinę powrotu. Skorzystaj z załączonej mapy oraz z mapy samochodowej lub aplikacji Google Maps.

15. Zaplanuj wycieczkę trzydniową do Zakopanego dla twojej klasy z miejscowości, w której znajduje się twoja szkoła. Skorzystaj z mapy samochodowej lub aplikacji Google Maps oraz mapy turystycznej Tatr. Wybierz miejsce noclegowe oraz atrakcje turystyczne, które chciałbyś/chciałabyś zobaczyć. Wykorzystaj informacje zamieszczone na ich temat w internecie. Uwzględnij dojazd autokarem i przyjmij, że średnia prędkość autokaru na trasie wynosi 50 km/h. Weź pod uwagę przerwy na posiłki i odpoczynek w trakcie jazdy autokarem.

16. Suma podejść na Babią Górę ze schroniska PTTK Markowe Szczawiny szlakiem żółtym wynosi 540 m (czas przejścia 1 godzina 50 minut, długość trasy 2,5 km), a szlakiem czerwonym – 490 m (czas przejścia 1 godzina 40 minut, długość trasy 2,8 km). Oblicz:

a) ile czasu zajmie pokonanie 100 m podejścia na każdym szlaku;

b) ile wynosi średnie nachylenie poszczególnych szlaków. Wynik podaj w %.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 37 ▸
- Podstawową umiejętnością czytania mapy jest jej **orientacja** – czyli takie ułożenie, aby wszystkie kierunki na mapie odpowiadały rzeczywistym kierunkom w terenie.

s. 37 ▸
- **Cięcie poziomicowe** pokazuje, jaka jest różnica wysokości pomiędzy sąsiadującymi poziomicami.

s. 40 ▸
- **Profil hipsometryczny (topograficzny)** ukazuje zmiany wysokości terenu nad poziomem morza w zależności od odległości.

7. Zdjęcia satelitarne i lotnicze

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, że fotografie i zdjęcia satelitarne są przydatne do pozyskiwania informacji o środowisku geograficznym;
- nauczysz się interpretować ich treść.

Wraz z rozwojem transportu lotniczego pojawiła się możliwość fotografowania Ziemi z wysokości. Oprócz analogowych fotografii czarno-białych i barwnych dzisiaj wykonuje się też fotografie techniką cyfrową, w różnych zakresach widma światła, na przykład w dalekiej podczerwieni, zdjęcia radarowe, termalne czy sonarowe (w badaniach podwodnych). Dzięki wysokiej rozdzielczości zdjęć można dokonywać pomiarów obiektów znajdujących się na fotografii (**fotogrametria lotnicza**) bądź interpretować ich treść (**fotointerpretacja**). Ważnym elementem analizy zdjęć lotniczych jest ich **stereodigitalizacja**, czyli pozyskiwanie trójwymiarowych danych wektorowych (np. dróg, budynków, rzek, nieciągłości terenu) na modelu stereoskopowym, utworzonym ze zdjęć lotniczych wykonanych we wspólnym pasie pokrycia. Możliwość **widzenia stereoskopowego** pozwala pozyskać informację o wysokości danych obiektów.

interpretacja treści zdjęć satelitarnych ▸

stereodigitalizacja ▸

widzenie stereoskopowe ▸

Zdjęcia satelitarne wykonywano od momentu wprowadzania sztucznych satelitów na orbitę Ziemi, czyli od lat 60. XX wieku. Współczesne obrazy satelitarne rejestrowane są w różnych zakresach fal promieniowania widzialnego oraz w podczerwieni, aby lepiej zidentyfikować obiekty. Zdjęcia pozyskuje się w sposób ciągły z kosmosu, na przykład za pomocą programu **Landsat**. Satelita Landsat 8 okrąża Ziemię od 2013 roku.



Ryc. I.7.1. Baza lotnicza Landenberg w Kalifornii, 10 lutego 2013 r., Satelita Landsat 8 na pokładzie rakiety Atlas V.



Ryc. I.7.2. Zdjęcie satelitarne obszaru Australii.

Nowy satelita w porównaniu ze swoim poprzednikiem Landsat 7 ma dwa nowe zakresy spektralne i dzięki temu może być wykorzystywany do oceny stężenia aerozoli w atmosferze oraz przy uzyskiwaniu informacji dotyczących wykorzystywania wody, na przykład przy nawadnianiu gruntów oraz oceny jednostek ciepła w obszarach miejskich. Zdjęcia satelitarne są wykorzystywane do badania szeregu zjawisk w skali zarówno globalnej, jak i lokalnej (**ryc. I.7.3.**).



Ryc. I.7.3. Wykorzystanie obrazów satelitarnych.

obserwacja zmian na danym obszarze

- Na zdjęciach lotniczych i satelitarnych można także **obserwować zmiany**, jakie zaszły na danym obszarze w zakresie zagospodarowania przestrzennego, porównując fotografie z różnych lat.



Ryc. I.7.4. Zdjęcie satelitarne Krakowa z 1965 r.

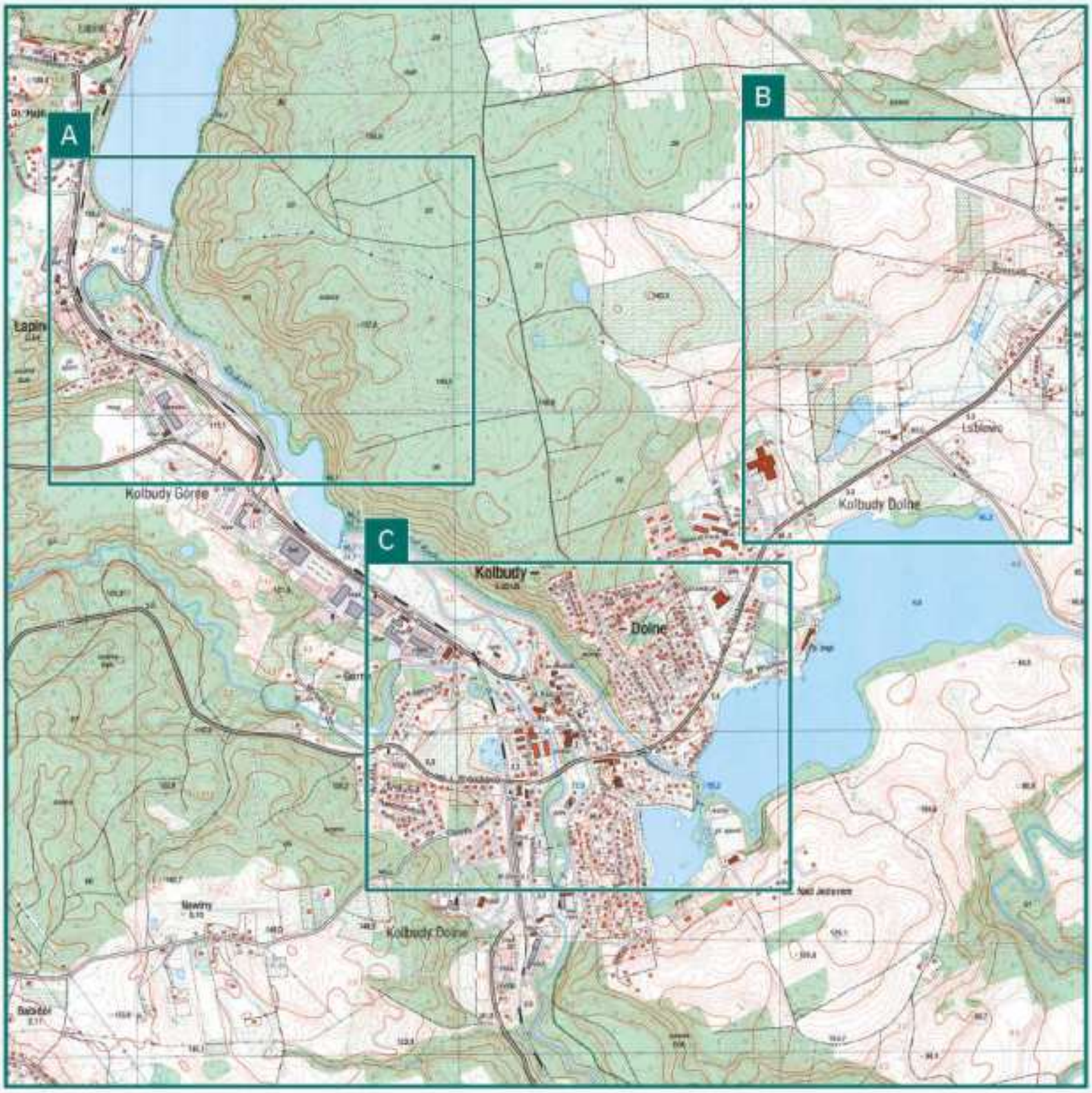


Ryc. I.7.5. Zdjęcie satelitarne Krakowa z 1996 r.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wejdź na stronę http://juvenia.info/krakow/#1996,50.05377,19.93604,14. Porównaj zmiany, jakie zaszły w zagospodarowaniu terenu w Krakowie pomiędzy latami, z których pochodzą opublikowane zdjęcia lotnicze i satelitarne. Powiększ prezentowany obszar i zwróć uwagę na zabudowania i pokrycie terenu. Znajdź inne strony internetowe, gdzie są zamieszczone zdjęcia lotnicze przedstawiające wygląd innych miast w przeszłości.
2. Korzystając z dostępnych aplikacji (np. gogle earth, street view), znajdź zdjęcie satelitarne okolicy swojego miejsca zamieszkania. Porównaj informacje ze zdjęcia satelitarnego z aktualnym wyglądem okolicy. Wskaż przynajmniej dwie zmiany w zagospodarowaniu terenu.
3. Poniższe zdjęcie satelitarne przedstawia fragment Jeziora Solińskiego oznaczony na mapie turystycznej literami A, B lub C. Na którym wycinku mapy widać obszar przedstawiony na zdjęciu satelitarnym?





PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 44 ▸ • Dzięki wysokiej rozdzielczości zdjęć można dokonywać **pomiarów obiektów** znajdujących się na fotografii **(fotogrametria lotnicza)** bądź **interpretować ich treść (fotointerpretacja)**.

s. 44 ▸ • **Stereodigitalizacja**, czyli pozyskiwanie trójwymiarowych danych wektorowych (np. dróg, budynków, rzek, nieciągłości terenu).

s. 44 ▸ • Możliwość **widzenia stereoskopowego** pozwala pozyskać informację o wysokości danych obiektów.

s. 48 ▸ • Na zdjęciach lotniczych i satelitarnych można także **obserwować zmiany, jakie zaszły na danym obszarze** w zakresie zagospodarowania przestrzennego, porównując fotografie z różnych lat.

8. Określanie położenia na podstawie Globalnego Systemu Pozycjonowania (GPS)

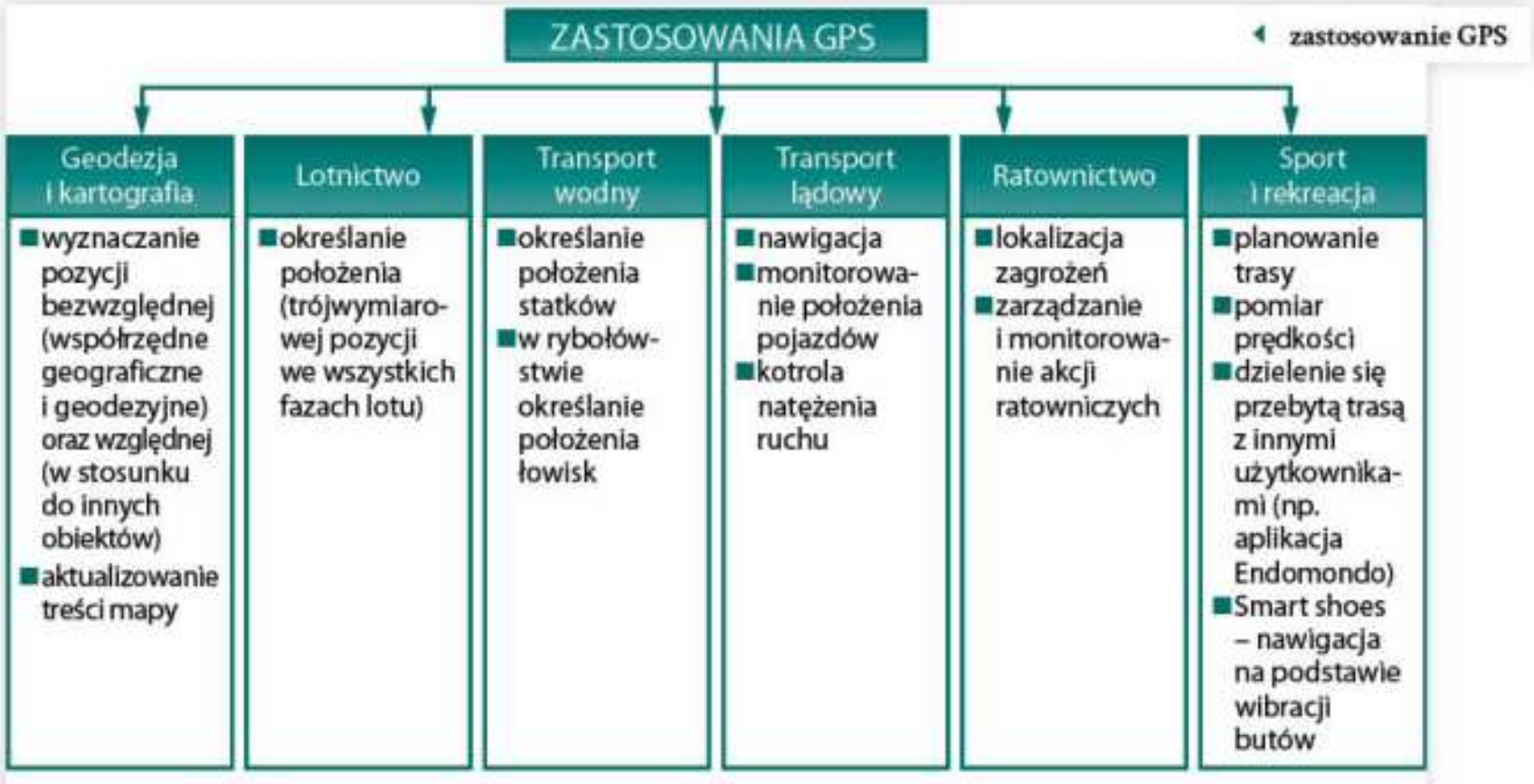
NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, co to jest system GPS;
- dowiesz się, do czego można wykorzystać odbiornik GPS.

Zastosowanie odbiornika GPS

GPS to Globalny System Pozycyjny (ang. *Global Positioning System*) umożliwiający dokładne określenie położenia, prędkości oraz czasu obiektów na powierzchni Ziemi i w bliskim jej sąsiedztwie na podstawie sygnałów nadawanych przez satelity krążące dookoła Ziemi. System GPS został utworzony przez Departament Obrony Stanów Zjednoczonych i pierwotnie służył do celów militarnych. Stworzono dwa poziomy udostępniania sygnału GPS – standardowy dla odbiorców cywilnych oraz precyzyjny dla wojsk USA. Dostęp standardowy był celowo zakłócany, a jego dokładność kształtowała się w granicy 100 m. W 2000 r. USA zniosło system zakłócenia GPS (tzw. *Selective Availability*) i obecnie położenie obiektów można określić w granicach 4–12 m. Do korzystania z systemu przez użytkowników służą odbiorniki GPS, które znajdują się obecnie w wielu modelach telefonów komórkowych.

◂ GPS



◂ zastosowanie GPS

Ryc. I.8.1. Wybrane zastosowania GPS.

odbiornik GPS ▸ **Odbiornik GPS** to urządzenie przenośne odbierające sygnały z satelitów systemu GPS i na ich podstawie obliczające swoją aktualną pozycję (współrzędne geograficzne). Aby uzyskać współrzędne geograficzne w systemie GPS, potrzebny jest dokładny pomiar czasu oraz odczyt położenia satelitów na orbicie. Każdy z satelitów jest wyposażony w zegar atomowy, który wysyła sygnał na dwóch częstotliwościach nośnych, umożliwiając tym samym pomiar odległości między satelitami a odbiornikiem. W praktyce do określenia pozycji danego obiektu w trójwymiarowej przestrzeni konieczny jest jednoczesny odbiór sygnału z przynajmniej czterech satelitów. GPS może służyć do zapisywania miejsca postoju użytkownika (ang. *waypoint*), zapisywania przebytej trasy (tzw. śladu), prowadzenia do wskazanego punktu, podawania precyzyjnego czasu.



Ryc. I.8.2. Odbiornik GPS.

Zastosowanie GPS do gier terenowych



Ryc. I.8.3. Skrytka geocaching z ukrytymi skarbami.

Odbiornik GPS można zastosować również w grach terenowych, jak **geocaching**. To gra użytkowników systemu GPS polegająca na wynajdywaniu w terenie ukrytych przez innych uczestników skrytek ze „skarbami" (ang. *geocache*) w atrakcyjnych miejscach. Osoba, która coś chowa (może to być plastikowe pudełko, puszka, pojemnik na żywność), przekazuje informacje o współrzędnych geograficznych miejsca ukrycia danego przedmiotu innym uczestnikom zabawy, którzy poszukują skrytki, posługując się odbiornikami GPS. Osoba, która znajdzie skrytkę, może zabrać jeden z ukrytych skarbów i włożyć w zamian nowy skarb. W skrytce znajduje się także „książka gości" – ang. *logbook* skrzynki, do której należy wpisać swój identyfikator i datę odkrycia. Aby wziąć udział w zabawie, należy zarejestrować się w specjalnym serwisie, np. Opencaching PL lub Geocaching.com. Tam trzeba podać współrzędne geograficzne ukrytych skrytek. Można również umieścić dodatkowe informacje ułatwiające znalezienie skrytki, na przykład opisać możliwości dotarcia na miejsce lub atrakcje warte obejrzenia w okolicy. Po zainstalowaniu aplikacji (np. Geocaching), zarejestrowaniu się i zapoznaniu z zasadami bezpieczeństwa podczas zabawy w terenie można rozpocząć poszukiwanie „skarbów".

Do poniższych zajęć będą potrzebne odbiorniki turystyczne GPS lub telefony komórkowe z modułem GPS i dostępem do internetu.

1. Wybierz charakterystyczne punkty w twojej najbliższej okolicy (mogą to być atrakcje turystyczne, budynki użyteczności publicznej, formy terenu). Posługując się odbiornikiem GPS (lub telefonem z GPS i zainstalowaną aplikacją, np. My GPS Coordinates) w terenie, odczytaj współrzędne geograficzne wybranych obiektów.
2. Na podstawie określonych współrzędnych geograficznych obiektów wybranych przez nauczyciela, wyznacz do nich trasę i zlokalizuj je w terenie. Możesz zastosować aplikacje Google Earth i Google Maps.
3. Zabaw się w poszukiwacza skarbów, uczestnicząc w grze Geocaching. Zarejestruj się na stronie geocaching.pl, zainstaluj aplikację geocaching na telefonie i zlokalizuj w najbliższej okolicy ukryte skrytki. Po znalezieniu skrytki otwórz pojemnik, w którym znajduje się logbook, i zapisz swoją nazwę użytkownika i datę. W skrzynce mogą być „skarby", które można zabrać - pamiętaj, że jeżeli coś zabierasz, to musisz zostawić w zamian rzecz równie cenną. Jeśli w pobliżu twojej szkoły nie ma skrytek, to ćwiczenie można wykonać w grupach – jedna grupa zakłada skrzynki, a druga grupa je odnajduje.



Ryc. I.8.4. Przykładowa skrzynka geocachingu.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wymień zastosowania odbiorników GPS.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **GPS** to Globalny System Pozycyjny (ang. Global Positioning System) umożliwiający dokładne określenie położenia, prędkości oraz czasu obiektów na powierzchni Ziemi i w bliskim jej sąsiedztwie na podstawie sygnałów nadawanych przez satelity krążące dookoła Ziemi. ◂ s. 51
- GPS ma **zastosowanie** m.in. w geodezji i kartografii, lotnictwie, transporcie wodnym i lądowym, ratownictwie oraz w sporcie i rekreacji. ◂ s. 51
- **Odbiornik GPS** to urządzenie przenośne, które odbiera sygnały z satelitów systemu GPS, i na ich podstawie oblicza swoją aktualną pozycję (współrzędne geograficzne). GPS może służyć do zapisywania miejsca postoju użytkownika, zapisywania przebytej trasy, prowadzenia do wskazanego punktu, podawania precyzyjnego czasu. ◂ s. 52

9. Zastosowanie Systemów Informacji Geograficznej (GIS)

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz przykłady wykorzystania narzędzi GIS do analiz zróżnicowania przestrzennego środowiska geograficznego;
- nauczysz się stosować wybrane metody kartograficzne do prezentacji cech ilościowych i jakościowych środowiska geograficznego i ich analizy z użyciem narzędzi GIS.

System Informacji Geograficznej

System Informacji Geograficznej (**GIS**, z ang. *Geographic Information System*) to system informacyjny służący do wprowadzania, gromadzenia, wizualizacji i analizy danych przestrzennych, zlokalizowanych za pomocą współrzędnych geograficznych. Obejmuje on oprogramowanie komputerowe, bazę danych przestrzennych, metody przetwarzania informacji, zespół ludzi tworzących i wykorzystujących sys-



Ryc. I.9.1. Mapy warstwowe GIS.

tem oraz zespół procedur organizacyjnych, technologicznych i prawnych umożliwiający jego funkcjonowanie. Systemy geoinformacyjne są wykorzystywane do prezentowania, wyjaśniania i przewidywania rozkładu przestrzennego zjawisk geograficznych. Mapy tworzone za pomocą GIS są warstwowe, można zatem nakładać kolejne warstwy, na przykład: przedstawiające ukształtowanie powierzchni, sieć hydrograficzną, zabudowania, sieć komunikacyjną, podział administracyjny, i analizować je łącznie lub oddzielnie. W praktyce Systemy Informacji Geograficznej mają szerokie zastosowanie w administracji, planowaniu przestrzennym, urzędach statystycznych, biurach prognoz, ratownictwie i centrach zarządzania kryzysowego. Ponadto mają duże znaczenie w transporcie i logistyce, wspomagają procesy podejmowania decyzji w zarządzaniu na poziomie regionalnym i lokalnym. Za pomocą systemów GIS uzyskuje się różne informacje, takie jak: najkrótsza droga między dwoma punktami (np. w nawigacji samochodowej), ile potencjalnie wynosi liczba klientów supermarketu na podstawie jego lokalizacji (geomarketing), jakie zmiany nastąpiły w użytkowaniu terenu, którędy przebiegają granice działek i nieruchomości, w którym miejscu zaprojektować nową drogę, ile wynosi gęstość zaludnienia na danym obszarze czy jakie są prognozy demograficzne co do liczby ludności lub jej struktury według płci i wieku.

Dużą rolę w systemach GIS odgrywa internet. Dzięki niemu można przechowywać dane na specjalistycznych serwerach, szybko je przesyłać i analizować oraz korzystać ze specjalistycznych usług geoinformacyjnych (GIServices). Zbiory danych zawierające informacje na temat środowiska geograficznego są udostępniane w postaci geoportali. Jednym z nich jest geoportal.gov.pl zawierający między innymi: Bazę Danych Ogólnogeograficznych, Bazę Danych Obiektów Topograficznych, Ortofotomapy, Państwowy Rejestr Granic, Państwowy Rejestr Nazw Geograficznych, Numeryczny Model Terenu oraz oferujący usługi danych przestrzennych. W internecie są dostępne darmowe narzędzia GIS: **QGIS** (https://qgis.org/pl/site/) oraz aplikacje dostępne na stronie Głównego Urzędu Statystycznego (**Portal Geostatystyczny** https://geo.stat.gov.pl/, **Atlas Regionów** http://swaid.stat.gov.pl/SitePagesDBW/AtlasRegionow.aspx).

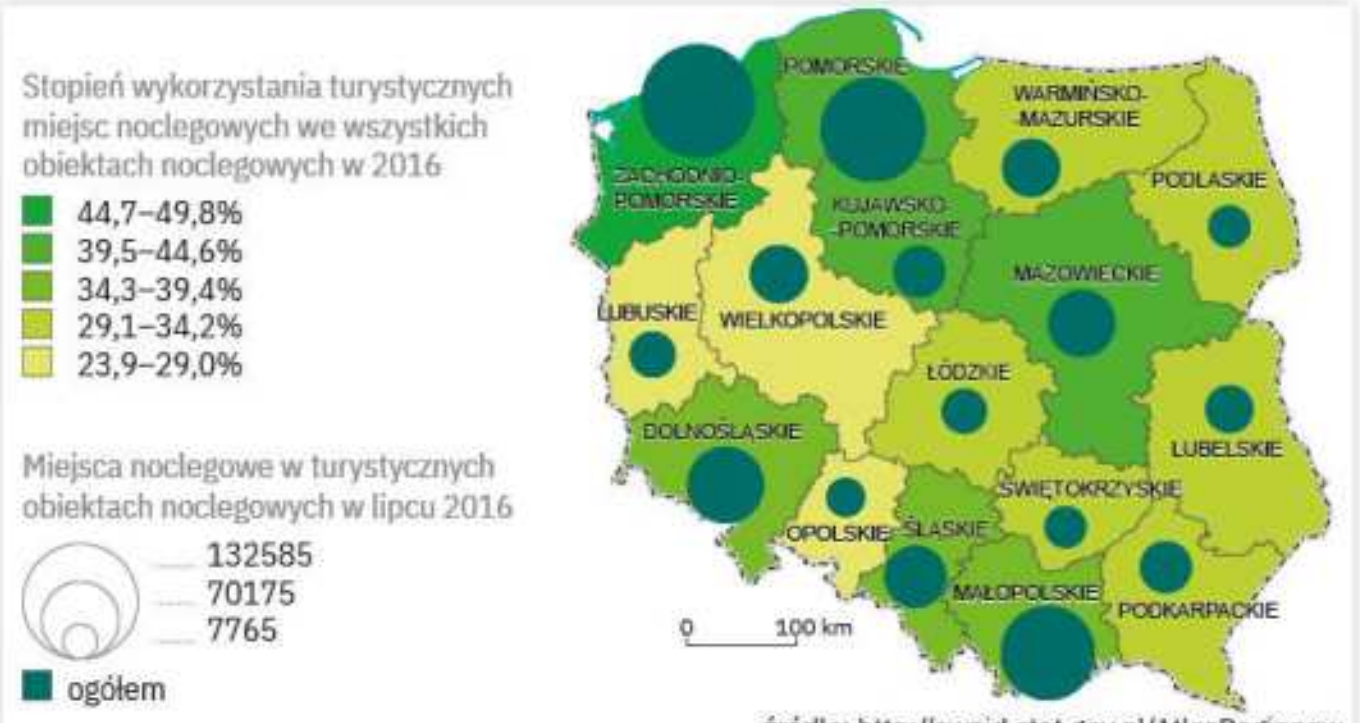
Portal Geostatystyczny jest przeznaczony do kartograficznej prezentacji informacji statystycznych pozyskanych w spisach powszechnych oraz z Banku Danych Lokalnych (BDL). Służy on do prezentowania informacji w postaci kartogramów i kartodiagramów dla administracji publicznej, przedsiębiorców, instytucji naukowo-badawczych i użytkowników indywidualnych.

QGIS jest darmowym programem GIS umożliwiającym zarządzanie danymi geograficznymi, tworzenie własnych danych, w tym zastosowanie współrzędnych GPS, wykonywanie analiz przestrzennych oraz tworzenie map (strona producenta: https://qgis.org/pl/site/).

◂ QGIS

Atlas Regionów umożliwia przestrzenną wizualizację danych według różnych dziedzin tematycznych w ujęciu regionalnymi lub lokalnym. Za pomocą tej aplikacji można stworzyć kartogram (dla wartości względnych) bądź kartodiagram prosty lub złożony (strukturalny) dla wartości bezwzględnych.

Kartogram wykonany za pomocą aplikacji Atlas Regionów (**ryc. I.9.2.**) przedstawia liczbę miejsc noclegowych na 10 tys. ludności według powiatów. Atlas umożliwia skonstruowanie mapy tematycznej na podstawie różnych wskaźników, między innymi z zakresu demografii, edukacji, finansów publicznych, infrastruktury komunalnej i mieszkaniowej. Każdą wykonaną mapę można zapisać (np. w formacie pdf i png) i wydrukować. Można również stworzyć tabelę na podstawie wybranych wskaźników oraz wyświetlić ranking jednostek względem prezentowanych wartości (od największej do najmniejszej).



źródło: http://swaid.stat.gov.pl/AtlasRegionow

Ryc. I.9.2. Przykładowa mapa wykonana za pomocą aplikacji Atlas Regionów.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

Do wykonania poniższych zadań będzie potrzebny komputer z dostępem do internetu.

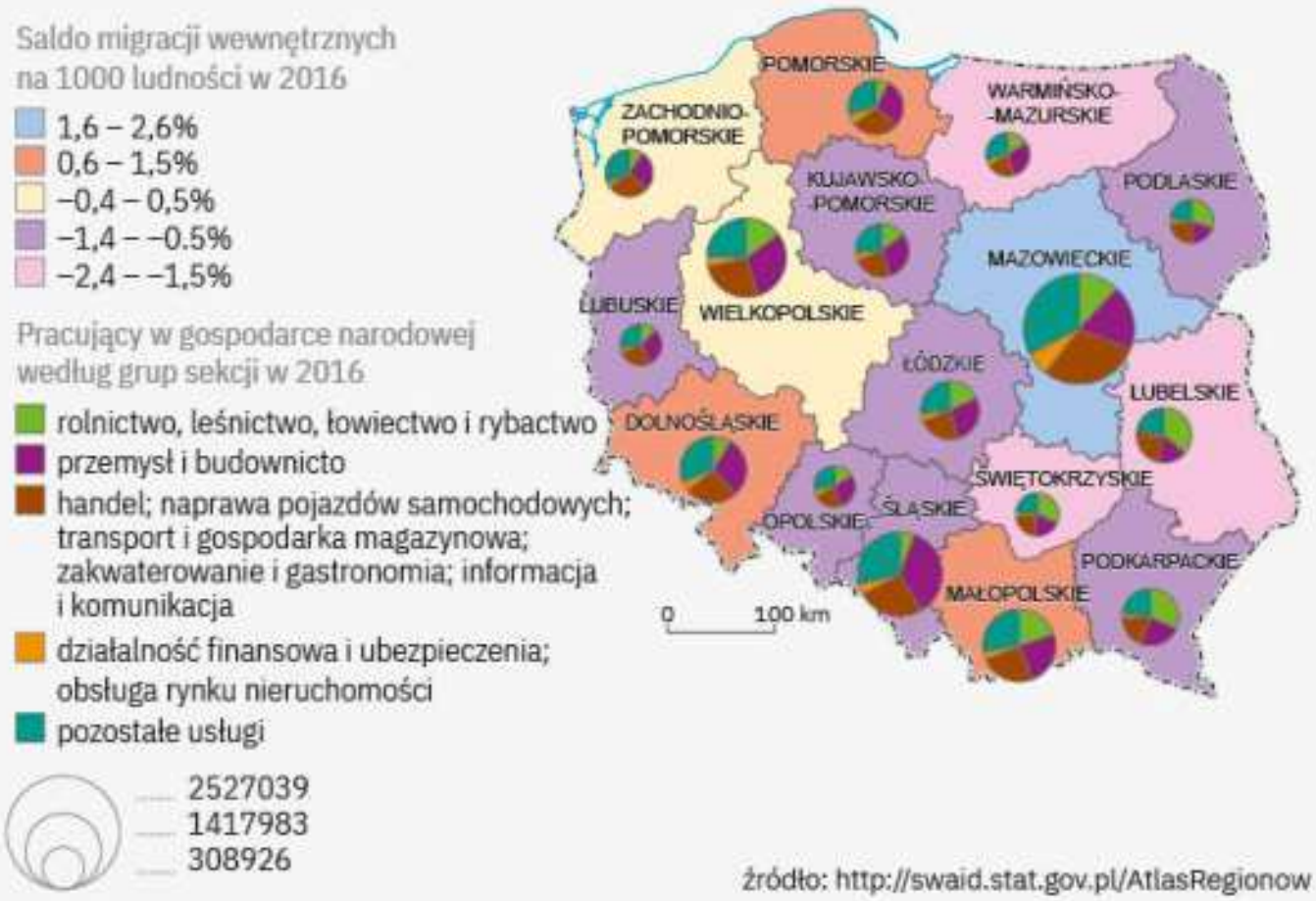
1. W aplikacji Atlas Regionów sporządź kartogram przedstawiający gęstość zaludnienia dla poszczególnych województw. Dobierz wielkości przedziałów ręcznie, aby nie było klas, w których nie ma ani jednego województwa. Staraj się, aby rozpiętości przedziałów były równe, z wyjątkiem przedziałów o najniższych i najwyższych wartościach, które mogą być otwarte. Następnie nałóż na ten kartogram kartodiagram przestawiający udział ludności mieszkającej na wsi i w mieście. Spróbuj zinterpretować obydwie mapy. Czy obszary o niskiej gęstości zaludnienia charakteryzują się wysokimi udziałami ludności miejskiej? Uzasadnij odpowiedź.
2. W aplikacji Atlas Regionów sporządź kartogram przedstawiający natężenie urodzeń na 1000 mieszkańców dla województw. Następnie wykonaj kartodiagram prezentujący liczbę zawieranych małżeństw. Czy obszary o wysokich wartościach współczynnika urodzeń to jednocześnie województwa, gdzie jest dużo zawieranych małżeństw? Uzasadnij swoją odpowiedź.

3. W aplikacji Atlas Regionów sporządź kartogram obrazujący zróżnicowanie salda migracji wewnętrznych dla gmin. Dobierz odpowiednie przedziały wartości, aby zjawisko było zróżnicowane (bez pustych klas, o w miarę możliwości równomiernym rozkładzie jednostek). Przeanalizuj rozkład przestrzenny. Na jakich obszarach saldo migracji wewnętrznych ludności jest dodatnie, a na jakich – ujemne? Spróbuj wytłumaczyć to zróżnicowanie.

4. W aplikacji Geoportal Statystyczny utwórz kartogram przedstawiający plony zbóż ogółem według województw. Wejdź na Geoportal, wybierz zakładkę mapy, a następnie kliknij przeglądarkę danych geostatystycznych. Z zakładki mapy tematyczne wybierz „Rolnictwo, leśnictwo i łowiectwo", a następnie „Uprawy rolnicze" i „produkcja roślinna". Przesuń cały panel mapy tematycznej w dół za pomocą strzałek znajdujących się w lewym górnym rogu i wybierz ikonę kartogramu (pierwsza z lewej). Jako typy upraw zaznacz „zboża ogółem", a jako zakres przedmiotowy - „plony z 1 ha". Jako metodę tworzenia przedziałów wybierz równe przedziały albo stwórz własne, tak aby pokazać zróżnicowanie przestrzenne. Spróbuj wyjaśnić, z czego wynika zróżnicowanie plonów zbóż w poszczególnych województwach.

5. Na podstawie zamieszczonego poniżej kartodiagramu oceń, czy podane zdania są prawdziwe, czy fałszywe. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe oraz F, jeśli zdanie jest fałszywe. Odpowiedzi zapisz w zeszycie.

1.	W województwach o najniższym saldzie migracji udział pracujących w działalności finansowej i ubezpieczeniowej jest znikomy.	P	F
2.	Województwa o dodatnim saldzie migracji posiadają wysoki udział pracujących w rolnictwie.	P	F
3.	Suma udziałów pracujących łącznie w rolnictwie, leśnictwie, łowiectwie rybactwie, przemyśle i budownictwie przekracza 50% tylko w województwach o ujemnym saldzie migracji.	P	F



Źródło: http://swaid.stat.gov.pl/AtlasRegionow

6. W aplikacji Geoportal Statystyczny utwórz kartogram przedstawiający plony zbóż ogółem. Po wejściu na Geoportal wejdź w zakładkę mapy, następnie kliknij przeglądarkę danych geostatystycznych. Z zakładki mapy tematyczne wybierz „Rolnictwo, leśnictwo i łowiectwo", a następnie „Uprawy rolnicze" i „produkcja roślinna". Przesuń cały panel mapy tematycznej w dół za pomocą strzałek znajdujących się w lewym górnym rogu i wybierz ikonę kartodiagramu (druga z lewej). Jako typ kartodiagramu wybierz kartodiagram strukturalny kołowy. Następnie kliknij przycisk „definiuj". W strukturze diagramu wybierz „typy upraw". W typach upraw (prezentowane wartości) wybierz pięć podstawowych zbóż (przyciskając jednocześnie klawisz Ctrl na klawiaturze): pszenicę, żyto, jęczmień, owies oraz pszenżyto. Następnie kliknij „zatwierdź". Określ zróżnicowanie udziałów poszczególnych zbóż według województw.
7. Stwórz mapę tematyczną (kartogram lub kartodiagram) w programie QGIS w układzie województw, z wykorzystaniem danych z Rocznika Demograficznego Polski (http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/rocznik-demograficzny-2017,3,11.html). Pamiętaj, aby stworzyć prawidłowy kartogram, musisz użyć danych względnych (np. na 1000 ludności). Mogą to być urodzenia, zgony, przyrost naturalny, napływ, odpływ ludności czy saldo migracji. Do wykonywania kartodiagramu użyj danych bezwzględnych. Możesz wykorzystać tablicę przeglądową nr III (Ważniejsze dane o stanie, ruchu ludności i migracjach ludności według województw). W tym celu zainstaluj program QGIS z podanej w tekście strony producenta, wczytaj warstwę podziału administracyjnego (link w tekście) oraz wczytaj dane do tabeli atrybutów poszczególnych województw. Następnie na podstawie dobranych przedziałów klasowych stwórz kartogram i kartodiagram. Zapoznaj się z instrukcją użytkownika programu QGIS lub poproś o pomoc nauczyciela.
8. Z użyciem programu QGIS dokonaj wizualizacji rzeźby dowolnego fragmentu terenu z wykorzystaniem numerycznego modelu terenu. Wykonaj także profil topograficzny terenu na dowolnie wybranym odcinku.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 54 ▸

- **System Informacji Geograficznej** (**GIS**, z ang. *Geographic Information System*) to system informacyjny służący do wprowadzania, gromadzenia, wizualizacji i analizy danych przestrzennych, zlokalizowanych za pomocą współrzędnych geograficznych.

s. 55 ▸

- **QGIS** jest darmowym programem GIS umożliwiającym zarządzanie danymi geograficznymi, tworzenie własnych danych, w tym zastosowanie współrzędnych GPS, wykonywanie analiz przestrzennych oraz tworzenie map.

10. Identyfikacja zależności między elementami przestrzeni geograficznej

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz istotę identyfikowania zależności przyczynowo-skutkowych, funkcjonalnych i czasowych między elementami przestrzeni geograficznej, argumentowania, wnioskowania i formułowania twierdzeń o prawidłowościach.

W dawnych czasach głównym zadaniem geografii było opisywanie lądów i mórz oraz ich zróżnicowania. **Współcześnie geografia** bada związki między poszczególnymi elementami środowiska geograficznego, a zwłaszcza relacje między przyrodą, gospodarką i człowiekiem. Zjawiska i procesy przyrodnicze i społeczno-gospodarcze zachodzą w epigeosferze (powłoce ziemskiej) znajdującej się na pograniczu litosfery (powłoki skalnej), hydrosfery (powłoki wodnej), atmosfery (powłoki gazowej), biosfery (powłoki organicznej), pedosfery (powłoki glebowej), do takiej głębokości i wysokości, do której sięga działalność człowieka. Powłoka ziemska jest częścią przestrzeni geograficznej obejmującej ogół materialnych i niematerialnych obiektów oraz relacji zachodzących między nimi i badanych w ujęciu geograficznym.

współczesna geografia

Przestrzeń geograficzna dzieli się na przestrzeń przyrodniczą, społeczno-gospodarczą i kulturową. Poszczególne sfery Ziemi są ściśle ze sobą powiązane i tworzą system przyrodniczy. Przy niezmiennych warunkach przebiegi zjawisk i procesów przyrodniczych oraz poszczególne elementy systemu przyrodniczego znajdują się w stanie równowagi ekologicznej. Jak w każdym systemie, także w systemie przyrodniczym każda zmiana jednego elementu wpływa na inne składniki i środowisko może ulec modyfikacji. Zmiany te mogą obejmować różny zasięg – od lokalnego po nawet globalny, niektóre z nich zajdą prawie niezauważalnie, a niektóre – gwałtownie. W dawnych epokach geologicznych mieliśmy do czynienia z wieloma takimi zmianami, na przykład: zmiany klimatyczne (ocieplenie czy zlodowacenie), dryf kontynentów, proces powstawania gór (orogenezy). Gwałtownie przebiegające zjawiska przyrodnicze (na przykład powodzie, trzęsienia ziemi) mogą doprowadzić do naruszenia równowagi ekologicznej. Do zachwiania równowagi w środowisku przyrodniczym przyczynia się też człowiek. Niekontrolowany rozwój miast, zanieczyszczenie powietrza w wyniku rozwoju przemysłu i motoryzacji oraz nieracjonalna gospodarka zasobami środowiska, mogą doprowadzić do jego zniszczenia. Aby temu zapobiec, należy postępować zgodnie z zasadami **zrównoważonego rozwoju**. Jest to racjonalny sposób gospodarowania zasobami środowiska, aby zaspokajanie potrzeb obecnego pokolenia nie zmniejszało szans na zaspokajanie potrzeb przyszłych pokoleń. Dlatego znajomość funkcjonowania poszczególnych elementów systemu przyrodniczego oraz działalność człowieka w przestrzeni geograficznej są bardzo ważne dla zrozumienia relacji człowiek-środowisko.

przestrzeń geograficzna

zasady zrównoważonego rozwoju

Przestrzeń geograficzna jest przedmiotem badań wyspecjalizowanych dyscyplin geograficznych. Przyrodniczym zróżnicowaniem Ziemi zajmuje się geografia fizyczna, a w jej obrębie wyspecjalizowały się takie subdyscypliny, jak: paleogeografia, geomorfologia, hydrografia, klimatologia, meteorologia, biogeografia i geografia gleb. Natomiast geografia społeczno-ekonomiczna zajmuje się zróżnicowaniem przestrzeni geograficznej powstałej w wyniku społeczno-gospodarczej działalności człowieka. Należą tu takie szczegółowe dyscypliny, jak: geografia ludności, osadnictwa, społeczna, kultur, rolnictwa, przemysłu, usług. Do systemu nauk geograficznych należą także kartografia, geoinformacja i geografia regionalna. Badania geograficzne są prowadzone w celu wykrycia pewnych prawidłowości i określenia zależności człowiek-środowisko. Coraz więcej badań ma charakter interdyscyplinarny, co oznacza, że geografowie korzystają także z dorobku oraz metod badawczych innych nauk, aby w pełni określić zależności przyczynowo-skutkowe obserwowanych we współczesnym świecie zjawisk i procesów. Przykładem takim mogą być badania rozwoju przestrzennego miast, którymi zajmują się nie tylko geografowie społeczno-ekonomiczni, lecz także urbaniści, architekci czy ekonomiści. **Zadaniem geografii** jest wykrycie prawidłowości rządzących środowiskiem, czyli zdarzeń zachodzących w określonych warunkach. Na przykład kilka takich prawidłowości można określić, analizując rozmieszczenie ludności na świecie. Ludność koncentruje się głównie na nizinach, w strefie wybrzeży mórz i oceanów, w warunkach klimatu umiarkowanego i podzwrotnikowego, a także na terenach, które w przeszłości były aktywne wulkanicznie (żyzne gleby) oraz na obszarach, na których nastąpił dawniej rozwój przemysłu (ze względu na występowanie złóż surowców mineralnych, np. węgla kamiennego czy rud żelaza).

zadania geografii ▸

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

Do wykonania poniższego zadania potrzebna będzie mapa zamieszczona na stronach 42–43.

1. Określ więcej prawidłowości zachodzących między elementami przestrzeni geograficznej. Przypomnij sobie ze szkoły podstawowej wiadomości dotyczące zróżnicowania stref roślinnych, glebowych i klimatycznych na świecie i czynników wpływających na ich zróżnicowanie.
2. Uzasadnij na jednym wybranym przykładzie związek między podanymi elementami środowiska geograficznego:
   a) rozmieszczenie ludności i klimat,
   b) budowa geologiczna i rzeźba terenu.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 59 ▸ • **Współcześnie geografia** bada związki między poszczególnymi elementami środowiska geograficznego, a zwłaszcza relacje między przyrodą, gospodarką i człowiekiem zachodzące w przestrzeni geograficznej.

s. 59 ▸ • **Przestrzeń geograficzna** dzieli się na przestrzeń przyrodniczą, społeczno-gospodarczą i kulturową.

s. 60 ▸ • **Zadaniem geografii** jest wykrycie prawidłowości (zdarzeń zachodzących w określonych warunkach) rządzących środowiskiem.

PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

Podział źródeł informacji geograficznej

◂ s. 11

Źródło informacji geograficznej	Przykłady
Obserwacje terenowe	profil geologiczny, profil glebowy, zjawiska atmosferyczne, szata roślinna, układ zabudowy
Materiały publikowane	mapy, plany, atlasy geograficzne, podręczniki, encyklopedie, czasopisma, książki, przewodniki turystyczne, roczniki statystyczne, multimedia
Źródła internetowe	elektroniczne bazy danych, encyklopedie internetowe, portale internetowe (regiony, gminy, miejscowości, bazy noclegowe), komunikatory społecznościowe
Systemy informacji geograficznej (*Geographic Information System* – GIS)	systemy nawigacji GPS, zdjęcia satelitarne i lotnicze, wizualizacje danych w programach GIS

Metody badań w geografii

◂ s. 12

Metody ilościowe	Metody jakościowe
– Są związane z zastosowaniem pomiaru w badaniach i przypisywaniem wartości liczbowych do analizowanych elementów. – Przykłady pomiarów z zastosowaniem metod ilościowych: – suma opadów, – temperatura, wilgotność i ciśnienie powietrza, – nachylenie stoków i zboczy, – odległość pomiędzy obiektami, – wskaźniki demograficzne (urodzenia, zgony, przyrost naturalny, saldo migracji, udział ludności w wieku produkcyjnym), – wskaźniki ekonomiczne (stopa bezrobocia, Produkt Krajowy Brutto ogółem i na mieszkańca, udział przemysłu w tworzeniu dochodu narodowego). – Przeprowadzanie badania ankietowego.	– Służą do interpretowania i opisywania zjawisk społecznych na podstawie wewnętrznych przeżyć i doświadczenia jednostki. – Pozwalają lepiej zrozumieć mechanizmy działania analizowanych zagadnień. – Dzięki nim jest możliwa analiza tekstów, obrazów, muzyki, wywiady pogłębione.

Cechy badania ankietowego i wywiadów

◂ s. 14

Badanie ankietowe	Wywiad
– **Ankieta** to badanie polegające na zbieraniu informacji za pomocą kwestionariusza. – Kwestionariusz ankiety – lista pytań służących do zebrania informacji – musi być tak opracowany, aby respondent mógł go wypełnić bez osoby drugiej. – Coraz popularniejsze stają się ankiety przeprowadzane online (np. za pomocą Facebooka, aplikacji Google).	– **Wywiad** polega na bezpośrednim uzyskaniu informacji od respondenta, z aktywnym udziałem badacza, który zadaje pytania w rozmowie na podstawie kwestionariusza wywiadu. – Ze względu na obecność ankietera pytania mogą być bardziej złożone. – Obecność ankietera zmniejsza liczbę nietrafnych odpowiedzi oraz prawdopodobieństwo niezrozumienia treści pytań i braku odpowiedzi.

Badanie ankietowe	Wywiad
– Konstrukcja ankiety: – tytuł, – nazwa osoby lub instytucji przeprowadzającej badania, – cel przeprowadzenia ankiety, – zapewnienie o animowości, – instrukcja wypełniania ankiety, – zawartość merytoryczna ankiety (pytania) – metryczka, – podziękowanie za wypełnienie ankiety. – Metryczka zawiera cechy, według których chcemy podzielić respondentów (np. płeć, wiek, wykształcenie, stan cywilny, miejsce zamieszkania, narodowość). – W ankiecie mogą wystąpić pytania zamknięte (z odpowiedziami jednokrotnego lub wielokrotnego wyboru) oraz pytania otwarte. – Przed rozpoczęciem badań ankietowych należy określić wielkość próby reprezentacyjnej oraz sposób wyboru próby do badania. – Próba reprezentatywna daje wyniki zbliżone do wyników całej populacji pozwalające na uogólnienie wniosków z próby badawczej na całą populację. – Wyniki badań ankietowych można opracowywać za pomocą wykresów przedstawiających ilość i rodzaj odpowiedzi na poszczególne pytania, poprzez podanie wartości bezwzględnych lub udziałów procentowych. – Odpowiedzi na poszczególne pytania można różnicować według metryczki, czyli: płci, wieku, poziomu wykształcenia, stanu cywilnego czy źródła utrzymania.	

s. 17 -19

Cechy prezentacji danych w tabelach i na wykresach

Tabela	Wykres
– Jest podstawową metodą prezentacji danych statystycznych. – Pozwala odczytać wartość natężenia danego zjawiska w postaci wartości bezwzględnych lub wartości względnych: wskaźników lub wartości procentowych. – Dzięki niej można porównać poszczególne jednostki terytorialne ze sobą. – Ukazuje zmiany danego zjawiska w czasie. – Tabela zawiera: – tytuł, – główkę (nazwy poszczególnych kolumn), – boczek (nazwy poszczególnych wierszy), – treść (wartości liczbowe), – źródło danych (umieszcza się je pod tabelą).	– To graficzne przedstawienie zależności pomiędzy danymi wielkościami statystycznymi. – Wykres składa się z: – tytułu (określa przedmiot badanego zjawiska oraz jego umiejscowienie w czasie i przestrzeni), – pola, – części opisowej (np. legendy). – Wykres najczęściej konstruuje się za pomocą prostokątnego układu współrzędnych i przyjętej na jego osiach odpowiedniej skali. – Wyróżnia się następujące rodzaje wykresów: – liniowe, – słupkowe, – powierzchniowe, – punktowe.

Metody prezentacji zjawisk na mapach

s. 29 -31

METODY JAKOŚCIOWE I ILOŚCIOWE			
metoda sygnatur	**metoda zasięgów**	**metoda powierzchniowa**	**metoda kropkowa**
Polega na prezentacji obiektów niemożliwych do przedstawienia w skali mapy za pomocą znaków punktowych bądź liniowych.	Za jej pomocą oznacza się na mapie za linią obrysu zasięg występowania jakiegoś zjawiska, np. wybranych gatunków roślin, zwierząt. Linia zasięgu informuje, po której jej części dane zjawisko występuje. Zjawiska mogą być rozproszone (na części mapy mogą nie występować lub mogą się nakładać).	Służy do prezentacji rozmieszczenia zjawisk występujących na obszarze mapy. Obszar mapy jest dzielony na mniejsze powierzchnie niezachodzące na siebie za pomocą barw czy szraf odpowiadającym zróżnicowaniu cech jakościowych zjawisk geograficznych.	Polega na przedstawianiu zjawisk rozproszonych wyrażonych w wartościach bezwzględnych.

metoda izolinii	**metoda kartogramu**	**metoda kartodiagramu**
Izolinie to linie łączące jednakowe wartości danego zjawiska. Metodę izolinii wykorzystuje się do prezentacji cech ilościowych zjawisk ciągłych, takich jak: temperatura powietrza, ilość opadów, głębokość zbiorników wodnych.	Służy do przedstawiania intensywności danego zjawiska w jednostkach powierzchni za pomocą natężenia barw bądź deseni. Kartogramy stosuje się do wartości względnych. Wartości liczbowe są uporządkowane w sposób skokowy w przedziałach klasowych przy zastosowaniu odpowiedniej skali barw.	Pozwala na prezentowanie zjawiska za pomocą diagramów (słupkowych, kołowych, objętościowych, wstęgowych czy strukturalnych) umieszczonych na mapie. Ta metoda pozwala przedstawić rozmieszczenie zjawiska oraz jego natężenie. Wielkości bezwzględne przedstawione na diagramie są proporcjonalne do długości słupka, powierzchni figury geometrycznej (kwadratu, koła), objętości bryły (sześcianu, kuli) bądź szerokości wstęgi.

Przykłady obserwacji w terenie

s. 34 -35

Orientacja w terenie	Obserwacje rzeźby terenu	Obserwacje gleb	Obserwacje meteorologiczne	Obserwacje astronomiczne
– wyznaczanie kierunków – pomiary azymutu – pomiary odległości – szkic terenowy	– opis form terenu (wklęsłe i wypukłe) – położenie w stosunku do form sąsiednich (np. układ pasm górskich) – długość, szerokość, wysokość i nachylenie – profile zboczy i stoków	– opis profilu glebowego (wyodrębnienie poziomów glebowych, ich miąższość, barwa, odczyn gleby) – klasyfikacja gleby	– cechy powietrza (temperatura, ciśnienie, wilgotność) – zjawiska atmosferyczne (opady i osady atmosferyczne, wiatr, zachmurzenie)	– wyznaczanie południka miejscowego za pomocą gnomonu – pomiar wysokości słońca – obserwacje gwiazdozbiorów, gwiazd i ciał Układu Słonecznego

Orientacja w terenie	Obserwacje rzeźby terenu	Obserwacje gleb	Obserwacje meteorologiczne	Obserwacje astronomiczne
	– klasyfikacja form ze względu na typ rzeźby (np. polodowcowa, eoliczna)		– cechy powietrza (temperatura, ciśnienie, wilgotność)	

s. 36 -41

Sposoby posługiwania się mapą topograficzną

Orientacja mapy i wyznaczanie kierunków w terenie	Wyznaczanie współrzędnych geograficznych	Obliczanie odległości, nachylenia i wysokości	Czytanie treści mapy
– Orientacja to takie ułożenie mapy, aby wszystkie kierunki na mapie odpowiadały rzeczywistym kierunkom w terenie. – Mapę można zorientować topograficznie – za pomocą charakterystycznych obiektów widocznych w terenie i na mapie (mapę ustawia się tak, aby kierunki wyznaczające te obiekty były identyczne na mapie i w terenie) oraz magnetycznie – za pomocą busoli (którą należy przyłożyć do bocznej ramki mapy i tak obrócić mapą, aby igła pokrywała się z ramką).	– Długość i szerokość geograficzną wyznacza się za pomocą wartości opisanych na siatce kartograficznej.	– Aby obliczyć rzeczywistą odległość między punktami na mapie, trzeba znać skalę mapy, zmierzyć dany odcinek i przeliczyć wartości. – Wysokość bezwzględną (nad poziomem morza) i względną (np. w stosunku do dna doliny, można określić na podstawie odczytu z poziomic. – Nachylenie stoku można obliczyć, mając dane: długość stoku oraz różnicę wysokości. – Wartość nachylenia oblicza się, dzieląc wysokość (h) przez długość wybranego odcinka (AB). Otrzymany wynik należy zamienić na procenty lub promile.	Obejmuje: – charakterystykę sieci hydrograficznej, – opis pokrycia i zagospodarowania terenu, – charakterystykę ukształtowania powierzchni (profil hipsometryczny).

s. 48

Przykładowe wykorzystanie obrazów satelitarnych

Meteorologia	Rolnictwo	Hydrologia	Gleboznawstwo	Geologia
– prognozowanie pogody – monitorowanie zagrożeń	– powierzchnia i ocena stanu upraw	– monitorowanie akwenów	– analiza pokrywy glebowej i właściwości gleb	– poszukiwanie złóż surowców mineralnych

Przykładowe zastosowania GPS (*Global Positioning System*)

◂ s. 51

Geodezja i kartografia	Lotnictwo	Transport wodny	Transport lądowy	Ratownictwo	Sport i rekreacja
– wyznaczanie pozycji bezwzględnej (współrzędne geograficzne i geodezyjne) oraz względnej (w stosunku do innych obiektów) – aktualizowanie treści mapy	– określanie położenia (trójwymiarowej pozycji we wszystkich fazach lotu)	– określanie położenia statków – w rybołówstwie określanie położenia łowisk	– nawigacja monitorowanie położenia pojazdów – kontrola natężenia ruchu	– lokalizacja zagrożeń – zarządzanie akcjami ratowniczymi i monitorowanie ich	– planowanie trasy – pomiar prędkości – dzielenie się przebytą trasą z innymi użytkownikami (np. aplikacje rejestrujące wyniki sportowe) – Smart shoes – nawigacja na podstawie wibracji butów

Przykłady zastosowania GIS (Systemów Informacji Geograficznej):

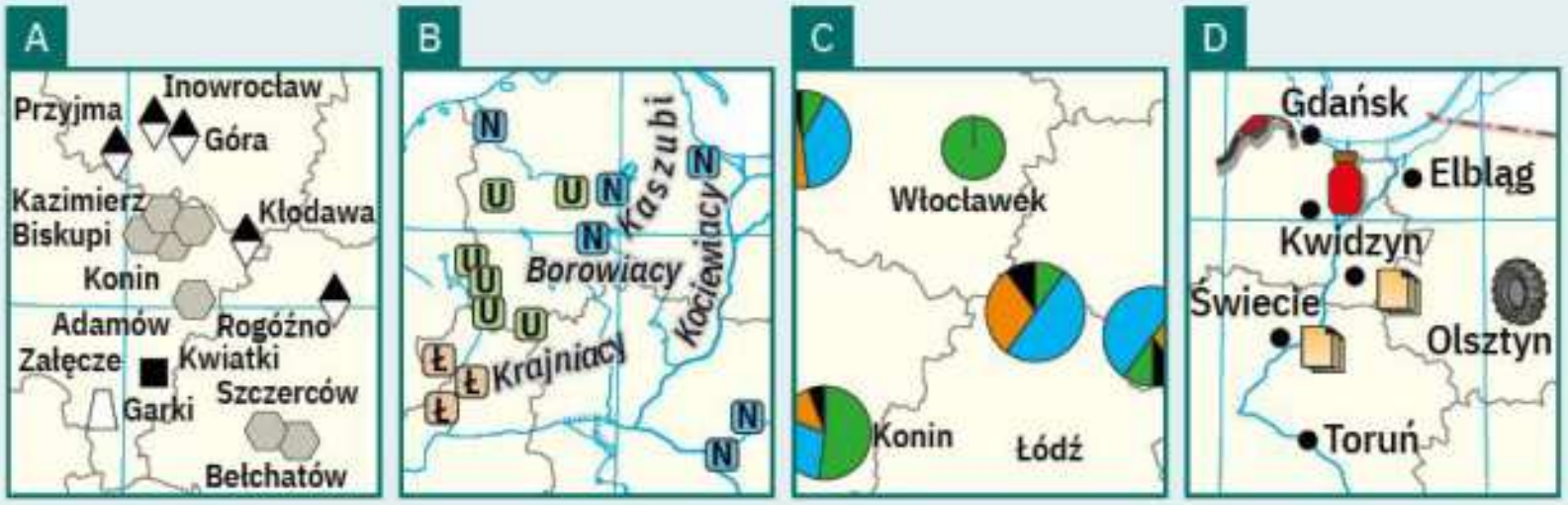
◂ s. 54–56

- administracja,
- planowanie przestrzenne,
- urzędy statystyczne,
- biura prognoz,
- ratownictwo,
- centra zarządzania kryzysowego,
- transport i logistyka,
- wspomaganie procesów podejmowania decyzji w zarządzaniu na poziomie regionalnym i lokalnym,
- geomarketing,
- zmiany w użytkowaniu terenu,
- ewidencja działek i nieruchomości,
- prezentacja informacji statystycznych dla różnych instytucji.

SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

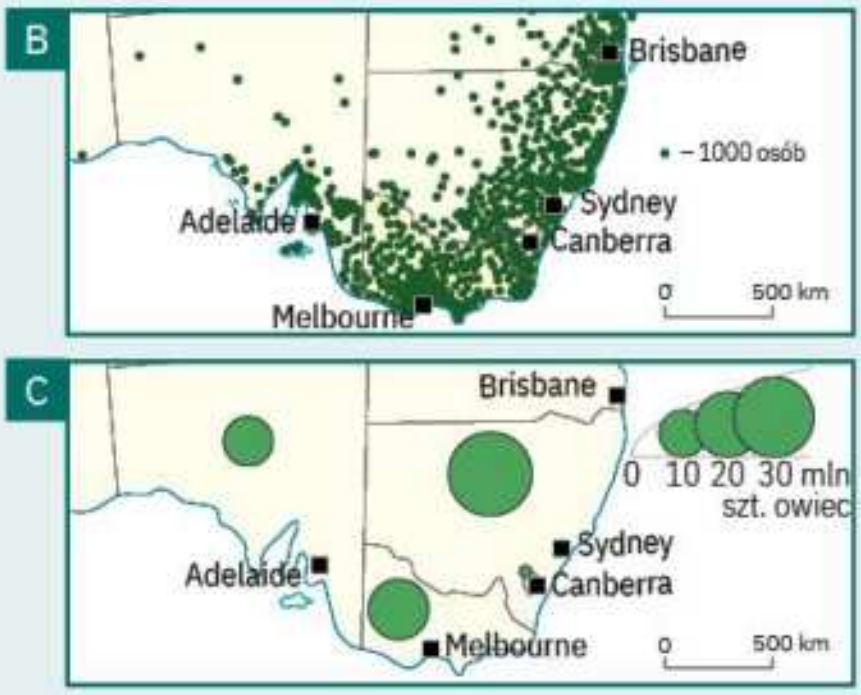
Zadania wykonaj w zeszycie.

1. Wymień typy sygnatur punktowych przedstawionych na poniższych mapach.



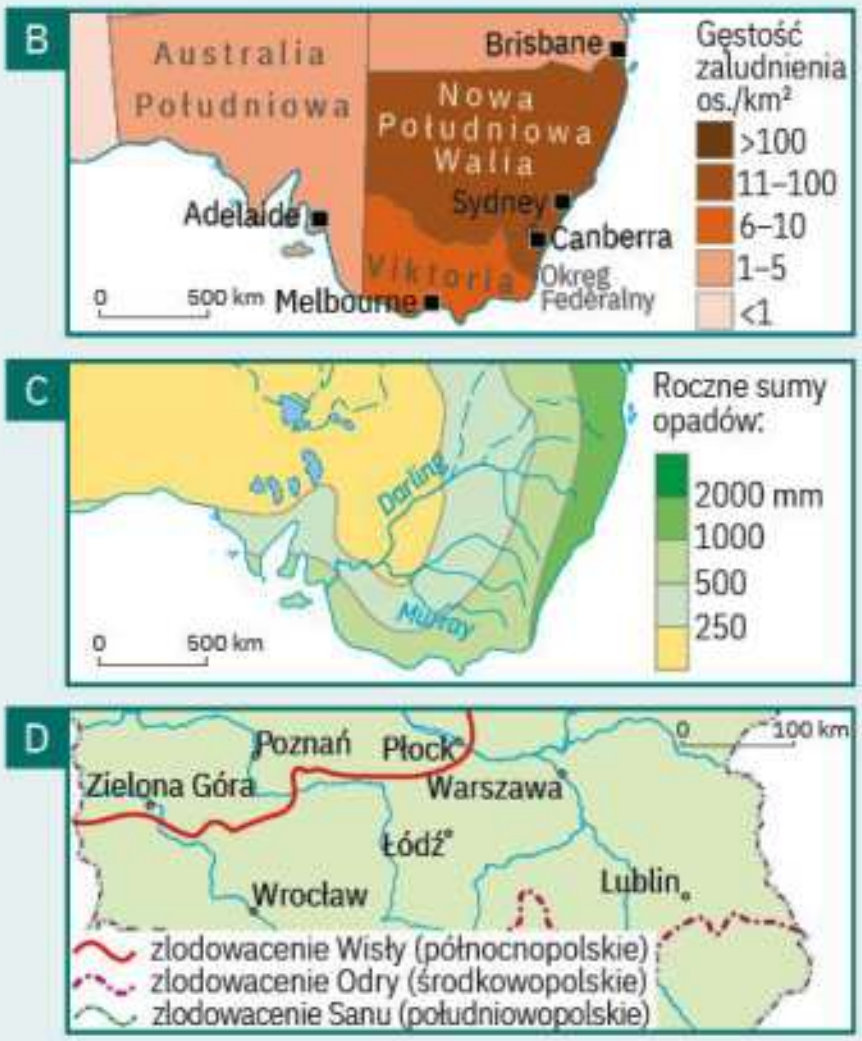
2. Wylicz kartograficzne metody prezentacji danych znajdujące się na poniższych mapach.



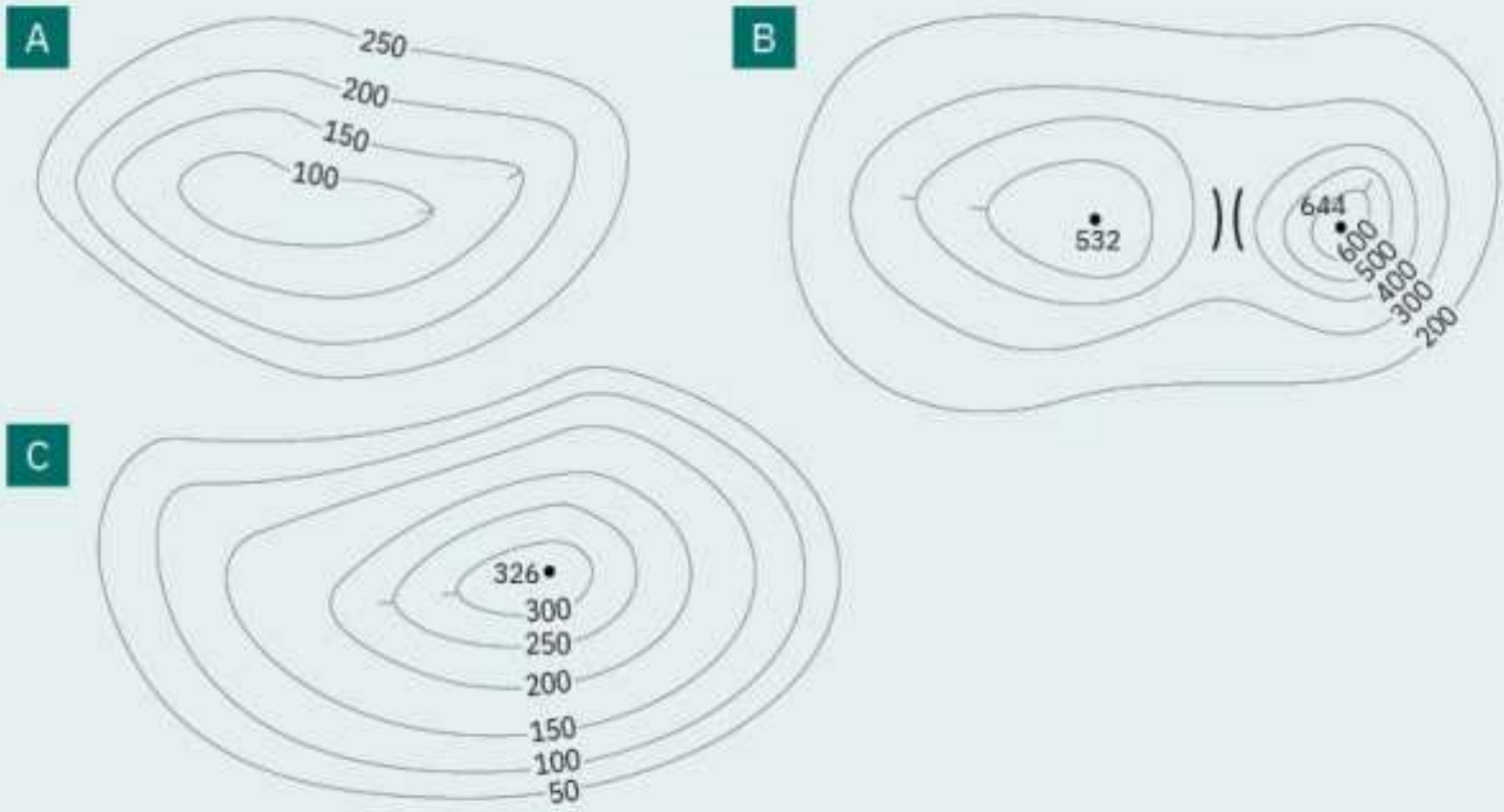


3. Wskaż, które z poniższych map przedstawiają kartograficzne metody prezentacji cech ilościowych.





4. Podaj, na którym rysunku układ poziomic przedstawia, wzniesienie, obniżenie, przełęcz.



5. Dobierz metody prezentacji kartograficznej do wymienionych zjawisk.

A. występowanie zlodowaceń w Polsce	1. izolinie
B. roczna suma opadów	2. kartogram
C. przyrost naturalny na 1000 mieszkańców	3. kartodiagram
D. struktura zatrudnienia według sektorów gospodarki	4. metoda zasięgów

Zadania od 6. do 10. wykonaj na podstawie barwnej mapy fragmentu Beskidu Żywieckiego (s. 42–43).

6. Na zdjęciu przedstawiono wyciąg narciarski na stoku góry Mosorny Groń. Podaj kierunek geograficzny, w którym skierowano obiektyw aparatu fotograficznego podczas wykonywania zdjęcia.



Źródło: https://img4.onthesnow.com/image/xl/93/93195.jpg

7. Oblicz średni spadek stoku Mosorny Groń na odcinku od górnej do dolnej stacji wyciągu narciarskiego. Wynik podaj w ‰.

8. Powierzchnia Babiogórskiego Parku Narodowego wynosi 33,92 km². Oblicz powierzchnię tego parku narodowego w skali na załączonej barwnej mapie.

9. Uzasadnij, że Zawoja jest miejscowością atrakcyjną turystycznie. Podaj trzy argumenty.

10. Wyjaśnij wpływ środowiska przyrodniczego na zagospodarowanie terenu w przysiółku Zawoja Markowa (C5). Podaj trzy argumenty.

II. Obserwacje astronomiczne

- Budowa Wszechświata. Galaktyki i gwiazdozbiory
- Teoria heliocentryczna i współczesne badania kosmiczne
- Ziemia w Układzie Słonecznym
- Ruch obiegowy i obrotowy Ziemi
- Obliczanie wysokości górowania Słońca
- Wyznaczanie współrzędnych geograficznych na podstawie wysokości górowania Słońca
- Oddziaływanie Słońca i Księżyca. Zaćmienia i pływy morskie

1. Budowa Wszechświata. Galaktyki i gwiazdozbiory

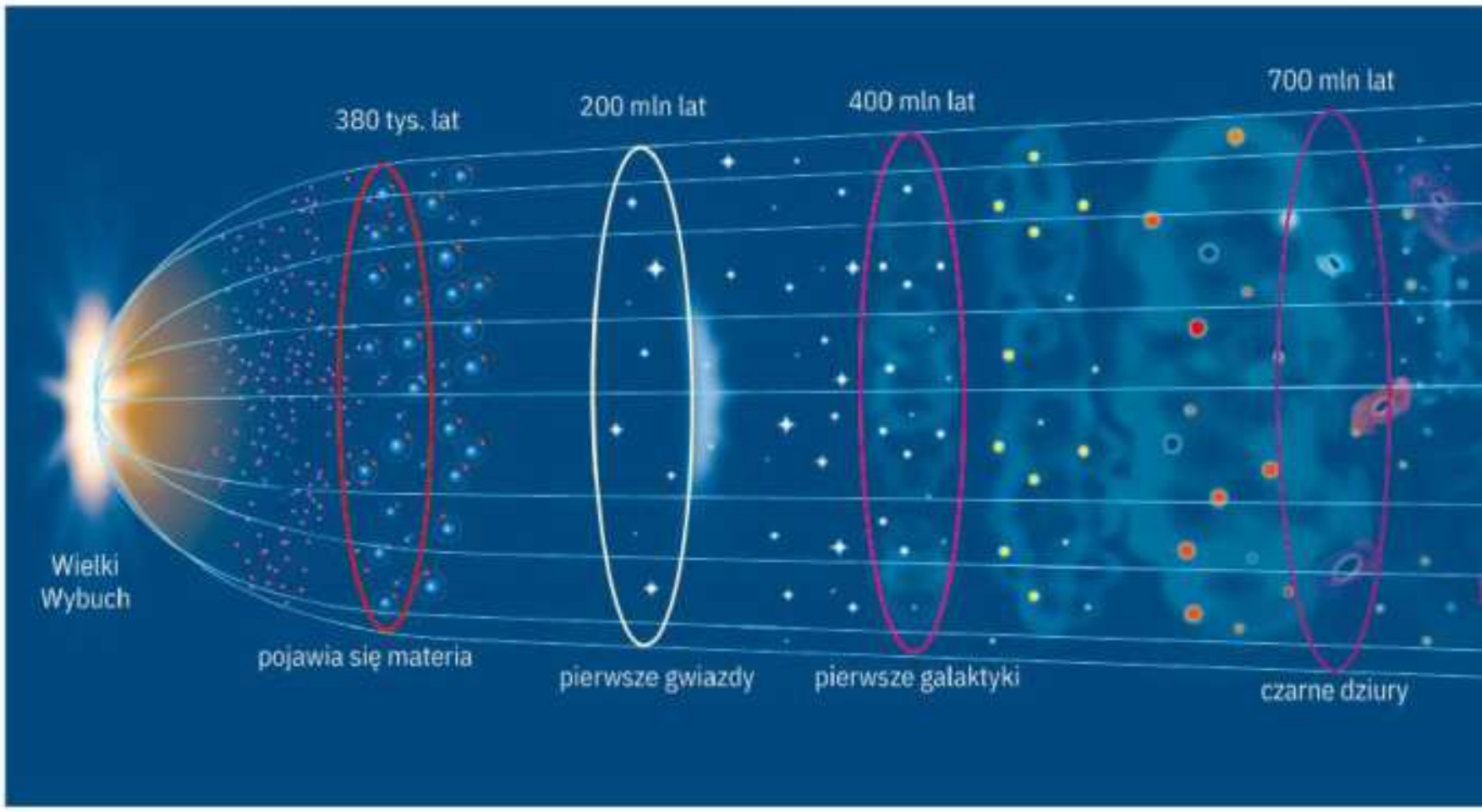
NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, z czego jest zbudowany Wszechświat i jak dobrze go poznano;
- poznasz ogrom złożoności, piękno i harmonię Wszechświata;
- poznasz budowę Wszechświata na podstawie obserwacji ciał niebieskich na zdjęciach i mapach Kosmosu;
- będziesz dokonywać obserwacji gwiazdozbiorów nieba północnego.

przestrzeń kosmiczna

Wszechświat to **przestrzeń kosmiczna** wypełniona materią i energią. Pomimo stałego rozwoju nauk astronomicznych nie jest do końca dobrze poznany. Nie wiemy dokładnie, jak powstał oraz czy istnieje bądź istniało życie na innych planetach. Wiek Wszechświata przyjmuje się na 13,82 miliarda lat. **Średnica jego widzialnej części** to ok. 91–93 miliardów lat świetlnych (ok. 28 miliardów parseków). Znajduje się w niej ponad 100 miliardów galaktyk.

średnica i wiek Wszechświata



Ryc. II.1.1. Ewolucja Wszechświata.

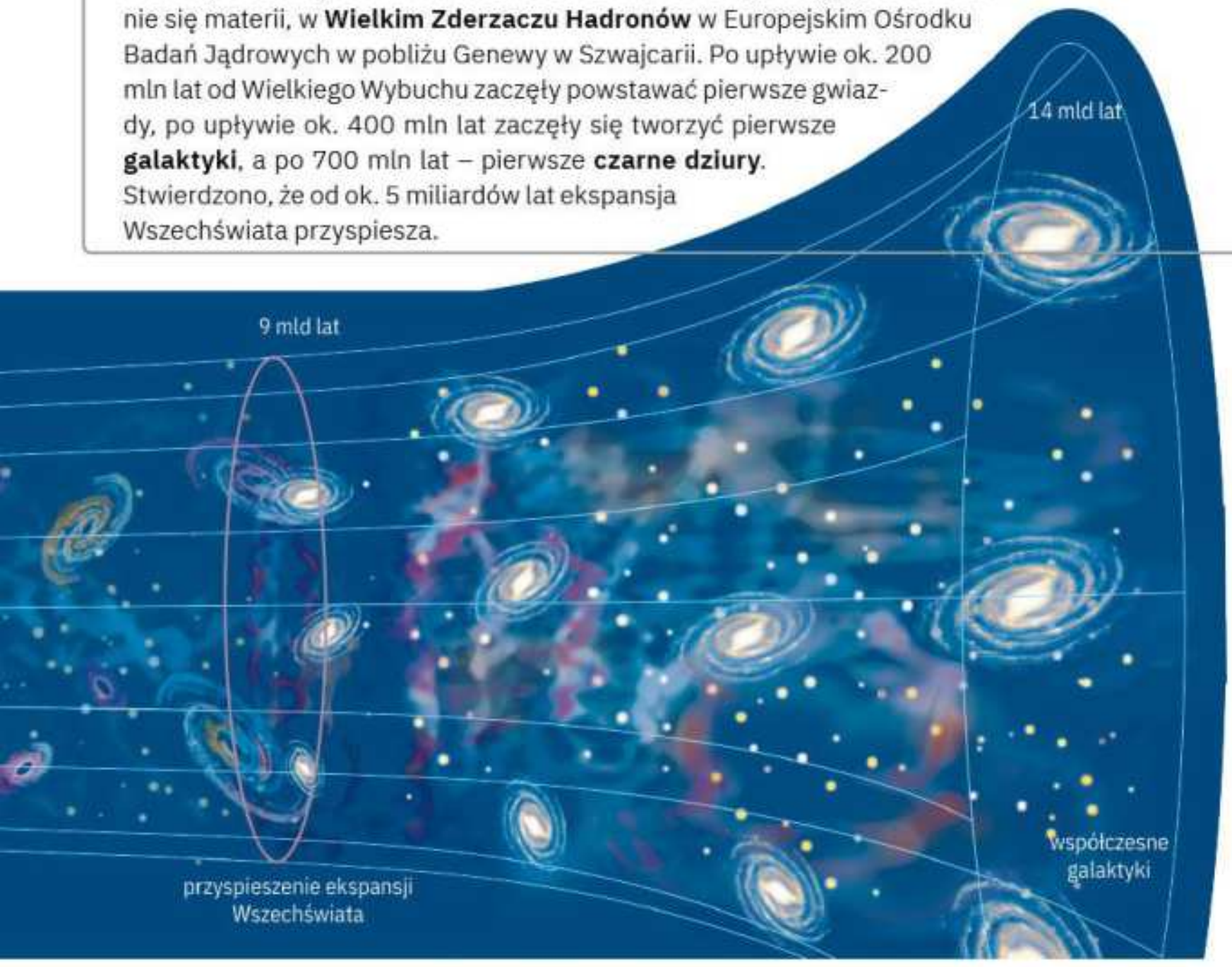
Teoria Wielkiego Wybuchu



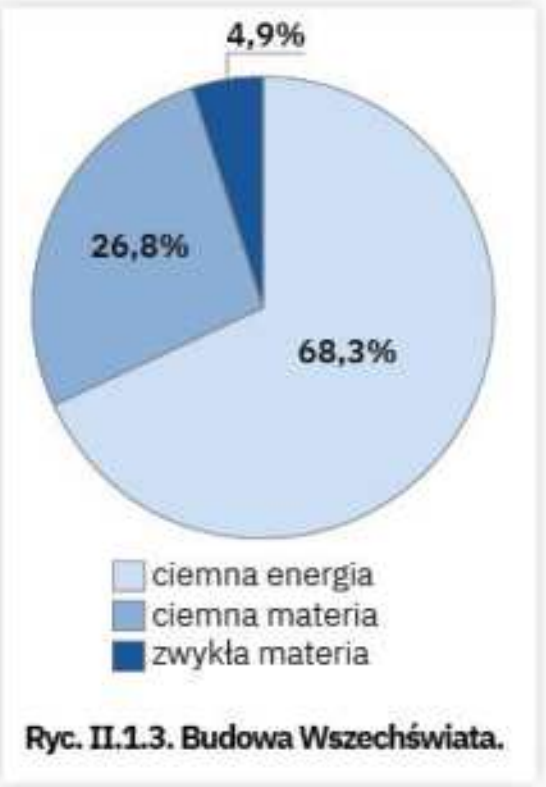
Ryc. II.1.2. Wnętrze Wielkiego Zderzacza Hadronów.

Zgodnie ze współczesną wiedzą Wszechświat powstał w wyniku olbrzymiej eksplozji zwanej **Wielkim Wybuchem**. Wybuch nastąpił w punkcie, w którym była skupiona cała materia i energia Wszechświata. Od tego momentu Wszechświat zaczął się powiększać, a jego ekspansja następuje coraz szybciej. Pierwsze chwile po Wielkim Wybuchu są na razie nieznane – nauka potrafi opisać historię Wszechświata, poczynając od jego 10^{-34} sekundy. Przez około 300 000 lat temperatura była na tyle wysoka, że nie istniały ani atomy, ani cząsteczki. Materia występowała w postaci cząstek elementarnych (kwarków i elektronów). Poruszały się one z ogromną energią kinetyczną i zderzając się ze sobą, powodowały powstawanie kolejnych cząstek (tzw. hadronów). Możemy obserwować takie zderzenia i badać, jak wyglądało tworzenie się materii, w **Wielkim Zderzaczu Hadronów** w Europejskim Ośrodku Badań Jądrowych w pobliżu Genewy w Szwajcarii. Po upływie ok. 200 mln lat od Wielkiego Wybuchu zaczęły powstawać pierwsze gwiazdy, po upływie ok. 400 mln lat zaczęły się tworzyć pierwsze **galaktyki**, a po 700 mln lat – pierwsze **czarne dziury**. Stwierdzono, że od ok. 5 miliardów lat ekspansja Wszechświata przyspiesza.

▸ Wielki Wybuch



Budowa Wszechświata



Ryc. II.1.3. Budowa Wszechświata.

zwykła materia ▸ Według najnowszych badań materia, którą widzimy, stanowi niespełna 5% bilansu energii i materii Wszechświata. W skład tej tzw. **zwykłej materii** wchodzą gwiazdy, planety i inne ciała niebieskie, gazy i pyły kosmiczne oraz wszystkie obiekty otaczające nas na Ziemi. Ponad 2/3 Wszechświata to **ciemna energia**, dzięki której Wszechświat się rozszerza z coraz większą prędkością. Gdyby nie było ciemnej energii, to Wszechświat także by się rozszerzał po Wielkim Wybuchu, lecz z coraz mniejszą prędkością ze względu na grawitacje powstających gwiazd i galaktyk. **Ciemna materia** to masa, która nie emituje światła, nie odbija promieniowania i której nie możemy bezpośrednio zaobserwować. Wiemy o niej pośrednio z oddziaływania grawitacyjnego na galaktyki przez nią otoczone. Dzięki grawitacji obłoków ciemnej materii, w których są zanurzone poszczególne galaktyki, gwiazdy nie ulegają rozproszeniu podczas ruchu wokół jąder galaktyk.

galaktyki ▸ Podstawowymi elementami Wszechświata są **galaktyki** składające się z **gwiazd** oraz pyłów i gazów wypełniających przestrzenie międzygwiezdne. Jeśli występują w kształcie obłoków, nazywamy je **mgławicami**.

Galaktyki we Wszechświecie nie są równomiernie rozmieszczone i mają hierarchiczną strukturę. Łączą się w gromady, a te z kolei w supergromady, które układają się we włókna rozdzielone pustkami (obszarami pozbawionymi galaktyk). Nasza galaktyka nazywa się **Drogą Mleczną** lub po prostu Galaktyką. Pierwsza z wymienionych nazw pochodzi od jasnej poświaty będącej skupiskiem odległych gwiazd o względnie małej jasności, ciągnącej się przez cały nieboskłon i biorącej udział w dobowym obrocie sfery niebieskiej. Aby ją dostrzec, należy obserwować niebo najlepiej z dala od świateł miejskich i w pogodną noc. Galaktyki charakteryzują się różnym kształtem: **spiralnym**, **eliptycznym**, **soczewkowym** oraz **nieregularnym** (**ryc. II.1.4.**).

spiralne	eliptyczne	soczewkowe	nieregularne
■ są spłaszczonymi zbiorowiskami materii składającymi się z jądra i ramion ■ jądro jest zbudowane ze starych gwiazd, a w ramionach dominują gwiazdy młode ■ jądro jest na ogół czarną dziurą	■ mają symetrię kulistą lub elipsoidalną ■ jasność galaktyki jest największa w środku i zmniejsza się na zewnątrz ■ cała widoczna materia jest skupiona w starych gwiazdach	■ stanowią typ pośredni między galaktyką spiralną a eliptyczną	■ nie mają wyraźnego jądra ■ ich struktura nie jest symetryczna

Ryc. II.1.4. Rodzaje galaktyk.



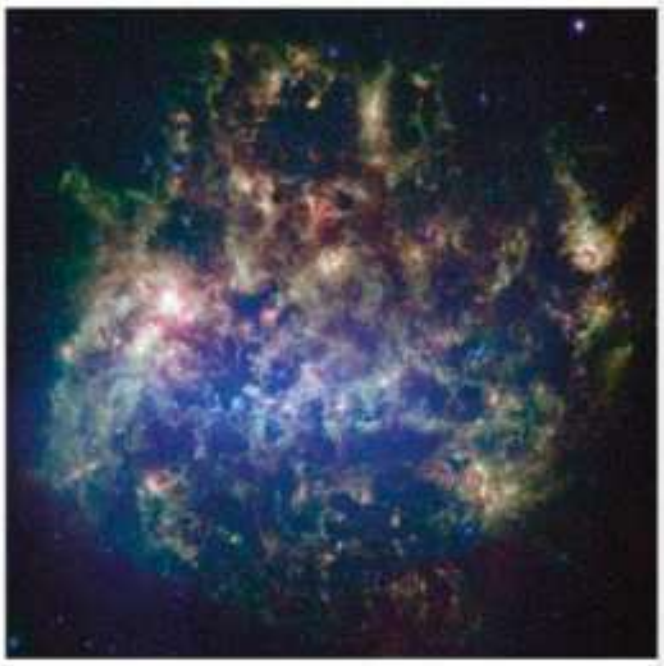
Ryc. II.1.5. Galaktyka spiralna.



Ryc. II.1.6. Galaktyka eliptyczna
(Galaktyka M87 w gwiazdozbiorze Panny).



Ryc. II.1.7. Galaktyka soczewkowa
(M85 w Warkoczu Bereniki).



Ryc. II.1.8. Galaktyka nieregularna
(Wielki Obłok Magellana).

Galaktyka Drogi Mlecznej

◂ Droga Mleczn

Galaktyka Drogi Mlecznej jest zaliczana do galaktyk spiralnych z poprzeczką (belką), czyli z pasem jasnych gwiazd wychodzących z centrum i przebiegających przez środek galaktyki. Ramiona spiralne tych galaktyk wychodzą z końców poprzeczki, podczas gdy w zwykłych galaktykach spiralnych rozchodzą się bezpośrednio z jądra. W naszej Galaktyce znajduje się od 200 do 400 miliardów gwiazd. Słońce wraz z układem planetarnym krąży wokół centrum Galaktyki Drogi Mlecznej w okresie ok. 200 mln lat z prędkością 250 km/s. Nasza Galaktyka leży w tzw. Lokalnej Grupie galaktyk o rozmiarze ok. 6 mln lat świetlnych. Należą do nich obserwowalne gołym okiem na półkuli północnej galaktyka Andromedy, oddalona od nas ok. 2,5 mln lat świetlnych, oraz na półkuli południowej Wielki Obłok Magellana, usytuowany w odległości ponad

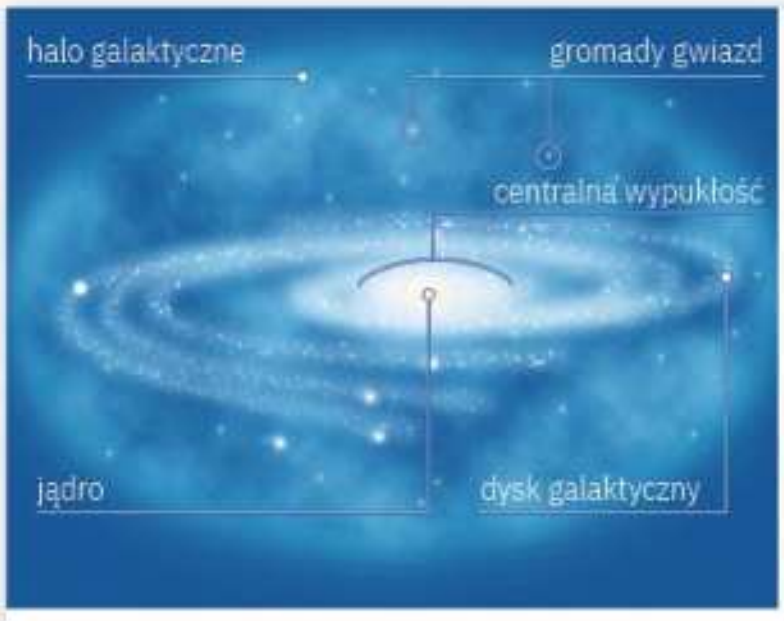


Ryc. II.1.9. Droga Mleczna.

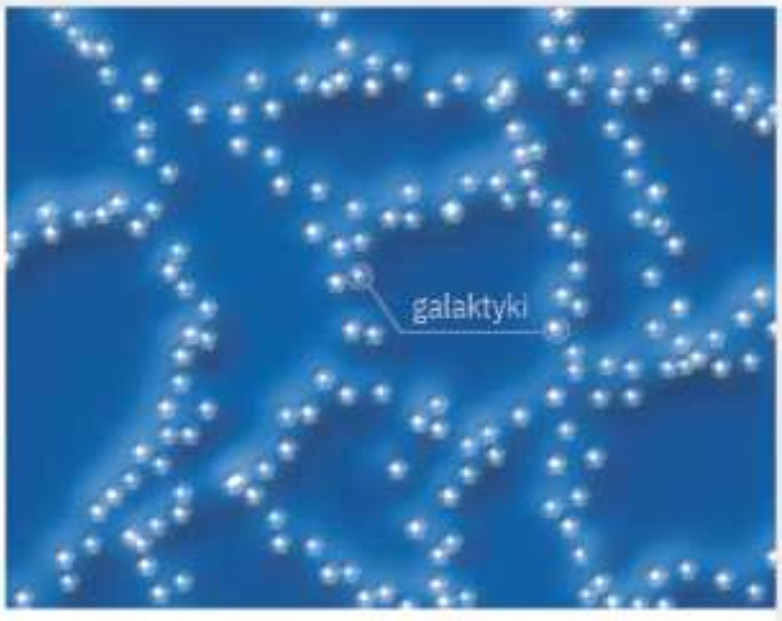
160 000 lat świetlnych od naszej Galaktyki, oraz Mały Obłok Magellana, znajdujący się w odległości 200 000 lat świetlnych. Inne galaktyki można obserwować wyłącznie przez teleskop. Pomiary wskazują, że galaktyka Andromedy zbliża się do naszej Galaktyki z prędkością 100 do 140 km/s, co może doprowadzić do kolizji za 3 do 4 mld lat, a podczas kolejnego miliarda do zlania się obu galaktyk w pojedynczą galaktykę eliptyczną.

W obrębie galaktyki możemy wyróżnić (**ryc. II.1.10.**):

- **jądro galaktyki** (niewidoczne w świetle widzialnym, będące silnym źródłem promieniowania elektromagnetycznego),
- **centralną wypukłość** (kuliste zgrupowanie gwiazd starych otaczających jądro),
- **dysk galaktyczny** (składający się z dysku utworzonego przez gwiazdy oraz dysku gazowego),
- **halo galaktyczne** (sferoidalna przestrzeń otaczająca galaktykę, rzadko wypełnione gwiazdami halo – w przybliżeniu sferycznego kształtu – zawiera najstarsze gwiazdy w Galaktyce i jest pozbawione materii gazowo-pyłowej.



Ryc. II.1.10. Budowa galaktyki spiralnej.



Ryc. II.1.11. Układ galaktyk w przestrzeni Wszechświata.

Etapy rozwoju gwiazd

Gwiazdy przechodzą bardzo złożoną drogę ewolucyjną, wskutek czego ich obserwowalne cechy ulegają wyraźnym zmianom (takim jak: rozmiar, jasność, temperatura powierzchniowa czy moc promieniowania). Skala czasowa tych przemian jest mierzona w miliardach lat. Tempo ewolucji gwiazdy zależy od jej masy.

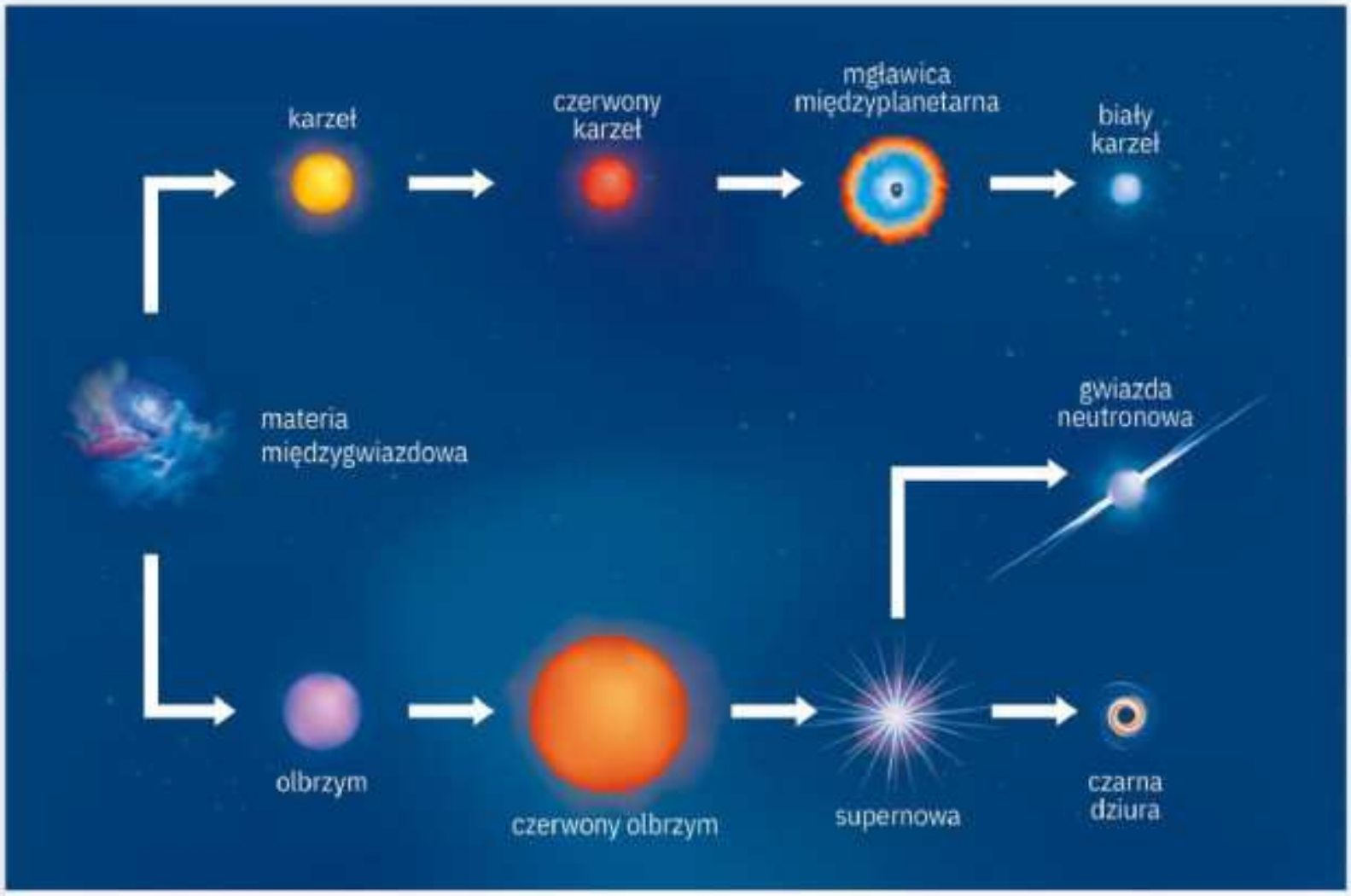
◂ ewolucja gwiazd

Etapy ewolucji gwiazdy:

- formowanie się gwiazdy z obłoku materii pyłowo-gazowej,
- reakcje termojądrowe (przemiana wodoru w hel),
- faza końcowa zależna od masy.

W związku z etapami ewolucji możemy wyróżnić następujące typy gwiazd:

- **protogwiazda** – gwiazda znajdująca się w bardzo wczesnym stadium ewolucji, w którym nie zachodzą rekcje jądrowe, a głównym źródłem energii jest grawitacyjne kurczenie się;
- **karzeł** – gwiazda, która przestaje się kurczyć (osiąga minimalny promień); zachodzą w niej reakcje termojądrowe; to najczęściej występujący typ gwiazdy (należy do nich nasze Słońce), obejmujący najdłuższy i stabilny okres ewolucji (do wypalenia się wodoru); gwiazdy o rozmiarach i jasności mniejszej od Słońca oraz znacznie od niego chłodniejsze, charakteryzujące się jednocześnie wolniejszym tempem syntezy wodoru, są zwane **czerwonymi karłami** (są niewidoczne gołym okiem);
- **mgławica międzyplanetarna** – obłok gazu i pyłu powstałego z zewnętrznych warstw gwiazdy, w której przestają zachodzić reakcje termojądrowe. Po utracie otoczki, w jej wnętrzu pozostają białe karły;
- **biały karzeł** – gwiazda o bardzo małych rozmiarach, która całkowicie wyczerpała zapasy swojego paliwa jądrowego (wodoru), o zmniejszającej się temperaturze powierzchniowej; stanowi ostatnie stadium ewolucji gwiazd o małych masach; Słońce osiągnie stadium białego karła za mniej więcej 5 miliardów lat;
- **olbrzym** – gwiazda o dużych rozmiarach, dużej jasności i niejednorodnej strukturze; obejmuje stadium ewolucji gwiazdy o średniej masie, a jej moc promieniowania jest kilkaset razy większa od Słońca;
- **czerwony olbrzym** – gwiazda będąca w końcowym stadium reakcji termojądrowych, gdzie po zakończeniu syntezy helu w jądrze następuje przemiana wodoru w hel w zewnętrznej powłoce gwiazdy, wskutek czego zwiększa ona swój rozmiar; temperatura powierzchniowa gwiazdy zmniejsza się i gwiazda zaczyna świecić czerwonym światłem; po zakończeniu życia gwiazda odrzuca otoczkę w postaci mgławicy planetarnej;
- **supernowa** – gwiazda, w której przestały zachodzić reakcje termojądrowe, a zmniejszenie ciśnienia w jądrze powoduje zapadanie się gwiazdy pod własnym ciężarem, po osiągnięciu wartości krytycznej dochodzi do wybuchu; fala uderzeniowa odrzuca na zewnątrz jądra całą pozostałą materię gwiazdy; w trakcie wybuchu gwiazdy powstają warunki umożliwiające powstawanie pierwiastków ciężkich (cięższych od żelaza); po wybuchu supernowej może dojść do powstania gwiazdy neutronowej lub czarnej dziury;
- **gwiazda neutronowa** – pozostałość po wybuchu supernowej; odrzucona materia rozprasza się w przestrzeni międzygwiazdowej; jądro gwiazdy charakteryzuje się bardzo dużą gęstością i zachodzi w nim łączenie elektronów i protonów w neutrony.



Ryc. II.1.12. Ewolucja gwiazd.

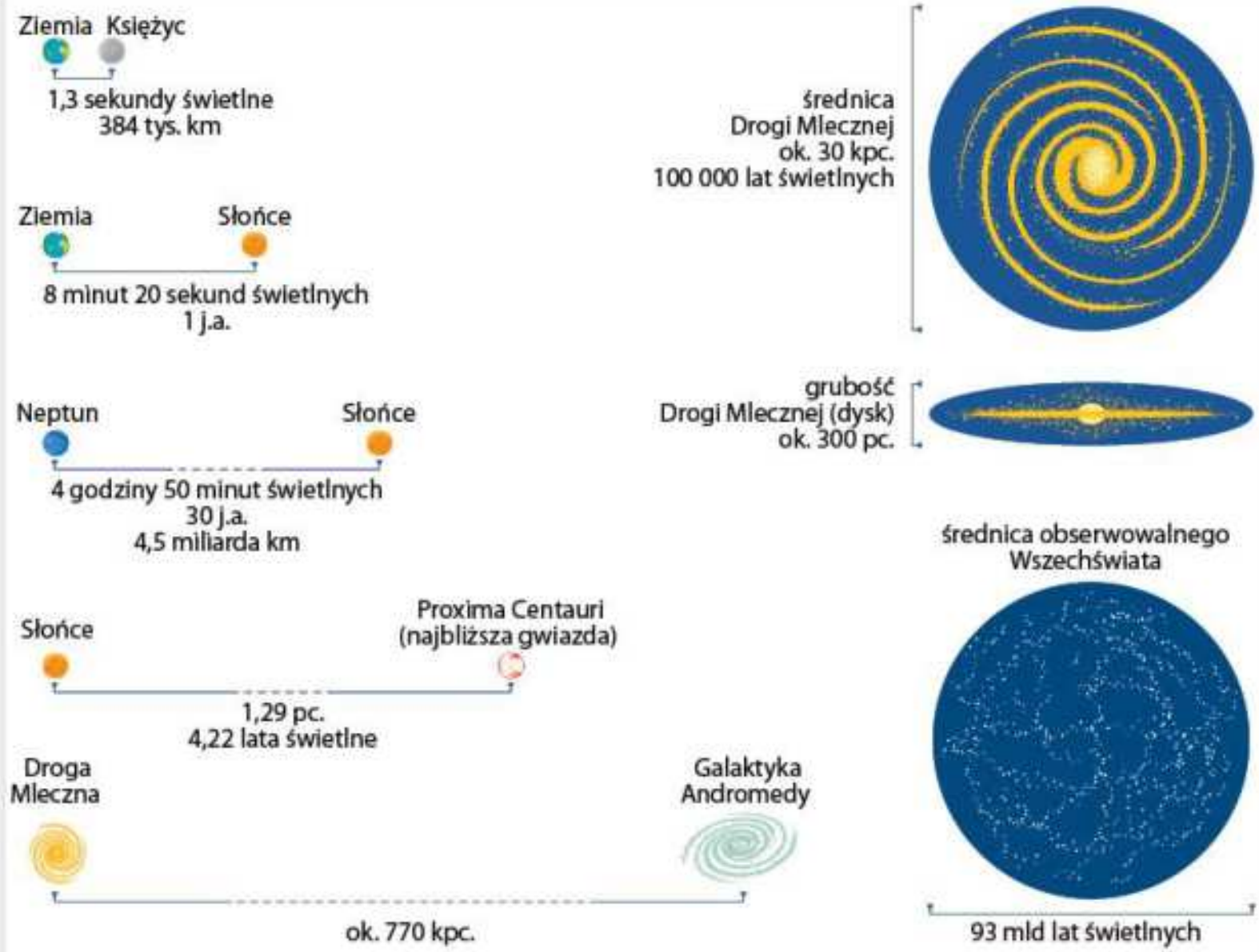
Do bardzo odległych obiektów pozagalaktycznych należą **kwazary** będące silnym źródłem światła i promieniowania radiowego, charakteryzujące się silnym przesunięciem ku czerwieni w widmie światła widzialnego. Zgodnie z **prawem Hubble'a** (nazwa ta pochodzi od nazwiska amerykańskiego astronoma Edwina Hubble'a) prędkość oddalania się galaktyk od siebie jest odwrotnie proporcjonalna do odległości między nimi. To znaczy, że im galaktyki są bardziej oddalone od siebie, tym szybciej się poruszają (miarą ich prędkości jest przesunięcie linii widma ku czerwieni). Największym przesunięciem linii widmowych charakteryzują się kwazary.

odległości astronomiczne

Odległości astronomiczne

Aby określić, choć w przybliżeniu, odległości między gwiazdami czy galaktykami w astronomii używa się następujących jednostek odległości:

- **jednostka astronomiczne** (j.a.) – średnia odległość Ziemi od Słońca (1 j.a.≈ 150 000 000 000 m),
- **rok świetlny** – odległość, jaką pokonuje w próżni w ciągu roku światło poruszające się z prędkością 300 000 km na sekundę (1 rok świetlny = ok. 9,5 biliona km, 63241 j.a.),
- **parsek** – 1 pc ≈ 3,2616 roku świetlnego ≈ 206265 jednostek astronomicznych,
- **kiloparsek** (kpc) = 1000 parseków,
- **megaparsek** (mpc) = 1 milion parseków.



Ryc. II.1.13. Przykładowe odległości astronomiczne.

Obserwacje nieba

◂ obserwacje nieba

Dla celów edukacyjnych zjawiska zachodzące na niebie można obserwować w planetarium.



Ryc. II.1.14. Wizualizacja planowanego Ekstremalnego Wielkiego Teleskopu ELT, szczyt Cerro Armazones (Andy, Ameryka Południowa).



Ryc. II.1.15. Planetarium Śląskie w Chorzowie.

W warunkach domowych niebo nocą można obserwować przez lornetkę albo gołym okiem z pomocą **obrotowej mapy nieba** (**ryc. II.1.17.**), na której należy ustawić datę i godzinę obserwacji.

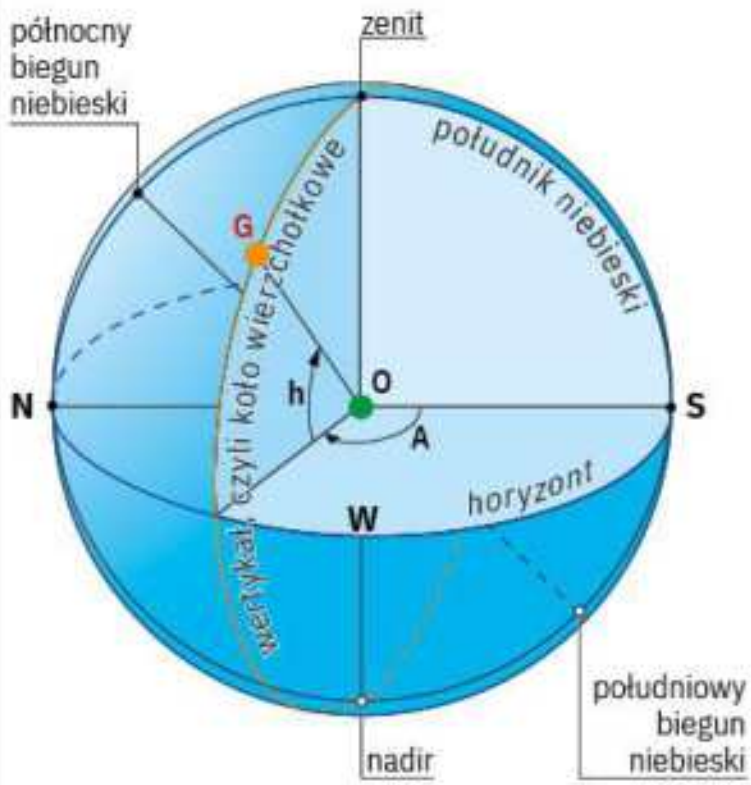
Obrotowa mapa nieba pozwala obserwować:
- wygląd nieba nad horyzontem o dowolnej godzinie każdego dnia w roku,
- godzinę wschodu, górowania lub zachodu dowolnego ciała niebieskiego,
- położenie jasnych planet.

Do obserwacji nieba przydają się także liczne darmowe aplikacje dostępne na smartfony. Najpierw jednak należy oswoić się z ciemnością, aby móc rozróżniać obiekty jaśniejsze i ciemniejsze. Najlepiej jest obserwować niebo przy bezchmurnej pogodzie, na terenie położonym z dala od świateł miejskich i latarni oraz na otwartej przestrzeni. Nawet w miastach można zaobserwować najjaśniej świecące obiekty, takie jak Księżyc, planety: Wenus, Mars, Jowisz oraz najbardziej charakterystyczne **gwiazdozbiory**. Obserwacje można zacząć od odszukania Wielkiego Wozu będącego fragmentem większego gwiazdozbioru – Wielkiej Niedźwiedzicy. Pozwala on znaleźć gwiazdę polarną (*Polaris*) wyznaczającą kierunek północny. W tym celu należy odmierzyć pięć długości tylnej części Wielkiego Wozu na linii będącej jego przedłużeniem. Gwiazda Polarna znajduje się na końcu tego odcinka. Jest ona obiektem wchodzącym w skład Małego Wozu (Małej Niedźwiedzicy) – leży na końcu jego „dyszla". Innym charakterystycznym gwiazdozbiorem na niebie jest Kasjopeja. Gwiazdy wchodzące w jej skład tworzą linię łamaną albo literę przypominającą W.

Wskutek obrotu Ziemi gwiazdy w ciągu doby zakreślają pełne okręgi wokół bieguna niebieskiego, natomiast wskutek ruchu obiegowego Ziemi w różnych porach roku obserwujemy różne fragmenty nieba. Na tle gwiazd położenie zmieniają planety (dlatego w starożytności nazwano je błądzącymi gwiazdami), co wynika z ich ruchu obiegowego wokół Słońca po orbicie w kształcie elipsy. Ponieważ czas obiegu planet dookoła Słońca jest różny, można na tle gwiazd zaobserwować ich **ruch wsteczny** (tworzenie pętli na nieboskłonie).

Położenie gwiazd na sferze niebieskiej określa się na podstawie **wysokości astronomicznej** i **azymutu astronomicznego** w **układzie horyzontalnym**. Podstawą układu jest oś zenit–nadir, horyzont (okrąg na sferze niebieskiej),

układ horyzontalny



G – gwiazda o współrzędnych:
A – azymut astronomiczny,
h – wysokość astronomiczna
O – pozycja obserwatora

Ryc. II.1.16. Układ horyzontalny.

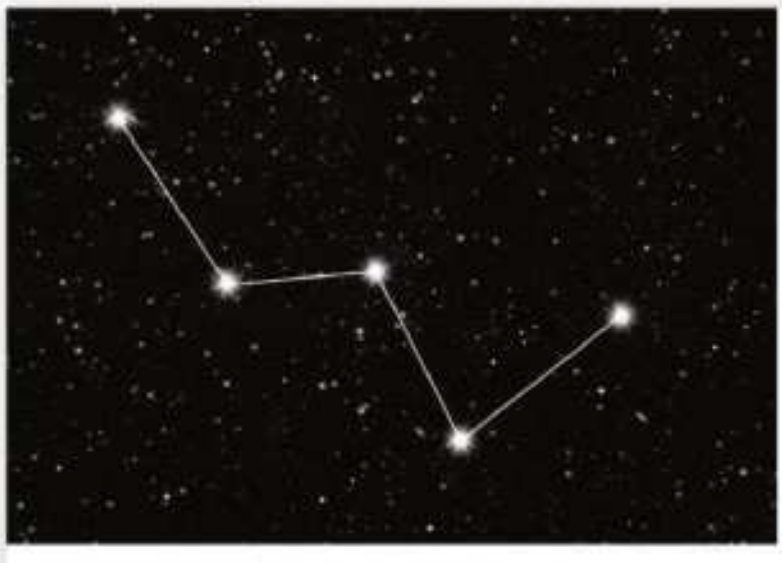
południk niebieski przechodzący przez punkty: biegun niebieski północny i południowy oraz zenit i nadir. Punkty przecięcia południka z horyzontem nazywa się **punktem północy N** i **punktem południa S**. Wysokość astronomiczna to kąt (od 0° do 90°) zawarty między płaszczyzną horyzontu a kierunkiem na dane ciało niebieskie. **Azymut astronomiczny** to kąt dwuścienny pomiędzy półpłaszczyzną południka niebieskiego a wertykałem (płaszczyzną koła wierzchołkowego) przechodzącym przez dane ciało niebieskie. Kąt ten tradycyjnie był mierzony w astronomii od 0° do 360° - czyli od południka przechodzącego przez biegun południowy zgodnie z ruchem wskazówek zegara (w punkcie S na rycinie kąt ten wynosi 0°, w punkcie W – 90°, w punkcie N – 180° oraz w punkcie E – 270°). Ostatnio coraz częściej kąt ten mierzy się od północy w kierunku wschodu (jak w geodezji). Współrzędne horyzontalne opisują jedynie chwilowe położenie ciała niebieskiego. Orientacyjne wielkości kątowe można określić, używając do tego dłoni: wyciągnięty palec ma szerokość równą 1 stopnia, złożona pięść – 10 stopni, a rozłożone maksymalnie palce ręki – ok. 20 stopni.



Ryc. II.1.17. Obrotowa mapa nieba.



Ryc. II.1.18. Jak znaleźć gwiazdę polarną na niebie?



Ryc. II.1.19. Gwiazdozbiór Kasjopei.



Ryc. II.1.20. Ruch wsteczny Marsa na tle gwiazd.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wymień, czym wypełniony jest Wszechświat.
2. Określ typ Galaktyki Drogi Mlecznej.
3. Podaj jednostki odległości, którymi posługujemy się w astronomii.
4. Dokonaj obserwacji na nocnym niebie:

   a) Wielkiego Wozu (wchodzącego w skład gwiazdozbioru Wielkiej Niedźwiedzicy),

   b) Gwiazdy Polarnej,

   c) Gwiazdozbioru Kasjopei.

   Skorzystaj z mapy nieba online: http://www.teleskopy.pl/obrotowamapanieba.html.
5. Wykorzystaj aplikacje na smartfon (np. Skymap), aby określić położenie jasnych planet.
6. Podaj orientacyjne współrzędne horyzontalne na wieczornym niebie następujących cial niebieskich:

   a) Księżyca – jeśli jest widoczny,

   b) Gwiazdy Polarnej (gwiazdozbiór Mala Niedźwiedzica),

   c) Gwiazdy Alderamin (gwiazdozbiór Cefeusz),

   d) Gwiazdy Alioth (gwiazdozbiór Wielka Niedźwiedzica),

   e) Cas Gamma (gwiazdozbiór Kasjopeja),

   f) Eltanin (gwiazdozbiór Smok),

   g) Rigel (gwiazdozbiór Orion) – jeśli jest widoczny,

   h) Arktur (gwiazdozbiór Wolarz) – jeśli jest widoczny.

   Podane gwiazdy należą do najjaśniejszych w swoich gwiazdozbiorach. Zanotuj w zeszycie dokładną datę, godzinę i miejsce obserwacji.
7. Podaj odległość od Ziemi do gwiazdy Proxima Centauri, wiedząc, że światlo pokonuje ją w 4,22 lat. Wykonaj obliczenia w:

   a) parsekach,

   b) jednostkach astronomicznych,

   c) km.
8. Podaj, jakie są współrzędne horyzontalne Słońca (wysokość i azymut) w momencie jego wschodu i zachodu 21 marca.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- Wszechświat to **przestrzeń kosmiczna** wypełniona materią i energią, na które składają się ciemna energia (68%), ciemna materia (27%) oraz zwykła materia (5%). s. 70
- **Zwykła materia** to widzialna część Wszechświata, którą tworzą gwiazdy, planety, inne ciała niebieskie, pyły i gazy międzygwiezdne oraz wszystkie otaczające nas przedmioty. s. 72
- **Średnica widzialnego Wszechświata** wynosi ok. 91–93 miliardów lat świetlnych. s. 70
- Przyjmuje się, że **Wszechświat powstał 13,82 miliarda lat temu** w wyniku **Wielkiego Wybuchu** z punktu o nieskończenie wielkiej gęstości materii i ilości energii. Od tego czasu Wszechświat rozszerza się z coraz większą prędkością. s. 70–71
- Podstawowym elementem Wszechświata są **galaktyki** będące zgrupowaniem gwiazd wraz z materią międzygwiezdną (pyłami i gazami). Galaktyki mogą tworzyć gromady i supergromady. Mogą one przybierać kształty spiralne, eliptyczne, soczewkowe czy nieregularne. W skład galaktyki wchodzi jądro galaktyki, centralna wypukłość, dysk galaktyczny oraz halo galaktyczne. s. 72
- Nocne niebo można **obserwować za pomocą** teleskopów, lornetki oraz gołym okiem. Do orientacji na nocnym niebie może służyć obrotowa mapa nieba. Najwięcej obiektów na nocnym niebie jest widocznych w bezchmurną noc, na otwartym terenie i z dala od źródeł światła. s. 77
- Położenie ciał niebieskich na sferze niebieskiej możemy określać za pomocą wysokości astronomicznej i azymutu astronomicznego na podstawie **układu horyzontalnego**. s. 78

2. Teoria heliocentryczna i współczesne badania kosmiczne

NA TEJ LEKCJI:

- zapoznasz się z teorią heliocentryczną Mikołaja Kopernika;
- poznasz, jakie są współczesne metody badań kosmicznych i osiągnięcia w poznawaniu Wszechświata.

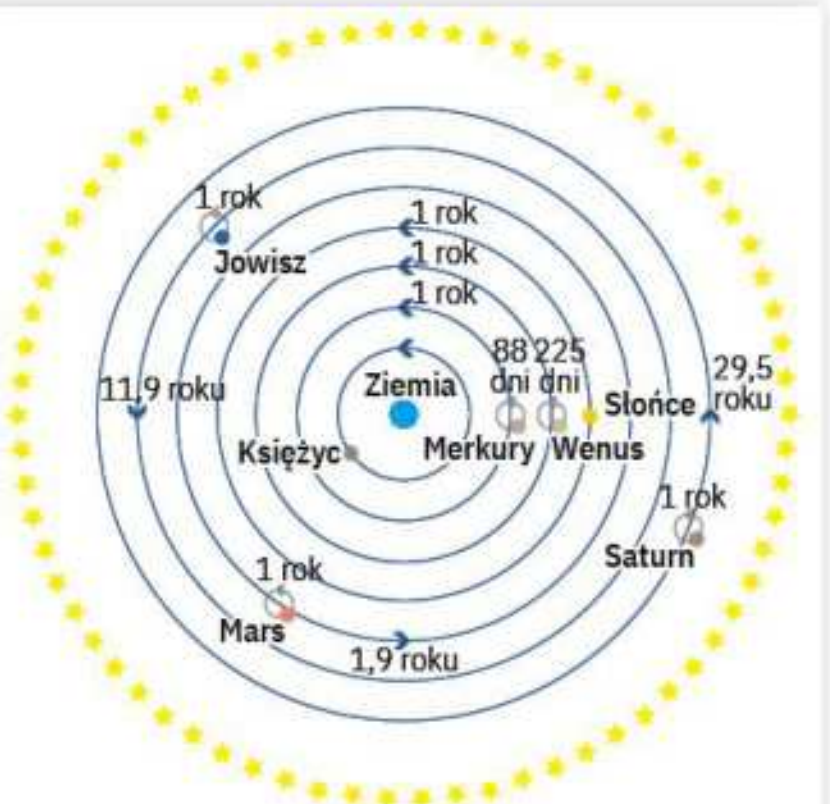
Geocentryzm

Do XVI wieku uczeni uważali, że to Ziemia jest centrum Wszechświata i wszystkie inne ciała niebieskie krążą wokół niej (**teoria geocentryczna**). Dopiero **polski astronom Mikołaj Kopernik (1473–1543) w swoim dziele „O obrotach sfer niebieskich"** odkrył, że Ziemia wraz z innymi planetami Układu Słonecznego obiega Słońce, a jedynym obiektem, który obiega Ziemię dookoła, jest jej naturalny satelita – Księżyc. Kopernik stworzył więc **teorię heliocentryczną**, która obowiązuje do dziś (z języka greckiego *helios* – znaczy Słońce).

teoria geocentryczna

Według teorii geocentrycznej opracowanej przez Klaudiusza Ptolemeusza w II wieku naszej ery dookoła Ziemi porusza się siedem planet w następującej kolejności: Księżyc, Merkury, Wenus, Słońce, Mars, Jowisz, Saturn, przy czym Słońce i Księżyc biegną dookoła Ziemi ruchem jednostajnym po swoich kolistych orbitach, natomiast pozostałe ciała poruszają się po obwodach mniejszych kół, czyli **epicyklach**, i dopiero ich środki obiegają Ziemię dookoła. To założenie było potrzebne do wyjaśnienia skomplikowanego ruchu planet na sferze niebieskiej, a szczególnie zakreślania przez nie pętli (ruch wsteczny – patrz rozdział 1. w dziale II). Poza okręgiem Saturna znajdowała się sfera gwiazd stałych obracająca się dookoła Ziemi ze wschodu na zachód w czasie jednej doby ziemskiej. Obrazem ruchu sfery gwiazd stałych był ruch dzienny sfery niebieskiej.

epicykle



Ryc. II.2.1. Układ horyzontalny.

teoria heliocentryczna

Teoria heliocentryczna

Złożoność mechanizmów przedstawiających ruch planet w teorii geocentrycznej została zastąpiona stwierdzeniem, że planety łącznie z Ziemią obiegają Słońce po okręgach. Moment ogłoszenia teorii heliocentrycznej przez Mikołaja Kopernika w 1543 r. jest uważany za początek nowoczesnej astronomii.



Mikołaj Kopernik – polski astronom, urodził się w Toruniu w 1473 r., zmarł we Fromborku w 1543 r. Napisał dzieło "O obrotach sfer niebieskich", w którym przedstawił heliocentryczną wizję Wszechświata. Uważany jest za twórcę rewolucji naukowej zwanej przewrotem kopernikańskim. Studiował m.in. na uniwersytecie w Bolonii i Padwie. Po powrocie z zagranicy przebywał w Lidzbarku Warmińskim, Olsztynie i we Fromborku.



Ryc. II.2.2. Układ heliocentryczny.

Tab. II.2.1. Różnice pomiędzy teorią geocentryczną a heliocentryczną

Teoria geocentryczna	Teoria heliocentryczna
Została przedstawiona przez greckiego astronoma Klaudiusza Ptolemeusza w II w. n.e.	Została przedstawiona przez polskiego astronoma Mikołaja Kopernika w XVI w.
Nieruchoma Ziemia stanowi centrum Wszechświata.	Nieruchome Słońce znajduje się w środku Wszechświata (współcześnie w centrum Układu Słonecznego).
Ziemię obiega 7 planet: Księżyc, Merkury, Wenus, Słońce, Mars, Jowisz i Saturn.	Planety: Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz i Saturn obiegają Słońce ruchem jednostajnym po okręgach.
Pozostałe ciała (rzeczywiste planety) biegną dodatkowo po mniejszych okręgach tzw. epicyklach.	Ziemia obraca się wokół własnej osi.
Księżyc i Słońce obiegają Ziemię ruchem jednostajnym po okręgach.	Ziemię obiega tylko Księżyc.

Przez wiele lat po ogłoszeniu teorii heliocentrycznej kontrargumentem przeciwników był brak zmiany położenia kątowego gwiazd w wyniku ruchu obiegowego Ziemi oraz brak wytłumaczeń epicykli planet. Okres zmian położenia gwiazd powinien być równy okresowi obiegu Ziemi dookoła Słońca, czyli jednemu rokowi (pomijając widomy ruch sfery niebieskiej w okresie 24-godzinnym). Już w starożytności starano się zaobserwować zmianę położenia gwiazd na niebie. Udało się to dopiero w 1839 r. – wówczas zauważono, że największe wartości przesunięć gwiazd na sferze niebieskiej wynoszą poniżej 1 sekundy kątowej (tzw. **paralaksa**). Spowodowane jest to bardzo dużymi odległościami nawet do gwiazd najbliższych Ziemi. Kolejnych naukowych dowodów potwierdzających teorię heliocentryczną dostarczył Galileusz (1564–1642), który zaobserwował, że Merkury i Wenus, podobnie jak Księżyc, są widoczne w różnych fazach będących rezultatem oglądania ich w różnych położeniach względem Ziemi i Słońca, oraz odkrył księżyce Jowisza. Kopernik błędnie założył jednostajność ruchu planet, co zauważył niemiecki astronom Jan Kepler (1571–1630), który sformułował trzy prawa ruchu planet:

- orbity planet mają kształt elips,
- planety poruszają się po orbitach ze zmienną prędkością,
- im dalej od Słońca znajduje się planeta, tym wolniej porusza się ona po orbicie i tym dłużej obiega Słońce.

Poruszanie się planet zgodnie z **prawami Keplera** było podstawą sformułowania prawa powszechnego ciążenia przez angielskiego fizyka Izaaka Newtona w 1687 r.

Współczesne metody badań kosmicznych

współczesne badania kosmiczne

Od najdawniejszych czasów ludzie obserwowali Kosmos, a astronomia to jedna z najstarszych nauk na świecie. Współcześnie badania kosmiczne mogą być prowadzone bezpośrednio w Kosmosie podczas lotów kosmicznych (załogowych bądź bezzałogowych) oraz przy użyciu nowoczesnych teleskopów – zarówno z Ziemi, jak i z orbity okołoziemskiej. W 1957 r. został wystrzelony w Kosmos pierwszy satelita

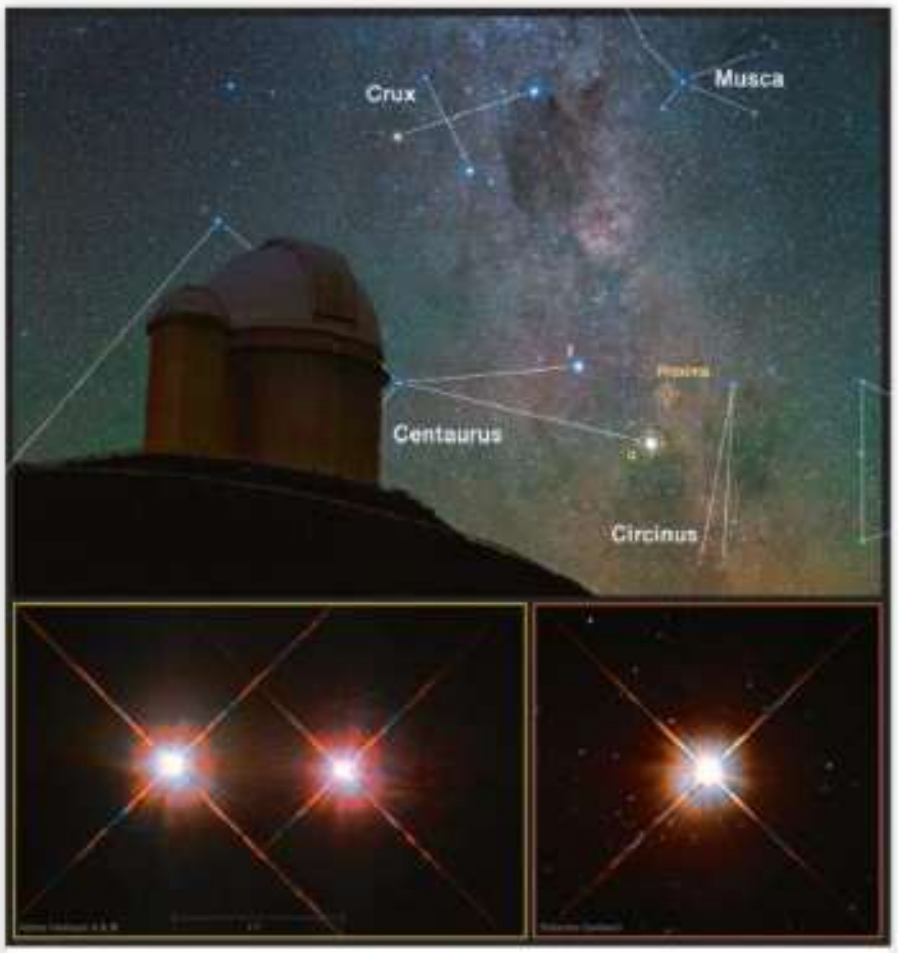
Sputnik 1 ▸ o nazwie **Sputnik 1**, a w 1961 r. pierwszym człowiekiem w Kosmosie został radziecki astronauta **Jurij Gagarin**. Pierwsze fotografie Marsa z bliskiej odległości zostały wykonane przez amerykańską sondę Mariner 4 w 1965 r. Pierwsze lądowanie na Księżycu sondy bezzałogowej miało miejsce w 1966 r. (sonda radziecka Łuna 9). Trzy lata później człowiek po raz pierwszy wylądował na Księżycu. Amerykanie **Neil Amstrong** i **Edwin Aldrin** stanęli na Księżycu **21 lipca 1969 roku** i pobrali z jego powierzchni próbki skał do badań naukowych. Na Księżycu stanęło tylko 12 osób, a ostatnim był Harrison H. Schmitt w grudniu 1972 r. W 1970 i 1973 r. radzieckie zdalnie sterowane pojazdy kosmiczne o nazwie Łunochod także penetrowały powierzchnię Księżyca. W 1977 r. została wystrzelona w przestrzeń kosmiczną amerykańska sonda Voyager, która przesłała na Ziemię zdjęcia Jowisza, Saturna, Urana i Neptuna. Pierwszym Polakiem w kosmosie był **Mirosław Hermaszewski**, który w 1978 r. podróżował statkiem Sojuz 30.

W latach 80. XX w. rozpoczęto program lotów kosmicznych realizowanych przez **NASA** odbywanych za pomocą wahadłowców kosmicznych (ang. *Space Shuttles*). Pierwszy lot w ramach programu odbył prom Columbia w 1981 r., a ostatni – wahadłowiec Atlantis w 2011 r.

Odkrywanie planet pozasłonecznych

Do największych odkryć astronomicznych ostatnich lat należy znalezienie planet poza Układem Słonecznym. Pierwszy pozasłoneczny układ planetarny został odkryty wspólnie przez dwóch astronomów - Polaka Aleksandra Wolszczana oraz Kanadyjczyka Dale'a Frailа. W 1991 r. odkryli oni 3 planety krążące wokół pulsara PSR 1257+12.

egzoplanety ▸ Jedną z metod odkrywania **egzoplanet** (planet pozasłonecznych) jest **metoda tranzytów**, czyli obserwacja zaćmienia gwiazdy przez obiekty je obiegające. Do tej pory astronomowie odkryli już blisko 4 tysiące planet pozasłonecznych (czyli krążących wokół gwiazd innych niż Słońce). W 2017 r. odkryto układ 7 planet wielkości Ziemi w układzie gwiazdy TRAPIST-1 odległym od nas ok. 40 lat świetlnych. Trzy z nich prawdopodobnie



Ryc. II.2.3. Położenie gwiazdy Proxima Centauri na niebie widzianym z półkuli południowej nad mierzącym 3,6 m średnicy teleskopem ESO w Obserwatorium La Silla w Chile.

znajdują się w takiej odległości od gwiazdy, w której woda może być utrzymywana w stanie ciekłym. W 2016 r. odkryto także planetę obiegającą gwiazdę najbliższą Układu Słonecznego (Proxima Centauri), którą nazwano Proxima b. Planeta ta okrąża gwiazdę będącą czerwonym karłem w 11,2 dni, a temperatura na niej panująca pozwala na istnienie wody w stanie ciekłym na powierzchni. Ta skalista planeta nieznacznie większa od Ziemi jest najbliższą nam planetą pozasłoneczną. Ostatnie badania jednak wykazały, że duży wpływ na warunki panujące na powierzchni planety może mieć promieniowanie ultrafioletowe i rentgenowskie emitowane przez gwiazdę podczas rozbłysków (cecha charakterystyczna czerwonych karłów) – rozbłyski te mogły doprowadzić do odparowania wody i atmosfery.

Tab. II.2.2. Porównanie systemu planetarnego Trappist-1 z Układem Słonecznym

Układ TRAPPIST-1							
Planety							
	b	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**
Okres orbitalny [dni]	1,51	2,42	4,05	6,10	9,21	12,35	~20
Dystans do gwiazdy [j.a.]	0,011	0,015	0,021	0,028	0,037	0,045	~0,06
Promień planety [w porównaniu do Ziemi]	1,09	1,06	0,77	0,92	1,04	1,13	0,76

Układ Słoneczny				
planety skaliste				
	Merkury	Wenus	Ziemia	Mars
Okres orbitalny [dni]	87,97	224,70	365,26	686,98
Dystans do gwiazdy [j.a.]	0,387	0,723	1,000	1,524
Promień planety [w porównaniu do Ziemi]	0,38	0,95	1,00	0,53

Największe teleskopy świata

teleskop Hubble'a

Do obserwacji astronomicznych Wszechświata służą **teleskopy** zbudowane ze złożonych systemów optycznych i często bazujące na oprogramowaniu komputerowym. Umożliwiają one ciągły zapis obserwacji. Największy z nich – **teleskop Hubble'a** (czytaj: habla) – umieszczono na orbicie okołoziemskiej. Został on nazwany na cześć amerykańskiego astronoma Edwina Hubble'a (1889–1953), który w 1921 r. odkrył zjawisko rozszerzania się Wszechświata. Teleskop Hubble'a został wyniesiony na orbitę w 1990 r. przez prom kosmiczny Discovery. Średnica zwierciadła w tym teleskopie wynosi 2,4 m, długość urządzenia wynosi 13,2 m, a jego masa całkowita przekracza 10 ton. Dzięki teleskopowi Hubble'a zaobserwowano:

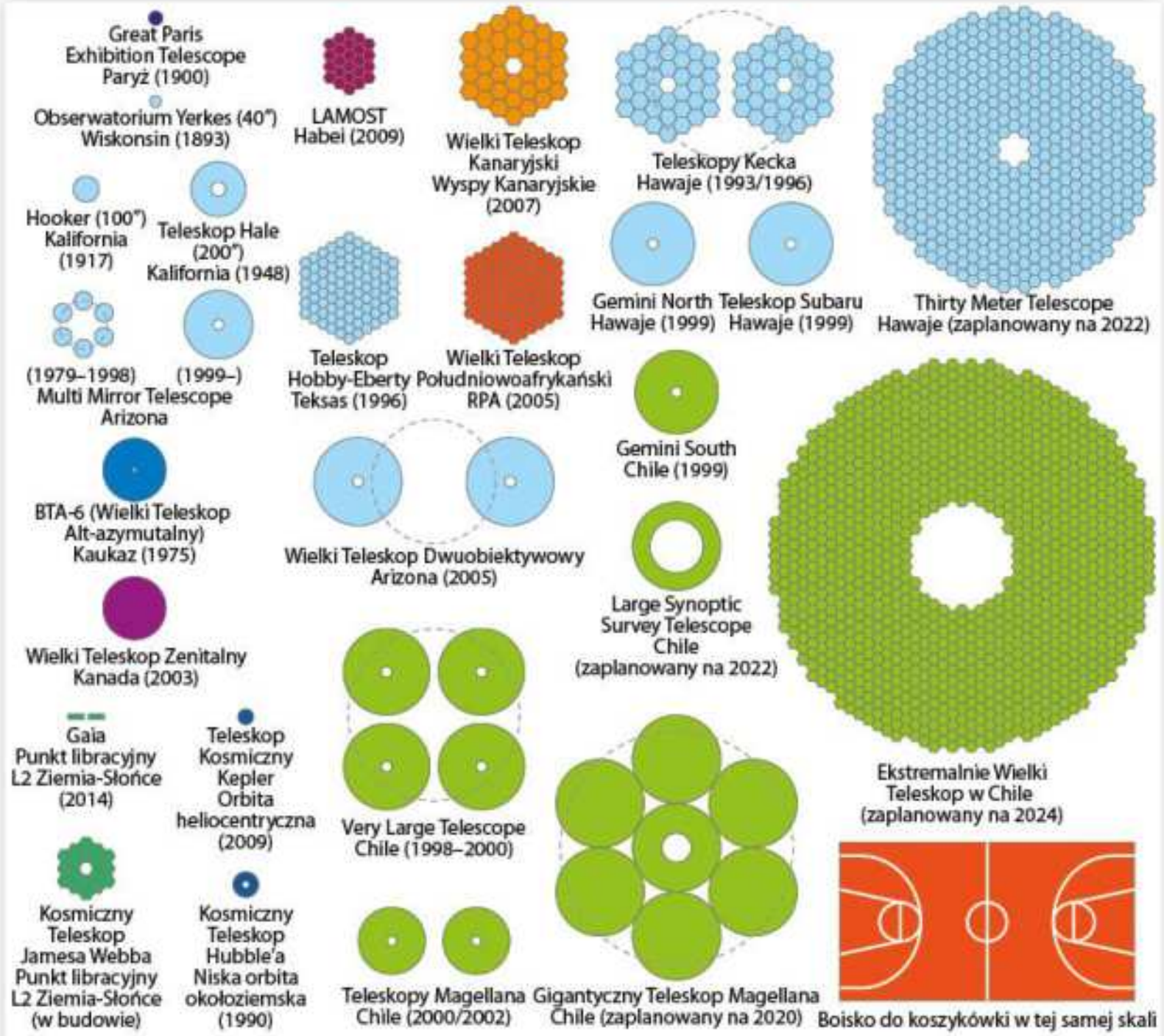
- rozszerzanie się Wszechświata w coraz szybszym tempie,
- występowanie czarnych dziur w centrach galaktyk,
- zderzenie komety z Jowiszem w 1994 r.,
- obiekty znajdujące się na krańcach Układu Słonecznego (Pluton),
- planety pozasłoneczne krążące wokół gwiazd przypominających Słońce,
- po raz pierwszy (w 2001 r.) atmosferę wokół planety nienależącej do Układu Słonecznego,
- najdalsze zakątki nieba (odległe o miliardy lat świetlnych) i wykonano im fotografie w świetle widzialnym.



Ryc. II.2.4. Teleskop Hubble'a na orbicie okołoziemskiej.

Wielki Teleskop Kanaryjski

Największym teleskopem na Ziemi jest obecnie **Wielki Teleskop Kanaryjski** (*Gran Telescopio Canarias*) o średnicy zwierciadła 10,4 m. Został on uruchomiony w 2009 r. na Wyspach Kanaryjskich (Hiszpania). Największym planowanym teleskopem na Ziemi ma być Ekstremalnie Wielki Teleskop (*Extremely Large Telescope ELT*) o średnicy lustra głównego 39,3 m. Budowany jest on na szczycie wzgórza Cerro Armazones na pustyni Atacama w północnym Chile. Jego uruchomienie jest przewidziane na 2024 r. Przez teleskop ELT będzie można obserwować najwcześniejsze etapy formowania się układów planetarnych. Zostanie on wykorzystany także do poszukiwań planet pozasłonecznych i bezpośredniego badania ich atmosfery, a nie tylko poprzez badanie ruchu gwiazd zakłócanego przez orbitujące wokół niej planety.



Ryc. II.2.5. Porównanie największych teleskopów na Ziemi.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij, dlaczego planety Układu Słonecznego dawniej były nazywane błądzącymi gwiazdami. Jaka jest przyczyna złożonego ruchu planet na tle gwiazd?
2. Na podstawie materiałów dostępnych w internecie stwórz listę największych odkryć astronomii w XX i XXI w.
3. Wytłumacz, do czego służą wahadłowce kosmiczne. Wymień nazwy kilku z nich.
4. Wyszukaj w internecie informacje na temat odkryć układów planetarnych, na których mogłoby istnieć życie.
5. Przedstaw 2 podobieństwa i 2 różnice pomiędzy teorią geocentryczną a teorią heliocentryczną.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 81
- **Teoria geocentryczna**, która obowiązywała do XVI wieku, zakładała, że Ziemia stanowi centrum Wszechświata, a dookoła niej krążą Słońce, Merkury, Wenus, Księżyc, Mars, Jowisz i Saturn.

s. 82
- Zgodnie z **teorią heliocentryczną**, której twórcą był Mikołaj Kopernik, Ziemia wraz z innymi planetami Układu Słonecznego obiega Słońce.

s. 83
- **Współcześnie badania kosmiczne** mogą być prowadzone bezpośrednio w Kosmosie podczas lotów kosmicznych (załogowych bądź bezzałogowych) oraz za pomocą nowoczesnych teleskopów (zarówno z Ziemi, jak i z orbity okołoziemskiej).

s. 84
- W 1957 r. został wystrzelony w Kosmos pierwszy satelita o nazwie **Sputnik 1**. Pierwszym człowiekiem w Kosmosie został radziecki astronauta Jurij Gagarin w 1961 r. W 1969 r. po raz pierwszy człowiek stanął na Księżycu – tę podróż odbyli Amerykanie Neil Amstrong i Edwin Aldrin. Pierwszym Polakiem w Kosmosie był Mirosław Hermaszewski w 1978 r.

s. 86
- Wszechświat jest obserwowany z przestrzeni okołoziemskiej za pomocą **teleskopu Hubble'a**.

s. 86
- Największym teleskopem na powierzchni Ziemi jest **Wielki Teleskop Kanaryjski** (*Gran Telescopio Canarias*), o średnicy zwierciadła 10,4 m.

3. Ziemia w Układzie Słonecznym

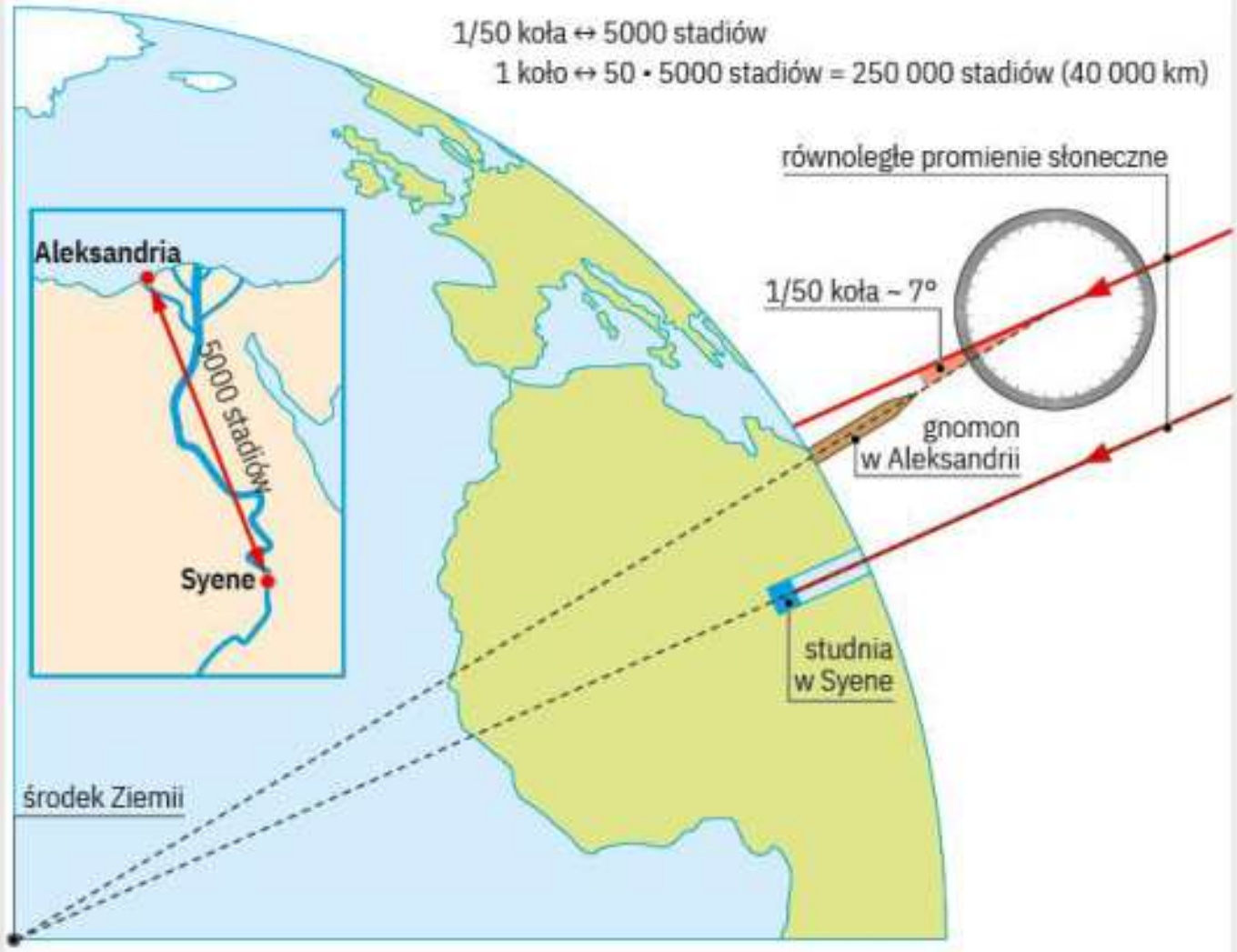
NA TEJ LEKCJI:

- poznasz budowę Układu Słonecznego;
- scharakteryzujesz Ziemię jako planetę należącą do Układu Słonecznego;
- porównasz Ziemię z innymi ciałami niebieskimi tworzącymi Układ Słoneczny.

Kształt i rozmiary Ziemi

Już w czasach starożytnych przyjmowano, że Ziemia ma kształt zbliżony do kuli. O takim kształcie świadczyły różne zjawiska, takie jak: kolisty widnokrąg na pełnym morzu, wynurzanie się najpierw masztu, a później kadłuba statku płynącego w oddali, rzucanie kolistego cienia Ziemi na Księżyc w czasie jego zaćmienia. W III w. p.n.e. grecki uczony Eratostenes z Cyreny wyznaczył rozmiary Ziemi na podstawie odległości liniowej między dwoma punktami oraz odległości kątowej między nimi. Odkrył on, że pewnego dnia w roku w mieście Syene (dzisiejszy Asuan w Egipcie) Słońce w południe oświetla dno głębokiej studni, co oznacza, że jest w zenicie (pro-

mienie padają pod kątem 90° do powierzchni Ziemi). Jednocześnie w Aleksandrii Słońce było odchylone od zenitu o 1/50 kąta pełnego, czyli o 7,2°. Na podstawie odległości ze Syene od Aleksandrii (5 tysięcy stadiów, czyli około 800 km) Eratostenes ustalił, że obwód Ziemi powinien wynosić 250 000 stadiów, czyli około 40 tysięcy km. W rzeczywistości obwód Ziemi liczy 40 075 km, więc pomiar uczonego niewiele odbiegał od rzeczywistości. Ponadto Eratostenes założył, że stosunek odległości liniowej pomiędzy tymi miejscowościami do ich odległości kątowej jest taki sam, jak stosunek obwodu Ziemi do kąta pełnego, a na tej podstawie wyliczył długość promienia ziemskiego (ze wzoru na obwód koła).



Ryc. II.3.1. Pomiar Eratostenesa.



Średni promień Ziemi: **6371 km**

Różnica długości promienia równikowego i biegunowego: **21 km**

Średnia długość południka: **20 004 km**

Średnia długość jednostopniowego łuku południka: **111,3 km**

Obwód równika: **40 075 km**

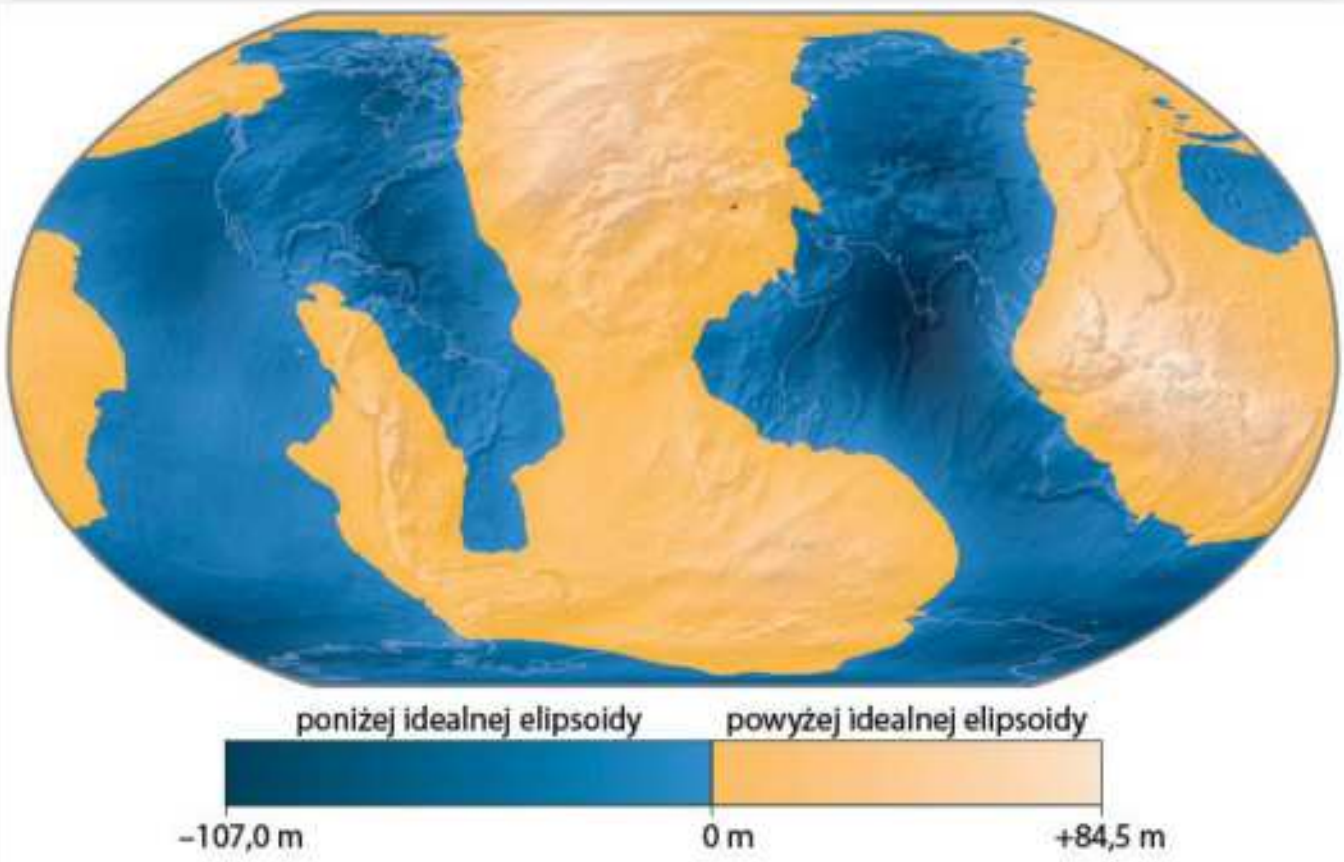
Powierzchnia Ziemi: **510 mln km²** (29,2% stanowią lądy)

Objętość Ziemi: **1083 mld km³**

Masa Ziemi: **5,97 x 10^{24} kg** (5,976 tryliona t)

Średnia gęstość Ziemi: **5,52 g/cm³**

Ryc. II.3.2. Wymiary Ziemi.



Ryc. II.3.3. Kształt Ziemi w porównaniu z idealną elipsoidą.

Słońce stanowi 99,9% masy całego Układu Słonecznego. W ciągu sekundy traci średnio 5 300 000 ton swojej masy. Do tej pory jego masa zmniejszyła się o zaledwie 0,04%, a zapasy wodoru (głównego składnika) wyczerpią się za mniej więcej 5 miliardów lat.

Na **Merkurym** występują najwyższe różnice temperatury, waha się ona od –180°C do 430°C.

Temperatura **Wenus** między biegunem a równikiem wynosi 464°C. To wynik efektu cieplarnianego, spowodowanego aż 96-procentowym udziałem CO^2 w atmosferze.

Pod względem wewnętrznej budowy **Ziemia** jest podobna do sąsiednich planet, jednak tylko na niej rozwinęło się życie.

Rdzawoczerwona barwa **Marsa** stanowi efekt występowania tlenków żelaza na jego powierzchni. Planeta słynie z najwyższych wulkanów i największych kanionów w Układzie Słonecznym.

Komety przemieszczają się po orbitach eliptycznych, a pochodzą najprawdopodobniej z obłoku Oorta leżącego na krańcu Układu Słonecznego. Są zbudowane z lodowo-pyłowej materii. Ciepło gwiazdy powoduje u zbliżającej się komety powstanie komy, czyli pyłowo-gazowej otoczki, oraz charakterystycznego warkocza, który jest zawsze zwrócony przeciwnie do gwiazdy.

planetoidy

Planety wewnętrzne, zwane często skalistymi, charakteryzują się małymi rozmiarami, warstwową budową wewnętrzną, znaczną gęstością i występowaniem atmosfery.

Ryc. II.3.4. Układ Słoneczny.

Jednak Ziemia nie ma idealnego kształtu kuli – ukształtowanie jej powierzchni jest urozmaicone przez góry, doliny, rowy oceaniczne. Dlatego, gdy mówimy o kształcie Ziemi, to odnosimy go do poziomu morza (nawet na obszarach lądowych). Dodatkowo, Ziemia wskutek ruchu obrotowego jest spłaszczona na biegunach, a promień biegunowy jest o około 21 km krótszy od promienia równikowego. Kształt Ziemi jest zbliżony do spłaszczonej elipsoidy obrotowej (czyli bryły otrzymanej przez obrót elipsy wokół jej krótszej osi). W rzeczywistości Ziemia ma kształt nieregularny, a na jego określenie stosujemy termin **geoida**. Cechą tego kształtu jest to, że w każdym miejscu powierzchnia jest prostopadła do kierunku działania siły ciężkości. Powierzchnia geoidy odchyla się od powierzchni elipsoidy od –107 do 85 m.

geoida

Budowa Układu Słonecznego

Układ Słoneczny to układ planetarny powstały z zagęszczenia materii międzygwiezdnej ok. 4,6 miliarda lat temu. **W skład Układu Słonecznego** wchodzą:

skład Układu Słonecznego

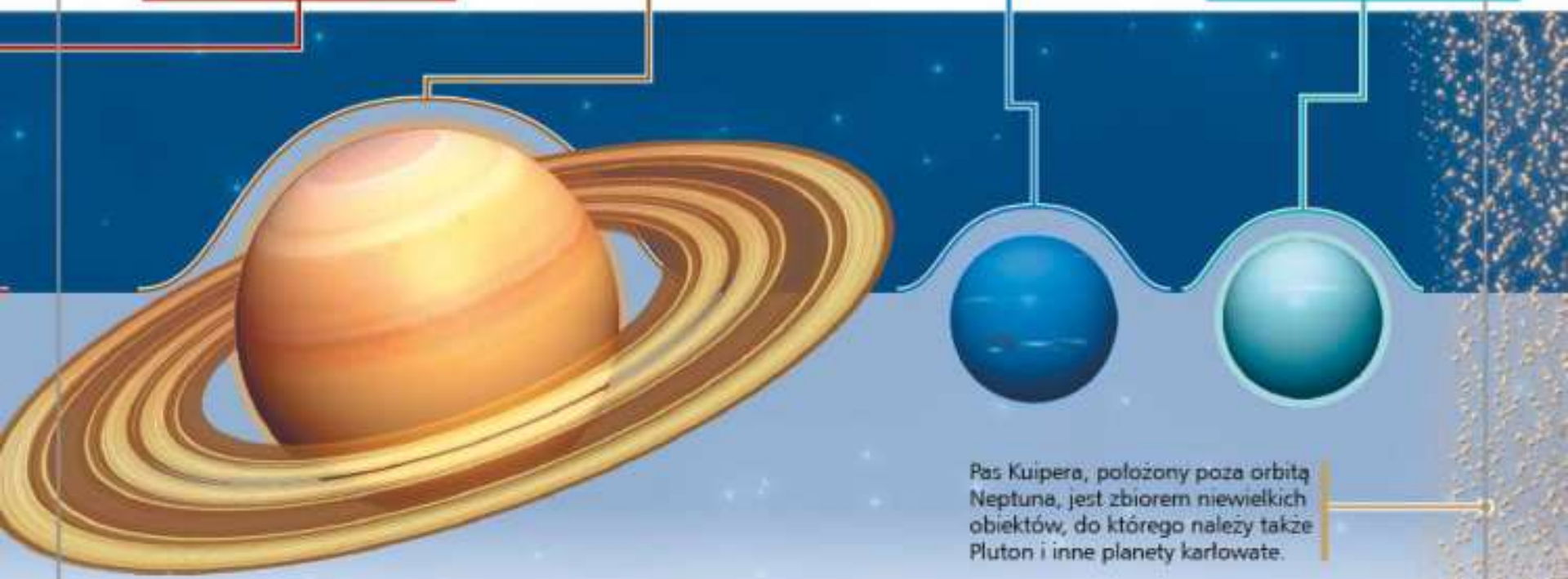
- Słońce – gwiazda centralna układu,
- 8 planet (Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz, Saturn, Uran, Neptun),
- księżyce okrążające planety (za wyjątkiem Merkurego i Wenus),
- planety karłowate (Pluton, Ceres, Makemake, Haumea, Eris),
- planetoidy,

Jowisz to jedna z planet zewnętrznych – największa i najmasywniejsza w naszym układzie. Ma najgrubszą atmosferę (ponad 5000 km), złożoną z jasnych i ciemnych pasów.

Charakterystyczne pierścienie **Saturna** są zbiorowiskami lodu, często wymieszanego z pyłem o rozmiarach od kilku milimetrów do kilku metrów.

Jasnoniebieski kolor **Urana** to wynik pochłaniania czerwonego zakresu promieniowania słonecznego.

Na **Neptunie**, leżącym około 30 razy dalej od Słońca niż Ziemia, występują zjawiska pogodowe w postaci m.in. wiatrów o rekordowych prędkościach – ponad 2100 km/h.



Pas Kuipera, położony poza orbitą Neptuna, jest zbiorem niewielkich obiektów, do którego należy także Pluton i inne planety karłowate.

Planety zewnętrzne cechują: znaczna wielkość, gęsta atmosfera oraz mała gęstość i masa. Często są one nazywane gazowymi olbrzymami.

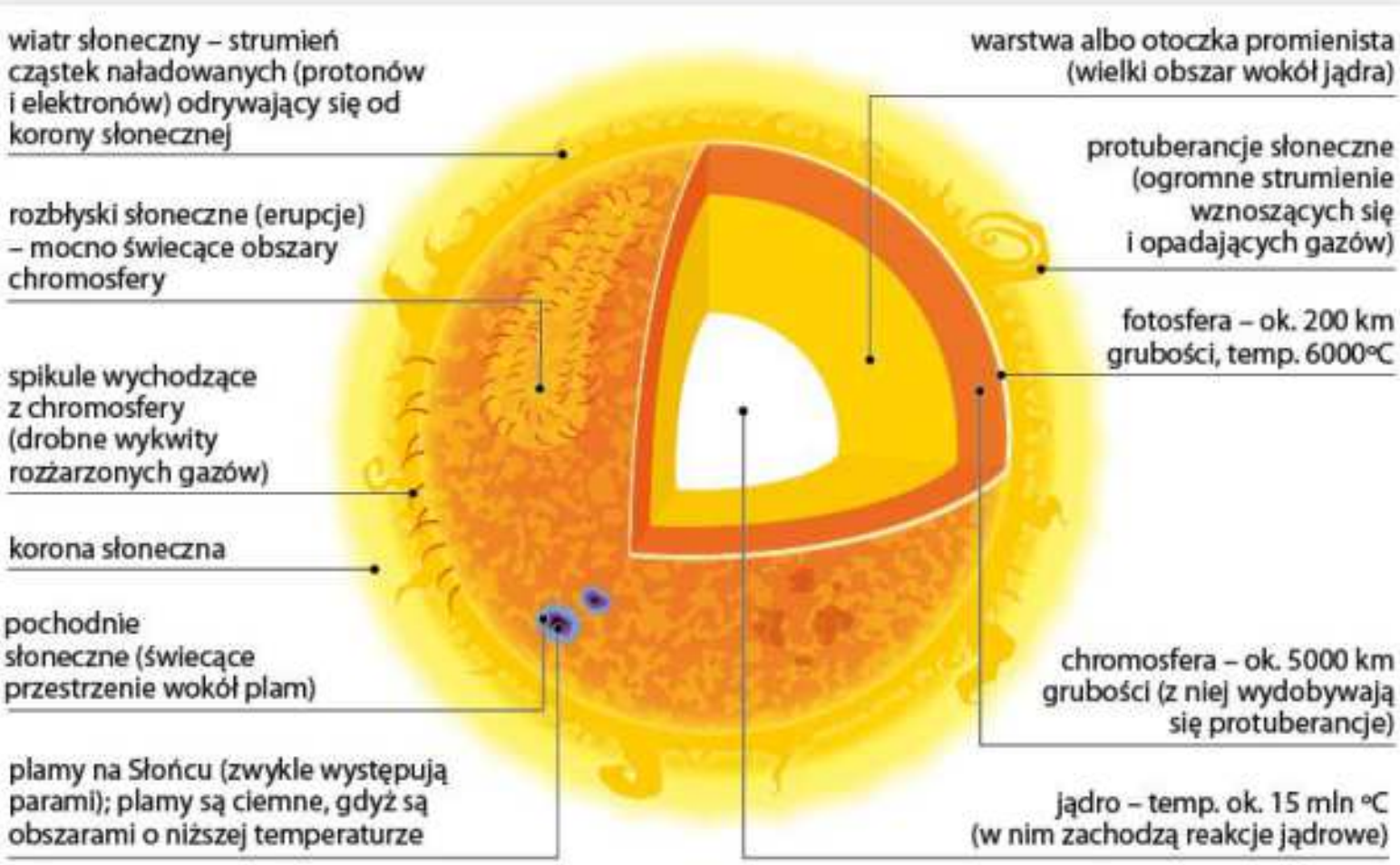
- meteoroidy,
- Pas Kuipera,
- komety,
- materia międzyplanetarna (pyły i gazy).

Słońce – centrum Układu Słonecznego

Słońce

Słońce położone jest w Ramieniu Oriona w Drodze Mlecznej w odległości ok. 26 000 lat świetlnych od centrum Galaktyki. Oddalone jest ono ok. 150 milionów km od Ziemi, lecz ze względu na orbitę eliptyczną odległość Ziemi od Słońca zmienia się w ciągu roku. Punkt, w którym Ziemia znajduje się najbliżej Słońca, to **peryhelium**, a najdalsze położenie to **aphelium**. Masa Słońca stanowi 99,9% masy całego Układu Słonecznego i jest ono ok. 333 000 razy cięższe od Ziemi. Słońce to kula gazowa zbudowana z wodoru (73% masy) i helu (26%), zawiera również niewielkie ilości tlenu, węgla, azotu i innych pierwiastków. Średnica Słońca wynosi około 1,39 miliona km i jest 109 razy większa od średnicy Ziemi. W jego wnętrzu znajduje się jądro, w którym zachodzą reakcje termojądrowe (synteza jąder helu z jąder wodoru), będące źródłem promieniowania elektromagnetycznego. Zewnętrzne warstwy zjonizowanego gazu tworzą **atmosferę słoneczną**. Dzieli się ona na trzy główne warstwy (**ryc. II.3.5.**):

- fotosferę,
- chromosferę,
- koronę słoneczną.



Ryc. II.3.5. Budowa Słońca.

W atmosferze słonecznej obserwuje się szereg zjawisk związanych ze zmiennym natężeniem pola magnetycznego, określanych mianem **aktywności słonecznej**. Do najbardziej widocznych efektów cyklu aktywności słonecznej należą plamy słoneczne (czyli ciemne obszary na powierzchni Słońca o niższej temperaturze), a natężenie ich powstawania zmienia się średnio co 11 lat. Innymi przejawami aktywności słonecznej są protuberancje oraz rozbłyski słoneczne (**ryc. II.3.5.**). Ponadto korona słoneczna wyrzuca w przestrzeń kosmiczną strumień naładowanych cząstek, zwanych **wiatrem słonecznym**, na odległość 100 jednostek astronomicznych od gwiazdy. Wpływ aktywności słonecznej na atmosferę ziemską powoduje występowanie zórz polarnych na dużych szerokościach geograficznych oraz burz magnetycznych (nagłych zmian natężenia pola magnetycznego Ziemi).



Ryc. II.3.6. Zorza polarna na Lofotach (Norwegia).

Temperatura Słońca w fotosferze wynosi około 5500°C, w chromosferze – 1–3 milionów °C, a w jądrze Słońca – ponad 15 milionów °C.

Cechy planet

Planeta to ciało niebieskie okrążające gwiazdę po drodze zwanej orbitą, świecące światłem odbitym od jej powierzchni, w którym nie zachodzą reakcje termojądrowe. Planety Układu Słonecznego można podzielić na wewnętrzne (ziemskie, skaliste) oraz zewnętrzne (gazowe olbrzymy). Rozdziela je pas planetoid. Planety okrążają ciała niebieskie – **księżyce**. Największym znanym księżycem w Układzie Słonecznym jest Ganimedes, o średnicy 5262 km, obiegający Jowisza. Inne duże księżyce to: Tytan (Saturn), Kallisto (Jowisz), Io (Jowisz), Księżyc (Ziemia) i Europa (Jowisz).

planety wewnętrzne i zewnętrzne

Tab. II.3.1. Porównanie typów planet Układu Słonecznego

Planety wewnętrzne (Merkury, Wenus, Ziemia, Mars)	Planety zewnętrzne (Jowisz, Saturn, Uran, Neptun)
■ Są najbliżej Słońca. ■ Okres ich obiegu dookoła Słońca nie przekracza 2 lat. ■ Charakteryzują się szybszą prędkością orbitalną. ■ Okres ich obrotu wynosi przynajmniej jedną dobę. ■ Mają dużo mniejszą masę i średnicę. ■ Wokół nich krąży mało księżyców lub nie ma ich wcale. ■ Są otoczone atmosferą o zróżnicowanym składzie i gęstości (Merkury ma najrzadszą, a Wenus – najgęstszą). ■ Są zbudowane z metalicznego jądra, płaszcza i skorupy skalnej. ■ Skalna powierzchnia planet jest urozmaicona.	■ Znajdują się w dużej odległości od Słońca (od 5 do 30 jednostek astronomicznych). ■ Odległości między nimi są większe (największa odległość pomiędzy planetami wewnętrznymi wynosi 0,52 j.a. między Ziemią a Marsem, a najmniejsza odległość pomiędzy planetami zewnętrznymi wynosi 4,35 j.a. (między Jowiszem a Saturnem). ■ Ich masy są większe, ale gęstość jest niższa. ■ Mają dużą liczbę księżyców. ■ Ich okres obiegu dookoła Słońca jest dłuższy, ale okres obrotu jest krótszy niż w przypadku planet wewnętrznych. ■ Nie mają skalistej powierzchni, ich gęste atmosfery składają się głównie z wodoru i helu oraz metanu i amoniaku. ■ Mają pierścienie (największe na Saturnie).

Tab. II.3.2. Planety Układu Słonecznego

Rodzaj planety	Planeta	Średnia odległość od Słońca		Średnica	Liczba księżyców	Okres obiegu wokół Słońca	Okres obiegu wokół osi	Temperatura na powierzchni (°C)	
		(mln km)	(j.a.)			(dni)		maksymalna	minimalna
Planety wewnętrzne (skaliste)	Merkury	57,91	0,39	4840	–	87,97	56,65 dnia	450	-184
	Wenus	108,21	0,72	12230	–	224,70	-243,01 dnia*	482	371
	Ziemia	150	1	12756	1	365,26	23,93 godz.	57	-89
	Mars	227,95	1,52	6800	2	686,96	24,62 godz.	20	-153
Planety zewnętrzne (gazowe)	Jowisz	778,40	5,20	142796	79	4333,29	9,92 godz.	-121	-163
	Saturn	1423,62	9,52	120660	62	10756,20	10,66 godz.	-130	-191
	Uran	2866,14	19,7	52400	27	30707,49	-17,24 godz.*	-205	-214
	Neptun	4498,60	30,1	50460	14	60223,35	16,11 godz.	-220	-223

*Ruch obrotowy tej planety odbywa się w przeciwnym kierunku niż pozostałych.

Do 2006 r. utrzymywano, że Układ Słoneczny liczy 9 planet (zaliczano do niego Plutona odkrytego w 1930 r.). Międzynarodowa Unia Astronomiczna uznała, że Pluton nie jest planetą, ponieważ jego masa jest niewielka – mniejsza niż masa Księżyca. Plutona obecnie zalicza się do **planet karłowatych**. Inne planety karłowate to: Ceres, Haumea, Makemake oraz Eris. Z wyjątkiem Ceresa (pas główny planetoid) znajdują się one na krańcach Układu Słonecznego (w obrębie Pasa Kuipera).

Małe ciała niebieskie Układu Słonecznego

planetoidy

Do małych ciał niebieskich Układu Słonecznego zalicza się **planetoidy** o rozmiarze od kilku do ponad 1000 km, które obiegają Słońce. Mają skalną lub lodową powierzchnię oraz nieregularny kształt. Większość planetoid (spośród około 800 tysięcy) znajduje się w pasie pomiędzy Marsem a Jowiszem. Pozostałe planetoidy występują w Pasie Kuipera (poza orbitą Neptuna).

Meteoroidy są okruchami skalnymi poruszającymi się wokół Słońca. Gdy wejdą w atmosferę ziemską, wywołują zjawisko **meteorów** (świecącego śladu zwanego potocznie „spadającymi gwiazdami"). Meteoroidy, które nie ulegną spaleniu w atmosferze ziemskiej, lecz spadną na Ziemię, nazywamy **meteorytami**. Upadki meteorytów mogą utworzyć na powierzchni Ziemi głębokie kratery, a powstałe w wyniku uderzenia z ziemią chmury pyłów mogą przemieszczać się na duże odległości i powodować ograniczenie dopływu promieniowania słonecznego. Jednym z najbardziej znanych wydarzeń, któremu przypisuje się upadek meteorytu na Ziemię, była katastrofa tunguska w 1908 r. na Syberii, na północ od jeziora Bajkał.

Komety to małe ciała niebieskie poruszające się wokół Słońca po wydłużonych orbitach. Składają się z jądra, gazowej otoczki zwanej komą i warkocza będącego fragmentem pyłowo-gazowej materii. Koma i warkocz pojawiają się, gdy kometa zbliża się do Słońca. Najbardziej znaną kometą, pojawiającą się co 75 lat w pobliżu Ziemi, jest kometa Halleya. Ostatnio zbliżyła się do Ziemi w 1986 r.



Ryc. II.3.7. Zdjęcie komety Halleya z 1986 r.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Oblicz w zeszycie obwód i promień Ziemi metodą Eratostenesa, ale dla innych miast. Przyjmij, że Dar Es-Salaam w Tanzanii oraz Addis Abeba w Etiopii leżą na tym samym południku. Na podstawie atlasu wyznacz ich odległość w kilometrach, a odległość kątową – na podstawie różnicy szerokości geograficznej. Następnie oblicz z proporcji, jaką częścią kąta pełnego (360°) jest odległość kątowa między podanymi miastami i pomnóż ją przez wyznaczoną odległość. W kolejnym etapie oblicz promień Ziemi r, korzystając ze wzoru na obwód koła. Podstaw poszczególne wartości do wzoru i go przekształć:

$$\frac{l}{\Delta\Phi} = \frac{2\pi r}{360}$$

gdzie:
l – odległość między dwoma miejscowościami w km
$\Delta\Phi$ – odległość kątowa, różnica szerokości geograficznej między dwoma miejscowościami
r – promień Ziemi

2. Omów budowę Układu Słonecznego.
3. Wyjaśnij, dlaczego tak trudno określić dokładny kształt Ziemi.
4. Przyporządkuj opisom planet ich nazwy wybrane spośród podanych poniżej.

Merkury, Wenus, Mars, Jowisz, Uran

a) Planeta ta jest trudna do obserwacji. Ukształtowanie jej powierzchni przypomina Księżyc. Planetę tę można dojrzeć jedynie tuż przed wschodem lub tuż po zachodzie Słońca. Posiada tylko szczątkową atmosferę.
b) Masa tej planety jest dwa i pół razy większa, niż masa wszystkich pozostałych planet Układu Słonecznego. Zbudowana jest w ¾ z wodoru, a w ¼ z helu. Na jej powierzchni charakterystyczną cechą jest Wielka Czerwona Plama będąca antycyklonem.
c) Planeta ta posiada charakterystyczny zielonawo-niebieski kolor pochodzący od kryształków metanu znajdujących się w górnej warstwie atmosfery. Jest pierwszą planetą odkrytą przy pomocy teleskopu. Jej wnętrze składa się głównie z lodu i skał.
d) Planeta ta jest najjaśniejszym ciałem niebieskim po Słońcu i Księżycu. Posiada gęstą atmosferę składającą się z dwutlenku węgla i niewielkiej ilości azotu. Na powierzchni dominują równiny wulkaniczne. Ponadto występują kopuły wulkaniczne o średnicy kilkudziesięciu km, zwane farra.

5. Wykonaj polecenia.

a) Przyporządkuj podane nazwy ciał niebieskich do odpowiedniego miejsca w tabeli przerysowanej do zeszytu.

Neptun, Pluton, Mars, Pas Kuipera, Tytan

Planeta wewnętrzna	Planeta zewnętrzna	Planeta karłowata	Księżyc

b) Wyjaśnij różnicę pomiędzy planetą karłowatą a planetoidą.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 91 ▸

- Ziemia ma kształt **geoidy** – bryły, która w każdym miejscu swojej powierzchni jest prostopadła do kierunku działania siły ciężkości.

s. 91 ▸

- W **skład Układu Słonecznego** wchodzą:
  - Słońce – gwiazda centralna układu,
  - 8 planet (Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz, Saturn, Uran, Neptun),
  - księżyce okrążające planety (za wyjątkiem Merkurego i Wenus),
  - planety karłowate (Pluton, Ceres, Makemake, Haumea, Eris),
  - planetoidy,
  - meteoroidy,
  - Pas Kuipera,
  - komety,
  - materia międzyplanetarna (pyły i gazy).

s. 93 ▸

- Merkury, Wenus, Ziemia i Mars to **planety wewnętrzne**, skaliste, natomiast Jowisz, Saturn, Uran i Neptun to **planety zewnętrzne** (gazowe, olbrzymie). Planety wewnętrzne są rozdzielone od planet zewnętrznych pasem planetoid.

s. 94 ▸

- Do małych ciał niebieskich Układu Słonecznego zalicza się meteoroidy i komety oraz **planetoidy** o rozmiarze od kilku do ponad 1000 km, które obiegają Słońce.

4. Ruch obiegowy i obrotowy Ziemi

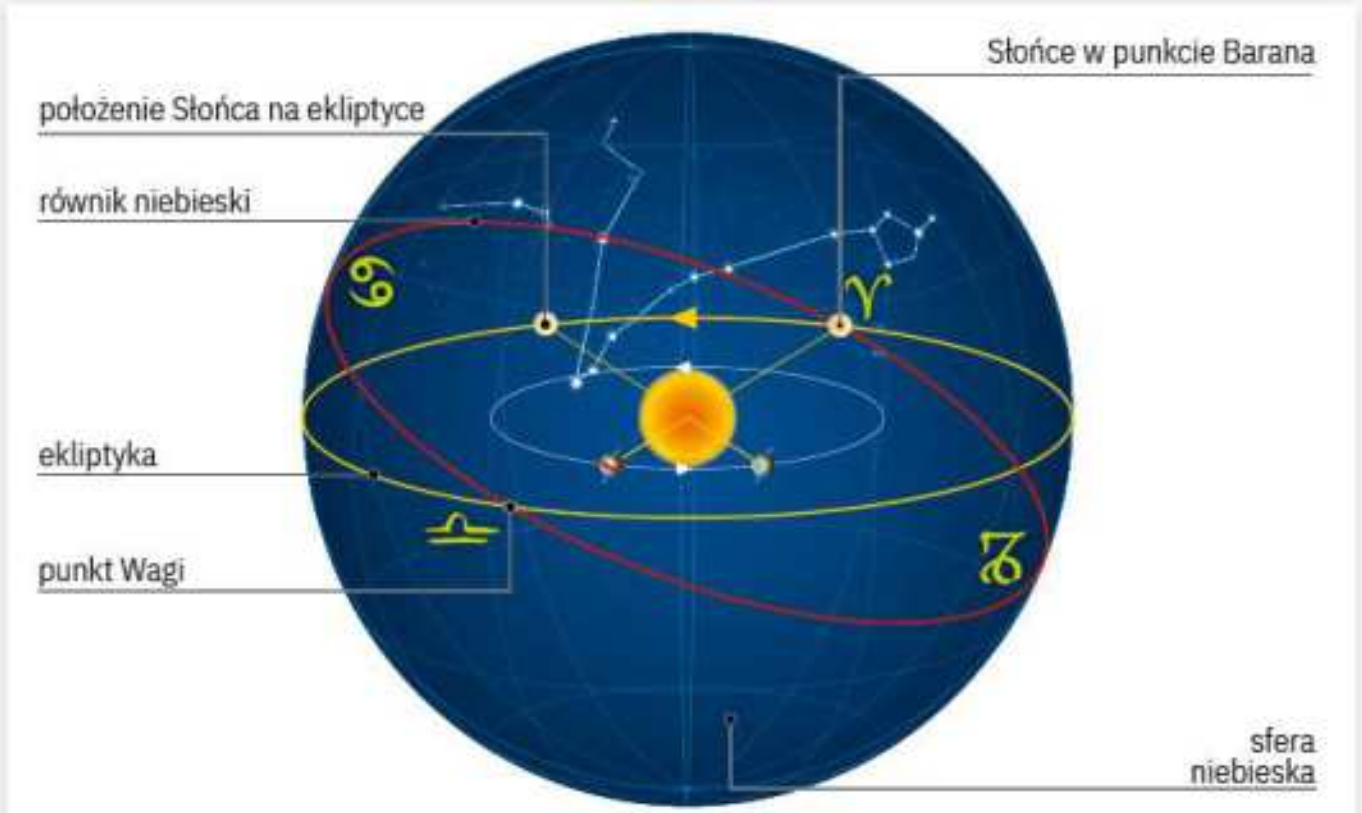
NA TEJ LEKCJI:

- poznasz cechy ruchów Ziemi oraz ich następstwa;
- dowiesz się, czym jest siła Coriolisa i w jaki sposób wpływa ona na zjawiska zachodzące na powierzchni Ziemi.

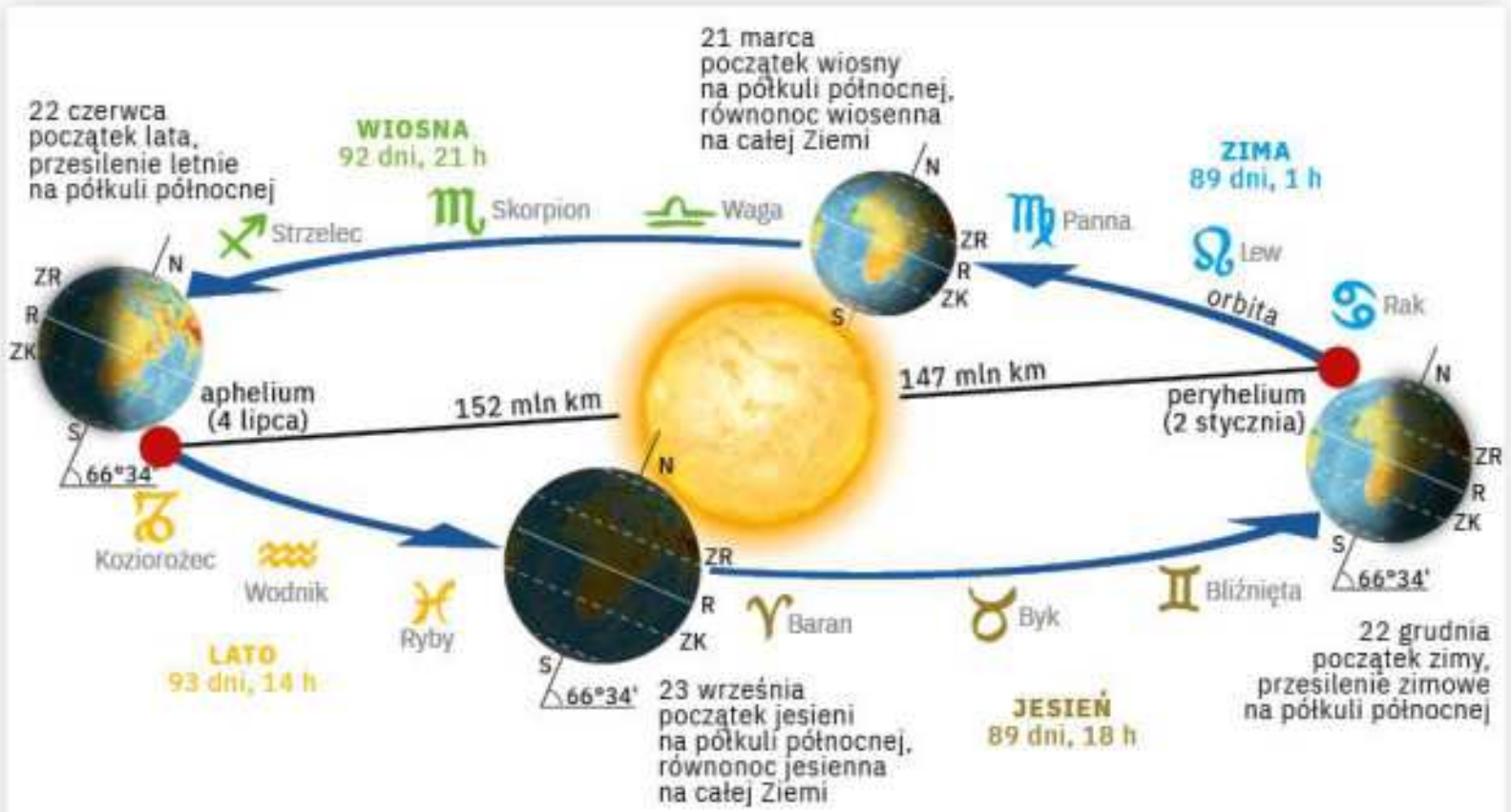
Obieg Ziemi dookoła Słońca

ruch obiegowy wokół Słońca

Ruch obiegowy Ziemi to ruch dookoła Słońca, który trwa jeden rok, a dokładnie 365 dni, 5 godzin, 48 minut i 46 sekund (**rok zwrotnikowy**). W tym czasie Ziemia pokonuje odległość 930 milionów kilometrów z przeciętną prędkością ok. 30 kilometrów na sekundę. Patrząc od strony bieguna północnego, Ziemia porusza się w swoim ruchu obiegowym przeciwnie do kierunku ruchu wskazówek zegara. Najczęściej 2 stycznia Ziemia znajduje się najbliżej Słońca w punkcie zwanym **peryhelium**, natomiast najczęściej 4 lipca – najdalej – w punkcie zwanym **aphelium**. Odległość od Słońca nie ma znaczenia w ogrzewaniu Ziemi. Dużo większy wpływ na oświetlenie Ziemi ma nachylenie osi ziemskiej do płaszczyzny orbity, które wynosi 66°34'. Ułożenie to powoduje, że w widomym (pozornym) ruchu Słońce jest widziane w ciągu roku na tle różnych gwiazdozbiorów zaliczanych do Zodiaku. W ciągu całego roku zarówno kąt, jak i kierunek nachylenia płaszczyzny równika do płaszczyzny orbity ziemskiej pozostają niezmienne. Tor widomego ruchu Słońca na sferze niebieskiej w ciągu roku nazywamy **ekliptyką**. W płaszczyźnie ekliptyki znajduje się płaszczyzna orbity ziemskiej.



Ryc. II.4.1. Pozorny ruch Słońca po ekliptyce obserwowany z Ziemi.



Ryc. II.4.2. Ruch obiegowy Ziemi. Słońce obserwowane z Ziemi występuje na tle różnych gwiazdozbiorów.

Pory roku i oświetlenie Ziemi

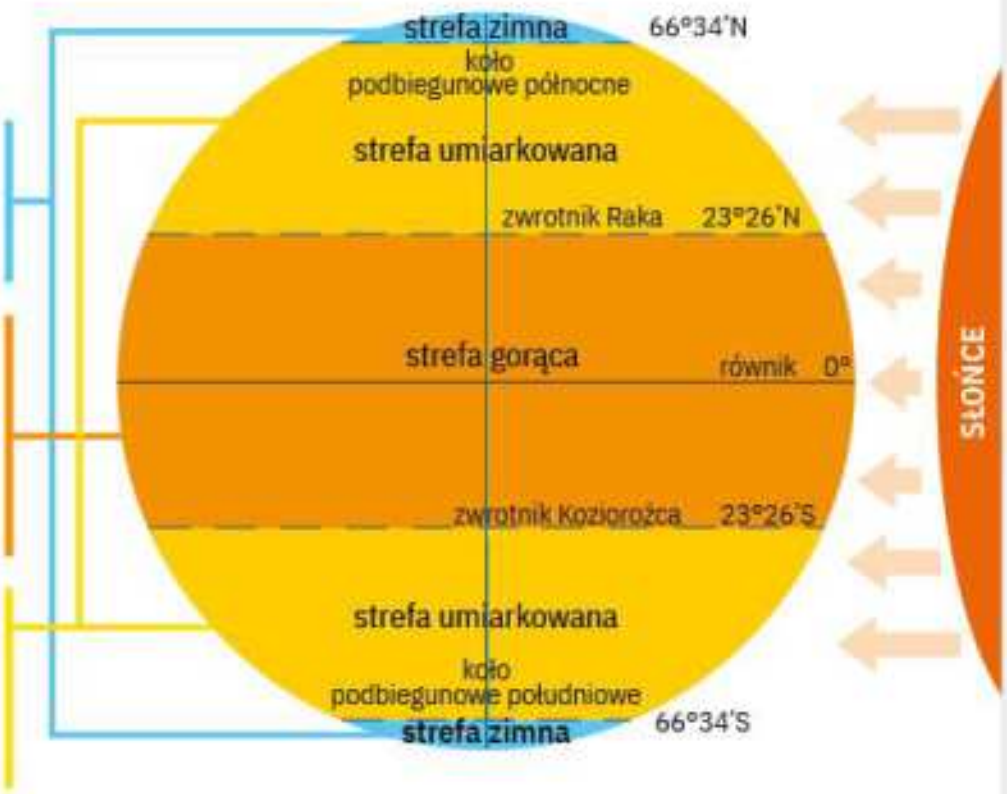
Nachylenie osi ziemskiej do ekliptyki powoduje występowanie zjawisk pór roku. Gdyby oś ziemska była nachylona do płaszczyzny ekliptyki (oraz do płaszczyzny orbity Ziemi) pod kątem prostym, to nie występowałoby zjawisko pór roku, gdyż nad daną szerokością geograficzną Słońce zawsze górowałoby na tej samej wysokości nad horyzontem,

Temperatura powietrza na Ziemi zależy od kąta padania promieni słonecznych. Ze względu na duże zróżnicowanie tego kąta wydzielono 5 stref oświetlenia.

Strefy zimne (podbiegunowe)
leżą poza kołami podbiegunowymi; przynajmniej raz w roku Słońce tam nie wschodzi i nie zachodzi.

Strefa gorąca (międzyzwrotnikowa)
znajduje się między zwrotnikami; przynajmniej raz w roku Słońce jest tam w zenicie (promienie słoneczne padają pod kątem 90°.

Strefy umiarkowane
są położone między zwrotnikami a kołami podbiegunowymi; kąt padania promieni słonecznych jest tutaj w każdym dniu roku wiekszy od 0°, a mniejszy od 90°.

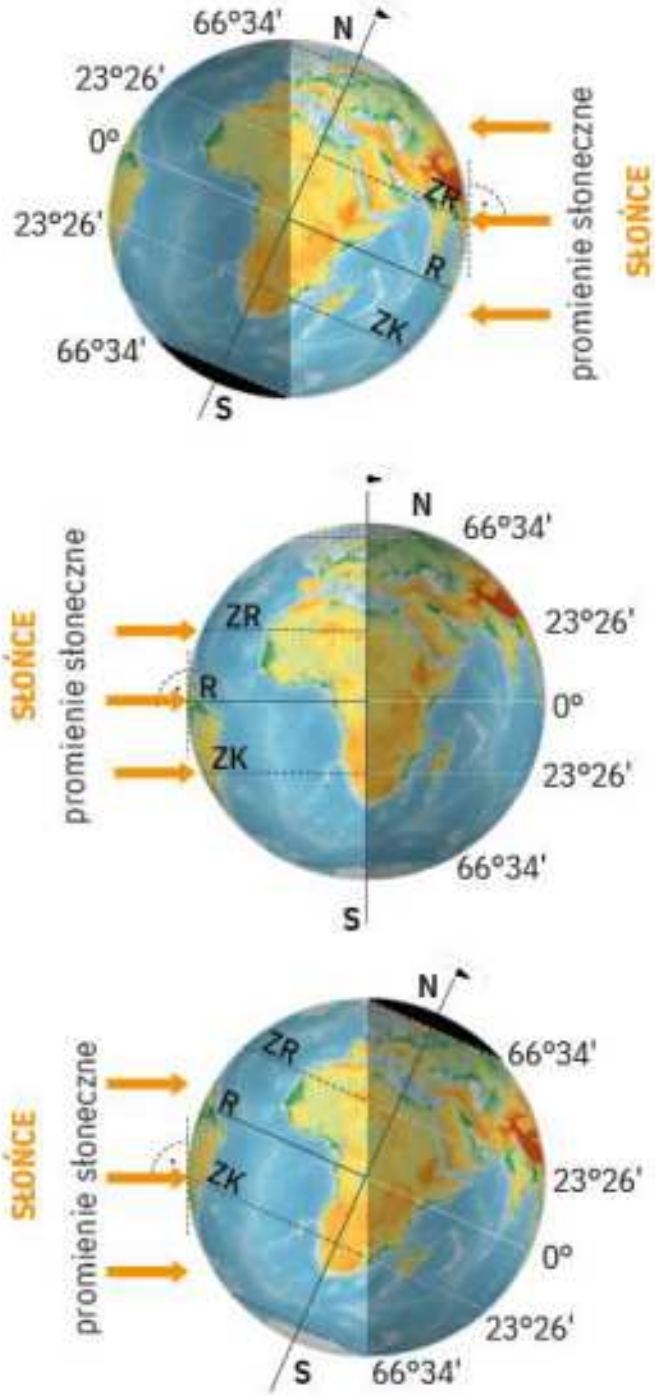


Ryc. II.4.3. Strefy oświetlenia Ziemi.

a dzień i noc trwałyby równo po 12 godzin. Ponieważ płaszczyzna orbity ziemskiej jest nachylona do płaszczyzny równika ziemskiego pod kątem 23°26', to Słońce w ciągu roku znajduje się w zenicie na szerokościach geograficznych pod kątem do 23°26' (zarówno na półkuli północnej, jak i południowej). Równoleżnik znajdujący się na szerokości geograficznej północnej o wartości 23°26' to **zwrotnik Raka**, natomiast na południowej półkuli odpowiada mu **zwrotnik Koziorożca**. Obszar powierzchni Ziemi między zwrotnikiem Raka a zwrotnikiem Koziorożca nazywamy strefą międzyzwrotnikową (gorącą).

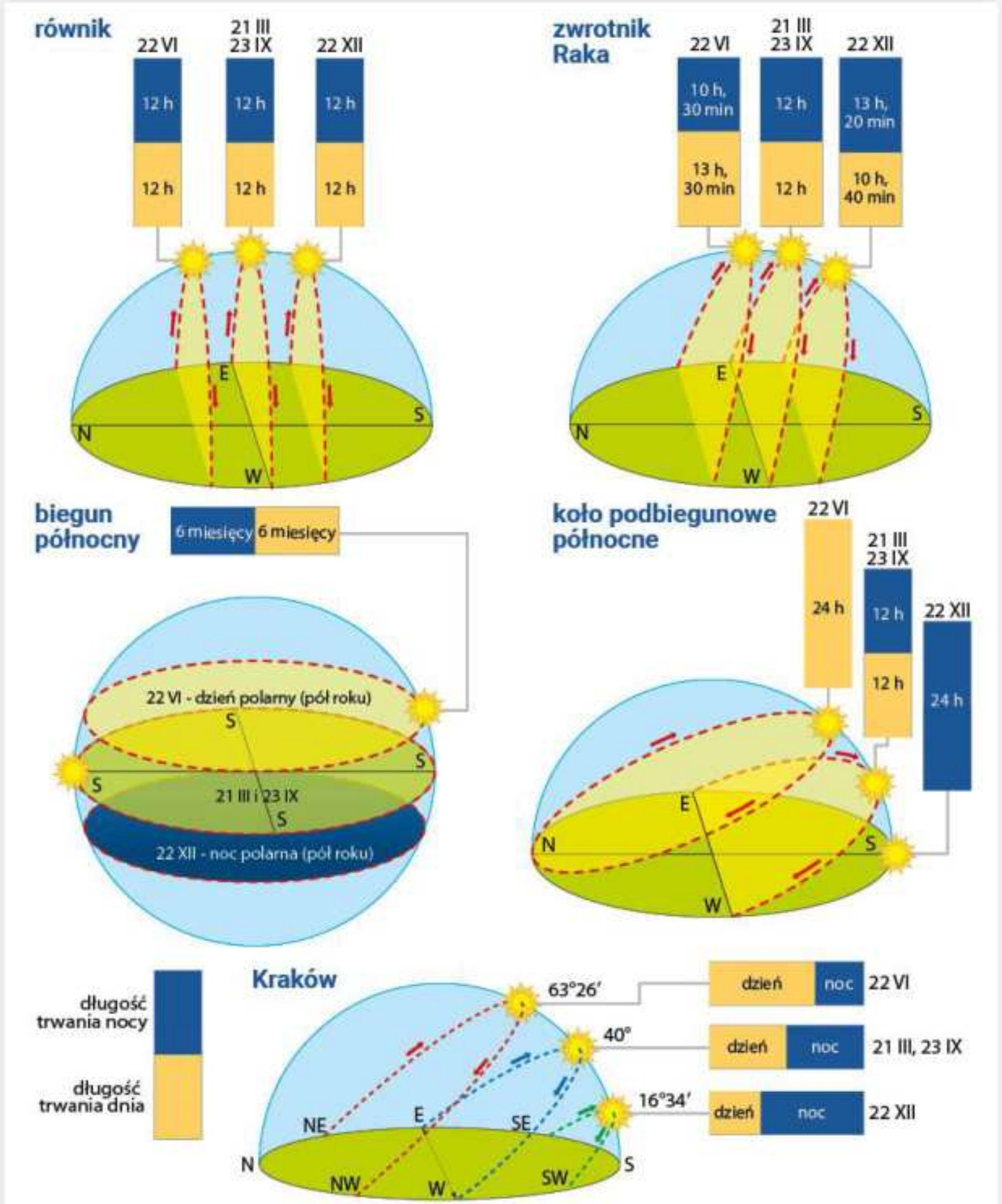
◂ zwrotniki

Promienie słoneczne padają prostopadle do powierzchni Ziemi na zwrotniku Raka podczas górowania 22 czerwca (**przesilenie letnie**). Wówczas zaczyna się astronomiczne lato, na półkuli północnej pokrywa się z kalendarzowym latem, a na półkuli południowej zimą. Od koła podbiegunowego północnego po biegun północny panuje dzień polarny (Słońce nie schodzi poniżej linii horyzontu). W analogicznej strefie na półkuli południowej występuje wtedy noc polarna. 22 grudnia promienie słoneczne padają prostopadle do powierzchni Ziemi na zwrotniku Koziorożca. Na półkuli pół-



Ryc. II.4.4. Obliczanie wysokości górowania Słońca.

nocnej to początek astronomicznej i kalendarzowej zimy (**przesilenie zimowe**), a od koła podbiegunowego po biegun północny występuje wówczas noc polarna. Na półkuli południowej z kolei rozpoczyna się kalendarzowe lato, a w strefie okołobiegunowej trwa dzień polarny. Na biegunach dzień i noc polarna liczą po pół roku, a w stronę koła podbiegunowego ich długość się skraca.



Ryc. II.4.5. Dobowe pozorne ruchy Słońca, zmiany miejsca wschodu i zachodu Słońca oraz długość trwania dnia i nocy w Polsce w pierwszych dniach astronomicznych pór roku.

Gdy promienie słoneczne padają prostopadle do powierzchni Ziemi na równiku, występuje **równonoc wiosenna** (21 marca) lub **jesienna** (23 września). Wówczas dzień i noc trwają po 12 godzin na każdej szerokości geograficznej. Moment przejścia Ziemi przez punkt Barana rozpoczyna astronomiczną wiosnę, a przez punkt Wagi - astronomiczną jesień. W tych dwóch punktach płaszczyzna ekliptyki przecina płaszczyznę równika.

Następstwa obiegowego ruchu Ziemi

- zmiana wysokości górowania Słońca,
- zmiany oświetlenia Ziemi w ciągu roku,
- zmiana miejsca wschodu i zachodu Słońca na horyzoncie,
- pozorny ruch Słońca po ekliptyce (na tle gwiazdozbiorów zodiakalnych),
- zróżnicowanie długości dnia i nocy,
- występowanie pór roku,
- występowanie dni i nocy polarnych,
- rachuba czasu (rok zwrotnikowy), konstrukcja kalendarza.

Ruch obrotowy Ziemi

Kąt obrotu Ziemi		Czas obrotu Ziemi
360°	→	24 godziny
15°	→	1 godzina
1°	→	4 minuty
15'	→	1 minuta
1'	→	4 sekundy

Ryc. II.4.6. Prędkość kątowa Ziemi a czas obrotu.

Ziemia obraca się wokół własnej osi, która przechodzi przez bieguny. Ruch ten odbywa się z zachodu na wschód. W związku z tym obserwator na Ziemi dostrzega widomy ruch sfery niebieskiej (w tym pozorną drogę Słońca na niebie) w kierunku odwrotnym, czyli ze wschodu na zachód. Okres obrotu Ziemi wokół własnej osi względem gwiazd innych niż Słońce trwa 23 godziny 56 minut i 4 sekundy i jest nazywany **dobą gwiazdową**. Czas między kolejnymi górowaniami Słońca w jednym punkcie trwa 24 godziny i określa się go jako **dobę słoneczną**. Różnica wynika stąd, że Ziemia podczas jednej doby zdążyła przebyć niewielki, ale zauważalny odcinek swojej orbity (o niecały 1°) w ruchu obiegowym, dlatego Słońce będzie górować w tym samym miejscu na Ziemi z pewnym opóźnieniem w stosunku do widomego obrotu innych, bardziej oddalonych od Słońca gwiazd na sferze niebieskiej. Na równiku Ziemia obraca się z prędkością liniową około 1667 km/h, a w miarę oddalania się od równika prędkość obrotu zmniejsza się i na biegunach wynosi 0 km/h. Prędkość kątowa jest dla wszystkich punktów Ziemi stała i wynosi **15° na godzinę (lub 1° na 4 minuty)**. Wynika ona z faktu, że wszystkie punkty na powierzchni Ziemi, obracając się wraz z nią, przemieszczają się o 360° w ciągu 24 godzin. W wyniku ruchu obrotowego i działania siły odśrodkowej Ziemia jest spłaszczona na biegunach.

Długość promienia ziemskiego od środka Ziemi do powierzchni bieguna jest o 21 km krótsza niż na równiku. W związku z tym siła ciążenia (przyciągania grawitacyjnego) na równiku jest mniejsza niż na biegunach.

Słońce w swoim widomym ruchu na niebie w ciągu dnia przemieszcza się ze wschodu na zachód, zmieniając swoją wysokość nad horyzontem. Najpierw Słońce pojawia się nad horyzontem (wschodzi), następnie osiąga nad nim najwyższą wysokość

(góruje), po czym obniża się i znika za horyzontem (zachodzi). W zachodniej części Polski Słońce zachodzi około pół godziny później niż na wschodzie kraju (na tej samej szerokości geograficznej). Na przykład w Hrubieszowie 22 czerwca 2018 r. Słońce zaszło o 20.42, a w Bogatyni – o 21.18.

południe słoneczne

Najwyższe położenie Słońca na niebie nazywa się **południem słonecznym**. Wszystkie ciała niebieskie osiągają najwyższą wysokość (górowanie) oraz najniższą (dołowanie) na sferze niebieskiej, gdy przekraczają południk niebieski (przechodzący przez bieguny niebieskie, zenit i nadir). Noc to czas, kiedy Słońce znajduje się pod horyzontem. Na wyższych szerokościach geograficznych, kiedy Słońce dołuje tuż pod horyzontem, można obserwować zjawisko **białych nocy.**

Obserwując inne ciała niebieskie, można również zauważyć, że przesuwają się one po współśrodkowych okręgach dookoła bieguna niebieskiego (znajdującego się na półkuli północnej w pobliżu Gwiazdy Polarnej, a na półkuli południowej w pobliżu gwiazdozbioru Krzyż Południa).



Ryc. II.4.7. Białe Noce w Sankt Petersburgu.



Ryc. II.4.8. Widomy ruch gwiazd związany z obrotowym ruchem Ziemi.

Z ruchem obrotowym Ziemi i widomym położeniem Słońca wiąże się czas słoneczny, zwany także lokalnym lub miejscowym. Rachubę czasu słonecznego oparto na dobie słonecznej, której średni czas trwania wynosi 24 godziny i taki przyjęto jako podstawową jednostkę czasu. Początek doby według tego czasu określa się, odejmując od czasu górowania Słońca 12 godzin. Przeliczanie czasu słonecznego odbywa się na podstawie różnicy długości geograficznych. Czas słoneczny jest jednakowy na każdym południku geograficznym, a jego wartość o każdy stopień długości geograficznej zmienia się o 4 minuty.

Krok po kroku

1. Oblicz, która godzina czasu słonecznego (miejscowego, lokalnego) jest w Nowym Orleanie (90°W), jeśli w tym samym czasie w Aleksandrii (30°E) jest godzina 15.00.

Rozwiązanie:

– Nowy Orlean jest położony na półkuli zachodniej, a Aleksandria na półkuli wschodniej.

– Obliczamy różnicę długości geograficznej: 30° – (–90°) = 120°.

– Wiemy, że 15° odpowiada różnicy czasu o 1 godzinę, a 1° to 4 minuty.

– Obliczamy z proporcji:

1° – 4 minuty

120° – x

x = 120 x 4 = 480 minut

480 minut : 60 = 8 godzin

Różnica czasu słonecznego pomiędzy Aleksandrią a Nowym Orleanem wynosi 8 godzin.

– Ponieważ Nowy Orlean jest położony na zachód od Aleksandrii, a Ziemia obraca się z zachodu na wschód i w kierunku zachodnim godzina jest wcześniejsza, to różnicę czasu musimy odjąć od podanej godziny w Aleksandrii.

15.00 – 8.00 = 7.00

Odpowiedź: W Nowym Orleanie jest wtedy godzina 7.00.

2. Oblicz, która godzina czasu słonecznego jest w Kijowie, jeśli w tym samym czasie w Pekinie jest godzina 11.55. Sprawdź długość geograficzną tych miast w atlasie.

Rozwiązanie:

– Długość geograficzna Kijowa wynosi $\lambda = 50°27'E$, a długość geograficzna Pekinu to $\lambda = 116°24'E$.

– Obliczamy różnicę długości geograficznej: 116°24' – 50°27' = 65°57'. Pamiętamy, że przy obliczaniu różnicy długości geograficznej dla punktów położonych na tej samej półkuli od większej wartości odejmujemy mniejszą, natomiast dla obiektów położonych na różnych półkulach – wartości sumujemy.

– Skoro obrót Ziemi o 1° trwa 4 minuty, to obrót o 1' kątową będzie trwał 4 sekundy.

– Obliczamy różnicę czasu:

65° x 4 minuty = 260 minut = 4 godziny 20 minut

57' x 4 sekundy = 228 sekund = 3 minuty 48 sekund

65°57' = 4 godziny 23 minuty 48 sekund

– Ponieważ Pekin jest położony na wschód od Kijowa, a Ziemia obraca się z zachodu na wschód i w kierunku wschodnim godzina jest późniejsza, to różnicę czasu musimy dodać do podanej godziny w Kijowie:

11.55 + 4 godziny 23 minuty 48 sekund = 16 h 18 min 48 s

Odpowiedź: W Kijowie w tym samym czasie jest godzina 16.18 i 48 s według czasu słonecznego.

3. Podaj długość geograficzną miejscowości A, w której jest godzina 13.00 czasu słonecznego. W tym czasie w Krakowie (50°N, 20°E) jest godzina 5.46.

Rozwiązanie:

– Jeżeli w miejscowości A jest godzina późniejsza niż w Krakowie, to znaczy, że zgodnie z obrotem Ziemi z zachodu na wschód, ta miejscowość jest położona na wschód od Krakowa.

– Obliczamy różnicę czasu:

13.00 – 5.46 = 7 h 14 min = 434 min

– Układamy proporcję, obliczając różnicę długości geograficznej:

4 minuty – 1°

434 minuty – x°

x = 434 : 4 = 108,5 = 108°30′

Wynik podajemy w stopniach i minutach, a nie w dziesiątych częściach. Pół stopnia kątowego to inaczej 30 sekund (1° = 60′).

– Dodajemy różnicę długości geograficznej do długości geograficznej Krakowa:

20°E + 108°30′ = 128°30′E

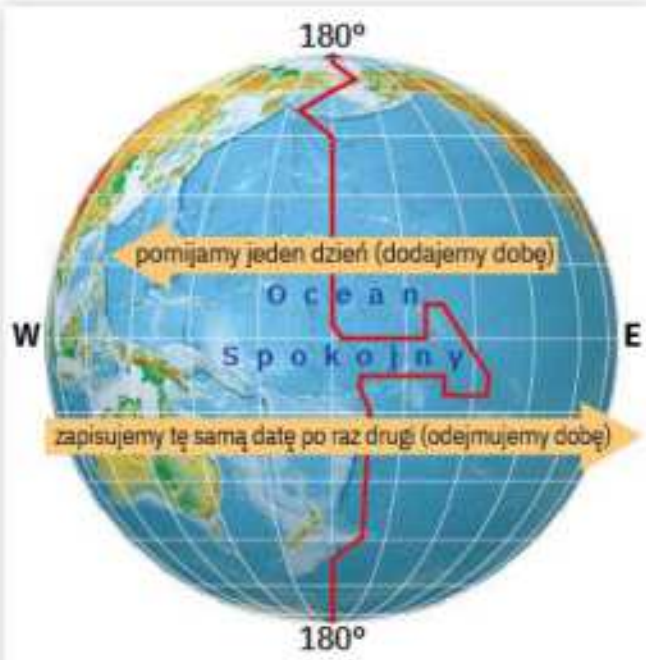
Odpowiedź: Miejscowość A jest położona na długości geograficznej wschodniej 128°30′.

rachuba czasu ▸

Rachuba czasu

Czas lokalny był w powszechnym użyciu do XIX w., ale wraz z rozwojem kolei stał się uciążliwy dla osób, które przemieszczały się w kierunku równoleżnikowym, gdyż musiały dopasowywać czas do miejscowych zegarów. W związku z tym wpro-

czas strefowy ▸ wadzono **czas strefowy** polegający na wydzieleniu 24 stref południkowych (o szerokości 15° każda). W każdej z nich obowiązuje ta sama godzina. Południk 0° jest środkowym południkiem strefy **czasu uniwersalnego** i obejmuje pas od 7°30'W do 7°30'E. Kolejna w kierunku wschodnim jest strefa czasu środkowoeuropejskiego rozciągająca się od 7°30'E do 22°30'E. Większość terytorium Polski znajduje się w tej strefie. Aby na terytoriach państw czas był jednolity, wprowadzono **czas urzędowy** stosowany na podstawie zarządzenia władz państwowych. Są jednak kraje o dużym terytorium, na którym obowiązuje kilka czasów urzędowych, np. Rosja, USA czy Kanada. W większości państw Europy w letnim półroczu obowiązuje **czas letni** różniący się o godzinę od czasu zimowego. W Polsce od marca do października mamy czas wschodnioeuropejski (przesunięty o 1 h do przodu w stosunku do czasu środkowoeuropejskiego). Czas zimowy wprowadzono w celu zaoszczędzenia prądu elektrycznego, jednak w ostatnich latach podaje się w wątpliwość wspomniane korzyści. Pojawiły się propozycje, aby na stałe utrzymać czas letni.



Ryc. II.4.9. Zmiana czasu przy przekraczaniu linii zmiany daty.

Efektem podziału świata na 24 strefy czasowe jest fakt, że w danym momencie na kuli ziemskiej obowiązują inne daty. Jako umowną linię zmiany daty przyjęto południk 180°. Różnica czasu po obu stronach tego południka wynosi 24 godziny. Gdy na południku 0° jest godzina 12.00 czasu uniwersalnego (UT), to na południku 180° jest godzina 24.00 (UT+12, ryc. II.4.10). W tym jednym momencie na całej kuli ziemskiej obowiązuje jedna data (np. niedziela), ale już w następnej sekundzie na zachód od południka 180 stopni występuje już nowa data (poniedziałek). Gdy na południku 0 °, jest już 17.00 to niedzielne południe występuje w strefie UT-5, czyli w strefie czasowej Nowego Jorku. W tym samym czasie godzina 24.00 jest w strefie UT+7, czyli np. w zachodniej części Mongolii. W strefach czasowych UT+8, UT+9, UT+10, UT+11 oraz UT+12 jest już po północy i trwa nowy dzień (poniedziałek). Natomiast w strefie UT-11 jest wówczas godzina 6.00 w niedzielę.

W związku tym przekraczając linię daty w kierunku wschodnim, zyskuje się pozornie jedną dobę, a przecinając ją w kierunku zachodnim – traci się ją. Innymi słowy, podczas przekraczania linii zmiany daty z zachodu na wschód odejmuje się jeden dzień, a ze wschodu na zachód – dodaje się jeden dzień.



Ryc. II.4.10. Schemat tworzenia stref czasowych.



Ryc. II.4.11. Schemat tworzenia stref czasowych.

Kalendarz juliański i gregoriański

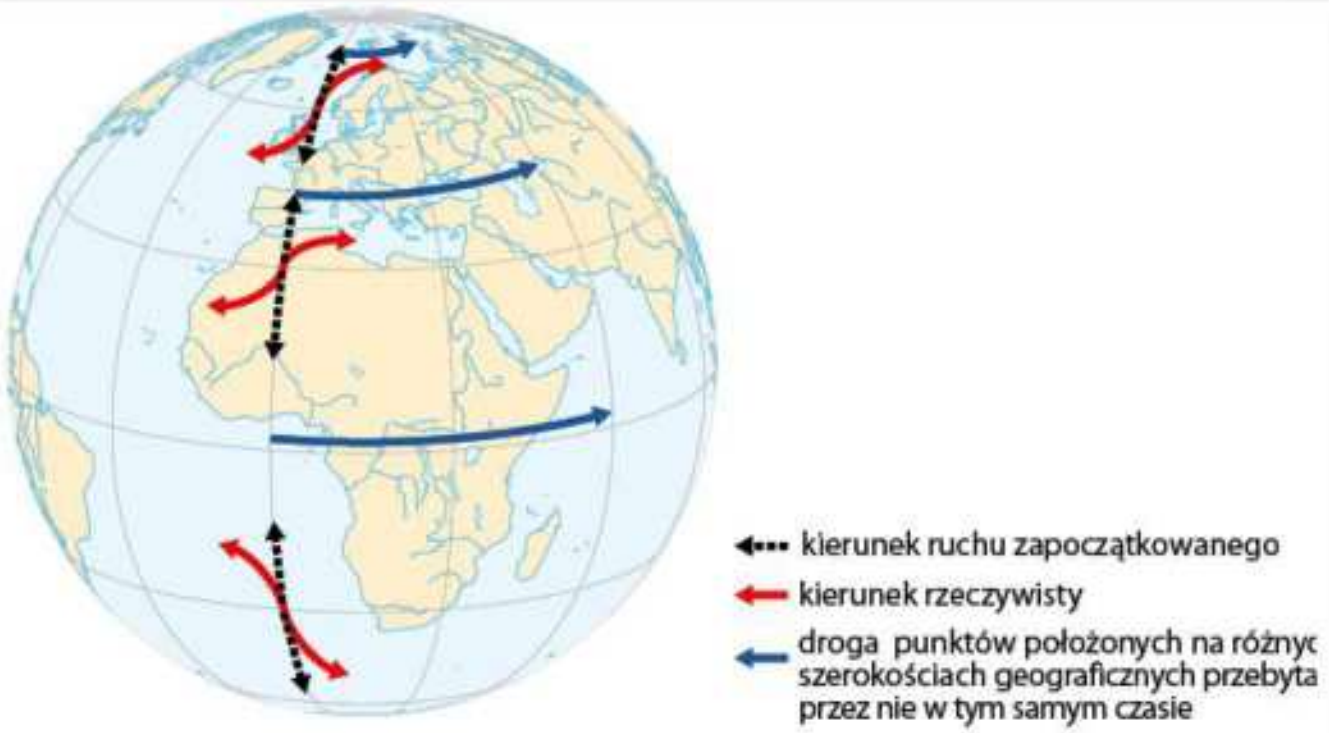
rok zwrotnikowy ▸ Podstawową jednostką czasu wynikającą z obiegowego ruchu Ziemi jest **rok zwrotnikowy** trwający 365 dni, 5 godzin, 48 minut i 46 sekund. Stanowi on podstawę konstrukcji kalendarza, lecz nie trwa on pełnej liczby dni, tylko 365 dni i niespełna ¼ 366 dnia. Już w czasach starożytnych przyjęto kalendarz składający się z 365 dni, a co cztery lata – 366 dni (tzw. rok przestępny). Od imienia panującego wówczas cesarza rzymskiego Juliusza Cezara (46 r. p.n.e.) nazwano go kalendarzem juliańskim. Istnieje w nim pewna nieścisłość: rok juliański trwa przeciętnie 365 i 1/4 dnia, a rok zwrotnikowy jest od niego o 11 minut i 14 sekund krótszy. Ta różnica powoduje powstanie opóźnienia kalendarza juliańskiego w stosunku do roku zwrotnikowego o jedną dobę po 128 latach. W XVI w. ten błąd wynosił już 14 dni i papież Grzegorz XIII zlecił reformę kalendarza. W jej wyniku lata przestępne, które są wielokrotnością 100, ale nie są wielokrotnością 400, trwają 365 dni. Z kolei lata, które są wielokrotnością 4, 100 i 400 (czyli spełniają trzy warunki jednocześnie), mają trwać 366 dni. W związku z tym lata 1700, 1800, 1900, 2100 to lata zwykłe, natomiast 1600 i 2000 trwały po 366 dni. Kalendarz gregoriański (nazwany tak od imienia jego reformatora) wprowadzono w 1582 r. i aby wyrównać opóźnienie w stosunku do roku zwrotnikowego, pominięto 10 dni (po 5 października był 14 października 1582 r.). Jednak opóźnienie kalendarza gregoriańskiego w stosunku do roku zwrotnikowego nadal istnieje, choć różnica jednej doby powstanie dopiero po 3322 latach od jego wprowadzenia. W państwach, w których dominowała religia prawosławna, m.in. na Ukrainie, w Rosji, Białorusi i Serbii, nadal święta liturgiczne obchodzi się według kalendarza juliańskiego (np. Boże Narodzenie 7 stycznia).

siła Coriolisa ▸ ## Siła Coriolisa

Siłę powodującą zbaczanie ciał od nadanego im kierunku względem powierzchni ziemskiej, wywołaną ruchem obrotowym Ziemi, nazywamy **siłą Coriolisa**. Oddziałuje ona na ciało poruszające się poziomo po powierzchni Ziemi, w jej wodach lub atmosferze. Obiekty poruszające się względem Ziemi w dowolnym kierunku na półkuli północnej odchylają się w prawo, a na półkuli południowej – w lewo.



Ryc. II.4.12. Efekty oddziaływania siły Coriolisa.



Ryc. II.4.13. Schemat działania siły Coriolisa.

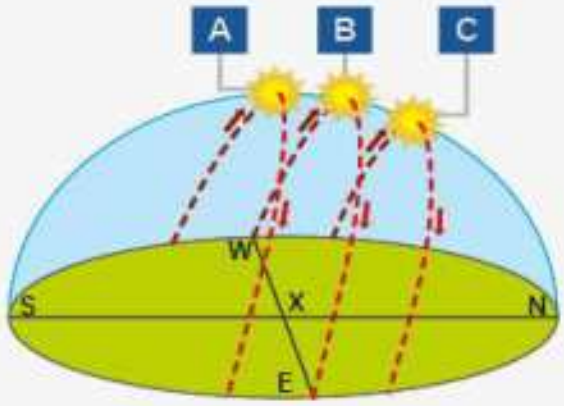


Ryc. II.4.14. Następstwa ruchu obrotowego Ziemi.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Omów przyczyny występowania pór roku.
2. Przedstaw możliwe konsekwencje w sytuacji, gdyby oś ziemska była prostopadła do płaszczyzny orbity. Weź pod uwagę konsekwencje dla klimatu, roślinności, świata zwierzęcego, gospodarki.
3. Podaj korzyści i negatywne skutki zmiany czasu z letniego na zimowy.
4. Wyjaśnij wpływ obrotowego ruchu Ziemi na dobowy rytm życia organizmów.
5. Oblicz w zeszycie różnicę czasu słonecznego między Atenami a Lizboną oraz między Warszawą a Poznaniem.
6. Statek wypłynął z portu w San Francisco 29 grudnia 2018 r. o godz. 16.00 czasu lokalnego. Po 7 dniach i 5 godzinach dotarł do Tokio. Jaka była data i godzina w Tokio w momencie zawinięcia statku do portu?
7. Korzystając z różnych źródeł odpowiedz na poniższe pytania związane z linią zmiany daty.
   a) Gdzie najwcześniej na Ziemi witany jest Nowy Rok, a gdzie najpóźniej?
   b) Czy jest możliwe, aby w jednym momencie na Ziemi występowały 3 różne daty?
   c) Jakie konsekwencje dla zmiany daty mogłaby mieć sytuacja, gdybyś spacerował sobie dookoła bieguna ziemskiego?
   d) Jaka strefa czasowa występuje na biegunach?

8. Zadanie 7. wykonaj w zeszycie na podstawie poniższego rysunku przedstawiającego widome drogi Słońca w pierwszych dniach pór roku w punkcie X znajdującym się na zwrotniku Koziorożca.



a) Zapisz odpowiednie daty do podanych widomych dróg Słońca w punktach A, B oraz C.

b) Oceń prawdziwość poniższych zdań. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeśli jest fałszywe.

1.	W punkcie X w dniu odpowiadającym widomej drodze Słońca C, dzień jest dłuższy od nocy.	P	F
2.	W punkcie X w dniu odpowiadającym widomej drodze Słońca B, dzień jest równy nocy.	P	F

9. Podaj, która godzina czasu lokalnego jest w Paryżu, jeśli w Moskwie w tym samym czasie jest godzina 12.00. Zapisz obliczenia w zeszycie.

10. Podaj długość geograficzną miejscowości A, w której właśnie góruje Słońce, a w tym samym czasie w Los Angeles jest godzina 21.30. Zapisz obliczenia w zeszycie.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 97 ▸ • Ziemia wykonuje ruch wokół własnej osi oraz **ruch obiegowy wokół Słońca**.

s. 101 ▸ • **Następstwa obiegowego ruchu Ziemi** to: zmiana wysokości górowania Słońca, zmiany oświetlenia Ziemi w ciągu roku, zmiana miejsca wschodu i zachodu Słońca na horyzoncie, pozorny ruch Słońca po ekliptyce (na tle gwiazdozbiorów zodiakalnych), zróżnicowanie długości dnia i nocy, występowanie pór roku, występowanie dni i nocy polarnych, rachuba czasu (rok zwrotnikowy), konstrukcja kalendarza.

s. 101 ▸ • **Następstwa ruchu obrotowego Ziemi** to: widomy ruch Słońca na niebie, dobowy obrót sfery niebieskiej, zjawisko występowania dnia i nocy, dobowa rachuba czasu, istnienie czasu słonecznego, strefowego i urzędowego oraz międzynarodowej linii zmiany daty, występowanie siły Coriolisa oraz dobowy rytm życia organizmów, spłaszczenie na biegunach.

s. 106 ▸ • Podstawową jednostką czasu wynikającą z obiegowego ruchu Ziemi jest **rok zwrotnikowy** trwający 365 dni, 5 godzin, 48 minut i 46 sekund.

s. 106 ▸ • Siłę powodującą zbaczanie ciał od nadanego im kierunku względem powierzchni ziemskiej, wywołaną ruchem obrotowym Ziemi, nazywamy **siłą Coriolisa**.

5. Obliczanie wysokości górowania Słońca

NA TEJ LEKCJI:

- zapoznasz się z obliczaniem wysokości górowania Słońca na dowolnej szerokości geograficznej w dniach równonocy i przesileń;
- wykażesz zależności między nachyleniem osi Ziemi w ruchu obiegowym a dopływem energii słonecznej do jej powierzchni.

wysokość górowania Słońca

Wysokość górowania Słońca (*h*), czyli jego najwyższe położenie na niebie w ciągu doby, zmienia się w zależności od szerokości geograficznej oraz pory roku. Gdyby oś ziemska była prostopadła do płaszczyzny orbity Ziemi i ekliptyki, to wysokość Słońca nad horyzontem w południe byłaby na całej kuli Ziemskiej taka sama przez cały rok. Ponieważ oś ziemska jest nachylona pod kątem 66°34' do ekliptyki, to punkt na Ziemi, gdzie Słońce góruje w zenicie, „przesuwa się" od równika w czasie równonocy wiosennej (21 III) do zwrotnika Raka w czasie przesilenia letniego (22 VI), następnie powraca na równik w czasie równonocy jesiennej (23 IX), przemieszcza się na zwrotnik Koziorożca w czasie przesilenia zimowego (22 XII), aby powrócić na równik 21 III. Aby obliczyć wysokość górowania na danej szerokości geograficznej, należy uwzględnić miejsce, w którym w danym dniu Słońce góruje w zenicie. Miejsce to, czyli punkt, w którym promienie słoneczne padają prostopadle do powierzchni Ziemi w momencie górowania, nazywa się **punktem podsłonecznym**. Szerokość geograficzna tego punktu zmienia się w przedziale 23°26'S – 23°26'N. Wartość tę trzeba uwzględniać we wzorze na obliczanie wysokości Słońca.

punkt podsłoneczny

Równonoc wiosenna i jesienna (21 III i 23 IX)

równonoc wiosenna i jesienna

W czasie **równonocy wiosennej i jesiennej** szerokość geograficzna punktu podsłonecznego wynosi 0°. Wówczas wysokość górowania Słońca (*h*) jest równa dopełnieniu szerokości geograficznej (90° – ϕ, czytaj: fi), gdzie ϕ to szerokość geograficzna. Na przykład szerokość geograficzna Krakowa wynosi 50°N, Słońce w dniach 21 III i 23 IX góruje tam na wysokości 40°.

Przesilenie letnie (22 VI)

przesilenie letnie

W czasie przesilenia letniego dla miejsc na Ziemi położonych na północ od zwrotnika Raka do wartości (90° – ϕ) musimy dodać szerokość geograficzną punktu podsłonecznego, która wynosi 23°26'N (szerokość geograficzna zwrotnika Raka). Tak więc w Krakowie 22 VI Słońce góruje na wysokości 40° + 23°26', czyli 63°26'. W pasie pomiędzy zwrotnikiem Raka a równikiem w dniu przesilenia letniego Słońce góruje na wysokości mniejszej niż 90° o różnicę szerokości geograficznej pomiędzy zwrotnikiem Raka a miejscem obserwacji.

Na przykład na szerokości 10°N 22 VI Słońce będzie górować na wysokości 76°34'.

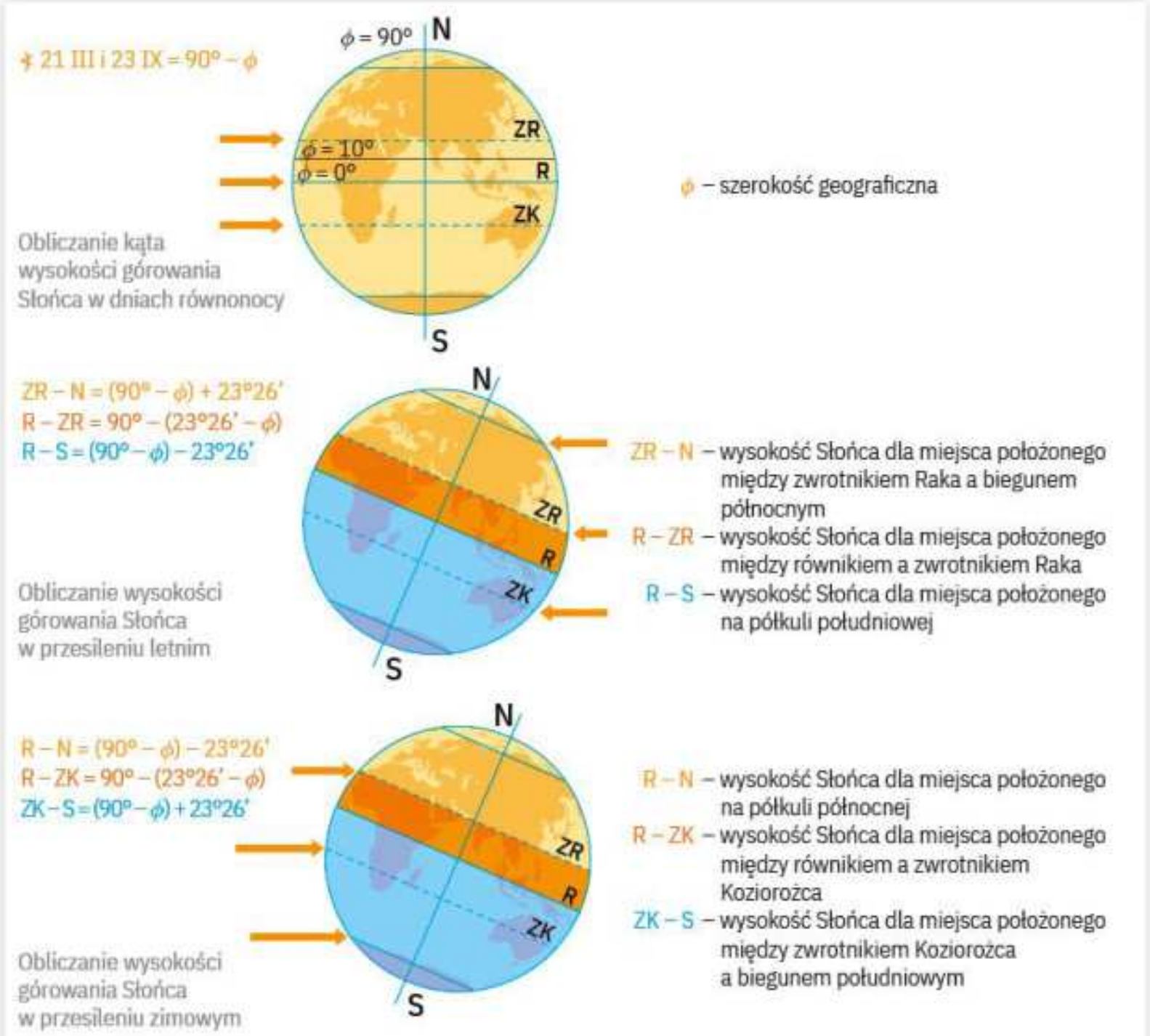
$$23°26' - 10° = 13°26', \text{ czyli } 90° - 13°26' = 76°34'$$

Na półkuli południowej z kolei w czasie przesilenia letniego od dopełnienia szerokości geograficznej obserwowanego miejsca należy jeszcze odjąć szerokość geograficzną punktu podsłonecznego znajdującego się na zwrotniku Raka. Na przykład w Sydney o szerokości geograficznej 33°52'S Słońce 22 VI będzie górować na wysokości 90 – 33°52' – 23°26', czyli 32°42'.

przesilenie zimowe

Przesilenie zimowe (22 XII)

W trakcie przesilenia zimowego na półkuli północnej od dopełnienia szerokości geograficznej (90° – ϕ), trzeba odjąć wartość szerokości punktu podsłonecznego, który 22 XII znajduje się na zwrotniku Koziorożca (23°26'S). W Krakowie wówczas Słońce będzie górować na wysokości 90° – 40° – 23°26' = 26°34'. W strefie między równikiem a zwrotnikiem Koziorożca od wartości



Ryc. II.5.1. Obliczanie kąta padania promieni słonecznych.

90° trzeba odjąć różnicę szerokości geograficznej między punktem podsłonecznym a miejscem obserwacji, czyli na przykład dla miejsca o szerokości 10°S wysokość górowania Słońca 22 XII będzie wynosić 90° – (23°26' – 10°) = 76°34', czyli analogicznie jak dla punktu położonego na szerokości 10°N w dniu przesilenia letniego. Natomiast dla miejsc położonych na południe od zwrotnika Koziorożca do dopełnienia szerokości geograficznej (90° – φ) trzeba dodać szerokość geograficzną punktu podsłonecznego w dniu przesilenia zimowego, czyli 23°26'. Przykładowo: wysokość górowania w Sydney 22 XII będzie wynosić 90 – 33°52' + 23°26', czyli 79°34'.

Aby poprawnie obliczyć wysokość Słońca w pierwszych dniach astronomicznych pór roku, należy ustalić, na której półkuli znajduje się miejsce, dla którego ma być wyznaczona wysokość górowania, czy jest ono w strefie międzyzwrotnikowej i gdzie znajduje się Słońce w zenicie (jaka jest szerokość geograficzna punktu podsłonecznego).

Krok po kroku

1. Oblicz wysokość górowania Słońca (h) w pierwszych dniach astronomicznych pór roku w Murmańsku (Rosja, 68°58'N, 33°05'E).

Rozwiązanie:

Krok 1. Analizujemy położenie miejscowości.

Murmańsk jest położony na szerokości geograficznej północnej, poza strefą międzyzwrotnikową. Dla równonocy wiosennej i jesiennej stosujemy ten sam wzór dla wszystkich miejsc na Ziemi. Dla przesilenia letniego należy zastosować wzór dla miejsca położonego pomiędzy zwrotnikiem Raka a biegunem północnym (ZR – N), a dla przesilenia zimowego - wzór dla miejsca położonego na półkuli północnej (R – N).

Krok 2. Wykonujemy obliczenia.

21 III i 23 IX

$h = 90° - \phi = 90° - 68°58' = 21°02'$

22 VI

$h = (90° - \phi) + 23°26' = (90° - 68°58') + 23°26' = 21°02' + 23°26' = 44°28'$

22 XII

$h = (90° - \phi) - 23°26' = (90° - 68°58') - 23°26' = 21°02' - 23°26' = -2°24'$

Odpowiedź: Wysokość górowania Słońca w Murmańsku w dniach 21 III i 23 IX wynosi 21°02', 22 VI jest równa 44°28', a 22 XII ma wartość –2°24', co oznacza, że w tym dniu Słońce góruje tam pod horyzontem (nie wschodzi), czyli mamy zjawisko nocy polarnej.

2. Oblicz wysokość górowania Słońca (*h*) w pierwszych dniach astronomicznych pór roku w Rio de Janeiro (Brazylia, 22°54'S, 43°12'W).

Krok 1. Analizujemy położenie miejscowości.

Rio de Janeiro jest położone na szerokości geograficznej południowej, w strefie międzyzwrotnikowej. Dla równonocy wiosennej i jesiennej stosujemy ten sam wzór dla wszystkich miejsc na Ziemi. Dla przesilenia letniego należy zastosować wzór miejsca położonego na półkuli południowej (R – S), a dla przesilenia zimowego – wzór dla miejsca położonego między zwrotnikiem Koziorożca a biegunem południowym (ZK – S).

Krok 2. Wykonujemy obliczenia.

21 III i 23 IX

$h = 90° - \phi = 90° - 22°54' = 67°02'$

22 VI

$h = (90° - \phi) - 23°26' = (90° - 22°54') - 23°26' = 67°02' - 23°26' = 43°36'$

22 XII

$h = 90° - (23°26' - \phi) = 90° - (23°26' - 22°54') = 90° - 0°32' = 89°28$

Odpowiedź: Wysokość górowania Słońca w Rio de Janeiro w dniach 21 III i 23 IX wynosi 67°02', 22 VI jest równa 43°36', a 22 XII ma wartość 89°28', co oznacza, że w tym dniu Słońce góruje tam niemalże w zenicie.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Oblicz w zeszycie wysokości górowania Słońca w pierwszych dniach astronomicznych pór roku dla następujących miejsc na Ziemi: biegun północny, biegun południowy, koło podbiegunowe północne, koło podbiegunowe południowe, zwrotnik Raka, zwrotnik Koziorożca, równik.
2. Wyznacz wysokość górowania Słońca w pierwszych dniach astronomicznych pór roku w swojej miejscowości.
3. Ustal, na jakiej wysokości góruje Słońce w pierwszych dniach astronomicznych pór roku w następujących miastach: Nowy Jork, Hawana, Bogota, Lusaka, Ateny, Norylsk, Singapur. Znajdź współrzędne geograficzne tych miast w atlasie.
4. Korzystając z poniższego rysunku, oceń, czy podane zdania są prawdziwe, czy fałszywe. Wybierz P, jeśli zdania są prawdziwe oraz F, jeśli zdania są fałszywe. Zapisz odpowiedzi w zeszycie.

1.	22 XII Słońce najwyżej góruje w punkcie D.	P	F
2.	22 VI dzień jest krótszy w punkcie B niż w punkcie A.	P	F
3.	Gdy Słońce góruje w zenicie nad zwrotnikiem Raka, to najwyższa wysokość Słońca w momencie górowania spośród czterech podanych punktów występuje w punkcie C.	P	F
4.	W punkcie B Słońce każdego dnia w ciągu roku góruje na wysokości nie mniejszej niż 66°.	P	F



5. Oblicz wysokość górowania Słońca 22 VI w stolicy Brazylii oraz Argentyny (szerokość geograficzna Brasilii – 15°47'S, szerokość geograficzna Buenos Aires – 34°37'S). Zapisz obliczenia w zeszycie. Podaj, po której stronie nieba Słońce góruje w Brasilii przez większą część roku.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Wysokość górowania Słońca** (h), czyli jego najwyższe położenie na niebie w ciągu dnia, zmienia się w zależności od szerokości geograficznej oraz pory roku. ◂ s. 109
- **Punkt podsłoneczny** to punkt, w którym promienie słoneczne padają prostopadle do powierzchni Ziemi w momencie górowania. ◂ s. 109
- W czasie **równonocy wiosennej i jesiennej** szerokość geograficzna punktu podsłonecznego wynosi 0°. ◂ s. 109
- W czasie **przesilenia letniego** dla miejsc na Ziemi położonych na północ od zwrotnika Raka do wartości $(90° - \phi)$ musimy dodać szerokość geograficzną punktu podsłonecznego (w tym wypadku zwrotnika Raka, ponieważ tam Słońce góruje w zenicie), która wynosi 23°26'N. ◂ s. 109

6. Wyznaczanie współrzędnych geograficznych na podstawie wysokości górowania Słońca

NA TEJ LEKCJI:

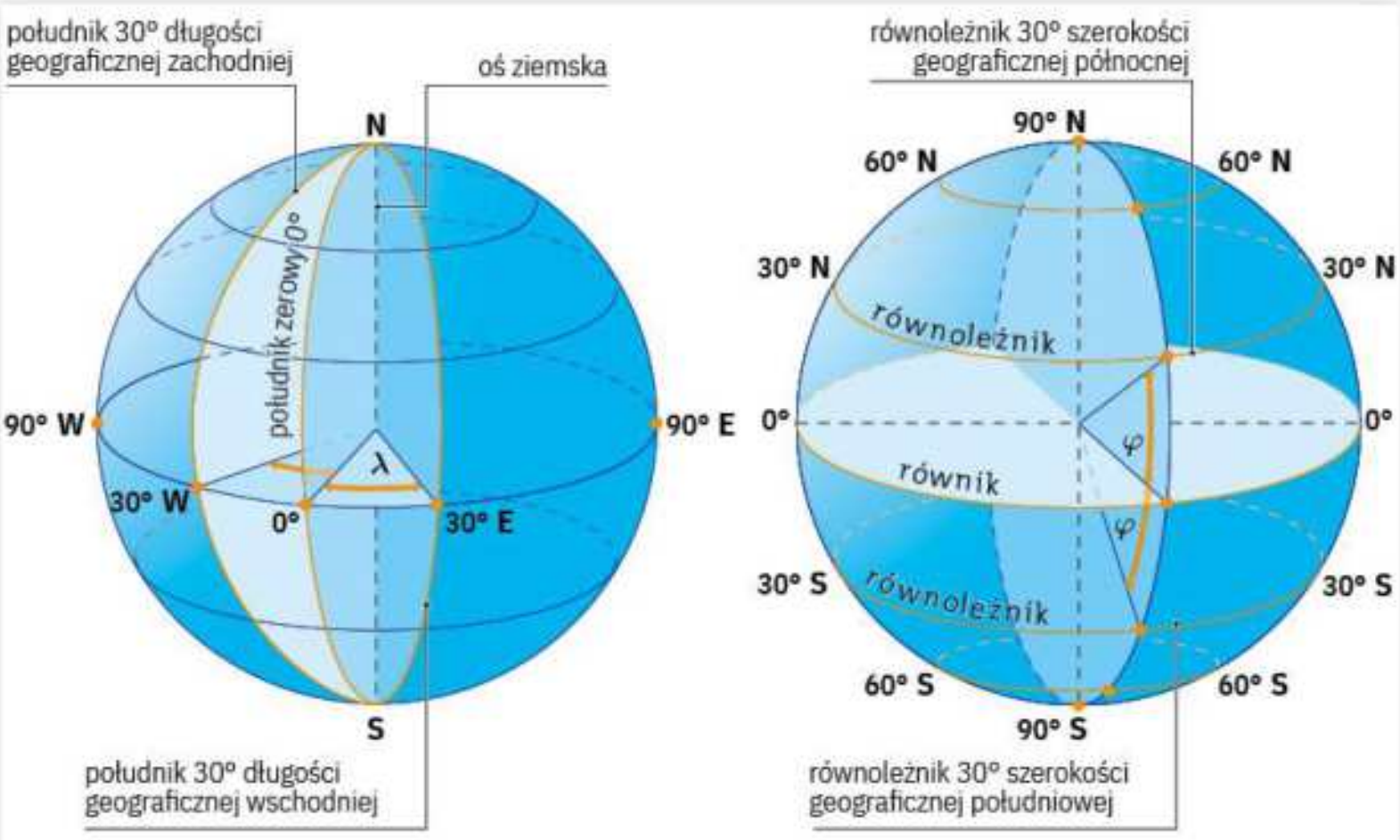
- nauczysz się stosować metodę wyznaczaniu współrzędnych geograficznych dowolnego punktu na powierzchni Ziemi na podstawie wysokości górowania Słońca w dniach równonocy i przesileń;
- obliczysz różnice czasu słonecznego.

Długość i szerokość geograficzna

Współrzędne geograficzne można wyznaczyć na mapie, na globusie lub w terenie za pomocą odbiornika GPS. Pośrednio współrzędne geograficzne możemy wyznaczyć również na podstawie górowania Słońca. Przy określaniu współrzędnych podaje się długość i szerokość geograficzną.

długość geograficzna

Długość geograficzna to kąt zawarty między półpłaszczyzną południka początkowego a półpłaszczyzną południka przechodzącą przez dany punkt na powierzchni



Ryc. II.6.1. Wyznaczanie współrzędnych geograficznych.

Ziemi. Za południk początkowy (o długości geograficznej 0°) uznano południk przechodzący przez Królewskie Obserwatorium Astronomiczne Greenwich w Londynie. Wartości długości geograficznej mieszczą się w przedziale 0–180° i mierzy się je na wschód (długość geograficzna wschodnia) oraz na zachód (długość geograficzna zachodnia) od południka 0°. Różnica długości geograficznej skrajnych punktów danego terytorium nosi nazwę rozciągłości równoleżnikowej.

Szerokość geograficzna to kąt zawarty pomiędzy płaszczyzną równika a promieniem ziemskim przechodzącym przez dany punkt na powierzchni Ziemi. Wartości szerokości geograficznej mieszczą się w przedziale 0–90° i mierzy się ją na północ (szerokość geograficzna północna) oraz na południe (szerokość geograficzna południowa) od równika. Szerokość geograficzną określa się na równoleżnikach, czyli okręgach powierzchni Ziemi, których płaszczyzny są równoległe do równika. Różnica szerokości geograficznej skrajnych punktów danego terytorium nosi nazwę rozciągłości południkowej. Równoleżniki i południki tworzą siatkę geograficzną, która służy do określania położenia geograficznego punktów.

szerokość geograficzna

Wyznaczanie szerokości i długości geograficznej na podstawie górowania Słońca

Ponieważ wysokość Słońca w momencie górowania danego miejsca na Ziemi jest zależna od jego szerokości geograficznej oraz odległości od punktu podsłonecznego, to na podstawie wysokości górowania Słońca, szerokości geograficznej punktu podsłonecznego (czyli miejsca, gdzie w danym momencie Słońce jest w zenicie), można obliczyć szerokość geograficzną punktu obserwacji. Innymi słowy: wystarczy znać wysokość Słońca w momencie górowania oraz datę obserwacji, aby wyznaczyć szerokość geograficzną. Z kolei długość geograficzną danego punktu można obliczyć, znając czas słoneczny tego punktu oraz innego miejsca odniesienia.

Krok po kroku

1. Podaj szerokość geograficzną punktu, w którym 22 VI można zaobserwować górowanie Słońca po południowej stronie nieba pod kątem 25°.

Rozwiązanie:

Krok 1. Przeanalizujmy położenie punktu.

Wiemy, że 22 VI Słońce znajduje w zenicie na zwrotniku Raka. Skoro obserwator widzi górujące Słońce po południowej stronie nieba, to oznacza, że znajduje się on na północ od zwrotnika Raka.

Krok 2. Wartości podstawiamy do odpowiedniego wzoru.

$h = (90° - \phi) + 23°26'$

gdzie:

h – wysokość Słońca w momencie górowania (25°)

ϕ – szerokość geograficzna miejsca obserwacji (niewiadoma)

Krok 3. Wykonujemy obliczenia.

$25° = (90° - \phi) + 23°26'$

$\phi = 90° + 23°26' - 25°$

$\phi = 88°26'$

Odpowiedź: Szerokość geograficzna punktu, w którym 22 VI można zaobserwować górowanie Słońca po południowej stronie nieba pod kątem 25°, wynosi 88°26'N.

2. Podaj długość geograficzną miejscowości A, w której jest godzina 11.30 czasu słonecznego. W tym czasie w Rzymie (42°N, 12°30'E) jest 8.25.

Rozwiązanie:

Krok 1. Analizujemy położenie miejscowości.

Jeśli w Rzymie jest godzina 8.25, a w miejscowości A jest godzina późniejsza, to oznacza, że miejscowość ta leży na wschód od Rzymu.

Krok 2. Wykonujemy obliczenia.

Różnica czasu między miejscowością A a Rzymem wynosi 3 godz. i 5 min, czyli 185 min.

Wiemy, że 1° – 4 min. Układamy proporcję:

1° – 4 min

$x°$ – 185 min

$x = (1° \times 185 \text{ min}) : 4 \text{ min} = 46°1/4 = 46°15'$

Krok 3. Analizujemy różnicę długości geograficznej w danych miejscowościach i interpretujemy wyniki.

Różnica w długości geograficznej pomiędzy tymi miejscowościami wynosi 46°15'. W tym wypadku należy dodać wartość różnicy długości geograficznej do długości geograficznej Rzymu.

12°30'E + 46°15' = 58°45'

Odpowiedź: Miejscowość A jest położona na długości geograficznej 58°45'E.

3. Podaj długość geograficzną miejscowości B, w której jest godzina 10.24 czasu słonecznego, oraz miejscowości C, w której w tym samym momencie jest godzina 16.36 czasu słonecznego. W tym czasie w Moskwie (55°45'N, 37°37'E) jest godzina 18.15.

Rozwiązanie:

Krok 1. Analizujemy położenie miejscowości.

Jeśli w Moskwie jest godzina 18.15, a w miejscowościach B i C jest godzina wcześniejsza, to oznacza, że miejscowości te leżą na zachód od Moskwy.

Krok 2. Wykonujemy obliczenia.

Różnica czasu między miejscowością B a Moskwą wynosi 7 godz. i 48 min, czyli 468 min.

Wiemy, że 1° – 4 min. Układamy proporcję:

1° – 4 min

x° – 468 min

x = (1° x 468 min) : 4 min = 117°

Różnica czasu między miejscowością C a Moskwą wynosi 1 godz. i 39 min, czyli 99 min.

Wiemy, że 1° – 4 min. Układamy proporcję:

1° – 4 min

x° – 99 min

x = (1° x 99 min) : 4 min = 24°3/4 = 24°45'

Krok 3. Analizujemy różnicę długości geograficznej w danych miejscowościach i interpretujemy wyniki.

Różnica w długości geograficznej pomiędzy miejscowością B a Moskwą wynosi 117°. Aby obliczyć długość geograficzną miejscowości B, należy odjąć od różnicy długość geograficzną Moskwy, ponieważ miejscowość B jest położona na drugiej półkuli (zachodniej).

117° – 37°37' = 79°23'W

Różnica w długości geograficznej pomiędzy miejscowością C a Moskwą wynosi 24°45' (patrz rysunek). Aby obliczyć długość geograficzną miejscowości C, należy odjąć od długości geograficznej Moskwy różnicę długości pomiędzy miejscowościami, ponieważ miejscowość C jest położona na tej samej półkuli, co Moskwa (wschodniej).

37°37' – 24°45' = 12°52'E



Odpowiedź: Miejscowość B jest położona na długości geograficznej 79°23'W, natomiast miejscowość C – na długości geograficznej 12°52'E.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Podaj szerokość geograficzną punktu, w którym 22 XII można zaobserwować górowanie Słońca po północnej stronie nieba pod kątem 53°.
2. Podaj długość geograficzną miejscowości A, w której jest godzina 6.30 czasu słonecznego. Wiesz, że w tym czasie we Władywostoku (43°10'N, 131°56'E) jest godzina 13.00.
3. Podaj szerokość geograficzną miejsca, w którym 22 VI można zaobserwować górowanie Słońca po południowej stronie nieba pod kątem 40°. Zapisz obliczenia w zeszycie.
4. Podaj długość geograficzną miejsca, w którym jest godzina 16.20 czasu słonecznego. W tym czasie w Tokio (35°40'N 139°45'E) jest godzina 7.45.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 114 ▸

- **Długość geograficzna** to kąt zawarty między półpłaszczyzną południka początkowego a półpłaszczyzną południka przechodzącą przez dany punkt na powierzchni Ziemi, mieści się w przedziale 0–90°N i 0–90°S oraz 0–180°E i 0–180°W.

s. 115 ▸

- **Szerokość geograficzna** to kąt zawarty pomiędzy płaszczyzną równika a promieniem ziemskim przechodzącym przez dany punkt na powierzchni Ziemi, jej wartości mieszczą się w przedziale 0–90°N i 0–90°S.

7. Oddziaływanie Słońca i Księżyca. Zaćmienia i pływy morskie

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, czym są spowodowane poszczególne fazy Księżyca;
- wytłumaczysz zjawisko zaćmienia Słońca i Księżyca;
- zapoznasz się z oddziaływaniem Księżyca i Słońca na powstawanie pływów.

Księżyc

naturalny satelita Ziemi

Księżyc jest **naturalnym satelitą Ziemi** okrążającym ją w czasie 27,3 doby (**miesiąc syderyczny**). Średnia odległość Ziemi od Księżyca wynosi 384 400 km, ale ze względu na oddziaływania grawitacyjne Słońca i innych planet w czasie ruchu

obiegowego się zmienia. Najmniejsza odległość Księżyca od środka Ziemi (w perygeum jego orbity) wynosi 356 400, natomiast w apogeum (największa odległość) wynosi 406 700 km.

Charakterystyczne dla Księżyca jest to, że zawsze jest on zwrócony jedną stroną ku Ziemi, a druga (tzw. **ciemna strona Księżyca**) jest niewidzialna dla obserwatora z Ziemi. Dzieje się tak dlatego, że okres obiegu dookoła Ziemi równa się okresowi jego obrotu dookoła własnej osi. Księżyc świeci światłem odbitym od swojej tarczy.

ciemna strona Księżyca



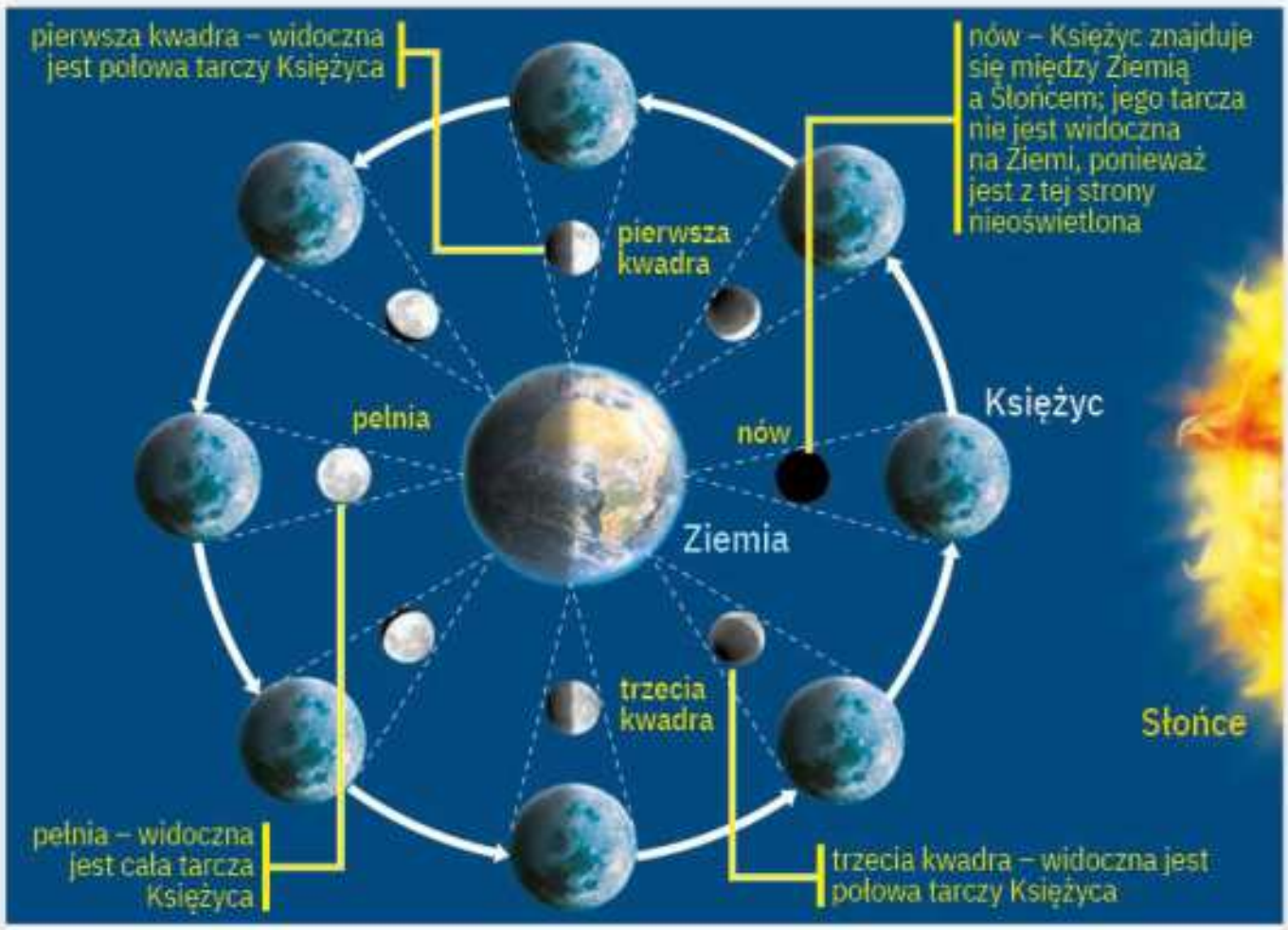
Średnia odległość od Ziemi: **384 400 km**
Okres obiegu Ziemi: **27,3217 doby**
Promień równikowy: **1738 km**
Masa (Ziemia = 1): **0,0123**
Obwód orbity: **2 413 402 km**
Przyspieszenie grawitacyjne (Ziemia = 1): **0,1654**
Temperatura: **–173°C** (min) **–117°C** (max)

Ryc. II.7.1. Cechy charakterystyczne Księżyca.

Fazy Księżyca

fazy Księżyca

W zależności od wzajemnego położenia Ziemi, Słońca i Księżyca w poszczególnych okresach widzimy różny stopień oświetlenia jego tarczy. Wyróżniamy cztery fazy oświetlenia tarczy Księżyca: nów, pierwsza kwadra, pełnia, trzecia kwadra. Okres między tymi samymi fazami Księżyca nazywamy **miesiącem synodycznym**. Jest on dłuższy od miesiąca syderycznego i trwa 29,5 doby. Gdy Księżyc znajduje się między Ziemią a Słońcem, wówczas jego tarczy nie widać z Ziemi (nów), a Słońce oświetla wtedy przeciwną stronę Księżyca. Krótko po nowiu pojawia się wąski pasek tarczy w kształcie sierpa, a w momencie osiągnięcia odległości kątowej od Słońca wynoszącej 90° (po mniej więcej 7 dniach od nowiu) mamy pierwszą kwadrę (tarcza widoczna ma kształt litery D). Podczas pełni widać pełną tarczę Księżyca, który znajduje się w opozycji, czyli po przeciwnej stronie Ziemi niż Słońce. Wówczas wschodzi po zachodzie Słońca i jest widoczny przez całą noc. Po kolejnych 7 dniach wielkość oświetlonej tarczy zmniejsza się i przybiera kształt litery C. Gdy Księżyc osiągnie odległość kątową 270° od Słońca, znajduje się w trzeciej (ostatniej) kwadrze. Po dalszych 7 dniach ponownie nadchodzi nów. Miesiąc synodyczny jest dłuższy od miesiąca syderycznego, ponieważ Księżyc oprócz swojego ruchu obrotowego i obiegowego przesuwa się wraz z Ziemią dookoła Słońca, dlatego po powrocie do tego samego położenia względem gwiazd musi jeszcze przebyć część swojej orbity, aby znaleźć się w tym samym położeniu względem Słońca.



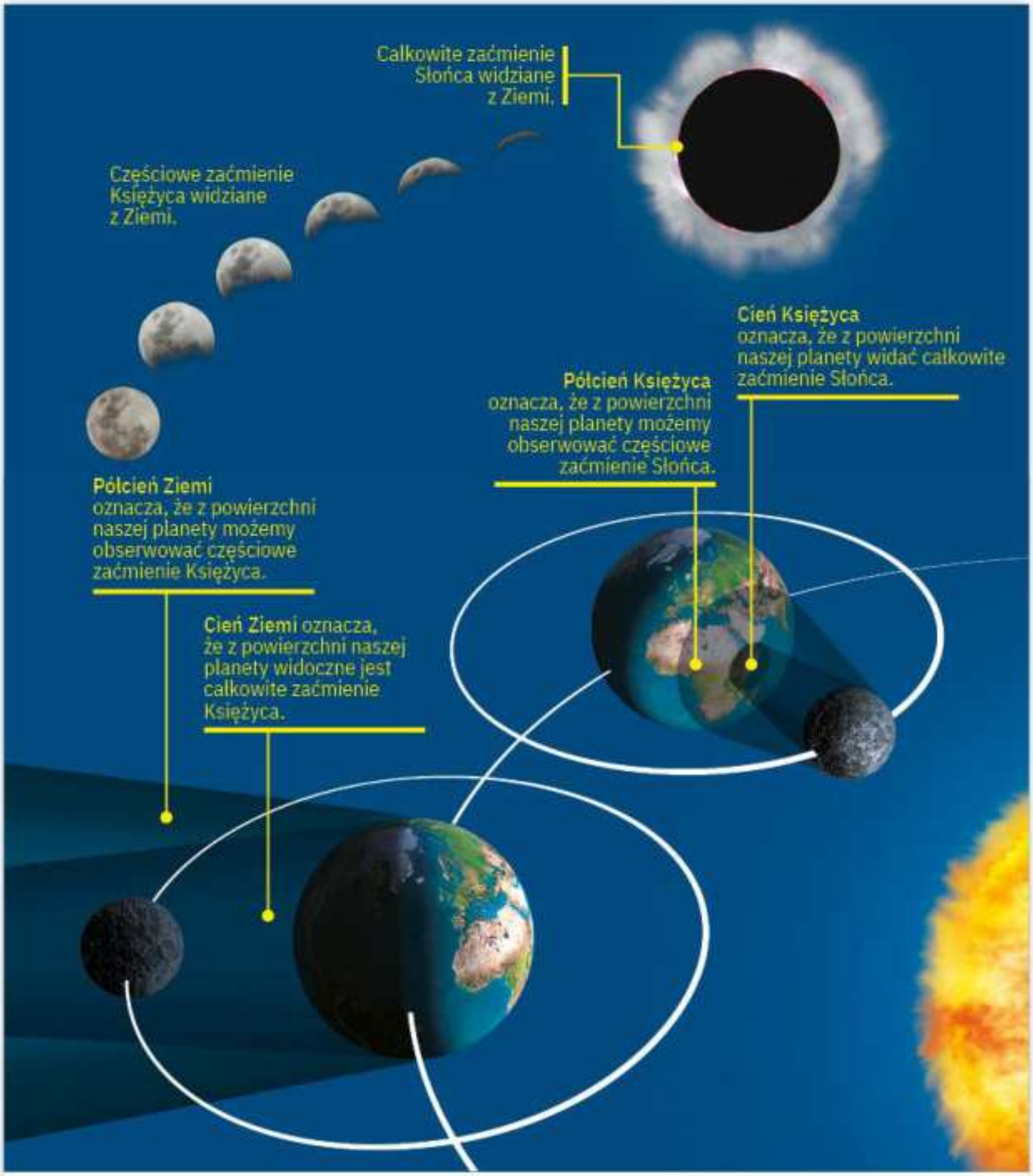
Ryc. II.7.2. Fazy Księżyca.

zaćmienie Słońca i Księżyca

Zaćmienie Słońca i Księżyca

Zjawisko zaćmienia występuje wtedy, gdy dane ciała niebieskie ustawią się w jednej linii i na drodze promieni biegnących od jakiegoś ciała do obserwatora znajdzie się inne, które przysłania to pierwsze. Inny przypadek to taki, gdy ciało świecące światłem odbitym zostaje przesłonięte przez inne, również nieświecące ciało, w efekcie czego pierwsze przestaje świecić. Obserwator na Ziemi może obserwować zaćmienia Słońca i Księżyca, które są powodowane przez układ Słońce–Ziemia–Księżyc. Do **zaćmienia Słońca** dochodzi, gdy na drodze promieni słonecznych biegnących do obserwatora znajdzie się Księżyc i przysłoni tarczę Słońca. Księżyc rzuca wtedy na Ziemię cień o szerokości około 270 km. W szerszym pasie można obserwować zaćmienie częściowe. Zaćmienie Słońca w najbardziej sprzyjających okolicznościach nie trwa dłużej niż 8 minut. Ostatnie całkowite zaćmienie Słońca w Polsce miało miejsce 30 czerwca 1954 r., ale było widoczne jedynie na Suwalszczyźnie. 20 marca 2015 r. mieliśmy w naszym kraju zaćmienie częściowe, zasłonięte zostało od 63% tarczy słonecznej w Polsce południowo-wschodniej do 75% w części północno-zachodniej. Kolejne zaćmienie Słońca będzie widoczne w Polsce 13 lipca 2075 roku, ale będzie to tzw. zaćmienie obrączkowe, gdyż Księżyc nie zasłoni w całości słonecznej tarczy, ponieważ będzie się znajdować na swojej orbicie dalej od Ziemi niż zwykle. Będzie przez to mniejszy i pozostawi świecącą obwódkę Słońca. Zaćmienie Słońca zachodzi w nowiu, gdy płaszczyzna orbity Księżyca przecina się z płaszczyzną ekliptyki (nachylenie wynosi około 5°). Gdyby płaszczyzna orbity Księżyca leżała dokładnie w płaszczyźnie ekliptyki (a tym samym w płaszczyźnie orbity Ziemi), to w każdym nowiu dochodziłoby do zaćmienia Słońca, a podczas każdej pełni do zaćmienia Księżyca.

Do **zaćmień Księżyca** dochodzi, gdy Ziemia znajduje się dokładnie między Słońcem i Księżycem, a wszystkie trzy ciała są w jednej płaszczyźnie. Tarcza Księżyca jest wtedy przysłaniana przez cień Ziemi. Faza całkowitego zaćmienia Księżyca jest z reguły dłuższa niż zaćmienia Słońca i może trwać nawet do 1 godziny i 40 minut. W czasie całkowitego zaćmienia tarcza Księżyca świeci purpurowo-czerwoną poświatą pochodzącą od oświetlania Księżyca promieniami Słońca załamującymi się w atmosferze ziemskiej. Ostatnie całkowite zaćmienie Księżyca w Polsce miało miejsce 21 stycznia 2019 r.



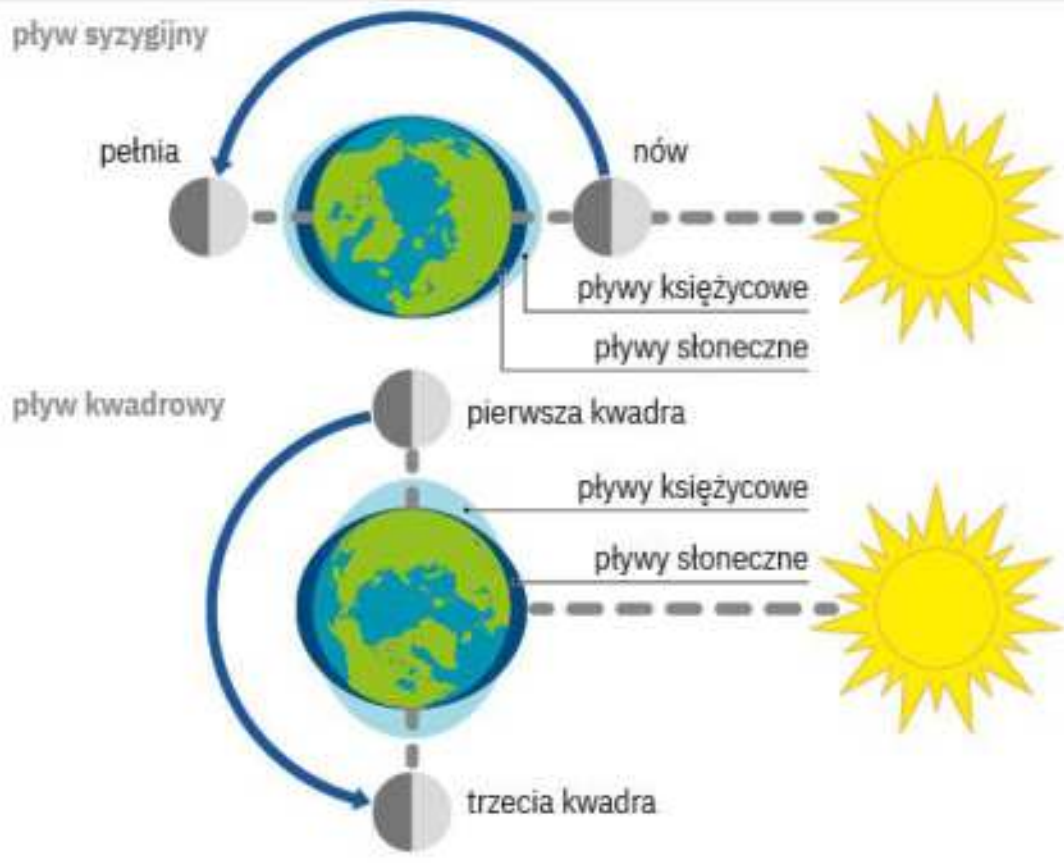
Ryc. II.7.3. Zaćmienie Słońca i Księżyca.

pływy morskie ▸

Pływy morskie

Pływy morskie polegają na regularnym podnoszeniu i opadaniu poziomu wody w oceanie. Są one spowodowane przyciąganiem Słońca i Księżyca. Podczas ruchu obrotowego Ziemi w ciągu doby w danym miejscu na powierzchni Ziemi zmienia się siła przyciągania Słońca i Księżyca. Może się ona sumować (gdy Księżyc, Ziemia i Słońce znajdują się w jednej linii, podczas nowiu lub pełni Księżyca (wówczas mówimy o **pływach syzygijnych**). Siła pływów może się wzajemnie znosić, gdy odległość kątowa Księżyca od Słońca wynosi 90° lub 270° (podczas pierwszej i trzeciej (ostatniej) kwadry). Pływy morskie pojawiają się cyklicznie zawsze od strony Księżyca i dokładnie po przeciwnej stronie – najpierw następuje przypływ, poziom morza podnosi się i zalewa plaże, następnie poziom wody obniża się. Dlatego też przeciętny czas między kolejnymi przypływami wynosi 12 godzin i 27 minut. Wielkość pływów zależy także od wielu innych czynników, takich jak kształt wybrzeża (duże pływy w zatokach) czy głębokość morza. Największe pływy występują w Zatoce Fundy w Kanadzie, gdzie średnia wielkość przypływu wynosi 11,4 m, a największa zarejestrowana – 19,6 m.

pływy syzygijne ▸



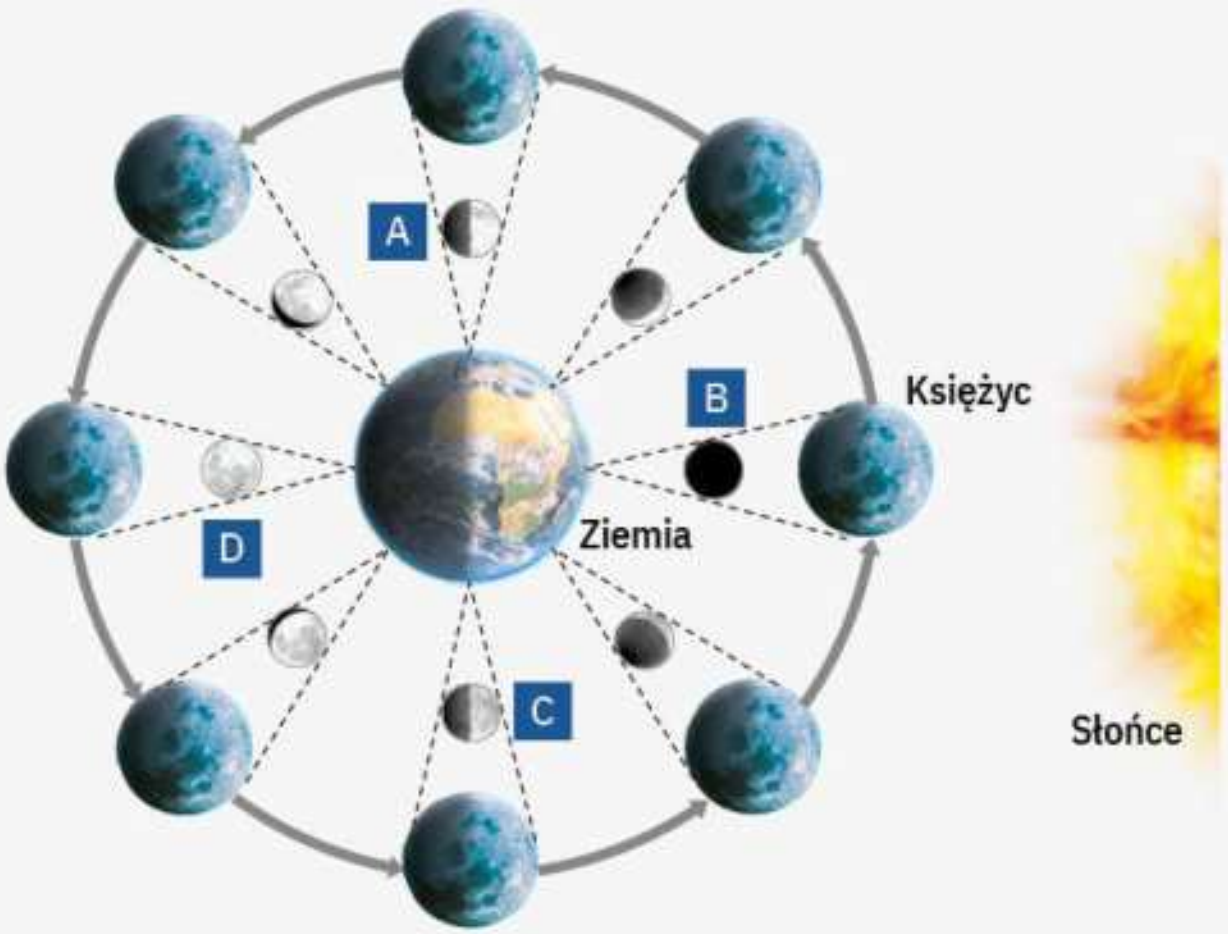
Ryc. II.7.4. Schemat występowania pływów.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Podaj różnice między miesiącem syderycznym a miesiącem synodycznym.
2. Wyjaśnij, dlaczego tak rzadko dochodzi do zaćmień Słońca i Księżyca na danym miejscu na Ziemi. Średnio na danym obszarze całkowite zaćmienie Słońca zdarza się co 370 lat. W Polsce najbliższe zaćmienie Słońca (obrączkowe) będzie obserwowane w 2075 r., a całkowite – w 2135 r.)

3. Wyjaśnij mechanizm tworzenia się pływów morskich.

4. Nazwij fazy księżyca zaznaczone na poniższym rysunku nazwy faz Księżyca w odpowiednim miejscu. Odpowiedzi zapisz w zeszycie.



5. Wyjaśnij mechanizm powstawania zaćmienia Słońca i Księżyca. Użyj rysunku.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- Księżyc jest **naturalnym satelitą Ziemi** okrążającym ją w czasie 27,3 doby (miesiąc syderyczny). ◂ s. 118
- Księżyc jest zawsze zwrócony jedną stroną ku Ziemi, a druga (tzw. **ciemna strona Księżyca**) jest niewidzialna dla obserwatora z Ziemi. ◂ s. 119
- Wyróżniamy **cztery fazy oświetlenia tarczy Księżyca**: nów, pierwsza kwadra, pełnia, trzecia kwadra. Okres między tymi samymi fazami Księżyca nazywamy miesiącem synodycznym. ◂ s. 119
- Do **zaćmienia Słońca** dochodzi, gdy na drodze promieni słonecznych biegnących do obserwatora znajdzie się Księżyc i przysłoni tarczę Słońca. ◂ s. 120
- Do **zaćmienia Księżyca** dochodzi, gdy Ziemia znajduje się dokładnie między Słońcem i Księżycem, a wszystkie trzy ciała są w jednej płaszczyźnie. ◂ s. 120
- **Pływy morskie** są spowodowane przyciąganiem Słońca i Księżyca oraz polegają na regularnym podnoszeniu i opadaniu poziomu wody w oceanie. ◂ s. 122

PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

s. 72 ▸ **Budowa Wszechświata**

Zwykła materia	Ciemna materia	Ciemna energia
– Obejmuje materię widzialną stanowiącą niespełna 5% bilansu energii i materii Wszechświata, zbudowaną z atomów, jonów i elektronów. – W jej skład wchodzą galaktyki (skupiające gwiazdy, planety i inne ciała niebieskie) oraz gazy i pyły międzygalaktyczne.	– To niewidzialna masa, która nie emituje światła i nie odbija promieniowania. – Informacje o niej uzyskuje się pośrednio – na podstawie oddziaływania grawitacyjnego na galaktyki, które otacza. – Dzięki grawitacji obłoków ciemnej materii gwiazdy nie ulegają rozproszeniu podczas ruchu wokół jąder galaktyk.	– Jest niewidzialną energią, dzięki której Wszechświat się rozszerza z coraz większą prędkością.

s. 73–74 ▸ **Budowa Galaktyki (Drogi Mlecznej)**

Jądro galaktyki	Centralna wypukłość	Dysk galaktyczny	Halo galaktyczne
– niewidoczne w świetle widzialnym, silne źródło promieniowania elektromagnetycznego	– kuliste zgrupowanie starych gwiazd otaczających jądro	– składa się z dysku utworzonego przez gwiazdy oraz dysku gazowego	– sferoidalna przestrzeń otaczająca galaktykę, rzadko wypełniona gwiazdami

s. 75 ▸ **Etapy rozwoju gwiazd**

Protogwiazda	Karzeł	Biały karzeł	Olbrzym
– gwiazda znajdująca się w bardzo wczesnym stadium ewolucji, w którym nie zachodzą rekcje jądrowe, a głównym źródłem energii jest grawitacyjne kurczenie się	– gwiazda, która przestaje się kurczyć i w której zachodzą reakcje termojądrowe – gwiazdy o rozmiarach i jasności mniejszych od Słońca oraz znacznie od niego chłodniejsze, charakteryzujące się jednocześnie wolniejszym tempem syntezy wodoru to czerwone karły, które są niewidoczne gołym okiem	– gwiazda o bardzo małych rozmiarach, która całkowicie wyczerpała zapasy paliwa jądrowego (wodoru), o zmniejszającej się temperaturze powierzchniowej – stanowi ostatnie stadium ewolucji gwiazd o małych masach	– gwiazda o dużych rozmiarach i dużej jasności oraz o niejednorodnej strukturze

Czerwony olbrzym	Supernowa	Gwiazda neutronowa
– gwiazda w końcowym stadium reakcji termojądrowych, gdzie po zakończeniu syntezy helu w jądrze następuje przemiana wodoru w hel w zewnętrznej powłoce gwiazdy, wskutek czego zwiększa ona swój rozmiar – temperatura powierzchniowa gwiazdy ulega zmniejszeniu i zaczyna ona świecić czerwonym światłem	– gwiazda, w której przestały zachodzić reakcje termojądrowe, zmniejszenie ciśnienia w jądrze powoduje zapadanie się gwiazdy pod własnym ciężarem, a po osiągnięciu wartości krytycznej dochodzi do wybuchu	– pozostałość po wybuchu supernowej – odrzucona materia rozpływa się w przestrzeni międzygwiazdowej, a jądro gwiazdy charakteryzuje się bardzo dużą gęstością, w którym zachodzi łączenie elektronów i protonów w neutrony

Różnice pomiędzy teorią geocentryczną a heliocentryczną

◂ s. 83

Teoria geocentryczna	Teoria heliocentryczna
Została opracowana w II w. n.e. przez greckiego astronoma Klaudiusza Ptolemeusza.	Przedstawił ją w XVI w. polski astronom Mikołaj Kopernik.
Nieruchoma Ziemia stanowi centrum Wszechświata.	Nieruchome Słońce znajduje się w środku Wszechświata (współcześnie w centrum Układu Słonecznego).
Ziemię obiegają planety: Księżyc, Merkury, Wenus, Słońce, Mars, Jowisz i Saturn.	Planety (Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz i Saturn) obiegają Słońce ruchem jednostajnym po okręgach.
Pozostałe ciała (rzeczywiste planety) biegną dodatkowo po mniejszych okręgach, tzw. epicyklach.	Ziemia obraca się wokół własnej osi.
Księżyc i Słońce obiegają Ziemię ruchem jednostajnym po okręgach.	Ziemię obiega tylko Księżyc.

Budowa Układu Słonecznego

◂ s. 91–92

Elementy Układu Słonecznego	Charakterystyka
Słońce (centralna gwiazda Układu Słonecznego)	– Masa Słońca stanowi 99,9% masy całego Układu Słonecznego. – Słońce jest kulą gazową zbudowaną głównie z wodoru (73% masy) i helu (26%). – Wnętrze Słońca stanowi jądro, w którym zachodzą reakcje termojądrowe (synteza jąder helu z jąder wodoru) będące źródłem promieniowania elektromagnetycznego. – Zewnętrzne warstwy zjonizowanego gazu tworzą **atmosferę słoneczną, w skład której wchodzą:** – fotosfera, – chromosfera, – korona słoneczna.
Planety	Wyróżnia się: – planety skaliste (wewnętrzne): – Merkury, – Wenus, – Ziemia, – Mars; – planety gazowe (zewnętrzne): – Jowisz, – Saturn, – Uran, – Neptun.
Planety karłowate	Obiekty astronomiczne, krążące po orbicie wokół Słońca, mniejsze od planet, ale wbrew nazwie do nich niezaliczane. Są to: – Pluton, – Ceres, – Makemake, – Haumea, – Eris.
Księżyce	– Ciała niebieskie okrążające planety. – Największym znanym księżycem w Układzie Słonecznym jest Ganimedes o średnicy 5262 km obiegający Jowisza. – Inne duże księżyce to: Tytan (Saturn), Kallisto (Jowisz), Io (Jowisz), Księżyc (Ziemia) i Europa (Jowisz).

Elementy Układu Słonecznego	Charakterystyka
Planetoidy	– To małe ciała niebieskie o rozmiarze od kilku do ponad 1000 km. – Obiegają Słońce. – Mają skalną lub lodową powierzchnię oraz nieregularny kształt. – Większość planetoid znajduje się w **pasie planetoid** pomiędzy Marsem a Jowiszem. – Pozostałe planetoidy występują w **pasie Kuipera**.
Meteoroidy	– Są okruchami poruszającymi się wokół Słońca skalnymi, które po wejściu w atmosferę ziemską wywołują zjawisko **meteorów** (świecącego śladu zwanego potocznie „spadającymi gwiazdami"). – Meteoroidy, które nie ulegną spaleniu w atmosferze ziemskiej, lecz spadną na Ziemię, nazywa się **meteorytami**.
Pas Kuipera	– To obszar Układu Słonecznego rozciągający się poza orbitą Neptuna. – Zawiera małe obiekty astronomiczne będące pozostałościami po formowaniu się Układu Słonecznego, w tym trzy planety karłowate (Pluton, Haumea, Makemake).
Komety	– Są małymi ciałami niebieskimi poruszającymi się wokół Słońca po wydłużonych orbitach. – Składają się z jądra, gazowej otoczki zwanej komą i warkocza będącego fragmentem pyłowo-gazowej materii. – Koma i warkocz pojawiają się, gdy kometa zbliża się do Słońca. – Najbardziej znaną kometą, pojawiającą się co 75 lat w pobliżu Ziemi, jest kometa Halleya.
Materia międzyplanetarna	Tworzą ją pyły i gazy.

s. 101–102

Następstwa ruchu obiegowego i obrotowego Ziemi

Ruch obiegowy Ziemi	Ruch obrotowy Ziemi
– występowanie pór roku – zróżnicowanie długości dnia i nocy – występowanie dni i nocy polarnych – pozorny ruch Słońca po ekliptyce (na tle gwiazdozbiorów zodiakalnych) – zmiany oświetlenia Ziemi w ciągu roku – zmiana wysokości górowania Słońca – zmiana miejsca wschodu i zachodu Słońca na horyzoncie – rachuba czasu (rok zwrotnikowy), konstrukcja kalendarza	– widomy ruch Słońca na niebie – dobowy obrót sfery niebieskiej – zjawisko występowania dnia i nocy – dobowa rachuba czasu – czas słoneczny, strefowy i urzędowy – międzynarodowa linia zmiany daty – siła Coriolisa – dobowy rytm życia organizmów – spłaszczenie na biegunach

s. 109–111

Obliczanie wysokości górowania Słońca

Moment przesilenia	Górowanie Słońca w zenicie	Wzór na obliczenie górowania Słońca
równonoc wiosenna i jesienna (21 III oraz 23 IX)	– Słońce góruje nad równikiem. – Dzień i noc trwają po 12 godzin.	$90° - \phi$
przesilenie letnie (22 VI)	– Słońce góruje nad zwrotnikiem Raka. – W pasie pomiędzy równikiem a zwrotnikiem Raka w dniu przesilenia letniego Słońce góruje na wysokości mniejszej niż 90° o różnicę szerokości geograficznej pomiędzy zwrotnikiem Raka a miejscem obserwacji. – Na półkuli południowej w czasie przesilenia letniego od dopełnienia szerokości geograficznej obserwowanego miejsca trzeba jeszcze odjąć szerokość geograficzną punktu podsłonecznego znajdującego się na zwrotniku Raka.	$ZR - N = (90° - \phi) + 23°26'$ $R - ZR = 90° - (23°26' - \phi)$ $R - S = (90° - \phi) - 23°26'$

Moment przesilenia	Górowanie Słońca w zenicie	Wzór na obliczenie górowania Słońca
przesilenie zimowe (22 XII)	– Słońce góruje nad zwrotnikiem Koziorożca. – W strefie między równikiem a zwrotnikiem Koziorożca od wartości 90° trzeba odjąć różnicę szerokości geograficznej między punktem podsłonecznym a miejscem obserwacji. – Dla miejsc położonych na południe od zwrotnika Koziorożca do dopełnienia szerokości geograficznej (90°– ϕ) należy dodać szerokość geograficzną punktu podsłonecznego w dniu przesilenia zimowego, czyli 23°26'.	R – N = (90° – ϕ) – 23°26' R – ZK = 90° – (23°26' – ϕ) ZK – S = (90° – ϕ) + 23°26'

ϕ – szerokość geograficzna
ZR – N – wysokość Słońca dla miejsca położonego pomiędzy zwrotnikiem Raka a biegunem północnym
R – ZR – wysokość Słońca dla miejsca położonego pomiędzy równikiem a zwrotnikiem Raka
R – S – wysokość Słońca dla miejsca położonego na półkuli południowej
R – N – wysokość Słońca dla miejsca położonego na półkuli północnej
R – ZK – wysokość Słońca dla miejsca położonego pomiędzy równikiem a zwrotnikiem Koziorożca
ZK – S – wysokość Słońca dla miejsca położonego pomiędzy zwrotnikiem Koziorożca a biegunem południowym

Fazy Księżyca

◂ s. 119

Nazwa fazy Księżyca	Charakterystyka
nów	– Tarcza Księżyca jest niewidoczna z Ziemi. – Księżyc znajduje się między Ziemią a Słońcem. – Słońce oświetla niewidzialną stronę Księżyca.
pierwsza kwadra	– Tarcza Księżyca ma kształt litery D. – Księżyc jest w odległości kątowej 90° od Słońca.
pełnia	– Widoczna jest pełna tarcza Księżyca zwrócona do Ziemi. – Księżyc znajduje się w opozycji, czyli po przeciwnej stronie Ziemi niż Słońce.
ostatnia kwadra	– Tarcza Księżyca ma kształt litery C. – Księżyc jest w odległości kątowej 270° od Słońca.

Zaćmienie Słońca i Księżyca

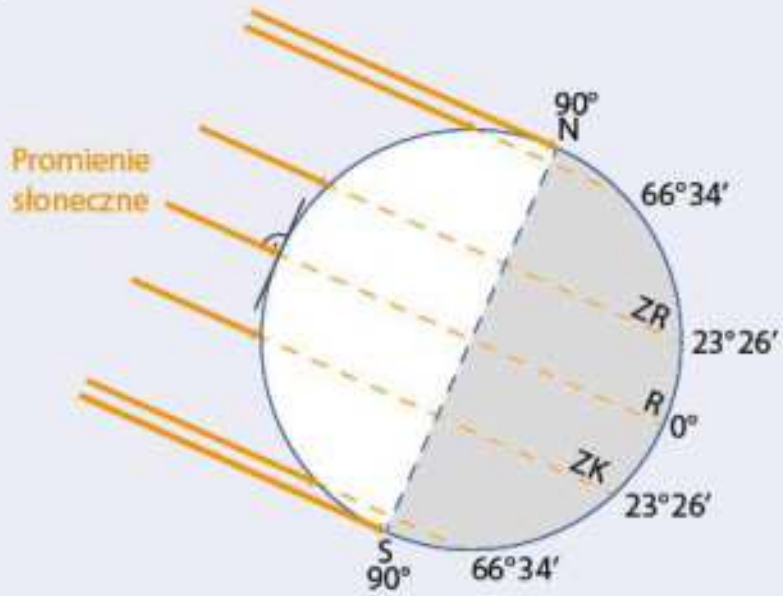
◂ s. 120 –121

Zaćmienie Słońca	Zaćmienie Księżyca
– Na drodze promieni słonecznych biegnących od obserwatora znajduje się Księżyc i przysłania tarczę Słońca. – Księżyc rzuca cień na Ziemię o szerokości około 270 km. – W szerszym pasie można obserwować zaćmienie częściowe. – Zaćmienie Słońca w najbardziej sprzyjających okolicznościach nie trwa dłużej niż 8 minut. – Zaćmienie Słońca zachodzi w nowiu, wtedy gdy płaszczyzna orbity Księżyca przecina się z płaszczyzną ekliptyki (nachylenie wynosi około 5°).	– Do zaćmień Księżyca dochodzi, gdy Ziemia znajduje się dokładnie między Słońcem i Księżycem, a wszystkie trzy ciała są w jednej płaszczyźnie. – Tarcza Księżyca jest wtedy przysłaniana przez cień Ziemi. Faza całkowitego zaćmienia Księżyca jest z reguły dłuższa niż zaćmienia Słońca i może trwać nawet do 1 godziny i 40 minut. – W czasie całkowitego zaćmienia tarcza Księżyca świeci purpurowo-czerwoną poświatą pochodzącą od oświetlania Księżyca promieniami Słońca załamującymi się w atmosferze ziemskiej.

SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

Zadania wykonaj w zeszycie.

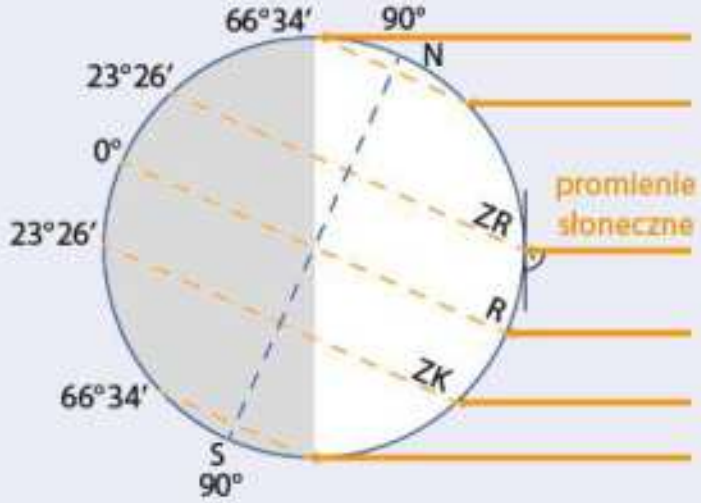
1. Na poniższym rysunku przedstawiono oświetlenie Ziemi.



Podaj dwie daty, w których Ziemia będzie oświetlona w ten sposób.

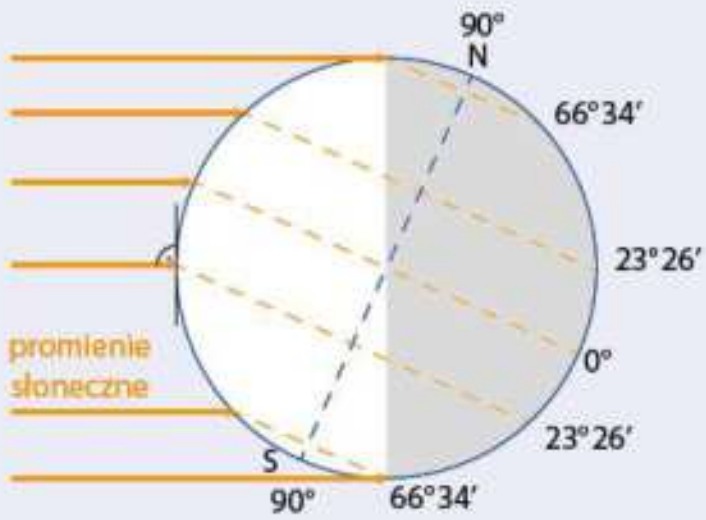
A. 22 VI B. 23 IX C. 21 III D. 22 XII

2. Podaj dzień, w którym oświetlenie Ziemi wygląda jak na poniższym rysunku. Określ, na jakiej szerokości geograficznej w tym dniu panuje noc polarna.

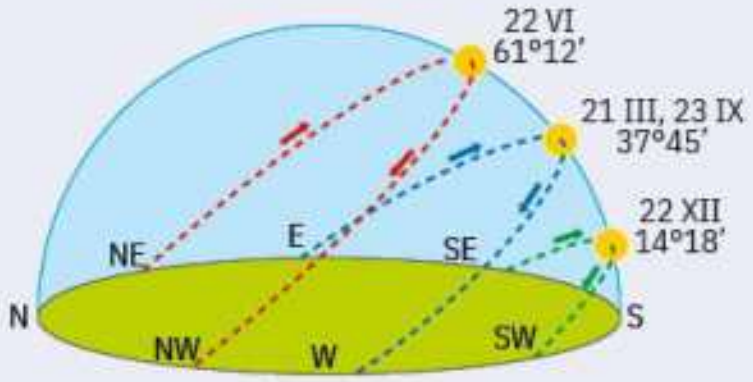


A. 23 IX B. 22 VI C. 21 III D. 22 XII

3. Podaj nazwę równoleżnika, na który promienie słoneczne padają pod kątem prostym do powierzchni Ziemi na poniższym rysunku. Po której stronie nieba Słońce w tym dniu góruje na równiku?



4. Na rysunku przedstawiono widomą drogę Słońca w pierwszych dniach astronomicznych pór roku w:

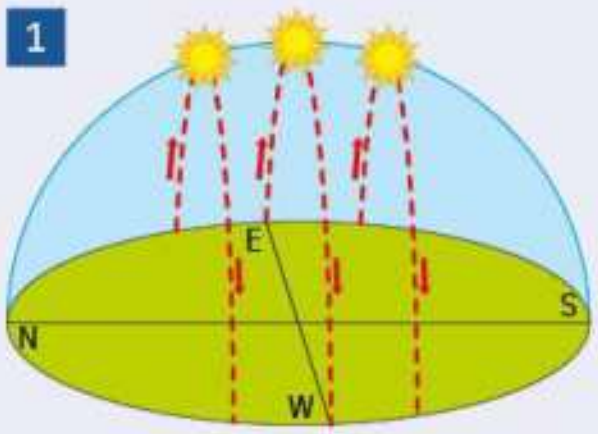


A. Kapsztadzie,
B. Rio de Janeiro,
C. Warszawie,
D. Kairze.

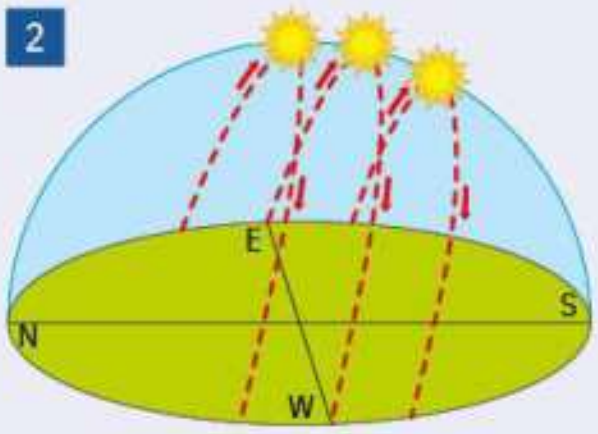
5. Dobierz do każdego rysunku (1.–4.) miejsce widomej drogi Słońca w pierwszych dniach astronomicznych pór roku (A–E).

A. równik
B. zwrotnik Raka
C. zwrotnik Koziorożca
D. biegun północny
E. koło podbiegunowe północne

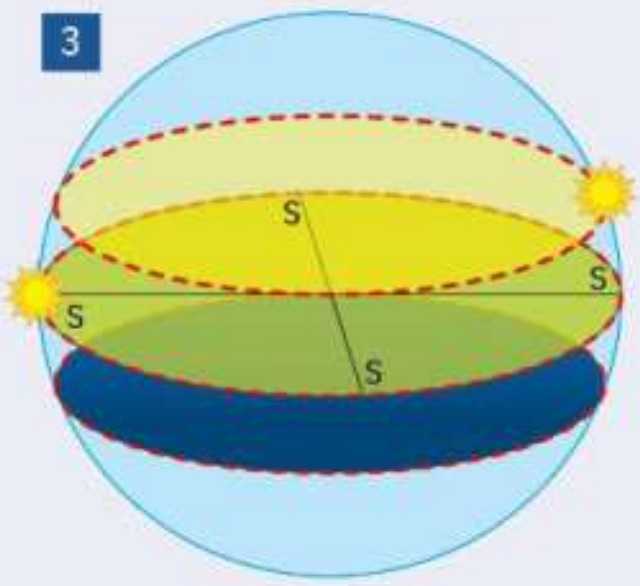
1



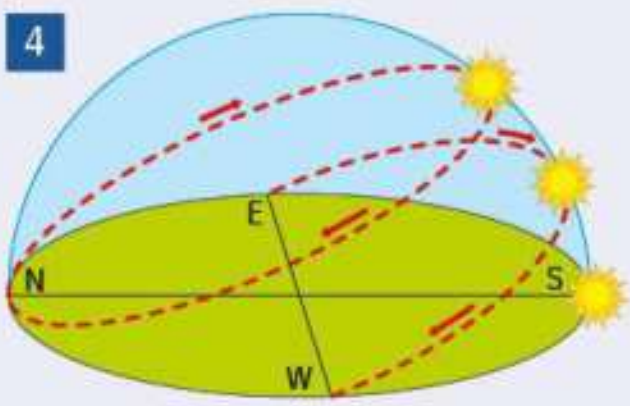
2



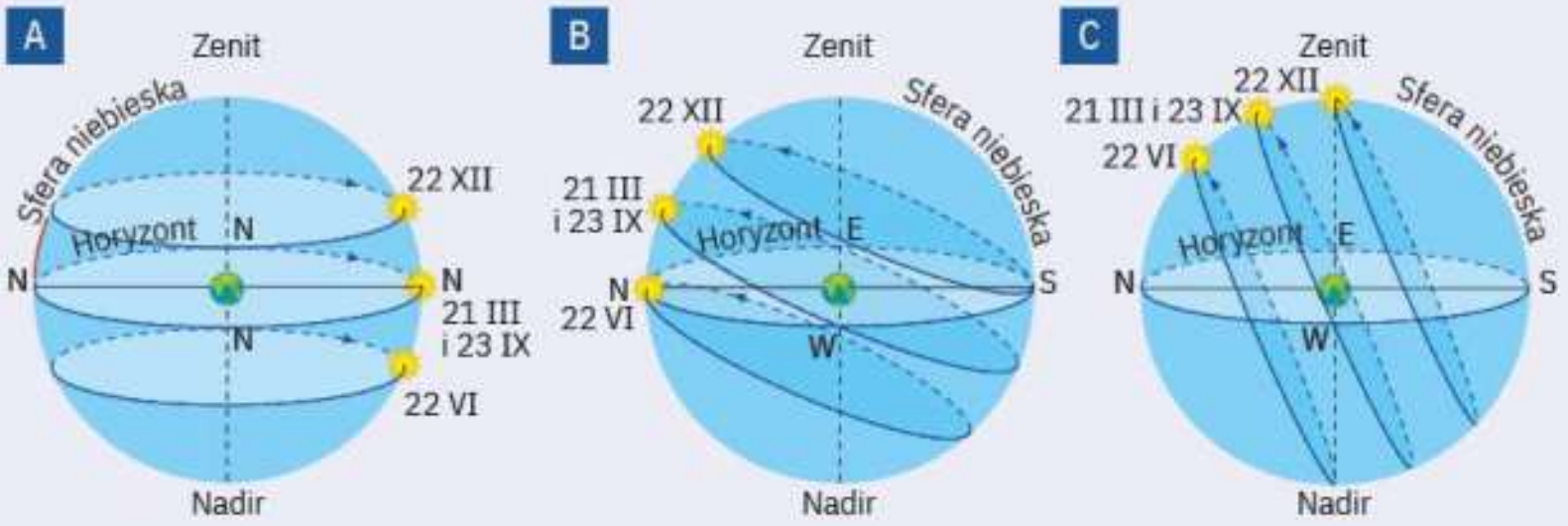
3



4



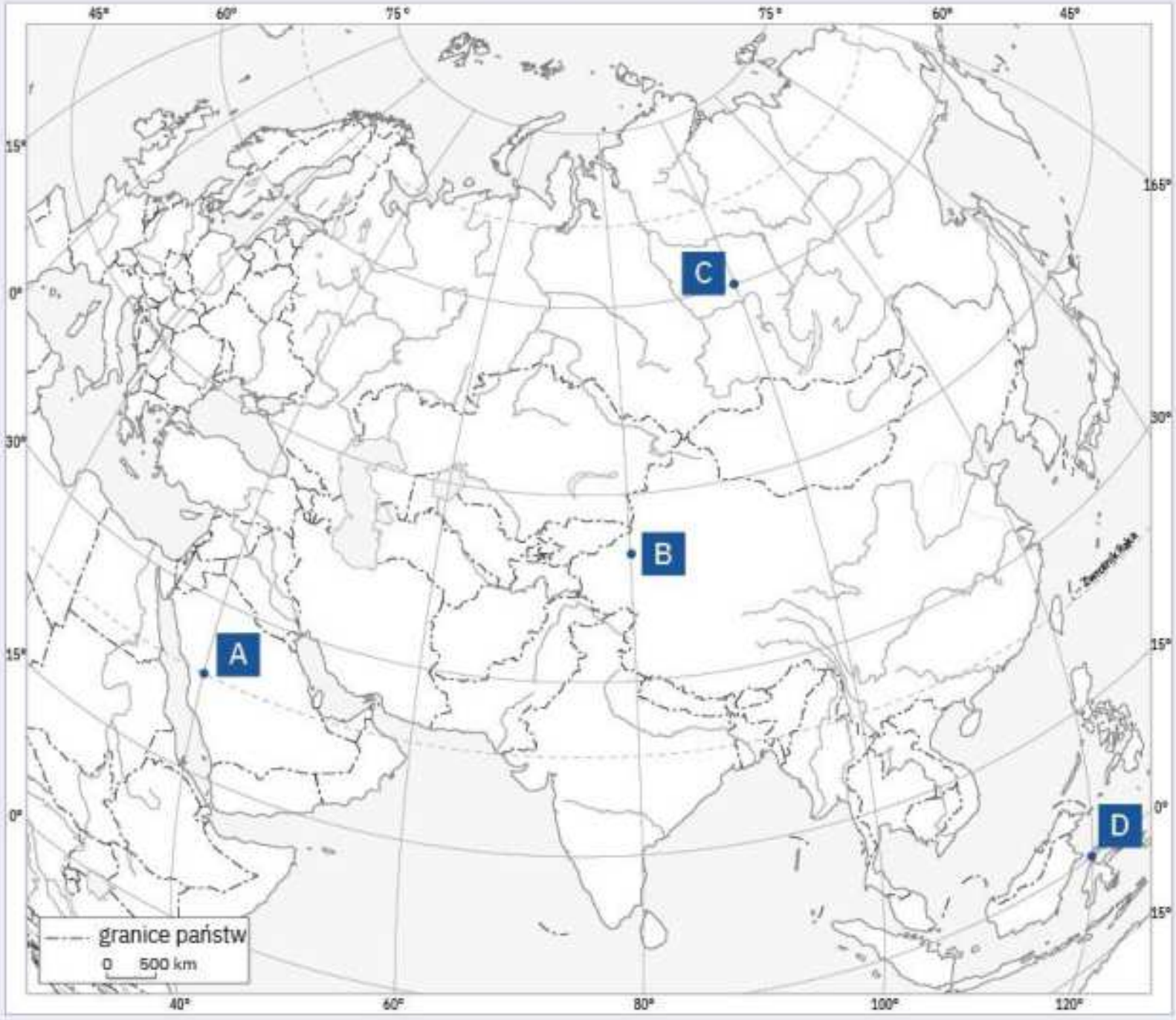
6. Rysunki przedstawiają widomy ruch Słońca w pierwszych dniach astronomicznych pór roku. Przyporządkuj je odpowiednim miejscom na Ziemi.



7. Wskaż następstwa ruchu obiegowego Ziemi.

A. występowanie dnia polarnego i nocy polarnej
B. siła Coriolisa
C. spłaszczenie Ziemi przy biegunach
D. zmiana wysokości górowania Słońca w ciągu roku
E. występowanie dnia i nocy
F. pozorny ruch Słońca po ekliptyce

Zadania 8.–13. wykonaj na podstawie konturowej mapy Azji.



8. Wskaż, w którym miejscu oznaczonym na mapie literami A–D Słońce zachodzi najwcześniej. Uzasadnij swoją odpowiedź.

A. punkt A B. punkt B C. punkt C D. punkt D

9. Oblicz różnicę czasu słonecznego między punktami B i C.

10. Na których z podanych punktów Słońce będzie górowało po stronie północnej 22 VI?

A. punkt A B. punkt B C. punkt C D. punkt D

11. Na którym z podanych punktów dzień będzie najdłuższy 22 XII?

A. punkt A B. punkt B C. punkt C D. punkt D

12. Oblicz czas słoneczny w punkcie D, jeśli w tym momencie Słońce góruje w punkcie A.

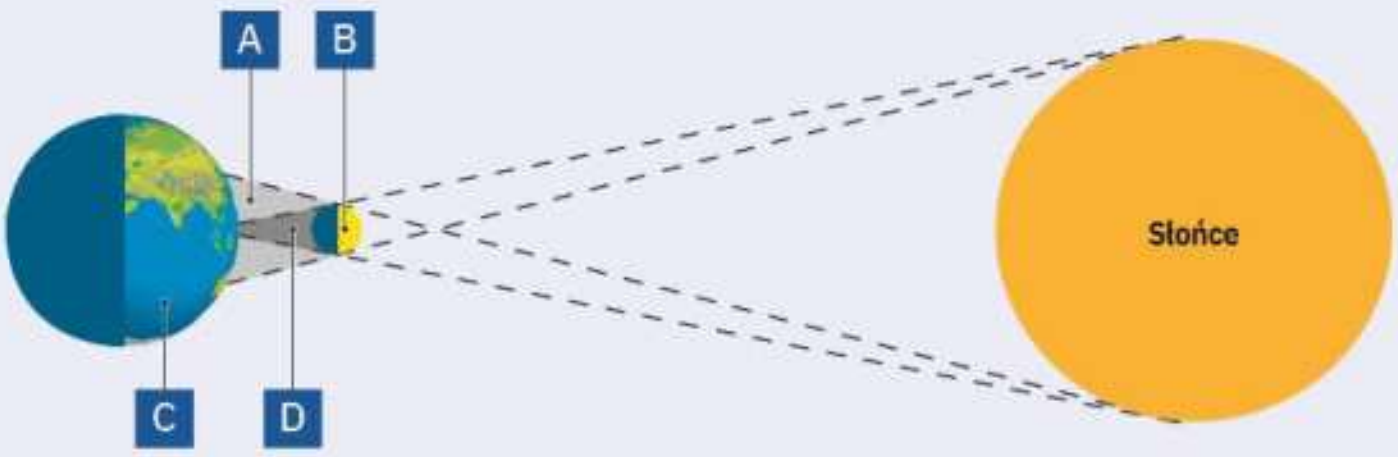
13. Oceń prawdziwość poniższych zdań. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeśli zdanie jest fałszywe.

1.	21 III Słońce w miejscach A, B, C i D góruje po południowej stronie nieba.	**P**	**F**
2.	22 VI Słońce góruje w punkcie C na wysokości 53°26'.	**P**	**F**
3.	Punkt C obraca się dookoła osi ziemskiej z największą prędkością liniową.	**P**	**F**
4.	W punkcie D w momencie przesilenia letniego i zimowego Słońce góruje na tej samej wysokości, lecz po innej stronie nieba.	**P**	**F**

14. Oblicz szerokość geograficzną miejsca na Ziemi, w którym 22 XII Słońce góruje na wysokości 20° poniżej horyzontu.

15. Oblicz współrzędne geograficzne miejsca na Ziemi, w którym w czasie przesilenia letniego Słońce góruje na wysokości 79°39' po północnej stronie nieba, o 3 godziny i 13 minut wcześniej niż na południku Greenwich.

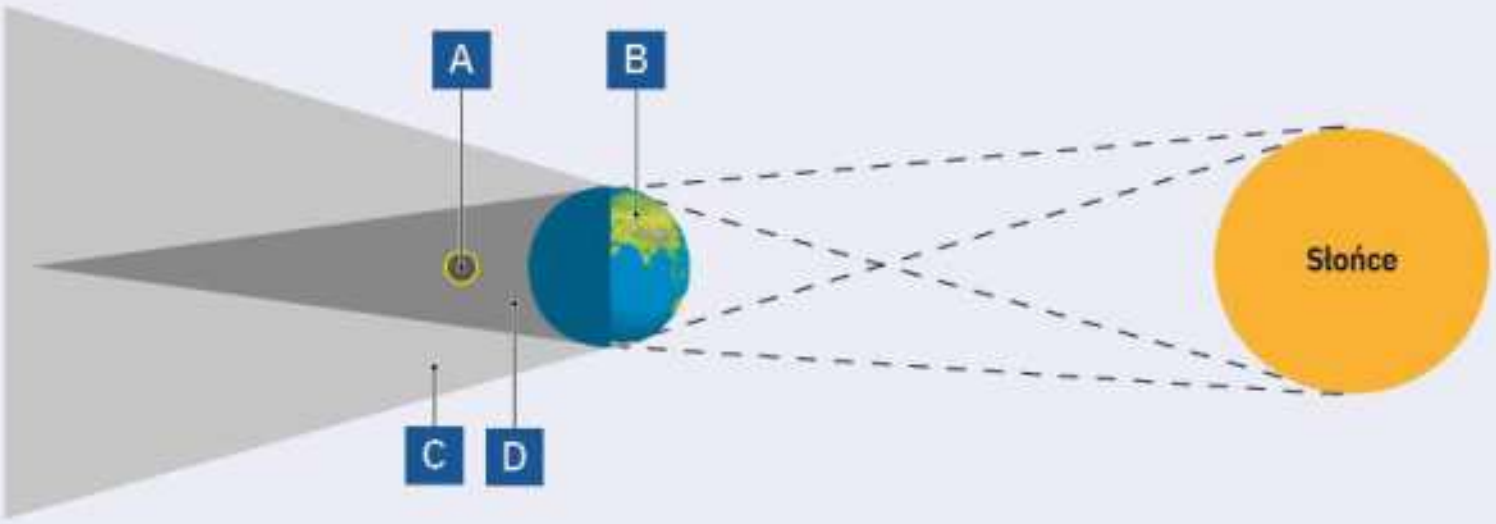
16. Na poniższej rycinie przedstawiono zjawisko zaćmienia.



Podaj, jaki to rodzaj zaćmienia, i podpisz poszczególne jego elementy. Zapisz, w jakiej fazie w poniższym zaćmieniu znajduje się Księżyc.

Rysunek przedstawia zaćmienie ... . Księżyc znajduje się wówczas w fazie ... .

17. Na poniższym rysunku przedstawiono zjawisko zaćmienia.



Określ, jaki to rodzaj zaćmienia, i podpisz poszczególne jego elementy. Zapisz, w jakiej fazie w poniższym zaćmieniu znajduje się Księżyc.

Rysunek przedstawia zaćmienie ... . Księżyc znajduje się wówczas w fazie ... .

III. Dynamika zjawisk atmosferycznych



- Budowa atmosfery
- Temperatura powietrza i jej rozkład na Ziemi
- Ciśnienie atmosferyczne i cyrkulacja atmosfery
- Fronty atmosferyczne
- Wiatry stałe, okresowe i lokalne
- Rozkład opadów na Ziemi
- Elementy pogody i jej prognozowanie
- Czynniki klimatotwórcze
- Strefy klimatyczne i typy klimatów na Ziemi
- Ekstremalne zjawiska atmosferyczne i ich skutki

1. Budowa atmosfery

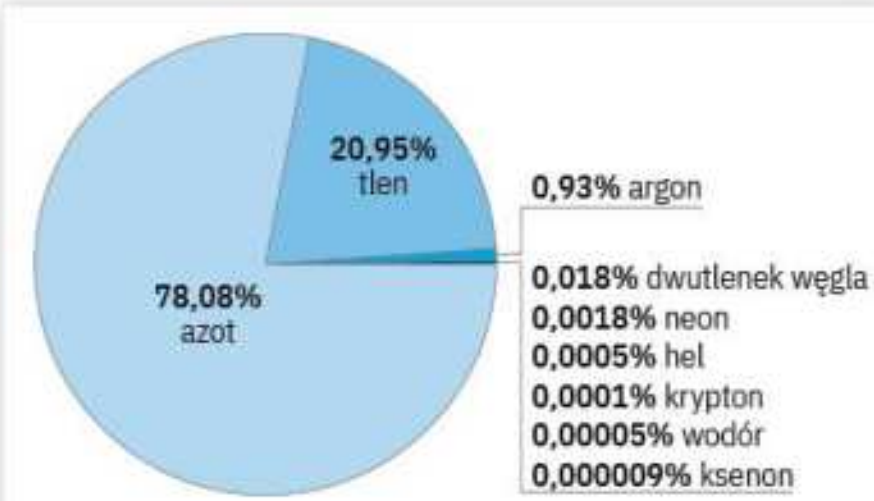
NA TEJ LEKCJI:

- zapoznasz się ze składnikami atmosfery;
- dowiesz się, jaki jest związek między budową atmosfery a zjawiskami i procesami meteorologicznymi.

Skład atmosfery

atmosfera

Atmosferą nazywamy powłokę gazową otaczającą Ziemię lub inne ciało niebieskie. Atmosfera ziemska pełni funkcję parasola ochronnego i zatrzymuje szkodliwe promieniowanie z Kosmosu. Odgrywa bardzo ważną rolę dla życia organizmów na Ziemi, dostarczając tlen i inne gazy, ogrzewając powierzchnię naszej planety dzięki efektowi cieplarnianemu, zmniejszając różnicę temperatur między dniem a nocą i chroniąc przed promieniowaniem UV. Atmosfera krąży wraz z Ziemią, więc podlega siłom przyciągania ziemskiego.



Ryc. III.1.1. Skład atmosfery.

składniki atmosfery

W **skład atmosfery** wchodzi mieszanina gazów zwana powietrzem. Znajdują się w niej azot, tlen, argon i dwutlenek węgla, które w powietrzu suchym, bez domieszek, łącznie stanowią 99,9% jej objętości. Ponadto atmosfera zawiera śladowe ilości innych pierwiastków (neonu, helu, kryptonu, wodoru i ozonu). Jako **domieszka atmosfery** występuje para wodna, której zawartość jest zmienna i waha się od blisko 0% w okolicy biegunów do 4% w strefie równikowej. Jest ona jedynym składnikiem atmosfery, który może występować w stanie ciekłym (woda) i stałym (kryształki lodu). Wśród innych domieszek można wymienić: jod, amoniak, freon, tlenki siarki, azotu oraz aerozole atmosferyczne.

domieszka atmosfery

zanieczyszczenia atmosferyczne

Pyły dostające się do atmosfery w wyniku działalności człowieka to **zanieczyszczenia atmosferyczne**. Głównym ich źródłem jest niska emisja (czyli emisja spalin ze środków komunikacji, emisja produktów spalania z kotłowni grzewczych i pieców domowych opalanych węglem, emisja przemysłowa). Pyły zawieszone w atmosferze określamy jako PM2,5 (czyli cząstki o średnicy nieprzekraczającej 2,5 mikrometra; 1 mikrometr to jedna tysięczna część milimetra) oraz PM10 (cząstki nieprzekraczające 10 mikrometrów). Duża koncentracja pyłów zawieszonych może prowadzić do powstawania smogu.

Smog – nienaturalne zjawisko atmosferyczne polegające na zanieczyszczeniu atmosfery w wyniku działalności człowieka w warunkach zamglenia i bezwietrznej pogody. Smog tworzy się głównie nad miastami i obszarami przemysłowymi położonymi w obniżeniach terenu.

Pyły zawieszone PM2,5 są najbardziej szkodliwe dla człowieka ze wszystkich zanieczyszczeń atmosferycznych, a ich zbyt duże natężenie może prowadzić do zgonów w następstwie chorób układu oddechowego i krążenia.

Skład atmosfery jest jednorodny do wysokości około 100 km, powyżej zaczynają dominować najlżejsze gazy (cząsteczki wodoru i helu).

Pionowy przekrój przez atmosferę

Masa atmosfery stanowi jedną milionową masy Ziemi, a większość masy tej gazowej powłoki koncentruje się przy powierzchni Ziemi (do 5 km znajduje się 50% całej masy atmosfery, a 99,99% występuje do wysokości 80 km nad Ziemią). Wraz z wysokością nad Ziemią gęstość atmosfery się zmniejsza: przy powierzchni Ziemi wynosi ona 1,23 kg/m^3, a na wysokości 80 km – zaledwie 0,0000185 kg/m^3. Ze względu na różnice fizycznych właściwości atmosfery, zwłaszcza położonych blisko powierzchni Ziemi, wyróżnia się kilka **warstw tej atmosfery** (**ryc. III.1.2.**). Biorąc pod uwagę pionowy rozkład temperatury w atmosferze, można wyodrębnić troposferę, stratosferę, mezosferę, termosferę i egzosferę. Pomiędzy nimi znajdują się warstwy przejściowe. Przyjmuje się, że górna warstwa atmosfery znajduje się na wysokości 1000, 1500, 10 000, a nawet 190 000 km. Ta ostatnia wartość to średnio połowa odległości Ziemi od Księżyca i do tej granicy jeszcze oddziałuje przyciąganie ziemskie. Dlatego za górną granicę egzosfery można przyjąć odległość od Ziemi, przy której wpływ ciśnienia promieniowania słonecznego na cząstki (głównie wodoru i helu) jest większy od siły przyciągania grawitacyjnego Ziemi i dlatego uwalniają się one z atmosfery do przestrzeni międzyplanetarnej.

◂ **budowa atmosfery**

Związek między budową atmosfery a zjawiskami i procesami meteorologicznymi

W **troposferze** (najniższej warstwie atmosfery) zachodzą procesy **kształtujące stany pogody i klimat** przy powierzchni Ziemi. Tam gromadzi się większość pary wodnej, tworzą się chmury, powstają opady i odbywa się krążenie wody w różnych stanach skupienia. W przyziemnej warstwie troposfery (do kilkudziesięciu metrów) wskutek wymiany energii i wilgoci między atmosferą i jej podłożem występuje duża zmienność temperatur, wilgotności i ruchów powietrza. Z kolei w dolnej części troposfery (sięgającej do 1–1,5 km) powietrze podlega siłom tarcia o podłoże, w związku z tym prędkości wiatru są mniejsze niż w górnych warstwach troposfery. W środkowej części troposfery (od 1 do 6 km nad powierzchnią Ziemi) tworzy się większość chmur. Wyróżnia się tu poziom **kondensacji pary wodnej**, w którym osiąga ona stan nasycenia i rozpoczyna się proces jej skraplania, oraz poziom **sublimacji**, powyżej którego para wodna przybiera formę kryształków lodu. W górnej części troposfery panują ujemne temperatury i tworzą się prądy strumieniowe. W troposferze występują prądy wstępujące i zstępujące wywoływane różnicami temperatury pomiędzy dolną a górną warstwą troposfery. Troposferę od kolejnej warstwy – stratosfery – oddziela cienka strefa przejściowa – tropopauza – o grubości 1–2 km i stałej temperaturze ok. –55°C.

◂ **pogoda i klimat**

◂ kondensacja pary wodnej

Egzosfera
Zewnętrzna warstwa atmosfery wyróżnia się silnie rozrzedzonym powietrzem. Temperatura w pobliżu termosfery osiąga 1500°C, a im bliżej zewnętrznych granic, tym jest niższa; na granicy z przestrzenią kosmiczną opada do −273,2°C (czyli 0 stopni w skali Kelwina, tzw. zero absolutne).

Termosfera
W związku z silnym oddziaływaniem promieniowania słonecznego temperatura rośnie wraz z wysokością do około 1000–1500°C (zależnie od pory dnia i aktywności Słońca). Dolną część termosfery stanowi jonosfera, w której powstają zorze polarne. Na wysokości 100 km wyróżnia się tzw. linię Karmana, umowną granicę pomiędzy atmosferą a przestrzenią kosmiczną, przyjętą przez Międzynarodową Federacje Lotniczą.



Troposfera
Warstwa o dużej dynamice i zmiennej granicy, co wynika z intensywności promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi. Stąd nad równikiem jest najgrubsza, a nad biegunami – najcieńsza. W tej warstwie kształtują się pogoda i klimat. Stanowi ona ok. 80% masy powietrza atmosferycznego i zawiera prawie całą parę wodną. Rejestruje się w niej spadek temperatury wraz z wysokością średnio 0,6°C na 100 m (do ok. −70°C nad obszarami międzyzwrotnikowymi i zimą nad biegunami) oraz spadek ciśnienia z wartości ok. 1000 hPa na wysokości 0 m n.p.m. do ok. 200 hPa przy górnej granicy.

Stratosfera
W dolnej partii tej warstwy panuje niska temperatura (ok. −50°C). Wzrasta ona powyżej 25 km, by na górnej granicy osiągnąć ok. 0°C. Jest to związane z intensywnym pochłanianiem szkodliwego dla życia na Ziemi promieniowania ultrafioletowego (UV), szczególnie przez warstwę ozonu (O_3), zwaną ozonosferą, znajdującą się na wysokości 20–35 km. Stratosfera zawiera znikome ilości pary wodnej. W dolnej części stratosfery powstają prądy strumieniowe.

Mezosfera
Charakterystyczny dla tej warstwy jest ciągły spadek temperatury: od 0°C do −90°C. W tej warstwie, nad wysokimi szerokościami geograficznymi, powstają obłoki srebrzyste.

Ryc. III.1.2. Pionowe warstwy atmosfery.

W **stratosferze** znajduje się prawie cała zawartość ozonu, który pochłania większość promieniowania ultrafioletowego i rentgenowskiego i chroni nas przed jego szkodliwym wpływem. Wzrost temperatury w górnej części stratosfery jest związany właśnie z absorpcją promieniowania słonecznego. W stratosferze występuje niewielka zawar-

tość pary wodnej i mogą się tworzyć chmury najwyższego piętra, zbudowane z kryształków lodu. Powyżej stratosfery znajduje się stratopauza – warstwa przejściowa o stałej temperaturze ok. 0°C. W **mezosferze** też mogą występować śladowe ilości pary wodnej, która kondensując, tworzy tzw. srebrzyste obłoki występujące najczęściej w szerokościach polarnych (okresowo widoczne także w Polsce). Kolejne warstwy rozdziela mezopauza, charakteryzująca się temperaturą ok. –80°C i ciśnieniem 0,1 hPa.

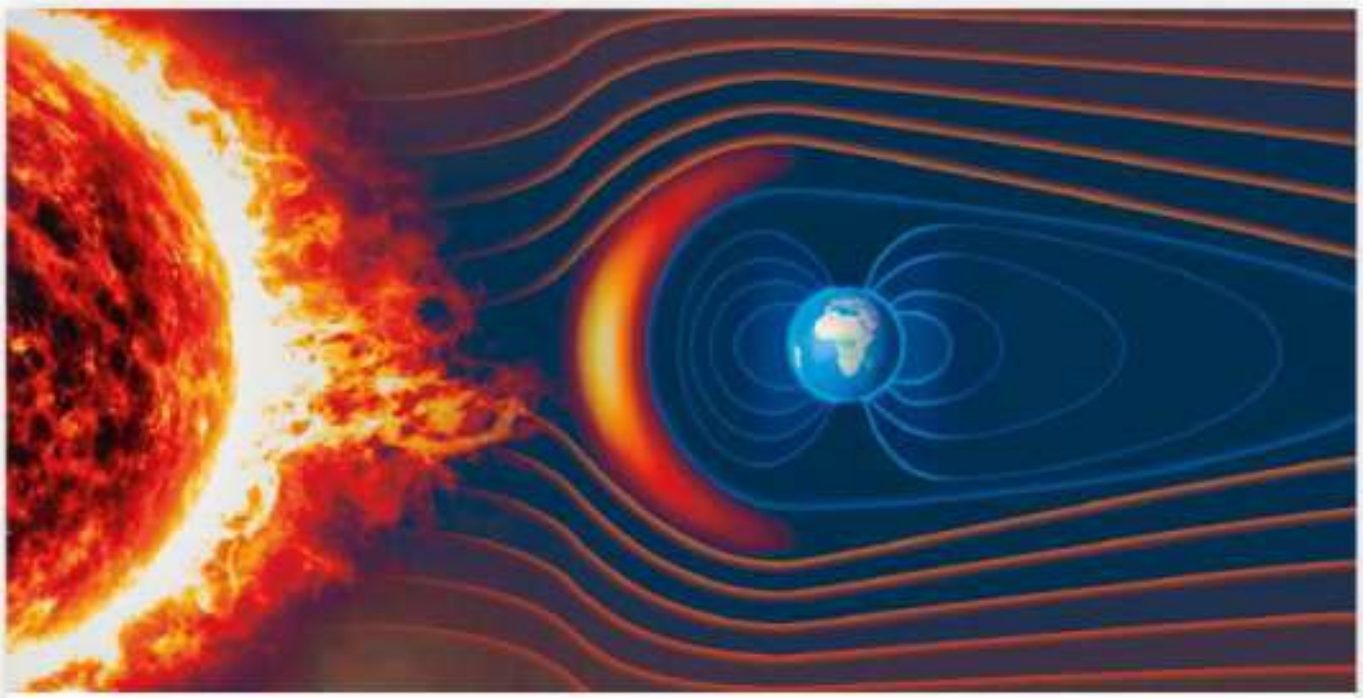


Ryc. III.1.3. Srebrzyste obłoki na nocnym niebie w Finlandii.

W **termosferze** wzrasta temperatura nawet do 1000 stopni Celsjusza, ale ze względu na bardzo duże rozrzedzenie gazu przewodzenie ciepła niemal nie zachodzi i obiekty w termosferze szybko tracą ciepło przez wypromieniowanie. Dlatego przemieszczające się w termosferze satelity nie ulegają zniszczeniu. Dolną część termosfery zajmuje **jonosfera**, w której następuje zjawisko jonizacji, czyli wytwarzanie dodatnich lub ujemnych ładunków elektrycznych przez cząsteczki lub atomy. Od warstwy zjonizowanych gazów odbijają się fale radiowe o różnej długości, dzięki czemu możemy przesyłać i odbierać sygnały radiowe. W jonosferze tworzą się **zorze polarne**, a także mają tu miejsce **burze magnetyczne i rozbłyski**.

W **egzosferze** występują **pasy Van Allena**, czyli otaczające Ziemię obszary intensywnego promieniowania. Pasy Van Allena to strefa naładowanych energetycznie cząstek pochodzących z wiatru słonecznego, które są przechwytywane przez planetę i krążą wokół jej pola magnetycznego. Rozciągają się one od wysokości ok. 500 do 58 000 kilometrów nad powierzchnią Ziemi i mają kształt wydłużonych obwarzanków. Przez wychwytywanie wiatru słonecznego pole magnetyczne Ziemi odbija te cząstki energetyczne i chroni ziemską atmosferę przed zniszczeniem.

◀ pasy Van Allena



Ryc. III.1.4. Pasy Van Allena.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wymień źródła zanieczyszczeń atmosfery.
2. Znajdź w dostępnych źródłach informacje dotyczące znaczenia poszczególnych składników atmosfery dla życia organizmów.
3. Omów zmiany przebiegu temperatury w poszczególnych warstwach atmosfery, zaczynając od warstwy przy powierzchni Ziemi.
4. Wyjaśnij, jakie zjawiska meteorologiczne występują w poszczególnych warstwach atmosfery.
5. Przyporządkuj podane niżej warstwy atmosfery do zjawisk w nich zachodzących. Przerysuj do zeszytu i uzupełnij tabelę.

jonosfera, egzosfera, troposfera, mezosfera, stratosfera

Opis	Nazwa warstwy atmosfery
prądy strumieniowe	
srebrzyste obłoki	
pasy Van Allena	
zorze polarne	

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 134 • **Atmosfera** to powłoka gazowa otaczająca Ziemię lub inne ciało niebieskie. Atmosfera ziemska składa się z mieszaniny gazów zwanych powietrzem. Atmosfera obraca się wraz z Ziemią.

s. 134 • Główne **składniki atmosfery** ziemskiej to: azot (78%), tlen (21%), argon (0,9%) oraz dwutlenek węgla (średnio 0,018%).

s. 134 • **W atmosferze występują także domieszki**: para wodna (która występuje w stanie gazowym, ciekłym i stałym) oraz aerozole atmosferyczne (pyły organiczne i nieorganiczne).

s. 134 • Pyły wytwarzane przez człowieka to **zanieczyszczenia atmosfery**, a najgroźniejsze dla zdrowia człowieka są pyły PM2,5 o średnicy do 2,5 mikrometra.

s. 135 • **Atmosfera składa się z** troposfery, stratosfery, mezosfery, termosfery i egzosfery. Pomiędzy warstwami występują strefy przejściowe, kolejno: tropopauza, stratopauza, termopauza.

s. 135 • W troposferze występują procesy kształtujące **pogodę i klimat** na powierzchni Ziemi.

2. Temperatura powietrza i jej rozkład na Ziemi

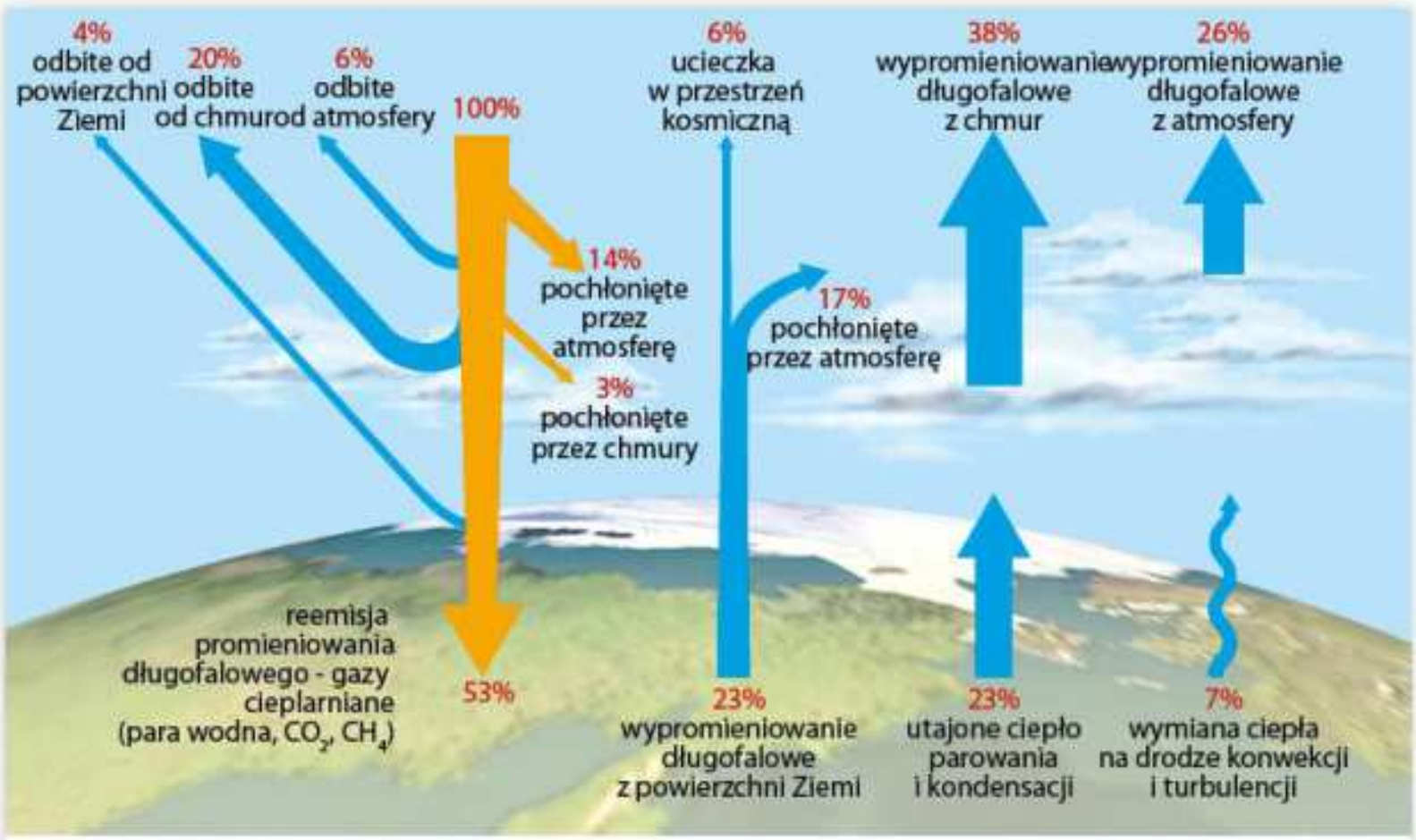
NA TEJ LEKCJI:

- nauczysz się przedstawiać rozkład temperatury powietrza na Ziemi;
- zapoznasz się ze zmianami temperatury wraz z wysokością.

Bilans cieplny Ziemi

krótkofalowe promieniowanie słoneczne

Średnia temperatura na Ziemi wynosi 15°C. Powierzchnia Ziemi pochłania **krótkofalowe promieniowanie słoneczne**, które dociera do powierzchni Ziemi w 53%. Pozostała jego część jest pochłaniana lub odbijana w atmosferze (od chmur). Promieniowanie słoneczne docierające do Ziemi jest pochłaniane przez podłoże i zamieniane na energię cieplną, którą nasza planeta oddaje w postaci **promieniowania długofalowego,** i ten rodzaj wpływa na wartości temperatury powietrza. Ponadto wymiana ciepła między Ziemią a atmosferą odbywa się na drodze parowania, ruchów konwekcyjnych (pionowych) powietrza oraz turbulencji (chaotycznego ruchu cząstek powietrza). Zjawisko odbijania promieniowania przez daną powierzchnię nazywamy **albedo**. **Bilans cieplny Ziemi** nie do końca jest zrównoważony, gdyż ze względu na efekt cieplarniany więcej



Ryc. III.2.1. Bilans cieplny Ziemi i atmosfery.

ciepła dociera do powierzchni Ziemi niż jest oddawane, i dlatego średnia temperatura powietrzna naszego globu wzrasta. O globalnym ociepleniu więcej w rozdziale 10, dziale III.

czynniki wpływające na temperaturę

Czynniki wpływające na zróżnicowanie temperatury powietrza na Ziemi

Na rozkład przestrzenny temperatur powietrza na powierzchni Ziemi, zarówno w ciągu roku, jak i w ciągu doby, wpływają różnorodne czynniki, związane z ruchem obiegowym i obrotowym Ziemi dookoła Słońca, a także z ukształtowaniem powierzchni Ziemi i rodzajem podłoża.



Ryc. III.2.2. Czynniki wpływające na rozkład temperatury na Ziemi.

Od szerokości geograficznej zależy wysokość górowania Słońca w ciągu roku (patrz dział II). Im Słońce góruje wyżej, tym Ziemia otrzymuje więcej promieniowania słonecznego i w związku z tym wyższa jest temperatura powietrza. Najwięcej promieniowania Ziemia otrzymuje, gdy promienie słoneczne padają do powierzchni planety pod kątem prostym (strefa międzyzwrotnikowa). Najwyższa temperatura powietrza na Ziemi występuje od 1 do 2 miesięcy po przesileniu letnim – tyle czasu potrzebuje Ziemia na zmagazynowanie ciepła i oddanie go do atmosfery. **Długość dnia i nocy** także się zmienia w ciągu roku. Im dłuższy dzień, tym powietrze jest dłużej ogrzewane. W rytmie dobowym najwyższe temperatury występują od 1 do 2 godzin po górowaniu Słońca, a najniższe – tuż przed wschodem.

Prądy morskie również wpływają na wzrost bądź spadek temperatury powietrza. Prądy morskie ciepłe (niosące wody o cieplejszej temperaturze) mogą ogrzewać powietrze nad oceanem oraz na wybrzeżu, a prądy morskie zimne mogą wpływać na spadek temperatury. Na temperaturę powietrza wpływa także **odległość od mórz i oceanów**. Woda w akwenach ogrzewa się i stygnie wolniej w przeciwieństwie do powierzchni lądowych, które szybciej nagrzewają się i wychładzają. Dlatego też latem temperatura nad morzem jest niższa niż w głębi lądu, a w zimie – wyższa. Amplitudy miesięczne temperatur (różnica między najwyższą a najniższą temperaturą w danym miesiącu) są większe wewnątrz kontynentów niż na obszarach położonych bliżej oceanu.

Duży wpływ na temperaturę powietrza ma **wysokość nad poziomem morza** – na każde 100 m wysokości temperatura powietrza spada średnio o 0,6°C. Na przykład różnica w wartości temperatury powietrza pomiędzy Elblągiem położonym na Żuławach Elbląskich (50 m n.p.m.) a najwyższym szczytem polskich Tatr – Rysami (2499 m n.p.m.) może wynosić 14°C.

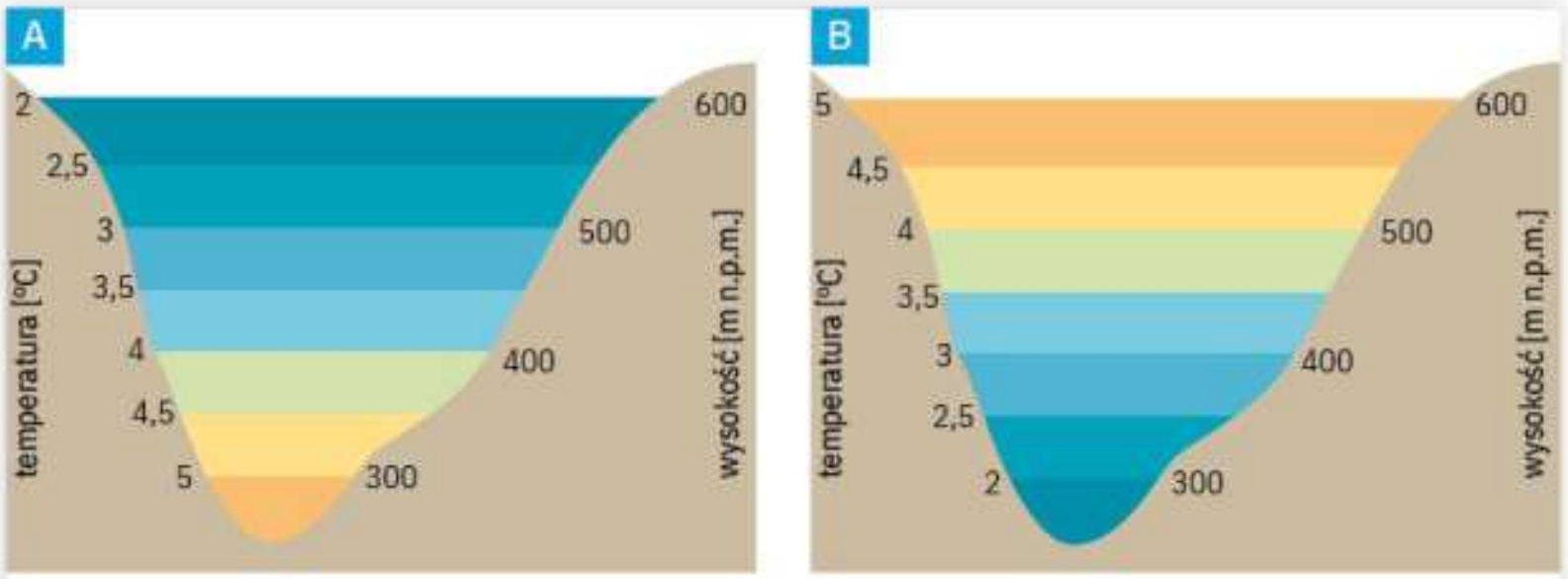
Duże znaczenie ma także **rzeźba terenu**. Stoki o ekspozycji południowej na półkuli północnej na północ od zwrotnika Raka oraz stoki o ekspozycji północnej na południowej półkuli na południe od zwrotnika Koziorożca otrzymują więcej energii słonecznej. Dlatego na przykład w umiarkowanych szerokościach geograficznych na naszej półkuli uprawy ciepłolubne sadzi się na stokach południowych (np. winorośl). W strefie międzyzwrotnikowej, zależnie od pory roku, więcej promieniowania słonecznego otrzymują stoki północne lub południowe. Natomiast w obniżeniach terenu, gdzie może zalegać cięższe, chłodniejsze powietrze, mamy do czynienia z inwersją temperatury (im wyżej, tym wartości temperatury rosną). kontynentów niż na obszarach położonych bliżej oceanu.

albedo promieniowania

Rodzaj podłoża wpływa na **albedo promieniowania**. Jasne podłoże (np. śnieg) charakteryzuje się wysokim udziałem promieniowania odbitego względem pochłoniętego (a więc wysokim albedo) – wówczas powierzchnie takie słabo się nagrzewają. Ziemia oddaje mało ciepła i temperatura jest niska. Z kolei bujna szata roślinna powoduje zmniejszenie różnic temperatury zarówno rocznej, jak i dobowej (ciemna barwa i niejednorodna powierzchnia – niskie albedo i **większe pochłanianie energii.**

Zmiana temperatury powietrza w pionie

W troposferze temperatura maleje wraz z wysokością (patrz rozdział 1 w dziale III). To zjawisko zależy od wilgotności powietrza. W powietrzu słabo nasyconym parą wodną, suchym, w którym nie zachodzi jej skraplanie, temperatura zmienia się (maleje lub rośnie) o 1°C na każde 100 m wysokości. Spadek temperatury w powietrzu o takich właściwościach nazywamy **suchoadiabatycznym gradientem temperatury**. Z kolei w powietrzu o dużym nasyceniu parą wodną, wilgotnym, w którym zachodzi proces jej kondensacji (skraplania), spadek temperatury wraz ze wzrostem wysokości jest mniejszy. Wynosi on 0,6°C na każde 100 m i jest nazywany **wilgotnoadiabatycznym gradientem temperatury**. Jednak nie w każdych warunkach temperatura maleje wraz z wysokością. W dolinach lub kotlinach górskich mamy czasem do czynienia z **inwersją termiczną temperatury** polegającą na wzroście temperatury wraz z wysokością (do pewnego stopnia). Dzieje się tak, gdy zimniejsze i cięższe powietrze spływa po zboczach doliny w kierunku jej dna, wypychając cieplejsze powietrze do góry.

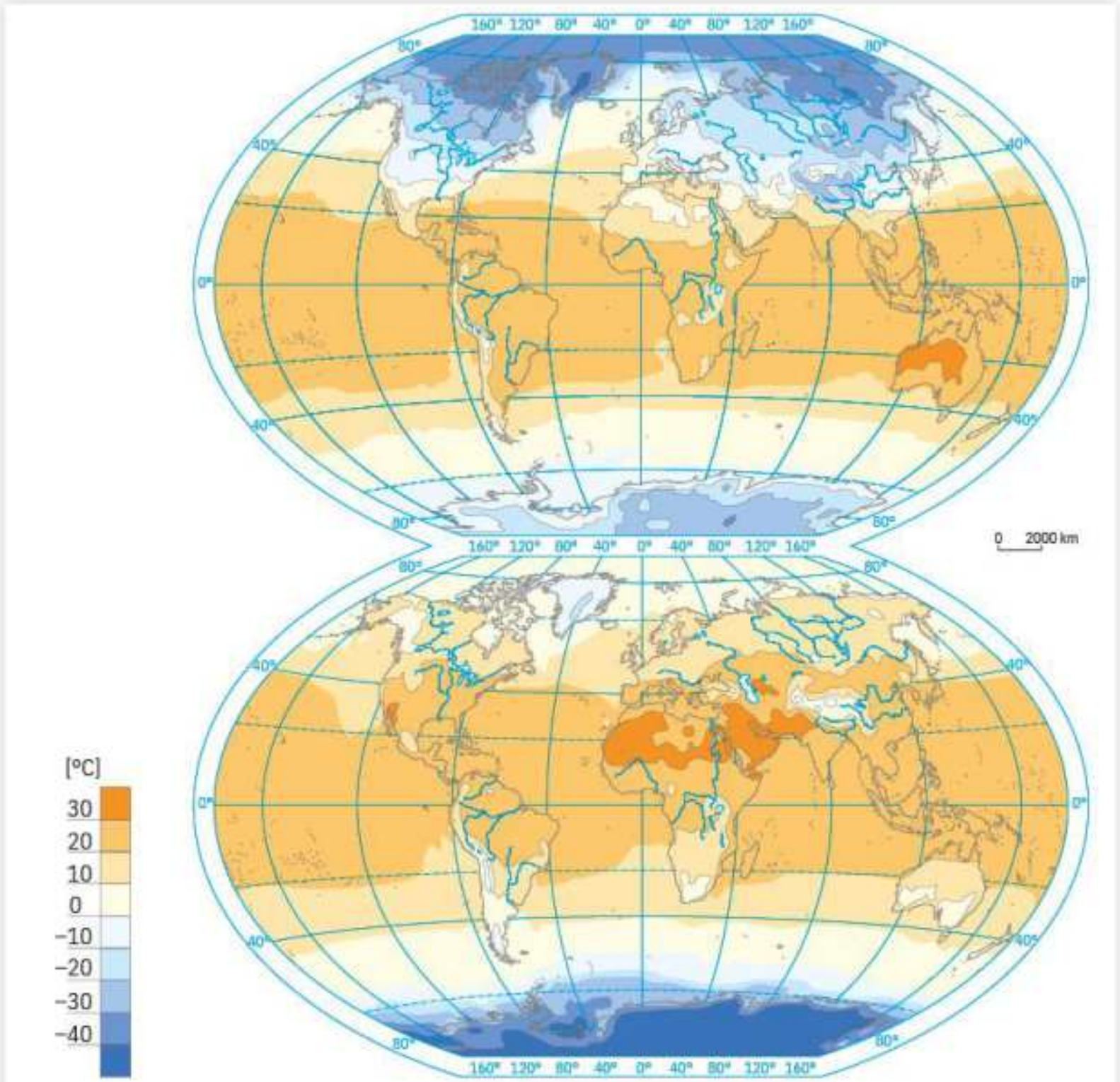


Ryc. III.2.3. Schemat normalnego rozkładu temperatury (A) oraz inwersji termicznej (B).

Rozkład temperatur powietrza na Ziemi

Najwyższą temperaturę powietrza na półkuli północnej, wynoszącą 56,7°C zanotowano w Dolinie Śmierci w USA w 1913 r., a na półkuli południowej temperaturę 50,7°C zanotowano w Oodnadatta w Australii w 1960 r. Z kolei najniższą wartość temperatury powietrza na półkuli północnej zaobserwowano w miejscowości Tomtor na Syberii w 2004 r. – osiągnęła ona –72,2°C, a na półkuli południowej na stacji badawczej Wostok na Antarktydzie w 1983 r. zanotowano temperaturę –89,2°C. Różnice pomiędzy najwyższą a najniższą średnią miesięczną temperaturą w ciągu roku nazywa się **roczną amplitudą temperatury powietrza**. Amplitudy roczne powietrza rosną od równika (2–3°C) do wysokich szerokości geograficznych oraz od mórz i oceanów w stronę centralnych części kontynentów. Największa roczna

roczna amplituda temperatury



Ryc. III.2.4. Temperatury powietrza w styczniu i lipcu.

amplituda temperatur obliczona z wielolecia występuje w miejscowości Ojmiakon (Rosja) i przekracza 100°C. Z kolei **dobowe amplitudy temperatur** (czyli różnice pomiędzy najwyższą a najniższą temperaturą zaobserwowaną w ciągu doby) są największe na obszarach gorących pustyń strefy zwrotnikowej, gdzie ze względu na bezchmurne niebo temperatura może spaść w nocy do 0°C, a amplituda może przekraczać 50°C.

dobowa amplituda temperatury

Porównując średnie wartości izoterm (linii łączących punkty o jednakowej temperaturze) w styczniu i lipcu, można zauważyć ich zależność od stref oświetlenia Ziemi, rozmieszczenia lądów i oceanów, a także przebiegu prądów morskich.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Na podstawie ryciny III.2.1. scharakteryzuj bilans cieplny Ziemi i atmosfery.
2. Omów na wybranych przykładach czynniki wpływające na zróżnicowanie temperatury na Ziemi.
3. Oblicz w zeszycie różnicę temperatury wynikającą z wysokości nad poziomem morza pomiędzy Helem a Zakopanem. Wysokość nad poziomem morza podanych miejscowości odczytaj z atlasu.
4. Uszereguj poniższe punkty o określonych współrzędnych geograficznych od najwyższej do najniższej wartości temperatury powietrza, jaka występuje tam w styczniu.

   A. 20°E 20°S
   B. 120°E 80°N
   C. 80°E 20°N
   D. 80°W 50°N
   E. 40°E 60°S

5. Uszereguj poniższe punkty o określonych współrzędnych geograficznych od najwyższej do najniższej wartości temperatury powietrza, jaka występuje tam w lipcu.

   A. 20°E, zwrotnik Raka
   B. 120°W 40°S
   C. 40°E, zwrotnik Koziorożca
   D. 80°W, równik
   E. 40°E 80°N

6. Porównaj mapy izoterm stycznia i lipca (ryc. III.2.4.). Wskaż obszary o największych i najmniejszych amplitudach rocznych. Określ przyczyny zróżnicowania amplitud na tych obszarach.
7. a) Uszereguj poniższe punkty o określonych współrzędnych geograficznych od najwyższej do najniższej wartości temperatury powietrza, jaka występuje tam w styczniu. Wpisz do tabeli odpowiednią literę odpowiadającą danym współrzędnym geograficznym od najwyższej do najniższej średniej wartości temperatury powietrza w styczniu. Wykonaj polecenie w zeszycie.

   A. 20°E 20°S
   B. 120°E 80°N
   C. 80°E 20°N
   D. 80°W 50°N
   E. 40°E 60°S

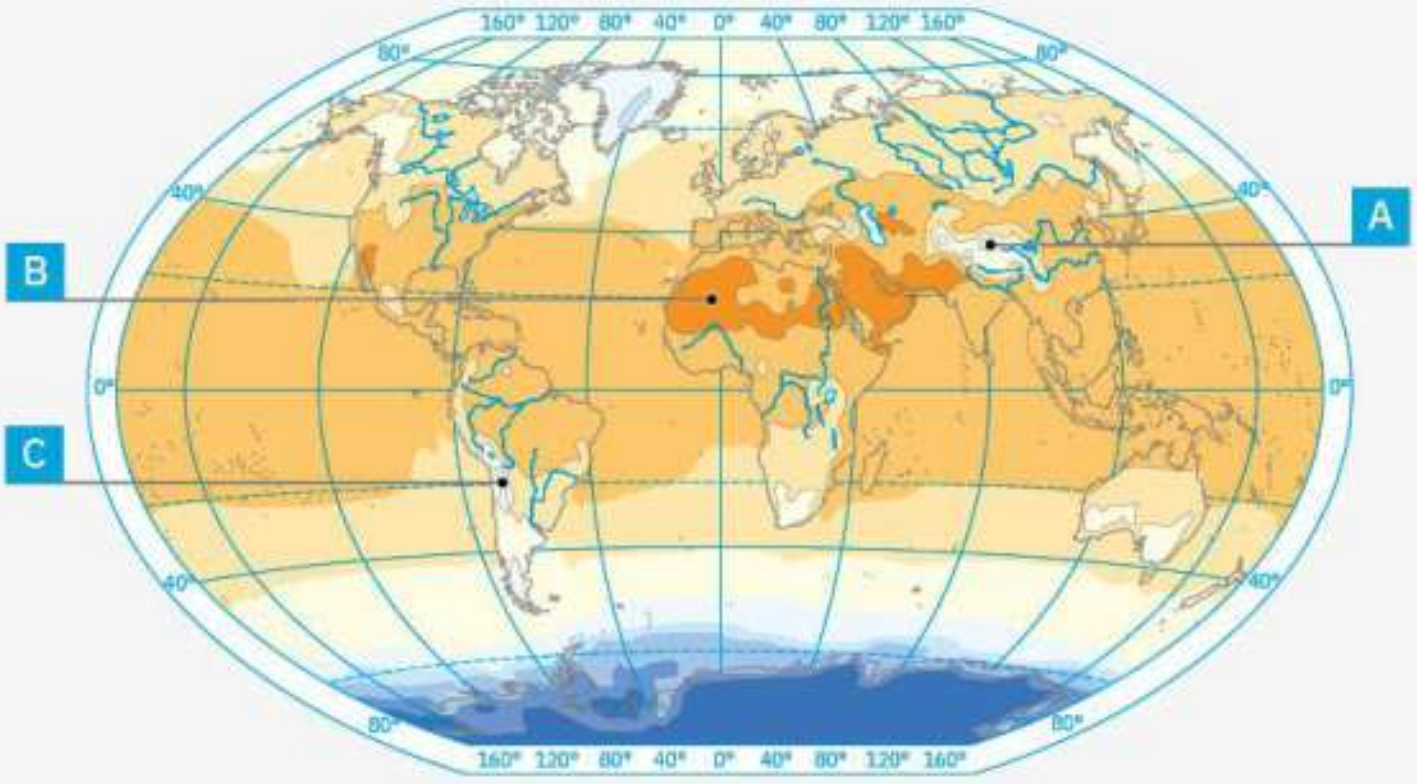
Najwyższa średnia temperatura stycznia				Najniższa średnia temperatura stycznia

   b) Wyjaśnij różnicę pomiędzy suchoadiabatycznym a wilgotnoadiabatycznym gradientem temperatury.

8. Wykonaj polecenia w zeszycie.

a) Wymień po 2 czynniki wpływające na wartość średniej temperatury powietrza w lipcu w trzech miejscach zaznaczonych na poniższej mapie (A, B, C).

b) Wyjaśnij różnicę pomiędzy roczną a dobową amplitudą temperatury powietrza.



PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 139 ▸
- Ziemia jest ogrzewana przede wszystkim za pomocą **krótkofalowego promieniowania słonecznego**, którego 53% dociera do powierzchni Ziemi. Promieniowanie słoneczne docierające do Ziemi jest pochłaniane przez podłoże i zamieniane na energię cieplną, którą nasza planeta oddaje w postaci promieniowania długofalowego.

s. 140 ▸
- **Czynniki wpływające na temperaturę** na Ziemi to:
  - szerokość geograficzna,
  - prądy morskie,
  - odległość od mórz i oceanów,
  - wysokość nad poziomem morza,
  - rzeźba terenu,
  - pokrycie terenu.

s. 142 ▸
- **Roczna amplituda temperatury powietrza** to różnica pomiędzy najwyższą a najniższą średnią miesięczną wartością temperatury w ciągu roku.

s. 143 ▸
- **Dobowa amplituda temperatury powietrza** to różnica pomiędzy najwyższą a najniższą wartością temperatury zaobserwowaną w ciągu doby.

3. Ciśnienie atmosferyczne i cyrkulacja atmosfery

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz pojęcie ciśnienia atmosferycznego;
- dowiesz się, jak się przedstawia rozkład ciśnienia atmosferycznego na Ziemi;
- nauczysz się wyjaśniać główne mechanizmy cyrkulacji atmosferycznej.

Ciśnienie atmosferyczne to siła nacisku słupa powietrza na jednostkę powierzchni

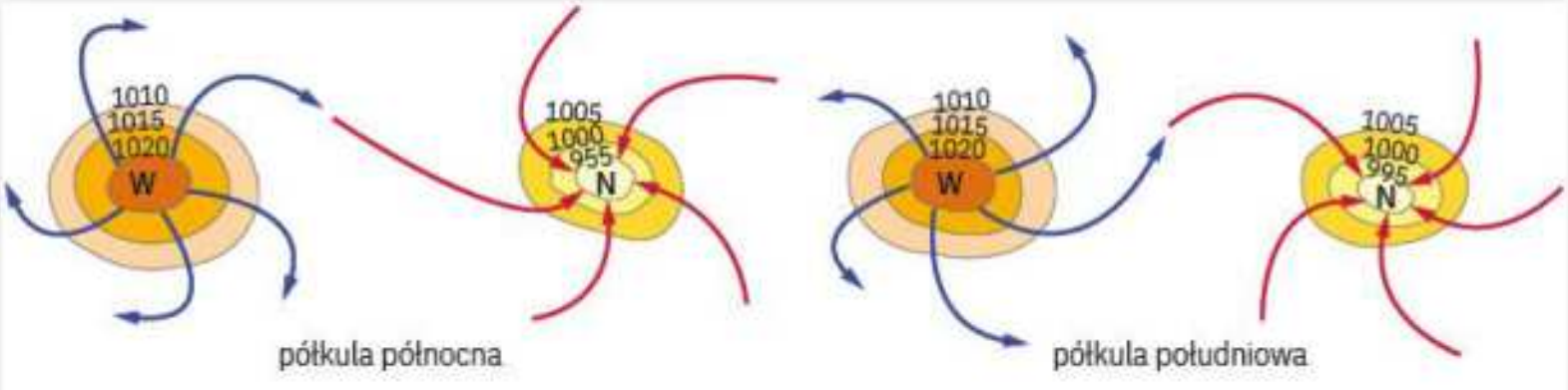
ciśnienie atmosferyczne

Ciśnienie atmosferyczne mierzymy w **hektopaskalach** (hPa), a jego uśredniona wartość dla Ziemi mierzona na poziomie morza wynosi 1013,25 hPa. Wartość ciśnienia atmosferycznego maleje wraz ze wzrostem wysokości. Powietrze nagrzane jest lekkie, przez co wędruje ku górze i wywiera mniejszy nacisk na powierzchnię Ziemi. Dlatego też nad obszarami gorącymi ciśnienie atmosferyczne jest niższe niż nad chłodnymi. Z kolei powietrze chłodne, mroźne jest cięższe i opada, zwiększając swój nacisk na podłoże. W rezultacie nad obszarami zimnymi tworzą się ośrodki wysokiego ciśnienia. Linie łączące punkty o jednakowej wartości ciśnienia atmosferycznego nazywamy **izobarami**. Rozróżniamy dwa podstawowe układy baryczne.

wyż i niż baryczny

wyż baryczny	niż baryczny
układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie wzrasta do środka	układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie maleje do środka

Układy ciśnienia tworzą się wskutek różnic w nagrzaniu powierzchni Ziemi. Powietrze przemieszcza się zawsze z obszarów o ciśnieniu wyższym do obszarów o ciśnieniu niższym. Ten poziomy ruch powietrza powstający wskutek różnicy ciśnienia nazywamy **wiatrem**. Im większa różnica ciśnień, tym prędkość wiatru wyrażana w metrach na sekundę jest większa. Dodatkowo powietrze jest odchylane od pierwotnego kierunku wskutek siły Coriolisa (patrz dział II) – na półkuli północnej w prawo, a na półkuli południowej w lewo.



Ryc. III.3.1. Wyż (W) i niż baryczny (N).

czynniki wpływające na wartości ciśnienia

Czynniki wpływające na wartości ciśnienia atmosferycznego

- temperatura powietrza
- wysokość nad poziomem morza
- szerokość geograficzna
- rozmieszczenie lądów i oceanów
- pora roku



Ryc. III.3.2. Rozkład stref ciśnienia atmosferycznego na powierzchni Ziemi.

Wzrost temperatury powietrza sprawia, że ciśnienie atmosferyczne maleje. Natomiast wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. obserwuje się spadek ciśnienia średnio o 1 hPa na 8 m. Efekt ten jest mniejszy na wyższych wysokościach, co wynika ze zmniejszonej gęstości powietrza. **Najwyższe ciśnienie** obserwujemy na szerokości geograficznej 30° (w strefie podzwrotnikowej), natomiast **najniższe** – na szerokości około 65° (w strefie podbiegunowej). Układ ciśnienia atmosferycznego jest różny pomiędzy głębią lądów a oceanami. Jest to zjawisko wynikające z różnego tempa nagrzewania i ochładzania tych obszarów (woda nagrzewa się wolniej niż lądy, z kolei lądy ochładzają się szybciej). Na lądach obserwujemy niższe ciśnienie latem, a wyższe zimą. Nad oceanami maksimum wartości ciśnienia atmosferycznego przypada na początek lata, gdy powietrze jest chłodniejsze niż nad lądami, a minimum – w zimie, gdy powietrze jest cieplejsze nad wodami niż na lądzie.

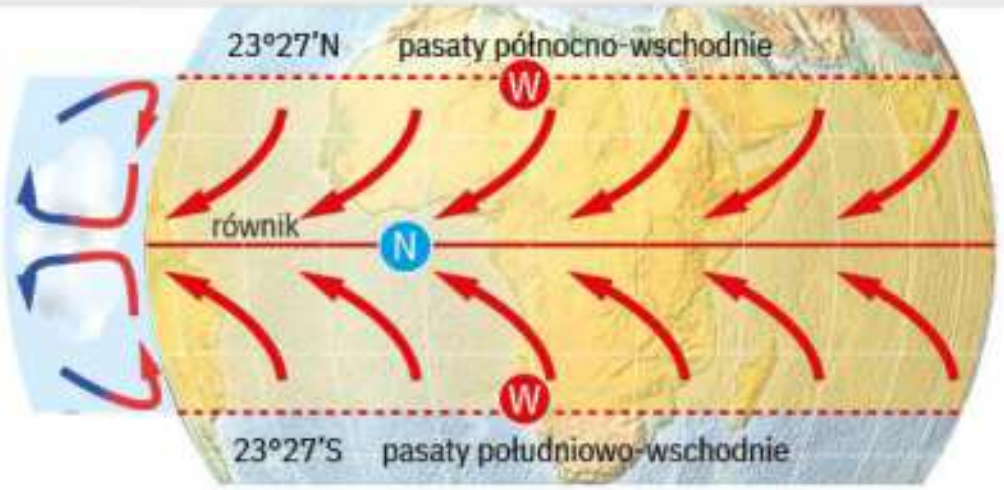
cyrkulacja pasatowa

Cyrkulacja pasatowa w strefie międzyzwrotnikowej (komórka Hadleya)

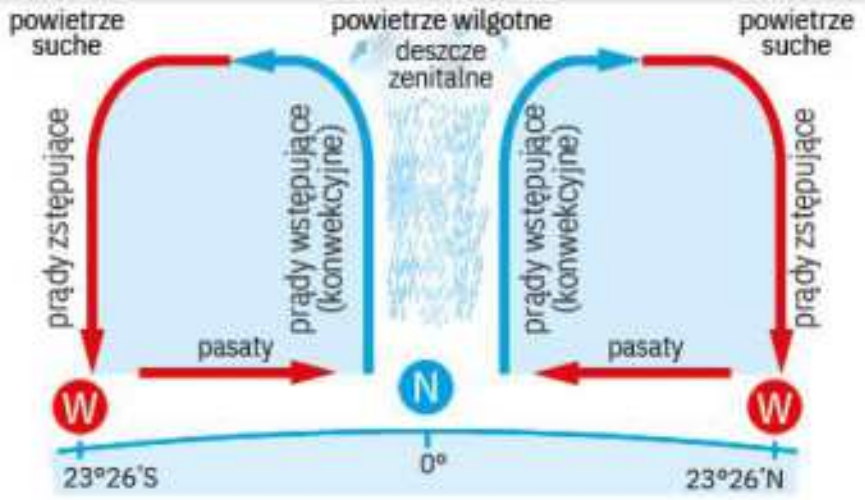
W strefie równikowej silnie nagrzane powietrze się unosi. W trakcie wznoszenia powietrze znacznie się ochładza (–80°C) i w górnej części troposfery przemieszcza się na północ i południe. Nie dociera przy tym do biegunów, gdyż na wysokości zwrotników ze względu na siłę Coriolisa ulega odchyleniu od pierwotnego kierunku. Dodatkowo ze względu na mniejszy obwód troposfery niż na równiku powietrze to zaczyna opadać, tworząc w strefie zwrotnikowej obszary podwyższonego ciśnienia. Z wyżów zwrotnikowych część powietrza przemieszcza się w kierunku równikowego niżu. Wiatry wiejące w dolnej części troposfery od zwrotników do równika to **pasaty**. W wyniku oddziaływania siły Coriolisa one także odchylają się na półkuli północnej w prawo, a na półkuli południowej w lewo. W efekcie wiatry te wieją z kierunku północno-wschodniego na półkuli północnej oraz południowo-wschodniego na półkuli południowej. Taką cyrkulację powietrza w strefie międzyzwrotnikowej nazywa się **cyrkulacją pasatową**.

pasaty

cyrkulacja pasatowa



Ryc. III.3.3. Schemat powstawania pasatów.



Ryc. III.3.4. Cyrkulacja pasatowa w strefie międzyzwrotnikowej.

Cyrkulacja powietrza w obszarze umiarkowanych szerokości geograficznych (komórka Ferrela)

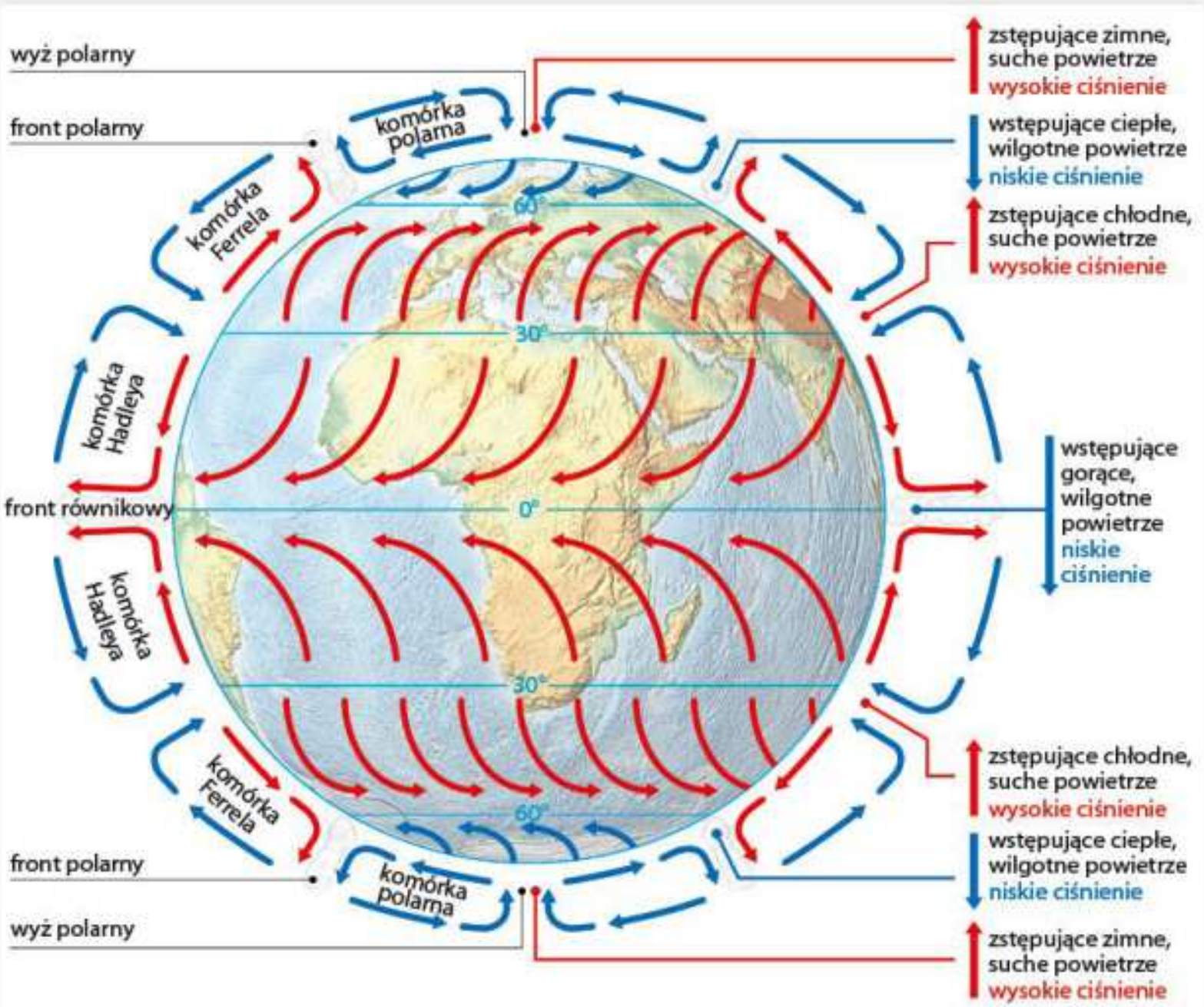
Powietrze ze zwrotnikowych wyżów przemieszcza się częściowo przy powierzchni Ziemi także w kierunku wyższych szerokości geograficznych (ryc. III.3.5). Siła Coriolisa powoduje odchylenie go na wschód i przemieszczanie w kierunku kół podbiegunowych jako **wiatry zachodnie**. Na szerokości geograficznej ok. 60° dochodzi do zetknięcia się chłodnego powietrza napływającego ze wschodu od strony biegunów oraz gorącego powietrza przemieszczającego się od zachodu z szerokości zwrotnikowych. W efekcie powietrze cieplejsze zostaje wyparte do góry w postaci **prądów wznoszących** i w górnej troposferze przemieszcza się w kierunku zwrotników. W miejscu styku (na froncie polarnym) dochodzi do powstania ośrodków niżowych, które przemieszczają się z zachodu na wschód. Zjawisko to nazywamy **cyrkulacją wędrownych niżów barycznych**.

wędrowne niże baryczne

Cyrkulacja powietrza w obszarze wysokich szerokości geograficznych (komórka polarna)

W okolicach bieguna ze względu na niskie temperatury tworzy się **czasza wysokiego ciśnienia**. W dolnej warstwie troposfery zimne, ciężkie powietrze z okolic

biegunów przesuwa się w kierunku niżów frontu polarnego (rejon kół podbiegunowych). Tam unosi się i przemieszcza strumieniem w górnej troposferze w kierunku biegunów, zamykając układ.



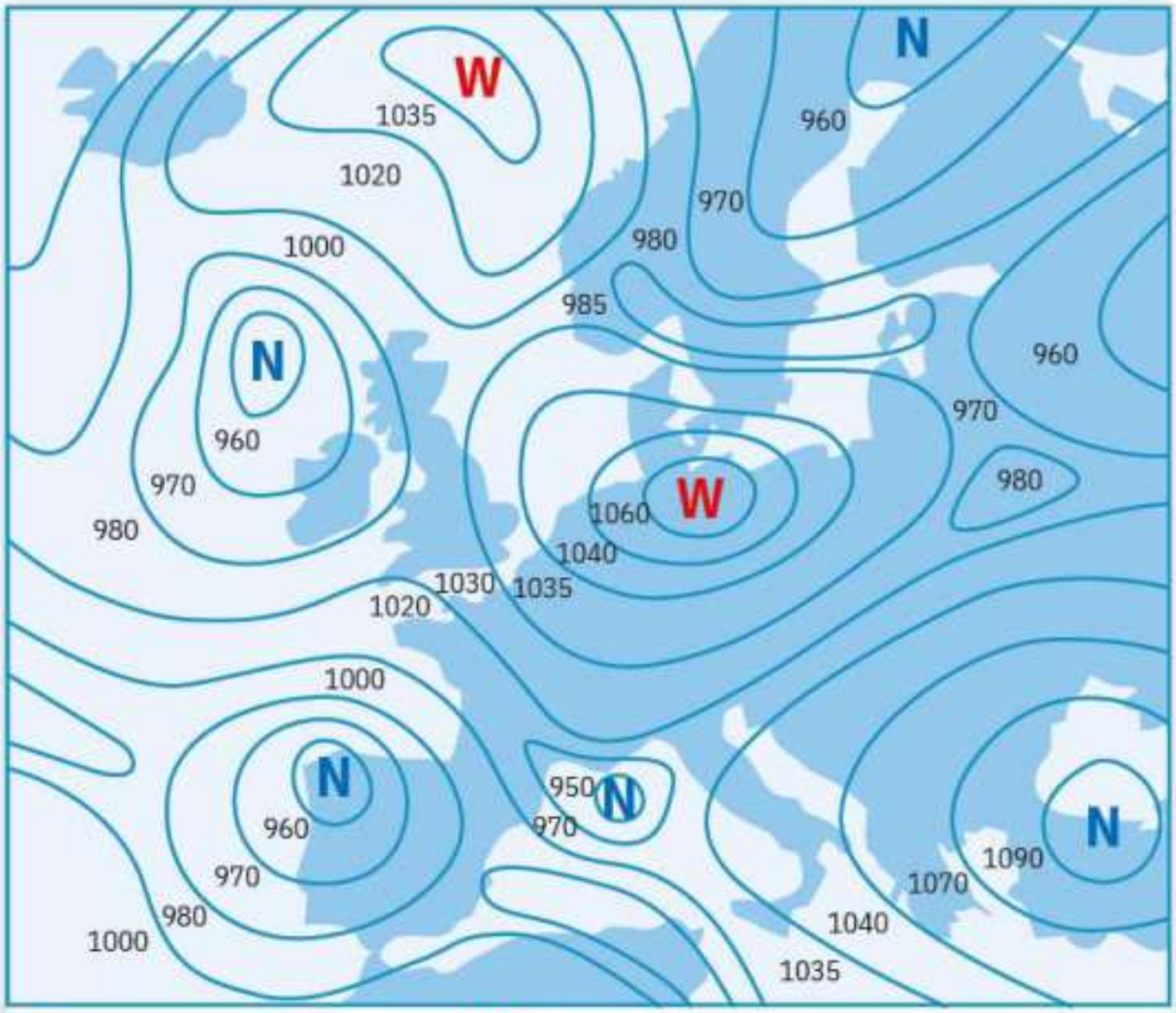
Ryc. III.3.5. Globalna cyrkulacja atmosfery.

cyrkulacja monsunowa

Cyrkulacja monsunowa

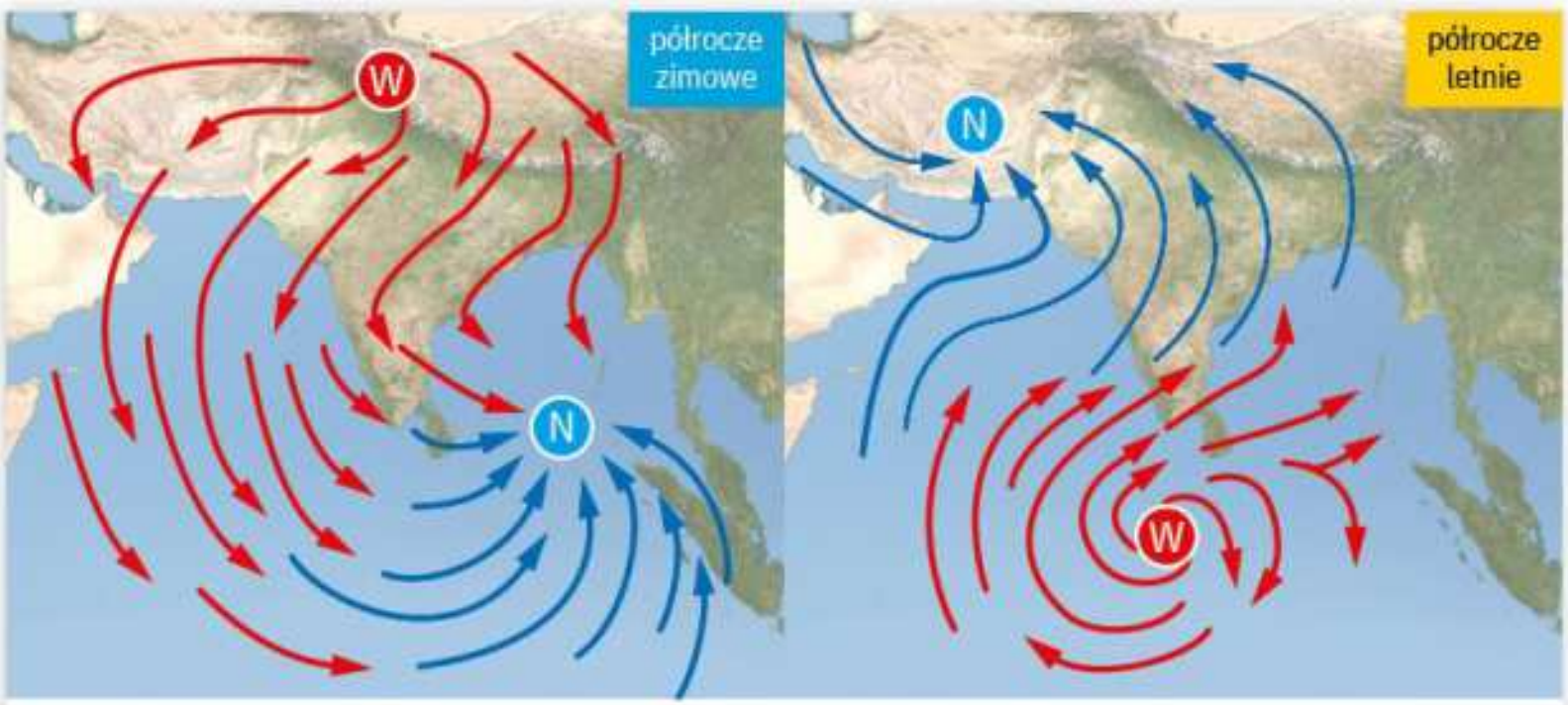
W miejscach zetknięcia się rozległych masywów kontynentalnych z obszarami oceanicznymi tworzy się **cyrkulacja monsunowa**. **Monsuny** to wiatry okresowe zmieniające swój kierunek dwa razy w roku. Ze względu na nierównomierne ogrzewanie się lądu i morza w porze letniej wieją od strony morza, przynosząc obfite opady, natomiast w zimie wieją jako suche wiatry od lądu w stronę morza.

W lecie ląd ogrzewa się szybciej niż woda, w związku z czym nad kontynentem tworzy się obszar niskiego ciśnienia, a nad oceanem – wysokiego. Letni monsun wieje zatem znad oceanu w stronę lądu, powodując przemieszczanie się wilgotnego powietrza. W zimie z kolei ląd szybciej się ochładza i tworzy się nad nim rozległy wyż, od którego wieje monsun zimowy w stronę niżu nad wolno oddającym ciepło oceanem. Największe obszary, nad którymi występuje cyrkulacja monsunowa, to Azja Południowa, Azja Południowo-Wschodnia oraz Azja Wschodnia.



N – ośrodek niskiego ciśnienia **W** – ośrodek wysokiego ciśnienia

Ryc. III.3.6. Układy niskiego i wysokiego ciśnienia nad Europą.



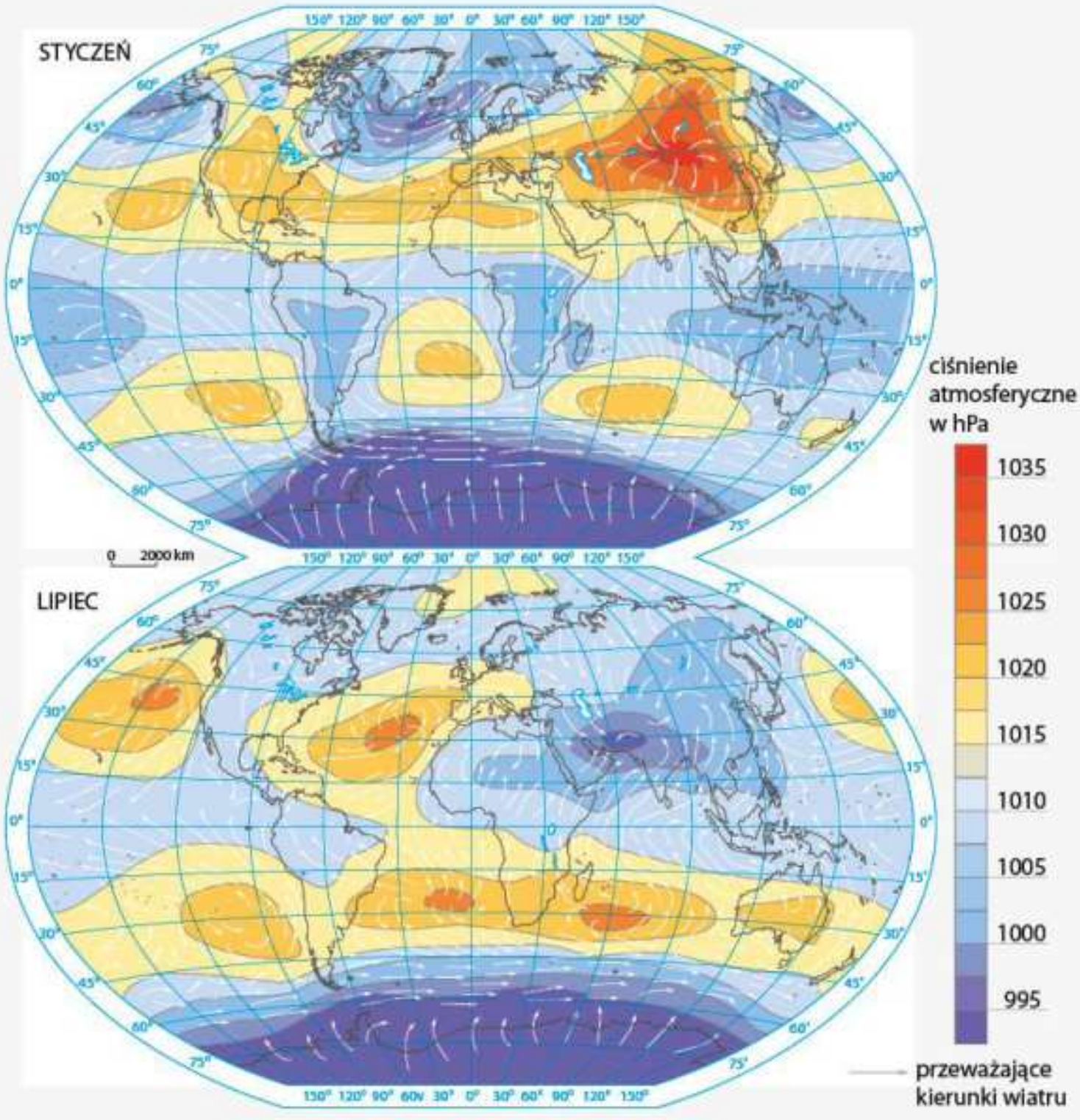
Ryc. III.3.7. Schemat powstawania monsunów.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Na podstawie poniższej mapy przedstawiającej rozkład ciśnienia atmosferycznego na Ziemi w styczniu i lipcu, określ:

   a) nad jakimi obszarami powstają ośrodki wysokiego i niskiego ciśnienia;

   b) jakie zmiany w rozmieszczeniu wyżów i niżów atmosferycznych można zauważyć pomiędzy styczniem a lipcem.

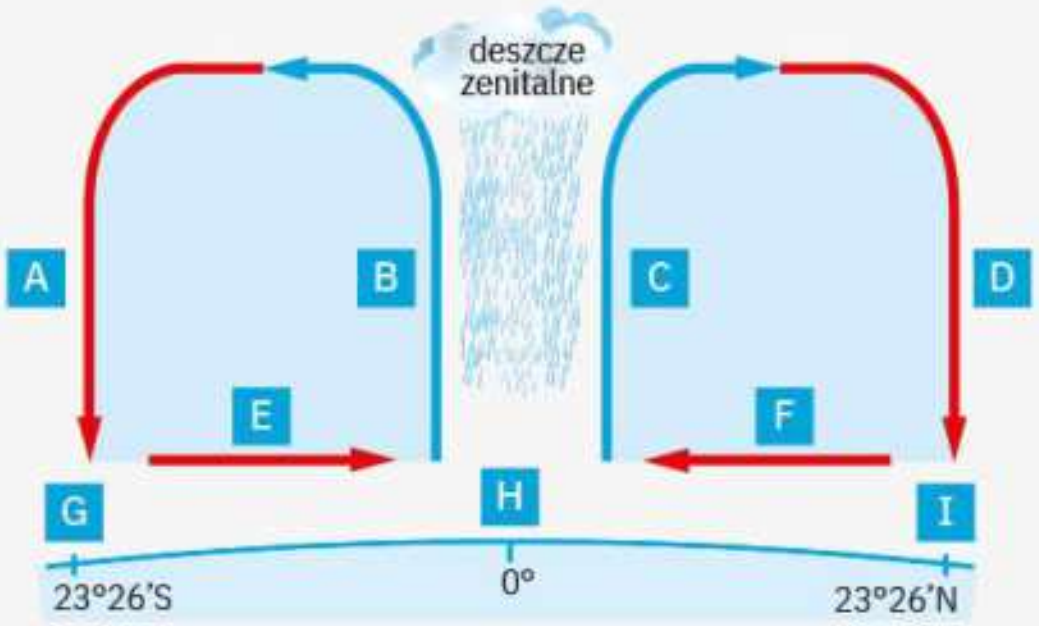


2. Scharakteryzuj czynniki wpływające na zróżnicowanie ciśnienia atmosferycznego.

3. Poniższy schemat przedstawia mechanizm cyrkulacji powietrza w strefie międzyzwrotnikowej.

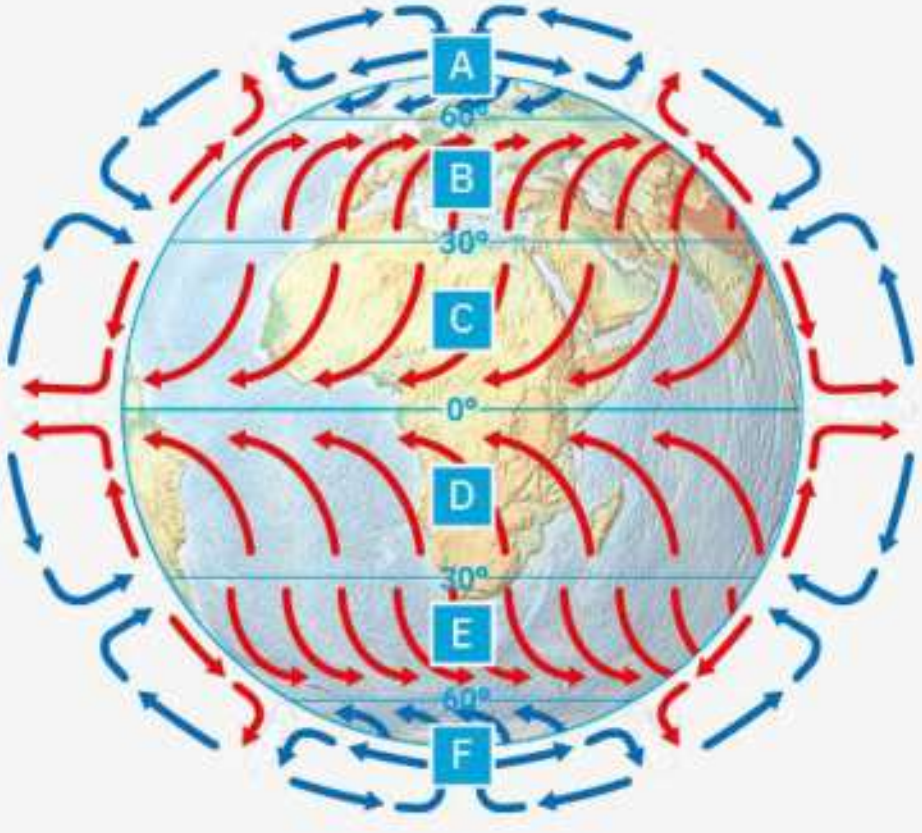
a) Dopasuj do liter (A–I) zjawiska wymienienione poniżej.

prądy wstępujące, prądy zstępujące, pasaty, W (wyż), N (niż)



b) Wyjaśnij, dlaczego codziennie w strefie równikowej występują deszcze zenitalne.

4. Na schemacie przedstawiono ogólną cyrkulację atmosfery. Literami od A do F oznaczono wybrane strefy szerokości geograficznych.



a) Podaj litery wskazujące strefy szerokości geograficznych, w których dominuje:
– cyrkulacja wędrownych niżów barycznych,
– strefa występowania wiatrów wschodnich.

b) Wyjaśnij, jak działa siła Coriolisa.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 145 • **Ciśnienie atmosferyczne** to siła nacisku słupa powietrza na jednostkę powierzchni wyrażona w hektopaskalach (hPa), a linie łączące punkty o jednakowych wartościach ciśnienia to izobary.

s. 145 • **Wyż baryczny** stanowi układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie wzrasta do środka.

s. 145 • **Niż baryczny** to układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie maleje do środka.

s. 146 • Wśród **czynników wpływających na wielkość ciśnienia atmosferycznego** można wymienić:
– temperaturę powietrza,
– wysokość n.p.m.,
– szerokość geograficzną,
– rozmieszczenie lądów i oceanów,
– pory roku.

Najwyższe ciśnienie występuje na szerokości geograficznej 30° (w strefie podzwrotnikowej), natomiast **najniższe** – na szerokości około 65° (w strefie podbiegunowej).

s. 146 • W strefie międzyzwrotnikowej występuje **cyrkulacja pasatowa**, a pasaty to wiatry wiejące w dolnej części troposfery od zwrotnikowych wyżów w kierunku równikowego niżu.

s. 147 • Na umiarkowanych szerokościach geograficznych, gdzie stykają się masy powietrza napływające od biegunowych i zwrotnikowych wyżów, tworzą się **wędrowne niże baryczne** przemieszczające się z zachodu na wschód (wpływ siły Coriolisa).

s. 148 • **Cyrkulacja monsunowa** polega na powstawaniu monsunów, czyli wiatrów wiejących zgodnie z rozkładem głównych ośrodków barycznych. W porze letniej od strony morza, gdzie jest wyż, przynoszą obfite opady, natomiast w porze zimowej te wiatry wieją od lądu, gdzie jest niż, w stronę morza i nie przynoszą opadów.

4. Fronty atmosferyczne

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, co to jest front atmosferyczny i wymienisz jego rodzaje;
- nauczysz się wskazywać zmiany pogody występujące w czasie przemieszczania się frontów atmosferycznych i je interpretować;
- poznasz zjawiska towarzyszące frontom atmosferycznym.

Powietrze zalegające przez dłuższy czas nad danym obszarem przybiera właściwości tego podłoża, takie jak cechy termiczne czy wilgotność. Przemieszczając się z obszaru źródłowego, może ono tracić swoje pierwotne cechy fizyczne i nabierać

nowych (np. powietrze morskie, przesuwając się w głąb lądu, nabiera cech powietrza kontynentalnego).

Masy powietrza mogą się rozciągać na tysiące kilometrów. Ze względu na różnice we właściwościach termicznych wyróżniamy masy powietrza:

- arktycznego (na półkuli północnej) i antarktycznego (na półkuli południowej) – PA,
- polarnego (umiarkowanych szerokości geograficznych) – PP,
- zwrotnikowego (PZ),
- równikowego (PR).

Dodatkowo, ze względu na rodzaj podłoża, nad którym powstają, masy powietrza dzieli się na morskie i kontynentalne. **Powietrze morskie** charakteryzuje się większą zawartością pary wodnej, w efekcie występują małe amplitudy roczne temperatury. Z kolei bardziej suche **powietrze kontynentalne** ma większą amplitudę temperatury. Powietrze równikowe jest stale wilgotne i nie rozróżnia się jego odmiany na morską i lądową. Masa powietrza może być chłodna, jeśli napływając na dane terytorium prowadzi do spadku temperatury, a sama ogrzewa się od cieplejszego podłoża. Z drugiej strony jest ciepła, jeśli wkraczając na dany obszar powoduje wzrost temperatury, a sama oziębia się od chłodnego podłoża w warstwie przygruntowej. Pomiędzy różnymi masami powietrza istnieją strefy przejściowe.

Podział mas powietrza

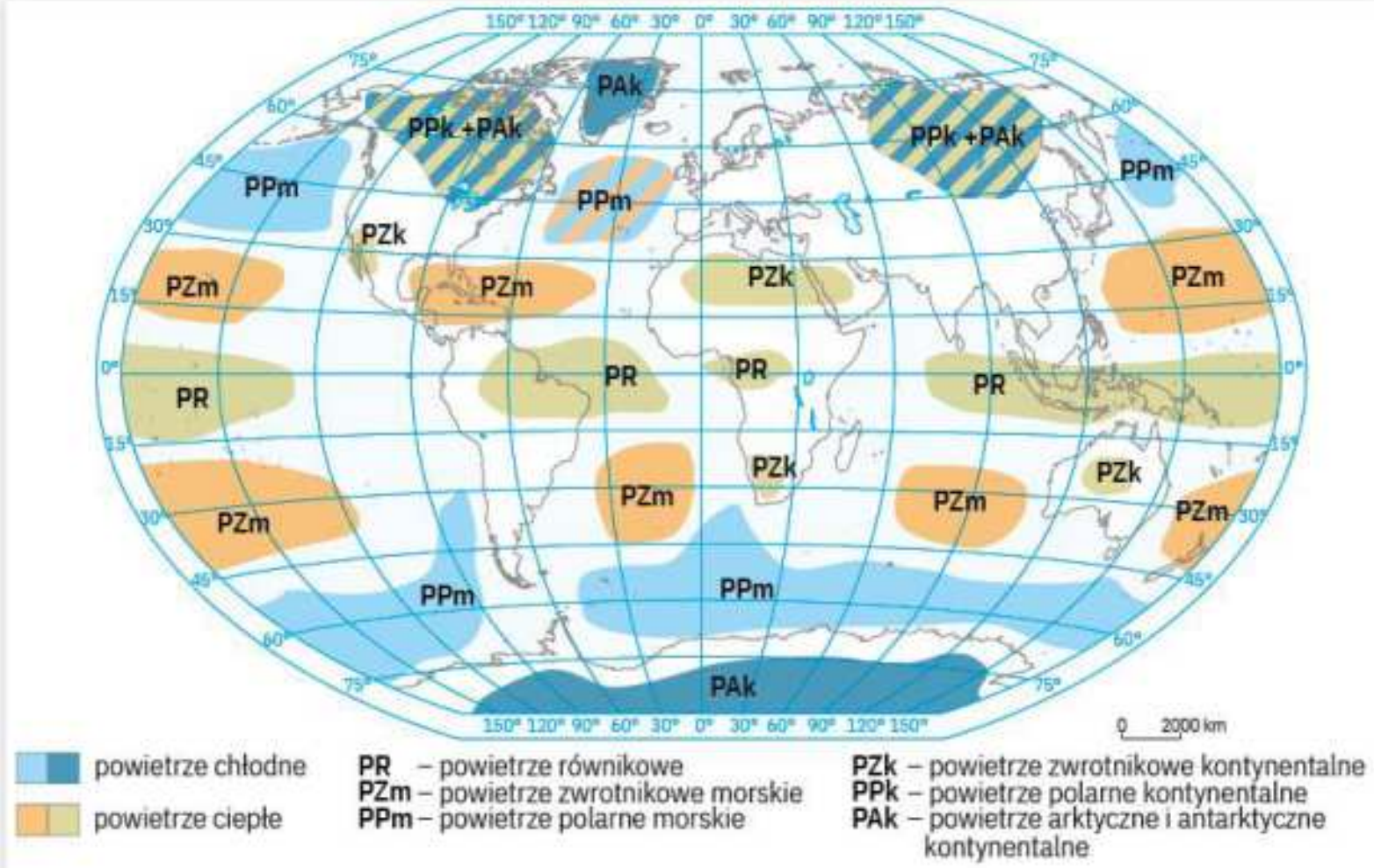
masy powietrza na Ziemi

Tab. III.4.1. Rodzaje mas powietrza

Obszar źródłowy	Rodzaj podłoża	Właściwości termiczne
■ powietrze arktyczne i antarktyczne (PA) ■ powietrze polarne (PP) ■ powietrze zwrotnikowe (PZ) ■ powietrze równikowe (PR)	■ morskie – powietrze arktyczne i antarktyczne morskie (PAm) – powietrze polarne morskie (PPm) – powietrze zwrotnikowe morskie (PZm) ■ kontynentalne – powietrze arktyczne i antarktyczne kontynentalne (PAk) – powietrze polarne kontynentalne (PPk) – powietrze zwrotnikowe kontynentalne (PZk)	■ masy powietrza ciepłego (napływają na dany obszar, stopniowo się ochładzając) ■ masy powietrza chłodnego (napływają na dany obszar, stopniowo się ogrzewając)

Miejsca styku dwóch różnych mas powietrza nazywamy **frontami atmosferycznymi**. Pomiędzy głównymi masami powietrza wyróżniamy tzw. fronty globalne. Pomiędzy masą powietrza arktycznego i polarnego tworzy się **front arktyczny**, a pomiędzy powietrzem polarnym i zwrotnikowym – **front polarny**. Między powietrzem zwrotnikowym a równikowym występuje **front równikowy** (międzyzwrotnikowy), ale nie wykazuje on zróżnicowania temperatury pomiędzy dwoma masami powietrza ze względu na cyrkulację pasatową. Ścieranie się dwóch mas powietrza powoduje zmianę pogody na ich styku. Ze względu na kierunek przemieszczania się mas powietrza wyróżniamy fronty chłodne, ciepłe i zokludowane.

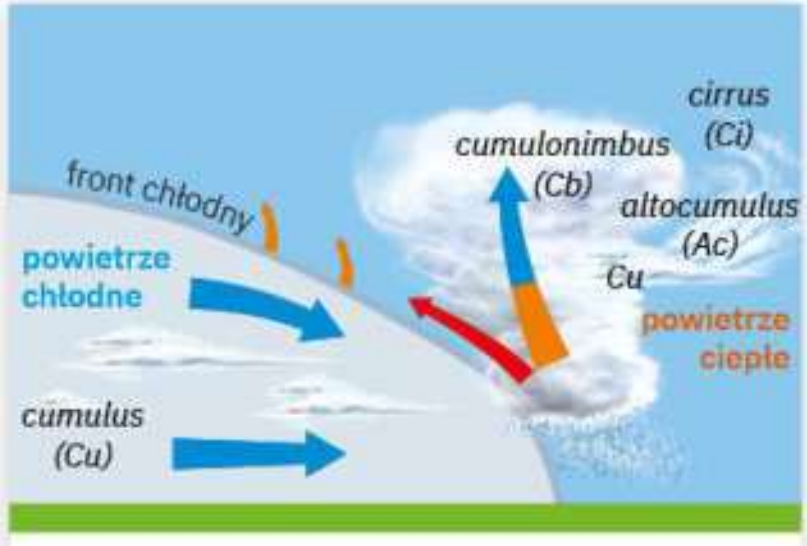
front globalny



Ryc. III.4.1. Rozmieszczenie głównych mas powietrza na Ziemi.

front chłodny

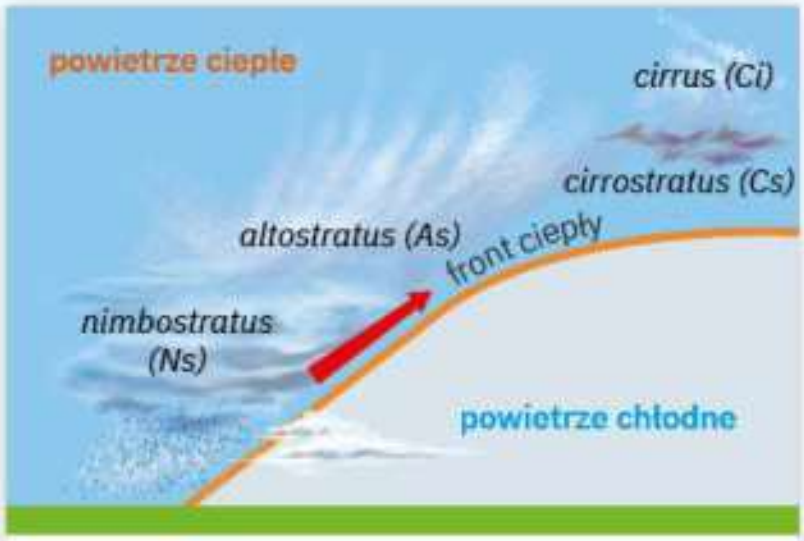
Front chłodny powstaje, gdy powietrze chłodniejsze napływa nad obszar, gdzie zalega powietrze cieplejsze. Zimne powietrze jako cięższe utrzymuje się przy powierzchni Ziemi, wypychając w górę powietrze cieplejsze, a więc lżejsze. W wyniku gwałtownego wznoszenia się ciepłego powietrza tworzą się chmury burzowe, a w czasie przejścia frontu chłodnego często towarzyszą im intensywne opady. Przed nadejściem frontu chłodnego ciśnienie atmosferyczne obniża się, a następnie w czasie jego przechodzenia i po przejściu frontu – wzrasta. W trakcie przejścia frontu chłodnego temperatura powietrza obniża się, a siła wiatru wzrasta.



Ryc. III.4.2. Powstawanie frontu chłodnego.

front ciepły

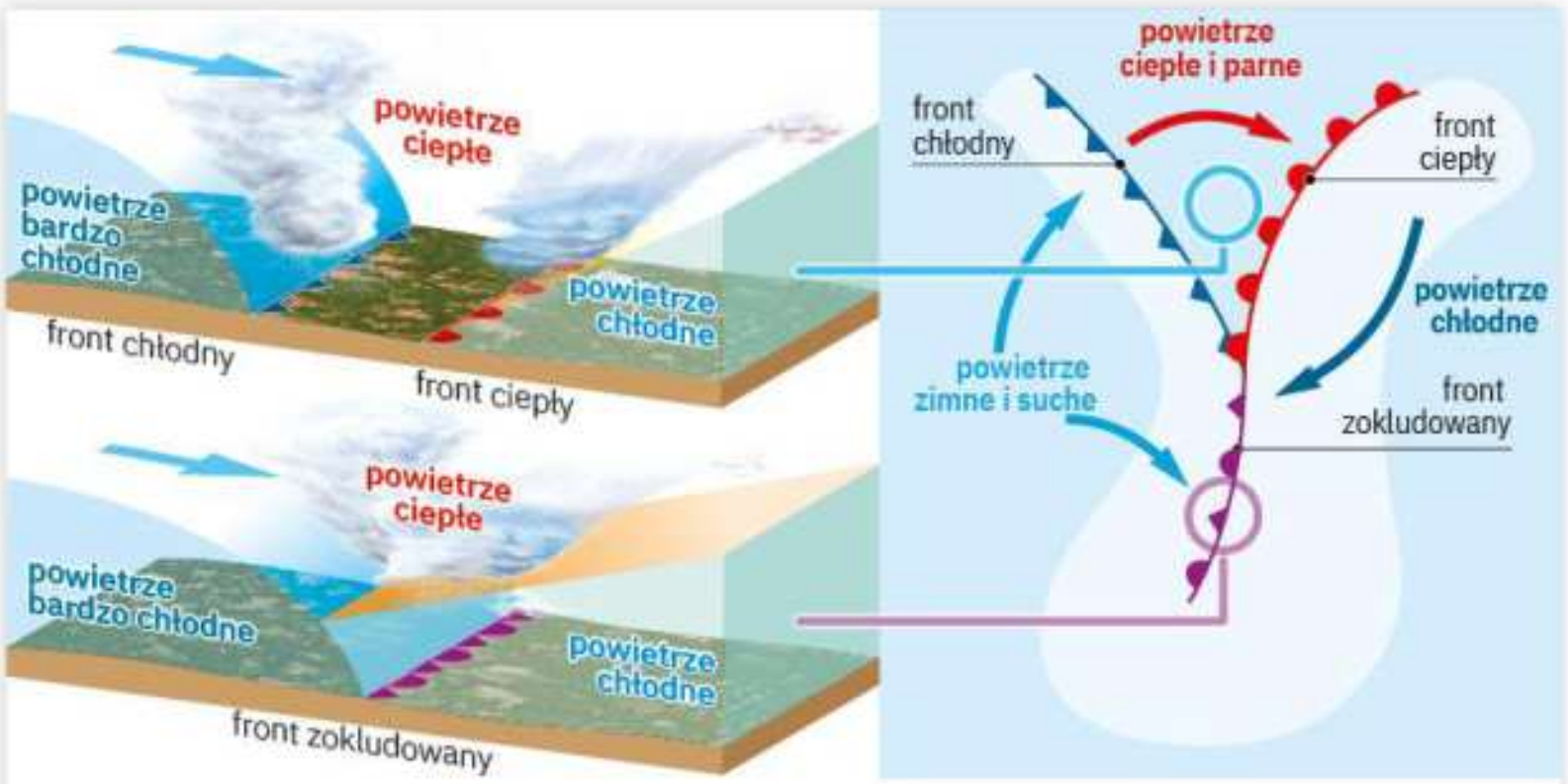
Front ciepły tworzy się, gdy powietrze cieplejsze napiera na chłodne i jako lżejsze wślizguje się na nie. Konwekcyjny (wznoszący) ruch powietrza powoduje spadek ciśnienia atmosferycznego i pogłębianie się niżu. Podczas natarcia powietrza ciepłego na chłodne tworzy się, w wyniku kondensacji pary wodnej, rozległy system chmur warstwowo-deszczowych wywołujących ciągłe opady, mogące trwać nawet kilka dni. Przed frontem ciepłym ciśnienie atmosferyczne obniża się, wiatr zwiększa swoją siłę, a temperatura może wzrosnąć.



Ryc. III.4.3. Tworzenie się frontu ciepłego.

Front chłodny przemieszcza się szybciej niż front ciepły. Czasami dochodzi więc do sytuacji, kiedy front chłodny dogania front ciepły i wówczas nazywamy go **frontem zokludowanym**. Front ten przybiera cechy tego frontu, który przemieszcza się szybciej. Gdy front ciepły zostaje doścignięty przez szybciej przemieszczający się front chłodny, to w przygruntowej warstwie powietrza stykają się ze sobą dwie zimne masy powietrza, a powietrze cieplejsze zostaje całkowicie wyparte do góry (**okluzja chłodna**). Jeżeli natomiast front chłodny doganiający front ciepły będzie miał za sobą powietrze cieplejsze niż przed frontem ciepłym, to wówczas powierzchnia frontu chłodnego wspina się na powierzchnie frontu ciepłego (**okluzja ciepła**).

front zokludowany



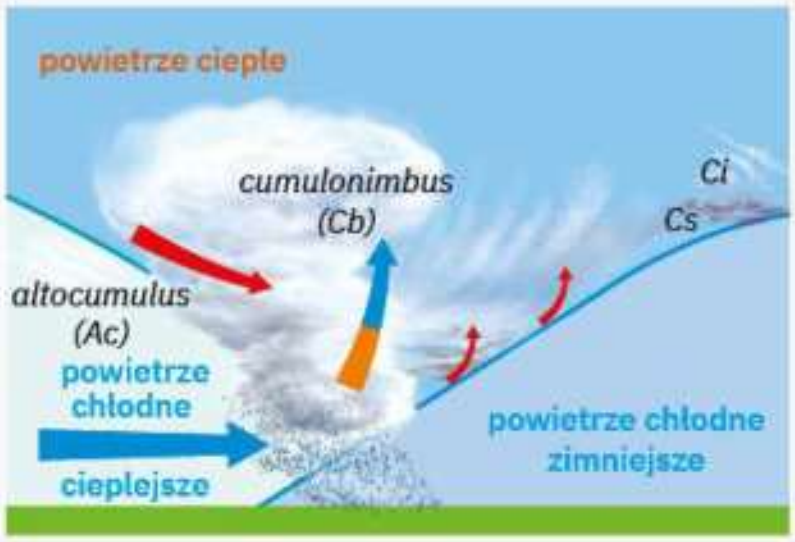
Ryc. III.4.4. Powstawanie frontu zokludowanego oraz oznaczenia frontów na mapie synoptycznej.

Tab. III.4.2. Zjawiska atmosferyczne towarzyszące frontowi chłodnemu i ciepłemu

Zjawiska atmosferyczne	Front chłodny	Front ciepły
Ciśnienie atmosferyczne	Obniża się, a po przejściu frontu – wzrasta.	Obniża się, a po przejściu frontu nieznacznie wzrasta.
Temperatura powietrza	Obniża się po przejściu frontu.	Wzrasta po przejściu frontu.
Wiatr	Zwiększa siłę, może być porywisty.	Zwiększa siłę, a po przejściu frontu słabnie.
Zachmurzenie	Duże i całkowite, tworzą się chmury silnie rozbudowane w pionie.	Całkowite, tworzą się warstwowe chmury deszczowe.
Opady	Opady przelotne (mogą być intensywne), burze, w zimie opady śniegu.	Ciągłe opady deszczu, w zimie śniegu. Zasięg opadów wielokrotnie większy niż podczas frontu chłodnego.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Na podstawie mapy (ryc. III.4.1.) omów rozmieszczenie głównych mas powietrza na Ziemi.
2. Omów jakie zjawiska towarzyszą przemieszczaniu się frontu chłodnego.
3. Wyjaśnij mechanizm powstawania frontu zokludowanego.
4. a) Podaj jaki rodzaj frontu przedstawia poniższy rysunek.



b) Wymień dwie cechy powietrza polarno-morskiego.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 153 • Wyróżniamy następujące **masy powietrza na Ziemi**:
– arktyczne (na półkuli północnej) i antarktyczne (na półkuli południowej) – PA,
– polarne (umiarkowanych szerokości geograficznych) – PP,
– zwrotnikowe (PZ),
– równikowe (PR).

s. 153 • Miejsca styku dwóch różnych mas powietrza nazywamy frontami atmosferycznymi. Pomiędzy masą powietrza arktycznego i polarnego tworzy się **front arktyczny**, a pomiędzy powietrzem polarnym i zwrotnikowym – **front polarny**. Między powietrzem zwrotnikowym a równikowym występuje **front równikowy.**
Fronty atmosferyczne dzielimy na:
– fronty ciepłe,
– fronty chłodne,
– fronty zokludowane.

s. 154 • **Front chłodny** powstaje, gdy powietrze chłodniejsze napływa na obszar, gdzie zalega powietrze ciepłe.

s. 154 • **Front ciepły** tworzy się, gdy powietrze cieplejsze napiera na chłodne i jako lżejsze wślizguje się na nie.

s. 155 • **Front zokludowany** powstaje w następujących sytuacjach:
– gdy front ciepły zostaje doścignięty przez szybciej przemieszczający się front chłodny, to w przygruntowej warstwie powietrza stykają się ze sobą dwie zimne masy powietrza, a powietrze cieplejsze zostaje całkowicie wyparte do góry (okluzja chłodna);
– jeżeli natomiast front chłodny doganiający front ciepły będzie miał za sobą powietrze cieplejsze niż przed frontem ciepłym, to wówczas powierzchnia frontu chłodnego wspina się na powierzchnię frontu ciepłego (okluzja ciepła).

5. Wiatry stałe, okresowe i lokalne

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz podział wiatrów;
- dowiesz się, jak powstają wiatry lokalne;
- zapoznasz się z wpływem powstawania określonych rodzajów wiatrów dla przebiegu pogody.

Wiatr to poziomy ruch powietrza w dolnej części troposfery wywołany różnicą ciśnienia atmosferycznego. Wieje on od obszarów o wyższym ciśnieniu atmosferycznym do obszarów o niższym ciśnieniu (z wyżów do niżów), a im wyższa różnica ciśnień, tym większa prędkość wiatru. Do parametrów określających wiatr należą jego prędkość wyrażana w m/s oraz kierunek, z którego on wieje. Przykładowo: wiatr zachodni wieje z zachodu na wschód. Na prędkość i kierunek wiatru wpływa także siła tarcia o podłoże oraz naturalne i sztuczne przeszkody (wzniesienia, budynki). Do określania prędkości wiatru służy 12-stopniowa skala Beauforta, a do pomiaru prędkości i kierunku wiatru – wiatromierz.

◂ wiatr

Podział wiatrów

◂ podział wiatrów

Tab. III.5.1. Typy wiatrów

Wiatry stałe	Wiatry sezonowe	Wiatry lokalne
■ pasaty	■ monsuny	■ bryzy ■ fen ■ wiatry górskie i dolinne ■ wiatry spływowe

Tab. III.5.2. Skala Beauforta

◂ skala Beauforta

Stopień	Nazwa wiatru	Prędkość (m/s)	Przybliżona charakterystyka
0	cisza	0–0,3	Dym unosi się pionowo.
1	powiew	0,3–1,6	Dym wskazuje kierunek wiatru.
2	słaby wiatr	1,6–3,3	Wiatr jest odczuwalny na twarzy, drżą liście.
3	łagodny wiatr	3,3–5,5	Liście i małe gałązki poruszają się na drzewach.
4	umiarkowany wiatr	5,5–8,0	Wiatr porusza mniejszymi gałęziami, porywa papier i pył.
5	dość silny wiatr	8,0–10,8	Małe drzewa się poruszają, na jeziorze pojawiają się fale.
6	silny wiatr	10,8–13,9	Wiatr porusza dużymi gałęziami, ciężko jest utrzymać parasol.
7	bardzo silny wiatr	13,9–17,2	Chwieją się pnie drzew, trudno jest iść pod wiatr.

Stopień	Nazwa wiatru	Prędkość (m/s)	Przybliżona charakterystyka
8	gwałtowny wiatr	17,2–20,8	Wiatr łamie gałęzie, nie da się iść pod wiatr.
9	wichura	20,8–24,5	Wiatr uszkadza kominy i dachy.
10	silna wichura	24,5–28,5	Wiatr przewraca mniejsze drzewa z korzeniami.
11	nawałnica	28,5–32,6	Wiatr powoduje rozległe zniszczenia.
12	huragan	ponad 32,6	Wiatr powoduje katastrofalne zniszczenia.

Wiatry stałe są związane z globalną cyrkulacją atmosfery i nie zmieniają kierunku przez cały rok, natomiast wiatry sezonowe zmieniają swój kierunek w zależności od pory roku (patrz rozdział 3, dział III).

Do wiatrów lokalnych zalicza się bryzę lądową i morską, wiatry fenowe oraz wiatry górskie i dolinne. Wiatry lokalne w różnych regionach świata mają swoje nazwy (zależne od genezy) na przykład: fen, halny, chinook, bora, mistral, sirocco, blizzard.



Ryc. III.5.1. Stacja meteorologiczna z ultradźwiękowym wiatromierzem.

bryza ▸

Zasada działania bryzy

Ze względu na nierównomierne ogrzewanie lądu i morza powstaje lokalny układ krążenia powietrza w strefie nadmorskiej. Ląd szybciej absorbuje promienie słoneczne w ciągu dnia, w związku z tym tworzą się nad nim wstępujące prądy powietrza. Woda w morzu ze względu na duże albedo pochłania je wolniej i ogrzewa się wolniej,



Ryc. III.5.2. Powstawanie bryzy morskiej i lądowej.

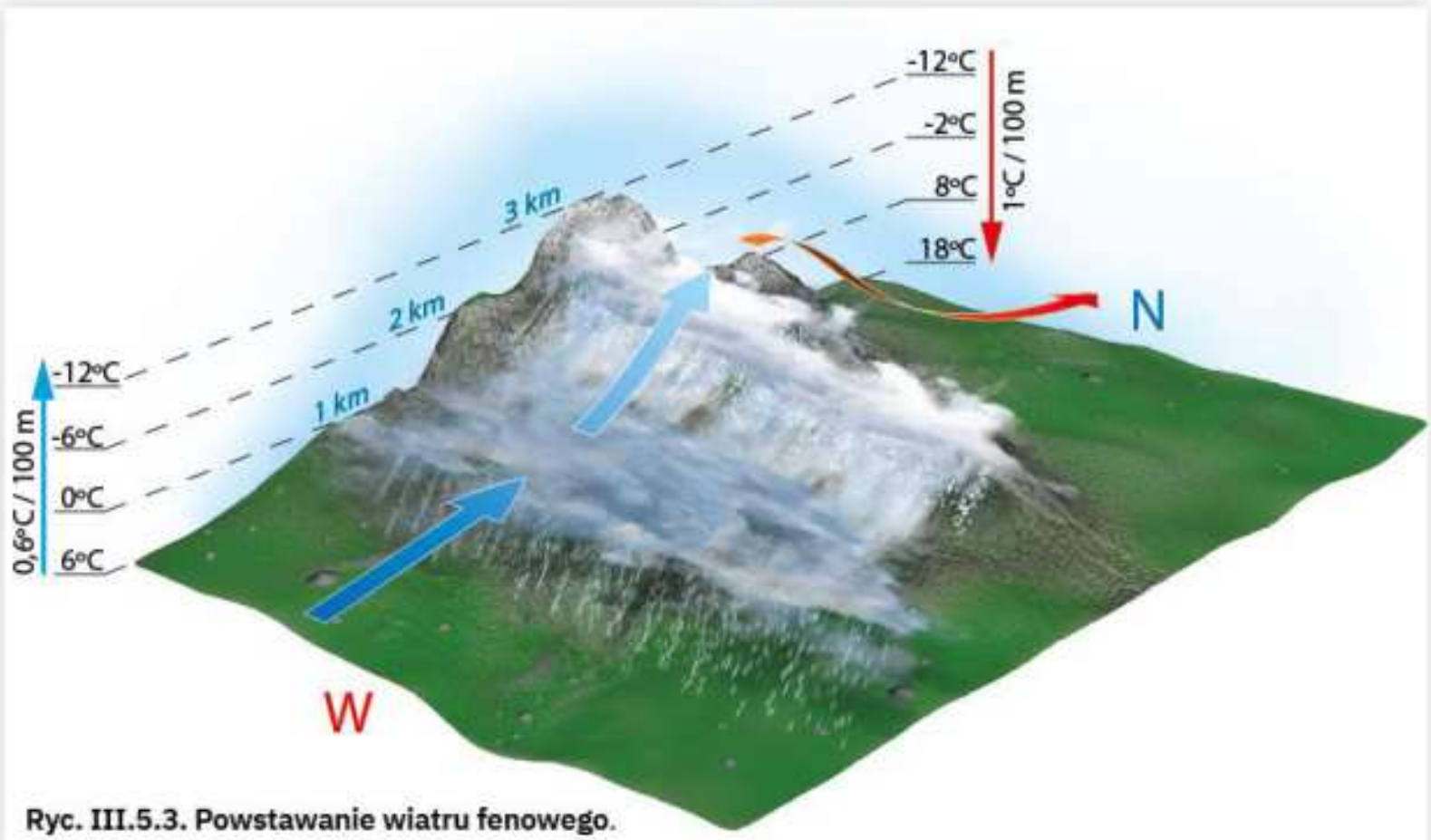
a w ciągu dnia zalega nad nim powietrze chłodniejsze, które przemieszcza się w stronę nagrzanego lądu, gdzie ciśnienie atmosferyczne z powodu konwekcji powietrza jest niższe. Tworzy się **bryza morska** – wiatr wiejący od morza w stronę lądu, który osiąga największe nasilenie w godzinach popołudniowych. W nocy ląd wychładza się szybciej niż morze i tworzy się nad nim lokalny układ wyższego ciśnienia. Dzięki temu tworzy się **bryza lądowa** – suchy wiatr wiejący od lądu w stronę morza. Największą siłę bryza lądowa osiąga w godzinach porannych, kiedy ląd jest najbardziej wychłodzony. Bryza lądowa jest często wykorzystywana przez rybaków wypływających na połów.

Wiatry fenowe

◂ wiatr fenowy

Zmiany właściwości fizycznych powietrza występują przy pokonywaniu przeszkód orograficznych (gór). Rzeźba górska może wpływać na zmianę kierunku i prędkości wiatru. Do najbardziej charakterystycznych wiatrów występujących w górach należą wiatry fenowe.

Warunkiem wystąpienia fenu jest zróżnicowanie ciśnienia po obu stronach wzniesienia. Po dowietrznej stronie stoku powietrze wznoszące się oziębia się (na każde 100 m wysokości temperatura spada o 0,6°C – gradient wilgotnoadiabatyczny). Para wodna zawarta w powietrzu ulega skropleniu i powstaje opad deszczu. Po przekroczeniu pasma górskiego powietrze pozbawione pary wodnej spływa po stoku, stopniowo ocieplając się (o 1°C na 100 m – gradient suchoadiabatyczny). W rezultacie na tej samej wysokości stoków po stronie zawietrznej (układu niskiego ciśnienia) powietrze jest cieplejsze niż po stronie dowietrznej stoku (układu wysokiego ciśnienia). Wiatr fenowy przynosi ocieplenie, a w zimie niesie odwilż. Tego typu wiatr występuje w Alpach (fen), Tatrach (halny), Górach Skalistych (chinook).

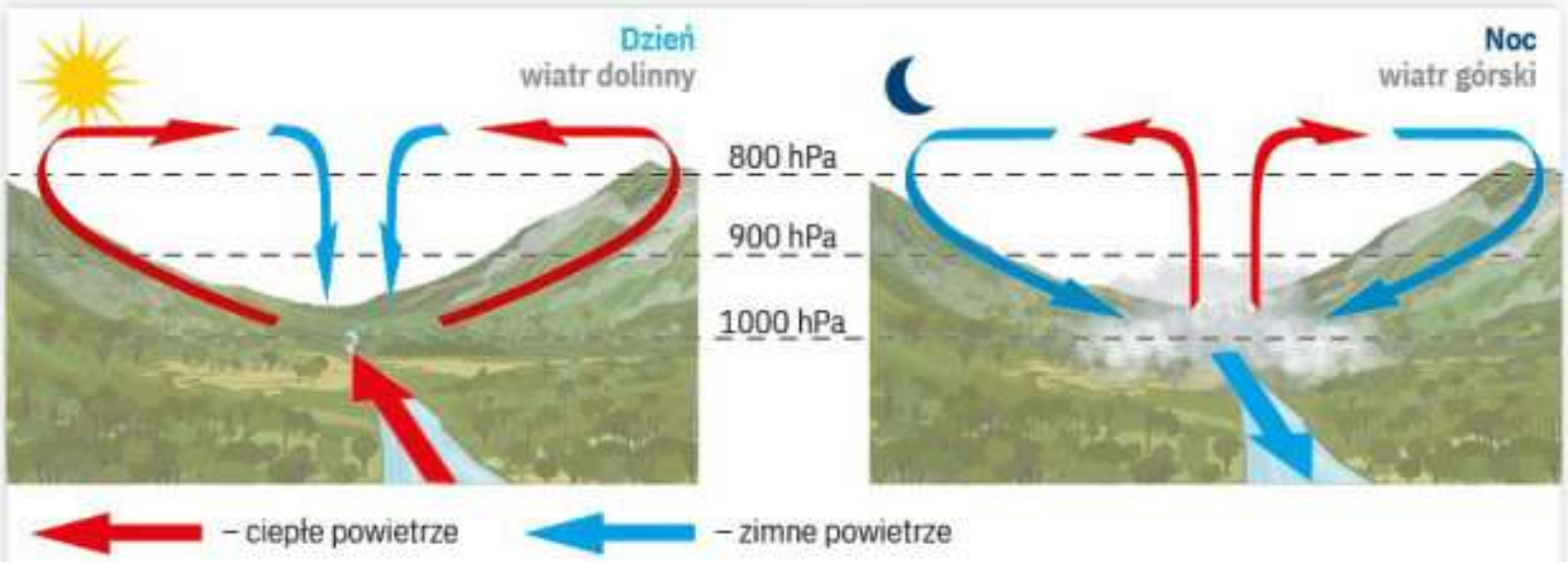


Ryc. III.5.3. Powstawanie wiatru fenowego.

wiatry dolinne i górskie

Wiatry dolinne i górskie

W górach mamy często do czynienia z lokalnym krążeniem powietrza w dolinach i na stokach w rytmie dobowym. W ciągu dnia stoki górskie nagrzewają się bardziej niż dno doliny i w związku z tym wiatr ciepły wieje od dolin w górę stoków (**wiatr dolinny**). W nocy stoki ulegają szybkiemu wyziębieniu, a chłodniejsze, cięższe powietrza spływa z gór w stronę dolin (**wiatr górski**).



Ryc. III.5.4. Powstawanie wiatru dolinnego i górskiego.

wiatry spływowe

Wiatry spływowe

Wiatry spływowe powstają w chłodniejszych porach roku na obszarach masywów górskich lub płaskowyżów w pobliżu mórz lub jezior. Nad powierzchnią chłodnych gór tworzy się ośrodek wysokiego ciśnienia, a wiatr spływa po stokach wzniesień w kierunku cieplejszego morza. Wiatr ten jest silny, porywisty, bardzo chłodny i suchy, a jego prędkość może dochodzić w porywach nawet do 200 km/h. Wiatry tego typu występują na przykład nad Morzem Adriatyckim – spływają z Gór Dynarskich (bora), a także w dolinie Rodanu we Francji (mistral), czy nad Morzem Czarnym.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Przedstaw podział wiatrów i wymień po jednym przykładzie do każdego z jego rodzajów.
2. Określ, jakie znaczenie dla przebiegu pogody mają:
   a) wiatry fenowe, b) cyklony tropikalne.
3. Wyszukaj w dostępnych źródłach internetowych informacje o następujących wiatrach lokalnych:
   a) scirocco, b) blizzard, c) chinook, d) mistral.
4. Przyporządkuj nazwy pasm górskich do wymienionych niżej wiatrów lokalnych.

   mistral, bora, chinook, sirocco, halny

   A. Góry Dynarskie B. Tatry C. Góry Skaliste D. Dolina Rodanu

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Wiatry dzieli się na**: stałe (pasaty), okresowe (monsuny) oraz lokalne (bryza, wiatry fenowe, wiatry dolinne i górskie i spływowe. s. 157
- Do określania prędkości wiatru służy 12-stopniowa **skala Beauforta**, a do pomiaru prędkości i kierunku wiatru – wiatromierz. s. 157
- **Bryza** to wiatr o rytmie dobowym powstający wskutek różnic w temperaturze powietrza nad lądem i morzem lub jeziorem. W ciągu dnia wieje od strony zbiornika wodnego, natomiast w nocy – od lądu. s. 158
- **Wiatr fenowy** to suchy, ciepły i porywisty wiatr wiejący z gór, tworzący się wskutek różnicy ciśnienia po obu stronach wzniesienia. s. 159
- **Wiatry dolinne i górskie** powstają wskutek różnic w nagrzewaniu stoków gór oraz dna dolin lub kotlin. W ciągu dnia wieją w górę doliny, natomiast w nocy spływają po stokach do den dolinnych. s. 160
- **Wiatry spływowe** powstają w chłodniejszej porze roku na obszarach masywów górskich lub płaskowyżów w pobliżu mórz lub jezior. Wówczas chłodne suche i bardzo silne wiatry spływają w dół stoków górskich w stronę morza lub jeziora. s. 160

6. Rozkład opadów na Ziemi

NA TEJ LEKCJI:

- zapoznasz się z obiegiem wody w atmosferze;
- poznasz, jak powstają opady i osady atmosferyczne;
- zapoznasz się z rozkładem przestrzennym opadów atmosferycznych na Ziemi.

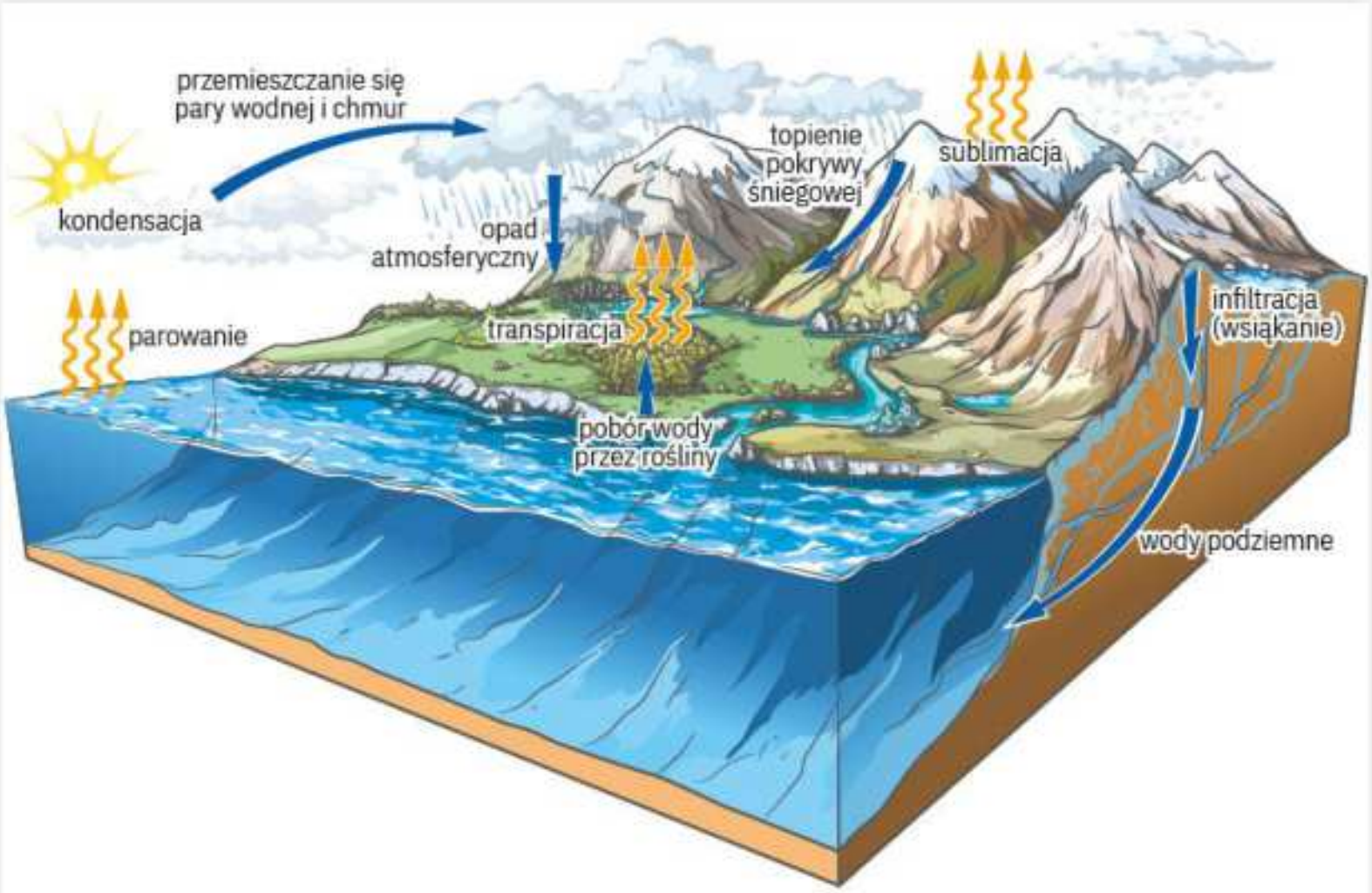
Obieg wody w atmosferze

obieg wody w przyrodzie

Woda krąży pomiędzy hydrosferą a atmosferą, a w tym obiegu uczestniczy także litosfera i biosfera. Jednym z elementów obiegu wody w przyrodzie jest parowanie, czyli przechodzenie wody ze stanu ciekłego w stan gazowy (parę wodną). Woda paruje z powierzchni wody, lądu, a także powierzchni roślin (**transpiracja**) oraz lodowców (**sublimacja**). W atmosferze para wodna przemieszcza się, a gdy osiągnie pełny stan nasycenia w powietrzu – ulega kondensacji (skropleniu) lub resublimacji (przejście pary wodnej w lód) i tworzą się chmury. Temperatura, w której para wodna osiąga pełen stan nasycenia, jest nazywana **temperaturą punktu rosy**. Do skroplenia pary wodnej są potrzebne jądra kondensacji, czyli mikroskopijne cząstki o właściwościach higroskopijnych (pochłaniających wodę). Należą do nich pyłki roślin, bakterie, krysz-

punkt rosy

tałki soli czy zanieczyszczenia. Z chmur z reguły powstaje opad, który zasila wody powierzchniowe, a poprzez infiltrację (wsiąkanie) także wody gruntowe.



Ryc. III.6.1. Krążenie wody w przyrodzie.

czynniki wpływające na parowanie

Obieg wody w przyrodzie odbywa się dzięki energii cieplnej (parowanie) oraz sile grawitacji (opady, spływ powierzchniowy, wahania poziomu wód gruntowych).

Intensywność parowania zależy od:

- temperatury powietrza,
- stopnia nasycenia powietrza parą wodną,
- ciśnienia atmosferycznego,
- prędkości wiatru,
- ukształtowania powierzchni,
- pokrycia terenu,
- rozmieszczenia lądów i mórz.

Od zawartości pary wodnej zależy wilgotność powietrza. Do najczęściej stosowanych wskaźników poziomu wilgotności zalicza się wilgotność bezwzględną i względną. **Wilgotność względna** powietrza nasyconego wynosi 100%. Jest to stosunek ciśnienia pary wodnej zawartej w powietrzu do ciśnienia pary wodnej nasyconej w danej temperaturze, wyrażonej w procentach. **Wilgotność bezwzględna** to masa pary wodnej w objętości powietrza wyrażona w gramach na metr sześcienny (g/m^3).

Kondensacja pary wodnej może zachodzić na przedmiotach (np. trawie, liściach, gałęziach, samochodach, budynkach), prowadząc do powstawania osadu atmos-

ferycznego (np. rosy lub szronu). W przyziemnej warstwie powietrza tworzy mgły, a w swobodnej atmosferze – chmury.

Budowa i rodzaje chmur

podział chmur

Chmura jest zgrupowaniem kropelek wody i/lub kryształków lodu w atmosferze powstałym wskutek kondensacji lub resublimacji pary wodnej.

Pod względem fizycznej budowy chmury dzieli się na:

- wodne (kropelkowe), czyli zbudowane tylko z kropelek wody;
- mieszane, w których skład wchodzą przechłodzone kropelki wody oraz kryształki lodu;
- lodowe (krystaliczne) – zbudowane wyłącznie z kryształków lodowych, znacznie uboższe w wodę niż chmury wodne, tworzące się w niskiej temperaturze (poniżej –15°C).

W zależności od piętra występowania chmury dzielimy na 4 grupy: piętra wysokiego, średniego, niskiego i pionowe, natomiast ze względu na kształt na pierzaste (*Cirrus*), warstwowe (*Stratus*) i kłębiaste (*Cumulus*) zwane potocznie „barankami". Wysokości, na jakich tworzą się chmury, zależą od szerokości geograficznej (w strefie międzyzwrotnikowej tworzą się na wyższych pułapach, a na szerokościach polarnych – na niższych). Podstawowa klasyfikacja uwzględnia 10 rodzajów chmur najczęściej obserwowanych w atmosferze. Stosuje się ich nazwy w języku łacińskim, ale mają również polskie odpowiedniki. Chmury wysokie, zbudowane głównie z kryształków lodu, nie dają opadów. Chmury *Cumulonimbus*, silnie rozbudowane w kierunku pionowym, niosą najintensywniejsze opady. Wierzchołek takiej chmury przybiera często kształt kowadła. Opadom z chmury *Cumulonimbus* mogą towarzyszyć grad i burze, dlatego nazywa się je także burzowymi.

Chmury pierzasto-kłębiaste (Cc) o kształcie kłębków i białych płatów ułożonych w szeregi. Występowanie poszczególnych rodzajów chmur zależy od występowania pionowych (wznoszących, konwekcyjnych) ruchów powietrza, stykania się mas powietrza o różnej temperaturze i wilgotności, występowania przeszkód orograficznych (wzniesień) oraz od rozmieszczenia frontów atmosferycznych. Nad polskim niebem w lecie najczęściej formują się **chmury kłębiaste** (*Cumulus, Cumulonimbus*), a w pozostałych porach roku – **chmury warstwowe** (*Stratus, Nimbostratus, Stratocumulus*).

Zachmurzenie to stopień pokrycia nieba chmurami. Wielkość zachmurzenia określamy w 8-stopniowej skali określającej, jaka część nieba jest zasłonięta przez chmury. Wartość 0 oznacza brak chmur, a wartość 8 – zachmurzenie pełne.

zjawiska optyczne

Z tworzeniem się chmur łączą się optyczne **zjawiska atmosferyczne**, związane z załamaniem się promieni słonecznych przechodzących przez chmury, zwane **fotometeorami**. Zalicza się do nich m.in.:

- halo – świetliste pierścienie, białe lub zabarwione kolorami tęczy tworzące się wokół tarczy Słońca lub Księżyca, mają promień o wartości 22° lub 46°; powstają dzięki załamaniu promieni świetlnych na ściankach kryształków lodowych chmur *Cirrostratus*;

- wieniec (lisia czapa) – barwna poświata wokół Słońca lub Księżyca powstała wskutek ugięcia światła na kropelkach wody, rzadziej kryształków lodu;
- tęcza – wielobarwny łuk powstający przy rozszczepieniu światła widzialnego (kolory od fioletowego do czerwonego) wskutek odbicia i załamania promieni słonecznych w kroplach deszczu lub mgły.



Ryc. III.6.2. Zjawisko halo wokół Słońca.



Ryc. III.6.3. Wieniec (lisia czapa) wokół Księżyca.

Tab. III.6.1. Piętra chmur

Piętro	Wysokość nad powierzchnią Ziemi	Nazwa polska	Nazwa łacińska	Opad
piętro górne – chmury wysokie	5–13 km	pierzaste	*Cirrus* (Cs)	–
		kłębiasto-pierzaste	*Cirrocumulus* (Cc)	–
		warstwowo-pierzaste	*Cirrostratus* (Cs)	–
piętro średnie – chmury średnie	2–7 km	średnie kłębiaste	*Altocumulus* (Ac)	–
		średnie warstwowe	*Altostratus* (As)	słabe, jednostajne opady
		warstwowe deszczowe	*Nimbostratus* (Ns)	opady ciągłe (deszcz i śnieg)
piętro dolne – chmury niskie	do 2 km	warstwowe niskie	*Stratus* (St)	mżawka, krupa śnieżna
		kłębiasto-warstwowe	*Stratocumulus* (Sc)	możliwe niewielkie opady
od niskiego do wysokiego	od 0,5 km do piętra wysokiego	kłębiaste	*Cumulus* (Cu)	możliwy przelotny opad, jeśli mają dużą rozciągłość pionową
		kłębiaste burzowe	*Cumulonimbus* (Cb)	gwałtowne opady o charakterze burzowym



Ryc. III.6.4. Rodzaje chmur.



Ryc. III.6.5. Chmury pierzaste Cirrus (Ci).



Ryc. III.6.6. Chmury pierzasto-kłębiaste *Cirrocumulus* (Cc).



Ryc. III.6.7. Chmury warstwowe *Stratus* (St).



Ryc. III.6.8. Chmury kłębiaste *Cumulus* (Cu).



Ryc. III.6.9. Chmura kłębiasta deszczowa (burzowa) *Cumulonimbus* (Cb).

Opady i osady atmosferyczne

opady atmosferyczne

Opady atmosferyczne są efektem kondensacji pary wodnej. Tworzą je kropelki wody i/lub kryształki lodu opadające z chmury na powierzchnię ziemi, unoszące się w powietrzu oraz osiadające na gruncie i różnych przedmiotach. Osady atmosferyczne to także produkt kondensacji pary wodnej, ale tworzące się na powierzchni ziemi lub na stykających się z nią przedmiotach. Wydostawanie się produktów kondensacji pary wodnej z chmur jest możliwe, gdy urosną do takich rozmiarów, że siła grawitacji przewyższa siły poziome lub pionowe (prądy wstępujące) utrzymujące je w zawieszeniu. Prędkość opadania kropelek wody i kryształków lodu zależy od ich wielkości.

PODZIAŁ OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH

Opadające na powierzchnię Ziemi	Opady osiadające (osady atmosferyczne)
■ deszcz ■ śnieg ■ mżawka ■ grad ■ krupy śnieżne	■ rosa ■ szron ■ szadź ■ gołoledź

Ryc. III.6.10. Podział opadów atmosferycznych.

Tab. III.6.2. Charakterystyka opadów docierających do powierzchni ziemi

Opady spadające na powierzchnię Ziemi	Charakterystyka
Deszcz	Opad ten jest złożony z kropel wody spadających na powierzchnię ziemi, mających średnicę powyżej 0,5 mm.
Mżawka	Składa się z gęsto padających na powierzchnię ziemi drobnych kropel wody o średnicy poniżej 0,5 mm.
Śnieg	To opad stały, zbudowany z kryształków lodu połączonych w różnorodne formy w postaci gwiazdek, blaszek itp.
Grad	Opad ten jest złożony z bryłek lodu najczęściej o średnicy od 5 do 50 mm. Występuje w półroczu letnim z chmur Cb. Kule gradowe są złożone na przemian z warstw lodu przezroczystego i nieprzezroczystego. Ze względu na wielkość brył lodu grad może wyrządzić duże szkody w uprawach i mieniu. Może być także groźny dla ludzi.
Krupy śnieżne	To opad złożony z białych, nieprzezroczystych i kruchych ziaren lodu o średnicy 2–5 mm, obijających się od twardego podłoża.

Tab. III.6.3. Charakterystyka wybranych osadów atmosferycznych

Osad atmosferyczny	Charakterystyka
Rosa	Tworzy się podczas wychłodzenia powierzchni Ziemi i przedmiotów znajdujących się na niej do temperatury poniżej punktu rosy. Rosa osiada w postaci drobnych kropelek wody na trawie, liściach, przedmiotach, glebie. Tworzy się w ciepłym półroczu podczas pogodnych, bezwietrznych wieczorów i poranków.
Szron	Tworzy się z kryształków lodowych, które przybierają postać igiełek osiadających na trawie, gruncie i powierzchniach przedmiotów. Pojawia się w ujemnych temperaturach.
Szadź (sadź)	Krystaliczny nalot występujący na gałązkach drzew, trawie, przedmiotach. Tworzy się z przechłodzonych kropelek mgły lub chmur sięgających powierzchni ziemi przy zetknięciu z wyziębionymi powierzchniami. Może mieć grubość nawet kilkunastu cm.
Gołoledź	Gładka, przezroczysta warstwa lodu pokrywająca różne powierzchnie. Tworzy się poprzez opad deszczu lub mgły na powierzchnię o ujemnej temperaturze. Szczególnie niebezpieczna jest dla pieszych i kierowców.

Mgła to zjawisko atmosferyczne występujące w przyziemnej warstwie atmosfery w postaci zawiesiny mikroskopijnych kropel wody w powietrzu ograniczających widzialność do odległości poniżej 1 km. Tworzy się, gdy przyziemne warstwy powietrza osiągną temperaturę poniżej punktu rosy. ◂ mgła

Tab. III.6.4. Rodzaje mgieł

Rodzaje mgieł	Charakterystyka
Mgła radiacyjna	Tworzy się w wyniku silnego ochłodzenia powierzchni gruntu lub pokrywy śnieżnej wskutek wypromieniowania ciepła podczas bezchmurnej i bezwietrznej nocy. Takie mgły powstają najczęściej jesienią lub zimą nad bagnami, w zagłębieniach terenu i na leśnych polanach.
Mgła adwekcyjna	Tworzy się podczas napływu ciepłego i wilgotnego powietrza na wychłodzoną powierzchnię lądu lub morza. Najczęściej pojawia się na wybrzeżach, nad chłodnymi wodami mórz i oceanów.
Mgła frontowa	Jest związana z tworzeniem się frontów atmosferycznych (najczęściej ciepłego).
Mgła z mieszania	Powstaje wskutek mieszania się powietrza ciepłego z chłodnym. Występuje w strefie oddziaływania zimnych prądów morskich, np. na pustyni Atacama w Chile czy Pustyni Namib w Afryce Pd.
Mgła z wyparowania	Powstaje wskutek parowania z ciepłych akwenów, wychładzania się i kondensacji pary wodnej w chłodnym powietrzu.
Mgła orograficzna	Tworzy się wskutek unoszenia się powietrza po stokach gór. Dochodzi wówczas do diabatycznego ochłodzenia powietrza.

Ze względu na sposób powstawania wyróżnia się opady konwekcyjne, orograficzne oraz frontalne.

Opady konwekcyjne powstają wskutek działania pionowych prądów wstępujących silnie nagrzanego powietrza. Wraz ze zwiększaniem wysokości powietrze ochładza się i po obniżeniu temperatury do punktu rosy tworzą się w jego obrębie chmury powodujące opady. Opady konwekcyjne są charakterystyczne dla strefy równikowej, gdzie każdego dnia po południu dochodzi do powstania tzw. deszczów zenitalnych. **Opady orograficzne** tworzą się podczas pokonywania przez masę powietrza przeszkody górskiej. Powietrze, wędrując w górę stoku, ochładza się do temperatury punktu rosy, po czym dochodzi do powstawania chmur i opadów. **Opady frontalne** są związane z tworzeniem frontów atmosferycznych na granicy styku dwóch mas powietrza o różnych właściwościach termicznych (patrz rozdział 4, dział III).

rozkład przestrzenny opadów

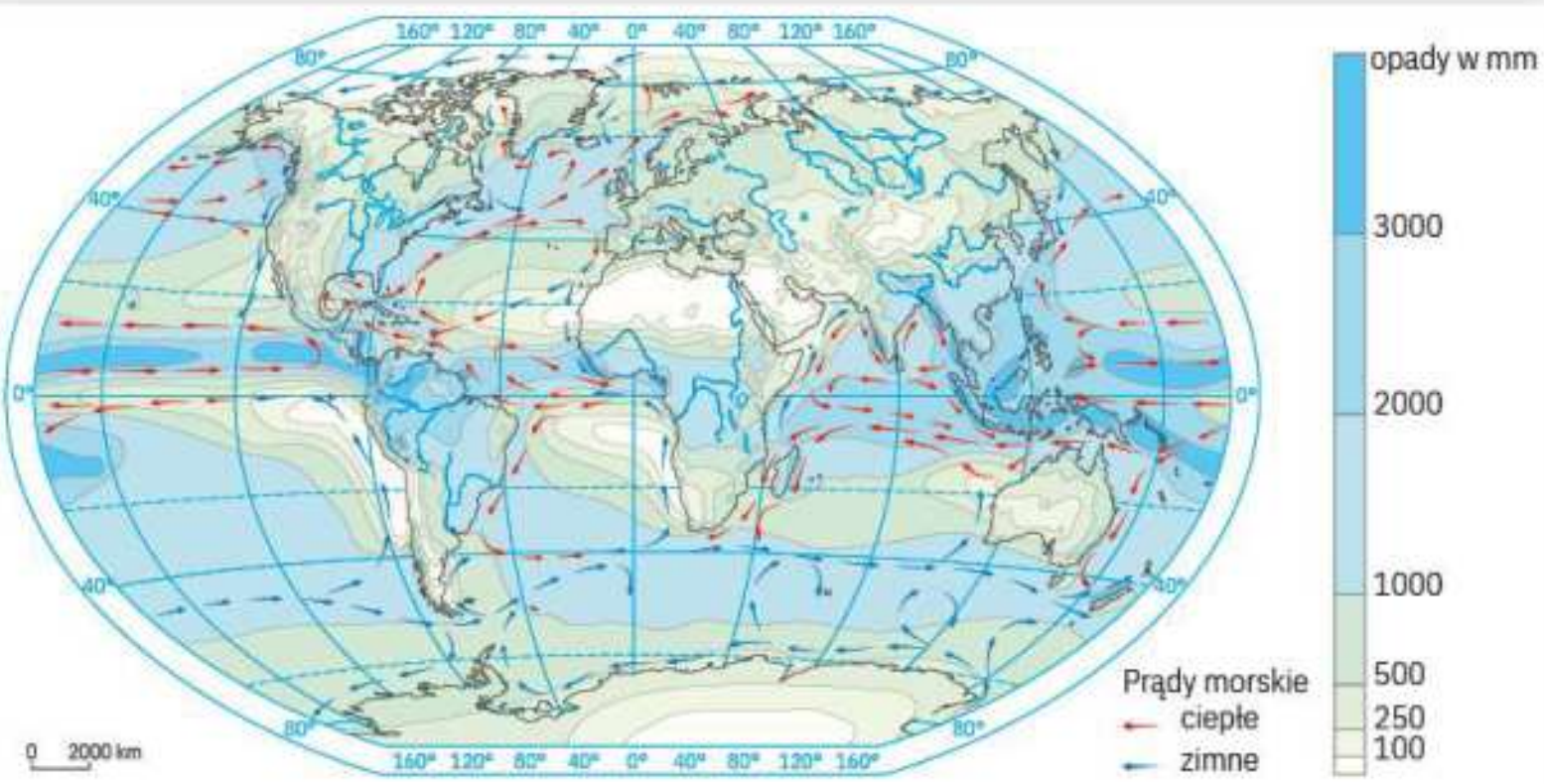
Rozmieszczenie opadów na Ziemi

Rozkład przestrzenny opadów na Ziemi zależy od wielu czynników (**ryc. III.6.11**).



Ryc. III.6.11. Czynniki wpływające na rozmieszczenie opadów na Ziemi.

Rozmieszczenie opadów na świecie charakteryzuje się pewną strefowością. W strefie **równikowej** deszcze padają przez cały rok, a ich maksimum przypada na okresy równonocy wiosennej i jesiennej. W tej strefie opady mogą przekraczać nawet 2000 mm rocznie. W strefie **podrównikowej** wyraźnie zaznacza się pora deszczowa (w porze letniej), a podczas kalendarzowej zimy występuje pora sucha. Roczna suma opadów waha się od 500 do 1000 mm. W strefie **zwrotnikowej** na lądach ze względu na występowanie ośrodków wysokiego ciśnienia i prądów zstępujących opady są znikome, dlatego powstały tu największe pustynie świata (Sahara, Wielka Pustynia Australijska). Z kolei na zachodnich wybrzeżach kontynentów brak opadów jest związany z istnieniem zimnych prądów morskich, które ograniczają parowanie (pustynia Atacama w Chile, pustynia Namib w Afryce). Intensywne opady w strefie zwrotnikowej występują na wschodnich wybrzeżach Azji w porze letniej, gdzie wieją monsuny (nawet powyżej 2000 mm). W szerokościach **umiarkowanych** na rozkład opadów wpływa układ lądów i mórz oraz cyrkulacja wędrownych niżów, a ich wielkość waha się od 250 do 1000 mm. W strefie oddziaływania oceanów opady są rozłożone równomiernie w ciągu roku. W głębi lądów maksimum opadów występuje w ciągu lata, a minimum – w ciągu zimy w związku z tworzeniem się wyżów. W **wysokich szerokościach geograficznych** ilość opadów maleje z powodu niskiej temperatury i niewielkiego parowania – osiągają one wartość 100–250 mm w strefach polarnych i do 500 mm w strefach subpolarnych. Opadów jest niewiele, ale niemal w całości są one retencjonowane w postaci pokrywy śnieżnej i lodowej (znikome parowanie).



Ryc. III.6.12. Rozkład rocznych opadów na Ziemi.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Korzystając z dostępnych źródeł informacji (np. internet), scharakteryzuj chmury piętra niskiego.
2. Podaj różnice między chmurą a mgłą.
3. Wymień i omów zjawiska optyczne towarzyszące występowaniu chmur.
4. Wyjaśnij, w jaki sposób powstają opady atmosferyczne.
5. Przedstaw podobieństwa i różnice pomiędzy rosą a szronem oraz szadzią i gołoledzią.
6. Na podstawie mapy przedstawiającej rozkład opadów na świecie (ryc. III.6.11) wskaż obszary o dużej i małej ilości opadów.
7. Korzystając z mapy przedstawiającej rozkład opadów na świecie (ryc. III.6.11), wyjaśnij prawidłowości między rozkładem opadów a rozmieszczeniem prądów morskich.
8. Wyszukaj w dostępnych źródłach informacji miejsce na Ziemi, w którym zanotowano rekordową ilość opadów. Wyjaśnij, dlaczego to miejsce charakteryzuje się tak dużą intensywnością opadów.
9. Wybierz zbiór, który zawiera zestawienie miejscowości uporządkowanych według rosnącej rocznej sumy opadów atmosferycznych.

   A. Nairobi, Brazaville, Teheran, Berlin
   B. Bagdad, Ateny, Kopenhaga, Brasilia
   C. Sydney, Bangkok, Tunis, Tokio
   D. Dubai, Dżakarta, Melbourne, Paryż

10. Na podstawie poniższej tabeli przedstawiającej roczny rozkład opadów uzasadnij wpływ prądu morskiego na wielkość opadów w miejscowości Antofagasta (Chile). Podaj dwa argumenty.

Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Wielkość opadów (mm)	9	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 161 ▸
- Część **obiegu wody w przyrodzie** zachodzi w atmosferze. Składa się na to: parowanie, kondensacja pary wodnej, tworzenie chmur i powstawanie opadów atmosferycznych.

s. 162 ▸
- **Czynniki wpływające na intensywność parowania:**
  - temperatura powietrza,
  - stopień nasycenia powietrza parą wodną,
  - prędkość wiatru,
  - ukształtowanie powierzchni,
  - pokrycie terenu,
  - ciśnienie atmosferyczne,
  - rozmieszczenie lądów i mórz.

s. 163 ▸
- **Podział chmur** według różnych kryteriów:

PODZIAŁ CHMUR

Budowa fizyczna	Wysokość nad powierzchnią Ziemi	Kształt
■ wodne (kropelkowe) ■ mieszane ■ lodowe (krystaliczne)	■ wysokie (5–13 km) ■ średnie (2–7 km) ■ niskie (do 2 km) ■ pionowe	■ pierzaste (*Cirrus*) ■ warstwowe (*Stratus*) ■ kłębiaste (*Cumulus*)

s. 163 ▸
- Występowaniu chmur towarzyszą **zjawiska optyczne** (fotometeory), takie jak: halo, wieniec (lisia czapa) oraz tęcza.

s. 166 ▸
- **Opady atmosferyczne** dzieli się na:
  - spadające z chmur na powierzchnię ziemi (deszcz, śnieg, mżawka, grad, krupy śnieżne),
  - unoszące się w powietrzu (mgły),
  - osiadające na powierzchni gruntu i przedmiotach – osady atmosferyczne (rosa, szron, szadź, gołoledź).

s. 168 ▸
- **Rozkład opadów** na Ziemi zależy od ogólnej **cyrkulacji atmosfery**, szerokości geograficznej, rzeźby terenu, układu lądów i mórz oraz prądów morskich.

7. Elementy pogody i jej prognozowanie

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, co to jest mapa synoptyczna i jak ją analizować;
- nauczysz się wyjaśniać, jak za pomocą zdjęć satelitarnych przedstawić aktualny stan i prognozę pogody.

Pogoda to chwilowy stan dolnej części troposfery na danym obszarze, na który składają się następujące elementy: temperatura powietrza, ciśnienie atmosferyczne, natężenie promieniowania słonecznego, stopień zachmurzenia, prędkość i kierunek wiatru, wilgotność powietrza i inne zjawiska atmosferyczne, które mogą wystąpić (np. opady deszczu czy śniegu, mgła, gołoledź).

pogoda

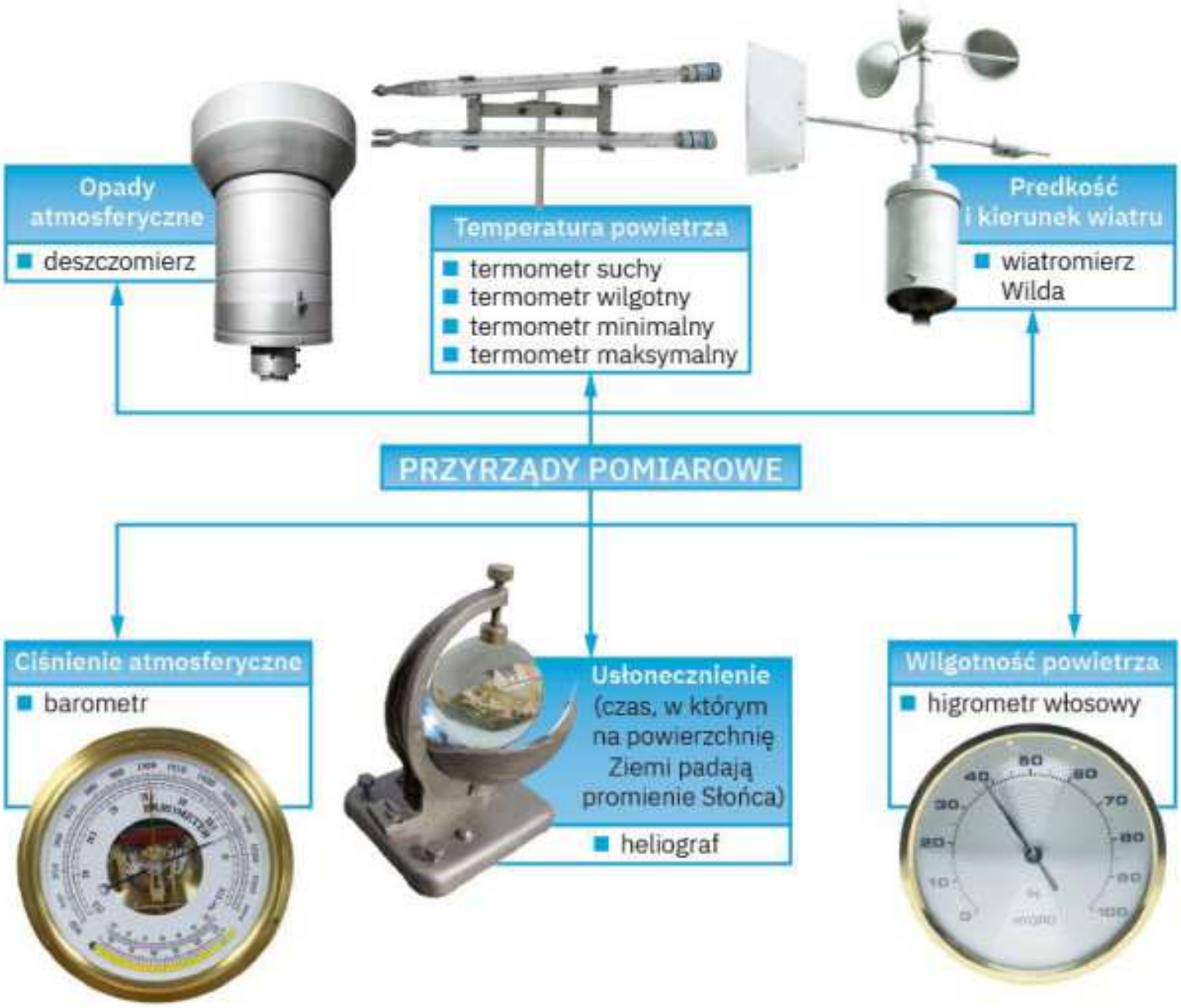
Od dawnych czasów ludzie próbowali przepowiadać pogodę na podstawie własnych obserwacji. Pogoda ma duże znaczenie w życiu gospodarczym i społecznym (np. w rolnictwie, transporcie, turystyce i rekreacji, planowaniu czasu wolnego).

System pomiarów i obserwacji elementów pogody

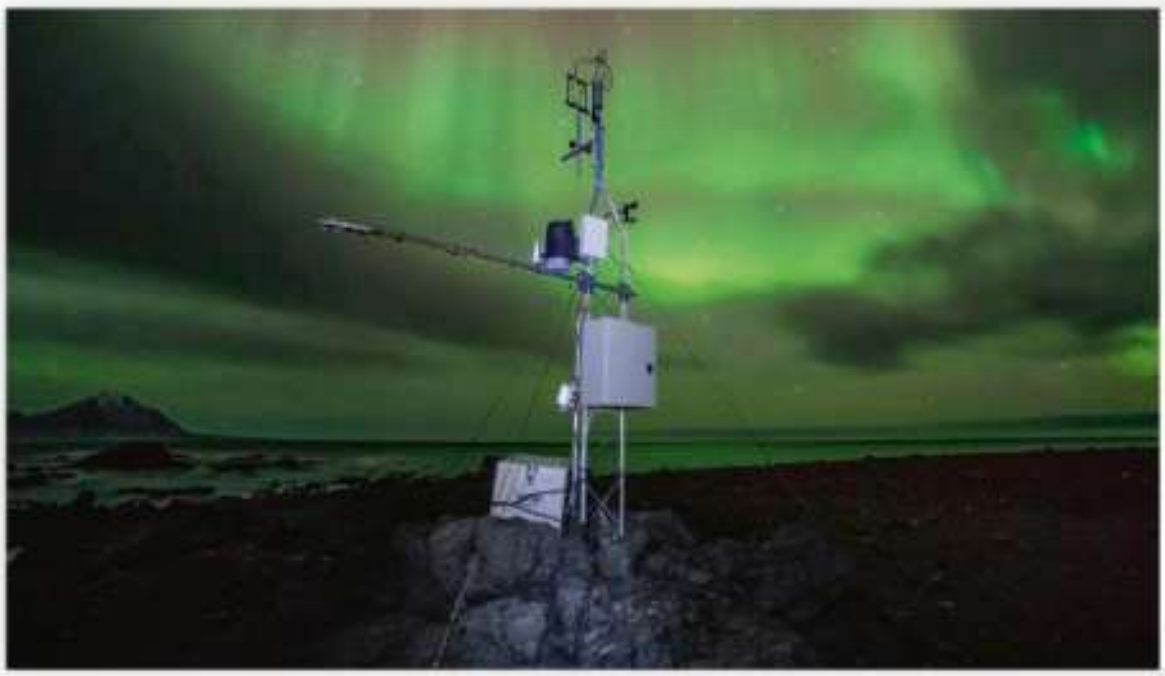
Współcześnie **prognozę pogody** dla kraju czy regionu opracowuje się na podstawie systemu obserwacji meteorologicznych prowadzonych przez kraje członkowskie Światowej Organizacji Meteorologicznej według zasad ustalonych w ramach programu Światowej Służby Pogody. Globalną sieć obserwacji meteorologicznych tworzą stacje naziemne, statki meteorologiczne, boje oceaniczne, stacje aerologiczne (dostarczające danych o stanie atmosfery do wysokości 30 km), stacje radarowe oraz ponad 50 satelitów. W Polsce zbieraniem danych o pogodzie zajmuje się Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW), a pomiary wykonuje się w stacjach i posterunkach meteorologicznych. W obrębie stacji meteorologicznej znajduje się **ogródek meteorologiczny**, czyli porośnięty trawą obszar o boku co najmniej 15 m, w którym znajdują się przyrządy do pomiaru temperatury i wilgotności powietrza oraz niekiedy ciśnienia atmosferycznego umieszczone w klatce meteorologicznej na wysokości 2 m nad powierzchnią gruntu. Dane z automatycznych stacji meteorologicznych wysyłane są zazwyczaj co godzinę w formie zakodowanych depesz synoptycznych.

ogródek meteorologiczny

Oprócz przyrządów mierzących stan pogody w stacjach meteorologicznych znajdują się przyrządy dokonujące pomiarów ciągłych, na przykład: barograf rejestruje zmiany ciśnienia atmosferycznego, pluwiograf – intensywność opadu, termograf – zmiany temperatury powietrza, higrograf – zmiany wilgotności powietrza. Współcześnie wymienione przyrządy wykorzystuje się sporadycznie w razie awarii urządzeń elektronicznych. Nowoczesne stacje meteorologiczne są sprzężone z komputerem, a obserwacji meteorologicznych dokonuje się za pomocą czujników przekazujących informacje do centralnej jednostki rejestrującej, gdzie są analizowane dane obrazujące stan fizyczny atmosfery w dowolnym okresie.



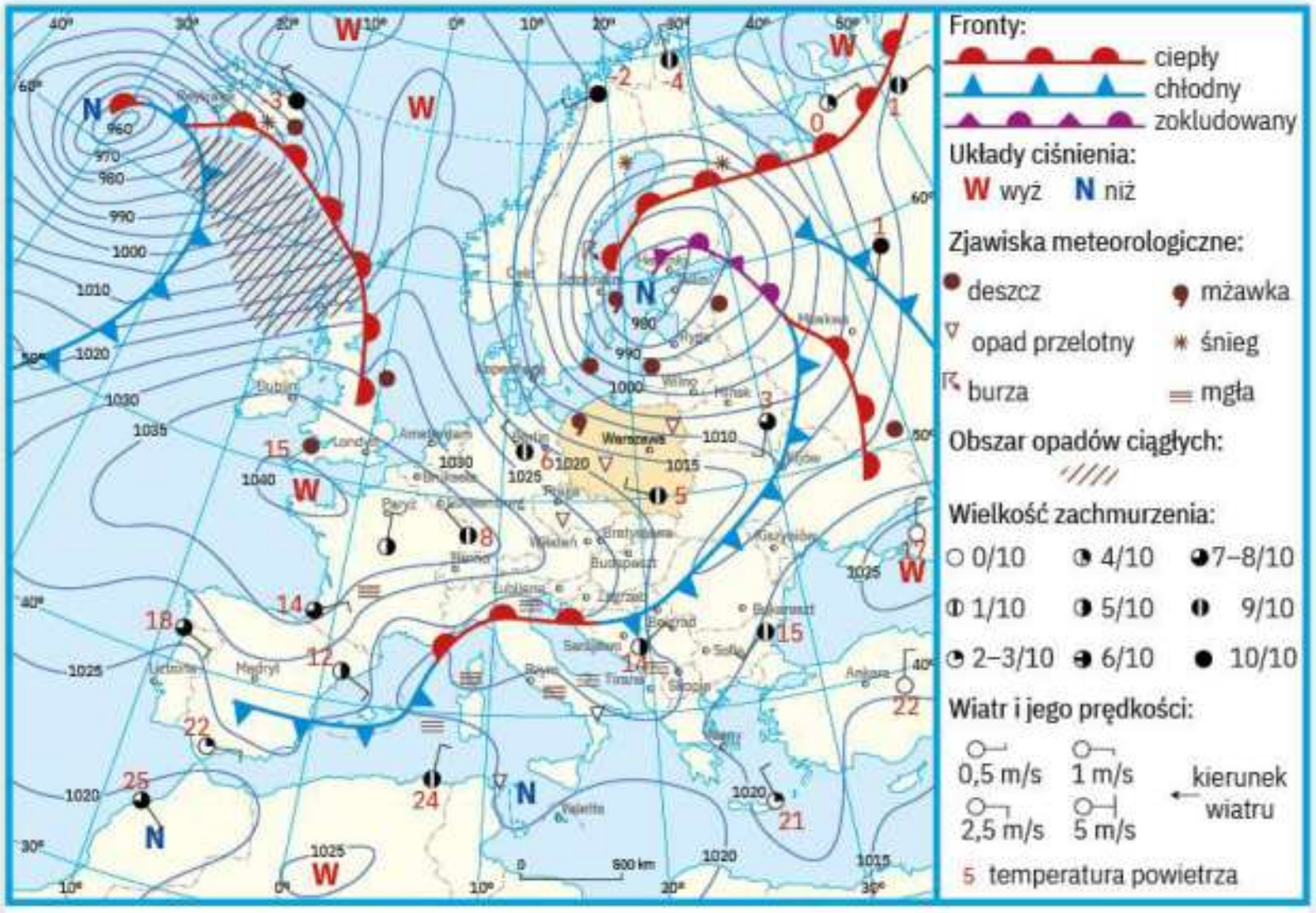
Ryc. III.7.1. Tradycyjne przyrządy meteorologiczne.



Ryc. III.7.2. Automatyczna stacja meteorologiczna z Polskiej Stacji Polarnej na Spitsbergenie.

mapa synoptyczna

Mapa synoptyczna to mapa przedstawiająca aktualny stan pogody na danym obszarze. Na podstawie mapy synoptycznej można przewidywać stan pogody w krót-

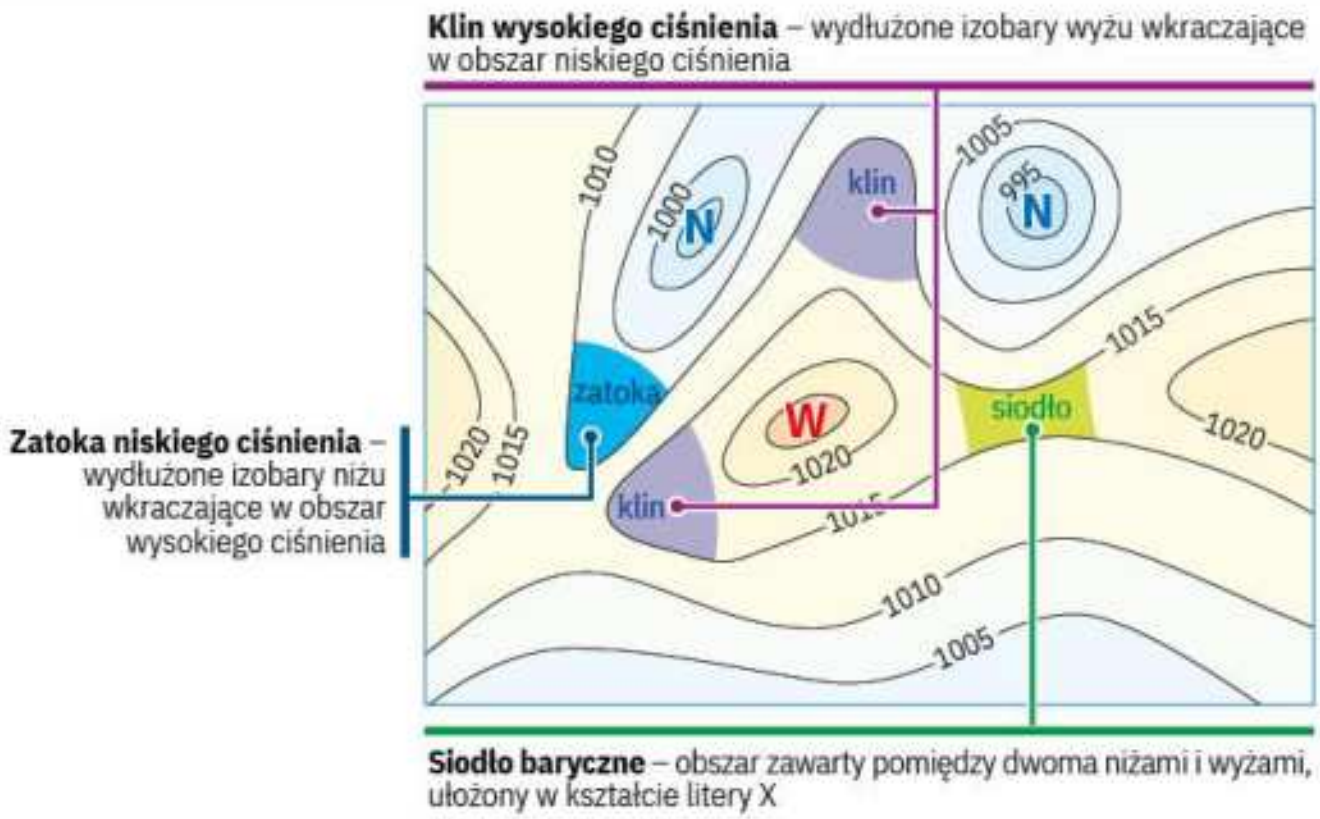


Ryc. III.7.3. Mapa synoptyczna z objaśnieniami.

kim czasie (do kilkunastu godzin). Prognozowanie pogody na podstawie mapy synoptycznej polega na analizie bieżącego stanu pogody, określaniu prawidłowości pomiędzy zjawiskami i procesami zachodzącymi w atmosferze oraz porównywaniu zmian pogody, jakie zaszły w przeszłości nad danym obszarem.

Analiza mapy synoptycznej polega na:

- określeniu rozmieszczenia głównych mas powietrza i ich cech;
- lokalizacji ośrodków wysokiego i niskiego ciśnienia;
- określeniu kierunków wiatrów (wieją z wyżów do niżów, z uwzględnieniem siły Coriolisa);
- ocenie siły wiatru (im izobary są bliżej siebie, tym prędkość wiatru większa);
- określeniu rozmieszczenia frontów atmosferycznych (ciepłych, zimnych, zokludowanych) i stanów pogody z nimi związanych;
- analizie przemieszczania się frontów atmosferycznych w wyniku zróżnicowania ciśnienia (front chłodny przemieszcza się szybciej niż front ciepły i może go dogonić, tworząc front zokludowany);
- odczytaniu temperatury powietrza, podziale analizowanego obszaru na strefy cieplejsze i chłodniejsze;
- określeniu stopnia zachmurzenia;
- analizie występowania innych zjawisk atmosferycznych (deszcz, śnieg, burza, mgła);
- określeniu prawdopodobnego kierunku przemieszczania się mas powietrza, ośrodków ciśnienia oraz frontów atmosferycznych (przewidywanie pogody).



Ryc. III.7.4. Układy baryczne.

prognozowanie pogody

W **prognozowaniu pogody** oprócz danych rejestrowanych przez stacje naziemne wykorzystuje się także zdjęcia satelitarne pokazujące zmiany w zachmurzeniu, układy frontów atmosferycznych czy przemieszczanie się zagrożeń pogodowych, takich jak burze, cyklony czy tornada (związanych z układami barycznymi).



Ryc. III.7.5. Zdjęcie satelitarne przedstawiające huragan Matthew uderzający na Haiti 4.10.2016 r.



Ryc. III.7.6. Zdjęcie satelitarne chmur nad Europą 24.08.2018 r.

Krótkoterminową prognozę pogody dla swojego miejsca zamieszkania można opracować samodzielnie na podstawie obserwacji lokalnych warunków pogodowych oraz analizy zmian ciśnienia atmosferycznego i temperatury powietrza.

Tab. III.7.1. Oznaki lokalne określające poprawę lub pogorszenie pogody

Oznaka lokalna	Pogorszenie lub poprawa pogody	Uwagi
systematyczny spadek ciśnienia	pogorszenie pogody	nadciąganie niżu, nadejście frontu ciepłego, opady, silny wiatr
systematyczny wzrost ciśnienia	poprawa pogody	nadciąganie wyżu
utrzymujący się wiatr zachodni podczas niepogody	utrzymanie się niepogody	–
wzmagający się wiatr wieczorem	możliwość pogorszenia pogody	–
wzrost temperatury wieczorem lub nocą	pogorszenie pogody	–
wzrost temperatury w miesiącach letnich i spadek temperatury zimą	poprawa pogody	–
wzrost temperatury zimą i nieznaczny spadek latem	pogorszenie pogody	nadejście frontu ciepłego
nadciągające i stopniowo gęstniejące chmury pierzaste (Ci)	pogorszenie pogody	front ciepły
chmura kłębiasta deszczowa w pobliżu widnokręgu przypominająca kowadło	pogorszenie pogody	burza, gwałtowny wiatr
białe niebo w ciągu dnia	pogorszenie pogody	nadejście opadów
czerwone niebo o wschodzie Słońca	pogorszenie pogody	nadejście opadów i silny wiatr
pomarańczowoczerwone niebo po zachodzie Słońca	pogorszenie pogody	–
złoty kolor nieba po zachodzie Słońca	poprawa pogody	–
dym unoszący się pionowo	poprawa lub utrzymanie dobrej pogody	–
dym ścielący się przy powierzchni ziemi przy bezwietrznej pogodzie	pogorszenie pogody	nadejście wiatru
bardzo dobra słyszalność dźwięku	pogorszenie pogody	opady, burza
słaba słyszalność dźwięku	poprawa pogody	–
zakłócenia odbioru radiowego	możliwość pogorszenia pogody	–

Na podstawie: Woś A., *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo UAM, Poznań 2006, s. 312–313.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Dobierz tradycyjne przyrządy pomiarowe stosowane w ogródku meteorologicznym (A–J) do elementów pogody (1–6), które bada się za ich pomocą.

A. barograf	1) temperatura powietrza
B. termometr minimalny	2) ciśnienie atmosferyczne
C. pluwiograf	3) wilgotność powietrza
D. barometr	4) opady atmosferyczne
E. higrograf	5) kierunek wiatru
F. deszczomierz	6) prędkość wiatru
G. wiatromierz	
H. higrometr włosowy	
I. termograf	

2. Wyjaśnij, jakie informacje można odczytać z mapy synoptycznej.
3. Na mapie synoptycznej Europy (ryc. III.7.3.) wskaż:
   a) front ciepły, chłodny i zokludowany,
   b) ośrodki wysokiego i niskiego ciśnienia.
4. Wykorzystując informacje o właściwościach mas powietrza oraz zjawiskach towarzyszących frontom atmosferycznym określ, jaka była pogoda w różnych częściach Europy w dniu, którego dotyczy mapa synoptyczna na stronie 173 (ryc. III.7.3.).

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 171 • **Pogoda** to chwilowy stan dolnej części troposfery na danym obszarze, na który składają się następujące elementy: temperatura powietrza, ciśnienie atmosferyczne, natężenie promieniowania słonecznego, stopień zachmurzenia, prędkość i kierunek wiatru oraz inne zjawiska atmosferyczne, np. opady deszczu czy śniegu, mgła, gołoledź.

s. 171 • **Ogródek meteorologiczny** jest miejscem służącym do obserwacji pogody. Na porośniętym trawą obszarze o boku co najmniej 15 m znajdują się przyrządy do pomiaru temperatury i wilgotności powietrza oraz niekiedy ciśnienia atmosferycznego. Są one umieszczone w klatce meteorologicznej na wysokości 2 m nad powierzchnią gruntu. Dane z automatycznych stacji meteorologicznych wysyłane są zazwyczaj co godzinę w formie zakodowanych depesz synoptycznych.

s. 172 • **Tradycyjne pomiary meteorologiczne: pomiar temperatury** powietrza wykonuje się za pomocą **termometrów** (wyróżnia się następujące termometry: suchy, wilgotny, minimalny, maksymalny), ciśnienia atmosferycznego – za pomocą **barometru**, opadów atmosferycznych – za pomocą **deszczomierza**, prędkości i kierunku wiatru – **wiatromierza Wilda**, usłonecznienia – **heliografu**, a wilgotności powietrza – **higrometru włosowego**.

s. 174 • **Prognozowanie pogody** na podstawie mapy synoptycznej polega na analizie bieżącego stanu pogody, określeniu prawidłowości pomiędzy zjawiskami i procesami zachodzącymi w atmosferze oraz porównaniu zmian pogody, jakie zaszły w przeszłości nad danym obszarem.

8. Czynniki klimatotwórcze

NA TEJ LEKCJI:

- zapoznasz się z czynnikami wpływającymi na klimat;
- nauczysz się wyjaśniać, co decyduje o zróżnicowaniu klimatu na Ziemi;
- nauczysz się identyfikować na podstawie własnych obserwacji i innych źródeł informacji czynniki, które warunkują mikroklimat miejsca, gdzie znajduje się twoja szkoła.

Klimat to normalny przebieg stanów pogody na danym obszarze ustalony na podstawie wieloletnich obserwacji. Klimat jako wieloletni, uśredniony stan pogody na danym obszarze jest wynikiem oddziaływania **procesów klimatotwórczych**, do których należą:

◂ **procesy klimatotwórcze**

- obieg ciepła,
- obieg wilgoci,
- cyrkulacja atmosfery.

Źródłem wymienionych procesów jest energia słoneczna, a jej dopływ do powierzchni Ziemi zależy od pory roku oraz szerokości geograficznej.

Na klimat składają się elementy będące składnikami pogody:

◂ **elementy klimatu**

- temperatura powietrza,
- ilość i rozkład opadów,
- ciśnienie atmosferyczne,
- wilgotność powietrza,
- usłonecznienie,
- zachmurzenie.

Do opisu cech klimatu stosuje się miary statystyczne: średnie arytmetyczne, sumy roczne, wartości maksymalne i minimalne, rozpiętości pomiędzy skrajnymi wartościami (amplitudy). W omawianiu właściwości klimatu duże znaczenie ma ponadto identyfikacja przyczyn kształtujących poszczególne typy klimatu, czyli czynników klimatotwórczych. Obejmują one fizyczne i geograficzne uwarunkowania kształtowania się poszczególnych procesów klimatotwórczych.

Szczególnym typem klimatu jest mikroklimat. Jest to klimat charakterystyczny dla niewielkiego obszaru środowiska geograficznego, o odrębności wynikającej z lokalnych czynników go kształtujących (temperatura i wilgotność powietrza, ciśnienie atmosferyczne, rodzaj podłoża, wysokość n.p.m., zbiorowiska roślinne, typ zabudowy). Mikroklimat może obejmować fragment środowiska przyrodniczego (np. polana leśna, warstwa runa leśnego, brzeg jeziora) jak i środowisko stworzone przez (ulica, obszar przemysłowy, budynki mieszkalne).

czynniki klimatotwórcze

Czynniki klimatotwórcze



Ryc. III.8.1. Czynniki klimatotwórcze.

Szerokość geograficzna wpływa na natężenie promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi, a tym samym na strefowość klimatu. W wyniku zróżnicowania wysokości górowania Słońca nad horyzontem średnia roczna temperatura powietrza maleje wraz ze wzrostem szerokości geograficznej. Ponadto im dalej od równika, tym zawartość pary wodnej w powietrzu jest mniejsza, a tym samym szerokość geograficzna determinuje także rozkład opadów i ciśnienia atmosferycznego. Ruch obiegowy Ziemi wpływa na zróżnicowanie temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w ciągu roku (rozkład rocznych temperatur i ilości opadów przy użyciu uśrednionych miesięcznych wartości).

Rozkład lądów i oceanów, ze względu na różnice w nagrzewaniu się i oddawaniu ciepła przez powierzchnie wód i lądów, decyduje o stopniu kontynentalizmu klimatu. Rozmieszczenie lądów i mórz powoduje zakłócenie strefowości klimatycznej – na tej samej szerokości geograficznej rozkład temperatury, opadów, ciśnienia atmosferycznego, wilgotności i usłonecznienia może być inny dla obszarów położonych na wybrzeżu i w głębi kontynentu. **Klimat morski charakteryzuje się mniejszymi niż w klimacie kontynentalnym amplitudami** dobowymi i rocznymi temperatury powietrza.

Amplituda temperatury – różnica między najwyższą (maksymalną) a najniższą (minimalną) obserwowaną temperaturą powietrza w rozpatrywanym okresie czasu.

Dobowa amplituda temperatury – różnica pomiędzy ekstremalnymi wartościami temperaturami obserwowanymi w ciągu doby.

Roczna amplituda temperatury – różnica między ekstremalnymi wartościami temperatury najcieplejszego i najchłodniejszego w ciągu roku.

Cechują go stosunkowo łagodne zimy i chłodne lata oraz w miarę równomierny rozkład miesięcznych sum opadów. Ponadto na obszarze o klimacie morskim występują: mała liczba dni pogodnych, duże zachmurzenie, częste mgły oraz duże prędkości wiatru. **W klimacie lądowym** występują większe amplitudy dobowe i roczne temperatury powietrza, gorące lata, surowe zimy oraz przewaga zachmurzenia latem. Występuje też większa liczba dni pogodnych niż w klimacie morskim.

Wysokość nad poziomem morza. Wraz ze wzrostem wysokości bezwzględnej spada temperatura powietrza. Ponadto następuje też spadek ciśnienia atmosferycznego oraz rośnie wilgotność względna, w związku z tym do pewnej wysokości następuje wzrost ilości opadów atmosferycznych. Wysokość nad poziomem morza wpływa na piętrowość klimatyczną w górach.

Ukształtowanie terenu i jego ekspozycja decydują m.in. o przepływie powietrza. Przykładowo: układ łańcuchów górskich może stanowić barierę orograficzną dla przepływu mas powietrza (południkowy – ze wschodu na zachód i odwrotnie, równoleżnikowy – w kierunku północnym lub południowym). Ponadto rzeźba terenu (stromość stoków, szerokość den dolinnych, wysokości względne) wpływa na kształtowanie się klimatu lokalnego. Duże znaczenie ma także ekspozycja stoków (różnica temperatur pomiędzy stokami o różnym nasłonecznieniu dosłonecznymi a odsłonecznymi). Na półkuli północnej stokami dosłonecznymi są stoki południowe (eksponowane na południe), a na półkuli południowej – północne. Na półkuli północnej stokami o większym nasłonecznieniu są stoki o wystawie południowej (eksponowane na południe), a na półkuli południowej – o wystawie północnej.

Prądy morskie to ruchy wody w oceanach wywołane działalnością wiatru, ruchem obiegowym Ziemi i siłą Coriolisa. Prąd ciepły niesie wody cieplejsze od wód otaczających (powstaje w niskich szerokościach geograficznych i przemieszcza się ku wyższym). Prąd zimny niesie wody chłodniejsze od wód go otaczających (ma swój początek w wyższych szerokościach geograficznych i przemieszcza się ku niższym). Prądy wpływają na zróżnicowanie warunków termicznych i wilgotnościowych po zachodniej i wschodniej stronie oceanów. W strefie równikowej dzięki wiejącym wiatrom stałym – pasatom – powstają prądy morskie o kierunku przemieszczania ze wschodu na zachód. Po dotarciu do wybrzeży rozdzielają się na dwie części i przemieszczają się w kierunku wyższych szerokości geograficznych. Dzięki ciepłym prądom wzrastają temperatura powietrza i opady w strefie ich występowania oraz na wybrzeżu. Przykładem jest Prąd Północnoatlantycki (Golfsztrom), który przyczynia się do ocieplenia północno-zachodnich wybrzeży Europy. Z kolei zimny Prąd Benguelski u wybrzeży południowo-zachodniej Afryki powodujący jego ochładzanie i wysuszenie przyczynił się do powstania pustyni Namib. Często u wybrzeży będących pod wpływem prądów zimnych tworzą się mgły.

◂ prądy morskie

Pokrycie terenu wpływa na kształtowanie się stosunków termicznych i wilgotnościowych. Szata roślinna (np. kompleksy leśne) może hamować dopływ promieniowania słonecznego w dzień oraz utratę ciepła w nocy. Dlatego też amplitudy dobowa i roczna temperatur powietrza są na ich areale niższe niż na obszarach pozbawionych szaty roślinnej.

Działalność człowieka. Do zmian klimatu w skali globalnej i regionalnej przyczynia się także gospodarcza działalność człowieka, np.:

- globalne ocieplenie (będące wynikiem efekt cieplarnianego). W wyniku spalania surowców energetycznych tworzą się tzw. gazy cieplarniane, które przyczyniają się do wzrostu temperatury na Ziemi. Zjawisko globalnego ocieplenia klimatu zostało omówione w rozdziale 10 w dziale III.

- dziura ozonowa. Stosowanie freonów (związków fluoru, chloru i węgla) w urządzeniach chłodniczych, przemyśle kosmetycznym i medycznym (w sprayach) przyczyniło się do zmniejszenia warstwy ozonowej w stratosferze, zwłaszcza w strefach polarnych. Ozon w stratosferze pochłania szkodliwe promieniowanie UV, a jego ubytek powoduje zwiększone przenikanie tego promieniowania do powierzchni Ziemi, przyczyniając się m.in. do zwiększenia liczby zachorowań na raka skóry, oraz działa niekorzystnie na wzrost roślin. Zmniejszenie pochłaniania promieniowania UV w stratosferze powoduje ochłodzenie tej warstwy atmosfery.
- miejska wyspa ciepła. W obszarach zurbanizowanych obserwuje się większą średnią roczną temperaturę powietrza oraz większe zachmurzenie od terenów otaczających w wyniku emisji zanieczyszczeń. Na obszarach o wysokiej zabudowie występuje efekt tunelowy (lokalne zwiększenie siły wiatru pomiędzy wysokimi budynkami) oraz efekt kurtynowy (zatrzymywanie wiatrów przez wysokie budowle, zmniejszenie przewietrzania miasta, co często prowadzi do powstawania smogu). Wpływ człowieka na klimat lokalny został omówiony w rozdziale 9 w dziale III. Niewłaściwa działalność rolnicza, zbyt duży pobór wód powierzchniowych i podziemnych, nadmierne wycinanie lasów (deforestacja) przyczyniają się do osuszania i ocieplania danego regionu.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wymień czynniki klimatyczne wpływające na wielkość oraz rozkład opadów atmosferycznych. Wyjaśnij, na czym one polegają.
2. Wskaż, jakie czynniki klimatyczne wpływają na temperaturę powietrza na Ziemi. Scharakteryzuj je.
3. Omów, jakie czynniki klimatotwórcze wpływają na klimat lokalny twojego miejsca zamieszkania (regionu).

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 177 ▸
- Do **procesów klimatotwórczych** zalicza się: obieg ciepła, obieg wilgoci oraz cyrkulację atmosferyczną.

s. 177 ▸
- **Elementy klimatu** to: temperatura, opady i ciśnienie atmosferyczne, wilgotność powietrza oraz usłonecznienie. Do ich opisu używa się miar statystycznych.

s. 178 ▸
- Wśród **czynników klimatotwórczych** można wymienić: szerokość geograficzną, rozkład lądów i oceanów, wysokość n.p.m., ukształtowanie terenu i jego ekspozycję, prądy morskie, pokrycie terenu oraz działalność człowieka.

9. Strefy klimatyczne i typy klimatów na Ziemi

NA TEJ LEKCJI:

- nauczysz się wymieniać strefy klimatyczne i typy klimatu na Ziemi;
- poznasz uwarunkowania cech klimatów strefowych i astrefowych;
- nauczysz się rozpoznawać strefy klimatyczne i typy klimatu na podstawie rocznego przebiegu temperatury powietrza i sum opadów atmosferycznych;
- zapoznasz się z opisem przebiegu rocznych wartości temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w regionie, w którym mieszkasz, oraz nauczysz się podawać cechy klimatu swojego miejsca zamieszkania.

Klimaty Ziemi charakteryzują się **strefowością**, co jest związane z różnicami w ilości energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi. W obrębie stref klimatycznych można wyróżnić typy klimatów zależne od rozmieszczenia lądów i oceanów, a co za tym idzie – zróżnicowania w poziomie opadów (np. odmiana monsunowa występuje w klimatach strefy zwrotnikowej, podzwrotnikowej i umiarkowanej ciepłej). Istnieje wiele klasyfikacji klimatu na świecie. W Polsce najpowszechniejsza jest klasyfikacja opracowana przez Wincentego Okołowicza, geografa, specjalistę w zakresie geomorfologii i klimatologii. Do przedstawiania charakterystyki poszczególnych typów klimatów stosuje się często klimatogramy – wykresy złożone, przedstawiające rozkład temperatury i opadów.

strefowość klimatu

Strefa klimatów równikowych rozciąga się symetrycznie po obu stronach równika od 10–20 stopnia szerokości geograficznej północnej do 10–20 stopnia szerokości geograficznej południowej. Opady maleją wraz z oddalaniem się od równika z jednoczesnym wzrostem rocznej amplitudy temperatury. W typie podrównikowym jest zauważalny wyraźny podział na porę deszczową i suchą. Najwyższe sumy opadów występują w miejscach, gdzie promienie słoneczne padają prostopadle do powierzchni Ziemi (deszcze zenitalne).

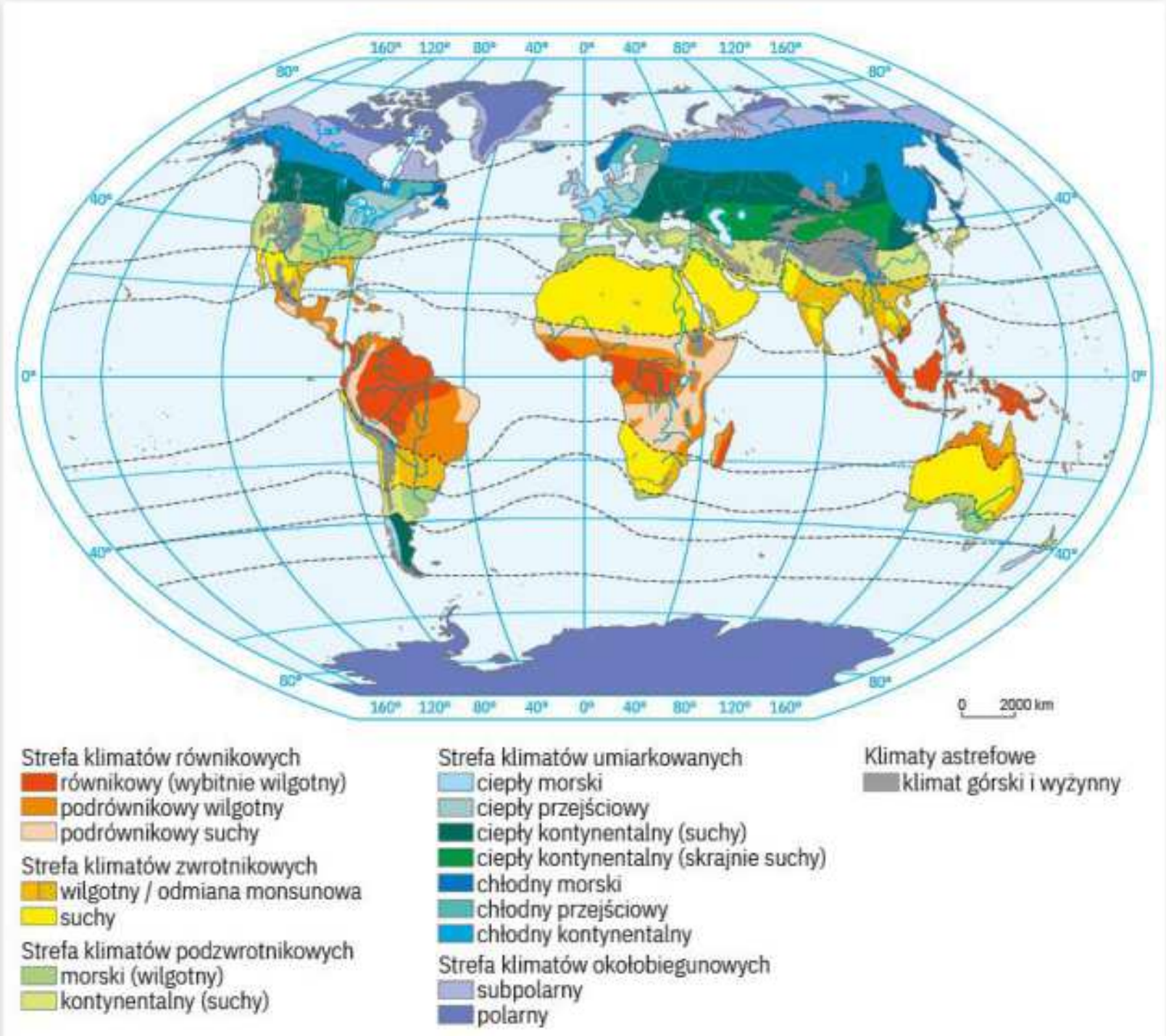
strefy klimatyczne

Strefa klimatów zwrotnikowych rozciąga się po obu stronach zwrotnika Raka i Koziorożca. Opady występują w porze letniej, a w odmianie suchej sporadycznie lub nawet ich brak. W klimatach suchych notuje się najwyższe temperatury na Ziemi ze względu na silne nagrzanie podłoża i małe zachmurzenie.

Strefa klimatów podzwrotnikowych znajduje się między strefą zwrotnikową do około 40° szerokości geograficznej po północnej i południowej stronie równika. Opady przeważają w porze chłodnej (z wyjątkiem odmiany monsunowej).

Strefa klimatów umiarkowanych dzieli się na odmianę ciepłą i chłodną. Rozciąga się od 40° do 60°N oraz od 40° do 50°S. Opady są tam możliwe w różnych porach roku (odmiana monsunowa w porze letniej). W przypadku klimatów przejściowych występuje duża zmienność stanów pogody.

Klimaty okołobiegunowe rozciągają się od 60° do 90°N oraz od 50° do 90°S. Opady występują całorocznie, z przewagą opadu śniegu. Nie występuje termiczne lato, a pory roku powyżej koła podbiegunowego są określone długością dnia i nocy polarnej.



Ryc. III.9.1. Rozmieszczenie stref klimatycznych na Ziemi według Okołowicza.

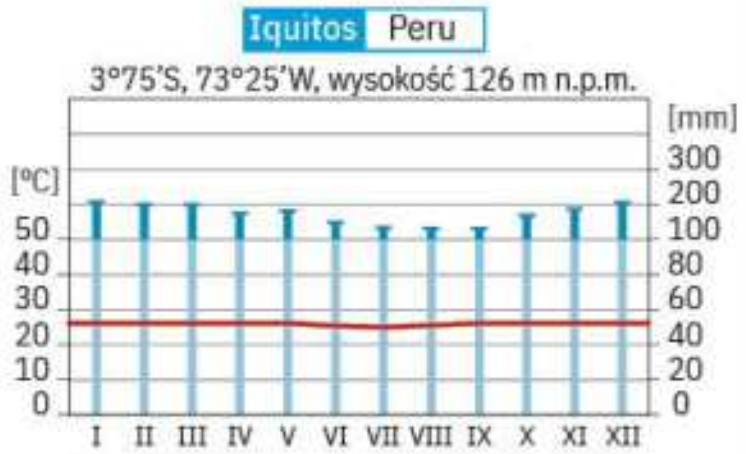
Klasyfikacja klimatów według Okołowicza

Strefa klimatów równikowych obejmuje:

klimat równikowy wybitnie wilgotny

Do jego cech należą:

- średnia miesięczna temperatura każdego miesiąca powyżej 20°C,
- roczna amplituda temperatury nie przekracza 5°C,
- opady całoroczne, 2000–3000 mm rocznie – maksimum opadów w czasie równonocy wiosennej i jesiennej.

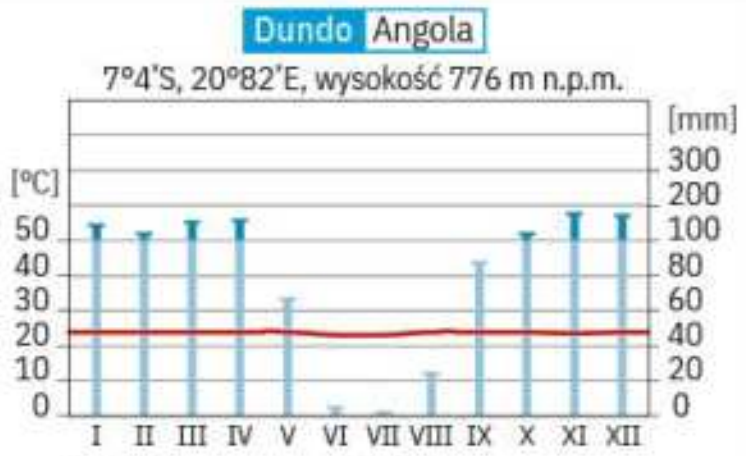


średnia temperatura: 25,8°C
roczna suma opadów: 2999,5 mm

klimat podrównikowy wilgotny

Do jego cech należą:

- średnia miesięczna temperatura każdego miesiąca powyżej 20°C,
- roczna amplituda temperatury do 5°C,
- opady 1000–2000 mm rocznie,
- dwie pory deszczowe.

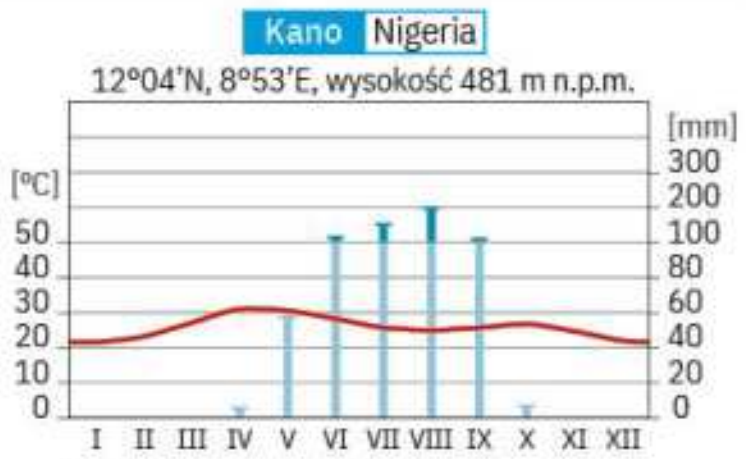


średnia temperatura: 24,1°C
roczna suma opadów: 1691,8 mm

klimat podrównikowy suchy

Do jego cech należą:

- średnia miesięczna temperatura każdego miesiąca powyżej 20°C,
- roczna amplituda temperatury 5–10°C,
- opady 500–1000 mm rocznie,
- jedna pora deszczowa.



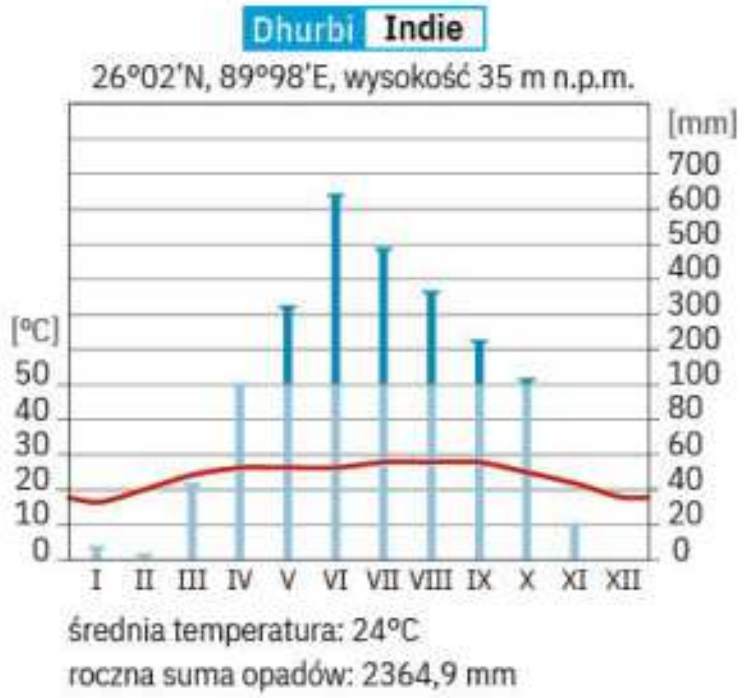
średnia temperatura: 26,1°C
roczna suma opadów: 861,6 mm

Strefa klimatów zwrotnikowych obejmuje:

klimat wilgotny (monsunowy)

Do jego cech należą:

- średnia roczna temperatura powietrza przekraczająca 20°C (w miesiącach letnich powyżej 25°C, w najchłodniejszym miesiącu średnia temperatura nie spada poniżej 10°C),
- amplitudy roczne temperatury do 10°C,
- opady 1000–2000 mm, a w strefie monsunowej powyżej 2000 mm,
- opady głównie w porze letniej.



średnia temperatura: 24°C
roczna suma opadów: 2364,9 mm

klimat kontynentalny suchy

Do jego cech należą:

- duże dobowe amplitudy temperatury (w najchłodniejszym miesiącu średnia miesięczna temperatura nie spada poniżej 10°C),
- opady poniżej 200 mm, głównie w porze letniej.



średnia temperatura: 13,3°C
roczna suma opadów: 201,2 mm

klimat kontynentalny wybitnie (skrajnie) suchy

Do jego cech należą:

- bardzo duże dobowe amplitudy temperatury (w najchłodniejszym miesiącu średnia temperatura nie spada poniżej 10°C),
- amplitudy roczne temperatury powyżej 20°C,
- opady sporadyczne lub brak.



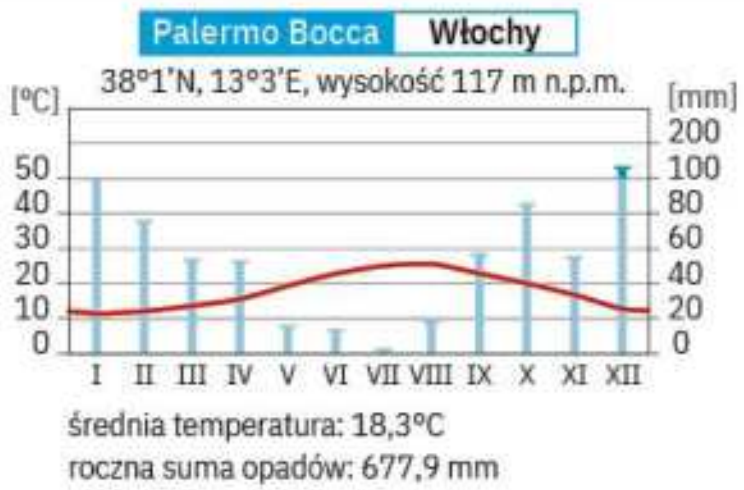
średnia temperatura: 25,5°C
roczna suma opadów: 13,6 mm

Strefa klimatów podzwrotnikowych obejmuje:

klimat morski (śródziemnomorski)

Do jego cech należą:

- średnia roczna temperatura powyżej 15°C,
- w najchłodniejszym miesiącu średnia miesięczna temperatura nie spada poniżej 0°C,
- opady 500–900 mm (głównie w zimie),
- zimy łagodne, gorące lata.

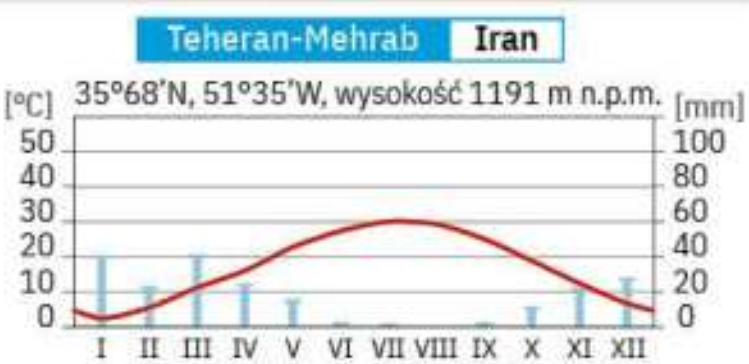


średnia temperatura: 18,3°C
roczna suma opadów: 677,9 mm

klimat kontynentalny (suchy)

Do jego cech należą:

- bardzo gorące i suche lata,
- średnia miesięczna temperatura w zimie może spaść poniżej 0°C,
- w najchłodniejszym miesiącu średnia miesięczna temperatura może spadać poniżej 0°C,
- opady poniżej 250 mm,
- duże dobowe i roczne amplitudy temperatur.



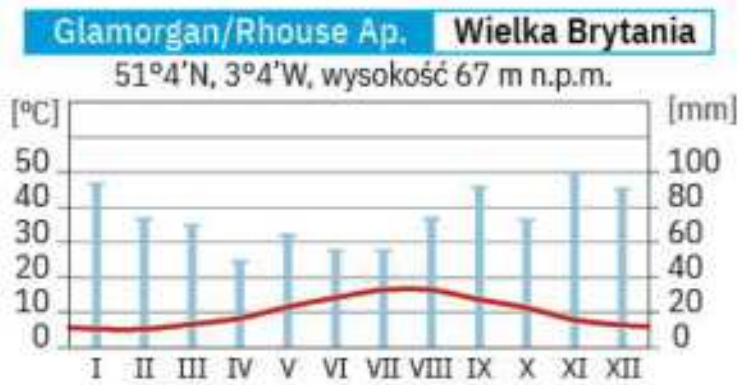
średnia temperatura: 17,3°C
roczna suma opadów: 211 mm

Strefa klimatów umiarkowanych obejmuje:

klimat umiarkowany ciepły morski

Do jego cech należą:

- średnia miesięczna temperatura najchłodniejszego miesiąca powyżej 0°C, w najcieplejszych miesiącach temperatura przekracza 15°C,
- łagodne zimy, chłodne lata,
- roczna suma opadów 500–1000 mm,
- opady całoroczne, z niewielką przewagą opadów na przełomie jesieni i zimy.

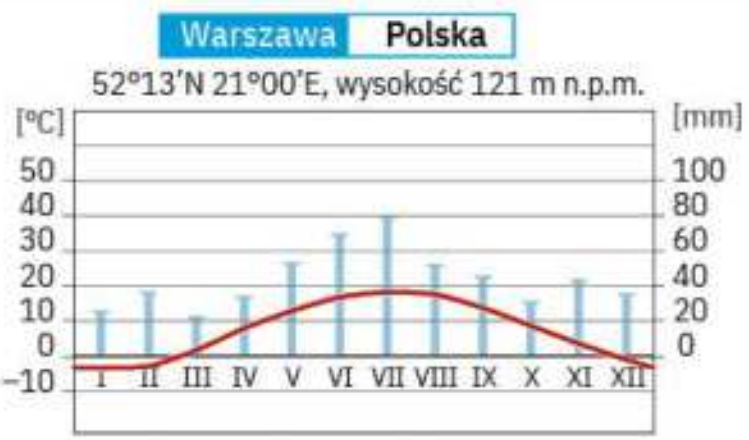


średnia temperatura: 18,3°C
roczna suma opadów: 677,9 mm

klimat umiarkowany ciepły przejściowy

Do jego cech należą:

- duża zmienność stanów pogody,
- roczne amplitudy temperatur powyżej 25°C,
- roczna suma opadów 600-800 mm głównie latem.



średnia temperatura: 8,7°C
roczna suma opadów: 544,8 mm

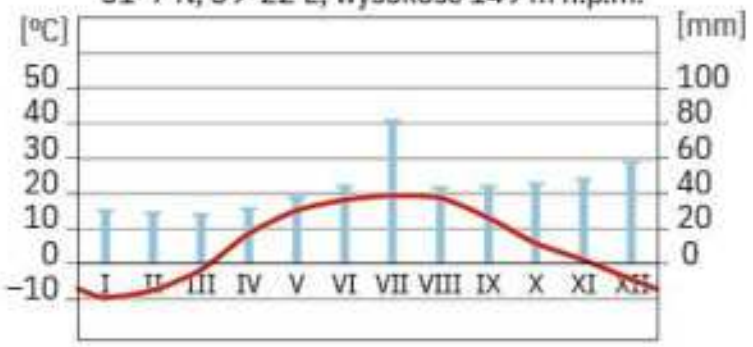
klimat umiarkowany ciepły kontynentalny

Do jego cech należą:

- średnia miesięczna temperatura od około –10°C w zimie do około 20°C w lecie,
- w najcieplejszych miesiącach średnia miesięczna temperatura przekracza 15°C,
- roczna suma opadów 300–600 mm,
- przewaga opadów w porze letniej.

Woroneż **Rosja**

51°7'N, 39°22'E, wysokość 149 m n.p.m.



średnia temperatura: 6,3°C
roczna suma opadów: 527,9 mm

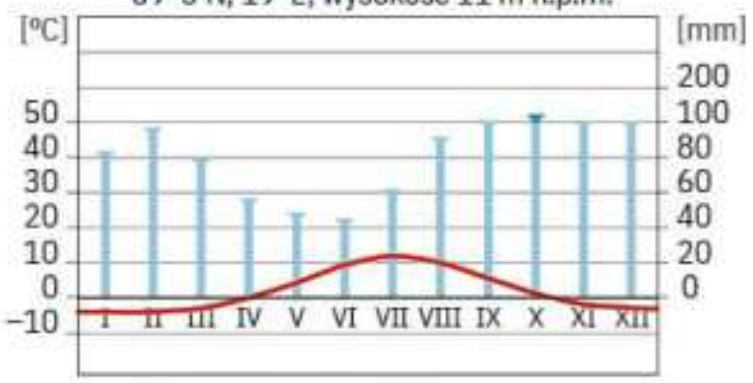
klimat umiarkowany chłodny morski

Do jego cech należą:

- średnia miesięczna temperatura od około 5°C w zimie do poniżej 15°C w lecie,
- w najcieplejszym miesiącu średnia temperatura przekracza 10°C,
- roczna suma opadów 1000–1500 mm.

Tromo/Skato **Norwegia**

69°5'N, 19°E, wysokość 11 m n.p.m.



średnia temperatura: 2,5°C
roczna suma opadów: 1006,5 mm

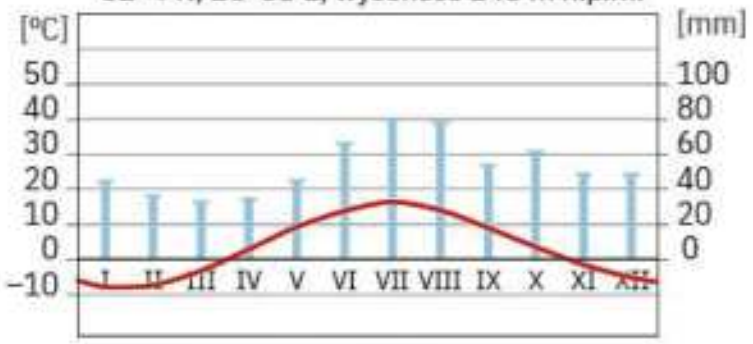
klimat chłodny przejściowy

Do jego cech należą:

- duża zmienność pogody w zależności od napływających mas powietrza,
- roczna amplituda temperatury powietrza 20–25°C,
- roczna suma opadów 600-800 mm, z przewagą w miesiącach letnich.

Jyvaskyla **Finlandia**

62°4'N, 25°68'E, wysokość 145 m n.p.m.



średnia temperatura: 3,6°C
roczna suma opadów: 639,8 mm

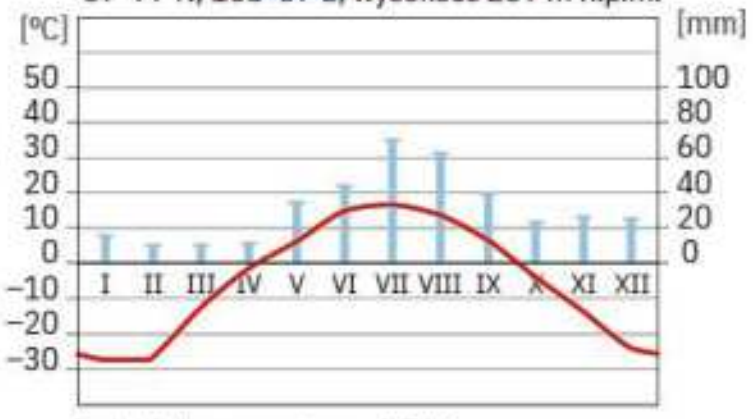
klimat umiarkowany chłodny kontynentalny

Do jego cech należą:

- średnia temperatura miesięczna od –25°C w zimie do 15–20°C w lecie,
- w najcieplejszym miesiącu średnia temperatura przekracza 10°C,
- duże amplitudy roczne temperatury (nawet powyżej 50°C w odmianie wybitnie kontynentalnej),
- gorące lata, mroźne zimy,
- roczna suma opadów poniżej 500 mm,
- opady głównie latem.

Kireńsk **Rosja**

57°77'N, 108°07'E, wysokość 259 m n.p.m.

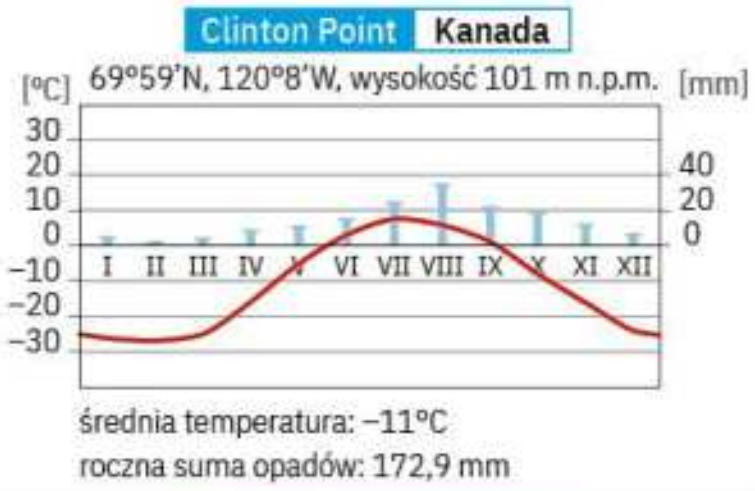


średnia temperatura: –4,5°C
roczna suma opadów: 391,4 mm

Strefa klimatów okołobiegunowych obejmuje:

klimat podbiegunowy (subpolarny)

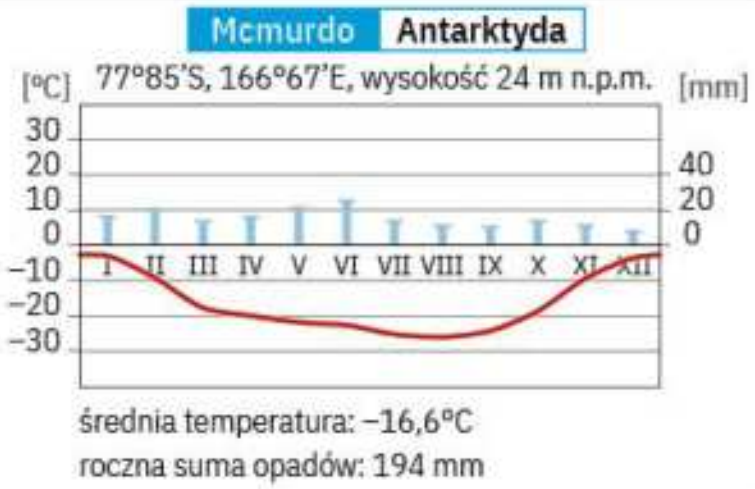
Do jego cech należą:
- średnia temperatura najcieplejszego miesiąca nie przekracza 10°C,
- brak termicznego lata,
- opady poniżej 250 mm z przewagą śniegu.



średnia temperatura: −11°C
roczna suma opadów: 172,9 mm

klimat biegunowy (polarny)

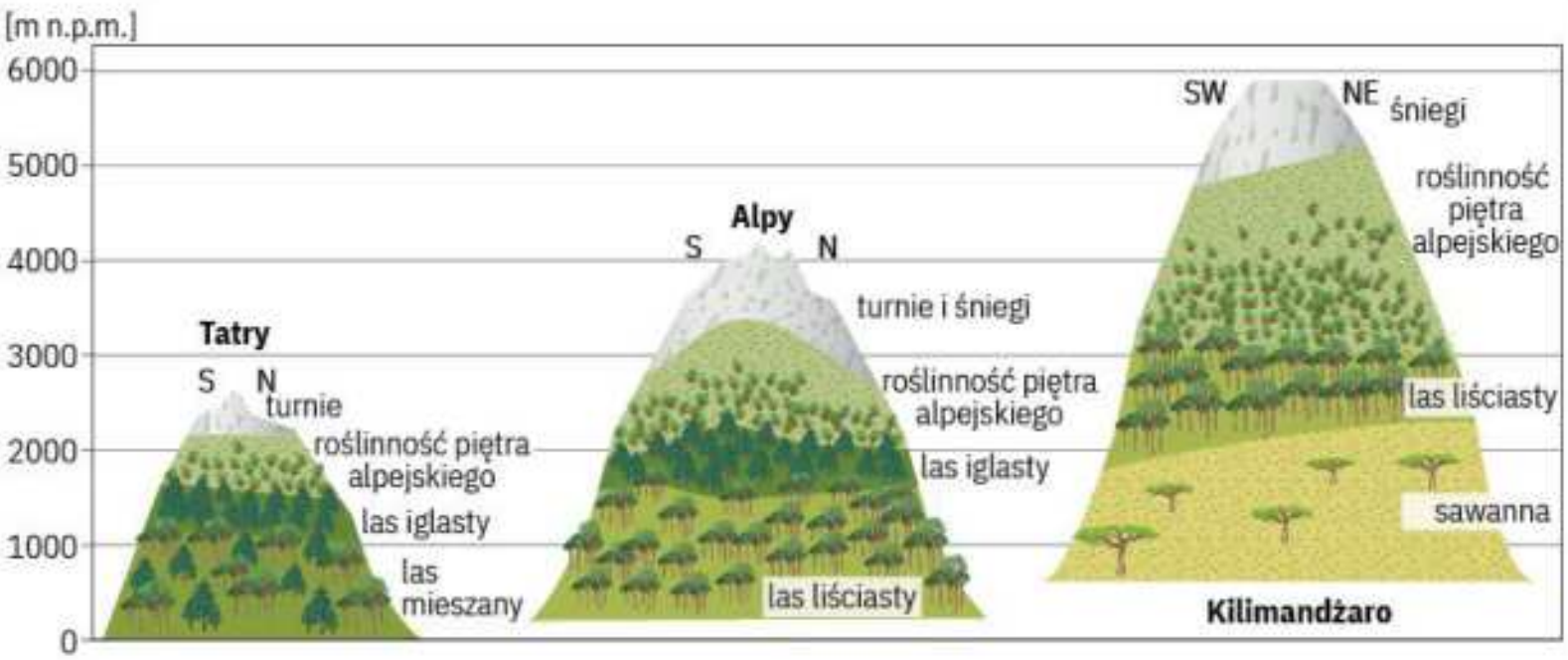
Do jego cech należą:
- średnia temperatura najcieplejszego miesiąca poniżej 0°C,
- opady poniżej 250 mm, w większości śniegu.



średnia temperatura: −16,6°C
roczna suma opadów: 194 mm

Klimaty astrefowe

Strefowość klimatyczna jest zakłócana przez układ lądów i mórz, prądy morskie, rzeźbę terenu, wysokość n.p.m., charakter podłoża oraz ekspozycję stoków. Do klimatów astrefowych zaliczamy klimat morski, kontynentalny, monsunowy, górski oraz lokalny (np. miejska wyspa ciepła).



Ryc. III.9.2. Występowanie pięter roślinnych w Tatrach, Alpach oraz masywie Kilimandżaro.

Cechy klimatu lokalnego na przykładzie Krakowa

klimat lokalny

W **skali lokalnej** na kształtowanie się klimatu wpływa rzeźba terenu, rodzaj szaty roślinnej, zróżnicowanie podłoża oraz odległość od zbiorników i cieków wodnych. W miastach na klimat lokalny wpływa działalność człowieka. Obecność zwartej zabudowy, terenów przemysłowych, betonowych i asfaltowych powierzchni, produkcja zanieczyszczeń oraz emisja ciepła z nagrzewanych zimą budynków wpływają na zwiększenie średniej rocznej temperatury powietrza w miastach. Wymienione czynniki powodują tworzenie się **miejskiej wyspy ciepła**.

miejska wyspa ciepła

W Krakowie cechą specyficzną kształtującą lokalny klimat jest położenie miasta w dolinie Wisły w otoczeniu wzniesień, z wyjątkiem części wschodniej, gdzie szeroka dolina przechodzi w Kotlinę Sandomierską. Takie ukształtowanie powierzchni, a dodatkowo gęsta zabudowa obniżają prędkość wiatru i zmniejszają przewietrzenie miasta. Ponadto zwłaszcza nocą w mieście występuje inwersja temperatury, ponieważ w dolinie Wisły gromadzi się chłodne powietrze, a powietrze cieplejsze jako lżejsze zostaje wyparte do góry. Konsekwencją tego jest brak odpowiedniej wentylacji i naturalnego odprowadzania zanieczyszczeń pochodzących z niskiej emisji, co prowadzi do powstawania smogu, czyli zjawiska atmosferycznego polegającego na zanieczyszczeniu atmosfery w wyniku działalności człowieka w warunkach zamglenia i bezwietrznej pogody. Zjawisko smogu powstaje w wyniku niskiej emisji, czyli zanieczyszczenia powietrza w wyniku spalania paliw stałych, ciekłych i gazowych pochodzących m.in. z domowych pieców grzewczych i lokalnych kotłowni oraz środków komunikacji. Efektem tego jest wysoka zawartość pyłów zwieszonych w powietrzu PM10 oraz PM 2,5 (czyli mieszanina zawieszonych w powietrzu cząsteczek o średnicy nie większej niż 10 μm i 2.5 μm odpowiednio).



Ryc. III.9.3. Wykres klimatyczny dla Krakowa.

Najcieplejszym miesiącem w Krakowie jest lipiec, a najwięcej opadów deszczu przypada na czerwiec. Średnia temperatura w roku w Krakowie wynosi 8,2°C, a roczna suma opadów to 678 mm. Najmniej godzin ze Słońcem jest w zimie, a minimum usłonecznienia przypada na grudzień. Ilość opadów w miesiącach letnich (od czerwca do sierpnia) jest prawie 3 razy większa niż w porze zimowej, co świadczy o dużym stopniu kontynentalizmu pluwialnego w mieście. W miesiącach letnich suma opadów stanowi 41% rocznej sumy opadów.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij różnice między typami klimatów umiarkowanych.
2. Na podstawie mapy w atlasie wypisz regiony geograficzne, w których występuje podany typ klimatu:
   a) równikowy wilgotny,
   b) zwrotnikowy wybitnie suchy,
   c) podzwrotnikowy kontynentalny suchy,
   d) umiarkowany chłodny kontynentalny,
   e) podbiegunowy (subpolarny).
3. Podaj przyczyny powstawania klimatów astrefowych.
4. Na podstawie informacji podanych w poniższej tabeli oblicz średnią roczną temperaturę powietrza, roczną amplitudę temperatury, sumę roczną opadów dla podanych stacji klimatycznych. Następnie określ strefę klimatyczną i typ klimatu. Zadanie wykonaj w zeszycie.

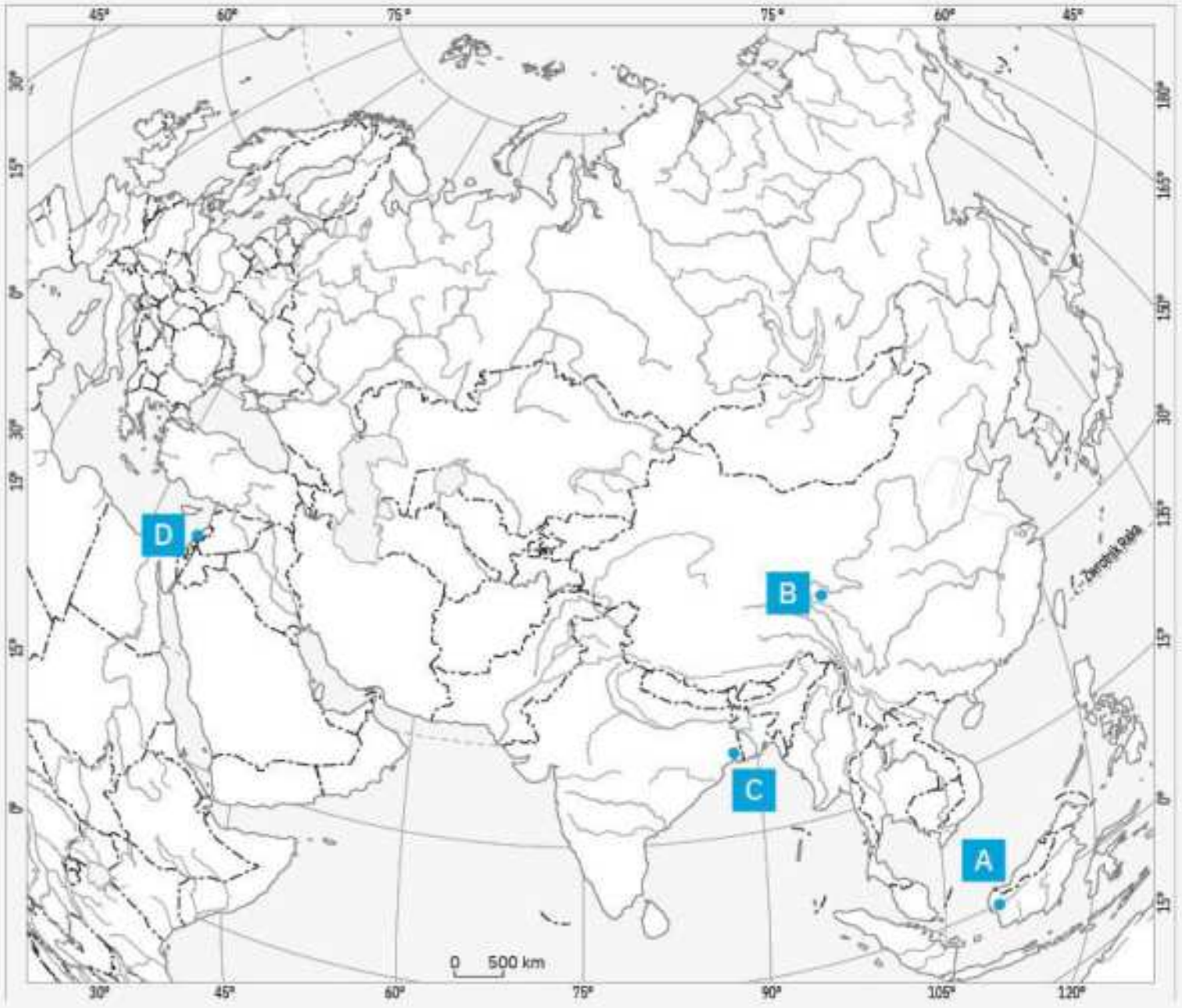
Stacja	t – temperatura, o – opady	Miesiąc											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A	t	27	27	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27
	o	125	181	254	208	168	94	133	122	183	260	288	167
B	t	–22	–23	–23	–19	–7,1	0,9	3,5	2,6	–0,4	–6,8	–16	–20
	o	32	32	19	10	18	14	17	17	27	30	27	26
C	t	–0,4	2,4	4,3	9,4	12	20	23	21	17	12	4,4	0,6
	o	15	18	26	22	37	7	19	33	21	11	5	8
D	t	1,5	1,8	5,6	7,8	12	15	17	17	14	11	6,2	3,6
	o	77	44	75	49	66	69	68	51	59	75	81	80
E	t	25	25	24	21	18	15	14	15	18	20	22	24
	o	126	122	100	103	115	62	56	30	32	82	114	124

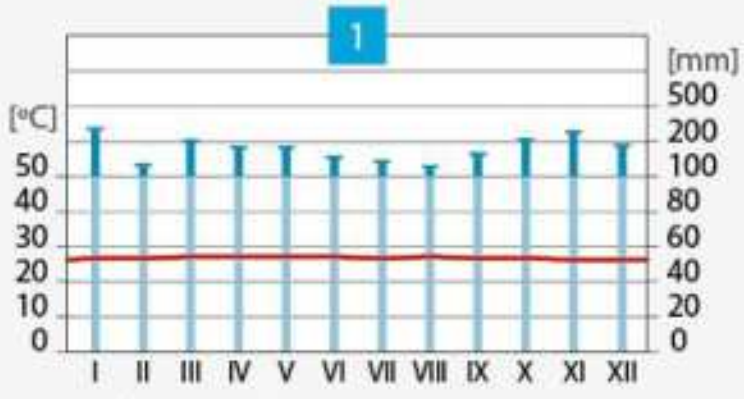
	Stacja A	Stacja B	Stacja C	Stacja D	Stacja E
średnia temperatura w roku					
roczna amplituda temperatury					
roczna suma opadów					
strefa klimatyczna					
typ klimatu					

5. Na podstawie rocznej analizy temperatury powietrza i opadów atmosferycznych (np. ze strony internetowej https://climatecharts.net/) oraz innych składników klimatu (np. korzystając z innego źródła internetowego) wymień cechy klimatu lokalnego regionu, w którym mieszkasz.

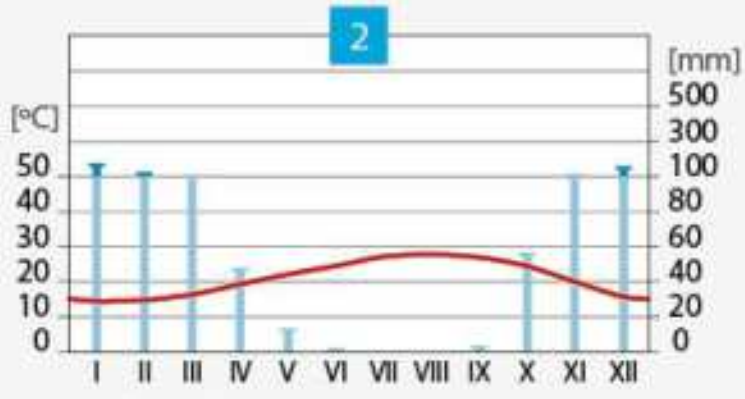
6. Wykonaj w zeszycie polecenia.

a) Przyporządkuj klimatogramy (1–5) do zaznaczonych na mapie Azji punktów A, B, C i D.

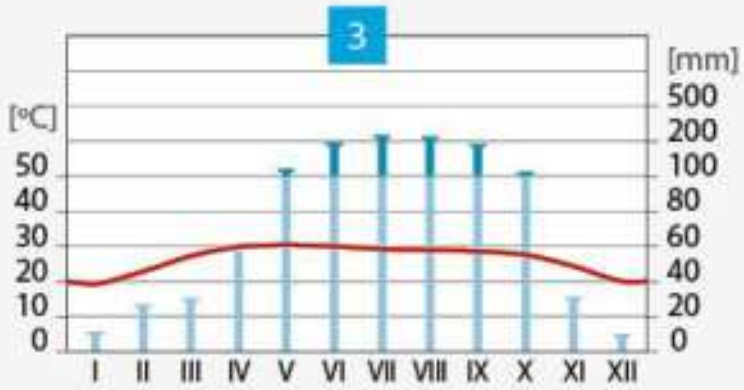




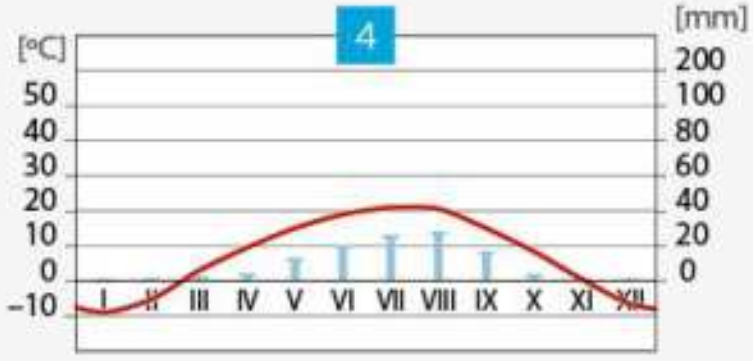
średnia temperatura: 27°C
roczna suma opadów: 3131,5 mm



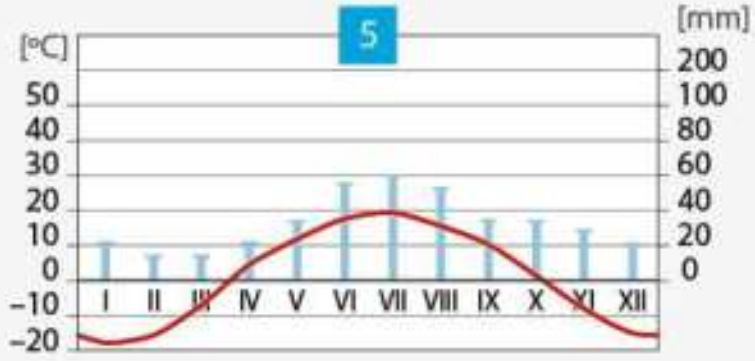
średnia temperatura: 21,1°C
roczna suma opadów: 782,6 mm



średnia temperatura: 26,7°C
roczna suma opadów: 1725 mm



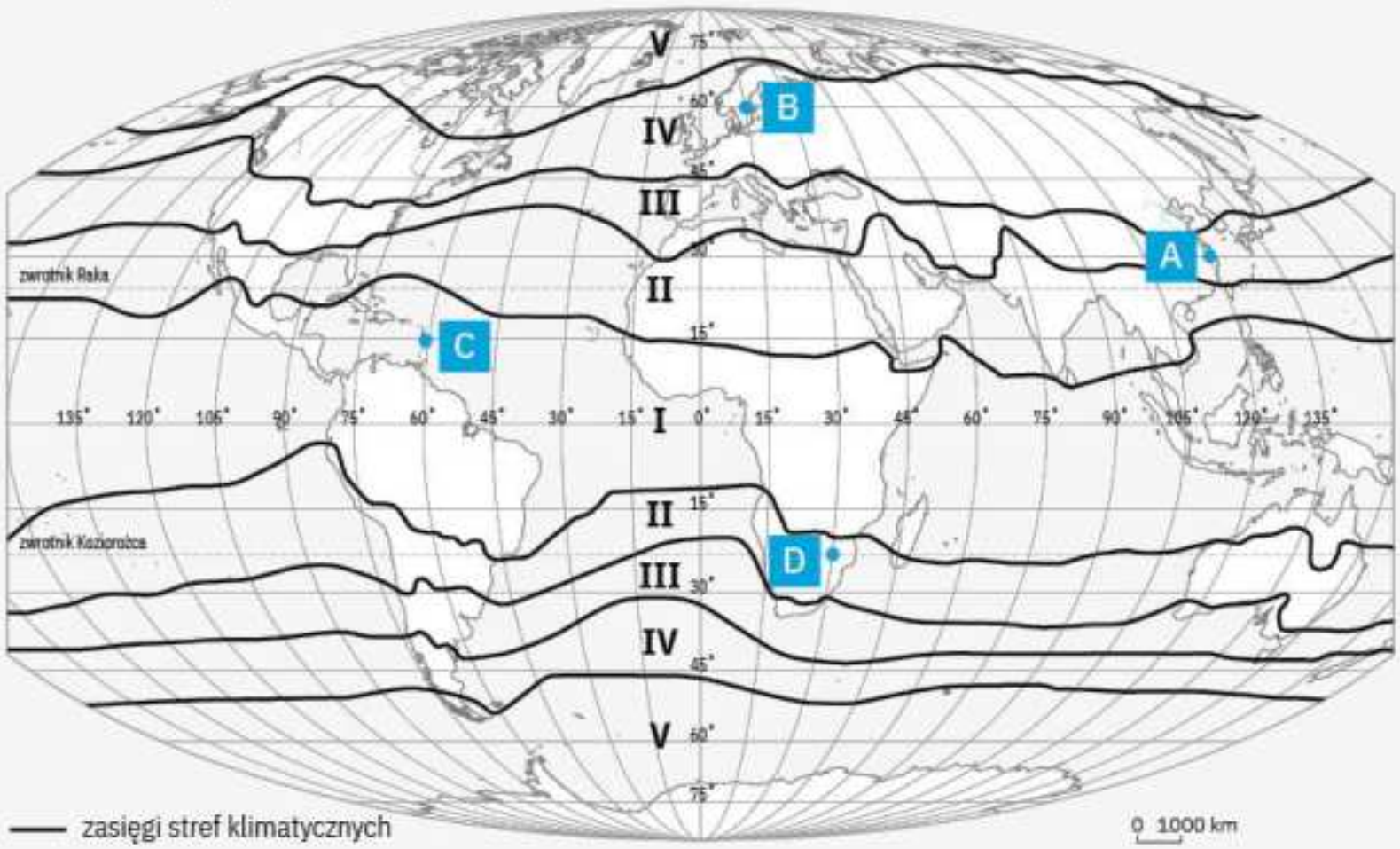
średnia temperatura: 26,7°C
roczna suma opadów: 1725 mm

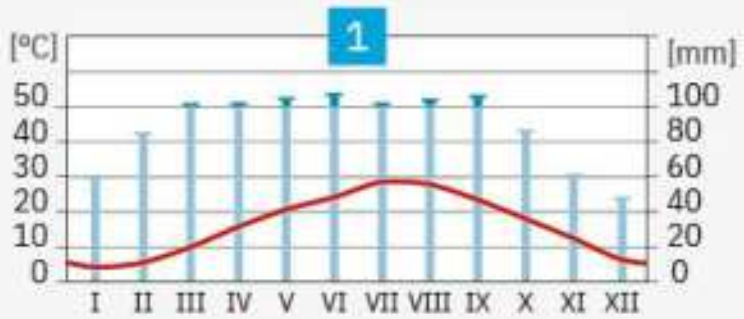


średnia temperatura: 1,3°C
roczna suma opadów: 400,1 mm

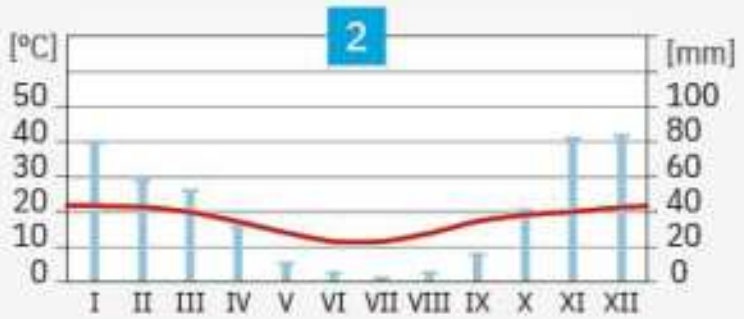
b) Przedstaw nazwę i dwie cechy klimatu występującego w punkcie D.

7. Przyporządkuj klimatogramy 1–5 do punktów A, B, C, D zaznaczonych na mapie typów klimatu. Przerysuj tabelę do zeszytu i podaj typy klimatu dla poszczególnych punktów (według klasyfikacji Okołowicza).

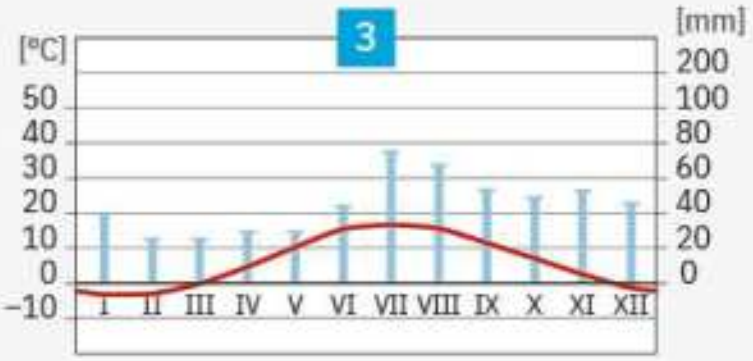




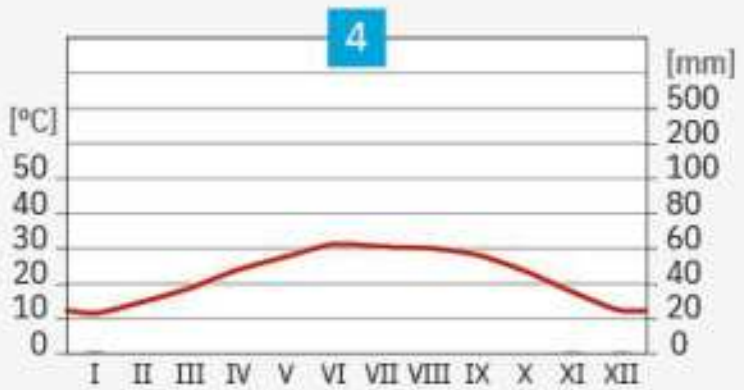
średnia temperatura: 16,2°C
roczna suma opadów: 1379,5 mm



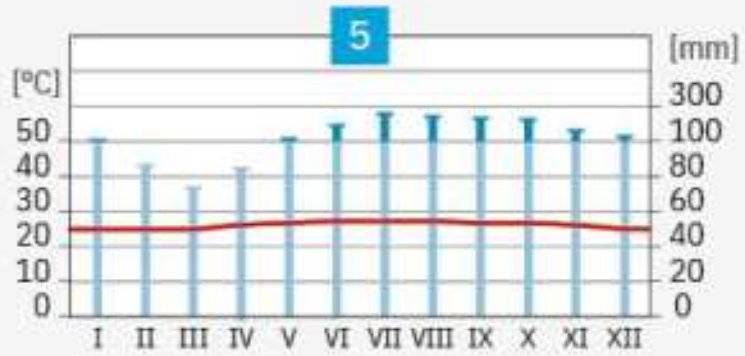
średnia temperatura: 17,5°C
roczna suma opadów: 476,8 mm



średnia temperatura: 6,4°C
roczna suma opadów: 548 mm



średnia temperatura: 22,7°C
roczna suma opadów: 7,4 mm

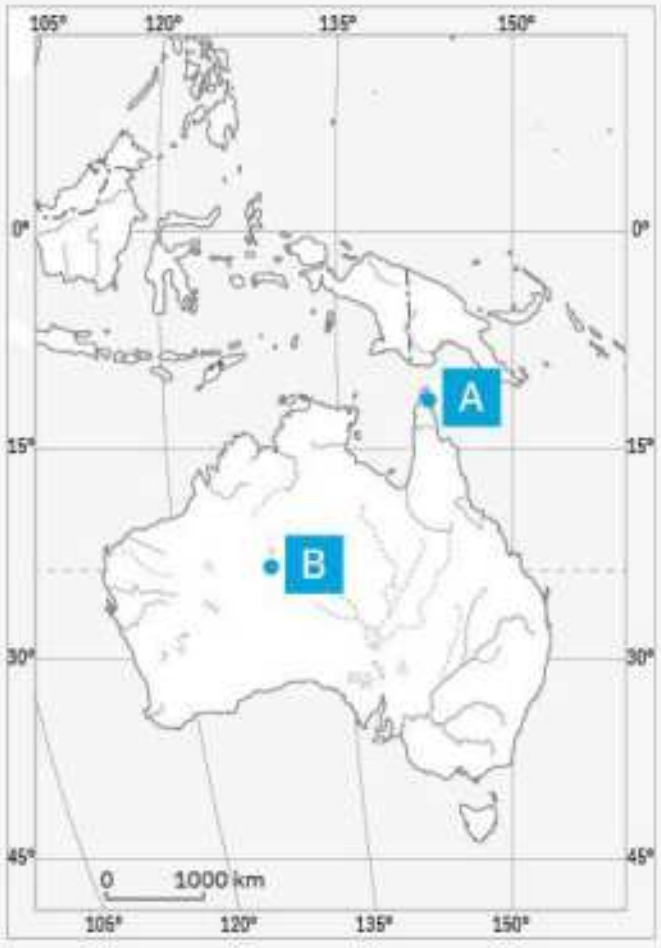


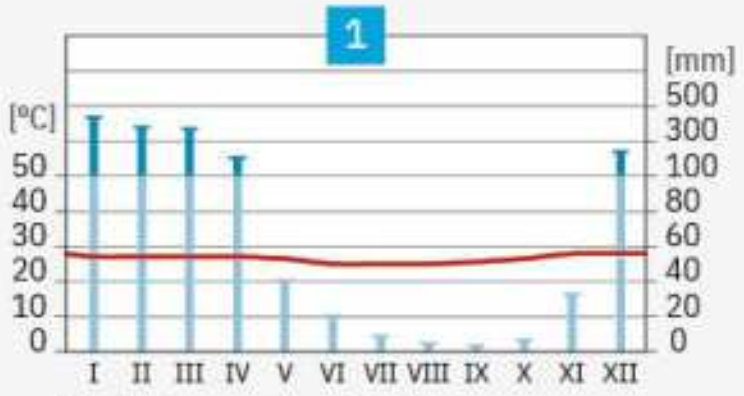
średnia temperatura: 26,3°C
roczna suma opadów: 2025,7 mm

Punkt na mapie typów klimatu	Numer klimatogramu	Typ klimatu
1		
2		
3		
4		

8. Na poniższej mapie Australii zaznaczono dwa miejsca A i B, dla których zamieszczono klimatogramy.

a) Przyporządkuj odpowiedni klimatogram do punktu A i punktu B.





średnia temperatura: 26,3°C
roczna suma opadów: 1798,3 mm



średnia temperatura: 23°C
roczna suma opadów: 303,4 mm

b) Na podstawie zróżnicowania temperatury i opadów w ciągu roku w dwóch wspomnianych miejscach określ czynniki wpływające na zróżnicowanie klimatu pomiędzy tymi miejscami.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Klimaty Ziemi charakteryzują się strefowością**, co jest związane z różnicami w ilości energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi. s. 181
- Wyróżniamy następujące **strefy klimatyczne**: s. 181
  - strefa klimatów równikowych,
  - strefa klimatów zwrotnikowych,
  - strefa klimatów podzwrotnikowych,
  - strefa klimatów umiarkowanych (ciepłych i chłodnych),
  - strefa klimatów okołobiegunowych.
- **Klimaty astrefowe** mogą występować w różnych strefach klimatycznych: s. 187
  - klimat górski,
  - klimat monsunowy,
  - klimat lokalny.
- W skali **lokalnej na kształtowanie się klimatu** wpływa rzeźba terenu, rodzaj szaty roślinnej, zróżnicowanie podłoża, odległość od zbiorników i cieków wodnych. W miastach na klimat lokalny wpływa działalność człowieka, co prowadzi do wzrostu temperatury powietrza i tworzenia się miejskiej wyspy ciepła. s. 188

10. Ekstremalne zjawiska atmosferyczne i ich skutki

NA TEJ LEKCJI:

- nauczysz się wymieniać ekstremalne zjawiska atmosferyczne oraz opisywać, jak mogą dynamicznie się zmieniać;
- poznasz przyczyny występowania zjawisk ekstremalnych;
- nauczysz się wskazywać zagrożenia i konsekwencje zmian zachodzących w atmosferze.

ekstremalne zjawiska atmosferyczne

Niektóre ze zjawisk atmosferycznych mają ekstremalny przebieg. Do takich zjawisk zalicza się susze, upały, powodzie, cyklony tropikalne i tornada. Powodowane są one przez anomalie pogodowe, czyli powstawanie pogody nietypowej dla danego obszaru, zaburzenia cyrkulacji atmosfery oraz globalne ocieplenie. **Ekstremalne zjawiska atmosferyczne** wyrządzają ogromne szkody materialne i prowadzą do strat w ludziach. Na przykład długotrwałe susze mogą skutkować pożarami (np. w Grecji, Chorwacji, Hiszpanii, Stanach Zjednoczonych i Australii), a fale ekstremalnych upałów przyczyniają się do wzrostu umieralności wśród ludzi.

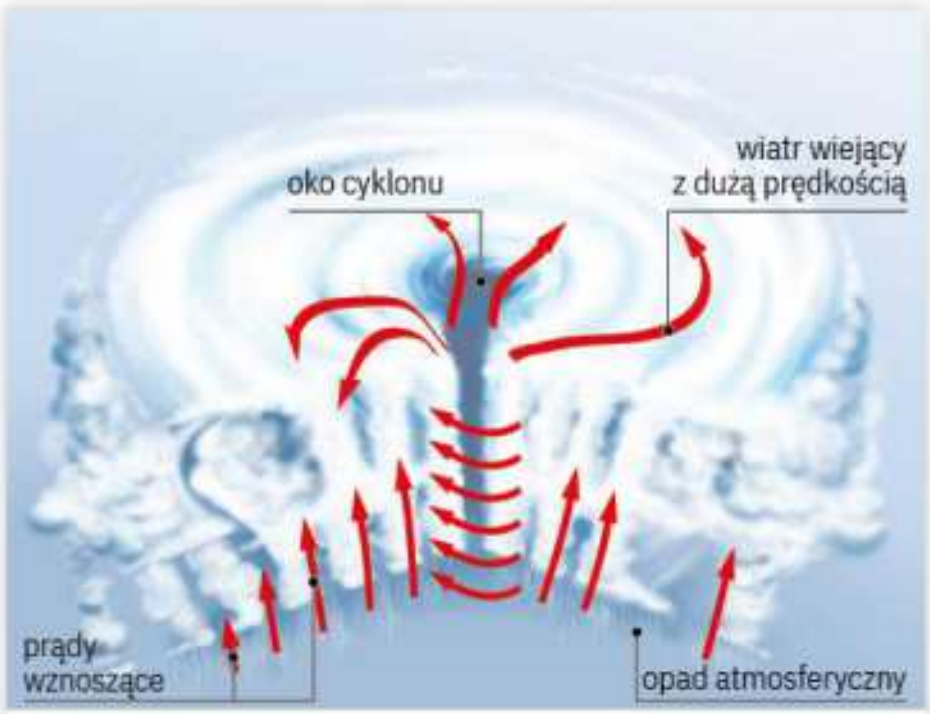
cyklon tropikalny

Cyklon tropikalny



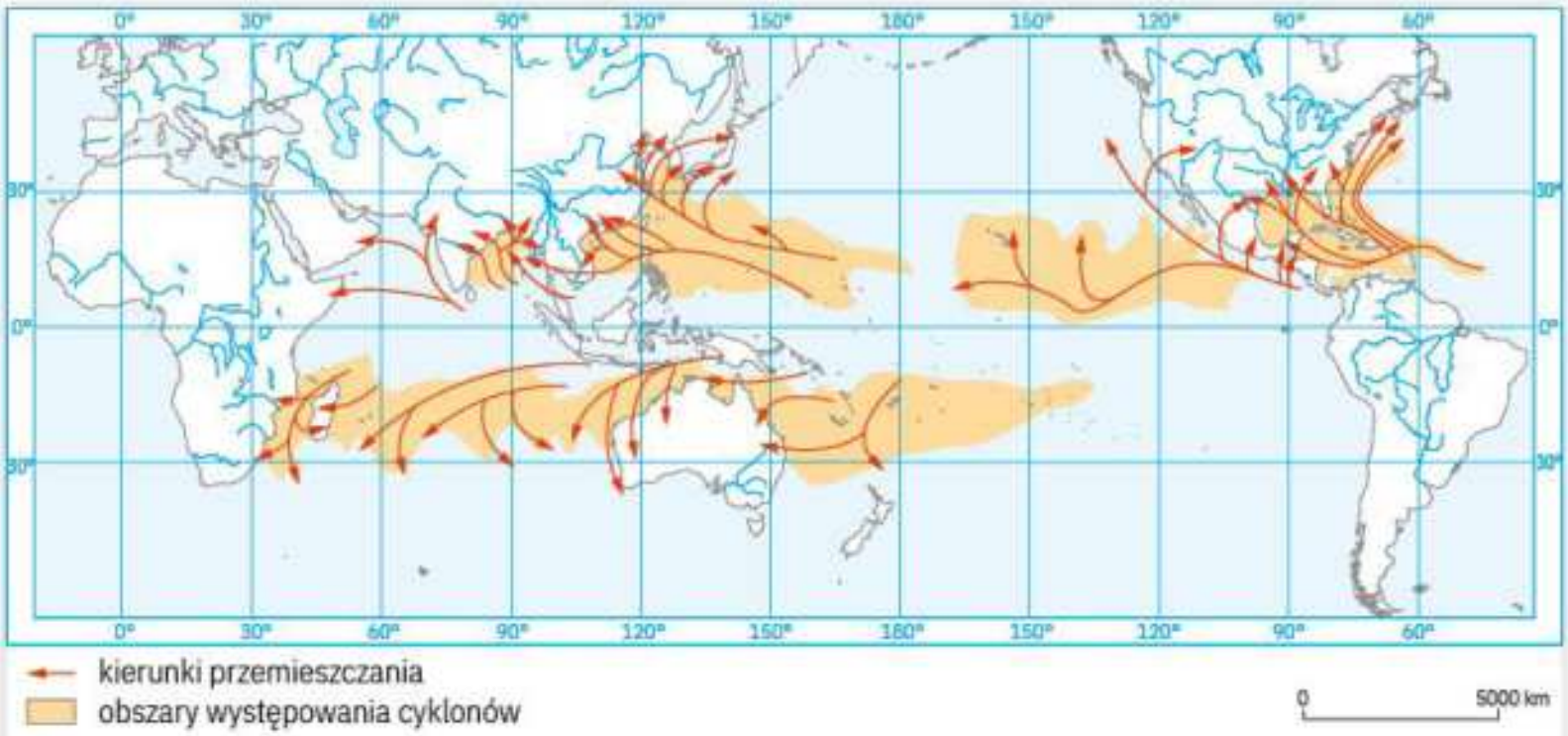
Ryc. III.10.1. Widok cyklonu z satelity.

Cyklony tropikalne występują w strefie międzyzwrotnikowej i są związane z przemieszczaniem się niskich układów ciśnienia. Lokalnie nazywa się je huraganami (na Atlantyku i wschodnim Pacyfiku), cyklonami tropikalnymi (na Oceanie Indyjskim) lub tajfunami (w północno-zachodniej części Pacyfiku). Tworzą się one nad wodami oceanu o temperaturze przekraczającej 26°C. Cyklony mają postać wirów powietrznych o średnicy dochodzącej do kilkuset kilometrów, w których najniższe ciśnienie panuje w centrum (tzw. oko cyklonu). Cyklony przemieszczają się z prędkością 10–40 km/h i charakteryzują się dużą aktywnością burzową oraz gwałtownymi opadami deszczu. Wiatry w cyklonie wieją w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara na półkuli północnej oraz zgodnie z ruchem wskazówek zegara na półkuli południowej. Cyklony powodują katastrofalne zniszczenia na obszarach nadmorskich.



Ryc. III.10.2. Przekrój pionowy przez cyklon tropikalny.

Cyklony tropikalne to te z ekstremalnych zjawisk atmosferycznych, które mogą się szybko przemieszczać i wyrządzać katastrofalne szkody. Przemieszczają się w kierunku lądów, niosąc ze sobą silne wiatry i ulewne deszcze. Wywołują fale powodziowe i powodują olbrzymie zniszczenia. Huragan Mitch w 1998 r. spowodował śmierć ponad 18 000 ludzi, w tym w samym Hondurasie 14 600 osób. Ponadto dokonał spustoszeń w Nikaragui, Salwadorze, Gwatemali, Belize, Meksyku, Kostaryce i Panamie. W 2005 r. huragan Katrina spustoszył Nowy Orlean w Stanach Zjednoczonych. Uformował się on na Bahamach, po czym przemieścił się nad południową Florydę i Zatokę Meksykańską. Prędkość tego wiatru wynosiła ponad 250 km/h. W wyniku ulewy nastąpiło przerwanie wałów przeciwpowodziowych i doszło do zalania około 80% powierzchni Nowego Orleanu. Huragan wdarł się na ląd i spowodował wielkie zniszczenia w stanach Luizjana i Missisipi. Liczba ofiar śmiertelnych wyniosła 1836, a straty materialne wyceniono na ponad 80 miliardów dolarów. W 2017 r. huragan Irma przeszedł przez Karaiby i Florydę w USA, powodując straty sięgające 55 miliardów dolarów i pochłaniając 83 ofiary śmiertelne. Najbardziej ucierpiały wyspy: Antigua, Barbuda, Saint Martin i Anguilla. W stanie Floryda ewakuowano 6,3 miliona mieszkańców.



Ryc. III.10.3. Obszary występowania cyklonów.

Tornado (trąba powietrzna)

tornado

Tornada powstają wskutek zetknięcia się mas powietrza wilgotnego i gorącego z chłodnym i suchym (np. powietrza zwrotnikowego morskiego z powietrzem polarnym) na terenach nizinnych. Mają postać gwałtownie wirujących kolumn powietrza o kształcie lejkowatym, stykających się węższą podstawą z ziemią, a górną częścią – z podstawą chmur burzowych. W najsilniejszych trąbach powietrznych prędkość wiatru może dochodzić do 500 km/h. Najwięcej tornad powstaje w Stanach Zjednoczonych.

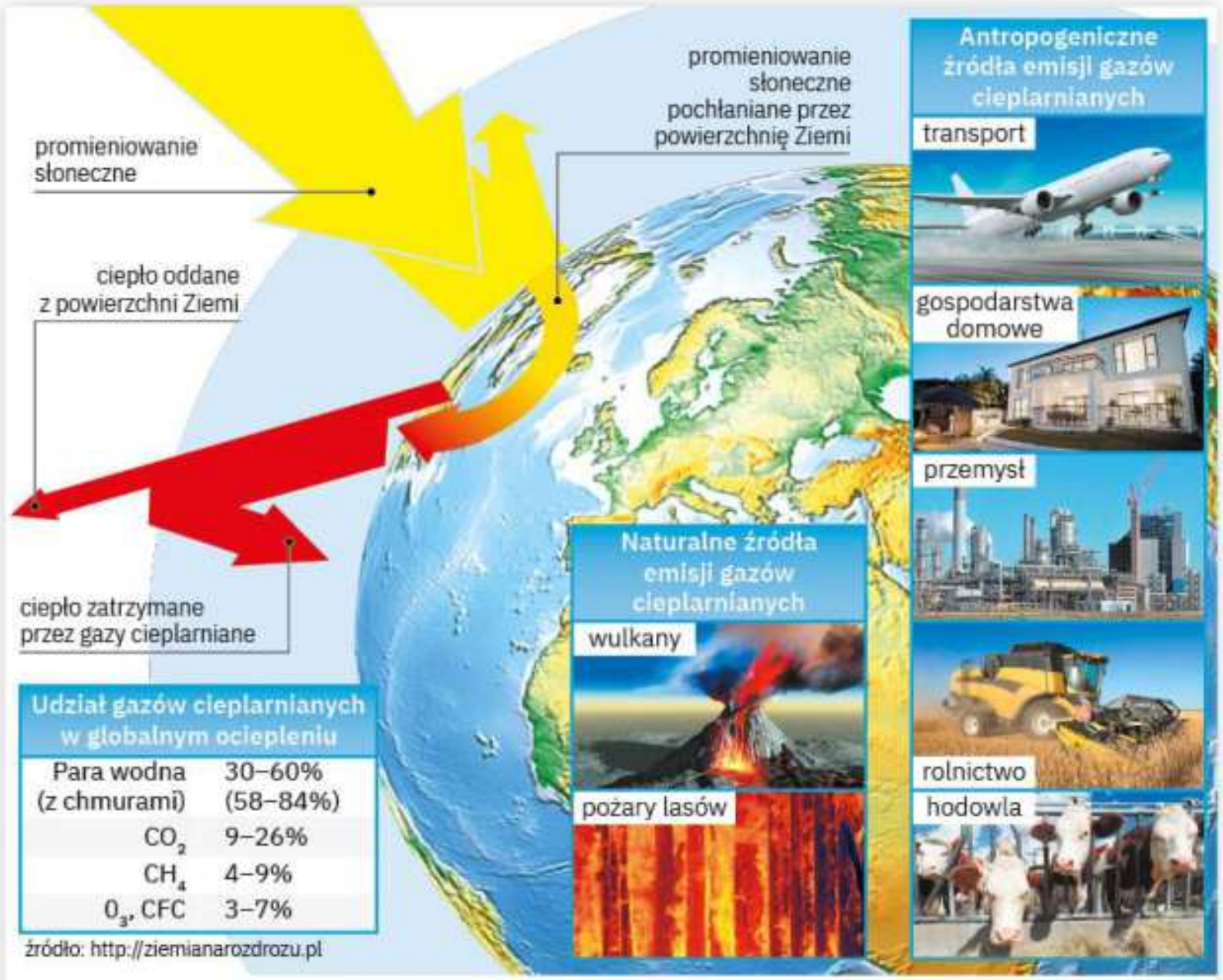


Ryc. III.10.4. Zdjęcie tornada.

Globalne ocieplenie klimatu

Za nasilenie się w ostatnim czasie ekstremalnych zjawisk atmosferycznych odpowiada globalne ocieplenie klimatu. To zjawisko polega na zwiększaniu się średniej temperatury powietrza w atmosferze. Jest obserwowane przy powierzchni Ziemi i oceanów. Próby wytłumaczenia przyczyn globalnego ocieplenia wywołują wiele kontrowersji. Sprowadzają się one do szukania odpowiedzi na pytanie, czy do zachodzących współcześnie zmian klimatu przyczyniają się warunki naturalne czy działalność człowieka. Według Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC) wzrost średniej temperatury globalnej obserwowany od połowy XX w. jest wywoływany przez efekt cieplarniany spowodowany głównie zwiększeniem koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze w wyniku czynników antropogenicznych.

Efekt cieplarniany polega na pochłanianiu w atmosferze przez parę wodną, dwutlenek węgla i inne gazy, jak: tlenek węgla, tlenek azotu, metan, ozon i freony, ciepła wypromieniowanego z powierzchni Ziemi. Promieniowanie słoneczne dochodzące do atmosfery ma postać fal elektromagnetycznych. Jego część, jako promieniowanie ultrafioletowe, zostaje zatrzymana w górnych warstwach atmosfery (zwłaszcza przez warstwę ozonową). Niewielka część promieniowania zostaje zabsorbowana przez atmosferę lub odbita przez zawieszone pyły oraz chmury, a pozostała część dociera do powierzchni Ziemi. Częściowo światło słoneczne zostaje odbite przez Ziemię, ale w większości jest przez nią pochłonięte, po czym oddane w postaci promieniowania cieplnego (podczerwo-



Ryc. III.10.5. Efekt cieplarniany.

nego). To ciepło jest w większości pochłaniane przez gazy cieplarniane i chmury oraz emitowane z powrotem w kierunku Ziemi. Efekt cieplarniany zachodzi więc w warunkach naturalnych (w wyniku kondensacji pary wodnej, emisji gazów wskutek wybuchów wulkanów, pożarów czy wzrostu aktywności Słońca). Dzięki naturalnemu efektowi cieplarnianemu istnieje życie na Ziemi. Szacuje się, że podnosi on temperaturę powierzchni Ziemi o prawie 33°C, a gdyby nie występował, przeciętna temperatura Ziemi wynosiłaby ok. –19°C.

Według raportu IPCC z 2014 r. w latach 1880–2012 średni wzrost temperatury powietrza na powierzchni Ziemi wyniósł 0,85°C. Natomiast lata pomiędzy 1983 a 2012 r. były na półkuli północnej najcieplejszym 30-leciem od 1400 lat. Wzrost temperatury powietrza jest rozłożony nierównomiernie, a największe wartości osiągnął w okolicach bieguna północnego (Arktyki) – dwa razy więcej niż średnia globalna. Wzrost średniej temperatury na Ziemi spowodował podniesienie poziomu mórz o 19 cm w latach 1901–2010 (średnio o 1,8 mm rocznie w latach 1961–2003, ale już o 3,1 mm w latach 1993–2003). Pokrywa lodowa Arktyki kurczy się średnio o 3,8% w ciągu dekady od 1979 r. Od 1900 r. ilość opadów zwiększyła się we wschodniej części Ameryki Północnej i Południowej, w północnej Europie oraz w północnej i centralnej Azji, ale zmniejszyła się w strefie Sa-

helu, regionie śródziemnomorskim, południowej części Afryki oraz częściowo w południowej Azji. W wyniku globalnego ocieplenia zwiększył się także zasięg obszarów suchych oraz wzrosła intensywność cyklonów tropikalnych na północnym Atlantyku.

konsekwencje zjawisk ekstremalnych

Konsekwencje globalnego ocieplenia

- topnienie lodowców wokół biegunów i na obszarach wysokogórskich,
- podniesienie poziomu mórz i oceanów,
- zalanie terenów nisko położonych (np. niektórych wysp, obszarów nadmorskich, delt rzek),
- przesunięcie stref klimatycznych i roślinnych,
- częstsze występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych (np. powodzi),
- wyginięcie niektórych gatunków roślin i zwierząt (szacuje się, że wzrost temperatury na powierzchni Ziemi o 1,5–2,5°C doprowadzi do wymarcia ok. 20–30% gatunków roślin i zwierząt),
- prawdopodobne migracje zwierząt, zaburzenia bioróżnorodności ekosystemów,
- spadek produkcji żywności na niższych szerokościach geograficznych w wyniku powiększania się obszarów suchych,
- zwiększenie śmiertelności z powodu klęsk głodu, zjawisk ekstremalnych oraz rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych,
- zmniejszenie dostępności do zasobów wodnych wskutek zmniejszenia się pokrywy lodowej i zasięgu obszarów pokrytych wiecznym śniegiem poprzez zmniejszenie zasilania rzek biorących początek w zlodowaconych obszarach wysokogórskich (np. w Himalajach),
- zmniejszenie zasobów wodnych na obszarach suchych.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyszukaj w różnych źródłach informacji przykłady trzech ekstremalnych zjawisk atmosferycznych, które nawiedziły świat w bieżącym roku. Podaj obszar ich występowania, długość trwania oraz opisz szkody materialne, jakie wyrządziły.
2. Wyjaśnij zasadę tworzenia się cyklonu tropikalnego.
3. Wykonaj w zeszycie polecenia.

   a) Przyporządkuj nazwy ekstremalnych zjawisk atmosferycznych do obszarów ich występowania.

   tornado, cyklon tropikalny, tajfun, huragan

   A. Atlantyk i wschodni Pacyfik
   B. Północno-Zachodni Pacyfik
   C. Ocean Indyjski

   b) Wyjaśnij mechanizm tworzenia się tornada.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Ekstremalne zjawiska atmosferyczne** należą do katastrof przyrodniczych (klęsk żywiołowych). Wyrządzają one ogromne szkody materialne i mogą powodować straty w ludziach. Przyczyną zwiększonej intensywności ekstremalnych zjawisk atmosferycznych są zaburzenia w cyrkulacji atmosfery spowodowane zmianami klimatu w wyniku globalnego ocieplenia. Do ekstremalnych zjawisk atmosferycznych należą: ◂ s. 194
  - długotrwałe susze,
  - upały,
  - powodzie,
  - **cyklony tropikalne** (huragany, tajfuny),
  - **tornada** (trąby powietrzne).
- **Cyklony tropikalne** występują w strefie międzyzwrotnikowej i są związane z przemieszczaniem się niskich układów ciśnienia. Tworzą się one nad wodami oceanu o temperaturze przekraczającej 26°C. Cyklony mają postać wirów powietrznych o średnicy dochodzącej do kilkuset km, w których najmniejsze ciśnienie panuje w środku (tzw. oko cyklonu). ◂ s. 194
- **Tornada** (trąby powietrzne) powstają wskutek zetknięcia się mas powietrza wilgotnego i gorącego z chłodnym i suchym. Mają postać leja łączącego powierzchnię Ziemi z podstawą chmur burzowych. ◂ s. 196
- **Konsekwencjami zjawisk ekstremalnych** mogą być: ◂ s. 198
  - pożary,
  - ofiary w ludziach,
  - zniszczenia materialne,
  - zwiększenie umieralności (upały, gwałtowne zmiany ciśnienia).

PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

s. 135 ▸ **Budowa atmosfery**

Warstwa atmosfery	Charakterystyka
Troposfera	– Rozciąga się do 18 km nad równikiem i do około 8 km nad biegunami (średnio 12 km nad powierzchnią Ziemi). – Zachodzą tu procesy, które kształtują stany pogody i klimat przy powierzchni Ziemi. – Gromadzi się tu przeważająca większość pary wodnej. – Tworzą się tu chmury, powstają opady i odbywa się krążenie wody w różnych stanach skupienia. – Następuje spadek temperatury wraz z wysokością o 0,6°C na każde 100 m, do około –70°C przy górnej granicy (obszary międzyzwrotnikowe) oraz od –45°C latem do –70°C zimą nad biegunami. – W dolnej części troposfery (sięgającej do 1–1,5 km) powietrze podlega siłom tarcia o podłoże, w związku z tym prędkości wiatru są mniejsze niż w górnych warstwach troposfery. – W średniej części troposfery (od 1 do 6 km nad powierzchnią Ziemi) tworzy się większość chmur i wyróżnia się dwa poziomy: poziom kondensacji pary wodnej, w którym osiąga ona stan nasycenia i rozpoczyna się proces jej skraplania, oraz poziom sublimacji, powyżej którego para wodna przybiera formę kryształków lodu. – W górnej części troposfery panują ujemne temperatury i tworzą się prądy strumieniowe. – Między troposferą a stratosferą znajduje się tropopauza.
Stratosfera	– Rozciąga się średnio od 12 km do około 50 km. – W dolnej części temperatura wynosi około –55°C, w górnej części wzrasta do 0°C. – Znajduje się tu prawie cała zawartość ozonu, który pochłania większość promieniowania ultrafioletowego i rentgenowskiego, chroniąc Ziemię przed jego szkodliwym wpływem. – Wzrost temperatury w górnej części stratosfery jest związany z absorpcją promieniowania słonecznego. – Występuje tu niewielka zawartość pary wodnej i mogą się tworzyć chmury najwyższego piętra zbudowane z kryształków lodu. – Na granicy stratosfery i mezosfery znajduje się stratopauza.
Mezosfera	– Rozciąga się od 50 do 85 km. – Temperatura spada od 0 do –90°C. – W mezosferze też mogą występować śladowe ilości pary wodnej, która kondensując, tworzy tzw. srebrzyste obłoki występujące najczęściej w szerokościach polarnych. – Na granicy mezosfery i termosfery znajduje się mezopauza.
Termosfera	– Rozciąga się od 85 do około 500 km. – Temperatura wzrasta wraz z wysokością nawet do 1000°C, ale ze względu na bardzo duże rozrzedzenie gazu przewodzenie ciepła niemal nie zachodzi i obiekty w termosferze szybko tracą ciepło przez wypromieniowanie. Dlatego przemieszczające się w termosferze satelity nie ulegają zniszczeniu. – Dolną część termosfery zajmuje jonosfera, w której następuje zjawisko jonizacji, czyli wytwarzanie dodatnich lub ujemnych ładunków elektrycznych przez cząsteczki lub atomy.
Egzosfera	– W egzosferze temperatura spada do –273°C w przestrzeni międzyplanetarnej. – Górna granica jest bliżej nieokreślona, może sięgać nawet do 190 000 km, do wysokości oddziaływania przyciągania ziemskiego.

Rozkład temperatury powietrza na Ziemi

s. 141 –143

Pionowy rozkład temperatury	Poziomy rozkład temperatury
– suchoadiabatyczny gradient temperatury (spadek temperatury wraz z wysokością w powietrzu suchym – o 1°C na każde 100 m wysokości) – wilgotnoadiabatyczny gradient temperatury (spadek temperatury wraz z wysokością w powietrzu wilgotnym (nasyconym parą wodną) – o 0,6°C na każde 100 m wysokości) – inwersja termiczna temperatury – wzrost temperatury wraz z wysokością; dzieje się tak, gdy cięższe i zimniejsze powietrze spływa po zboczach doliny w kierunku jej dna, wypychając cieplejsze powietrze do góry	– roczna amplituda temperatury to różnica pomiędzy najwyższą a najniższą średnią miesięczną temperaturą w ciągu roku – roczne amplitudy temperatury rosną od równika (2–3°C) do wysokich szerokości geograficznych oraz od mórz i oceanów w stronę centralnych części kontynentów – dobowe amplitudy temperatur (czyli różnice pomiędzy najwyższą a najniższą temperaturą zaobserwowaną w ciągu doby) są największe na obszarach gorących pustyń strefy zwrotnikowej – średnie wartości izoterm (linii łączących punkty o jednakowej temperaturze) w styczniu i lipcu zależą od stref oświetlenia Ziemi, rozmieszczenia lądów i oceanów, a także przebiegu prądów morskich

Globalna cyrkulacja atmosfery

s. 146 –148

Nazwa typu cyrkulacji	Charakterystyka
Cyrkulacja pasatowa w strefie międzyzwrotnikowej **(komórka Hadleya)**	W strefie równikowej silnie nagrzane powietrze unosi się. W trakcie wznoszenia ulega ono znacznemu ochłodzeniu (–80°C) i w górnej części troposfery przemieszcza się na północ i południe. Nie dociera przy tym do biegunów, gdyż na wysokości zwrotników ze względu na siłę Coriolisa ulega odchyleniu od pierwotnego kierunku. Dodatkowo ze względu na mniejszy obwód troposfery niż na równiku powietrze to zaczyna opadać, tworząc w strefie zwrotnikowej obszary podwyższonego ciśnienia. Z wyżów zwrotnikowych część powietrza przemieszcza się w kierunku równikowego niżu; wiatry wiejące w dolnej części troposfery od zwrotników do równika nazywa się **pasatami**. W wyniku oddziaływania siły Coriolisa one także odchylają się na półkuli północnej w prawo, a na półkuli południowej – w lewo.
Cyrkulacja powietrza w obszarze umiarkowanych szerokości geograficznych (komórka Ferrela)	Powietrze ze zwrotnikowych wyżów przemieszcza się przy powierzchni Ziemi w kierunku wyższych szerokości geograficznych. Siła Coriolisa powoduje odchylenie go na wschód i przemieszczanie się w kierunku kół podbiegunowych jako **wiatry zachodnie**. Na szerokości geograficznej około 60° dochodzi do zetknięcia się chłodnego powietrza napływającego ze wschodu od strony biegunów oraz gorącego powietrza przemieszczającego się od zachodu z szerokości zwrotnikowych. W efekcie powietrze cieplejsze zostaje wyparte do góry w postaci **prądów wznoszących** i w górnej troposferze przemieszcza się w kierunku zwrotników. W miejscu styku (na froncie polarnym) dochodzi do powstania ośrodków niżowych, które przemieszczają się z zachodu na wschód.
Cyrkulacja powietrza w obszarze wysokich szerokości geograficznych (komórka polarna)	W okolicach bieguna ze względu na niskie temperatury tworzy się **czasza wysokiego ciśnienia**. W dolnej warstwie troposfery zimne, ciężkie powietrze z okolic biegunów przesuwa się w kierunku niżów frontu polarnego (rejon kół podbiegunowych). Tam unosi się ono i przemieszcza strumieniem w górnej troposferze w kierunku biegunów, zamykając układ.
Cyrkulacja monsunowa	W lecie ląd ogrzewa się szybciej niż woda, w związku z czym nad kontynentem tworzy się obszar niskiego ciśnienia, a nad oceanem – wysokiego. Letni monsun wieje zatem znad oceanu w stronę lądu, powodując przemieszczanie się wilgotnego powietrza i przynosząc obfite opady. W zimie z kolei ląd szybciej się ochładza i tworzy się nad nim rozległy wyż, od którego wieje monsun zimowy w stronę niżu nad wolno oddającym ciepło oceanem. Największe obszary, nad którymi występuje cyrkulacja monsunowa, to Azja Południowa, Azja Południowo-Wschodnia oraz Azja Wschodnia.

s. 154 ▸ **Zmiany pogody spowodowane przejściem frontu ciepłego i chłodnego**

Zjawiska atmosferyczne	Front chłodny	Front ciepły
ciśnienie atmosferyczne	Obniża się a po przejściu frontu – wzrasta.	Obniża się, a po przejściu frontu nieznacznie wzrasta.
temperatura powietrza	Obniża się.	Wzrasta.
wiatr	Zwiększa siłę, może być porywisty.	Zwiększa siłę, a po przejściu frontu słabnie.
zachmurzenie	Jest duże i całkowite, tworzą się chmury silnie rozbudowane w pionie.	Jest całkowite, tworzą się warstwowe chmury deszczowe.
opady	Opady są przelotne (mogą być intensywne), występują burze, a w zimie – opady śniegu.	Występują ciągłe opady deszczu, a w zimie – śniegu. Zasięg opadów jest większy niż podczas frontu chłodnego.

s. 158 –160 ▸ **Rodzaje wiatrów lokalnych**

Wiatr lokalny	Charakterystyka
Bryza morska	– To wiatr wiejący od morza w stronę lądu osiągający największe nasilenie w godzinach popołudniowych. – Ląd silniej się nagrzewa od promieni słonecznych w ciągu dnia, w związku z tym tworzą się nad nim wstępujące prądy powietrza. – Woda w morzu ogrzewa się wolniej, a w ciągu dnia zalega nad nim powietrze chłodniejsze, które przemieszcza się w stronę nagrzanego lądu, gdzie ciśnienie atmosferyczne z powodu konwekcji powietrza jest niższe.
Bryza lądowa	– Jest suchym wiatrem wiejącym od lądu w stronę morza. – W nocy ląd wychładza się szybciej niż morze i tworzy się nad nim lokalny układ wyższego ciśnienia. – Największą siłę bryza lądowa osiąga w godzinach porannych, kiedy ląd jest najbardziej wychłodzony. – Bryza lądowa jest często wykorzystywana przez rybaków wypływających na połów.
Wiatr fenowy	– Warunkiem wystąpienia fenu jest zróżnicowanie ciśnienia po obu stronach wzniesienia. – Po dowietrznej stronie stoku powietrze wznoszące się ulega oziębieniu (gradient wilgotnoadiabatyczny). – Para wodna zawarta w powietrzu ulega skropleniu i powstaje opad deszczu. – Po przekroczeniu pasma górskiego powietrze pozbawione pary wodnej spływa po stoku, ulegając stopniowo ociepleniu (gradient suchoadiabatyczny). – Przynosi ocieplenie, a w zimie niesie odwilż. – Występuje w Alpach (fen), w Tatrach (halny), w Górach Skalistych (chinook).
Wiatr dolinny i górski	– W ciągu dnia stoki górskie nagrzewają się bardziej niż dno doliny i w związku z tym wiatr ciepły wieje od dolin w górę stoków (**wiatr dolinny**). – W nocy stoki ulegają szybkiemu wyziębianiu, a chłodniejsze, cięższe powietrza spływa z gór w stronę dolin (**wiatr górski**).

Klasyfikacja chmur

◂ s. 163

Piętro	Wysokość nad powierzchnią Ziemi	Nazwa polska	Nazwa łacińska	Opad
piętro górne – chmury wysokie	5–13 km	pierzaste	*Cirrus* (Cs)	–
		kłębiasto-pierzaste	*Cirrocumulus* (Cc)	–
		warstwowo-pierzaste	*Cirrostratus* (Cs)	–
piętro średnie – chmury średnie	2–7 km	średnie kłębiaste	*Altocumulus* (Ac)	–
		średnie warstwowe	*Altostratus* (As)	słabe, jednostajne opady
		warstwowe deszczowe	*Nimbostratus* (Ns)	opady ciągłe (deszcz i śnieg)
piętro dolne – chmury niskie	do 2 km	warstwowe niskie	*Stratus* (St)	mżawka, krupa śnieżna
		kłębiasto-warstwowe	*Stratocumulus* (Sc)	możliwe niewielkie opady
od niskiego do wysokiego	od 0,5 km do piętra wysokiego	kłębiaste	*Cumulus* (Cu)	mogą dać przelotny opad, jeśli mają dużą rozciągłość pionową
		kłębiaste burzowe	*Cumulonimbus* (Cb)	gwałtowne opady o charakterze burzowym

Podział opadów atmosferycznych

◂ s. 166

Opadające na powierzchnię ziemi	Opady osiadające (osady atmosferyczne)
– deszcz – śnieg – mżawka – grad – krupa śnieżna	– rosa – szron – szadź – gołoledź

Przyrządy pomiarowe w ogródku meteorologicznym

◂ s. 172

Element pogody	Przyrząd pomiarowy
temperatura powietrza	termometr: – suchy – wilgotny – minimalny – maksymalny
ciśnienie atmosferyczne	barometr
opady atmosferyczne	deszczomierz
prędkość i kierunek wiatru	wiatromierz Wilda
usłonecznienie	heliograf
wilgotność powietrza	higrometr włosowy

s. 178–180

Czynniki klimatotwórcze

Czynnik klimatotwórczy	Charakterystyka
Szerokość geograficzna	– Decyduje o stopniu kontynentalizmu klimatu. – Wpływa na natężenie promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi, a tym samym na strefowość klimatu. – Średnia roczna temperatura powietrza maleje wraz ze wzrostem szerokości geograficznej.
Rozkład lądów i oceanów	– Decyduje o stopniu kontynentalizmu klimatu poprzez różnice w nagrzewaniu się i oddawaniu ciepła przez powierzchnie wód i lądów. – Rozmieszczenie lądów i mórz powoduje zakłócenie strefowości klimatycznej, gdyż na tej samej szerokości geograficznej rozkład temperatur, opadów, ciśnienia atmosferycznego, wilgotności i usłonecznienia może się różnić pomiędzy obszarami położonymi na wybrzeżu i w głębi kontynentu.
Wysokość nad poziomem morza	– Wraz ze wzrostem wysokości bezwzględnej spada temperatura powietrza i ciśnienie atmosferyczne oraz rośnie wilgotność względna. – Wpływa na piętrowość klimatyczną w górach.
Ukształtowanie terenu i jego ekspozycja	– Układ łańcuchów górskich może stanowić barierę orograficzną dla przepływu mas powietrza. – Rzeźba terenu (stromość stoków, szerokość den dolinnych, wysokości względne) wpływa na kształtowanie się klimatu lokalnego. – Na półkuli północnej stokami dosłonecznymi są stoki południowe (eksponowane na południe), a na półkuli południowej – odwrotnie.
Prądy morskie	– Mają wpływ na różnicowanie warunków termicznych i wilgotnościowych po zachodniej i wschodniej stronie oceanów. – Ciepłe prądy powodują wzrost temperatury powietrza i opadów w strefie ich występowania oraz na wybrzeżu. – Zimne prądy morskie mogą wpływać na powstawanie u wybrzeży pustyń oraz mgieł.
Pokrycie terenu	– Szata roślinna wpływa hamująco na dopływ promieniowania słonecznego w dzień oraz utratę ciepła w nocy. – Latem obszary leśne mają temperaturę niższą, a zimą wyższą od ich otoczenia oraz charakteryzują się większą ilością opadów.
Działalność człowieka	– Emisja zanieczyszczeń (w tym CO_2) może przyczyniać się do wzrostu nasilenia efektu cieplarnianego na Ziemi, będącego główną przyczyną globalnego ocieplenia klimatu.

s. 181–182

Główne typy klimatu

Strefa klimatyczna	Najważniejsze cechy
Strefa klimatów równikowych	– Rozciąga się symetrycznie po obu stronach równika, od 10–20°N i od 10–20°S. – Opady maleją wraz z oddalaniem się od równika z jednoczesnym wzrostem rocznej amplitudy temperatury. – W typie podrównikowym występuje wyraźny podział na porę deszczową i suchą. – Największe opady występują w miejscach, gdzie promienie słoneczne padają prostopadle do powierzchni Ziemi (deszcze zenitalne).
Strefa klimatów zwrotnikowych	– Rozciąga się po obu stronach zwrotnika Raka i zwrotnika Koziorożca. – Opady występują w porze letniej, a w odmianie suchej – sporadycznie lub nawet ich brak. – W klimatach suchych notuje się najwyższe temperatury na Ziemi ze względu na silne nagrzanie podłoża i małe zachmurzenie.

Strefa klimatyczna	Najważniejsze cechy
Strefa klimatów podzwrotnikowych	– Rozciąga się na północy od strefy zwrotnikowej do około 40°N i na południu do 40°S. – Opady przeważają w porze chłodnej (z wyjątkiem odmiany monsunowej).
Strefa klimatów umiarkowanych	– Dzieli się na odmianę ciepłą i chłodną. – Rozciąga się od 40 do 60°N oraz od 40 do 50°S. – Opady są możliwe w różnych porach roku (odmiana monsunowa w porze letniej). – W przypadku klimatów przejściowych występuje duża zmienność stanów pogody.
Strefa klimatów okołobiegunowych	– Rozciągają się od 60 do 90°N oraz od 50 do 90°S. – Opady występują tu przez cały rok, z przewagą śniegu. – Nie występuje termiczne lato, a pory roku powyżej koła podbiegunowego są określone długością dnia i nocy polarnej.

Przykłady ekstremalnych zjawisk atmosferycznych

s. 194–196

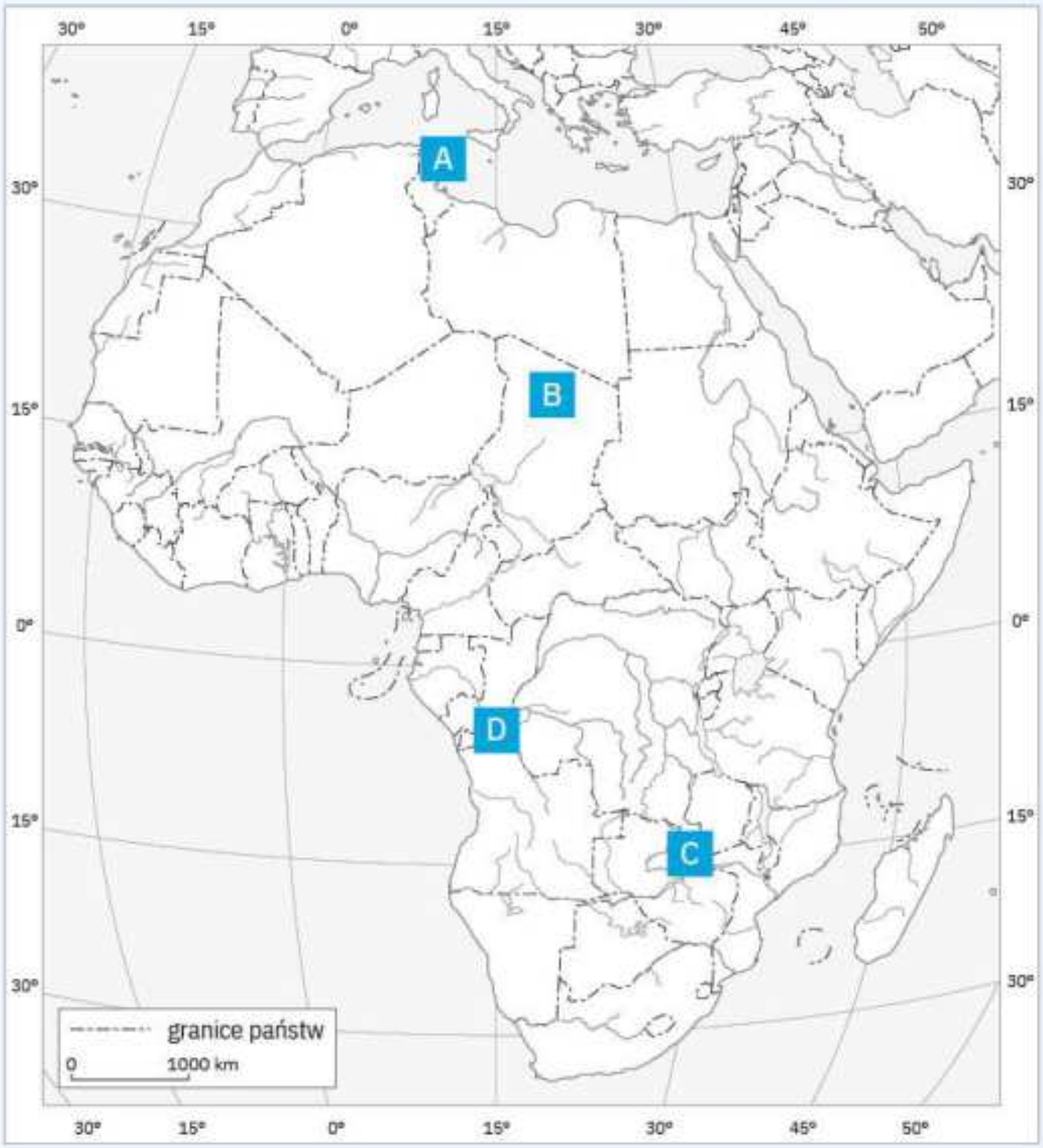
Ekstremalne zjawisko atmosferyczne	Charakterystyka
Cyklon tropikalny	– Tworzą się nad oceanami w strefie międzyzwrotnikowej i są związane z przemieszczaniem się niskich układów ciśnienia. – Przemieszczają się w kierunku lądów, niosąc ze sobą silne wiatry i ulewne deszcze. – Wywołują fale powodziowe i powodują olbrzymie zniszczenia. – Lokalnie są nazywane huraganami (na Atlantyku i wschodnim Pacyfiku), cyklonami tropikalnymi (na Oceanie Indyjskim) lub tajfunami (w północno-zachodniej części Pacyfiku). – Mają postać wirów powietrznych o średnicy dochodzącej do kilkuset kilometrów, w których najniższe ciśnienie panuje w centrum (tzw. oko cyklonu). – Wiatry w cyklonie wieją w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara na półkuli północnej oraz zgodnie ze wskazówkami zegara na półkuli południowej.
Tornado (trąba powietrzna)	– Powstają wskutek zetknięcia się mas powietrza wilgotnego i gorącego z chłodnym i suchym (np. powietrza zwrotnikowego morskiego z powietrzem polarnym) na terenach nizinnych. – Mają postać gwałtownie wirujących kolumn powietrza o kształcie lejkowatym, stykających się węższą podstawą z ziemią, a górną częścią z podstawą chmur burzowych. – W najsilniejszych trąbach powietrznych prędkość wiatru może dochodzić do 500 km/h. – Najwięcej tornad powstaje w Stanach Zjednoczonych.

SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

Zadania wykonaj w zeszycie.

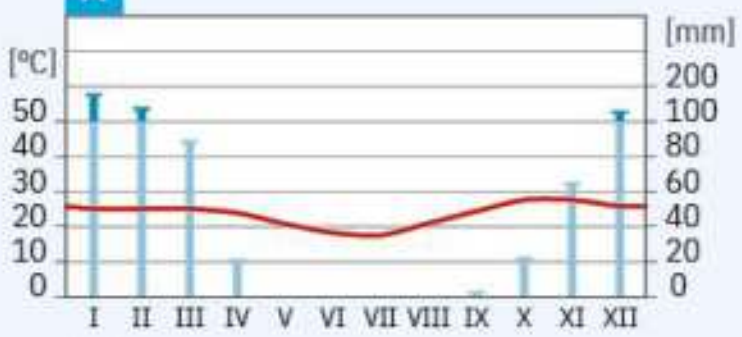
1. W tabeli przedstawiono roczny rozkład temperatury i opadów dla czterech stacji meteorologicznych położonych w Afryce (1–4).
Do przedstawionych w tabeli stacji dobierz odpowiednie litery, którymi oznaczono te stacje na mapie.

Stacja	t – temperatura, o – opady	Miesiąc											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	t	11,3	12,1	13,9	16,1	19,5	23,8	26,3	27	24,9	20,6	16,2	12,6
	o	70,2	46,9	43,8	42	22,6	10,7	1,3	11,2	32,6	55,5	51,3	69,7
2	t	21,5	21,4	21,1	20,5	18,7	16,4	16,3	18,7	21,8	24,4	23,4	22
	o	208	185	104	18,5	3,5	0,5	0,2	0,1	0,9	14	86,4	184
3	t	25,8	26,1	26,6	26,2	26	23,8	22,1	23,6	25,1	25,7	25,6	25,6
	o	143	118	189	227	148	4,3	2,7	1,9	40,8	109	253	168
4	t	20,3	22,1	25,9	30,4	33,1	33,8	33	32,5	32,4	29,5	24,2	21,2
	o	0	0	0	0	0	0,1	2,4	9,9	1	0	0	0



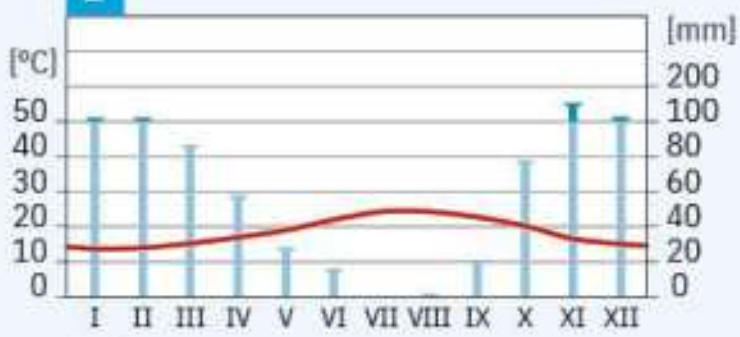
2. Na rysunkach zaprezentowano cztery klimatogramy przedstawiające różne typy klimatów.

A



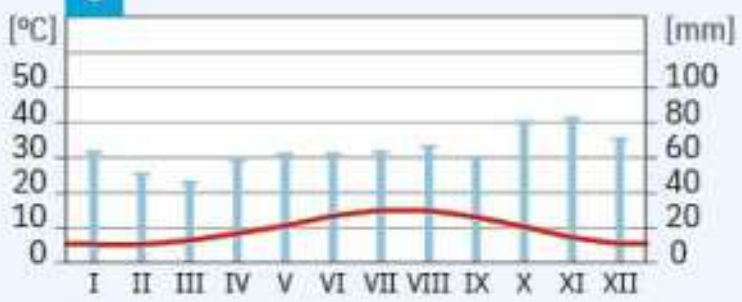
średnia temperatura: 23,7°C
roczna suma opadów: 664,4 mm

B



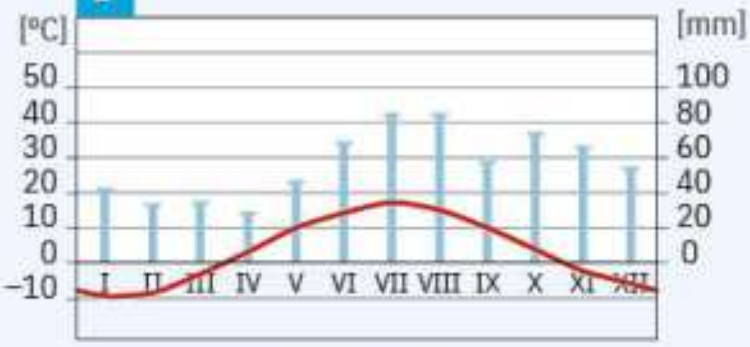
średnia temperatura: 18,8°C
roczna suma opadów: 789,9 mm

C



średnia temperatura: 9,6°C
roczna suma opadów: 771,8 mm

D



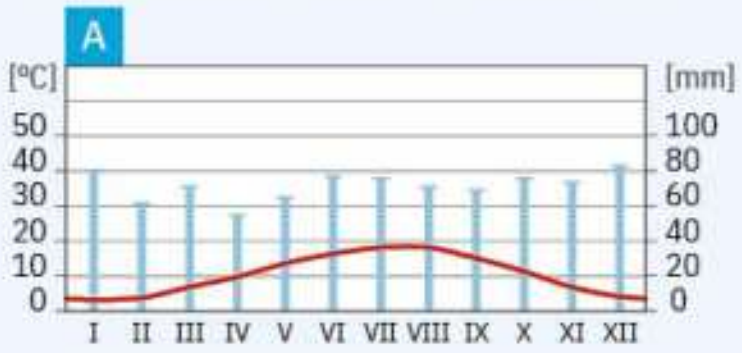
średnia temperatura: 3,7°C
roczna suma opadów: 682,2 mm

Dobierz odpowiedni klimatogram spośród A–D do podanych typów klimatu.

klimat umiarkowany ciepły morski, klimat podrównikowy suchy,
klimat podzwrotnikowy śródziemnomorski, klimat umiarkowany chłodny kontynentalny

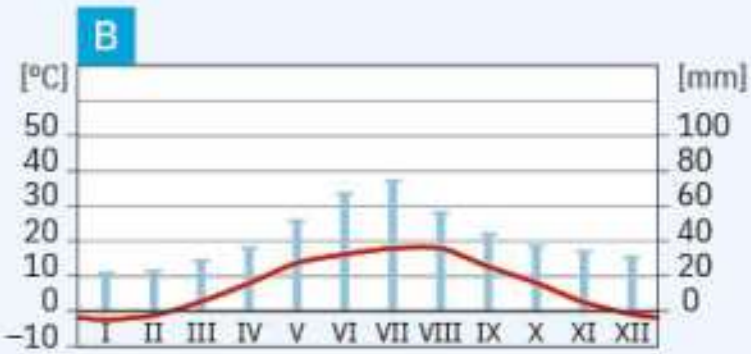
3. Na poniższych klimatogramach przedstawiono rozkład temperatur i opadów dla czterech stolic europejskich: Warszawy, Moskwy, Brukseli i Rzymu.

A



średnia temperatura: 10,3°C
roczna suma opadów: 864,6 mm

B



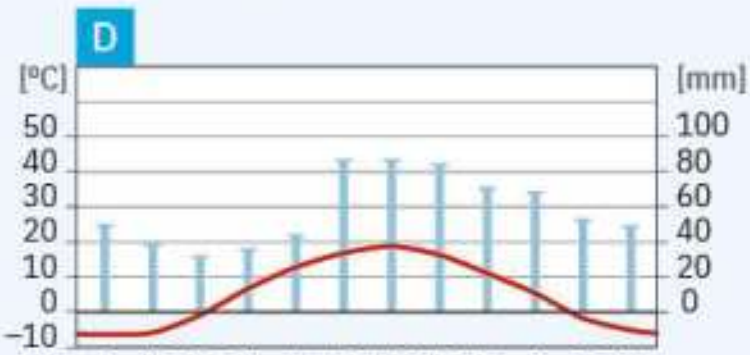
średnia temperatura: 8,2°C
roczna suma opadów: 520,9 mm

C



średnia temperatura: 16,1°C
roczna suma opadów: 704,5 mm

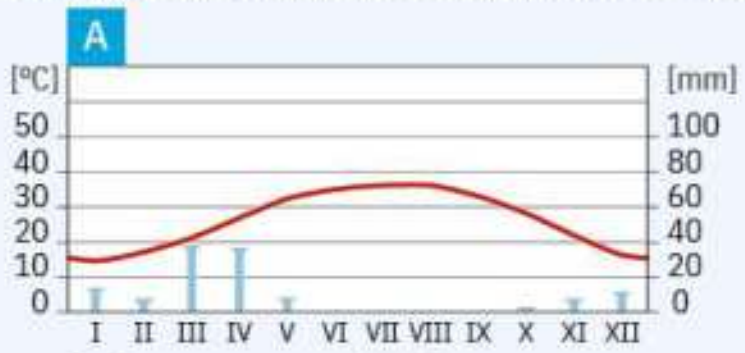
D



średnia temperatura: 5,5°C
roczna suma opadów: 706 mm

Przyporządkuj podanym stolicom odpowiedni klimatogram.

4. Poniższe klimatogramy sporządzono dla dwóch wybranych stacji meteorologicznych.



średnia temperatura: 26,4°C
roczna suma opadów: 125,2 mm



średnia temperatura: 3,7°C
roczna suma opadów: 682,2 mm

a) Wskaż poprawne dokończenie zdania.

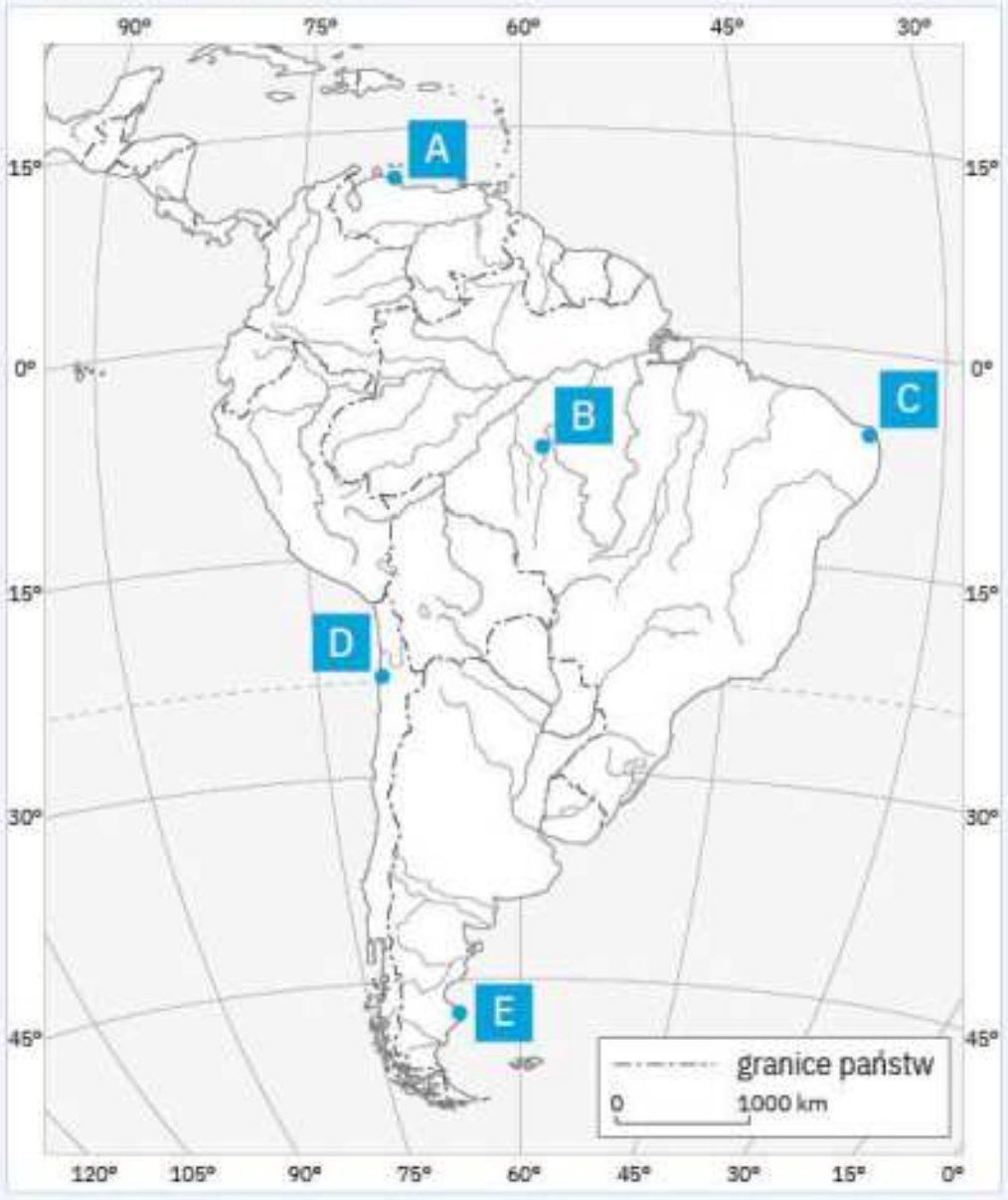
Obie stacje meteorologiczne położone są w strefie klimatów
A. równikowych.
B. zwrotnikowych.
C. podzwrotnikowych.
D. umiarkowanych.

b) Dobierz do klimatogramów A i B po jednym regionie, w którym występują warunki klimatyczne na nich przedstawione. Nazwy regionów wybierz z poniższych.

Półwysep Arabski, Kotlina Konga, Wyżyna Brazylijska, Półwysep Indochiński, Madagaskar

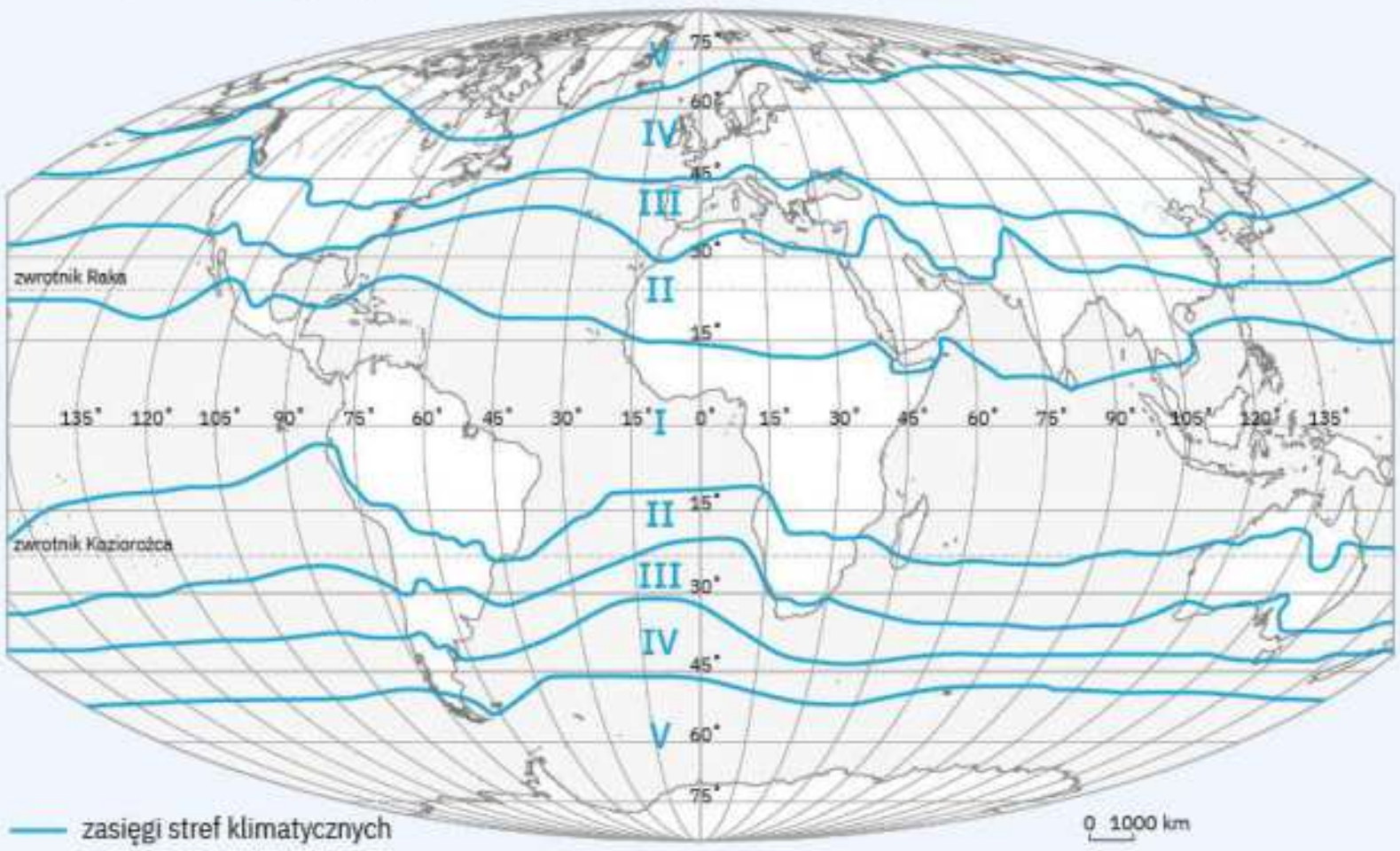
c) Podaj dwie różnice między morską a kontynentalną odmianą klimatu.

5. Na podstawie mapy Ameryki Południowej oceń prawdziwość poniższych zdań. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeśli zdanie jest fałszywe.



1.	Średnia roczna temperatura powietrza jest wyższa w punkcie D niż w punkcie B.	P	F
2.	W lipcu średnia temperatura w punkcie E jest niższa od temperatury w punkcie A.	P	F
3.	Roczna suma opadów w punkcie C jest wyższa niż w punkcie D.	P	F
4.	Roczna suma opadów w punkcie A jest wyższa niż w punkcie B.	P	F
5.	Roczna amplituda temperatur w punkcie E jest wyższa niż w punkcie A.	P	F
6.	Średnia temperatura najchłodniejszego miesiąca w punkcie D jest niższa niż w punkcie C.	P	F

6. Na podstawie mapy przedstawiającej zasięg stref klimatycznych oceń prawdziwość poniższych zdań. Wybierz P, jeżeli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeżeli zdanie jest fałszywe.



1.	W strefie klimatycznej II występują większe amplitudy roczne i dobowe temperatury powietrza niż w strefie I.	P	F
2.	Większa suma opadów w Afryce występuje w strefie klimatycznej I niż w strefie klimatycznej II.	P	F
3.	W kontynentalnej odmianie klimatu oznaczonego IV opady występują głównie zimą.	P	F
4.	Region o najwyższych opadach w Azji znajduje się w strefie klimatycznej oznaczonej III.	P	F
5.	Strefa klimatyczna V dzieli się na odmianę ciepłą i chłodną.	P	F
6.	Amplitudy roczne temperatur są niższe w kontynentalnej części strefy klimatycznej V niż strefy kontynentalnej IV.	P	F

7. Przeczytaj charakterystyki typów klimatu i dobierz do nich odpowiednie nazwy wybrane spośród poniższych.

podrównikowy wilgotny, zwrotnikowy wilgotny, podzwrotnikowy morski, umiarkowany ciepły morski

A. Średnia roczna temperatura wynosi powyżej 15°C, a opady 500–900 mm (głównie w zimie); zimy są łagodne, a lata gorące.

B. Temperatura każdego miesiąca osiąga powyżej 20°C, roczna amplituda temperatur wynosi do 5°C, opady 1000–2000 mm rocznie; występują dwie pory deszczowe.

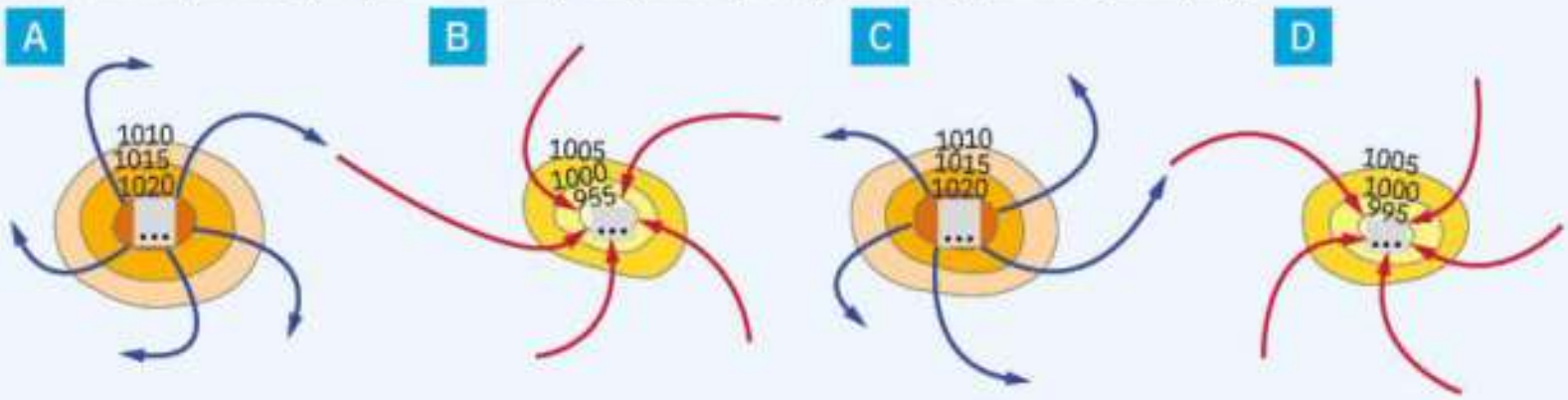
C. Średnia temperatura najchłodniejszego miesiąca to powyżej 0°C, a najcieplejszego – powyżej 15°C; zimy są łagodne, a lata chłodne; roczna suma opadów osiąga 500–1000 mm; opady występują całorocznie, z niewielką przewagą opadów na przełomie jesieni i zimy.

D. Średnia roczna temperatura powietrza przekracza 20°C (w miesiącach letnich powyżej 25°C, w miesiącach chłodnych poniżej 20°C), amplitudy roczne wynoszą do 10°C; opady sięgają powyżej 1000 mm, występują głównie w porze letniej.

8. Podaj, których warstw atmosfery dotyczą poniższe opisy.

A. W dolnej części tej warstwy panuje niska temperatura (–50°C) i występują tu prądy strumieniowe.
B. Wyróżnia się silnie rozrzedzonym powietrzem i spadkiem temperatury do jej zewnętrznych granic.
C. Temperatura wzrasta wraz z wysokością tej warstwy. W dolnej jej części występuje zjawisko zórz polarnych.
D. Warstwa ta zawiera około 80% powietrza atmosferycznego, a temperatura w niej maleje wraz z wysokością.

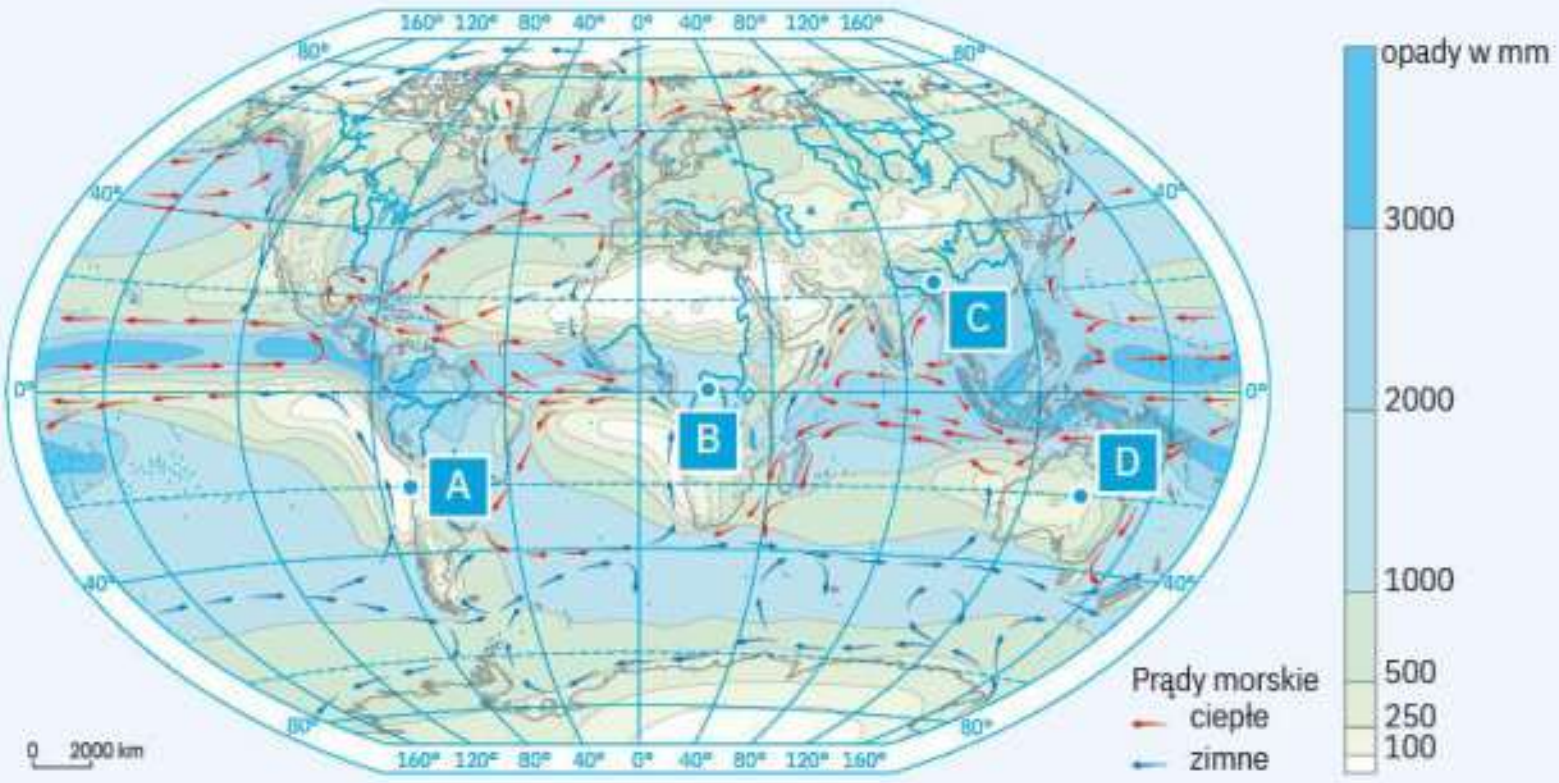
9. Wskaż na poniższym rysunku układy baryczne i podaj, na której półkuli się znajdują.



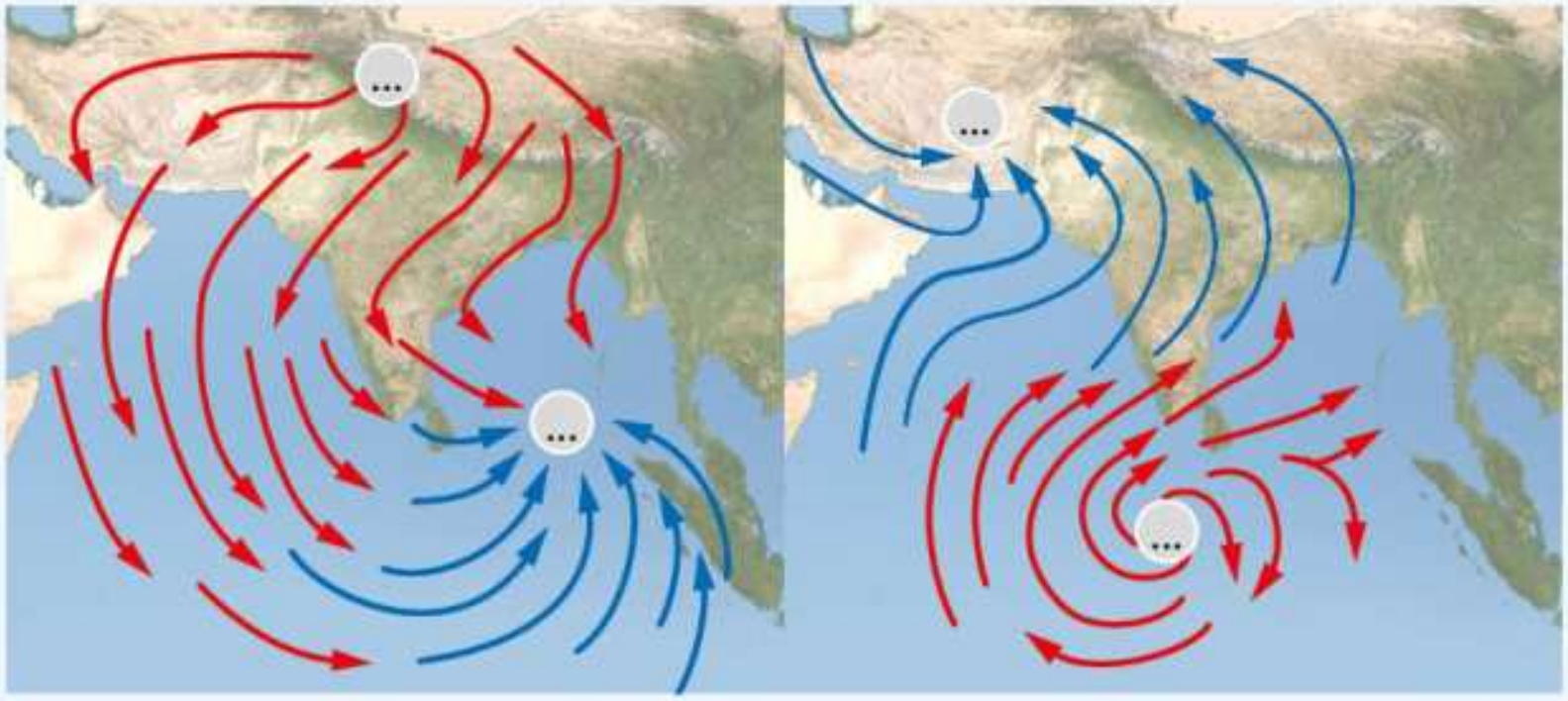
10. Określ rodzaje opadów przedstawione na rysunkach.



11. Wskaż czynniki wpływające na sumę rocznych opadów w punktach A–D zaznaczonych na poniższej mapie świata.

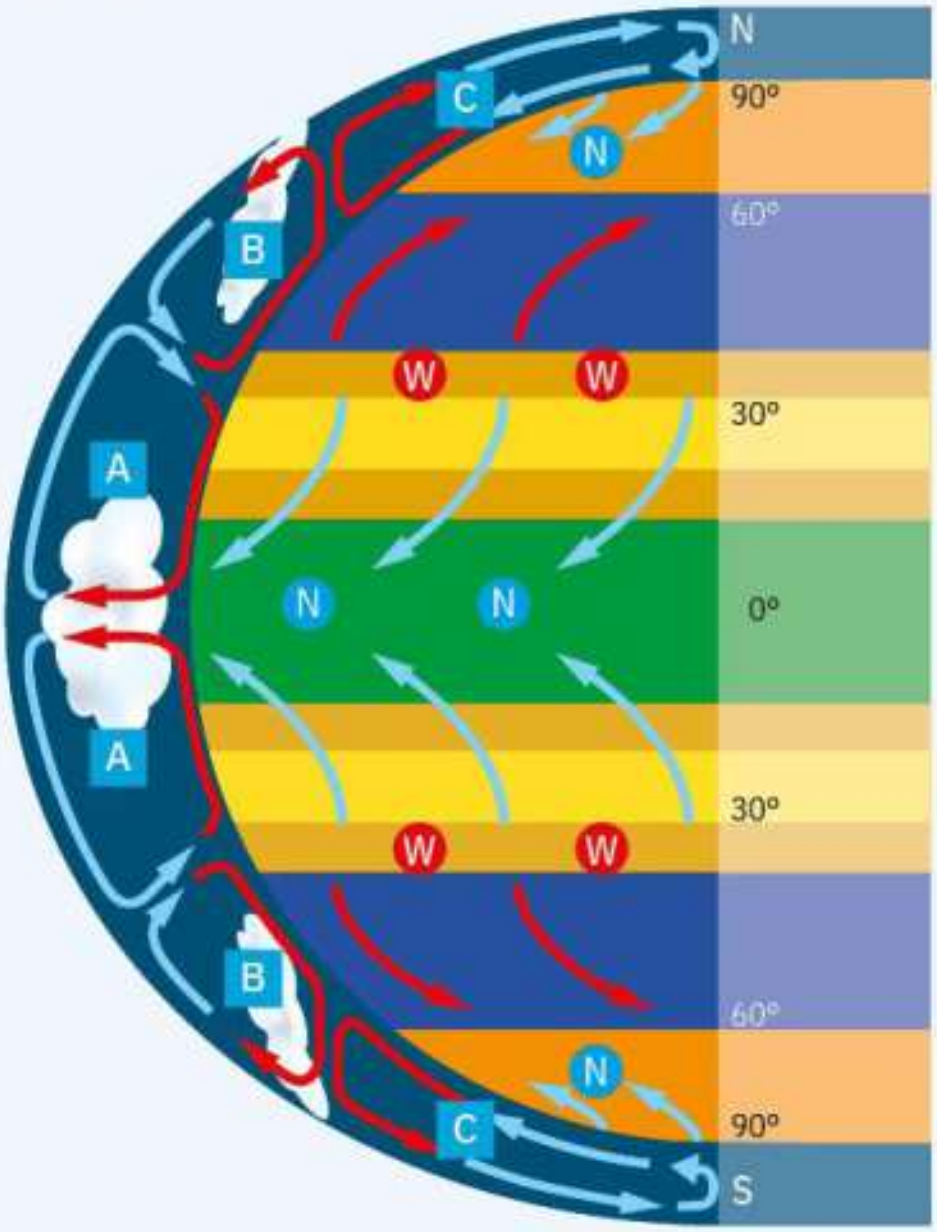


12. Na poniższych rysunkach przedstawiono schemat tworzenia się monsunów.



Podaj rodzaj monsunów, których dotyczą rysunki, i wskaż ośrodki baryczne.

13. Wskaż na poniższym rysunku: komórkę Hadleya, komórkę Farrela oraz komórkę polarną. Wyjaśnij, w jaki sposób powstają pasaty.





IV. Dynamika procesów hydrologicznych

- Zróżnicowanie zasobów wodnych na Ziemi
- Oceany i morza
- Prądy morskie: przyczyny powstawania i ich rodzaje
- Wpływ mechanizmu ENSO na środowisko geograficzne
- Problem zanieczyszczenia wód morskich
- Rodzaje wód podziemnych, ich geneza i wykorzystanie gospodarcze
- Zróżnicowanie sieci rzecznej na Ziemi
- Typy genetyczne jezior i ich rozmieszczenie
- Lodowce i lądolody: przyczyny powstawania i ich rozmieszczenie
- Gospodarcze i społeczne skutki zanikania pokrywy lodowej

1. Zróżnicowanie zasobów wodnych na Ziemi

NA TEJ LEKCJI:

- nauczysz się wyróżniać rodzaje zasobów wodnych na Ziemi oraz wyjaśniać ich zróżnicowanie i wielkości;
- poznasz zasoby wodne swojego regionu.

hydrosfera ▸

Hydrosfera

Obieg wody w atmosferze, w którym woda paruje z powierzchni mórz i lądów, para wodna ulega kondensacji lub resublimacji, zamienia się w chmury lub mgłę, a z chmur w postaci deszczu lub śniegu wraca na powierzchnię ziemi, został omówiony w dziale III. Dział IV dotyczy obiegu wody w hydrosferze, czyli na powierzchni i pod powierzchnią ziemi, od momentu, kiedy woda w postaci opadu atmosferycznego znajdzie się na ziemi, do chwili, kiedy jako rzeka uchodzi do morza i ponownie paruje ze zbiorników oceanicznych do atmosfery.

Hydrosfera to wodna powłoka Ziemi, która przenika atmosferę i litosferę. Składają się na nią morza i oceany, pokrywy śnieżne i lodowe, lądowe wody powierzchniowe (rzeki, jeziora, bagna, mokradła), wody podziemne znajdujące się w litosferze oraz wody atmosferyczne. Woda w hydrosferze występuje w trzech stanach skupienia: gazowym, ciekłym i stałym. Część hydrosfery obejmująca wody mórz i oceanów jest nazywana **oceanosferą**, natomiast pokrywy lodowe w postaci lodowców górskich, lądolodów, lodu morskiego i gruntowego to **kriosfera**.

Wielkość zasobów wodnych Ziemi

zasoby wodne hydrosfery ▸

Zasoby wodne hydrosfery uznaje się za stałe i wynoszą one około 1,4 mld km^3. Na świecie zaledwie 3,5% wszystkich zasobów wodnych stanowią wody na lądzie, z czego większość jest zmagazynowana w lodowcach (ponad 2/3), a 30% to wody gruntowe. Wody słodkie stanowią zaledwie 2,5% objętości hydrosfery. Lądowe wody powierzchniowe stanowią zaledwie 0,3% zasobów słodkowodnych, z czego zdecydowana większość jest zgromadzona w jeziorach (prawie 20% światowych zasobów wody słodkiej jest zgromadzonych w jeziorze Bajkał na Syberii).

Rozmieszczenie zasobów wodnych na Ziemi

Zasoby wodne na Ziemi są rozmieszczone nierównomiernie. Różnice w dostępności do nich w poszczególnych regionach przysparzają problemów w dystrybucji wody.

zasoby wody słodkiej ▸

Większość **zasobów wody słodkiej** na naszej planecie jest zgromadzona w lodowcach Antarktydy, Arktyki i Grenlandii, czyli jest znacznie oddalona od miejsc, gdzie mogłaby być wykorzystana. Z 31% globalnych zasobów wody słodkiej Ameryka Łacińska posiada 12-krotnie większe zasoby na mieszkańca niż Azja Południowa. Nie-



Ryc. IV.1.1. Zasoby wodne Ziemi.

Tab. IV.1.1. Zasoby wodne kuli ziemskiej

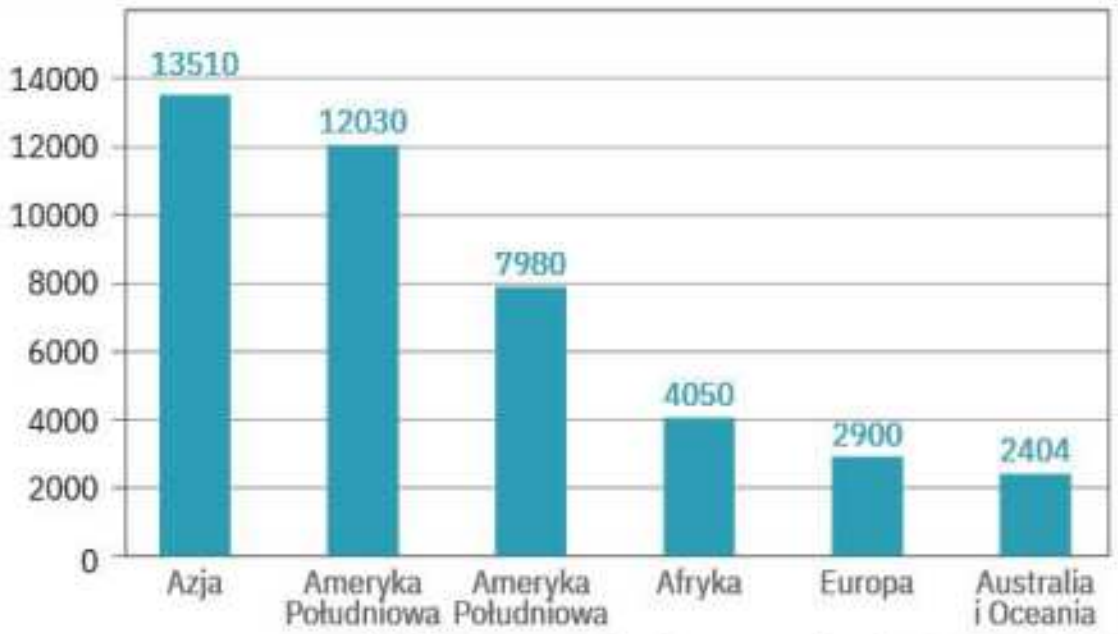
Zasoby wodne kuli ziemskiej w tys. km³	
zasoby całkowite	1 384 984
zasoby wód słodkich	35 029

które kraje, jak Brazylia (Dorzecze Amazonki) i Kanada (obszary jezior), otrzymują znacznie więcej wody niż jej zużywają. Natomiast inne obszary, jak Bliski Wschód, mają znacznie mniej wody niż potrzebują.

Ważnym elementem obiegu wody wpływającym na dostępność jej zasobów są rozmieszczenie i rozkład opadów atmosferycznych w czasie. Najwięcej opadów występuje w dorzeczu Amazonki, w Kotlinie Konga oraz na Archipelagu Malajskim. Większość państw Azji otrzymuje 90% swoich rocznych opadów w czasie krótszym niż 100 godzin. W związku z tym państwa zależne od monsunów bądź krótkich pór deszczowych są zagrożone występowaniem powodzi w czasie gwałtownych opadów oraz suszą w pozostałej części roku. Dlatego te państwa mogą wykorzystać nie więcej niż 20% zasobów swoich wód, choć zapotrzebowanie jest duże – w tej strefie mieszka ok. 50% ludności świata.

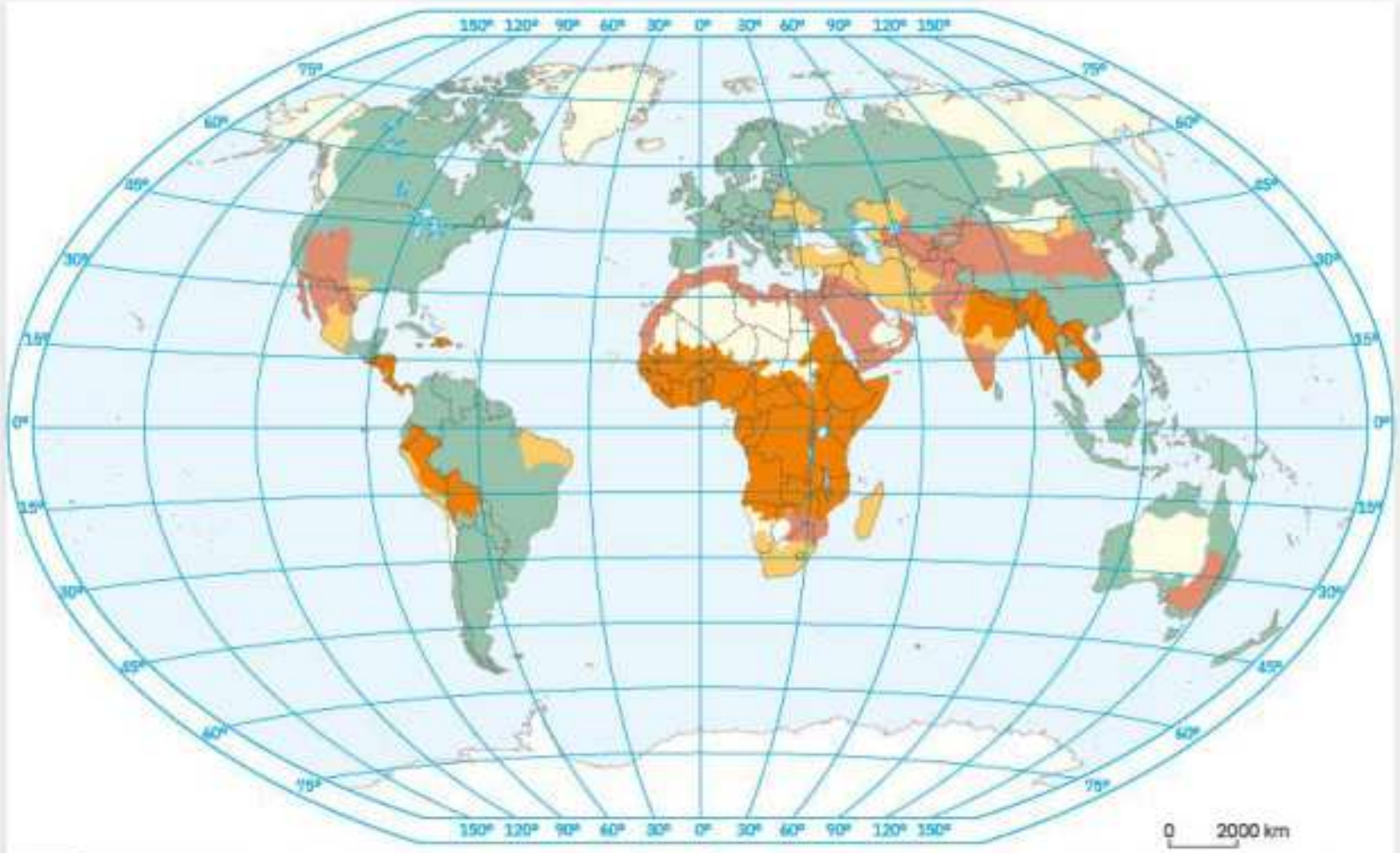
Znacznymi niedoborami wody słodkiej na świecie charakteryzują się obszary położone w klimacie zwrotnikowym, o dużym parowaniu. Są to zwłaszcza obszary pustyń: Sahary, Kalahari, na Półwyspie Arabskim czy w zachodniej i środkowej Australii. Deficyt wody występuje także na terenach położonych z dala od mórz, na przykład Nizina Turańska w Azji Środkowej, oraz w cieniu opadowym, jak w Wielkiej Kotlinie w USA czy Kotlinie Kaszgarskiej w Chinach. Również tereny nadbrzeżne, położone w pobliżu zimnych prądów morskich, jak pustynia Namib i Atakama, są obszarami deficytu wody.

Największy poziom odnawialnych zasobów wodnych (mierzonych rocznym odpływem z rzek) występuje w Azji i Ameryce Południowej, na które przypada łącznie niemal 60% wielkości odpływu rocznego rzek. W ujęciu państw świata najwięcej odnawialnych zasobów wodnych posiadają Brazylia, Rosja, Stany Zjednoczone, Kanada oraz Chiny. W przeliczeniu na osobę największymi zasobami wody charakteryzują się takie państwa, jak: Gujana Francuska, Gujana i Surinam, Islandia, Kongo oraz Papua Nowa Gwinea, a najmniejszymi: Kuwejt, Zjednoczone Emiraty Arabskie, Arabia Saudyjska i Libia – poniżej 100 m³/osobę/rok.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie FAO AQUASTAT

Ryc. IV.1.2. Wielkości odnawialnych zasobów wodnych według kontynentów (w km³/rok).



Ryc. IV.1.3. Obszary niedoboru wody na świecie.

Bilans wodny

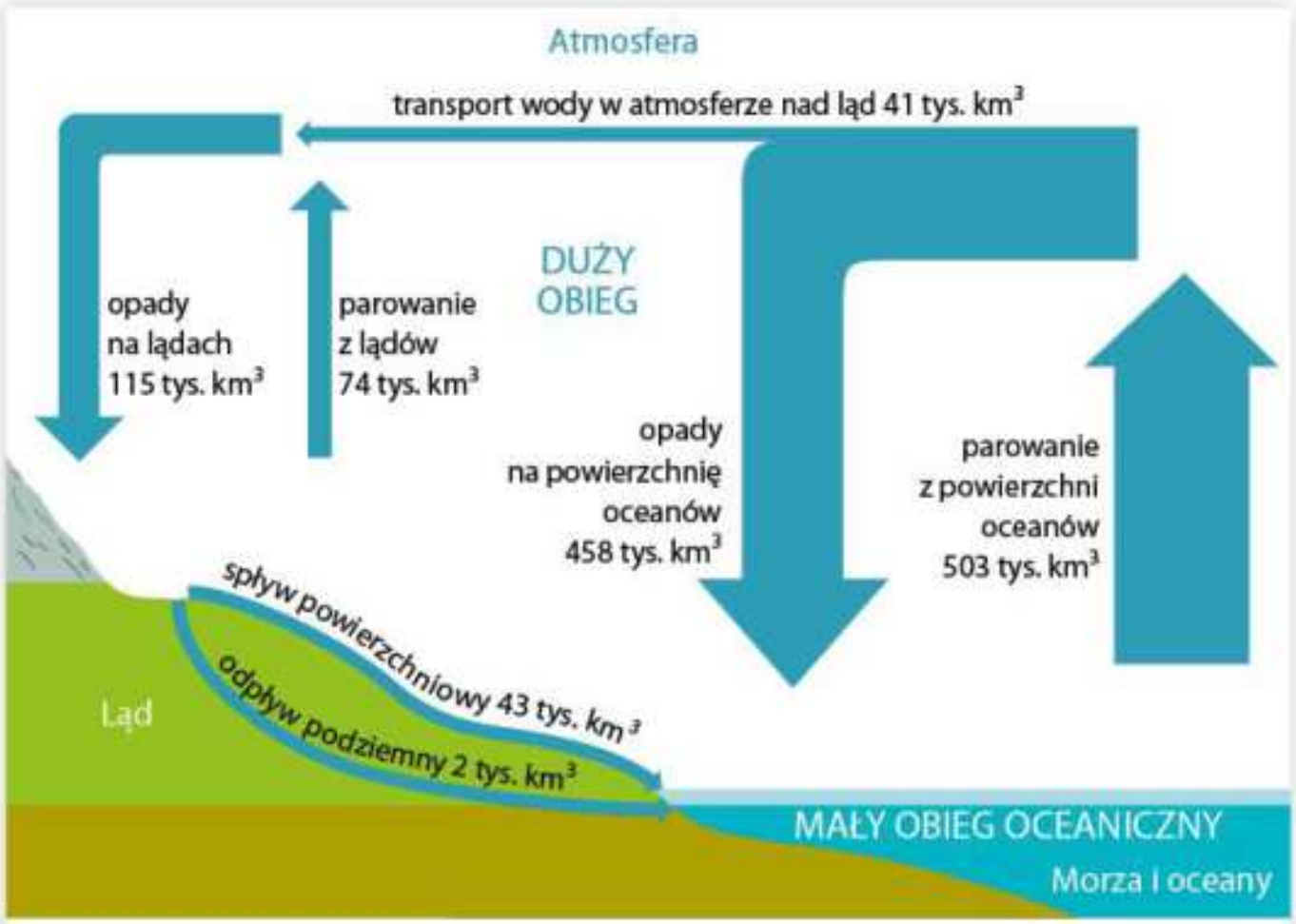
Wody krążące w przyrodzie pomiędzy atmosferą, litosferą, biosferą i pedosferą (warstwą gleb) biorą udział w **cyklu hydrologicznym**. Cykl ten można podzielić na mały obieg wody i duży obieg wody. **Mały obieg wody** obejmuje krążenie wody między oceanem i atmosferą lub lądem i atmosferą. Natomiast krążenie wody między lądem, oceanem i atmosferą (czyli z uwzględnieniem spływu powierzchniowego) to **duży obieg wody**. Część zasobów wodnych zostaje zatrzymana w obiegu na jakiś czas (np. w bagnach, jeziorach, lodowcach, warstwach skalnych czy zbiorowiskach roślinnych). Mówimy wówczas o **retencji** – czasowym zatrzymaniu wody w obiegu. W skali całej Ziemi suma opadów atmosferycznych (czyli przychodów wody) oraz suma wyparowania (rozchodów wody) jest równa zero. Jednak na mniejszym terytorium ta różnica może być większa lub mniejsza od zera (np. lądy otrzymują więcej wody w postaci opadów niż tracą w wyniku parowania, a więcej wody paruje z powierzchni oceanów niż lądów). Zestawienie przychodów i rozchodów wody można zapisać w postaci równania:

- **cykl hydrologiczny**
- **mały obieg wody**
- **duży obieg wody**
- **retencja**

$$P = H + E + \Delta R$$

gdzie:
P – wielkość opadów atmosferycznych na lądach
H – odpływ całkowity z lądów do oceanów
E – wielkość parowania z lądów
ΔR – różnica retencji

Powyższe zestawienie nazywamy **bilansem wodnym**.

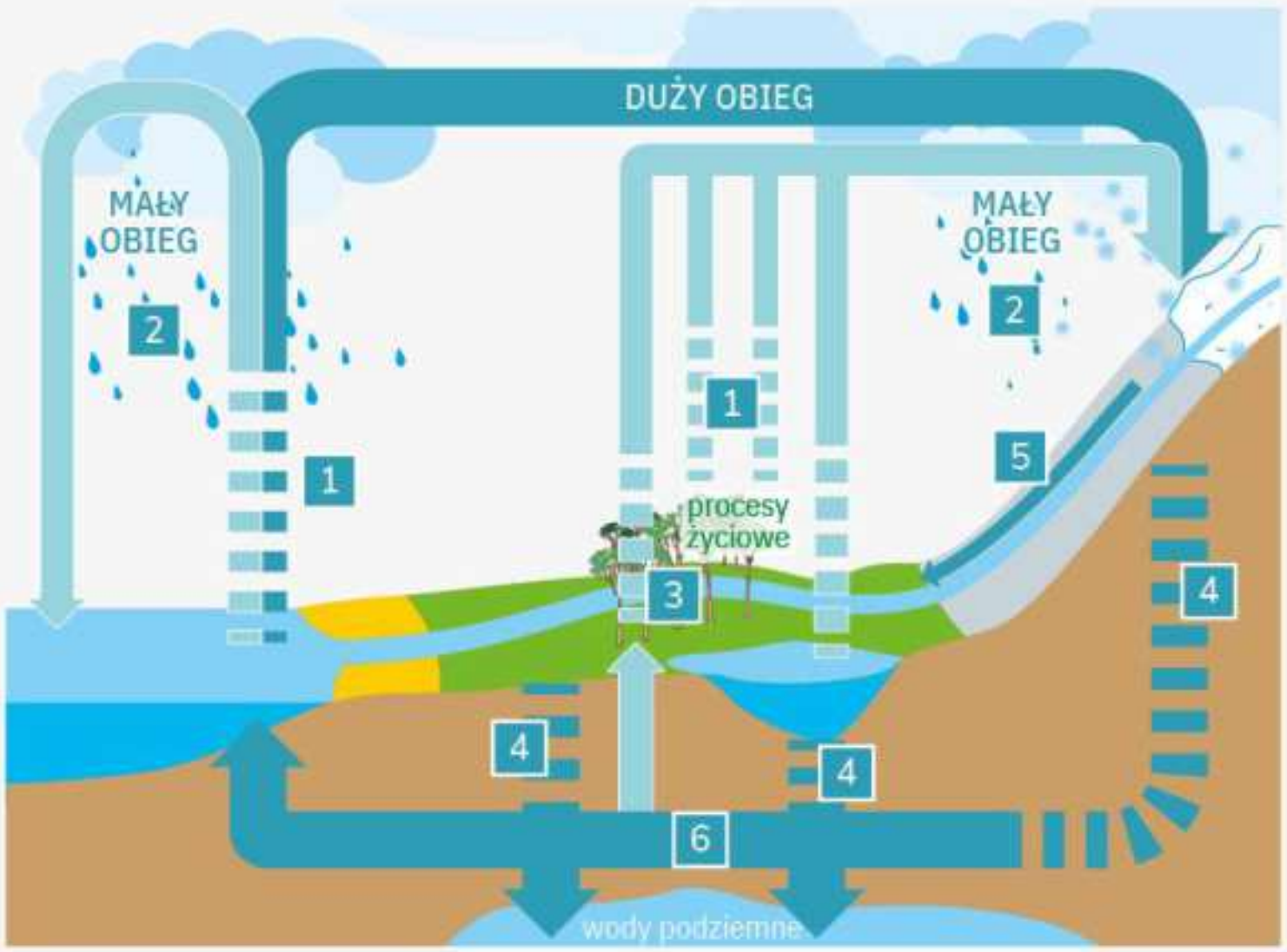


Ryc. IV.1.4. Zestawienie bilansu wodnego Ziemi.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij pojęcie „hydrosfera".
2. Podziel zasoby wodne na Ziemi.
3. Wymień elementy składające się na bilans wodny Ziemi.
4. Dowiedz się, jakie zasoby wodne występują w twojej okolicy.
   a) Jakie rzeki przepływają przez region, w którym mieszkasz?
   b) Czy te rzeki wpadają bezpośrednio do morza, czy uchodzą do innych rzek?
   c) Gdzie znajdują się źródła tych rzek?
   d) Czy w twoim regionie występują jeziora naturalne lub sztuczne?
   e) Gdzie znajdują się ujęcia wody pitnej dla twojego regionu?
   f) Czy występują tu tereny zabagnione i podmokłe?
   g) Ile wynosi średnia suma rocznych opadów w regionie?
5. Wymień dwa kontynenty o największych zasobach wodnych na Ziemi.
6. Wyjaśnij różnicę pomiędzy fizycznym a ekonomicznym niedoborem wody.
7. Na poniższym rysunku cyframi są zaznaczone poszczególne fazy obiegu wody w przyrodzie. Przyporządkuj podane niżej nazwy faz do odpowiadających im miejsc na rysunku.

parowanie, wsiąkanie, transpiracja, opady, spływ powierzchniowy, spływ podziemny, retencja



PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Hydrosfera** to wodna powłoka Ziemi, która przenika atmosferę i litosferę. s. 214
- **Zasoby wodne hydrosfery** dzielą się na: s. 214
  - wody mórz i oceanów (96,5%),
  - lądowe wody powierzchniowe (2,3%):
    - lodowce,
    - stała pokrywa śnieżna,
    - jeziora,
    - bagna,
    - rzeki,
  - wody podziemne (1,2%),
  - wody atmosferyczne (0,001%).
- Większość **zasobów wody słodkiej** na Ziemi jest zgromadzona w lodowcach Antarktydy, Arktyki i Grenlandii. Największe **zasoby wód podziemnych** znajdują się w Azji i Afryce. Afryka i Azja mają również największe **zasoby lądowych wód powierzchniowych** (rzeki, jeziora, bagna). s. 214
- Wody krążące w przyrodzie między atmosferą, litosferą, biosferą i pedosferą (warstwą gleb) biorą udział w **cyklu hydrologicznym**, który dzieli się na mały i duży obieg wody. s. 217
- **Mały obieg wody** obejmuje krążenie wody między oceanem i atmosferą lub lądem i atmosferą. Natomiast krążenie wody między lądem, oceanem i atmosferą (czyli z uwzględnieniem spływu powierzchniowego) nazywa się **dużym obiegiem wody**. s. 217
- **Retencja** to czasowe zatrzymanie wody w obiegu. s. 217

2. Oceany i morza

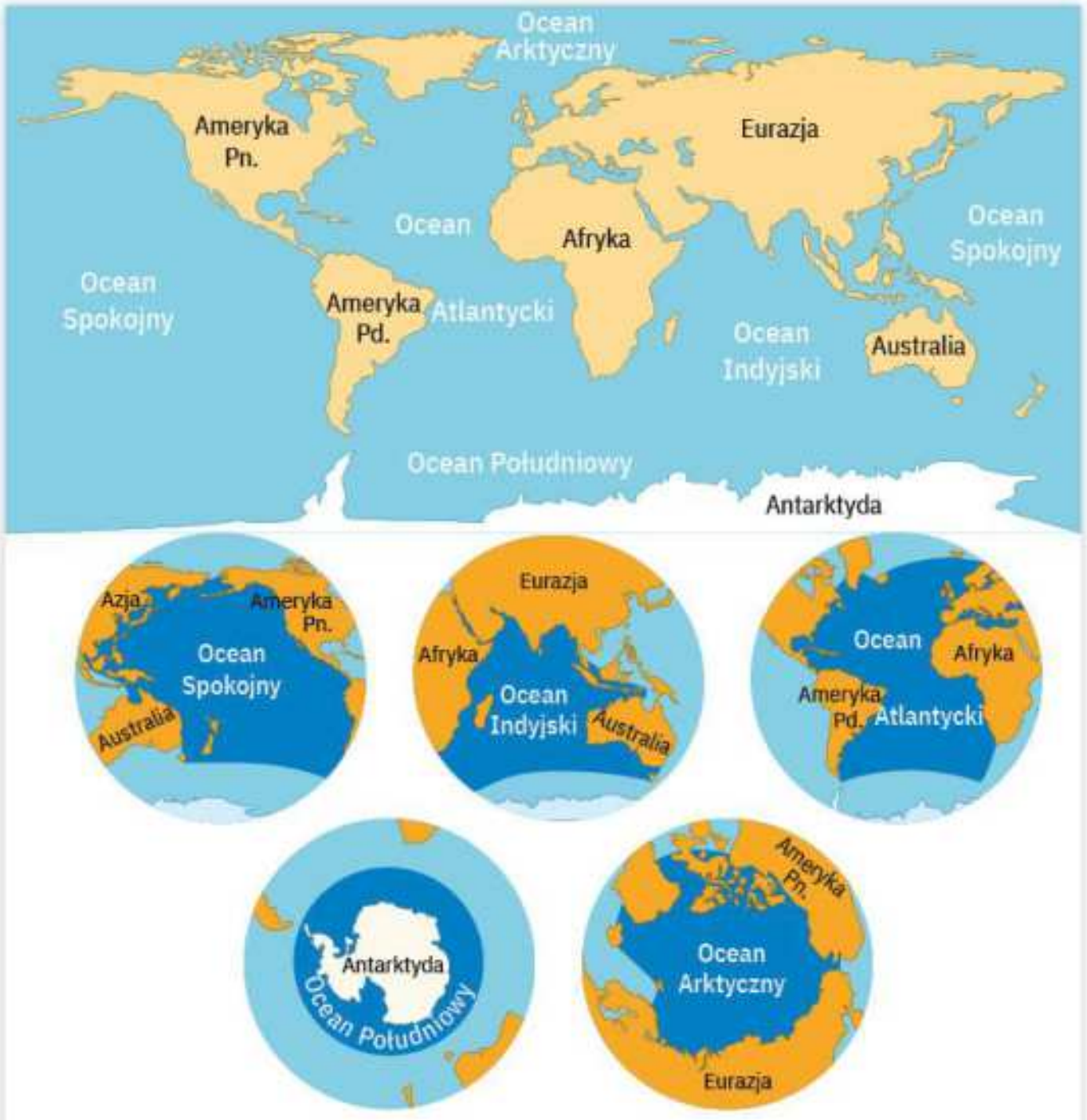
NA TEJ LEKCJI:

- nauczysz się wymieniać cechy fizykochemiczne wód morskich (temperatura, zasolenie) oraz problemy związane z ich zanieczyszczeniem;
- poznasz mechanizm falowania wód morskich i upwellingu.

podział wszechoceanu

Podział wszechoceanu

Wszystkie wody słone wchodzące w skład hydrosfery określa się jako wszechocean. Obecnie wyróżnia się pięć oceanów: Spokojny (Pacyfik), Atlantycki (Atlantyk), Indyjski, Arktyczny oraz Południowy.



Ryc. IV.2.1. Oceany.

Największym oceanem na Ziemi jest **Ocean Spokojny**. Znajduje się w nim największa głębina – Rów Mariański. Ocean Arktyczny dawniej był nazywany Morzem Arktycznym lub Oceanem Lodowatym Północnym i zaliczano go do Oceanu Atlantyckiego. Ocean Południowy został uznany przez Międzynarodową Organizację Hydrograficzną w 2000 roku. Rozciąga się on od wybrzeży Antarktydy po równoleżnik 60°S.

◂ **Ocean Spokojny**

Tab. IV.2.1. Wybrane cechy oceanów

Parametry	Ocean Spokojny	Ocean Atlantycki	Ocean Indyjski	Ocean Arktyczny	Ocean Południowy
Powierzchnia	155,6 mln km²	76,8 mln km²	68,6 mln km²	14,1 mln km²	20,3 mln km²
Długość wybrzeża	135 663 km	111 866 km	66 526 km	45 389 km	17 968 km
Średnia głębokość	3 970 m	3 646 m	3 741 m	1 205 m	3270 m
Maksymalna głębokość	10 924 m	8 605 m	7 258 m	5 607 m	7 235 m

Na podstawie: The World Factbook, www.cia.gov

Morze to naturalny zbiornik wodny będący częścią oceanu i oddzielony od niego cieśniną, wyspami bądź wyniesieniem dna. **Ze względu na położenie rozróżniamy morza** otwarte, przybrzeżne, międzywyspowe, międzykontynentalne oraz wewnątrzkontynentalne.

◂ **morze**
◂ **podział mórz**

Tab. IV.2.2. Podział mórz

Rodzaj zbiornika morskiego	Opis	Przykład morza
otwarte	o szerokim połączeniu z oceanem, może być oddzielone wyniesieniem dna	Północne, Norweskie, Arabskie
przybrzeżne	oddzielone od oceanu łańcuchem wysp lub półwyspami	Karskie, Japońskie, Wschodniochińskie, Południowochińskie, Andamańskie





Rodzaj zbiornika morskiego	Opis	Przykład morza
międzywyspowe	położone w obrębie archipelagu wysp	Jawajskie, Sulu, Celebes
śródziemne międzykontynentalne	położone pomiędzy dwoma kontynentami, połączone z oceanem wąskimi cieśninami	Śródziemne, Czerwone, Karaibskie, Czarne
śródziemne wewnątrzkontynentalne	położone w obrębie jednego kontynentu, połączone z oceanem wąskimi cieśninami	Bałtyckie, Białe







Niektóre morza są połączone cieśninami z otwartą częścią oceanu lub z innymi morzami. Cieśnina to zwężenie obszaru wodnego łączącego dwa akweny wodne i rozgraniczające obszary lądowe. Przykładowo: Cieśnina Gibraltarska łączy Morze Śródziemne z Oceanem Atlantyckim, zespół cieśnin Skagerrak i Kattegat łączy Morze Bałtyckie z Morzem Północnym, Bosfor łączy Morze Czarne z Morzem Marmara, w Azji Ormuz łączy Zatokę Perską z Zatoką Omańską (część Morza Arabskiego), a Malakka w południowo-wschodniej części kontynentu stanowi granicę między Oceanem Indyjskim a Oceanem Spokojnym. Cieśnina Malakka jest najdłuższą cieśniną na świecie – mierzy 937 km – i stanowi ważny szlak tranzytowy dla statków przewożących towary z Azji Wschodniej (m.in. z Chin, Japonii i Korei Południowej).

Zasolenie wód wszechoceanu

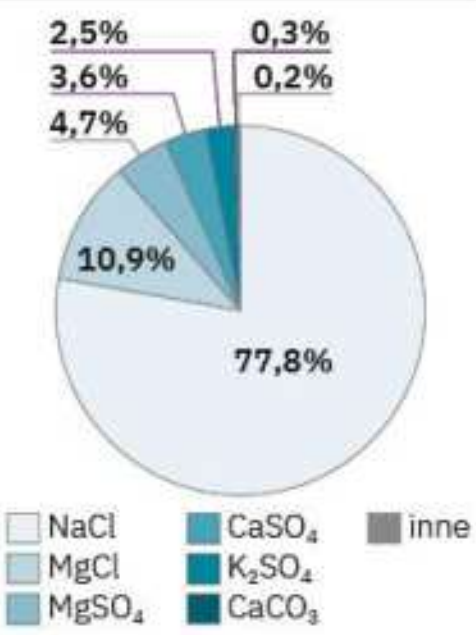
składniki wody morskiej

Podstawowymi składnikami wody morskiej są tlen i wodór (budujące cząsteczki wody) oraz sole, czyli rozpuszczone w wodzie związki chemiczne. Największą część soli w wodzie oceanicznej stanowią: chlorek sodu (NaCl) – prawie 80%, oraz chlorek magnezu ($MgCl_2$) – 11% (**ryc. IV.2.2.**).

Stężenie soli w 1 kg wody nazywamy zasoleniem. W oceanach średnie stężenie soli wynosi 35 g/1 kg wody (35‰). **Na wysokość zasolenia wpływają następujące czynniki:**

czynniki wpływające na zasolenie

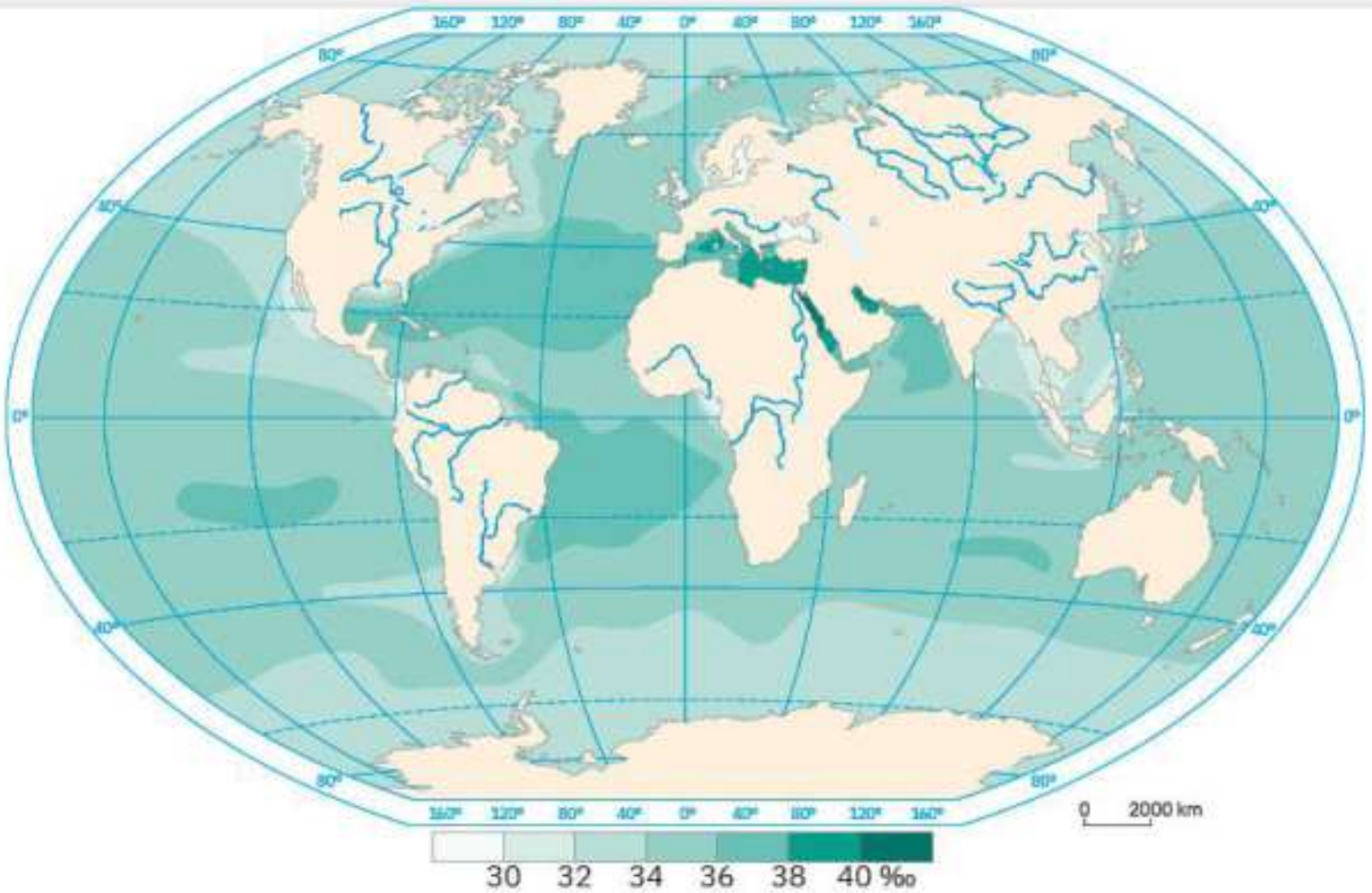
- intensywność parowania,
- dopływ słodkiej wody z rzek,
- wymiana wód z sąsiednimi morzami,
- topnienie śniegu i lodowców,
- ilość opadów atmosferycznych.



Ryc. IV.2.2. Zawartość soli w wodzie morskiej.

Zasolenie otwartych mórz i oceanów różni się w zależności od szerokości geograficznej. W strefie równikowej ze względu na codzienne deszcze zenitalne wynosi około 34‰, a w strefie zwrotnikowej wskutek intensywnego parowania zwiększa się do 36‰, następnie maleje w kierunku szerokości okołobiegunowych do 30‰, ponieważ występuje tu małe parowanie i większy dopływ wód słodkich, także z topniejących śniegów i lodowców. Dużo większe różnice występują w morzach półzamkniętych o małej wymianie wód z oceanem. Na przykład zasolenie Morza Bałtyckiego ze względu na dopływ rzek i wąskie cieśniny utrudniające wymianę wód z Morzem Północnym wynosi średnio 7–8‰. Z kolei zasolenie Morza Śródziemnego wynosi 38‰, Czerwonego – 46‰ i Zatoki Perskiej –

zasolenie mórz i oceanów



Ryc. IV.2.3. Zasolenie wód powierzchniowych.

35–60‰. Tak duży poziom zasolenia wynika z dużej intensywności parowania w tej strefie klimatycznej, niewielkiego dopływu wód słodkich oraz braku sezonowego dopływu wód z topniejących śniegów, ale także z powodu utrudnionej wymiany wód z oceanem.

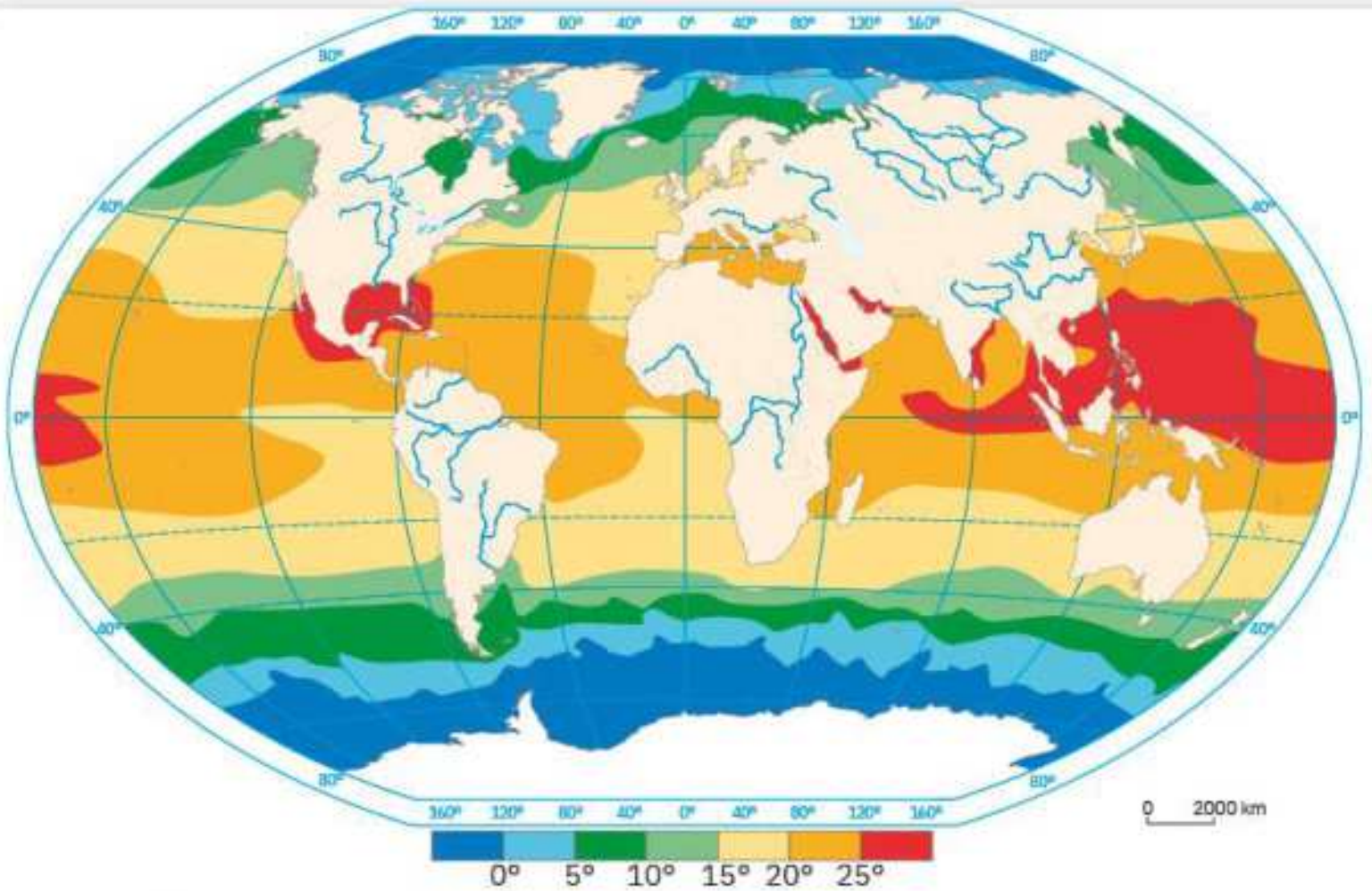
temperatura wód powierzchniowych

Zróżnicowanie temperatury wód oceanicznych

Temperatura wód powierzchniowych wszechoceanu zależy od:

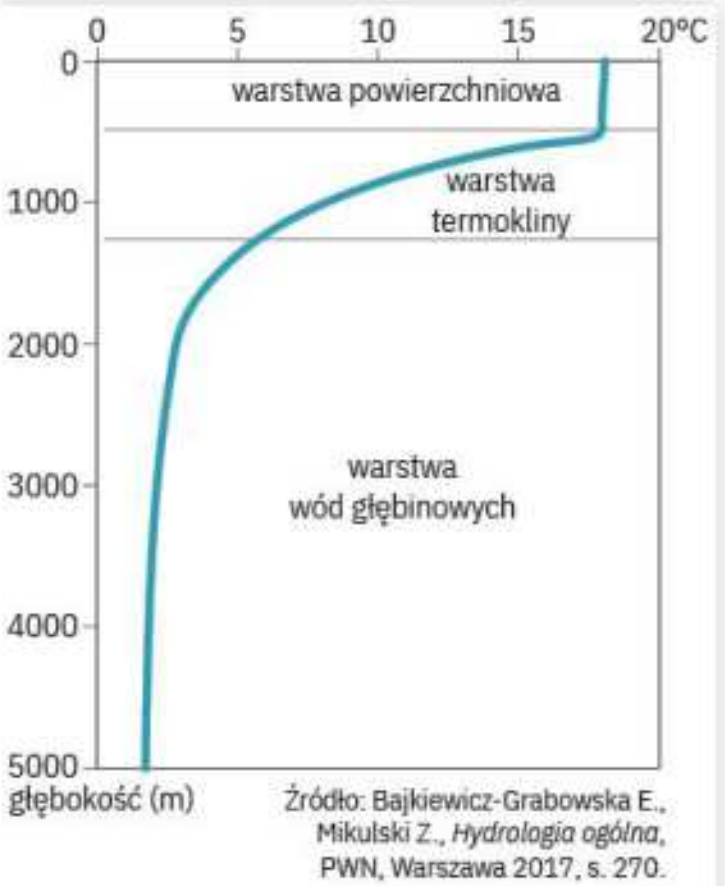
- ilości promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni oceanów,
- temperatury wód lądowych zasilających morza i oceany,
- ciepła opadów atmosferycznych (np. gdy temperatura opadów jest wyższa niż powierzchnia wody),
- ciepła wymiany wód (np. rozmieszczenia ciepłych i zimnych prądów morskich),
- izolacji akwenu morskiego.

Średnia roczna temperatura wody w powierzchniowej warstwie oceanów wynosi 17,4°C, na półkuli północnej osiąga 19,2°C, a na południowej ma 16°C. Wody powierzchniowe oceanów mają o ok. 3°C wyższą średnią roczną temperaturę niż lądy. Temperatura powierzchniowa oceanów wpływa łagodząco na klimat. W niskich szerokościach geograficznych chłodniejsze powietrze znad oceanów przemieszcza się nad kontynenty, a w wysokich szerokościach cieplejsze powietrze nadciąga w kierunku lądów. Najcieplejszym oceanem jest Ocean Spokojny (**ryc. IV.2.4.**). Średnia roczna temperatura wód powierzchniowych maleje wraz ze wzrostem szerokości geograficznej – od powyżej 25°C na równiku do ok. –2°C w strefie okołobiegunowej.



Ryc. IV.2.4. Średnia roczna temperatura powierzchniowych wód oceanicznych.

Ujemna temperatura wody jest efektem jej zasolenia. Układ ten zaburzają prądy morskie. Temperatura wód oceanicznych zmniejsza się wraz z głębokością z wyjątkiem wód arktycznych. W pionowym rozkładzie temperatury wód oceanów do 400 m zmiany temperatury zależne są od wpływów zewnętrznych. Na głębokości 400–1200 m p.p.m. obserwuje się spadek temperatury wody z głębokością do ok. 5°C (warstwa termokliny). Poniżej 1200 m głębokości warstwa temperatury jest prawie stała i waha się od 0 do 5°C.



Źródło: Bajkiewicz-Grabowska E., Mikulski Z., *Hydrologia ogólna*, PWN, Warszawa 2017, s. 270.

Ryc. IV.2.5. Pionowy rozkład temperatury wody w oceanie.

Falowanie wody morskiej

Woda morska znajduje się **w nieustannym ruchu**. Na ruch cząsteczek wody wpływają różne czynniki:
- wiatry wiejące w dolnej warstwie troposfery,
- siła grawitacyjna Słońca i Księżyca,
- ruch obrotowy Ziemi i siła Coriolisa,
- zróżnicowanie temperatury i zasolenia wody,
- podmorskie trzęsienia ziemi i wybuchy wulkanów,
- podmorskie osuwiska.

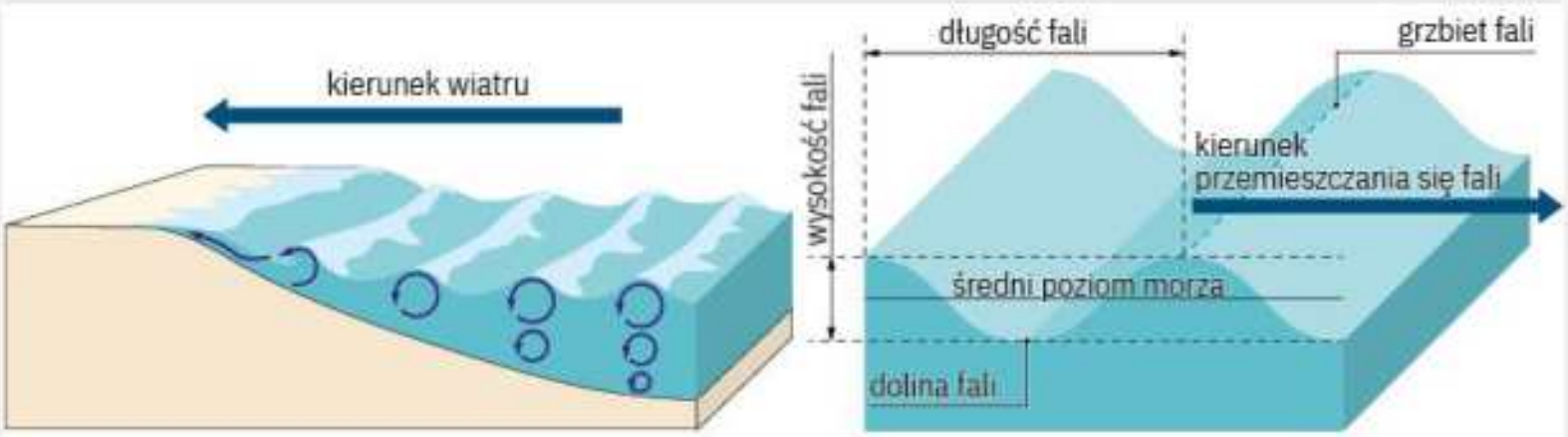
Do głównych ruchów wód oceanu zalicza się:
- falowanie,
- upwelling,
- pływy morskie (patrz dział II),
- prądy morskie,
- sejsze,
- tsunami.

Falowanie wody morskiej najczęściej jest wywoływane tarciem wiatru o powierzchnię wody. Podczas falowania cząsteczki wody na powierzchni wykonują ruch po zamkniętych orbitach kołowych lub eliptycznych. Ruch ten jest przekazywany na cząsteczki znajdujące się coraz głębiej, ale w miarę rozprzestrzeniania się fali w głąb, średnice orbit się zmniejszają.

Wyróżnia się następujące parametry fali:
- wysokość fali (H), czyli odległość między doliną fali a jej grzbietem,
- długość fali (L), czyli odległość między grzbietami fali,
- prędkość rozprzestrzeniania się fali, czyli odległość, którą pokonuje dany punkt fali w określonym czasie,
- okres fali, czyli czas, jaki mija między kolejnymi kulminacjami fali.

Przy zbliżaniu się do brzegu fala ulega deformacji, jej prędkość i długość się zmniejszają wskutek tarcia cząsteczek o dno, natomiast wzrasta wysokość fali i staje się ona bardziej stroma. Następnie fala ulega załamaniu, tworząc spienione grzywy (grzywacze) i uderza o brzeg (fala przybojowa).

ruch cząsteczek wody

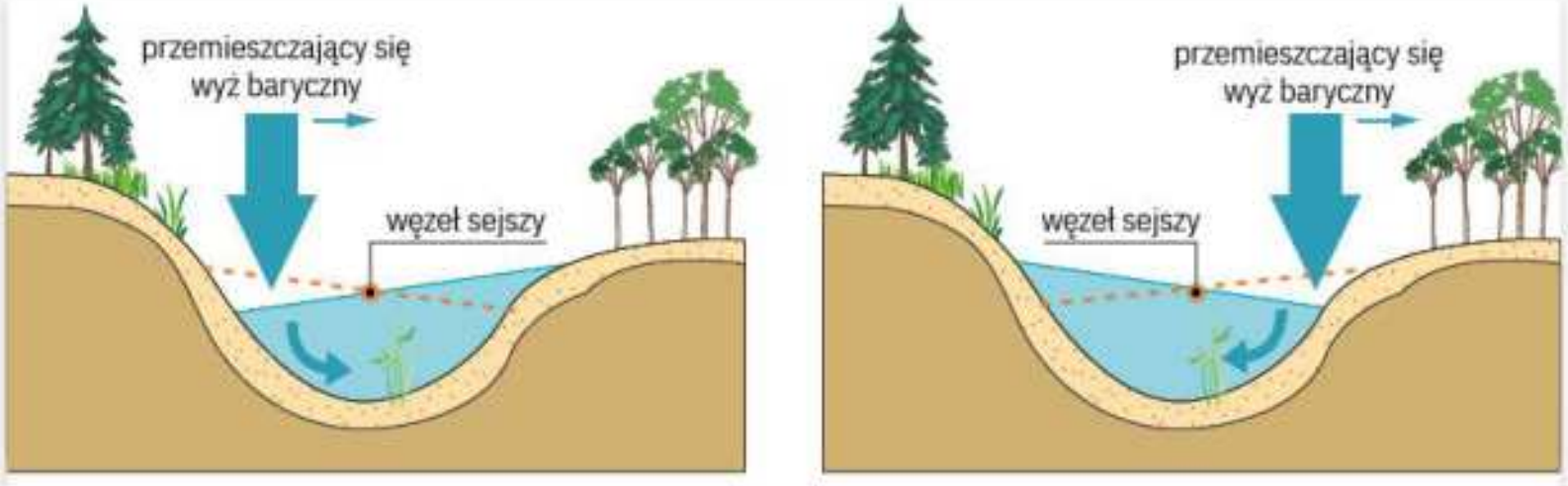


Ryc. IV.2.6. Elementy fali i ruch cząstek wody w czasie falowania.

sejsze

Sejsze

Sejsze to zjawisko kołysania się powierzchni jeziora lub półzamkniętego morza wskutek przemieszczania się dwóch różnych ośrodków ciśnienia atmosferycznego (wyżów i niżów). Układ wysokiego ciśnienia powoduje powstanie nacisku na taflę wody i ugięcie jej, natomiast ośrodek niskiego ciśnienia sprawia, że powierzchnia jeziora nieznaczne się podnosi (wahania poziomu wody nie przekraczają 2 m). Sejsza to fala stojąca, w której występuje ruch wahadłowy cząsteczek, bez ruchu postępowego.



Ryc. IV.2.7. Schemat powstawania sejszy.

tsunami

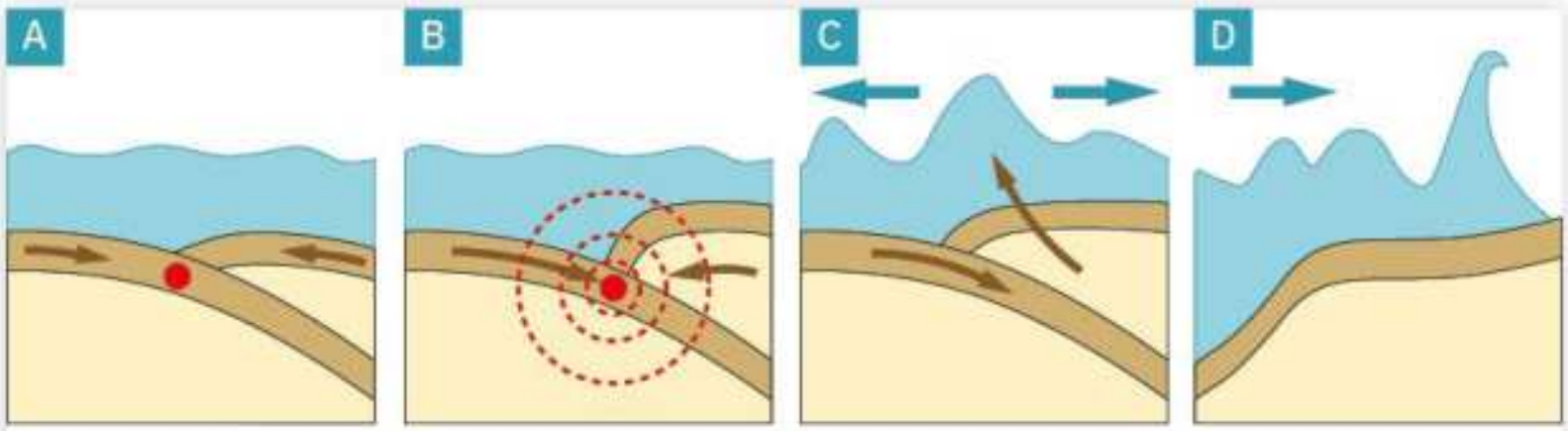
Tsunami

Zjawisko tsunami polega na powstaniu fali oceanicznej w wyniku podwodnego trzęsienia ziemi, podmorskiego wybuchu wulkanu lub podmorskiego osuwiska. Fala taka rozchodzi się pierścieniowo od miejsca jej wzbudzenia z prędkością dochodzącą nawet do 900 km/h. Na oceanie wyso-



Ryc. IV.2.8. Schemat rozchodzenia się tsunami.

kość fali jest stosunkowo niewielka – ok. 1 m, ale u wybrzeży może dochodzić do kilkudziesięciu metrów. W 2004 r. w wyniku podmorskiego trzęsienia ziemi powstała fala tsunami o wysokości 15 m, która w południowo-wschodniej Azji spowodowała śmierć 200 tysięcy ludzi. Największe zniszczenia to tsunami wywołało u wybrzeży Tajlandii, Indii, Sri Lanki, Indonezji oraz w archipelagu Andamanów i Nikobarów na Oceanie Indyjskim.



Ryc. IV.2.9. Schemat rozwoju tsunami.

A. hipocentrum trzęsienia ziemi w miejscu kontaktu płyt litosfery
B. moment dochodzenia fal sejsmicznych do powierzchni dna morskiego (epicentrum trzęsienia ziemi)
C. rozchodzenie się fali tsunami we wszystkich kierunkach od epicentrum
D. spiętrzenie fali tsunami u wybrzeża

Pionowe ruchy wody morskiej (mechanizm upwellingu)

pionowe ruchy wody

Woda morska porusza się w kierunku poziomym lub pionowym. Pionowe ruchy wody morskiej mogą być wstępujące (w kierunku powierzchni oceanów) lub zstępujące (w kierunku głębin). Prądy wstępujące określa się mianem **upwellingu**, a zstępujące – **downwellingu**.

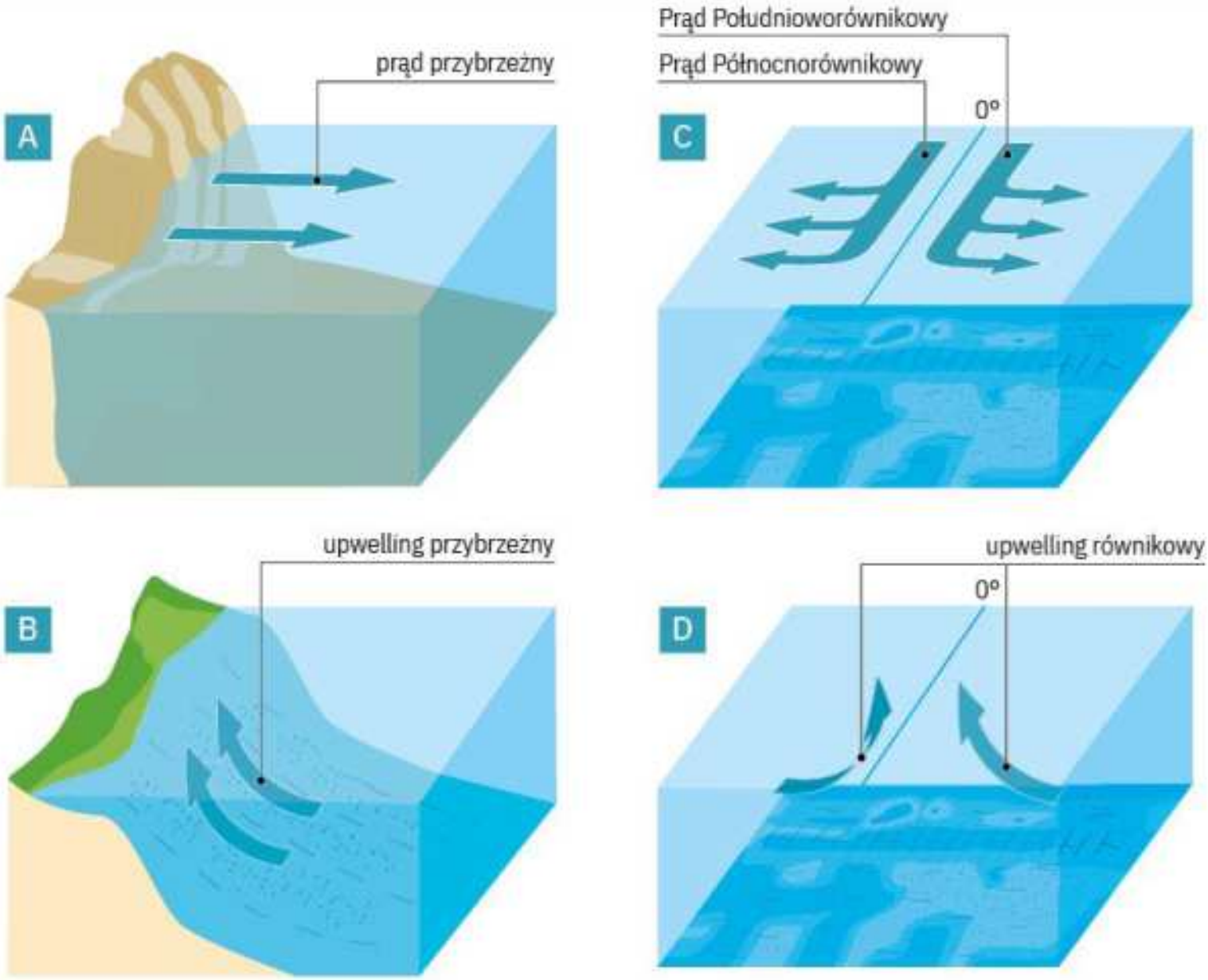
upwelling i downwelling

Do przyczyn powstawania upwellingu zalicza się:

- odsuwanie powierzchniowych warstw wody od wybrzeży przez wiatry wiejące wzdłuż wybrzeży (**upwelling przybrzeżny**);
- rozbieżność prądów morskich wskutek wiejących pasatów (**upwelling równikowy**).

W miejsce odpływu wód powierzchniowych napływają wody z głębszych warstw oceanu. Wody głębinowe jako chłodniejsze są bardziej utlenione i po wypłynięciu na powierzchnię oceanu odznaczają się bardzo dużą produktywnością biologiczną i zwiększają żyzność wód.

Prądy zstępujące (downwelling) występują głównie w wyższych szerokościach geograficznych, gdzie w strefie zbieżności prądów morskich chłodne wody ze strefy okołobiegunowej „zapadają się" pod lżejsze ciepłe wody pochodzące z niższych szerokości i przemieszczają się w stronę równika jako prądy głębinowe.



Ryc. IV.2.10. Mechanizm powstawania upwellingu (A, B – upwelling przybrzeżny, C, D – upwelling równikowy).

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Przerysuj tabelę do zeszytu i uzupełnij ją nazwami odpowiednich mórz należących do poszczególnych oceanów. Skorzystaj z atlasu.

Ocean Spokojny	Ocean Atlantycki	Ocean Indyjski	Ocean Arktyczny	Ocean Południowy

2. Na podstawie mapy w atlasie wymień przykłady innych mórz (niż w treści podręcznika) otwartych, przybrzeżnych, międzywyspowych, międzykontynentalnych i wewnątrzkontynentalnych.
3. Przeanalizuj mapę zasolenia oceanów (ryc.IV.2.3.) i średniej rocznej temperatury wód powierzchniowych oceanów (ryc.IV.2.4). Wskaż i wyjaśnij zależności pomiędzy temperaturą a zasoleniem oceanów.
4. Wyjaśnij zjawisko upwellingu i downwellingu.

5. Na podstawie mapy (**ryc. IV.2.3.**) sformułuj dwie prawidłowości dotyczące zróżnicowania zasolenia wód oceanicznych.

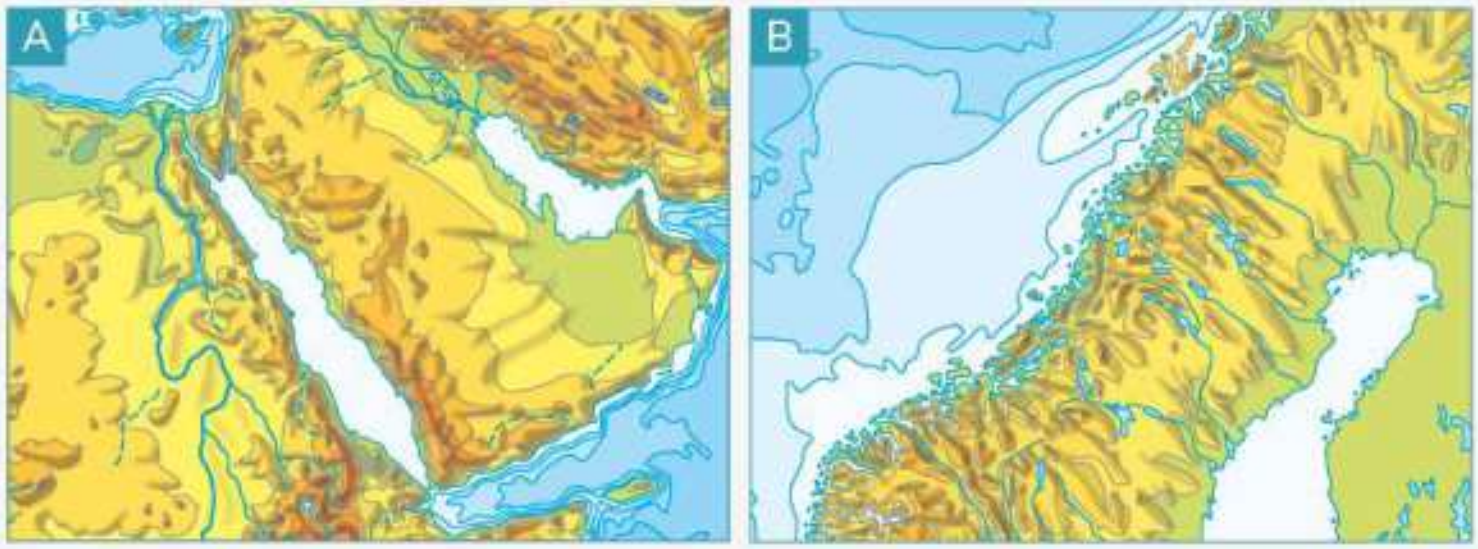
6. Przyporządkuj typy mórz i ich nazwy do akwenów morskich przedstawionych na mapach. Wybierz z podanych poniżej.

Typy mórz:

otwarte, przybrzeżne, śródziemne międzykontynentalne, śródziemne wewnątrzkontynentalne, międzywyspowe

Nazwy mórz:

Południowochińskie, Jawajskie, Karskie, Norweskie, Czarne, Karaibskie, Arabskie



PODSUMOWANIE LEKCJI

- Na Ziemi znajduje się **pięć oceanów**:
  - Spokojny (Pacyfik),
  - Atlantycki (Atlantyk),
  - Indyjski,
  - Arktyczny,
  - Południowy.

s. 220

s. 221 ▸ • **Największym oceanem na Ziemi** jest **Ocean Spokojny** i ma on jednocześnie największą głębinę (Rów Mariański).

s. 221 ▸ • **Morze** to naturalny zbiornik wodny będący częścią oceanu i oddzielony od niego cieśniną, wyspami bądź wyniesieniem dna.

s. 221 ▸ • Ze względu na położenie **rozróżniamy morza**:
– otwarte,
– przybrzeżne,
– międzywyspowe,
– śródziemne międzykontynentalne,
– śródziemne wewnątrzkontynentalne.

s. 222 ▸ • Podstawowymi **składnikami wody morskiej** są tlen i wodór (tworzące cząsteczki wody) oraz sole, wśród których najwięcej jest chlorku sodu (NaCl) i chlorku magnezu ($MgCl_2$).

s. 223 ▸ • **Czynniki wpływające na zasolenie** to:
– intensywność parowania,
– dopływ słodkiej wody z rzek,
– wymiana wód z sąsiednimi morzami,
– topnienie śniegów i lodowców,
– ilość opadów atmosferycznych.

s. 223 ▸ • **Zasolenie otwartych mórz i oceanów** różni się w zależności od szerokości geograficznej. W strefie równikowej wynosi ok. 34‰, w strefie zwrotnikowej zwiększa się do 36‰, następnie maleje w kierunku szerokości okołobiegunowych do 30‰.

s. 224 ▸ • **Temperatura wód powierzchniowych** wszechoceanu zależy od:
– ilości promieniowania słonecznego,
– temperatury wód lądowych zasilających morza i oceany,
– ciepła opadów atmosferycznych,
– ciepła wymiany wód,
– izolacji akwenu morskiego.

s. 225 ▸ • Na **ruch cząsteczek wody** wpływ mają następujące czynniki:
– wiatry wiejące w dolnej warstwie troposfery,
– siła grawitacyjna Słońca i Księżyca,
– ruch obrotowy Ziemi i siła Coriolisa,
– zróżnicowanie temperatury i zasolenia wody,
– podmorskie trzęsienia ziemi i wybuchy wulkanów,
– podmorskie osuwiska.

Do głównych ruchów wód oceanu zaliczamy:
– falowanie,
– upwelling,
– pływy morskie,
– sejsze,
– tsunami,
– prądy morskie.

- **Sejsze** to zjawisko kołysania się powierzchni jeziora lub półzamkniętego morza wskutek przemieszczania się dwóch różnych ośrodków ciśnienia atmosferycznego (wyżów i niżów). s. 226
- **Tsunami** to zjawisko polegające na powstaniu fali oceanicznej w wyniku podwodnego trzęsienia ziemi, podmorskiego wybuchu wulkanu lub podmorskiego osuwiska. s. 226
- **Pionowe ruchy wody** morskiej mogą być wstępujące (w kierunku powierzchni oceanów) lub zstępujące (w kierunku głębin). Prądy wstępujące określamy mianem upwellingu, a zstępujące – downwellingu. s. 227

3. Prądy morskie: przyczyny powstawania i ich rodzaje

NA TEJ LEKCJI:

- nauczysz się wyjaśniać mechanizm powstawania i układ powierzchniowych prądów morskich;
- poznasz wpływ prądów morskich na życie i gospodarkę człowieka.

Prądy morskie to poziome ruchy wody w oceanach powodujące przenoszenie wód oceanicznych na znaczne odległości, przez co wpływają na ogólną cyrkulację wód w oceanie. Wyróżnia się prądy morskie ciepłe o cieplejszych wodach od wód je otaczających oraz prądy morskie zimne o wodach zimniejszych od wód je otaczających.

prądy morskie



powstawanie prądów morskich

Ryc. IV.3.1. Przyczyny powstawania prądów morskich.

Wpływ prądów morskich na życie i gospodarkę człowieka

konsekwencje występowania prądów morskich

Prądy morskie są ważnym czynnikiem klimatotwórczym. Ciepłe prądy morskie zwiększają średnią temperaturę powietrza oraz ilość opadów atmosferycznych. Natomiast zimne prądy morskie przyczyniają się do spadku temperatury powietrza i zmniejszenia ilości opadów. **Prąd Zatokowy (Golfsztrom)** ma swój początek u południowo-wschodnich wybrzeży Stanów Zjednoczonych. Wraz ze swoimi odnogami – Prądem Północnoatlantyckim i Prądem Norweskim – niesie ciepłe wody z szerokości zwrot-

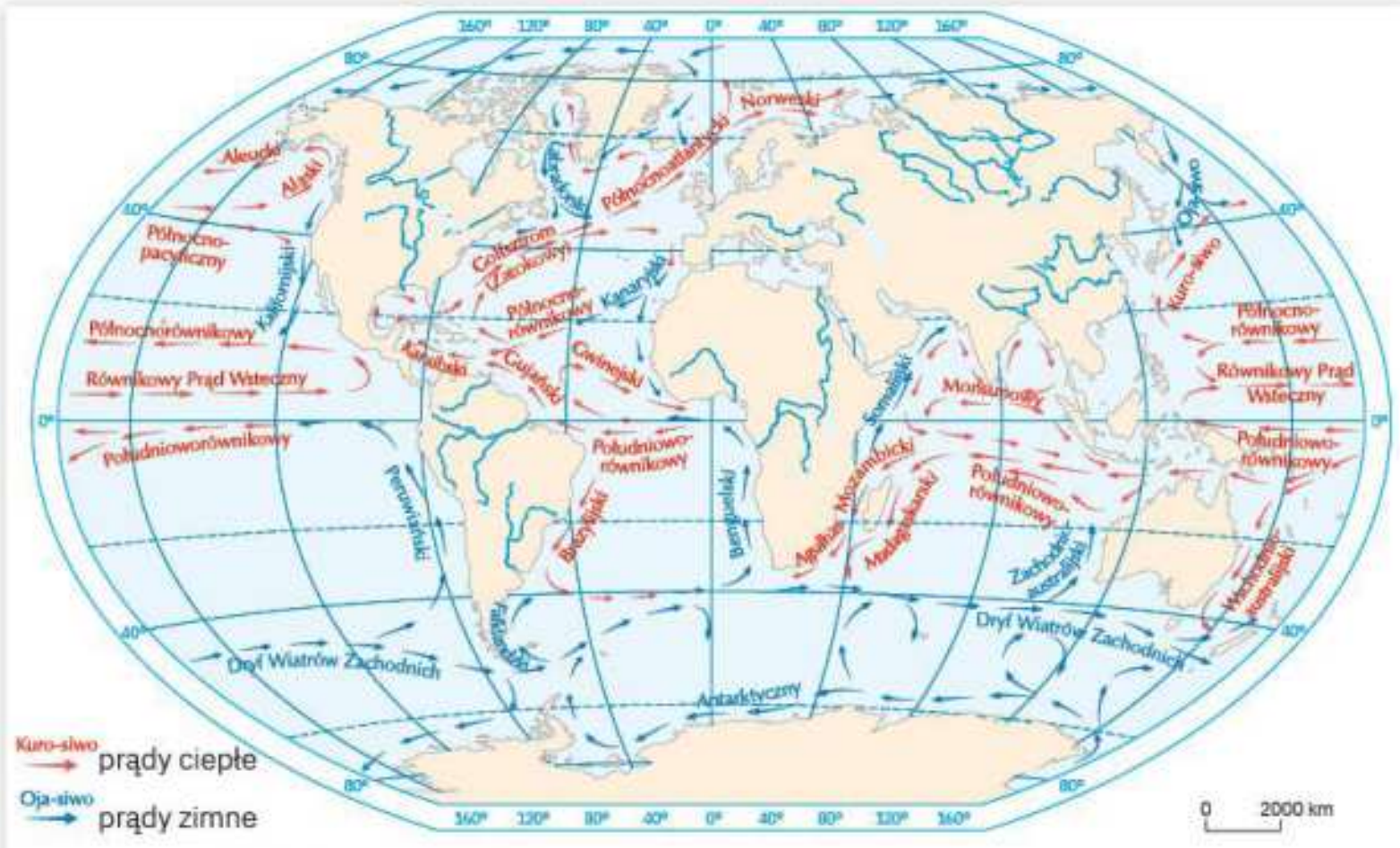
Prąd Zatokowy

nikowych, przez co ociepla północno-zachodnie wybrzeża Europy. Dlatego średnia temperatura roczna w Bergen (Norwegia) położonym na szerokości geograficznej 60°N wynosi 7,5°C i nie schodzi poniżej 0° w żadnym miesiącu w roku. Położone na tej samej szerokości geograficznej Helsinki mają średnią roczną temperaturę o 3° niższą, a w północnej części półwyspu Labrador (Kanada) ochładzanego przez zimny Prąd Labradorski średnioroczna temperatura wynosi –6,5°C (szerokości także 60°N). Różnice występują również w sumie rocznych opadów (w Bergen 2000 mm, w Helsinkach i na półwyspie Labrador – 600–700 mm). Dzięki ocieplającemu wpływowi Prądu Norweskiego port w Murmańsku w Rosji położonym za kołem podbiegunowym nie zamarza w zimie. Zimne prądy morskie w szerokościach okołozwrotnikowych powodują powstawanie pustyń (np. pustynia Namib w strefie oddziaływania Prądu Benguelskiego czy pustynia Atacama pod wpływem Prądu Peruwiańskiego). W strefie kontaktu prądów zimnych zasobnych w tlen oraz prądów ciepłych zasobnych w składniki pokarmowe występują najlepsze warunki do rozwoju planktonu. W związku z tym obszary mieszania się wód zimnych i ciepłych są bogatymi łowiskami ryb.

krążenie prądów morskich

Krążenie prądów morskich w oceanach

W szerokościach międzyzwrotnikowych prądy morskie naśladują układ krążenia powietrza. Pod wpływem pasatów w ich strefie zbieżności płyną ze wschodu na zachód po obu stronach równika dwa potężne prądy morskie ciepłe – **Prąd Północnorównikowy** i **Prąd Południoworównikowy**. W pobliżu zachodnich wybrzeży oceanu skręcają one w kierunku wyższych szerokości geograficznych. Następnie na wysokości szerokości 45° zawracają i płyną w stronę wschodnich wybrzeży. Tam rozdzielają się na dwa ramiona – jedno kieruje się w stronę równika i zamyka obieg, a drugie odchyla się w stro-



Ryc. IV.3.2. Układ prądów morskich.

nę bieguna. Między Prądem Północnorównikowym i Prądem Południoworównikowym występuje **Równikowy Prąd Wsteczny**, który niesie wody w kierunku wschodnim, a przez to wyrównuje różny poziom wód powstały w wyniku przenoszenia olbrzymich mas wody oceanicznej w strefie okołorównikowej. Nieco inna sytuacja panuje na Oceanie Indyjskim, gdzie z powodu monsunów prądy morskie okresowo zmieniają swój kierunek (między latem a zimą). W umiarkowanych szerokościach geograficznych układ prądów morskich na półkuli południowej różni się od schematu cyrkulacji na półkuli północnej ze względu na rozmieszczenie lądów. Ponieważ na półkuli południowej udział lądów jest mniejszy i oceany łączą się szeroko ze sobą, przeważające tu wiatry zachodnie przyczyniają się do powstania potężnego prądu morskiego opływającego Ziemię z zachodu na wschód (**Prąd Wiatrów Zachodnich** zwany także Antarktycznym Prądem Okołobiegunowym).

◂ Prąd Wiatrów Zachodnich

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Przerysuj do zeszytu tabelę i uzupełnij ją nazwami ciepłych i zimnych prądów morskich. Skorzystaj z mapy przedstawiającej rozmieszczenie prądów morskich (ryc.IV.3.2.).

Ocean Spokojny		Ocean Atlantycki		Ocean Indyjski	
prądy ciepłe	prądy zimne	prądy ciepłe	prądy zimne	prądy ciepłe	prądy zimne

Ocean Arktyczny		Ocean Południowy	
prądy ciepłe	prądy zimne	prądy ciepłe	prądy zimne

2. Wyjaśnij, jak przebiega krążenie prądów morskich na Oceanie Atlantyckim.
3. Wymień dwa regiony na świecie, w których prądy morskie mają wpływ na klimat. Podaj nazwy tych prądów morskich oraz wyjaśnij, w jaki sposób kształtują one klimat na wymienionym obszarze.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Prądy morskie** to poziome ruchy wody w oceanach powodujące przenoszenie wód oceanicznych na znaczne odległości i wpływające na ogólną cyrkulację wód w oceanie. Wyróżnia się prądy morskie: ◂ s. 231
  - ciepłe (o cieplejszych wodach od wód otaczających),
  - zimne (o wodach zimniejszych od wód otaczających).
- **Do powstawania prądów morskich** przyczyniają się: ◂ s. 231
  - występowanie stałych wiatrów,
  - różnice gęstości wody,
  - różnice poziomu morza.
- **Konsekwencjami występowania prądów morskich** są: ◂ s. 231
  - ocieplanie klimatu wybrzeży przez prądy ciepłe,
  - ochładzanie klimatu wybrzeży przez prądy zimne,
  - możliwość funkcjonowania niezamarzających portów (Murmańsk),
  - tworzenie się pustyń w strefie oddziaływania prądów zimnych,
  - powstawanie bogatych łowisk ryb w strefach mieszania prądów ciepłych i zimnych.

4. Wpływ mechanizmu ENSO na środowisko geograficzne

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, czym jest mechanizm ENSO i jak on wpływa na środowisko geograficzne.

Zjawisko El Niño i Oscylacja Południowa (ENSO)

Zjawisko El Niño (czytaj: el ninio) to zaburzenie cyrkulacji wód na Oceanie Spokojnym polegające na okresowym ociepleniu wód powierzchniowych wschodniej części Oceanu Spokojnego (u zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej). Jego nazwa pochodzi z języka hiszpańskiego – oznacza „Dzieciątko", a wzięła się z tego, że to zjawisko pojawia się w okresie świąt Bożego Narodzenia.

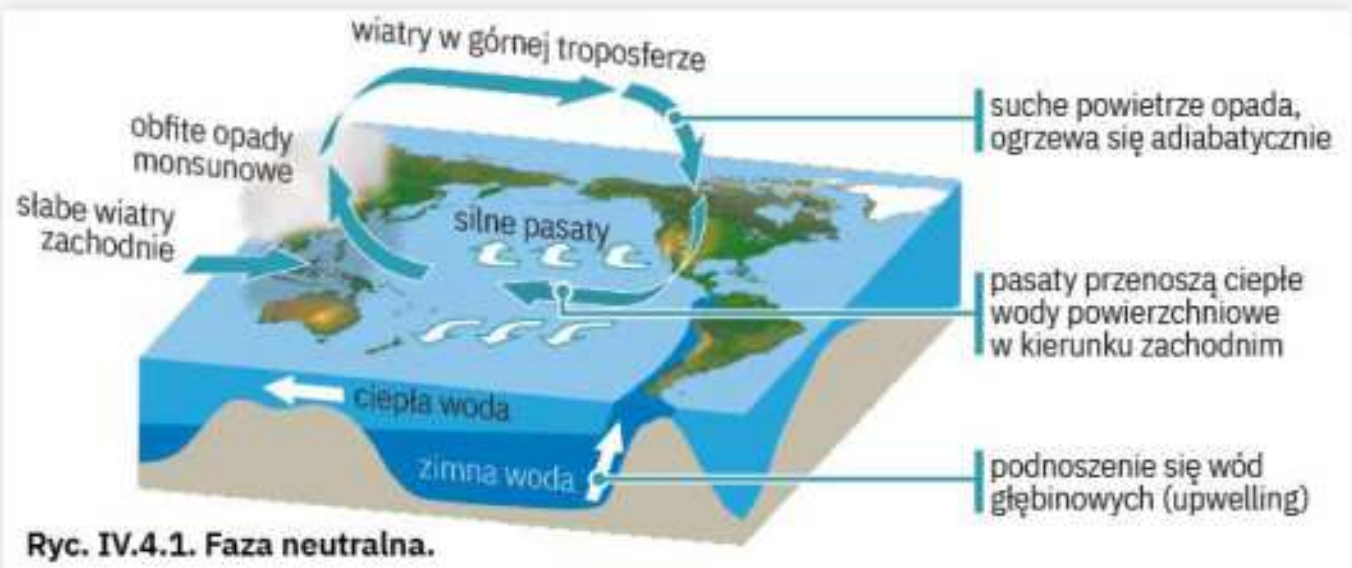
Oscylacja Południowa

El Niño jest jedną z faz zespołu zjawisk oceaniczno-atmosferycznych zachodzących w okołorównikowej części Pacyfiku zwanych **Oscylacją Południową** (*El Niño South Oscillation,* ENSO). Obejmują one wahania temperatury wód powierzchniowych oraz ciśnienia atmosferycznego. Przeciwstawną fazą do El Niño jest faza chłodna La Niña, a pomiędzy nimi występuje faza neutralna (normalna cyrkulacja).

fazy Oscylacji Południowej

Faza neutralna (normalna cyrkulacja)

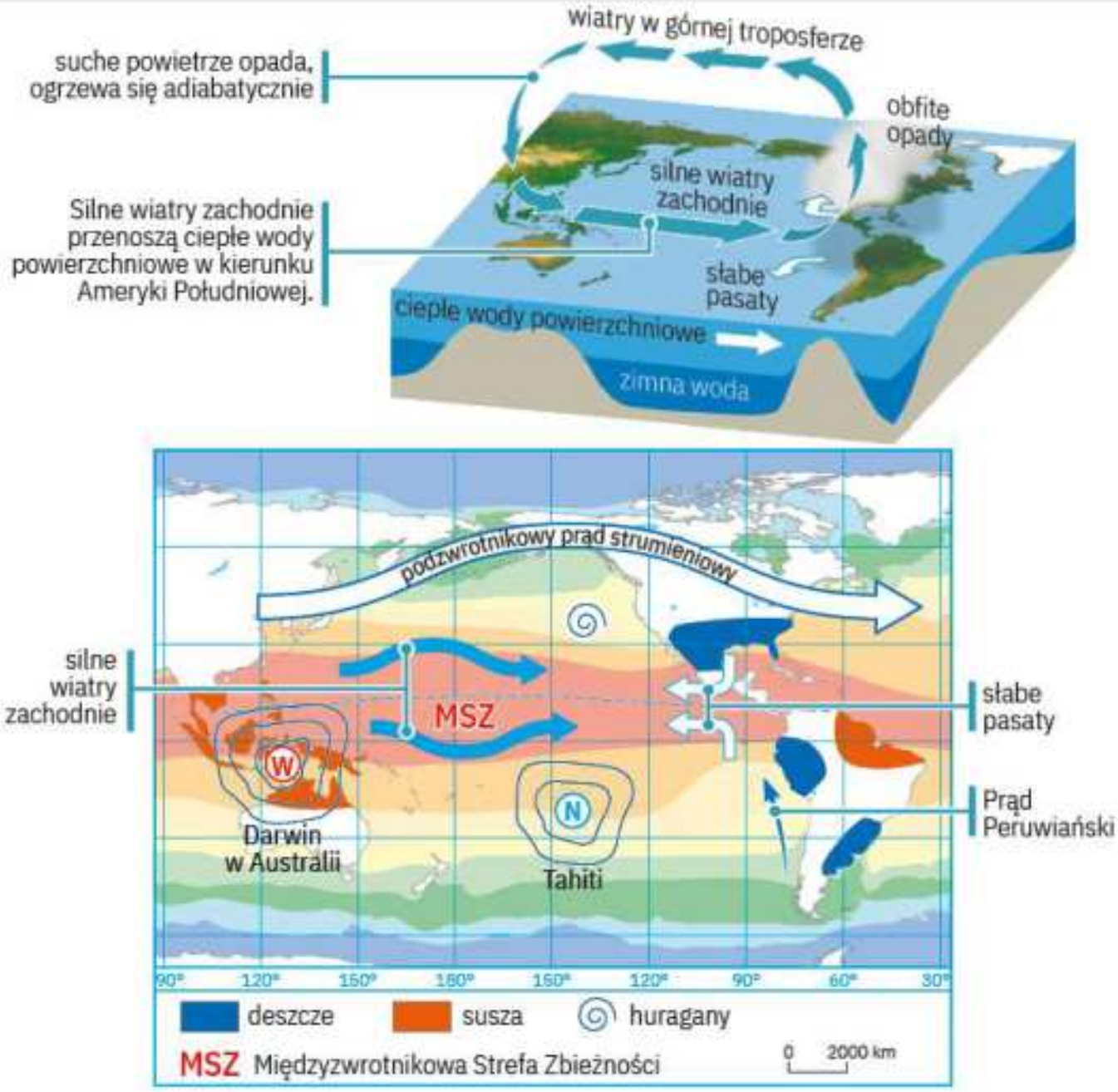
Zazwyczaj silne pasaty wiejące w kierunku wschodnich wybrzeży Azji spychają ciepłe wody powierzchniowe Oceanu Spokojnego w kierunku zachodnim, a u wybrzeży Peru i Chile następuje wznoszenie się zimnych i bogatych w składniki pokarmowe oceanicznych wód głębinowych na powierzchnię (zjawisko upwellingu) w postaci zimnego Prądu Peruwiańskiego. Żyzne wody Pacyfiku u wybrzeży Peru i Chile należą wówczas do jednych z najlepszych obszarów połowu ryb na świecie. Natomiast w północnej Australii i Indonezji występują ulewne deszcze tropikalne, a u wybrzeży Indii – deszcze monsunowe. Z kolei u wybrzeży Ameryki Południowej panuje susza.



Ryc. IV.4.1. Faza neutralna.

Faza El Niño

Polega ona na osłabieniu cyrkulacji pasatów we wschodniej części Oceanu Spokojnego i pojawieniu się ciepłego prądu morskiego przemieszczającego się od wybrzeży Australii w kierunku zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej, przeciwnie do zimnego Prądu Peruwiańskiego. Podczas występowania El Niño wyższe niż zazwyczaj ciśnienie atmosferyczne panuje w zachodniej części okołorównikowego obszaru Oceanu Spokojnego (u wybrzeży północnej Australii), a ciśnienie niższe niż zazwyczaj występuje w środkowej części Pacyfiku (Tahiti). Z tego powodu następuje odwrócenie kierunku wiatrów w stosunku do fazy normalnej (wieją one z zachodu na wschód).



Ryc. IV.4.2. Mechanizm zjawiska ENSO (Oscylacji Południowej) w rejonie Pacyfiku podczas El Niño.

El Niño trwa zazwyczaj do ok. miesiąca, a pasaty przywracają sytuację do normy. W czasie El Niño ogromna ilość przemieszczającej się ciepłej wody sprawia, że:

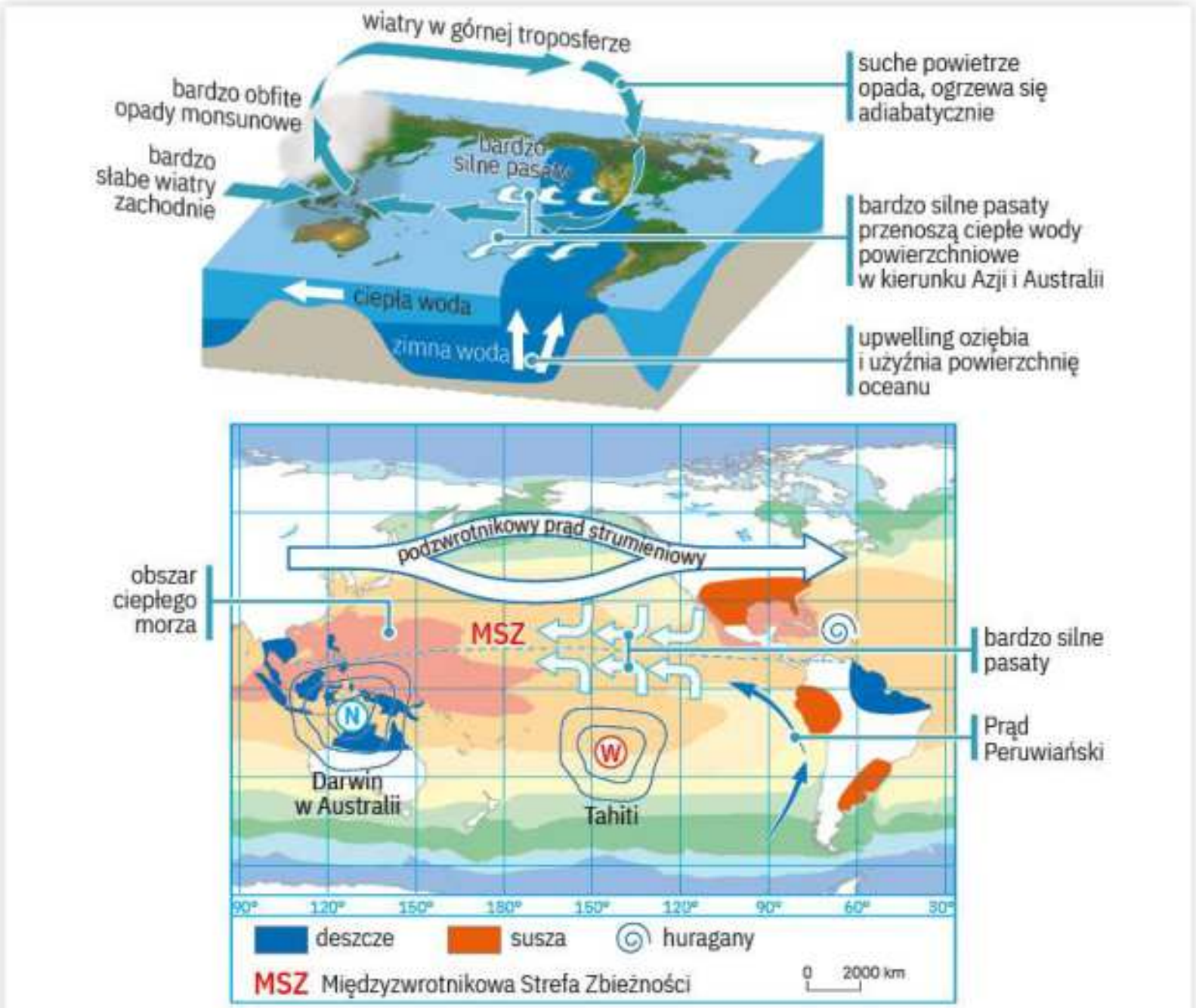
- występują obfite opady atmosferyczne i powodzie w wyniku ogrzewania się i konwekcji powietrza u wybrzeży Ameryki Południowej;
- topią się wieczne śniegi i zanikają lodowce w Andach;
- dochodzi do zahamowania opadów monsunowych i suszy w Australii, Azji Południowo-Wschodniej i Afryce Południowo-Wschodniej;
- wzrastają opady śniegu w Ameryce Północnej;

- dochodzi do zachwiania równowagi łańcucha pokarmowego w wyniku ustania upwelingu (brak wystarczającej ilości planktonu, zmniejsza się populacja ryb i ptaków morskich);
- człowiek i gospodarka odczuwają jego negatywne skutki społeczno-ekonomiczne (spadek połowu ryb).

La Niña ▸

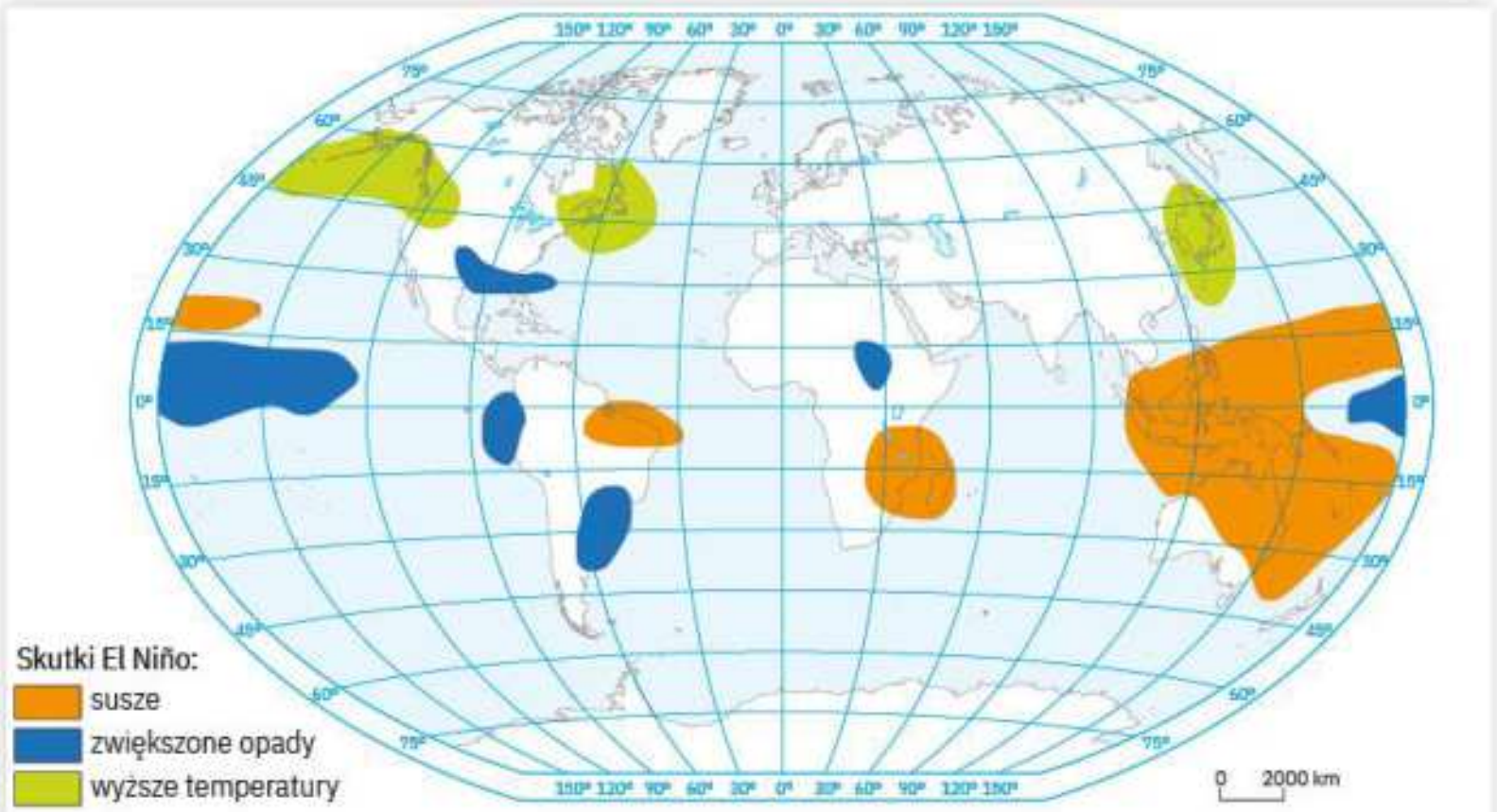
Faza La Niña

Przeciwieństwem El Niño jest zjawisko La Niña (z języka hiszpańskiego „dziewczynka") polegające na zwiększeniu siły pasatów na obszarach równikowych. Powoduje ono nasilenie upwellingu i przemieszczanie zimnych wód z zachodniego wybrzeża Ameryki Południowej wzdłuż równika. Pod wpływem zjawiska La Niña tworzą się intensywne burze, cyklony tropikalne, spadają obfite deszcze monsunowe w Indiach, występują też gwałtowne opady w Australii i Indonezji oraz wysokie temperatury wody w zachodniej części Pacyfiku. Podczas fazy La Niña następuje odwrócony układ ciśnienia (wyższe ciśnienie panuje w środkowej części Pacyfiku – Tahiti, a niższe – po zachodniej stronie z centrum nad północną Australią.



Ryc. IV.4.3. Mechanizm zjawiska ENSO (Oscylacji Południowej) w rejonie Pacyfiku podczas cyrkulacji La Niña.

Zjawisko El Niño pojawia się co 2–7 lat. Przez ostatnie 50 lat zaobserwowano, że blisko 50% czasu przypadało na fazę normalną Oscylacji Południowej, ok. 30 proc. – na El Niño, a ok. 20 proc. – na La Niña. Największe natężenie zjawiska El Niño pojawiło się w latach 1997–1998. Niektórzy naukowcy twierdzą, że występujące latem 1997 r. powodzie w Europie Środkowo-Wschodniej, w tym także w Polsce, mogły mieć związek z zaburzeniem cyrkulacji na Oceanie Spokojnym.



Ryc. IV.4.4. Obszary najczęściej narażone na zjawiska El Niño.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Podaj różnice między zjawiskiem El Niño i La Niña.
2. Korzystając z różnych źródeł informacji, opisz, jakie konsekwencje gospodarcze spowodowało zjawisko El Niño w latach 1997–1998.
3. Przyporządkuj poniższe zjawiska do poszczególnych faz mechanizmu ENSO.

   A. osłabienie cyrkulacji pasatów we wschodniej części Oceanu Spokojnego
   B. wzrost ciśnienia w zachodniej części Oceanu Spokojnego (u wybrzeży północnej Australii)
   C. przemieszczanie zimnych wód z zachodniego wybrzeża Ameryki Południowej wzdłuż równika.
   D. pojawienie się ciepłego prądu morskiego przemieszczającego się od wybrzeży Australii w kierunku zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej
   E. zwiększenie siły pasatów na obszarach równikowych
   F. nasilenie upwellingu

   Wymień 2 konsekwencje fazy El Niño.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 234 ▸

- **Oscylacja Południowa** (ENSO) to zespół zjawisk oceaniczno-atmosferycznych zachodzących w okolorównikowej części Pacyfiku. Obejmują one wahania temperatury wód powierzchniowych oraz ciśnienia atmosferycznego.

s. 234 ▸

- W obrębie **Oscylacji Południowej** wyróżniamy **trzy fazy**.

FAZY OSCYLACJI POŁUDNIOWEJ

Faza neutralna (normalnej cykulacji)	Faza El Niño	Faza La Niña
■ pasaty wiejące w kierunku wschodnich wybrzeży Azji ■ przenoszenie ciepłych wód powierzchniowych Oceanu Spokojnego w kierunku zachodnim ■ zjawisko upwellingu u wybrzeży Peru i Chile ■ bogate łowiska ryb ■ występowanie monsunów w Azji i suszy w Ameryce Południowej	■ osłabienie cyrkulacji pasatów ■ odwrócenie kierunków wiatrów (wieją w stronę zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej) ■ wyższe ciśnienie w zachodniej części Pacyfiku ■ wody cieplejsze u wybrzeży Ameryki Południowej ■ obfite opady u wybrzeży Ameryki Południowej ■ susze w Australii, Azji Południowo-Wschodniej i Afryce Południowo-Wschodniej	■ bardzo silne pasaty wiejące w kierunku wschodnich wybrzeży Azji ■ nasilenie upwellingu, wody chłodniejsze u wybrzeży Ameryki Południowej ■ przemieszczanie zimnych wód od zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej w kierunku równika ■ wyższe ciśnienie panuje w środkowej części Pacyfiku a niższe po zachodniej stronie ■ obfite ulewy na wschodnich wybrzeżach Azji oraz w Australii

5. Problem zanieczyszczenia wód morskich

NA TEJ LEKCJI:

- uzyskasz informacje na temat:
  - rodzajów zanieczyszczeń wód morskich,
  - źródeł zanieczyszczeń Morza Bałtyckiego.

Zanieczyszczenia wód morskich pochodzą z lądowego spływu powierzchniowego, przybrzeżnej działalności przemysłowej (np. platform wiertniczych), atmosfery oraz transportu morskiego. **Głównymi źródłami zanieczyszczeń** mórz i oceanów są:

główne źródła zanieczyszczeń

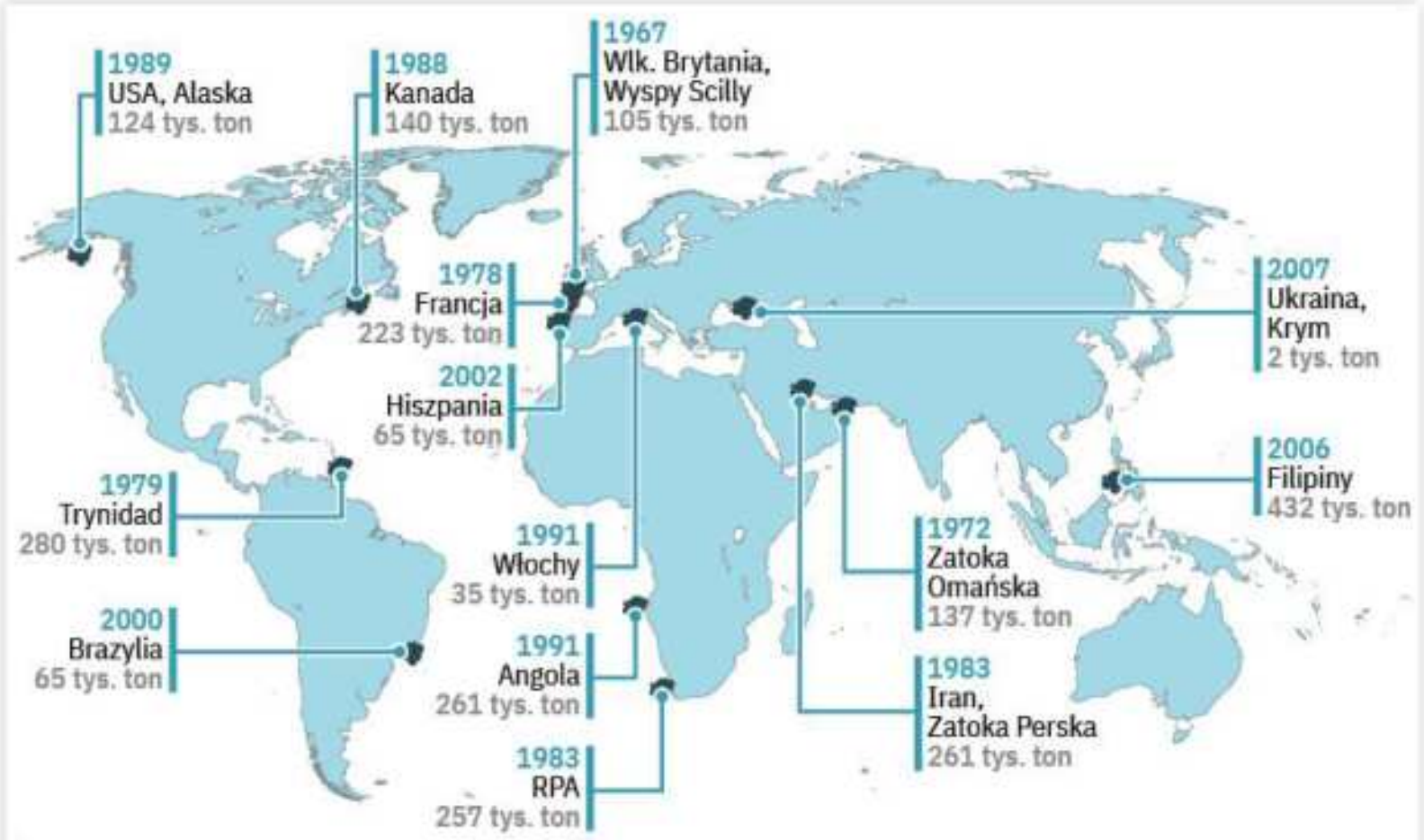
- wycieki ropy naftowej,
- ścieki komunalne,
- odpady przemysłowe,
- nawozy i pestycydy,
- odpady atomowe,
- toksyczne związki chemiczne,
- pyły przenoszone przez wiatr,
- wzrost zawartości CO_2 w atmosferze.

pochodzenie zanieczyszczeń

Wody mórz i oceanów są zanieczyszczane przez odprowadzanie **ścieków komunalnych** (zawierających m.in. detergenty i mikroorganizmy chorobotwórcze) oraz **przemysłowych** (zawierające sole, metale ciężkie, związki siarki i azotu), **wymywanie nawozów mineralnych i środków ochrony roślin** z gleby przez deszcze i przenoszenie ich do zbiorników wodnych, a także **transport wodny**. Za najbardziej niebezpieczne zanieczyszczenia spowodowane przez transport uznaje się **wycieki ropy naftowej** z tankowców bądź platform wiertniczych. Szacuje się, że rocznie trafia do oceanu od 3,5 do 6 milionów ton ropy naftowej. Największy wyciek ropy miał miejsce podczas wycofywania się wojsk irackich z Kuwejtu w 1991 r. Wówczas Irakijczycy spuścili z tankowców około 1,5 miliona ton ropy do Zatoki Perskiej oraz podpalili szyby naftowe. Powstała plama ropy o rozmiarach 160 na 68 kilometrów oraz 13 cm grubości, która spowodowała poważne szkody dla ekosystemu zatoki. Ropa zatruwa populacje ryb, zlepia pióra ptaków i futra ssaków morskich. Zwierzęta, starając się oczyścić z ropy, połykają ją, a ryby pochłaniają ją także przez skrzela. W 1989 r. miała miejsce katastrofa tankowca u wybrzeży Alaski, który z niewyjaśnionych przyczyn rozbił się o górę lodową. Wyciekło z niego ponad 40 milionów litrów ropy. Zanieczyszczone zostało 1900 km wybrzeża, zginęło około 250 tys. ptaków, 2800 wydr morskich oraz 300 fok pospolitych. W akcji ratunkowej uczestniczyło 11 tysięcy ludzi, 1400 łodzi i 85 samolotów. Koszty trwającego 4 lata oczyszczania wybrzeża wyniosły 2,1 miliarda dolarów i zostały pokryte przez koncern Exxon. Skutki tej katastrofy są widoczne do dziś. Wyciek ropy dotknął 30 gatunków zwierząt, spośród których do tej pory nie odrodziły się populacje kormoranów, fok pospolitych, kaczek, śledzi pacyficznych i nurników aleuckich oraz innych ptaków polujących na drobne ryby.

wycieki ropy naftowej

Stan równowagi zaczęły odzyskiwać m.in.: orki, wydry morskie, omułki i małże. Ropa wciąż zalega na niektórych plażach Alaski.



Ryc. IV.5.1. Największe wycieki tankowców.

W 2010 r. w Zatoce Meksykańskiej doszło do eksplozji, pożaru i zatonięcia platformy wiertniczej Deepwater Horizon należącej do koncernu British Petroleum (BP). Powstała wówczas plama ropy naftowej dotarła do wybrzeży Luizjany, Missisipi, Alabamy i Florydy. Zanieczyszczenie morza oprócz skutków ekologicznych przyniosło także poważne straty finansowe dla gospodarki USA, ponieważ w jego następstwie zakazano połowów ryb i owoców morza, zamknięto transportowe szlaki morskie i ograniczono przyjazd turystów na Florydę. Akcje BP w ciągu dwóch miesięcy po katastrofie spadły o blisko 45%, a wartość giełdowa spółki zmniejszyła się o ponad 90 mld USD. Ponadto koncern musiał ponieść koszty usuwania szkód ekologicznych oraz wypłacić odszkodowania firmom, które w związku z wyciekiem zawiesiły działalność.

Inne zanieczyszczenia powodowane przez transport statkami to zrzucane przez nie odpady, ścieki i nieczystości, a także ładunki, które wypadły do wody, na przykład podczas sztormu, resztki sieci rybackich i innych narzędzi połowowych. Przykładowo: w 2007 r. do wybrzeży Francji zawitała niezwykła grupa rozbitków składająca się z zabawkowych, gumowych kaczek. Okazało się, że dryfowały one w wodzie przez 15 lat, a trafiły do niej jako część ładunku utracona w czasie sztormu przez statek przewożący zabawki z Hongkongu do USA. Do wody wpadło ok. 29 tysięcy zabawek, a część z nich dotarła nawet do wybrzeży Australii.

Oprócz wycieków ropy naftowej niezwykle groźne dla środowiska może być także wydobywanie surowców z dna mórz powodujące zwiększenie stężenia metali ciężkich w wodzie.



Ryc. IV.5.2. Eksplozja platformy wiertniczej na Zatoce Meksykańskiej w 2010 r. spowodowała śmierć 11 osób.

Stosowane w rolnictwie nawozy chemiczne i pestycydy przyczyniają się do eutrofizacji mórz. Eutrofizacja to wzbogacanie zbiorników wodnych w związki pokarmowe (głównie związki azotu i fosforu) prowadzące do nadmiernego rozwoju materii organicznej i wzrostu żyzności wód. Z powodu nadmiaru związków pokarmowych rozwijają się glony, a ponadto zmieniają się właściwości fizyczne i chemiczne wody morskiej (np. zmniejsza się stężenie tlenu), co w efekcie prowadzi do zamulania dna morskiego.

Szacuje się, że każdego roku trafia do oceanu blisko 10 milionów ton śmieci, z czego **8 milionów to plastik**, który może rozkładać się nawet 500 lat. Bardzo drobne kawałki plastiku (mikrodrobiny) wskutek działania prądów morskich i ruchu obrotowego Ziemi gromadzą się w pewnych miejscach oceanów, w których tworzą rozległe plamy – skupiska nazywane także **wyspami z plastiku**. Największa z nich znajduje się w północnej części Oceanu Spokojnego i ma powierzchnię 1 760 tys. km² (**ryc. IV.5.3.**). Około 80% zanieczyszczeń oceanów pochodzi z lądów, natomiast 20% z transportu wodnego.

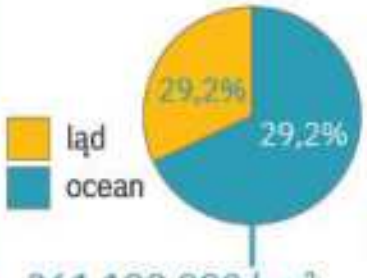
◂ **plastikowe śmieci**

◂ **wyspy plastiku**

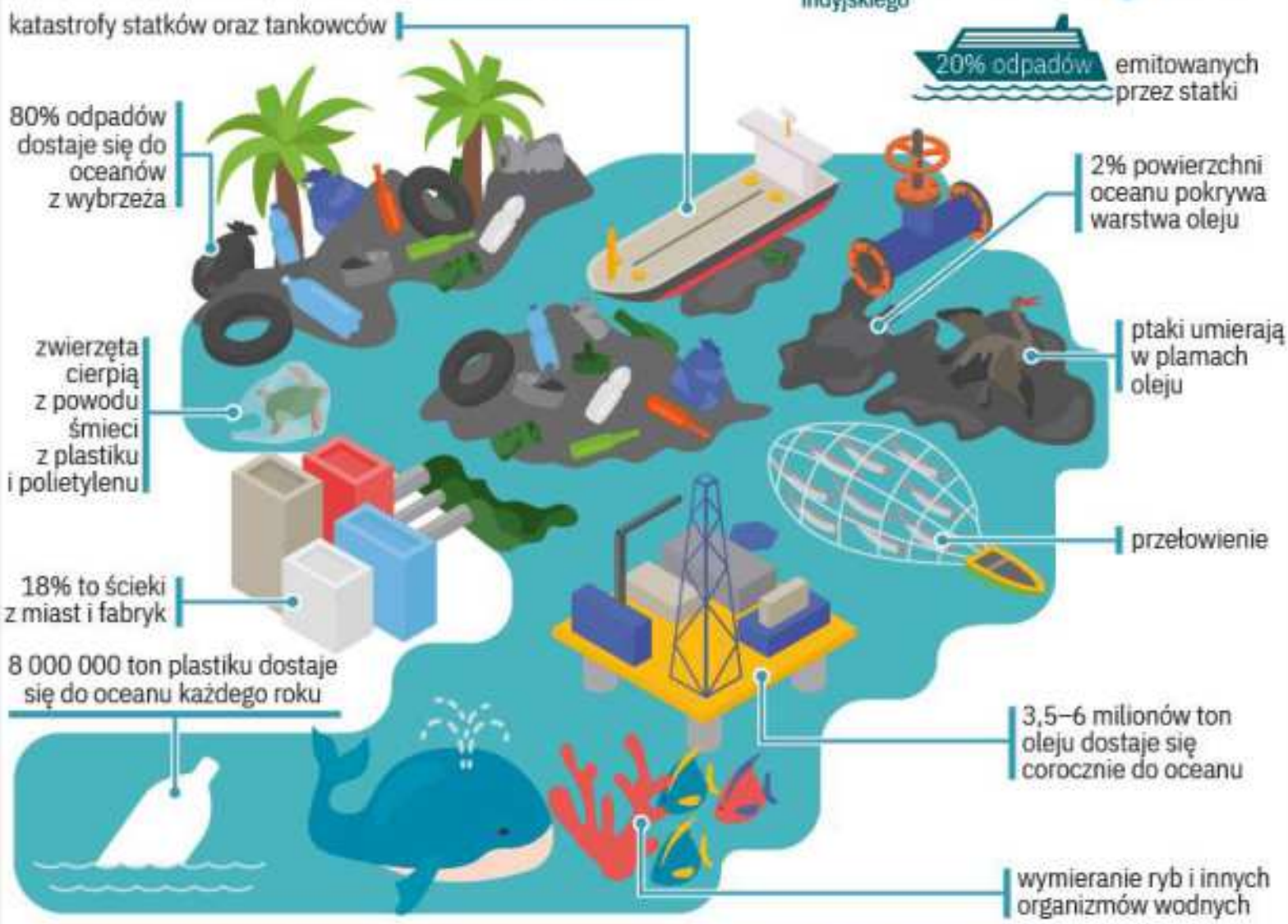
Zanieczyszczenie Morza Bałtyckiego

Bałtyk to morze półzamknięte, śródlądowe, a powierzchnia jego zlewiska stanowi aż 17% kontynentu europejskiego. Obejmuje liczne zatoki głęboko wcinające się w ląd, na przykład Zatokę Botnicką, Zatokę Fińską, Zatokę Ryską. Jest połączony z Morzem Północnym wąskimi cieśninami Kattegat i Skagerrak. Wymiana wód w Morzu Bałtyckim odbywa się co 42 lata. Jest ono zbiornikiem polodowcowym, liczącym 13 tysięcy lat (to najmłodsze morze na powierzchni Ziemi). Średnie zasolenie Bałtyku wynosi zaledwie 7–8‰, co świadczy o jego śródlądowym charakterze. Położenie geograficzne i kształt tego morza wpływa na jego zanieczyszczenie. Bałtyk to jedno z najbardziej zanieczyszczonych mórz na świecie. W jego zlewisku w 9 uprzemysłowionych krajach żyje 80 milionów ludzi, z czego 16 milionów w strefie przybrzeżnej.

Zagrożenia dla oceanów







Źródła zanieczyszczeń oceanów



8 najliczniejszych rodzajów odpadów w oceanach



Rozwiązanie problemu



Ryc. IV.5.3. Źródła zanieczyszczenia oceanów.

Wśród zanieczyszczeń Bałtyku można wyróżnić:

- związki toksyczne (np. metale ciężkie) akumulowane w organizmach żywych,
- zanieczyszczenia ropopochodne,
- nieoczyszczone ścieki komunalne,
- substancje promieniotwórcze (np. odpady z elektrowni atomowych),
- zanieczyszczenia pochodzące z zatopionej broni i amunicji z czasów II wojny światowej (także pojemniki z bojowymi gazami trującymi, np. iperytem).

Efektem wprowadzanych do Bałtyku zanieczyszczeń jest postępująca eutrofizacja prowadząca do zmniejszenia jego przejrzystości, ubytków tlenu, zmiany barwy wody na brunatno-zieloną czy rozwoju sinic. Występowanie populacji sinic w strefach przybrzeżnych może być groźne dla człowieka, dlatego z powodu sinic zamykane są corocznie niektóre kąpieliska (np. w 2018 r. czasowo zamknięto kilkanaście kąpielisk w rejonie Zatoki Gdańskiej, Półwyspu Helskiego oraz Kołobrzegu).

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Omów czynniki wpływające na zanieczyszczenie mórz i oceanów.
2. Wyszukaj w źródłach internetowych informacje o jednej z katastrof ekologicznych powodujących zanieczyszczenie mórz lub oceanów. Sporządź na ten temat notatkę w zeszycie.
3. Omów, w jaki sposób możemy zmniejszyć zanieczyszczenie mórz i oceanów.
4. Uzasadnij, że zwiększenie udziału produkcji energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych może przyczynić się do zmniejszenia zanieczyszczenia wód oceanów. Podaj dwa argumenty.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Główne źródła zanieczyszczeń** mórz i oceanów to: s. 239
  - wycieki ropy naftowej,
  - ścieki komunalne,
  - odpady przemysłowe,
  - nawozy i pestycydy,
  - odpady atomowe,
  - toksyczne związki chemiczne,
  - pyły przenoszone przez wiatr,
  - wzrost zawartości CO_2 w atmosferze.
- Około **80% zanieczyszczeń** oceanów **pochodzi z lądów**, natomiast **20% z transportu wodnego**. s. 239
- Rocznie trafia do oceanu od **3,5 do 6 milionów ton ropy naftowej**. s. 239
- Najwięcej zanieczyszczeń do oceanu trafia w **postaci plastikowych śmieci** (8 milionów ton rocznie). s. 241
- **Największy obszar zanieczyszczony mikrodrobinami plastiku** znajduje się w północnej części Oceanu Spokojnego, ma powierzchnię 1,76 mln km^2. s. 241

6. Rodzaje wód podziemnych, ich geneza i wykorzystanie gospodarcze

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz rodzaje wód podziemnych (w tym występujących w okolicy szkoły);
- dowiesz się, w jaki sposób powstają źródła;
- zapoznasz się z warunkami występowania wód podziemnych oraz ich znaczeniem gospodarczym.

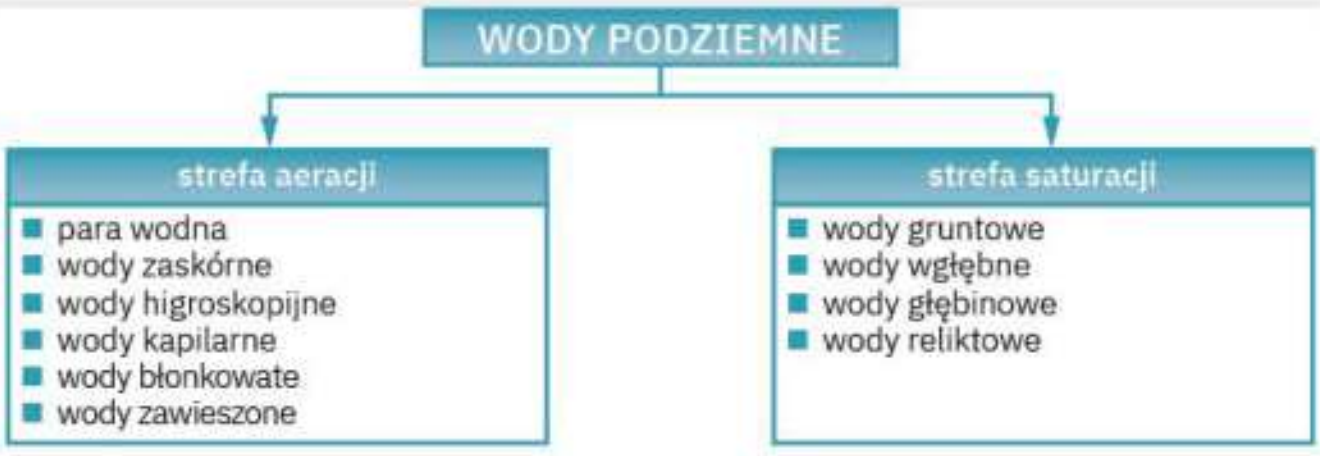
Co to są wody podziemne

wody podziemne ▸ **Wody podziemne** są związane z litosferą i pedosferą. Zalegają pod powierzchnią ziemi, w szczelinach skalnych oraz porach w glebie. Zasilają one rzeki i jeziora. Mogą występować na różnych głębokościach – im głębiej się znajdują, tym dłuższy jest okres ich krążenia w przyrodzie i wymiany.

poziomy występowania wód podziemnych ▸ Wyróżnia się następujące **poziomy występowania wód podziemnych**:

- strefa aeracji (napowietrzenia) – w której woda wypełnia wolne przestrzenie między cząsteczkami gleby i skał lub występuje w stanie zawieszonym; znajduje się ona pomiędzy powierzchnią ziemi a zwierciadłem wód podziemnych;
- strefa saturacji (nasycenia) – to obszar, w którym wolne przestrzenie skalne są całkowicie wypełnione wodą; w tej strefie woda przemieszcza się wskutek siły grawitacji.

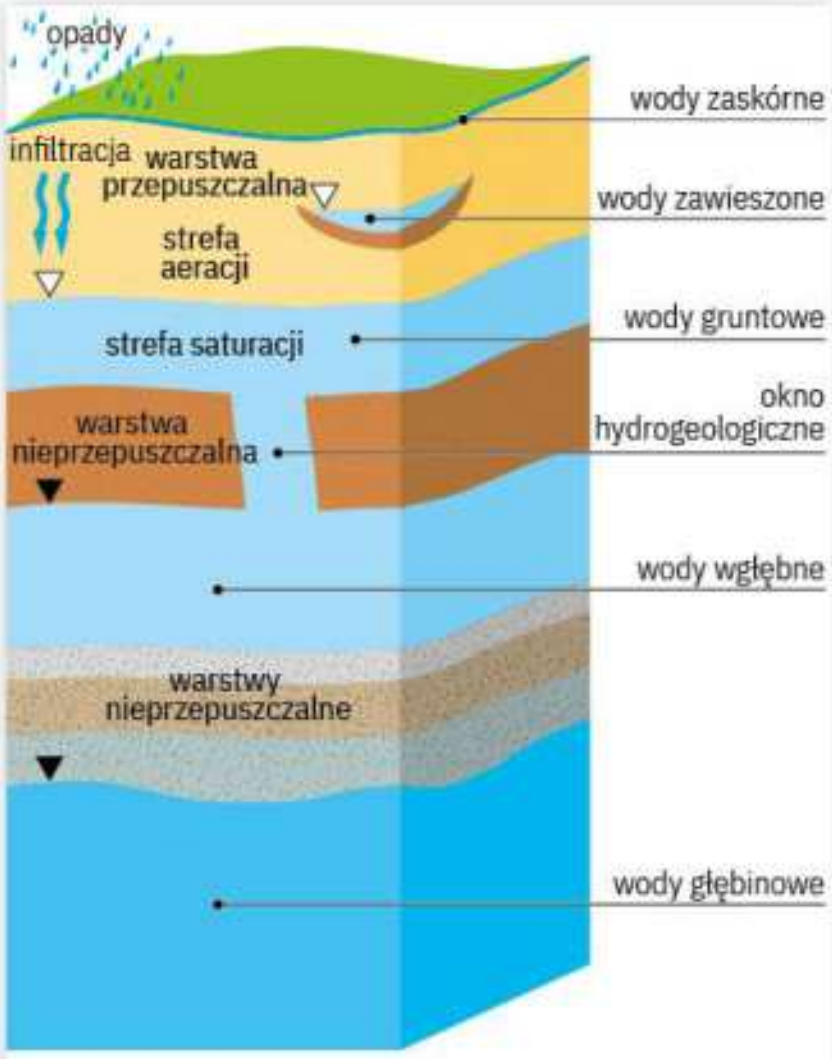
Podział wód podziemnych:



Ryc. IV.6.1. Podział wód podziemnych.

Wody zgromadzone w strefie aeracji są związane z glebą i wykorzystywane przez rośliny. W strefie aeracji występują warstwy przepuszczalne, przez które woda **in-**

wody zaskórne ▸ **filtruje** (wsiąka) w głąb. **Wody zaskórne** (wierzchówki) znajdują się bardzo płytko,



Ryc. IV.6.2. Rodzaje wód podziemnych w zależności od głębokości ich zalegania.

nie nadają się do picia, gdyż mogą być zanieczyszczone. Pozostają one pod wpływem temperatury powietrza i opadów atmosferycznych i są niezbędne do życia roślin. **Wody higroskopijne** tworzą mikroskopijne otoczki na powierzchni stałych cząstek gruntu i są z nimi silnie związane. Cząsteczki wody higroskopijnej nie mają zdolności rozpuszczania. **Wody kapilarne** są to wody występujące w drobnych porach, szczelinach i naczyniach woskowatych podlegające podsiąkaniu dzięki siłom napięcia powierzchniowego. Wody błonkowate to wody otaczające cienką błoną pojedyncze ziarna skalne higroskopijnej otoczce wodnej. **Wody zawieszone** gromadzą się nad warstwą skał nieprzepuszczalnych i również ulegają wpływom klimatu. **Wody gruntowe** zalegają w górnej części strefy saturacji i mają zwierciadło swobodne (ich poziom może się zmieniać pod wpływem długotrwałych opadów deszczu lub suszy). W wyniku infiltracji nadają się do spożycia oraz do celów gospodarczych. **Wody wgłębne** cechuje napięte zwierciadło, dostosowane do zalegającej poniżej warstwy nieprzepuszczalnej. Charakteryzują się one wysoką mineralizacją, dzięki czemu wykorzystuje się je w przemyśle spożywczym. Zasilane są z opadów atmosferycznych przez infiltrację lub poprzez okna hydrogeologiczne (przerwy między warstwami nieprzepuszczalnymi). Wody wgłębne mają stałą temperaturę odpowiadającą średniej rocznej temperaturze powietrza na powierzchni ziemi. **Wody głębinowe** występują pod warstwą skał nieprzepuszczalnych na dużych głębokościach. Są one wysoko zmineralizowane i mogą mieć wysoką temperaturę (nazywamy je wówczas **cieplicami** lub **wodami termalnymi**). Mają szerokie zastosowanie gospodarcze (m.in. w medycynie czy w elektrowniach geotermalnych). Wody termalne mogą wydostawać się na powierzchnię ziemi w postaci gorących źródeł (**gejzerów**) i mogą mieć zastosowanie w kąpieliskach termalnych (np. w Bukowinie Tatrzańskiej, Szaflarach i Uniejowie w Polsce, w Liptowskim Mikulaszu na Słowacji czy Hajduszoboszló na Węgrzech). **Wody reliktowe** występują na dużych głębokościach i są pozostałościami wód z minionych okresów geologicznych. Nie biorą one udziału w globalnym obiegu wody.

◂ wody higroskopijne

◂ wody kapilarne

◂ wody zawieszone

◂ wody gruntowe

◂ wody wgłębne

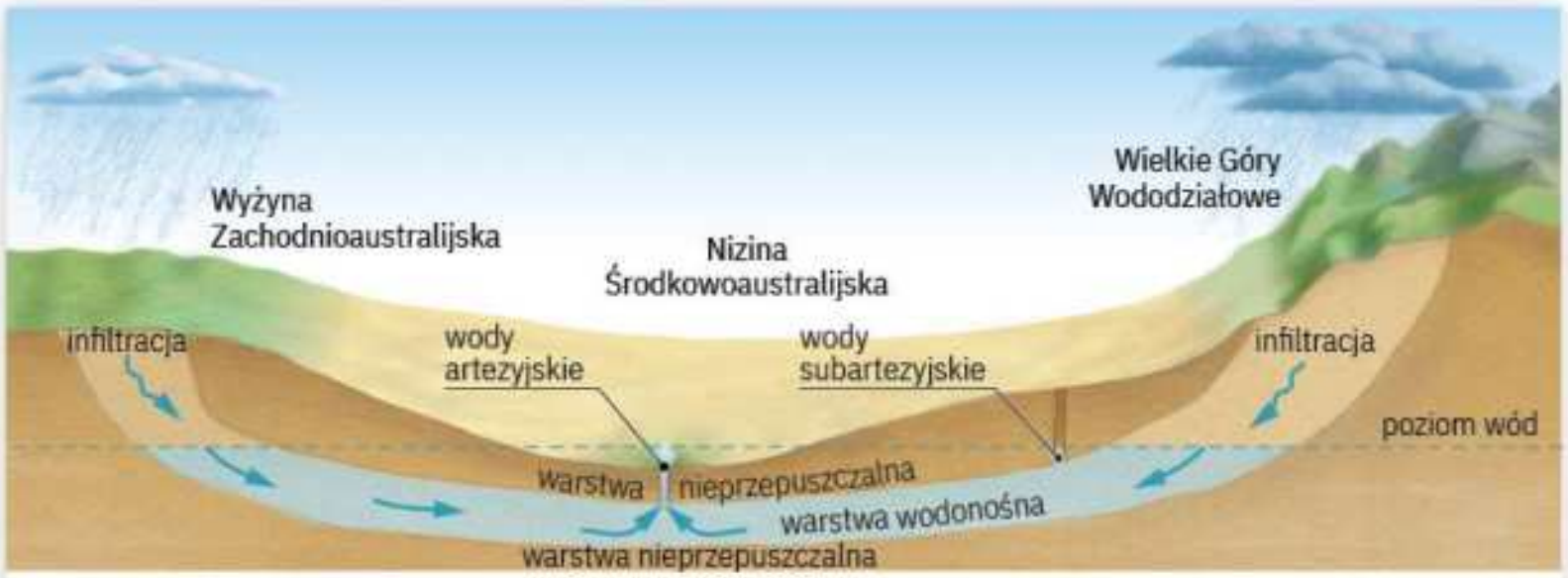
◂ wody głębinowe

◂ wody reliktowe

wody artezyjskie ▸

Wody artezyjskie

Wody wgłębne mogą charakteryzować się wysokim ciśnieniem hydrostatycznym w zależności od budowy geologicznej. Jeśli przemiennie występują warstwy skalne nieprzepuszczalne i przepuszczalne, a układ warstw przepuszczalnych ma kształt zagłębienia (niecki), to po przebiciu warstwy nieprzepuszczalnej może dojść do samoczynnego wytrysku wód na powierzchnię. Dzieje się tak, gdy woda pochodząca z infiltracji opadów zasili w całości warstwę wodonośną, doprowadzając do zwiększenia jej ciśnienia, a maksymalny poziom zwierciadła wody jest powyżej zagłębienia terenu. Takie wody wypływające samoczynnie na powierzchnię ziemi nazywamy **wodami artezyjskimi**. Jeśli zwierciadło wody jest położone wyżej na brzegach niecki, ale poniżej poziomu terenu, to przy przekopaniu warstwy nieprzepuszczalnej może dojść do zwiększenia poziomu wody, ale nie osiągnie ona powierzchni gruntu. Wówczas takie wody nazywamy subartezyjskimi. Wody artezyjskie mają ogromne znaczenie na obszarach suchych, ponieważ stanowią źródło wody pitnej. Największym obszarem występowania wód artezyjskich na świecie jest Wielki Basen Artezyjski w Australii.



Ryc. IV.6.3. Schemat występowania wód artezyjskich i subartezyjskich.

Jak powstają źródła

źródło ▸ **Źródło** to miejsce wypływu wód podziemnych na powierzchnię ziemi w naturalny sposób. Wypływ źródeł może się odbywać w sposób **punktowy**, **liniowy** albo **powierzchniowy**. Źródła najczęściej tworzą się w dolinach lub na stokach, dając początek rzekom.

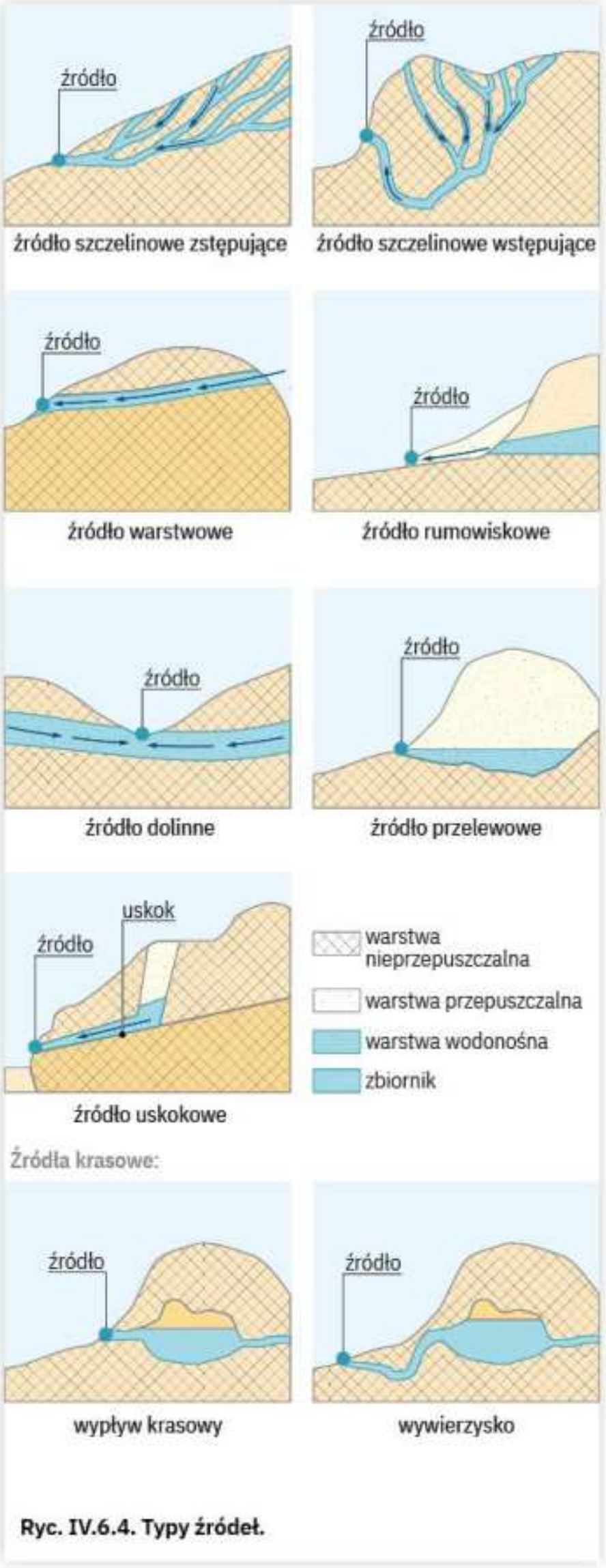
podział źródeł ▸ Wyróżnia się następujące **rodzaje źródeł** ze względu na kierunek wypływu:

- **źródła zstępujące** (wypływ odbywa się wskutek siły grawitacyjnej),
- **źródła wstępujące** (wypływ odbywa się dzięki ciśnieniu hydrostatycznemu panującemu w warstwie wodonośnej).

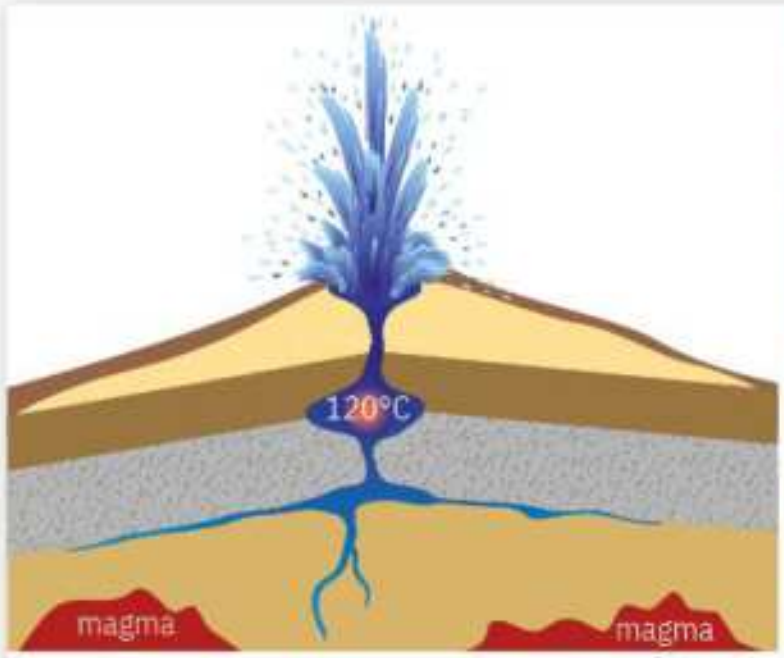
Ze względu na warunki geologiczne źródła można podzielić na:

- szczelinowe – powstają przez wypływ wody na powierzchnię z systemu szczelin znajdujących się najczęściej w skałach litych;

- warstwowe – tworzą się na pograniczu warstwy wodonośnej i nieprzepuszczalnej. Woda wypływa na powierzchnię, gdy warstwy te są nachylone; najczęściej występują w skałach osadowych;
- rumowiskowe – powstają podczas wypływu wody z rumowisk skalnych pochodzących z osuwisk, na kontakcie z warstwami nieprzepuszczalnymi;
- dolinne – powstają w dnie lub na zboczu doliny w wyniku wcięcia się doliny w warstwę wodonośną;
- przelewowe – tworzą się, gdy warstwa wodonośna o kształcie niecki jest maksymalnie wypełniona wodą i na kontakcie z warstwą nieprzepuszczalną woda wylewa się na powierzchnię;
- uskokowe – występują wzdłuż uskoku tektonicznego (przesunięcia się warstw skalnych względem siebie), prowadząc do przecięcia z warstwą wodonośną;
- krasowe – powstają w skałach rozpuszczalnych w wodzie (np. wapieniach), w których zachodzą procesy krasowienia; są związane z opadami atmosferycznymi i występują w nich znaczne wahania wydajności; w zależności od tego, czy wody wypływają wskutek siły grawitacji, czy ciśnienia hydrostatycznego, źródła krasowe dzieli się na wypływy krasowe i wywierzyska;
- gejzery – gorące źródła powstające w strefie działalności wulkanów; woda w nich ma temperaturę ponad 100°C i podczas wrzenia para wodna wypycha pod ciśnieniem warstwy wody zalegające wyżej; występują w USA (Park Narodowy Yellowstone), na Islandii, w Nowej Zelandii oraz Rosji (Półwysep Kamczatka).



Ryc. IV.6.4. Typy źródeł.



Ryc. IV.6.5. Przekrój przez gejzer.



Ryc. IV.6.6. Wybuch gejzeru na Islandii.

Czynniki wpływające na występowanie wód podziemnych

Do występowania wód podziemnych jest potrzebne ich zasilanie, odpowiednie ułożenie warstw skalnych (przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych) oraz ukształtowanie terenu. Do czynników wpływających na rozmieszczenie wód podziemnych zalicza się:

- warunki klimatyczne (ilość opadów, temperatura powietrza),
- budowę geologiczną (rodzaj skał i grubość warstw skalnych),
- gęstość sieci rzecznej i jeziornej,
- rzeźbę terenu,
- pokrycie terenu (roślinność),
- działalność człowieka (np. kopanie studni, wydobycie surowców mineralnych – może powodować obniżenie warstwy wód wodonośnych).

gospodarcze znaczenie wód podziemnych

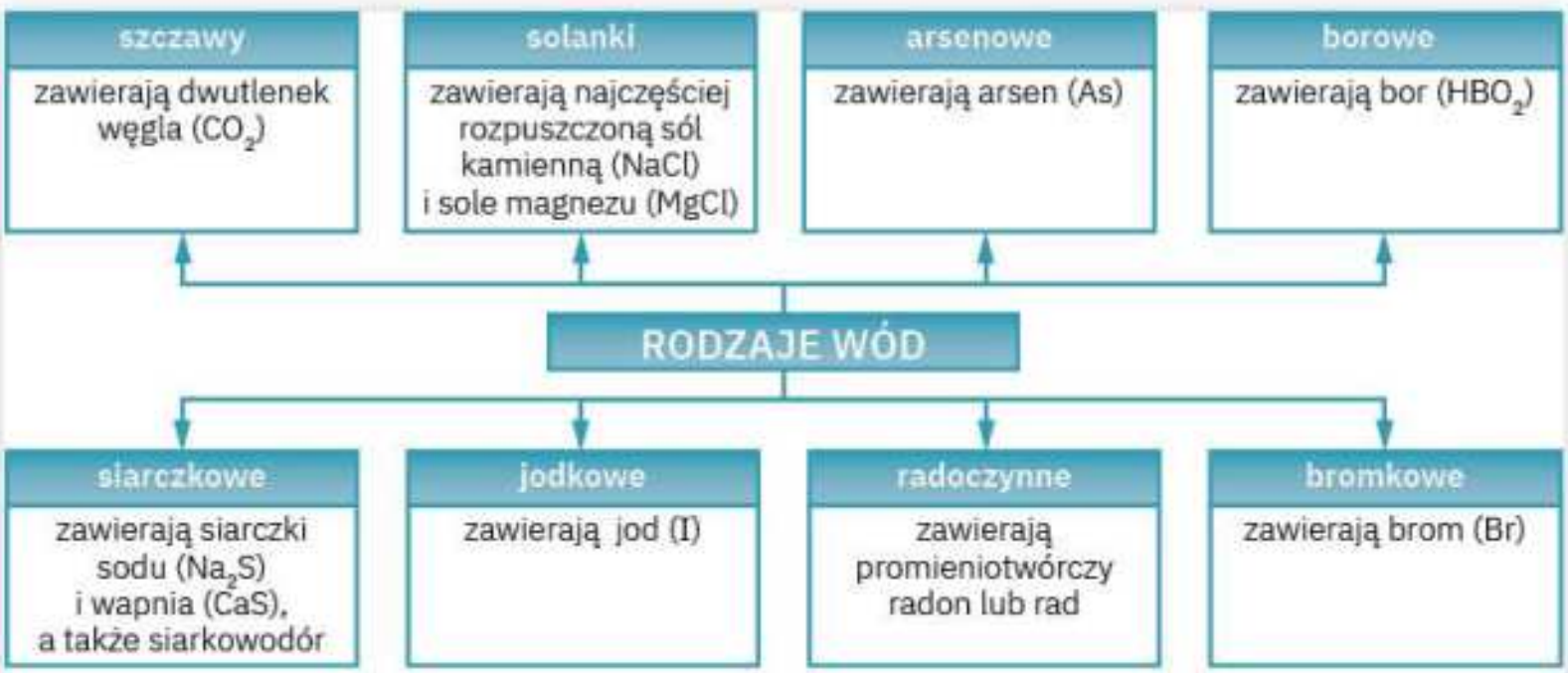
Gospodarcze znaczenie wód podziemnych

Wody znajdujące się pod powierzchnią ziemi podlegają mineralizacji. Ze względu na jej stopień wyróżnia się:

- wody pitne – zawartość rozpuszczonych soli nie przekracza 0,5 g/dm^3,
- wody o podwyższonej mineralizacji – o zawartości soli od 0,5 do 1,0 g/dm^3,
- wody mineralne – zawierają więcej niż 1 g rozpuszczonych soli mineralnych w każdym dm^3.

Wody mineralne są stosowane w lecznictwie, szczególnie te najbardziej bogate w mikroelementy (wysoko zmineralizowane, o zawartości składników mineralnych 1000–4000 g/dm^3). Wykorzystuje się do tych celów także wody termalne oraz wody radoczynne (zawierające pierwiastki promieniotwórcze). Miejscowości, w których znajdują się wody lecznicze, nazywa się uzdrowiskami. W Polsce jest 45 uzdrowisk, z czego najwięcej (11) w województwie dolnośląskim. Do najbardziej znanych uzdrowisk w Polsce należą: Ciechocinek, Krynica-Zdrój, Szczawnica, Iwonicz-Zdrój, Lądek-Zdrój i Kudowa-Zdrój.

Podział wód mineralnych ze względu na zawartość składników mineralnych:



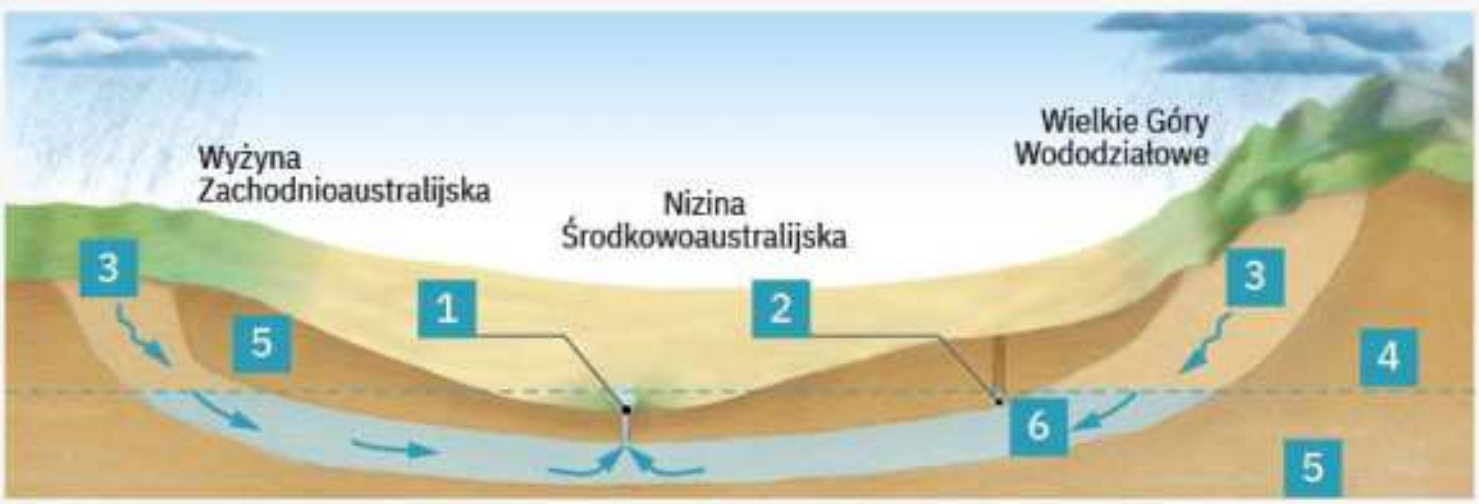
Ryc. IV.6.7. Podział wód.

Wody podziemne mogą być także wykorzystywane jako źródło energii (energia geotermalna). Temperatura Ziemi wrasta wraz z głębokością (do około 6600°C w jądrze Ziemi). Ciepło Ziemi ogrzewa znajdujące się pod jej powierzchnią wody podziemne. Największy udział w produkcji energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł geotermalnych mają Islandia, Filipiny i Nowa Zelandia. W Polsce energię geotermalną wykorzystuje się między innymi na Podhalu.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij, czym różni się strefa aeracji od strefy saturacji.
2. Wymień rodzaje wód podziemnych w strefie aeracji i saturacji.
3. Przedstaw, co to są źródła. Omów ich podział ze względu na różne kryteria.
4. Przyporządkuj nazwy poniższych elementów wchodzących w skład basenu wód artezyjskich do cyfr na rysunku.

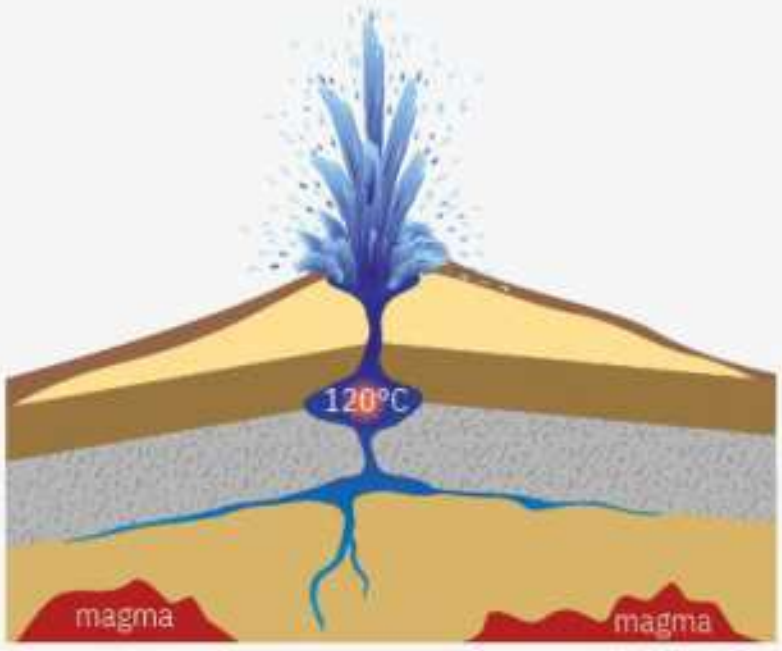
warstwa przepuszczalna, warstwa nieprzepuszczalna, warstwa wodonośna, infiltracja, wody artezyjskie, wody subartezyjskie



Wyjaśnij mechanizm powstawania wód artezyjskich.

5. Wyszukaj w różnych źródłach (na mapach, w internecie) informacje o zasobach wód podziemnych w twojej okolicy i miejscu występowania najbliższych źródeł.

6. Nazwij typ źródła znajdujący się na poniższym schemacie i wyjaśnij mechanizm powstawania tego typu źródeł. Wskaż 3 regiony świata, gdzie występują źródła tego typu.



PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 244 • **Wody podziemne** to wody zalegające pod powierzchnią ziemi, związane z litosferą i pedosferą. Znajdują się w podziemnych szczelinach skalnych oraz wypełniają pory w glebie.

s. 244 • **Wody podziemne dzielimy na:**
- wody występujące w strefie aeracji:
  - para wodna,
  - wody zaskórne,
  - wody higroskopijne,
  - wody kapilarne,
  - wody zawieszone,
  - wody błonkowate;
- wody występujące w strefie saturacji:
  - wody gruntowe,
  - wody wgłębne,
  - wody głębinowe,
  - wody reliktowe.

s. 246 • **Wody artezyjskie** to wody wypływające samoczynnie na powierzchnię ziemi wskutek przebicia warstwy nieprzepuszczalnej.

s. 246 • **Źródło** to miejsce wypływu wód podziemnych na powierzchnię ziemi w naturalny sposób.

• **Podział źródeł** ze względu na różne kryteria: s. 246



• **Gospodarcze wykorzystanie wód podziemnych:** s. 248

– zasoby wody pitnej,
– przemysł spożywczy,
– lecznictwo,
– rekreacja,
– rolnictwo,
– ogrzewanie.

7. Zróżnicowanie sieci rzecznej na Ziemi

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz zróżnicowanie sieci rzecznej na Ziemi;
- nauczysz się rozpoznawać i opisywać cechy ustrojów rzecznych na świecie, w tym także ustroju rzeki płynącej najbliżej twojej szkoły.

Elementy sieci rzecznej

elementy sieci rzecznej

Na lądowe wody powierzchniowe składają się rzeki, jeziora, bagna, mokradła, a także woda uwięziona w lodowcach. Rzeki to naturalne cieki wodne posiadające swoją nazwę. Ogół rzek na danym terenie tworzy **sieć rzeczną**. Do jej elementów zalicza się:

- rzeki główne – uchodzą bezpośrednio do morza lub jeziora;
- dopływy – uchodzą do innych rzek;
- dorzecza – obszar, z którego wody spływają do rzeki głównej poprzez system dopływów;
- zlewnia – obszar, z którego wody spływają do danego punktu na rzece;
- zlewisko – obszar, z którego wszystkie wody spływają do oceanu, morza lub jeziora;
- dział wód – granica na powierzchni terenu oddzielająca dwa dorzecza lub zlewiska.



Ryc. IV.7.1. Elementy sieci rzecznej.

Parametry rzeki

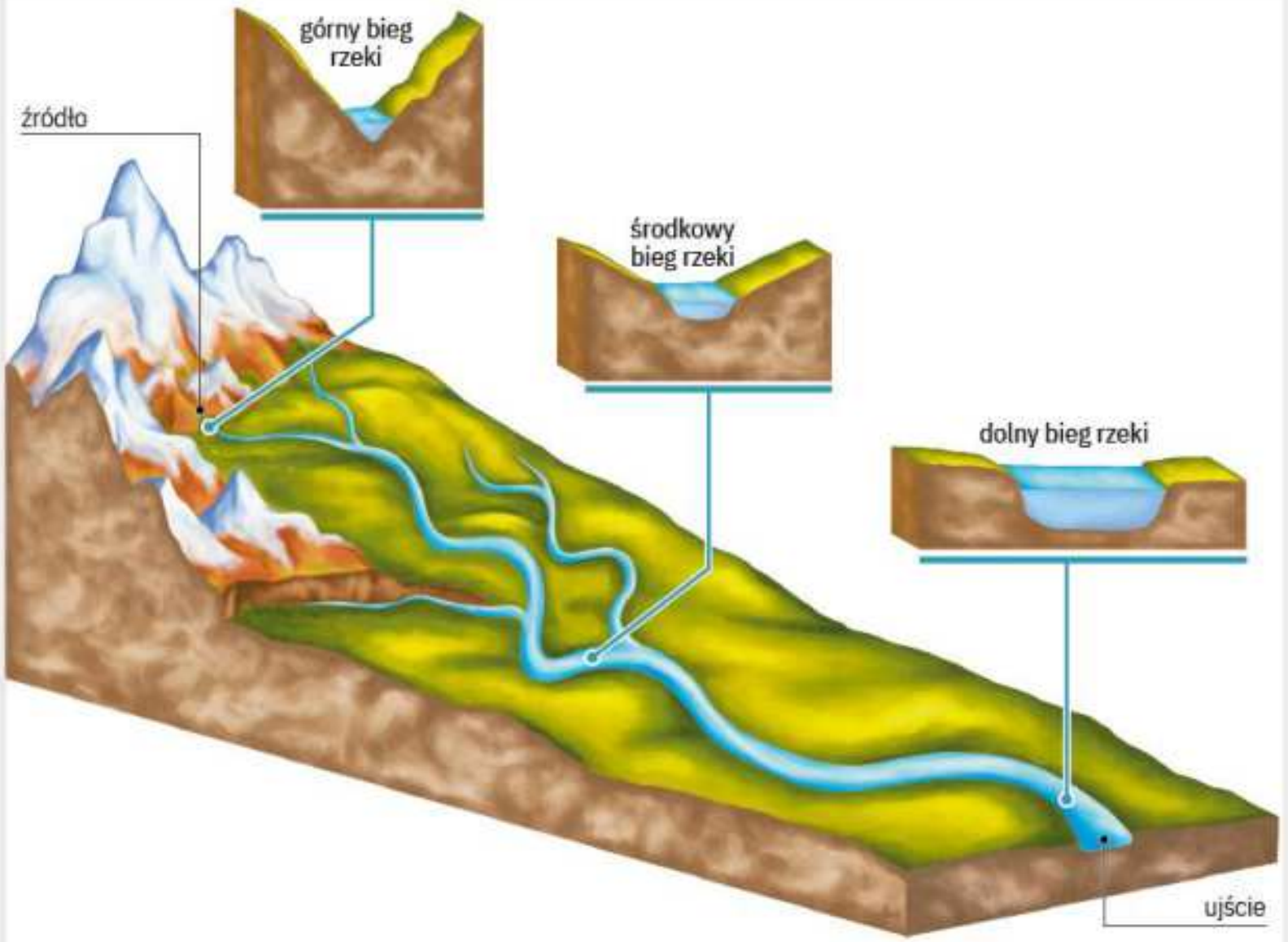
Rzekę można opisać poprzez określenie jej parametrów – do podstawowych należą: długość, przepływ, spływ powierzchniowy i spadek. Przepływ oznacza objętość wody, jaka przepływa przez przekrój poprzeczny koryta rzeki w określonym czasie (np. w m^3/s lub km^3/rok). Natomiast spływ powierzchniowy mówi o wydajności dorzecza i oblicza się go, dzieląc przepływ przez powierzchnię dorzecza.

profil podłużny rzeki

W przekroju podłużnym rzeki wyróżniamy następujące elementy:

- źródło,
- bieg górny,
- bieg środkowy,
- bieg dolny,
- ujście.

Rzeka ma największy spadek w górnym biegu. W biegu środkowym spadek i prędkość wody ulegają spowolnieniu, natomiast w dolnym jest minimalny spadek i bardzo mała prędkość wody. Gdy rzeka przecina warstwy odpornych i twardych skał, mogą tworzyć się na niej progi skalne i wodospady, gdzie woda spada pionowo z wysokości od kilku do kilkuset metrów. Przepływ wody w rzece ulega ciągłym zmianom pod wpływem zmian pogody. Wielkość przepływu wpływa na stany wody, czyli wysokość poziomu wody w stosunku do przyjętej podstawy wodowskazu. Wodowskaz to wyskalowana łata, w której wartość 0 jest położona poniżej minimalnego poziomu wody. Stany wody – wysokie, średnie, niskie, ustala się na podstawie wieloletnich obserwacji.



Ryc. IV.7.2. Profil podłużny rzeki.

Czynniki wpływające na **wahania stanu wody** to:

- ilość i rozkład opadów atmosferycznych,
- topnienie pokrywy śnieżnej i lodowców,
- zatory lodowe,
- intensywność parowania,
- rodzaj podłoża (warstwy przepuszczalne i nieprzepuszczalne),
- retencja (zatrzymywanie wody) przez jeziora i bagna.

wahania stanu wody



Ryc. IV.7.3. Wodowskaz na rzece podczas niskiego stanu wody.

Klasyfikacja rzek

klasyfikacja rzek

W związku z wielkością przepływu rzeki możemy podzielić na:

- stałe – zasilanie przeważa w nich nad stratami w wyniku parowania i wsiąkania,
- okresowe – prowadzą wodę tylko kilka miesięcy w roku,
- epizodyczne – pojawiają się tylko podczas incydentalnych, intensywnych opadów.

Sieć rzeczna na świecie

sieć rzeczna na świecie

Rozmieszczenie **sieci rzecznej na świecie** nie jest równomierne. W Afryce zależy od klimatu. W strefie zwrotnikowej (Sahara i Pustynia Kalahari) wody powierzchniowe praktycznie nie występują, koryta rzek epizodycznych wypełniają się bardzo rzadko. Natomiast gęsta sieć rzeczna występuje w strefie równikowej, a najdłuższa rzeka tej strefy to Kongo uchodzące do Oceanu Atlantyckiego. Najdłuższą rzeką całego kontynentu, a także drugą co do długości rzeką świata, jest Nil uchodzący do Morza Śródziemnego. Liczy on 6671 km i przepływa przez wszystkie strefy klimatyczne (od równikowej po podzwrotnikową).

Sieć rzeczna Australii charakteryzuje się okresowością ze względu na suchy klimat. Występuje tam mało rzek rozmieszczonych nierównomiernie. Pustynne obszary zachodniej Australii są rozcinane przez rzeki okresowe i epizodyczne, ginące w piaskach pustyni. Tam też znajduje się obszar bezodpływowy. Największe rzeki to Murray i Darling wypływające z Wielkich Gór Wododziałowych.

Rzeki Ameryki Południowej należą do zlewisk Oceanu Spokojnego i Atlantyckiego, z tym że układ zlewisk jest wybitnie asymetryczny, z niewielkim obszarem, z którego wody spływają do Pacyfiku (na zachód od głównego grzbietu Andów). Niewielki jest także udział obszarów bezodpływowych. Największy system rzeczny tworzy Amazonka będąca najdłuższą rzeką świata – ma od 6296 do 7100 (w zależności od przyjęcia odcinka źródłowego) km. Rzeka ta gromadzi około 20% wszystkich zasobów wody słodkiej na Ziemi. Amazonka niemal w całości płynie w strefie równikowej, dlatego jest zasilana opadami przez cały rok. W Ameryce Południowej znajduje się najwyższy wodospad świata – Salto Angel w Wenezueli (979 m) na rzece Río Churún (dopływ rzeki Caroni).

Asymetria zlewisk oceanów również dotyczy Ameryki Północnej (przebiega grzbietem Kordylierów). W północnej części kontynentu rzeki są zasilanie głównie przez topniejące śniegi, natomiast w południowej części (Meksyk i Ameryka Środkowa) – przez opady deszczu. Największe dorzecze tworzą Missisipi i Missouri (łącznie 3,25 mln km²).

Rzeki Azji mają bardzo duże i rozwinięte systemy rzeczne, na co wpływają wielkość i zwartość kontynentu oraz układ pasm górskich. W centralnej części kontynentu



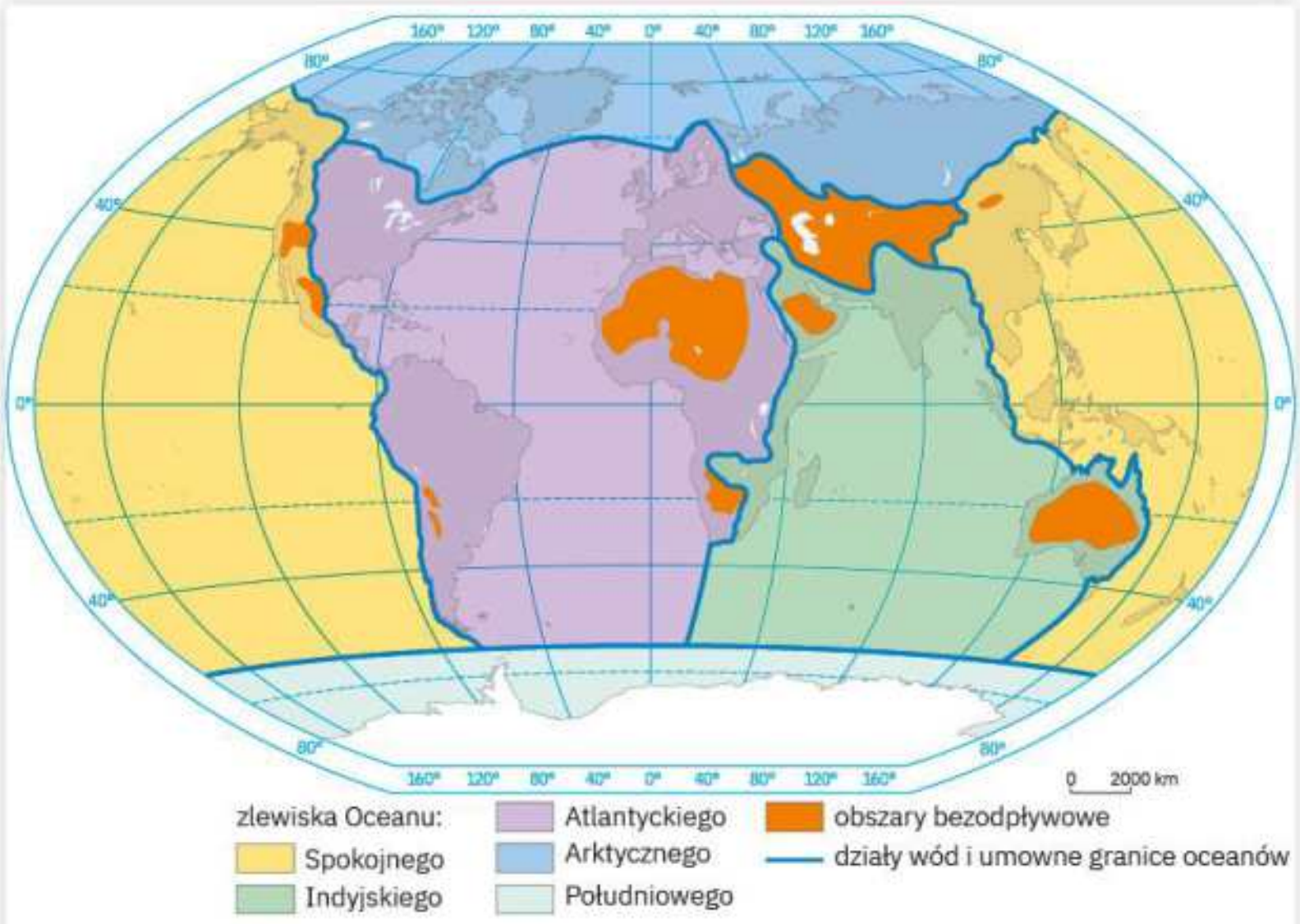
Ryc. IV.7.4. Amazonka.



Ryc. IV.7.5. Wodospad Salto Angel.

azjatyckiego rozpoczynają swój bieg takie wielkie rzeki świata, jak: Ob, Irtysz, Jenisej, Jangcy, Huang He, Indus, Ganges, Brahmaputra czy Tygrys i Eufrat. Wody Azji należą do zlewisk czterech oceanów (Arktycznego, Spokojnego, Indyjskiego i Atlantyckiego).

W Europie będącej pod wpływem klimatu umiarkowanego występuje stała sieć rzeczna. Z powodu małej powierzchni oraz dużego jej rozczłonkowania rzeki Europy nie wykształciły dużych dorzeczy. Większe systemy rzeczne występują we wschodniej części kontynentu (Niż Wschodnioeuropejski). Rzeki wschodniej Europy, w tym Wołgi, należą w dużej części do obszaru bezodpływowego.



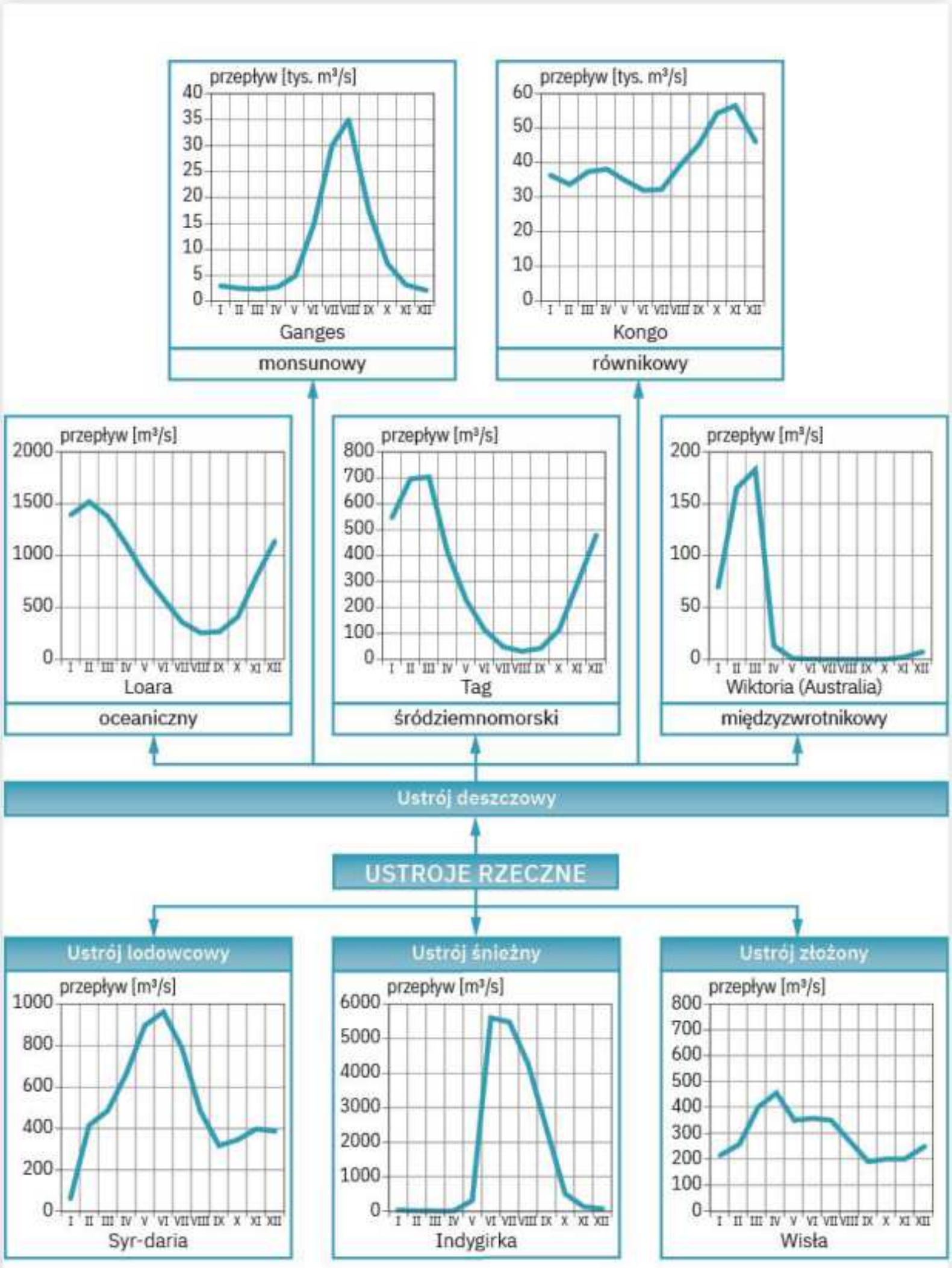
Ryc. IV.7.6. Zlewiska oceanów i obszary bezodpływowe na świecie.

Ustroje rzeczne

ustroje rzeczne

Ustrój (reżim) rzeki to przebieg zasilania rzeki w ciągu roku ustalony na podstawie wieloletnich obserwacji. Zależy od klimatu, ukształtowania powierzchni oraz budowy geologicznej obszaru zlewni. Rzeka może być zasilana przez opady atmosferyczne, wodę pochodzącą z roztopów pokrywy śnieżnej i lodowców oraz wody podziemne. Wyróżnia się następujące rodzaje ustrojów:

- deszczowy,
- śnieżny,
- lodowcowy,
- złożony (np. deszczowo-śnieżny).



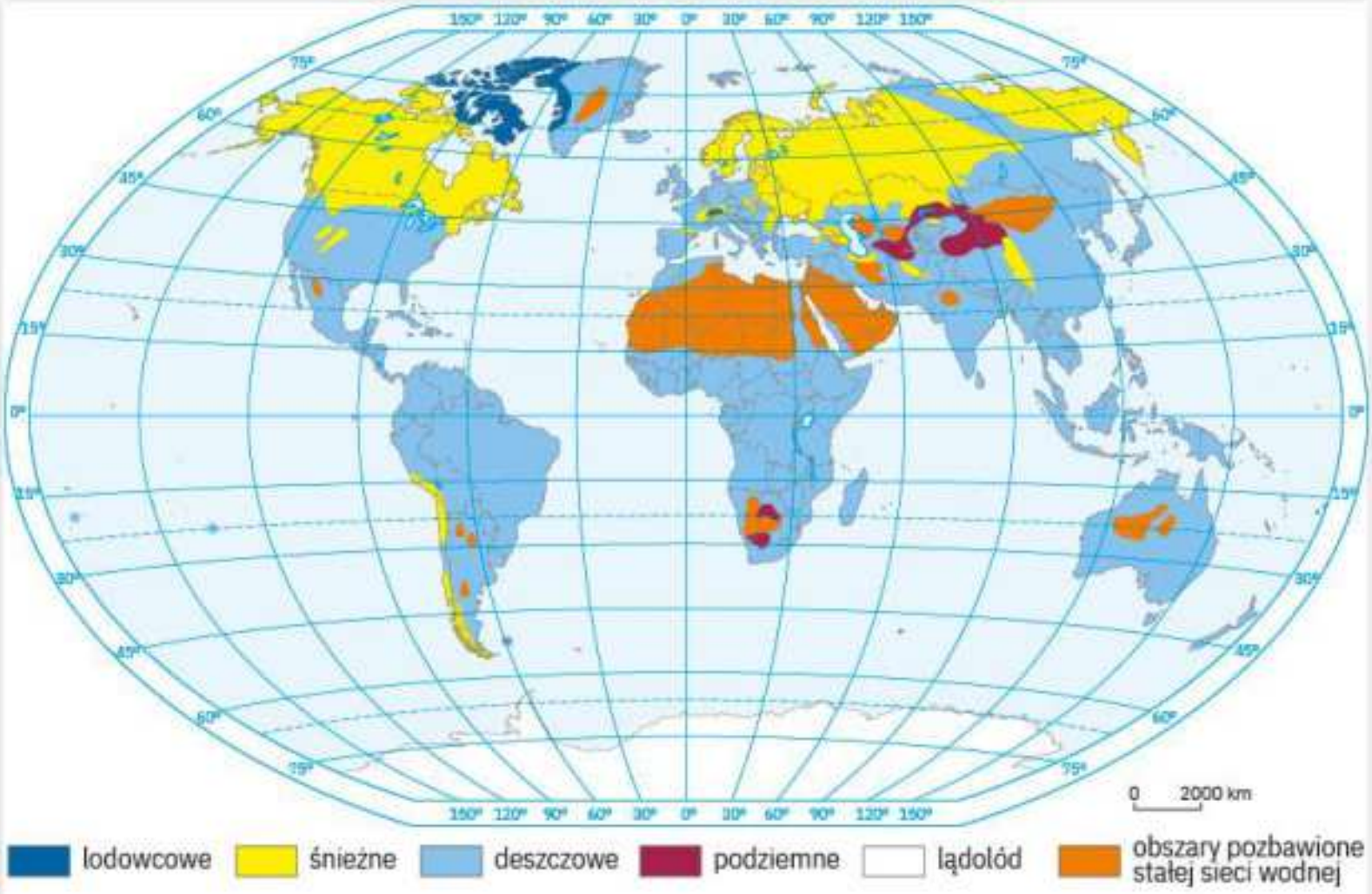
Ryc. IV.7.7. Przykłady ustrojów rzecznych.

Ustrój deszczowy, śnieżny i lodowcowy zalicza się do **ustrojów prostych**, w których w ciągu roku mamy do czynienia z jednym okresem stanów wysokich i jednym okresem stanów niskich. W **ustrojach złożonych** może wystąpić kilka stanów wysokich i kilka stanów niskich.

Ustrój deszczowy jest charakterystyczny dla większości rzek świata. W zależności od pory występowania opadów deszczu oraz typu klimatu ustroje deszczowe dzieli się na: ◂ ustrój deszczowy

- oceaniczny – występujące w klimacie umiarkowanym morskim, z zimowym maksimum opadów i zasilaniem deszczowym przez cały rok,
- śródziemnomorski – obfite opady zimą, w lecie możliwa susza,
- międzyzwrotnikowy – bardzo wysokie stany wód w porze deszczowej oraz minimalne w porze suchej,
- monsunowe – wysokie stany wód związane z monsunem letnim przynoszącym obfite opady oraz niskie stany wód w porze zimowej – monsun suchy,
- równikowy – zasilany równomiernie przez cały rok.

W **ustroju śnieżnym** wysokie stany wody przypadają na wiosenne roztopy. Natomiast w **ustroju lodowcowym** maksymalne stany wody są osiągane przez rzeki w okresie letnim w związku z topnieniem lodowców i lądolodów. Przykładem ustroju złożonego może być **ustrój śnieżno-deszczowy** (główne wezbranie jest związane z wiosennymi roztopami, natomiast drugie – z intensywnymi opadami w lecie) oraz **deszczowo-lodowcowy** (w którym wysokie stany wód są związane z opadami deszczu oraz topnieniem lodowców).



Ryc. IV.7.8. Sposoby zasilania rzek na świecie.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Przeanalizuj mapę sieci rzecznej Polski. Zlewiska których mórz znajdują się na terenie Polski?
2. Porównaj sieć rzeczną Ameryki Północnej i Ameryki Południowej.
3. Na podstawie mapy ze str. 247 wymień trzy największe obszary bezodpływowe na Ziemi. Podaj, w jakich znajdują się regionach świata oraz wskaż po dwa czynniki wpływające na występowanie obszarów bezodpływowych w każdym wymienionym regionie.
4. Wyjaśnij różnicę pomiędzy zlewnią i zlewiskiem oraz dorzeczem i działem wód.
5. Korzystając z mapy zasilania rzek na stronie 255 (ryc.IV.7.6.) oraz rodzajów ustrojów, wymień po trzy przykłady rzek do każdego z nich.
6. Porównaj ustroje rzeczne Nilu i Gangesu.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 251
- **Elementy sieci rzecznej:**
  - rzeka główna,
  - dopływy,
  - dorzecze,
  - zlewnia,
  - zlewisko,
  - dział wód.

s. 252
- **Profil podłużny rzeki:**
  - źródło,
  - bieg górny,
  - bieg środkowy,
  - bieg dolny,
  - ujście.

s. 253
- Czynniki wpływające na **wahania stanu wody**:
  - opady atmosferyczne,
  - topnienie śniegu i lodowców,
  - zatory lodowe,
  - parowanie,
  - rodzaj podłoża,
  - retencja.

s. 253
- **Klasyfikacja rzek:**
  - stałe,
  - okresowe,
  - epizodyczne.

s. 255
- **Podział ustrojów rzecznych:**



8. Typy genetyczne jezior i ich rozmieszczenie

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, jak wyjaśnić powstawanie różnych typów jezior na Ziemi.

Jezioro to obniżenie terenu stale lub okresowo wypełnione wodą niepodlegającą swobodnej wymianie z wodą morską. Jezioro jest zbiornikiem wód powierzchniowych, w którym **zasilanie przewyższa straty** spowodowane parowaniem bądź infiltracją lub odpływem. Trafiają do niego opady atmosferyczne, wody podziemne, powierzchniowe czy pochodzące z topnienia lodowców.

jezioro

zasilanie jezior

Wyróżnia się **jeziora i zbiorniki sztuczne (retencyjne)** (antropogeniczne) powstałe jako zbiorniki zaporowe. Zagłębienie, w którym powstało jezioro, nazywa się misą jeziorną.

jeziora i zbiorniki sztuczne (retencyjne)

Czynnikami sprzyjającymi **powstawaniu jezior** są:

powstawanie jezior

- procesy geomorfologiczne (prowadzące do powstania misy jeziornej),
- rodzaj skał podłoża,
- warunki klimatyczne.

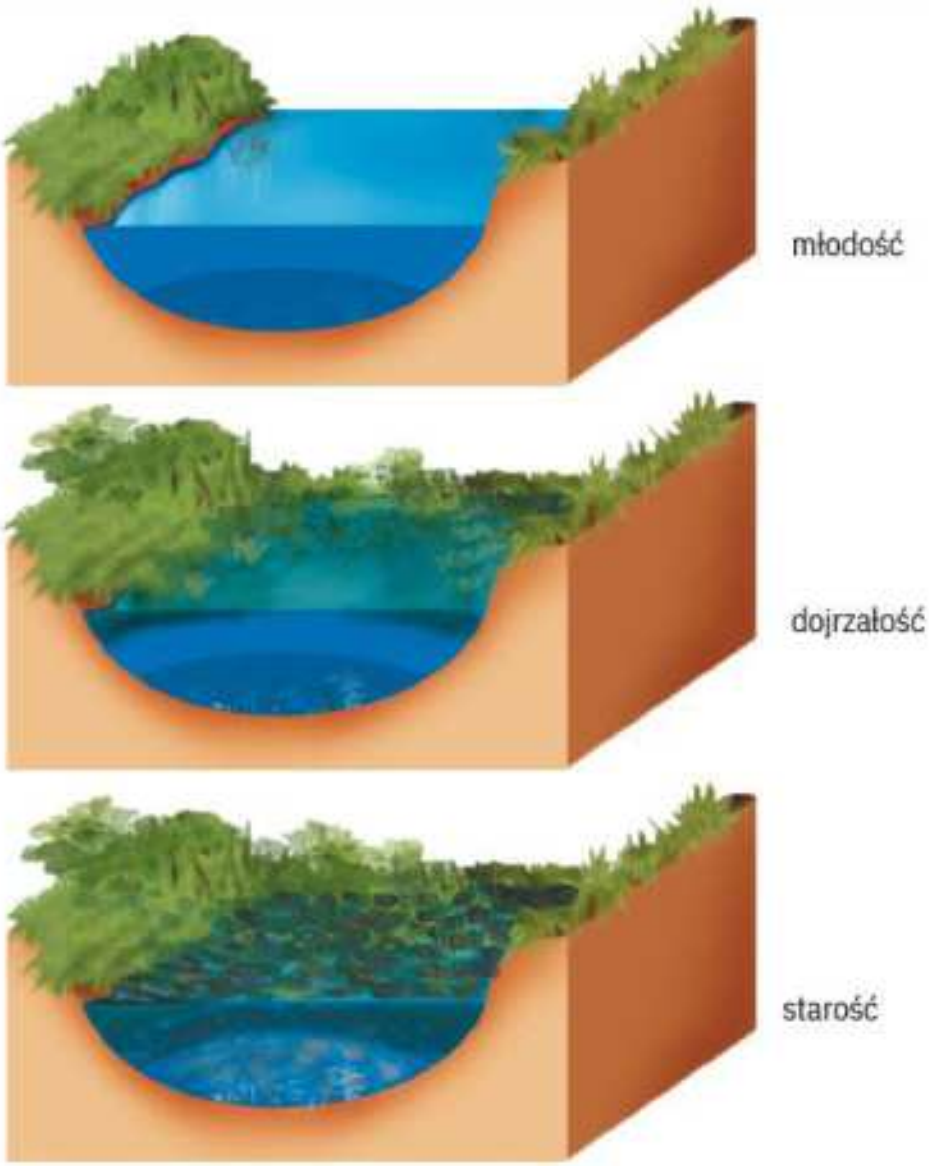
Etapy rozwoju jeziora

Biorąc pod uwagę żyzność wód, jeziora dzielimy na:

- oligotroficzne,
- eutroficzne,
- dystroficzne.

Jeziora **oligotroficzne** cechują się wysoką zawartością tlenu, ale są ubogie w składniki pokarmowe, co ogranicza rozwój organizmów roślinnych i zwierzęcych. Wody tych jezior są przezroczyste (np. Morskie Oko w Tatrach, Jezioro Hańcza). Jeziora **eutroficzne** są żyzne, mają dużą zawartość składników pokarmowych (zarówno mineralnych, jak i organicznych), wyróżniają się zielonkawym zabarwieniem pochodzącym z rozwoju planktonu (np. jeziora Śniardwy i Mamry). Jeziora **dystroficzne** to jeziora zarastające, o nadmiarze materii organicznej rozkładającej się w warunkach beztlenowych, zamulonym dnie i brunatnej barwie wody (np. Jezioro Rybie Oko w Parku Narodowym Bory Tucholskie).

W trakcie swojego istnienia jezioro może się przekształcić się z jeziora oligotroficznego (faza młodości jeziora) w eutroficzne (faza dojrzałości), a następnie dystroficzne (faza starości). Ostatnim etapem życia jeziora bywa jego zanikanie spowodowane zarastaniem postępującym od brzegów. Jezioro może także przekształcić się w obszar zabagniony, a następnie w torfowisko. Przyczynia się do tego stopniowe zamulanie dna materiałem naniesionym przez rzekę, a także działalność człowieka.



Ryc. IV.8.1. Etapy życia jeziora.

skład chemiczny jezior

Skład chemiczny jezior

Ze względu na skład chemiczny wyróżnia się jeziora:

- **słodkie** – o zawartości rozpuszczonych soli w wodzie poniżej 5 g/l,
- **słonawe** – o zawartości rozpuszczonych soli w wodzie 5–20 g/l,
- **słone** – o zawartości rozpuszczonych soli w wodzie powyżej 20 g/l.

Do najbardziej słonych jezior na świecie należy jezioro Gusgen w Turcji (o zasoleniu 368‰).

wymiana wód w jeziorze

Wymiana wód w jeziorze

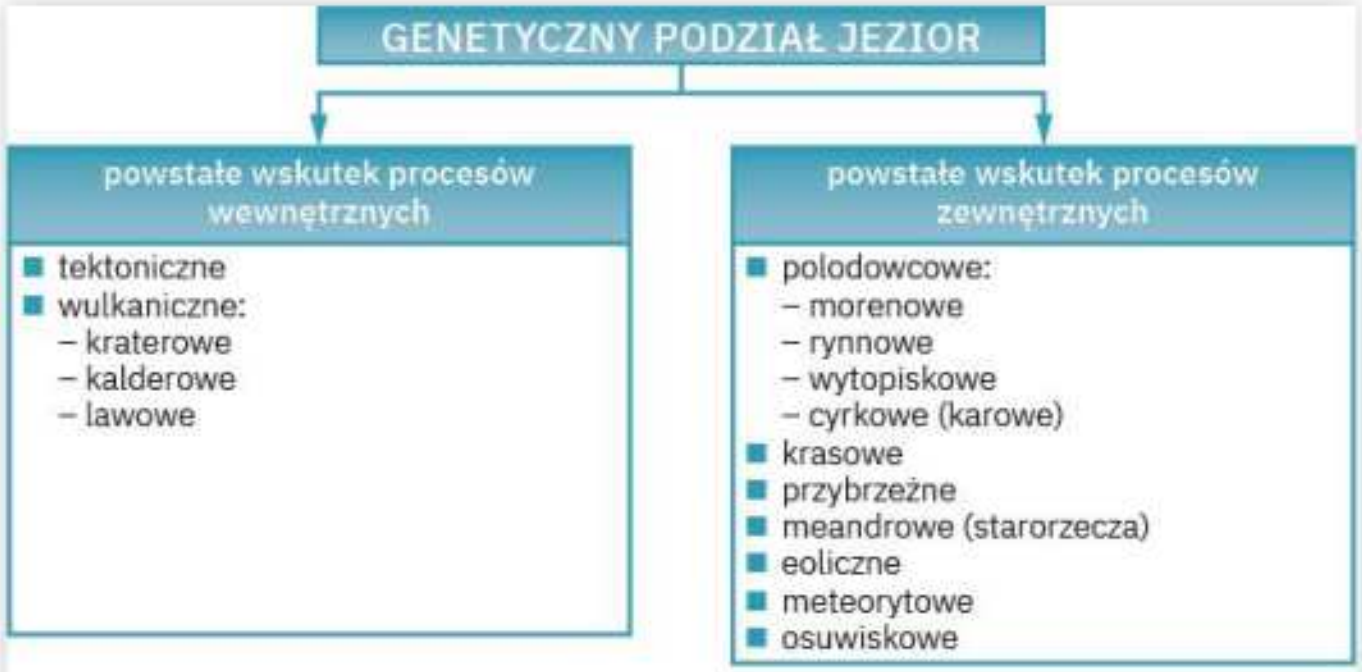
Pod względem wymiany wód jeziora dzieli się na:

- **przepływowe** – przyjmują i odprowadzają wody, np. Jezioro Bodeńskie;
- **bezodpływowe** – nie wypływają z nich żadne cieki powierzchniowe, nie mają połączenia z oceanem, a straty wynikające z parowania są równoważone przez dopływ wód, np. Morze Kaspijskie;
- **odpływowe** – woda jest tylko odprowadzana z jeziora, zasilanie odbywa się przez opady atmosferyczne; np. Jezioro Tana w Etiopii, które daje początek Nilowi Błękitnemu.

Klasyfikacja genetyczna jezior

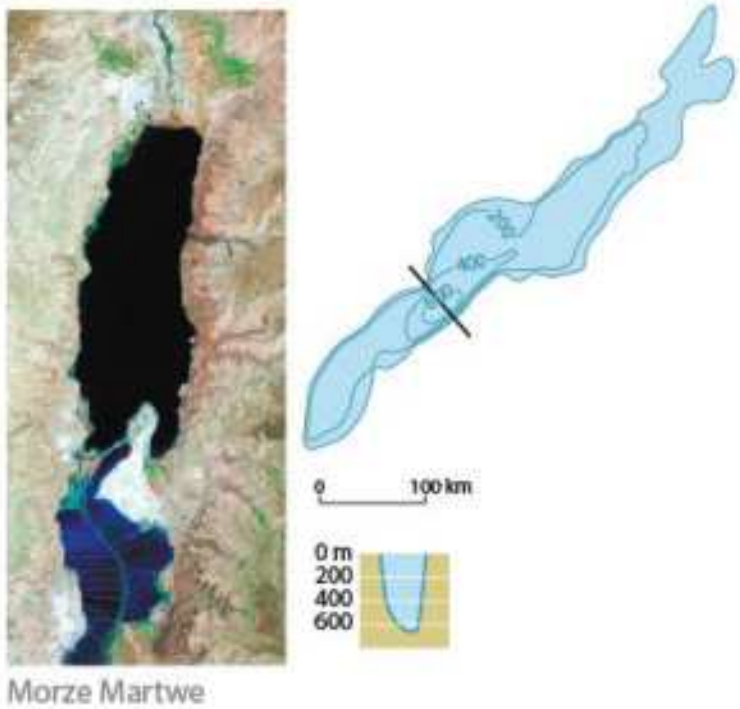
◂ klasyfikacja jezior

Podział jezior ze względu na pochodzenie misy jeziornej (typ genetyczny):



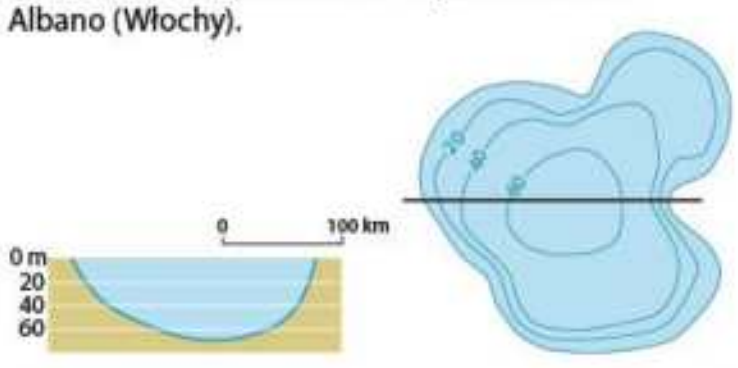
Ryc. IV.8.2. Genetyczny podział jezior.

Jeziora tektoniczne ze względu na dużą głębokość gromadzą około 95% zasobów wszystkich wód jeziornych. Powstały wskutek ruchów skorupy ziemskiej i występują najczęściej w rozpadlinach tektonicznych. Przykładem takiego zbiornika jest Bajkał (Rosja) – najgłębsze jezioro na świecie (1642 m głębokości). Dno tego jeziora znajduje się na wysokości –1186 m p.p.m., co oznacza, że występuje tu największa na świecie kryptodepresja (poziom lądu poniżej poziomu morza przykryty wodami zbiornika). Inne przykłady jezior tektonicznych to: Morze Martwe, Jezioro Niasa (Malawi), Jezioro Tanganika i Jezioro Wiktorii w Afryce.



Morze Martwe

Jeziora lawowe powstają wskutek erupcji wulkanów. Misy jezior tworzą się wówczas w zagłębieniach u wylotu stożka wulkanicznego (kraterach) lub po zapadnięciu się górnej części stożka (w kalderach) – jeziora kraterowe i kalderowe, oraz wskutek zatamowania odpływu wody przez zastygłe potoki lawy (jeziora lawowe). Przykładami jezior wulkanicznych są Jezioro Kraterowe (USA, Oregon), Jezioro Toba (Indonezja) oraz Jezioro Albano (Włochy).





Crater Lake

Jeziora polodowcowe

Występują najliczniej w Europie, Azji i Ameryce Północnej, a ich skupiska tworzą malownicze pojezierza. Powstają na skutek akumulacyjnej i erozyjnej działalności lądolodu, lodowców górskich i wód lodowcowych. Wśród nich wyróżniamy jeziora:

cyrkowe (karowe)

To niewielkie, głębokie, okrągłe jeziora zajmujące kotły polodowcowe (dawne pola firnowe), np. Czarny Staw pod Rysami.



Czarny Staw

rynnowe

Są to długie, wąskie i kręte jeziora o zróżnicowanej głębokości, leżące w rynnach polodowcowych, np. Gopło, Jeziorak, Como, Garda (Włochy).

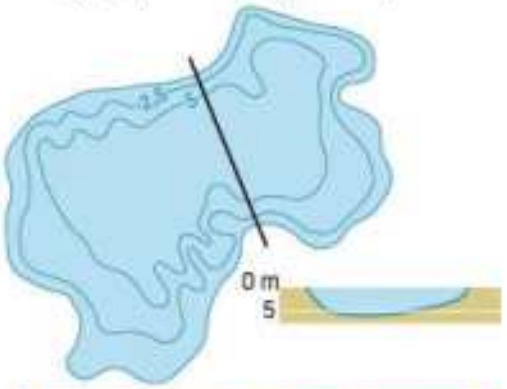




Jezioro Como

morenowe

Zajmują zagłębienia na obszarze moreny dennej lub powstały w wyniku zablokowania moreną czołową odpływu wód z doliny; są płytkie i rozległe, np. Śniardwy, Mamry.

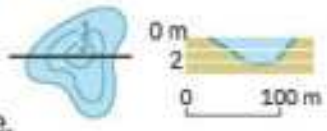




Jezioro Śniardwy

wytopiskowe (oczka)

Powstałe w zagłębieniach wypełnionych pierwotnie „martwym" lodem; są małe, okrągłe i stosunkowo głębokie, najczęściej bez nazwy, np. jeziora w okolicach Suwałk.

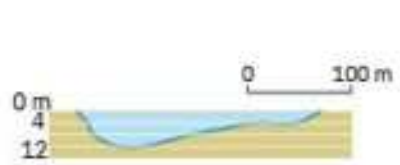


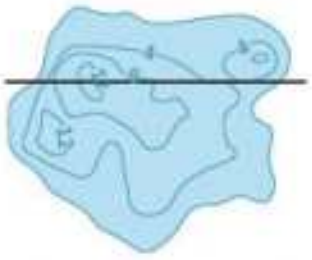
Jeziora meteorytowe to jeziora wypełniające zagłębienia po zderzeniu meteorytu z powierzchnią Ziemi (np. Jezioro Kara-kul w Tadżykistanie).



Clearwater East i West (Quebec, Kanada)

Jeziora krasowe występują w zagłębieniach, w których zachodzą procesy krasowe, czyli rozpuszczania skał węglanowych (wapieni, dolomitów). Jeziorami tego typu są Jeziora Plitwickie na Chorwacji.







Jeziora Plitwickie

Jeziora reliktowe to pozostałości dawnych mórz (np. Morze Kaspijskie czy Jezioro Aralskie). Jeziora przybrzeżne (podtyp jezior reliktowych np. Jezioro Łebsko, Jezioro Jamno) występują wzdłuż płaskich wybrzeży, a ich misy są pozostałościami oddzielonych od morza dawnych zatok czy lagun.



Jezioro Aralskie

Jeziora meandrowe są fragmentami dawnego koryta rzecznego (starorzecza), które zostało odcięte w wyniku zmian biegu rzeki.



Jeziora osuwiskowe powstają wskutek przegrodzenia koryta rzeki przez osunięcie się materiału skalnego. Przykładami tego typu jezior są Jeziora Duszatyńskie w Bieszczadach. Powstały one w 1907 r., kiedy po roztopach i ulewnych deszczach osuwisko skalne schodzące ze stoków Chryszczatej zagrodziło odpływ potoku Olchowatego (dopływ Osławy) w pobliżu miejscowości Duszatyn.

Jeziora eoliczne (podtyp jezior meandrowych) tworzą się w zagłębieniach powstałych wskutek wywiewania piasku i okruchów skalnych przez wiatr (misy deflacyjne).

Zbiorniki sztuczne

Zbiorniki sztuczne (retencyjne) to zbudowane przez człowieka zbiorniki, najczęściej wykorzystywane jako zbiorniki zaporowe (retencyjne). Pełnią one różne funkcje, takie jak: ochrona przeciwpowodziowa, zbiorniki wody pitnej, przeciwpożarowej, dla zakładów przemysłowych, do nawadniania pól, funkcje sportowe i rekreacyjne czy energetyczne. Na wielu zbiornikach zaporowych zbudowano elektrownie wodne.

◀ jeziora sztuczne



Ryc. IV.8.3. Zapora Trzech Przełomów na Jangcy w Chinach.

Jezioro zaporowe o największej pojemności zostało wydzielone Zaporą Kariba Zambezi w Zambii i Zimbabwe, mieści w sobie 180,6 km³ wody. Z kolei elektrownia wodna o największej mocy, wynoszącej 22,5 mln megawatów, znajduje się w Chinach na Zaporze Trzech Przełomów na Jangcy. Zbiornik retencyjny na rzece Jangcy ma powierzchnię 1084 km², a jego długość wynosi 600 km. Pojemność całkowita zbiornika wynosi ok. 40 km sześciennych. Najwyższa zapora znajduje się również w Chinach – to Jinping-I na Yalong mierząca 305 m wysokości. W Polsce największym jeziorem zaporowym pod względem pojemności zbiornika retencyjnego jest Jezioro Solińskie na Sanie – mieści 0,47 km³ wody. Pod względem powierzchni w Polsce największe jest Jezioro Włocławskie na Wiśle – ma 70,4 km².

Gospodarcze znaczenie jezior

Jeziora stanowią atrakcję turystyczną – kąpieliska przyciągają zarówno osoby poszukujące relaksu, jak i uprawiające sport, na przykład windsurfing czy żeglarstwo. Duże nagromadzenie jezior na danym obszarze nazywamy pojezierzem (np. Pojezierze Mazurskie, Fińskie czy Meklemburskie). Na pojezierzach często poszczególne jeziora są połączone w sposób naturalny lub sztuczny, dzięki czemu przyciągają żeglarzy i chętnych do spływów kajakowych. Ponadto jeziora są wykorzystywane gospodarczo – do połowów ryb, przewozu towarów (żegluga śródlądowa), a jeziora zaporowe stanowią element ochrony przeciwpowodziowej, służą jako ujęcia wody pitnej i do produkcji energii elektrycznej. Z mis jeziornych po przekształceniu w bagna lub torfowiska wydobywa się surowce mineralne, takie jak: kreda jeziorna, ił, torfy, sól.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Przeczytaj poniższy fragment tekstu z raportu na temat jeziora Śniardwy. Następnie korzystając z atlasu, wyjaśnij, dlaczego Śniardwy są rezerwuarem wody dla Warszawy.

   Jezioro Śniardwy zasilane jest bezpośrednio z Jeziora Mikołajskiego, rzeki Orzyszy płynącej z jeziora Tyrkło, oraz z jezior Łuknajno i Tuchlin. Odpływ wód z jeziora Śniardwy do jeziora Roś zachodzi przez Kanał Jegliński oraz rzekę Wyszkę poprzez jezioro Białoławki. Dzięki połączniu jeziora Roś przez rzeki Pisę i Narew, jezioro Śniardwy i cała południowa część kompleksu Wielkich Jezior Mazurskich jest strategicznym rezerwuarem wody pitnej dla Polski centralnej, w tym przede wszystkim przez sztuczne Jezioro Zegrzyńskie, powstałe na skutek spiętrzenia wód rzeki Bug–Narwi, zasila w wodę pitną mieszkańców aglomeracji warszawskiej. Tak więc oddalone o prawie 200 km jezioro Śniardwy decyduje pośrednio o ilości i jakości wody pitnej dla mieszkańców Warszawy i woj. mazowieckiego.

   Źródło: R. Chróst, *Mazurskie Morze. Ocena aktualnego stanu jakości ekologicznej wód oraz analiza zagrożeń eutrofizacyjnych systemu jeziora Śniardwy*, 2012, s. 3.

2. Opisz w zeszycie jezioro znajdujące się najbliżej twojego miejsca zamieszkania. Określ jego położenie, powierzchnię, głębokość oraz znaczenie dla gospodarki. Przedstaw także infrastrukturę znajdującą się w okolicy jeziora, jeśli spełnia ona funkcję rekreacyjną (np. sklepy, parkingi, miejsca kempingowe).

3. Przerysuj tabelę do zeszytu i przyporządkuj wymienione niżej typy genetyczne jezior do odpowiednich rubryk tabeli.

   krateroweе, cyrkowe (karowe), tektoniczne, eoliczne, przybrzeżne, meandrowe, kalderowe

Powstałe wskutek procesów zewnętrznych	Powstałe wskutek procesów wewnętrznych
1)	1)
2)	2)
3)	3)
4)	

Wyjaśnij powstawanie jezior cyrkowych (karowych).

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Jezioro** to obniżenie terenu stale lub okresowo wypełnione wodą niepodlegającą swobodnej wymianie z wodą morską. Zagłębienie, w którym powstało jezioro, nazywa się misą jeziorną. ◂ s. 259
- **Jeziora mogą być zasilane**: ◂ s. 259
  - opadami atmosferycznymi,
  - wodami podziemnymi,
  - wodami powierzchniowymi,
  - wodami pochodzącymi z topnienia lodowców.
- Ze względu na **pochodzenie** wyróżnia się **jeziora naturalne oraz sztuczne** (antropogeniczne). ◂ s. 259
- **Powstawaniu jezior sprzyjają następujące czynniki:** ◂ s. 259
  - procesy geomorfologiczne (prowadzące do powstania misy jeziornej),
  - rodzaj skał podłoża,
  - warunki klimatyczne.
- **Klasyfikacje jezior** według różnych kryteriów: ◂ s. 261

KRYTERIA KLASYFIKACJI JEZIOR

wymiana wód	żyzność wód	skład chemiczny	typy genetyczne jezior
■ przepływowe ■ bezodpływowe	■ oligotroficzne ■ eutroficzne ■ dystroficzne	■ słodkie ■ słone ■ słonawe	■ tektoniczne ■ wulkaniczne – kraterowe – kalderowe ■ polodowcowe – morenowe – rynnowe – cyrkowe (karowe) ■ meteorytowe ■ osuwiskowe ■ reliktowe ■ przybrzeżne ■ krasowe ■ eoliczne ■ jeziora w starorzeczach

9. Lodowce i lądolody: przyczyny powstawania i ich rozmieszczenie

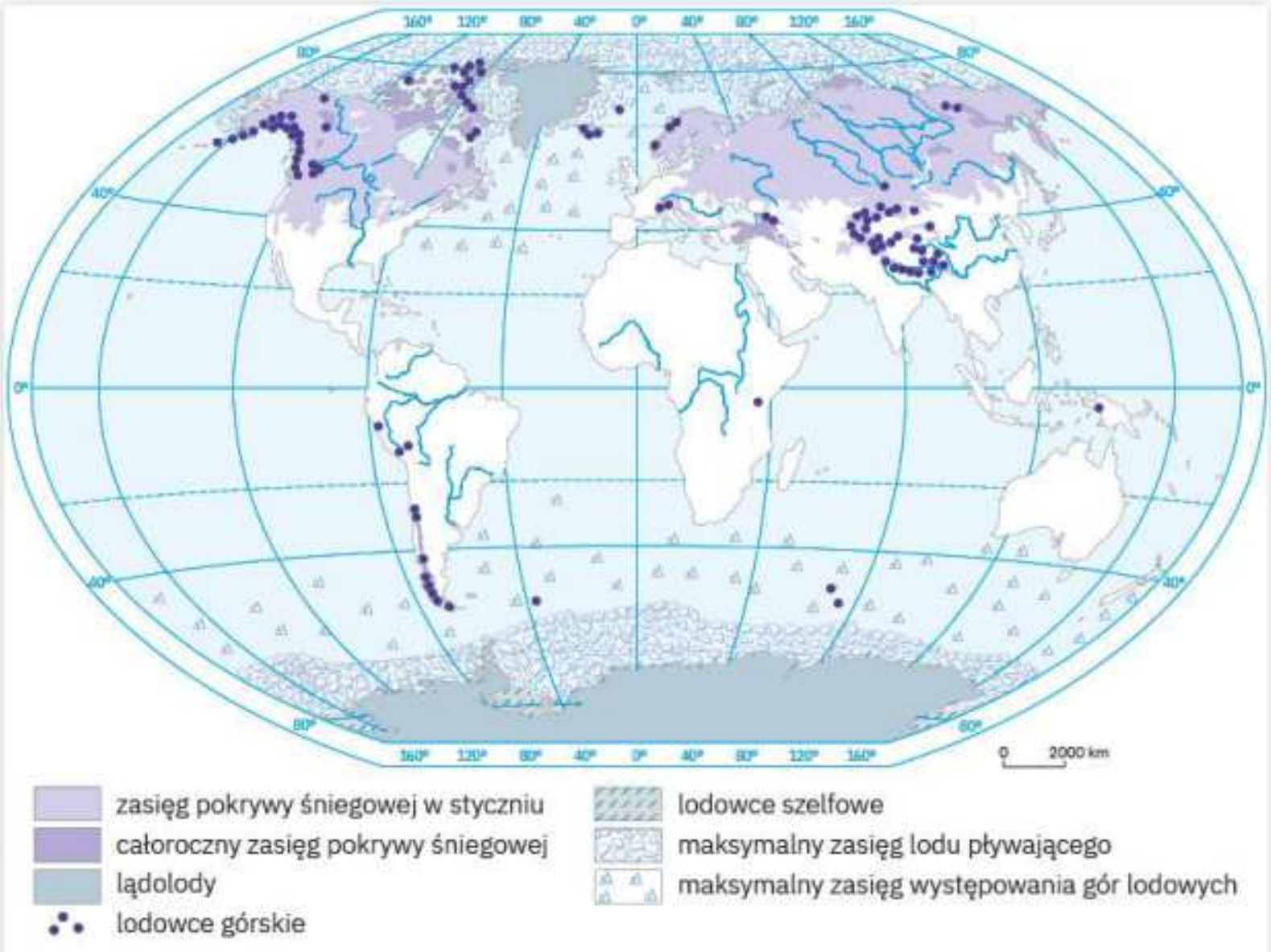
NA TEJ LEKCJI:

- nauczysz się, jak powstają lodowce;
- dowiesz się, gdzie na Ziemi znajdują się lodowce.

Jak powstają lodowce

lodowiec

Lodowcem określa się masę lodu, która powstała z nagromadzonego śniegu i wykonuje powolny, ale stały ruch. W lodowcach jest zgromadzone około 69% wody słodkiej, choć obecnie pokrywają one około 11% powierzchni Ziemi. Współczesne lądolody są pozostałością zlodowaceń plejstoceńskich, które kilkanaście tysięcy lat temu obejmowały około 30% powierzchni Ziemi, sięgając w Ameryce Północnej do równoleżnika 40°N (lądolód kanadyjski), a w Europie do 50°N (lądolód skandynawski). W Europie lądolód sięgał



Ryc. IV.9.1. Obszary występowania lodowców i pokrywy śnieżnej na świecie.

do południowej części Wysp Brytyjskich, środkowych Niemiec oraz południowej części Polski. Poza zasięgiem zlodowacenia tworzyły się lodowce górskie między innymi w Tatrach (dzisiaj nie występują), a te w Alpach i Himalajach znacznie zwiększyły swój zasięg.

powstawanie lodowców

Warunki sprzyjające tworzeniu się lodowców to:

- położenie powyżej granicy wiecznego śniegu, czyli tam, gdzie więcej śniegu spada, niż się go topi;
- istnienie płaskich powierzchni z formami wklęsłymi, na których śnieg może się gromadzić i przekształcać w lód (pola firnowe);
- warunki klimatyczne – klimat sprzyjający dużej liczbie opadów śniegu, utrzymywanie się przez większą część roku temperatury poniżej 0°C.

Wysokość granicy wiecznego śniegu nad poziomem morza zmienia się w zależności od szerokości geograficznej. Najwyżej przebiega ona na zwrotnikach (6000 m n.p.m.) ze względu na małą ilość opadów i wysoką temperaturę. Na równiku obniża się do około 5000 m n.p.m. z powodu zwiększenia opadów. Od zwrotników w kierunku biegunów granica wiecznego śniegu obniża się do poziomu morza.



Ryc. IV.9.2. Wysokość granicy wiecznego śniegu w zależności od szerokości geograficznej.

lód lodowcowy

Lód lodowcowy tworzy się pod wpływem gromadzenia się kolejnych warstw śniegu. Świeży śnieg ma małą gęstość i charakteryzuje się dużą zawartością powietrza (90%). Podczas wielokrotnego rozmarzania i zamarzania śnieg częściowo topi się i zamienia w wodę, która wnika w jego szczeliny, a następnie przekształca się w „lodową kaszę", czyli firn. Powstałe ziarenka lodu pod wpływem dalszego topnienia i zamarzania oraz wzrostu ciśnienia spowodowanego naciskiem kolejnych warstw przekształcają się w lód firnowy. Dal-



Ryc. IV.9.3. Etapy przekształcania śniegu w lód lodowcowy.

szy wzrost ciśnienia powoduje łączenie się kryształków lodu i spadek zawartości powietrza. Masa lodu staje się plastyczna, a lód lodowcowy zaczyna się poruszać w dennej strefie pola firnowego pod wpływem nacisku nadległych warstw. Lodowiec w postaci jęzora lodowcowego występuje z pola firnowego i zaczyna się przemieszczać pod wpływem siły grawitacji. Prędkość ruchu lodowca wynosi:

- w Alpach 20–40 cm na dobę,
- w Himalajach 200–350 cm na dobę,
- na Grenlandii (obrzeże lądolodu) 3–27 m na dobę,
- na Antarktydzie (wybrzeże) 1–3 m na dobę.

podział lodowców

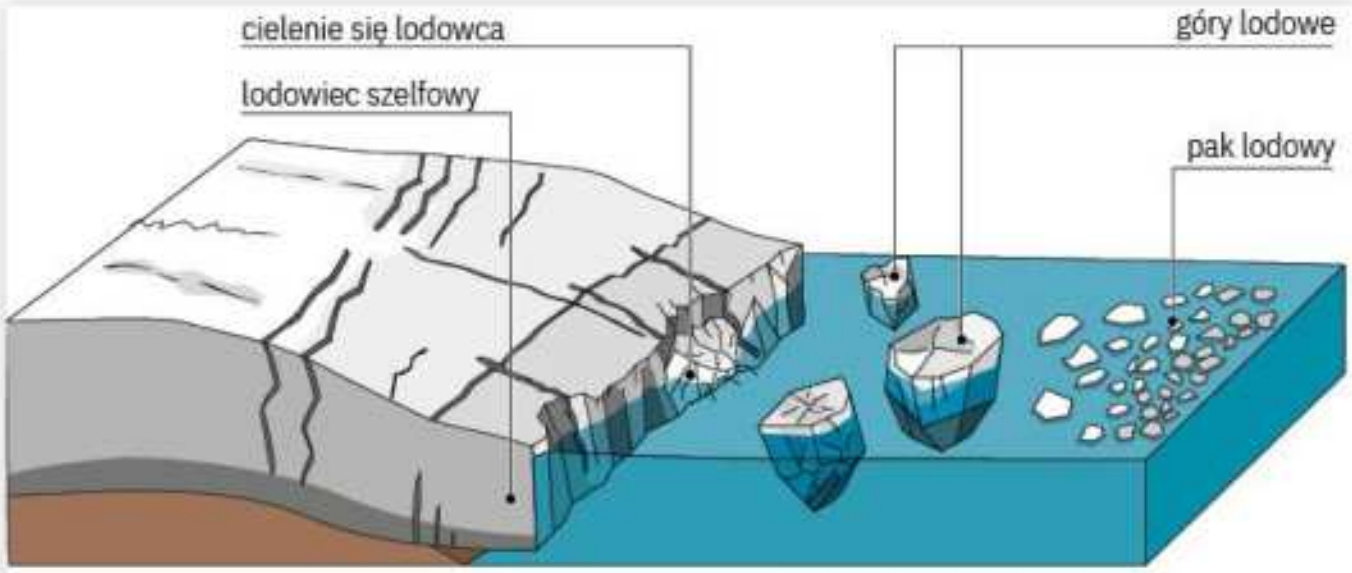
Klasyfikacja lodowców

Lodowce dzielimy na:

- lądolody – występują w strefach okołobiegunowych, mają ogromną powierzchnię, wypukły kształt; ich ruch odbywa się od centralnej części we wszystkich kierunkach;
- lodowce górskie – tworzą się na wypłaszczeniach obszarów o rzeźbie górskiej; przemieszczają się w kierunku dolin; ich ruchoma cześć nazywa się jęzorem lodowcowym.

Największy lądolód na świecie występuje na Antarktydzie – jego powierzchnia wynosi 14 mln km², a grubość sięga do 4800 km (średnio 2300 km). Lądolód Antarktydy skupia 61% wody słodkiej na Ziemi. Gdyby uległ całkowitemu stopieniu, to poziom wody w morzach i oceanach zwiększyłby się o 58 m. Lądolody spływają w kierunku wybrzeży – tam zanurzając się w wodzie, tworzą lodowce szelfowe (np. Bariera Lodowa Rossa o długości 900 km). Unoszą się w morzu i mogą dzielić się na mniejsze fragmenty zwane górami lodowymi. Proces ten nazywa się cieleniem się lodowca.

Lądolód Grenlandii ma powierzchnię 1,7 mln km², a jego maksymalna miąższość przekracza 3 km (średnio 2 km). Pokrywa lądolodu na Grenlandii obejmuje około 80% powierzchni wyspy i w większości nie dochodzi do wybrzeży. Dlatego też nie tworzą się tutaj większe lodowce szelfowe. Na Oceanie Arktycznym i Południowym występuje dryfująca pokrywa lodowa (pak lodowy).



Ryc. IV.9.4. Typy lodowców na powierzchni wód.



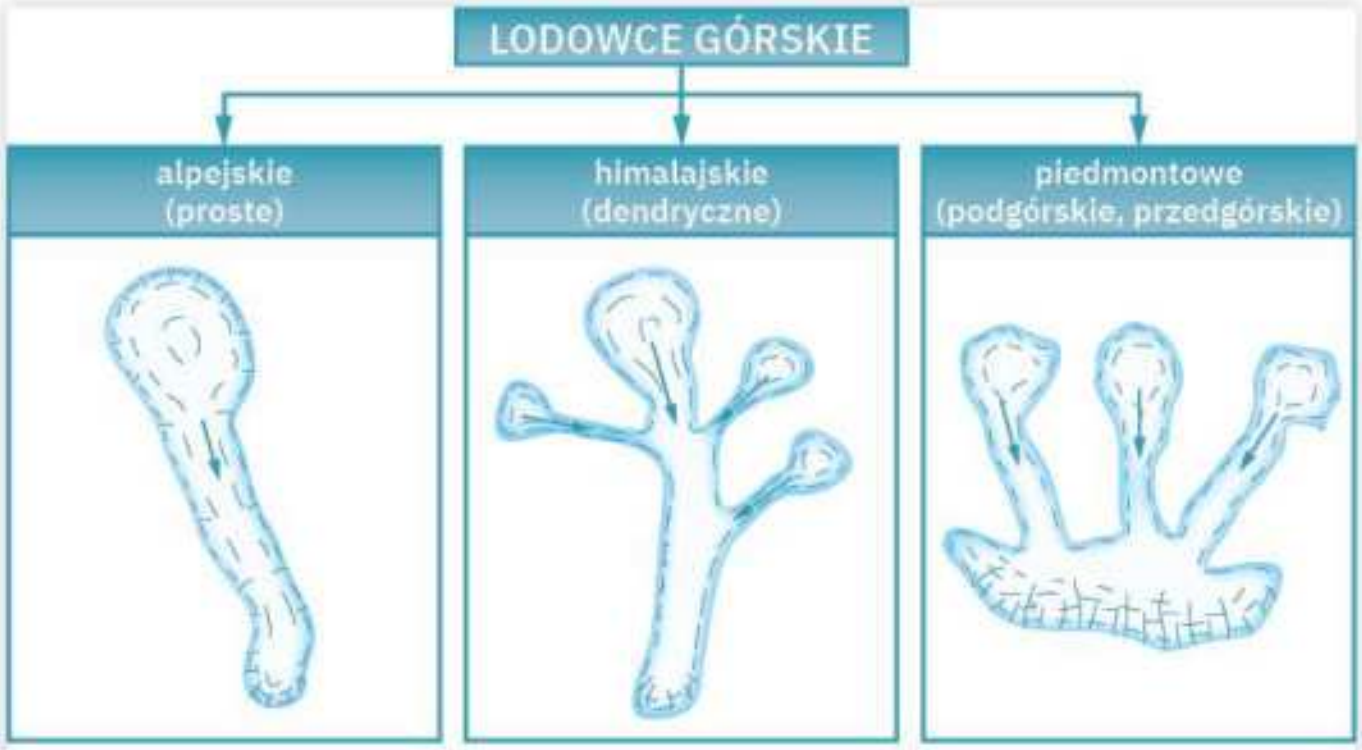
Ryc. IV.9.5. Góra lodowa u wybrzeży Antarktydy.



Ryc. IV.9.6. Pokrywa lodowa na Oceanie Arktycznym.

Wyróżnia się następujące rodzaje lodowców:

- **alpejski** – to jedno pole firnowe i jeden język lodowcowy spływający w dół doliny; występuje np. w Alpach, Andach, na Kaukazie;
- **lodowiec himalajski** – tworzy go kilka pól firnowych, z których wychodzące języki lodowcowe łączą się w jeden główny język; lodowce tego typu znajdują się w Himalajach, Karakorum, Pamirze;
- **lodowiec pirenejski** – jest zbudowany z jednego pola firnowego, brak w nim języków lodowcowych, ma małą powierzchnię, wypełnia zagłębienia terenu, tworząc cyrki lodowcowe; występuje w Pirenejach, Górach Stanowych, Górach Wierchojańskich;
- **lodowiec piedmontowy** – podgórski; tworzy go kilka języków lodowcowych spływających z pól firnowych i łączących się w jedną pokrywę lodową na przedpolu gór; występuje na Alasce, w Górach Skalistych;
- **lodowiec fieldowy** – to rozległe pole firnowe mające postać czapy lodowej o krótkich językach lodowcowych; tworzy się na rozległych wierzchowinach; lodowce tego typu znajdują się na Islandii, w Skandynawii, na wyspach arktycznych.



Ryc. IV.9.7. Lodowce górskie – podział ze względu na wielkość i kształt.

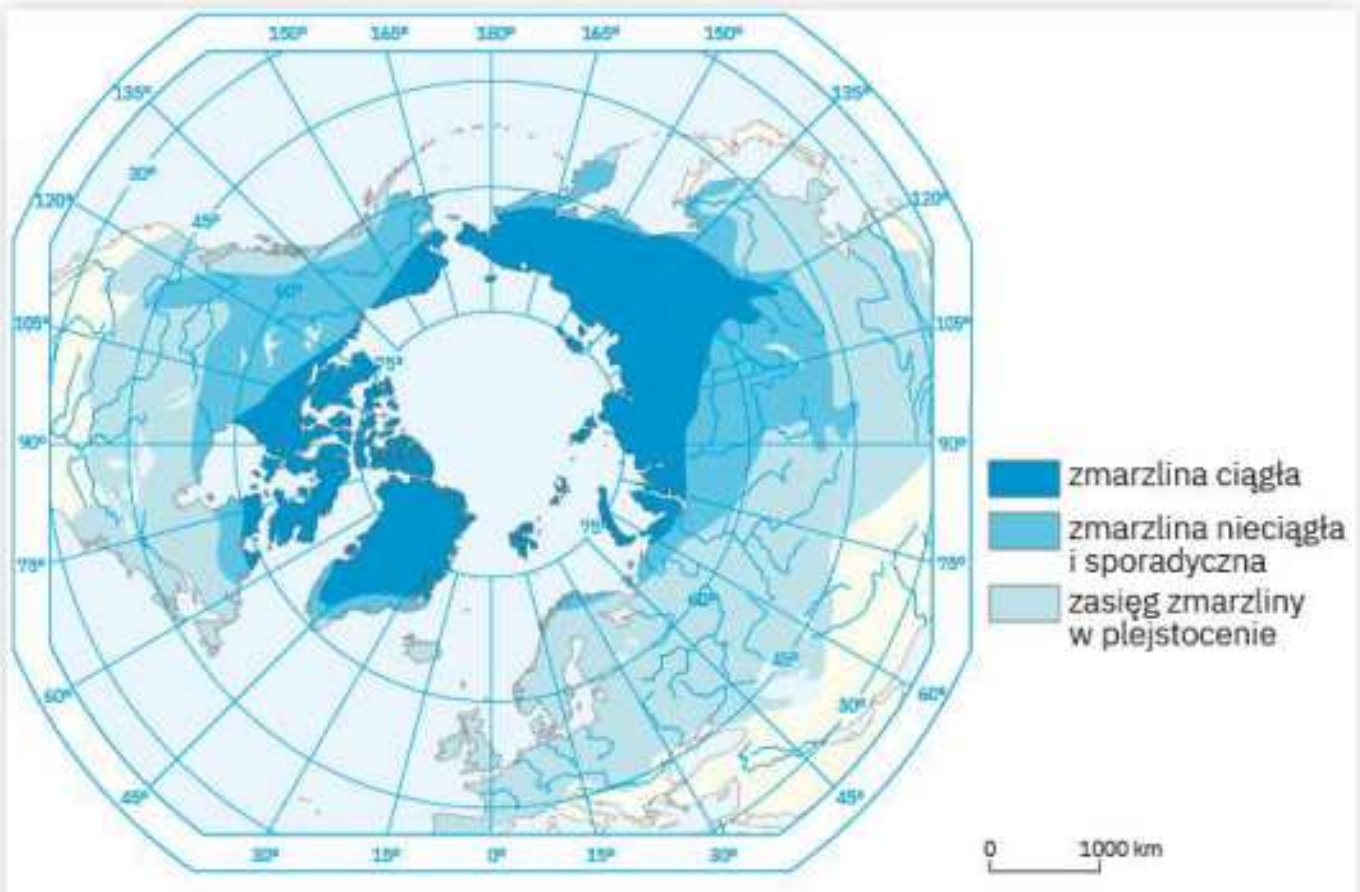


Ryc. IV.9.8. Lodowiec górski Aletsch w Alpach Szwajcarskich.

Występowanie wiecznej zmarzliny

wieczna zmarzlina

Z występowaniem lądolodów jest związana **wieczna zmarzlina** (zwana też wieczną marzłocią). To stale zamarznięta warstwa gruntu pod powierzchnią ziemi, w której lód wypełnia wszelkie szczeliny i wolne przestrzenie. Wieczna zmarzlina obejmuje około 14% powierzchni Ziemi. W zależności od średniej temperatury powietrza głębokość wiecznej zmarzliny sięga od kilku metrów do 1,5 km. Jeśli średnia temperatura roczna wynosi poniżej –8°C, wieczna marzłoć ma charakter ciągły, natomiast w przedziale od –4 do –8°C – występuje wyspowo.



Ryc. IV.9.9. Współczesne i plejstoceńskie występowanie wieloletniej zmarzliny.

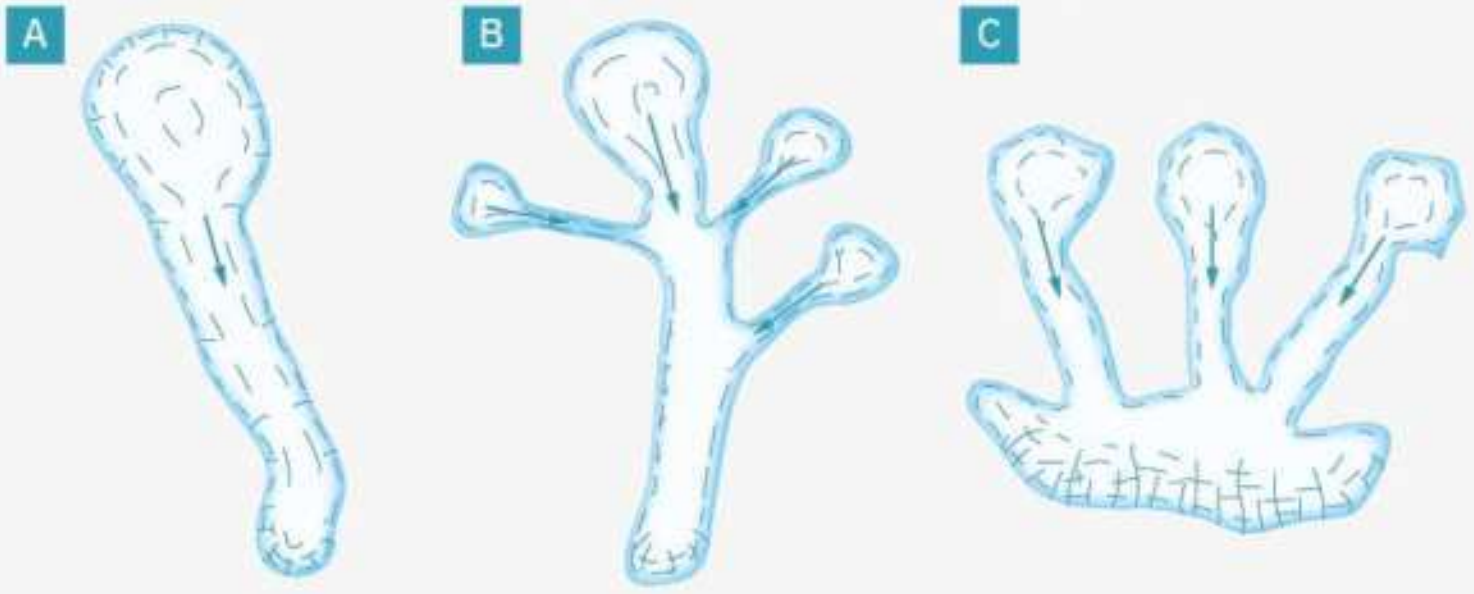
ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij jak powstaje lód lodowcowy.
2. Granica wiecznego śniegu w Tatrach przebiega na wysokości 2200 m n.p.m. Wyjaśnij, dlaczego w tych górach nie występują obecnie lodowce.
3. Podaj podział lodowców górskich.
4. Wyjaśnij pojęcie „wieczna zmarzlina". Korzystając z mapy, wymień regiony na świecie, w których występuje wieczna zmarzlina. Jakie znaczenie ma wieczna zmarzlina dla działalności człowieka?
5. Oceń prawdziwość poniższych zdań. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeśli zdanie jest fałszywe. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

1.	Wysokość granicy wiecznego śniegu wzrasta od równika ku zwrotnikom.	P	F
2.	Wysokość granicy wiecznego śniegu wzrasta od bieguna ku zwrotnikom.	P	F
3.	Granica wiecznego śniegu jest położona najwyżej na zwrotnikach ze względu na niskie temperatury i obfite opady.	P	F

6. Przyporządkuj podane niżej rodzaje lodowców do rysunków.

himalajski, alpejski, fieldowy, piedmontowy, pirenejski



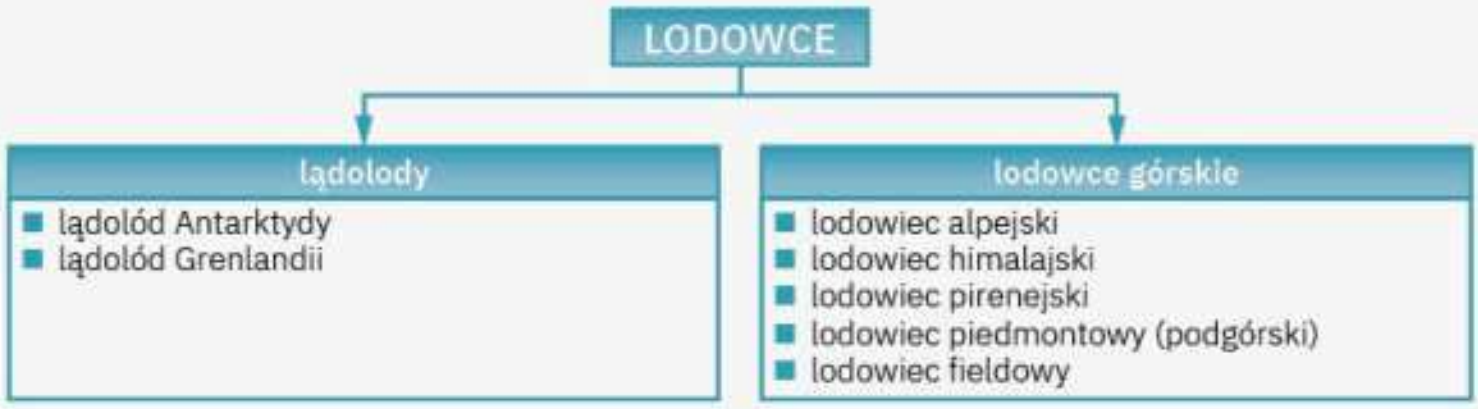
Wyjaśnij, w jaki sposób powstają lodowce piedmontowe i podaj przykład ich występowania.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Lodowcem** określamy masę lodu, która powstała z nagromadzonego śniegu i wykonuje powolny, ale stały ruch. W lodowcach jest zgromadzone około 69% wody słodkiej, choć obecnie pokrywają one około 11% powierzchni Ziemi. s. 266
- Warunki niezbędne do **powstania lodowców**: s. 267
  - położenie powyżej granicy wiecznego śniegu,
  - płaskie lub wklęsłe powierzchnie (pola firnowe),
  - warunki klimatyczne (temperatura powietrza poniżej 0°C, opady śniegu).

s. 267 ▸ • Etapy przekształcania śniegu w **lód lodowcowy**:
– śnieg,
– firn,
– lód firnowy,
– lód lodowcowy.

s. 268 ▸ • **Podział lodowców:**



10. Gospodarcze i społeczne skutki zanikania pokrywy lodowej

NA TEJ LEKCJI:

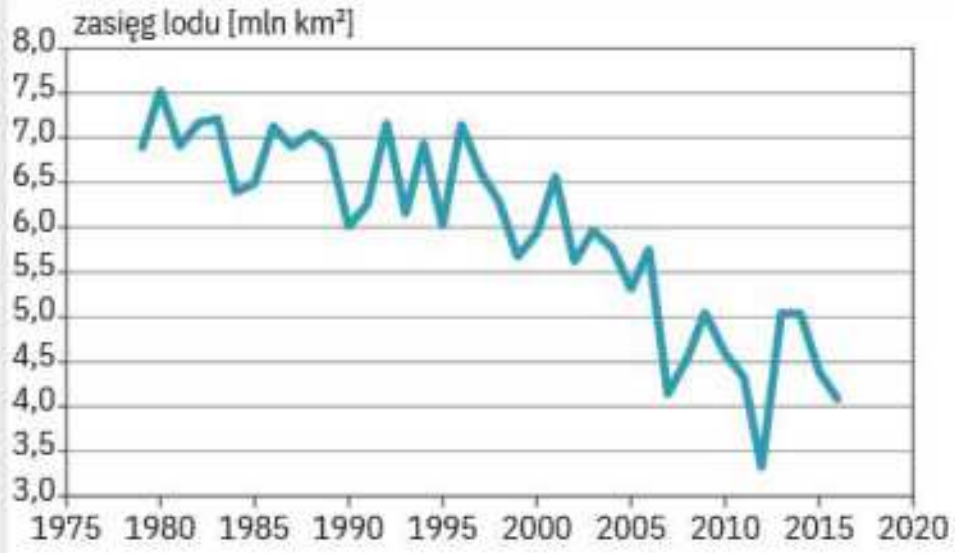
- poznasz, jaki wpływ na gospodarkę, życie mieszkańców i ich tożsamość kulturową ma proces zanikania pokrywy lodowej w obszarach okołobiegunowych.

Globalne ocieplanie klimatu powoduje topnienie pokryw lodowych. Najbardziej widoczne zmiany następują w obszarach okołobiegunowych półkuli północnej. Zasięg pokrywy lodowej Arktyki podczas sezonowego minimum (we wrześniu) w latach 1980–2016 zmniejszył się z 7,5 mln do 4,1 mln km² (o ponad 40%). Minimum zasięgu pokrywy lodowej zaobserwowano w 2012 roku (3,4 mln km²).

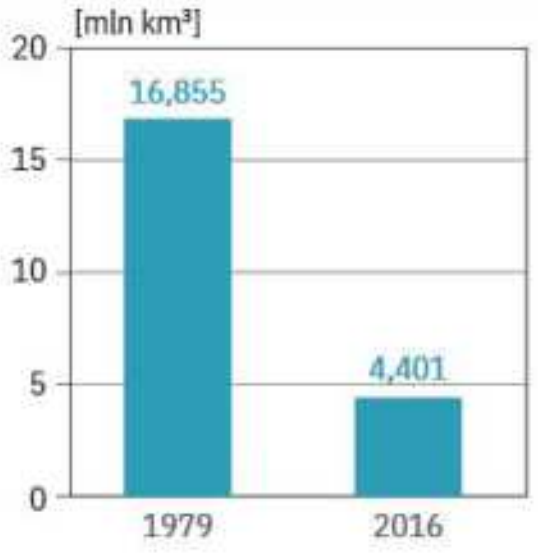
Oprócz zmian w zasięgu pokrywy lodowej można zaobserwować także zmiany w jej objętości. W okresie 1979–2016 pokrywa lodowa Arktyki straciła prawie ¾ swojej objętości. Średnie tempo kurczenia się pokrywy lodowej w ciągu dekady od 1978 r. wynosi 3,5–4,1%.

konsekwencje zanikania pokryw lodowych ▸ Zanikanie lodowców na Oceanie Arktycznym spowodowane podnoszeniem się średniej rocznej temperatury na Ziemi niesie za sobą **szereg konsekwencji gospodarczych i społecznych**. Wzrost poziomu morza (gdyby stopniały wszystkie lodowce na Ziemi, podniósłby się on o około 70 m) może doprowadzić do zalania

terenów nadmorskich, zwłaszcza położonych w depresji (w Polsce wzrost poziomu morza o 1 m spowodowałby zalanie Żuław Wiślanych). Zagrożenie zalaniem dotyczyłoby plaż, terenów rolniczych, portów morskich, terenów mieszkaniowych położonych blisko morza czy zbiorników wody słodkiej.

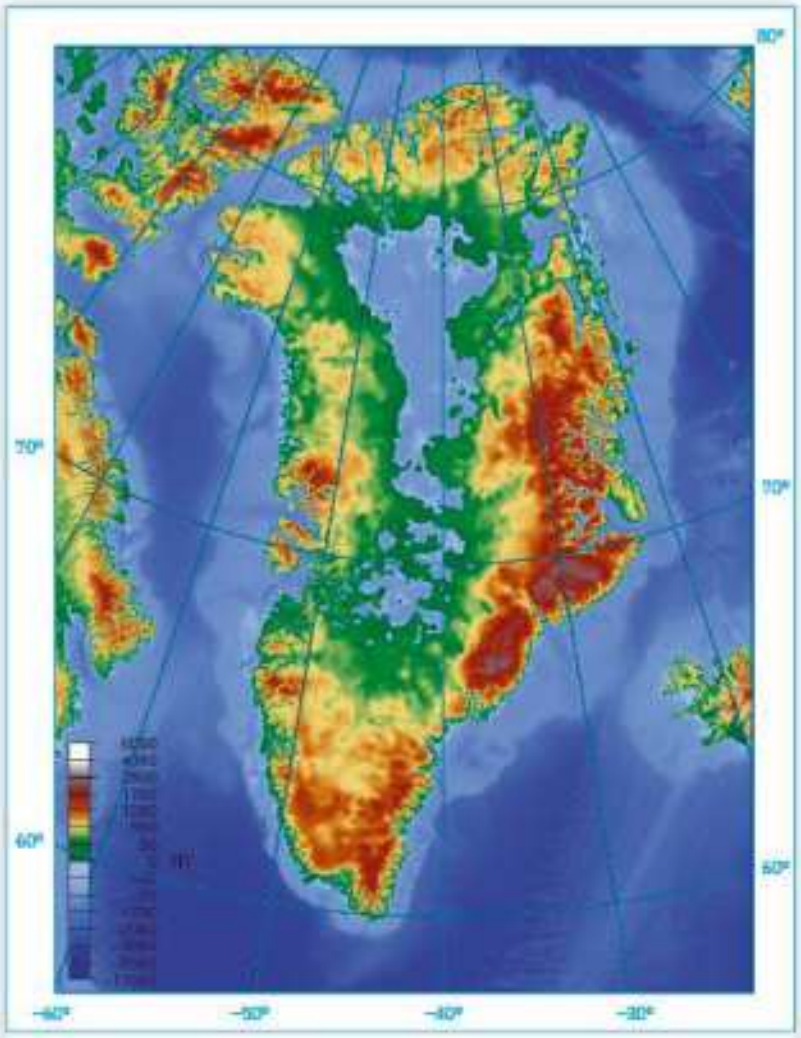


Ryc. IV.10.1. Zasięg lodu w Arktyce podczas wrześniowego minimum.



Ryc. IV.10.2. Zmiany w minimalnej objętości pokrywy lodowej Arktyki w latach 1979–2016 (w mln km³).

Lodowce są ogromnym rezerwuarem wody słodkiej, więc ich zniknięcie mogłoby spowodować zmniejszenie dostępności do wody pitnej. Zniknięcie pokrywy lodowej na Oceanie Arktycznym (co według prognoz niektórych naukowców może się zdarzyć już za 20–30 lat) zwiększy możliwości żeglugi morskiej – zostałaby otwarta droga północna łącząca na przykład Azję z Europą czy Ameryką Północną. Zwiększyłaby się także możliwość wydobywania surowców mineralnych z dna Oceanu Arktycznego (np. ropy naftowej czy gazu ziemnego). Ponadto stworzyłoby to zagrożenia związane z zanieczyszczeniem środowiska, na przykład przez wycieki ropy naftowej do morza. Topnienie pokrywy lodowej może powodować również zmiany w cyrkulacji powietrza, zwłaszcza w szerokościach umiarkowanych, i wzrost natężenia pogodowych zjawisk ekstremalnych. Zagrożone zostałyby gatunki zwierząt żyjące w warunkach klimatu polarnego (np. niedźwiedzie polarne), nastąpiłaby sukcesja roślinności i migracje bardziej ciepłolubnych gatunków, co z kolei doprowadziłoby do zaburzenia łańcucha pokarmo-



Ryc. IV.10.3. Mapa fizyczna Grenlandii po stopnieniu lądolodu.

wego. Co więcej – topnienie lodowców górskich mogłoby spowodować obniżenie wpływów z turystyki narciarskiej i zagrożenie dla właścicieli wyciągów narciarskich (pogorszenie warunków do uprawiania sportów zimowych).

Oprócz strat gospodarczych zanikanie pokrywy lodowej może powodować trudne do oszacowania skutki społeczne. Zagrożenie zalaniem terenów przybrzeżnych stworzyłoby konieczność wysiedlenia wielu milionów ludzi zamieszkujących strefę nadmorską. Zmieniłby się tryb życia ludów zamieszkujących tereny okołobiegunowe (np. Eskimosów, Innuitów, Lapończyków i innych ludów Północy). Szacuje się, że obszary te zamieszkuje 4 miliony rdzennej ludności, która często żyje z myślistwa i rybołówstwa. Zanik pokrywy lodowej spowoduje zmianę sposobu ich polowań, połowów czy obyczajów związanych z krajobrazem lodowym i niskimi temperaturami. Tereny te staną się bardziej dostępne dla turystów, być może zostaną zasiedlone przez ludność napływową w celu rozwijania gospodarki. Globalizacja gospodarcza i społeczna może doprowadzić do utraty ich tożsamości kulturowej.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Omów pozytywne i negatywne konsekwencje topnienia lodowców.
2. Znajdź w dostępnych źródłach internetowych informacje na temat tego, jak mogłaby wyglądać Grenlandia i życie na niej, gdyby lądolód grenlandzki całkowicie się stopił.
3. Uzasadnij, że proces zanikania pokrywy lodowej w obszarach okołobiegunowych może mieć wpływ na gospodarkę, życie mieszkańców i ich tożsamość kulturową. Podaj po jednym argumencie.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 272

• **Konsekwencje zanikania pokryw lodowych:**

gospodarcze	społeczne
■ straty spowodowane zalaniem terenów w wyniku podniesienia poziomu morza ■ możliwości rozwoju turystyki ■ rozwój żeglugi morskiej (droga północna) ■ możliwość wydobycia surowców mineralnych ■ zmniejszenie zasobów wody pitnej	■ wysiedlenie ludzi z powodu zalania terenów i powodzi ■ zmiana sposobu życia ludów rdzennych zamieszkujących Arktykę ■ zatracenie tożsamości kulturowej ludów rdzennych (napływ ludności z innych regionów, globalizacja)

PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

Zasoby wodne hydrosfery

◂ s. 214

Rodzaj zasobów	Objętość (km³)	Udział w zasobach ogółem (%)	Udział w zasobach wody słodkiej (%)
wody oceanów i mórz	1 338 000 000	95,44	–
lodowce i stała pokrywa śniegowa	24 064 000	1,34	68,66
wody podziemne	23 400 000	2,35	–
w tym: woda słodka	10 530 000	1,59	30,1
woda słona	12 870 000	0,76	–
wody glebowe	16 500	0,93	0,05
wieloletnia zmarzlina	300 000	0,001	0,86
jeziora	176 400	0,022	–
w tym: woda słodka	91 000	0,013	0,26
woda słona	85 400	0,007	–
para wodna w atmosferze	12 900	0,006	0,04
bagna	11 470	0,001	0,03
rzeki	2 120	0,0008	0,006
woda w organizmach żywych	1 120	0,0002	0,003
ogółem	1 385 984 510	0,0001	100,00

Główne ruchy wód oceanu

◂ s. 225 –227

Rodzaj ruchu wód oceanu	Charakterystyka
falowanie	– Jest wywołane tarciem wiatru o powierzchnię wody. – Podczas falowania cząsteczki wody na powierzchni wykonują ruch po zamkniętych orbitach kołowych lub eliptycznych. – Ruch ten jest przekazywany na cząsteczki znajdujące się coraz głębiej, ale w miarę rozprzestrzeniania się fali w głąb średnice orbit się zmniejszają. – Przy zbliżaniu się do brzegu fala ulega deformacji, jej prędkość i długość zmniejszają się wskutek tarcia cząsteczek o dno, natomiast wzrasta wysokość i fala staje się bardziej stroma.
upwelling	– To pionowe ruchy wody morskiej wstępujące (w kierunku powierzchni oceanów). – Powstają wskutek odsuwania powierzchniowych warstw wody od wybrzeży przez wiatry wiejące wzdłuż wybrzeży (upwelling przybrzeżny) lub przez rozbieżność prądów morskich wskutek wiejących pasatów (upwelling równikowy). – W miejsce odpływu wód powierzchniowych napływają wody z głębszych warstw oceanu. – Wody głębinowe jako chłodniejsze są bardziej utlenione i po wypłynięciu na powierzchnię oceanu odznaczają się one bardzo dużą produktywnością biologiczną, zwiększając żyzność wód.
pływy morskie	– Polegają na regularnym podnoszeniu i opadaniu poziomu wody w oceanie. – Są spowodowane przyciąganiem Słońca i Księżyca. Podczas ruchu obrotowego Ziemi w ciągu doby w danym miejscu na powierzchni Ziemi zmienia się siła przyciągania Słońca i Księżyca. Może się ona sumować (gdy Księżyc, Ziemia i Słońce znajdują się w jednej linii, podczas nowiu lub pełni Księżyca – wówczas są to pływy syzygijne, omówione w dziale II). – Pływy morskie pojawiają się cyklicznie – najpierw następuje przypływ, poziom morza podnosi się i zalewa plaże, następnie poziom wody się obniża. – Przeciętny czas między kolejnymi przypływami wynosi 12 godzin i 27 minut.

Rodzaj ruchu wód oceanu	Charakterystyka
prądy morskie	– Są to poziome ruchy wody w oceanach powodujące przenoszenie wód oceanicznych na znaczne odległości i wpływające na ogólną cyrkulację wód w oceanie. – Wyróżnia się prądy morskie ciepłe (o cieplejszych wodach od wód otaczających) oraz prądy morskie zimne (o wodach zimniejszych od wód otaczających). – Są ważnym czynnikiem klimatotwórczym. Ciepłe prądy morskie powodują zwiększenie średniej temperatury powietrza oraz ilości opadów atmosferycznych. Zimne prądy morskie przyczyniają się do spadku temperatury powietrza i zmniejszenia ilości opadów.
sejsze	– Polegają na kołysaniu się powierzchni jeziora lub półzamkniętego morza wskutek przemieszczania się dwóch różnych ośrodków ciśnienia atmosferycznego (wyżów i niżów). – Układ wysokiego ciśnienia powoduje powstanie nacisku na taflę wody i ugięcie jej, natomiast ośrodek niskiego ciśnienia powoduje nieznaczne podniesienie się powierzchni jeziora (wahania poziomu wody nie przekraczają 2 m). – Sejsza to fala stojąca, w której występuje ruch wahadłowy cząsteczek bez ruchu postępowego.
tsunami	– Polega na powstaniu fali oceanicznej w wyniku podwodnego trzęsienia ziemi, podmorskiego wybuchu wulkanu lub podmorskiego osuwiska. – Fala tsunami rozchodzi się pierścieniowo od miejsca jej wzbudzenia, z prędkością dochodzącą nawet do 900 km/h. – Na oceanie wysokość takiej fali jest stosunkowo niewielka (około 1 m), ale u wybrzeży może dochodzić do kilkudziesięciu metrów.

s. 234 –237

Mechanizm cyrkulacji ENSO (El Niño i Oscylacja Południowa)

Fazy ENSO	Charakterystyka
Faza neutralna (normalna cyrkulacja)	– Silne pasaty wiejące w kierunku wschodnich wybrzeży Azji spychają ciepłe wody powierzchniowe Oceanu Spokojnego w kierunku zachodnim, a u wybrzeży Peru i Chile następuje wznoszenie się zimnych i bogatych w składniki pokarmowe oceanicznych wód głębinowych na powierzchnię (zjawisko upwellingu) w postaci zimnego Prądu Peruwiańskiego. – Żyzne wody Pacyfiku u wybrzeży Peru i Chile należą wówczas do jednych z najlepszych obszarów połowu ryb na świecie. – W północnej Australii oraz Indonezji występują ulewne deszcze tropikalne, a u wybrzeży Indii – deszcze monsunowe. – U wybrzeży Ameryki Południowej panuje susza.
Faza El Niño	– Polega na osłabieniu cyrkulacji pasatów we wschodniej części Oceanu Spokojnego i pojawieniu się ciepłego prądu morskiego przemieszczającego się od wybrzeży Australii w kierunku zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej, przeciwnie do zimnego Prądu Peruwiańskiego. – Powoduje odwrócenie kierunku wiatrów w stosunku do fazy normalnej (wieją one z zachodu na wschód). – Występują obfite opady atmosferyczne i powodzie w wyniku ogrzewania się i konwekcji powietrza u wybrzeży Ameryki Południowej. – Następuje topnienie wiecznych śniegów i zanikanie lodowców w Andach. – Opady monsunowe i susze ulegają zahamowaniu w Australii, Azji Południowo-Wschodniej i Afryce Południowo-Wschodniej. – Wzrastają opady śniegu w Ameryce Północnej. – Następuje zachwianie równowagi łańcucha pokarmowego w wyniku ustania upwellingu (brak wystarczającej ilości planktonu, zmniejszenie populacji ryb, zmniejszenie populacji ptaków morskich).

Fazy ENSO	Charakterystyka
Faza La Niña	– Polega na zwiększeniu siły pasatów na obszarach równikowych, powodując nasilenie upwellingu i przemieszczanie zimnych wód z zachodniego wybrzeża Ameryki Południowej wzdłuż równika. – Mogą tworzyć się intensywne burze, cyklony tropikalne, obfite deszcze monsunowe w Indiach, gwałtowne opady w Australii i Indonezji oraz wysokie temperatury wody w zachodniej części Pacyfiku.

Główne źródła zanieczyszczeń mórz i oceanów:

◂ s. 239

- wycieki ropy naftowej,
- ścieki komunalne,
- odpady przemysłowe,
- nawozy i pestycydy,
- odpady atomowe,
- toksyczne związki chemiczne,
- pyły przenoszone przez wiatr,
- wzrost zawartości CO_2 w atmosferze,
- ok. 80% zanieczyszczeń pochodzi z lądów, 20% z transportu wodnego,
- najwięcej do oceanu trafia plastiku (8 mln ton rocznie),
- rocznie do oceanu trafia od 3,5 do 6 mln ton ropy naftowej,
- największy obszar zanieczyszczony mikrodrobinami plastiku znajduje się w północnej części Oceanu Spokojnego (ma powierzchnię 1,76 mln km²).

Podział wód podziemnych

◂ s. 244

Strefa aeracji	Strefa saturacji
– para wodna – wody zaskórne – wody higroskopijne – wody kapilarne – wody błonkowate – wody zwieszone	– wody gruntowe – wody wgłębne – wody głębinowe – wody reliktowe

Podział źródeł

◂ s. 246–247

Sposób wypływu	Kierunek wypływu	Warunki geologiczne
– punktowe – liniowe – powierzchniowe	– źródła zstępujące – źródła wstępujące	– szczelinowe – warstwowe – rumowiskowe – dolinne – przelewowe – uskokowe – krasowe – gejzery

s. 251–252

Elementy sieci rzecznej

Element sieci rzecznej	Definicja
rzeki główne	rzeka uchodząca bezpośrednio do jeziora lub morza
dopływy	cieki uchodzące do większych rzek
dorzecza	obszar, z którego wody spływają do rzeki głównej poprzez system dopływów
zlewnia	obszar, z którego wody spływają do wskazanego punktu na rzece
zlewisko	obszar, z którego wszystkie wody spływają do oceanu, morza lub jeziora
dział wód	granica na powierzchni terenu oddzielająca dwa dorzecza lub zlewiska

s. 255–257

Klasyfikacja ustrojów rzecznych

Typ ustroju rzecznego	Charakterystyka
deszczowy	– wysokie stany wody związane z opadami deszczu – w zależności od pory występowania opadów deszczu oraz typu klimatu ustroje deszczowe dzieli się na: – oceaniczny (występuje w klimacie umiarkowanym morskim, z zimowym wezbraniem i zasilaniem deszczowym przez cały rok) – śródziemnomorski (obfite opady zimą, w lecie możliwa susza) – międzyzwrotnikowy (bardzo wysokie stany wód w porze deszczowej oraz minimalne w porze suchej) – monsunowy (wysokie stany wód związane z monsunem letnim przynoszącym obfite opady oraz niskie stany wód w porze zimowej – monsun suchy) – równikowy (zasilane równomiernie przez cały rok)
śnieżny	– wysokie stany wody przypadają na wiosenne roztopy
lodowcowy	– maksymalne stany wody są osiągane przez rzeki w okresie letnim w związku z topnieniem lodowców i lądolodów
złożony	– maksymalne stany wody są osiągane przez rzeki w okresie letnim w związku z topnieniem lodowców i lądolodów (śnieżno-deszczowy) – wysokie stany wód są związane z opadami deszczu oraz topnieniem lodowców (deszczowo-lodowcowy)

s. 259

Etapy rozwoju jeziora

Typ jeziora	Charakterystyka
oligotroficzne	– wysoka zawartość tlenu – ubogie w składniki pokarmowe, co ogranicza rozwój organizmów roślinnych i zwierzęcych – przezroczyste wody
eutroficzne	– żyzne, o dużej zawartości składników pokarmowych (zarówno mineralnych, jak i organicznych) – zielonkawe zabarwienie pochodzące z rozwoju planktonu
dystroficzne	– zarastają – nadmiar materii organicznej rozkładającej się w warunkach beztlenowych – zamulone dno i brunatna barwa wody

Podział jezior ze względu na pochodzenie misy jeziornej (typ genetyczny)

s. 261

Powstałe wskutek procesów wewnętrznych	Powstałe wskutek procesów zewnętrznych
– tektoniczne – wulkaniczne: – kraterowe – kalderowe – reliktowe	– polodowcowe: – morenowe – rynnowe – wytopiskowe – cyrkowe (karowe) – krasowe – przybrzeżne – meandrowe (starorzecza) – eoliczne – meteorytowe – osuwiskowe

Klasyfikacja lodowców

s. 268–269

Lądolody	Lodowce górskie
– Występują w strefach okołobiegunowych. – Mają ogromną powierzchnię i wypukły kształt. – Ruch odbywa się od centralnej części we wszystkich kierunkach. **Przykłady:** – lądolód Antarktydy – lądolód Grenlandii	– Tworzą się na wypłaszczeniach obszarów o rzeźbie górskiej. – Przemieszczają się w kierunku dolin. – Mają postać jęzorów lodowcowych. **Przykłady:** – lodowiec alpejski (jedno pole firnowe i jeden jęzor lodowcowy spływający w dół doliny; Alpy, Kaukaz, Andy) – lodowiec himalajski (kilka pól firnowych, z których wychodzące jęzory lodowcowe łączą się w jeden główny jęzor; Himalaje, Karakorum, Pamir) – lodowiec pirenejski (jedno pole firnowe, brak jęzorów lodowcowych, mała powierzchnia lodowca, wypełniająca zagłębienia terenu – cyrki lodowcowe; Pireneje, Góry Stanowe, Góry Wierchojańskie) – lodowiec piedmontowy – podgórski (kilka jęzorów lodowcowych spływa z pół firnowych i łączy się w jedną pokrywę lodową na przedpolu gór; Alaska, Góry Skaliste) – lodowiec fieldowy (rozległe pole firnowe mające postać czapy lodowej o krótkich jęzorach lodowcowych, tworzy się na rozległych wierzchowinach: Islandia, Skandynawia, wyspy Arktyczne)

Konsekwencje zanikania pokryw lodowych

s. 272–274

gospodarcze	społeczne
– straty spowodowane zalaniem terenów w wyniku podniesienia poziomu morza – możliwości rozwoju turystyki – rozwój żeglugi morskiej (droga północna) – możliwość wydobycia surowców mineralnych – zmniejszenie zasobów wody pitnej	– wysiedlenia ludzi z powodu zalania terenów i powodzi – zmiana sposobu życia ludów rdzennych zamieszkujących Arktykę – zatracenie tożsamości kulturowej ludów rdzennych (napływ ludności z innych regionów, globalizacja)

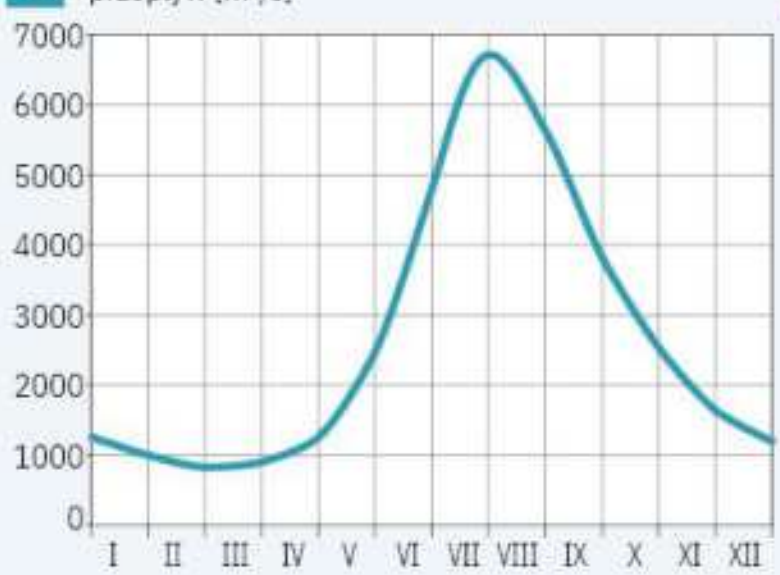
SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

Zadania wykonaj w zeszycie.

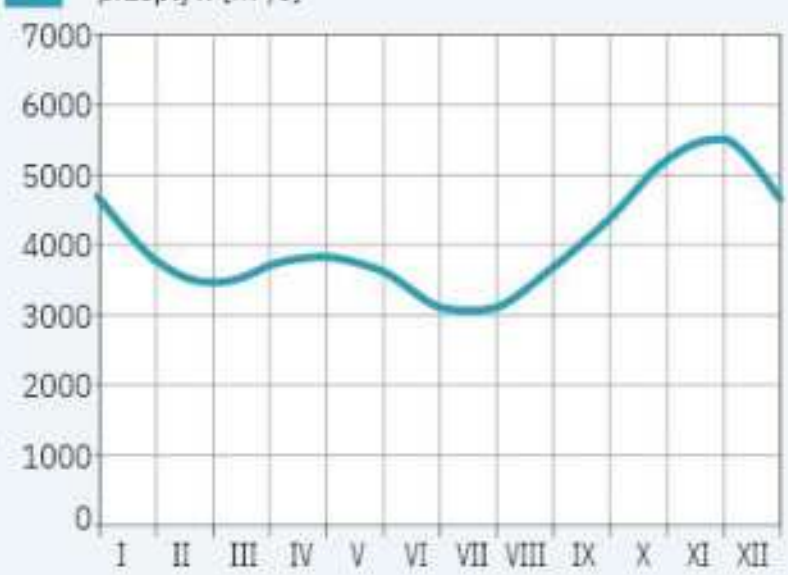
1. Na wykresach przedstawiono zmiany wielkości średniego miesięcznego przepływu rzecznego (w ciągu roku) zmierzonego w pięciu wybranych stacjach hydrologicznych w Europie.

Przyporządkuj każdej z podanych stacji hydrologicznych właściwy wykres, na którym przedstawiono przepływy. Przerysuj tabelę do zeszytu i wpisz do niej numery wykresów.

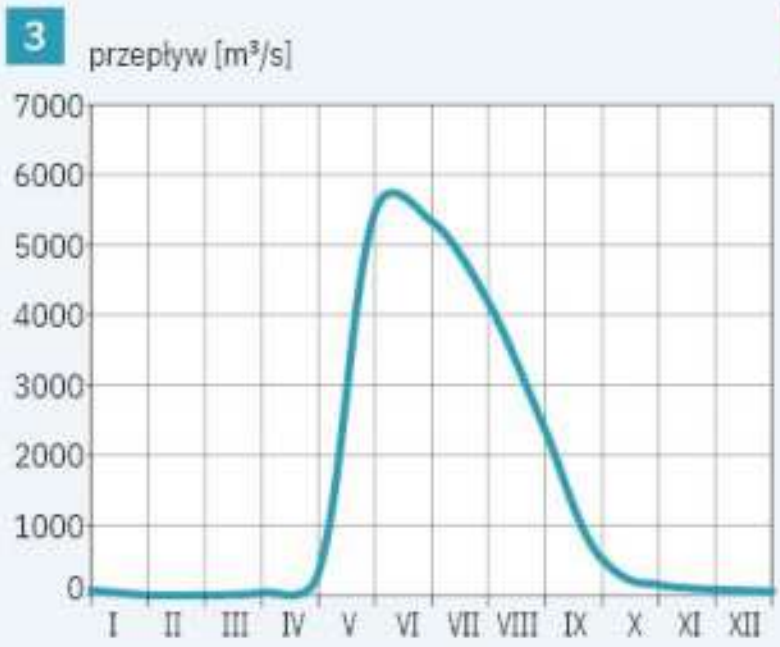
1



2



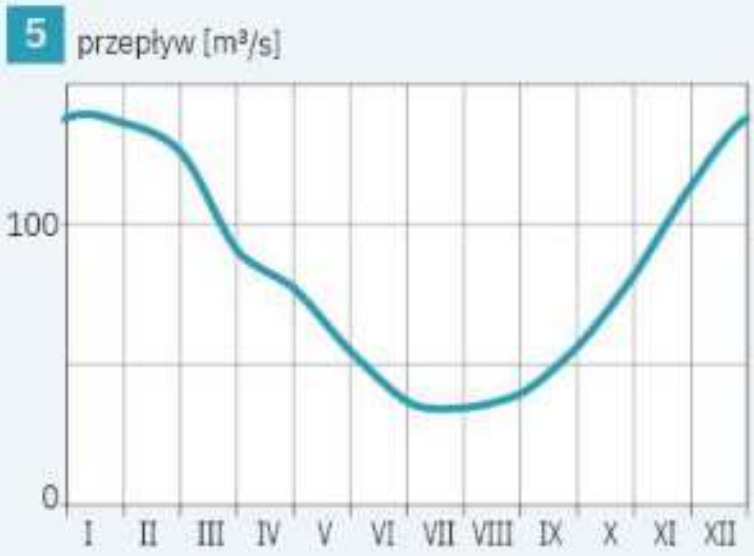
3



4



5



Rzeka, na której znajduje się stacja hydrologiczna	Współrzędne geograficzne	Numer wykresu
Kongo	4°16'S 15°19'E	
Tamiza	51°24'N 0°20'W	
Mekong	20°16'N 100°05'E	
Indygirka	69°35'N 147°21'E	

2. Przerysuj do zeszytu i uzupełnij schemat przedstawiający kolejne etapy życia jeziora. Wskaż dwa czynniki wpływające na zarastanie jezior.

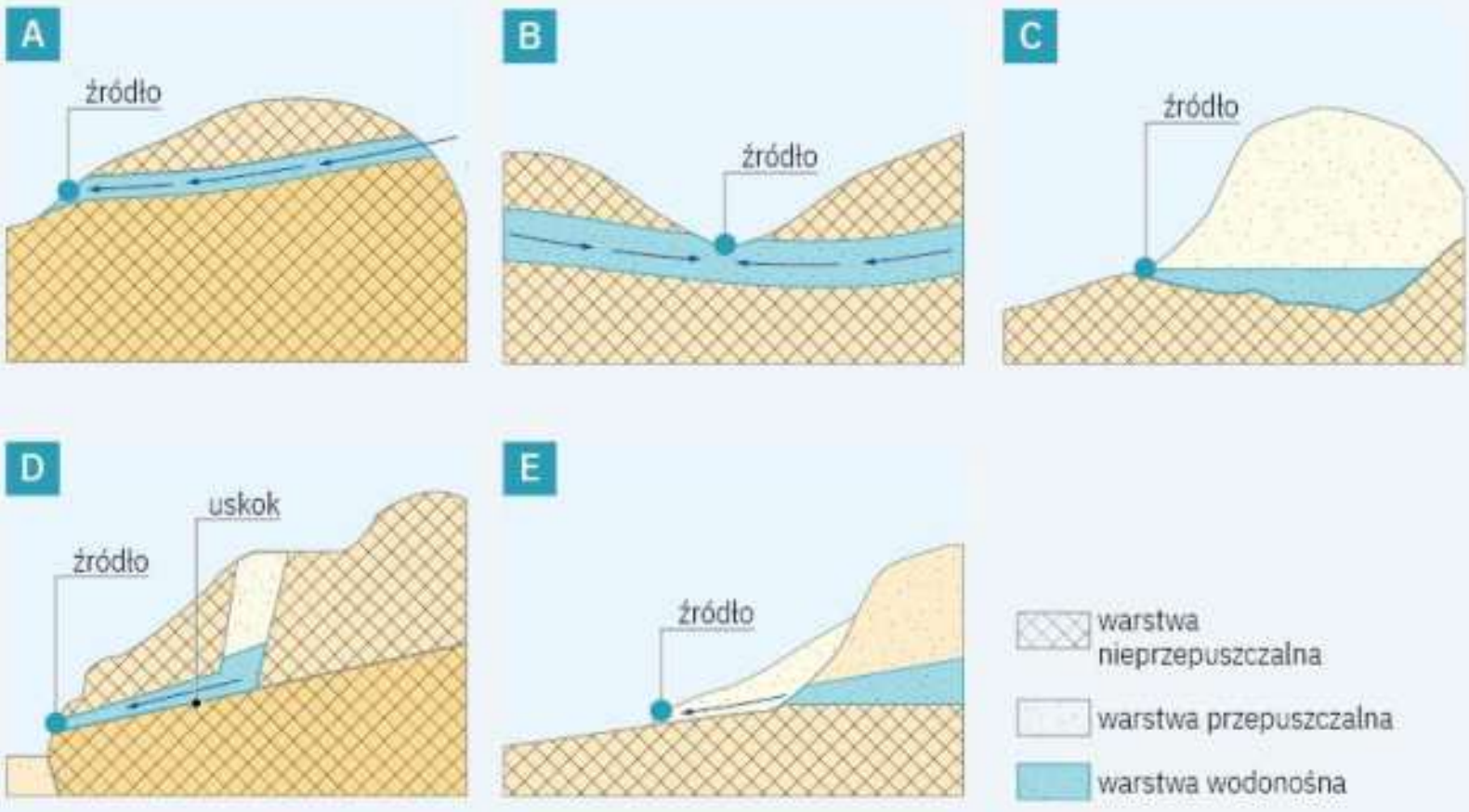
Etapy życia jeziora

1 → 2 → 3

3. Przerysuj do zeszytu i uzupełnij schemat przedstawiający kolejne etapy tworzenia się lodowców. Wskaż różnicę między lodowcem górskim a lądolodem.

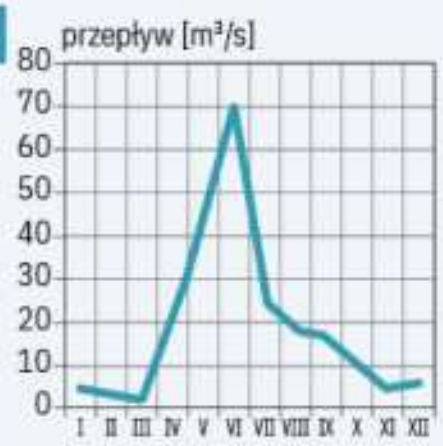
1 → 2 → 3 → 4

4. Wskaż, który rysunek (A–E) przedstawia źródło warstwowe i rumowiskowe.

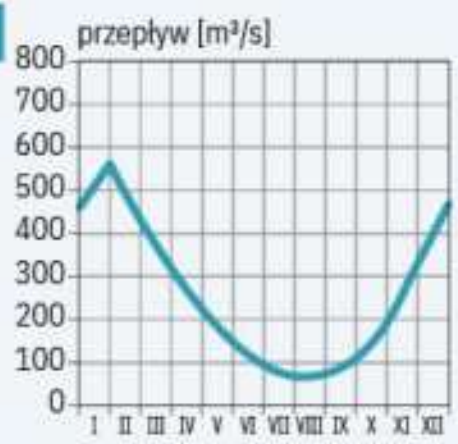


5. Dobierz wykresy do nazw typów ustrojów rzecznych.

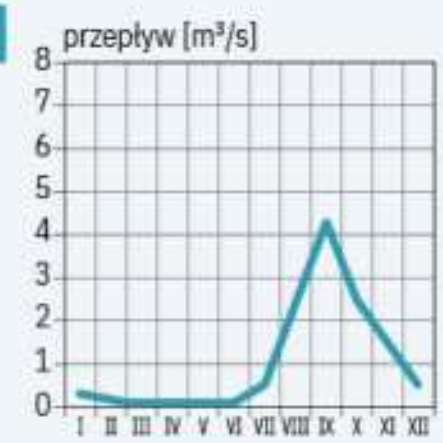
A



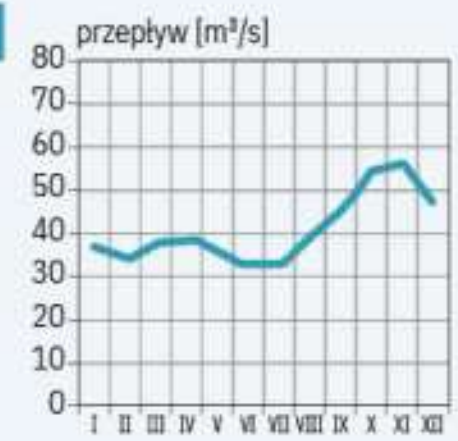
B



C

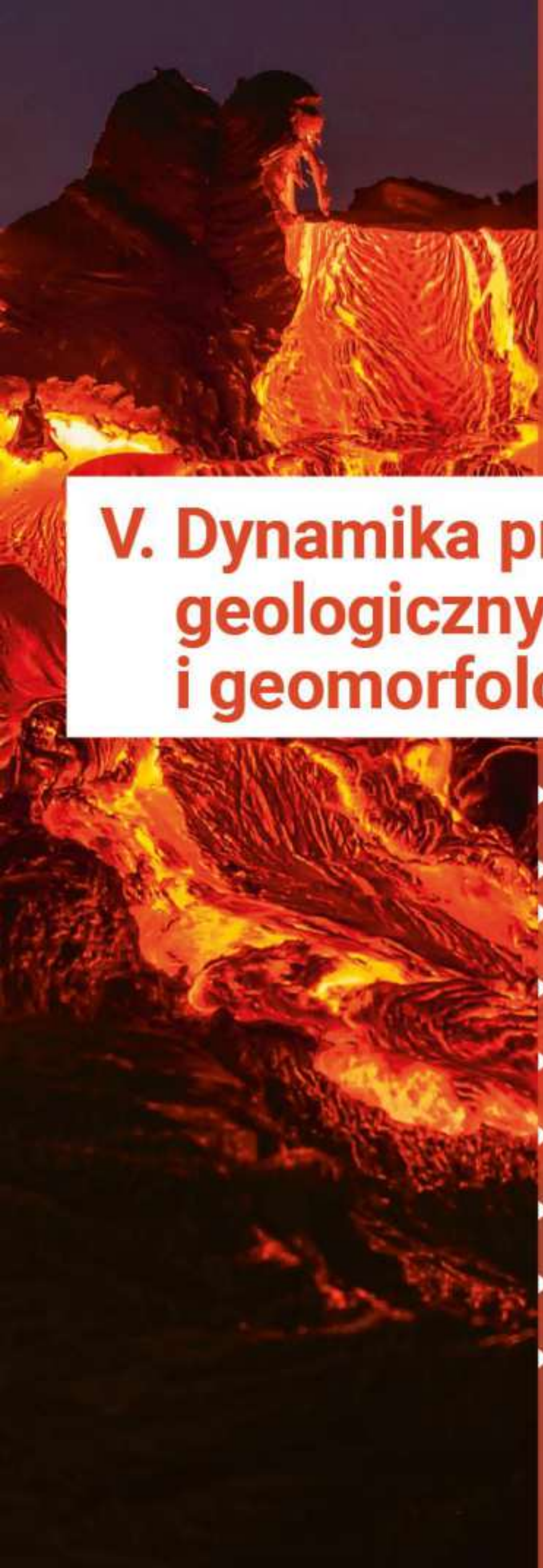


D



a) ustrój deszczowy oceaniczny

b) ustrój śnieżny



V. Dynamika procesów geologicznych i geomorfologicznych

- Budowa wnętrza Ziemi i tektonika płyt litosfery
- Podział i geneza skał
- Ustalanie wieku względnego i bezwzględnego skał
- Podział dziejów Ziemi. Analiza profilu geologicznego
- Procesy endogeniczne – wulkanizm i trzęsienia ziemi
- Procesy endogeniczne – ruchy górotwórcze i lądotwórcze
- Procesy egzogeniczne modelujące powierzchnię Ziemi
- Procesy egzogeniczne – rzeźbotwórcza działalność lodowców oraz wiatru
- Wpływ procesów geologicznych i geomorfologicznych na zagospodarowanie terenu

1. Budowa wnętrza Ziemi i tektonika płyt litosfery

NA TEJ LEKCJI:

- nauczysz się wyjaśniać związek między budową wnętrza Ziemi a ruchem płyt litosfery;
- poznasz wpływ budowy wnętrza Ziemi na genezę procesów endogenicznych;
- dowiesz się, jak wyjaśniać wpływ procesów geologicznych na powstanie głównych struktur tektonicznych i ukształtowanie powierzchni Ziemi na wybranych przykładach.

Badanie wnętrza Ziemi

Początki naszej planety sięgają 4,6 miliarda lat temu, kiedy w wyniku stygnięcia magmy zaczęła się tworzyć skorupa ziemska. Wnętrze Ziemi można badać za pomocą metod bezpośrednich poprzez odwierty lub pośrednio – na podstawie prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych.

Najgłębszy odwiert na Ziemi wykonano na Półwyspie Kolskim w Rosji (12,3 km) w 1989 r. Planowano dowiercić się do głębokości 15 km, lecz ze względu na wyższą niż się spodziewano temperaturę skał panującą na poziomie 12 km pod powierzchnią ziemi (190°C) zaniechano dalszego wiercenia. Jest to jedynie 0,19% promienia ziemskiego, który wynosi 6371 km.

W zależności od gęstości i rodzaju warstw budujących wnętrze Ziemi prędkość rozchodzenia się fal sejsmicznych (naturalnych lub wywoływanych sztucznie) jest inna. Im większa gęstość skały, tym prędkość rozchodzenia się fal sejsmicznych jest wyższa. Na podstawie prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych, ich odbijania i załamywania wydzielono różne warstwy Ziemi oraz rozciągające się między nimi warstwy pośrednie, tzw. powierzchnie nieciągłości.

budowa wnętrza Ziemi

W **budowie wnętrza Ziemi** wyróżnia się trzy główne warstwy:

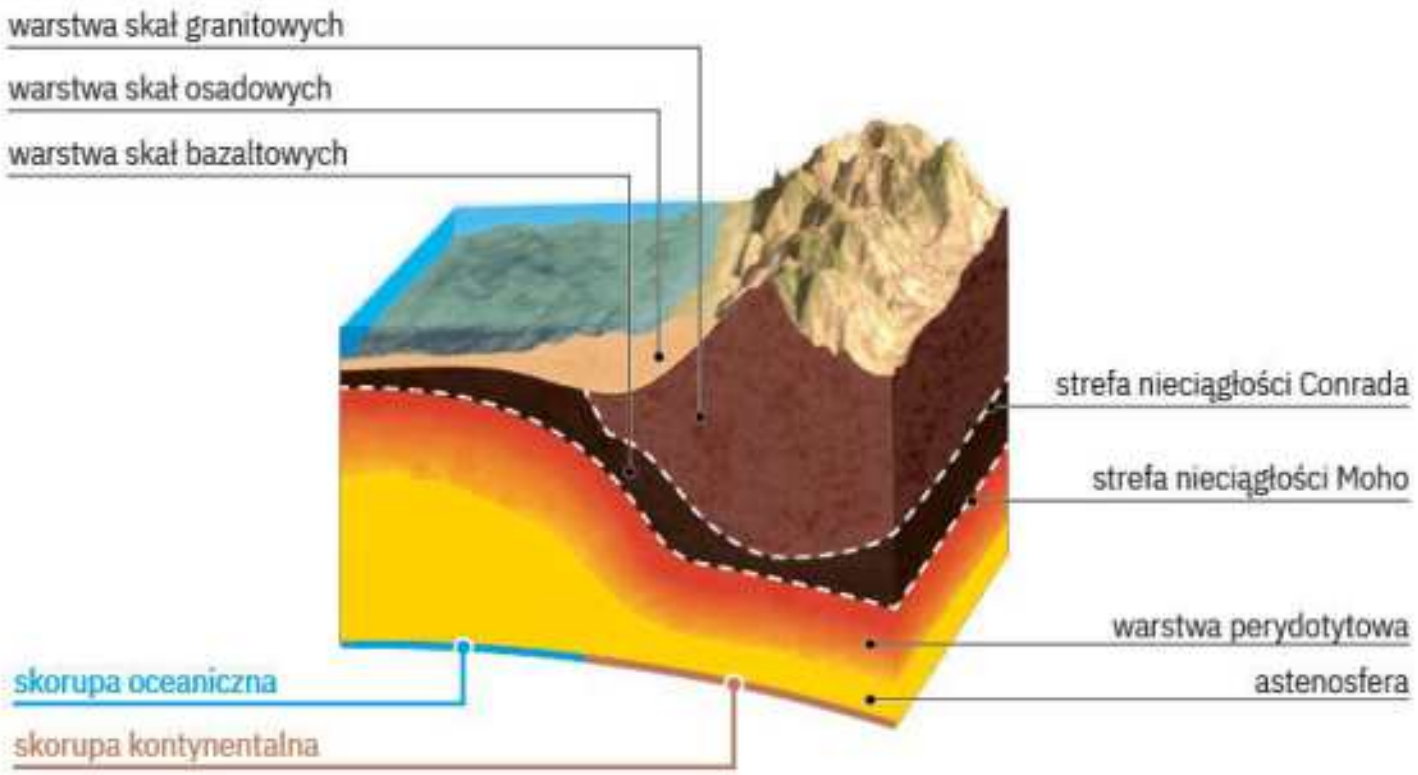
- skorupę ziemską,
- płaszcz Ziemi,
- jądro Ziemi.

skład skorupy ziemskiej

skorupa kontynentalna

Skorupa ziemska dzieli się na skorupę kontynentalną i oceaniczną. **Skorupa kontynentalna** obejmuje warstwę skał osadowych o miąższości do 20 km, warstwę granitową zawierającą skały o własnościach geofizycznych zbliżonych do skał granitowych oraz warstwę bazaltową, złożoną ze skał o własnościach zbliżonych do bazaltów. Natomiast w **skorupie oceanicznej** brak warstwy granitowej, a występują skały osadowe pokryw lawowych i żył skał wulkanicznych. Warstwę granitową od bazaltowej oddziela **nieciągłość Conrada**, która miejscami jest niewyraźna.

Pomiędzy skorupą ziemską a płaszczem znajduje się **powierzchnia nieciągłości Moho**.



Ryc. V.1.1. Budowa skorupy ziemskiej.

płaszcz Ziemi

Płaszcz Ziemi, stanowiący 2/3 jej masy, dzieli się na **płaszcz zewnętrzny (górny)** oraz **wewnętrzny (dolny)**. W górnej części płaszcza zewnętrznego występuje lita **warstwa skał perydotytowych** o dużej gęstości sięgająca do 10 km w obrębie grzbietów śródoceanicznych i do 250 km pod sfałdowanymi górami. Dlatego do **litosfery** zalicza się nie tylko skorupę ziemską, lecz także warstwę perydotytową.

litosfera

Bezpośrednio pod litosferą występuje plastyczna warstwa stopionych częściowo skał zwana **astenosferą** o grubości około 100 km. Stanowi ona źródło magmy wydostającej się na powierzchnię. W astenosferze występują ruchy konwekcyjne odpowiedzialne za ruchy płyt litosfery, wędrówkę kontynentów i tworzenie się łańcuchów górskich. Astenosfera jest oddzielona od pozostałej części górnego płaszcza **nieciągłością Golicyna**.

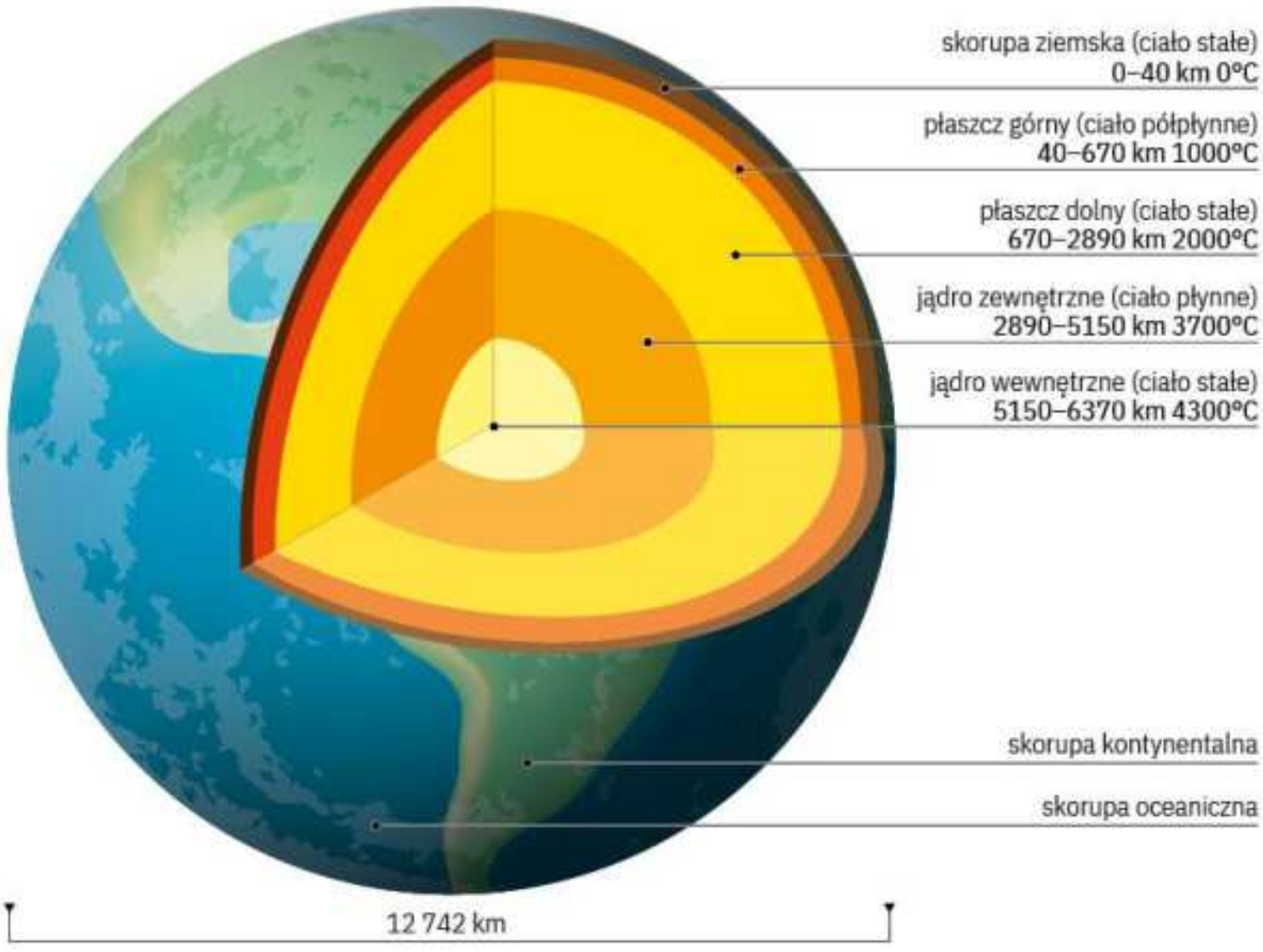
Górną część płaszcza budują lżejsze pierwiastki (krzem, magnez i glin), natomiast w płaszczu dolnym oddzielonym **strefą nieciągłości Repettiego** dominują pierwiastki cięższe (nikiel i żelazo).

strefy litosfery

Strefa nieciągłości Wiecherta–Gutenberga odgranicza płaszcz od **jądra Ziemi**. Wyróżnia się **jądro zewnętrzne** o charakterze płynnym oraz **jądro wewnętrzne** mające postać ciała stałego. Jądro Ziemi jest zbudowane z niklu i żelaza. Jądro zewnętrzne wskutek ruchu obrotowego Ziemi wytwarza wokół Ziemi pole magnetyczne zwane **magnetosferą**. Chroni ono Ziemię przed szkodliwym działaniem promieniowania słonecznego. Pomiędzy jądrem zewnętrznym a wewnętrznym występuje **strefa nieciągłości Lehmana**.

jądro Ziemi

We wnętrzu Ziemi temperatura wzrasta wraz z głębokością (średnio od 15° na powierzchni do 6000°C w jądrze Ziemi). Stosunek przyrostu głębokości do wzrostu temperatury we wnętrzu Ziemi jest nazywany **stopniem geotermicznym**. Oznacza on, co ile metrów w głąb Ziemi temperatura wzrasta o 1°C. Średni stopień geotermiczny skorupy ziemskiej wynosi 33 m. W głębszych warstwach Ziemi przyjmuje on większe wartości, czyli wzrost temperatury jest tam wolniejszy. Wraz ze wzrostem głębokości następuje wzrost ciśnienia oraz wzrost gęstości materii (do 14g/cm³).



Ryc. V.1.2. Budowa wnętrza Ziemi.

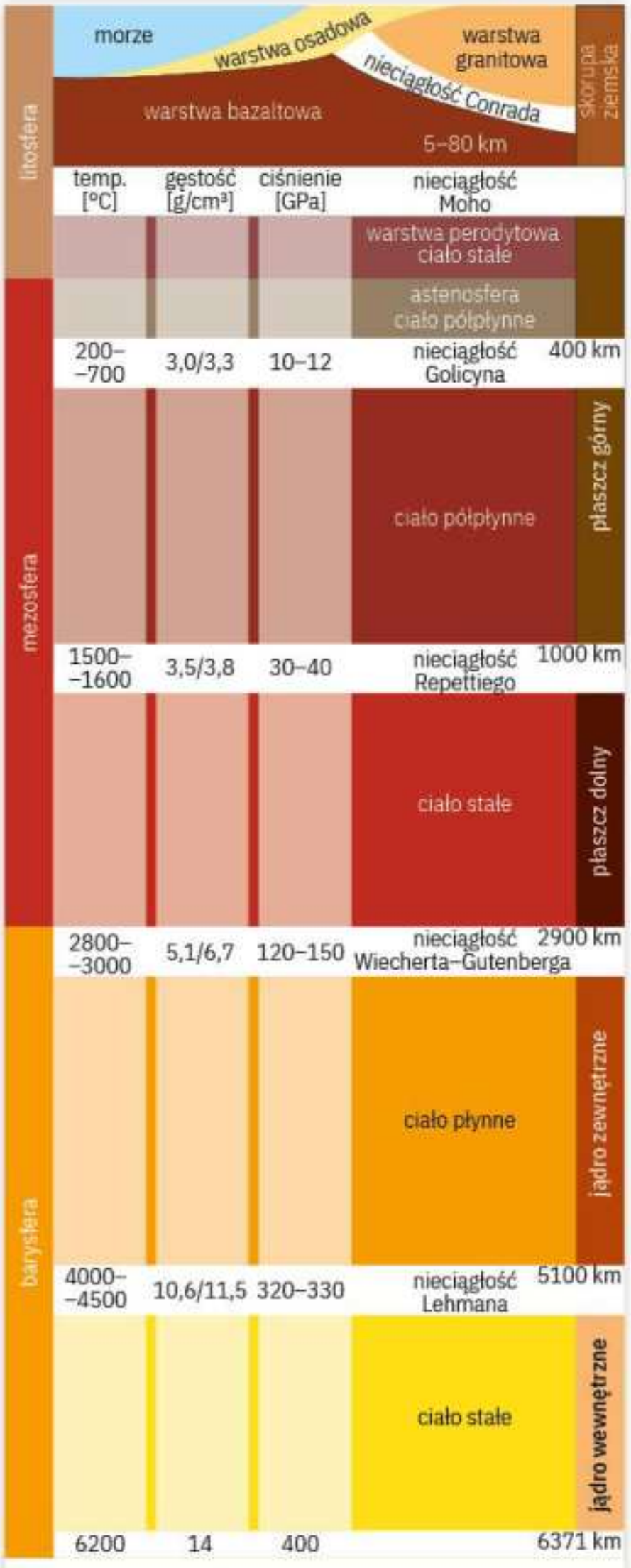
Struktura wewnętrzna Ziemi wpływa na przemieszczanie się płyt litosfery, ich oddalanie się od siebie i wchodzenie jednej pod drugą. Czynnikiem bezpośrednio wpływającym na tektonikę płyt litosfery są prądy konwekcyjne tworzące się wskutek wymiany ciepła pomiędzy jądrem a płaszczem Ziemi oraz „unoszenie się" litosfery na plastycznej warstwie astenosfery. Budowa wnętrza Ziemi wpływa na kształtowanie się procesów endogenicznych (ich źródłem jest wnętrze Ziemi), takich jak: zjawiska wulkaniczne, plutoniczne, trzęsienia ziemi, ruchy górotwórcze czy lądotwórcze.

Tektonika płyt litosfery

Na początku XX wieku przyjęto, że kontynenty przemieszczają się i w przeszłości geologicznej ich układ był zupełnie inny niż współcześnie. Przesłankami do opracowania tej teorii zwanej dryfem kontynentów (ogłoszonej przez Alfreda Wegenera) stały się zarysy geometryczne kontynentów pasujące do siebie jak w układance (np. wschodnie wybrzeże Ameryki Południowej i zachodnie wybrzeże Afryki). Stwierdzono także, że skały budujące wybrzeże Brazylii oraz krajów położonych nad Zatoką Gwinejską w Afryce są podobne. Jednak teoria ta nie wyjaśniała przyczyn tego zjawiska. Dopiero w latach 60. XX wieku przyjęto, że części litosfery mogą się przemieszczać po plastycznej warstwie znajdującej się w górnej części płaszcza Ziemi zwanej astenosferą. Zaobserwowano, że przez środek dna Oceanu Atlantyckiego przebiega grzbiet, wzdłuż którego fragmenty litosfery odsuwają się od siebie. Litosfera jest podzielona na płyty, które pod wpływem prądów konwekcyjnych mogą się odsuwać od siebie lub nachodzić jedna na drugą. Teorię przemieszczania się płyt litosfery nazwaną **tektoniką płyt**.

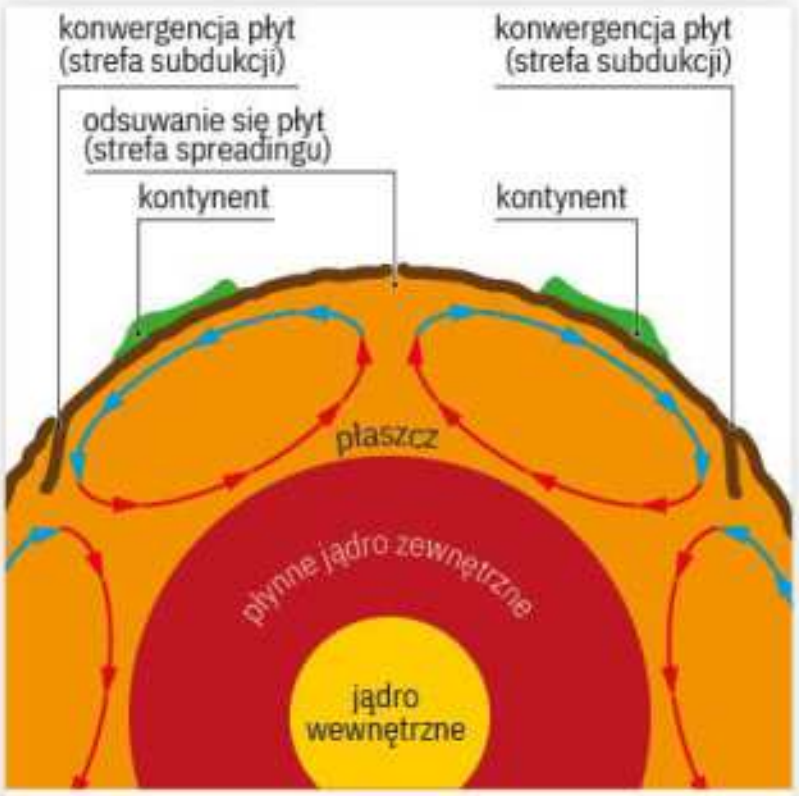
Teoria tektoniki płyt opiera się na następujących założeniach:

- litosfera Ziemi jest zbudowana z 14 płyt;
- płyty mogą się oddalać od siebie (**strefa spreadingu**), zderzać się ze sobą (**strefa kolizji**), nachodzić na siebie (**strefa subdukcji**) oraz przesuwać się względem siebie (**strefa uskoków transformacyjnych**);
- wymienione strefy stanowią granice płyt, a w strefie ich kontaktu może dochodzić do zjawisk wulkanicznych, trzęsień ziemi i ruchów górotwórczych.



Ryc. V.1.3. Przekrój przez warstwy Ziemi.

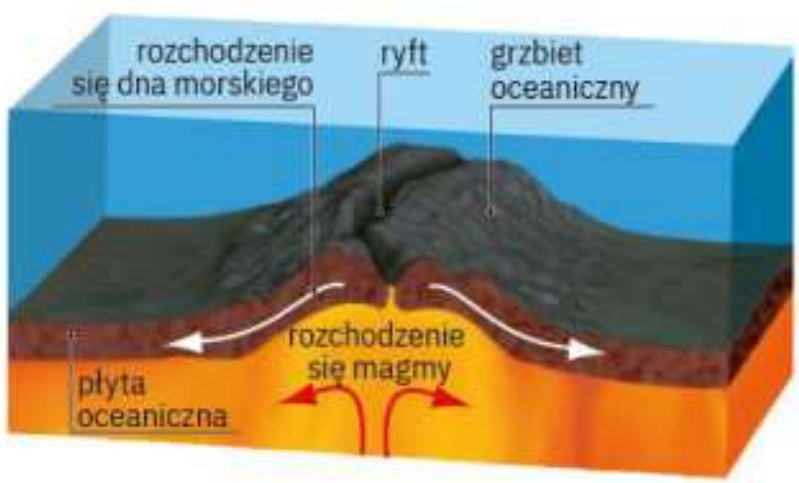
spreading ▸ Zjawisko **spreadingu** zachodzi, kiedy prądy konwekcyjne tuż pod warstwą skorupy ziemskiej rozchodzą się, powodując odsuwanie od siebie płyt litosfery. Szczelina powstała wskutek rozciągania litosfery to ryft. Wydostają się przez nią potoki lawy bazaltowej, która stygnąc, powoduje przyrastanie skorupy oceanicznej. Po obu stronach ryftu tworzą się grzbiety. Spreading zachodzi głównie w dnach oceanów (np. Grzbiet Środkowoatlantycki). Na kontynencie jest znany jako Ryft Wschodnioafrykański. Rozciąga się on od Morza Czerwonego po Mozambik na Wybrzeżu Oceanu Indyjskiego.



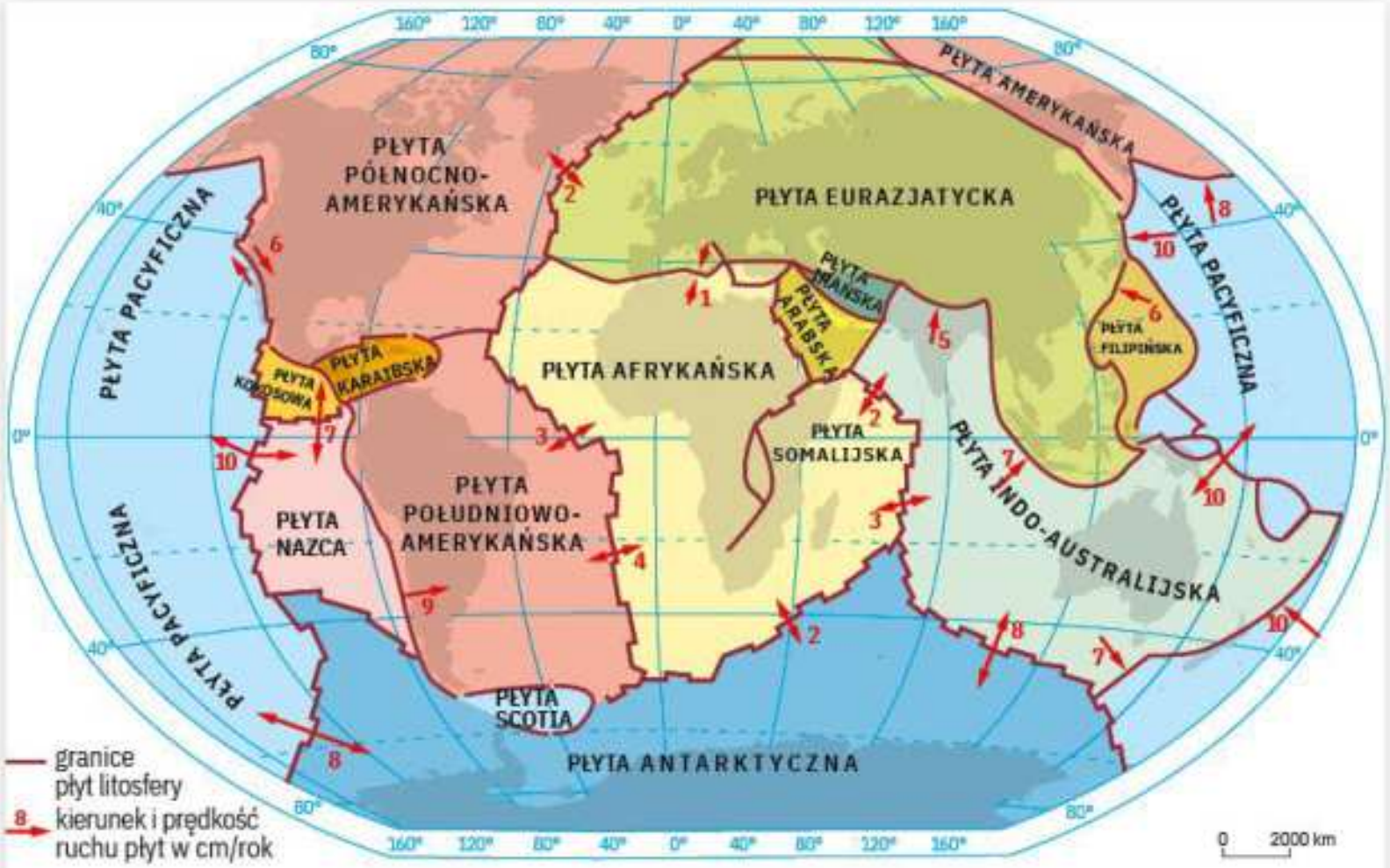
Ryc. V.1.4. Występowanie prądów konwekcyjnych w płaszczu Ziemi.

zjawisko subdukcji ▸ Gdy w wyniku opadania prądów konwekcyjnych jedna płyta litosfery zostaje wciągnięta pod drugą, dochodzi do **zjawiska subdukcji**. Płyta oceaniczna ma większą gęstość, więc podsuwa się pod płytę kontynentalną, tworząc olbrzymie zapadlisko zwane rowem oceanicznym. Największe rowy oceaniczne znajdują się u wybrzeży wschodniej i południowo-wschodniej Azji. Rekordowe rozmiary ma Rów Mariański na pograniczu płyty pacyficznej i filipińskiej – jego głębokość wynosi 10994 m p.p.m., a długość 2000 km. Procesom subdukcji towarzyszy silny wulkanizm i trzęsienia ziemi.

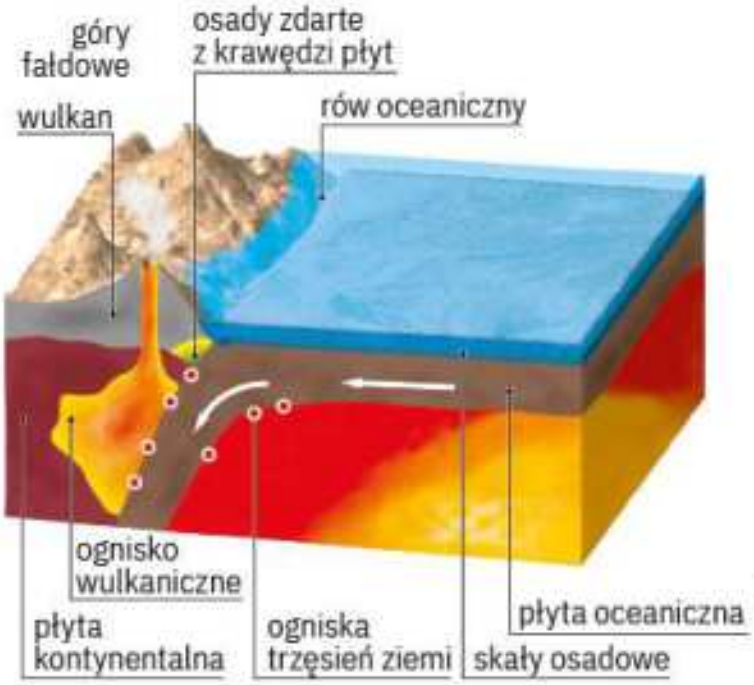
kolizja płyt ▸ Zjawisko **kolizji płyt** litosfery polega na zderzaniu się kontynentalnych fragmentów litosfery, co powoduje sfałdowanie masy skalnej na ich granicy i wypiętrzenie łańcuchów górskich. Przykładem tego zjawiska jest kolizja płyty indoaustralijskiej z euroazjatycką, czego efektem było powstanie najwyższych gór świata – Himalajów.



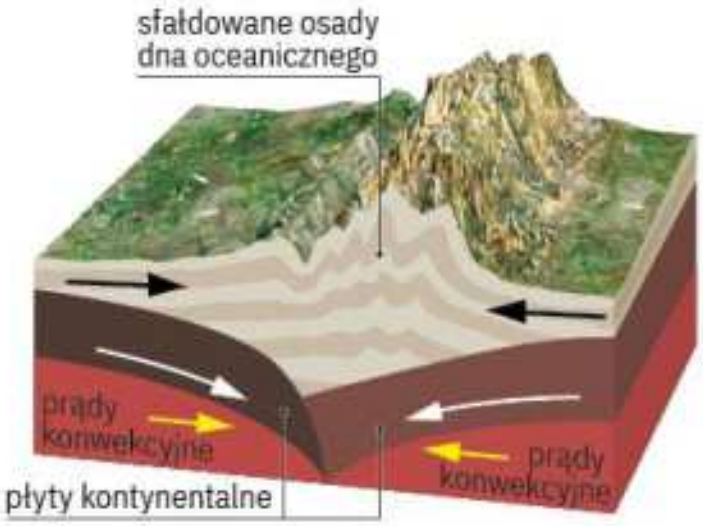
Ryc. V.1.5. Spreading dna oceanicznego.



Ryc. V.1.6. Podział powierzchni Ziemi na płyty litosfery.



Ryc. V.1.7. Subdukcja płyt litosfery.



Ryc. V.1.8. Strefa kolizji dwóch płyt kontynentalnych.

Uskok przesuwczy tworzy się wskutek przesuwania się płyt litosfery względem siebie w przeciwnych kierunkach, co powoduje trzęsienia ziemi. Tak powstał uskok San Andreas w Kalifornii, który rozdziela płytę pacyficzną od północnoamerykańskiej. W przeciągu 30–40 tysięcy lat poziome przesunięcie płyt litosfery wyniosło około 1 kilometra (obecnie ok. 5 cm na rok). Największym trzęsieniem ziemi związanym z uskokiem San Andreas były wstrząsy w 1906 r. w San Francisco.

◂ uskok przesuwczy



Ryc. V.1.9. Uskok transformacyjny Świętego Andrzeja w Kalifornii.

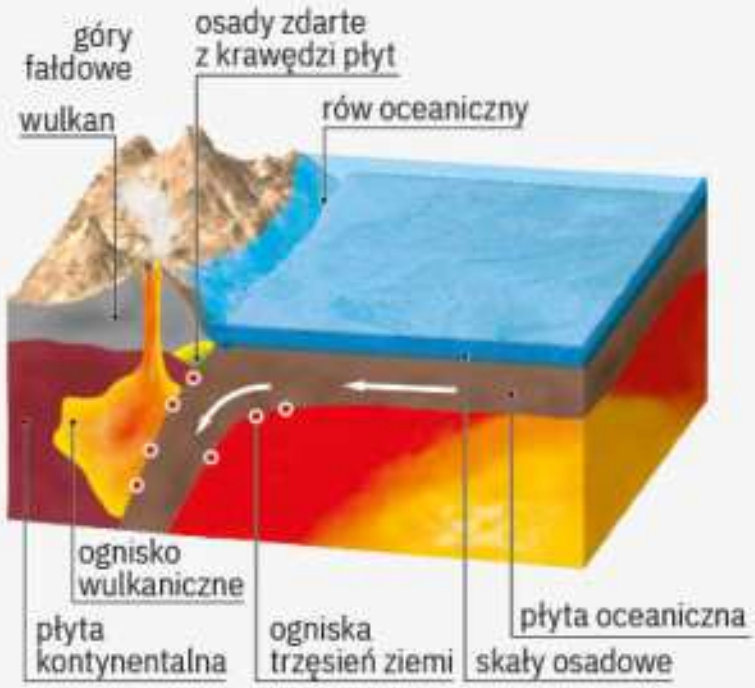
ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Omów zmiany temperatury, ciśnienia i gęstości zachodzące we wnętrzu Ziemi.
2. Wymień zjawiska i procesy występujące na powierzchni Ziemi związane z jej wewnętrzną budową.
3. Podaj przykład stref spreadingu i subdukcji na podstawie ryciny V.1.6. przedstawiającej tektonikę płyt.
4. Wyjaśnij, dlaczego płyty litosfery są w nieustannym ruchu.
5. Uporządkuj poszczególne strefy nieciągłości pomiędzy poszczególnymi warstwami budowy wnętrza Ziemi w miarę posuwania się od powierzchni Ziemi do jądra Ziemi. Zapisz schemat w zeszycie.

strefa nieciągłości Repettiego, nieciągłość Conrada, strefa nieciągłości Lehmana, strefa nieciągłości Wiecherta–Gutenberga, strefa nieciągłości Moho, nieciągłość Golicyna

1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 6

6. Podaj nazwę procesu zachodzącego w litosferze na zamieszczonym rysunku. Podaj przyklad miejsca na świecie, gdzie ten proces zachodzi. Wyjaśnij mechanizm tego procesu.



PODSUMOWANIE LEKCJI

- Wnętrze Ziemi składa się z **trzech głównych warstw:** ◂ s. 284
  - skorupy ziemskiej,
  - płaszcza Ziemi,
  - jądra Ziemi.
- W **skład skorupy ziemskiej** wchodzi skorupa kontynentalna oraz skorupa oceaniczna. ◂ s. 284
- **Skorupa kontynentalna** składa się z warstwy bazaltowej i warstwy granitowej, pomiędzy którymi występuje powierzchnia nieciągłości Conrada. Skorupa oceaniczna jest zbudowana tylko z warstwy bazaltowej. ◂ s. 284
- **Litosfera** obejmuje skorupę ziemską oraz warstwę skał perydotytowych. ◂ s. 285
- W litosferze wyróżnia się **płyty**, które pod wpływem prądów konwekcyjnych mogą się odsuwać od siebie (strefa spreadingu), nachodzić jedna na drugą (strefa subdukcji), zderzać się ze sobą (strefa kolizji) lub przesuwać względem siebie (strefa uskoków transformacyjnych). Teorię przemieszczania się płyt litosfery nazwano tektoniką płyt. ◂ s. 287
- **Strefy litosfery** określają, w którym miejscu przebiegają granice płyt. W miejscu ich kontaktu może dochodzić do zjawisk wulkanicznych, trzęsień ziemi i ruchów górotwórczych. ◂ s. 285
- **Płaszcz Ziemi** oddziela od skorupy ziemskiej nieciągłość Moho. Płaszcz Ziemi, stanowiący 2/3 jej masy, dzieli się na płaszcz zewnętrzny (górny) oraz wewnętrzny (dolny). ◂ s. 285

  W **płaszczu górnym** występuje warstwa skał perydotytowych oraz plastyczna astenosfera.
- **Jądro Ziemi** dzieli się na zewnętrzne (płynne) oraz wewnętrzne (stałe). ◂ s. 285

2. Podział i geneza skał

NA TEJ LEKCJI:

- nauczysz się rozpoznawać wybrane rodzaje skał;
- poznasz gospodarcze zastosowanie skał;
- nauczysz się wyróżniać główne minerały skałotwórcze;
- poznasz klasyfikację skał;
- zdobędziesz wiedzę na temat genezy skał;
- zapoznasz się z rozpoznawaniem skał występujących na powierzchni oraz wykorzystywanych w budownictwie w najbliższej okolicy (lekcja w terenie).

Składniki skorupy ziemskiej

minerały

Podstawowymi składnikami skorupy ziemskiej są pierwiastki i minerały. **Minerały** to związki chemiczne lub pierwiastki o jednorodnych właściwościach fizycznych i chemicznych powstałe w wyniku naturalnych procesów przebiegających na powierzchni lub we wnętrzu Ziemi. Większość minerałów ma **budowę krystaliczną** a pozostałe nazywamy **minearaloidami**. Ze względu na skład chemiczny minerały mogą występować jako pierwiastki (siarka rodzima, złoto rodzime, diament, grafit) oraz jako związki chemiczne (np. chlorek sodu – NaCl, czyli halit, węglan wapnia – $CaCO_3$, dwutlenek krzemu – SiO_2, czyli kwarc).

Minerałów występujących w przyrodzie jest ponad 4000, ale tylko około 200 zaliczamy do **minerałów skałotwórczych**. Wśród nich należy wymienić minerały z grupy krzemianów (skalenie, pirokseny, amfibole, kwarc i miki) oraz glinokrzemianów (minerały ilaste). Aby rozpoznać minerały, wykorzystuje się ich cechy fizyczne (np. barwa, połysk, łupliwość, twardość) oraz chemiczne (np. kalcyt pieni się w reakcji z kwasem solnym, co pozwala rozpoznać wapień).

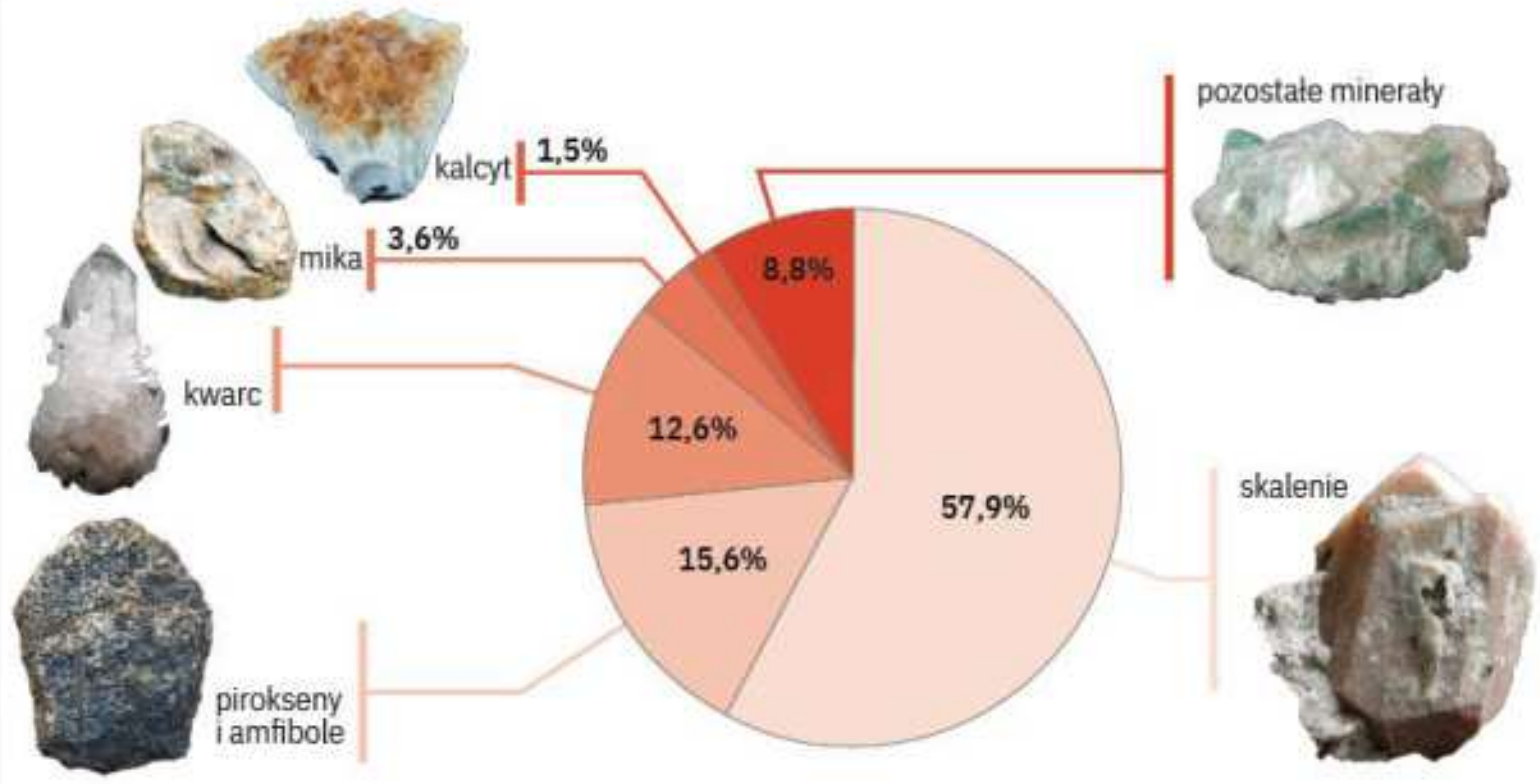
Do określenia twardości minerałów służy tzw. **skala Mohsa**. Stopień 1 oznacza minerały o najmniejszej twardości, a 10 – najtwardszy. Każdy stopień skali ma swój minerał wzorcowy, na przykład stopień twardości 10 to diament, który jest 40 razy twardszy od talku – minerału o stopniu twardości 1.

Łupliwość minerałów oznacza ich zdolność do pękania wzdłuż swoich płaszczyzn pod wpływem uderzenia. Największą łupliwością wyróżnia się łyszczyk (mika), a przykładowo kwarc w ogóle nie jest łupliwy. Do rozpoznawania minerałów używa się takich narzędzi, jak: młotek, nożyk, 3–5-procentowy roztwór kwasu solnego, pędzelek, szkło powiększające oraz klucz do oznaczania minerałów. Do kolekcjonowania minerałów służą specjalne pudełeczka na okazy z miejscem na opis.

Najważniejszymi minerałami budującymi skorupę ziemską są skalenie, pirokseny i amfibole oraz kwarc.

Skałami nazywa się naturalne skupiska minerałów lub skupiska wielu ziaren tego samego minerału. Najstarsze na Ziemi są skały magmowe powstałe z zastygnięcia magmy. Oprócz skał magmowych wyróżnia się skały osadowe i matamorficzne.

◂ **skała**



Ryc. V.2.1. Główne minerały skorupy ziemskiej (do głębokości 16 km).



Ryc. V.2.2. Podział skał.

◂ **podział skał**



Ryc. V.2.3. Granit.



Ryc. V.2.4. Dioryt.



Ryc. V.2.5. Bazalt.



Ryc. V.2.6. Andezyt.



Ryc. V.2.7. Porfir.



Ryc. V.2.8. Diabaz.

skały magmowe głębinowe

Skały magmowe głębinowe tworzą się pod powierzchnią ziemi i mają **strukturę jawnokrystaliczną**. W wysokiej temperaturze i pod wysokim ciśnieniem magma stygnie powoli, proces krystalizacji trwa dłużej, dlatego kryształy tworzące minerały są dobrze wykształcone. Przykładami skał magmowych głębinowych są **granit**, **dioryt** i **gabro**.

skały magmowe wylewne

Skały **magmowe wylewne** powstają na powierzchni ziemi ze stygnących pokryw lawowych. Tworzą się one w niskiej temperaturze i przy niższym ciśnieniu. Wskutek szybkiego zastygania nie wykształcają widocznych kryształów, dlatego mają strukturę skrytokrystaliczną. Najbardziej powszechną skałą wylewną jest **bazalt**. Inne często występujące skały tego typu to **andezyt** i **riolit**. Przykładami takich skał są **porfiry** i **melafiry**.

skały żyłowe

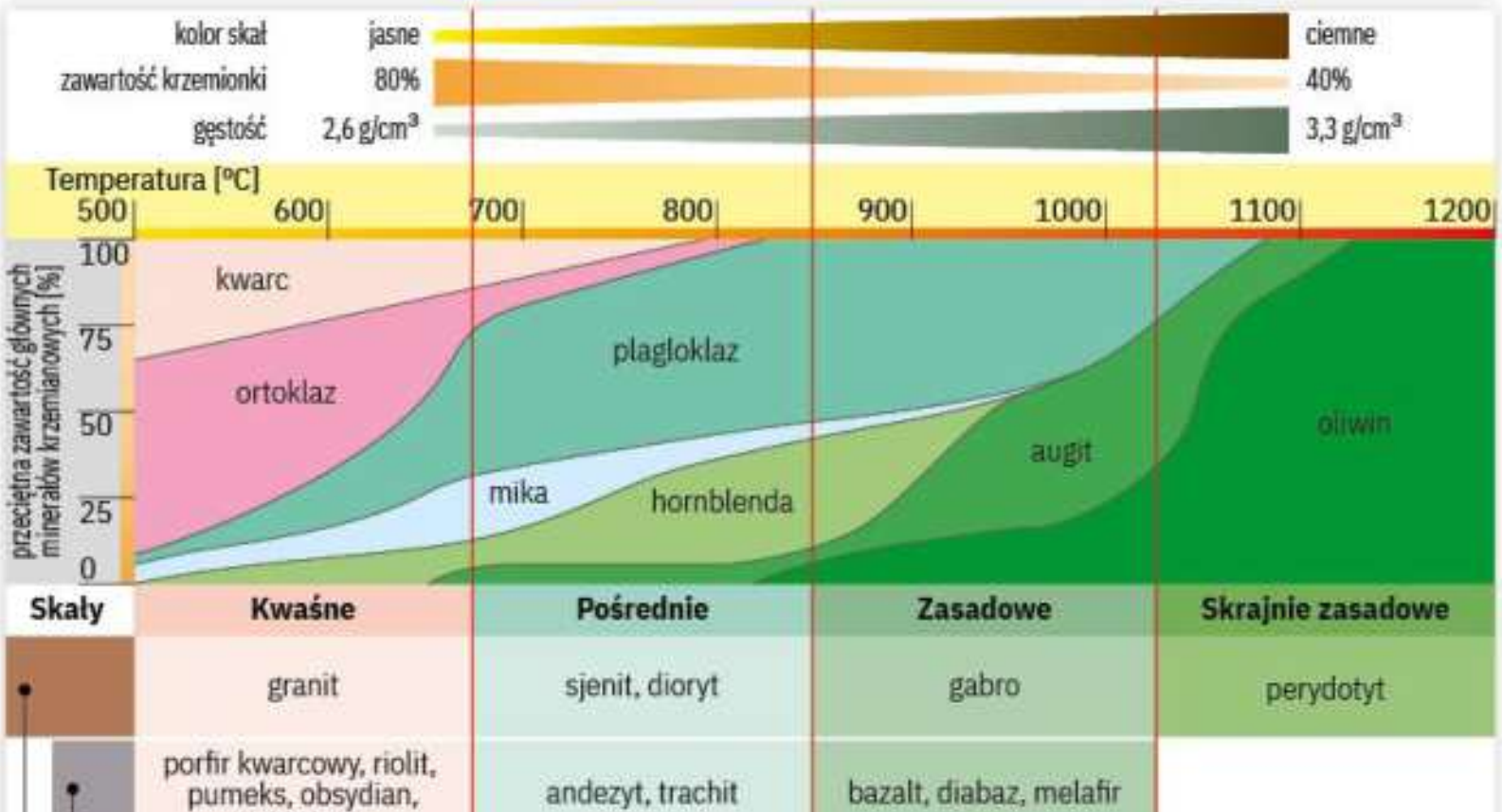
Kolejną grupą skał magmowych są **skały żyłowe** powstające przez wnikanie magmy w szczeliny pomiędzy warstwami skalnymi. Zalicza się do nich między innymi **diabazy**. Do tej grupy wlicza się także **porfiry** wyróżniające się strukturą tzw. ciasta skalnego. Porfiry zaczynają krystalizować sią pod powierzchnią ziemi tworząc, tzw. prakryształy. Po wydostaniu się magmy na powierzchnię w postaci lawy następuje szybki proces krzepnięcia. Prakryształy są wówczas widoczne jak rodzynki lub migdały w cieście, dlatego taką postać skały określa się jako **strukturę porfirową** lub **migdałowcową**.

Innym z kryteriów podziału skał magmowych jest zawartość krzemionki. Wyróżnia się skały kwaśne o zawartości SiO_2 60–80%, obojętne (52–60% SiO_2) oraz zasadowe (poniżej 52% SiO_2).

skały osadowe

Skały osadowe tworzą się wskutek osadzania się okruchów skalnych lub obumarłych szczątków roślinnych i zwierzęcych na lądzie lub na dnie zbiorników wodnych (sedymentacja) w wyniku procesów wietrzenia, a także w wyniku wytrącania się związków chemicznych w morzach i jeziorach. Skały osadowe okruchowe powstają na skutek

sedymentacji okruchów o różnej wielkości. **Skały okruchowe** mogą mieć postać **skał luźnych**, na przykład: piaski, żwiry, gruz skalny, lub **skał zwięzłych** (zespolonych spoiwem – lepiszczem), na przykład piaskowce czy zlepieńce. Skały osadowe okruchowe są zbudowane z okruchów skalnych o różnej wielkości (**ryc. V.2.10.**).



Ryc. V.2.9. Skład mineralny i niektóre właściwości skał magmowych.



Ryc. V.2.10. Zróżnicowanie wielkości skał osadowych okruchowych.

Skały osadowe pochodzenia organicznego powstają przez nagromadzenie szczątków organizmów roślinnych i zwierzęcych. Przykładem takich skał są złoża torfu, węgla brunatnego i węgla kamiennego. Z resztek organicznych w warunkach beztlenowych tworzą się złoża ropy naftowej i gazu ziemnego. Z kolei ze szczątków organizmów zwierzęcych zawierających węglan wapnia ($CaCO_3$) powstają wapienie, na przykład ze szczątków muszli powstają wapienie muszlowe, ze szczątków raf koralowych – wapienie koralowe.



Ryc. V.2.11. Wapień.

Skały osadowe pochodzenia chemicznego powstają przez odparowywanie słonej wody w morzach i jeziorach. Zalicza się do nich sól kamienną, sól potasową, gips, anhydryt oraz niektóre wapienie i dolomity.

skały metamorficzne

Skały metamorficzne (przeobrażone) tworzą się wskutek poddania działaniu wysokim temperaturom i/lub wysokiemu ciśnieniu skał już istniejących. Metamorfoza skał powoduje zmianę ich składu chemicznego i właściwości fizycznych (np. uporządkowania minerałów). Przeobrażeniom podlegają skały zarówno magmowe, jak i osadowe.

Wyróżnia się dwa rodzaje metamorfizmu:

- kontaktowy – polega na poddawaniu skał działaniom wysokiej temperatury w wyniku intruzji magmowych (intruzja – wnikanie magmy w szczeliny między skałami pod powierzchnią ziemi);
- regionalny – polega na przemieszczaniu się skał w głąb powierzchni ziemi i poddawaniu ich zarówno działaniu wysokiej temperatury, jak i wysokiego ciśnienia;
- metamorfizm dynamiczny (dyslokacyjny) – działanie w skorupie ziemskiej ciśnienia kierunkowego.

Do skał metamorficznych należą gnejs, łupek krystaliczny, kwarcyt, marmur.



Ryc. V.2.12. Gnejs.



Ryc. V.2.13. Kwarcyt.

Przykłady przeobrażenia skały magmowej lub osadowej w metamorficzną:

- granit → gnejs,
- piaskowiec → kwarcyt,
- wapień → marmur,
- ił → łupek ilasty,
- węgiel → grafit.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij, w jaki sposób można rozpoznawać minerały.
2. Omów różnice między skałami głębinowymi a wylewnymi.
3. Podaj przykłady skał osadowych okruchowych oraz organogenicznych pochodzenia organicznego i chemicznego.
4. Wyszukaj w dostępnych źródłach informacje, z jakich skał są zbudowane Tatry.
5. Przyporządkuj podane niżej skały do określonych rodzajów. Przerysuj do zeszytu i uzupełnij tabelę.

gnejs, dioryt, zlepieniec, anhydryt, melafir, łupek krystaliczny, diabaz, marmur, wapień

Skały magmowe			Skały osadowe		
głębinowe	wylewne	żyłowe	okruchowe	organiczne	chemiczne

6. Wyjaśnij w jaki sposób powstają skały metamorficzne.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Minerały** to związki chemiczne lub pierwiastki o jednorodnych właściwościach fizycznych i chemicznych i powstałe w wyniku naturalnych procesów przebiegających na powierzchni lub we wnętrzu Ziemi.
  Najważniejszymi **minerałami budującymi skorupę ziemską** są skalenie, pirokseny i amfibole oraz kwarc. s. 292
- **Skałami** nazywa się naturalne skupiska minerałów lub skupiska wielu ziaren tego samego minerału. s. 293
- **Skały dzieli się na:** s. 293
  – magmowe,
  – osadowe,
  – metamorficzne (przeobrażone).
- Wyróżnia się następujące **skały magmowe: głębinowe, wylewne i żyłowe**. s. 294
- Skały **magmowe głębinowe** tworzą się pod powierzchnią ziemi i posiadają **strukturę jawnokrystaliczną**. s. 294
- Skały **magmowe wylewne** powstają na powierzchni ziemi ze stygnących pokryw lawowych i mają strukturę **skrytokrystaliczną**. s. 294
- **Skały żyłowe** powstają przez wnikanie magmy w szczeliny pomiędzy warstwami skalnymi. s. 294

Skały magmowe	kwaśne	obojętne	zasadowe
głębinowe	granit tonalit	sjenit dioryt	gabro noryt
wylewne	porfir ryolit	trachit andezyt	bazalt tefryt

s. 294 ▸

- **Skały osadowe** tworzą się wskutek osadzania się okruchów skalnych lub obumarłych szczątków roślinnych i zwierzęcych na lądzie lub na dnie zbiorników wodnych (sedymentacja) oraz poprzez wytrącanie się związków chemicznych w morzach i jeziorach.

  Skały osadowe dzieli się na:
  – okruchowe,
  – organogeniczne (pochodzenia organicznego),
  – chemogeniczne (pochodzenia chemicznego).

s. 296 ▸

- **Skały metamorficzne** (przeobrażone) powstają wskutek poddania działaniu wysokim temperaturom i/lub wysokiemu ciśnieniu skał już istniejących.

3. Ustalanie wieku względnego i bezwzględnego skał

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz zasady ustalania wieku względnego i bezwzględnego skał oraz określanie wydarzeń geologicznych.

Najstarsze skały na Ziemi mają około 4 miliardów lat. Z najnowszych badań wynika, że powstały one prawdopodobnie wskutek bombardowania powierzchni Ziemi przez meteoryty lub planetoidy. Powszechne wówczas upadki meteorytów lub planetoid powodowały topienie się skorupy ziemskiej w warunkach niskiego ciśnienia i tworzenie się skał granitowych. Wiek skał możemy określić w stosunku do czasów współczesnych (wiek bezwzględny) lub w stosunku do innych wydarzeń w przeszłości (wiek względny). Podstawową zasadą w określaniu wieku skał jest to, że warstwy leżące niżej (głębiej) są starsze, a wyżej (bliżej powierzchni) – młodsze. Wiek skał można też określać na podstawie odcisków szkieletów organizmów zwierzęcych oraz szczątków roślinnych występujących w pewnych epokach geologicznych. Zachowane w skałach szczątki organizmów to **skamieniałości**. Organizmy, które żyły tylko przez stosunkowo krótki czas dziejów geologicznych i występowały powszechnie na Ziemi, nazywa się **skamieniałościami przewodnimi**. Są one charakterystyczne dla danego wieku skał.

skamieniałości ▸

Metody określania wieku względnego skał

metody określania wieku skał

Wiek względny skał określa się w stosunku do innych warstw skalnych lub wydarzeń geologicznych. Jeśli nie ma zaburzeń tektonicznych i skały są ułożone poziomo (budowa płytowa), to nowe warstwy skalne tworzą się nad poziomami już istniejącymi. Dlatego skały położone głębiej są starsze od warstw nadległych.

Datowanie skał na podstawie ich wzajemnego położenia (zasada superpozycji) nazywa się **metodą stratygraficzną**. Stratygrafia to dział geologii historycznej zajmujący się badaniem wieku skał i ich rozmieszczeniem w czasie i przestrzeni.

metoda stratygraficzna

Z kolei **metoda tektoniczna** polega na uwzględnianiu deformacji tektonicznych skał w określaniu ich wieku. W tej metodzie obowiązują następujące zasady:

metoda tektoniczna

- deformacja tektoniczna (np. uskok) jest młodsza od najmłodszej skały, którą obejmuje;
- intruzja magmowa przecinająca skały jest młodsza od skał, które przecina.

Metoda paleontologiczna polega na oznaczaniu wieku skał na podstawie skamieniałości. Nie wszystkie organizmy żyjące w danym okresie geologicznym pozostawiły po sobie ślady. Skamieniałości zostały tylko po tych, które miały szkielety, pancerze bądź muszle i podlegały procesowi fosylizacji, czyli przemianom chemicznym pomiędzy rozkładającymi się organizmami a otaczającymi ja osadami, prowadzącym do skamienienia szczątek. **Skamieniałościami przewodnimi** dla ery paleozoicznej są trylobity, dla ery mezozoicznej – amonity i belemnity.

metoda paleontologiczna



Ryc. V.3.1. Skamieniałości trylobitów.

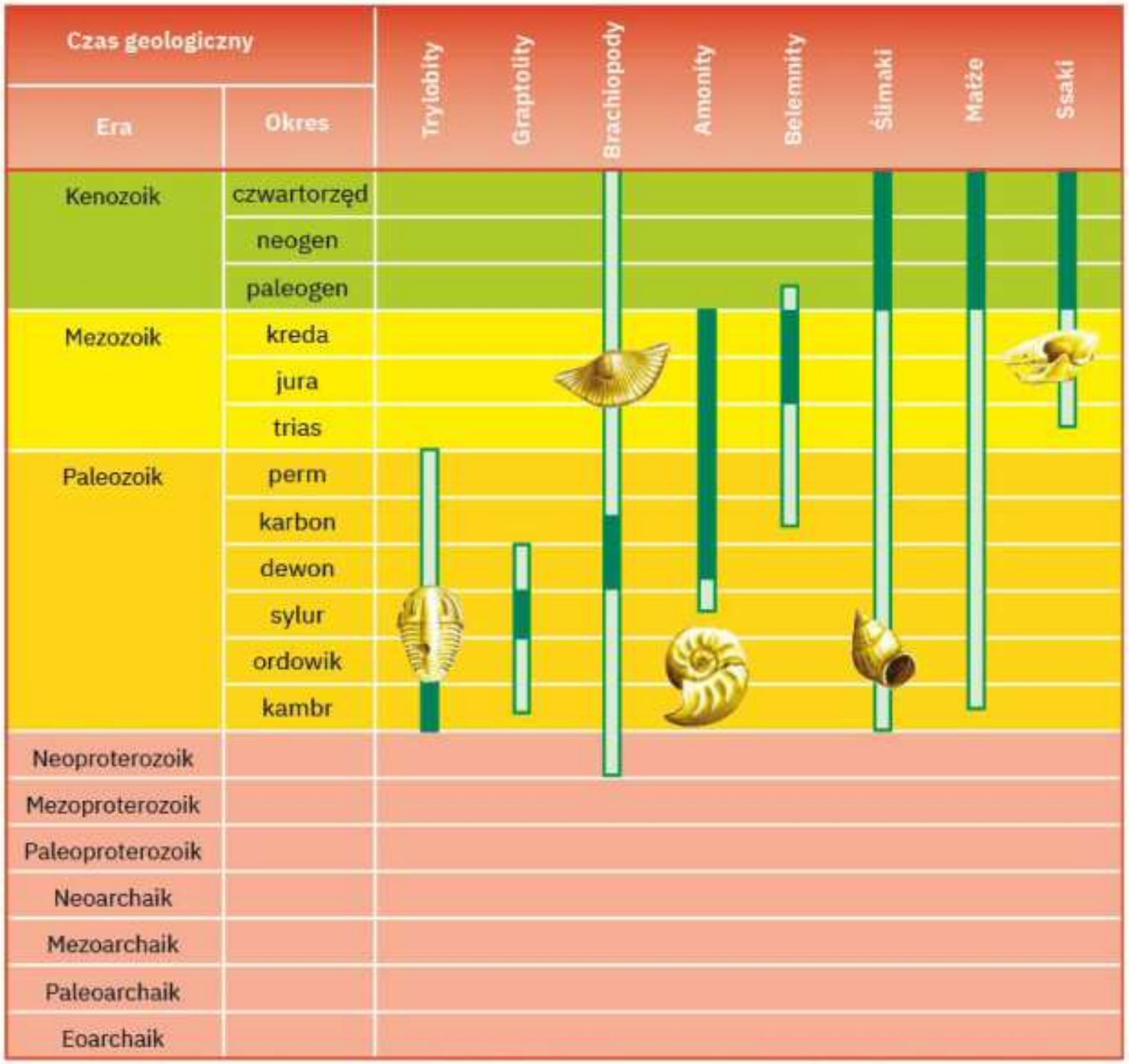


Ryc. V.3.2. Skamieniałości amonitów.



Ryc. V.3.3. Skamieniałość belemnita.

Tab. V.3.1. Skamieniałości przewodnie



Metody określania wieku bezwzględnego skał

Do metod pozwalających na określenie **bezwzględnego wieku skał** (w stosunku do czasów współczesnych) należą:

- metoda izotopowa,
- metoda dendrochronologiczna,
- metoda sedymentologiczna,
- metoda lichenometryczna.

W **metodzie izotopowej (radiometrycznej)** wykorzystuje się czas rozpadu pierwiastków promieniotwórczych. Do określania wieku skał stosuje się okres połowicznego rozpadu, czyli czas, w którym aktywność promieniotwórcza pierwiastków zmniejsza się o połowę. Na podstawie znajomości okresu połowicznego rozpadu danego izotopu oraz obecnej ilości izotopu w stosunku do produktu jego rozpadu można określić wiek skały, w którym te izotopy występują.

metoda izotopowa

W obrębie metody izotopowej wyróżnia się:

- **metodę uranowo-ołowiową** – wykorzystuje się w niej rozpad izotopu 238 uranu na ołów (^{206}Pb); okres połowicznego rozpadu tego izotopu jest bardzo długi i wynosi ok. 4,5 mld lat, dlatego metodę tę stosuje się do określania odległych wydarzeń geologicznych; z 1 g uranu po upływie 4,5 mld lat pozostanie 0,5 g uranu oraz 0,433 g ołowiu i 0,067 g helu;
- **metodę izotopu węgla ^{14}C** – okres połowicznego rozpadu tego izotopu węgla wynosi 5730 ± 40 lat, więc stosunkowo krótko, dlatego ta metoda pozwala określić wiek skał do 60 tysięcy lat; jest często wykorzystywana przez archeologów.

Metoda dendrochronologiczna polega na analizie rocznych przyrostów słoi w pniach drzew (zarówno współcześnie rosnących, jak i kopalnych, znalezionych w próbkach archeologicznych). Roczny przyrost tkanki drzewa jest widoczny w postaci pierścienia (zwanego słojem rocznym) w przekroju pnia. Metoda ta jest wykorzystywana także w klimatologii, ponieważ na podstawie analizy szerokości przyrostów można określić, jakie panowały w tym czasie warunki klimatyczne. Grubsze słoje świadczą o lepszych warunkach klimatycznych do wzrostu drzewa. Metodą tą można określać wiek danych obiektów do 10 tysięcy lat.

metoda dendrochronologiczna

Wiek skał osadowych w zbiornikach wodnych ustala się za pomocą **metody sedymentologicznej**. Polega ona na analizie rocznego przyrostu osadów dennych zbiornika. Znając średnie tempo przyrostu warstw, na podstawie ich miąższości można oszacować wiek osadu.

metoda sedymentologiczna

Wykorzystując metodę lichenometryczną, można datować wiek skał na podstawie tempa rozwoju występujących na nich porostów. Wiek skał badanych tą metodą sięga kilku tysięcy lat.

metoda lichenometryczna

Odtwarzanie przeszłych wydarzeń geologicznych

ułożenie i rodzaj warstw skalnych

Na podstawie ułożenia warstw skalnych można także datować przeszłe wydarzenia geologiczne. W odtwarzaniu tych wydarzeń obowiązuje **zasada aktualizmu**, według której czynniki fizyczne i chemiczne oddziałujące na Ziemię i na skorupę ziemską, a zatem także procesy fizyczne i chemiczne były w przeszłości podobne do dzisiejszych, co pozwala na podstawie współczesnych obserwacji określać przebieg dawnych procesów geologicznych.

Tab. V.3.2. Rodzaj skał świadczy o procesach geologicznych, które spowodowały powstanie danych skał

Rodzaj skał	Procesy geologiczne i geomorfologiczne, w wyniku których utworzyły się dane skały
skały magmowe głębinowe	zjawiska plutoniczne (intruzje magmowe pod powierzchnią ziemi)
skały magmowe wylewne	zjawiska wulkaniczne
skały magmowe o strukturze porfirowej	zmiana warunków krystalizacji skały, wulkanizm poprzedzony intruzjami magmowymi pod powierzchnią ziemi
skały osadowe okruchowe, w tym:	wietrzenie i działalność akumulacyjna
– piaski i żwiry polodowcowe	akumulacyjna działalność wód polodowcowych
– piaski drobne i lessy	działalność akumulacyjna wiatru
– piaski i żwiry drobno- i gruboziarniste	działalność akumulacyjna rzek
– gliny zwałowe	działalność akumulacyjna lądolodu
– piaskowce gruboziarniste i zlepieńce	sedymentacja w zbiornikach morskich płytkich lub w rzekach
– piaskowce drobnoziarniste i iłowce	sedymentacja w głębokich zbiornikach morskich
skały osadowe pochodzenia organicznego	pogłębianie się zbiornika morskiego
skały osadowe chemiczne	wytrącanie związków chemicznych z wody w warunkach suchego klimatu
skały metamorficzne	przeobrażanie skał pod wpływem oddziaływania wysokiego ciśnienia i/lub wysokiej temperatury

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Podaj różnice między określaniem wieku względnego i bezwzględnego skał.
2. Określ, które warstwy skalne będą starsze w budowie płytowej (skały ułożone poziomo).
3. Wyjaśnij, dlaczego nie wszystkie organizmy żyjące w dawnych czasach mogą być skamieniałościami przewodnimi.
4. Przyporządkuj niżej podane skamieniałości przewodnie do odpowiedniego okresu geologicznego. Przerysuj do zeszytu i uzupełnij tabelę.

belemnity, graptolity, brachiopody, mamuty, trylobity

kambr	sylur	dewon	jura

5. Wyjaśnij, na czym polega określanie wieku względnego skał oraz podaj różnicę pomiędzy metodą stratygraficzną a tektoniczną.

PODSUMOWANIE LEKCJI

• **Metody określania wieku skał:** ◂ s. 299

OKREŚLANIA WIEKU SKAŁ

Wiek względny skał
- metoda stratygraficzna
- metoda tektoniczna
- metoda paleontologiczna

Wiek bezwzględny skał
- metody izotopowe:
  - metoda uranowo-ołowiowa
  - metoda izotopu węgla ^{14}C
- metoda dendrochronologiczna
- metoda sedymentologiczna
- metoda lichenometryczna

• Przeszłe wydarzenia geologiczne można odtwarzać na podstawie **ułożenia i rodzaju warstw skalnych:** ◂ s. 301
- skały magmowe głębinowe świadczą o podziemnych intruzjach magmowych,
- skały magmowe wylewne świadczą o zjawiskach wulkanicznych,
- skały osadowe świadczą o procesach wietrzenia i akumulacji osadów,
- skały metamorficzne wskazują na występowanie intruzji magmowych, wzrost ciśnienia i temperatury.

4. Podział dziejów Ziemi. Analiza profilu geologicznego

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz charakterystykę najważniejszych wydarzeń geologicznych i przyrodniczych w dziejach Ziemi obejmujących: fałdowania, transgresje i regresje morskie, zlodowacenia, rozwój świata organicznego i jego wymieranie;
- nauczysz się odtwarzać te wydarzenia na podstawie analizy profilu geologicznego;
- poznasz, w jaki sposób analizuje się odkrywkę geologiczną (zajęcia w terenie) i na tej podstawie nauczysz się wnioskować o przeszłości geologicznej danego obszaru.

Dzieje Ziemi istniejącej od około 4,6 miliarda lat dzielą się na jednostki czasu: eony, ery, okresy i epoki. Poszczególne eony zostały wyodrębnione w zależności

od obecności życia: **hadian** to czas formowania się naszej planety, **archaik** charakteryzował się brakiem życia na Ziemi, w **proterozoiku** występowało ukryte życie, a **fanerozoik** to jednostka jawnego życia (udowodniona skamieniałościami). Nieformalnie okres od powstania Ziemi do kambru (czyli od 4,6 miliardów 542 milionów lat temu) nazywa się **prekambrem**. Granice między erami zostały ustalone na podstawie rozwoju świata organicznego, a ich nazewnictwo pochodzi od słów greckich, na przykład *palaios* znaczy „dawny", *mezon* – „środkowy", *kainos* – „nowy". Stąd wzięły się nazwy **er**:

ery geologiczne

- paleozoik (dawne ślady życia),
- mezozoik (środkowe ślady życia),
- kenozoik (nowe ślady życia).

Ery dzielą się na okresy i epoki. Podstawę ich podziału stanowią zmiany w świecie roślin i zwierząt, w układzie lądów i mórz czy klimatyczne.

Tab. V.4.1. Tabela stratygraficzna dziejów Ziemi

Eon		Era	Okres	Epoka	Początek okresu lub epoki (w mln lat)	Czas trwania (w mln lat)
fanerozoik		kenozoik	czwartorzęd	holocen	0,012	65,5
				plejstocen	2,6	
			neogen	pliocen	5,3	
				miocen	23,3	
			paleogen	oligocen	33,9	
				eocen	55,8	
				paleocen	65,5	
		mezozoik	kreda		145,5	185,5
			jura		199,6	
			trias		251	
		paleozoik	perm		299	291
			karbon		359,2	
			dewon		416	
			sylur		433,7	
			ordowik		488,3	
			kambr		542	
proterozoik	prekambr	neoproterozoik			1000	1958
		mezoproterozoik			1600	
		paleoproterozoik			2500	
archaik		neoarchaik			2800	1500
		mezoarchaik			3200	
		paleoarchaik			3600	
		eoarchaik			~ 4000	
hadian					~ 4650	~ 650

Prekambr (4600–542 mln lat temu)

◂ prekambr

Prekambr obejmuje czas od powstania naszej planety i wykształcenia skorupy ziemskiej. Najstarsze skały magmowe powstały ok. 4 miliardów lat temu. Z zastygających skał wulkanicznych wydobywała się para wodna, która po kondensacji utworzyła hydrosferę. Pierwotna atmosfera była beztlenowa i składała się z pary wodnej, dwutlenku węgla, azotu i siarkowodoru. W prekambrze nastąpiło uformowanie **cokołów kontynentalnych** (kratonów), czyli podłoża późniejszych **tarcz** (zbudowanych ze skał krystalicznych) i **platform** (przykrytych warstwami skał osadowych). Następowały liczne fałdowania cienkiej skorupy ziemskiej, którym towarzyszył wulkanizm i metamorfizm, a około 1,1 mld lat temu z kratonów powstał pierwszy wielki **prakontynent**, który pod koniec proterozoiku rozpadł się na mniejsze części.

W archaiku pojawiły się pierwsze bakterie beztlenowe oraz sinice, które miały zdolność fotosyntezy. Pod koniec proterozoiku pojawiły się pierwsze organizmy tkankowe: jamochłony, gąbki, pierścienice. Organizmy te nie zostawiły wyraźnych śladów w postaci skamieniałości, dlatego prekambr nazywa się także **kryptozoikiem** (okresem ukrytego życia).

Paleozoik (542–251 mln lat temu)

◂ paleozoik

Erę paleozoiczną, obejmującą sześć okresów, podzielono na paleozoik starszy (kambr, ordowik, sylur) oraz paleozoik młodszy (dewon, karbon, perm). Wystąpiły wówczas silne ruchy górotwórcze zwane **kaledońskimi** (w sylurze) oraz **hercyńskimi** (w karbonie), a także zmiany w rozmieszczeniu lądów i oceanów. Na początku ery paleozoicznej istniał prawdopodobnie kolejny wielki superkontynent (**Pangea**), który rozpadł się na mniejsze bloki kontynentalne (m.in. na **Laurazję** na półkuli północnej oraz **Gondwanę** na półkuli południowej). W późnym karbonie Laurazję i Gondwanę rozdzielał **Ocean Tetydy**. Pod koniec paleozoiku ponownie doszło do połączenia bloków i utworzył się kontynent **Pangea II**. Pojawiły się wapienie zawierające skamieniałości. Następowały częste zmiany klimatu, na przykład na półkuli północnej w karbonie panował klimat gorący i wilgotny, natomiast w permie – suchy (na półkuli północnej powstały pustynie, a na półkuli południowej – lądolody).

Wśród zwierząt w kambrze pojawiły się organizmy mające twarde elementy strukturalne, jak: gąbki, małże, ramienionogi, graptolity, szkarłupnie i stawonogi (trylobity) żyjące w środowisku morskim. W ordowiku były obecne koralowce tworzące rafy koralowe, a w sylurze – pierwsze ryby okryte pancerzem. W dewonie zwierzęta były obecne także na lądzie, na przykład: pajęczaki, owady i pierwsze prymitywne płazy. Płazy to pierwsze kręgowce, które „wyszły" na ląd. Pierwszymi roślinami naczyniowymi na lądzie były psylofity (pozbawione liści) – rozwinęły się w sylurze. W karbonie nastąpił bujny rozwój roślinności w związku ze sprzyjającym klimatem gorącym i wilgotnym. Na lądach rosły drzewiaste rośliny zarodnikowe: paprocie, widłaki i skrzypy. Z roślinnej materii organicznej utworzyły się ogromne **pokłady węgla kamiennego** na obszarze dzisiejszej Europy i Ameryki Północnej. Oprócz węgla kamiennego powstały także **pokłady ropy**

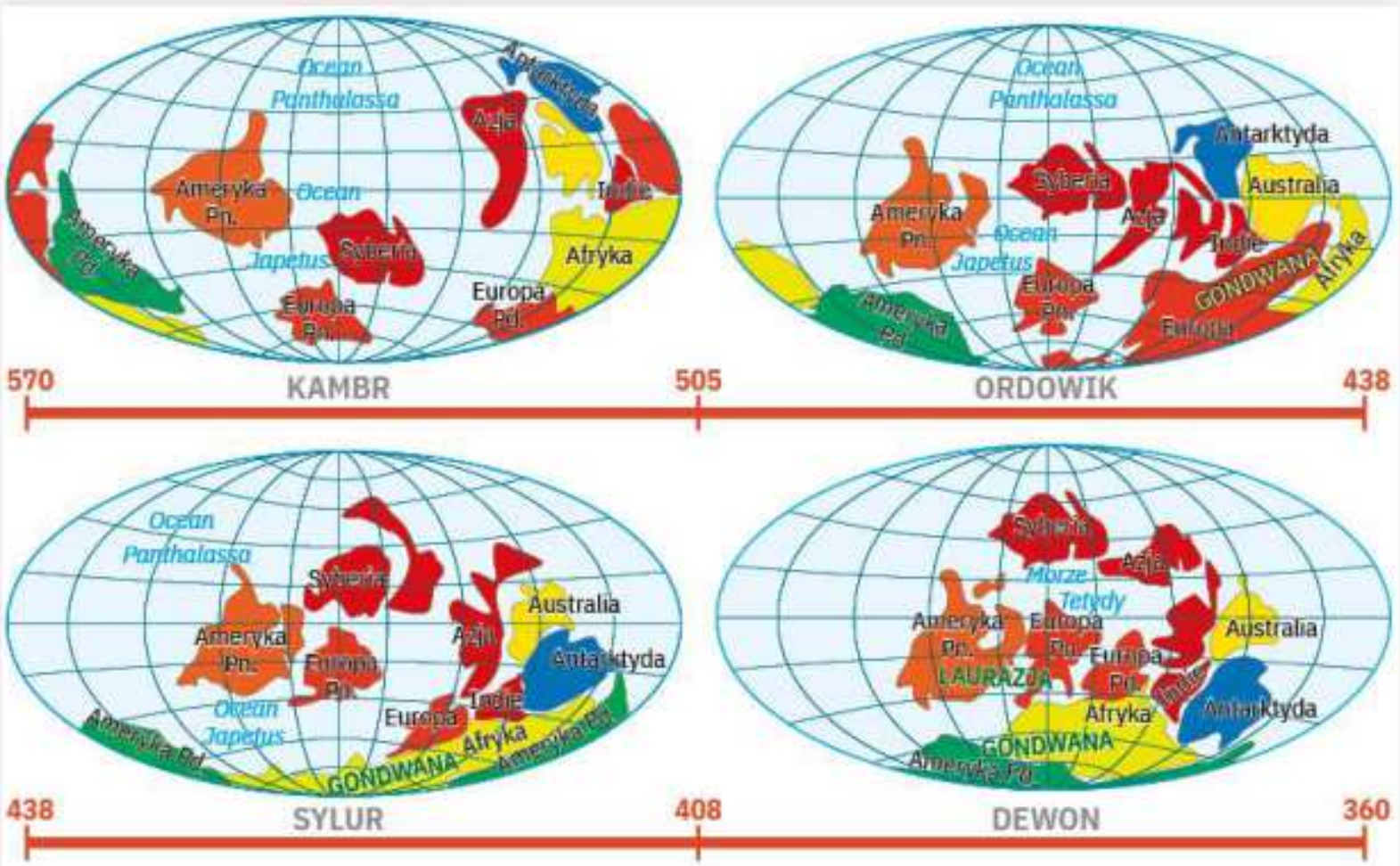
naftowej i gazu ziemnego, złoża miedzi, cynku i ołowiu, a także rudy żelaza, sole kamienne i potasowe.

mezozoik ▸

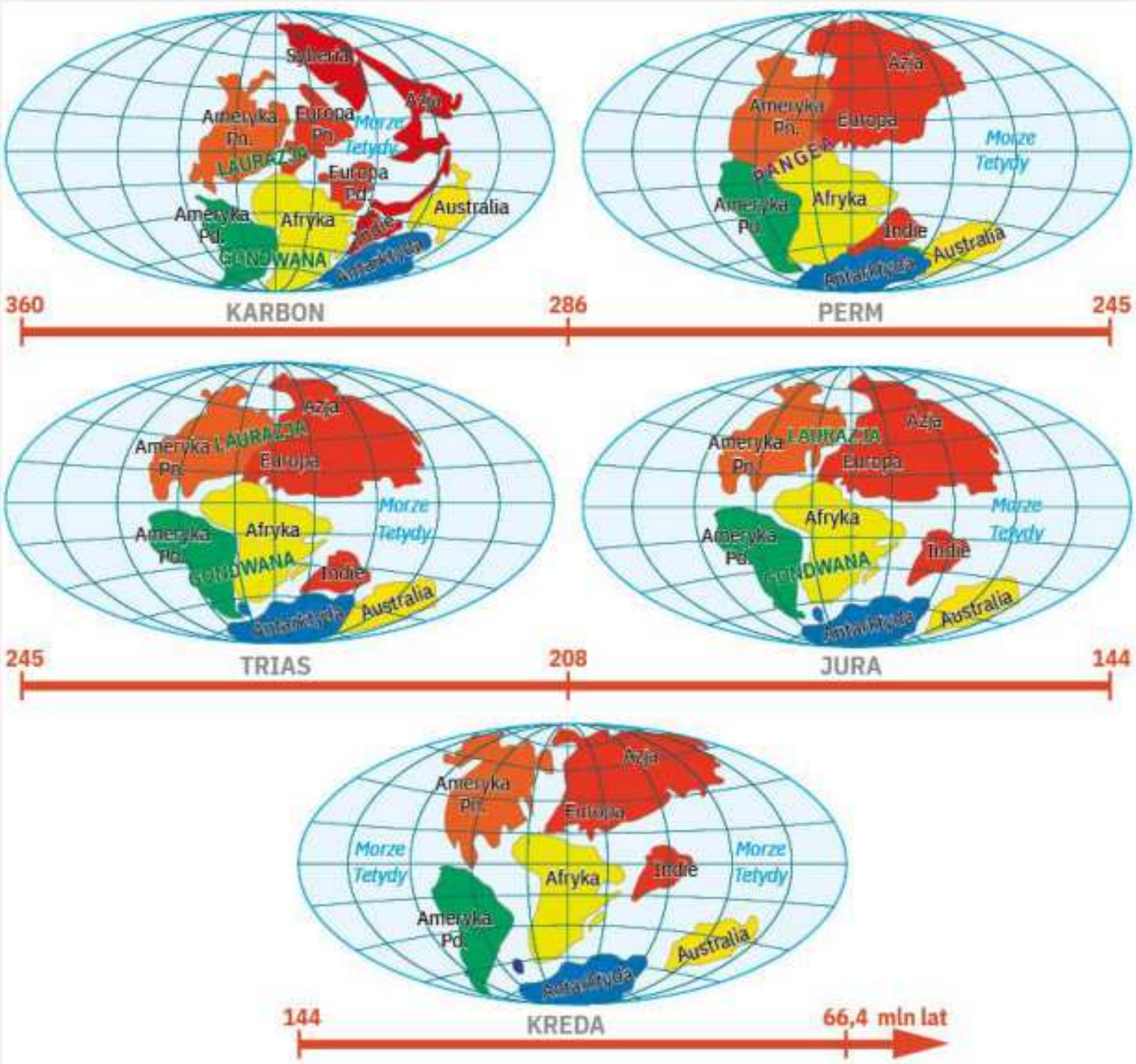
Mezozoik (251–65 milionów lat temu)

Era mezozoiczna dzieli się na trias, jurę i kredę. W erze mezozoicznej występowały liczne **transgresje** (zalanie lądu przez morze) i **regresje morskie** (ustępowanie morza, wynurzanie lądu). Kontynent Pangea II ponownie rozpadł się na Laurazję i Gondwanę, a następnie pojawiły się **zarysy współczesnych kontynentów**. Ameryka Północna swoją północną częścią łączyła się z Europą, natomiast płyta indyjska była oddzielona od Azji. Ocean Tetydy rozgraniczający Euroazję i Afrykę zmniejszył się – jego pozostałością w czasach współczesnych jest Morze Śródziemne. W triasie rozpoczęły się liczne fałdowania osadów orogenezy alpejskiej.

Na początku ery mezozoicznej nastąpił dalszy rozwój roślin iglastych, a w kredzie – roślin kwiatowych oraz drzew liściastych (buki, dęby, platany). W morzu występowały głowonogi (amonity, belemnity), ramienionogi, małże, otwornice. W triasie nastąpił rozwój płazów i gadów. Bardzo zróżnicowaną grupę stanowiły zwłaszcza te drugie – zarówno żyjące w morzach, jak i na lądach. Pojawiły się **dinozaury** (roślinożerne i mięsożerne) oraz pierwsze ptaki (**archeopteryksy**) i prymitywne ssaki (**torbacze**). Pod koniec kredy (66 milionów lat temu) prawdopodobnie w wyniku upadku meteorytu wyginęły dinozaury, a także inne gatunki zwierząt (ryb, amonitów, belemnitów). Okres ten jest nazywany wymieraniem kredowym.



Ryc. V.4.1. Wędrówki kontynentów.



Ryc. V.4.1. Wędrówki kontynentów cd.

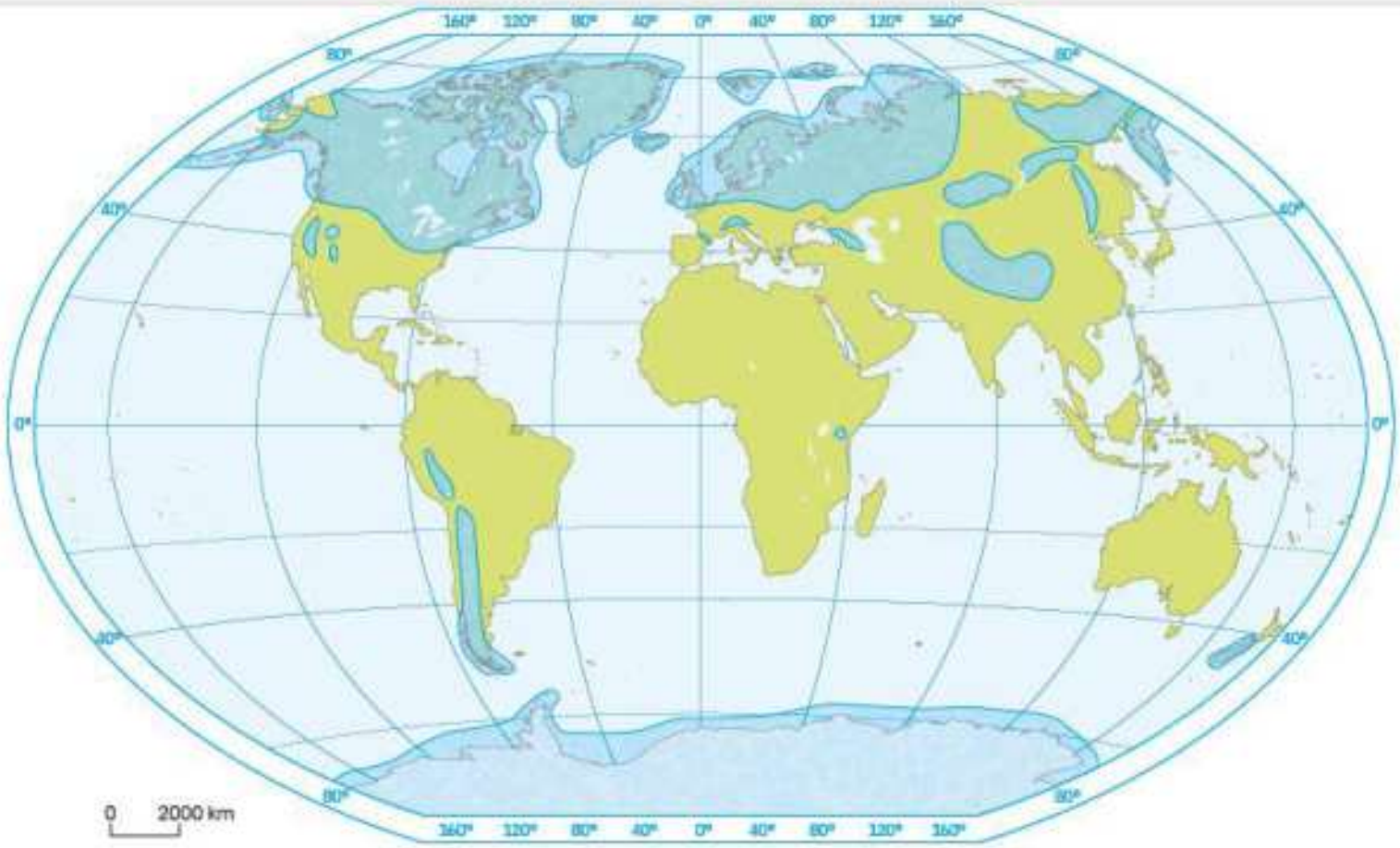
Kenozoik (65 milionów lat temu do czasów współczesnych)

◂ kenozoik

Era kenozoiczna to najkrótsza era w dziejach Ziemi. Dzieli się na paleogen, neogen i czwartorzęd. W kenozoiku nastąpiła kontynuacja orogenezy alpejskiej, uformowały się współczesne kontynenty i oceany. Płyta indyjska zderzyła się z płytą euroazjatycką, doprowadzając do **wypiętrzenia Himalajów**. Australia oddzieliła się od Antarktydy. Starsze górotwory orogenezy kaledońskiej i hercyńskiej uległy odmłodzeniu, tworząc struktury zrębowe. Po koniec pliocenu doszło do ochłodzenia i osuszenia klimatu. W plejstocenie pojawiły się lodowce kontynentalne (**lądolody**) oraz lodowce górskie. Następowały na przemian okresy glacjału (ochłodzenia) i interglacjału (ocieplenia). Lądolody obejmowały część Europy (m.in. Półwysep Skandynawski, Wyspy Brytyjskie, ok. 90% powierzchni Polski) i Ameryki Północnej. W wyniku działalności lądolodów osadziły się żwiry, piaski i gliny, a na przedpolu lo-

dowca w warunkach klimatu peryglacjalnego nastąpiła akumulacja lessów. **Epoka lodowcowa** zakończyła się około 12 tysięcy lat temu.

W biosferze nastąpiła ekspansja ssaków, rozwinęły się ssaki naczelne. Około 4 milionów lat temu w Afryce Wschodniej pojawił się przodek człowieka – australopitek. Pod koniec zlodowacenia wyginęły wielkie ssaki, takie jak mamut włochaty i nosorożec włochaty.



Ryc. V.4.2. Maksymalny zasięg lodowych pokryw plejstoceńskich na Ziemi.

Analiza profilu geologicznego

Na podstawie budowy geologicznej danego obszaru można określić przeszłe wydarzenia i procesy w układzie chronologicznym. **Budowa geologiczna** to sposób rozmieszczenia skał w skorupie ziemskiej. Warstwy skalne podlegają różnego rodzaju deformacjom w wyniku działania czynników wewnętrznych.

odkrywki geologiczne

W terenie budowę geologiczną danego obszaru określa się na podstawie **odkrywki geologicznej**. Polega ona na odsłonięciu miejsca w terenie, gdzie na powierzchni pod pokrywą zwietrzeliny i gleby odsłaniają się warstwy skalne. Odkrywka może być naturalna (np. podcięcia spowodowane przez koryta rzeczne, odsłonięcia skał w łańcuchach górskich) lub sztuczna (np. w kamieniołomach, wcięciach drogowych).

Aby prawidłowo określić warstwy skał w odkrywce i wnioskować o przeszłości geologicznej obszaru, należy:

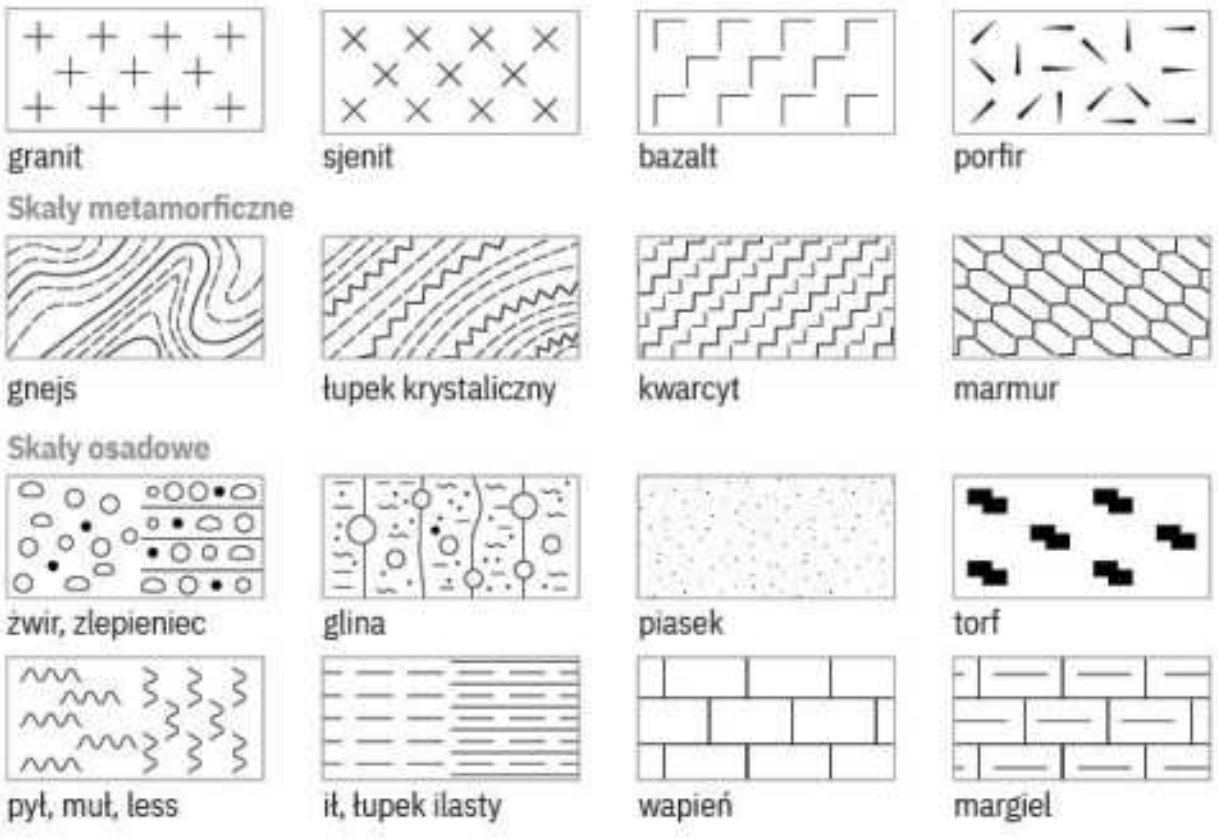
- przed wyjściem w teren przeanalizować mapy geologiczne i topograficzne badanego obszaru;
- dokonać obserwacji i pomiarów w odkrywce obejmujących:
  – wysokość odkrywki,
  – miąższość (grubość) warstw skalnych,

– struktura i tekstura warstw skalnych,
– uławicenie skał,
– ułożenie warstw skalnych,
– określenie kierunku spękań,
– rozpoznanie skał,
– rozpoznanie skamieniałości,
– położenie odkrywki w stosunku do ukształtowania terenu,
– pobranie próbek;

- określić współcześnie zachodzące procesy geologiczne i odnieść je do przeszłości (zasada aktualizmu geologicznego).

Struktura skał to sposób wykształcenia składników skały (ziaren, kryształów, otoczaków). W skałach magmowych występują struktury jawnokrystaliczne, skrytokrystaliczne, porfirowe. W skałach osadowych ze względu na rozmiary ziaren wyróżnia się frakcje gruzową, żwirową, piaszczystą, mułową, iłową (**ryc. V.2.10.**).

Tekstura warstw skalnych oznacza sposób ułożenia i uporządkowania składników skały, na przykład ziaren czy kryształów. Mogą być one uporządkowane lub bezładne. Jeśli składniki skalne są ułożone w wyraźne warstwy skalne, oddzielone od siebie wyraźnymi granicami, mówi się o **uławiceniu skał**. Jego stopień jest określany w skałach osadowych.



Źródło: Cabaj W., *Obserwacje i pomiary w nauczaniu geografii fizycznej*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego, Kraków 2012, s. 102.

Ryc. V.4.3. Oznaczenia wybranych skał w profilu geologicznym.

Analizując odkrywkę geologiczną, należy sprawdzić, czy składniki skały są widoczne gołym okiem. W przypadku widocznej struktury krystalicznej i ziaren oznacza się minerały (twardość, barwę, zapach, łupliwość, przełam, reakcja z kwasem solnym).

Do analizy odkrywki geologicznej są potrzebne następujące materiały i narzędzia:

- notatnik,
- przybory rysunkowe,
- taśma miernicza,
- mapa geologiczna i topograficzna,
- klucz do oznaczania minerałów,
- młotek,
- łopata,
- nożyk, dłuto,
- 3–5–procentowy roztwór kwasu solnego,
- kompas geologiczny,
- aparat fotograficzny,
- szkło powiększające,
- pojemniki na próbki,
- plecak.

profil geologiczny

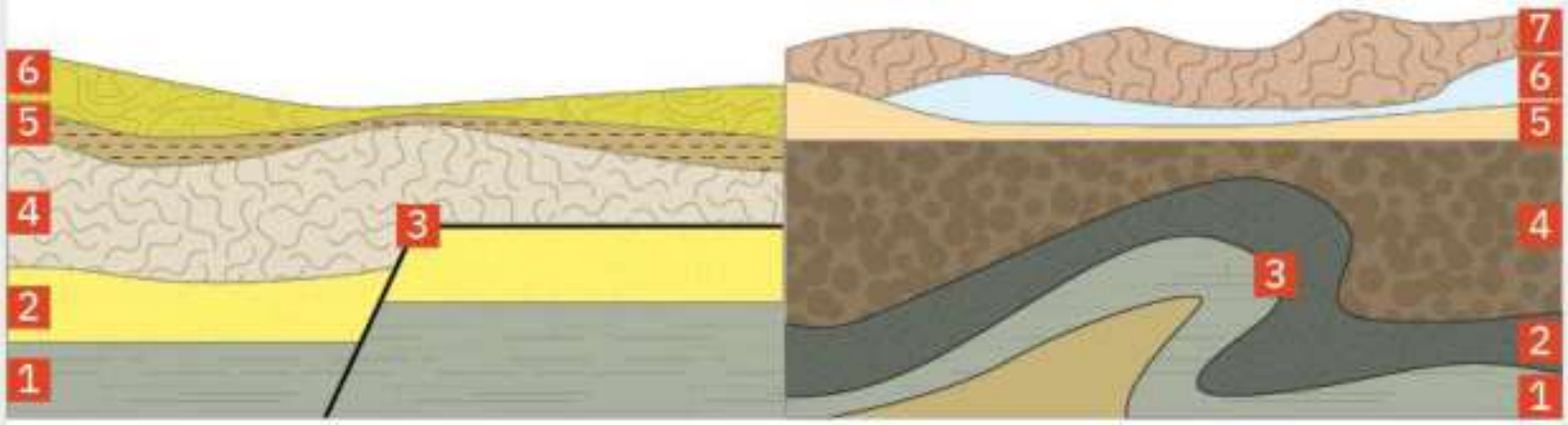
Profil (przekrój) geologiczny to graficzne przedstawienie utworów geologicznych wzdłuż płaszczyzny pionowej. Dzięki analizie warstw skalnych w profilu geologicznym można wyciągnąć wnioski na temat przeszłych wydarzeń geologicznych, ich kolejności oraz związku pomiędzy budową geologiczną a rzeźbą terenu. Rodzaj skał i sposób ich powstawania pozwalają określić środowisko, w którym się tworzyły te skały (wodne, lądowe, wnętrze Ziemi), a niekiedy klimat, jaki wówczas panował.

Tab. V.4.2. Powstawanie wybranych skał w zależności od środowiska

Rodzaj skały	Środowisko, w jakich powstawały
piaskowce gruboziarniste	płytki zbiornik morski
wapienie	głęboki zbiornik morski
piaski, żwiry	środowisko lądowe
węgiel	klimat gorący, wilgotny
sól kamienna	płytkie, ciepłe morze, klimat gorący i suchy
żyły magmowe	intruzje magmowe
bazalty	działalność wulkaniczna
kreda pisząca	ochłodzenie klimatu
glina zwałowa	zlodowacenie



Ryc. V.4.4. Odkrywka geologiczna w rezerwacie geologicznym Ślichowice w Kielcach – sfałdowane wapienie dewońskie.



Kolejność wydarzeń:

1. Wapienie – osady zbiornika morskiego.
2. Piaski warstwowane – działalność akumulacyjna wód polodowcowych.
3. Ruchy tektoniczne – powstanie uskoku.
4. Glina zwałowa – akumulacyjna działalność lądolodu.
5. Ił – osadzanie się na dnie zbiornika, np. jeziornego.
6. Torf – rozkład obumarłych szczątków roślinnych.

Kolejność wydarzeń:

1. Wapienie, margle – osady zbiornika.
2. Bazalty – działalność wulkaniczna.
3. Ruchy górotwórcze – powstanie fałdów.
4. Węgiel brunatny – rozkład obumarłych szczątków roślinnych.
5. Cienka pokrywa lessowa – klimat suchy, procesy eoliczne.
6. Sól kamienna i potasowa – klimat gorący i suchy.
7. Glina zwałowa – zlodowacenia.

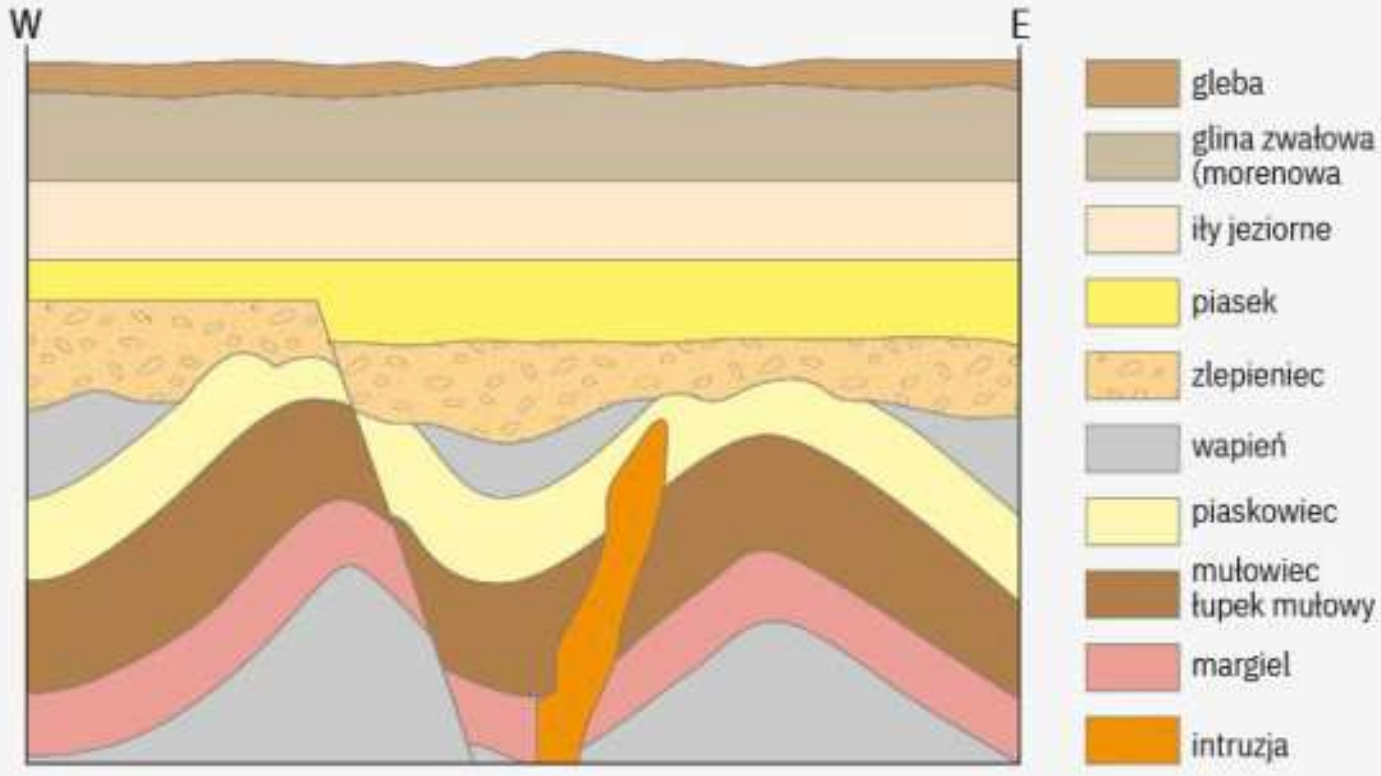
Ryc. V.4.5. Przykładowe rekonstrukcje wydarzeń na podstawie przekrojów geologicznych.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wymień skamieniałości przewodnie dla ery paleozoicznej i ery mezozoicznej.
2. Omów różnice w świecie roślinnym i zwierzęcym pomiędzy erą paleozoiczną i mezozoiczną.
3. Przyporządkuj poniższe wydarzenia w dziejach Ziemi do odpowiednich okresów geologicznych. Przerysuj do zeszytu i uzupełnij tabelę.
   A. pojawienie się raf koralowych
   B. tworzenie się pokładów węgla brunatnego
   C. wyginięcie 75% gatunków roślin i zwierząt na Ziemi
   D. pojawienie się ryb opancerzonych
   E. początek fałdowań osadów orogenezy alpejskiej
   F. tworzenie się pokładów soli kamiennej i potasowej
   G. utworzenie ogromnych pokładów węgla kamiennego

sylur	dewon	karbon	perm	trias	jura	kreda

4. Korzystając z zamieszczonego poniżej rysunku, uporządkuj wydarzenia geologiczne w kolejności od najstarszego do najmłodszego. Przerysuj schemat do zeszytu.



A. powstanie grubej serii różnych osadów morskich
B. sedymentacja piasków na przedpolu lodowca
C. sedymentacja osadów w środowisku wód śródlądowych
D. przykrycie powierzchni erozyjnej przez zlepieńce
E. sfałdowanie i wypiętrzenie skał
F. powstanie intruzji magmowej
G. powstanie uskoku
H. wkroczenie lodowca i depozycja glin zwałowych
I. erozyjne zniszczenie części fałdów

wydarzenie najstarsze → 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 6 → 7 → 8 → 9 → wydarzenie najmłodsze

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 304 ▸

- Podział na **ery geologiczne** obrazujące dzieje Ziemi obejmuje:
  - prekambr (4600–542 mln lat temu),
  - paleozoik (542–251 mln lat temu),
  - mezozoik (251–65 mln lat temu),
  - kenozoik (65 mln lat temu – czasy współczesne).

5. Procesy endogeniczne – wulkanizm i trzęsienia ziemi

NA TEJ LEKCJI:

- nauczysz się wyjaśniać przebieg głównych procesów wewnętrznych prowadzących do urozmaicenia powierzchni Ziemi (wulkanizm, plutonizm, trzęsienia ziemi);
- nauczysz się dostrzegać prawidłowości w rozmieszczeniu zjawisk i procesów geologicznych na Ziemi.

Zjawiska plutoniczne i wulkaniczne wiążą się z energią cieplną wnętrza Ziemi. Zachodzą one w wyniku dostawania się magmy pomiędzy skały lub na powierzchnię ziemi.

Zjawiska plutoniczne

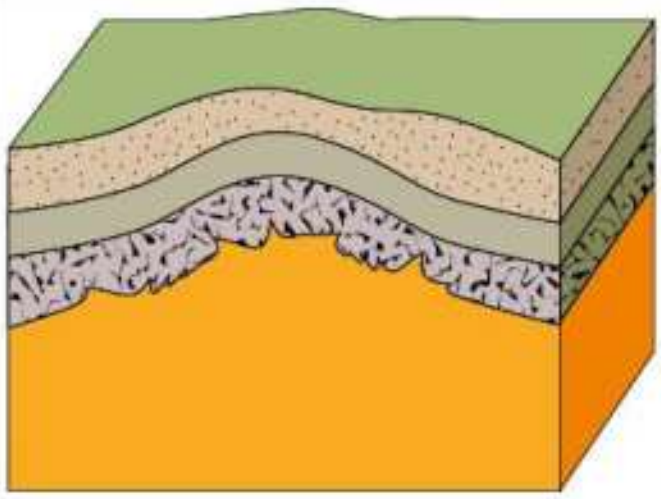
zjawiska plutoniczne

Plutonizm (zjawiska plutoniczne) polega na podziemnym tworzeniu, przemieszczaniu się i krystalizacji magmy w obrębie litosfery oraz powstawaniu z niej skał głębinowych. Magma to stop glinokrzemianów i innych związków chemicznych wraz z rozpuszczonymi w niej gazami, o temperaturze ponad 1000°C, będący pod wysokim ciśnieniem. Płynna i plastyczna magma może się przemieszczać w kierunku powierzchni ziemi, gdzie następuje obniżenie temperatury i rozpoczyna się proces powolnego jej krzepnięcia. Wdzieranie się magmy pomiędzy szczeliny skalne litosfery, bez wydostawania się na powierzchnię, to **intruzje magmowe**. Skały znajdujące się na kontakcie z intruzjami magmowymi ulegają przeobrażeniu (**metamorfizm kontaktowy**). Intruzje przecinające już istniejące warstwy skalne nazywa się **intruzjami niezgodnymi**. Natomiast **intruzje zgodne** to takie, które nie naruszają wcześniejszego układu warstw skalnych.

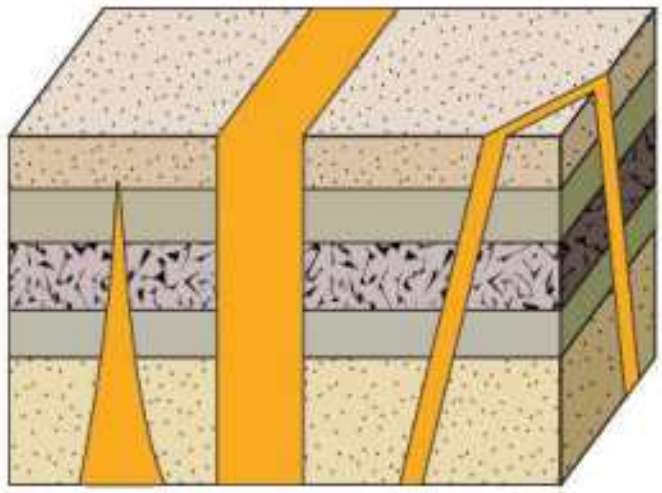
intruzje magmowe



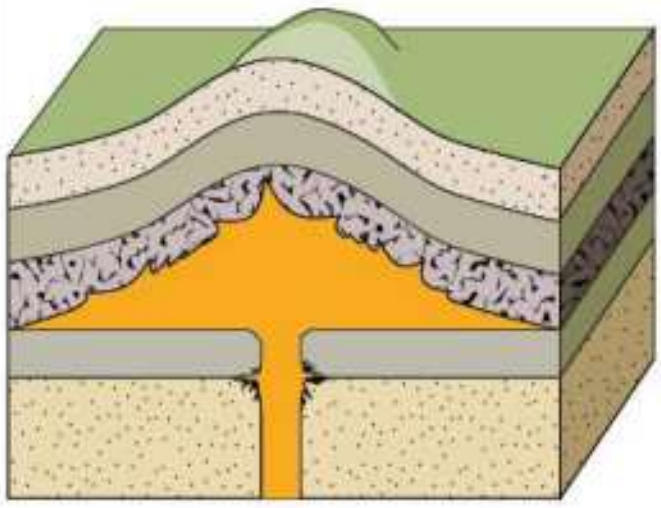
Ryc. V.5.1. Podział intruzji magmowych.



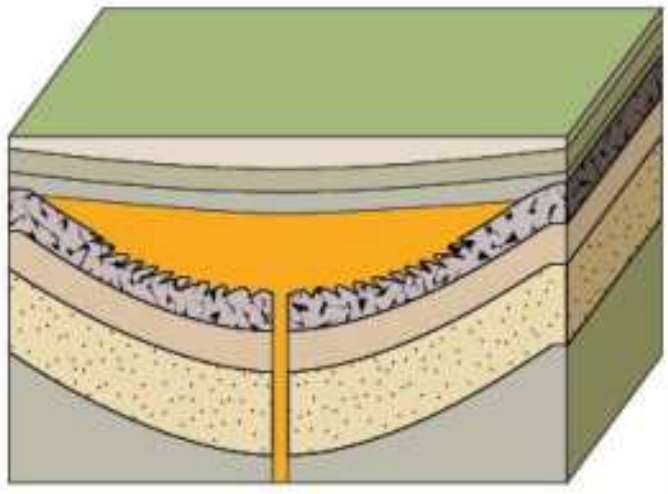
Ryc. V.5.2. Batolit.



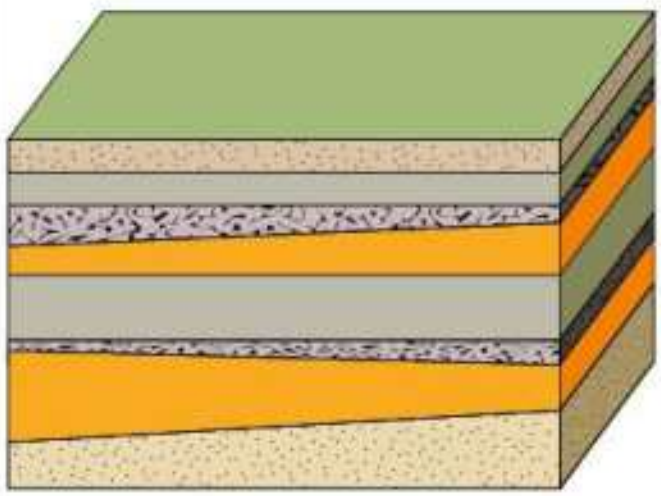
Ryc. V.5.3. Dajki.



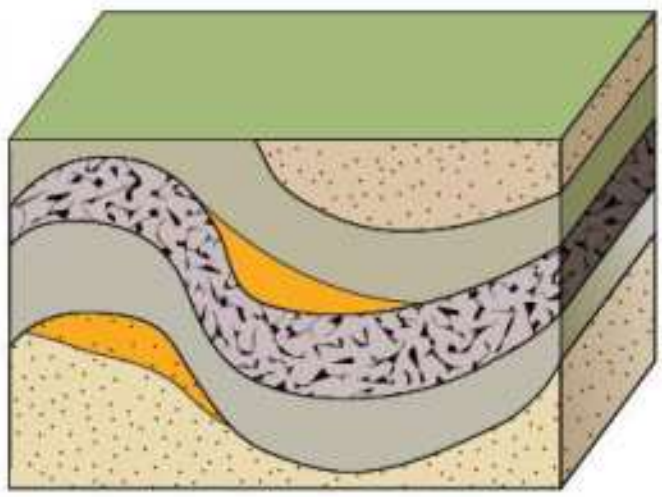
Ryc. V.5.4. Lakolit.



Ryc. V.5.5. Lopolit.



Ryc. V.5.6. Sill.



Ryc. V.5.7. Fakolit.

Efektem stygnięcia magmy są **skały głębinowe plutoniczne** o dobrze wykształconych kryształach (granity, sjenity, dioryty, gabra), **skały żyłowe** (pegmatyty) lub **metamorficzne** (np. marmur). Zjawiska plutoniczne mogą prowadzić do powstania surowców mineralnych (np. rudy złota, żelaza czy niklu) oraz wód termalnych, o silnej mineralizacji.

Zjawiska wulkaniczne

zjawiska wulkaniczne

Procesy wulkaniczne są związane z wydostawaniem się magmy na powierzchnię ziemi. Magma po wydostaniu się na powierzchnię przekształca się w **lawę**. Proces wydobywania się lawy oraz towarzyszących jej ciał stałych i z gazów na powierzchnię nazywa się **erupcją**. Miejsce wydobycia na powierzchnię ziemi produktów wulkanicznych nazywamy kraterem, a obszar – wulkanem. Przyczyną erupcji wulkanicznej jest wzrost ciśnienia w ogniskach magmowych będących zbiornikami magmy znajdującymi się głęboko pod powierzchnią ziemi. Wybuchy wulkanów mogą być gwałtowne lub spokojne (punktowe lub szczelinowe) w zależności od ciśnienia oraz składu chemicznego lawy lub magmy.

Na podstawie zawartości krzemionki lawy można podzielić na kwaśne, obojętne i zasadowe. Lawy kwaśne charakteryzują się dużą lepkością i wylewają się powoli. Lawy obojętne i zasadowe mogą szybko się przemieszczać.



Ryc. V.5.8. Produkty wybuchu wulkanicznego.

produkty wybuchu wulkanicznego

Stałe produkty wydobywające się z wulkanów nazywa się **materiałem piroklastycznym**. Wśród nich znajdują się:

- **bomby wulkaniczne** – bryły lawy o objętości nawet do 1 m^3;
- **lapille** – okruchy skalne o wielkości do około 6 cm;
- **pumeks** – wulkaniczna skała zbudowana z porowatego szkliwa wulkanicznego stanowiącego fragmenty lawy zawierającej gazy, która zastygła w powietrzu;
- popioły wulkaniczne – które po opadnięciu na powierzchnię ziemi ulegają scementowaniu i tworzą skały zwane **tufami**.

Produkty wybuchów wulkanicznych, czyli lawa, gazy i materiał piroklastyczny, wydostają się z wulkanu przez **krater** połączony z **kominem wulkanicznym** i **ogniskiem magmy**. Krater jest lejkowatym zagłębieniem znajdującym się na końcu komina wulkanicznego. W wyniku erupcji w kominie wulkanicznym niekiedy dochodzi od zapadnięcia się stożka wulkanicznego i powstania rozległego zagłębienia zwanego **kalderą**.

Zastygłe potoki lawy przekładane materiałem piroklastycznym (stałymi produktami wybuchu) tworzą nadbudowujący się wraz z każdą erupcją **stożek wulkaniczny**. **Wulkany stożkowe (eksplozywne)** wyrzucają lawę kwaśną o dużej lepkości, tworzącą krótkie potoki i strome stożki wulkaniczne. Wulkany wyrzucające na przemian potoki lawy i produkty stałe nazywa się **stratowulkanami**. Należą do nich przykła-

rodzaje wulkanów

dowo: Wezuwiusz, Etna, Fudżi, Cotopaxi. Lawy obojętne i zasadowe o niskiej lepkości tworzą **wulkany tarczowe (efuzywne)** o szerokich i łagodnych wzniesieniach (nachylenie stoków stożka nie przekracza 8°). Wśród nich można wymienić wulkan Mauna Loa na Hawajach czy Hekla na Islandii.

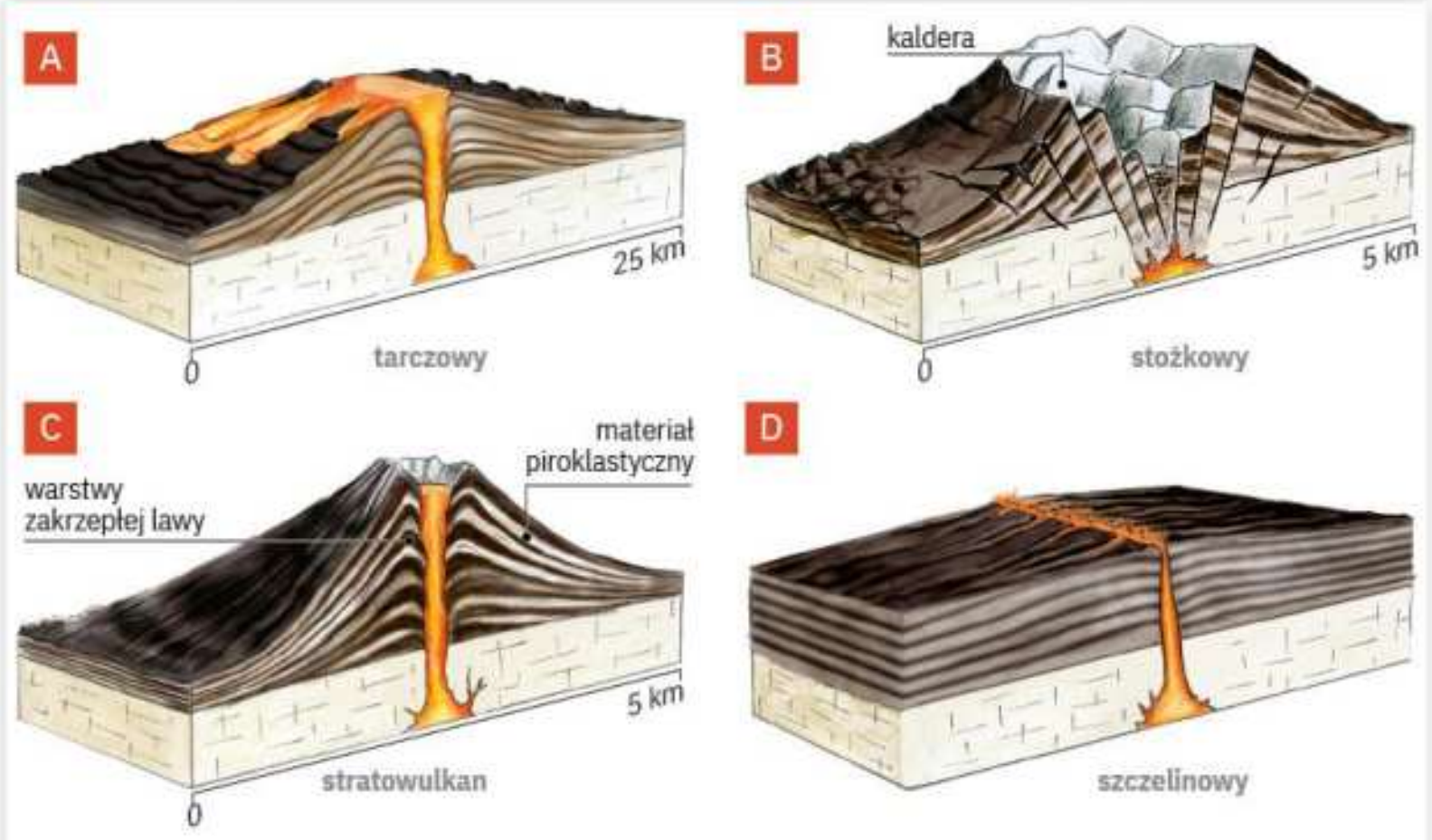
Wulkany szczelinowe nie tworzą stożków wulkanicznych, a lawy bazaltowe wydobywają się bezpośrednio ze szczelin w skorupie ziemskiej. Tego typu wulkany można spotkać na Islandii, w strefie spreadingu (Grzbiet Środkowoatlantycki).



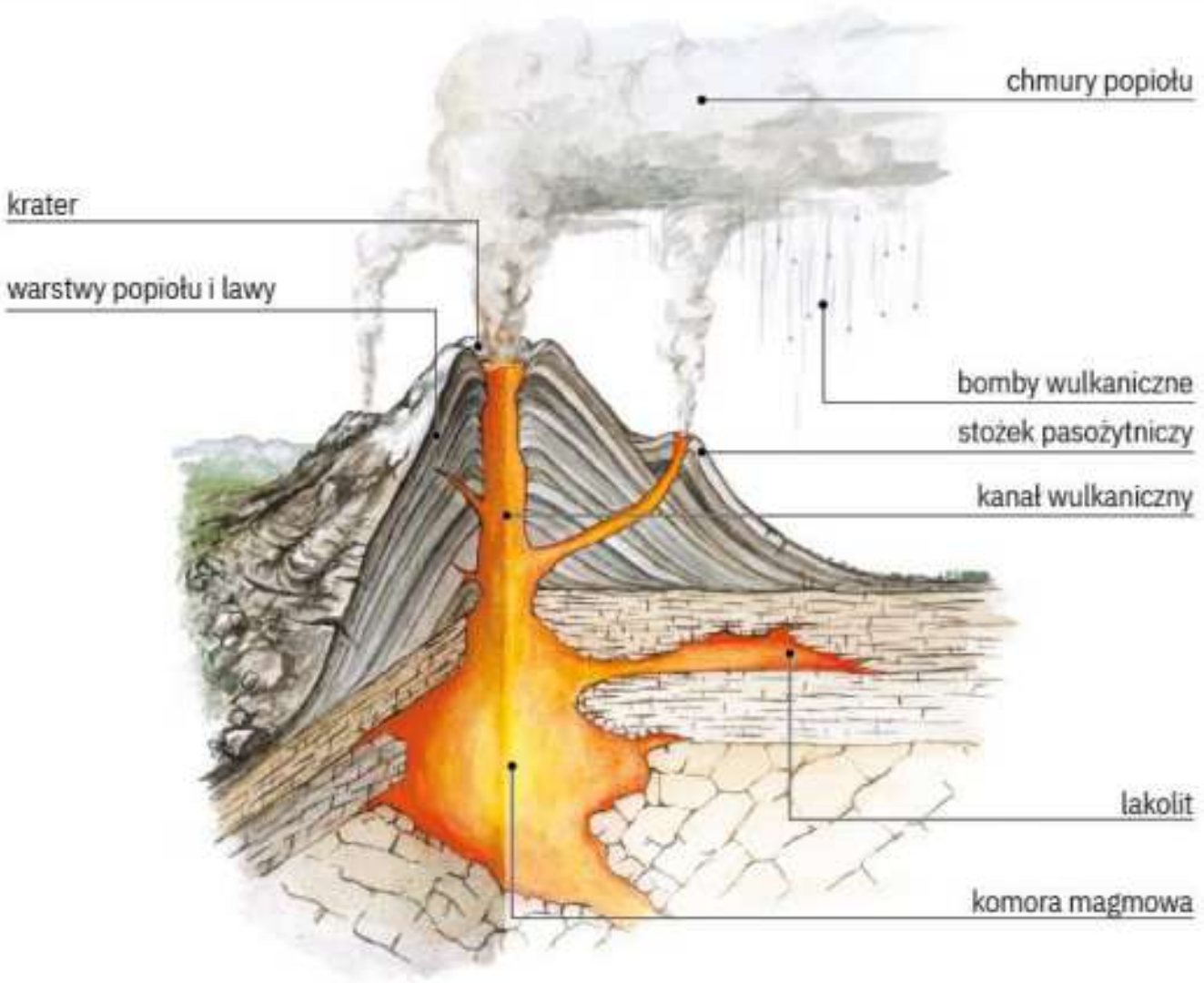
Ryc. V.5.9. Przykłady wulkanów.



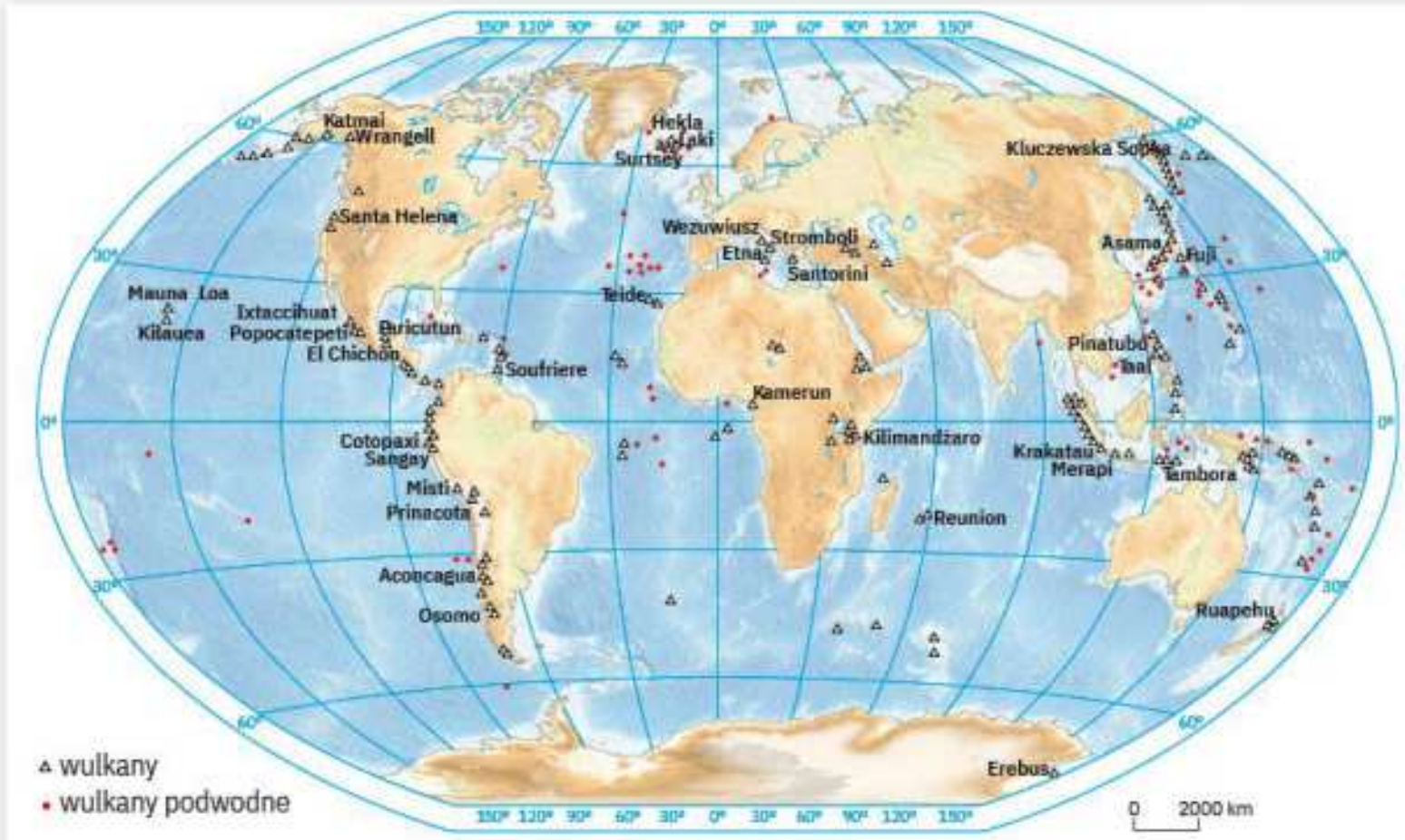
Ryc. V.5.10. Erupcja stratowulkanu Tungurahua w Ekwadorze 30 listopada 2011 r.



Ryc. V.5.11. Rodzaje wulkanów.



Ryc. V.5.12. Budowa stratowulkanu.



Ryc. V.5.13. Rozmieszczenie wulkanów.

Najwięcej wulkanów znajduje się w strefach subdukcji płyt litosfery, w strefach spreadingu (Grzbiet Środkowoatlantycki) oraz nad tzw. **plamami gorąca** niebędącymi granicami płyt litosfery.

plamy gorąca



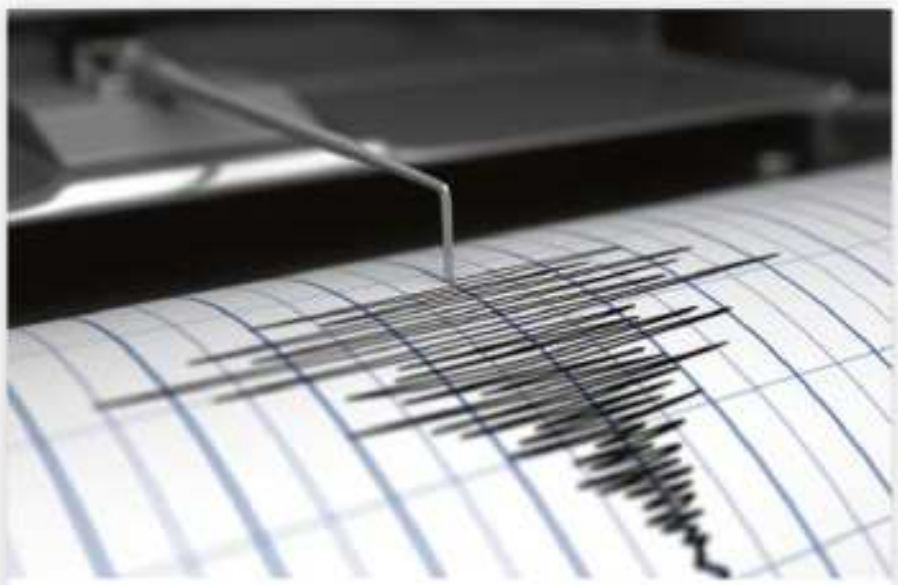
Ryc. V.5.14. Uprawy rolne na Jawie na glebach wulkanicznych.

Oprócz działalności niszczącej wulkanów (pokrywy gorącej lawy, materiał piroklastyczny wyrzucany na dalekie odległości, trujące wyziewy wydobywające się z krateru, przenoszone na dalekie odległości pyły wulkaniczne) można wskazać także pozytywne, gospodarcze znaczenie procesów wulkanicznych. Wybuchom wulkanów często towarzyszą gejzery (gorące źródła), których energia może być wykorzystywana do ogrzewania mieszkań (np. na Islandii). Ponadto mogą one służyć jako wody termalne w rekreacji i lecznictwie uzdrowiskowym. Pyły i popioły wulkaniczne przyczyniają się do powstawania żyznych gleb wulkanicznych chętnie użytkowanych rolniczo, na przykład na wyspie Jawa w Indonezji.

trzęsienia ziemi

Trzęsienia ziemi

Trzęsienia ziemi to wstrząsy skorupy ziemskiej spowodowane uwalnianiem się energii mechanicznej nagromadzonej w płytach litosfery. Powstałe w wyniku rozładowania naprężeń drgania skorupy ziemskiej rozchodzą się w postaci **fal sejsmicznych**. Miejsce wyzwolenia energii mechanicznej i rozchodzenia się fal sesjmicznych jest nazywane **hipocentrum** lub ogniskiem trzęsienia ziemi. Z kolei miejsce na powierzchni ziemi, do którego najszybciej dochodzą fale sejsmiczne i drgania, określa się mianem **epicentrum** (ośrodek trzęsienia ziemi). To w epicentrum wstrząsy są najsilniejsze.



Ryc. V.5.15. Sejsmograf.

skala Richtera

Do określania siły wstrząsów służy **skala Richtera**, w której bierze się pod uwagę amplitudy drgań wstrząsów sejsmicznych. To skala logarytmiczna, w której każdy stopień wstrząsu jest większy od poprzedniego dziesięciokrotnie. Oprócz skali

Richtera do pomiaru siły wstrząsów używa się też dwunastopniowej **skali Mercallego** bazującej na charakterystyce zniszczeń wywołanych wstrząsami. Do rejestracji fal sejsmicznych służy sejsmograf.

Tab. V.5.1. Charakterystyka trzęsień ziemi w skali Mercallego i Richtera

Charakterystyka trzęsień	Stopnie w skali		Wyzwolona energia (J)
	Mercallego	Richtera	
Wykrywają je tylko sejsmografy.	1	1,9	$2{,}0 \cdot 10^{7}$
Czasem (np. w wysokich budynkach) jest zauważane przez ludzi.	2	2,5	$1{,}4 \cdot 10^{8}$
Odczuwane jest lekkie kołysanie, widoczne ruchy lamp.	3	3,1	$1{,}0 \cdot 10^{9}$
Słyszalne są drgania szyb, wstrząsy bezpośrednio odczuwalne.	4	3,7	$9{,}0 \cdot 10^{9}$
Można odczuć wstrząsy na zewnątrz budynków.	5	4,3	$7{,}0 \cdot 10^{10}$
Przesuwają się meble, niektórzy opuszczają domy.	6	4,9	$6{,}0 \cdot 10^{11}$
Słabe budynki doznają uszkodzeń.	7	5,5	$5{,}0 \cdot 10^{12}$
Pojawiają się szczeliny w gruncie, przewracają się meble.	8	6,1	$3{,}6 \cdot 10^{13}$
Pękają rurociągi, przewracają się pomniki i słabe budynki.	9	6,7	$2{,}8 \cdot 10^{14}$
Większość słabych budynków się zawala, inne zostają uszkodzone.	10	7,3	$2{,}2 \cdot 10^{15}$
Drogi stają się nieprzejezdne.	11	7,9	$1{,}8 \cdot 10^{16}$
Wszystkie budynki są zniszczone, widoczne zmiany w topografii.	12	≥ 8,5	$\geq 1{,}4 \cdot 10^{17}$



Ryc. V.5.16. Klasyfikacja trzęsień Ziemi.

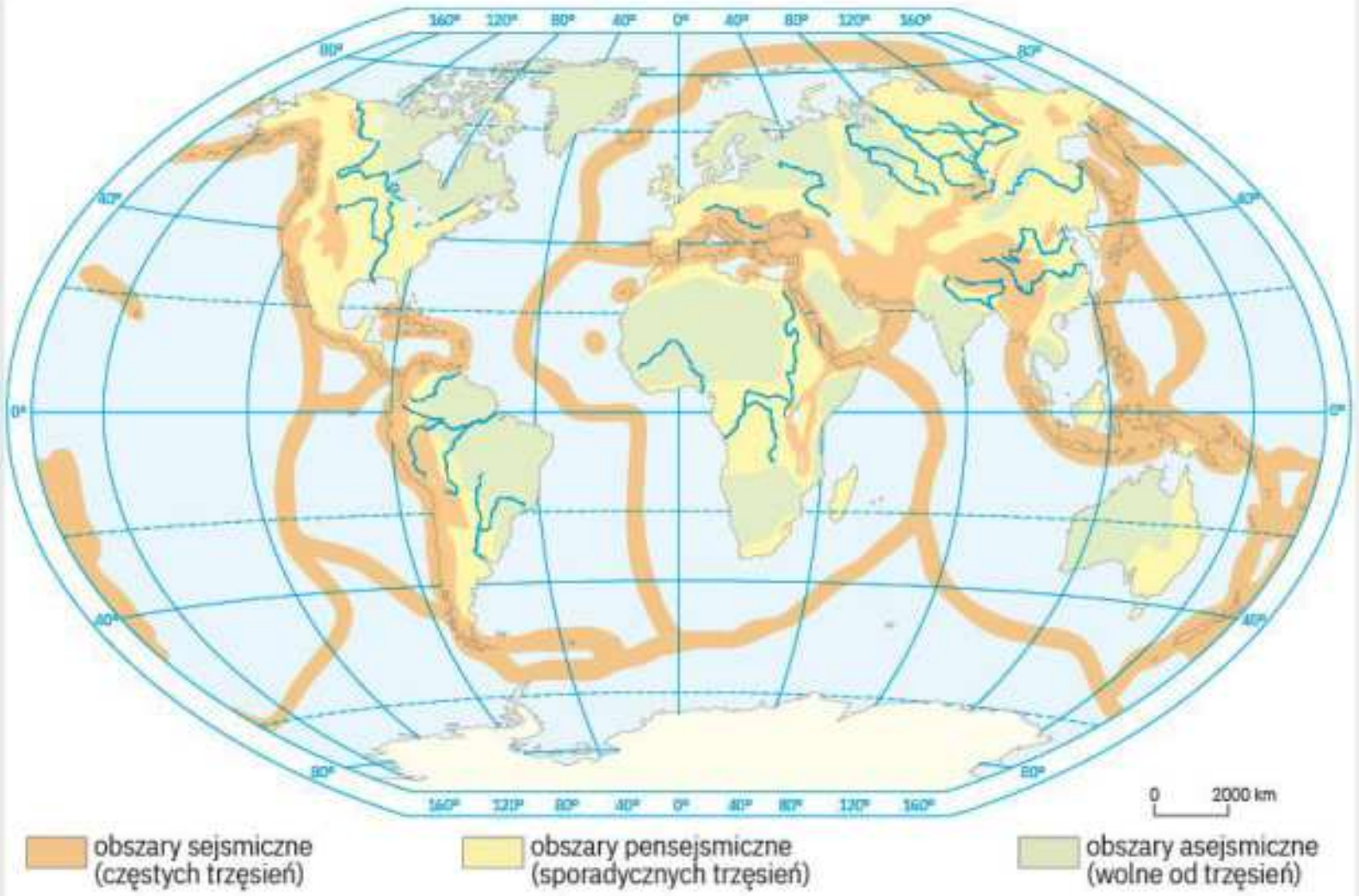
klasyfikacja trzęsień ziemi

Trzęsienia ziemi **tektoniczne** są wynikiem przemieszczania się płyt litosfery. Obejmują około 90% wszystkich trzęsień ziemi i charakteryzują się największą siłą wstrząsów. Wybuchom wulkanów towarzyszą trzęsienia ziemi **wulkaniczne** (ok. 7% trzęsień). Trzęsienia ziemi **zapadliskowe** występują na obszarach eksploatowanych górniczo lub na obszarach krasowych. Polegają na zapadaniu się chodników w kopalniach lub stropów jaskiń (3% wstrząsów).

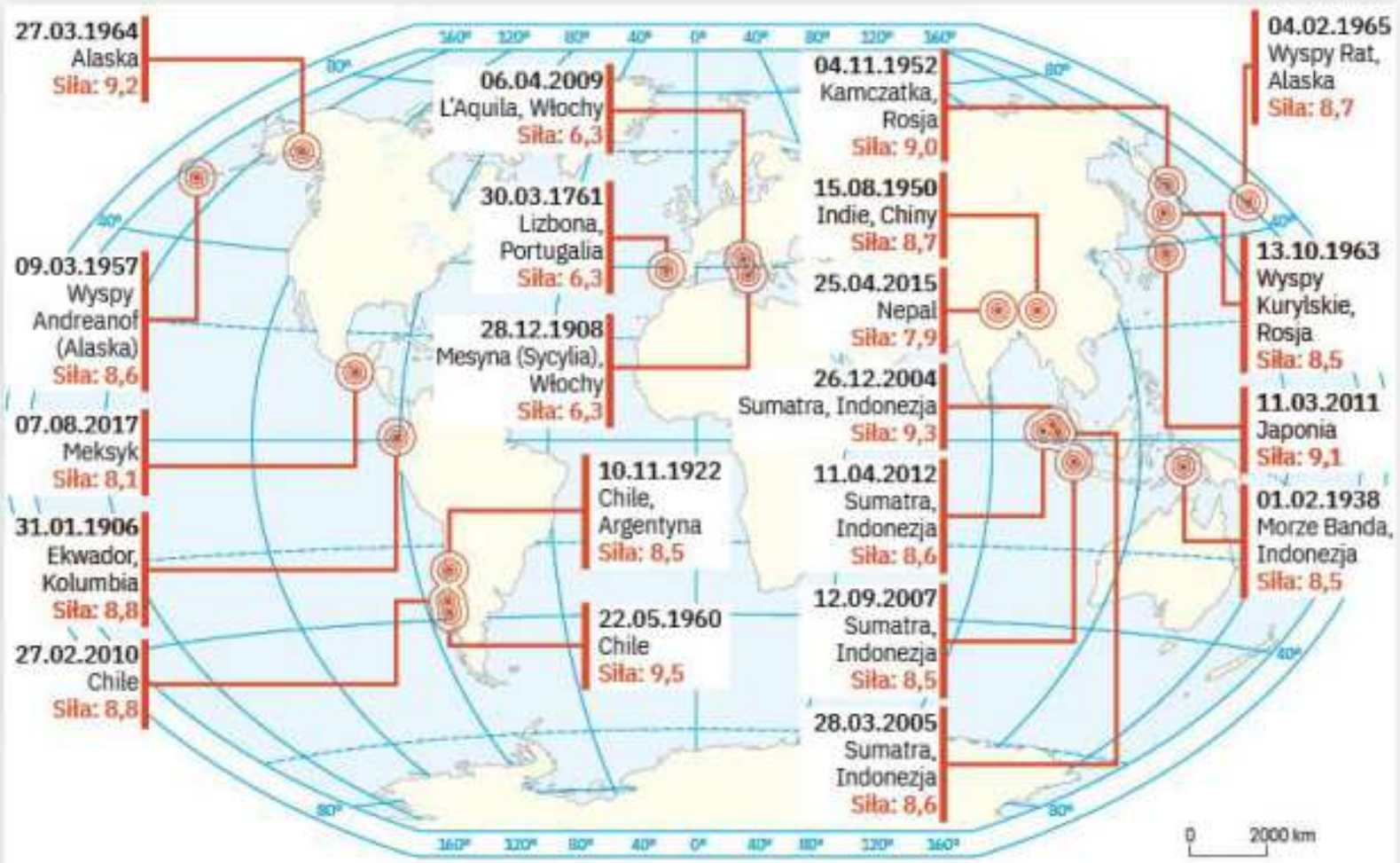
Pod względem rozmieszczenia i częstotliwości występowania trzęsień ziemi powierzchnię naszej planety można podzielić na obszary:

- sejsmiczne – o częstych i silnych wstrząsach,
- pensejsmiczne – o sporadycznych wstrząsach,
- asejsmiczne – wolne od trzęsień ziemi.

Do obszarów najczęściej nawiedzanych przez trzęsienia ziemi należą strefy kontaktu płyt litosfery (strefy subdukcji i spreadingu) oraz leżące wzdłuż uskoków transformacyjnych.



Ryc. V.5.17. Regiony występowania trzęsień ziemi.



Ryc. V.5.18. Największe trzęsienia ziemi od początku XX w.

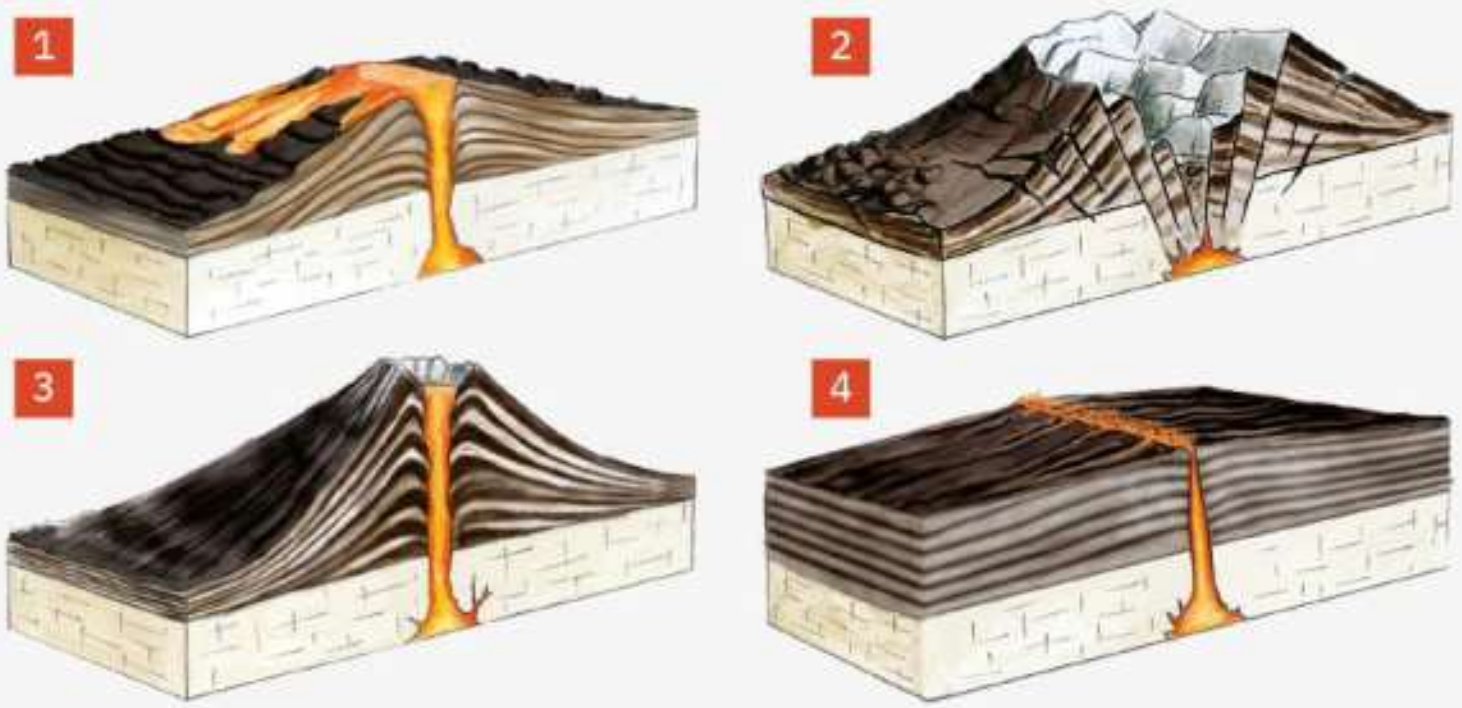
Największą liczbę ofiar miało trzęsienie ziemi odnotowane 23 stycznia 1556 r. w prowincji Shaanxi w Chinach, podczas którego zginęło około 830 tysięcy ludzi. W czasach współczesnych najtragiczniejsze trzęsienie ziemi miało miejsce na Oceanie Indyjskim 26 grudnia 2004 r. Spowodowało silną falę tsunami, która doprowadziła do śmierci około 228 tysięcy ludzi. Pod względem siły wstrząsu największe było trzęsienie ziemi odnotowane 22 maja 1960 r. w Chile – miało siłę 9,5 stopni w skali Richtera.

Skutkami trzęsień ziemi są:

- straty w ludziach,
- straty materialne (zniszczenia budynków, infrastruktury),
- zmiany poziomu wód gruntowych,
- powstawanie szczelin,
- powstawanie osuwisk i obrywów skalnych,
- zmiany położenia koryt rzecznych,
- fale tsunami (podwodne wstrząsy).

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Omów różnice pomiędzy intruzjami zgodnymi a intruzjami niezgodnymi.
2. Przygotuj prezentację na temat zjawisk wulkanicznych na świecie. Uwzględnij w niej przykłady różnych rodzajów wulkanów oraz omów największe erupcje.
3. Podaj przyczyny powstawania trzęsień ziemi.
4. Wymień obszary sejsmiczne na Ziemi.
5. Nazwij zamieszczone na rysunkach rodzaje wulkanów i podaj dwa gospodarcze znaczenia wulkanów.



6. Wymień dwa regiony na świecie, gdzie występują trzęsienia ziemi. Określ w każdym z regionów przyczynę ich występowania.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 313 ▸ • **Zjawiska plutoniczne** polegają na przenikaniu magmy między skały pod powierzchnią ziemi w postaci intruzji magmowych.

s. 313 ▸ • **Intruzje magmowe** mogą prowadzić do powstawania skał głębinowych (plutonicznych), żyłowych lub metamorficznych (metamorfizm kontaktowy).

s. 315 ▸ • **Zjawiska wulkaniczne** polegają na wydostawaniu się magmy na powierzchnię ziemi i przekształcaniu jej w lawę.

s. 315 ▸ • **Produktami wybuchu wulkanicznego**, oprócz lawy, są ciała stałe (np. bomby wulkaniczne, lapille i popioły wulkaniczne) oraz gazowe (np. para wodna, dwutlenek węgla i siarkowowodór).

s. 315 ▸ • **Wyróżnia się wulkany** stożkowe (eksplozywne), tarczowe (efuzywne), stratowulkany oraz szczelinowe.

s. 318 ▸ • **Trzęsienia ziemi** to wstrząsy skorupy ziemskiej spowodowane uwalnianiem się energii mechanicznej nagromadzonej w płytach litosfery. Powstałe w wyniku rozładowania naprężeń drgania skorupy ziemskiej rozchodzą się w postaci fal sejsmicznych.

s. 319 ▸ • Ze względu na **genezę trzęsienia ziemi dzieli się na:**
– tektoniczne,
– wulkaniczne,
– zapadliskowe.

6. Procesy endogeniczne – ruchy górotwórcze i lądotwórcze

NA TEJ LEKCJI:

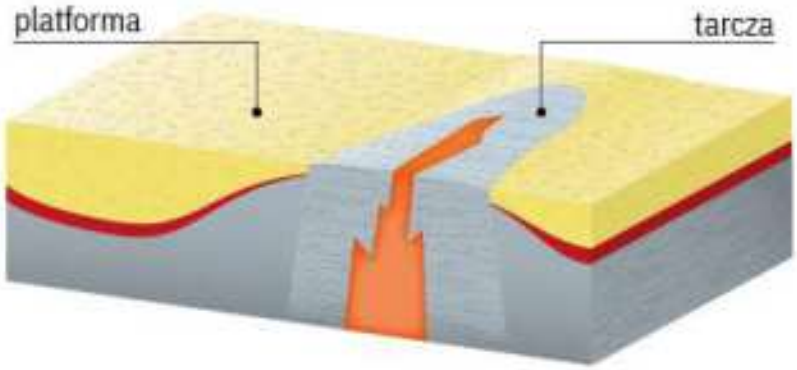
- poznasz elementy struktur tektonicznych, przebieg procesów górotwórczych oraz lądotwórczych (epejrogenicznych i izostatycznych).

Struktury tektoniczne

Procesy wewnętrzne w litosferze prowadzą do utworzenia wielkich **jednostek tektoniczno-geologicznych** o budowie płytowej, w której warstwy są ułożone poziomo, oraz licznych **deformacji tektonicznych** skorupy ziemskiej o charakterze ciągłym i nieciągłym.

jednostka tektoniczno-geologiczna ▸ **Jednostka tektoniczno-geologiczna** to fragment skorupy ziemskiej cechujący się jednorodnością wynikającą z budowy geologicznej i genezy skał. Takimi jed-

nostkami są tarcze i platformy. **Tarcze** to obszary zbudowane ze skał krystalicznych (magmowych i metamorficznych), które nie są przykryte warstwami młodszych skał osadowych i nie uległy sfałdowaniu. Natomiast obszary zbudowane ze skał krystalicznych przykrytych warstwami skał osadowych to **platformy**. Tarcze i platformy mają budowę płytową o poziomo zalegających warstwach skalnych. Rozległe obszary o budowie płytowej mogą być nieznacznie pochylone w jednym kierunku i wówczas tworzą **monoklinę**. Niekiedy warstwy skalne zapadają się ku środkowi i wówczas taką strukturę nazywa się **niecką** (np. Niecka Nidziańska), a w przypadku większych obszarów – **basenem** (np. Basen Paryski).



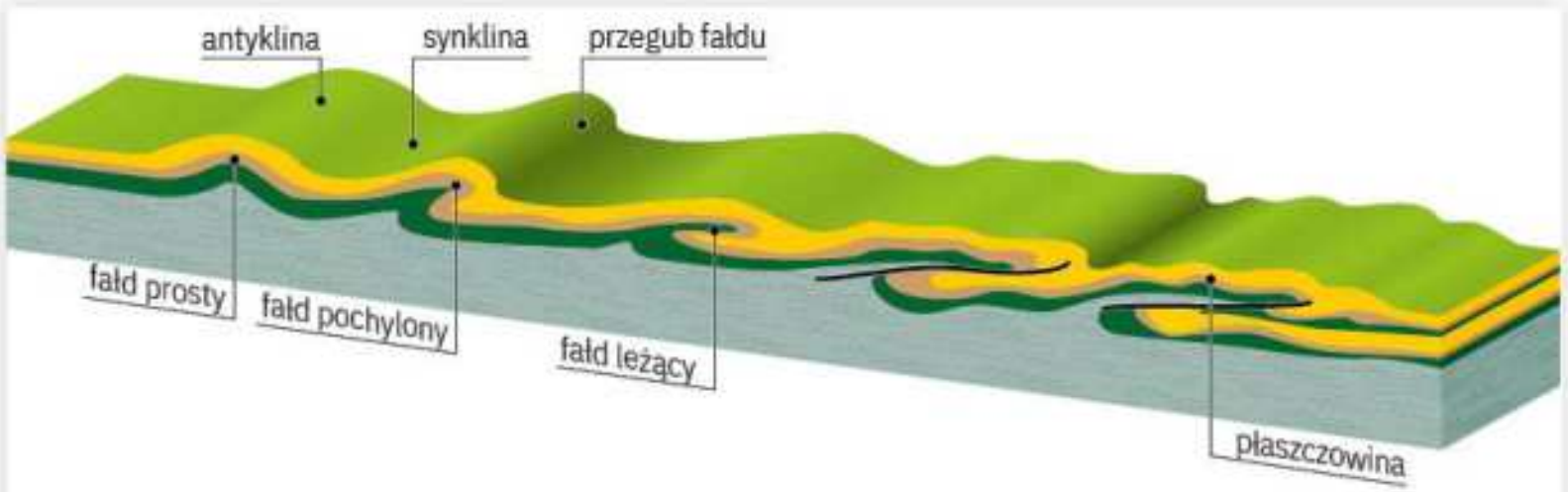
Ryc. V.6.1. Platforma i tarcza.

deformacje tektoniczne

Do **deformacji tektonicznych** o charakterze ciągłym należą fałdy i płaszczowiny. **Fałd** to deformacja ciągła polegająca na falistym ułożeniu warstw skalnych. Składa się z części wypukłej (antyklina, czyli siodło) oraz części wklęsłej (synklina, czyli łęk). Miejsce o najsilniejszym przegięciu warstw skalnych nosi nazwę **przegubu fałdu**. Fałdy występują na obszarach **orogenezy** (ruchów górotwórczych). **Płaszczowiny** to nasunięcia warstw skalnych silnie sfałdowanych i oderwanych od podłoża.

fałd

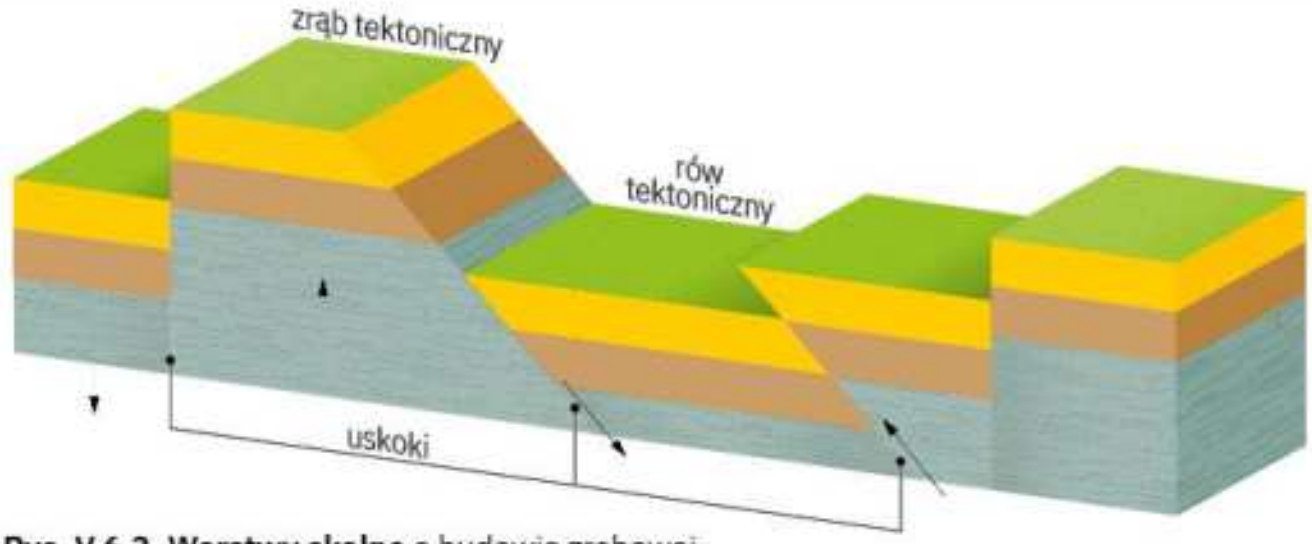
orogeneza



Ryc. V.6.2. Rodzaje fałdów i płaszczowina.

Niekiedy dochodzi do przerwania ciągłości warstw skalnych wskutek pęknięć, czego efektem są zręby, uskoki i rowy tektoniczne. **Uskok** powstaje, gdy warstwy skalne przesuwają się wzdłuż powierzchni. Między uskokami może uformować się **zrąb tektoniczny**, czyli blok skalny ograniczony dwoma lub więcej uskokami, wyniesiony w stosunku do sąsiednich bloków. Między uskokami może powstać też zagłębienie – **rów tektoniczny**, który jest obniżeniem obejmującym wąski i podłużny fragment skorupy ziemskiej ograniczony uskokami.

uskok



Ryc. V.6.3. Warstwy skalne o budowie zrębowej.

podział ruchów górotwórczych

Procesy górotwórcze są rezultatem przemieszczania się płyt litosfery. Powstawanie gór (**orogeneza**) to proces bardzo długi, trwający nawet wiele milionów lat. Składa się on z kilku etapów:

- gromadzenie osadów,
- fałdowanie osadów,
- przeobrażanie materiału skalnego (metamorfizm),
- wypiętrzanie górotworu.

Ruchom górotwórczym towarzyszy zwykle wulkanizm i trzęsienia ziemi.

typy genetyczne gór

Typy genetyczne gór

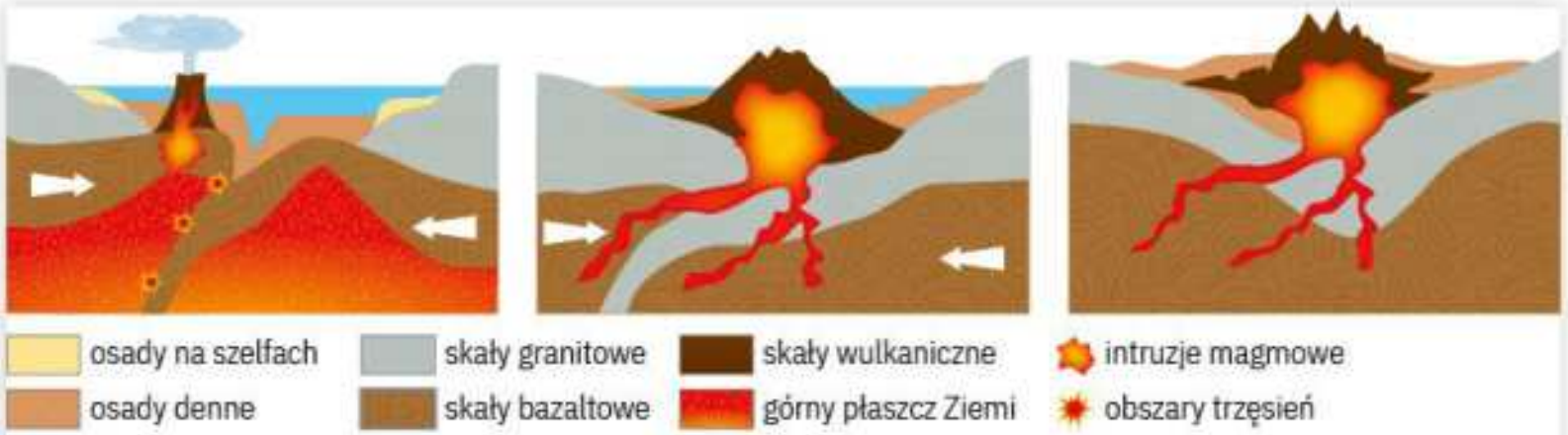
Góry fałdowe tworzą się wskutek sfałdowania osadów morskich znajdujących się w strefie kontaktu płyt litosfery. Góry fałdowe mogą powstać poprzez subdukcję płyty oceanicznej pod płytę kontynentalną. Osady morskie gromadzą się na dnie zbiornika morskiego, a następnie zostają sfałdowane przez krawędź płyty kontynentalnej oraz wypiętrzone. W wyniku przemieszczania się płyty oceanicznej pod płytę kontynentalną i zanurzania jej w magmie powstają trzęsienia ziemi i wybuchy wulkanów. W ten sposób uformowały się Andy (subdukcja płyty oceanicznej Nazca pod płytę południowoamerykańską). Góry fałdowe mogą się także tworzyć w wyniku kolizji dwóch płyt kontynentalnych. Osady znajdujące się na dnie zbiornika morskiego pomiędzy płytami kontynentalnymi zostają sfałdowane i wypiętrzone, a podczas ruchu na krawędziach płyt kontynentalnych powstają ogromne naprężenia powodujące trzęsienia ziemi. Ponieważ żadna z płyt kontynentalnych nie ulega subdukcji, nie występują zjawiska wulkaniczne. Ten sposób powstawania gór jest charakterystyczny dla Alp i Himalajów.

Góry zrębowe powstają wskutek wypiętrzenia fragmentu litosfery ograniczonego uskokami bez sfałdowania utworów. Uskoki, do których dochodzi w rezultacie naprężeń w skorupie ziemskiej, powodują przesuwanie się fragmentów litosfery względem siebie. Skały mogą być pochylone wskutek nierównomiernego wypiętrzania bloku skalnego, nie podlegają fałdowaniu. Natomiast wypiętrzaniu mogą ulec skały uprzednio sfałdowane (struktura fałdowo-zrębowa). Przykłady gór zrębowych to: Sudety, Wogezy, Harz, Schwarzwald, Góry Smocze.

Pod wpływem działalności wulkanicznej na granicy płyt litosfery lub nad plamami gorąca (*hot spots*) tworzą się **góry wulkaniczne**. Przykładami takich gór są: masyw Ślęży, Kluczewska Sopka na Kamczatce, Fuji w Japonii czy Kilimandżaro w Afryce.



Ryc. V.6.4. Rodzaje gór.



Ryc. V.6.5. Zanik geosynklin i powstanie łańcuchów górskich.

Ruchy epejrogeniczne i izostatyczne

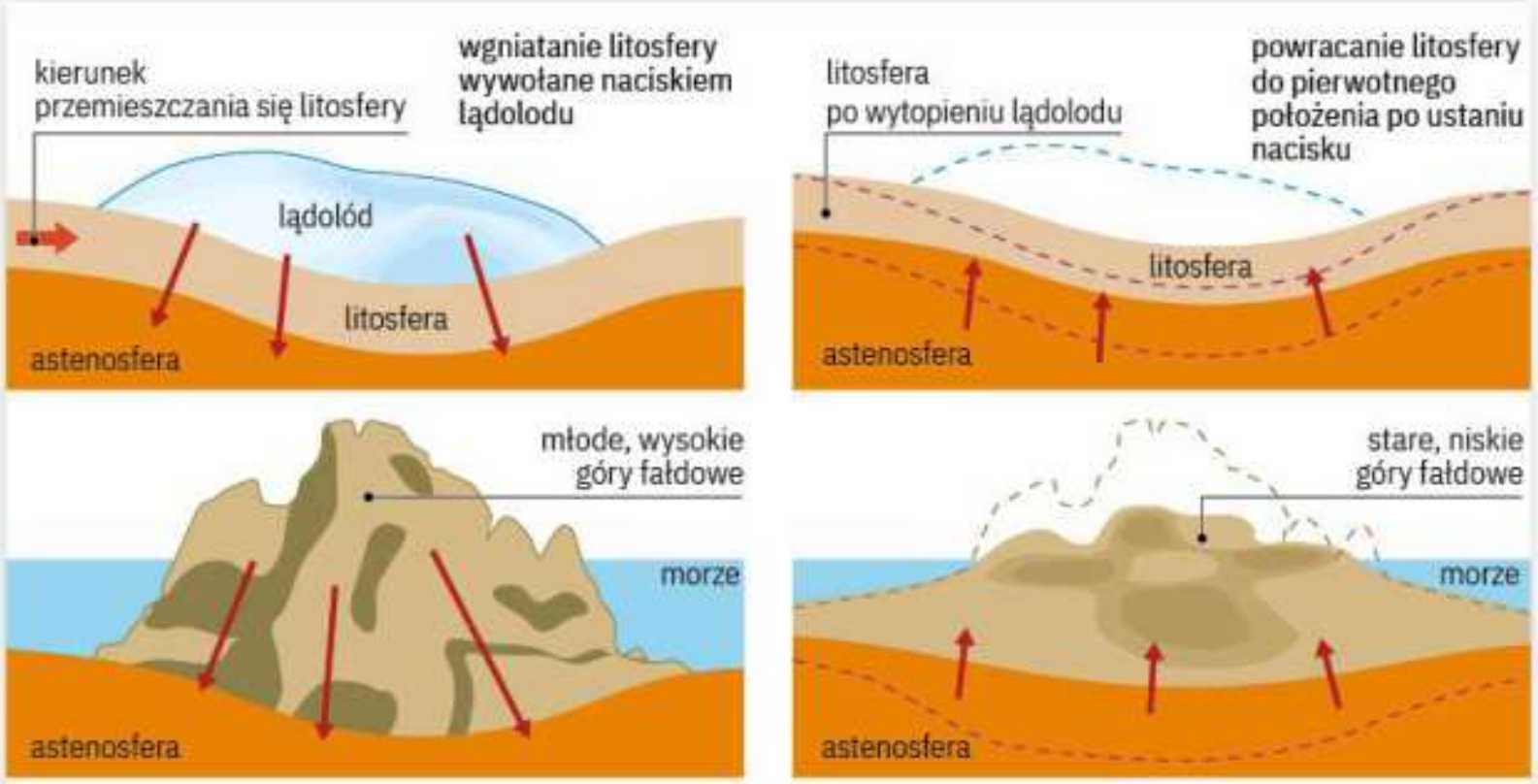
Oprócz gwałtownych trzęsień ziemi skorupa ziemska podlega także powolnym, ale ciągłym pionowym ruchom wznoszącym bądź opadającym spowodowanym przez przemieszczanie się magmy w podłożu litosfery. Ruchy te nazywa się **epejrogenicznymi (lądotwórczymi)**. Przypuszcza się, że są one zaczątkami rozpadu kontynentów. Ruchy obniżające fragmenty litosfery mogą powodować transgresję morza, natomiast ruchy wznoszące prowadzą do regresji mórz i wynurzania się fragmentów lądów. Współcześnie ruchy obniżające zachodzą na wybrzeżu Holandii oraz w rejonie Zatoki Gdańskiej. Z kolei podnoszenie lądów ma miejsce w pobliżu Zatoki Neapolitańskiej we Włoszech oraz na kenijskim wybrzeżu Oceanu Indyjskiego.

ruchy epejrogeniczne

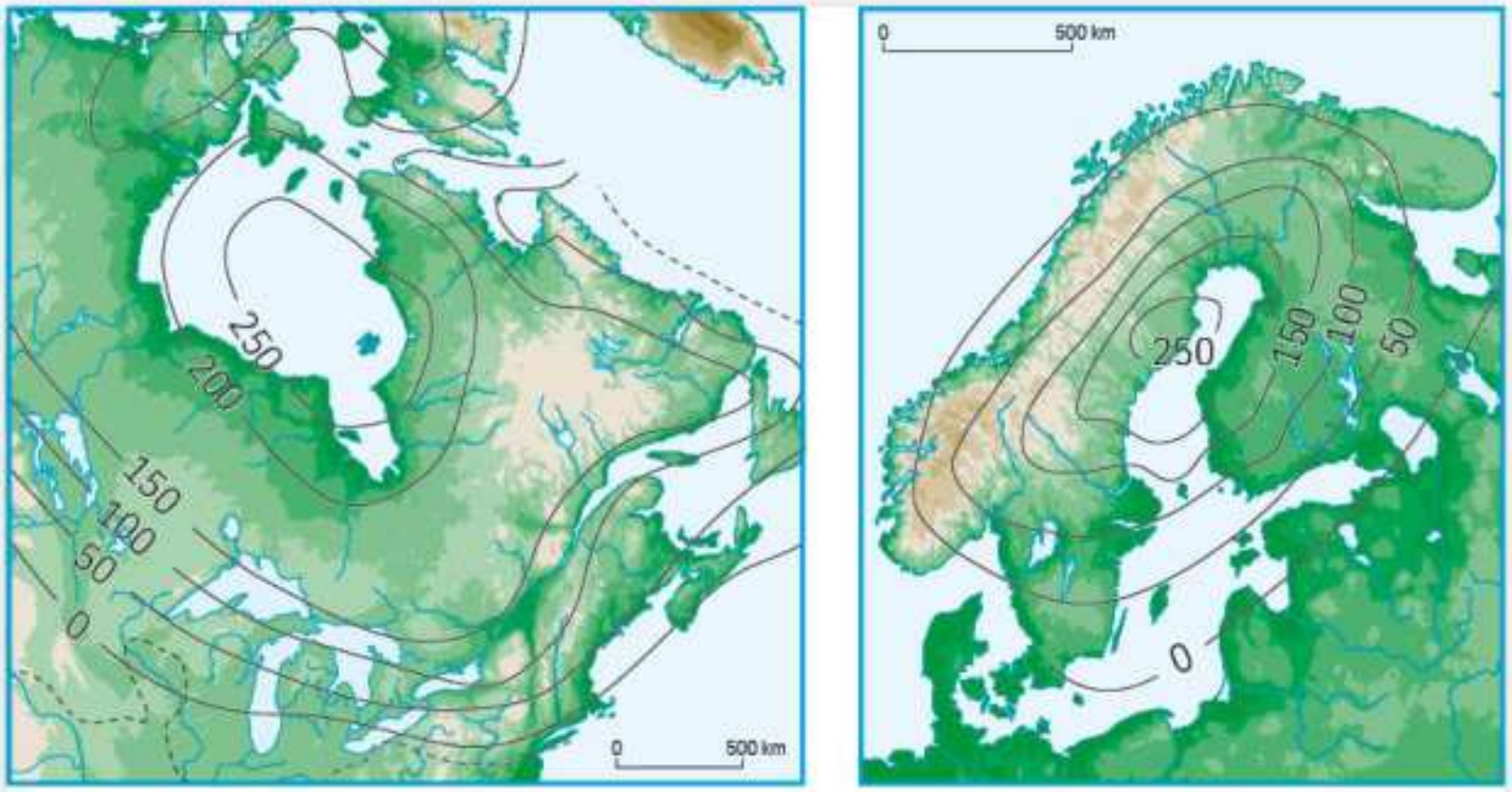
Ruchy izostatyczne skorupy ziemskiej są związane z dążeniem litosfery do osiągnięcia równowagi grawitacyjnej. Płyty litosfery mogą być czasowo obciążane (np. masą lądolodu lub warstwą skał osadowych), przez co powodują zanurzanie się ich w astenosferze. Po ustąpieniu lądolodu bądź w wyniku erozji masa obciążająca zostaje zlikwidowana i fragment litosfery zaczyna się z powrotem odkształcać. Przykładem

ruchy izostatyczne

ruchów izostatycznych jest powolne podnoszenie się Półwyspu Skandynawskiego, Zatoki Botnickiej, półwyspu Labrador i Zatoki Hudsona spowodowane zmianą obciążenia skorupy ziemskiej w wyniku ustąpienia lądolodu. Pomimo iż od stopienia lądolodu minęło już prawie 12 tysięcy lat, podnoszenie tego obszaru trwa po dzień dzisiejszy.



Ryc. V.6.6. Ruchy izostatyczne.



Ryc. V.6.7. Ruchy izostatyczne Zatoki Hudsona i Półwyspu Skandynawskiego (w metrach w ciągu 10 tysięcy lat).

Innym przykładem jest ugięcie się powierzchni lądowej Antarktydy spowodowane grubą na 4 km masą istniejącego lądolodu. Szacuje się, że skorupa ziemska Antarktydy została obniżona o blisko 300 m.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Korzystając z dostępnych źródeł informacji, przygotuj prezentację na temat „Jak powstają góry".
2. Omów różnice w powstawaniu Himalajów i Andów.
3. Podaj różnicę pomiędzy ruchami izostatycznymi a epejrogenicznymi.
4. Podaj różnice w budowie geologicznej między górami fałdowymi a górami zrębowymi.
5. Wskaż różnice pomiędzy:
   a) tarczą i platformą,
   b) fałdem i płaszczowiną,
   c) antyklinią, synklinią i monoklinią.
6. Przepisz do zeszytu zdania, uzupełniając je właściwymi określeniami wybranymi spośród tych podanych w nawiasach.
   a) Obszary zbudowane ze skał krystalicznych przykrytych warstwami skał osadowych to (*tarcze/platformy*).
   b) Rozległy obszar o budowie płytowej pochylony w jednym kierunku to (*płyta/monoklina*).
   c) Blok skalny ograniczony dwoma lub więcej uskokami, wyniesiony w stosunku do sąsiednich bloków to (*zrąb tektoniczny/rów tektoniczny*).
   d) Deformacja ciągła polegająca na falistym ułożeniu warstw skalnych to (*płaszczowina/fałd*).

PODSUMOWANIE LEKCJI

- **Orogeneza** to ogół procesów zachodzących w skorupie ziemskiej prowadzących do wypiętrzenia górotworów. ◂ s. 323
- **Podział ruchów górotwórczych** według wieku i kontynentu: ◂ s. 324

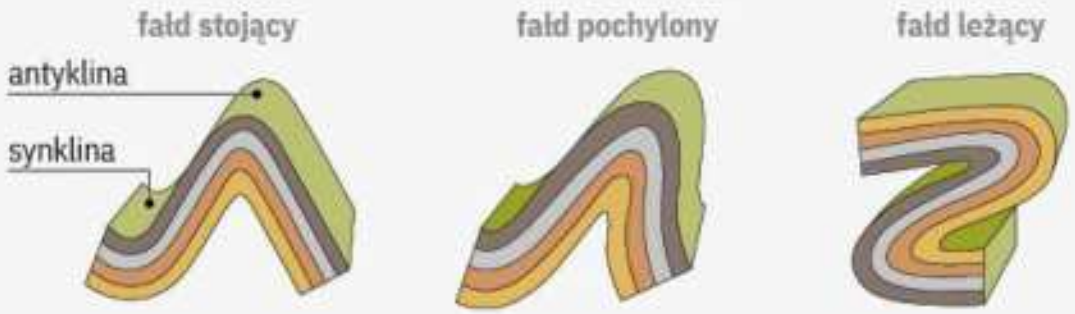
Orogeneza / Kontynent	Orogeneza kaledońska (paleozoik: kambr – dewon)	Orogeneza hercyńska (paleozoik: sylur – perm)	Orogeneza alpejska (mezozoik: trias – kreda, paleogen, neogen)
Europa	Góry Kaledońskie, Grampiany, Góry Skandynawskie, Góry Świętokrzyskie	Ural, Masyw Centralny, Harz, Ardeny, Wogezy, Schwarzwald, Sudety, Masyw Czeski, Góry Świętokrzyskie (dalsze wypiętrzanie)	Alpy, Karpaty, Pireneje, Góry Betyckie, Apeniny, Góry Dynarskie
Azja	Sajany, Ałtaj, Góry Południowochińskie	Tienszan, Góry Jabłonowe, Wielki Chingan, Ałtaj	Himalaje, Kaukaz, Zagros, Pamir, Hindukusz, Karakorum, Kunlun
Afryka		Góry Przylądkowe, Góry Smocze	Atlas
Ameryka Północna	północna część Appalachów	południowa część Appalachów	Kordyliery
Ameryka Południowa			Andy
Australia		Wielkie Góry Wododziałowe	

s. 322 • Procesy wewnętrzne w litosferze prowadzą do utworzenia wielkich **jednostek tektoniczno-geologicznych** (tarcze, platformy) o budowie płytowej (poziomym ułożeniu warstw) oraz licznych deformacjach tektonicznych skorupy ziemskiej o charakterze ciągłym (fałdy, płaszczowiny) i nieciągłym (uskoki, zręby i rowy tektoniczne).

s. 323 • **Struktury tektoniczne** występujące w skorupie ziemskiej dzieli się na:



s. 323 • **Budowa fałdu:**



s. 324 • Wyróżnia się następujące **typy genetyczne gór**:
- góry fałdowe,
- góry zrębowe,
- góry wulkaniczne.

s. 325 • **Ruchy epejrogeniczne** to pionowe ruchy wznoszące bądź opadające litosfery spowodowane przez przemieszczanie się magmy w podłożu litosfery.

s. 325 • **Ruchy izostatyczne** skorupy ziemskiej są związane z dążeniem litosfery do osiągnięcia równowagi grawitacyjnej.

7. Procesy egzogeniczne modelujące powierzchnię Ziemi

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz charakterystykę głównych procesów zewnętrznych modelujących powierzchnię Ziemi (erozja, transport, akumulacja);
- dowiesz się, jakie są skutki rzeźbotwórczej działalności rzek, i mórz;
- dowiesz się, na czym polegają procesy wietrzenia, w szczególności zjawiska wietrzenia fizycznego i chemicznego, krasowienia;
- będziesz opisywać produkty i formy powstałe w wyniku procesów wietrzenia;
- wykażesz wpływ czynników przyrodniczych i działalności człowieka na grawitacyjne ruchy masowe i poznasz sposoby zapobiegania im oraz minimalizowania ich następstw.

Erozja, transport i akumulacja

Formy ukształtowania terenu powstałe w wyniku działania procesów endogenicznych są poddawane nieustannym procesom zewnętrznym (egzogenicznym), które modelują powierzchnię Ziemi. Źródłem tych procesów jest energia słoneczna. **Siły egzogeniczne** wpływają niszcząco na skały na powierzchni Ziemi, powodując ich ubytek. Materiał skalny ulega przemieszczaniu pod wpływem wiatru, działalności wód płynących, siły ciężkości, lodowca czy lądolodu. Warunkiem przemieszczania się materiału jest jego rozdrobnienie w wyniku działania czynników atmosferycznych, przemian chemicznych lub organizmów żywych. Długość drogi, jaką przebywa materiał skalny, zależy od wielkości okruchów. Podczas transportu materiał ulega dalszemu rozdrabnianiu, a następnie gromadzi się w innym miejscu, powodując powstawanie osadów bądź nowych form.

procesy egzogeniczne

Działalność procesów egzogenicznych polega na:

- niszczeniu podłoża skalnego (**erozja**),
- przenoszeniu materiału skalnego (**transport**),
- gromadzeniu materiału w innym miejscu (**akumulacja**).

Procesy egzogeniczne polegające na erozji, transporcie i akumulacji materiału skalnego są procesami rzeźbotwórczymi i przyczyniają się do zmiany ukształtowania powierzchni ziemi: z jednej strony do obniżania wypukłych form terenu, a z drugiej – do zasypywania form wklęsłych.

czynniki rzeźbotwórcze

Do **czynników rzeźbotwórczych** należą:

- siła ciężkości,
- woda płynąca po powierzchni (rzeki),
- fale morskie,
- wody podziemne,
- lodowce i lądolody,
- wody polodowcowe,
- wiatr.

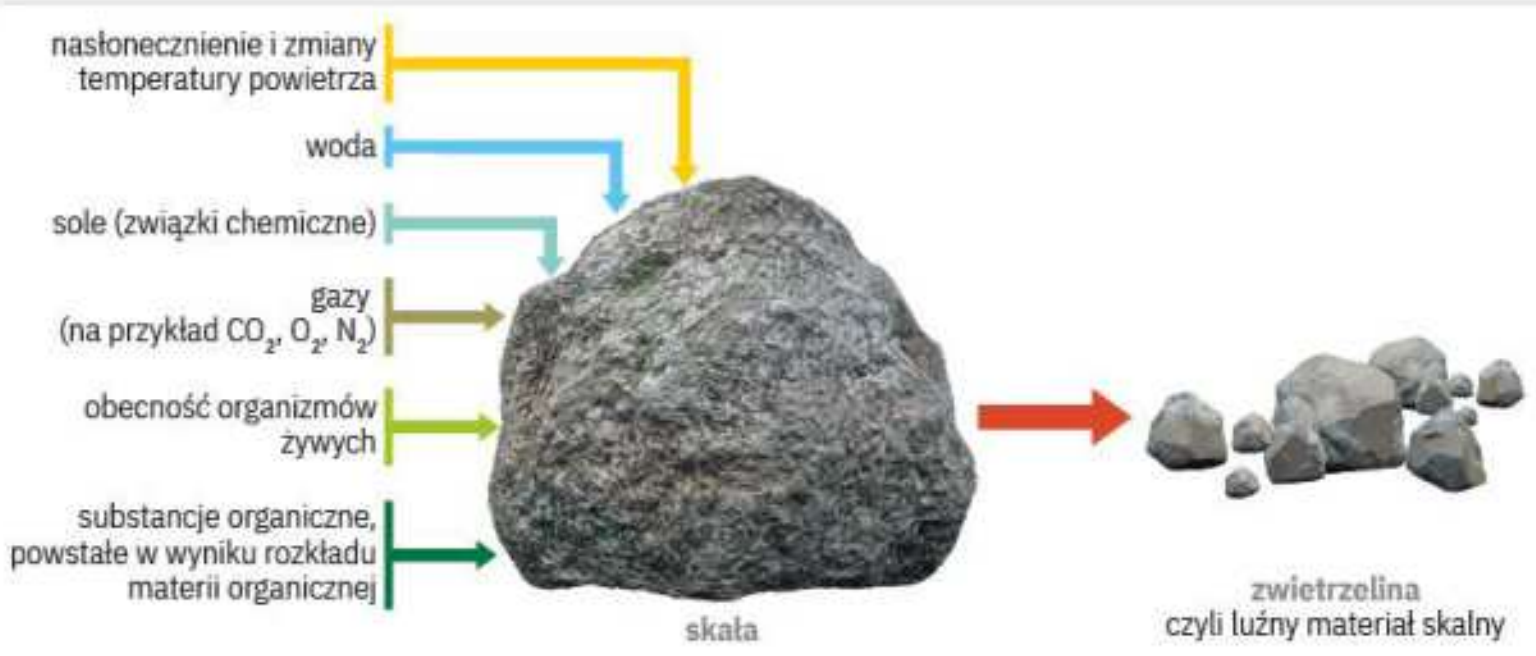


Ryc. V.7.1. Procesy egzogeniczne.

wietrzenie

Wietrzenie

Wietrzenie jest procesem rozpadu mechanicznego i rozkładu chemicznego skał pod wpływem działania warunków atmosferycznych lub działalności organizmów żywych. Materiał, który powstaje w wyniku wietrzenia, to **zwietrzelina**. Promienie słoneczne, zmiany temperatury (zwłaszcza zamarzanie i rozmarzanie) prowadzą do rozkruszenia skał na drobniejsze części. Woda opadowa i rozpuszczone w niej związki chemiczne powodują rozkład minerałów i zmianę składu chemicznego skał. Działalność organizmów roślinnych i zwierzęcych, a także człowieka może skutkować zmianą zarówno właściwości fizycznych, jak i chemicznych skały.



Ryc. V.7.2. Czynniki wpływające na wietrzenie skał.

podział procesów wietrzenia

Procesy wietrzenia dzielimy zatem na:

- wietrzenie fizyczne,
- wietrzenie chemiczne,
- wietrzenie biologiczne.

Wietrzenie fizyczne prowadzi do zmiany zwięzłości skał bez zmiany ich składu chemicznego. Wyróżnia się następujące rodzaje wietrzenia fizycznego:

- wietrzenie termiczne,
- wietrzenie mrozowe,
- wietrzenie solne,
- wietrzenie skał ilastych.

Zmiany spowodowane wietrzeniem termicznym polegają na oddzieleniu wierzchniej części skały w wyniku wielokrotnego nagrzewania i wyziębiania powierzchni skalnej, co powoduje jej wielokrotne rozszerzanie i kurczenie. Najbardziej podatne na wietrzenie termiczne są skały leżące w obszarach o klimacie gorącym i suchym, gdzie dobowe amplitudy temperatury są bardzo duże. Efektem wietrzenia termicznego jest łuszczenie się skał.

Wietrzenie mrozowe występuje w klimatach chłodnych i polega na zamarzaniu i rozmarzaniu wody w szczelinach skalnych, co powoduje ich rozpad wzdłuż szczelin. Przykładem wietrzenia mrozowego są pokrywy gruzowe (gołoborza) w Górach Świętokrzyskich.



Ryc. V.7.3. Fragment zwietrzeliny.



Ryc. V.7.4. Pokrywy gruzowe (gołoborza) w Hickory Run State Park, Pensylwania, USA.

Wietrzenie solne zachodzi w klimatach suchych, na obszarach pustyń i półpustyń. Niska wilgotność powietrza powoduje podsiąkanie wód podziemnych i ich intensywne parowanie. Wskutek parowania wytrącają się sole, co prowadzi do rozsadzania porów i szczelin skalnych. Na skałach mogą się tworzyć wykwity solne.

Wietrzenie skał ilastych polega na ich pęcznieniu podczas nawadniania, gdyż minerały budujące skały charakteryzują się dobrym wiązaniem cząsteczek wody. Podczas wysychania te skały kurczą się, przez co powstają w nich duże szczeliny. Takie formy skalne to tzw. poligony.



Ryc. V.7.5. Poligony zwietrzałych pokryw ilastych.

wietrzenie chemiczne

Zmianę składu chemicznego skały w wyniku rozpuszczania, utleniania, hydrolizy, uwodnienia i uwęglanowienia nazywa się **wietrzeniem chemicznym**. Czynnikami wpływającymi na ten proces są woda i zawarte w niej związki chemiczne oraz gazy, na przykład: tlen, dwutlenek węgla czy azot. Minerały i związki chemiczne wchodzące w skład skały **rozpuszczają się** w różnym stopniu – jedne całkowicie (np. kalcyt), inne częściowo (margle), a jeszcze inne w ogóle (np. kwarcyt). Do wietrzenia chemicznego dochodzi również poprzez **utlenianie**. Polega ono na łączeniu się pierwiastków lub związków chemicznych z tlenem, które prowadzi do przekształcenia się związków beztlenowych w tlenowe (np. siarczków w siarczany). **Hydroliza** jest procesem rozkładu minerałów na związki kwaśne i zasadowe pod wpływem wody zawierającej dwutlenek węgla. Podczas hydrolizy jeden ze składników ulega rozpuszczaniu i wymywaniu, a drugi pozostaje w skale. Na przykład w skałach zawierających glinokrzemiany krzemionka zostaje odprowadzona i zostaje tylko tlenek żelaza i glinu, które tworzą czerwone zabarwienie na pokrywach zwietrzelinowych (proces ten to lateryzacja, która zachodzi w klimacie gorącym wilgotnym). Kolejnym rodzajem wietrzenia chemicznego jest **uwodnienie** polegające na pochłanianiu cząsteczek wody przez niektóre minerały (np. przechodzenie anhydrytu w gips). **Uwęglanowienie** skał następuje poprzez rozpuszczanie i wypłukiwanie węglanów wapnia, magnezu i żelaza przez wodę zawierającą dwutlenek węgla. Rozpuszczanie skał węglanowych składających się przeważnie z kalcytu jest zwane procesem krasowienia.

uwodnienie



Ryc. V.7.6. Efekt rozpuszczania skały wapiennej.



Ryc. V.7.7. Zwietrzały piaskowiec poddany procesowi utleniania żelaza.



Ryc. V.7.8. Lateryty w północnym Madagaskarze.

Wietrzenie biologiczne może polegać na zmianie fizycznej skały poprzez wnikanie korzeni organizmów w szczeliny międzyskalne i rozsadzanie skał, drążenie korytarzy podziemnych przez zwierzęta oraz rozkład obumarłych szczątek roślinnych i zwierzęcych. Organizmy roślinne i zwierzęce prowadzą także do zmian chemicznych w skałach, ponieważ wydzielają związki organiczne, które rozpuszczają skały i minerały.

wietrzenie biologiczne

W różnych typach klimatu dominuje inny rodzaj wietrzenia, na przykład w klimacie zimnym oraz klimacie gorącym i suchym największe znaczenie ma wietrzenie fizyczne. Z kolei w klimacie równikowym i klimacie umiarkowanym przeważa wietrzenie biologiczne. Wietrzenie chemiczne dominuje w klimacie gorącym wilgotnym oraz na skałach węglanowych w klimacie umiarkowanym.

Zjawiska krasowe

Szczególnym przypadkiem wietrzenia chemicznego jest **krasowienie**. Polega ono na rozpuszczaniu przez wodę zawierającą CO_2 węglanu wapnia. Zjawisko krasowienia zachodzi w skałach węglanowych – wapieniach, marglach i dolomitach, a także w gipsach i soli kamiennej. Rozpuszczanie skał przez wodę odbywa się zarówno na powierzchni, jak i pod ziemią. Woda wdziera się w szczeliny międzyskalne i w zależności od podatności skał na rozpuszczanie tworzy powierzchniowe i podziemne formy terenu.

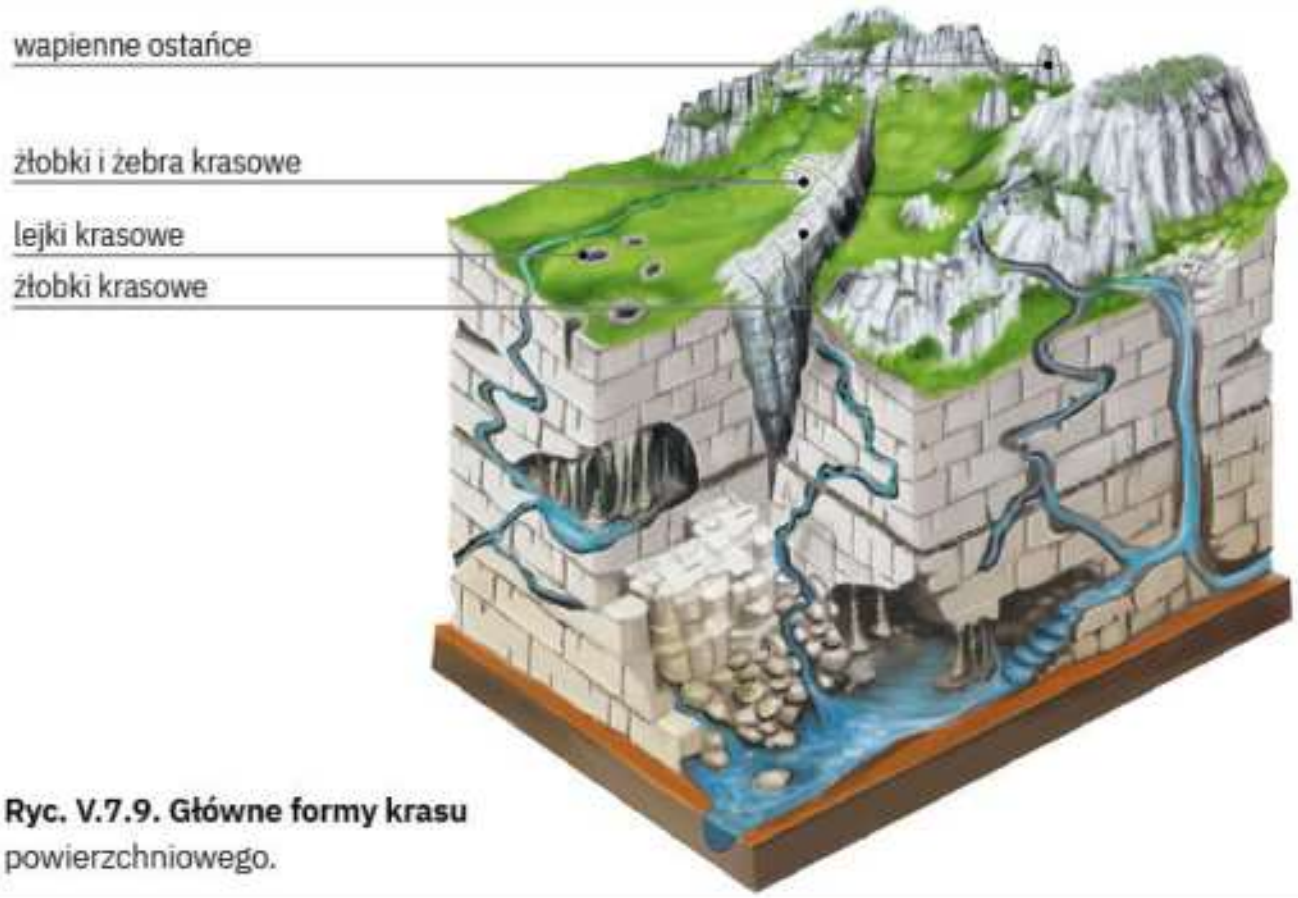
krasowienie

Do **form krasu powierzchniowego** zalicza się:

zjawiska krasowe

- **żłobki krasowe** – tworzą się przez wymywanie bruzd ułożonych wzdłuż linii spływu wody;
- **żebra krasowe** – powstają między żłobkami krasowymi o ostrych krawędziach;
- **leje krasowe** – są obniżeniami tworzącymi się w miejscu krzyżowania się szczelin skalnych; są połączone z pionowym przewodem, którym woda spływa pod powierzchnię terenu;
- **studnie krasowe** – pionowe szczeliny skalne poszerzone przez wsiąkającą wodę;
- **doliny i jary krasowe** – podłużne zagłębienia o stromych ścianach i płaskim dnie wykorzystywane przez wody płynące stale lub okresowo;
- **uwały** – formy powstałe z połączenia kilku lejów krasowych;
- **ponory** – miejsca, gdzie rzeka wpływa pod powierzchnię gruntu i kontynuuje swój bieg jako rzeka podziemna;
- **ostańce krasowe** – izolowane wzniesienia o stromych i skalistych stokach zbudowane z najbardziej odpornych na rozpuszczanie skał; w warunkach klimatu gorącego i wilgotnego są nazywane mogotami.

Proces rozwoju rzeźby krasowej przebiega do momentu osiągnięcia poziomu wód gruntowych lub poziomu skał niepodatnych na krasowienie. Powstają wówczas rozległe formy o charakterze kotlin na obszarach górskich lub wyżynnych zwane **poljami**.



Ryc. V.7.9. Główne formy krasu powierzchniowego.



Ryc. V.7.10. Kupreško polje w Bośni i Hercegowinie – krasowe polje.



Ryc. V.7.11. Mogoty w Chinach (Guilin, region autonomiczny Kuangsi).

Do głównych form krasu podziemnego należą **jaskinie**, które tworzą się przez powiększanie szczelin przez wody podziemne. Są one często połączone ze sobą systemem **podziemnych korytarzy**, **kominów**, **studni** i **komór**. Wnętrza jaskiń charakteryzują się bardzo bogatą **szatą naciekową**. Wskutek wytrącania się węglanu wapnia u stropu jaskiń wykształcają się sople naciekowe zwane **stalaktytami**. Dno jaskini pokrywają formy naciekowe zwane **stalagmitami**. W wyniku połączenia się stalaktytów i stalagmitów powstają **stalagnaty**. Zespół wiszących stalaktytów tworzy **draperie**, formy naciekowe na ścianach jaskiń mają postać **kurtyn**, a u ich podnóża – **mis naciekowych**.

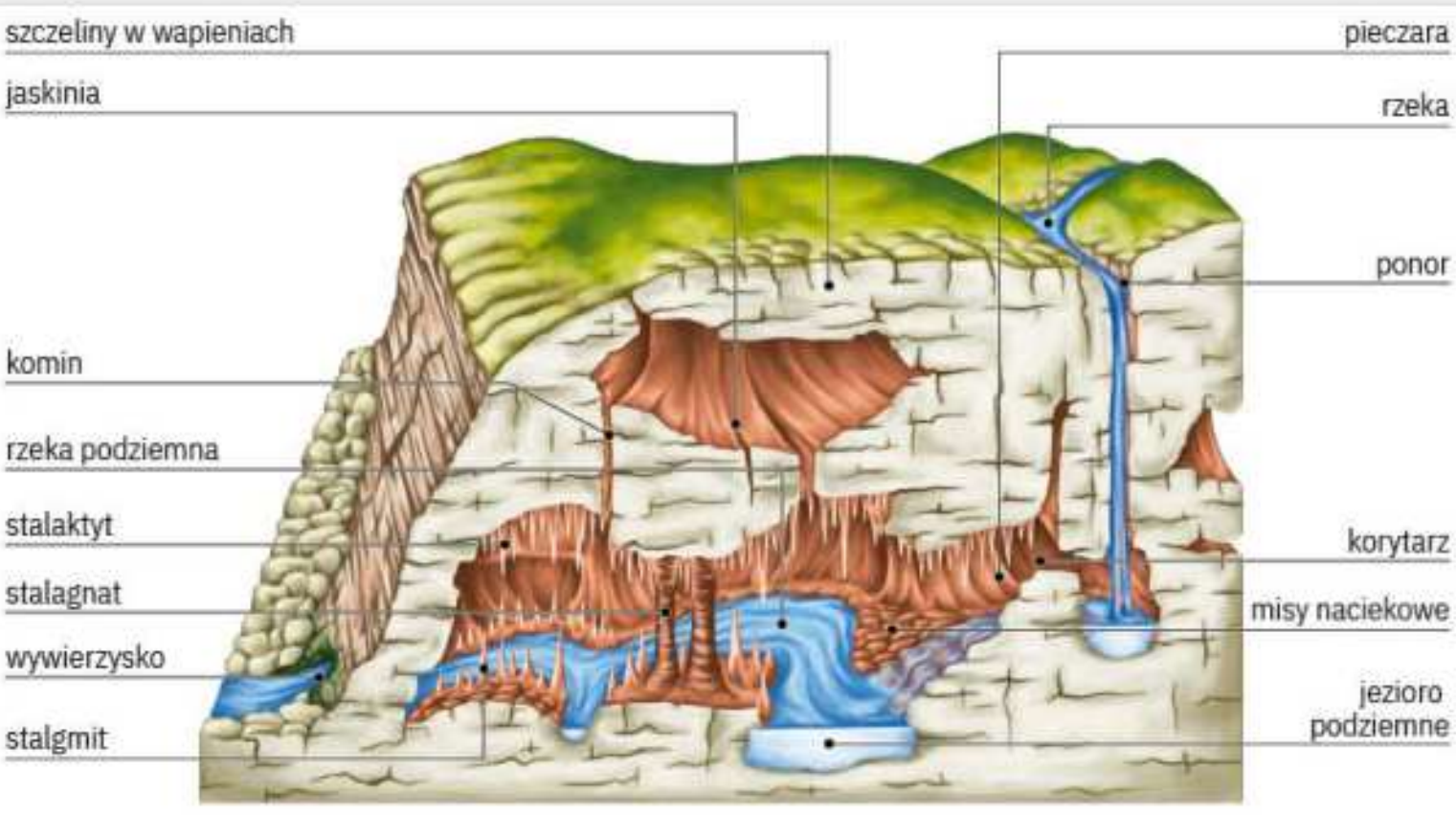


Ryc. V.7.12. Efekt rozpuszczania skały wapiennej.

Wody podziemne w obszarach krasowych mogą wypływać na powierzchnię w postaci bardzo wydajnych źródeł zwanych **wywierzyskami**. Największym źródłem krasowym w polskich Tatrach jest wywierzysko Olczyskie dające początek potokowi Olczyskiemu położone u podnóża Skupniowego Upłazu na wysokości 1063 m n.p.m. Wydajność tego źródła przy wysokich stanach wód może dochodzić nawet do 6000 litrów na sekundę.

◂ wywietrzyska

Nazwa „kras" pochodzi od nazwy płaskowyżu Kras w Słowenii, gdzie występują skały wapienne, na których rozwinęły się formy krasowe. Ponadto typowy kras występuje w Górach Dynarskich, na Słowacji, Morawach (Czechy), w Alpach, górach Jura oraz Chinach, na Półwyspie Indochińskim i w Apallachach oraz na Półwyspie Jukatan. W Polsce formy krasowe można spotkać na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej oraz w Tatrach.



Ryc. V.7.13. Formy krasu podziemnego.

Ruchy masowe

masowe ruchy grawitacyjne

Utworzona w wyniku procesów wietrzenia zwietrzelina nie zawsze pozostaje na miejscu. Niekiedy podlega ruchowi wskutek działania siły ciężkości. Proces przemieszczania się zwietrzeliny pod wpływem siły ciężkości określa się jako **masowe ruchy grawitacyjne**. Przemieszczanie się zwietrzeliny może odbywać się w różny sposób. Większe fragmenty skalne odrywają się od skalnej ściany i opadają w dół, niekiedy odbijając się od ścian skalnych. Takie zjawisko nosi nazwę **obrywu skalnego**. Obryw może być groźny dla osad położonych u podnóża skały lub na wybrzeżu, ponieważ bloki skalne wpadają do morza, powodując wysoką falę. W przypadku mniejszych fragmentów skał mamy do czynienia z **odpadaniem**. Z kolei drobniejszy materiał skalny **osypuje się** lub **stacza** po ścianach skalnych, zostawiając ślad swojej drogi w postaci wyżłobionego zagłębienia zwanego **żlebem**. U wylotu żlebu ten materiał o różnej średnicy okruchów osadza się w postaci **stożków usypiskowych (piargowych)**. Do formowania się żlebu przyczynia się również woda oraz lawiny śnieżne. Materiał akumulowany w stożkach jest złożony z wymieszanych okruchów skalnych, często o ostrych krawędziach.



Ryc. V.7.14. Obryw skalny.



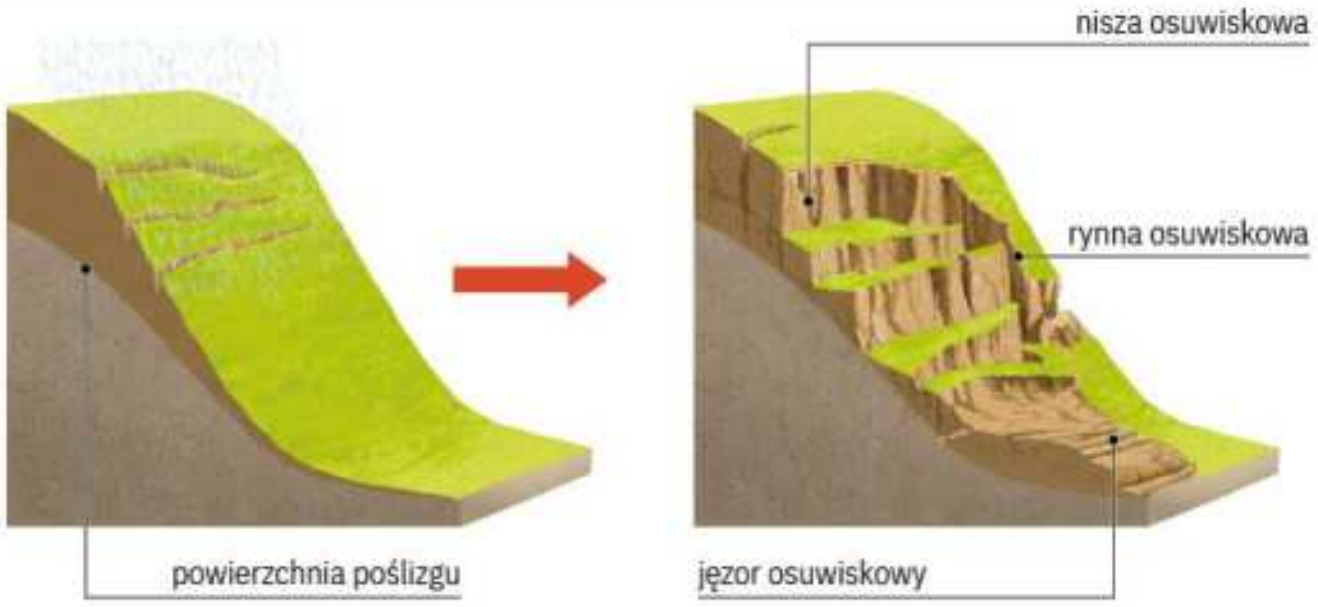
Ryc. V.7.15. Żleby i stożki piargowe w Tatrach.

osuwiska

Przemieszczenia materiału skalnego po powierzchni ziemi noszą nazwę **osuwisk** lub **spełzywania**. Osuwisko to przemieszczenie się mas skalnych wskutek podcięcia stoku lub jego obciążenia pod wpływem siły ciężkości. Osuwanie się materiału skalnego odbywa się po powierzchni poślizgu, którą może być warstwa skał zmniejszająca tarcie, na przykład łupki ilaste, a także powierzchnia uskoku lub szczelina skalna. Do osuwisk najczęściej dochodzi w wyniku obfitych ulew, podczas których substancje ilaste nasiąkają wodą, co powoduje zwiększenie poślizgu. Przyczyną osuwisk może być działalność człowieka, na przykład: budowa drogi, obciążenie stoku zabudową czy wibracje związane z robotami ziemnymi. Powstawaniu osuwisk sprzyja budowa geologiczna w postaci naprzemianlegle występujących warstw skał przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych. Pod względem przenoszonego materiału wyróżnia się osuwiska **skalne**, **ziemne** i **zwietrzelinowe**.

W formie osuwiska można wyróżnić trzy części:

- **niszę** – miejsce, gdzie oddzieliły się warstwy skalne;
- **rynnę osuwiska** – oznaczającą teren, po którym osuwały się warstwy skalne;
- **jęzor osuwiskowy** – miejsce, w którym zgromadził się osunięty materiał.



Ryc. V.7.16. Przekrój przez osuwisko.



Ryc. V.7.17. Osuwisko spowodowane przez obfite ulewy na stokach gór Sikkim w Indiach.

Osuwiska mogą mieć groźne konsekwencje dla człowieka i gospodarki. Niekiedy prowadzą do katastrof budowlanych, zniszczeń infrastruktury, utrudnień w budowie dróg.

Spełzywanie jest spowodowane zamarzaniem, rozmarzaniem oraz nawilgoceniem zwietrzeliny, która w wyniku tych procesów powoli przemieszcza się w dół stoku o niewielkim nachyleniu wskutek siły ciężkości. Spełzywanie najintensywniej zachodzi w czasie roztopów. Jego przejawem w terenie są pochylone drzewa, płoty, słupy itp.

◂ spełzywanie

spływanie

Spływanie to przesuwanie się zwietrzeliny silnie przesiąkniętej wodą w dół stoków o dużym nachyleniu (powyżej 30°). Jeśli zwietrzelina składa się z dużych fragmentów skalnych, powstają spływy gruzowe, a jeśli zawiera drobniejszy materiał – spływy błotne lub ziemne.



Ryc. V.7.18. Katastroficzny spływ błotny w Tanzanii 28 listopada 2011 r.

działalność wód płynących

Działalność wód płynących

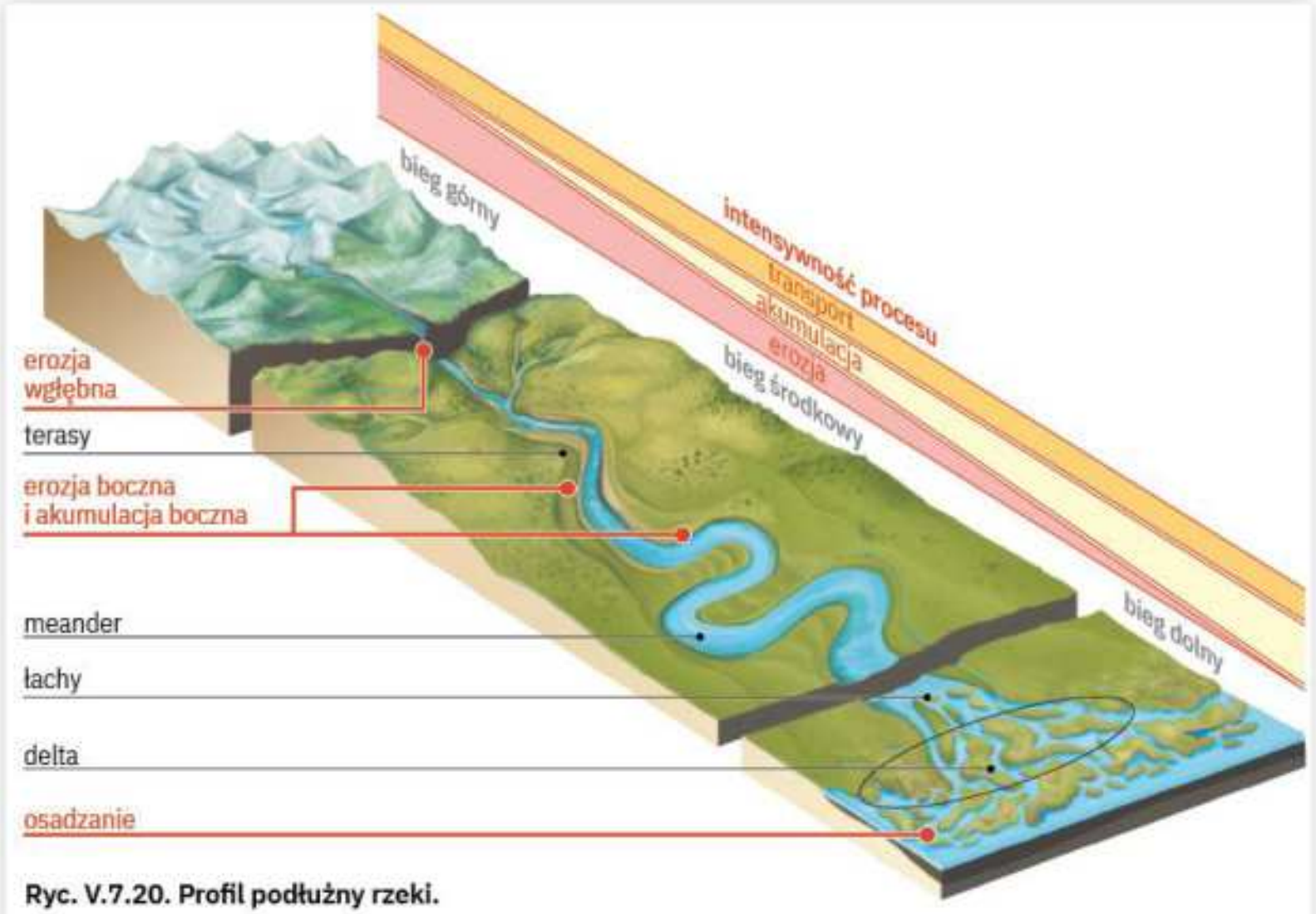
Rzeki odgrywają bardzo ważną rolę w procesach rzeźbotwórczych. Ich działalność polega na erozji (żłobieniu podłoża i podcinaniu brzegów), transporcie materiału zwanego rumowiskiem rzecznym i osadzaniu go na dnie koryta (akumulacja). Efektem działalności rzek są doliny rzeczne, czyli podłużne wklęsłe formy terenu powstałe wskutek procesów erozyjnych wody płynącej.

Dolina rzeczna składa się z:

- **dna doliny** – powierzchnia nachylona zgodnie z kierunkiem płynięcia rzeki obejmująca **koryto rzeczne**, czyli podłużne zagłębienie, którym płynie rzeka przy normalnym stanie wody, oraz **terasa zalewowa**, na którą dostaje się woda podczas powodzi;
- **terasa nadzalewowa** – fragment dawnego położenia dna doliny rozciętego później w wyniku erozyjnej działalności rzeki;
- **zbocze doliny** – nachylona powierzchnia pomiędzy dnem doliny a miejscem jej wycięcia.



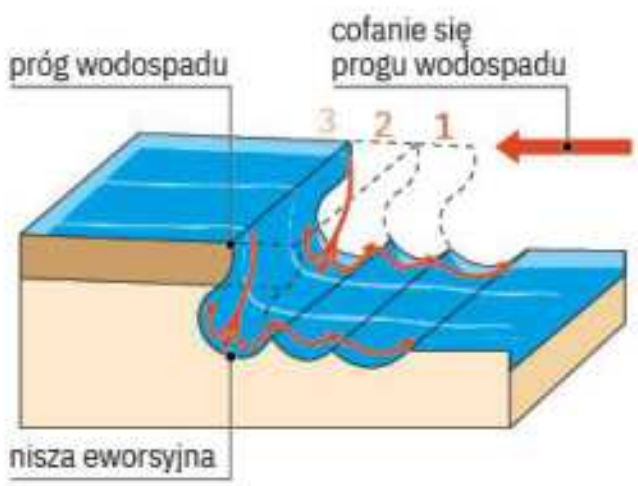
Ryc. V.7.19. Elementy doliny rzecznej.



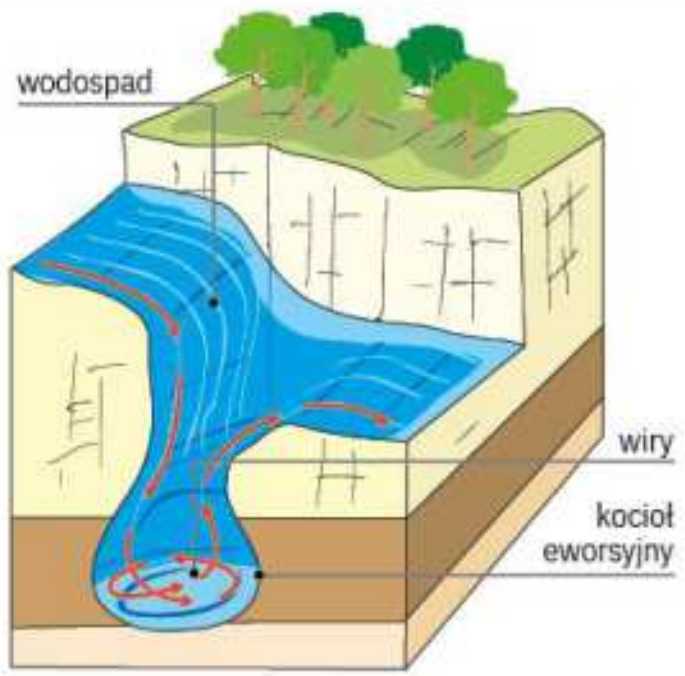
Ryc. V.7.20. Profil podłużny rzeki.

Górny bieg rzeki

Rzeka w górnym biegu ma duży spadek, transportuje dużo materiału i intensywnie żłobi podłoże (erozja wgłębna). To pogłębianie dna prowadzi do powstawania **dolin V-kształtnych** (o stromych i wysokich zboczach). Woda płynie z dużą prędkością, a unoszony przez nią materiał jest rozdrabniany i obtaczany – tworzą się

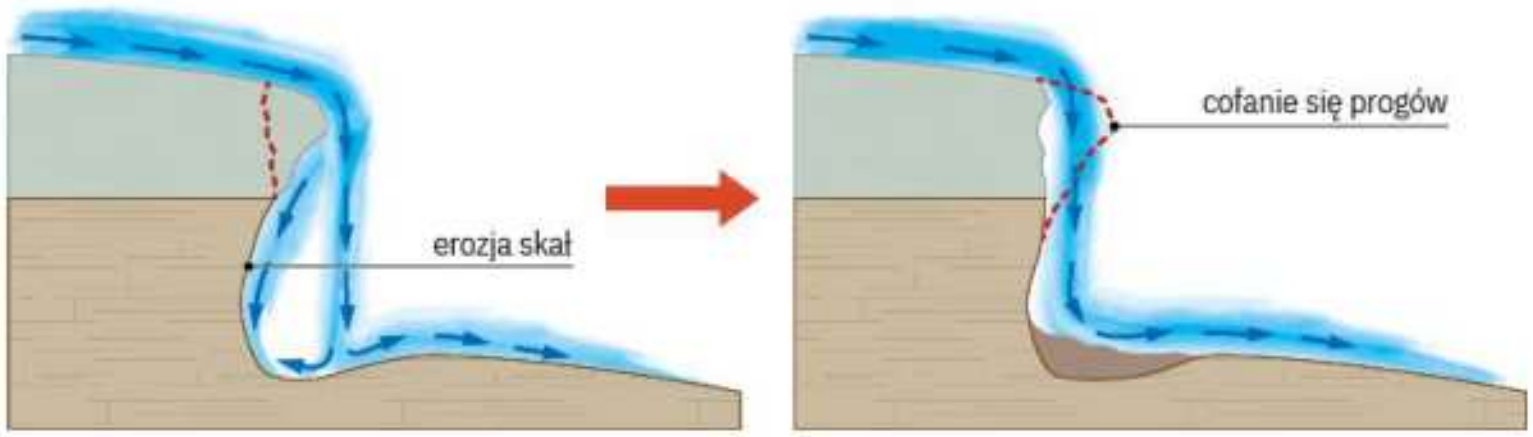


Ryc. V.7.21. Erozja wsteczna.



Ryc. V.7.22. Powstawanie kotła eworsyjnego.

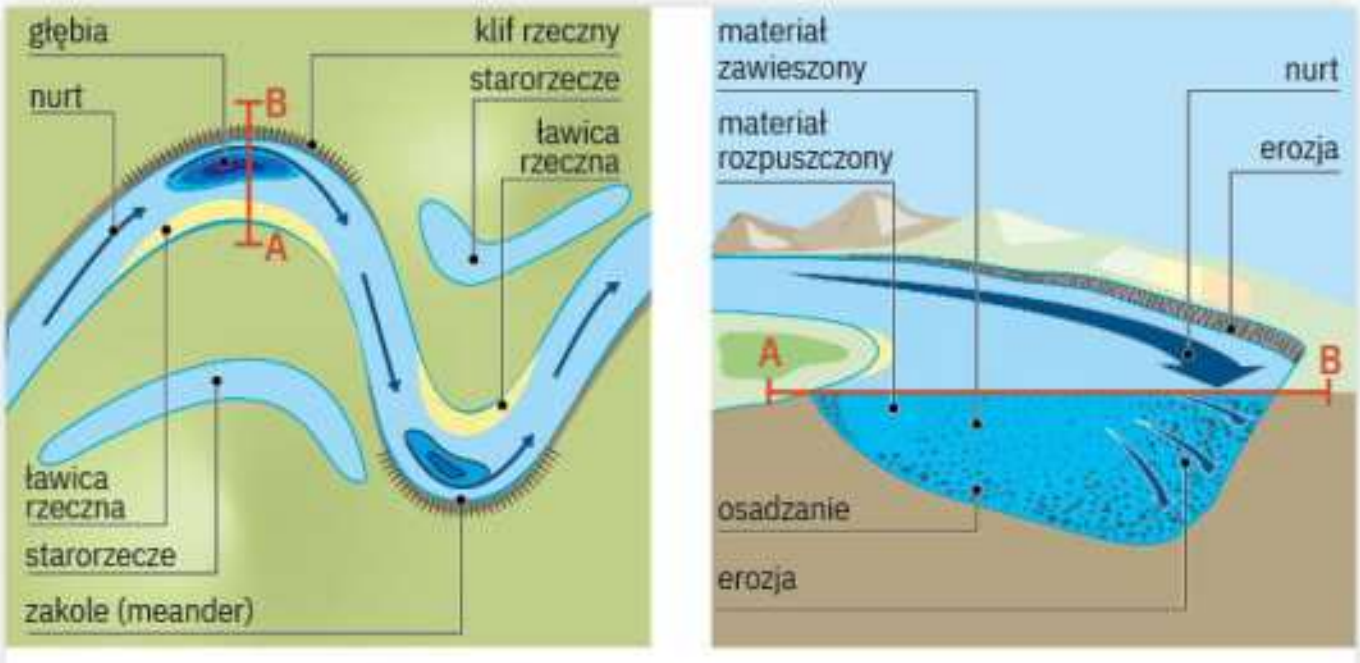
otoczaki. W miejscach, gdzie rzeka napotyka bardziej odporne skały na swojej drodze, powstają progi skalne i wodospady. Poniżej progu skalnego głazy i drobniejsze okruchy skalne opadają z dużą siłą i pogłębiają dno, tworząc **kotły eworsyjne**, w których występują wiry. Woda, opadając podcina dolną część progu skalnego i prowadzi do jego oberwania, co nazywa się **erozją wsteczną**. Zachodzi ona też w obszarze źródliskowym rzeki.



Ryc. V.7.23. Erozja wsteczna na progu skalnym.

Środkowy bieg rzeki

Wraz z biegiem rzeki spada jej nachylenie i prędkość, a koryto rzeczne staje się szersze. Rzeka niesie drobniejszy materiał, gdyż maleje jej siła transportowa. Część najdrobniejszego materiału (np. minerały ilaste) jest unoszona w formie **zawiesiny**. Traci na znaczeniu erozja wgłębna, natomiast coraz większą rolę odgrywa
erozja boczna ▸ **erozja boczna**. Zewnętrzne brzegi rzeki są podmywane, natomiast na brzegach wewnętrznych zostaje osadzony materiał (akumulacja). Wskutek tego tworzą się
meandry ▸ **zakola** (tzw. **meandry**). Erodowane brzegi są bardziej strome, a koryto po ich stronie jest głębsze. Wskutek działania siły Coriolisa na półkuli północnej podmywanie w większym stopniu dotyczy prawych brzegów, a na półkuli południowej – lewych.



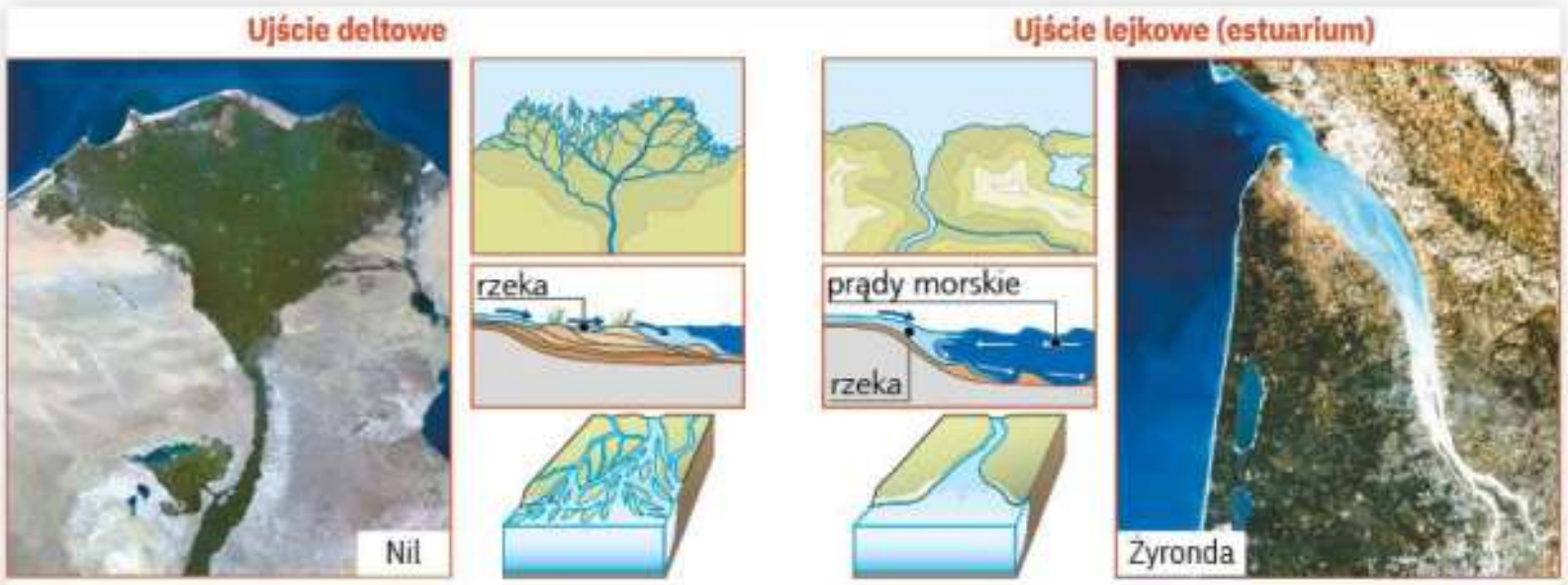
Ryc. V.7.24. Powstawanie meandru.

Można to zauważyć zwłaszcza w przypadku rzek o przebiegu południkowym. Nieustanne podcinanie brzegów rzeki prowadzi do wydłużenia meandru i zbliżenia jego nasady. W czasie wezbrania rzeki czasem dochodzi do przecięcia meandru i utworzenia jeziora w zakolu rzeki (**starorzecza**).

Dolny bieg rzeki

W dolnym biegu rzeki przeważa akumulacja materiału w postaci **łach rzecznych**, a spadek koryta jest niewielki. Akumulowany materiał zostaje osadzony w postaci pokryw aluwialnych, na których mogą się tworzyć żyzne gleby aluwialne – mady rzeczne. W ujściowym odcinku rzeki w przypadku płytkiego zbiornika morskiego materiał jest akumulowany w postaci trójkątnego stożka napływowego tworzącego **deltę**. Osady zasypują ujście, a rzeka tworzy kolejne ramiona, aby znaleźć drogę odpływu. Gdy morze, do którego uchodzi rzeka, jest głębokie, charakteryzuje się dużym falowaniem i występowaniem pływów morskich, to rzeka tworzy **lejkowate ujście** zwane **estuarium**. Wdzierające się fale przypływu rozszerzają ujście rzeki, a fala odpływu wynosi materiał do morza. Ujścia deltowe mają Nil, Amazonka, Huang He, a ujścia lejkowate – Tamiza, Loara i Rzeka Świętego Wawrzyńca.

◂ delta



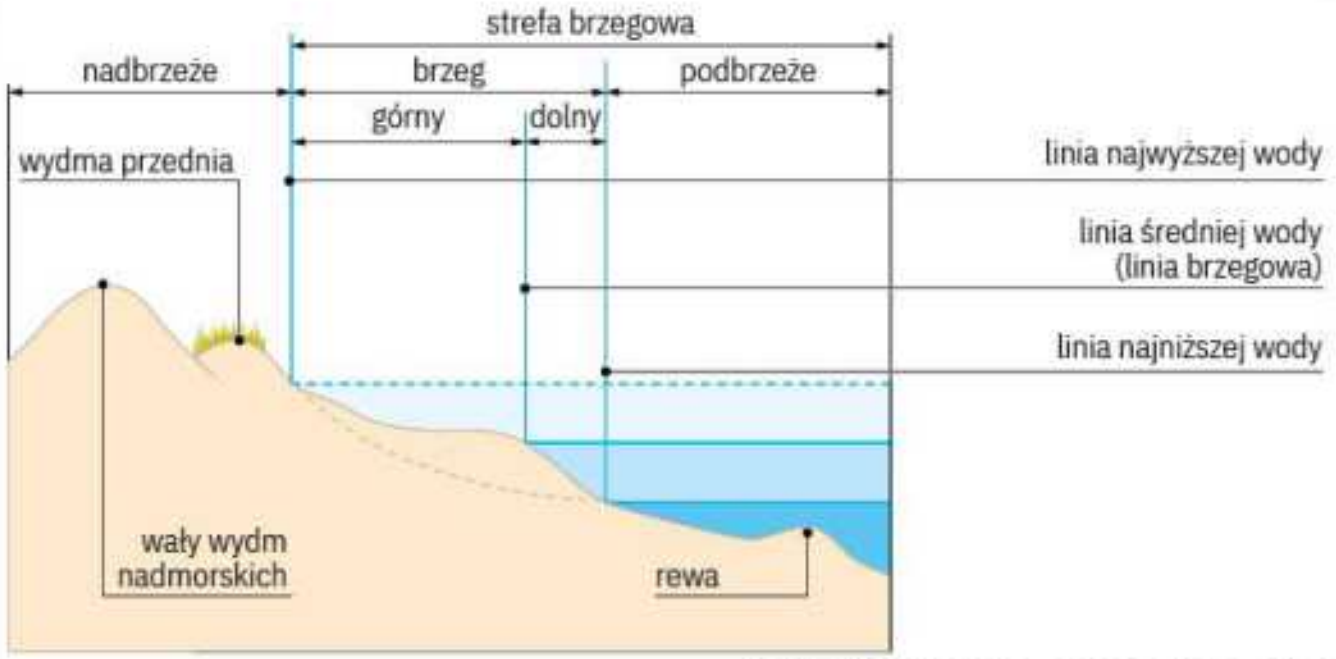
Ryc. V.7.25. Rodzaje ujść rzecznych.

Działalność fal morskich i typy wybrzeży

Wybrzeże to pas znajdujący się na styku lądu i morza, poddawany działaniom procesów zachodzących w zbiorniku morskim (falowania, prądów morskich i pływów) oraz procesom zachodzącym na lądzie (wietrzeniu, działalności akumulacyjnej rzek i wiatru, grawitacyjnym ruchom masowym). Na formowanie się wybrzeży mają wpływ także organizmy roślinne i zwierzęce oraz działalność człowieka. Procesy rzeźbotwórcze wywołane działalnością wód morskich noszą nazwę **procesów litoralnych**. Efektami działalności kształtującej wybrzeża są formy erozyjne i akumulacyjne prowadzące do zmiany **linii brzegowej**, czyli linii styku powierzchni lądu i morza odpowiadającej średniemu zasięgowi fal morskich. Z kolei **brzeg** (plaża)

◂ wybrzeża morskie

to obszar położony pomiędzy najdalszym a najmniejszym zasięgiem fali morskiej obejmujący część górną (rzadko zalewaną) oraz część dolną odsłanianą podczas odpływu.



Źródło: Migoń P., 2006, *Geomorfologia*, s. 384.

Ryc. V.7.26. Elementy wybrzeża.

Zmiany poziomu morza, na przykład w wyniku pionowych ruchów skorupy ziemskiej lub wskutek zmiany zasięgów lodowców, mogą wpływać na zanurzanie (zatapianie) lub wynurzanie wybrzeży o rzeźbie już wcześniej ukształtowanej. Wybrzeża powstałe podczas transgresji morza (zanurzenia lądu) są płaskie, jeśli morze wkroczyło na obszar nizinny, lub wysokie, jeśli zostały zatopione obszary górskie lub wyżynne. Natomiast podczas regresji morza (odsłonięcia dna) tworzą się wybrzeża niskie.

Ze względu na cechy rzeźby wybrzeża można podzielić na:



Ryc. V.7.27. Rodzaje wybrzeża.

Rozwój rzeźby na wybrzeżu niskim

Na wybrzeżu płaskim mamy do czynienia z budującą działalnością morza. Fale akumulują na brzegu materiał piaszczysty, tworząc plażę. Plaża zostaje nadbudowana przez osadzające się piaski i żwiry. W miejscu najdalszego zasięgu fal tworzy

się **wał burzowy** równoległy do linii brzegowej, a w miejscu normalnego zasięgu fal powstaje wał brzegowy. Piasek jest wywiewany w kierunku lądu, co prowadzi do powstawania **wydm**. Zmiany w ukształtowaniu rzeźby dotyczą także dna morskiego w podbrzeżnej części strefy brzegowej. Fala morska, zanim dotrze do brzegu, traci swoją energię, trąc o płytkie dno. Materiał porwany z dna ulega akumulacji w momencie załamania się fali. Tworzy się wówczas **wał przybrzeżny** równoległy do linii brzegowej zwany **rewą**.

◂ wał burzowy

Wybrzeże mierzejowo-zalewowe tworzy się, gdy płytkie zatoki są odgrodzone od morza wałem piaszczystym. Wówczas prądy przybrzeżne nie opływają dokładnie zatoki wzdłuż linii brzegowej, ale najkrótszą drogą zmierzają do najbliższego przylądka. Następuje wówczas akumulacja niesionego materiału wzdłuż **mierzei**, czyli wynurzonego piaszczystego wału odcinającego wody zatoki od pełnego morza. Wynurzony wał przyrośnięty tylko jednym końcem do lądu to **kosa**. Natomiast jeśli wał odcina prawie całą zatokę, zostawiając niewielkie przerwy, to tworzy **mierzeję** (np. Mierzeja Wiślana). Odciętą zatokę nazywa się wówczas zalewem (np. Zalew Wiślany). Jeśli mierzeja zamknie całą zatokę, to powstanie jezioro przybrzeżne (np. jezioro Gardno, Łebsko).

◂ wybrzeże mierzejowo-zalewowe

Wybrzeża lagunowe tworzą się w morzach o dużych wahaniach pływów. W wyniku zmiany poziomu wody wskutek przypływów i odpływów wał piaszczysty (rewa) okresowo wynurza się ponad powierzchnię wody, a wiatr po osuszeniu materiału tworzy wydmy, tak że część wału nie ulega już zanurzeniu. W obniżeniach fala składa nowy materiał i tak można zaobserwować powolne przyrastanie wału. Całkowicie wynurzony wał to **lido**. Odgradza on zatokę zwaną **laguną**. Wody morza wdzierają się do laguny tylko przez wąskie przerwy w lido zwane porto lub kanałami. Laguny są zasypywane materiałem pochodzącym z lądu, przez co z czasem powodują wynurzanie się wysp. Przykładem wybrzeża lagunowego jest Zatoka Wenecka.

◂ wybrzeże lagunowe

W ciepłych wodach morskich o temperaturze 18–35° oraz zasoleniu 27–40‰ mogą tworzyć się **wybrzeża koralowe**. Organizmy morskie o szkielecie wapiennym (najczęściej koralowce) budują rafy koralowe przy brzegu (rafy brzegowe) lub w pewnej odległości od niego (rafy barierowe). Rafy koralowe tworzą się także wokół wysp wulkanicznych, narastając wokół nich i z biegiem czasu tworzą wynurzony pierścień. Centralna część wyspy (stożek wulkanu) wskutek erozji ulega zniszczeniu i tworzy się w jej miejscu zagłębienie (laguna) otoczone pierścieniem koralowców, zwanym **atolem** (**ryc. V.7.28.**).

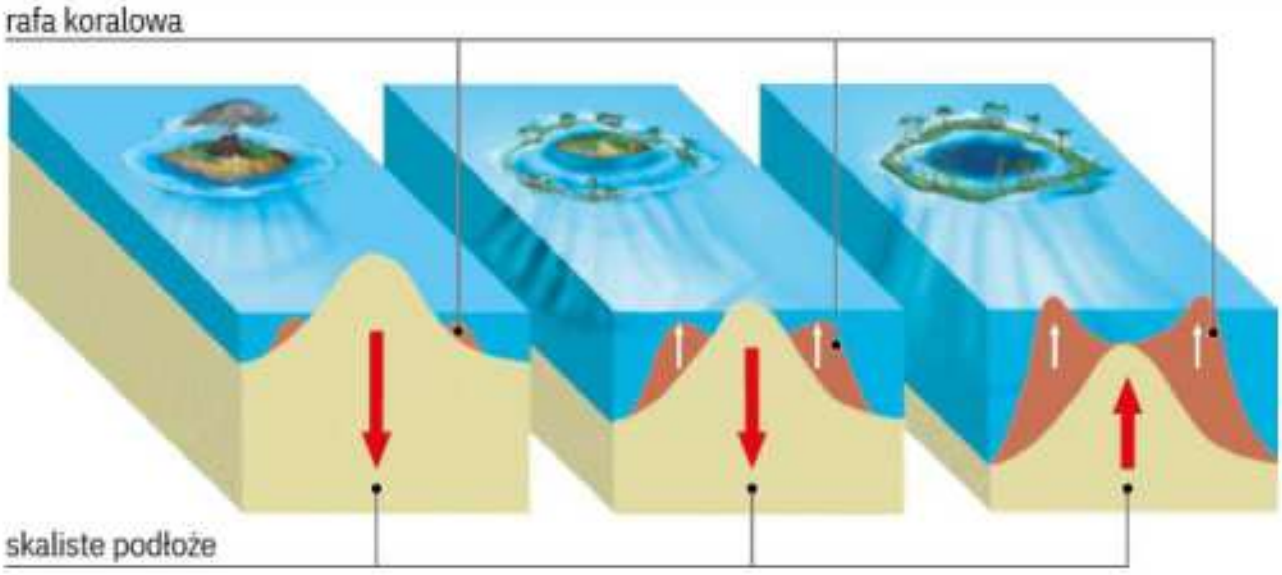
◂ wybrzeże koralowe

Wybrzeża namorzynowe (mangrowcowe) powstają w strefie międzyzwrotnikowej tam, gdzie płytkie i muliste dno u brzegu jest porośnięte lasami namorzynowymi (mangrowymi), których szczudłowate korzenie odsłaniają się podczas odpływu. Gęsta roślinność namorzynowa uniemożliwia falom kształtowanie brzegu, dlatego osady osadzają się między gęstymi korzeniami i brzeg narasta.

◂ wybrzeże namorzynowe

Do tworzenia się wybrzeży limanowych dochodzi przez zalanie ujściowych odcinków dolin rzecznych i odcięcie ich mierzejami usypanymi przez przybrzeżne prądy morskie (Morze Czarne między deltą Dunaju a Półwyspem Krymskim).

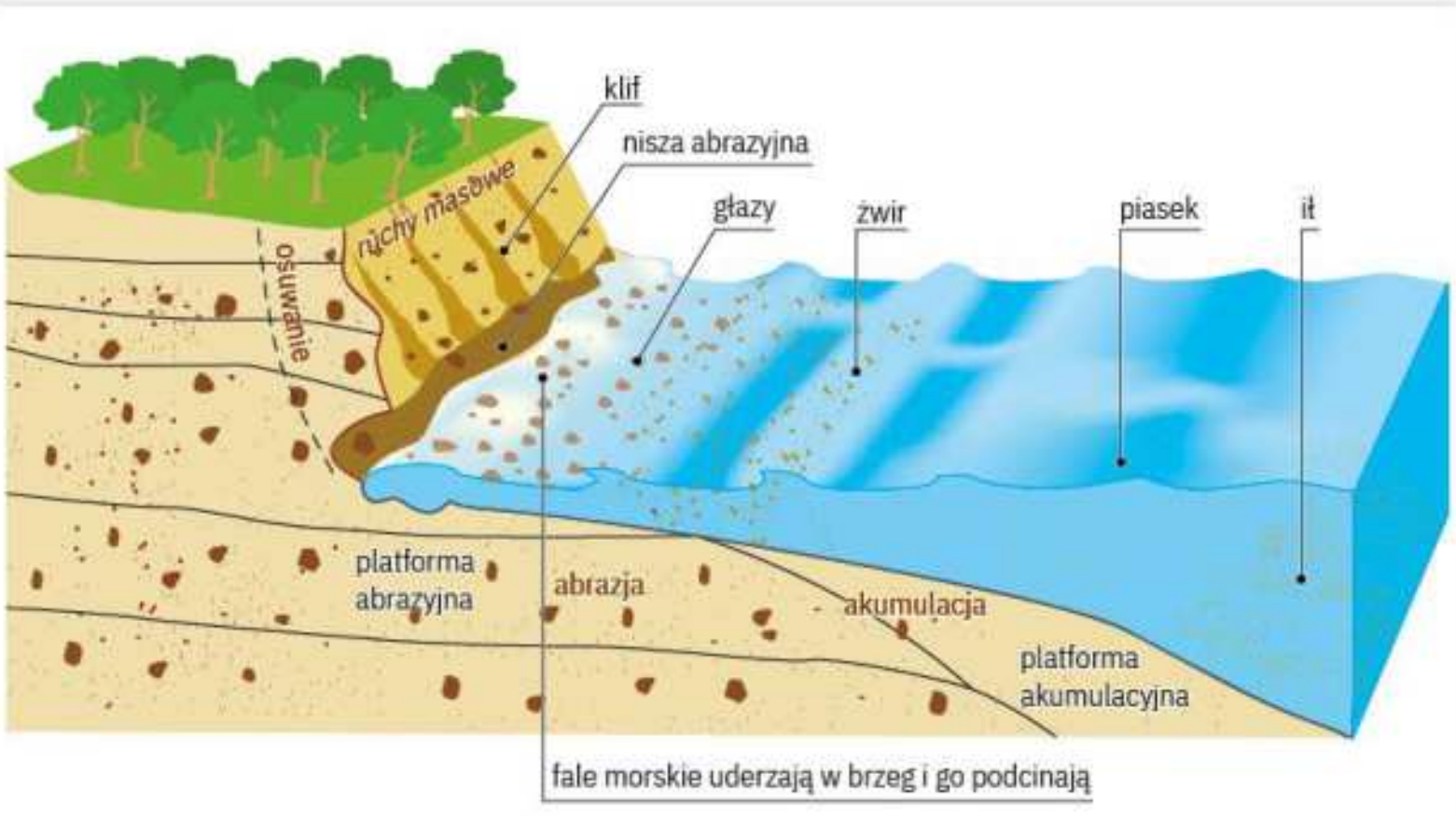
◂ wybrzeże limanowe



Ryc. V.7.28. Etapy powstawania atolu.

Rozwój rzeźby na wybrzeżu wysokim

klif ▸ Na wybrzeżu wysokim zwanym **klifem** lub **falezą** dominuje działalność niszcząca mórz. Niszczenie stromego wybrzeża wskutek przyboju fal to **abrazja**. Fale, uderzając w stromą ścianę skalną, rozkruszają ją i podcinają u podstawy. Powstaje w ten sposób wklęsła forma u dołu klifu – nisza abrazyjna. Z biegiem czasu ta nisza powiększa się i dochodzi do obrywu górnej części skały. Ściana cofa się w stronę lądu. U podnóża klifu gromadzi się rozkruszony materiał skalny, tworząc **platformę abrazyjną**. Materiał ten jest wynoszony przez fale w kierunku morza i osadza się na dnie, a w wyniku tego powstaje **platforma akumu-**



Ryc. V.7.29. Wybrzeże klifowe.

lacyjna. Tempo niszczenia klifu zależy od siły i prędkości fal oraz od odporności skał budujących klif. Wapienne klify u wybrzeży Normandii cofają się o 30 cm rocznie. W Polsce znany klif znajduje się w miejscowości Trzęsacz nad Bałtykiem, gdzie w wyniku jego cofania się został zniszczony kościół zbudowany na stromym wzgórzu. Kościół ten zbudowano na przełomie XIV i XV w. około 2 km od linii brzegowej. W wyniku działania procesów abrazyjnych budynek znalazł się blisko krawędzi klifu (w 1750 r. 58 m, w 1820 r. – 13 m, w 1868 r. 1 m), więc doszło do uszkodzeń. Obecnie zachowały się tylko fragmenty południowej ściany kościoła.



Ryc. V.7.30. Ruiny kościoła w Trzęsaczu nad Morzem Bałtyckim.

Do wybrzeży wysokich zalicza się także:

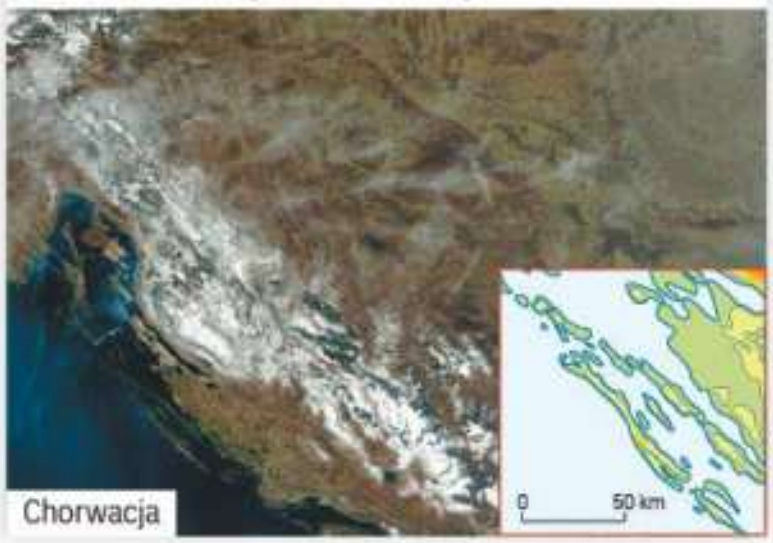
- **wybrzeże fiordowe** – utworzone w wyniku częściowego zatopienia przez morze głębokich U-kształtnych dolin polodowcowych; fiordy znajdują się m.in. w Norwegii, Szkocji, Islandii, Nowej Zelandii i na Grenlandii;
- **wybrzeże riasowe** – powstało wskutek wkroczenia morza na obszary o rzeźbie górskiej; morze zalewa doliny i obniżenia, tworząc wąskie zatoki między skalistymi półwyspami; osie półwyspów i zatok są prostopadłe do brzegu (pd.-zach. Wielka Brytania i Irlandia, Półwysep Bretoński, pn.-zach. część Półwyspu Iberyjskiego, Korsyka, Sardynia, Peloponez);



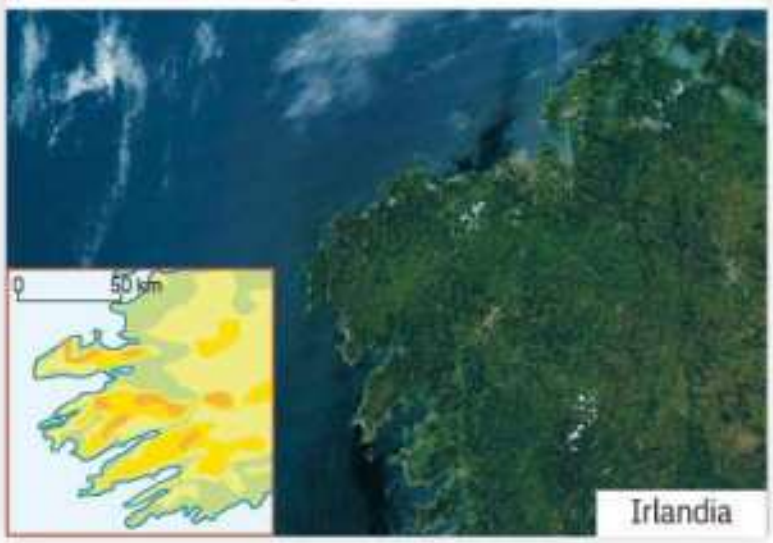
Ryc. V.7.31. Fiord Sognefjorden w Norwegii.

- **wybrzeże dalmatyńskie** – powstało wskutek wkroczenia morza na teren o rzeźbie o charakterze górskim, w taki sposób, że pasma górskie i obniżenia między nimi są równoległe do linii brzegowej, z podłużnymi wyspami i dobrze osłoniętymi, długimi zatokami (wybrzeże Chorwacji);
- **wybrzeże szerowe (szkierowe)** – powstało przez zalanie obszaru polodowcowego z licznymi skalistymi pagórkami. Występuje w Finlandii (Wyspy Alandzkie).

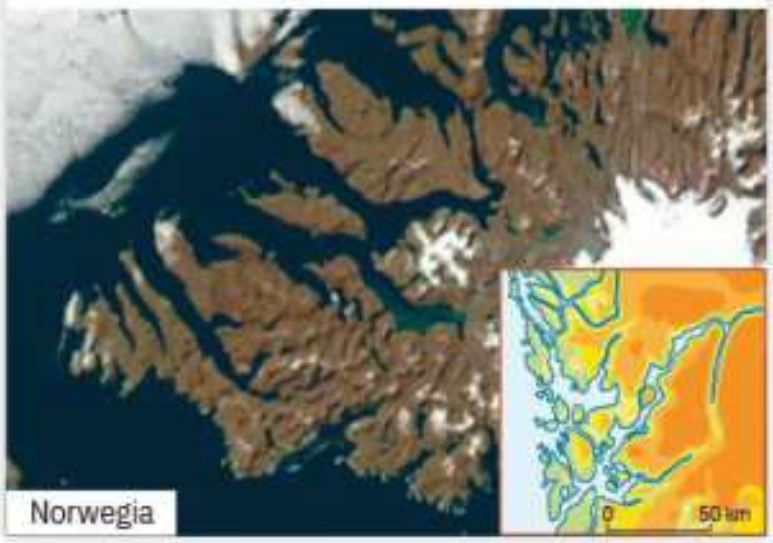
Wybrzeże dalmatyńskie



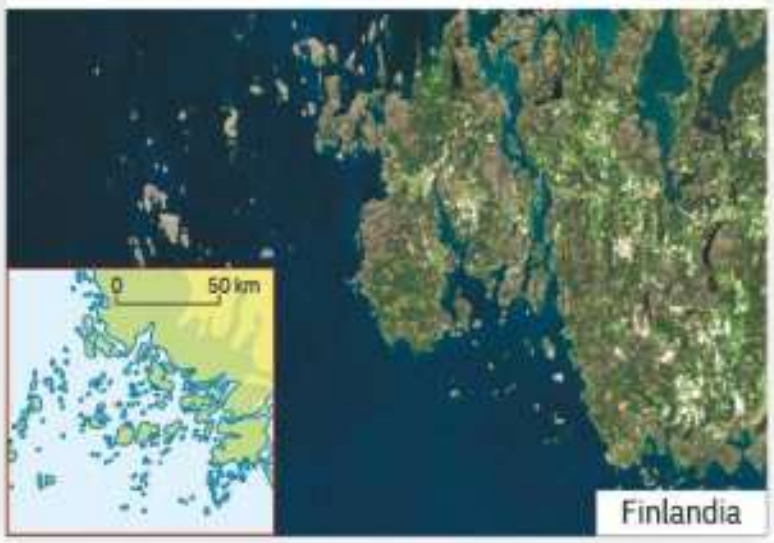
Wybrzeże riasowe



Wybrzeże fiordowe



Wybrzeże szkierowe





Wybrzeże mierzejowo-zalewowe



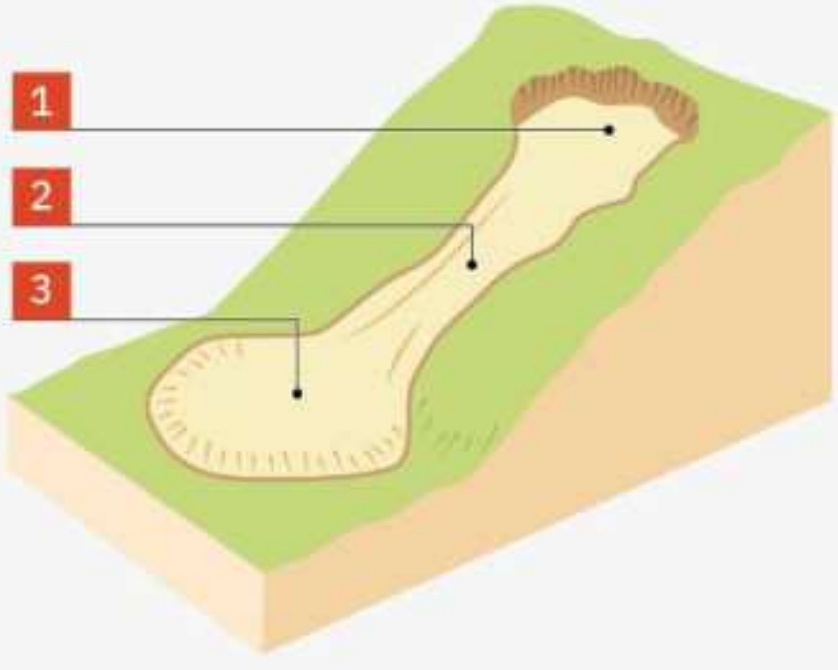
Ryc. V.7.32. Typy wybrzeży.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

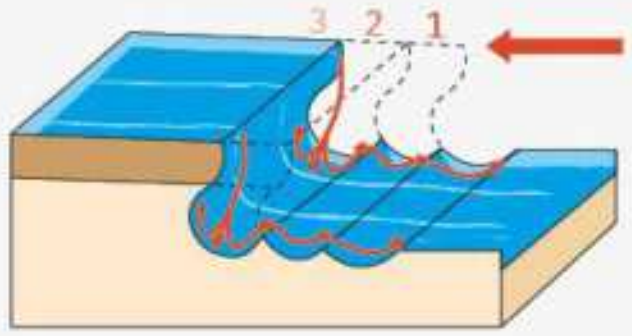
1. Przedstaw różnicę pomiędzy wietrzeniem fizycznym a chemicznym.
2. Wyjaśnij, na czym polega wietrzenie biologiczne.
3. Przygotuj prezentację dotyczącą form wietrzenia znajdujących się w twojej okolicy.
4. Na podstawie dostępnych źródeł stwórz prezentację na temat wybranej jaskini krasowej w Polsce lub na świecie. Omów w prezentacji formy naciekowe, które powstały w tej jaskini.
5. Wyjaśnij, w jaki sposób powstają polja.
6. Określ, jakie czynniki wpływają na grawitacyjne ruchy masowe.
7. Omów powstawanie starorzecza.
8. Wskaż czynniki wpływające na powstanie delty i ujścia lejkowatego.
9. Wymień typy wybrzeży niskich i wysokich oraz omów zachodzące na nich procesy.
10. Wymień 4 formy krasu powierzchniowego i wyjaśnij ich powstawanie. Przerysuj do zeszytu i uzupełnij tabelę.

	Nazwa formy krasu powierzchniowego	Przyczyna powstania
1.		
2.		
3.		
4.		

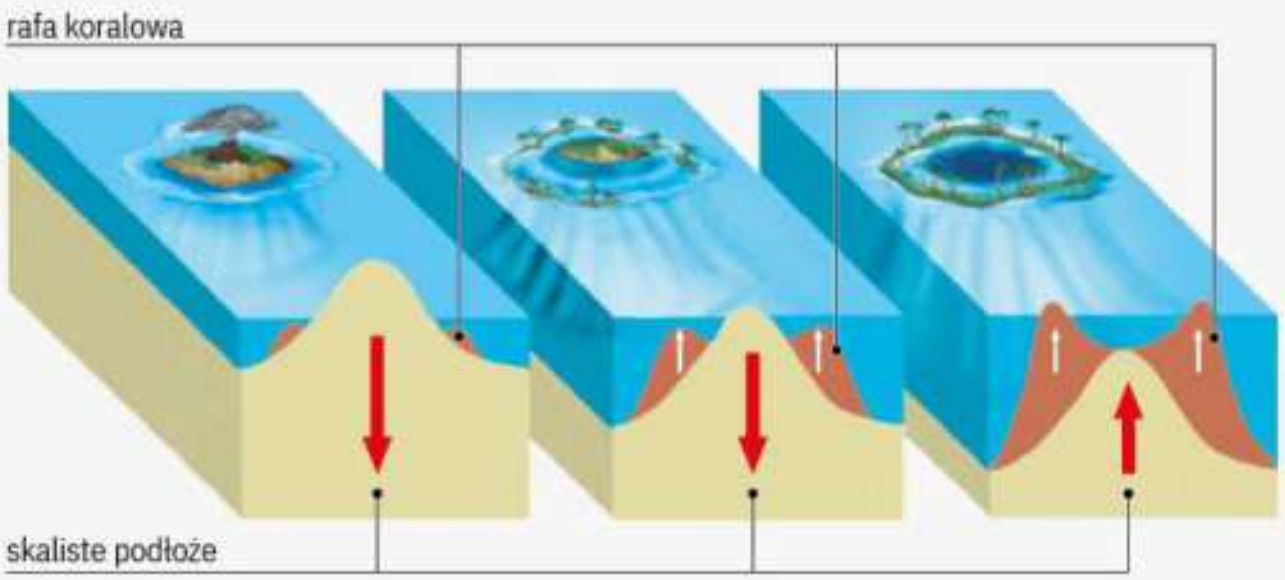
11. Na podstawie rysunku nazwij trzy elementy osuwiska. Podaj dwie negatywne dla człowieka konsekwencje występowania grawitacyjnych ruchów masowych.



12. Nazwij proces przedstawiony na poniższym rysunku. Wyjaśnij mechanizm tego procesu.



13. Na podstawie poniższego rysunku wyjaśnij powstawanie atolu. Wskaż dwa regiony na świecie, gdzie występują rafy koralowe.



PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 329 ▸

- Działalność **procesów egzogenicznych** polega na:
  - niszczeniu podłoża skalnego (erozja),
  - przenoszeniu materiału skalnego (transport),
  - gromadzeniu materiału w innym miejscu (akumulacja).

s. 330 ▸

- Do **czynników rzeźbotwórczych** należą:
  - siła ciężkości,
  - woda płynąca po powierzchni (rzeki),
  - fale morskie,
  - wody podziemne,
  - lodowce i lądolody,
  - wody polodowcowe,
  - wiatr.

s. 330 ▸

- **Wietrzenie** to proces rozpadu mechanicznego i rozkładu chemicznego skał pod wpływem działania warunków atmosferycznych lub działalności organizmów żywych.

• **Podział procesów wietrzenia:** s. 330

PROCESY WIETRZENIA

Wietrzenie fizyczne	Wietrzenie chemiczne	Wietrzenie biologiczne
■ termiczne ■ mrozowe ■ solne ■ skał ilastych	■ rozpuszczanie ■ utlenianie ■ hydroliza ■ uwęglanowienie ■ uwodnienie	■ zmiana właciwości fizycznych ■ zmiana właściwośći chemicznych

• **Krasowienie** polega na rozpuszczaniu węglanu wapnia przez wodę zawierającą CO_2. s. 333

• Podział form powstałych w wyniku **zjawisk krasowych**: s. 333

ZJAWISKA KRASOWE

Kras powierzchniowy	Kras podziemny
■ żłobki krasowe ■ żebra krasowe ■ leje krasowe ■ studnie krasowe ■ doliny i jary krasowe ■ uwały ■ ponory ■ ostańce krasowe ■ polje	■ jaskinie ■ podziemne korytarze, kominy, studnie i komory ■ stalaktyty ■ stalagmity ■ stalagnaty ■ draperie ■ kurtyny ■ misy naciekowe

• Proces przemieszczania się zwietrzeliny pod wpływem siły ciężkości nazywamy **masowymi ruchami grawitacyjnymi**. s. 336

Rodzaje **masowych ruchów grawitacyjnych**:

- obrywanie,
- odpadanie,
- osypywanie,
- staczanie,
- osuwanie,
- spełzywanie,
- spływanie.

• **Działalność erozyjna, transportowa i akumulacyjna rzeki:** s. 338

Rodzaj działalności	Bieg górny	Bieg środkowy	Bieg dolny
erozja	erozja wgłębna i wsteczna, doliny V-kształtne i kotły eworsyjne	erozja boczna, podmywanie brzegów zewnętrznych, tworzenie zakoli (meandrów)	erozja niewielka
transport	głazy i żwiry – tworzenie otoczaków	piaski i żwiry, muł w zawiesinie	wynoszenie materiału do morza – pływy, ujścia lejkowate
akumulacja	rumowiska skalne, otoczaki	brzegi wewnętrzne – łachy korytowe	pokrywy aluwialne, łachy rzeczne, delty

s. 341 ▸ • **Wybrzeża morskie** dzieli się na niskie (płaskie) oraz wysokie (strome). Na wybrzeżu płaskim mamy do czynienia z budującą działalnością morza. Fale akumulują na brzegu materiał piaszczysty, co prowadzi do powstania plaży. Na wybrzeżu wysokim zwanym klifem lub falezą dominuje działalność niszcząca mórz. Niszczenie stromego wybrzeża wskutek przyboju fal nazywa się abrazją.

8. Procesy egzogeniczne – rzeźbotwórcza działalność lodowców oraz wiatru

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz skutki rzeźbotwórczej działalności lodowców górskich, lądolodu oraz wiatru;
- nauczysz się opisywać produkty i formy powstałe w wyniku tych procesów.

Działalność lodowców górskich i lądolodów

Z informacji zaprezentowanych w dziale IV wiesz, jak powstają lodowce górskie i lądolody oraz jak je dzielimy. Na tej lekcji dowiesz się, na czym polega rzeźbotwórcza działalność lodowców i lądolodów, która może być niszcząca i akumulacyjna. Procesy związane ze zmianą ukształtowania powierzchni w wyniku działalności lodowców nazywa się procesami glacjalnymi, a rzeźbę powstałą w ich wyniku – rzeźbą glacjalną.

niszcząca działalność lodowców ▸

Niszcząca działalność lodowców

Lód, przemieszczając się po skalnym podłożu, zabiera ze sobą luźny materiał, może nawet wydzierać duże skalne fragmenty wzdłuż spękań. Materiał przenoszony przez lodowiec – **morena** – przesuwa się wraz z lodowcem, przez co może szlifować i rysować podłoże.

morena ▸

Wyróżnia się następujące rodzaje erozji lodowcowej:

- wyorywanie (detrakcja) – odrywanie od podłoża większych fragmentów skalnych,
- ścieranie i wygładzanie podłoża (detersja),
- zdzieranie (egzaracja) – deformowanie i przesuwanie się utworów znajdujących się w podłożu lodowca.

W wyniku oddziaływania lodowca na powierzchnię skalną, po której się on przesuwa, powstają **bruzdy**, **rysy** i **wygłady lodowcowe**. Pagórki napotkane na drodze lodowca są zaokrąglane i wygładzane – nazywamy je **mutonami** lub **barańcami**. Są one z reguły łagodniej nachylone od strony ruchu lodowca.

Lodowiec górski powoduje przekształcenia dolin w obrębie rzeźby górskiej. W górnej części doliny, w miejscu pola firnowego lodowca tworzy się nieckowate zagłębienie zwane cyrkiem, karem lub kotłem lodowcowym. W cyrkach lodowcowych często tworzyły się jeziora polodowcowe. Środkowe i dolne części dolin zostały przemodelowane przez jęzor lodowca, mają poszerzone dno, podcięte i strome, wysokie zbocza. Dolina V-kształtna przekształca się w **dolinę U-kształtną (żłób lodowcowy)**. Charakterystyczne dla układu dolin polodowcowych w górach są także doliny zawieszone, czyli boczne doliny, które nie podlegały tak silnej erozji wgłębnej, gdyż siła erozyjna lodowca bocznego była słabsza niż lodowca w dolinie głównej.

◀ żłób lodowcowy



Ryc. V.8.1. Formy górskiej rzeźby glacjalnej.

Działalność akumulacyjna lądolodów

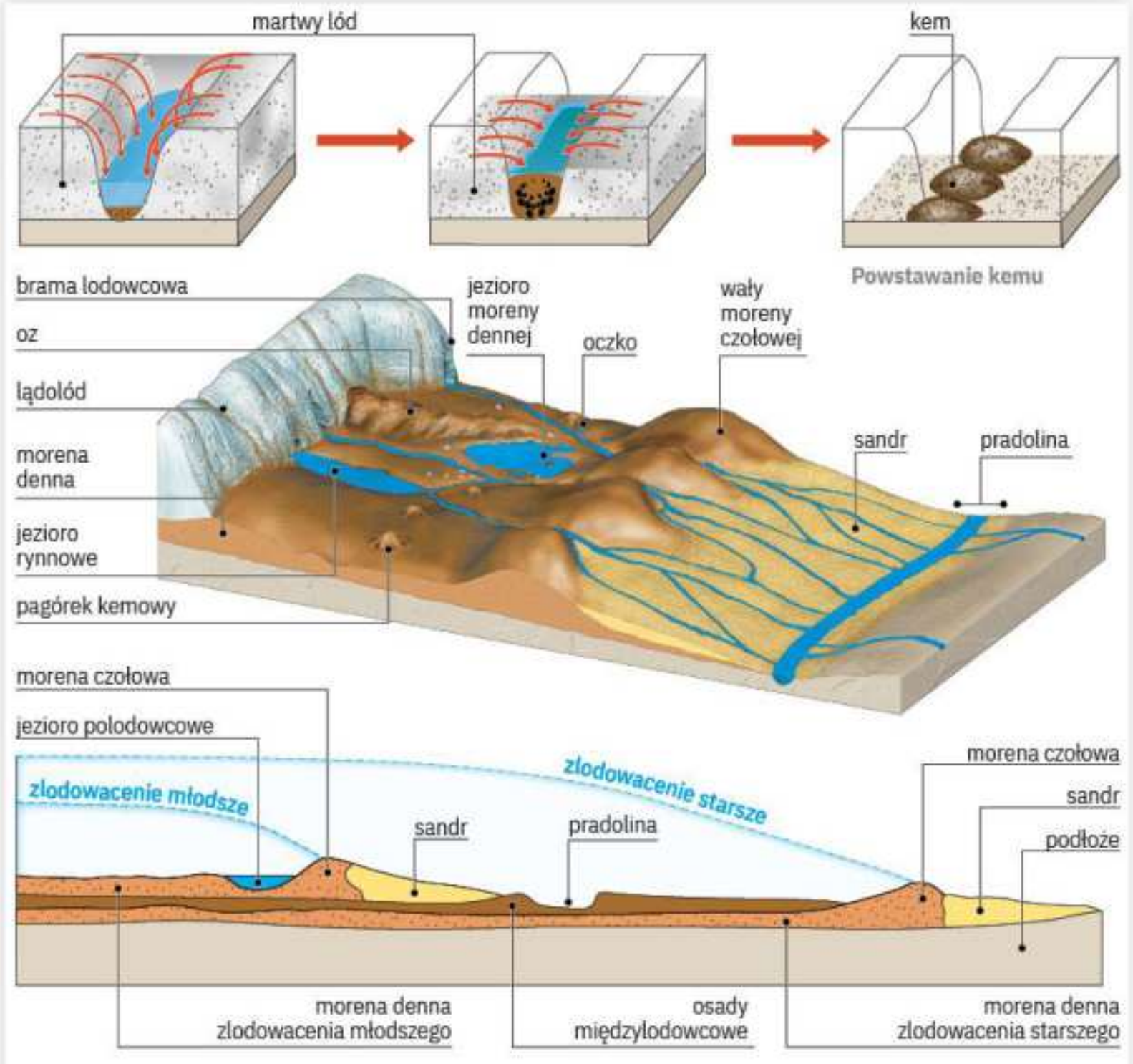
W masie lodowca znajduje się nieuporządkowany materiał, zarówno na powierzchni, we wnętrzu, jak i w spągu lodowca. W czasie topnienia materiał ten jest gromadzony jako **glina morenowa** (zwałowa). Powstałe w ten sposób formy terenu to moreny. Lodowiec w czasie postoju (gdy dopływ lodu równoważony jest topnieniem czoła lodowca) pozostawia przed swoim czołem materiał skalny w postaci **wału** i **pagórków moreny czołowej**. Morena czołowa określa maksymalny zasięg lodowca. Wzdłuż zboczy doliny ciągną się wały **moreny bocznej**, a na dnie lodowca po jego stopnieniu pozostaje materiał w postaci **moreny dennej**. Morena środkowa powstaje z połączenia dwóch moren bocznych jęzorów lodowcowych. Lodowiec mógł transportować także olbrzymie bloki skalne o wadze nawet do kilkudziesięciu ton, które, ustępując, zostawiał w formie **głazów narzutowych** zwanych **eratykami**.

◀ morena czołowa

Działalność fluwioglacjalna lądolodów

stożki napływowe

Formy fluwioglacjalne (wodnolodowcowe) są związane z działalnością wód wypływających z lądolodu. Podczas topnienia lądolodu olbrzymie ilości wody wypływają z jego czoła przez tzw. bramę lodowcową. Woda wypływająca z lodu wypłukuje i wynosi część materiału zgromadzonego u czoła lodowca. Tworzą się wówczas **stożki napływowe**, lekko nachylone w kierunku spływu wód równiny zwane **sandrami** (lub równinami sandrowymi), zbudowane z materiału piaszczysto-żwirowego. W sandrach występują także zagłębienia wytopiskowe pozostałe po wytopieniu martwych brył lodu. Obecnie są one wypełnione przez wody jezior. Do form akumulacyjnych należą też **ozy** – podłużne i kręte wały zbudowane z materiału (piasków i żwirów) pochodzącego z tuneli lodowcowych i koryt na powierzchni lodowca. Formy mniejsze od ozów to **kemy** – czyli pagórki o spłaszczonych wierzchołkach zbudowane z nagromadzonych piasków i mułów w obniżeniach pomiędzy bryłami martwego lodu.



Ryc. V.8.2. Działalność rzeźbotwórcza lądolodu.

Do erozyjnych form fluwioglacjalnych należą **pradoliny** mające postać szerokich dolin powstałych na przedpolu lądolodu o biegu równoległym do czoła lądolodu. Pradoliny były zasilane zarówno wodami spływającym z lądolodu, jak i ciekami wodnymi z obszaru niezlodowaconego, które utworzyły ogromne rzeki szukające spływu głównie w kierunku zachodnim (do Morza Północnego i Atlantyku) – zgodnie z ogólnym nachyleniem kontynentu europejskiego. Szerokość pradolin przekracza miejscami nawet 10 km. Wiele pradolin występuje na obszarze Polski, na przykład: Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka, Pradolina Warszawsko-Berlińska. Do form erozyjnych zaliczają się także **rynny polodowcowe** powstałe pod masą lądolodu wskutek erozji przez płynące pod wysokim ciśnieniem rzeki podlodowcowe. Dzisiaj te podłużne i wąskie zagłębienia są wypełnione przez jeziora rynnowe.

Rzeźbotwórcza działalność wiatru

rzeźbotwórcza działalność wiatru

Wiatr jest także jednym z czynników rzeźbotwórczych. Jego działalność polega na erozji, transporcie i akumulowaniu materiału. Wiatr odgrywa największą rolę w modelowaniu rzeźby na obszarach pustynnych, wybrzeżach piaszczystych oraz przedpolu lądolodów. Im silniejszy wiatr, tym może on przenosić grubszy materiał i na dalsze odległości. Działalność wiatru to działalność **eoliczna**, a procesy rozwoju rzeźby przez wiatr nazywamy **procesami eolicznymi**.

Niszcząca działalność wiatru

Wiatr jest decydującym czynnikiem w rozwoju rzeźby w klimacie pustynnym wskutek braku roślinności i niedostatecznej ilości wilgoci. Przenosi pyły, ale także ziarna piasku. Proces wywiewania materiału – **deflacja** – prowadzi do powstania zagłębień terenowych, których kształt zależy od odporności skał. Tworzą się **rynny**, **misy** i **niecki deflacyjne**. Po wywianiu drobniejszego materiału na powierzchni pozostają większe okruchy skalne – **bruk deflacyjny**. Powstrzymują one wywiewanie mniejszych ziaren piasku ułożonych pod spodem. Wiatr może również działać niszcząco na skały lite poprzez uderzanie niesionym materiałem. Szlifowanie skał przez niesione ziarna piasku nazywa się **korazją eoliczną**. Jej efektem jest występowanie **bruzd** i **niecek korazyjnych**, **grzybów skalnych**, **jardangów** i **graniaków**. Korazja niszczy zwłaszcza podnóża ścian skalnych, gdyż najgrubszy materiał jest przemieszczany nisko. Dlatego niszczone skały mogą przybierać postać grzybów skalnych lub jardangów, czyli wydłużonych, ostrych grzbietów, z przewieszonymi ścianami oszlifowanymi u podnóża. Z kolei okruchy skalne leżące na powierzchni ziemi przybierają postać graniaków o spłaszczonych ścianach i ostrych krawędziach.

deflacja



Ryc. V.8.3. Formy korazyjne.

Procesy deflacji i korazji sprzyjają tworzeniu się pustyń – obszarów pozbawionych stałej roślinności, o przewadze parowania nad opadami oraz niedostatkiem wody. Ze względu na materiał budujący oraz typ rzeźby wyróżnia się pustynie:

- pylaste (takyr),
- piaszczyste (erg),
- żwirowe (serir),
- kamieniste (hamada),
- mieszane (złożone).



Ryc. V.8.4. Ripplemarki na Saharze (Tunezja).

Budująca działalność wiatru

Materiał transportowany przez wiatr wskutek zmniejszenia prędkości i siły wiatru gromadzi się w postaci zmarszczek eolicznych (ripplemarków), wydm i pokryw lessowych.

zmarszczki eoliczne ▸ **Zmarszczki eoliczne (ripplemarki)** to faliste nagromadzenia materiału piaszczystego powstałe w wyniku przesuwania ziaren piasku przez wiatr. Są ułożone prostopadle do kierunku wiatru.

Wydmy są piaszczystymi wzniesieniami usypanymi przez wiatr. Mają asymetryczne stoki. Stoki dowietrzne mają łagodne nachylenie (5–12°), natomiast zawietrzne są stro-

wydmy paraboliczne ▸ me (20–33°). W klimacie wilgotnym powstają **wydmy paraboliczne** o ramionach skierowanych pod wiatr. Przyczyną tego jest wolniejsze przemieszczanie się ramion wydmy spowodowane wilgotnością ziaren piasku i przytrzymywaniem ich przez roślinność. W warunkach pustynnych tworzą się **barchany** – ramiona takiej wydmy są skierowane w stronę zawietrzną. Wysunięcie ramion barchanu do przodu tłumaczy się szybszym ich ruchem niż środkowej części wydmy, która ze względu na większą masę porusza się wolniej. Wydmy w wyniku działalności wiatru przesuwają się – wiatr przesypuje piasek ze strony dowietrznej i przerzuca go na bardziej stromą stronę zawietrzną, gdzie osypuje się on po stromym stoku, powodując systematyczne przemieszczanie się wydmy.



Roślinność porastająca ramiona wydmy parabolicznej spowalnia ich ruch. Szybciej przemieszcza się centralna cześć wydmy.

Ramiona barchanów, w których jest mniej piasku i roślinność nie ogranicza ich ruchów, przesuwają się szybciej niż rozbudowana centralna cześć wydmy.

Ryc. V.8.5. Ruch wydmy parabolicznej i barchanu.

W warunkach klimatu peryglacjalnego na dalekim przedpolu lodowca wiatry wywiewały pyły na dalekie odległości, akumulując **pokrywy lessowe** (np. na Wyżynie Sandomierskiej, Wyżynie Lubelskiej).

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij, dlaczego moreny boczne i środkowe występują tylko w przypadku działalności lodowców górskich.
2. Przedstaw różnicę pomiędzy wydmą paraboliczną a barchanem.
3. Przygotuj prezentację na temat rzeźbotwórczej działalności:
   a) lodowców górskich w Alpach,
   b) wiatru na przykładzie Sahary.
4. Wykonaj polecenia w zeszycie.
   a) Przyporządkuj niżej podane formy rzeźby utworzone przez lądolód do odpowiednich miejsc w tabeli.

mutony, ozy, eratyki, pradoliny, doliny U-kształtne

Typy rzeźby	Lądolód	
	formy erozyjne	formy akumulacyjne
rzeźba glacjalna		
rzeźba fluwioglacjalna		

   b) Wyjaśnij, jak tworzą się doliny zawieszone.
5. Wykonaj polecenia w zeszycie.
   a) Przyporządkuj nazwy lokalne pustyń do ich rodzajów.

erg, takyr, hamada, serir, ripplemark

- pustynia piaszczysta
- pustynia pylasta
- pustynia żwirowa
- pustynia kamienista

   b) Wyjaśnij różnicę między deflacją a korazją.

PODSUMOWANIE LEKCJI

• **Działalność lodowców:**

s. 350

Typy rzeźby	Lodowiec górski		Lądolód	
	formy erozyjne	formy akumulacyjne	formy erozyjne	formy akumulacyjne
rzeźba glacjalna	rysy lodowcowe wygłady bruzdy żłoby lodowcowe (doliny U-kształtne) doliny zawieszone cyrki lodowcowe mutony (barańce)	głazy narzutowe (eratyki) morena czołowa morena boczna morena denna morena środkowa	rysy lodowcowe wygłady bruzdy mutony (barańce)	głazy narzutowe (eratyki) morena czołowa, morena denna, drumliny

Typy rzeźby	Lodowiec górski		Lądolód	
	formy erozyjne	formy akumulacyjne	formy erozyjne	formy akumulacyjne
rzeźba fluwiogla-cjalna	rynny polodowcowe zagłębienia lodowcowe (misy)	sandry	rynny polodowcowe (jeziora rynnowe) jeziora wytopiskowe (oczka) pradoliny	sandry ozy kemy

s. 353 ▸ • **Działalność wiatru:**



9. Wpływ procesów geologicznych i geomorfologicznych na zagospodarowanie terenu

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, w jaki sposób procesy endogeniczne i egzogeniczne wpływają na zagospodarowanie terenu;
- poznasz przykłady ograniczeń w zakresie zagospodarowania terenu wynikające z budowy geologicznej podłoża, rzeźby i grawitacyjnych ruchów masowych;
- nauczysz się, jak dokonać obserwacji, sporządzić dokumentację procesów geologicznych i geomorfologicznych zachodzących w twojej okolicy, a także przedstawiać ich wyniki w wybranej formie.

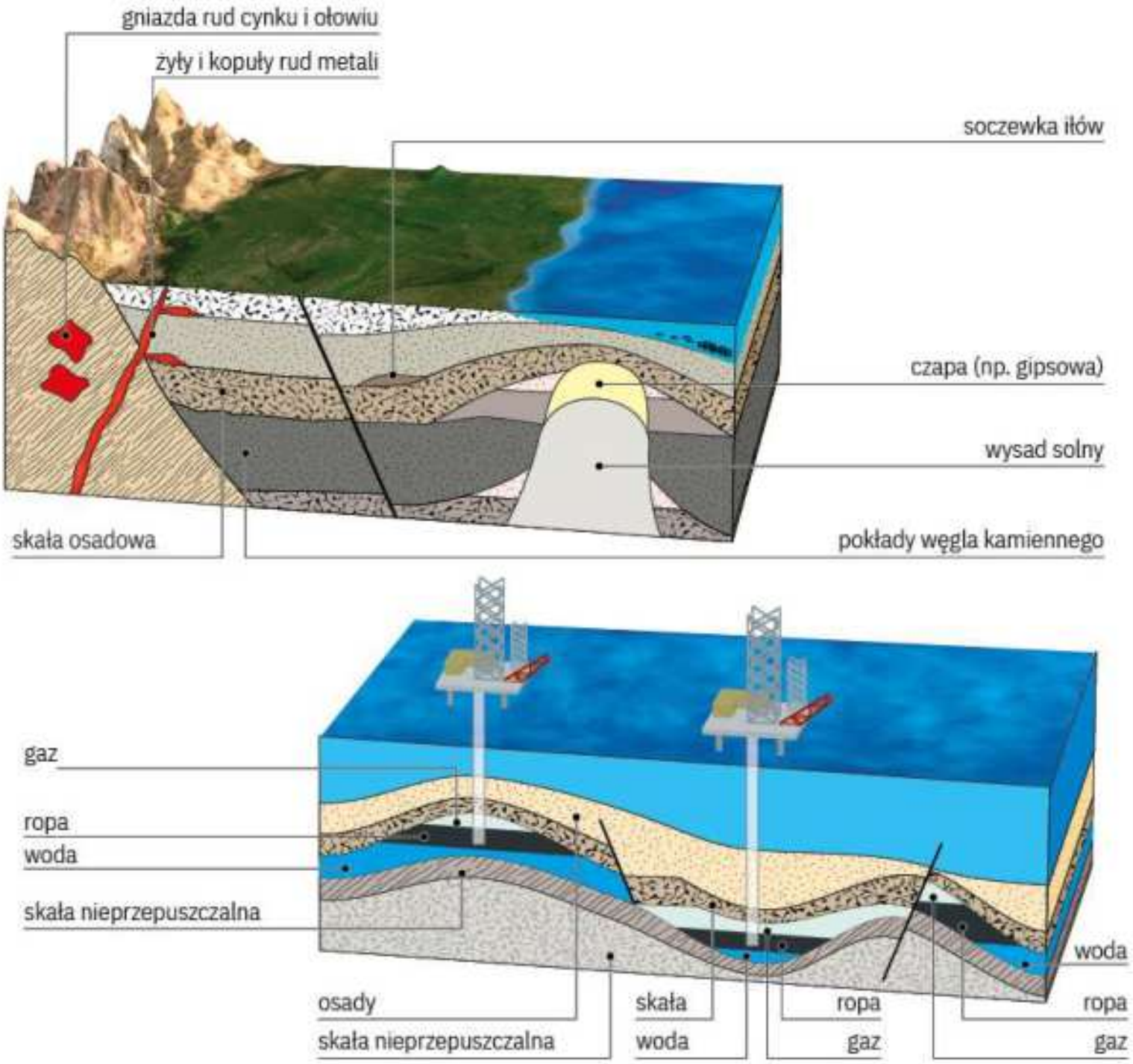
procesy endogeniczne i egzogeniczne ▸ Występowanie **procesów endogenicznych** (geologicznych) oraz **egzogenicznych** (geomorfologicznych) wpływa na zróżnicowanie zagospodarowania terenu i wiele dziedzin życia społeczno-gospodarczego.

Liczne minerały i skały występujące w litosferze mają znaczenie gospodarcze. Procesy geologiczne doprowadziły do naturalnego nagromadzenia złóż mineralnych, których eksploatacja w danych warunkach geologicznych się opłaca. **Surowce mineralne** to skały i minerały wydobywane i przetwarzane na wyroby służące zaspokajaniu potrzeb człowieka.

surowce mineralne

Surowce mineralne można podzielić na:

- energetyczne (węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny, rudy uranu),
- chemiczne (ropa naftowa, siarka, sól kamienna),
- rudy metali (rudy żelaza, rudy miedzi, rudy cynku i ołowiu, metale szlachetne),
- surowce budowlane (piasek, żwir, granit, wapień, gips),
- surowce ceramiczne i szklarskie (ił, glina, piasek kwarcowy).



Ryc. V.9.1. Formy występowania złóż mineralnych.

Naturalne nagromadzenie surowców mineralnych nadających się do eksploatacji nazywamy **złożami mineralnymi**.

Złoża mineralne w zależności od pochodzenia możemy podzielić na:
- magmowe,
- osadowe,
- metamorficzne.

złoża magmowe

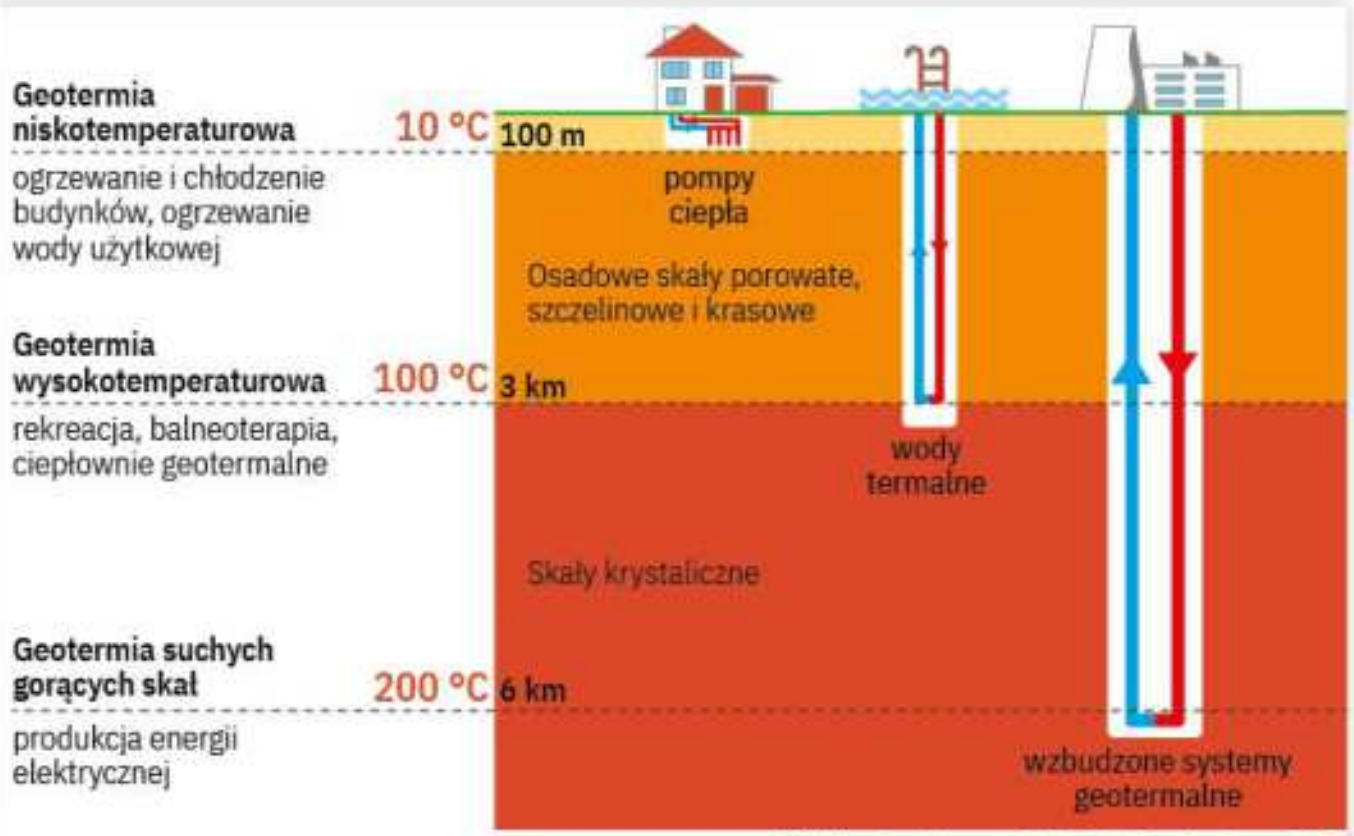
Złoża magmowe powstają wskutek wytrącania się pierwiastków z magmy podczas krystalizacji. W ten sposób powstają m.in. złoża kamieni szlachetnych i rud metali. Występują one najczęściej w postaci żył lub gniazd.

złoża osadowe

Złoża osadowe tworzą się na powierzchni Ziemi lub na niewielkiej głębokości. Mogą powstawać w wyniku przeobrażenia szczątków organicznych (np. węgiel kamienny i brunatny, ropa naftowa), wytrącania się substancji mineralnych z roztworów (np. sól kamienna, gips, fosforyty) oraz wskutek nagromadzenia materiału skalnego w wyniku procesu akumulacji (piaski, żwiry, gliny). **Złoża metamorficzne** tworzą się wskutek przekształcania złóż magmowych i/lub osadowych pod wpływem wysokiej temperatury i ciśnienia (np. wapnia w marmur, węgla w grafit czy granitu w gnejs).

Złoża występują w różnych formach wynikających z ułożenia warstw skalnych i warunków formowania się (np. pokłady, żyły, gniazda, wysady; **ryc. V.9.1.**)

Eksploatacja surowców mineralnych powoduje często nieodwracalne zmiany w zagospodarowywanym terenie. Na obszarze wydobycia surowców znajdują się kopalnie, szyby naftowe, kamieniołomy. Prowadzą one do degradacji środowiska przyrodniczego. Szczególnie szkodliwe są kopalnie odkrywkowe węgla brunatnego.



Ryc. V.9.2. Rodzaje geotermii i przykłady zastosowań.

Prócz wielkiej odkrywki (dziury), powstają hałdy, czyli antropogeniczne formy terenu związane z eksploatacją kopalin. Hałdy są nieużytkami powstałymi z wydobycia nakładu (skały płonnej), aby dostać się do użytecznej kopaliny. Prowadzone są liczne prace mające na celu rekultywację hałd pokopalnianych, na przykład poprzez ich zalesienie czy wykorzystanie w rekreacji (jako stoki narciarskie). Odkrywki zaś przekształca się m.in. w zbiorniki wodne, które pełnią głównie funkcję rekreacyjną.

Zjawiska plutoniczne i wulkaniczne we wnętrzu Ziemi przyczyniają się do powstawania źródeł geotermalnych, które są wykorzystywane do ogrzewania budynków oraz służą w celach rekreacyjnych i leczniczych. W rejonie występowania źródeł geotermalnych buduje się kompleksy basenów rekreacyjnych oraz elektrownie i ciepłownie geotermalne. W Polsce pierwszą wsią ogrzewaną energią geotermalną jest Bańska Niżna na Podhalu. Największym procentowym udziałem wykorzystania energii geotermalnej na świecie charakteryzuje się Islandia, na której energię pozyskuje się z gorących źródeł – gejzerów.

Innym przykładem wpływu procesów geologicznych na zagospodarowanie terenu są **ruchy epejrogeniczne** (lądotwórcze), które mają miejsce między innymi w Holandii. Powodują one obniżanie się poziomu wybrzeży i przyczyniają się do transgresji morza. Aby temu zapobiec, Holendrzy budują tzw. **polde-ry**, czyli sztucznie osuszane fragmenty lądu, otoczone groblami i poprzecinane licznymi kanałami odwadniającymi (ryc. V.9.3.). Dawniej do odpompowywania wody stosowano wiatraki, które stały się symbolem holenderskiego krajobrazu. Obecnie wykorzystuje się pompy elektryczne lub spalinowe. Na zabranych morzu terenach rozwinęło się rolnictwo.



Ryc. V.9.3. Poldery w Holandii.

Na zagospodarowanie przestrzenne mają również wpływ uwarunkowania geomorfologiczne, a od prawdopodobieństwa wystąpienia grawitacyjnych ruchów masowych (np. osuwisk) zależy lokalizacja budynków oraz budowa dróg. Usytuowanie budynków mieszkalnych w bliskości cieków wodnych na terenie górskim i podgórskim może stwarzać zagrożenie powodziowe. Często w terenach górskich zabudowa wchodzi w obręb den dolin i na terasy zalewowe, co może zagrażać ludziom i prowadzić



Ryc. V.9.4. Wał przeciwpowodziowy na Wiśle na Mazowszu.

do strat materialnych wskutek wezbrań powodziowych. Działalność wód płynących, w tym powodzie i erozja (podmywanie zboczy dolin), wymusza budowę wałów przeciwpowodziowych oraz regulacje rzek (np. wybetonowanie koryt).

Działalność akumulacyjna rzek, zwłaszcza w rejonie delt, wpływa na rolnicze zagospodarowanie terenu. Tworzenie się żyznych **gleb aluwialnych** (mad rzecznych) przyczynia się do rozwoju rolnictwa i dużej gęstości zaludnienia. Na przykład w Bangladeszu położonym w delcie Gangesu i Brahmaputry gęstość zaludnienia przekracza 1000 osób/km².

procesy geomorfologiczne a zróżnicowanie krajobrazu

Procesy geomorfologiczne prowadzą do zróżnicowania krajobrazu. Wypiętrzenie obszarów górskich, polodowcowy krajobraz jezior i wzniesień morenowych, spektakularne formy krasu podziemnego (szata naciekowa w jaskiniach) i powierzchniowego, a także procesy zachodzące na wybrzeżu prowadzące do powstawania plaż, wydm i malowniczych zatok wpływają na atrakcyjność danego obszaru i jego zagospodarowanie turystyczne. Od rzeźby terenu zależy też osadnictwo, gęstość zaludnienia, a także działalność rolnicza i dostępność komunikacyjna.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Na podstawie obserwacji sporządź dokumentację procesów geologicznych i geomorfologicznych zachodzących w twojej okolicy. Przedstaw ich wyniki w wybranej formie (np. prezentacji). Zwróć uwagę na rodzaje zagospodarowania terenu w zależności od występującej budowy geologicznej i rzeźby terenu.

2. Przyporządkuj niżej wymienione surowce mineralne do rodzajów i form występowania. Tabelę przerysuj do zeszytu.

   Nazwa surowca: *hematyt, sól kamienna, iły, ropa naftowa, węgiel kamienny*

   Rodzaje: *energetyczne, chemiczne, ceramiczne, budowlane, rudy metali*

   Formy występowania: *pokłady, soczewki, wysady, żyły*

Nazwa surowca	Rodzaj surowców	Forma występowania w skałach

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 356
- **Procesy geologiczne** i geomorfologiczne (zarówno historyczne, jak i współczesne) odgrywają dużą rolę w rodzaju zagospodarowania terenu.

s. 357
- Przykładami wpływu **procesów egzogenicznych** na zagospodarowanie danego obszaru może być rozwój obszarów wydobycia **surowców mineralnych**, rozwój instalacji geotermalnych czy zagospodarowanie polderów.

s. 360
- Przykładem **wpływu procesów geomorfologicznych na zagospodarowanie przestrzenne** jest lokalizacja zabudowy z dala od osuwisk i cieków wodnych oraz rozwój turystyki na terenach o znacznych walorach przyrodniczych.

PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

Budowa wnętrza Ziemi

s. 284–286

<table>
<tr><th colspan="4">Struktura wnętrza Ziemi</th><th>Głębokość (dolna granica od powierzchni Ziemi)</th><th>Temperatura (w °C)</th><th>Gęstość (w g/cm³)</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Litosfera</td><td rowspan="3">Skorupa ziemska</td><td rowspan="2">Skorupa kontynentalna</td><td>Warstwa granitowa</td><td rowspan="3">5–80 km</td><td rowspan="3">do 200</td><td rowspan="3">2,7–3,3</td></tr>
<tr><td>Nieciągłość Conrada</td></tr>
<tr><td>Warstwa bazaltowa</td></tr>
<tr><td>Skorupa oceaniczna</td><td>Warstwa bazaltowa</td></tr>
<tr><td colspan="7">Nieciągłość Moho</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Astenosfera</td><td rowspan="6">Płaszcz Ziemi</td><td rowspan="4">Płaszcz górny</td><td>Warstwa perydotytowa</td><td>10–250 km</td><td rowspan="5">200–4000</td><td rowspan="5">3,3–5,5</td></tr>
<tr><td>Astenosfera</td><td>do 400 km</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Mezosfera</td><td colspan="2">Nieciągłość Golicyna</td></tr>
<tr><td>Ciało półpłynne</td><td>1000 km</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nieciągłość Repettiego</td></tr>
<tr><td colspan="7">Nieciągłość Wiecherta–Gutenberga</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Barysfera</td><td rowspan="3">Jądro Ziemi</td><td>Jądro zewnętrzne</td><td>Ciało półpłynne</td><td>5155 km</td><td>4000–5000</td><td>10–12</td></tr>
<tr><td colspan="6">Nieciągłość Lehmana</td></tr>
<tr><td>Jądro wewnętrzne</td><td>Ciało stałe</td><td>6371 km</td><td>5000–6100</td><td>12,5–14</td></tr>
</table>

Podział skał

s. 293

magmowe	osadowe	metamorficzne
– głębinowe (plutoniczne), np. granit, dioryt i gabro – wylewne (wulkaniczne), np. bazalt, andezyt – żyłowe, np. diabaz	– okruchowe – luźne, np. piaski, żwiry – zwięzłe, np. piaskowce, zlepieńce – pochodzenia organicznego, np. torf, węgiel kamienny, wapień muszlowy – chemiczne, np. sól kamienna, gips, anhydryt	– przykłady przeobrażenia skały magmowej lub osadowej w metamorficzną: granit → gnejs piaskowiec → kwarcyt wapień → marmur ił → łupek ilasty węgiel → grafit

s. 287–289

Tektonika płyt litosfery

Strefa spreadingu	Strefa subdukcji	Strefa kolizji	Strefa uskoków transformacyjnych
– Zjawisko **spreadingu** zachodzi, kiedy prądy konwekcyjne rozchodzą się na boki, powodując odsuwanie od siebie płyt litosfery. – Szczelina powstała wskutek rozciągania litosfery to ryft. Wydostają się przez niego potoki lawy bazaltowej, która stygnąc, powoduje przyrastanie skorupy oceanicznej. – Po obu stronach ryftu tworzą się grzbiety.	– Zjawisko **subdukcji** polega na wciąganiu jednej płyty litosfery pod drugą w wyniku opadania prądów konwekcyjnych w kierunku astenosfery. – Z powodu większej gęstości płyta oceaniczna podsuwa się pod płytę kontynentalną, tworząc olbrzymie zapadlisko zwane rowem oceanicznym. – Procesom subdukcji towarzyszy silny wulkanizm i trzęsienia ziemi.	– Zjawisko **kolizji płyt** litosfery polega na zderzaniu się kontynentalnych fragmentów litosfery, które prowadzi do sfałdowania masy skalnej na ich granicy i wypiętrzenia łańcuchów górskich. – Przykładem tego zjawiska jest kolizja płyty indyjskiej z euroazjatycką, czego efektem było powstanie najwyższych gór świata – Himalajów.	– **Uskok przesuwczy** tworzy się wskutek przesuwania się płyt litosfery względem siebie w przeciwnych kierunkach, co powoduje trzęsienia ziemi. – Przykładem jest uskok San Andreas w Kalifornii, który rozdziela płytę pacyficzną od północnoamerykańskiej.

s. 299–301

Metody określania wieku skał

Wiek względny skał	Wiek bezwzględny skał
– metoda stratygraficzna – metoda tektoniczna – metoda paleontologiczna	– metody izotopowe: – metoda uranowo-ołowiowa – metoda izotopu węgla ^{14}C – metoda dendrochronologiczna – metoda sedymentologiczna – metoda lichenometryczna

s. 310

Powstawanie wybranych skał w zależności od środowiska

Rodzaj skały	Środowisko, w jakich powstawały
piaskowce gruboziarniste	płytki zbiornik morski
wapienie	głęboki zbiornik morski
piaski, żwiry	środowisko lądowe
węgiel	klimat gorący, wilgotny
sól kamienna	płytkie, ciepłe morze, klimat gorący i suchy
żyły magmowe	intruzje magmowe
bazalty	działalność wulkaniczna
kreda pisząca	ochłodzenie klimatu
glina morenowa (zwałowa)	zlodowacenie

Tabela stratygraficzna dziejów Ziemi

s. 304

Eon		Era	Okres	Epoka	Początek okresu lub epoki (w mln lat)	Czas trwania (w mln lat)
fanerozoik		kenozoik	czwartorzęd	holocen	0,012	65,5
				plejstocen	2,6	
			neogen	pliocen	5,3	
				miocen	23,3	
			paleogen	oligocen	33,9	
				eocen	55,8	
				paleocen	65,5	
		mezozoik	kreda		145,5	185,5
			jura		199,6	
			trias		251	
		paleozoik	perm		299	291
			karbon		359,2	
			dewon		416	
			sylur		433,7	
			ordowik		488,3	
			kambr		542	
proterozoik	prekambr	neoproteozoik			1000	1958
		mezoproteozoik			1600	
		paleoproteozoik			2500	
archaik		neoarchaik			2800	1500
		mezoarchaik			3200	
		paleoarchaik			3600	
		eoarchaik			~4000	
hadian					~4650	~650

Podział procesów modelujących powierzchnię Ziemi

s. 329

Procesy endogeniczne	Procesy egzogeniczne
– plutonizm – wulkanizm – trzęsienia ziemi – powstawanie gór – ruchy izostatyczne – ruchy epejrogeniczne	– erozja – transport – akumulacja

s. 313 ▸ **Podział intruzji magmowych**

Rodzaj intruzji	Charakterystyka
Intruzje niezgodne:	Są to intruzje przecinające istniejące już warstwy skalne.
batolity	– Powstają najczęściej poprzez połączenie wielu intruzji magmowych. – Mają bardzo dużą miąższość (kilka kilometrów) i szerokość (od kilku do kilkuset km), zaburzają nadległe warstwy skalne. – Ich kształt jest nieregularny.
dajki	– Pionowe intruzje magmowe, które przecinają w poprzek starsze skały.
Intruzje zgodne:	Intruzje te nie naruszają wcześniejszego układu warstw skalnych.
lakolity	– Mające postać wybrzuszeń o płaskiej podstawie; tworzą się między szczelinami skalnymi i wypychają nadległe warstwy. – Powstają w górnej części skorupy ziemskiej (do głębokości 3 km).
lopolity	– Mają kształt wklęsłej soczewki; zaburzają warstwy leżące poniżej.
sille	– To poprzeczne, płaskie intruzje magmowe zalegające między warstwami skalnymi ułożonymi płytowo.
fakolity	– Te niewielkie intruzje skał magmowych są położone pomiędzy skałami o budowie fałdowej.

s. 315–316 ▸ **Podział wulkanów**

Rodzaj wulkanu	Charakterystyka
stożkowe (eksplozywne)	– Wyrzucają lawę kwaśną o dużej lepkości tworzącą krótkie potoki i strome stożki wulkaniczne.
tarczowe (efuzywne)	– Są tworzone przez lawy obojętne i zasadowe o niskiej lepkości. – Mają szerokie i łagodne wzniesienia (nachylenie stoków stożka nie przekracza 8°). – Przykłady: Mauna Loa na Hawajach czy Hekla na Islandii.
mieszane (stratowulkany)	– Wyrzucają na przemian potoki lawy i produkty stałe. – Przykłady: Wezuwiusz, Etna, Fudżi, Cotopaxi.
szczelinowe	– Nie tworzą stożków wulkanicznych, a lawy bazaltowe wydobywają się bezpośrednio ze szczelin w skorupie ziemskiej. – Można je spotkać na Islandii, w strefie spreadingu (Grzbiet Środkowoatlantycki).

s. 319 ▸ **Klasyfikacja trzęsień ziemi**

Tektoniczne	Wulkaniczne	Zapadliskowe
– Są wynikiem przemieszczania się płyt litosfery. – Obejmują ok. 90% wszystkich trzęsień ziemi. – Charakteryzują się największą siłą wstrząsów.	– Towarzyszą wybuchom wulkanów. – Stanowią około 7% wszystkich trzęsień ziemi.	– Występują na obszarach eksploatowanych górniczo lub na obszarach krasowych. – Polegają na zapadaniu się chodników w kopalniach lub stropów jaskiń (3% wstrząsów).

Rodzaje struktur tektonicznych

s. 322–323

Rodzaj jednostki tektonicznej	Charakterystyka
tarcza krystaliczna	– obszar zbudowany ze skał krystalicznych (magmowych i metamorficznych), nieprzykryty warstwami młodszych skał osadowych i niepoddany sfałdowaniu
platforma	– obszar zbudowany ze skał krystalicznych, przykryty warstwami skał osadowych – budowa płytowa o poziomo zalegających warstwach skalnych
fałd	– deformacja ciągła warstw skalnych polegająca na falistym ułożeniu warstw skalnych – składa się z części wypukłej (antyklina, czyli siodło) oraz części wklęsłej (synklina, czyli łęk) – miejsce o najsilniejszym przegięciu warstw skalnych to **przegub fałdu** – występują na obszarach orogenicznych (ruchów górotwórczych)
płaszczowina	– nasunięcie warstw skalnych, silnie sfałdowanych i oderwanych od podłoża
uskok	– przesunięcie warstw skalnych wzdłuż powierzchni pęknięcia
zrąb tektoniczny	– blok skalny ograniczony uskokami, wyniesiony w stosunku do bloków sąsiednich
rów tektoniczny	– obniżenie obejmujące wąski i podłużny fragment skorupy ziemskiej ograniczone uskokami

Typy genetyczne gór

s. 324–325

Góry fałdowe	Góry zrębowe	Góry wulkaniczne
– Tworzą się wskutek sfałdowania osadów morskich znajdujących się w strefie kontaktu płyt litosfery. – Mogą powstać poprzez subdukcję płyty oceanicznej pod płytę kontynentalną lub kolizję dwóch płyt kontynentalnych. – Osady morskie gromadzą się na dnie zbiornika morskiego, a następnie zostają sfałdowane przez krawędź płyty kontynentalnej oraz wypiętrzone.	– Powstają wskutek wypiętrzenia fragmentu litosfery ograniczonego uskokami bez sfałdowania utworów. – Uskoki powstałe w rezultacie naprężeń w skorupie ziemskiej powodują przesuwanie się fragmentów litosfery względem siebie. – Skały mogą być pochylone wskutek nierównomiernego wypiętrzania bloku skalnego.	– Powstają wskutek działalności wulkanicznej na granicy płyt litosfery lub nad plamami gorąca (*hot spots*).

Rodzaje wietrzenia

s. 330

Wietrzenie fizyczne	Wietrzenie chemiczne	Wietrzenie biologiczne
Polega na zmianie zwięzłości skał bez zmiany ich składu chemicznego. Rodzaje wietrzenia fizycznego: – termiczne, – mrozowe, – solne, – skał ilastych.	Polega na zmianie składu chemicznego skały w wyniku rozpuszczania, utleniania, hydrolizy, uwodnienia i uwęglanowienia.	Polega na zmianie fizycznej skały poprzez wnikanie korzeni organizmów w szczeliny międzyskalne i rozsadzanie skał, drążenie korytarzy podziemnych przez zwierzęta oraz rozkład obumarłych szczątek roślinnych i zwierzęcych. Zmiana chemiczna skały następuje najczęściej w wyniku wydzielaniu związków organicznych przez organizmy roślinne i zwierzęce.

s. 333 ▸ **Formy krasu powierzchniowego**

żłobki krasowe	– tworzą się przez wymywanie bruzd ułożonych wzdłuż linii spływu wody
żebra krasowe	– powstają między żłobkami krasowymi o ostrych krawędziach
leje krasowe	– obniżenia powstające w miejscu krzyżowania się szczelin skalnych połączone z pionowym przewodem, którym woda spływa pod powierzchnię terenu
studnie krasowe	– poszerzone przez wsiąkającą wodę pionowe szczeliny skalne
doliny i jary krasowe	– podłużne zagłębienia o stromych ścianach i płaskim dnie wykorzystywane przez wody płynące stale lub okresowo
uwały	– formy powstałe z połączenia kilku lejów krasowych
ponory	– miejsca, gdzie rzeka wpływa pod powierzchnię gruntu i kontynuuje swój bieg jako rzeka podziemna
ostańce krasowe	– izolowane wzniesienia o stromych i skalistych stokach, zbudowanych ze skał najbardziej odpornych na rozpuszczanie – w warunkach klimatu gorącego i wilgotnego nazywane są mogotami
polja	– rozległe formy o charakterze kotlin na obszarach górskich lub wyżynnych w wyniku osiągnięcia poziomu wód gruntowych lub poziomu skał niepodatnych na krasowienie

s. 335 ▸ **Formy krasu podziemnego**

jaskinie	– podziemne korytarze, kominy, studnie i komory
formy naciekowe	– stalaktyty – powstałe wskutek wytrącania się węglanu wapnia u stropu jaskiń – stalagmity – powstają na dnie jaskini – stalagnaty – kolumny powstałe z połączenia się stalaktytów i stalagmitów – draperie – zespół wiszących stalaktytów – kurtyny – formy naciekowe na ścianach jaskiń – misy naciekowe – formy powstałe u podnóża jaskiń
wywierzyska	– miejsca wypływu wód podziemnych na obszarach krasowych (źródła krasowe)

s. 336 –338 ▸ **Klasyfikacja grawitacyjnych ruchów masowych**

Obrywanie skał	– polega na odrywaniu się większych fragmentów skalnych od skalnej ściany i opadaniu w dół; niekiedy takie fragmenty odbijają się od ścian skalnych
Odpadanie	– polega na opadaniu w dół mniejszych fragmentów skały w wyniku oderwania się od ściany skalnej
Osypywanie	– to przemieszczanie się drobnego materiału skalnego po ścianach skalnych – osypujący się materiał zaznacza ślad swojej drogi w postaci wyżłobionego zagłębienia zwanego żlebem – u wylotu żlebu materiał ten o różnej średnicy okruchów osadza się w postaci stożków usypiskowych (piargowych)
Osuwanie	– to przemieszczenie się mas skalnych wskutek podcięcia stoku lub jego obciążenia pod wpływem siły ciężkości – formę powstałą w wyniku osuwania nazywa się osuwiskiem – osuwanie się materiału skalnego odbywa się po powierzchniach poślizgu, którą może być warstwa skał zmniejszająca tarcie, np. łupki ilaste, a także powierzchnia uskoku lub szczelina skalna – powstawaniu osuwisk sprzyja budowa geologiczna, czyli naprzemianlegle występujące warstwy skał przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych

Osuwanie	– rodzaje osuwisk: – skalne – ziemne – zwietrzelinowe – elementy osuwiska: – **nisza** – miejsce, gdzie oddzieliły się warstwy skalne – **rynna osuwiska** – miejsce, gdzie osuwały się warstwy skalne – **jęzor osuwiskowy** – miejsce, gdzie zgromadził się osunięty materiał
Spełzywanie	– polega na powolnym przemieszczaniu się zwietrzeliny w dół stoku o niewielkim nachyleniu wskutek siły ciężkości, spowodowanym jej zamarzaniem i rozmarzaniem oraz nawilgoceniem – jego przejawem w terenie są pochylone drzewa, płoty, słupy itp
Spływanie	– to przesuwanie się zwietrzeliny silnie przesiąkniętej wodą w dół stoków o dużym nachyleniu (powyżej 30°) – wyróżnia się spływy: – gruzowe – błotne lub ziemne

Działalność rzeźbotwórcza rzek

◂ s. 338

Górny bieg rzeki	Środkowy bieg rzeki	Dolny bieg rzeki
– erozja wgłębna (pogłębianie dna) – powstawanie dolin **V-kształtnych** (o stromych i wysokich zboczach) – duża prędkość wody (powstawanie otoczaków) – tworzenie progów skalnych i wodospadów – kotły eworsyjne – erozja wsteczna (cofanie się progów)	– spadek nachylenia – rzeka niesie drobniejszy materiał (zawiesina) – erozja boczna (zewnętrzne brzegi są podmywane, natomiast na brzegach wewnętrznych zachodzi akumulacja) – tworzenie się meandrów i starorzeczy	– przeważa akumulacja materiału (łachy rzeczne) – na pokrywach aluwialnych tworzą się żyzne gleby – mady rzeczne – w ujściowym odcinku rzeki w przypadku płytkiego zbiornika morskiego materiał jest akumulowany w postaci trójkątnego stożka napływowego tworzącego **deltę**, a w przypadku morza, gdzie występują pływy morskie – ujścia lejkowatego **(estuarium)**

Klasyfikacja wybrzeży i rozwój rzeźby

◂ s. 342

Rozwój rzeźby na wybrzeżu niskim	Cechy
wybrzeże mierzejowo-zalewowe	– Powstaje przez narastanie wynurzonego wału odcinającego wody zatoki (zalewu) od pełnego morza, wytworzonego przez akumulację piasku niesionego prądem przybrzeżnym.
wybrzeże lagunowe	– W wyniku zmiany poziomu wody wskutek przypływów i odpływów wał piaszczysty (rewa) okresowo wynurza się ponad powierzchnię wody, a wiatr po osuszeniu materiału tworzy wydmy, tak że część wału nie ulega już zanurzeniu. – W obniżeniach fala składa nowy materiał i z wolna następuje przyrastanie wału, który po całkowitym wynurzeniu tworzy lido które odgradza wówczas zatokę zwaną laguną.

Rozwój rzeźby na wybrzeżu niskim	Cechy
wybrzeże koralowe	– Tworzy się w ciepłych wodach morskich (o temperaturze 18–35° oraz zasoleniu od 27 do 40‰). – Organizmy morskie o szkielecie wapiennym (najczęściej koralowce) budują rafy koralowe przy brzegu (rafy brzegowe) lub w pewnej odległości od niego (rafy barierowe i atole).
wybrzeże namorzynowe (mangrowcowe)	– Powstaje w strefie międzyzwrotnikowej, gdy płytkie i muliste dno u brzegu porośnięte jest lasami namorzynowymi (mangrowymi), których szczudłowate korzenie odsłaniają się podczas odpływu. – Gęsta roślinność namorzynowa uniemożliwia falom kształtowanie brzegu, dlatego osady osadzają się między gęstymi korzeniami i brzeg narasta.
wybrzeże limanowe	– Powstaje przez zalanie ujściowych odcinków dolin rzecznych i odcięcie ich mierzejami usypanymi przez przybrzeżne prądy morskie.
Rozwój rzeźby na wybrzeżu wysokim	
wybrzeże klifowe	– Dominuje działalność niszcząca mórz. – Fale, uderzając w stromą ścianę skalną, rozkruszają oraz podcinają ją u podstawy. – Powstaje w ten sposób wklęsła forma u dołu klifu zwana niszą abrazyjną. – Z biegiem czasu nisza abrazyjna powiększa się i dochodzi do obrywu górnej części skały. Ściana cofa się w stronę lądu. – U podnóża klifu gromadzi się rozkruszony materiał skalny, tworząc platformę abrazyjną. – Materiał ten jest wynoszony przez fale w kierunku morza i osadza się na dnie – powstaje platforma akumulacyjna.
wybrzeże fiordowe	– Utworzone zostały w wyniku częściowego zatopienia przez morze głębokich U-kształtnych dolin polodowcowych.
wybrzeże riasowe	– Powstaje wskutek wkroczenia morza na obszary o rzeźbie górskiej. – Morze zalewa doliny i obniżenia, tworząc wąskie zatoki między skalistymi półwyspami. – Osie półwyspów i zatok są prostopadłe do brzegu.
wybrzeże dalmatyńskie	– Powstało wskutek wkroczenia morza na obszar o rzeźbie o charakterze górskim, w taki sposób, że pasma górskie i obniżenia między nimi są równoległe do linii brzegowej, z podłużnymi wyspami i dobrze osłoniętymi, długimi zatokami.
wybrzeże szerowe (szkierowe)	– Powstało przez zalanie obszaru polodowcowego z licznymi skalistymi pagórkami.

s. 350 –353

Rzeźbotwórcza działalność lodowców górskich i lądolodów

Typy rzeźby	lodowiec górski		lądolód	
	Formy erozyjne	Formy akumulacyjne	Formy erozyjne	Formy akumulacyjne
Rzeźba glacjalna	rysy lodowcowe, wygłady, bruzdy, żłoby lodowcowe (doliny U-kształtne), doliny zawieszone, cyrki lodowcowe, mutony (barańce)	głazy narzutowe (eratyki), morena czołowa, morena boczna, morena denna, morena środkowa, drumliny	rysy lodowcowe, wygłady, bruzdy, mutony (barańce)	głazy narzutowe (eratyki), morena czołowa, morena denna
Rzeźba fluwioglacjalna	rynny polodowcowe, zagłębienia lodowcowe (misy)	sandry	rynny polodowcowe (jeziora rynnowe), jeziora wytopiskowe (oczka), pradoliny	sandry, ozy, kemy

Rzeźbotwórcza działalność wiatru (eoliczna)

s. 353 –354

Niszcząca działalność wiatru	Budująca działalność wiatru
– deflacja – proces wywiewania materiału skalnego przez wiatr, prowadzący do powstania zagłębień terenowych – bruk deflacyjny – grubsze okruchy skalne powstrzymujące piasek przed wywiewaniem – korazja eoliczna – szlifowanie skał przez niesione ziarna piasku – w wyniku korazji tworzą się bruzdy i niecki korazyjne, grzyby skalne, jardangi i graniaki	– ripplemarki (zmarszczki eoliczne) – faliste nagromadzenia materiału piaszczystego powstałe w wyniku przesuwania ziaren piasku przez wiatr, ułożone prostopadle do kierunku wiatru – wydmy – piaszczyste wzniesienia usypane przez wiatr o asymetrycznych stokach; stoki dowietrzne są łagodniej nachylone (5–12°), natomiast stoki zawietrzne są bardziej strome (20–33°) – wydmy paraboliczne (mają ramiona skierowane pod wiatr, tworzą się w klimacie wilgotnym) – barchany (ramiona wydmy skierowane są w stronę zawietrzną, tworzą się w klimacie suchym) – pokrywy lessowe – pyły osadzane przez wiatr na przedpolu lodowca w warunkach klimatu peryglacjalnego

SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

Zadania wykonaj w zeszycie.

1. Na fotografiach (A–C) przedstawiono różne odcinki doliny rzecznej. Określ, jaki proces (1.–3.) dominuje na każdym odcinku. Wpisz odpowiednią literę obok każdej nazwy procesu.





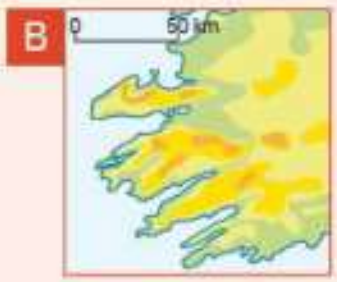


Dominujący proces:

1. erozja wsteczna
2. akumulacja materiału
3. erozja boczna

2. Na mapach przedstawiono dwa typy wybrzeży.





a) Do każdej dopisz odpowiedni typ wybrzeża wybrany spośród poniższych typów wybrzeży.

limanowe, dalmatyńskie, riasowe

b) Podaj po jednym podobieństwie i jednej różnicy pomiędzy wybrzeżami przedstawionymi na mapach.

3. Wskaż dwie formy rzeźby, które są skutkiem erozji rzecznej.

A. dolina U-kształtna B. terasa zalewowa C. wydmy D. dolina V-kształtna

4. Wskaż dwie formy rzeźby, które są skutkiem procesów fluwioglacjalnych.

A. cyrk lodowcowy B. morena środkowa C. sandr D. pradolina

5. Wskaż dwie formy rzeźby krasowej powierzchniowej.

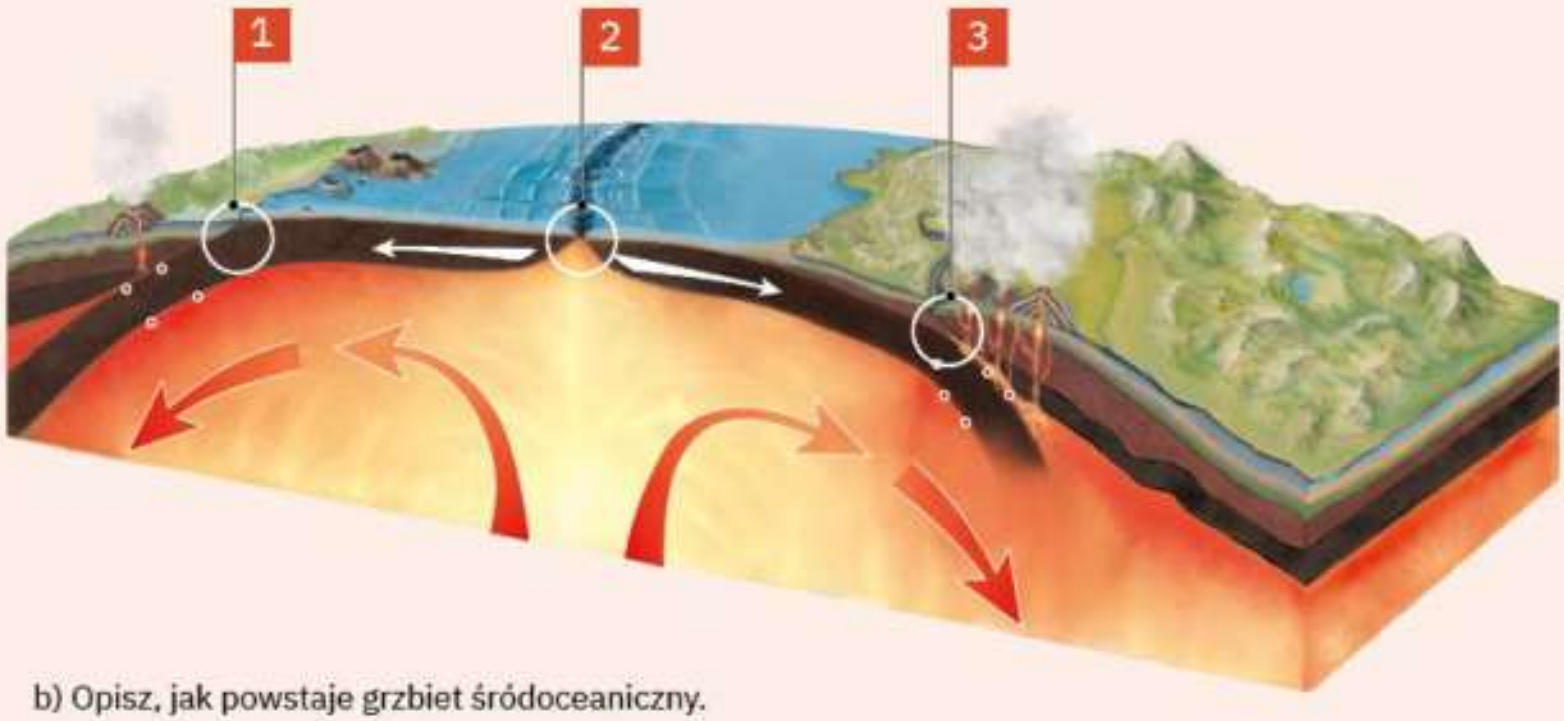
A. meander B. misa deflacyjna C. polje D. ponor

6. a) Uzupełnij rysunek. Wpisz właściwe litery we wskazane miejsca.

A. strefa subdukcji

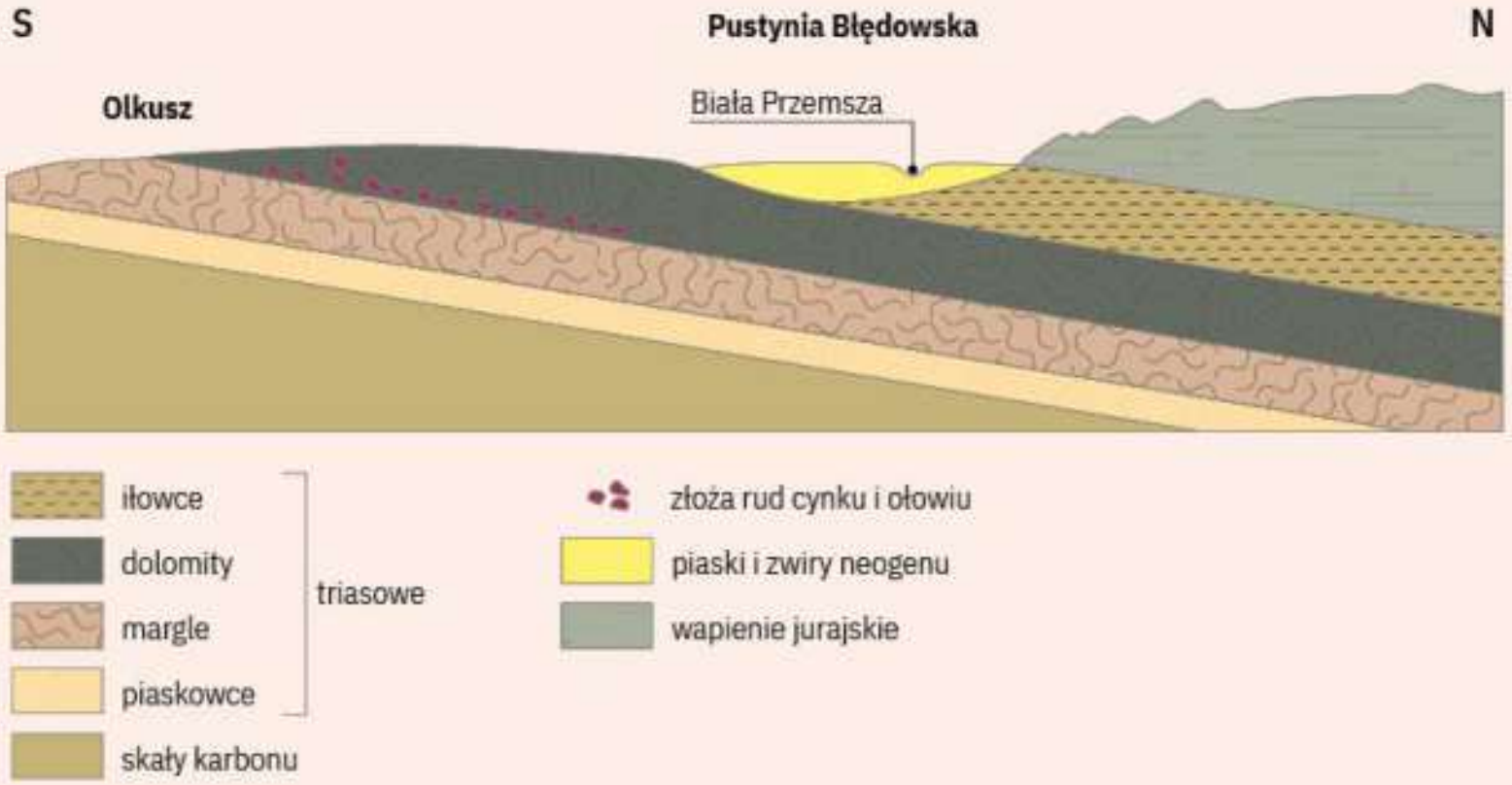
B. strefa spreadingu

C. warstwę granitową



b) Opisz, jak powstaje grzbiet śródoceaniczny.

7. Oceń prawdziwość zdań odnoszących się do poniższego przekroju geologicznego. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeśli zdanie jest fałszywe.



1.	Złoża rud cynku i ołowiu powstały w antyklinie.	**P**	**F**
2.	Złoża rud cynku i ołowiu występują w skałach mezozoicznych.	**P**	**F**
3.	Warstwa piasków i żwirów jest starsza od wapieni.	**P**	**F**

8. Przerysuj tabelę do zeszytu i uzupełnij ją nazwami form rzeźby eolicznej. Nazwy form wybierz spośród wymienionych poniżej.

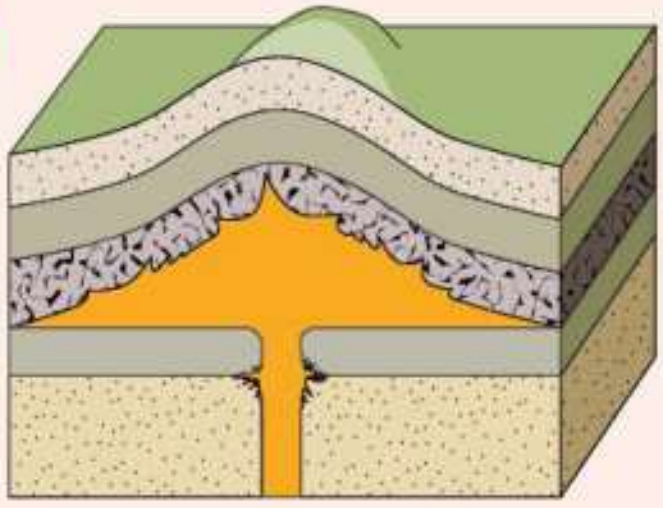
barchan, graniak, grzyb skalny, ripplemarki, jardang, wydma paraboliczna, misa deflacyjna

Akumulacyjne formy rzeźby eolicznej	Erozyjne formy rzeźby eolicznej

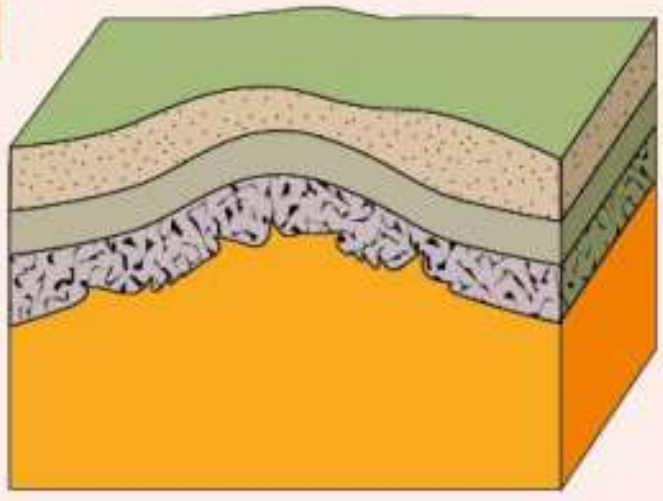
9. Określ, jakie typy intruzji magmy przedstawiono na rysunkach. Nazwy wybierz z podanych poniżej.

żyła pokładowa, lopolit, lakolit, batolit, dajka, fakolit

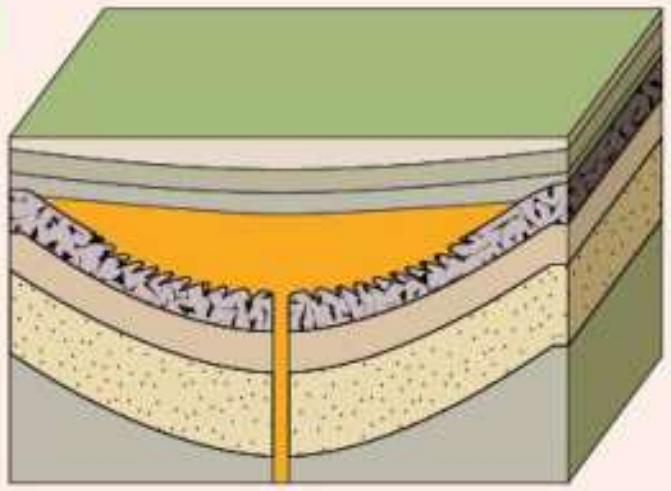
A



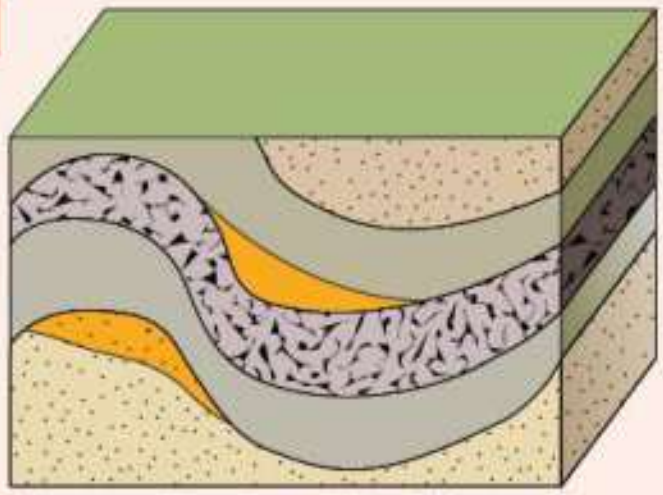
B



C



D



10. Przerysuj tabelę do zeszytu i uzupełnij ją nazwami rodzajów skał wybranych spośród poniższych.

piaskowiec, bazalt, marmur, gabro, granit, wapień, andezyt, torf

Skały magmowe		Skały osadowe		
Głębinowe	wylewne	okruchowe	organiczne	chemiczne

11. Przerysuj tabelę do zeszytu i dopisz w niej czynniki i procesy rzeźbotwórcze do podanych form terenu.

Forma terenu	Czynnik rzeźbotwórczy	Proces
oz		
dolina V-kształtna		
delta		

12. Dobierz podane formy terenu do czynników rzeźbotwórczych.

1. kem
2. meander
3. morena środkowa

A. górny bieg rzeki
B. lodowiec górski
C. wody lodowcowe
D. środkowy bieg rzeki
E. wiatr



VI. Procesy glebotwórcze oraz powiązania klimatyczno-glebowo--roślinne na świecie



- Procesy glebotwórcze
- Typy genetyczne gleb na świecie i ich przydatność rolnicza
- Strefowość i piętrowość roślinna

1. Procesy glebotwórcze

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz czynniki i przebieg głównych procesów glebotwórczych, w tym zachodzących w okolicy twojej szkoły;
- nauczysz się rozpoznawać typ gleby i wnioskować o przebiegu procesu glebotwórczego na podstawie obserwacji profilu glebowego podczas zajęć w terenie.

gleba

Gleba to zwietrzała, powierzchniowa część litosfery, w której w wyniku procesów glebotwórczych następuje zamiana materii mineralnej w organiczną i organicznej w mineralną. Głównymi cechami gleby są żyzność i urodzajność. **Żyzność** gleby oznacza jej zdolność do zaspokajania żywieniowych potrzeb roślin poprzez dostarczanie im składników pokarmowych i wody. Natomiast **urodzajność** gleby to zdolność gleby do wydawania plonów wskutek zastosowania przez rolnika odpowiednich zabiegów agrotechnicznych. Z gleby organizmy roślinne pobierają substancje mineralne niezbędne do ich rozwoju, a obumarłe szczątki roślinne i zwierzęce ulegają w niej przemianom w składniki mineralne. Warstwę powierzchniową litosfery objętą procesami glebotwórczymi nazywa się **pedosferą**. Gleba spełnia bardzo ważne funkcje życiowe w środowisku przyrodniczym i działalności człowieka. Należą do nich funkcje:

żyzność gleby

urodzajność

- produkcyjna – gleba umożliwia wegetację roślinom stanowiącym podstawę wyżywienia człowieka i zwierząt;
- retencyjna – w glebie gromadzą się wody opadowe niezbędne do życia roślin;
- sanitarna – w glebie następuje rozkład martwych szczątek organicznych i ich mineralizacja.

składniki gleby

Składnikami gleby są:

- części stałe, czyli mineralne części zwietrzeliny;
- części płynne, czyli roztwory wodne i koloidalne (powstałe przez rozpuszczanie rozdrobnionych cząstek gleby);
- części gazowe, czyli cząsteczki powietrza.

procesy glebotwórcze

Wśród podstawowych **procesów glebotwórczych** można wyróżnić:

- **procesy przygotowawcze** – obejmujące różne typy wietrzenia;
- **humifikację** – rozkład szczątków roślinnych i zwierzęcych pod wpływem mikroorganizmów (np. bakterii i grzybów) prowadzący do powstania humusu (próchnicy);
- **mineralizację** – procesy przemiany związków organicznych w mineralne;
- **proces wymywania (eluwialny)** – polegający na rozpuszczaniu związków organicznych i mineralnych oraz wymywaniu ich i przemieszczaniu w głąb gleby;
- **proces wmywania (iluwialny)** – odkładanie się związków mineralnych wypłukanych z nadległej części gleby;

- **proces brunatnienia** – polegający na uwalnianiu się związków żelaza i glinu, co prowadzi do brunatnego zabarwienia gleby; powstaje w klimacie umiarkowanym wilgotnym na glebach o podłożu zasadowym (wapienie, magnez) pod roślinnością lasów liściastych;
- **oglejenie (proces glejowy)** – redukcja niektórych związków mineralnych (np. żelaza) w warunkach braku dostępu do tlenu z powodu nadmiernego uwilgotnienia gleby; w jego efekcie gleba ma zabarwienie sinoniebieskie z rdzawymi wytrąceniami.

W wyniku zachodzących procesów glebotwórczych powstają różne typy gleb o zróżnicowanych poziomach glebowych. Każdy typ gleby charakteryzuje się określonym **profilem glebowym**, na który składają się wykształcone **poziomy glebowe**, czyli warstwy gleby wyróżniające się od innych zabarwieniem, zawartością próchnicy, właściwościami fizyko-chemicznymi. Poziomy glebowe wyodrębnia się na podstawie procesów glebotwórczych (poziomy genetyczne) lub mierzalnych liczbowo cech morfologicznych (poziomy diagnostyczne). We współczesnej klasyfikacji gleb wykorzystuje się poziomy diagnostyczne (np. *agric*, *albic*, *hortic*), które mają ściśle zdefiniowane i mierzalne cechy.

poziomy glebowe

Poziomy glebowe (genetyczne)

Poziom O (poziomy i warstwy organiczne) obejmuje obumarłe szczątki organiczne wykształcone w różnych warunkach wilgotnościowych. W warunkach anaerobowych (beztlenowych) i o dużym nawilgoceniu powstaje torf i muł, natomiast w warunkach aerobowych (tlenowych) tworzy się ściółka leśna (z liści, igliwia, gałązek, szyszek, runa leśnego). Poziom organiczny zawiera 20–35% materii organicznej.

Poziom A (próchniczny) zawiera nagromadzoną zhumifikowaną materię organiczną (próchnica) o ciemnej barwie, gruzełkowej strukturze i dużej aktywności organizmów żywych. W sprzyjających warunkach klimatycznych pod roślinnością stepową grubość poziomu próchnicznego może sięgać nawet 100 cm, natomiast pod zwartymi drzewostanami w klimacie umiarkowanym nie przekracza kilku centymetrów.

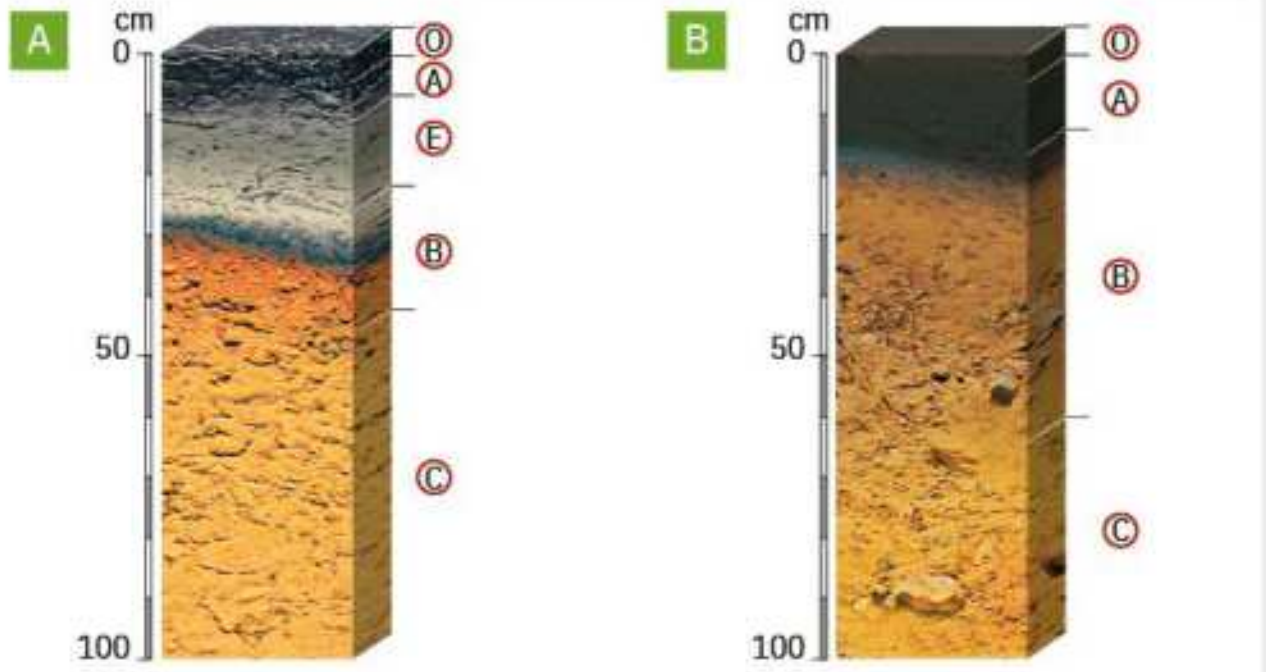
Poziom E (wymywania, eluwialny) to poziom mineralny, w którym następuje wymywanie niektórych składników mineralnych w głąb profilu glebowego. Ma zabarwienie jasnoszare ze względu na występowanie ziaren kwarcu. Jest charakterystyczny dla gleb bielicowych, w których ma miejsce wypłukiwanie (ługowanie) związków żelaza, próchnicy oraz glinu pod wpływem kwasów powstałych z rozkładu igliwia sosny i świerka.

Poziom B (wzbogacania, iluwialny) jest mineralnym poziomem podpowierzchniowym zaznaczającym się pod poziomem próchnicznym lub eluwialnym, w którym występuje nagromadzenie minerałów ilastych, wapnia, żelaza, glinu lub próchnicy. Posiada zabarwienie rdzawoszare lub jasnobrunatne i jest charakterystyczny dla gleb brunatnych występujących pod lasami liściastymi.

Poziom G (glejowy) obejmuje mineralny poziom podpowierzchniowy o stale występujących warunkach anaerobowych (beztlenowych) i trwałym nasyceniu wodą. Następuje w nim proces redukcji żelaza i manganu w obecności bakterii beztlenowych. Ma niebieskawo-sine zabarwienie pochodzące od wytrąconych związków żelaza. Tworzy się w glebach zabagnionych.

Poziom C (poziom materiałów macierzystych) to warstwy w niewielkim stopniu przekształcone przez procesy glebotwórcze i pozbawione właściwości poziomów O, A, E lub B. Mogą to być zwietrzałe skały podłoża glebowego.

Poziom R (podłoże skalne) obejmuje litą skałę (np. granit, bazalt, wapień lub piaskowiec), w której nie zachodzą procesy glebotwórcze. W litym podłożu skalnym mogą występować szczeliny, ale bardzo rzadko są wykorzystywane przez korzenie roślin.



Ryc. VI.1.1. Profil glebowy gleby bielicowej (A) oraz gleby brunatnej (B).

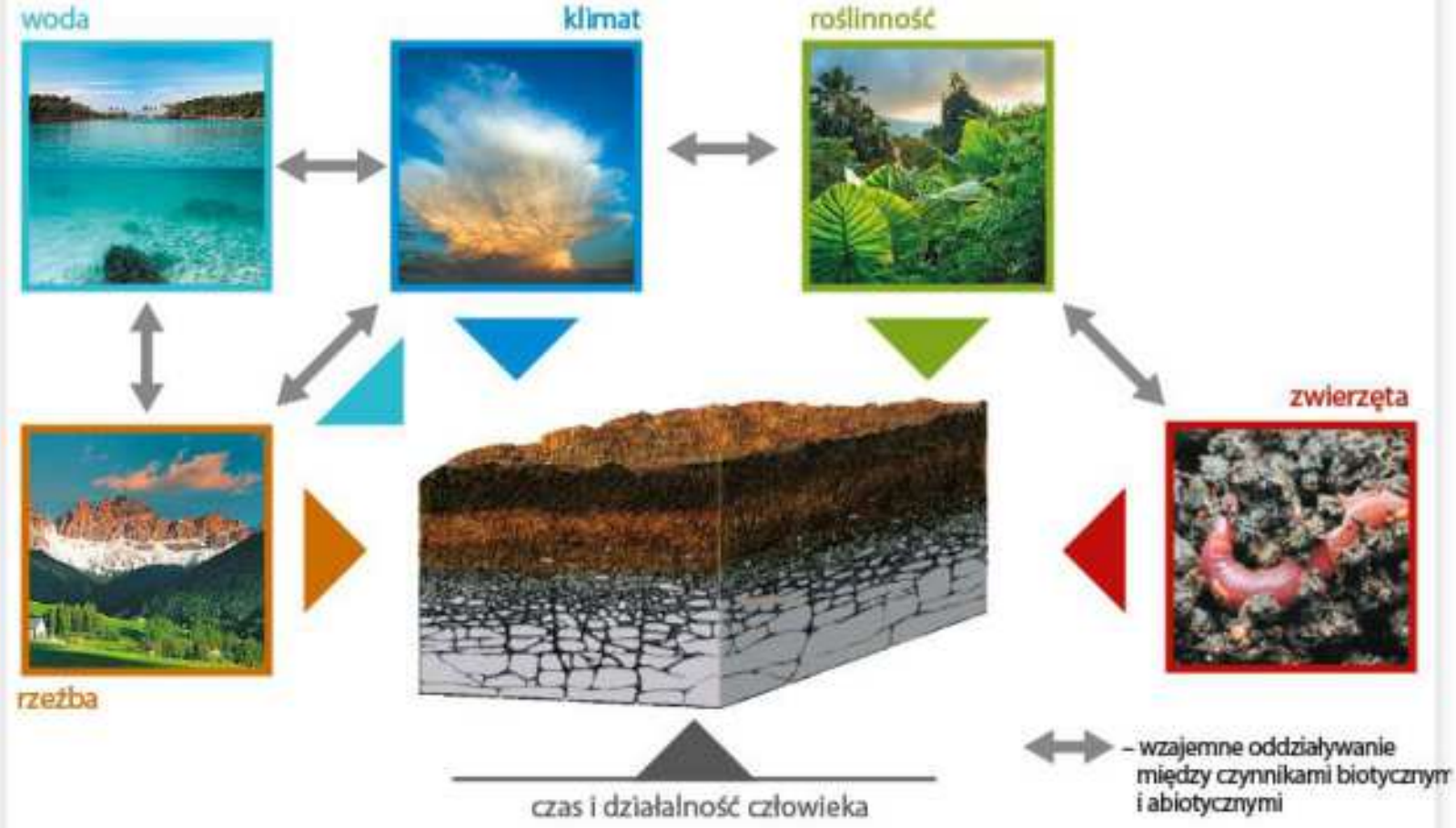
czynniki glebotwórcze

Czynniki glebotwórcze

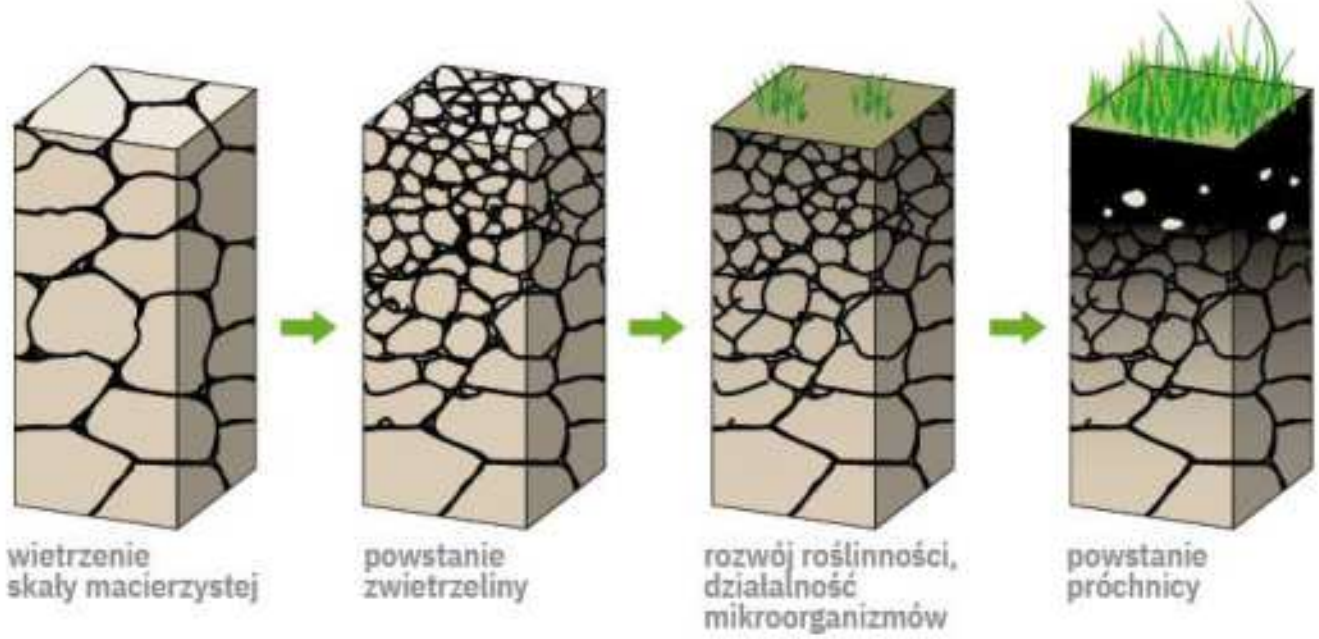
Na wykształcenie poszczególnych poziomów glebowych ma wpływ szereg czynników środowiska przyrodniczego i działalność człowieka, które nazywa się czynnikami glebotwórczymi (**ryc. VI.1.2.**).



Ryc. VI.1.2. Schemat powstawania gleb.



Ryc. VI.1.3. Wpływ czynników glebotwórczych na rozwój gleby.



Ryc. VI.1.4. Etapy powstawania gleby.

Najważniejszym czynnikiem glebotwórczym jest **działalność organizmów żywych**, gdyż bez nich gleba nie mogłaby powstać. Można je podzielić na:

- rośliny wyższe – naczyniowe, zarodnikowe,
- organizmy glebowe (edafon), np. glony, porosty, grzyby, bakterie, pierwotniaki, nicienie, roztocza, dżdżownice, ślimaki, stawonogi, krety, nornice, myszy.

Rośliny wyższe dostarczają materii organicznej, a także wydzielają różne składniki (np. CO_2 i kwasy), które przyczyniają się do rozkładu wielu minerałów. Ponadto poprzez system korzeniowy rośliny regulują gospodarkę powietrzno-wodną w glebie, pobierają wodę i składniki pokarmowe, a także wpływają na strukturę i pogłębianie warstwy gleby. Szata roślinna chroni glebę przed nadmierną erozją (wodną czy eoliczną). Z kolei mikroorganizmy (edafon) odgrywają główną rolę w procesach humifikacji i mineralizacji szczątków organicznych, w procesach wietrzenia oraz w krążeniu pierwiastków niezbędnych do życia roślin (np. węgla, azotu, fosforu, siarki). Organizmy zwierzęce dzięki przemieszczaniu się w glebie wpływają na poprawę strukturę gleby, jej przewietrzanie i spulchnianie oraz na poprawę stosunków wodnych poprzez wykorzystanie przez wodę kanalików, którymi się poruszają.

Dużą rolę odgrywają także **warunki klimatyczne**, zwłaszcza dostawa energii cieplnej i wody pochodzącej z opadów. Rozkład temperatury i opadów wpływa na tempo procesów glebotwórczych i warunkuje powstawanie gleb o określonych właściwościach. Warunki termiczne decydują o aktywności organizmów żywych w powierzchniowej warstwie gleby, szybkości procesów chemicznych zachodzących w glebie oraz wpływają na warunki wodne poprzez intensywność parowania. Opady dostarczają wodę niezbędną do funkcji życiowych gleby, ale zbyt intensywna ich ilość może przyczynić się do niszczenia pokrywy glebowej i erozji wodnej. Niekorzystny dla gleb bywa wiatr, który powoduje erozję eoliczną. W klimacie gorącym wilgotnym wietrzenie chemiczne przebiega szybciej, doprowadzając do wypłukiwania składników z gleby i szybkiego rozkładu materii organicznej, przez co gleby w strefie równikowej i podrównikowej są mało urodzajne. W klimacie suchym o dużym parowaniu może dochodzić do wzrostu zasolenia gleby przez przemieszczanie się roztworów z dolnych do górnych poziomów glebowych.

Rzeźba terenu wpływa na kształtowanie się stosunków wodnych i procesów geomorfologicznych zachodzących na powierzchni gleby. Nachylenie stoków umożliwia przemieszczanie się zwietrzeliny i pokrywy glebowej w wyniku ruchów grawitacyjnych i ich akumulację u podnóży stoków. Duże znaczenie ma także dystrybucja wody pochodzącej z opadów oraz poziom wód gruntowych, które zależą od ukształtowania powierzchni (spływ powierzchniowy i odpływ wgłębny). W związku z tym gleby górskie są słabo ukształtowane, określa się je jako gleby szkieletowe. W przypadku ukształtowania powierzchni duże znaczenie ma również ekspozycja (czyli położenie stoku w stosunku do promieni słonecznych). W szerokościach geograficznych wyższych od Zwrotnika Raka większym nasłonecznieniem charakteryzują się stoki o ekspozycji południowej, gdzie gleby są cieplejsze i suchsze.

Na krążenie składników mineralnych w glebie mają wpływ **stosunki wodne**, które warunkują rozwój organizmów roślinnych i zwierzęcych. Od nich zależy rodzaj roślin uprawianych na danym terenie.

Skała macierzysta, na której tworzy się gleba, decyduje o typie gleby ze względu na określoną zawartość minerałów, podatność na wietrzenie oraz wielkość ziaren. Na skałach węglanowych tworzą się na przykład rędziny w klimacie umiarkowanym oraz gleby terra rosa w klimacie podzwrotnikowym.

Działalność człowieka jako czynnik glebotwórczy może wyrażać się bezpośrednio poprzez zabiegi agrotechniczne (orka, nawożenie, wapnowanie) zmierzające do poprawienia żyzności i produktywności gleb oraz pośrednie, takie jak zmiana szaty roślinnej (np. wprowadzenie monokultur sosny i świerka), regulacja stosunków wodnych, przekształcenie użytków rolnych w działki budowlane.

Proces powstawania gleby jest zjawiskiem długotrwałym, a **czas** to kolejny czynnik glebotwórczy. Wyróżnia się gleby o początkowym stadium rozwoju (inicjalne), słabo przeobrażone przez procesy glebotwórcze oraz gleby dojrzałe o wykształconych profilach glebowych.

Przydatność rolnicza gleb i klasa bonitacyjna

W zależności od właściwości gleb na jednych można uprawiać rośliny o większych wymaganiach wodnych i cieplnych, a na innych – wręcz przeciwnie. Grupę gleb o zbliżonych właściwościach, na których można uprawiać określone rośliny, nazywa się **kompleksem rolniczej przydatności gleb**. Do każdego kompleksu rolniczej przydatności gleb zostały przyporządkowane rośliny uprawne, na przykład kompleks pszenny, żytni, owsiany. W Polsce wyróżniono 14 kompleksów przydatności rolniczej gleb, w tym 9 obejmuje obszary nizinno-wyżynne, 4 – obszary górskie oraz 1 występujący na obu obszarach. Na glebach kompleksu pszennego bardzo dobrego można uprawiać między innymi: pszenicę, buraki cukrowe, koniczynę czerwoną i rzepak ozimy. Gleby kompleksu pszennego bardzo dobrego zajmują 3,8% użytków rolnych kraju. Największą powierzchnię użytków rolnych stanowią gleby kompleksu pszennego dobrego (II) oraz żytniego słabego (VI). Łącznie powierzchnia użytków rolnych zajmowanych przez gleby kompleksu od I do VI stanowi około 75% użytków rolnych.

kompleks rolniczej przydatności gleb

Tab. VI.1.1. Kompleksy przydatności rolniczej gleb i gruntów ornych

Symbol	Kompleks gleb	
1.	pszenny	bardzo dobry
2.		dobry
3.		wadliwy
4.	żytni	bardzo dobry
5.		dobry
6.		słaby
7.		bardzo słaby
8.	zbożowo-pastewny	mocny
9.		słaby
10.	pszenny	górski
11.	zbożowy	
12.	owsiano-ziemniaczany	
13.	owsiano-pastewny	
14.	gleb ornych przeznaczonych na użytki zielone	

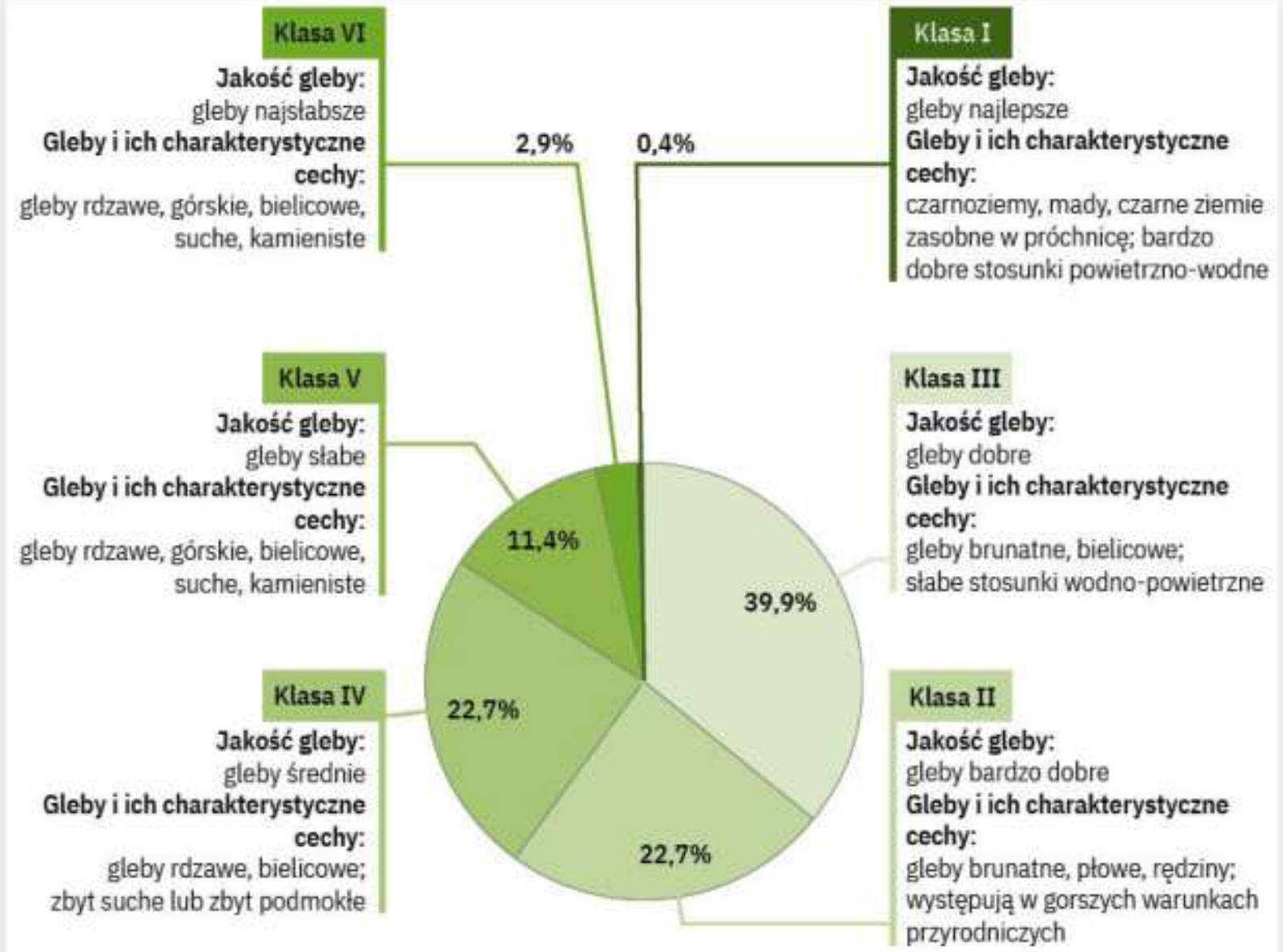
klasa bonitacyjna gleby

Jednym ze sposobów również określających wartość użytkową gleby jest **klasa bonitacyjna gleby.** Gleba podlega ocenie jakości pod względem jej wartości użytkowej na podstawie swojej zdolności produkcyjnej przy określonym sposobie użytkowania. Przy ustalaniu klasy bonitacyjnej gleby bierze się pod uwagę następujące kryteria:

- właściwości fizyko-chemiczne gleby (np. zawartość próchnicy, odczyn, wielkość ziaren),
- warunki środowiska, w których gleba została wytworzona (stosunki wilgotnościowe, nachylenie stoku, ekspozycja, wysokość n.p.m.).

klasy bonitacyjne

W Polsce wyróżnia się dziewięć klas botanicznych (w **VI grupach bonitacyjnych**), a do klasy I zalicza się najlepsze gleby: czarnoziemy, czarne ziemie o dużej zawartości próchnicy oraz mady rzeczne.



Ryc. VI.1.5. Główne klasy bonitacyjne gruntów ornych w Polsce.

Analiza profilu glebowego

Aby przeprowadzić obserwację profilu glebowego w okolicy szkoły, należy wykorzystać gotową odkrywkę o wysokości około 2 metrów lub naturalne zagłębienie terenu (np. w wykopie drogowym, skarpę, rów, dół) porośnięte naturalną roślinnością. W takim przypadku trzeba odciąć pionową warstwę gleby o miąższości około 20 cm.

Do zajęć w terenie przygotuj się odpowiednio:

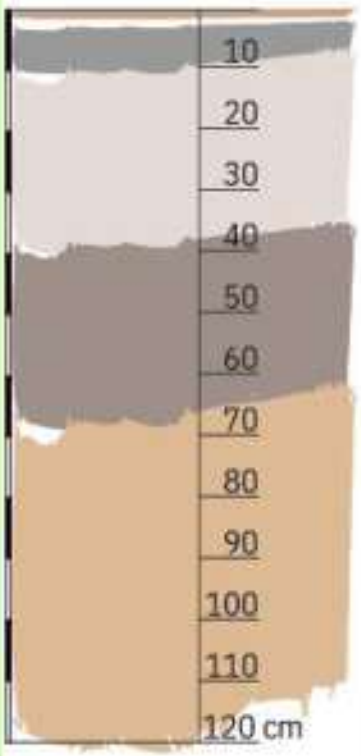
- zapoznaj się z mapą topograficzną okolicy;
- na podstawie dostępnych źródeł zbierz informacje o występujących glebach, ich przydatności rolniczej i klasie bonitacyjnej oraz budowie geologicznej okolicy;
- przygotuj sprzęt i materiał potrzebny do dokonania obserwacji odkrywki glebowej (łopata, łopatka, taśma miernicza, formularz opisu odkrywki glebowej, ołówek, linijka, aparat fotograficzny).

Obserwacje w terenie przeprowadź według poniższych wskazówek:

- dokładnie opisz miejsce odkrywki (lokalizacja, współrzędne geograficzne, pokrycie terenu, ukształtowanie powierzchni, ekspozycja);
- sfotografuj odkrywkę w celu dokumentacji;
- wykonaj pomiary miąższości i głębokości poziomów glebowych;
- rozpoznaj poziomy glebowe, określ ich skład mechaniczny (żwir, piasek, glina);
- określ barwę poziomów glebowych i ich wilgotność (mokra, wilgotna, sucha), zmierz odczyn pH;
- uzupełnij formularz opisu odkrywki.

Po dokonaniu obserwacji na zajęciach w szkole warto zrobić podsumowanie, na przykład w formie prezentacji na temat typów gleb występujących w okolicy oraz wyników analizy obserwowanego profilu glebowego.

Tab. VI.1.2. Przykład wypełnionego formularza opisu odkrywki glebowej

Nr odkrywki: 1	Kraina geograficzna: Wyżyna Śląska				Miejscowość: Tychy
Kolor poszczególnych poziomów	**Oznaczenie poziomu**	**O**	**A**	**B**	**Cg**	**C**
	miąższość	2 cm	10 cm	40 cm	30 cm	100 cm
	skład mechaniczny	–	piasek gliniasty	piasek gliniasty	piasek słabo gliniasty	glina lekka
	barwa	czarna/ brunatna	popielata	rdzawo-żółta	jasnoszara	rdzawa
	odczyn, pH	kwasowy, pH = 5	kwasowy, pH = 4	kwasowy, pH = 5	kwasowy, pH = 4	kwasowy, pH = 5
	uwilgotnienie	słabo wilgotny	wilgotny	wilgotny	mokry	–
	układ	–	średni	luźny	średni	zbity
	przejścia	ostre	stopniowe	niewyraźne	niewyraźne	niewyraźne
	oglejenie	–	plamiste	plamiste	całkowite	–
	konkrecje	–	–	Fe, Mg	–	zbita warstwa związków Fe
Typ gleby: gleba brunatna	Skała macierzysta: glina lekka					Erozja: nie występuje

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Porównaj czynniki glebotwórcze wpływające na powstawanie gleby w klimacie równikowym wilgotnym oraz zwrotnikowym suchym.
2. Przygotuj prezentację na temat rodzajów procesów glebotwórczych.
3. Wyjaśnij, jaka jest różnica pomiędzy kompleksem przydatności rolniczej a klasą bonitacyjną gleb.
4. Oceń, prawdziwość poniższych zdań. Wybierz P jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeśli zdanie jest fałszywe. Odpowiedzi zapisz w zeszycie.

1.	Urodzajność gleby oznacza jej zdolność do zaspokajania żywieniowych potrzeb roślin poprzez dostarczanie im składników pokarmowych i wody.	P	F
2.	Proces glebowy polegający na rozpuszczaniu związków organicznych i mineralnych oraz wymywaniu ich i przemieszczaniu w głąb gleby nazywamy procesem eluwialnym.	P	F
3.	Kompleks zbożowo-pastewny mocny należy do kompleksów o największej przydatności rolniczej.	P	F
4.	Do klasy I bonitacyjnej w Polsce zalicza się czarnoziemy, czarne ziemie o dużej zawartości próchnicy oraz mady rzeczne.	P	F

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 374

• **Gleba** to zwietrzała, powierzchniowa część litosfery, w której w wyniku procesów glebotwórczych następuje zamiana materii mineralnej w organiczną i organicznej w mineralną. Głównymi cechami gleby są żyzność i urodzajność.

s. 374

• **Żyzność** gleby to zdolność zaspokajania żywieniowych potrzeb roślin poprzez dostarczanie im składników pokarmowych i wody.

s. 374

• **Urodzajność** gleby to zdolność gleby do wydawania plonów wskutek zastosowania przez rolnika odpowiednich zabiegów agrotechnicznych.

s. 374

• **Składniki gleby:**
- części stałe (mineralne części zwietrzeliny),
- części płynne (roztwory wodne i koloidalne),
- części gazowe (powietrze glebowe).

s. 374

• **Procesy glebotwórcze:**
- wietrzenie,
- humifikacja,
- minaralizacja,
- wymywanie,
- wmywanie,
- brunatnienie,
- oglejenie.

• **Poziomy glebowe** na przykładzie gleby bielicowej: s. 375



O – poziom organiczny (ściółki leśnej ze słabo rozłożonego igliwia sosny i świerku).

A – poziom próchniczny, w którym nagromadzona jest zhumifikowana materia organiczna (próchnica), o ciemnej barwie, gruzełkowej strukturze i dużej aktywności organizmów żywych.

E – poziom wymywania (eluwialny), w którym następuje wymywanie związków żelaza, próchnicy oraz glinu w głąb profilu glebowego; ma zabarwienie jasnoszare ze względu na występowanie ziaren kwarcu.

B – poziom wzbogacania (iluwialny), w którym występuje nagromadzenie minerałów ilastych, wapnia, żelaza, glinu lub próchnicy; ma zabarwienie rdzawoszare lub jasnobrunatne.

C – poziom materiałów macierzystych, zbudowany z luźnego, zwietrzałego piaskowca o dużej przepuszczalności.

• **Czynniki glebotwórcze:** s. 376

– organizmy żywe,
– klimat,
– rzeźba terenu,
– warunki wodne,
– skała macierzysta,
– działalność człowieka,
– czas.

• Grupa gleb o zbliżonych właściwościach na których można uprawiać określone rośliny, to **kompleks rolniczej przydatności gleb**. s. 379

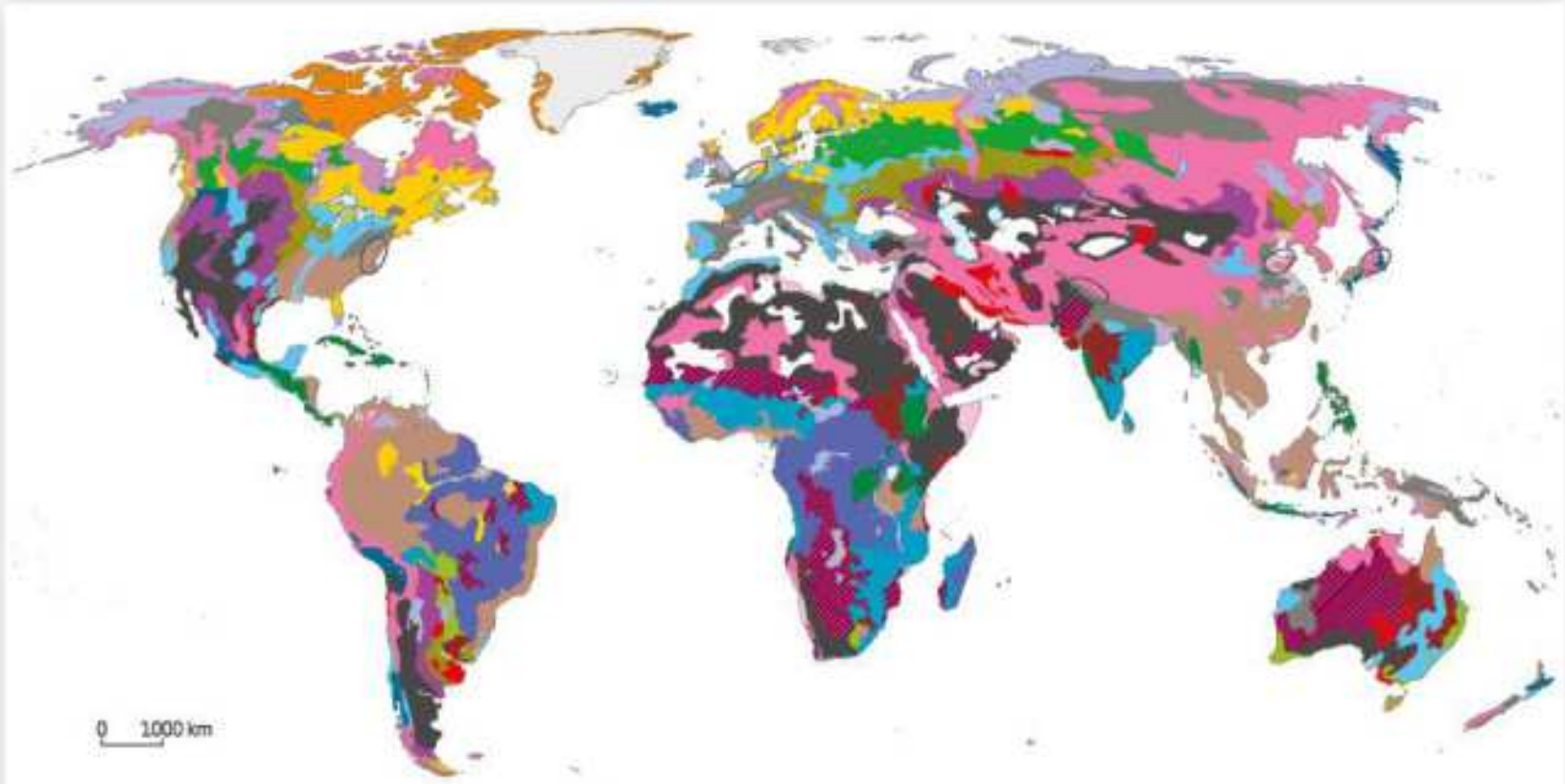
• **Klasa bonitacyjna gleby** zależy od oceny jakości gleby pod względem jej wartości użytkowej na podstawie jej zdolności produkcyjnej przy określonym sposobie użytkowania. s. 380

• W Polsce wyróżniono **14 kompleksów rolniczej przydatności gleb** oraz **6 klas bonitacyjnych**. s. 380

2. Typy genetyczne gleb na świecie i ich przydatność rolnicza

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz cechy głównych typów gleb strefowych i niestrefowych oraz ich rozmieszczenie na Ziemi;
- nauczysz się oceniać przydatność rolniczą wybranych typów gleb na świecie.



AC – akrisole (żółtoziemy, czerwonożółte); AL – alisole
AN – andosole (wulkaniczne)
AR – arenosole (inicjalne, wytworzone na piaskach)
CH – czarnoziemy; DH – feoziemy; GR – szaroziemy
CL – kalcisole (cynamonowe, czerwonobure)
CM – kambisole (brunatne, bruniziemy)
FL – fluwisole (mady, gleby napływowe)
FR – ferrasole (czerwone gleby ferralitowe)
GL – glejosole (glejowe)
GY – gipsosole (buroziemy, gleby szarobure)
HS – histosole (gleby bagienne, torfowe)
KS – kasztanoziemy
LP – leptosole (inicjalne: litosole, rankery, rędziny)
LV – luwisole (płowe)
LX – liksisole (czerwone, żółte)
NT – nitosole (czerwonoziemy, laterytowe zbielicowane)
PD – podzoluwisole (darniowo-bielicowe, płowo-bielicowe)
PL – planosole (pseudoglejowe, stagnoglejowe)
PT – plintosole (laterytowe)
PZ – podzole (bielice, bielicowe)
RG – regosole (inicjalne na luźnym podłożu)
SC – solończaki (solonczaki); SN – solońce
VR – wertisole (smolnice, regury)
wody
lądolód
pustynie
AT – antrosole

Ryc. VI.2.1. Rozmieszczenie gleby na świecie (zgodnie z systematyką FAO/UNESCO).

Procesy glebotwórcze są zróżnicowane i przebiegają odmiennie w różnych strefach klimatycznych i roślinnych. Klimat wpływa między innymi na rodzaj wietrzenia, wilgotność gleby, długość okresu wegetacyjnego i tempo rozkładu materii organicznej. Od strefowości klimatyczno-roślinnej zależy więc powstawanie strefowych typów gleb.

Gleby dzieli się na:

podział gleb

- strefowe,
- pozastrefowe,
- astrefowe.

Gleby strefowe wykazują ścisłą zależność od roślinności i klimatu, a ich rozmieszczenie ma układ pasowy (np. gleby bielicowe, brunatne, czarnoziemy, gleby cynamonowe, czerwonoziemy, żółtoziemy, czerwone gleby ferralitowe). **Gleby śródstrefowe** wykazują związek z lokalnymi czynnikami, jak typ skały macierzystej, lokalne stosunki wodne (np. mady, rędziny, czarne ziemie, gleby bagienne). **Gleby astrefowe** charakteryzują się brakiem wykształconego profilu, wśród nich znajdują się gleby powstałe przy współudziale człowieka (np. inicjalne, antropogeniczne – industriosole, urbisole, hortisole).

Tradycyjny podział gleb opiera się na typach genetycznych. Natomiast współczesna Klasyfikacja Zasobów Glebowych Świata (zwana klasyfikacją WRB od ang. nazwy World Reference Base for Soil Resources), przygotowana przez FAO, wydziela 32 główne grupy glebowe. W przybliżeniu odpowiadają one typom w klasyfikacji gleb Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego. Ich systematyka pochodzi od nazw łacińskich (np. *ferralsole*, *regosole*).

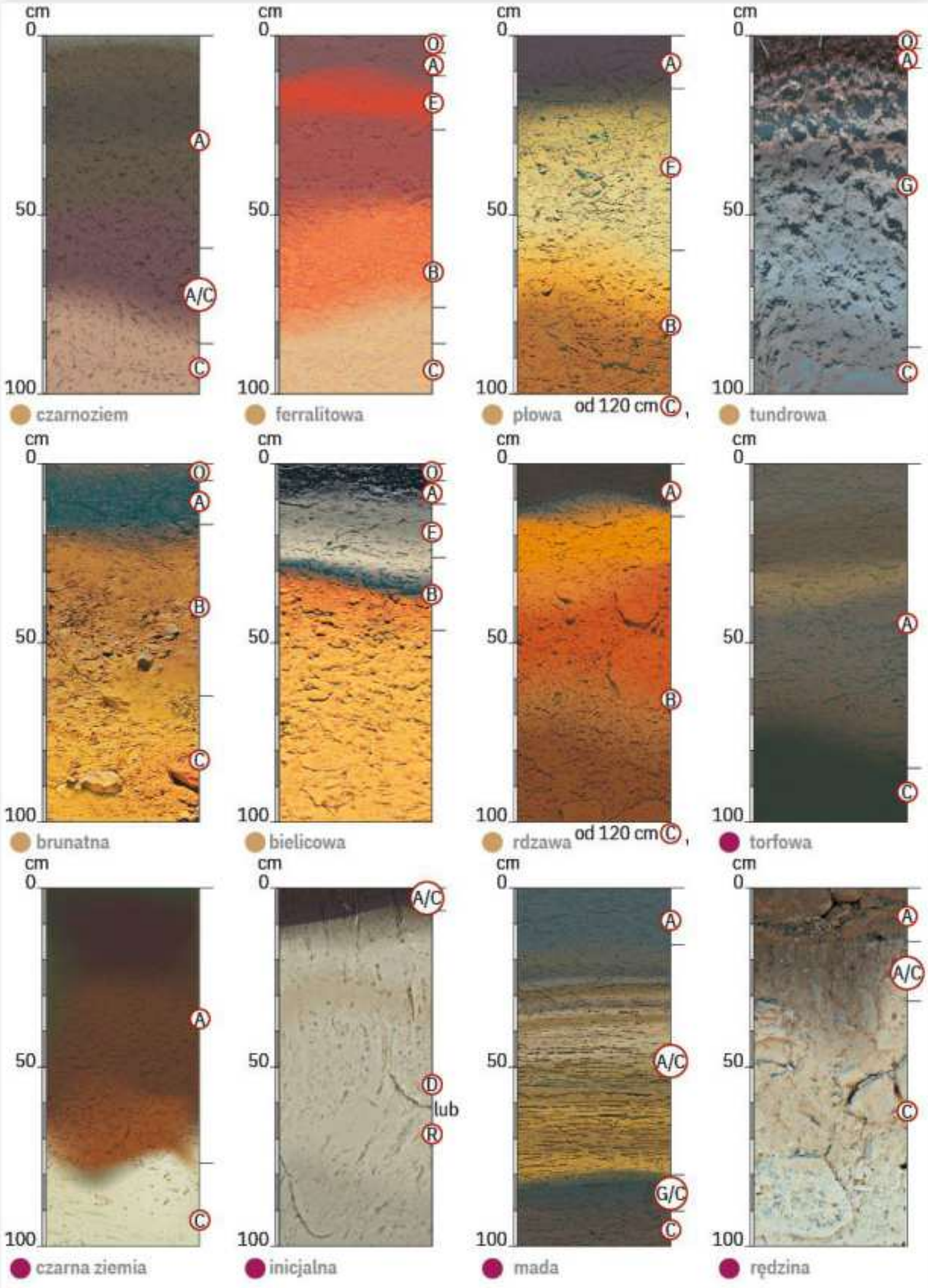
Tab. VI.2.1. Typ strefowy gleby ze względu na klimat, w którym występuje

klimat równikowy wilgotny	
Typ strefowy gleby	czerwono-żółte gleby ferralitowe (laterytowe)
Charakterystyka gleby	– powstają w wyniku wietrzenia chemicznego – zawierają dużo związków żelaza i glinu – są ubogie w próchnicę (1–3%) ze względu na szybki rozkład materii organicznej i intensywne procesy zmywania – mają odczyn kwaśny
Formacja roślinna	wilgotne lasy równikowe
Występowanie	kotlina Amazonki, Ameryka Środkowa, Kotlina Kongo, Zatoka Gwinejska, Madagaskar, Półwysep Indochiński, Archipelag Malajski
Przydatność rolnicza	mało urodzajne, uprawa kakao, herbaty, kauczuku naturalnego, cytrusów
Typ gleby wg FAO	ferralsole, plintosole

klimat podrównikowy	
Typ strefowy gleby	czerwone gleby ferralitowe (odmiana wilgotna), gleby cynamonowoczerwone oraz czerwonobure (odmiana sucha), czarne gleby tropikalne (strefa przejściowa)
Charakterystyka gleby	– intensywne wietrzenie w czasie pory deszczowej – wysychanie profilu glebowego w ciągu okresu suchego – odwadnianie tlenków żelaza – konkrecje żelaziste – czarne gleby tropikalne zawierają dużo frakcji iłowej, a ich materiałem macierzystym są zasadowe skały magmowe (bazalt, gabro)
Formacja roślinna	lasy podrównikowe, sawanny, lasy kserotermiczne, zarośla tropikalne
Występowanie	zachodnia część Półwyspu Indyjskiego, Indonezja, Wietnam, północna i środkowa część Ameryki Południowej, otoczenie strefy równikowej wilgotnej w Afryce, północna Australia
Przydatność rolnicza	czerwone gleby ferralitowe: ryż, trzcina cukrowa, bataty, maniok, kakao, banany gleby cynamonowoczerwone i czerwonobure: wykorzystywane jako pastwiska czarne gleby tropikalne: uprawa bawełny, pszenicy, jęczmienia, sorgo (w Indiach nazywane są czarnymi glebami bagiennymi lub regurami)
Typ gleby wg FAO	ferralsole, plintosole, liksisole, vertisole
klimat zwrotnikowy i podzwrotnikowy monsunowy, zwrotnikowy morski	
Typ strefowy gleby	żółtoziemy i czerwonoziemy
Charakterystyka gleby	– powstają na skałach ilastych i łupkach (żółtoziemy) oraz andezytach i bazaltach (czerwonoziemy) – intensywny proces mineralizacji – ubogie w próchnicę (1–2%) – koncentracja wodorotlenków żelaza i glinu – odczyn kwaśny
Formacja roślinna	wilgotne lasy podzwrotnikowe
Występowanie	południowo-wschodnia część USA, Azja Wschodnia, południowa Brazylia, wybrzeże Oceanu Spokojnego w Australii
Przydatność rolnicza	herbata, ryż, rośliny cytrusowe
Typ gleby wg FAO	akrisole i alisole
klimat zwrotnikowy i podzwrotnikowy kontynentalny	
Typ strefowy gleby	szaroziemy, buroziemy, inicjalne gleby pustynne
Charakterystyka gleby	– bardzo krótka wegetacja roślin – ubogie w próchnicę – często zasolone – odczyn zasadowy – powstałe na skałach osadowych – wietrzenie fizyczne skał – transport eoliczny
Formacja roślinna	podzwrotnikowe suche stepy, niskotrawiaste sawanny, pustynie i półpustynie (sukulenty, roślinność halofitowa)

Występowanie	Sahara, Półwysep Arabski, środkowa Australia, Kotlina Kalahari, Azja Środkowa
Przydatność rolnicza	użytkowane jako pastwiska, a przy sztucznym nawadnianiu możliwa uprawa bawełny, kukurydzy i pszenicy
Typ gleby wg FAO	gipsosole, arenosole i regosole
klimat podzwrotnikowy morski (śródziemnomorski)	
Typ strefowy gleby	gleby cynamonowe
Charakterystyka gleby	– powstają w wyniku wietrzenia węglanowego – zasobne w próchnicę (do 8%)
Formacja roślinna	twardolistna formacja krzewiasta (makia)
Występowanie	region śródziemnomorski, południowa część RPA, Australia – południowo-zachodnia część Wielkich Gór Wododziałowych, południowa część pampy argentyńskiej, Ameryka Północna (Sierra Madre Zachodnia i Wschodnia)
Przydatność rolnicza	gleby urodzajne (wymagają nawadniania), uprawa oliwek, winorośli, krzewów cytrusowych
Typ gleby wg FAO	kalcisole
klimat umiarkowany ciepły morski	
Typ strefowy gleby	gleby brunatne i płowe
Charakterystyka gleby	– wytworzone z utworów gliniastych – średnia zawartość próchnicy (3–4%) – poziom wzbogacania (B) o barwie brunatnej od związków żelaza
Formacja roślinna	lasy liściaste i mieszane
Występowanie	Europa Zachodnia i Środkowa, północno-zachodnie USA, Azja Wschodnia (Mandżuria, Półwysep Koreański, Japonia), Nowa Zelandia
Przydatność rolnicza	rośliny zbożowe, okopowe dają wysokie plony przy intensywnym nawożeniu
Typ gleby wg FAO	kambisole
klimat umiarkowany ciepły kontynentalny	
Typ strefowy gleby	czarnoziemy powstałe na lessach, gleby kasztanowe
Charakterystyka gleby	czarnoziemy: – zawierają dużą ilość masy organicznej – duża miąższość poziomu próchnicznego (ponad 1 m) – zawartość próchnicy nawet do 20% gleby kasztanowe: – mniejsza zawartość próchnicy (2,5–4,5%) – miąższość poziomu próchnicznego nie przekracza 35–40 cm – w miarę wzrostu suchości klimatu wykazują zasolenie
Formacja roślinna	roślinność stepowa
Występowanie	pas od wschodnich granic Polski przez Ukrainę, Kazachstan do górnego Irtyszu i Obu, dorzecze górnego Amuru, prerie środkowej części Ameryki Północnej, pampa argentyńska
Przydatność rolnicza	gleby urodzajne, pszenica, buraki cukrowe, kukurydza
Typ gleby wg FAO	czarnoziemy, kasztanoziemy

klimat umiarkowany chłodny	
Typ strefowy gleby	gleby bielicowe i płowe
Charakterystyka gleby	– tworzą się na piaskach – zawartość próchnicy do 3% – nazwa od białawo-szarego zabarwienia w poziomie wymywania – odczyn kwaśny – duża przepuszczalność
Formacja roślinna	lasy iglaste tajgi
Występowanie	Północna Europa, zachodnia Syberia, Kanada, Alaska
Przydatność rolnicza	konieczność intensywnego nawożenia, uprawa ziemniaków, żyta, owsa i jęczmienia
Typ gleby wg FAO	podzole, podzoluwisole
klimat subpolarny	
Typ strefowy gleby	gleby kriogeniczne, gleby glejowe
Charakterystyka gleby	– gleby wytworzone w środowisku wieloletniej zmarzliny – powstałe na utworach morenowych, podmokłych – gleby glejowe wykazują cechy oglejenia z niebiesko-rdzawymi przebarwieniami
Formacja roślinna	tundra (krzewinki, mchy, porosty)
Występowanie	północne obrzeża Europy, Azji i Ameryki Północnej
Przydatność rolnicza	baza paszowa dla hodowli reniferów, w południowej części tundry uprawia się ziemniaki, marchew i kapustę
Typ gleby wg FAO	kriosole, glejsole
klimat polarny	
Typ strefowy gleby	gleby poligonalne i strukturalne
Charakterystyka gleby	– gleby wczesnego stadium rozwoju – słabe zróżnicowanie na poziomy genetyczne, zbudowane z materiału piaszczystego i gliniastego, ograniczone kamienistymi wielobokami – wielokrotne zamarzanie i rozmarzanie powoduje przesuwanie się w górę profilu dużych fragmentów zwietrzeliny ku powierzchni (poligony mrozowe)
Formacja roślinna	pustynia lodowa
Występowanie	wolne od lodu wyspy Morza Arktycznego, niezlodowacone archipelagi antarktyczne
Przydatność rolnicza	–
Typ gleby wg FAO	regosole i glejsole



Ryc. VI.2.2. Przykładowe profile glebowe. Gleby strefowe ●. Gleby astrefowe ●.



Ryc. VI.2.3. Gleba poligonalna na wyspach arktycznych (Ziemia Franciszka Józefa, Rosja).



Ryc. VI.2.4. Gleba bielicowa.



Ryc. VI.2.5. Uprawiany czarnoziem w regionie lipieckim (Rosja).



Ryc. VI.2.6. Fragment profilu gleby czerwono-żółtej ferralitowej.

Tab. VI.2.2. Charakterystyka gleb śródstrefowych i niestrefowych

Typy gleb	Charakterystyka gleb	Nazwa gleb wg FAO
gleby śródstrefowe	**Mady (gleby aluwialne)** – powstają w wyniku akumulacji mułów, piasków i żwirów rzecznych. Tworzą się w dolinach lub deltach rzek. Są bardzo żyzne i zasobne w próchnicę.	fluwisole
	Czarne ziemie – powstają w podmokłych zagłębieniach terenu przy udziale roślinności łąkowej. Zawierają węglany i minerały ilaste.	feoziemy
	Rędziny – gleby, których utworami macierzystymi są wapienie lub gipsy. To gleby żyzne, choć trudne w uprawie (mogą zawierać większe fragmenty zwietrzeliny).	leptosole lub kalcisole
	Gleby bagienne – tworzą się przy płytkim zaleganiu zwierciadła wód podziemnych. Są glebami mało urodzajnymi, o nieprzepuszczalnym podłożu i niewielkiej zawartości próchnicy.	histosole
gleby niestrefowe (azonalne)	**Gleby górskie** – gleby w początkowym stadium rozwoju, o płytkim profilu glebowym, podatne na procesy erozji i masowe ruchy grawitacyjne, zawierają duże okruchy skalne i są ubogie w próchnicę.	leptosole
	Gleby antropogeniczne – to np. hortisole – gleby ogrodowe, które dzięki stosowaniu zabiegów agrotechnicznych zawierają dużo próchnicy, urbisole – czyli gleby położone na obszarach zabudowanych, gleby industrialne – na obszarach poprzemysłowych, zdegradowanych.	hortisole, urbisole, industriosole



Ryc. VI.2.7. Mady rzeczne w delcie Gangesu.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Przerysuj tabelę do zeszytu i uzupełnij brakujące informacje.

Typ gleby	Klimat	Roślinność	Występowanie
		tajga	
	podzwrotnikowy śródziemnomorski		
czerwone gleby ferralitowe			
			wyspy arktyczne
	klimat zwrotnikowy i podzwrotnikowy kontynentalny		

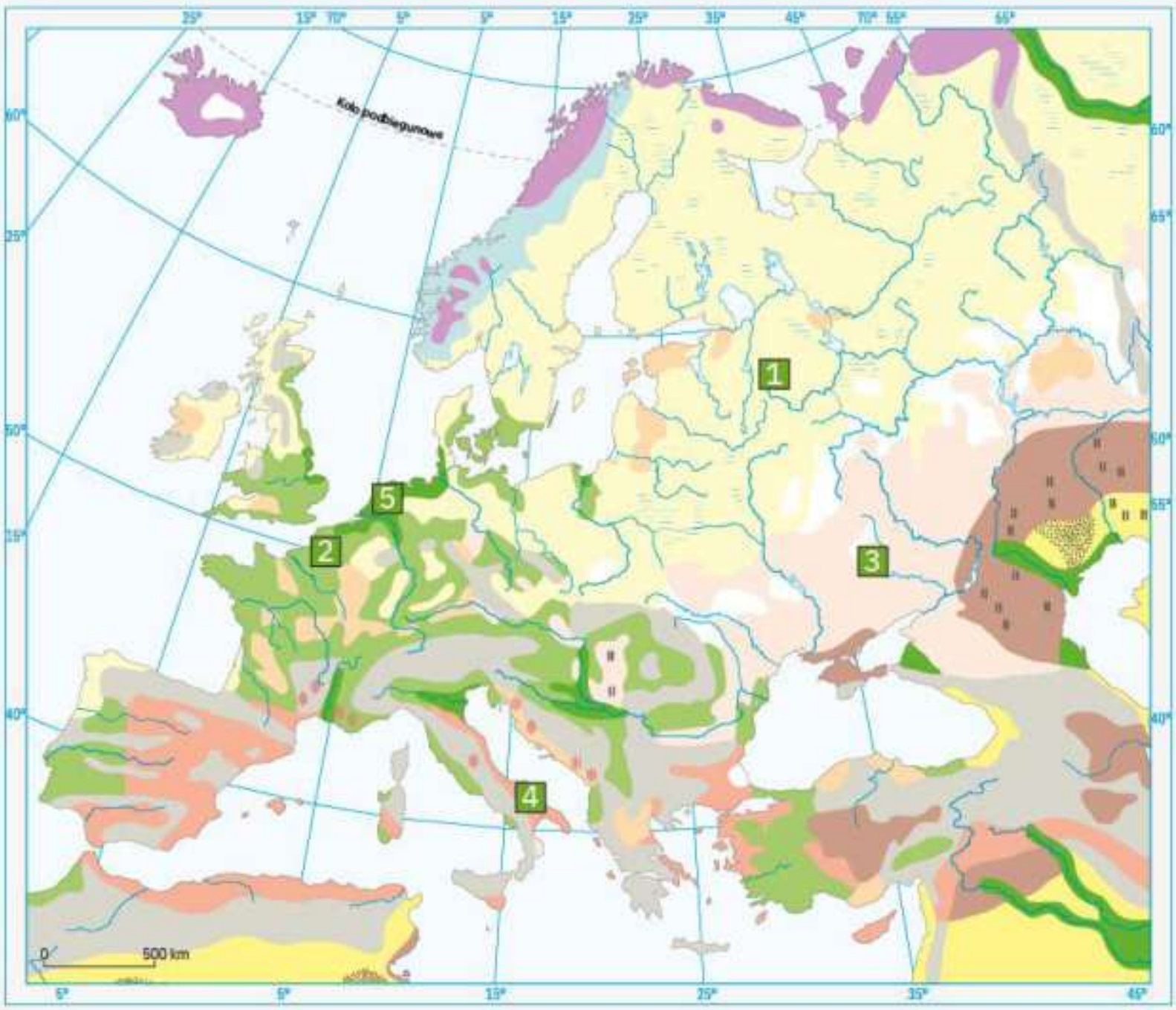
2. Przygotuj prezentację na temat gleb o dużej przydatności rolniczej. W prezentacji uwzględnij obszary występowania tych gleb, charakterystykę ich profilu oraz główne uprawy rolne.
3. Uporządkuj w zeszycie nazwy gleb od strefy polarnej do równika.

   gleby poligonalne
   szaroziemy
   gleby bielicowe
   gleby kasztanowe
   czerwone gleby ferralitowe
   gleby kriogeniczne
   gleby cynamonowe
4. Przedstaw w zeszycie charakterystykę profilu gleby bielicowej i brunatnej.

5. Wykonaj polecenia w zeszycie.

a) Przyporządkuj poniższe typy gleb do odpowiednich miejsc na mapie.

mady, gleby bielicowe, czarnoziemy stepowe, gleby brunatne, rędziny, terra rosa



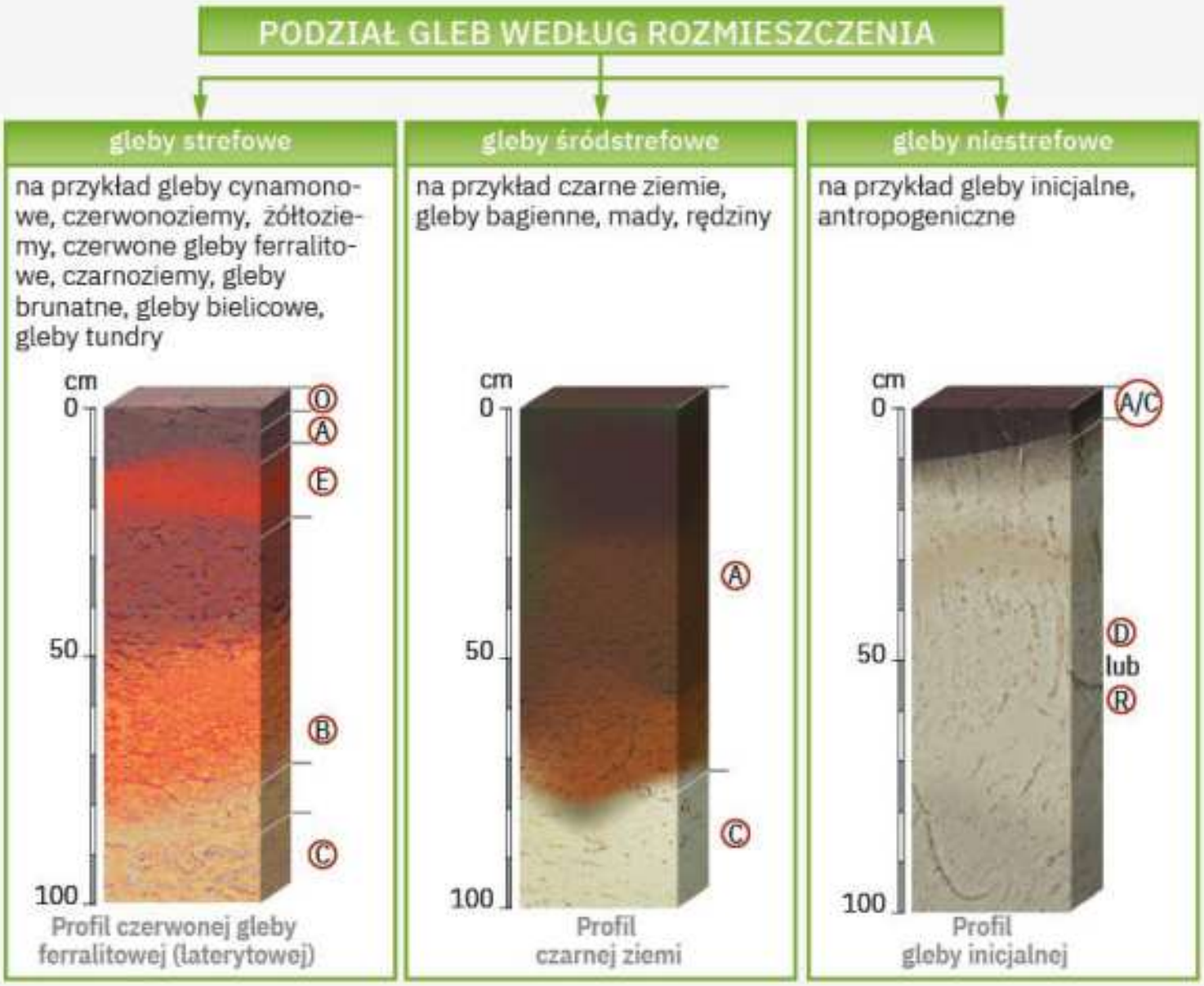
b) Wymień dwa czynniki wpływające na rozmieszczenie gleb oznaczonych numerem 3.

c) Oceń przydatność rolniczą gleb bielicowych.

PODSUMOWANIE LEKCJI

• **Podział gleb:**

s. 385



• **Klasyfikacja gleb FAO i ich odpowiedniki w genetycznej klasyfikacji gleb:**

s. 385

Nazwa	Symbol	Przykłady tradycyjnych odpowiedników
fluwisole	FL	mady, gleby napływowe (wytworzone z nanosów rzecznych)
glejosole	GL	gleby glejowe
regosole	RG	gleby inicjalne na luźnym podłożu
leptosole	LP	inicjalne: litosole (początkowego stadium rozwoju na skalnym podłożu, zazwyczaj nieużytkowane), rankery (słabo wykształcone na zbitych skałach jak np. granity, gnejsy), rędziny, pelosole
arenosole	AR	inicjalne lub ubogie na piaskach, np. gleby rdzawe
andosole	AN	gleby z pyłów i popiołów wulkanicznych

Nazwa	Symbol	Przykłady tradycyjnych odpowiedników
wertisole	VR	smolnice, smonice (czeska nazwa regionalna gleb o właściwościach smolnic), regury (gleby czarne rozwinięte np. na pokrywach lawowych Płw. Dekan)
kambisole	CM	gleby brunatne, niektóre bruniziemy (gleby o wyraźnie zaznaczonych procesach brunatnienia)
kalcisole	CL	cynamonowe, czerwonobure
gipsosole	GY	buroziemy, gleby szarobure
sołońce	SN	sołońce
sołończaki	SC	sołończaki
kasztano-ziemy	KS	gleby kasztanowe, bruniziemy
czarnozie-my	CH	czarnoziemy
feoziemy	PH	niektóre bruniziemy, czarne ziemie, zdegradowane czarnoziemy
szaroziemy	GR	szare gleby leśne
luwisole	LV	gleby płowe
planosole	PL	gleby pseudoglejowe, stagnoglejowe
podzoluwi-sole	PD	darniowo-bielicowe, płowo-bielicowe
podzole	PZ	bielice, gleby bielicowe
liksisole	LX	gleby czerwone i żółte
akrisole	AC	żółtoziemy, zbielicowane, gleby czerwonożółte
alisole	AL	gleby alitowe (powstałe w warunkach klimatu gorącego i wilgotnego w wyniku rozpuszczania glinokrzemianów, posiadają dużą zawartość tlenków i wodorotlenków glinu)
nitosole	NT	czerwonoziemy, laterytowe zbielicowane
ferrasole	FR	gleby ferralitowe
plintosole	PT	gleby laterytowe
histosole	HS	gleby bagienne, torfowe
antrosole	AT	gleby antropogeniczne (hortisole – tzw. gleby ogrodowe i rigosole – gleby przekształcone przez głęboką uprawę mechaniczną)

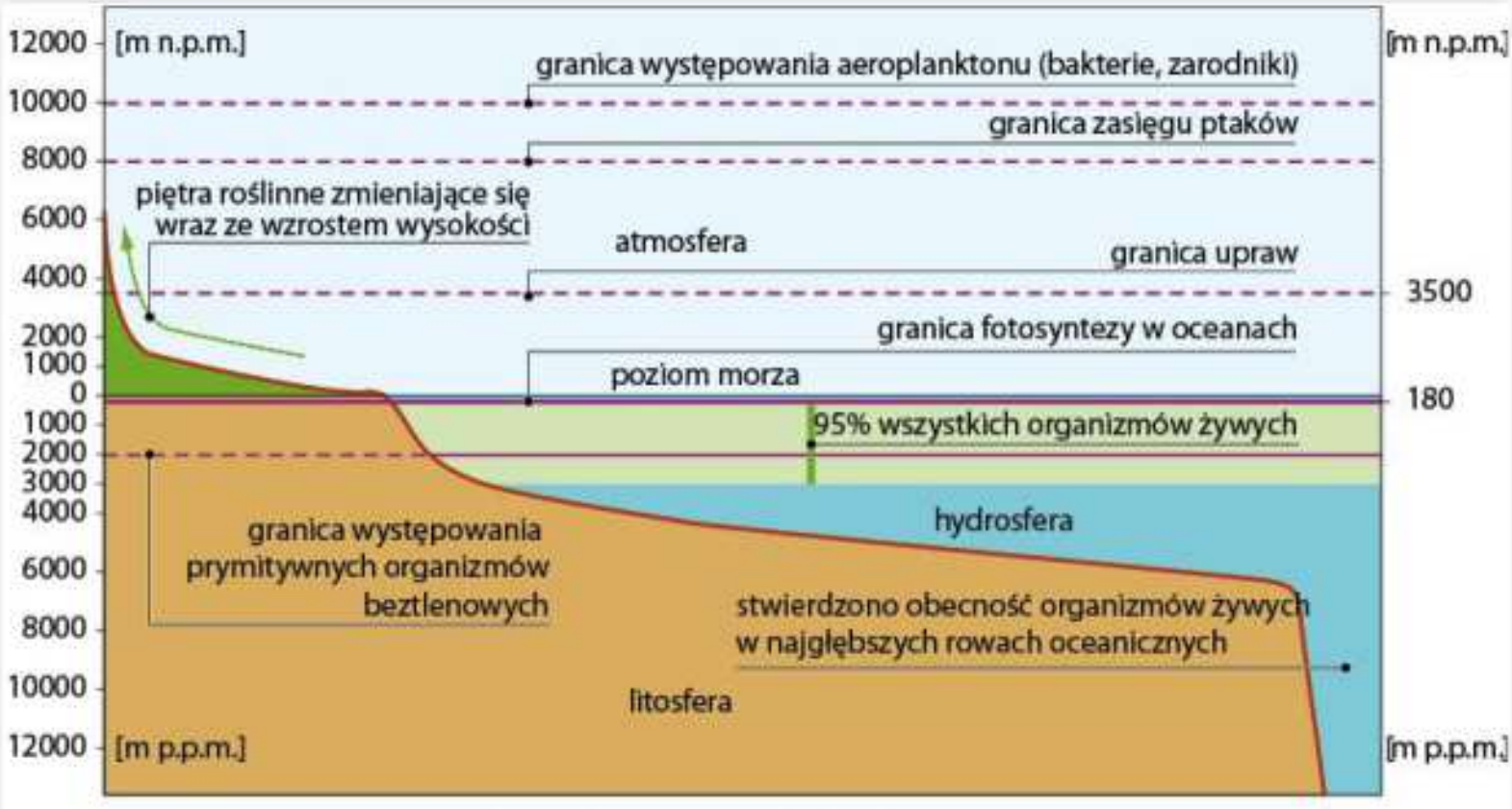
3. Strefowość i piętrowość roślinna

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz zależności między klimatem a występowaniem typów gleb i formacji roślinnych w układzie strefowym.

Rośliny zaliczamy do **biosfery**, która obejmuje wszystkie organizmy żywe występujące na Ziemi, na pograniczu litosfery, atmosfery, hydrosfery i pedosfery. Roślinność odgrywa ważną rolę w biosferze, stanowi źródło pokarmu dla zwierząt i człowieka oraz dostarcza tlenu i reguluje jego zawartość w atmosferze poprzez proces fotosyntezy. Ponadto rośliny są wykorzystywane w gospodarce (np. w budownictwie, przemyśle włókienniczym, farmaceutycznym, jako źródło opału). Stanowią również niezwykle ważny składnik krajobrazu – decydują o jego różnorodności i służą rekreacji człowieka.

◂ biosfera

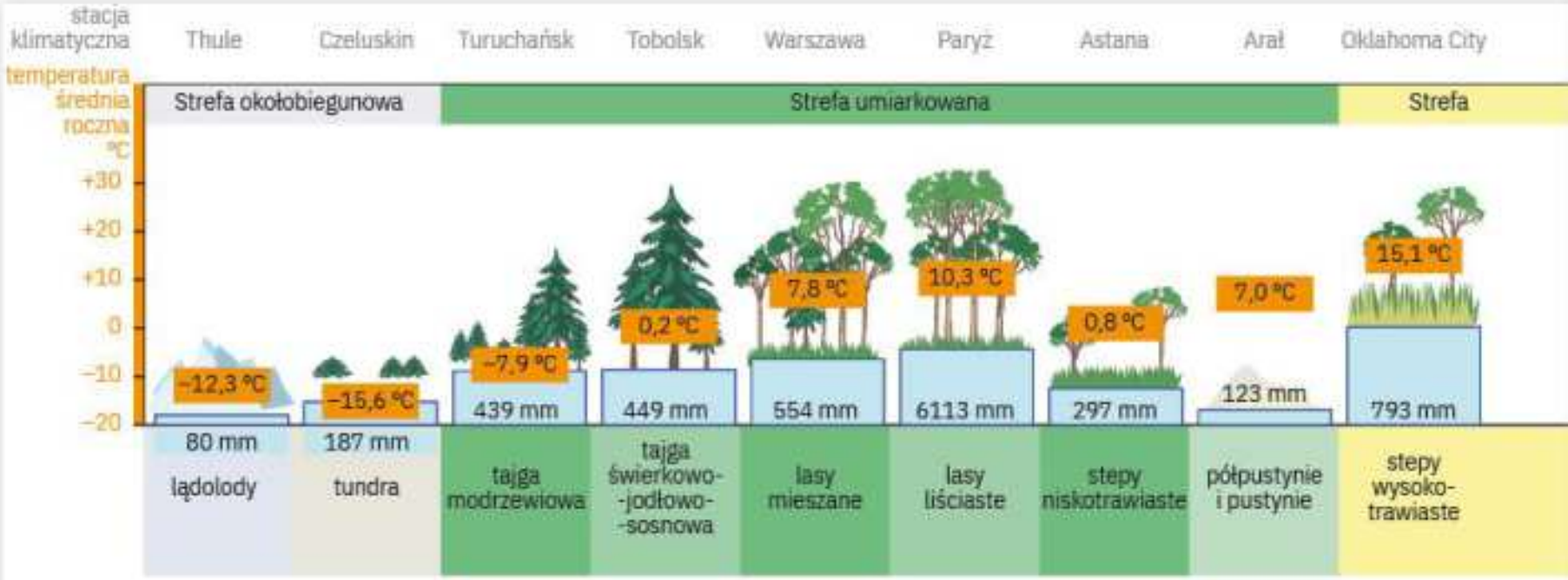


Ryc. VI.3.1. Zasięg występowania organizmów żywych w biosferze.

Roślinność strefowa (zonalna) to **zbiorowiska roślinne (formacje roślinne)** wyróżniające się określonym składem gatunkowym i podobnymi wymaganiami środowiskowymi. Są charakterystyczne dla określonej strefy klimatycznej. **Roślinność astrefową (azonalną)** tworzą formacje roślinne wykazujące większy związek z czynnikami lokalnymi, takimi jak: rzeźba terenu, wysokość n.p.m., warunki wodne, skała podłoża czy działalność człowieka. Przykładem roślinności astrefowej jest roślinność górska, bagienna, wydm nadmorskich, synantropijna (związana z działalnością człowieka).

◂ roślinność strefowa

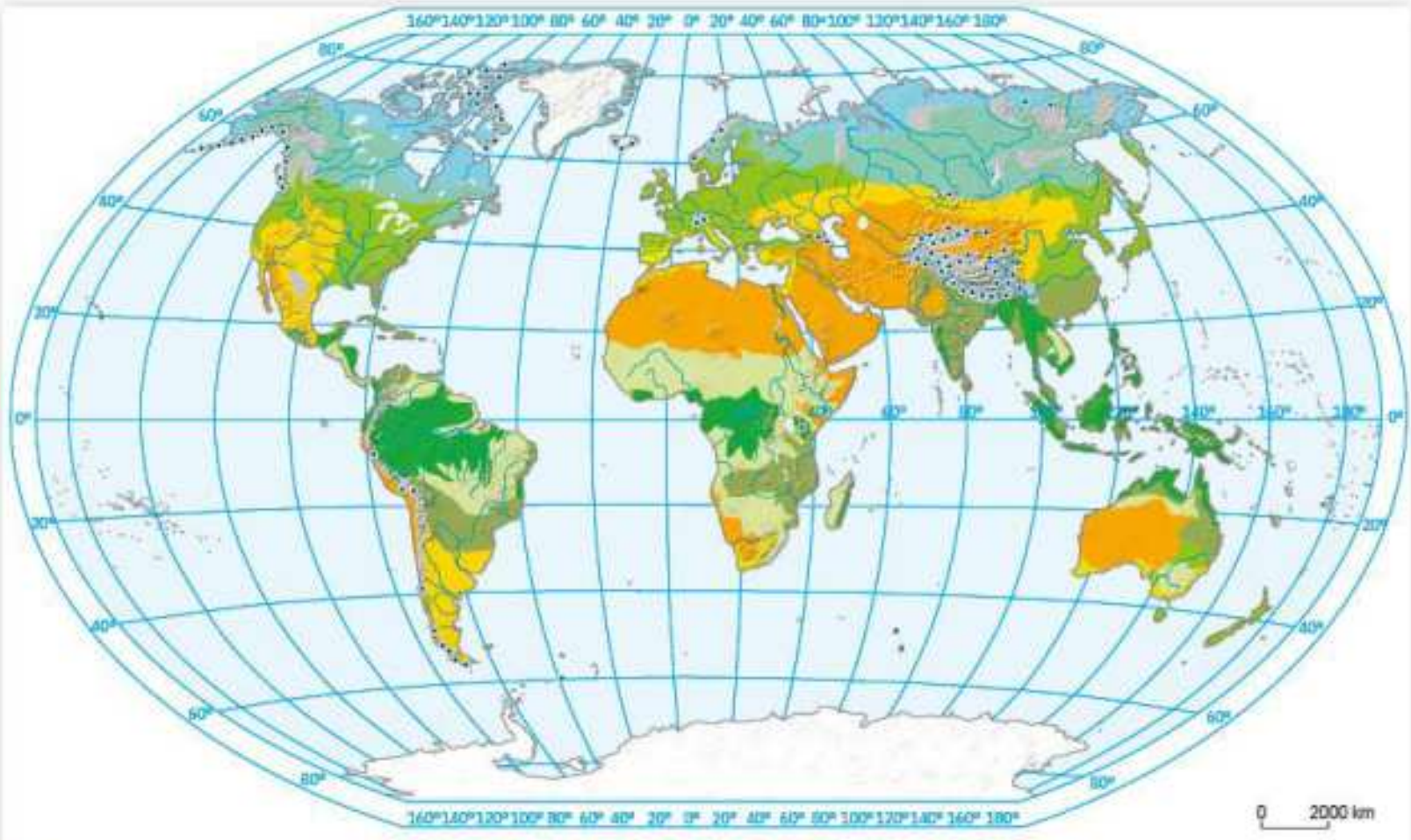
◂ roślinność astrefowa



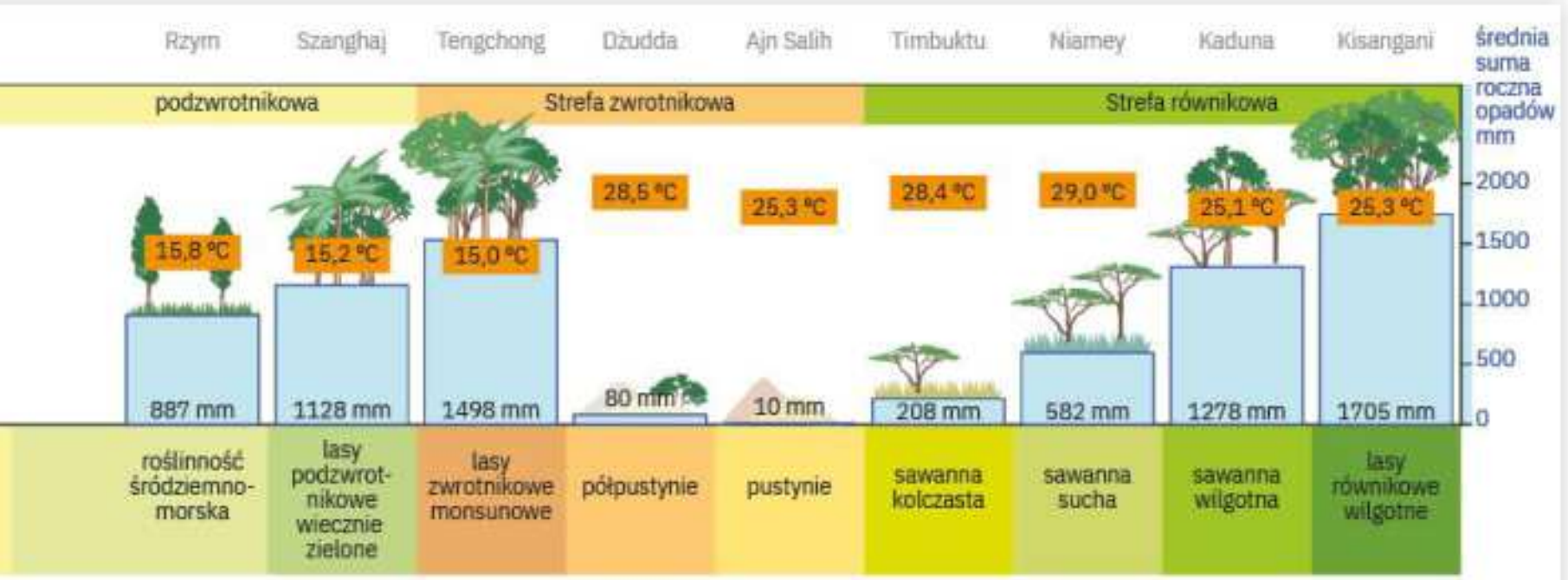
Ryc. VI.3.2. Czynniki wpływające na rozmieszczenie szaty roślinnej na Ziemi.

rozmieszczenie roślinności

Rośliny występują niemal wszędzie na Ziemi, z wyjątkiem obszarów zlodowaconych i terenów wybitnie suchych. Charakteryzują się bogactwem gatunkowym i zależnością od temperatury i opadów. Na przykład lasy mogą występować w klimacie, w którym temperatura najcieplejszego miesiąca przekracza 10°C i jest wystarczająca ilość opadów. Granice stref roślinnych wzajemnie się przenikają, tworząc strefy przejściowe, na przykład lasotundra, lasostep, półpustynia.



Ryc. VI.3.3. Rozmieszczenie głównych formacji roślinnych.



Strefa wiecznie zielonych lasów równikowych

lasy równikowe

W klimacie równikowym dominują **wilgotne wiecznie zielone lasy równikowe** o największej różnorodności gatunkowej na Ziemi. Występują na czerwonych i żółtych glebach ferralitowych (laterytowych). Ich zasięg obejmuje w Afryce Kotlinę Kongo i obszar nad Zatoką Gwinejską, w Ameryce Południowej dorzecze Amazonki (znane pod lokalną nazwą **selva**) oraz w Azji zachodnią część Półwyspu Indyjskiego i Indochińskiego, Archipelag Malajski oraz Filipiny.

W lesie równikowym roślinność tworzy kilka warstw, a najwyższe drzewa sięgają 60–80 m. Warstwa koron drzew jest silnie zwarta. Na jednym hektarze powierzchni lasu równikowego może występować nawet 200 gatunków drzew, wśród nich na przykład mahoniowce, hebanowce, kauczukowce i bananowce. Rośliny nie wykazują żadnego rytmu wegetacyjnego – kwitną i owocują przez cały rok. Powszechne jest zjawisko kauliflorii, czyli wyrastania kwiatów bezpośrednio z pni drzew. W niższych partiach drzew występują palmy i drzewiaste paprocie oraz **liany** i **epifity**.



Ryc. VI.3.4. Wilgotny las równikowy w Tanzanii.

Liany to pnącza o zdrewniałych łodygach owijające się wokół pni drzew i konarów. Epifity są samożywnymi poroślami; należą do nich na przykład: storczyki, ananasy, kaktusy, niektóre figowce.

Piętra podszytu (krzewy, byliny) i runa leśnego są mniej gęste ze względu na słaby dopływ światła przez zwartą powałę koron drzew i duże zacienienie. Na wybrzeżach morskich (w strefie pływów morskich lub nad ujściowymi dolinami rzek) wy-

lasy namorzynowe ▸ stępują w tej strefie **lasy namorzynowe (mangrowe)** rosnące na słonym podłożu. Ze względu na deficyt tlenu w mulistym podłożu drzewa wykształciły korzenie oddechowe pozwalające korzystać z tlenu w atmosferze oraz liczne korzenie przybyszowe ułatwiające stabilizację rośliny tonącej w wodach przypływów.

Strefa roślinności podrównikowej

Strefa roślinności podrównikowej obejmuje kilka zbiorowisk roślinnych w klimacie podrównikowym w zależności od długości pory suchej, wykształconych na czerwonych glebach ferralitowych, glebach cynamonoczerwonych i czerwonoburych.

lasy monsunowe ▸ **Wilgotne lasy monsunowe** to lasy, które nie tracą liści w porze suchej. Dominują tu sandałowce, cedry, dęby, paprocie, kamforowce oraz palisandry. Wysokość drzew dochodzi do 35 m. Występują w Indiach, na Półwyspie Indochińskim oraz w Birmie (Mjanmie).

Suche lasy monsunowe zrzucają liście w czasie suszy. Ich drzewa są niższe, korony mniej zwarte, przez co warstwa podszytu i runa leśnego jest gęstsza. Zanikają liany i epifity. Można tu spotkać drzewo tekowe, sandałowiec oraz zarośla bambusowe. Występują w centralnej części Półwyspu Indyjskiego.

Suche lasy podrównikowe rosną na obszarach o mniejszej sumie opadów, gdzie pora sucha trwa dłużej. Drzewa mają skórzaste i drobne liście. Osiągają wysokość 8–20 m. Występują tu drzewa niskopienne, suchorośla, rośliny gruboszowate gromadzące wodę w mięsistych liściach lub pędach (sukulenty), kaktusy i wilczomle-



Ryc. VI.3.5. Sawanna w Tanzanii, w tle Masyw Kilimandżaro.

cze. Postępuje rozrzedzenie koron drzew, dno lasu jest całkowicie prześwietlone (lasy świetliste). Występują w południowej i wschodniej Afryce, na Wyżynie Brazylijskiej, Nizinie La Platy oraz Wyżynie Meksykańskiej.

Kolczaste zarośla krzewiaste (występujące pod nazwą: **scrub** w Australii, **busz** w Afryce, **caatinga** w Ameryce Południowej), stanowią pośrednią formację roślinną pomiędzy lasami świetlistymi a sawanną. Rosną w nich niskie drzewa osiągające od 5 do 7 m wysokości. Gubią liście w porze suchej.

Sawanny to formacje trawiaste składające się z traw wieloletnich, suchorostowych, o twardych i ostrych liściach. Wysokość traw może osiągać 2 metrów (sawanny wilgotne), a na suchych sawannach – kilkadziesiąt centymetrów. W obrębie sawanny występują pojedyncze drzewa, jak: akacje, mimozy, eukaliptusy, baobaby, oraz krzewy, na przykład: kaktusy, wilczomlecze, krzewy kserofitowe. Nad ciekami wodnymi mogą występować większe skupiska drzew tworzące tzw. **lasy galeriowe**.

◂ sawanny

Sawanny występują w Afryce: na północ i południe od strefy równikowej, w zachodniej części Madagaskaru, w północnej i południowej Australii, na Wyżynie Brazylijskiej, Nizinie Orinoko.

Strefa gorących pustyń i półpustyń

Duże amplitudy temperatur, mała ilość opadów i wysokie temperatury w strefie klimatu zwrotnikowego wybitnie suchego nie sprzyjają istnieniu zwartej roślinności. Podłożem są mało żyzne szaroziemy lub gleby pustynne o dużym stopniu zasolenia. Miejscami występują tu kępy suchych traw i porosty. Bujniejsza roślinność rośnie jedynie w oazach o płytkim poziomie wód gruntowych.

Strefa obejmuje **pustynie** Afryki: Saharę, Kalahari, Namib, południowo-zachodnią Azję, południowo-zachodnią część USA, północny Meksyk, pustynię Atacama w Chile oraz pustynie Australii.

◂ pustynie



Ryc. VI.3.6. Uboga roślinność pustynna na Saharze (Maroko).

Na terenach pustyń i półpustyń rośliny przystosowały się do przetrwania długich okresów suszy poprzez:

- zmniejszenie parowania (**kserofity**, czyli rośliny sucholubne, np. kaktusy),
- rozbudowany system korzeniowy,
- okresowe spowolnienie, a nawet zahamowanie czynności życiowych,
- magazynowane wody w tkankach (**sukulenty** – kaktus, agawa, aloes),
- przystosowanie do środowiska słonego (**halofity**, np. tamaryszki),
- istnienie form przetrwalnikowych – zarodniki, bulwy, kłącza,
- szybki cykl rozwojowy w krótkim okresie wegetacji (po sporadycznych opadach deszczu – **rośliny efemeryczne**).

strefa roślinności twardolistnej

Strefa roślinności twardolistnej

Dominującym zbiorowiskiem roślinnym w tej strefie są drzewa i krzewy o twardych, wiecznie zielonych liściach zmniejszających parowanie. Formacja ta nazywa się w regionie śródziemnomorskim **makią**, a w Kalifornii – **chapparal**.

Zarośla twardolistne występują w klimacie podzwrotnikowym morskim, o gorących i suchy latach i opadach obecnych głównie w okresie jesienno-zimowym. Wykształcone są głównie na glebach cynamonowych.

Do rozprzestrzenienia się tej formacji roślinnej przyczyniła się działalność człowieka (karczowanie lasów, nadmierny wypas kóz i owiec). W regionie śródziemnomorskim obejmuje ona takie gatunki, jak: dąb korkowy, sosna (pinia śródziemnomorska), kasztan jadalny, oliwka europejska, mirt, wawrzyn, oleander, jałowiec i cyprys, a z roślin zielnych: lawendę, rozmaryn i szałwię. W Ameryce Północnej występuje między innymi: dąb karłowaty, grochodrzew, juka, agawa i opuncja. Strefa roślinności twardolistnej obejmuje basen Morza Śródziemnego, przybrzeżną część Andów w Ameryce Południowej, południową część Afryki (Góry Przylądkowe) oraz południowo-wschodnią Australię.



Ryc. VI.3.7. Twardolistne zarośla makii (Korsyka).

Strefa stepów

Formacja roślinności stepowej jest wykształcona na czarnoziemach w klimacie umiarkowanym ciepłym – kontynentalnym. Mała suma opadów (300–500 mm rocznie) nie sprzyja istnieniu zbiorowisk leśnych, ale umożliwia bujny rozwój roślinności trawiastej.

Skład gatunkowy stepów obejmuje trawy: ostnicę, kostrzewę, turzycę, piołun i perz, a także rośliny cebulkowe i byliny, jak: hiacynt, tulipan, cebula, czosnek, miłek wiosenny i zawilec.

◂ stepy

Stepy występują w środkowo-wschodniej Europie (południowa część Ukrainy i Rosji, Węgry – **puszta**), Azji (Kazachstan, Mongolia, północno-wschodnie Chiny), Ameryce Północnej (**prerie**), Ameryce Południowej (Argentyna – **pampa**). Od północy strefa stepu graniczy z **lasostepem** przechodzącym w lasy mieszane i tajgę, na południu typowy **step ostnicowy** przechodzi w step suchy – **piołunowy**, a następnie w półpustynie. Naturalne stepy zostały zamienione w pola uprawne ze względu na żyzne i urodzajne gleby czarnoziemne.



Ryc. VI.3.8. Step (Półwysep Krymski).

Strefa lasów liściastych i mieszanych zrzucających liście na zimę

◂ lasy liściaste i mieszane

Lasy liściaste i mieszane występują w klimacie umiarkowanym ciepłym morskim i przejściowym najczęściej na glebach brunatnych i płowych. Lasy liściaste zrzucają liście na zimę. Charakteryzują się piętrowością – wyróżnia się zwarte korony drzew, runo leśne i podszyt. Wraz ze zwiększaniem kontynentalizmu następuje skracanie okresu wegetacji, a las liściasty przechodzi w las mieszany z udziałem gatunków iglastych (świerk, jodła, sosna, modrzew).

Typy lasów wyróżniane w tej strefie to:

- buczyna – o przewadze buka,
- dąbrowa – z dominacją dębu szypułkowego,
- grąd – las wielogatunkowy: dąb, grab, lipa, jesion, klon, osika, brzoza, akacja,
- łęg – las wzdłuż dolin rzecznych: olcha, topola, jesion, wierzba, wiąz,
- olsy – zajmuje torfowiska: olcha, zarośla wierzby,
- bór – przewaga drzew iglastych.

Strefa lasów liściastych i mieszanych obejmuje Europę Zachodnią, wschodnią część Ameryki Północnej, wschodnią część Chin oraz południową Japonię.



Ryc. VI.3.9. Las dębowy w Anglii.

borealne lasy iglaste

Strefa borealnych lasów iglastych

Zbiorowiska lasów iglastych porastających północne części Azji, Ameryki Północnej i Europy są nazywane **tajgą**. Krótki okres wegetacji nie pozwala na odrodzenie liści drzew liściastych, dlatego stanowią one tylko domieszkę (głównie gatunki drobnolistne jak brzoza, topola, olcha, wierzba, jarząb).

Dominują drzewa iglaste (świerk, jodła, sosna, modrzew, limba). Tajgę świerkowo-jodłową nazywa się tajgą ciemną, a modrzewiową – jasną. Runo leśne stanowią mchy, porosty, borówki, paprocie i wrzosy.

Obszary tajgi są często podmokłe i zabagnione, gdyż wieczna zmarzlina nie pozwala na infiltrację wody w głąb gleby. Dominującym typem gleb są gleby bielicowe.



Ryc. VI.3.10. Tajga syberyjska.

Strefa tundry

Tundra jest charakterystyczna dla szerokości okołobiegunowych w klimacie subpolarnym. Skład gatunkowy tundry obejmuje krzewinki, mchy, porosty oraz nieliczne gatunki karłowatych drzew. Występują tu między innymi: brzoza karłowata, wierzba lapońska, chrobotek reniferowy, dębik ośmiopłatkowy, wełnianka. Roślinność jest zwarta, płożąca o charakterze „poduszkowym", aby chronić się przed utratą ciepła. Brak jest roślin jednorocznych – rośliny tundrowe mają podzielony swój mechanizm rozwoju na kilka lat. Okres wegetacji trwa 2–3 miesiące, w podłożu występuje wieloletnia zmarzlina.

◂ tundra

Tundra występuje na północnych obrzeżach Europy, Azji i Ameryki Północnej, na wybrzeżu Grenlandii i wyspach arktycznych.



Ryc. VI.3.11. Tundra w Kanadzie (Yukon).

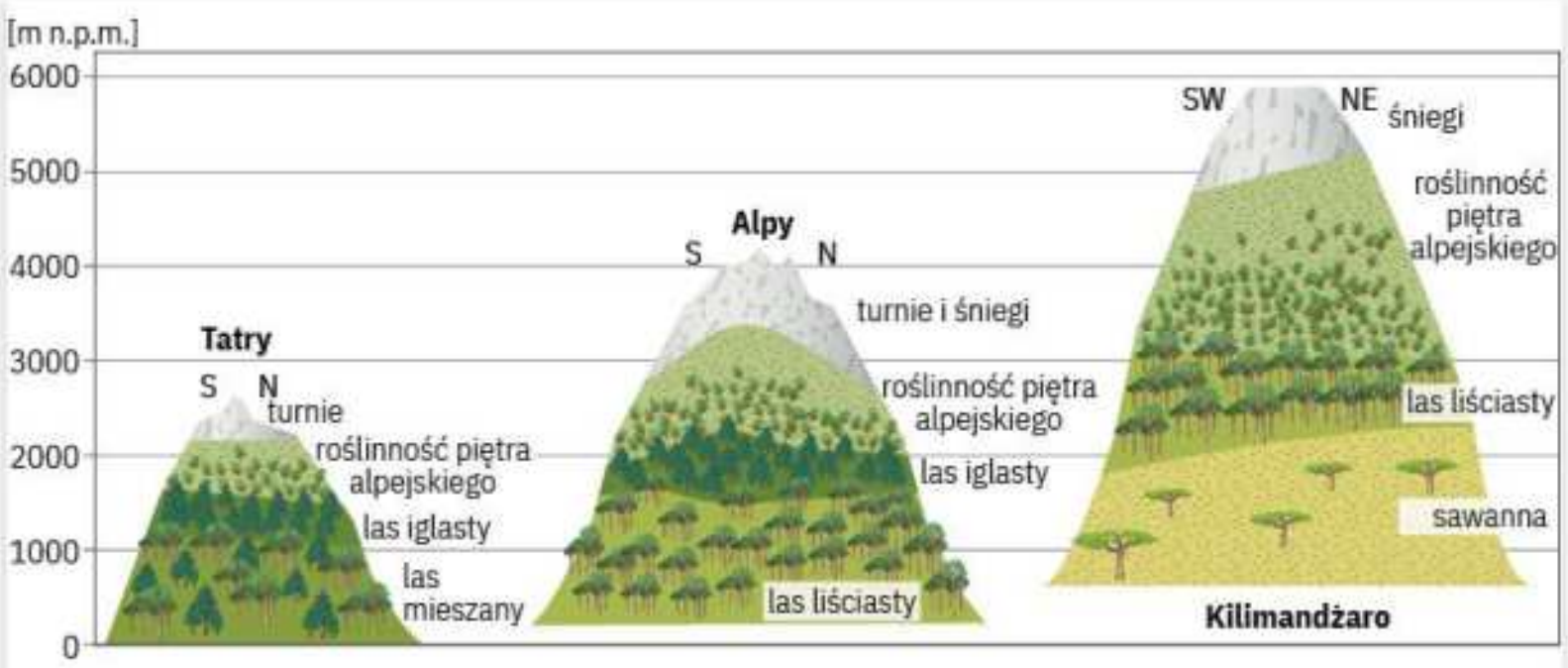
piętrowość klimatyczno-roślinna

Piętrowość klimatyczno-roślinna

Skład gatunkowy roślinności zmienia się wraz z wysokością n.p.m. Wraz z wysokością zmniejsza się temperatura i skraca się okres wegetacji, zmienia się także ilość, rodzaj i rozkład opadów atmosferycznych.

Na obszarach górskich roślinność charakteryzuje się **piętrowością**. W zależności od szerokości geograficznej, ekspozycji stoków, charakteru podłoża, wpływu prądów morskich i mikroklimatu mogą się różnić wysokość, układ i typ roślinności poszczególnych pięter. Pionowy układ pięter roślinnych jest odzwierciedleniem zróżnicowania stref klimatycznych – im wyższe piętro roślinności, tym jego odpowiednikiem jest strefa klimatyczna panująca bardziej na północ (na półkuli północnej). Na przykład piętro regla górnego w Tatrach przypomina tajgę, a piętro roślinności alpejskiej – tundrę. Najniższe piętro roślinności odpowiada miejscowym warunkom klimatycznym. W Tatrach najniższym piętrem jest piętro lasu mieszanego (regla dolnego) – do około 1200 m n.p.m., powyżej którego występuje piętro regla górnego (las iglasty) – do około 1500 m n.p.m. Piętro roślinności alpejskiej obejmuje piętro kosodrzewiny (1500–1800 m n.p.m.) oraz hal alpejskich (maksymalnie do 2300 m n.p.m.). Powyżej występuje piętro turni, gdzie roślinność występuje tylko w zagłębieniach bądź szczelinach skalnych (mchy i porosty). W Alpach poszczególne piętra roślinności występują odpowiednio wyżej, na przykład piętro lasów iglastych sięga do około 2000 m n.p.m., a piętro kosodrzewiny – do 2400 m n.p.m. W Masywie Kilimandżaro najniższym piętrem, związanym z miejscowymi warunkami klimatycznymi odpowiadającymi szerokości geograficznej, jest sawanna, dopiero od około 2000 m n.p.m. zaczyna się piętro lasu liściastego (**ryc. VI.3.12.**). Niekiedy po obu stronach gór wysokość poszczególnych pięter jest zróżnicowana (**niesymetryczna**), co zależy od układu pasm górskich. Granice pięter będą inne na stokach północnych i południowych, zawietrznych i dowietrznych czy zwróconych w stronę morza i lądu.

asymetryczność pięter roślinnych



Ryc. VI.3.12. Piętrowość roślinna w Tatrach, Alpach oraz Masywie Kilimandżaro.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Przygotuj prezentację na temat wpływu działalności człowieka na rozmieszczenie roślinności na wybranych przykładach.
2. Określ zależności występowania podanej formacji roślinnej od warunków klimatycznych, glebowych oraz działalności człowieka na przykładzie:

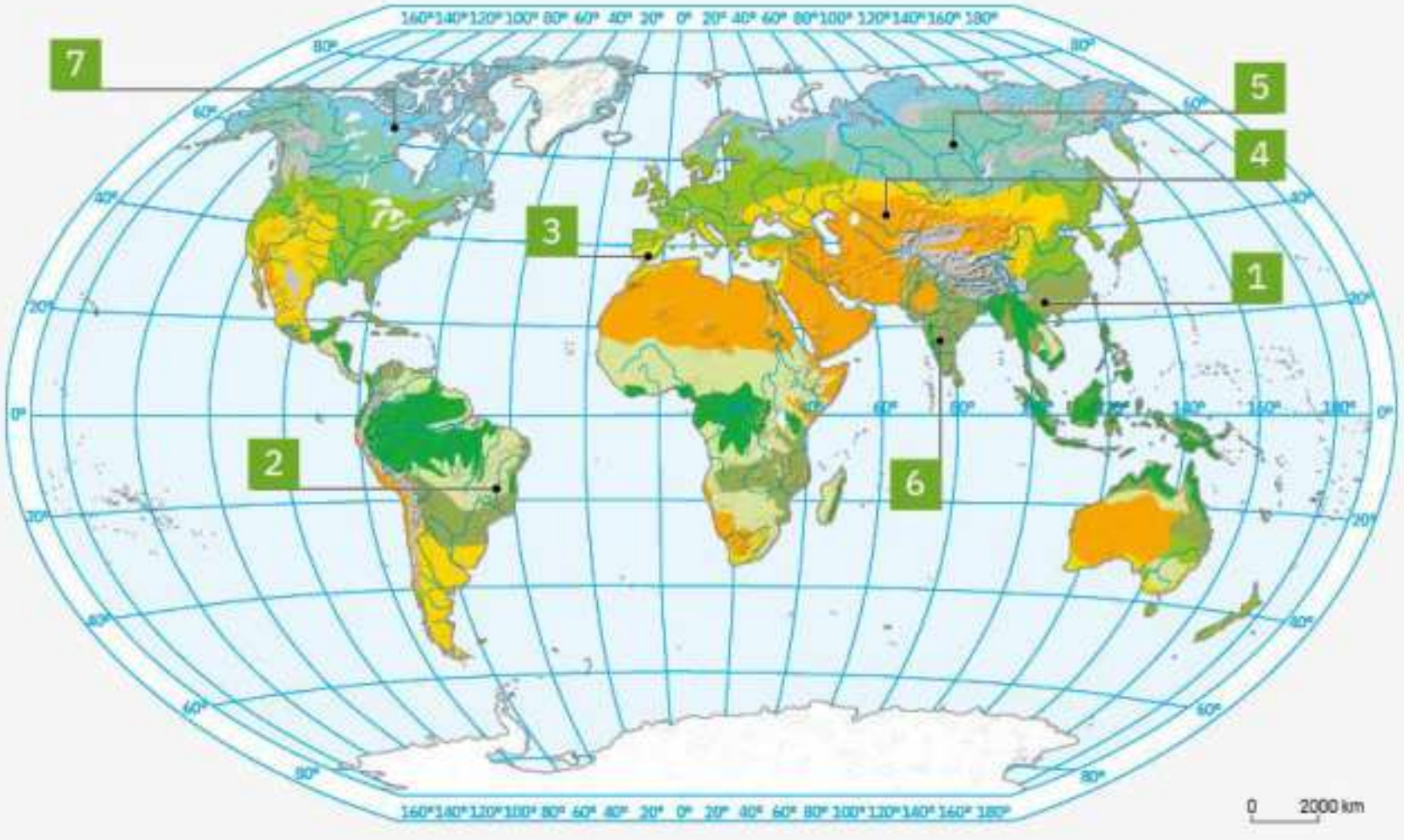
   a) wiecznie zielonych lasów równikowych,

   b) roślinności twardolistnej (makii),

   c) stepu.
3. Zapisz w zeszycie kolejno strefy roślinne i glebowe występujące w Ameryce Południowej.
4. Wyjaśnij, dlaczego po południowej stronie Himalajów granica wiecznego śniegu przebiega niżej niż po stronie północnej.
5. Przygotuj prezentację na temat piętrowości roślinnej w Alpach.
6. Omów czynniki wpływające na piętrowość roślinną w Masywie Kilimandżaro.
7. Wykonaj w zeszycie polecenia.

   a) Przyporządkuj do ponumerowanych miejsc na mapie poniższe formacje roślinne.

zarośla twardolistne makki, tajga, lasy podzwrotnikowe wiecznie zielone, lasy podzwrotnikowe suche, sawanna, pustynia, tundra, step, półpustynia



b) Wyjaśnij, jaka jest różnica pomiędzy suchymi lasami monsunowymi a suchymi lasami podrównikowymi.

c) Określ zależność pomiędzy piętrowością roślinną a szerokością geograficzną.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 395 ▸ • **Roślinność strefowa (zonalna)** to zbiorowiska roślinne (formacje roślinne) wyróżniające się określonym składem gatunkowym i podobnymi wymaganiami środowiskowymi. Są charakterystyczne dla określonej strefy klimatycznej.

s. 395 ▸ • **Roślinność astrefowa (azonalna)** to formacje roślinne wykazujące większy związek z czynnikami lokalnymi, jak rzeźba terenu, wysokość n.p.m., warunki wodne, skały podłoża czy działalność człowieka (np. roślinność górska, roślinność bagienna, roślinność wydm nadmorskich, roślinność synantropijna).

s. 396 ▸ • **Rozmieszczenie roślinności** wykazuje ścisły związek ze strefami klimatycznymi, glebowymi, warunkami wodnymi oraz działalnością człowieka.

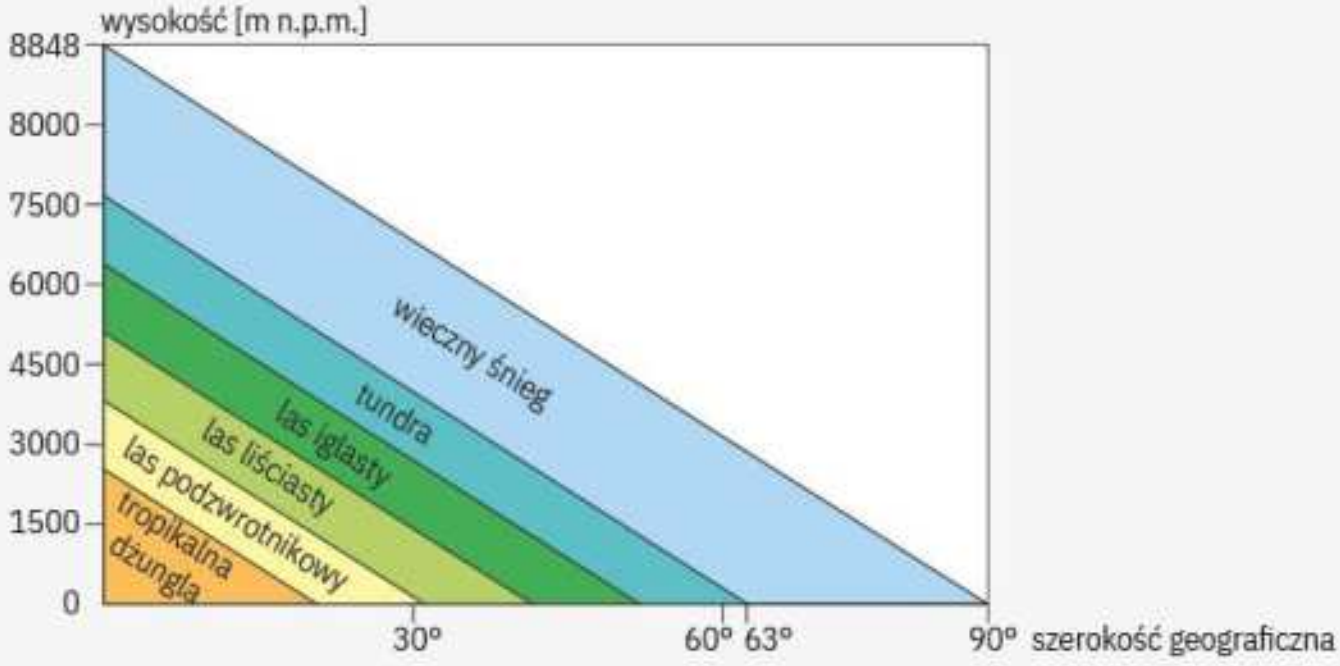
Strefowe zróżnicowanie środowiska przyrodniczego.

Strefy klimatyczne			Gleby	Formacje roślinne
0°	strefa klimatów równikowych	typ równikowy wybitnie wilgotny	czerwone i żółte gleby ferralitowe (laterytowe)	wiecznie zielony las równikowy
10°		typ podrównikowy	czerwone gleby ferralitowe (laterytowe)	las zrzucający liście w porze suchej, sawanna
23°26′				
30°	strefa zwrotnikowa		szaroziemy półpustynne, słabo wykształcone gleby pustyń	półpustynie i pustynie
40°	strefa podzwrotnikowa		gleby cynamonowe	roślinność twardolistna
50°	strefa umiarkowana	typ umiarkowany ciepły	gleby kasztanowe, czarnoziemy	stepy
60°			gleby brunatne i płowe	lasy liściaste i mieszane
66°		typ umiarkowany chłodny	gleby bielicowe	tajga
80°	strefa okołobiegunowa		gleby tundrowe	tundra
90°				pustynia lodowa

s. 404 ▸ • Na obszarach górskich roślinność charakteryzuje się **piętrowością** (skład gatunkowy zbiorowisk roślinnych zmienia się wraz z wysokością).

Na **wysokość poszczególnych pięter roślinności** w górach mają wpływ:
- szerokość geograficzna,
- warunki klimatyczne,
- ekspozycja stoków (północny, południowy, zawietrzny lub dowietrzny),
- zwrócenie stoków w stronę morza lub lądów.

• Piętra roślinne po obu stronach stoków mogą cechować się **asymetrycznością.** s. 404



PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

s. 374–375

Charakterystyka procesów glebotwórczych

Proces glebotwórczy	Charakterystyka
procesy przygotowawcze	– obejmują różne typy wietrzenia skał
humifikacja	– rozkład szczątków roślinnych i zwierzęcych pod wpływem mikroorganizmów (np. bakterii i grzybów) prowadzący do powstania humusu (próchnicy)
mineralizacja	– procesy przemiany związków organicznych w mineralne
proces wymywania (eluwialny)	– rozpuszczanie związków organicznych i mineralnych oraz ich wymywanie i przemieszczanie w głąb gleby
proces wmywania (iluwialny)	– odkładanie się związków mineralnych wypłukanych z nadległej części gleby
proces brunatnienia	– uwalnianie się związków żelaza i glinu prowadzące do brunatnego zabarwienia gleby; powstaje w klimacie umiarkowanym wilgotnym, na glebach o podłożu zasadowym (wapienie, magnez) pod roślinnością lasów liściastych
oglejenie (proces glejowy)	– redukcja niektórych związków mineralnych (np. żelaza) w warunkach braku dostępu do tlenu z powodu nadmiernego uwilgotnienia gleby – gleba ma zabarwienie sinoniebieskie z rdzawymi wytrąceniami

s. 375–376

Charakterystyka poziomów glebowych (genetycznych)

Poziom glebowy	Charakterystyka
poziom O (poziomy i warstwy organiczne)	– Obejmuje obumarłe szczątki organiczne wykształcone w różnych warunkach wilgotnościowych. – W warunkach anaerobowych (beztlenowych) i o dużym nawilgoceniu powstaje torf i muł, natomiast w warunkach aerobowych (tlenowych) tworzy się ściółka leśna (z liści, igliwia, gałązek, szyszek, runa leśnego).
poziom A (próchniczny)	– Jest tu nagromadzona zhumifikowana materia organiczna (próchnica) o ciemnej barwie, gruzełkowej strukturze i dużej aktywności organizmów żywych.
poziom E (wymywania, eluwialny)	– To poziom mineralny, w którym następuje wymywanie niektórych składników mineralnych w głąb profilu glebowego. – Ma zabarwienie jasnoszare ze względu na występowanie ziaren kwarcu. – Jest charakterystyczny dla gleb bielicowych, w których ma miejsce wypłukiwanie (ługowanie) związków żelaza, próchnicy oraz glinu pod wpływem kwasów powstałych z rozkładu igliwia sosny i świerka.
poziom B (wzbogacania, iluwialny)	– To poziom mineralny występujący pod poziomem próchnicznym lub eluwialnym, o dużej koncentracji minerałów ilastych, wapnia, żelaza, glinu lub próchnicy. – Ma zabarwienie rdzawoszare lub jasnobrunatne. – Jest charakterystyczny dla gleb brunatnych występujących pod lasami liściastymi.
poziom G (glejowy)	– Jest poziomem mineralnym o stale występujących warunkach anaerobowych (beztlenowych) i trwałym nasyceniu wodą. – Następuje w nim proces redukcji żelaza i manganu w obecności bakterii beztlenowych. – Ma niebieskawosine zabarwienie pochodzące od wytrąconych związków żelaza.
poziom C (poziom materiałów macierzystych)	– Tworzą go warstwy w niewielkim stopniu przekształcone przez procesy glebotwórcze i pozbawione właściwości poziomów O, A, E lub B. – Mogą to być zwietrzałe skały podłoża glebowego.
poziom R (podłoże skalne)	– Obejmuje litą skałę (np. granit, bazalt, wapień lub piaskowiec), w której nie zachodzą procesy glebotwórcze.

Typ strefowy gleby ze względu na klimat w którym występują

s. 385 –388

KLIMAT RÓWNIKOWY WILGOTNY	
Typ strefowy gleby	czerwono-żółte gleby ferralitowe (laterytowe)
Charakterystyka gleby	– powstają w wyniku wietrzenia chemicznego – zawierają dużo związków żelaza i glinu – są ubogie w próchnicę (1–3%), ze względu na szybki rozkład materii organicznej i intensywne procesy zmywania – mają odczyn kwaśny
Formacja roślinna	wilgotne lasy równikowe
Występowanie	kotlina Amazonki, Ameryka Środkowa, Kotlina Kongo, Zatoka Gwinejska, Madagaskar, Półwysep Indochiński, Archipelag Malajski
Przydatność rolnicza	mało urodzajne, uprawa kakao, herbaty, kauczuku naturalnego, cytrusów
Typ gleby wg FAO	ferralsole, plintosole
KLIMAT PODRÓWNIKOWY	
Typ strefowy gleby	czerwone gleby ferralitowe (odmiana wilgotna), gleby cynamonowoczerwone oraz czerwonobure (odmiana sucha), czarne gleby tropikalne (strefa przejściowa)
Charakterystyka gleby	– intensywne wietrzenie w czasie pory deszczowej – wysychanie profilu glebowego w ciągu okresu suchego – odwadnianie tlenków żelaza – konkrecje żelaziste – czarne gleby tropikalne zawierają dużo frakcji iłowej, a ich materiałem macierzystym są zasadowe skały magmowe (bazalt, gabro)
Formacja roślinna	lasy podrównikowe, sawanny, lasy kserotermiczne, zarośla tropikalne
Występowanie	zachodnia część Półwyspu Indyjskiego, Indonezja, Wietnam, północna i środkowa część Ameryki Południowej, otoczenie strefy równikowej wilgotnej w Afryce, północna Australia
Przydatność rolnicza	czerwone gleby ferralitowe: ryż, trzcina cukrowa, bataty, maniok, kakao, banany; gleby cynamonowoczerwone i czerwonobure: wykorzystywane jako pastwiska; czarne gleby tropikalne: uprawa bawełny, pszenicy, jęczmienia, sorgo (w Indiach nazywane są czarnymi glebami bagiennymi lub regurami)
Typ gleby wg FAO	ferralsole, plintosole, liksisole, vertisole
KLIMAT ZWROTNIKOWY I PODZWROTNIKOWY MONSUNOWY, ZWROTNIKOWY MORSKI	
Typ strefowy gleby	żółtoziemy i czerwonoziemy
Charakterystyka gleby	– powstają na skałach ilastych i łupkach (żółtoziemy) oraz andezytach i bazaltach (czerwonoziemy) – intensywny proces mineralizacji – ubogie w próchnicę (1–2%) – koncentracja wodorotlenków żelaza i glinu – odczyn kwaśny
Formacja roślinna	wilgotne lasy podzwrotnikowe
Występowanie	południowo-wschodnia część USA, Azja Wschodnia, południowa Brazylia, wybrzeże Oceanu Spokojnego w Australii
Przydatność rolnicza	herbata, ryż, rośliny cytrusowe
Typ gleby wg FAO	akrisole i alisole

KLIMAT ZWROTNIKOWY I PODZWROTNIKOWY KONTYNENTALNY	
Typ strefowy gleby	szaroziemy, buroziemy, inicjalne gleby pustynne
Charakterystyka gleby	– bardzo krótka wegetacja roślin – ubogie w próchnicę – często zasolone – odczyn zasadowy – powstałe na skałach osadowych – wietrzenie fizyczne skał – transport eoliczny
Formacja roślinna	podzwrotnikowe suche stepy, niskotrawiaste sawanny, pustynie i półpustynie (sukulenty, roślinność halofitowa)
Występowanie	Sahara, Półwysep Arabski, środkowa Australia, Kotlina Kalahari, Azja Środkowa
Przydatność rolnicza	użytkowane jako pastwiska, a przy sztucznym nawadnianiu możliwa uprawa bawełny, kukurydzy i pszenicy
Typ gleby wg FAO	gipsosole, arenosole i regosole
KLIMAT PODZWROTNIKOWY MORSKI (ŚRÓDZIEMNOMORSKI)	
Typ strefowy gleby	gleby cynamonowe
Charakterystyka gleby	– powstają w wyniku wietrzenia węglanowego – zasobne w próchnicę (do 8%)
Formacja roślinna	twardolistna formacja krzewiasta (makia)
Występowanie	region śródziemnomorski, południowa część RPA, Australia – południowo-zachodnia część Wielkich Gór Wododziałowych, południowa część pampy argentyńskiej, Ameryka Północna (Sierra Madre Zachodnia i Wschodnia)
Przydatność rolnicza	gleby urodzajne (wymagają nawadniania), uprawa oliwek, winorośli, krzewów cytrusowych
Typ gleby wg FAO	kalcisole
KLIMAT UMIARKOWANY CIEPŁY MORSKI	
Typ strefowy gleby	gleby brunatne i płowe
Charakterystyka gleby	– wytworzone z utworów gliniastych – średnia zawartość próchnicy (3–4%) – poziom wzbogacania (B) o barwie brunatnej od związków żelaza
Formacja roślinna	las liściasty i mieszany
Występowanie	Europa Zachodnia i Środkowa, północno-zachodnie USA, Azja Wschodnia (Mandżuria, Półwysep Koreański, Japonia), Nowa Zelandia
Przydatność rolnicza	rośliny zbożowe, okopowe dają wysokie plony przy intensywnym nawożeniu
Typ gleby wg FAO	kambisole
KLIMAT UMIARKOWANY CIEPŁY KONTYNENTALNY	
Typ strefowy gleby	czarnoziemy powstałe na lessach, gleby kasztanowe
Charakterystyka gleby	czarnoziemy: – zawierają dużą ilość masy organicznej – duża miąższość poziomu próchnicznego (ponad 1 m) – zawartość próchnicy nawet do 20% gleby kasztanowe: – mniejsza zawartość próchnicy (2,5–4,5%) – miąższość poziomu próchnicznego nie przekracza 35–40 cm – w miarę wzrostu suchości klimatu wykazują zasolenie
Formacja roślinna	roślinność stepowa

Występowanie	pas od wschodnich granic Polski przez Ukrainę, Kazachstan do górnego Irtyszu i Obu, dorzecze górnego Amuru, prerie środkowej części Ameryki Północnej, pampa argentyńska
Przydatność rolnicza	gleby urodzajne, pszenica, buraki cukrowe, kukurydza
Typ gleby wg FAO	czarnoziemy, kasztanoziemy
KLIMAT UMIARKOWANY CHŁODNY	
Typ strefowy gleby	gleby bielicowe i płowe
Charakterystyka gleby	– tworzą się na piaskach – zawartość próchnicy do 3% – nazwa od białawo-szarego zabarwienia w poziomie wymywania – odczyn kwaśny – duża przepuszczalność
Formacja roślinna	lasy iglaste tajgi
Występowanie	Europa Północna, zachodnia Syberia, Kanada, Alaska
Przydatność rolnicza	konieczność intensywnego nawożenia, uprawa ziemniaków, żyta, owsa i jęczmienia
Typ gleby wg FAO	podzole, podzoluwisole
KLIMAT SUBPOLARNY	
Typ strefowy gleby	gleby kriogeniczne, gleby glejowe
Charakterystyka gleby	– gleby wytworzone w środowisku wieloletniej zmarzliny – powstałe na utworach morenowych, podmokłych – gleby glejowe wykazują cechy oglejenia z niebiesko-rdzawymi przebarwieniami
Formacja roślinna	tundra (krzewinki, mchy, porosty)
Występowanie	północne obrzeża Europy, Azji i Ameryki Północnej
Przydatność rolnicza	baza paszowa dla hodowli reniferów, w południowej części tundry uprawia się ziemniaki, marchew i kapustę
Typ gleby wg FAO	kriosole, glejsole
KLIMAT POLARNY	
Typ strefowy gleby	gleby poligonalne i strukturalne
Charakterystyka gleby	– gleby wczesnego stadium rozwoju – słabe zróżnicowanie na poziomy genetyczne, zbudowane z materiału piaszczystego i gliniastego, ograniczone kamienistymi wielobokami – wielokrotne zamarzanie i rozmarzanie powoduje przesuwanie się w góry profilu dużych fragmentów zwietrzeliny ku powierzchni (poligony mrozowe)
Formacja roślinna	pustynia lodowa
Występowanie	wolne od lodu wyspy Morza Arktycznego, niezlodowacone archipelagi antarktyczne
Przydatność rolnicza	–
Typ gleby wg FAO	regosole i glejsole

s. 390 ▸ **Charakterystyka gleb śródstrefowych i niestrefowych**

Typy gleb	Charakterystyka gleb	Nazwa gleb wg FAO
gleby śródstrefowe	Mady (gleby aluwialne) – powstają w wyniku akumulacji mułów, piasków i żwirów rzecznych. Tworzą się w dolinach lub deltach rzek. Są bardzo żyzne i zasobne w próchnicę.	fluwisole
	Czarne ziemie – powstają w podmokłych zagłębieniach terenu przy udziale roślinności łąkowej. Zawierają węglany i minerały ilaste.	feoziemy
	Rędziny – gleby, których utworami macierzystymi są wapienie lub gipsy. To żyzne gleby, ale trudne w uprawie (mogą zawierać większe fragmenty zwietrzeliny).	leptosole lub kalcisole
	Gleby bagienne – tworzą się przy płytkim zaleganiu zwierciadła wód podziemnych. Są glebami mało urodzajnymi, o nieprzepuszczalnym podłożu i niewielkiej zawartości próchnicy.	histosole
gleby niestrefowe (azonalne)	Gleby górskie – gleby w początkowym stadium rozwoju, o płytkim profilu glebowym, podatne na procesy erozji i masowe ruchy grawitacyjne, zawierają duże okruchy skalne i są ubogie w próchnicę.	leptosole
	Gleby antropogeniczne – to np. hortisole – gleby ogrodowe, które dzięki stosowaniu zabiegów agrotechnicznych zawierają dużo próchnicy, urbisole – czyli gleby położone na obszarach zabudowanych czy gleby industrialne – na obszarach poprzemysłowych, zdegradowanych.	hortisole, urbisole, industriosole

s. 395 –396 ▸ **Zróżnicowanie stref roślinnych**

Nazwa strefy roślinnej/ formacja roślinna	Cechy charakterystyczne
STREFA WIECZNIE ZIELONYCH LASÓW RÓWNIKOWYCH	
wilgotne wiecznie zielone lasy równikowe	– olbrzymia różnorodność gatunkowa – czerwone i żółte gleby ferralitowe (laterytowe) – roślinność tworzy kilka warstw – warstwa koron drzew jest silnie zwarta – najwyższe drzewa sięgają 60–80 m – drzewiaste paprocie, liany i epifity – zjawisko kauliflorii (wyrastanie kwiatów bezpośrednio z pni drzew)
lasy namorzynowe (mangrowe)	– rosną na słonym podłożu – drzewa mają korzenie oddechowe oraz liczne korzenie przybyszowe
STREFA ROŚLINNOŚCI PODRÓWNIKOWEJ	
wilgotne lasy monsunowe	– nie tracą liści w porze suchej – wysokość drzew dochodzi do 35 m – czerwone gleby ferralitowe, gleby cynamonowoczerwone i czerwonobure
suche lasy monsunowe	– tracą liście w porze suchej – drzewa są niższe – korony drzew mniej zwarte – gęstsza warstwa podszytu i runa leśnego
suche lasy podrównikowe	– występują na obszarach o mniejszej ilości opadów – mają skórzaste i drobne liście – wysokość drzew 8–20 m – drzewa niskopienne, suchorośla, rośliny gruboszowate – dno lasu jest prześwietlone

Nazwa strefy roślinnej/ formacja roślinna	Cechy charakterystyczne
kolczaste zarośla krzewiaste	– pośrednia formacja pomiędzy lasem a sawanną – niskie drzewa – 5–7 m wysokości – tracą liście w porze suchej – lokalne nazwy: scrub, busz, caatinga
sawanny	– formacje trawiaste – trawy wieloletnie, suchorostowe, o twardych i ostrych liściach – wysokość traw do 2 m na sawannach wilgotnych – występują pojedyncze drzewa (akacje, eukaliptusy, baobaby) – nad ciekami wodnymi większe skupiska drzew (lasy galeriowe)
STREFA GORĄCYCH PUSTYŃ I PÓŁPUSTYŃ	
pustynie i półpustynie	– kserofity (rośliny sucholubne) – rozbudowany system korzeniowy – okresowe spowolnienie, a nawet zahamowanie czynności życiowych – magazynowane wody w tkankach (sukulenty – kaktus, agawa, aloes) – przystosowanie do środowiska słonego (**halofity** – tamaryszki) – istnienie form przetrwalnikowych – zarodniki, bulwy, kłącza – szybki cykl rozwojowy w krótkim okresie wegetacji (po sporadycznych opadach deszczu – **rośliny efemeryczne**)
STREFA ROŚLINNOŚCI TWARDOLISTNEJ	
makia (region śródziemnomorski), chapparal (Kalifornia)	– drzewa i krzewy o twardych, wiecznie zielonych liściach, zmniejszających parowanie – gleby cynamonowe – w regionie śródziemnomorskim obejmuje takie gatunki, jak: dąb korkowy, sosna (pinia śródziemnomorska), kasztan jadalny, oliwka europejska, mirt, wawrzyn, oleander, jałowiec i cyprys, a z roślin zielnych: lawendę, rozmaryn i szałwię – w Ameryce Północnej występuje m.in. dąb karłowaty, grochodrzew, juka, agawa i opuncja
STREFA STEPÓW	
stepy (lokalne nazwy: puszta, prerie, pampa)	– roślinność trawiasta – skład gatunkowy: trawy: ostnica, kostrzewa, turzyca, piołun i perz, oraz rośliny cebulkowe i byliny: hiacynt, tulipan, cebula, czosnek, miłek wiosenny i zawilec – naturalne stepy zostały zamienione w pola uprawne ze względu na żyzne i urodzajne gleby czarnoziemne
lasostep	– formacja pośrednia pomiędzy stepem a tajgą
STREFA LASÓW LIŚCIASTYCH I MIESZANYCH ZRZUCAJĄCYCH LIŚCIE NA ZIMĘ	
lasy liściaste i mieszane	– występują w klimacie umiarkowanym ciepłym morskim i przejściowym najczęściej na glebach brunatnych i płowych – lasy liściaste zrzucają liście na zimę; lasy tej strefy charakteryzują się piętrowością (zwarte korony drzew, runo leśne i podszyt) – wraz ze zwiększaniem kontynentalizmu następuje skracanie okresu wegetacji, a las liściasty przechodzi w las mieszany z udziałem gatunków iglastych (świerk, jodła, sosna, modrzew)
STREFA BOREALNYCH LASÓW IGLASTYCH	
tajga	– dominują drzewa iglaste (świerk, jodła, sosna, modrzew, limba) – tajgę świerkowo-jodłową nazywa się tajgą ciemną, a tajgę modrzewiową – tajgą jasną – runo leśne stanowią mchy, porosty, borówki, paprocie i wrzosy – obszary tajgi są często podmokłe i zabagnione, gdyż wieczna zmarzlina nie pozwala na wsiąkanie wody w głąb gleby – dominują gleby bielicowe

Nazwa strefy roślinnej/ formacja roślinna	Cechy charakterystyczne
STREFA TUNDRY	
tundra	– skład gatunkowy: krzewinki, mchy, porosty oraz nieliczne gatunki karłowatych drzew – występują tu m.in.: brzoza karłowata, wierzba lapońska, chrobotek reniferowy, dębik ośmiopłatkowy, wełnianka – roślinność zwarta, płożąca o charakterze „poduszkowym", co pozwala jej chronić się przed utratą ciepła – brak jest roślin jednorocznych, rośliny tundrowe mają podzielony swój mechanizm rozwoju na kilka lat – okres wegetacji trwa 2–3 miesiące, w podłożu występuje wieloletnia zmarzlina

SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

Zadania wykonaj w zeszycie.

1. Ułóż podane procesy w ciąg przyczynowo-skutkowy przedstawiający proces glebotwórczy.



A – wietrzenie skały macierzystej
B – powstanie poziomów glebowych
C – rozwój organizmów roślinnych i zwierzęcych
D – powstanie zwietrzeliny
E – mineralizacja próchnicy
F – procesy humifikacji
G – przemieszczanie się związków mineralnych i organicznych

2. Wskaż, jakie gleby występują na obszarach oznaczonych cyframi na mapie Afryki. Wybierz spośród poniższych.

mady rzeczne, czarne ziemie tropikalne, czerwono-żółte gleby ferralitowe, gleby cynamonowe, czerwone gleby ferralitowe, gleby bielicowe



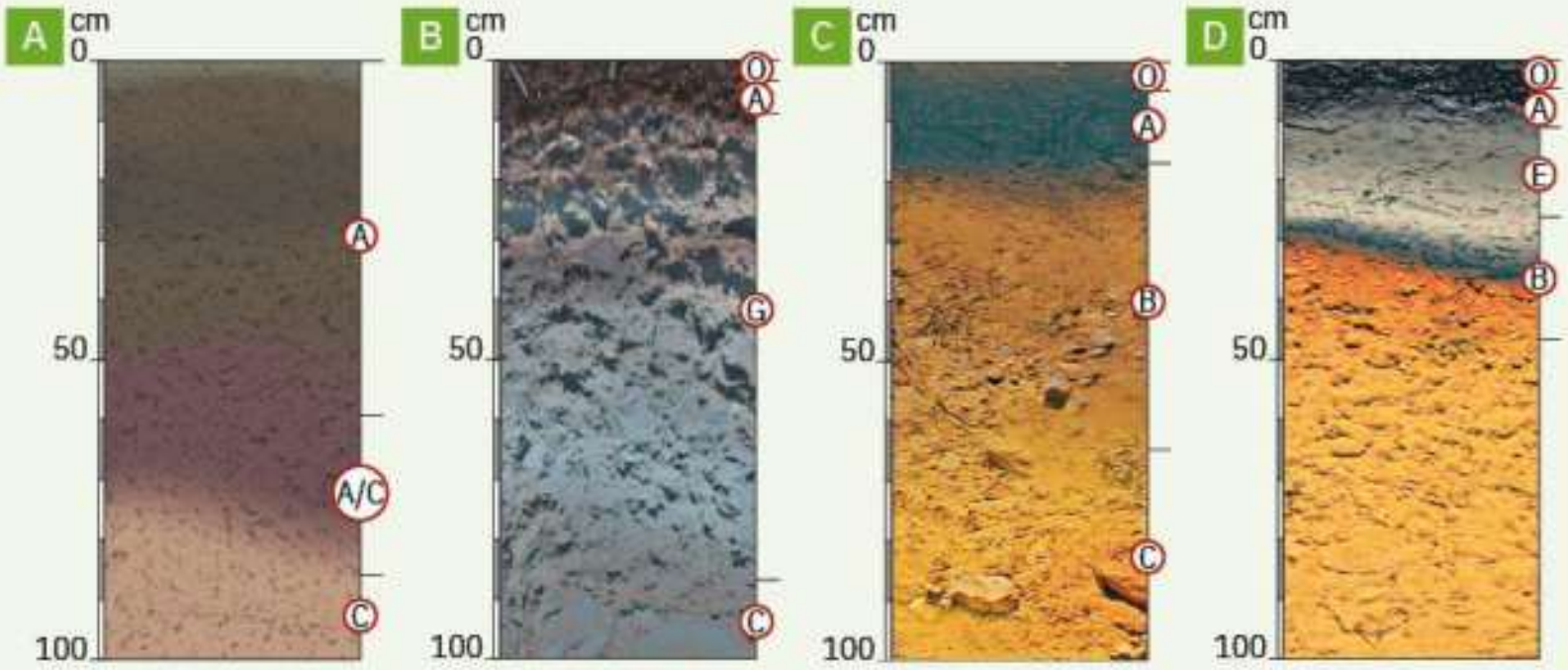
3. Wskaż, jakie gleby występują na obszarach oznaczonych cyframi na mapie Ameryki Południowej. Wybierz spośród poniższych.

czerwone gleby ferralitowe, gleby kasztanowe, czerwono-żółte gleby ferralitowe, czarnoziemy, mady rzeczne, inicjalne gleby pustyń, gleby cynamonowoczerwone



4. Do każdego profilu gleby (A–D) dopasuj nazwę wybraną spośród poniższych.

gleba brunatna, gleba bielicowa, gleba ferralitowa, czarnoziem, gleba glejowa



5. Do opisów poszczególnych poziomów glebowych dobierz ich nazwy i symbole spośród poniższych.

poziom A (próchniczny), poziom E (wymywania, eluwialny), poziom B (wzbogacania, iluwialny), poziom G (glejowy), poziom C (poziom materiałów macierzystych), poziom R (podłoże skalne)

1. W poziomie tym jest nagromadzona zhumifikowana materia organiczna o ciemnej barwie, gruzełkowej strukturze i dużej aktywności organizmów żywych. W sprzyjających warunkach klimatycznych grubość tego poziomu może sięgać nawet 100 cm.

2. To poziom o stale występujących warunkach anaerobowych (beztlenowych) i trwałym nasyceniu wodą. Następuje w nim proces redukcji żelaza i manganu w obecności bakterii beztlenowych. Ma niebieskawo-sine zabarwienie pochodzące od wytrąconych związków żelaza.
3. Poziom ten obejmuje litą skałę (np. granit, bazalt, wapień lub piaskowiec), w której nie zachodzą procesy glebotwórcze.
4. To poziom, w którym występuje nagromadzenie minerałów ilastych, wapnia, żelaza, glinu lub próchnicy. Ma zabarwienie rdzawoszare lub jasnobrunatne.

6. Dobierz nazwy poziomów glebowych diagnostycznych (według klasyfikacji FAO) do poziomów glebowych genetycznych. Poziomy według FAO wybierz z podanych poniżej.

fluwisole, kalcisole, gipsosole, feoziemy, podzole, ferrasole

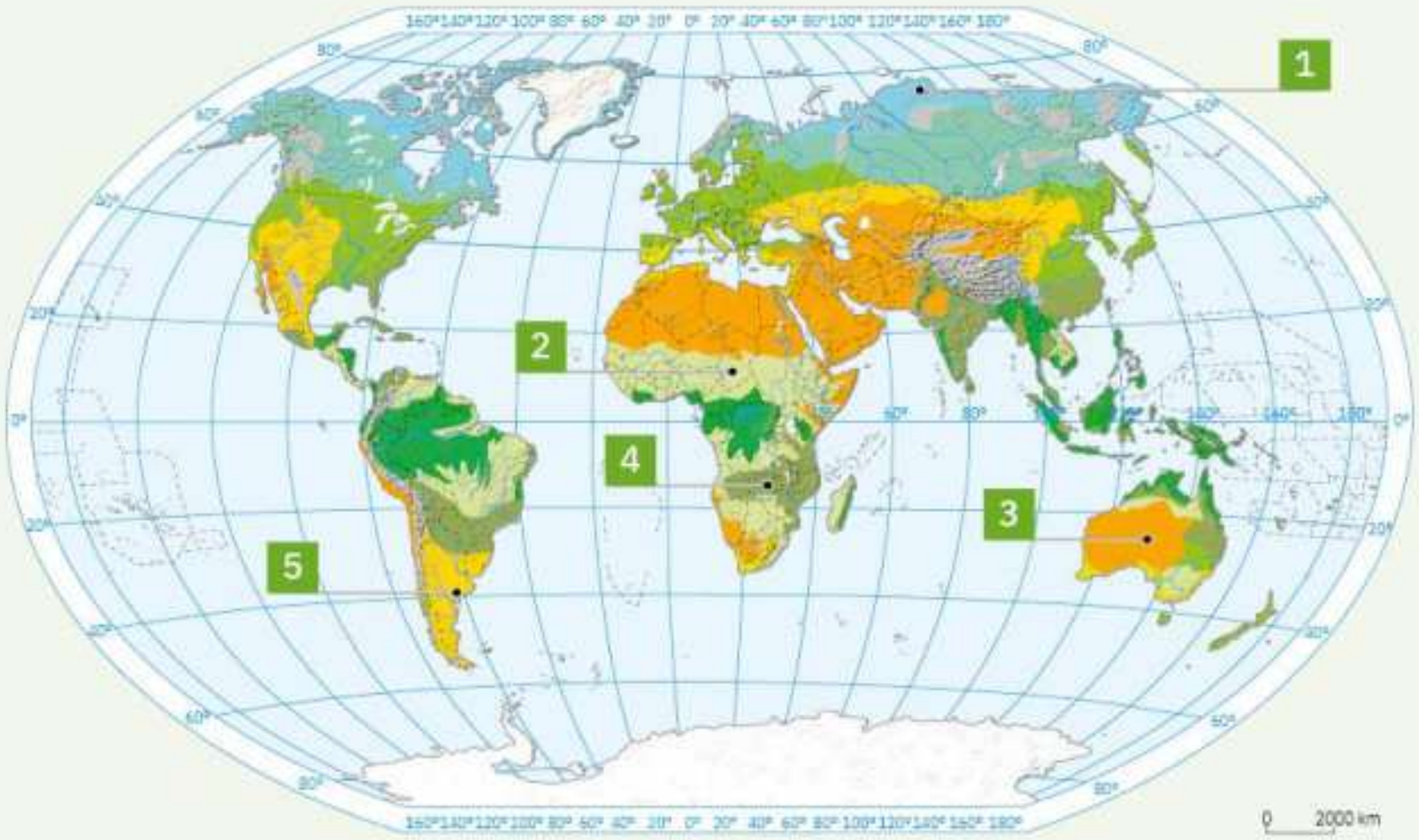
A. czerwono-żółte gleby ferralitowe
B. gleby bielicowe
C. buroziemy
D. gleby cynamonowe
E. mady rzeczne

7. Wybierz poprawną kolejność występowania formacji roślinnych na półkuli północnej od równika w stronę bieguna.

A. wiecznie zielony las równikowy, suchy las podrównikowy, sawanna, step, półpustynie i pustynie, zarośla twardolistne, tajga, tundra, pustynia lodowa
B. sawanna, suchy las podrównikowy, wiecznie zielony las równikowy, półpustynie i pustynie, zarośla twardolistne, step, las mieszany, tundra, tajga, pustynia lodowa
C. wiecznie zielony las równikowy, suchy las podrównikowy, sawanna, półpustynie i pustynie, zarośla twardolistne, step, lasostep, tajga, tundra, pustynia lodowa
D. wiecznie zielony las równikowy, suchy las podrównikowy, zarośla twardolistne, pustynie i półpustynie, sawanna, stepy, lasy liściaste, tajga, tundra, pustynia lodowa

8. Do podanych w tabeli opisów formacji roślinnych dobierz odpowiednie numery, którymi na mapie oznaczono obszary występowania tych formacji.

	Opis formacji roślinnej	Obszar występowania (numer na mapie)
1.	Zbiorowiska te występują na obszarach o mniejszej sumie opadów i tam, gdzie pora sucha trwa dłużej. Drzewa mają skórzaste i drobne liście, osiągają wysokość 8–20 m. Występują tu drzewa niskopienne, suchorośla, rośliny gruboszowate gromadzące wodę w mięsistych liściach lub pędach (sukulenty), kaktusy, wilczomlecze.	
2.	Skład gatunkowy obejmuje krzewinki, mchy, porosty oraz nieliczne gatunki karłowatych drzew. Roślinność jest zwarta, płożąca o charakterze „poduszkowym", aby chronić się przed utratą ciepła. Okres wegetacji trwa 2–3 miesiące, w podłożu występuje wieloletnia zmarzlina.	
3.	Formacje te składają się z traw wieloletnich, suchorostowych, o twardych i ostrych liściach. Wysokość traw może osiągać 2 m. W obrębie tego zbiorowiska roślinnego występują pojedyncze drzewa (np. akacje, mimozy, eukaliptusy, baobaby) oraz krzewy. Nad ciekami wodnymi mogą występować większe skupiska drzew, tworząc tzw. lasy galeriowe.	
4.	Formacja tej roślinności jest wykształcona na czarnoziemach w klimacie umiarkowanym ciepłym – kontynentalnym. Mała suma opadów (300–500 mm rocznie) nie sprzyja istnieniu zbiorowisk leśnych, ale umożliwia bujny rozwój roślinności trawiastej.	



9. Oceń prawdziwość poniższych zdań. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeśli zdanie jest fałszywe.

1.	Gleby w lasach równikowych są mało żyzne, ponieważ wypłukuje je woda deszczowa.	P	F
2.	Zarośla twardolistne w regionie śródziemnomorskim są silnie przekształcone, gdyż w podłożu występują skały wulkaniczne.	P	F
3.	W lasach galeriowych drzewa często wytwarzają nad powierzchnią gleby korzenie podporowe.	P	F
4.	Obszary tajgi są często podmokłe i zabagnione, gdyż wieczna zmarzlina nie pozwala na infiltrację wody w głąb gleby.	P	F

10. Dobierz podane gatunki roślin do podanych w tabeli stref roślinnych.

limba, mahoniowiec, baobab, buk, mirt zwyczajny, dębik ośmiopłatkowy

Formacja roślinna	Gatunek rośliny
zarośla twardolistne	
tajga	
sawanna	
wiecznie zielone lasy równikowe	
tundra	

Indeks

A

abrazja 344
aktywność słoneczna 93
albedo 139
amplituda temperatury 142
anerozoik 304
ankieta 14
aphelium 92
archaik 304
astenosfera 285
atmosfera 134
azymut 34
azymut astronomiczny 79

B

badania jakościowe 12
białe noce 102
biały karzeł 75
bieg rzeki 339
bilans wodny 217
biosfera 395
bryza 158
  lądowa 159
  morska 159
busola 34

C

centralna wypukłość 74
chmura 163
  kłębiasta 163
  pierzasto-kłębiasta 163
  warstwowa 163
ciemna
  energia 72
  materia 72
cieplice 245
cykl hydrologiczny 217
cyklony tropikalne 194
cyrkulacja pasatowa 146
czarne dziury 71
czas
  strefowy 104
  urzędowy 104
czerwony
  karzeł 75
  olbrzym 75
czynniki glebotwórcze 376

D

deflacja 353
deformacja tektoniczna 323
długość geograficzna 114
doba
  gwiazdowa 101
  słoneczna 101
downwelling 227
Droga Mleczna 72, 73
Dryf Wiatrów Zachodnich 233
dysk galaktyczny 74

E

egzoplaneta 84
egzosfera 137
ekliptyka 97
El Niño 234
epicykl 82
epoka lodowcowa 308
era 304
erozja 329
  wsteczna 340
erupcja 315

F

falowanie 225
formy fluwioglacjalne 352
fotogrametria lotnicza 46
fotointerpretacja 46

front
arktyczny 153
chłodny 154
ciepły 154
polarny 153
równikowy 153

G

galaktyka 72
geocaching 52
geocentryzm 81
geoida 91
GIS 11, 54
gleba 374
gleby
aluwialne 360
astrefowe 385
strefowe 385
śródstrefowe 385
glina morenowa 351
Golfsztrom 231
Gondwana 305
górowanie Słońca 109
góry
fałdowe 324
wulkaniczne 325
zrębowe 324
GPS 51
gwiazda neutronowa 75
gwiazdozbiór 78

H

hadian 304
halo galaktyczne 74
hektopaskal 145
hydrosfera 214

I

intruzje magmowe 313
inwersja termiczna 141
izobara 145

J

jaskinie 335
jądro galaktyki 74
jądro Ziemi 285
jednostka astronomiczna 76
jezioro 259
dystroficzne 259
eutroficzne 259
oligotroficzne 259
sztuczne 263
jonosfera 137

K

kaldera 315
karzeł 75
kenozoik 307
kiloparsek 76
klasa bonitacyjna gleby 380
klimat 135
astrefowy 187
lokalny 188
okołobiegunowy 182
podzwrotnikowy 181
równikowy 181
umiarkowany 182
zwrotnikowy 181
klimatogram 22
kolizja płyt 288
kometa 95
kompleks rolniczej przydatności gleb 379
kondensacja 135
kotły eworsyjne 340
krater 315
księżyce 93
kwazary 76

L

La Niña 236
lawa 315
legenda 19

lodowiec 266
alpejski 269
fieldowy 269
górski 351
himalajski 269
piedmontowy 269
pirenejski 269

M

magnetosfera 285
mapa 25
mapa synoptyczna 172
materiał piroklastyczny 315
meandry 340
metamorfizm kontaktowy 313
meteoroidy 94
meteory 94
meteoryty 94
metoda
dendrochronologiczna 301
ilościowa 12
izolinii 30
izotopowa 301
izotopu węgla 301
kartodiagramu 30
kartogramu 30
kropkowa 30
paleontologiczna 299
powierzchniowa 29
sedymentologiczna 301
stratygraficzna 299
sygnatur 29
tektoniczna 299
tranzytów 84
uranowo-ołowiowa 301
zasięgów 29
mezosfera 137
mezozoik 306
mgła 167
mgławica 72
miesiąc
syderyczny 118
synodyczny 119
minearaloidy 292
minerały 292
skałotwórcze 292
monsuny 148
morena 350
morze 221

N

nachylenie stoku 38
nauki geograficzne 10
nieciągłość
Golicyna 285
Repettiego 285

O

obieg wody 217
obserwacje 34
Ocean
Spokojny 221
Tetydy 305
ocieplenie klimatu 196
odbiornik GPS 52
odkrywka geologiczna 308
odwzorowania 28
opady
atmosferyczne 166
frontalne 168
orograficzne 168
orientacja mapy 36
orogeneza 324
Oscylacja Południowa 234
otoczaki 340

P

paleozoik 305
paralaksa 83
parowanie 162
parsek 76
pasaty 146
pasy Van Allena 137
pedosfera 374
peryhelium 92
piętrowość klimatyczno-roślinna 404
planeta karłowata 94

planetoidy 94
platforma 323
  akumulacyjna 344
płaszcz Ziemi 285
pływy syzygijne 122
pogoda 135, 171
poldery 359
południe słoneczne 102
poziomy glebowe 375
Prąd
  Południoworównikowy 232
  Północnorównikowy 232
  Zatokowy 231
prąd morski 231
prądy
  morskie 179
  wznoszące 147
prekambr 304, 305
procesy
  egzogeniczne 329
  eoliczne 353
  geomorfologiczne 360
  glebotwórcze 374
  górotwórcze 324
  klimatotwórcze 177
  wulkaniczne 315
profil
  geologiczny 310
  glebowy 375
  hipsometryczny 40
proterozoik 304
protogwiazda 75
przesilenie
  letnie 99
  zimowe 100
przestrzeń geograficzna 59
pumeks 315
punkt
  podsłoneczny 109
  południa 79
  rosy 161

R

retencja 217
rok
  świetlny 76
  zwrotnikowy 97, 106
roślinność
  astrefowa 395
  strefowa 395
rów tektoniczny 323
Równikowy Prąd Wsteczny 233
równonoc 101
ruchy
  epejrogeniczne 325, 359
  izostatyczne 325
  masowe 336
rynny polodowcowe 353
rzeźba terenu 35

S

sandry 352
sawanny 399
sejsze 226
sieć rzeczna 251
siła Coriolisa 106
skala mapy 25
skały
  głębinowe plutoniczne 314
  magmowe 294
  metamorficzne 296, 314
  okruchowe 295
  osadowe 294, 296
  żyłowe 294, 314
skamieniałości 298
  przewodnie 299
skorupa
  kontynentalna 284
  oceaniczna 284
  ziemska 284
słońce 92
spełzywanie 337
spływanie 338
step 401
stereodigitalizacja 46

stopnień geotermiczny 286
stratowulkany 315
struktura skał 309
struktury tektoniczne 322
subdukcja 288
sublimacja 135, 161
supernowa 75
surowce mineralne 357
systemy informacji geograficznej 11
szerokość geograficzna 115

T

tabele 17
tajga 402
tarcza 323
tektonika płyt 287
teleskop 86
teoria geocentryczna 81
termosfera 137
tornado 196
transpiracja 161
troposfera 135
trzęsienie ziemi 318
tsunami 226
tundra 403

U

układ horyzontalny 78
Układ Słoneczny 91
uławicenie skał 309
upwelling 227
uskok 323
  transformacyjny 289
ustrój
  deszczowy 257
  lodowcowy 257
  rzeki 255
  śnieżno-deszczowy 257
  śnieżny 257

W

wał burzowy 343
wiatr 145
  dolinny 160
  fenowy 159
  górski 160
  słoneczny 93
Wielki Wybuch 71
wietrzenie 330
  biologiczne 333
  chemiczne 332
  fizyczne 331
  solne 331
  termiczne 331
wilgotność
  bezwzględna 162
  względna 162
wnętrze Ziemi 284
wody
  artezyjskie 246
  głębinowe 245
  gruntowe 245
  podziemne 244
  termalne 245
  wgłębne 245
  zaskórne 244
  zawieszone 245
współrzędne geograficzne 37
wszechocean 220
wulkany
  stożkowe 315
  tarczowe 316
wybrzeże 341
  dalmatyńskie 345
  fiordowe 345
  koralowe 343
  lagunowe 343
  limanowe 343
  mierzejowo-zalewowe 343

namorzynowe 343
riasowe 345
szerowe 345
wydmy 354
wykres
kołowy 21
liniowy 20
punktowy 21
słupkowy 20
statystyczny 19
złożony 22
wyspa plastiku 241
wywiad 14
wywierzysko 335

Z

zaćmienie
Księżyca 121
Słońca 120
zasada aktualizmu 301
zasoby wodne 214
zasolenie 223
zbiorowiska roślinne 395
zjawiska krasowe 333
złoża
magmowe 358
metamorficzne 358
osadowe 358
zmarszczki eoliczne 354
znaki umowne 26
zwietrzelina 330
Zwrotnik
Koziorożca 99
Raka 99
zwykła materia 72

Ź

źródło 246

Ż

żleb 336