

Roman Malarz
Marek Więckowski

Oblicza geografii 1

Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego i technikum

Zakres rozszerzony

nowa
era

Oblicza geografii 1

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia ogólnego do nauczania geografii, na podstawie opinii rzeczoznawców: prof. dr. hab. Jerzego Makowskiego, dr Moniki Panfil oraz dr. hab. Andrzeja S. Dyszaka.

Zakres kształcenia: rozszerzony.

Etap edukacyjny: IV.

Typ szkoły: szkoły ponadgimnazjalne.

Rok dopuszczenia: 2012.

Numer ewidencyjny w wykazie MEN: 501/1/2012



DO NOWEJ PODSTAWY
PROGRAMOWEJ

Podręcznik został opracowany na podstawie *Programu nauczania geografii w zakresie rozszerzonym dla liceum ogólnokształcącego i technikum – Oblicza geografii* autorstwa Ewy Marii Tuz i Dawida Szczypińskiego. Program znajduje się na stronie internetowej www.nowaera.pl/programy-PG.



© Copyright by Nowa Era Spółka z o.o.
Warszawa 2012. ISBN 978-83-267-0773-5

Koordinacja prac i redakcja merytoryczna: Paweł Przybylski.

Redakcja językowa: Monika Pruska. Współpraca redakcyjna: Jan Janus, Aleksandra Pryczkowska, Dorota Urbaniak.

Projekt okładki: Wojtek Urbanek. Opracowanie graficzne: Paulina Tomaszewska, Aleksandra Szpunar,

Maciej Galiński, Wojtek Urbanek. Ilustracje: Ewelina Baran, Ewa Kaletyn, Adam Klodecki,

Elżbieta Buczkowska, Rafał Buczkowski, Przemysław Kłosin, Marcin Oleksak, Wioleta Przybylska.

Mapy: Nowa Era Wrocław. Fotoserwis: Bogdan Wańkowicz. Realizacja projektu graficznego: Mariusz Trzaskalski.

Autor „Testów maturalnych” oraz zestawu zadań „W stronę matury”: Józef Soja.

Nowa Era Sp. z o.o.

Aleje Jerozolimskie 146 D, 02-305 Warszawa,

www.nowaera.pl, e-mail: nowaera@nowaera.pl, tel. 801 88 10 10

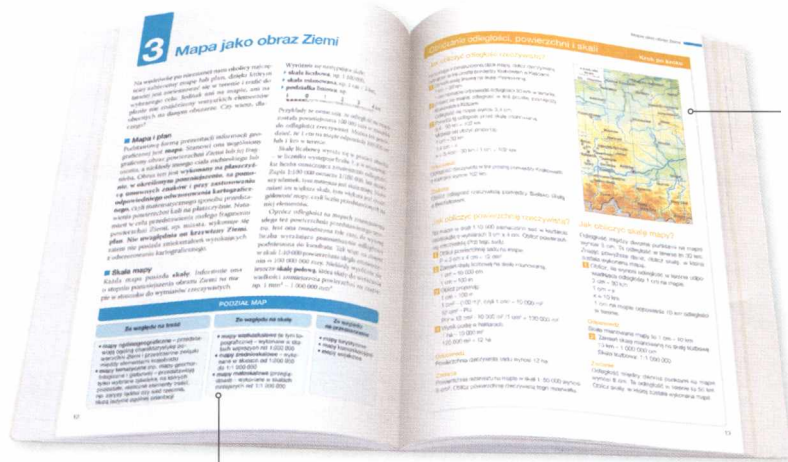
1/03/12

Druk i oprawa: Toruńskie Zakłady Graficzne ZAPOLEX

Publikacja została wydrukowana na papierze powlekany Galerie Silk 70 g, wyprodukowanym przez Sappi Fine Paper Europe. Papier produkowany z odnawialnych zasobów leśnych, certyfikowanych wg norm PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes).

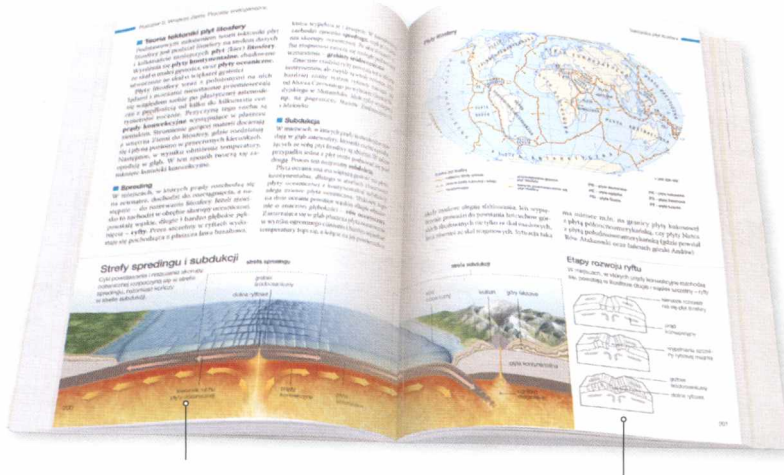
Wstęp

Podręcznik *Oblicza geografii 1* zawiera, zgodnie z wymaganiami nowej podstawy programowej dla szkół ponadgimnazjalnych, treści z zakresu geografii fizycznej ogólnej. Składa się on z siedmiu rozdziałów, z których każdy jest zakończony elementem *Interakcje*, podsumowaniem *Zamiast repetytorium*, zestawem zadań sprawdzających *Testy maturalne* oraz *To było na maturze!* – zbiorem zadań maturalnych z poprzednich lat. Elementy te służą jak najlepszemu przygotowaniu się do egzaminu maturalnego. Ułatwiają utrwalenie zdobytej wiedzy oraz sprawdzenie umiejętności nabytych po omówieniu każdego rozdziału. Propozycje ciekawych stron internetowych związanych z omawianym zagadnieniem są oznaczone hasłem *Warto zajrzeć!* Na końcu podręcznika znajdują się propozycje warsztatów terenowych, tabele z aktualnymi danymi statystycznymi, indeks oraz przekrojowy egzamin maturalny *W stronę matury*, sprawdzający wiedzę z zakresu geografii fizycznej. Z podręcznikiem *Oblicza geografii* jest skorelowany atlas geograficzny, który zawiera aktualne mapy ilustrujące wszystkie ważne zagadnienia przyrodnicze, społeczne i gospodarcze.



Samouczek **Krok po kroku** pomoże samodzielnie opanować najważniejsze umiejętności geograficzne.

Tabele w ciekawej graficznie formie przedstawiają różnorodne zestawienia.



Czytelne infografiki doskonale obrazują ważne treści z geografii fizycznej ogólnej.

Schematyczne rysunki w uproszczony sposób przedstawiają skomplikowane procesy geologiczne.

Spis treści

I. Obraz Ziemi

1. Geografia jako nauka	6
2. Kształt i rozmiary Ziemi	9
3. Mapa jako obraz Ziemi	12
4. Odwzorowania kartograficzne	15
5. Przedstawianie zjawisk na mapach	20
6. Inne sposoby prezentacji danych o przestrzeni geograficznej	25
7. Interpretacja mapy samochodowej i topograficznej	28
Zamiast repetytorium	36
Test maturalny	38
To było na maturze!	40

II. Ziemia we wszechświecie

1. Wszechświat	44
2. Układ Słoneczny	48
3. Ruch obiegowy Ziemi	54
4. Ruch obrotowy Ziemi	60
5. Rachuba czasu na Ziemi	64
Interakcje	70
Zamiast repetytorium	71
Test maturalny	73
To było na maturze!	75

III. Atmosfera

1. Skład i budowa atmosfery	78
2. Obieg ciepła. Temperatura	82
3. Ruchy powietrza atmosferycznego	89
4. Wilgotność powietrza i opady atmosferyczne	97
5. Prognozowanie pogody	107
6. Klimaty kuli ziemskiej	110
7. Zmiany atmosfery i klimatu	117
8. Ekstremalne zjawiska atmosferyczne i ich skutki	121
Interakcje	126
Zamiast repetytorium	127
Test maturalny	130
To było na maturze!	132

IV. Hydrosfera

1. Cykl hydrologiczny	136
2. Oceany i morza	139
3. Dynamika oceanów	143
4. Rzeki i ich ustroje	150
5. Jeziora	154
6. Lodowce i lądolody	161
7. Wody podziemne	167
Interakcje	173
Zamiast repetytorium	174
Test maturalny	176
To było na maturze!	178

V. Wnętrze Ziemi. Procesy endogeniczne

1. Budowa wnętrza Ziemi	182
2. Minerale i skały	185
3. Odtwarzanie i datowanie dziejów Ziemi	190
4. Kronika dziejów Ziemi	195
5. Tektonika płyt litosfery	199
6. Ruchy górotwórcze i deformacje tektoniczne ...	204
7. Plutonizm i wulkanizm	210
8. Trzęsienia ziemi, ruchy epejrogeniczne oraz izostaticzne	216
9. Wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego	220
Interakcje	224
Zamiast repetytorium	225
Test maturalny	227
To było na maturze!	229

VI. Procesy egzogeniczne

1. Wietrzenie skał. Ruchy masowe	232
2. Procesy krasowe	237
3. Rzeźbotwórcza działalność rzek	242
4. Rzeźbotwórcza działalność lodowców górkich i lądolodów	248
5. Rzeźbotwórcza działalność wiatru	255
6. Rzeźbotwórcza działalność morza	261
Interakcje	268
Zamiast repetytorium	269
Test maturalny	271
To było na maturze!	274

VII. Gleby. Biosfera

1. Powstawanie gleb	278
2. Typy genetyczne gleb	281
3. Świat roślin	286
4. Świat zwierząt	293
5. Strefy krajobrazowe na Ziemi	297
Interakcje	303
Zamiast repetytorium	304
Test maturalny	305
To było na maturze!	307
Warsztaty terenowe	309
Dane statystyczne	313
W stronę matury	319
Test maturalny – klucz odpowiedzi	326
Indeks	328



1

Obraz Ziemi

1. Geografia jako nauka
2. Kształt i rozmiary Ziemi
3. Mapa jako obraz Ziemi
4. Odwzorowania kartograficzne
5. Przedstawianie zjawisk na mapach
6. Inne sposoby prezentacji danych o przestrzeni geograficznej
7. Interpretacja mapy samochodowej i topograficznej

1

Geografia jako nauka

Nie jest to Twoje pierwsze spotkanie z geografią. Nauka ta pojawiła się w szkole już wcześniej – przybliżyły Ci ją lekcje przyrody w szkole podstawowej oraz lekcje geografii w gimnazjum. Dlatego potrafisz podać jej ogólną definicję oraz określić, co jest przedmiotem jej badań. W szkole ponadgimnazjalnej dzięki lekcjom geografii poszerzysz swoją wiedzę o otaczającym Cię świecie. Zanim to jednak nastąpi, przypomnij sobie podstawowe wiadomości dotyczące tej nauki.

■ Przedmiot i cele badań geograficznych

Termin **geografia** został pierwotnie użyty przez **Eratostenesa z Cyreny**, greckiego uczonego, który żył na przełomie III i II w. p.n.e. Wyraz ten powstał z greckich słów *gē* – 'ziemia' oraz *gráphō* – 'piszę, opisuję', oznacza więc 'opis ziemi'.

Od starożytności do połowy XIX w. geografia opisywała głównie środowisko przyrodnicze, czyli powłokę ziemską wraz z elementami przyrody ożywionej i nieożywionej. Zakres jej zainteresowań obejmował również zwyczaje i działalność ludzi, zamieszkujących znane oraz odkrywane dopiero obszary. Współcześnie nauka ta zajmuje się przede wszystkim badaniem **środowiska przyrodniczego** oraz **społeczno-gospodarczej działalności człowieka**. Istotnym

zadaniem geografii jest też analizowanie współzależności elementów **środowiska geograficznego**. Obejmuje zatem całokształt powiązań składników środowiska przyrodniczego ze sztucznymi wytworami działalności człowieka (jak np. drogi czy budynki). Równie ważnym aspektem jest dla współczesnej geografii badanie przestrzennego zróżnicowania zewnętrznej powłoki ziemskiej zwanej **epigeosferą**.

Dzięki wiedzy o tym, jak poszczególne elementy środowiska zmieniały się w czasie oraz jaki jest ich obecny stan, a także jakie panują między nimi zależności, można prognozować skutki ingerencji człowieka w środowisko. Można również badać relację odwrotną, a więc wpływ środowiska na życie i działalność osiadłych w nim ludzi. Z tego względu wiedza geograficzna jest często wykorzystywana przy pracach związanych m.in. z:

- ▶ wyznaczaniem kierunków rozwoju regionów oraz państw,
- ▶ opracowywaniem planów zagospodarowania przestrzennego,
- ▶ wyznaczaniem najlepszych lokalizacji dla planowanych inwestycji,
- ▶ oceną oddziaływania inwestycji na środowisko, w którym powstają.

Sfery Ziemi

W powłoce ziemskiej, której badaniem zajmuje się geografia, wyróżnia się pięć podstawowych sfer, zwanych geosferami. Są to:

- litosfera – powłoka skalna,
- hydrosfera – powłoka wodna,
- atmosfera – powłoka gazowa,
- biosfera – powłoka organizmów żywych,
- pedosfera – powłoka glebowa.

? Wskaż i podaj nazwy sfer Ziemi przedstawionych na fotografii.



Sfery Ziemi oddziałują na siebie i wzajemnie się przenikają, przyczyniając się do ogromnego zróżnicowania krajobrazów na naszej planecie.

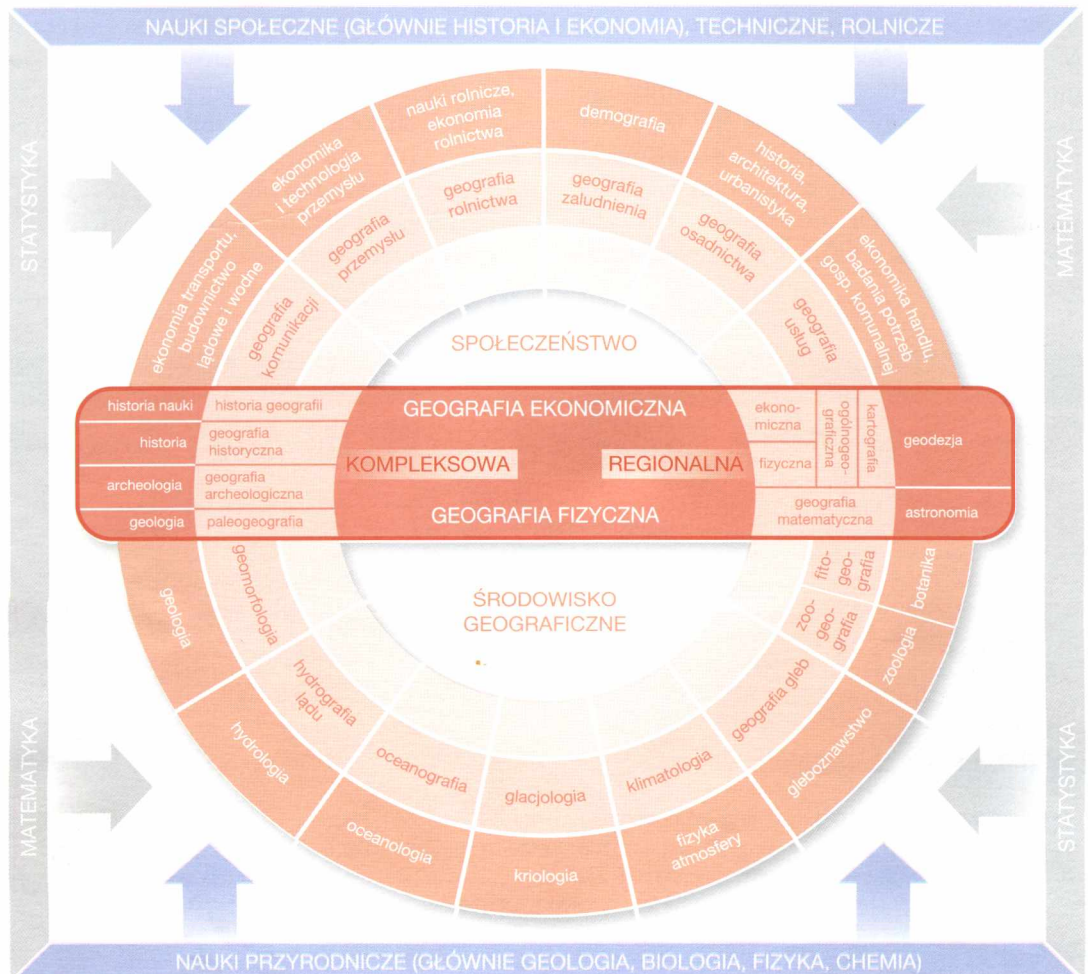
■ Podział geografii na dyscypliny

Różnorodność zagadnień, którymi zajmuje się geografia, doprowadziła w XIX w. do podziału tej nauki na dwie główne dyscypliny badawcze: **geografię fizyczną** oraz **geografię społeczno-ekonomiczną**. Obie dyscypliny wchodziły w skład systemu nauk geograficznych, do którego zalicza się również m.in. **geografię regionalną**. Bada ona kontynenty, regiony oraz państwa zarówno pod względem środowiska przyrodniczego, jak i zagadnień społeczno-ekonomicznych. Skutkiem dalszych podziałów w obrębie geografii było powstanie kolejnych dyscyplin naukowych. Dziś w odniesieniu do geografii coraz częściej używa się określenia *nauki geograficzne*.

Geografia fizyczna a społeczno-ekonomiczna

Dyscyplina badawcza	Prekursorzy	Zakres badań
geografia fizyczna	Alexander von Humboldt (1769–1859)	• struktura środowiska przyrodniczego Ziemi • zjawiska i procesy zachodzące w środowisku przyrodniczym
geografia społeczno-ekonomiczna	Karol Ritter (1779–1859)	• związki człowieka z przyrodą • różnicowanie społeczeństw • zróżnicowanie przestrzeni geograficznej powstałej w wyniku działalności człowieka • rozwój gospodarki

Podział nauk geograficznych



Miejsce geografii wśród innych nauk

Geografię zalicza się do **nauk o Ziemi**, do których należą też m.in. geologia, geodezja i geofizyka. Prowadzone obecnie przez geografów analizy mają **charakter interdyscyplinarny**, co oznacza, że korzysta się coraz częściej z osiągnięć i metod badawczych wypracowanych przez naukowców z innych dziedzin. Dzięki ich współpracy można w szerszym aspekcie wyjaśnić przyczyny oraz skutki obserwowanych we współczesnym świecie zjawisk i procesów. Dlatego też na przykład miasta stanowią obecnie wspólną przestrzeń badawczą dla urbanistów, geografów społeczno-ekonomicznych, ekonomistów, klimatologów, fizyków atmosfery, statystyków oraz socjologów.

Skąd czerpiemy wiedzę geograficzną?

Metody zbierania informacji geograficznej można podzielić na dwie grupy: **metody terenowe** oraz **metody kameralne**. Pierwsze z wymienionych metod polegają na bezpośrednim zbieraniu danych, m.in. przez **pomiary, obserwacje i wywiady**. Drugie natomiast pozwalają opracowywać i przetwarzać zebrane wcześniej informacje.

Do najważniejszych metod kameralnych należą: **opisy, analizowanie istniejących oraz opracowywanie nowych map, wykresów i tabel statystycznych**, a także **korzystanie z materiałów audiowizualnych**.

W ciągu kilkudziesięciu lat zakres informacji o przestrzeni geograficznej znacznie się poszerzył. Początkowo dostęp do wiedzy był ograniczony, a dokonywanie selekcji danych oraz ich przetwarzanie znacznie utrudnione. Problemy te zostały jednak rozwiązane dzięki dynamicznemu **rozwojowi technik cyfrowych**, które przyczyniły się do powstania elektronicznych źródeł informacji. Spośród nich najpopularniejszym, a zarazem najbardziej rozbudowanym medium jest **internet**. Umożliwia on łatwe i szybkie dotarcie do ogromnych zasobów danych znajdujących się na przykład na serwerach instytucji rządowych lub naukowych.

Szczególnym sposobem pozyskiwania wiedzy jest korzystanie z **systemu informacji geograficznej GIS** (ang. *Geographical Information System*). System ten służy do gromadzenia, przedstawiania i analizowania dowolnych wiadomości o Ziemi lub jej fragmencie w niezwykle atrakcyjny graficznie sposób.

ŹRÓDŁA INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ					
tekstowe	kartograficzne	graficzne	multimedialne	statystyczne	elektroniczne
• podręczniki • czasopisma • encyklopedie	• plany • mapy • atlasy geograficzne	• schematy • rysunki • profile	• edukacyjne programy komputerowe • filmy popularnonaukowe	• tablice statystyczne • wykresy	• bazy danych • internet

Zadania

1. Podaj trzy przykłady praktycznego zastosowania geografii.
2. Uzasadnij podział geografii na geografie fizyczną i społeczno-ekonomiczną.
3. Przedstaw trzy przykłady przenikania się sfer Ziemi.
- *4. Korzystając z dostępnych źródeł, podaj trzy przykłady pomiarów wykonywanych przez geografów społeczno-ekonomicznych.

2

Kształt i rozmiary Ziemi

Współcześnie dysponujemy wieloma zdjęciami, na których znajduje się obraz Ziemi widzianej z kosmosu. Dzięki nim nie mamy wątpliwości, że nasza planeta ma kształt kulisty. Można ją okrążyć, lecąc samolotem lub płynąc statkiem. Jednak czy Ziemia rzeczywiście jest idealną kulą? I czy znamy jej dokładne wymiary?

■ Poglądy na kształt Ziemi

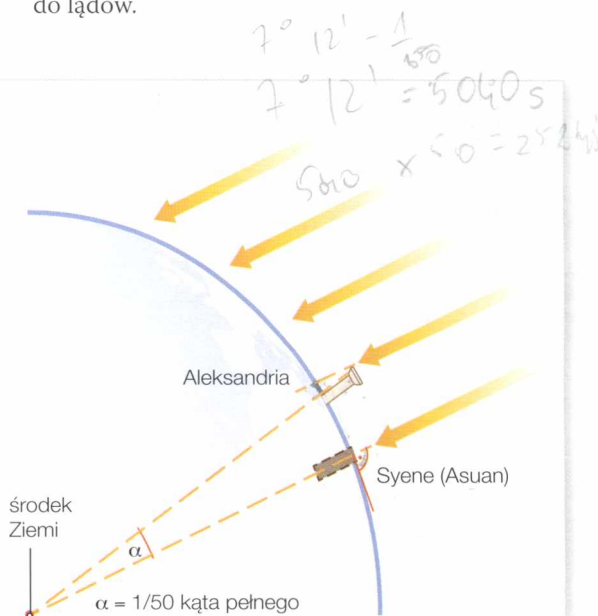
Wyobrażenia dotyczące kształtu i rozmiarów naszej planety zmieniały się na przestrzeni wieków. Początkowo były one związane z wierzeniami oraz poglądami filozoficznymi na temat świata. Na przykład Hindusi przedstawiali Ziemię jako **tarczę usytuowaną na grzbietach czterech słoni stojących na olbrzymim morskim żółwiu i otoczonych wijącym się wężem**. W starożytnej Grecji czy Babilonii wyobrażano sobie Ziemię jako **płaski krążek pływający po bezmiernym oceanie** lub jako **wypukłą tarczę**.

Hipotezę o kulistości Ziemi po raz pierwszy sformułował w VI w. p.n.e. **Pitagoras** (ur. ok. 572 r. p.n.e. – zm. ok. 497 r. p.n.e.). Uznawał on kulę za najdoskonalszą z brył i wierzył, że bogowie nie mogli stworzyć Ziemi w innej, mniej doskonałej formie. Przekonanie Pitagorasa o kulistości Ziemi dwa wieki później potwierdził słynny grecki filozof **Arystoteles** (ur. 384 r. p.n.e. – zm. 322 r. p.n.e.). Przedstawił on racjonalne **dowody na kulistość Ziemi**. Były nimi:

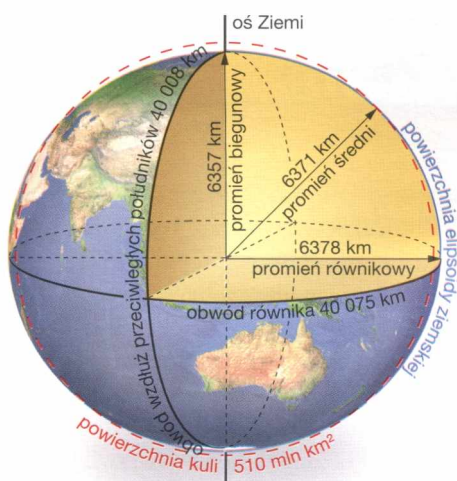
- ▶ kulisty kształt widnokręgu na względnie płaskich obszarach, gdzie horyzont nie był niczym przysłonięty,
- ▶ kulisty kształt cienia Ziemi widzianego na Księżycu w czasie jego zaćmienia,
- ▶ zanik za horyzontem najpierw kadłubów statków, a dopiero później masztów,
- ▶ wyłanianie się najpierw wierzchołków gór nad horyzontem podczas zbliżania się statków do lądów.

Pomiar wielkości Ziemi

Jednym z pierwszych uczonych, którzy dokonali teoretycznych pomiarów Ziemi, zakładając jej kulisty kształt, był **Eratostenes** z Cyreny. Grecki uczony zauważył, że w miejscowości Syene (obecny Asuan w Egipcie) w czasie letniego przesilenia w południe promienie słoneczne oświetlały dno głębokiej studni, co świadczyło o zenitalnym położeniu Słońca. W tym samym czasie w Aleksandrii, która według informacji dostępnych Eratostenesowi leżała na tym samym południku, Słońce było odchylone od zenitu o $7^{\circ}12'$, czyli o $1/50$ część kąta pełnego. Zakładając, że Ziemia ma kształt kuli, oraz znając odległość między Syene a Aleksandrią (5040 stadiów), uczony pomnożył tę odległość razy 50. Według obliczeń Eratostenesa obwód Ziemi wynosił zatem 252 tys. stadiów egipskich. Przy założeniu, że stadium odpowiada 157,5 m, oznacza to, że obwód ten wynosił 39 690 km, a promień ziemski – 6300 km.



Pomiar wielkości Ziemi przez Eratostenesa.



Ważniejsze wymiary Ziemi.

Pierwszego doświadczalnego dowodu na kulistość Ziemi dostarczyła wyprawa dowodzona przez **Ferdynanda Magellana** (a po jego śmierci – przez Juana Sebastiana Elcaño), która w latach 1519–1522 opłynęła kulę ziemską. W 1687 r. **Isaac Newton** stwierdził, że skoro Ziemia obraca się wokół własnej osi, to musi być spłaszczona przy biegunach, czyli nie jest idealną kulą. Przypuszczenie Newtona zbadano dopiero 57 lat później (w 1744 r.) we **Francuskiej Akademii Nauk**, gdzie przeprowadzono dokładniejsze pomiary przyspieszenia grawitacyjnego. Ucnien

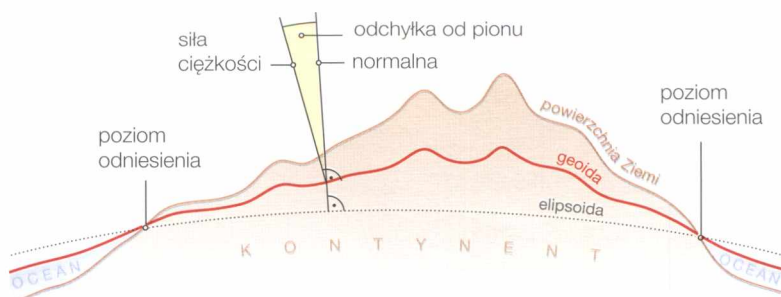
obliczyli, że oś biegunowa jest krótsza od osi równikowej o około 21 km. Tym samym Ziemia ma kształt zbliżony do **elipsoidy obrotowej** – bryły geometrycznej powstałej przez obrót elipsy wokół krótszej osi. Dalsze badania wykazały jednak, że Ziemia ma jeszcze bardziej nieregularny kształt. Nadano mu nazwę **geoida** (od greckich słów *gē* – 'ziemia', *eidos* – 'kształt'). Na obszarach oceanicznych powierzchnia geoidy pokrywa się z powierzchnią otwartych oceanów, natomiast na obszarach lądowych i morzach przybrzeżnych przebiega między powierzchnią elipsoidy a powierzchnią Ziemi.

■ Wyznaczanie położenia geograficznego

Do orientowania się na powierzchni Ziemi służy **układ współrzędnych geograficznych**, na które składają się **długość oraz szerokość geograficzna**. O ile obliczanie szerokości geograficznej jest stosunkowo proste, o tyle określanie długości geograficznej od zawsze było dużo bardziej problematyczne. Dopiero w połowie XVIII w. ludziom udało się wykonać odpowiednie do tego przyrządy i wypracować właściwe metody. Dziś określanie współrzędnych jest łatwe dzięki systemowi GPS (ang. *Global Positioning System*) – globalnemu systemowi służącemu do wyznaczania lokalizacji obiektów.

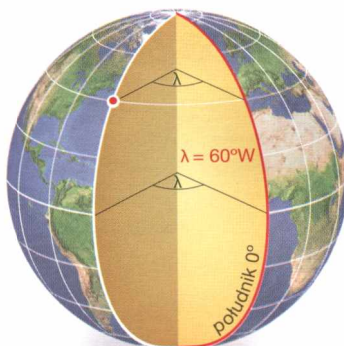
Powierzchnia geoidy i elipsoidy

Powierzchnia geoidy jest prostopadła do lokalnych pionów. Są one wyznaczone przez siłę ciężkości, która z kolei zależy od rozmieszczenia mas skalnych we wnętrzu Ziemi. Ze względu na ich nierównomierny rozkład, lokalne piony odchylają się. Powierzchnia geoidy jest zatem nieregularna, a jej matematyczny opis jest bardzo skomplikowany. Dlatego podstawę wykonywanych map stanowi elipsoida obrotowa lub kula.

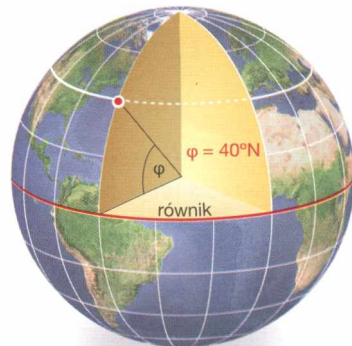


Współrzędne geograficzne

Każdy punkt na Ziemi posiada współrzędne geograficzne – długość i szerokość geograficzną. Podstawą wyznaczania współrzędnych geograficznych jest układ południków i równoleżników. Do określenia długości geograficznej służą południki, a do szerokości geograficznej – równoleżniki (z najdłuższym – równikiem). Układ południków i równoleżników wyobrażany przez nas na powierzchni kuli ziemskiej, globusie czy innych trójwymiarowych modelach i obrazach Ziemi nazywamy **siatką geograficzną**.



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



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

Odczytywanie współrzędnych geograficznych Krok po kroku

Zadanie

Określ współrzędne geograficzne Kielc.

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

Odpowiedź

Współrzędne Kielc to $50^\circ 50'N$, $20^\circ 40'E$, co czytamy: Kielce są położone na 50 stopniu i 50 minucie szerokości geograficznej północnej oraz na 20 stopniu i 40 minucie długości geograficznej wschodniej.



Zadania

1. Omów dowody potwierdzające kulistość Ziemi.
2. Wyjaśnij, jaka jest różnica między elipsoidą obrotową a geoidą.
3. Na podstawie map z atlasu geograficznego określ współrzędne geograficzne Twojego miejsca zamieszkania.

3

Mapa jako obraz Ziemi

Na wędrowkę po nieznaną nam okolicę najczęściej zabieramy mapę lub plan, dzięki którym łatwiej jest zorientować się w terenie i trafić do wybranego celu. Jednak ani na mapie, ani na planie nie znajdziemy wszystkich elementów obecnych na danym obszarze. Czy wiesz, dlaczego?

Mapa i plan

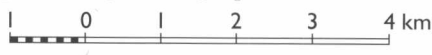
Podstawową formą prezentacji informacji geograficznej jest **mapa**. Stanowi ona uogólniony graficzny obraz powierzchni Ziemi lub jej fragmentu, a niekiedy innego ciała niebieskiego lub nieba. Obraz ten jest **wykonany na płaszczyźnie, w określonym pomniejszeniu, za pomocą umownych znaków i przy zastosowaniu odpowiedniego odwzorowania kartograficznego**, czyli matematycznego sposobu przedstawienia powierzchni kuli na płaszczyźnie. Natomiast w celu przedstawienia małego fragmentu powierzchni Ziemi, np. miasta, wykonuje się **plan**. **Nie uwzględnia on krzywizny Ziemi**, zatem nie posiada zniekształceń wynikających z odwzorowania kartograficznego.

Skala mapy

Każda mapa posiada **skalę**. Informuje ona o stopniu pomniejszenia obrazu Ziemi na mapie w stosunku do wymiarów rzeczywistych.

Wyróżnia się następujące skale:

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



Przykłady te oznaczają, że odległość na mapie została pomniejszona 100 000 razy w stosunku do odległości rzeczywistej. Inaczej mówiąc, 1 cm na mapie to 100 000 cm lub 1 km w terenie.

Skalę liczbową wyraża się w postaci ułamka – w liczniku występuje liczba 1, a w mianowniku liczba oznaczająca zmniejszenie odległości. Zapis 1:100 000 oznacza $\frac{1}{100\,000}$. Im mniejszy ułamek, tym mniejsza jest skala mapy. Natomiast im większa skala, tym większa jest szczegółowość mapy, czyli liczba przedstawionych na niej elementów.

Oprócz odległości na mapach zmniejszeniu ulega też powierzchnia przedstawianego terenu. Jest ona zmniejszona tyle razy, ile wynosi liczba wyrażająca pomniejszenie odległości podniesiona do kwadratu. Tak więc na mapie w skali 1:10 000 powierzchnia uległa zmniejszeniu o 100 000 000 razy. Niekiedy wyróżnia się jeszcze **skalę połową**, która służy do wyrażania wielkości zmniejszenia powierzchni na mapie, np. 1 mm² – 1 000 000 mm².

PODZIAŁ MAP

Ze względu na treść

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

Ze względu na skalę

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

Ze względu na przeznaczenie

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

Obliczanie odległości, powierzchni i skali

Krok po kroku

Jak obliczyć odległość rzeczywistą?

Korzystając z zamieszczonej obok mapy, oblicz rzeczywistą odległość w linii prostej pomiędzy Krakowem a Kielcami.

- 1 Zamień podziałkę liniową na skalę mianowaną.
 $1 \text{ cm} - 30 \text{ km}$
 $1 \text{ cm na mapie odpowiada odległości 30 km w terenie.}$
- 2 Zmierz na mapie odległość w linii prostej pomiędzy Krakowem a Kielcami.
 Odległość na mapie wynosi 3,4 cm.
 $3,4 \cdot 30 \text{ km} = 102 \text{ km}$
 Możesz też ułożyć proporcję:
 $1 \text{ cm} - 30 \text{ km}$
 $3,4 \text{ cm} - x$
 $x = 3,4 \text{ cm} \cdot 30 \text{ km} : 1 \text{ cm} = 102 \text{ km}$

Odpowiedź

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

Zadanie

Oblicz odległość rzeczywistą pomiędzy Bielsko-Białą a Bełchatowem.



Jak obliczyć powierzchnię rzeczywistą?

Na mapie w skali 1:10 000 zaznaczono sad w kształcie prostokąta o wymiarach 3 cm x 4 cm. Oblicz powierzchnię rzeczywistą (Prz) tego sadu.

- 1 Oblicz powierzchnię (P) sadu na mapie.
 $P = 3 \text{ cm} \cdot 4 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$
- 2 Zamień skalę liczbową na skalę mianowaną.
 $1 \text{ cm} - 10\,000 \text{ cm}$
 $1 \text{ cm} - 100 \text{ m}$
- 3 Oblicz proporcję:
 $1 \text{ cm} - 100 \text{ m}$
 $(1 \text{ cm})^2 - (100 \text{ m})^2$, czyli $1 \text{ cm}^2 - 10\,000 \text{ m}^2$
 $12 \text{ cm}^2 - \text{Prz}$
 $\text{Prz} = 12 \text{ cm}^2 \cdot 10\,000 \text{ m}^2 : 1 \text{ cm}^2 = 120\,000 \text{ m}^2$
- 4 Wynik podaj w hektarach.
 $1 \text{ ha} - 10\,000 \text{ m}^2$
 $120\,000 \text{ m}^2 = 12 \text{ ha}$

Odpowiedź

Powierzchnia rzeczywista sadu wynosi 12 ha.

Zadanie

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

Jak obliczyć skalę mapy?

Odległość między dwoma punktami na mapie wynosi 3 cm. Ta odległość w terenie to 30 km. Znając powyższe dane, oblicz skalę, w której została wykonana mapa.

- 1 Oblicz, ile wynosi odległość w terenie odpowiadająca odległości 1 cm na mapie.
 $3 \text{ cm} - 30 \text{ km}$
 $1 \text{ cm} - x$
 $x = 10 \text{ km}$
 $1 \text{ cm na mapie odpowiada 10 km odległości w terenie.}$

Odpowiedź

Skala mianowana mapy to 1 cm – 10 km.

- 2 Zamień skalę mianowaną na skalę liczbową.
 $10 \text{ km} - 1\,000\,000 \text{ cm}$
 Skala liczbowa: 1:1 000 000

Zadanie

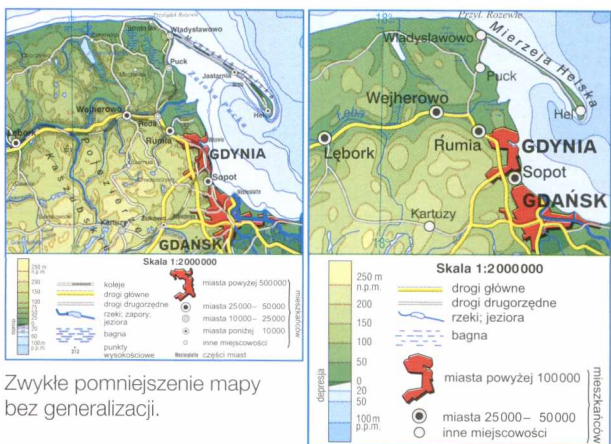
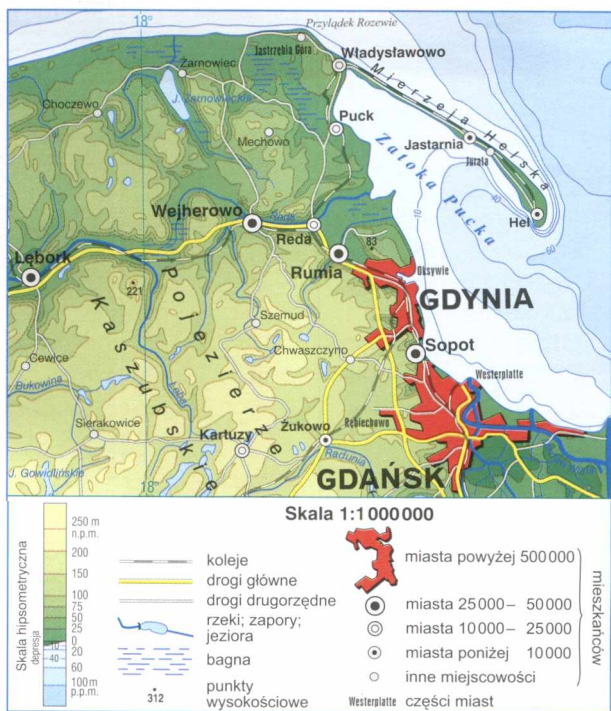
Odległość między dwoma punktami na mapie wynosi 8 cm. Ta odległość w terenie odpowiada 50 km. Oblicz skalę, w której została wykonana mapa.

Generalizacja kartograficzna

Przedstawienie na mapie większości obiektów geograficznych w całości jest możliwe jedynie pod warunkiem zredukowania ich rozmiarów zgodnie ze skalą mapy. Wymiary tych obiektów mogą więc – w zależności od skali mapy – zostać zmniejszone wiele tysięcy, a nawet milionów razy. Powoduje to konieczność znacznych przekształceń treści mapy. Aby mapa była czytelna i zrozumiała, jej treść musi zostać odpowiednio uproszczona, czyli zgeneralizowana. Generalizacja kartograficzna polega zatem na wyselekcjonowaniu elementów przedstawionych na mapie poprzez opuszczanie szczegółów uznanych za mniej ważne, wygładzanie linii obiektów geograficznych oraz zastępowanie znaków powierzchniowych znakami punktowymi. Wraz ze zmniejszającą się skalą mapy, zmniejsza się ilość przedstawionych na niej obiektów, a także ich opisów. Generalizacji ulega też siatka kartograficzna, gdyż zbyt gęste oczka siatki utrudniałyby odczytanie treści mapy.

Należy pamiętać, że na skutek generalizacji następuje często przesunięcie przedstawianych elementów względem ich rzeczywistego położenia. Jest to spowodowane nie tylko zamianą znaków powierzchniowych na punktowe, lecz także uproszczeniem, łączeniem i powiększaniem ich konturów.

- Zwykle zmniejszenie mapy nie jest jej generalizacją. Treść mapy oraz większość napisów jest wtedy nieczytelna. Na mapie tego samego obszaru przygotowanego z wykorzystaniem generalizacji widać, że treść jest starannie wyselekcjonowana.



Mapa zgeneralizowana.

Zadania

1. Podaj różnice między mapą a planem.
2. Przekształć poniższe skale liczbowe na skale mianowane, a następnie uszereguj je w kolejności od najmniejszej do największej.
1:2 000 000, 1:500 000, 1:20 000, 1:100 000
3. Korzystając z atlasu geograficznego, wypisz nazwy pięciu dowolnych map tematycznych i opisz krótko ich treść.

4

Odwzorowania kartograficzne

Kiedy przyglądasz się mapie, możesz zauważyć, że kształty i wielkości przedstawionych na niej obiektów geograficznych są zniekształcone w odniesieniu do rzeczywistości. Co więcej – im większy obszar obejmuje mapa, tym większe są deformacje ujętych na niej obiektów. Aby zniekształcenia były jak najmniejsze i aby jak najwierniej odtworzyć kształt powierzchni Ziemi, stosuje się różne rodzaje odwzorowań kartograficznych.

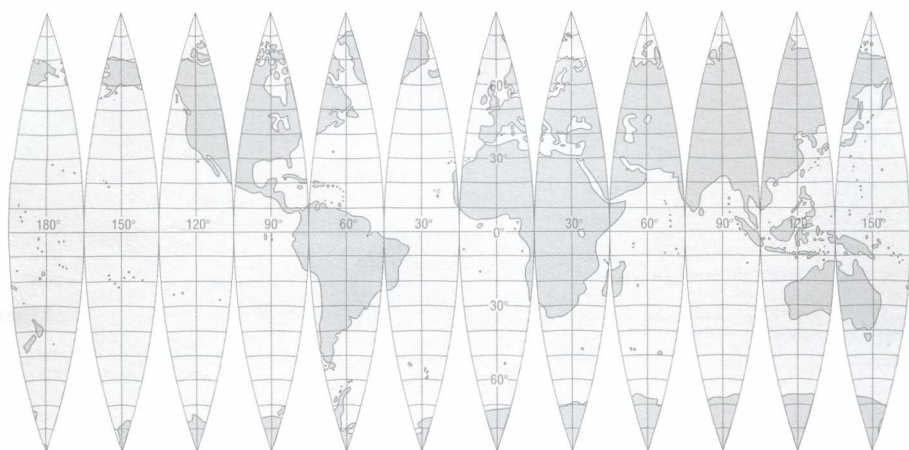
Globus

Kształt Ziemi najlepiej odzwierciedla **globus**, czyli jej trójwymiarowy model. Tylko na nim możliwe jest przedstawienie **powierzchni naszej planety bez zniekształceń**, z zachowaniem stałej skali we wszystkich punktach i kierunkach. Globusy wykonywane są jednak w bardzo małych skalach – inaczej byłyby nieporęczne – na przykład średnica globusa wykonanego w skali 1:1 000 000 musiałaby wynosić blisko 13 m. W wyniku dużego pomniejszenia przedstawiony na globusie obraz powierzchni Ziemi jest **silnie zgeneralizowany**. Ogranicza to wykorzystanie tego modelu naszej planety w praktyce.

Dlatego powszechnie używa się poręczniejszych i bardziej szczegółowych map. Jednak i one posiadają pewne ograniczenia. Przedstawienie bez zniekształceń elipsoidy obrotowej lub kuli na płaskiej, dwuwymiarowej mapie sprawia znaczne trudności. Są one spowodowane nierozwijalnością powierzchni tych brył na płaszczyźnie. **Bez przekłamań można na mapie przedstawić jedynie obszary o powierzchni do 750 km².** Prezentacja większych fragmentów terenu wymaga już zastosowania odwzorowania kartograficznego.

Rodzaje odwzorowań kartograficznych

Odwzorowanie kartograficzne powstaje przez przeniesienie siatki geograficznej na płaszczyznę, w efekcie czego otrzymuje się **siatkę kartograficzną**. Przeniesienia punktów z powierzchni kuli lub elipsoidy można dokonać bezpośrednio **na płaszczyznę**. Można też posłużyć się **poboczną walca** lub **poboczną stożka**, które są rozwijalne na płaszczyźnie. Odwzorowania płaskie, walcowe i stożkowe określa się wspólnym mianem **odwzorowań klasycznych**.



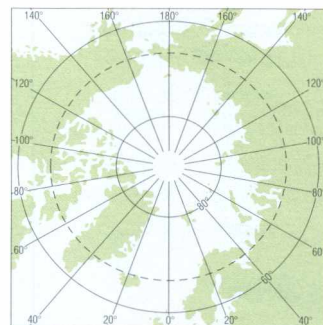
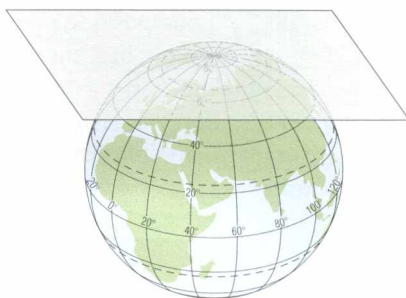
Rozwijając powierzchnię kuli na płaszczyźnie, nie da się uniknąć powstania deformacji. Przedstawienie powierzchni Ziemi bez zniekształceń jest możliwe jedynie na globusie.

Podział odwzorowań klasycznych

Ze względu na rodzaj powierzchni, na którą jest rzutowana siatka geograficzna, wyróżnia się odwzorowania:

płaszczyznowe (azymutalne) –

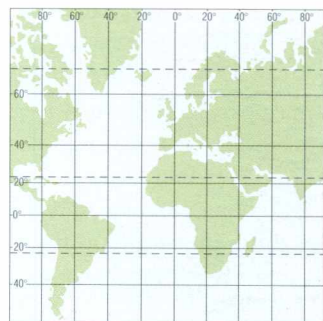
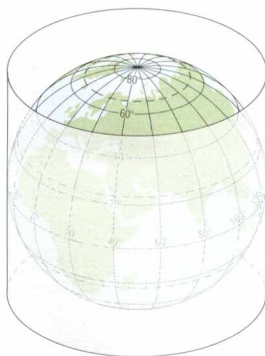
powstają z rzutowania siatki geograficznej na płaszczyznę. Równoleżniki zazwyczaj odwzorowują się jako współśrodkowe okręgi lub łuki, zaś południki – jako linie proste lub łuki łączące się na biegunie;



Siatka kartograficzna w odwzorowaniu płaszczyznowym normalnym.

walcowe –

siatka geograficzna jest w nich rzutowana na powierzchnię walca opasującego kulę lub elipsoidę. Najczęściej południki i równoleżniki odwzorowują się jako linie proste, przecinające się pod kątem 90° ;



Siatka kartograficzna w odwzorowaniu walcowym normalnym.

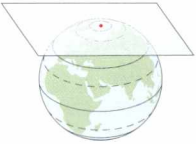
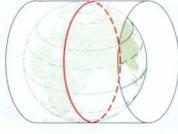
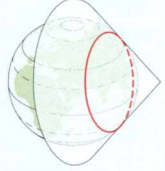
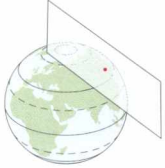
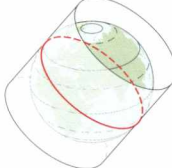
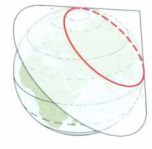
stożkowe –

siatka geograficzna jest w nich rzutowana na powierzchnię stożka. W odwzorowaniach tych równoleżniki tworzą łuki współśrodkowych okręgów, natomiast południki są liniami prostymi wychodzącymi promiennie z jednego punktu.

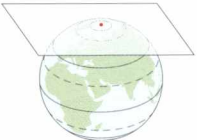
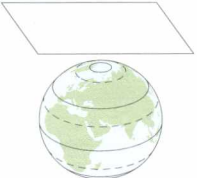


Siatka kartograficzna w odwzorowaniu stożkowym normalnym.

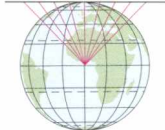
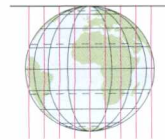
Typy odwzorowań kartograficznych w zależności od położenia płaszczyzny rzutowania w stosunku do kuli ziemskiej

Nazwa i opis	Odwzorowanie płaszczyznowe (azymutalne)	Odwzorowanie walcowe	Odwzorowanie stożkowe
Odwzorowanie normalne (biegunowe) – płaszczyzna rzutowania jest w nich styczna do kuli na biegunie, a oś stożka lub walca pokrywa się z osią biegunową kuli.			
Odwzorowanie poprzeczne (równikowe) – płaszczyzna rzutowania jest w nich styczna na równiku, a oś stożka lub walca jest prostopadła do osi biegunowej kuli.			
Odwzorowanie ukośne – płaszczyzna rzutowania i osie stożka lub walca zajmują w nich położenia pośrednie między równikiem a biegunem.			

Położenie płaszczyzny rzutowania w zależności od punktu styczności z powierzchnią kuli

Położenie	Przykład
Położenie styczne – gdy płaszczyzna rzutowania dotyka powierzchni kuli ziemskiej w jednym miejscu lub na jednej linii.	
Położenie sieczne – gdy płaszczyzna rzutowania przecina powierzchnię kuli ziemskiej.	
Położenie odległe (bez punktu wspólnego) – gdy płaszczyzna rzutowania nie ma żadnego styczego punktu z powierzchnią kuli ziemskiej.	

Typy rzutów w zależności od położenia źródła promieni rzutujących

Rzut	Przykład
Rzut centralny – gdy źródło promieni rzutujących znajduje się w środku kuli.	
Rzut stereograficzny – gdy źródło promieni rzutujących jest umiejscowione po przeciwnej stronie punktu styczności.	
Rzut ortograficzny – gdy źródło promieni rzutujących znajduje się w nieskończoności.	

■ Zniekształcenia

W procesie odwzorowywania pola powierzchni kuli na płaszczyźnie dochodzi do deformacji **odległości, kątów i powierzchni**. Deformacja ta jest tym większa, im większy obszar obejmuje mapa. W przeważającej liczbie odwzorowań tylko jeden z tych elementów zachowywany jest wiernie, czyli bez zniekształceń. Ze względu na rodzaj zniekształcenia odwzorowania kartograficzne dzieli się na trzy główne typy.

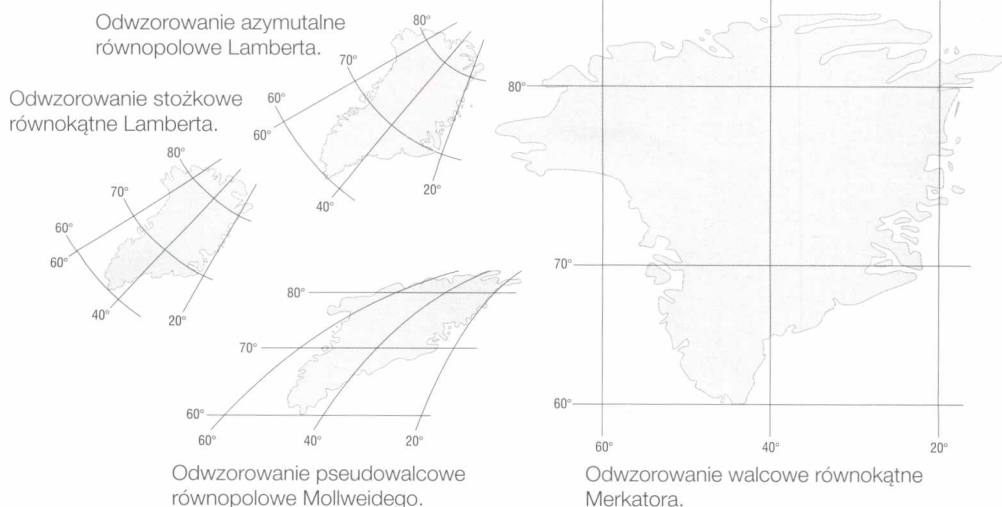
Odwzorowania wiernopowierzchniowe (równopolowe) – pozwalają zachować bez zniekształceń pola powierzchni odwzorowywanych obszarów. Mapy wykonane w takim odwzorowaniu wykorzystuje się do obliczeń powierzchni, np. jednostek administracyjnych, lasów czy jezior. Przykładami odwzorowań wiernopowierzchniowych są odwzorowania Lamberta oraz Mollweidego.

Odwzorowania wiernoodległościowe – zachowują odległości tylko w określonych kierunkach (głównie wzdłuż równoleżników lub południków), a nie w dowolnym kierunku na całej mapie. Pozwalają one na obliczanie odległości pomiędzy wybranymi punktami. Wiernoodległościowe są na przykład odwzorowania Eckerta i Postela.

Odwzorowania wiernokątne (równokątne) – umożliwiają zachowanie zależności kątowych między równoleżnikami i południkami. Tego typu odwzorowania stosuje się w konstrukcji map przeznaczonych m.in. do nawigacji lotniczej i morskiej. Klasycznymi ich przykładami są odwzorowania Merkatora i Gaussa-Krügera. Istnieje również szereg odwzorowań, które nie zachowują wierności żadnego z wymienionych elementów, ale zniekształcenia tych elementów są niewielkie. Są to tzw. **odwzorowania dowolne**.

Zniekształcenia na przykładzie Grenlandii

Wielkość i charakter deformacji obszaru przedstawianego na mapie zależą od rodzaju odwzorowania, skali mapy oraz wielkości obszaru i jego położenia geograficznego. Zniekształcenia widać wyraźnie na przedstawionych poniżej kilku fragmentach mapy Grenlandii, na których kształt i wielkość tego lądu zmieniają się znacząco w zależności od odwzorowania, ale **przy zachowaniu jednakowej skali**. Na przykład w odwzorowaniu Merkatora równoleżniki i południki przedstawione są jako linie proste, które przecinają się pod kątem prostym. W odwzorowaniu Lamberta natomiast równoleżniki tworzą koncentryczne koła, zaś południki to odcinki o wspólnym punkcie przecięcia.



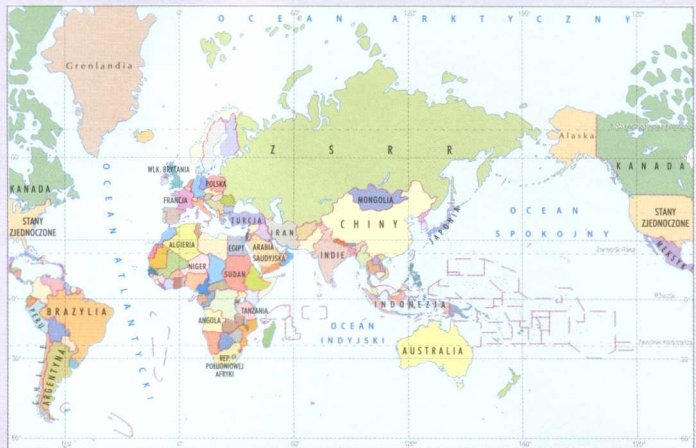
Spojrzenie z bliska

Odwzorowanie Merkatora – narzędzie propagandy

Poszczególne odwzorowania kartograficzne dzięki występującym na nich zniekształceniom mogą być stosowane w celach propagandowych. W taki sposób wykorzystywano na przykład odwzorowanie walcowe Merkatora. Jest to odwzorowanie wiernokątne – południki i równoleżniki przecinają się w nim pod kątem prostym na całej kuli ziemskiej. Równoleżniki mają ponadto jednakową długość (mimo że w rzeczywistości jest ona różna) – obraz Ziemi ulega więc znacznej deformacji. Odwzorowanie Merkatora stosowano do celów propagandowych już od XVII wieku. Europejscy kartografowie zaczęli wtedy umieszczać Europę na mapach świata centralnie, przez co wydawało się, że faktycznie leży ona w centrum świata oraz że jest większa niż tereny międzyzwrotnikowe. W XX wieku dzięki stosowaniu odwzorowania Merkatora przy przedstawianiu na mapie ówczesnego Związku Radzieckiego uzyskiwano wrażenie, że jest on o wiele większy od Stanów Zjednoczonych, a nawet od większości kontynentów. W ten sposób Związek Radziecki starał się wzmocnić swoją pozycję na świecie.



Na XIX-wiecznej mapie świata zniekształcono obszary leżące na półkuli południowej względem półkuli północnej.



Umieszczenie ZSRR w środku mapy świata skutkuje m.in. tym, że obszar Stanów Zjednoczonych jest rozdzielony na dwie części.

Zadania

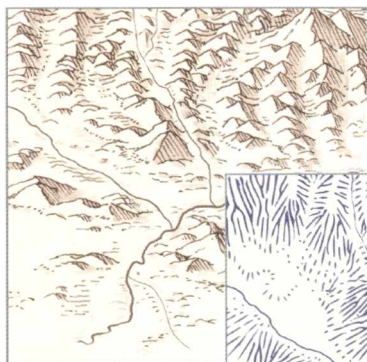
1. Wyjaśnij, dlaczego całego pola powierzchni kuli lub elipsoidy nie da się przedstawić bez zniekształceń na płaszczyźnie.
2. Uzasadnij, którą z wymienionych siatek kartograficznych wybierzesz jako najlepszą do przedstawienia obszaru Polski: azymutalną, stożkową, walcową Merkatora czy Mollweidego.
3. Wymień po jednym przykładzie wykorzystania map wykonanych w odwzorowaniach wiernokątnych, wiernopowierzchniowych i wiernoodległościowych.

Informacje geograficzne, takie jak np. miejsce występowania danego zjawiska czy też stopień jego natężenia, mogą być przedstawiane na mapach za pomocą różnych kartograficznych metod prezentacji. Wiesz już, że gęstość zaludnienia na świecie ukazuje się w inny sposób niż rozmieszczenie upraw zbóż czy wielkość wydobycia ropy naftowej. Jeszcze inaczej oznacza się

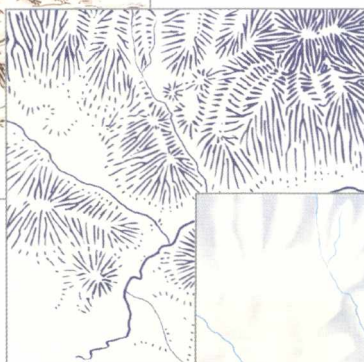
na mapach ukształtowanie powierzchni. Wybór metody prezentacji zależy od tematu, przeznaczenia, a także skali i stopnia generalizacji mapy. Niekiedy do sporządzenia jednej mapy wykorzystuje się kilka metod. Metody przedstawiania zjawisk na mapach dzielą się na **jakościowe metody prezentacji** oraz **ilościowe metody prezentacji**.

Metody przedstawiania rzeźby terenu na mapach

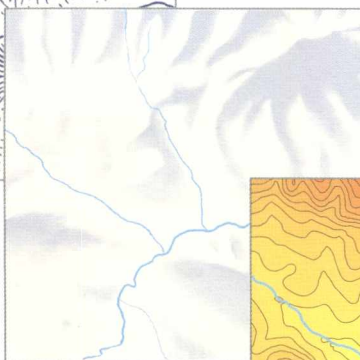
Dane o rzeźbie terenu przedstawia się, podobnie jak wiele innych informacji geograficznych, za pomocą różnych metod.



Próby ukazania na mapie trzeciego wymiaru, czyli wysokości, podejmowano już podczas tworzenia pierwszych map. Wypukłe formy przedstawiano wtedy na nich za pomocą **metody kopczykowej**.

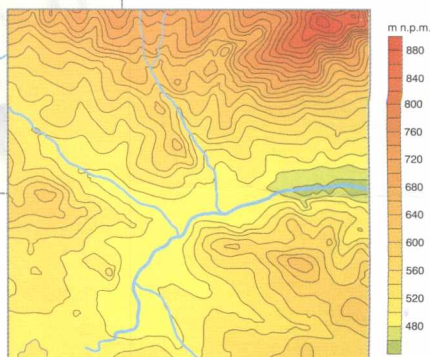


Dopiero później zaczęto stosować **metodę kreskową**. Polegała ona na rysowaniu drobnych, równoległych kresek, które stawiano tym gęściej, im większe było nachylenie stoków.



Rozwinięciem metody kreskowej była **metoda cieniowania**. Uwytklenie rzeźby terenu uzyskiwano przez cieniowanie wzniesień oświetlonych zazwyczaj promieniami słonecznymi.

Współcześnie na mapach rzeźbę terenu przedstawia się za pomocą poziomic (izohips), **metody hipsometrycznej** (skali barw), punktów wysokościowych, znaków umownych oraz rysunku skał.

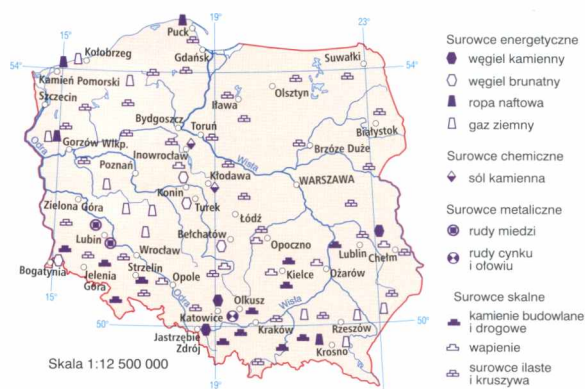


Jakościowe metody prezentacji zjawisk na mapach

Metoda sygnaturowa

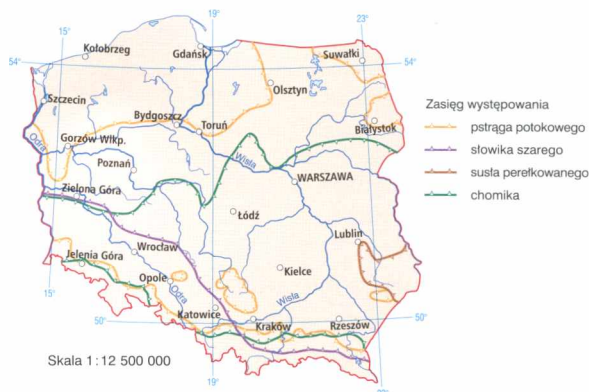
Metoda ta służy do obrazowania rozmieszczenia danego zjawiska za pomocą umownych znaków – sygnatur. Przedstawiają one na mapie obiekty, których nie można przedstawić w danej skali mapy, gdyż są zbyt małe. Sygnatury dzieli się na:

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



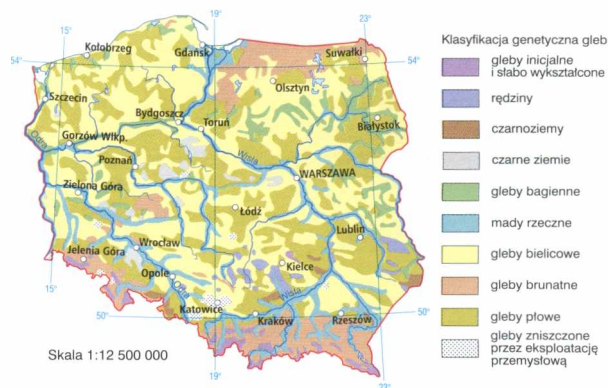
Metoda zasięgów

W metodzie zasięgów zazwyczaj za pomocą linii (konturu) lub różnych barw czy szrafów oznacza się na mapie obszar rozprzestrzenienia danego zjawiska, np. występowanie określonego gatunku roślin lub zwierząt. Obszar ograniczony konturem oznacza, że dane zjawisko występuje tam w rozproszeniu. Aby pokazać, która część rozciętej linii mapy informuje o danym zjawisku, należy wprowadzić dodatkowe oznaczenia. Z reguły są to krótkie kreski skierowane do wnętrza konturu. Jeśli kontur zasięgu wykracza poza ramkę mapy, wówczas mówimy o zasięgu otwartym. Z kolei jeśli zasięg tworzy pełną figurę, to znaczy, że jest zamknięty. Dzięki metodzie zasięgów możliwe jest ujęcie na mapie kilku nakładających się na siebie zjawisk.



Metoda powierzchniowa

Metodę tę stosuje się do oznaczania barwami lub szrafem powierzchni, na które został podzielony większy obszar ze względu na jedną określoną cechę. W ten sposób, bez charakterystyki ilościowej, oznacza się np. strefy klimatyczne lub występowanie gleb. Ważną cechą metody powierzchniowej jest to, że obrazowane za jej pomocą zjawiska nie nakładają się na siebie.



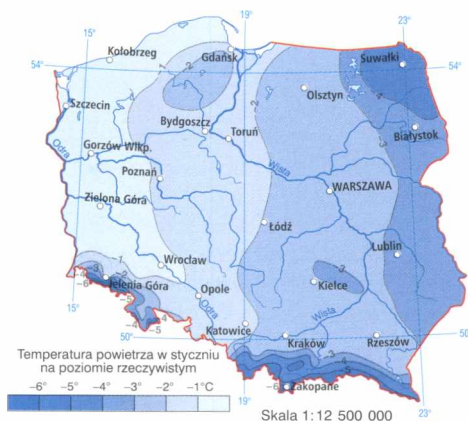
Ilościowe metody prezentacji zjawisk na mapach

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

Metoda izolinii

Metoda ta polega na zastosowaniu izolinii (izarytmów), czyli linii jednakowych wartości liczbowych, ukazujących natężenie przedstawianego zjawiska. Metoda izolinii jest formą prezentacji pozwalającą na przedstawienie zjawisk zmieniających się w przestrzeni w sposób ciągły. Najczęściej spotykaną izolinią jest **izohipsa**, łącząca punkty o jednakowej wysokości nad poziomem morza. Innymi stosowanymi izoliniami są:

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

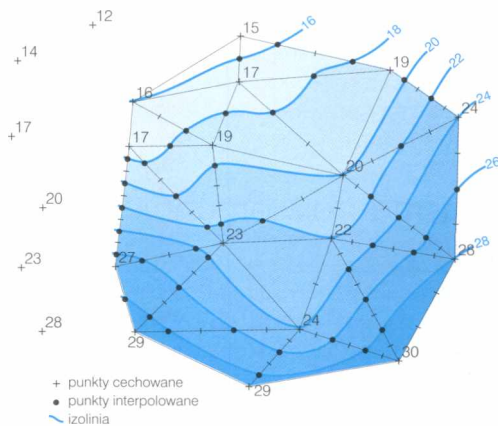


- **izoamplitudy** – linie na mapie łączące punkty o jednakowych amplitudach, np. temperatury,
- **izohele** – linie na mapie łączące punkty o jednakowym uśłonecznieniu,
- **izotachy** – linie na mapie łączące punkty o jednakowej prędkości wiatru.

Na czym polega interpolacja?

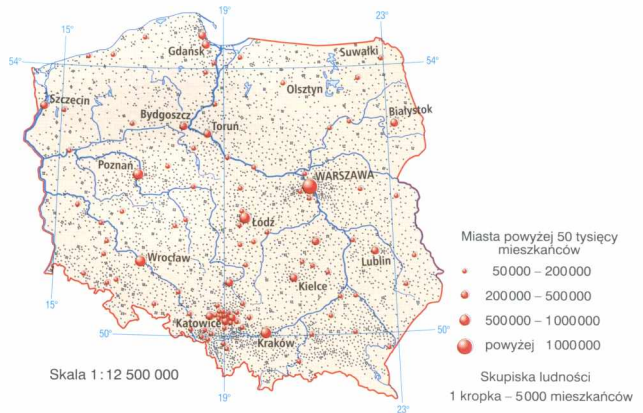
Interpolacja to sposób wyznaczania punktów, przez które przebiegają izolinie. W celu wykonania interpolacji należy:

- wyznaczyć między określonymi wcześniej punktami cechowanymi (pomiarowymi) punkty o wartościach pośrednich,
- aby uzyskać informacje o położeniu punktów pośrednich, trzeba połączyć linią dwa sąsiednie punkty cechowane tak, żeby linie nie przecinały się,
- obliczyć różnicę wartości między tymi punktami,
- podzielić zaznaczony odcinek na tyle części, ile wyniosła różnica,
- podpisać punkty powstałe po podzieleniu odcinka,
- połączyć linią punkty o szukanej wartości – po jednej stronie zostawiać punkty o większej wartości, a po drugiej – punkty o mniejszej wartości. Punkty o jednakowej wartości powinny znaleźć się na tej samej linii.



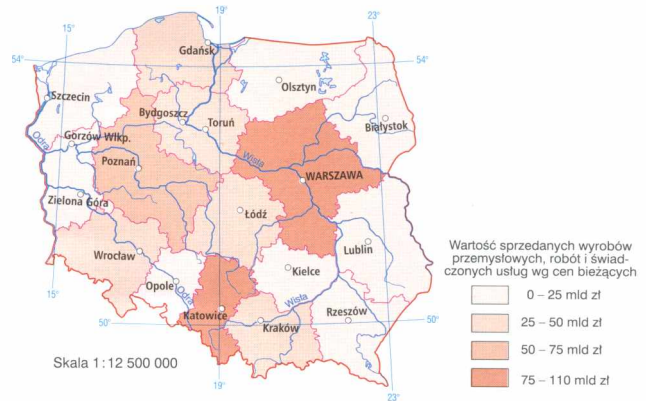
Metoda kropkowa

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



Metoda kartogramu

Metoda ta polega na przedstawianiu natężenia określonego zjawiska w granicach danego obszaru za pomocą odpowiednio dobranych barw lub szrafu o ustalonej skali. Skala barw (szrafu) zawiera przedziały obrazujące zmienność danego zjawiska. Podkładem kartogramu są najczęściej jednostki administracyjne (województwa, powiaty, gminy) lub państwa. Natężenie przedstawianych zjawisk w obrębie każdej jednostki terytorialnej jest uśrednione. Metodą kartogramu prezentuje się wartości względne, dlatego stosuje się ją m.in. przy obrazowaniu takich wskaźników, jak przyrost naturalny ludności, stopa bezrobocia czy lesistość.



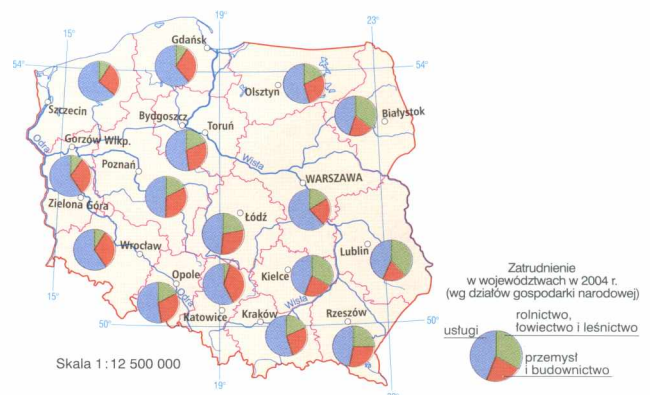
Metoda kartodiagramu

Ten sposób prezentacji obejmuje przedstawianie wielkości, a niekiedy też struktury lub przebiegu zjawiska za pomocą wykresów i diagramów naniesionych na mapę.

Najczęściej dotyczą one:

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

Metodą kartodiagramu przedstawia się m.in. strukturę użytkowania gruntów według województw czy też wielkość kolejowych przewozów pasażerskich na określonej trasie.

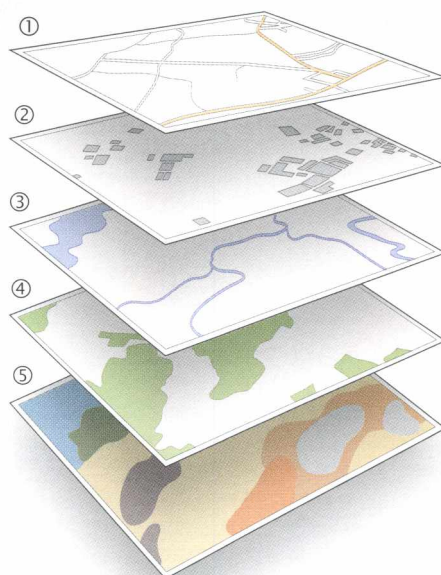


? Podaj trzy przykłady map wykonywanych metodą kartodiagramu.

GIS – cyfrowa metoda prezentacji zjawisk

Komputerowy System Informacji Geograficznej GIS grupuje w swoich bazach wszelkie dane geograficzne. Dotyczą one informacji o lokalizacji oraz cechach obiektów geograficznych. Do wizualizacji danych wykorzystuje się warstwy tematyczne. Każda z nich dotyczy tylko jednego zagadnienia. Zakres podejmowanej problematyki jest przy tym bardzo szeroki – począwszy od rzeźby terenu, poprzez roślinność, a kończąc na bardzo szczegółowych i specjalistycznych zagadnieniach, takich jak rozmieszczenie słupów oświetleniowych czy instalacji gazowych w miastach. Efektem połączenia kilku warstw tematycznych jest cyfrowa mapa wybranego obszaru. Warstwy te znacznie ułatwiają selekcjonowanie informacji według przyjętych kryteriów, a co za tym idzie – analizowanie ich w układzie przestrzennym i czasowym.

Możliwość przechowywania danych oraz szybkiego wyszukiwania informacji wśród sporej ich ilości sprawia, że GIS ma bardzo szerokie zastosowanie nawet w dziedzinach teoretycznie odległych od geografii. System ten jest powszechnie wykorzystywany m.in. przez instytucje planistyczne, administrację rządową i samorządową, policję, wojsko, straż pożarną, szpitale i zarządy dróg. Stosuje się go również wtedy, gdy analizy przestrzenne służą podejmowaniu szybkich decyzji, np. w przypadku klęsk żywiołowych oraz w trakcie prowadzenia akcji ratowniczych.



- ① sieć drogowa
- ② zabudowa
- ③ sieć hydrograficzna
- ④ obszary leśne
- ⑤ gleby

Zadania

1. Podaj, w jaki sposób na mapach tematycznych przedstawia się cechy jakościowe zjawisk, a w jaki – cechy ilościowe.
2. Wyjaśnij różnicę między kartogramem a kartodiagramem.
3. Podaj trzy przykłady praktycznego zastosowania GIS.
4. Wskaż metody kartograficzne, za pomocą których można przedstawić na mapie:
 - a) ukształtowanie powierzchni Polski,
 - b) rozmieszczenie stref klimatycznych na świecie,
 - c) import i eksport produktów przemysłowych w Europie,
 - d) skład gatunkowy lasów według województw.
5. Określ, jakie metody prezentacji zjawisk zostały wykorzystane w *Atlasie geograficznym Świat, Polska* na mapach:
 - a) „Ochrona przyrody”,
 - b) „Drogi wodne, linie lotnicze”,
 - c) „Kilimandżaro”.

6

Inne sposoby prezentacji danych o przestrzeni geograficznej

Geografowie traktują otaczającą nas przestrzeń jako zespół powiązanych ze sobą elementów środowiska przyrodniczego oraz wytworów społeczno-ekonomicznej działalności człowieka. Badania geograficzne dotyczą zarówno obiektów, które w tej przestrzeni występują, jak również relacji zachodzących między tymi obiektami. Zebrane na podstawie badań informacje o obiektach i zjawiskach są prezentowane w różnorodnej formie. Najprostszą z nich jest opis. Przedstawienia obrazu fragmentu Ziemi można dokonać również na szkicach, rysunkach, fotografiach, a nawet na obrazie malarskim lub filmie. Jednak najbardziej charakterystyczną formą przekazu informacji geograficznej są mapy. Jedną z popularniejszych form prezentacji są także dane statystyczne przedstawiane w postaci tabel lub w formie graficznej – jako diagramy czy wykresy.



Szkic danego miejsca jest niedokładną formą przedstawienia najważniejszych informacji o tym fragmencie przestrzeni geograficznej.

Tabele statystyczne

Dane statystyczne przedstawia się bardzo często w formie tabel statystycznych. Zawierają one dane zbierane przez urzędy statystyczne, władze jednostek administracyjnych, organizacje pozarządowe czy też ośrodki naukowe. Korzystając z takich tabel, należy zwracać uwagę także na wszystkie dodatkowe informacje, takie jak nagłówki tabel, przypisy itp.

TABL. 13 (73). **WSPÓŁCZYNNIKI REPRODUKCJI LUDNOŚCI^a**
REPRODUCTION RATES OF POPULATION^a

Wyszczególnienie	2000	2005	2009	2010	Specification
Współczynnik dzietności ^b	1,367	1,243	1,398	1,382	Total fertility rate ^b
miasta	1,201	1,149	1,330	1,309	urban areas
wieś	1,652	1,399	1,496	1,486	rural areas
Współczynnik reprodukcji brutto ^c	0,663	0,604	0,678	0,665	Gross reproduction rate ^c
miasta	0,581	0,557	0,645	0,631	urban areas
wieś	0,805	0,682	0,726	0,713	rural areas
Współczynnik reprodukcji netto ^d	0,653	0,599	0,675	0,663	Net reproduction rate ^d
miasta	0,572	0,554	0,644	0,631	urban areas
wieś	0,792	0,673	0,721	0,709	rural areas

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

Źródło: *Mały Rocznik Statystyczny*, GUS, Warszawa 2011.

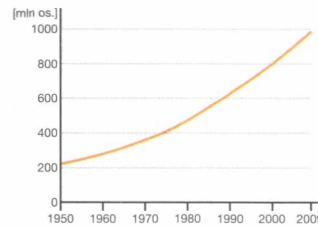
? Korzystając z przypisów, wyjaśnij różnicę między współczynnikiem reprodukcji brutto a współczynnikiem reprodukcji netto.

Wykresy i diagramy

Dane statystyczne można również zaprezentować w formie graficznej, np. za pomocą wykresów lub diagramów. Jest to metoda łatwiejsza w odbiorze niż tabela, która może przytłoczyć ilością danych. Wykresy zawierają ograniczoną ich liczbę, dzięki czemu są bardziej czytelne. Obrazują one wielkość, dynamikę lub strukturę wybranego zjawiska w przyjętym układzie współrzędnych. Diagramy, będące jednym z rodzajów wykresów, przedstawiają informacje za pomocą figur lub brył geometrycznych.

Wykresy liniowe

Służą do przedstawiania wartości w pewnym ciągu czasowym, np. godzinny, dobowy, miesięczny lub roczny. Dane muszą pochodzić z każdego wybranego okresu, gdyż krzywa, która łączy wartości, ma charakter ciągły.



Wykres liniowy przedstawiający liczbę ludności Afryki w latach 1950–2009.

Diagramy słupkowe

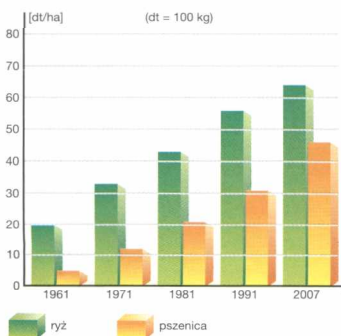
Umożliwiają porównywanie wartości wybranych zjawisk lub obiektów. Słupki diagramu mogą być ułożone poziomo lub pionowo.

Wykres słupkowy czasowy

Wykorzystuje się go do prezentacji przebiegu zmian badanego zjawiska w wybranym okresie (np. wartości eksportu w poszczególnych latach).

Wykres słupkowy porównawczy

Tworzy się go do porównania ściśle określonych cech badanych obiektów.

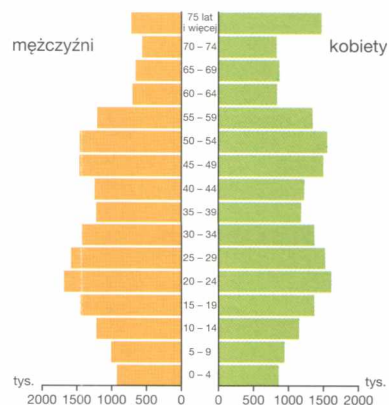


Wykres słupkowy porównawczy przedstawiający plony ryżu i pszenicy w Chinach.

? Wyjaśnij, dlaczego nie powinno się porównywać np. plonów ryżu i pszenicy z różnych lat (np. plonów ryżu z 1961 roku, a plonów pszenicy z 1991 roku).

Piramida płci i wieku

Rodzaj wykresu słupkowego pozwalający porównać wartości między dwiema płciami oraz pomiędzy poszczególnymi okresami. Liczba okresów może być dowolna (np. przedziały roczne, pięcioletnie itp.). Wykres ten może prezentować wartości bezwzględne (liczba osób w danym przedziale wiekowym), jak też udział procentowy w całej populacji.



Piramida płci i wieku ludności Polski w 2009 r.

Diagramy strukturalne

Ukazują procentowy podział zjawiska i pomagają rozpatrzyć każdą ze składowych z osobna. Można je przedstawiać w różnej formie.

Diagramy kołowe

Pole powierzchni koła jest w nich podzielone na wycinki i obrazuje udział poszczególnych składowych w ogóle zjawiska. Wartość odczytuje się w przybliżeniu, jednak dla ułatwienia odczytu można na diagramie podać wartości procentowe każdej z jego składowych.

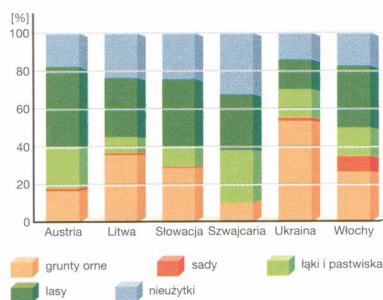
Trzeba przy tym pamiętać, że koło (pełen kąt – 360°) przedstawia 100% wartości danego zjawiska, połowa koła (czyli kąt 180°) to 50% jego wartości, a ćwierć koła (kąt 90°) – 25%.



Struktura użytkowania ziemi w USA przedstawiona za pomocą diagramu kołowego.

Diagramy strukturalne słupkowe

Tworzą je słupki, które mogą być umiejscowione pionowo lub poziomo. Odczyt, podobnie jak w przypadku diagramu kołowego, jest jedynie przybliżony.



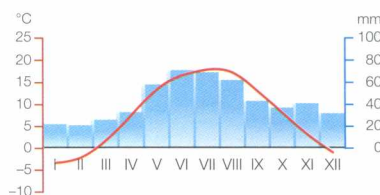
Struktura użytkowania ziemi w wybranych krajach Europy przedstawiona za pomocą diagramu słupkowego.

Diagramy segmentowe

Złożone są ze stu małych kwadratów, z których każdy reprezentuje 1% wartości danego zjawiska. Duża czytelność tych diagramów ułatwia obliczenie procentowej wartości każdego elementu.

Wykresy złożone

Służą do prezentowania dwu lub więcej zjawisk klimatycznych, np. na jednej osi podaje się wartości temperatury, a na drugiej – wielkości opadów.



Dane klimatyczne dla stacji meteorologicznej w Warszawie przedstawione za pomocą wykresu złożonego.

Diagramy obrazkowe

Obrazują za pomocą schematycznych rysunków wielkość danego zjawiska. Dla każdego z nich wartość liczbową jest jednakowa. Są jednym z ciekawszych sposobów przedstawiania danych statystycznych.

Zadania

1. Wyjaśnij różnice pomiędzy wykresem liniowym a diagramem słupkowym czasowym.
2. Wyjaśnij specyfikę wykresu złożonego.
3. Podaj przykład wykorzystania diagramu segmentowego.
4. Określ, jaki typ wykresu wybierzesz, aby przedstawić:
 - a) zmiany liczby turystów w Polsce w latach 1990–2010,
 - b) strukturę turystów przyjeżdżających do Polski wg krajów w roku 2008,
 - c) liczbę turystów w wybranych krajach Europy w roku 2008.

W dobie coraz powszechniejszego użycia odbiorników GPS (np. w samochodach) wciąż jeszcze powinniśmy umieć czytać mapę oraz posługiwać się nią. Bowiem, mimo używania nowoczesnych urządzeń nawigacyjnych, nadal są w Polsce oraz w wielu miejscach na świecie obszary, gdzie trzeba korzystać z drukowanej mapy. Dziś do najczęściej używanych map należą **mapy turystyczne** oraz **mapy samochodowe**.

Na tych drugich znajdziemy takie informacje, jak:

- ▶ kategorie i numery dróg, np. autostrada A4, droga krajowa nr 3,
- ▶ odległości między miejscowościami,
- ▶ lokalizacje obiektów, takich jak np. przeprawy promowe, a na dokładniejszych mapach – stacje benzynowe, warsztaty samochodowe, przydrożne restauracje itp.

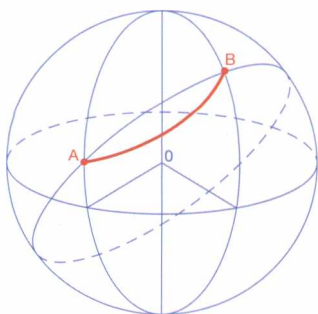
Mapy samochodowe najczęściej wykonuje się w skalach od 1:200 000 do 1:1 000 000.

Jednymi z najdokładniejszych i najbardziej szczegółowych map są **mapy turystyczne** przygotowywane na podstawie **map topograficznych**. Wykonuje się je zazwyczaj w skali mieszczącej się w przedziale od 1:10 000 do 1:200 000. Ze względu na dużą szczegółowość są one wykorzystywane zwłaszcza przez turystów. Z map tych możemy odczytać wiele przydatnych informacji, m.in. rozmieszczenie:

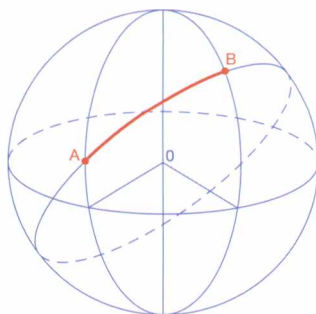
- ▶ niewielkich form terenowych, np. wodospadów lub pojedynczych skałek,
- ▶ zabudowań – domów, zakładów przemysłowych, szkół,
- ▶ infrastruktury turystycznej, czyli hoteli, schronisk, restauracji, przystanków autobusowych, szlaków turystycznych czy wyciągów narciarskich,
- ▶ dróg – zarówno utwardzonych czy wiejskich, jak też dróg leśnych i ścieżek.

Nawigacja morska i lotnicza

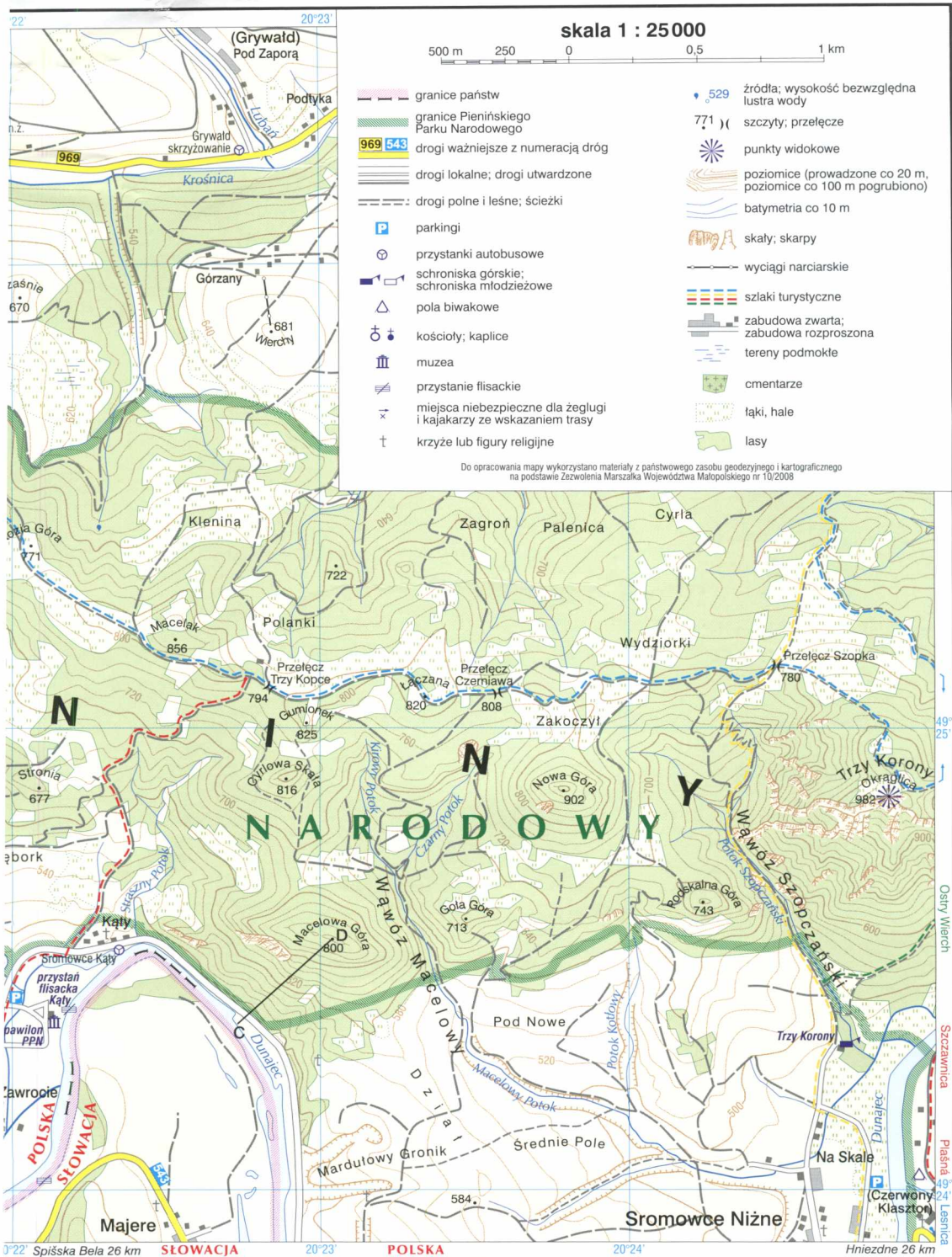
Statek płynący stałym kursem, korzystając z systemu nawigacji GPS, utrzymuje w rzeczywistości ten sam kąt względem kierunku północ-południe, czyli przecina wszystkie południki pod jednakowym kątem – płynie więc po **loksodromie**. Na mapie w rzucie Merkatora loksodroma jest linią prostą. Stosuje się ją powszechnie w nawigacji morskiej i lotniczej. Nie wyznacza ona jednak najkrótszej drogi między dwoma odległymi punktami na kuli ziemskiej. Taką linią jest natomiast **ortodroma**. Stanowi ona zawsze fragment koła wielkiego (średnicy kuli). Na mapie w odwzorowaniu Merkatora ortodroma jest linią krzywą, wygiętą w kierunku bliższego bieguna ziemskiego.



Loksodroma.



Ortodroma.



Czytamy mapę samochodową

Przykład 1

Korzystając z mapy samochodowej zamieszczonej obok, wyznacz trasę przejazdu z lotniska Kraków-Balice do Ochotnicy Dolnej. Wymień miejscowości, przez które przejedziesz, oraz podaj kierunki i numery dróg.

- 1 Znajdź na mapie obie miejscowości.
- 2 Oceń, którą drogą najszybciej pokonasz dzielący je dystans.
- 3 Sprawdź w legendzie mapy kategorie wybranych dróg. Pamiętaj, że takie drogi jak autostrady mogą być płatne. Z kolei stan dróg krajowych (drugorzędnych) może nie pozwolić na rozwinięcie większych prędkości.
- 4 Wynotuj nazwy wybranych dróg oraz nazwy miejscowości, w których będziesz wybierał nową drogę.

Odpowiedź

Z lotniska należy udać się na południe autostradą A4, a następnie drogą krajową nr 7 przez Myślenice i Pćim do Lubienia. Tam następuje zjazd na drogę wojewódzką nr 968 w kierunku Mszany Dolnej, a następnie przez Lubomierz, Szczawę i Kamienicę do Zabrzeża, gdzie po niecałych 5 km należy skręcić w drogę lokalną w kierunku zachodnim.

Przykład 2

Oblicz długość trasy z lotniska Kraków-Balice do Ochotnicy Dolnej. Odległości odcinków na drogach krajowych, wojewódzkich i lokalnych odczytaj z wartości zaznaczonych na mapie. Inne odległości oblicz na podstawie skali mapy.

- Kraków-Balice – skrzyżowanie autostrady A5 z drogą krajową nr 7 [14 km]
- skrzyżowanie drogi krajowej nr 7 i drogi wojewódzkiej nr 968 – Lubień [36 km]
- Lubień – Mszana Dolna [8 km]
- Mszana Dolna – Zabrzeż [36 km]
- Zabrzeż – skrzyżowanie drogi wojewódzkiej nr 968 z drogą lokalną na Ochotnicę Dolną [5 km]
- skrzyżowanie drogi wojewódzkiej nr 968 z drogą lokalną na Ochotnicę Dolną – Ochotnica Dolna [6 km]

Podsumuj liczbę przejechanych kilometrów:

$$14 + 36 + 8 + 36 + 5 + 6 = 105$$

Odpowiedź

Łączna długość trasy z lotniska Kraków-Balice do Ochotnicy Dolnej wynosi 105 km.

Przykład 3

Zakładając, że musisz szybko odebrać znajomych z Tyńca, zaplanuj przejazd z Niepołomic przez Tyniec do Kasiny Wielkiej.

Odpowiedź

Z Niepołomic należy udać się na południowy zachód drogą wojewódzką nr 964. Następnie autostradą A4 przez Płaszów do Tyńca. Z Tyńca z powrotem autostradą do skrzyżowania z drogą krajową nr 7. Dalej należy kierować się na południe drogą krajową nr 7, przez Myślenice do Lubienia. Następnie drogą wojewódzką nr 968 do Mszany Dolnej, gdzie skręca się na północny wschód na drogę krajową nr 28. Aby dotrzeć do Kasiny Wielkiej, należy z drogi krajowej nr 28 zjechać w kierunku północnym na drogę krajową nr 964.

Przykład 4

Oblicz długość trasy z Niepołomic do Kasiny Wielkiej przez Tyniec.

- Niepołomice – skrzyżowanie drogi krajowej nr 964 z autostradą A4 [7 km]
- skrzyżowanie drogi krajowej nr 964 z autostradą A4 – Tyniec [24 km]
- Tyniec – skrzyżowanie autostrady A4 z drogą krajową nr 7 [7 km]
- skrzyżowanie autostrady A4 z drogą krajową nr 7 – Lubień [37 km]
- Lubień – Mszana Dolna [8 km]
- Mszana Dolna – skrzyżowanie drogi krajowej nr 28 z drogą wojewódzką nr 964 [6 km]
- skrzyżowanie drogi krajowej nr 28 z drogą wojewódzką nr 964 – Kasina Wielka [2 km]

Podsumuj liczbę przejechanych kilometrów:

$$7 + 24 + 7 + 37 + 8 + 6 + 2 = 91$$

Odpowiedź

Łączna długość trasy z Niepołomic do Kasiny Wielkiej przez Tyniec wynosi 91 km.

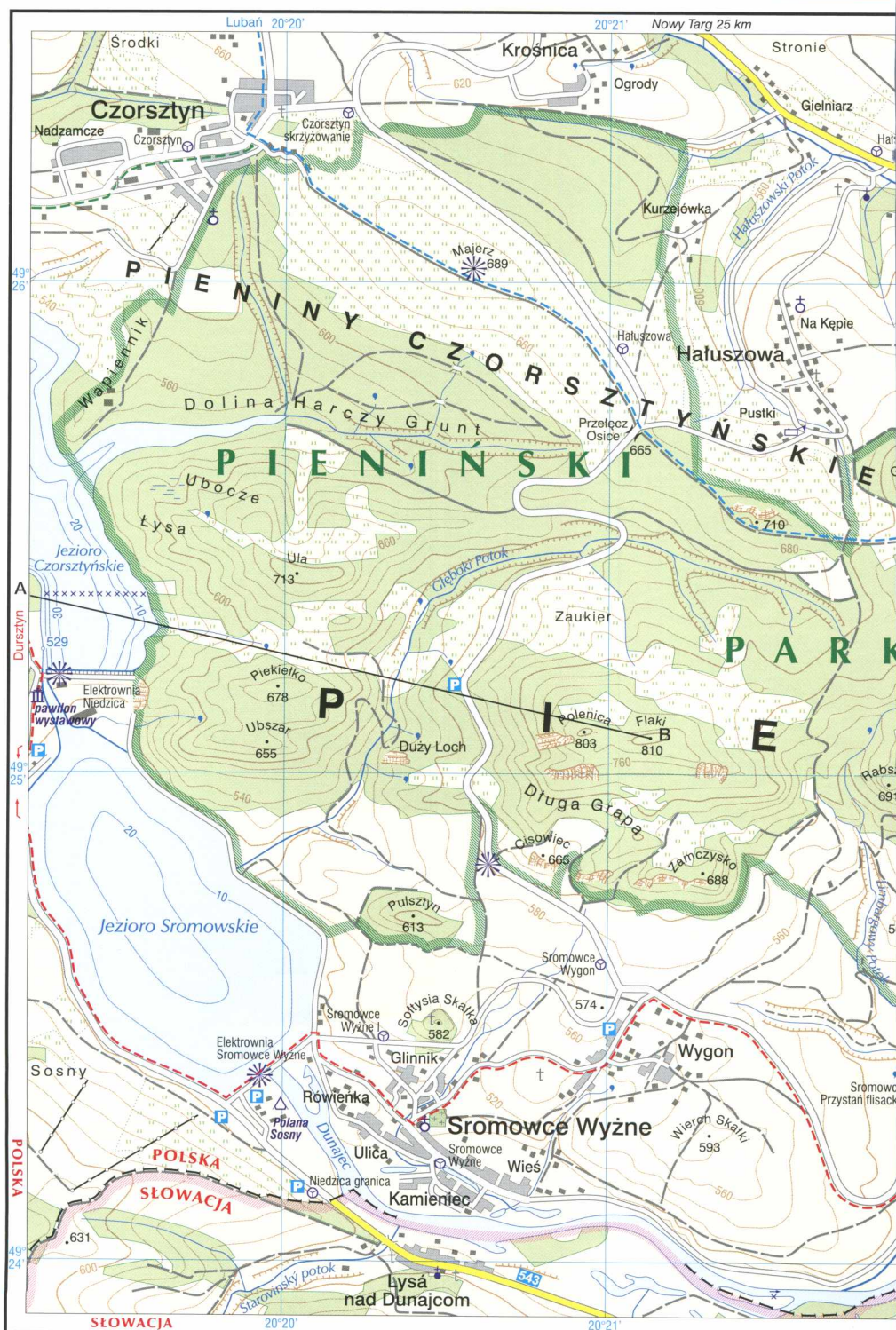
Zadanie 1

Zaplanuj trasę wycieczki tak, aby w ciągu jednego dnia odwiedzić kopalnię soli w Wieliczce, kopię jerozolimskiej Drogi Krzyżowej w Kalwarii Zebrzydowskiej i opactwo benedyktyńskie w Tyńcu. Wyprawę rozpocznij w centrum Krakowa, a zakończ w Rabce-Zdroju.

Mapa samochodowa



Czytamy mapę turystyczną



1 Powierzchnia

Mapy topograficzne, dzięki swojej szczegółowości, pomagają z dużą dokładnością obliczyć rzeczywistą powierzchnię danego obiektu.

Przykład

Oblicz wielkość obszaru, jaki przedstawia mapa Pienin.

Odpowiedź

Przedstawiona mapa ma wymiary: 27,9 cm x 19,4 cm. W rzeczywistości odpowiada to wymiarom: 6,975 km (27,9 cm x 250 m) na 4,850 km. Powierzchnia przedstawiona na mapie to 33,829 km² (6,975 x 4,850), nie licząc legendy, która zasłania część mapy.

2 Odległość

Na mapie topograficznej można bez większych błędów odczytywać zarówno długości odcinków dróg lub ścieżek, jak też odległości między dowolnymi obiektami.

Przykład

Oblicz długość drogi między przystankami autobusowymi Hąsuszowa n.ż. a Grywałd skrzyżowanie.

Odpowiedź

Obydwa przystanki znajdują się przy drodze nr 969 (na mapie są usytuowane tuż przy legendzie). Odległość między przystankami na mapie wynosi ok. 4,5 cm. W rzeczywistości jest to odległość 1125 m (4,5 cm x 250 m = 1125 m).

3 Czytanie znaków umownych

Znaczenie obiektów przedstawionych na mapie jest wyjaśnione w legendzie. Najprostszy podział znaków to podział na sygnatury: punktowe, liniowe i powierzchniowe.

Sygnatury punktowe

Za pomocą liter, sygnatur obrazkowych lub innych można oznaczyć na mapie konkretne obiekty. Należy jednak pamiętać o tym, że obecność znaków może wskazywać albo dokładne położenie tych obiektów w terenie, albo jedynie przybliżone ich usytuowanie. Przy nazwach miejscowości często znajduje się kilka sygnatur. Daje nam to informację, że na mapie nie zaznaczono ich faktycznego umiejscowienia, a tylko zasygnalizowano ich obecność.

Przykład 1

Wymień obiekty znajdujące się w sąsiedztwie przystani flisackiej Kąty. Podkreśl nazwy tych obiektów, które są zaznaczone sygnaturami punktowymi.

Odpowiedź

W pobliżu przystani flisackiej Kąty znajdują się:

-  dwa parkingi,
-  przystanek autobusowy,
-  muzeum (pawilon PPN),
-  droga,
-  czerwony szlak turystyczny,
-  rzeka,
-  granica państwa.

Sygnatury liniowe

Przedstawiają zazwyczaj takie obiekty, jak drogi, szlaki turystyczne czy rzeki. Za ich pomocą zaznacza się też granice różnych obszarów, np. parków narodowych lub państw. Oznaczenia na mapach różnią się między sobą zarówno kolorem, jak też grubością linii. Ponadto linie mogą być przerywane, kropkowane itp.

Przykład 2

Wymień trzy rodzaje linii zaznaczonych na mapie i wyjaśnij, co oznaczają.

Odpowiedź

-  granica parku narodowego
-  ścieżka
-  potok

Sygnatury powierzchniowe

Oznacza się nimi obiekty zajmujące rozległe obszary. Sygnatury te mogą być przedstawiane za pomocą koloru, np. lasy można zaznaczyć kolorem zielonym, a jeziora i morza – niebieskim. Również obszary występowania wybranego zjawiska można oznaczyć szeregiem znaków sąsiadujących ze sobą, np. małe poziome kreski oznaczają bagno.

Przykład 3

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

Odpowiedź

-  tereny zabudowane
-  cmentarz
-  las

Czytamy mapę turystyczną cd.

Krok po kroku

4 Wysokości

Mapy topograficzne pozwalają dokładnie określić położenie wysokościowe obiektów. Obok niektórych z nich, np. szczytów, przełęczy czy poziomu lustra wody, są podane dokładne wysokości. Natomiast wysokości innych punktów można odczytać dzięki poziomicom. Aby to zrobić, należy zapoznać się z informacją o poziomicach w legendzie mapy. Znajduje się tam również informacja o tzw. cięciu poziomicy, czyli różnicach wysokości, jakie dzielą sąsiadujące ze sobą poziomicę. Na zamieszczonej obok mapie cięcie poziomicy wynosi 20 metrów. Ponadto, dla ułatwienia odczytów, poziomicę główne są pogrubione (na mapie obok – co 100 metrów).

Przykład 1

Odszukaj na mapie Wierch Skalki w Sromowcach Wyżnych. Odczytaj jego wysokość.

Odpowiedź

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

Przykład 2

Oblicz różnicę wysokości (wysokość względną) pomiędzy brzegiem Jeziora Czorszyńskiego a górą Ula.

Odpowiedź

Brzeg Jeziora Czorszyńskiego – 529 m n.p.m.

Góra Ula – 713 m n.p.m.

Różnica wysokości ($713 - 529$) = 184 m.

5 Odnajdywanie na mapie obiektów geograficznych przedstawionych na fotografii

Wśród zadań maturalnych zdarzają się również takie, w których zadaniem jest identyfikacja obiektu zamieszczonego na fotografii i odnalezienie go na mapie (i na odwrot). W takim przypadku należy zwrócić uwagę na najbardziej charakterystyczne obiekty na fotografii, a także ich położenie względem innych obiektów.

Przykład 1

Podaj nazwy obiektów geograficznych zaznaczonych na fotografii literami A i B oraz określ kierunek geograficzny, w którym poruszałby się człowiek chcący przemieścić się z punktu B do punktu C.

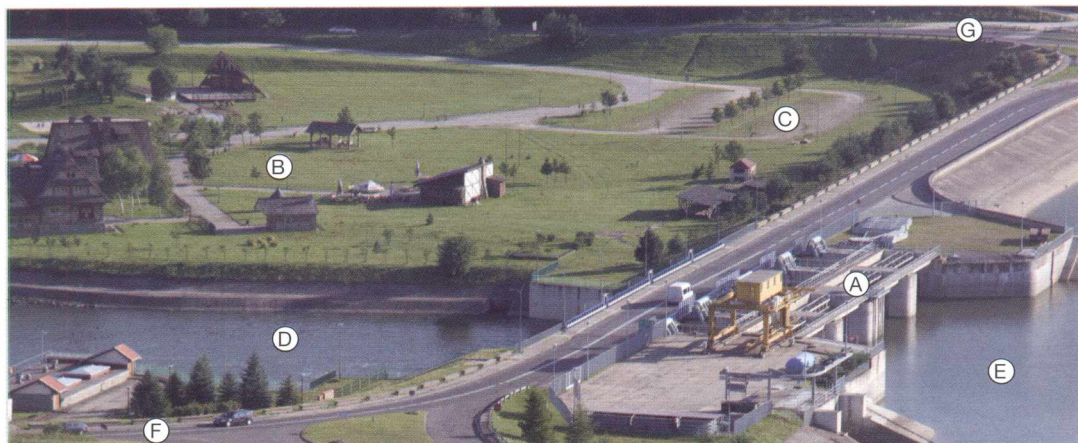
Odpowiedź

Na pierwszy rzut oka widać, że na fotografii znajduje się zaporę. Na mapie zaznaczone są dwa obiekty tego typu, lecz tylko na jednym z nich przepusty są zlokalizowane wyraźnie z boku. Jest to zaporę leżąca między Jeziorem Czorszyńskim a Jeziorem Sromowskim. Dlatego zaznaczony literą A obiekt należy zidentyfikować jako Elektrownię Niedzica, natomiast obiekt zaznaczony literą B jako pawilon wystawowy. Odnajdując punkty B i C na mapie, obserwator ustala, że leżą one niemal równoleżnikowo, więc kierunek wyznaczony z punktu B na punkt C będzie kierunkiem wschodnim.



Czytamy mapę turystyczną cd.

Krok po kroku



Przykład 2

Wykonaj polecenia dotyczące powyższej fotografii.

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

Odpowiedź

- Na fotografii znajduje się zaporę. Przepusty na zaporze znajdują się mniej więcej na środku tej budowli hydrotechnicznej. Dlatego można stwierdzić, że jest to zapora między Jeziorem Sromowskim a Dunajcem. Obiekty zaznaczone na fotografii literami to: A – budynki Elektrowni Sromowce Wyżne, B – pole biwakowe Polana Sosny, C – parking, D – Dunajec, E – Jezioro Sromowskie.
- Droga oznaczona literą F prowadzi do miejscowości Sromowce Wyżne. Droga oznaczona literą G prowadzi w kierunku granicy państwowej z Republiką Słowacji, a najbliższą miejscowością jest Lysá nad Dunajcom.
- Obiekt C, czyli parking na Polanie Sosny, znajduje się na wysokości nieco poniżej 500 m n.p.m.

6 Zaplanowanie trasy wycieczki

Aby dobrze przygotować się do wyjścia w góry i odpowiednio zaplanować trasę, należy uwzględnić wszystkie najważniejsze elementy tego samouczka. Trzeba przede wszystkim odczytać z mapy najlepiej

dostosowaną do potrzeb oraz możliwości grupy trasę, a następnie określić jej przebieg, jeśli chodzi o kierunki geograficzne i typ terenu, oraz policzyć różnicę wysokości do pokonania, a także długość tej trasy. Należy również sprawdzić, czy na wybranej trasie znajdują się miejsca, w których będzie możliwy odpoczynek.

Przykład

Opisz trasę wycieczki prowadzącej ze schroniska Trzy Korony do przystani flisackiej w Kątach przez Przełęcz Czerniawę.

Odpowiedź

Ze schroniska Trzy Korony kierujemy się żółtym szlakiem w kierunku północnym. Szlak wiedzie w górę Wąwozu Szopczańskiego (najpierw skrajem lasu, a później w jego głębi). Po ok. 2 km podejścia trasa osiąga Przełęcz Szopkę i skrzyżowanie ze szlakiem niebieskim. Trzymając się tego szlaku, kierujemy się na zachód (granią główną) ok. 2,5 km po w miarę płaskim terenie. Idziemy miejscami łąką, a niekiedy lasem, przez Przełęcz Czerniawę oraz szczyt Łączanę, aż do skrzyżowania z czerwonym szlakiem. Kierujemy się nim w dół, w kierunku południowym (ok. 1,5 km). Po dojściu do parkingu schodzimy się kilkadziesiąt metrów w kierunku Dunajca. Różnica wysokości pokonanych w trakcie wycieczki wynosi ok. 340 m. Pokonanie całej trasy może zająć ok. 3 godzin.

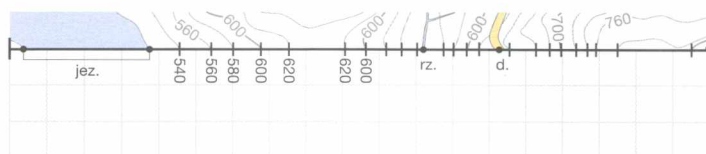
Jak narysować profil terenu?

Krok po kroku

Zadanie

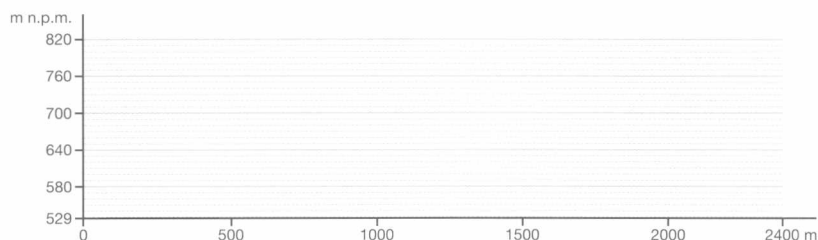
Na podstawie mapy (s. 30) wykonaj profil terenu wzdłuż odcinka AB.

- Do linii profilu (odcinek AB) przyłóż pasek papieru. Przenieś na niego wszystkie punkty przecięcia się linii profilu z poziomiami, punktami wysokościowymi oraz rzekami i drogami. Zaznacz również początek i koniec profilu.



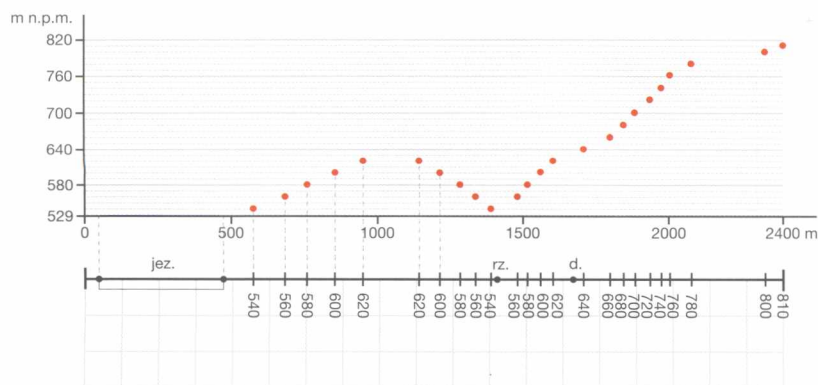
Punkty odznaczone na pasku papieru.

- Narysuj układ współrzędnych prostokątnych. Odpowiednio go wyskaluj. Skala pozioma powinna być zgodna ze skalą mapy, natomiast skalę pionową musisz określić sam. Pamiętaj, że aby rysunek profilu był czytelny, skala pionowa powinna być większa od skali poziomej. Następnie opisz osie układu współrzędnych odpowiednimi skalami.



Układ współrzędnych prostokątnych z opisanymi skalami oraz z prostymi równoległymi na wybranych wysokościach.

- Przyłóż pasek papieru do układu współrzędnych. Następnie przenieś na układ wszystkie punkty zaznaczone na pasku papieru.

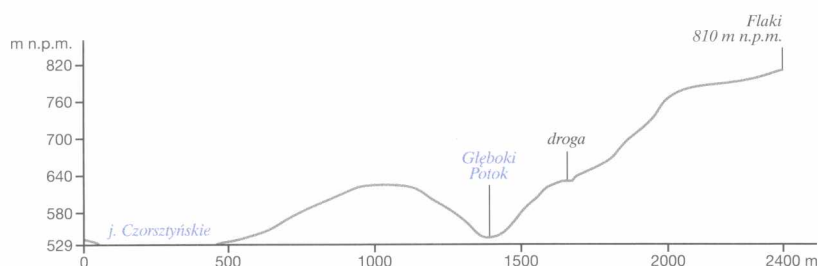


Układ współrzędnych prostokątnych z paskiem papieru i naniesionymi punktami.

Jak narysować profil terenu? cd.

Krok po kroku

- 4** Połącz zaznaczone punkty linią ciągłą, nie łamaną. Po połączeniu wszystkich punktów otrzymasz profil terenu. Możesz go wzbogacić, wpisując nazwy charakterystycznych obiektów (np. szczytów, rzek, krain geograficznych) oraz kierunek linii profilu względem stron świata.



Podpisany, skończony profil terenu.

Jak obliczyć średnie nachylenie terenu?

Krok po kroku

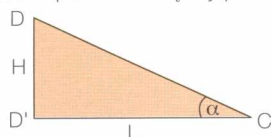
Nachylenie terenu to stosunek różnicy wysokości między punktem początkowym a punktem końcowym do odległości między tymi punktami w terenie. Nachylenie można obliczyć, korzystając ze wzoru matematycznego:

$J = H : L$, gdzie:

J – średnie nachylenie terenu,

H – różnica wysokości bezwzględnych punktu C i D,

L – odległość w poziomie między punktami C i D.



Otrzymany wynik podaje się jako liczbę niemianowaną lub przedstawioną w metrach na kilometr. Nachylenie terenu można również wyrazić w stopniach. Wówczas kąt spadku oblicza się, korzystając z funkcji trygonometrycznych: $\tan \alpha = H : L$.

Wartość kąta α odczytujemy z tablic trygonometrycznych.

Zadanie

Na podstawie mapy (s. 30) oblicz średnie nachylenie stoku Macelowa Góra wzdłuż odcinka D'C.

- 1** Odczytaj z mapy wysokość bezwzględną Macelowej Góry.

D = 800 m n.p.m.

- 2** Odczytaj z mapy wysokość bezwzględną punktu C.
C = 500 m n.p.m.

- 3** Oblicz różnicę wysokości punktu C i D.

H = 300 m

- 4** Oblicz odległość w poziomie pomiędzy wierzchołkiem Macelowej Góry a punktem C.

L = 500 m

- 5** Korzystając z podanych wzorów, oblicz średnie nachylenie zachodniego stoku Macelowej Góry. Wartość podaj w metrach na kilometr oraz w stopniach.

$J = 300 : 500 = 0,6$

Odpowiedź

Średnie nachylenie wynosi ok. 31°, czyli ok. 600 m na 1 km.

Zadania

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

Zamiast repetytorium

- **Geografia** (z gr. *gē* – 'ziemia', *gráphō* – 'piszę, opisuję', co oznacza 'opis ziemi') to nauka zajmująca się badaniem środowiska przyrodniczego oraz społeczno-gospodarczej działalności człowieka. Współczesna geografia dzieli się na dwie główne dyscypliny badawcze: geografię fizyczną oraz geografię społeczno-ekonomiczną.
- **Geografia fizyczna** bada strukturę środowiska przyrodniczego Ziemi oraz zachodzące w nim zjawiska i procesy.
- **Geografia społeczno-ekonomiczna** bada związki człowieka z przyrodą, zróżnicowanie społeczeństw i przestrzeni geograficznej powstałej w wyniku działalności człowieka oraz rozwój gospodarki.
- **Epigeosfera** to zewnętrzna powłoka Ziemi obejmująca trzy sfery: litosferę, hydrosferę i atmosferę. Przez lata stanowiła ona przestrzeń, której opisywaniem zajmowali się geografowie.
- Metody zbierania **informacji geograficznej** można podzielić na dwie grupy: metody **terenowe** oraz metody **kameralne**. Do tych pierwszych należą **pomiary, obserwacje i wywiady**. Natomiast do drugich należą **opisy, praca z mapą**, a także analizy **wykresów i tabel statystycznych** oraz **materiałów audiowizualnych**.
- Pierwszym uczonym postulującym kulistość Ziemi był **Pitagoras**. Natomiast racjonalne dowody na kulistość Ziemi przedstawił **Arystoteles**. Były nimi: kolista kształt widnokręgu, kolista kształt cienia Ziemi widzianego na Księżycu w czasie jego zaćmienia, zanik za horyzontem najpierw kadłubów statków, a dopiero później masztów, wylanianie się najpierw wierzchołków gór nad horyzontem przy zbliżaniu się statków do lądów.
- Pierwszego pomiaru Ziemi dokonał **Eratostenes z Cyreny**. Według jego obliczeń obwód Ziemi wynosił 39 690 km.
- Obecnie uważa się, że kształt naszej planety jest zbliżony do **elipsoidy obrotowej** (lecz bardziej nieregularny). Nazywa się go **geoidą**. Powierzchnia geoidy jest prostopadła do lokalnych pionów, dlatego podstawę wykonywanych map stanowi elipsoida obrotowa lub kula.
- **Ważniejsze wymiary Ziemi:**
 - obwód równikowy: 40 075 km,
 - obwód południkowy: 40 030 km,
 - promień równikowy: 6 378 km,
 - promień biegunowy: 6 357 km,
 - powierzchnia: 510 072 000 km².
- **Długość geograficzna** (λ) to kąt dwuścienny między półpłaszczyzną południka początkowego (0°) a półpłaszczyzną południka przechodzącego przez dany punkt na powierzchni Ziemi. Wartość długości geograficznej zawiera się w przedziale od 0° do 180° (W lub E).
- **Szerokość geograficzna** (ϕ) to kąt między płaszczyzną równika a promieniem ziemskim przechodzącym przez dany punkt na powierzchni Ziemi. Wartość szerokości geograficznej zawiera się w przedziale od 0° do 90° (N lub S).
- **Mapa** stanowi uogólniony graficzny obraz powierzchni Ziemi lub jej fragmentu, a niekiedy innego ciała niebieskiego lub nieba.
- **Cechy mapy:** wykonana na płaszczyźnie, w określonym pomniejszeniu (skali), za pomocą umownych znaków i przy zastosowaniu odpowiedniego odwzorowania kartograficznego.
- W celu przedstawienia małego fragmentu powierzchni Ziemi, np. miasta, wykonuje się **plan**. Nie uwzględnia on krzywizny Ziemi, zatem nie posiada zniekształceń wynikających z odwzorowania kartograficznego.
- **Skalę mapy** można przedstawić w formie **liczbowej** lub **graficznej**. Wyróżnia się: skalę liczbową, np. 1:100 000, **skalę mianowaną**, np. 1 cm – 1 km i **podziałkę liniową**.
- **Podział map.**
Ze względu na **treść**:
 - **mapy ogólnogeograficzne** – przedstawiają ogólną charakterystykę powierzchni Ziemi i przestrzenne związki między elementami krajobrazu,
 - **mapy tematyczne** (np. mapy geomorfologiczne i glebowe) – przedstawiają tylko wybrane zjawiska, na których pozostałe, nieliczne elementy treści, np. zarysy lądów czy sieć rzeczna, służą jedynie ogólnej orientacji.

Ze względu na **skalę**:

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

Ze względu na **przeznaczenie**:

- **mapy turystyczne**,
- **mapy komunikacyjne**,
- **mapy wojskowe**.

- **Generalizacja kartograficzna** polega na wyselekcjonowaniu elementów przedstawionych na mapie poprzez opuszczanie szczegółów uznanych za mniej ważne, wygładzanie linii obiektów geograficznych oraz zastępowanie znaków powierzchniowych znakami punktowymi.
- **Odwzorowanie kartograficzne** powstaje przez przeniesienie siatki geograficznej na płaszczyznę, w efekcie czego otrzymuje się siatkę kartograficzną.
- Rodzaje odwzorowań: **azymutalne** (płaszczyznowe), **walcowe**, **stożkowe**.
 - **Odwzorowania azymutalne** powstają z rzutowania siatki geograficznej na płaszczyznę. Równoleżniki zazwyczaj odwzorowują się jako współśrodkowe okręgi lub łuki, zaś południki – jako linie proste lub łuki łączące się w biegunie.
 - **Odwzorowania walcowe** – siatka geograficzna jest w nich rzutowana na pobocznice walca opasującego kulę lub elipsoidę. Najczęściej południki i równoleżniki odwzorowują się jako linie proste, przecinające się pod kątem 90°.
 - **Odwzorowania stożkowe** – siatka geograficzna jest w nich rzutowana na pobocznice stożka. W odwzorowaniach tych równoleżniki tworzą łuki współśrodkowych okręgów, natomiast południki są liniami prostymi wychodzącymi promieniście z jednego punktu.
- Ze względu na położenie powierzchni rzutowania w stosunku do kuli ziemskiej wyróżnia się odwzorowania: **normalne** (biegunowe), **poprzeczne** (równikowe) i **ukośne**.
- **Płaszczyzna**, na którą rzutowana jest powierzchnia kuli lub elipsoidy obrotowej, może być względem nich **styczna**, **sieczna** lub **odległa**.

- W zależności od położenia źródła promieni rzutujących w stosunku do punktu styczności można wyróżnić rzut **centralny**, rzut **stereograficzny** oraz rzut **ortograficzny**.
- Ze względu na rodzaj zniekształcenia odwzorowania kartograficzne dzielą się na: **wiernopowierzchniowe** (równopolowe), np. odwzorowania Lamberta i Mollweidego, **wiernoodległościowe**, np. odwzorowania Eckerta i Postela; **wiernokątne**, np. odwzorowania Merkatora i Gaussa-Krügera.
- Ukształtowanie **rzeźby** terenu na mapach można przedstawić za pomocą metod: **kopczykowej**, **cieniowania**, **kreskowej**, **poziomicowej** i **hipsometrycznej**.
- **Jakościowe** metody prezentacji zjawisk na mapach to metoda **sygnaturowa**, **zasięgów** oraz **powierzchniowa**.
- **Ilościowe** metody prezentacji zjawisk na mapach to metoda **izolinii**, **kropkowa**, **kartogramu** i **kartodiagramu**.
- **System GIS** służy do gromadzenia, przedstawiania i analizowania dowolnych wiadomości o Ziemi lub jej fragmencie. Informacje zawarte w tym systemie są zgrupowane w bazach danych i prezentowane za pomocą warstw tematycznych, tworzących mapę cyfrową.
- Wśród metod prezentacji informacji geograficznej (poza mapą) wymienić można: **tabele statystyczne**, **wykresy liniowe**, **diagramy słupkowe** oraz **diagramy strukturalne**.
- Na **mapach samochodowych** (które najczęściej wykonuje się w skalach od 1:200 000 do 1:1 000 000) przedstawia się takie informacje, jak: kategorie i numery dróg, odległości między miejscowościami, lokalizacje obiektów, np. przepraw promowych (a na dokładniejszych mapach – stacji benzynowych, warsztatów samochodowych, przydrożnych restauracji itp.).
- **Mapy turystyczne** wykonuje się zazwyczaj w skali od 1:10 000 do 1:200 000. Z map tych możemy odczytać m.in. rozmieszczenie: niewielkich form terenowych (np. wodospadów lub pojedynczych skałek), zabudowań, zakładów przemysłowych, szkół, infrastruktury turystycznej, przystanków autobusowych, szlaków turystycznych lub wyciągów narciarskich oraz dróg.

Test maturalny

1 Podaj po jednym przykładzie zależności występujących między: (2 p.)

a) środowiskiem przyrodniczym a życiem człowieka.

.....

.....

b) działalnością człowieka a środowiskiem przyrodniczym.

.....

.....

2 Spośród podanych poniżej wielkości wybierz te, za pomocą których można opisać: (3 p.)

a) współrzędne geograficzne miejsca na powierzchni Ziemi.

.....

b) azymut geograficzny pewnego obiektu.

.....

23°N; 105°S; 120°E; 250°; 265°W; 405°; 520°

3 Zaznacz, które zdanie jest prawdziwe, a które – fałszywe, wpisując znak X w odpowiednie kolumny tabeli. (3 p.)

Nr	Zdania	Prawda	Falsz
1	Obserwując oddalający się żaglowiec, zauważamy, że za horyzontem znikają najpierw jego maszty, a dopiero później kadłub.		
2	Splaszczanie Ziemi przy biegunach jest niewielkie, różnica między promieniami wynosi tylko 21 km.		
3	Dla celów odwzorowań kartograficznych przyjmuje się, że Ziemia jest geoidą.		

4 Na podstawie mapy (podręcznik, s. 13) oblicz odległość w linii prostej w terenie między Krakowem a Nowym Targiem. Wynik podaj w kilometrach. (2 p.)

.....

.....

5 Na podstawie mapy samochodowej (podręcznik, s. 29) zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

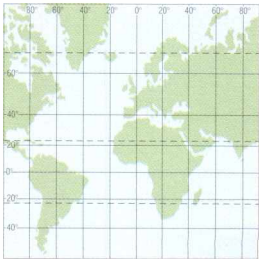
Najkrótsza droga z Bochni do Jordanowa prowadzi przez

- a) Nowy Wiśnicz i Limanową.
- b) Kraków.
- c) Myślenice.
- d) Dobczyce i Mszanę Dolną.

6 Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

Na rysunku przedstawiono siatkę w odwzorowaniu

- A. stożkowym, które wiernie przedstawia kierunki na mapie.
- B. stożkowym, które wiernie przedstawia powierzchnię na mapie.
- C. walcowym, które wiernie przedstawia kierunki na mapie.
- D. walcowym, które wiernie przedstawia powierzchnię na mapie.



7 Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

Odwzorowanie płaskoizognowe normalne jest odpowiednie do wykonania mapy przedstawiającej

- a) Borneo.
- b) Grenlandię.
- c) Nową Gwineę.
- d) Wielką Brytanię.

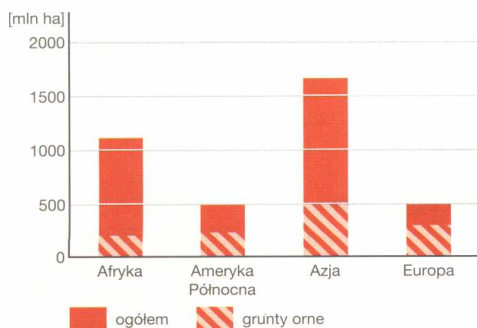
- 8 W tabeli przedstawiono roczną amplitudę temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}$) na wybranych równoleżnikach. (2 p.)

Szerokość geograficzna	Roczna amplituda temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}$)
90°N	42,0
80°N	34,6
70°N	33,6
60°N	30,2
50°N	25,2
40°N	19,0
30°N	12,8
20°N	6,2
10°N	1,1

Na podstawie danych z tabeli sformułuj prawidłowość dotyczącą zależności między szerokością geograficzną a roczną amplitudą temperatury powietrza.

.....

- 9 Na wykresie przedstawiono wielkość powierzchni całkowitej oraz zajmowanej przez grunty orne na wybranych kontynentach w 2007 roku. (1 p.)



- Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania.
 Największym odsetkiem gruntów ornych w ogólnej powierzchni kontynentu charakteryzuje się
 a) Azja.
 b) Afryka.
 c) Europa.
 d) Ameryka Północna.

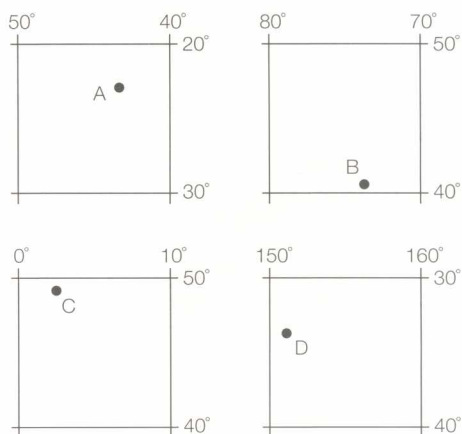
- 10 Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

Metody kartogramu należy użyć do przedstawienia

- a) rozmieszczenia upraw pszenicy w Polsce.
 b) występowania złóż gazu ziemnego w Europie.
 c) ukształtowania powierzchni Europy.
 d) lesistości Polski według województw.

- 11 Na poniższych układach współrzędnych zaznaczono cztery wielkie miasta świata. Rozpoznaj te miasta. (4 p.)

Nowy Jork, Paryż, Pekin, Rio de Janeiro, Sydney



- A –
 B –
 C –
 D –

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

Zadanie 5. (4 pkt)

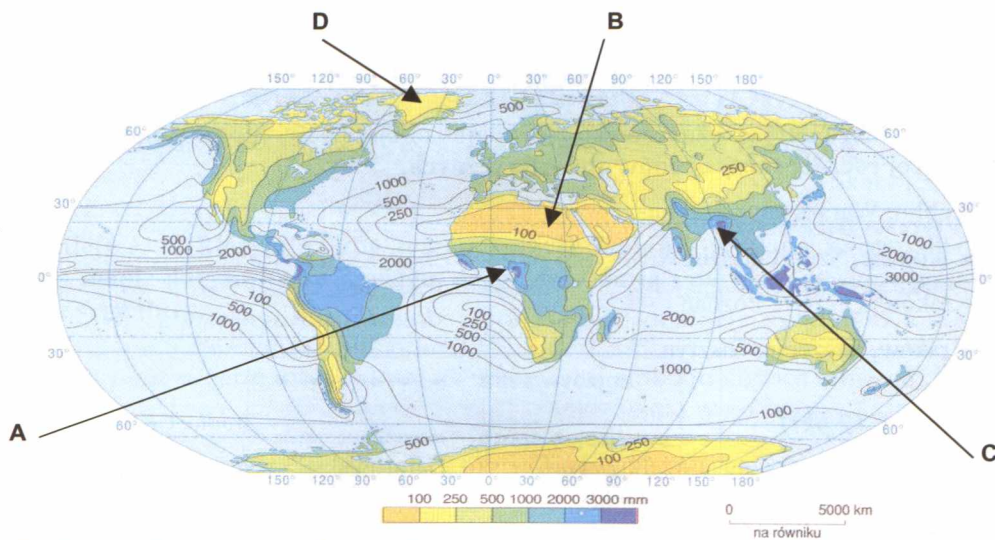
Źródło: CKE 2005 (PR), zad. 44.

Na podstawie mapy rozmieszczenia opadów atmosferycznych na kuli ziemskiej (zał. 1) podaj po jednej głównej przyczynie bardzo dużej lub bardzo małej ilości opadów na wskazanych obszarach.

- A.
-
- B.
-
- C.
-
- D.
-

Załącznik 1

Roczna suma opadów



Źródło: T. Michalski, E. Sołohubiak – Borchert *Geografia. Kształcenie ogólne w zakresie podstawowym*, Nowa Era, Warszawa 2002.



2

Ziemia we wszechświecie

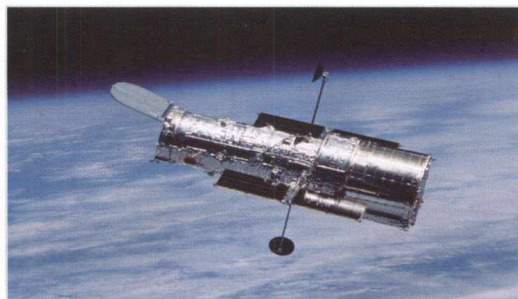
1. Wszechświat
2. Układ Słoneczny
3. Ruch obiegowy Ziemi
4. Ruch obrotowy Ziemi
5. Rachuba czasu na Ziemi

Obserwacja rozgwieżdżonego nieba nasuwa wiele pytań, które nurtują ludzi już od wieków. W jaki sposób powstał wszechświat? Jaką ma wielkość? Czy ma jakieś granice, a jeśli tak, to czy jesteśmy w stanie określić ich zasięg? Czy jesteśmy sami we wszechświecie? Wiele tajemnic natury pozostaje niewyjaśnionych. Wiemy natomiast, że Ziemia jest w kosmosie zaledwie mikroskopijnym pyłkiem, a życiodajne Słońce – jedną z miliardów gwiazd wchodzących w skład naszej Galaktyki...

Teorie na temat budowy i powstania wszechświata

Człowiek od początku dziejów interesował się budową wszechświata, wysuwając na jej temat różne, weryfikowane przez kolejne pokolenia teorie. Starożytni astronomowie uważali, że granice kosmosu tworzy niezmienniający położenia układ gwiazd, znajdujący się na sferze niebieskiej o średnicy znacznie większej od odległości między Ziemią a Słońcem. Do XVI w. ludzie umiejscawiali Ziemię w centrum wszechświata (**teoria geocentryczna**). Dopiero Mikołaj Kopernik dowiódł, że w centrum znajduje się nie Ziemia, a Słońce (**teoria heliocentryczna**).

W 1924 roku odkryto, że kosmos jest znacznie większy niż do tej pory sądzono. Wtedy bowiem amerykański astronom **Edwin Hubble** (1889–1953) udowodnił, że we wszechświecie istnieje wiele galaktyk. Skupiają one wszystkie znane nam ciała niebieskie, są w ciągłym ruchu i nieustannie się od siebie oddalają. Zdaniem



Wyniesiony na orbitę okołozemską Teleskop Kosmiczny Hubble'a dostarcza naukowcom wielu danych, dzięki którym możliwe było m.in. określenie wieku wszechświata.

Hubble'a galaktyki znajdowały się kiedyś blisko siebie – cała materia wszechświata była skoncentrowana w jednym punkcie o ogromnej gęstości i temperaturze.

Założenia Hubble'a były podstawą **teorii Wielkiego Wybuchu** (ang. *Big Bang Theory*), według której ok. 13,7 mld lat temu rozpoczęła się ewolucja wszechświata. Zaczął się on rozszerzać, w trakcie czego zmniejszała się gęstość i temperatura tworzącej wszechświat materii. Doprowadziło to do powstania wielu galaktyk.

Czy wiesz, że...

Teoria Wielkiego Wybuchu zawdzięcza nazwę nie swoim twórcom, lecz... przeciwnikom. Spopularyzował ją bowiem brytyjski astrofizyk Fred Hoyle. Wraz z grupą innych naukowców dowodził on, że rozszerzanie się wszechświata nie musi wcale oznaczać, iż kiedyś nastąpił jakiś „wielki wybuch”.

Porównanie teorii budowy wszechświata

	Teoria geocentryczna	Teoria heliocentryczna
Twórca teorii	Klaudiusz Ptolemeusz	Mikołaj Kopernik
Czas powstania	II w. n.e.	XVI w. n.e.
Założenia teorii	- Ziemia znajduje się w centrum wszechświata - Słońce, planety, Księżyc oraz gwiazdy okrążają Ziemię po kołowych orbitach	- Słońce jest centralnym ciałem układu planetarnego - Ziemia wraz z innymi planetami krąży wokół Słońca

Budowa wszechświata

Istnieje wiele teorii dotyczących powstania oraz budowy wszechświata. Niektóre z nich zakładają, że fizyka, jaką dziś znamy, ze względu na skrajnie różne warunki panujące kiedyś i obecnie oraz brak dostatecznej wiedzy, niekoniecznie rządziła się takimi samymi prawami w momencie wielkiego wybuchu. Stąd pojawiające się np. teorie wieloświatów, zakładające, że równolegle obok naszego wszechświata istnieją też inne światy. Pewne jest natomiast, że wszechświat jest zbudowany z materii, która **emituje światło**, oraz takiej, która go nie emituje – czyli tzw. **ciemnej materii**. Przeważa ona we wszechświecie. Została odkryta dzięki obserwacji ruchu gwiazd w galaktykach. Materię emitującą światło możemy obserwować bezpośrednio. Jej skupiskami są galaktyki, uważane też za podstawowe jednostki organizacji materii we wszechświecie. Wiele z nich należy do małych grup lub większych gromad, które z kolei wchodzą w skład supergromad. **Galaktyki** są rozmieszczone nierównomiernie, dlatego we wszechświecie występują obszary niemal zupełnie ich pozbawione, czyli wielkie kosmiczne pustki.

Pierwsze galaktyki, zbudowane z wodoru i helu, powstały kilkaset milionów lat po Wielkim Wybuchu. Od tego czasu oddalają się one od siebie z prędkością określoną przez **prawo Hubble’a**. Zgodnie z nim – prędkość ich oddalania jest wprost proporcjonalna do występującej między nimi odległości. Zatem im większa odległość między galaktykami, tym szybciej się one od siebie oddalają.

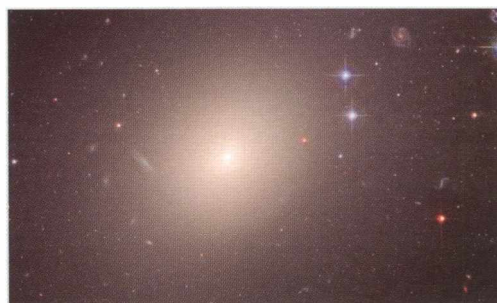
Galaktyki klasyfikuje się najczęściej pod względem budowy. Jest to podział zaproponowany przez Edwina Hubble’a. Wyróżnił on galaktyki: **eliptyczne**, **spiralne** oraz **nieregularne**.

Czy wiesz, że...

Na niebie oglądanym z półkuli północnej oprócz gwiazd naszej Galaktyki możemy dostrzec gołym okiem skupisko gwiazd tworzących Wielką Mgławicę Andromedy. Natomiast patrząc z półkuli południowej, zaobserwujemy gwiazdy należące do dwóch innych galaktyk – tzw. Obłoków Magellana.

Typy galaktyk

Ocenia się, że w widzialnym obszarze wszechświata znajduje się 100 mld galaktyk. Klasyfikuje się je najczęściej w oparciu o ich obraz otrzymany wany za pośrednictwem teleskopów optycznych.



Galaktyki eliptyczne składają się głównie z gwiazd starych, o żółtej i czerwonej barwie oraz stosunkowo małych masach. Tworzą one w przestrzeni elipsoidę. Im bliżej centrum, tym większe jest w niej zagęszczenie gwiazd.



Z jądra galaktycznego **galaktyk spiralnych** wychodzą zazwyczaj dwa spiralnie ułożone ramiona, tworzące spłaszczony dysk galaktyczny. W ramionach tych są skupione głównie młode gwiazdy, których światło nadaje galaktykom delikatną niebieską poświatę.



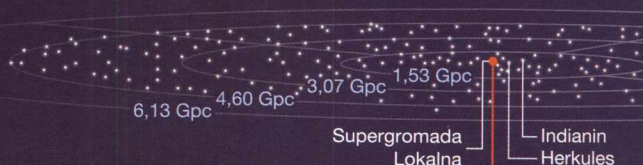
Galaktyki nieregularne odznaczają się brakiem określonego symetrycznego kształtu oraz niewielkimi rozmiarami. Stanowią one ok. 10% wszystkich galaktyk.

Położenie Ziemi we wszechświecie

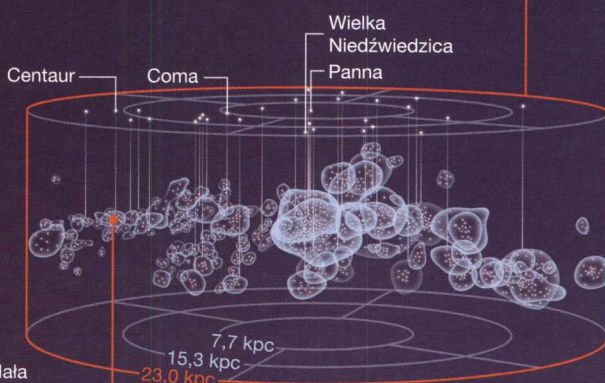
Ogromne odległości występujące we wszechświecie sprawiają, że astronomowie muszą stosować inne niż powszechnie używane jednostki odległości. Są to:

- **jednostka astronomiczna AU** (ang. *Astronomical Unit*) – średnia odległość Ziemi od Słońca, czyli 149 597 870 km. AU to miara używana głównie w odniesieniu do Układu Słonecznego;
- **rok świetlny** – odległość przebyta przez światło w próżni w ciągu jednego roku. Jest to jednostka większa od AU – jeden rok świetlny równa się 63 239 AU;
- **parsek (pc)** – największa z omawianych jednostek miary. Jeden parsek jest odległością równą 3,26 lat świetlnych i 206 265 AU.

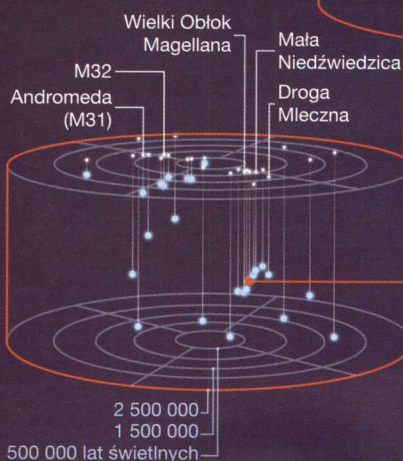
ZNANY WSZECHŚWIAT



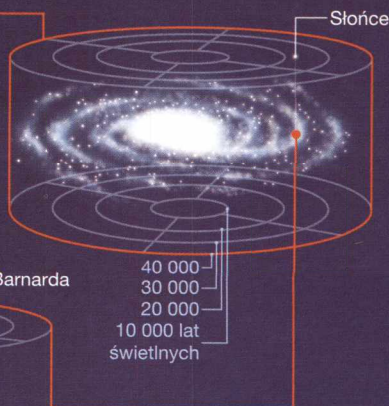
SUPERGROMADA LOKALNA



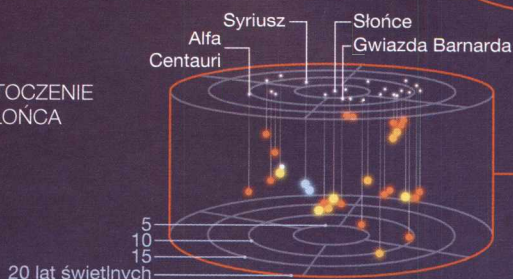
GRUPA LOKALNA



GALAKTYKA DROGI MLECZNEJ



OTOCZENIE SŁOŃCA



Warto zajrzeć!
<http://hubble.nasa.gov>

■ Droga Mleczna

Galaktyka, w której znajduje się Układ Słoneczny, a więc i nasza planeta, jest nazywana Droga Mleczną. Pod względem budowy należy ona do galaktyk spiralnych. W jej skład wchodzi ok. 200 mld gwiazd. Układ Słoneczny znajduje się na jednym z ramion spirali, w odległości 30 tys. lat świetlnych od centrum. Droga Mleczna tworzy wraz z ponad trzydziestoma innymi galaktykami **Lokalną Grupę Galaktyk**. Wyróżnia się ona w tej grupie rozmiarami – jej średnica wynosi w przybliżeniu 100 tys. lat świetlnych.

Czy wiesz, że...

Droga Mleczna widziana jest z Ziemi w postaci jasnej smugi przecinającej niebo. Według mitologii greckiej powstała ona z kropki rozlanego mleka, którym Hera karmiła Heraklesa. Stąd wzięła się nazwa tej galaktyki.

■ Gwiazdy i ich ewolucja

Gwiazdy to kuliste ciała niebieskie, zbudowane z gazów (głównie wodoru i helu). W ich wnętrzu zachodzą reakcje termojądrowe. Efektem tych reakcji jest wysoka temperatura utrzymująca się na powierzchni gwiazd oraz emitowanie światła. Gwiazdy krążą wokół centrum (jądra) galaktyki.

Słońce, należące do gwiazd o średniej wielkości, będzie ewoluowało nieco inaczej niż duże gwiazdy. Prawdopodobnie za 5 mld lat zamieni się w **czerwonego olbrzyma**. Jego rozmiary zaczną wtedy gwałtownie wzrastać. W ciągu kilkuset milionów lat Słońce pochłonie Merkurego, Ziemię i Wenus. Następnie odrzuci swoje zewnętrzne warstwy i stanie się obłokiem pyłu i gazu z gorącym jądrem, które stopniowo będzie się ochładzać. Swoją ewolucję Słońce zakończy jako **biały karzeł**, czyli gwiazda o małych rozmiarach (wielkością zbliżona do Ziemi) i względnie niskiej temperaturze.

Zadania

1. Omów założenia teorii heliocentrycznej.
2. Wymień jednostki odległości stosowane w astronomii, zaczynając od najmniejszej.
3. Dokonaj podziału na etapy procesu ewolucji gwiazd podobnych do Słońca.
- *4. Korzystając z dostępnych źródeł, wymień nazwy trzech galaktyk należących do Lokalnej Grupy Galaktyk.

Ewolucja dużych gwiazd

Gwiazda powstaje z chmury pyłu i gazu, która, zapadając się pod własnym ciężarem, tworzy kulę o rosnącej temperaturze i gęstości, zwaną **protogwiazdą**.

Gdy temperatura protogwiazdy osiągnie odpowiednią wielkość, w jej wnętrzu zaczynają zachodzić **reakcje termojądrowe** będące źródłem ciepła i światła.

Dalsza ewolucja gwiazdy jest uzależniona od jej wielkości i masy. Najszybciej ewoluują największe gwiazdy. Ich średnica dochodzi do 500 średnic Słońca (1,39 mln km), a ich maksymalna masa może stać się 150 razy większa niż masa początkowa.

Gwiazdy kończą swój żywot, kiedy wyczerpie się źródło ich energii (wodór), co może nastąpić nawet po miliardach lat. Dochodzi wtedy do wybuchu i powstaje **supernowa**.

Supernowa to gwiazda, której jasność na skutek wybuchu wzrasta w krótkim czasie nawet kilka milionów razy.

Supernowa może przekształcić się w **czarną dziurę**, czyli obiekt astronomiczny o małych rozmiarach, lecz ogromnej masie. To właśnie czarna dziura wywołuje bardzo silne pole grawitacyjne, z którego nie jest w stanie wydostać się nawet światło.

W 2009 r. w centrum odległego od nas o ponad trzy miliardy lat świetlnych kwazaru odkryto układ czarnych dziur o wielkiej masie. Istnieją też czarne dziury o masie przekraczającej dziesięć miliardów mas Słońca. Nasza Galaktyka ma również w swoim wnętrzu czarną dziurę. Jej masa jest bliska czterem milionom mas Słońca.

2

Układ Słoneczny

Dzień 12 kwietnia 1961 roku był dla wielu ludzi jednym z najważniejszych dni w życiu. Wtedy bowiem człowiek po raz pierwszy znalazł się poza górnymi warstwami ziemskiej atmosfery – był to jego pierwszy lot kosmiczny. Każdy kolejny lot w przestrzeń kosmiczną dostarczał ważnych informacji nie tylko o naszej planecie, ale także o innych ciałach wchodzących w skład Układu Słonecznego.

■ Powstanie Układu Słonecznego

Słońce stanowi aż 99,87% masy Układu Słonecznego. Pozostałą masę tworzą związane grawitacyjnie ze Słońcem ciała niebieskie oraz materia pyłowo-gazowa wypełniająca przestrzeń międzyplanetarną. Układ Słoneczny zaczął się formować ok. **4,6 mld lat temu** z obłoku materii międzygwiazdowej, złożonego głównie z atomów wodoru, helu i niewielkiej ilości atomów cięższych pierwiastków. W wyniku kurczenia obłoku rosła temperatura oraz gęstość materii w jego centrum. Rozpoczął się proces formowania kulistego protosłońca, które na skutek dalszego kurczenia się oraz wzrostu temperatury zaczęło świecić.



Niezwykłym przejawem aktywności Słońca są rozbłyski słoneczne, czyli wyrzut ogromnej ilości energii w przestrzeń kosmiczną.

Powstawanie Ziemi

Ziemia oraz pozostałe planety Układu Słonecznego zaczęły powstawać ok. **4,6 mld lat temu** w wyniku zlepiania się cząstek pyłu kosmicznego. Z czasem tworzyły one coraz większe skupienia w postaci planetozymali, czyli skalistych brył o rozmiarach dochodzących nawet do kilkuset kilometrów.

W wyniku dalszego łączenia się materii powstały **protoplanety** – załążki przyszłych planet.

Początkowo w naszą protoplanetę uderzały inne planetozymale, a wyzwolone w tym procesie ciepło rozgrzewało Ziemię. W rezultacie nastąpiła zmiana skupienia materii Ziemi na ciekłą. Najcięższe składniki lokowały się w **jądrze Ziemi**, natomiast lżejsze przemieszczały się ku powierzchni, tworząc **plaszcz** i **skorupę ziemską**. Ze szczelin w skorupie wydobywały się gazy (głównie wodór, azot, związki siarki i metanu oraz para wodna). Tworzyły one pierwotną atmosferę Ziemi, która nie zawierała tlenu.

Około 3,8 mld lat temu temperatura na powierzchni Ziemi spadła poniżej 100°C, co zapoczątkowało skraplanie się pary wodnej i powstanie gorącego oceanu. W oceanie pojawiły się **najstarsze organizmy**: prymitywne sinice, a później glony. Ponadto promieniowanie słoneczne powodowało fotolizę, czyli rozpad cząsteczek wody na cząsteczki wodoru i tlenu.

Stopniowo zwiększająca się zawartość tlenu w atmosferze pozwoliła na dalszy rozwój świata organicznego i powstanie żywej sfery Ziemi, nazywanej **biosferą**.

Warto zajrzeć!

 <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Earth>

Wokół protosłońca krążył dysk złożony ze skał, pyłu kosmicznego i gazu. Ciała te łączyły się ze sobą w coraz większe obiekty. To z nich po około 100 mln lat powstały planety.

Aktualna definicja **planety** podaje, iż jest to ciało niebieskie, które:

- ▶ krąży wokół Słońca,
- ▶ ma wystarczającą masę, aby dzięki sile grawitacji osiągnąć kształt kulisty (lub prawie kulisty),
- ▶ oczyściło sąsiedztwo swojej orbity z innych obiektów,
- ▶ nie świeci światłem własnym, lecz jak lustro odbija światło słoneczne.

Podczas powstawania Układu Słonecznego wykształciły się planety o odmiennej budowie i składzie chemicznym. W obszarze bliskim Słońcu, gdzie temperatura była bardzo wysoka, mogły pojawiać się cięższe pierwiastki i związki dające początek skałom, a w konsekwencji również **planetom grupy ziemskiej**. W oddalonych od centrum, znacznie chłodniejszych obszarach Układu Słonecznego, dzięki kondensacji związków i pierwiastków lżejszych, takich jak woda, metan czy amoniak, powstały **planety olbrzymy**.

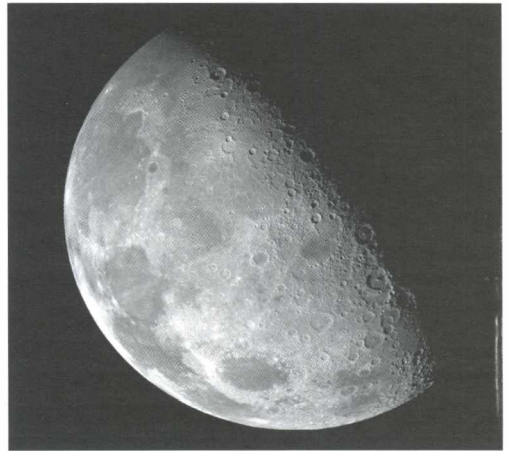
■ Inne ciała niebieskie

W początkowej fazie ewolucji Słońca z wyrzucanej przez niego w przestrzeń międzyplanetarną materii powstały nie tylko planety, ale także księżyce, planety karłowate, planetoidy, meteoroidy oraz komety.

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

Czy wiesz, że...

Księżyc, naturalny satelita Ziemi, praktycznie nie ma atmosfery. Dlatego wszystkie lecące w jego kierunku ciała niebieskie uderzają w niego z ogromną siłą. W ten sposób na skalistej powierzchni tego satelity tworzą się kraterzy, których średnica może przekraczać tysiąc kilometrów. Największym kraterem jest umiejscowiony na niewidocznej stronie Basen Biegun Południowy – Aitken o średnicy 2240 km i głębokości ok. 13 km.



W 2006 r. wyodrębniono nową grupę ciał niebieskich wchodzących w skład Układu Słonecznego – tzw. **planety karłowate**. Według aktualnej definicji planeta karłowata to ciało niebieskie, które:

- ▶ krąży wokół Słońca,
- ▶ ma wystarczającą masę, aby dzięki sile grawitacji osiągnąć kształt kulisty (lub prawie kulisty),
- ▶ nie oczyściło sąsiedztwa swojej orbity z innych obiektów,
- ▶ nie jest satelitą planety.

Dotychczas za planety karłowate oficjalnie zostały uznane jedynie Pluton, Eris oraz Ceres. Do niedawna (czyli do 2006 r.) Pluton był traktowany jako dziewiąta planeta Układu Słonecznego. Jednak ze względu na swoje niewielkie rozmiary, kształt oraz nachylenie orbity wielu naukowców uznawało, że nie powinien być on określany tym mianem.

Planety Układu Słonecznego

Obiekty krążące wokół Słońca dzieli się na trzy grupy: planety, planety karłowate oraz inne małe ciała Układu Słonecznego, np. planetoidy. Ze względu na wielkość i budowę planety można podzielić na dwa rodzaje: planety grupy ziemskiej, podobne w budowie do Ziemi, oraz znacznie od nich większe planety olbrzymy. W zależności od budującej je substancji planety te określa się również mianem gazowych bądź lodowych olbrzymów.

Planety grupy ziemskiej

Merkury, Wenus, Ziemia i Mars są planetami skalistymi. Ich skorupy i płaszcze składają się w znacznej części z minerałów o wysokiej temperaturze topnienia, np. z krzemianów. Natomiast jądra tych planet są zbudowane z metali, takich jak żelazo i nikiel. Trzy z czterech planet grupy ziemskiej (Wenus, Ziemia i Mars) mają atmosferę.

Merkury

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

- średnica: 4880 km
- masa: 0,06 masy Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 57,9 mln km
- obieg wokół Słońca: 88 lat
- obrót wokół własnej osi: 58,7 dni
- liczba satelitów: 0

Wenus

Najjaśniejsze po Słońcu i Księżycu ciało niebieskie, które da się zaobserwować gołym okiem na niebie. Gęsta atmosfera planety, złożona przede wszystkim z tlenku węgla(IV) (96,5%) oraz azotu (3,5%), wywołuje efekt cieplarniany, który podnosi temperaturę jej powierzchni do 500°C.

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

Ziemia

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

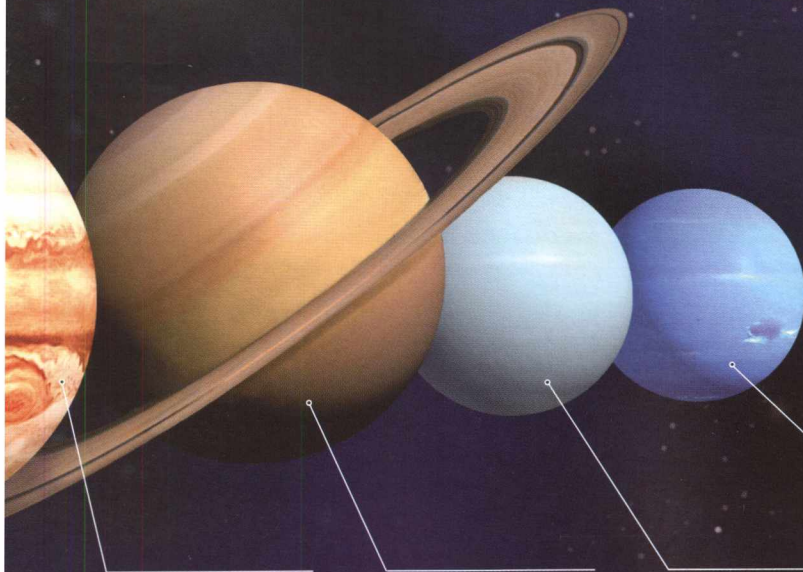
- średnica: 12 756 km
- średnia odległość od Słońca: 149,6 mln km
- obieg wokół Słońca: 365,25 dni
- obrót wokół własnej osi: 23,93 godziny
- liczba satelitów: 1

Mars

Najchłodniejsza planeta grupy ziemskiej. Temperatura ulega tu znacznym wahaniom dobowym, od około 20°C w dzień do -90°C w nocy. Różnice temperatur wywołują wiatry o prędkościach do 300 km/h. Mars za-wdzięcza swoje czerwone zabarwienie powierzchniowej warstwie pyłu bogatego w tlenki żelaza.

- średnica: 6794 km
- masa: 0,11 masy Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 227,9 mln km
- obieg wokół Słońca: 687 dni
- obrót wokół własnej osi: 24,63 godziny
- liczba satelitów: 2





Planety olbrzymy

Jowisz i **Saturn** składają się w większości z wodoru i helu, zaś **Uran** i **Neptun** – z zamrożonej wody, zamrożonego amoniaku i metanu. Wszystkie cztery planety gazowe posiadają pierścienie, jednak jedynie pierścienie Saturna są łatwo dostrzegalne z Ziemi.

Jowisz

Największa i najcięższa planeta Układu Słonecznego. Najkrótszy czas obrotu wokół własnej osi skutkuje silnym spłaszczeniem biegunowym. W atmosferze Jowisza wieją bardzo silne wiatry. Powodują one występowanie pasów chmur ułożonych równoleżnikowo, które nadają planecie charakterystyczny wygląd.

- średnica: 142 984 km
- masa: 318 mas Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 778,4 mln km
- obieg wokół Słońca: 11,87 lat
- obrót wokół własnej osi: 9,93 godziny
- liczba satelitów: 63

Saturn

Odnacza się najmniejszą średnią gęstością materii ze wszystkich planet Układu Słonecznego. Wśród planet olbrzymów wyróżnia się też siedmioma pierścieniami, utworzonymi z miliardów brył lodu i skał o rozmiarach od kilku centymetrów do ok. 100 m.

- średnica: 120 536 km
- masa: 95 mas Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 1427 mln km
- obieg wokół Słońca: 29,46 lat
- obrót wokół własnej osi: 10,66 godziny
- liczba satelitów: 56

Uran

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

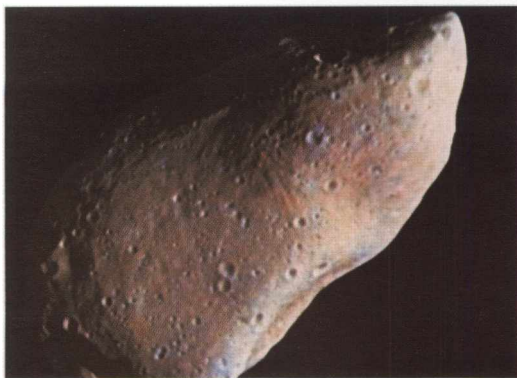
- średnica: 51 118 km
- masa: 14,5 masy Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 2871 mln km
- obieg wokół Słońca: 84 lat
- obrót wokół własnej osi: 17,24 godziny
- liczba satelitów: 27

Neptun

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

- średnica: 49 532 km
- masa: 17,2 masy Ziemi
- średnia odległość od Słońca: 4498 mln km
- obieg wokół Słońca: 164,8 lat
- obrót wokół własnej osi: 16,11 godziny
- liczba satelitów: 13

Warto zajrzeć!
 <http://solarsystemsscope.com>



Planetoida 951 Gaspra została odkryta już w 1916 r. Jej nazwa pochodzi od nazwy ukraińskiego miasta. Dokładnych fotografii tego ciała niebieskiego dostarczyła sonda kosmiczna Galileo w trakcie swojej misji z 1991 r.



Jądro komety Halleya ma rozmiary 8 x 15 km i barwę ciemnobrązową. Część komety zwrócona ku Słońcu rozgrzewa się do temperatury 80°C. Kometa Halleya pojawia się nad Ziemią mniej więcej co 76 lat.

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

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

Większość znanych nam planetoid wchodzi w skład pasa głównego. Są to przeważnie ciała skalne. Natomiast planetoidy pasa Kuipera to najczęściej ciała lodowe.

Istnieje potencjalne niebezpieczeństwo zderzenia Ziemi z tak dużym ciałem niebieskim, jakim jest planetoida. W wyniku obserwacji nieba ustalono, że planetoida 2004 MN4 o średnicy 400 m w roku 2029 minie naszą planetę w bardzo bliskiej odległości (kilkaset kilometrów). Kolizja z taką planetoidą mogłaby wywołać daleko idące zmiany w ekosystemie ziemskim.

Czasami też planetoidy zderzają się ze sobą. W wyniku tych kolizji powstają okruchy, które nazywamy **meteoroidami**. Część z nich, wpadając w atmosferę, ulega spaleni. Widoczne są wtedy na sklepieniu niebieskim jako meteory (zwane potocznie spadającymi gwiazdami). Meteoroidy, które docierają do powierzchni naszej planety, noszą nazwę **meteorytów**.

Co roku na Ziemię spada ich około 3 tys. Większość z nich to okruchy skalne. Pozostałe to głównie bryły metali: żelaza i niklu, z niewielką domieszką innych minerałów.

Na peryferiach Układu Słonecznego – w pasie Kuipera oraz położonym w odległości ok. 200 tys. jednostek astronomicznych (AU) od Słońca obłoku Oorta – grupują się **komety**. Kometa to małe ciało niebieskie zbudowane z lodu wodnego, zamrożonych gazów (tlenku węgla(IV), amoniaku i metanu) oraz okruchów skalnych. Jej główną część stanowi jądro osiągające nie raz wielkość nawet kilkunastu kilometrów. Gdy kometa zbliża się do Słońca, dochodzi do parowania lodu (sublimacji), a uwolnione gazy i pyły tworzą wokół jądra otoczkę, którą nazywamy komą. Z niej powstaje charakterystyczny warkocz komety. Jest on zwrócony zawsze w kierunku przeciwnym do Słońca, co jest spowodowane oddziaływaniem wiatru słonecznego.

Czy wiesz, że...

Planety występują także poza Układem Słonecznym. Pierwsze z nich, odległe od Ziemi o tysiące lat świetlnych, odkrył w 1992 r. polski astronom Aleksander Wolszczan. Od tego czasu wciąż lokalizuje się nowe planety pozasłoneczne. Dziś znamy ich już niemal 1000.

Warto zajrzeć!

 <http://simulator.down2earth.eu/#>

Spojrzenie z bliska



Meteorowy Krater Barringera

Na obszarze Stanów Zjednoczonych (w Arizonie) znajduje się jeden z największych na Ziemi kraterów meteorowych – Krater Barringera. Powstał on ok. 20–50 tys. lat temu w wyniku uderzenia w Ziemię ogromnego meteorytu. Zagłębienie utworzone po tym uderzeniu ma średnicę 1260 m i ponad 170 m głębokości. Odkrycia krateru dokonano w 1871 roku. Początkowo uznano go za krater wulkaniczny. Dopiero 30 lat później, w roku 1902, inżynier z Filadelfii Daniel Barringer udowodnił, jak naprawdę powstała ta forma. Precyzyjne pomiary wykazały, że meteoryt miał co najmniej 25 m średnicy i ważył blisko 70 tys. ton, a w Ziemię uderzył z prędkością ok. 69 tys. km/h.



Wielkość Krateru Barringera najlepiej oddaje widok z lotu ptaka.



W 2011 roku odkryto w Chinach w górach Ałtaj jeden z największych meteorytów (o wadze ok. 30 ton). Tak duży meteoryt jest rzadkim zjawiskiem. Zwykle bowiem do powierzchni Ziemi docierają tylko kilkugramowe fragmenty.

Zadania

1. Podaj różnice między gwiazdą a planetą.
2. Podaj trzy najważniejsze różnice między planetami grupy ziemskiej a planetami olbrzymami.
3. Zakładając, że możliwe byłoby życie na każdej z ośmiu planet Układu Słonecznego, wskaż tę, na której miałbyś najwięcej lokalnych lat, oraz tę, na której byłbyś najmłodszy.
4. Wskaż zależność między oddaleniem planet od Słońca a ich prędkością na orbicie.

3

Ruch obiegowy Ziemi

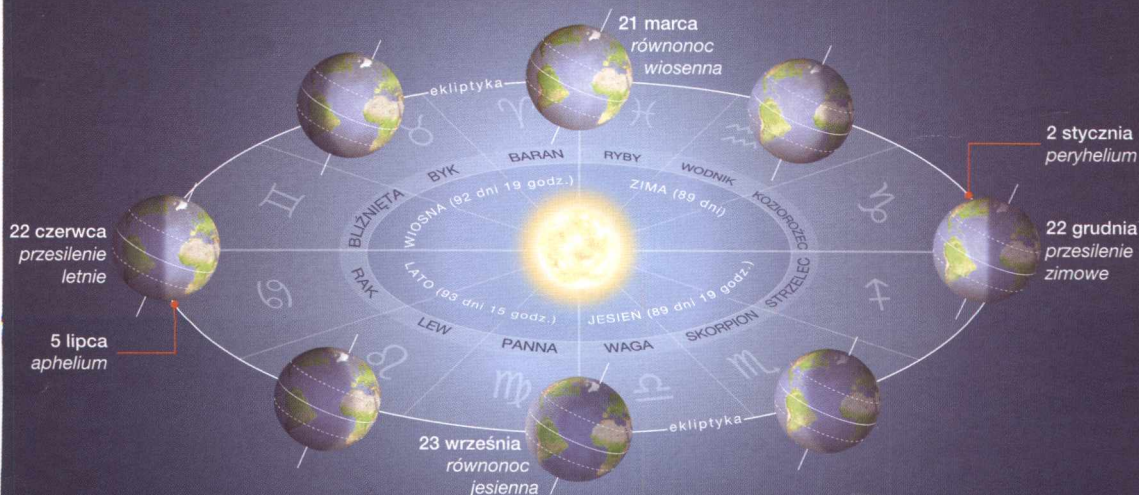
Ziemia wraz z innymi ciałami niebieskimi znajduje się w nieustannym ruchu. Jak już wiesz, wszechświat się rozszerza, a galaktyki oddalają się od siebie. Ziemia wraz z całym Układem Słonecznym obiega centrum Drogi Mlecznej z prędkością 220 km/s. Mimo że ruch ten odbywa się z ogromną prędkością, to nie jest on przez nas odczuwalny. Zwykle jesteśmy w stanie zaobserwować następstwa dwóch ruchów Ziemi – **obrotowego** i **obiegowego**. Natomiast naukowcy, dzięki posiadaniu precyzyjnego sprzętu, mogą również obserwować **ruch precesyjny**, czyli niewielkie wahania osi ziemskiej.

■ Dookoła Słońca

Czas pełnego obiegu Ziemi wokół Słońca wynosi **365 dni 5 godzin 48 minut i 46 sekund**, czyli jeden rok. Nasza planeta okrąża Słońce po orbicie w kształcie elipsy, w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Słońce nie znajduje się dokładnie w środku elipsy, dlatego w ciągu roku zmienia się odległość Ziemi od Słońca. Punkt orbity, w którym dystans ten jest najmniejszy, nosi nazwę **peryhelium**. Natomiast punkt, w którym odległość Ziemi od Słońca jest największa, to **aphelium**. W peryhelium Ziemię od Słońca dzieli 147 mln km. W aphelium z kolei dystans ten

Oświetlenie Ziemi w różnych porach roku

Nachylenie osi ziemskiej względem ekliptyki sprawia, że w ciągu roku zmienia się oświetlenie półkul, co pociąga za sobą zmiany w intensywności nagrzewania powierzchni Ziemi. Taka sytuacja powoduje cykliczne występowanie wielu zjawisk, np. pór roku. Zależnie od miejsca na Ziemi ich liczba w ciągu roku jest różna. W okolicach równika obserwuje się właściwie jedną porę roku, na biegunach dwie, a w strefach umiarkowanych np. sześć pór roku (wliczając przedwiosnie oraz przedzimie).



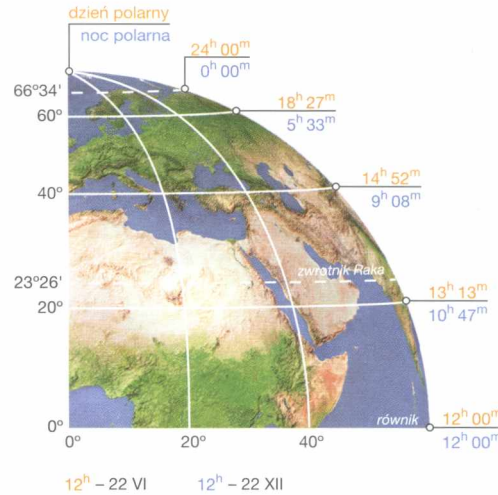
Występowanie astronomicznych pór roku dotyczy całej kuli ziemskiej. Ze względu na różnice długości drogi Ziemi dookoła Słońca, długość ich trwania także jest różna.

wynosi 152 mln km. Ta różnica odległości nie wpływa znacząco na ilość ciepła dostarczanego do naszej planety. Prędkość ruchu Ziemi po orbicie nie jest stała. Ziemia porusza się najszybciej w peryhelium, a najwolniej – w aphelium.

Płaszczyzna, w której porusza się nasza planeta, jest nazywana **ekliptyką**. Oś ziemską jest ustawiona względem ekliptyki pod kątem $66^{\circ}34'$, dlatego płaszczyzna równika nie pokrywa się z płaszczyzną orbity ziemskiej, lecz tworzy z nią kąt $23^{\circ}26'$.

Czy wiesz, że...

Gdyby oś ziemską była nachylona do płaszczyzny ekliptyki pod kątem prostym, wówczas Słońce górowałoby w zenicie jedynie na równiku (za to przez cały rok), a długość dnia i nocy na całej kuli ziemskiej byłaby jednakowa.



Długość dnia na wybranych równoleżnikach półkuli północnej w dniach 22 czerwca i 22 grudnia.

Przesilenie letnie

22 czerwca promienie słoneczne padają prostopadłe na zwrotnik Raka. Na półkuli północnej dzień trwa wtedy najdłużej, a noc najkrócej w roku. Za północnym kołem polarnym panuje dzień polarny. Rozpoczyna się tam lato. Z kolei na półkuli południowej 22 czerwca jest pierwszym dniem zimy. Za południowym kołem polarnym panuje noc polarna.

Równonoc wiosenna

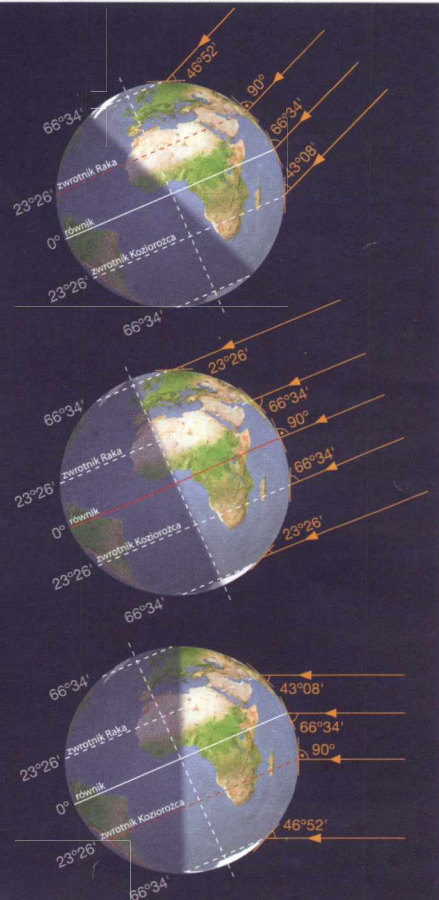
21 marca Słońce góruje w zenicie na równiku. Na półkuli północnej rozpoczyna się wówczas wiosna, a na półkuli południowej – jesień. W okolicach bieguna północnego rozpoczyna się dzień polarny, a w okolicach bieguna południowego – noc polarna.

Równonoc jesienna

23 września Słońce ponownie góruje w zenicie na równiku. W tym dniu na całej kuli ziemskiej dzień i noc trwają po 12 godzin. Na półkuli południowej rozpoczyna się wiosna, natomiast na półkuli północnej – jesień.

Przesilenie zimowe

22 grudnia Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Koziorożca. Na półkuli północnej dzień trwa wówczas najkrócej, a noc – najdłużej. Za kołem polarnym panuje noc polarna. Rozpoczyna się tam zima, natomiast na półkuli południowej – lato. Tu również za kołem polarnym panuje dzień polarny.



Sfera niebieska

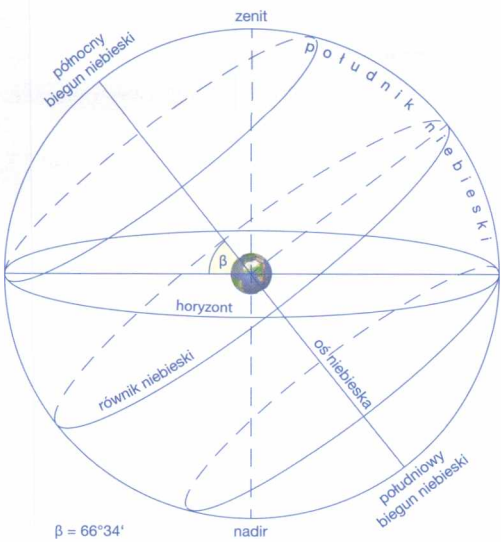
Kiedy patrzymy nocą na niebo, to wydaje nam się, że wszystkie dostrzegane przez nas gwiazdy są położone w jednakowej odległości. Z punktu widzenia obserwatora na Ziemi płaszczyzna nieba przybiera **układ sferyczny**, tzn. wygląda tak, jakby wszystkie ciała niebieskie były punktami umieszczonymi na oglądanej od środka półkuli. Sfera ta nazywa się **sklepieniem niebieskim**.

Układ horyzontalny

W układzie horyzontalnym Ziemia przedstawiana jest jako punkt znajdujący się w samym środku sfery niebieskiej. Jest on jednocześnie miejscem, w którym znajduje się obserwator. Dokładnie nad nim, na sferze niebieskiej, znajduje się **zenit**, a dokładnie pod nim – punkt o nazwie **nadir**. Przedłużeniem osi ziemskiej w układzie horyzontalnym jest oś niebieska. Właśnie wokół niej odbywa się pozorny ruch sfery niebieskiej. Na przecięciu osi niebieskiej ze sferą niebieską znajdują się **bieguny niebieskie**: północny i południowy. Natomiast najkrótszą linią łączącą bieguny niebieskie po sferze jest **południk niebieski**.

Linia horyzontu

Horyzont to z punktu widzenia obserwatora linia, która powstaje w miejscu styku widocznej części danego terenu ze sklepieniem niebieskim.



Układ horyzontalny.

Linia ta jest inaczej nazywana **widnokregiem**. W układzie horyzontalnym linia horyzontu jest okręgiem na sferze niebieskiej położonym w płaszczyźnie poziomej.

Dla obserwatora, który znajduje się na biegunie północnym, ciekawym okresem są dni równonocy. Widnokrąg obserwatora niemal pokrywa się wtedy z ekliptyką. Słońce (a właściwie połowa tarczy słonecznej) jest widoczna przez cały dzień, kiedy Słońce wykonuje pozorny ruch dookoła obserwatora.

Następstwa ruchu obiegowego Ziemi

Następstwo	Co z tego wynika
Zmiana kąta padania promieni słonecznych na powierzchnię Ziemi w ciągu roku.	Zmiana oświetlenia naszego globu, a tym samym – ilości energii docierającej do powierzchni Ziemi.
Występowanie astronomicznych pór roku: wiosny, lata, jesieni i zimy.	Zmiana prędkości Ziemi obiegającej Słońce warunkuje różną długość pór roku – na półkuli północnej wiosna i lato trwają ok. 7 dni dłużej niż na półkuli południowej; są również dłuższe od jesieni i zimy.
Zmiana miejsca wschodu i zachodu Słońca na widnokregu.	W Polsce latem Słońce wschodzi i zachodzi bliżej północy, a zimą – bliżej południa. Natomiast w dniach równonocy wiosennej i jesiennej wschód Słońca następuje dokładnie na wschodzie, a jego zachód – dokładnie na zachodzie.
Zmiana drogi widomej wędrówki Słońca nad widnokregiem.	Wiosną i latem droga widomej wędrówki Słońca nad widnokregiem jest znacznie dłuższa niż jesienią i zimą.
Zmiana długość trwania dnia i nocy.	Na równiku przez cały rok Słońce wschodzi i zachodzi zawsze o tej samej porze, a dzień i noc mają tam dokładnie po 12 godzin. Im dalej od równika, tym letnie dni i zimowe noce są dłuższe.

Górowanie

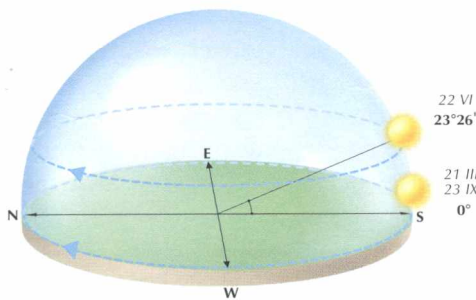
Górowanie Słońca to najwyższe położenie tarczy słonecznej w ciągu doby nad widnokregiem. Ze względu na nachylenie osi ziemskiej do płaszczyzny ekliptyki oraz ruch obiegowy Ziemi wysokość górowania we wszystkich miejscach na kuli ziemskiej w ciągu roku zmienia się. Na przykład maksymalną wysokość, czyli 90° , osiąga tylko w strefie międzyzwrotnikowej. Natomiast za kołami podbiegunowymi wysokość górowania zmienia się od 0° do $23^\circ 26'$.

Już w starożytności umiano obliczyć i przewidzieć moment zaćmienia Słońca czy też moment oraz miejsce jego wschodu i zachodu.

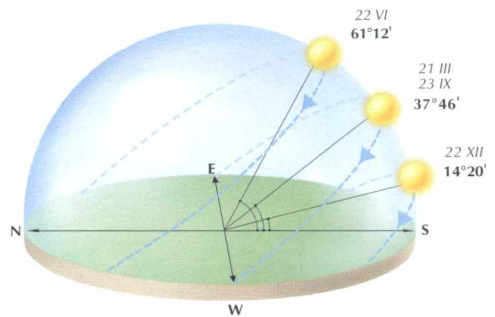
Dziś rozróżniamy trzy rodzaje świtów i zmierzchów. W czasie trwania **zmierzchu cywilnego** można bez trudu odczytać drobny druk, o ile niebo jest pogodne. **Zmierzch żeglarski**, inaczej nawigacyjny, rozpoczyna się po zakończeniu zmierzchu cywilnego. W ruchu lądowym tę fazę zmierzchu nazywamy potocznie zmrokiem. **Zmierzch astronomiczny** trwa po zakończeniu zmierzchu nawigacyjnego. Oświetlenie dawane przez pogodne niebo i górne warstwy atmosfery, rozpraszające promienie ukrytego pod horyzontem Słońca, jest wtedy słabsze od światła pochodzącego od gwiazd.

Górowanie Słońca

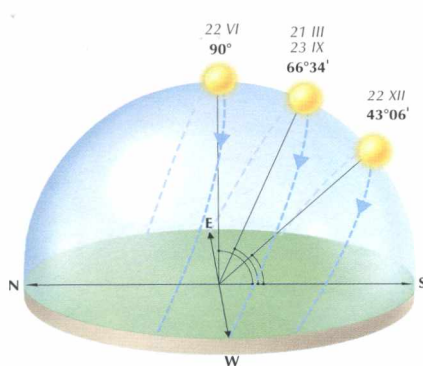
Konsekwencją ruchu obiegowego Ziemi jest m.in. zmiana pozornej wędrówki Słońca nad widnokregiem, a co za tym idzie – zmiana wysokości górowania Słońca.



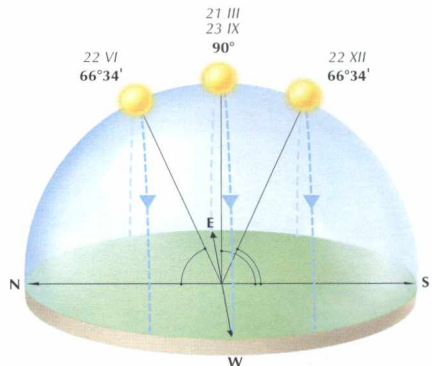
W dobowym ruchu Słońca w czasie dnia polarnego na biegunie północnym nie ma górowania. Przez całą dobę Słońce ma taką samą wysokość.



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



Wysokość górowania Słońca na zwrotniku Raka. Słońce góruje tam w zenicie 22 czerwca, a najniżej, pod kątem $43^\circ 06'$, 22 grudnia.



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

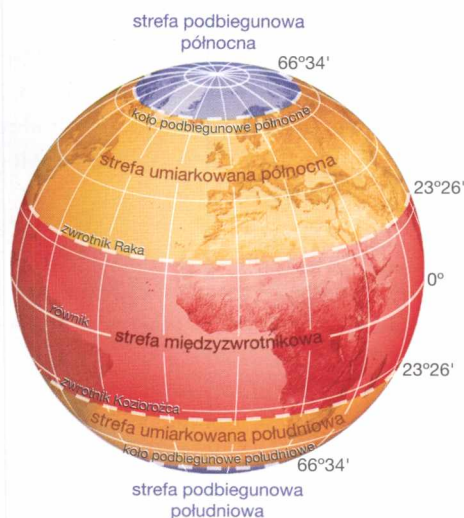
Strefy oświetlenia Ziemi

Ze względu na zmienne oświetlenie Ziemi w ciągu roku, wyróżnia się pięć stref jej oświetlenia: strefę międzyzwrotnikową, dwie strefy umiarkowane oraz dwie strefy podbiegunowe.

► **Granicą strefy międzyzwrotnikowej** są zwrotniki: Raka na północy i Koziorożca na południu. Tylko w tej strefie Słońce góruje w zenicie dwukrotnie w ciągu roku we wszystkich punktach oprócz zwrotników, gdzie promienie słoneczne padają pionowo na powierzchnię Ziemi tylko raz. Długość dnia zmienia się nieznacznie. Najdłuższy dzień trwa ok. 13,5 h, a najkrótszy – ok. 10,5 h.

► **Strefy umiarkowane** rozciągają się między zwrotnikami a kołami podbiegunowymi. W strefach tych wysokość górowania Słońca zmniejsza się od zwrotników w kierunku kół podbiegunowych.

► **Strefy podbiegunowe** znajdują się pomiędzy kołami podbiegunowymi (północnym i południowym) a biegunami, czyli w szerokościach powyżej $66^{\circ}34'N$ i $66^{\circ}34'S$. Występuje tam zjawisko dnia polarnego i nocy polarnej. W miarę zbliżania się do biegunów dni i noce polarne stają się coraz dłuższe. Na biegunach trwają one pół roku bez przerwy.



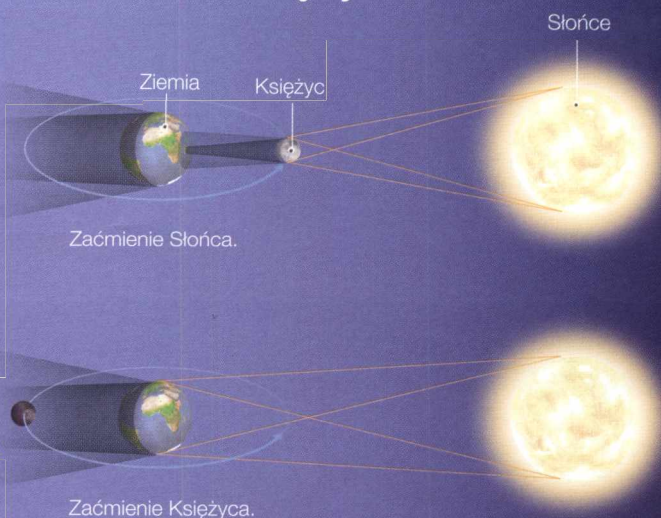
Strefy oświetlenia Ziemi.

Strefowy układ obszarów o różnym oświetleniu (a tym samym różnym nagrzewaniu się powierzchni Ziemi) wpływa m.in. na rozmieszczenie **stref klimatycznych, roślinnych i glebowych**. Ponadto przesuwanie się obszaru o zenitalnym kącie padania promieni słonecznych powoduje migrację równikowej strefy obniżonego ciśnienia, a za nią – wszystkich zjawisk atmosferycznych związanych z tym obszarem.

Zaćmienie Słońca, zaćmienie Księżyca

Zdarza się, że Ziemia, Księżyc i Słońce ustawiają się na krótki czas w jednej linii. Konsekwencjami takiej sytuacji są zaćmienie Słońca oraz zaćmienie Księżyca. **Zaćmienie Słońca** ma miejsce wówczas, gdy Księżyc znajdzie się pomiędzy Ziemią a Słońcem. Zatem zjawisko to jest wywoływane cieniem rzucanym przez Księżyc na naszą planetę. Najbliższe częściowe zaćmienie Słońca widoczne z obszaru Polski nastąpi 20 marca 2015 r., a całkowite – 7 października 2135 r.

Natomiast **zaćmienie Księżyca** występuje wtedy, gdy Ziemia przysłoni promienie słoneczne oświetlające Księżyc. Zjawisko to jest zatem powodowane przez cień, jaki nasza planeta rzuca na powierzchnię Księżyca.



Jak obliczyć wysokość Słońca nad widnokregiem? Krok po kroku

Przykład 1

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

W celu obliczenia wysokości Słońca nad widnokregiem, skorzystaj z poniższych wzorów.

Dni obserwacji	Półkula północna	Półkula południowa
21 III, 23 IX	$h=90^{\circ}-\varphi$	$h=90^{\circ}-\varphi$
22 VI	$h=90^{\circ}-\varphi+23^{\circ}26'$	$h=90^{\circ}-\varphi-23^{\circ}26'$
22 XII	$h=90^{\circ}-\varphi-23^{\circ}26'$	$h=90^{\circ}-\varphi+23^{\circ}26'$

- 1 Korzystając z odpowiedniego wzoru, oblicz wysokość Słońca nad widnokregiem w dniach 21 marca i 23 września
- a) dla Gdańska
- $$h = 90^{\circ} - 54^{\circ} = 36^{\circ}$$
- b) dla Johannesburga
- $$h = 90^{\circ} - 26^{\circ} = 64^{\circ}$$

Odpowiedź

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

- 2 Korzystając z odpowiedniego wzoru, oblicz wysokość Słońca nad widnokregiem w dniu 22 czerwca
- a) dla Gdańska
- $$h = 90^{\circ} - 54^{\circ} + 23^{\circ}26' = 59^{\circ}26'$$
- b) dla Johannesburga
- $$h = 90^{\circ} - 26^{\circ} - 23^{\circ}26' = 40^{\circ}34'$$

Odpowiedź

Dnia 22 czerwca maksymalna wysokość Słońca wynosiła nad Gdańskiem 59°26', a nad Johannesburgiem 40°34'.

- 3 Korzystając z odpowiedniego wzoru, oblicz wysokość Słońca nad widnokregiem w dniu 22 grudnia
- a) dla Gdańska
- $$h = 90^{\circ} - 54^{\circ} - 23^{\circ}26' = 12^{\circ}34'$$
- b) dla Johannesburga
- $$h = 90^{\circ} - 26^{\circ} + 23^{\circ}26' = 87^{\circ}26'$$

Odpowiedź

Dnia 22 grudnia maksymalna wysokość Słońca wynosiła nad Gdańskiem 12°34', a nad Johannesburgiem 87°26'.

Zadanie

Oblicz wysokość Słońca w dniach rozpoczynających pory roku w Antananarywie (18°55'S) oraz w Rejkjavíku (64°N).

Przykład 2

Aby obliczyć wysokość górowania Słońca w niektórych częściach **strefy międzyzrotnikowej** w dniach 22 VI oraz 22 XII, należy skorzystać ze wzoru w tabeli.

Miejsce obserwacji	Dni obserwacji	Wzór
między równikiem a zwrótnikiem Raka	22 VI	$h=90^{\circ}-23^{\circ}26'-\phi$
między równikiem a zwrótnikiem Koziorożca	22 XII	$h=90^{\circ}-23^{\circ}26'-\phi$

Zadanie

Oblicz wysokość górowania Słońca w dniu przesilenia letniego w Addis Abebie (9°N).

Odpowiedź

$$h = 90^{\circ} - (23^{\circ}26' - 9^{\circ}) = 75^{\circ}34'$$

Zadanie

Oblicz wysokość Słońca w południe w mieście Chartum (15°34'N) w dniu, w którym w mieście Rehoboth (23°26'N) przedmioty w południe słoneczne nie rzucają cienia.

Zadania

- Wyjaśnij znaczenie terminów *aphelium* i *perihelium*.
- Podaj następstwa ruchu obiegowego Ziemi.
- Określ, w którym miejscu na Ziemi dzień i noc trwają po 12 godzin przez cały rok.
- Oblicz wysokość górowania Słońca w pierwszych dniach astronomicznych pór roku w Buenos Aires (35°S) i w Zakopanem (49°N).
- Opisz położenie ciał niebieskich podczas zaćmienia Słońca.

4

Ruch obrotowy Ziemi

W ciągu dnia możesz obserwować wędrówkę Słońca po sklepieniu niebieskim, a nocą – ruch innych ciał niebieskich, takich jak gwiazdy czy Księżyc. Jest to jednak ruch pozorny. W rzeczywistości to Ziemia, niczym karuzela, obraca się wokół własnej osi, dając złudzenie, że wszystkie ciała niebieskie krążą wokół niej.

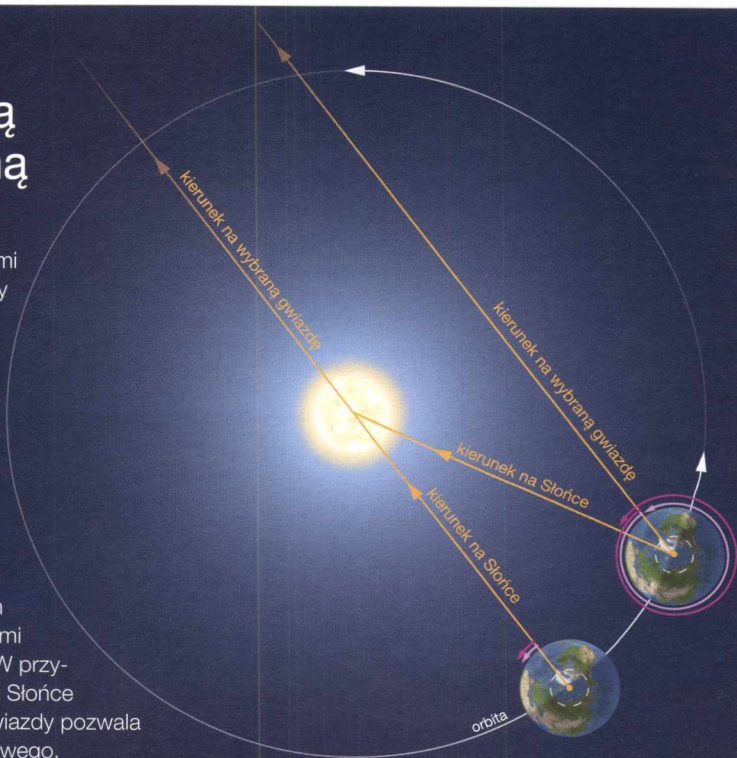
Ruch ten odbywa się z zachodu na wschód, czyli przeciwnie niż pozorna wędrówka Słońca po sklepieniu niebieskim. Rzeczywisty czas pełnego obrotu Ziemi wynosi 23 godziny 56 minut i 4 sekundy, czyli **dobę gwiazdową**. Jednak za podstawę rachuby czasu przyjmuje się średnią **dobę słoneczną**, trwającą 24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



Rezultatem ruchu obrotowego Ziemi jest pozorny ruch gwiazd wokół Gwiazdy Polarnej.

Różnica między dobą gwiazdową a dobą słoneczną

Doba gwiazdowa to czas, jaki upływa między dwoma górowaniami tej samej gwiazdy. Jest to dokładny czas obrotu Ziemi o 360° (23 godziny 56 minut i 4 sekundy). Natomiast **doba słoneczna** odpowiada przybliżonemu czasowi między dwoma górowaniami Słońca (czyli ok. 24 godzinom). Różnica ok. 4 minut wynika z tego, że Ziemia względem Słońca w ciągu doby przemieszcza się po swojej orbicie o ok. 2,5 mln km. W związku z tym Ziemia między dwoma zgórowaniami Słońca obraca się o prawie 361° . W przypadku górowania innej gwiazdy niż Słońce ogromna odległość Ziemi od tej gwiazdy pozwala wyeliminować wpływ ruchu obiegowego.



Czy wiesz, że...

Moment górowania Słońca wyznacza początek i koniec doby słonecznej. Wypada on w południe. Aby data nie zmieniała się w ciągu dnia, przesunięto początek doby na godzinę 24.00. Doba ta nosi nazwę doby cywilnej.

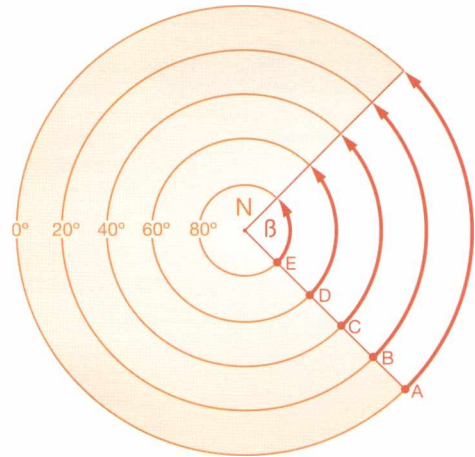
Wszystkie punkty na powierzchni Ziemi, poruszając się razem z nią, obracają się o 360° w czasie 24 godzin. Zatem **w ciągu jednej godziny następuje obrót o 15°** . Prędkość ta, nazywana **prędkością kątową**, jest dla każdego punktu naszej planety stała.

Punkty na powierzchni Ziemi poruszają się również z **prędkością liniową**, która jest zmienna i zależy od szerokości geograficznej. Największą wartość prędkość ta osiąga na równiku, gdzie wynosi 1669 km/h. Tak znaczna prędkość jest możliwa dzięki temu, że właśnie na równiku obwód Ziemi jest największy (wynosi 40 075 km). Dlatego każdy punkt położony na tym równoleżniku pokonuje tę odległość w ciągu 24 godzin ($40\,075 : 24 = 1669$ km/h). Prędkość liniowa maleje w miarę zbliżania się do biegunów, gdzie wynosi 0 km/h. Nawet przy niedużej prędkości, na przykład podczas jazdy rowerem, odczuwamy ruch powietrza. Staje się on silniejszy wraz ze wzrostem prędkości. Dlaczego zatem nie odczuwamy szybkości towarzyszącej ruchowi obrotowemu Ziemi? Wy tłumaczenie jest proste – wraz z naszą planetą obraca się również atmosfera.

■ Dowody na ruch obrotowy Ziemi

Człowiek nie zauważa ani nie odczuwa ruchu obrotowego Ziemi. Istnieją jednak dowody świadczące o jego istnieniu.

Jednym z nich jest doświadczenie przeprowadzone w 1851 r. przez francuskiego fizyka **Jeaną Foucaulta** (1819–1868). Szerszej publiczności zostało ono zaprezentowane w paryskim Pantheonie, gdzie pod kopułą zawieszono wahadło składające się z długiego na 67 m drutu i przymocowanej do niego kuli armatniej o wadze 28 kg. Wprowadzone w ruch **wahadło zmieniało płaszczyznę wahań w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara**. Gdyby Ziemia



- długość drogi przebytej przez punkty A, B, C, D i E w ruchu obrotowym Ziemi w ciągu 6 godzin (prędkość liniowa)
- β kąt, o który zmieniło się położenie punktów A, B, C, D i E w stosunku do Słońca w ciągu 6 godzin (prędkość kątową)

Prędkość kątową i prędkość liniową.

nie obracała się wokół własnej osi, płaszczyzna wahań nie zmieniałaby się.

Urządzenia podobne do wahadła zaprezentowanego przez Foucaulta można dziś już oglądać w wielu miejscach na świecie. Również w Polsce w niektórych ośrodkach akademickich (m.in. w Gdańsku, Poznaniu czy Szczecinie) są zainstalowane takie wahadła. Najdłuższym wahadłem może poszczycić się Kraków – linka, na której zamontowano ciężarek ma długość 46,5 m.



W kompleksie Miasto Sztuki i Nauki w Walencji znajduje się jedno z najsłynniejszych na świecie wahadeł Foucaulta.

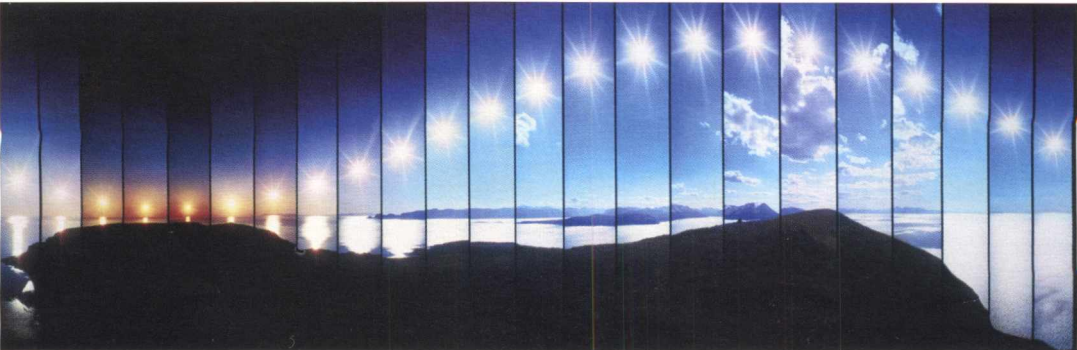
Następstwa ruchu obrotowego Ziemi

Następstwo	Co z tego wynika
Pozorny ruch Słońca i innych ciał niebieskich po sklepieniu niebieskim	Widzimy, jak ciała niebieskie zmieniają swoje położenie na sklepieniu niebieskim – pojawiają się nad horyzontem (moment wschodu), następnie zwiększają swoją wysokość, aż do momentu górowania, by ostatecznie zniknąć pod horyzontem (moment zachodu).
Występowanie dnia i nocy	Podczas obrotu Ziemi wokół własnej osi promienie słoneczne padają na kolejne fragmenty jej powierzchni. Na oświetlonej przez Słońce części naszego globu panuje dzień, a na części pogrążonej w mroku – noc.
Splaszczanie Ziemi przy biegunach	Efekt działania siły odśrodkowej. Splaszczanie to utworzyło się już na etapie formowania się naszej planety, czyli kilka miliardów lat temu. Wtedy bowiem materia budująca Ziemię była na tyle plastyczna, że splaszczanie to mogło powstać. Przejawem działania siły odśrodkowej jest również rozciągnięcie troposfery (warstwy atmosfery znajdującej się przy powierzchni Ziemi) w okolicach równika.
Siła Coriolisa	Oddziałuje na ciała będące w ruchu.

Dowodem na ruch obrotowy Ziemi jest też kierunek **odchylenia ciał swobodnie spadających z dużych wysokości**, np. z wysokich wież. Nie spadną one pionowo (zgodnie z siłą przyciągania Ziemi), u samej podstawy wieży, lecz na wschód od niej. Dzieje się tak dlatego, ponieważ wierzchołek obracającej się wraz z Ziemią wieży ma większą prędkość liniową niż jej podstawa. Jest bowiem bardziej oddalony od środka Ziemi. W związku z tym ciało swobodnie opadające z wierzchołka, zachowując swoją prędkość początkową, przebędzie drogę dłuższą niż podstawa i w konsekwencji spadnie na wschód od niej. Odchylenie to w naszej szerokości geograficznej jest niewielkie i wynosi ok. 2 cm dla stumetrowej wieży.

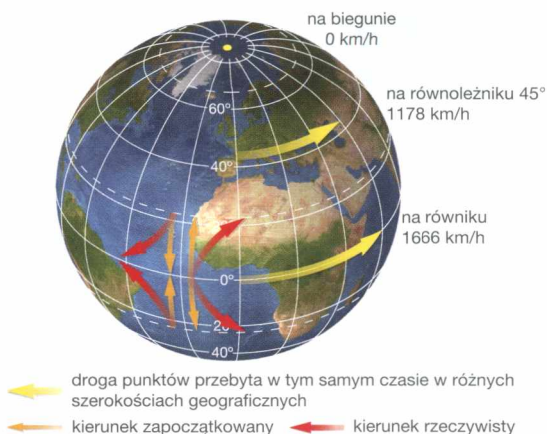
■ Siła Coriolisa

Jej istnienie jest związane z różnicami prędkości liniowych między punktami położonymi na powierzchni Ziemi w różnych szerokościach geograficznych. Na półkuli północnej ciała przemieszczające się z obszarów o większej prędkości liniowej do obszarów, gdzie jest ona mniejsza, **odchylają się w prawo**. Identycznemu odchyleniu ulegną ciała przemieszczające się w odwrotnym kierunku – z wyższych ku niższym szerokościom geograficznym. Natomiast na półkuli południowej ciała przemieszczające się w kierunku równika lub bieguna południowego **odchylają się w lewo**. Odchyleniu nie ulegają jedynie ciała nieruchome lub przemieszczające się wzdłuż równoleżników.



Fotografie przedstawiające położenie Słońca wykonano w godzinnych odstępach czasu, między 21 a 22 lipca na norweskiej wyspie Loppa.

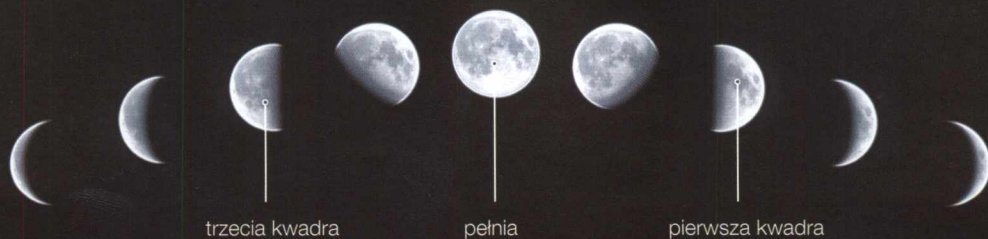
Przyrodnicze znaczenie siły Coriolisa jest ogromne. Przykładem jej oddziaływania jest odchylenie kierunków wiania wiatrów – na przykład pasaty na półkuli północnej wieją z kierunku północno-wschodniego, zamiast z północnego. Z kolei na półkuli południowej – zamiast z kierunku południowego – wieją z kierunku południowo-wschodniego. Taką sytuację obserwuje się w przypadku monsunów, których kierunki wiania są również modyfikowane przez tę siłę. Do zjawisk spowodowanych oddziaływaniem siły Coriolisa należą też: odchyłanie kierunków przebiegu prądów morskich oraz nierównomierne podcinanie brzegów rzek. Rzeki na półkuli północnej mocniej erodują prawe brzegi, a te na półkuli południowej – lewe brzegi.



Siła Coriolisa oddziałuje na ciała będące w ruchu, powodując, że nie poruszają się one w linii prostej, lecz stale zmieniają swój kierunek.

Fazy Księżyca

Księżyc, podobnie jak nasza planeta, znajduje się w ciągłym ruchu: okrąża Ziemię oraz wykonuje ruch obrotowy wokół własnej osi. Obieg wokół Ziemi i pełen obrót wokół własnej osi zajmują Księżycowi tyle samo czasu – 29 dni 12 godzin i 44 minuty (miesiąc księżycowy). Synchronizacja ta powoduje, że obserwujemy z Ziemi ciągle tę samą stronę naszego satelity. Podczas ruchu obiegowego wokół Ziemi, Księżyc jest różnie oświetlony przez Słońce. Powoduje to zmiany wyglądu jego tarczy widocznej z naszej planety. Dlatego możemy zaobserwować powtarzające się co cztery tygodnie fazy Księżyca: now, pierwszą kwadrę, pełnię oraz trzecią kwadrę.



Niewidoczny, odwrócony do Ziemi nieoświetloną stroną Księżyc znajduje się w nowiu.

Zadania

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

Ruchy obiegowy i obrotowy Ziemi wywierają ogromny wpływ na nasze życie. Wyznaczają bowiem jego rytm. Dlatego tak ważna stała się dla człowieka umiejętność określania upływającego czasu, czyli ustalenie jego jednostek i posługiwanie się nimi.

Jednostki czasu

Jednostki określające upływ czasu nie zostały wymyślane równocześnie. W epoce paleolitu potrafiono wyznaczyć czas trwania jednego dnia i jednego miesiąca. Następnie, dzięki obserwacji zachodzących regularnie zjawisk astronomicznych, zwłaszcza górowania Słońca na danej szerokości, zaczęto określać długość trwania jednego roku z dokładnością do jednej doby.

Współczesny podział jednostek czasu wywodzi się z Babilonii, gdzie astronomowie podzielili **godzinę na 60 minut, dobę na 24 godziny, tydzień na 7 dni, a rok na 12 miesięcy**. Odpowiedzi na pytanie, dlaczego podział obejmował akurat 12, a nie na przykład 10 miesięcy, należy szukać w fazach Księżyca (nazywanego zresztą w niektórych kulturach miesiącem). Otóż za jeden miesiąc uznano czas pełnego okrążenia Ziemi przez naszego naturalnego satelitę, wynoszący ok. 29,5 dnia. Dziś przyjmujemy, że niektóre miesiące mają 30, a inne 31 dni. Jedynie luty ma 28 lub 29 dni.

Czas słoneczny

Czas oparty na pozornym ruchu Słońca nazywamy czasem słonecznym lub **czasem miejscowym**. Jest on ustalany dla danej miejscowości na podstawie wysokości Słońca nad widnokręgiem. Godzinę 12.00 (południe słoneczne) wyznacza moment górowania Słońca nad określonym południkiem miejscowym. Jednakowy czas słoneczny występuje tylko w miejscach położonych na tym samym południku. Pełny obrót

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

$360^\circ - 24 \text{ h}$,

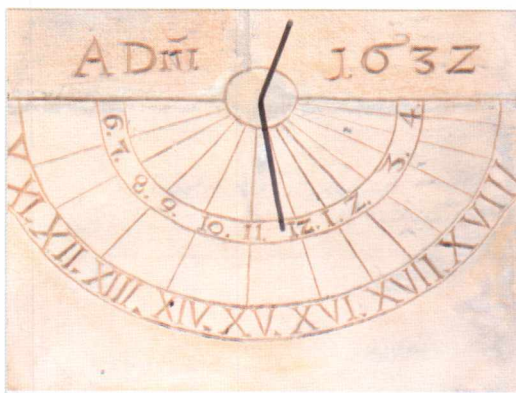
$15^\circ - 1 \text{ h}$,

$1^\circ - 4 \text{ min}$.

W ciągu czterech minut Ziemia obraca się o jeden stopień i na każdym kolejnym stopniu długości geograficznej mamy inny czas słoneczny. Posługiwanie się czasem słonecznym jest więc bardzo uciążliwe – na przykład różnica między czasem słonecznym na krańcach wschodnich i zachodnich Polski wynosi około 40 minut. Dlatego też wprowadzono czas uniwersalny, strefowy oraz czas urzędowy.

Czas uniwersalny

Czas uniwersalny koordynowany UTC (*Universal Time Clock*) uznawany jest na całym świecie za podstawę rachuby czasu w ciągu doby. Liczy się go według czasu słonecznego, z uwzględnieniem korekty wynikającej z obserwowanych zmian w ruchu kuli ziemskiej, dla południka 0° przechodzącego przez **Królewskie Obserwatorium Astronomiczne w Greenwich** (dzielnica Londynu). Godzinę 12.00 UTC wyznacza moment górowania Słońca nad tym południkiem.



Od najdawniejszych czasów Słońce wyznaczało rytm życia ludzi na Ziemi. Dzięki zegarom słonecznym potrafiono odliczać poszczególne godziny.

Jak obliczyć czas słoneczny?

Krok po kroku

Przykład

Oblicz czas słoneczny w Poznaniu ($16^{\circ}56'E$) podczas górowania Słońca na południku środkowym strefy czasowej ($15^{\circ}E$).

- 1** Oblicz różnicę długości geograficznej pomiędzy południkiem środkowym strefy czasowej ($15^{\circ}E$) a południkiem miejscowym Poznania.

Aby obliczyć różnicę długości geograficznej miejsc położonych na tej samej półkuli (wschodniej lub zachodniej), odejmujemy wartość długości geograficznej jednego miejsca od wartości geograficznej drugiego miejsca.

$$16^{\circ}56' - 15^{\circ} = 1^{\circ}56'$$

Natomiast w przypadku położenia punktów na różnych półkulach należy zsumować wartości długości geograficznych obu punktów. Dla przykładu różnica długości geograficznej między Poznaniem a Dublinem ($6^{\circ}15'W$) wynosi:

$$16^{\circ}56' + 6^{\circ}15' = 23^{\circ}19'$$

- 2** Oblicz czas słoneczny w Poznaniu podczas górowania Słońca na południku $15^{\circ}E$, pamiętając, że na pokonanie 1° długości geograficznej Słońce potrzebuje 4 minut.

$$\begin{aligned} 1^{\circ} &= 4 \text{ minuty} \\ 1^{\circ} &= 60' \\ 60' &= 240 \text{ sekund} \\ 1' &= 4 \text{ sekundy} \\ &\text{zatem} \end{aligned}$$

$$1^{\circ}56' \cdot 4 \text{ minuty} = 7 \text{ minut i } 44 \text{ sekundy}$$

- 3** Poznań leży na wschód od południka środkowego strefy czasowej ($15^{\circ}E$), dlatego do godziny 12.00 należy dodać 7 minut i 44 sekundy.

Odpowiedź

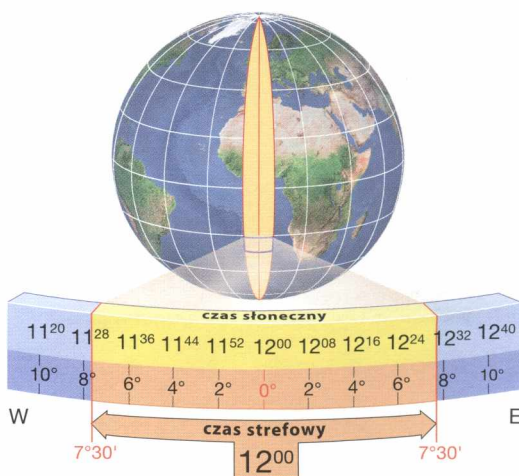
Podczas górowania Słońca na południku środkowym strefy czasowej ($15^{\circ}E$), w Poznaniu jest godzina 12.07 (44') czasu słonecznego.

Zadanie

Oblicz czas słoneczny w Warszawie ($21^{\circ}02'E$), podczas gdy na południku środkowym strefy czasowej ($15^{\circ}E$) jest godzina 15.00.

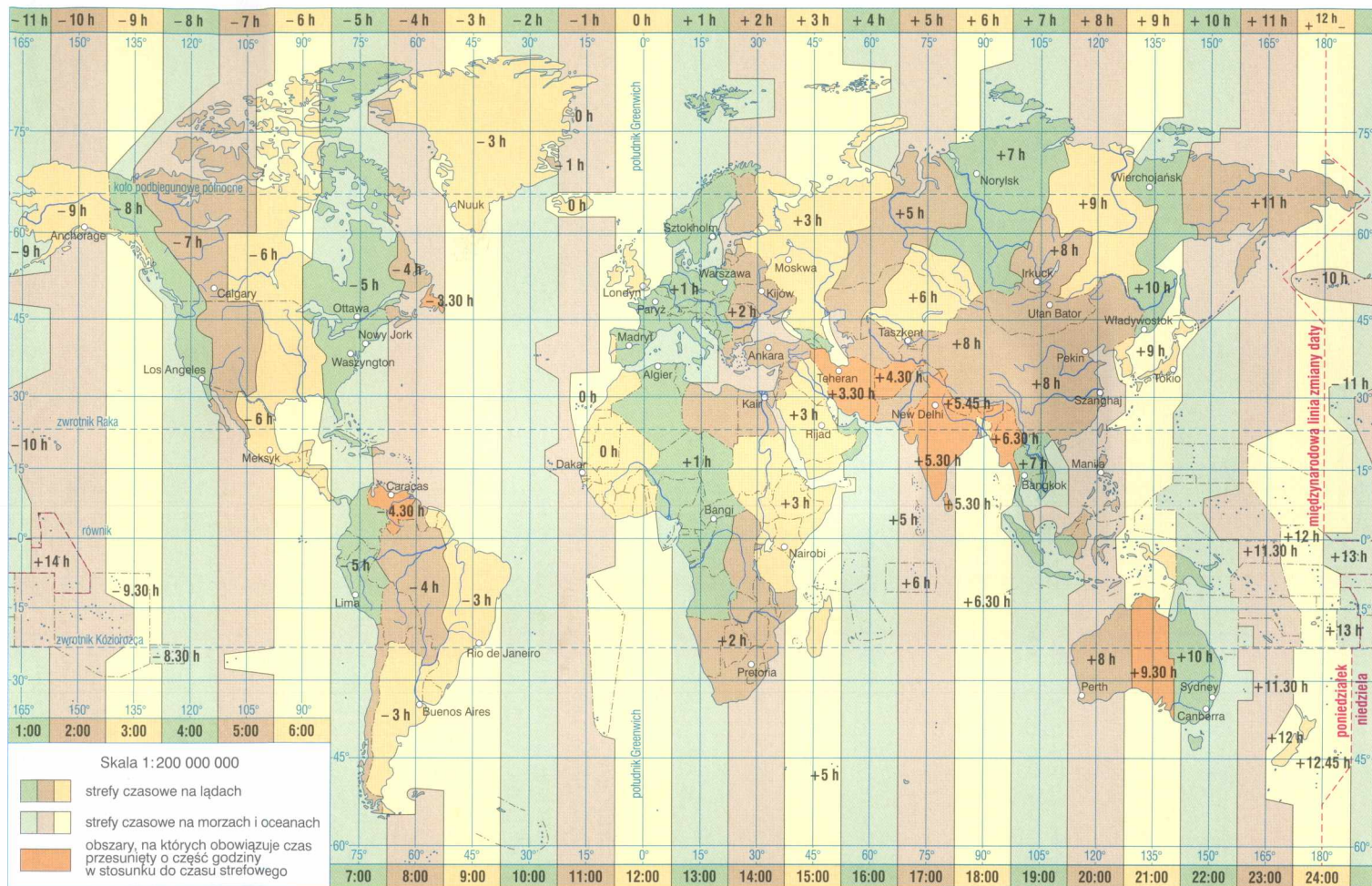
■ Czas strefowy

Czas strefowy oblicza się na podstawie umownego podziału kuli ziemskiej na 24 strefy czasowe. W każdej z nich obowiązuje inny czas, ustalany na podstawie czasu UTC obowiązującego w strefie, w której leży **Greenwich**. W strefach czasowych leżących na wschód od Greenwich dodaje się kolejne godziny, natomiast w strefach leżących na zachód – odejmuje. Wynika to z faktu, że Słońce w swym pozornym ruchu na sferze niebieskiej wcześniej góruje nad miejscowościami położonymi na wschodzie, stopniowo przesuwając się na zachód. Polska leży w **strefie czasu środkoeuropejskiego**, gdzie dodajemy do czasu UTC jedną godzinę. Obowiązujący w Polsce czas strefowy jest taki sam, jak czas słoneczny na południku $15^{\circ}E$. W położonych na nim miejscowościach (np. w Zgorzelcu) czas słoneczny jest zgodny z czasem strefowym. W pozostałych miejscach zgodność ta nie występuje.



Na obszarze jednej strefy, rozciągającej się $7^{\circ}30'$ na wschód i $7^{\circ}30'$ na zachód od jej południka środkowego, obowiązuje ten sam czas strefowy. Zmienia się natomiast czas słoneczny – o 4 sekundy na każdą minutę odległości kołowej ($1'$).

Strefy czasowe na Ziemi



W górnej części mapy podane są różnice między czasem danej strefy a czasem południka Greenwich. W dolnej części mapy pokazano, którą godzinę wskazują zegary w danej strefie, gdy w Londynie jest południe. Dane te dotyczą pory zimowej. Na Antarktydzie obowiązuje na większości obszaru czas południka Greenwich. Niektóre stacje badawcze przyjmują jednak czas odpowiadający strefie czasowej właściwej dla swojego kraju, np. niemiecka stacja Neumayer.

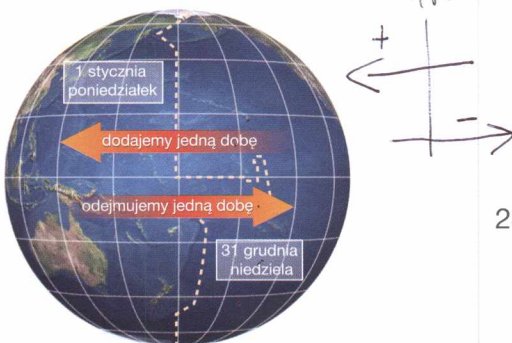
■ Czas urzędowy

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

■ Granica zmiany daty

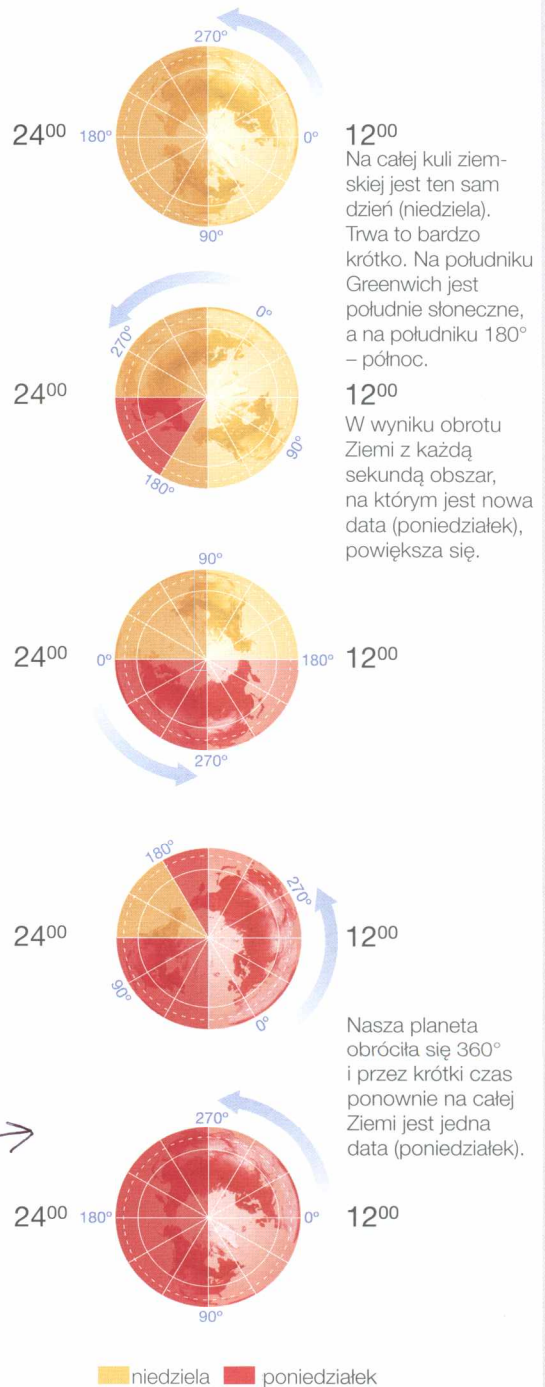
Umowną granicę zmiany daty wyznacza **południk 180°**. Różnica czasu po obu jego stronach wynosi 24 godziny. Przekraczając tę granicę samolotem lub statkiem **z półkuli wschodniej na półkulę zachodnią, tracimy jeden dzień** (np. niedziela staje się poniedziałkiem). Podróżując w kierunku przeciwnym, **zyskujemy natomiast jeden dzień** – poniedziałek staje się niedzielą, po której następuje ponownie poniedziałek.

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



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

Mechanizm ruchu daty



Kalendarz

Już ludzie pierwotni potrafili zaobserwować cykliczność zmian w otaczającej przyrodzie. Postrzegano rytm pogody i następujące po sobie pory roku oraz związaną z tym dostępność jadalnych owoców, warzyw czy grzybów. W rozwoju cywilizacji wiedza o cyklicznych zmianach była konieczna do zaplanowania siewu czy sporządzania zapasów w celu przetrwania zimnej pory roku. Następnie ludzie zaczęli dostrzegać prawidłowości w ruchu ciał niebieskich, szczególnie Słońca i Księżyca. W ten sposób narodziła się potrzeba przygotowania kalendarza.

Najwcześniejsze kalendarze opierały się na ruchu księżyca. Babilończycy podzielił rok na 12 miesięcy, liczących na zmianę 29 lub 30 dni – **miesiąc księżycowy**. W sumie liczba dni babilońskiego roku księżycowego wynosiła tylko 354, podczas gdy pełny obieg Ziemi wokół Słońca jest dłuższy o ponad 11 dni. Ta niezgodność powodowała bardzo szybkie przesuwanie się pór roku w stosunku do miesięcy kalendarzowych. Babilończycy rozwiązali ten problem, dodając co kilka lat trzynasty miesiąc.

Z kolei w Egipcie powstał kalendarz oparty na cyklicznych zmianach pór roku, związanych z obiegiem Ziemi wokół Słońca – **kalendarz słoneczny**. Rok egipski dzielił się na trzy pory

roku, z których każda trwała cztery miesiące (niegdyś wyznaczały je wylewy Nilu, czas siewu oraz czas żniw). W sumie miał on więc 12 miesięcy po 30 dni oraz 5 dodatkowych dni.

Podobnie jak rok księżycowy, różnił się on długością od roku zwrotnikowego. Taki kalendarz obowiązywał też w Rzymie. W 46 r. p.n.e. Juliusz Cezar zdecydował się na reformę rachuby czasu. Zgodnie z nowym **kalendarzem juliańskim** rok trwał 365 dni, a co cztery lata następował rok przestępny, liczący 366 dni. Rok nadal był podzielony na 12 miesięcy liczących po 30 i 31 dni, jednak w roku przestępnym miesiąc luty, który w normalne lata miał 28 dni, był wydłużany do 29 dni. W 556 r. n.e. przyjęto datowanie od roku narodzin Chrystusa. Mimo tych wszystkich zabiegów nadal występowało przesunięcie pór roku w stosunku do kalendarza. W XVI wieku różnica ta wynosiła ok. 10 dni. Dlatego w 1582 r. papież Grzegorz XIII dokonał reformy kalendarza juliańskiego. Aby różnica była jak najmniejsza, zmieniono sposób wyliczania lat przestępnych. Odtąd lata przestępne to te, które są podzielne przez 4, ale nie są podzielne przez 100. Wyjątek stanowią lata podzielne przez 400. Te również są przestępne. Zgodnie z tą regułą rok 2000 był przestępny (bo 2000 jest podzielne przez 400), ale rok 2100 nie będzie rokiem przestępnym (2100 jest podzielne przez 100, ale nie jest podzielne przez 400). **Kalendarz gregoriański**, bo tak po reformie nazwano kalendarz juliański, ma charakter międzynarodowy i obowiązuje w większości krajów na świecie.



Słoneczny kalendarz Azteków dzielił rok na 18 miesięcy po 20 dni oraz 5 dni dodatkowych. W sumie rok składał się z 365 dni. Nazwy poszczególnych miesięcy wynikały m.in. z dominującej w danym momencie roku działalności rolniczej.

Czy wiesz, że...

Kiedy po przyjęciu chrześcijaństwa przez Słowian zaczął obowiązywać łaciński kalendarz juliański, Polacy i Czesi zastępowali łacinę rodzimiymi nazwami. Dlatego w polskim nazewnictwie miesiące funkcjonują nazwy nawiązujące do zjawisk przyrodniczych czy zajęć gospodarskich, np. luty – dawniej oznaczający 'srogi, mroźny'. Funkcjonują również do dnia dzisiejszego nazwy pochodzące z języka łacińskiego (marzec – od martius; poświęcony Marsowi).

Spojrzenie z bliska

Różne kalendarze

Poznanie prawidłowości dotyczących ruchu ciał niebieskich, np. Księżycy, pozwoliło na skonstruowanie na przełomie XVIII i XVII wieku p.n.e. najstarszego babilońskiego kalendarza. Ustalono wtedy 7-dniowy tydzień, 12-godzinne dzień i noc oraz trwającą 60 minut godzinę. Prekolumbijskie kultury Majów i Azteków w Ameryce oraz kultura egipska w Afryce posługiwały się kalendarzami słonecznymi. Obecnie w ogromnej większości państw świata obowiązuje kalendarz gregoriański, mierzący lata od roku narodzin Chrystusa, który przyjęto za rok „zerowy”. Jednak w niektórych społeczeństwach niechrześcijańskich nadal stosuje się inne kalendarze. W kalendarzu żydowskim na przykład rachuba lat rozpoczyna się od początku świata, który miał nastąpić 5768 lat temu. W kalendarzu hinduskim lata zaczyna się liczyć do roku 78 n.e. W kalendarzu chińskim rokiem „zero-wym” jest rok 2637 p.n.e., w którym cesarz Huang Di wprowadził nowy kalendarz. Rok 2012 był więc 4649. w kalendarzu chińskim. W krajach islamskich liczy się lata od roku 622 po narodzeniu Chrystusa, kiedy to nastąpiła ucieczka Mahometa z Mekki do Medyny. Kalendarz muzułmański wprowadził w 632 r. Mahomet.

Przez pewien czas funkcjonowały tzw. kalendarze rewolucyjne. Na przykład podczas rewolucji francuskiej wprowadzono kalendarz dzielący miesiąc na 3 dekady (po 10 dni). Zniesiono niedzielę, a w miejsce świąt kościelnych wprowadzono święta państwowe. Kalendarz ten obowiązywał 12 lat. Zlikwidował go w roku 1805 Napoleon Bonaparte.

Rodzaj kalendarza	Oznaczenie roku według poszczególnych kalendarzy
kalendarz gregoriański	2012
kalendarz hinduski	1934
kalendarz chiński	4649
kalendarz żydowski	5772
kalendarz muzułmański	1433



Zadania

1. Wyjaśnij, dlaczego czas słoneczny nie znalazł powszechnego zastosowania.
2. Oblicz, o jaki kąt obraca się Ziemia w czasie trwania jednej lekcji.
3. Podaj, którą godzinę wskazują zegarki w Tokio, kiedy w Londynie jest godzina 15.00.
4. Wytłumacz, w jaki sposób należałoby przekroczyć linię zmiany daty, aby w ciągu jednej doby dwukrotnie witać Nowy Rok.
5. Określ, który najbliższy rok będzie przestępny.

Interakcje

Oddziaływanie ciał niebieskich oraz wpływ ruchów Ziemi na jej sfery

Wpływ na litosferę

- Ziemia ukształtowała się z krążącego wokół Słońca obłoku materii. Dzięki sile swojej grawitacji przybrała kulisty (w przybliżeniu) kształt, a warstwy materii w jej wnętrzu ułożyły się koncentrycznie.
- Pierwiastki budujące poszczególne warstwy ułożyły się od najcięższych, znajdujących się najbardziej w centrum kuli ziemskiej, do najlżejszych – budujących jej zewnętrzne warstwy.
- Efektem działania siły odśrodkowej Ziemi obracającej się wokół własnej osi, jest jej spłaszczenie biegunowe.
- Upadające na Ziemię meteoryty zmieniają wygląd powierzchni terenu – tworzą kraterę meteorytową.
- Ruchy obrotowy i obiegowy Ziemi wpływają na ilość docierającej do niej energii słonecznej. Od energii słonecznej zależą czynniki atmosferyczne niszczące skały.

Wpływ na atmosferę

- Siła grawitacji Ziemi utrzymuje atmosferę, która krąży wraz z Ziemią wokół Słońca.
- Kształt Ziemi, jej ruchy oraz nachylenie osi ziemskiej do płaszczyzny orbity wpływają na ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi. Konsekwencją jest strefowość temperatury powietrza i ciśnienia atmosferycznego.
- Ruch obrotowy powoduje dobowy rytm zmian w nagrzewaniu Ziemi, w konsekwencji wpływając na ruch powietrza w najniższej warstwie atmosfery.
- Nachylenie osi Ziemi oraz ruch obiegowy dookoła Słońca zmieniają oświetlenie i nagrzanie Ziemi w rytmie rocznym, powodując sezonowość zmian zachodzących w atmosferze.
- W wyniku ruchu wirowego najniższa warstwa atmosfery ulega znacznemu spłaszczeniu biegunowemu.
- Następstwem ruchu obrotowego Ziemi jest działanie siły Coriolisa. Siła ta powoduje odchylenie kierunków przemieszczających się mas powietrza i wiatrów. Zmienia kierunek ruchu na półkuli północnej w prawo, a na półkuli południowej – w lewo.

Wpływ na hydrosferę

- Siła grawitacji Ziemi utrzymuje hydrosferę, która krąży wraz z Ziemią wokół Słońca.
- Słońce dostarcza energię ciepłą, która wraz z siłą grawitacji powodują nieustanną cyrkulację wody (m.in. parowanie i opad).
- Kształt Ziemi, jej ruchy oraz nachylenie osi ziemskiej do płaszczyzny orbity wpływają na ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi. Konsekwencją jest różnorodna temperatura powierzchniowej warstwy wody.
- Siły grawitacji Księżyca i Słońca wpływają na zmiany poziomu wód morskich (pływy).

Wpływ na biosferę i pedosferę

- Ruch obiegowy Ziemi oraz nachylenie osi Ziemi do płaszczyzny orbity wpływają na zróżnicowanie strefowe biosfery i pedosfery.
- Energia słoneczna jest niezbędna do życia większości organizmów. Dzięki niej zachodzi np. proces fotosyntezy.
- Nadmiar promieniowania ultrafioletowego zagraża życiu organizmów.
- Ruchy wód morskich powstałe pod wpływem siły grawitacji Słońca i Księżyca (pływy) warunkują powstanie charakterystycznej roślinności przystosowanej do częstych zmian poziomu wody.

Zamiast repetytorium

- **Teoria Wielkiego Wybuchu** (ang. *Big Bang Theory*) zakłada, że około 13,7 mld lat temu rozpoczęła się ewolucja wszechświata – zaczął się on rozszerzać. W miarę postępu tego procesu zmniejszała się gęstość i temperatura tworzącej wszechświat materii, co doprowadziło w krótkim czasie do powstania wielu galaktyk.
- Wszechświat jest zbudowany z **materii, która emituje światło**, oraz takiej, która go nie emituje – tzw. **ciemnej materii**.
- Skupiskami materii emitującej światło są **galaktyki**, uważane też za podstawowe jednostki organizacji materii we wszechświecie.
- Pierwsze galaktyki, zbudowane z wodoru i helu, powstały kilkaset milionów lat po Wielkim Wybuchu.
- Galaktyki oddalają się od siebie z prędkością określoną przez **prawo Hubble'a**.
- **Prawo Hubble'a** – prędkość oddalania się galaktyk jest wprost proporcjonalna do występującej między nimi odległości.
- Wyróżnia się galaktyki eliptyczne, spiralne i nieregularne.
- **Jednostka astronomiczna AU** (ang. *Astronomical Unit*) – średnia odległość Ziemi od Słońca, czyli 149 597 870 km. AU to miara używana w odniesieniu do Układu Słonecznego.
- **Rok świetlny** – odległość przebyta przez światło w próżni w ciągu jednego roku. Jest to jednostka większa od AU – jeden rok świetlny odpowiada 63 239 AU.
- **Parsek (pc)** – największa z omawianych jednostek miary. Jeden parsek jest odległością równą 3,26 lat świetlnych i 206 265 AU.
- **Gwiazdy** to kuliste ciała niebieskie zbudowane z gazów, głównie wodoru i helu. W ich wnętrzu zachodzą reakcje termojądrowe, których efektem jest wysoka temperatura utrzymująca się na powierzchni tych ciał oraz emitowanie światła.
- **Słońce**, należące do gwiazd o średniej wielkości, stanowi aż 99,87% masy Układu Słonecznego. Pozostała masa to związane grawitacyjnie ze Słońcem ciała niebieskie oraz materia pyłowo-gazowa wypełniająca przestrzeń międzyplanetarną.
- **Układ Słoneczny** powstał ok. 4,6 mld lat temu z obłoku materii międzygwiazdowej, złożonego głównie z atomów wodoru, helu i niewielkiej ilości atomów cięższych pierwiastków.
- **Planeta** to ciało niebieskie wykazujące się następującymi cechami: krąży wokół Słońca; ma wystarczającą masę, aby dzięki sile grawitacji osiągnąć kształt kulisty (lub prawie kulisty); oczyściło sąsiedztwo swojej orbity z innych obiektów oraz nie świeci światłem własnym, lecz jak lustro odbija światło słoneczne.
- **Księżyc** (satelita naturalny) to ciało niebieskie krążące wokół niektórych planet.
- Obiekty krążące wokół Słońca są podzielone na trzy grupy: **planety**, **planety karłowate** i inne małe ciała Układu Słonecznego, np. **planetoidy**. Planety można podzielić ze względu na budowę. Wyróżnia się wtedy cztery **planety grupy ziemskiej**, podobne w budowie do Ziemi, oraz cztery **planety olbrzymy**, o zdecydowanie większej objętości niż planety grupy ziemskiej. Niekiedy można spotkać się z nazwą **gazowe** lub **lodowe olbrzymy**, w zależności od substancji budującej planety.
- **Planetoidy** obiegają Słońce po prawie kołowych orbitach w dwóch obszarach: pasie głównym planetoid, który znajduje się między orbitami Marsa i Jowisza, oraz w pasie zewnętrznym planetoid, zwanym **pasem Kuipera**, który znajduje się poza orbitą Neptuna.
- **Kometa** to małe ciało niebieskie zbudowane z lodu wodnego, zamrożonych gazów oraz okruchów skalnych. Jej główną część stanowi jądro. Gdy kometa zbliża się do Słońca, dochodzi do parowania lodu i powstaje charakterystyczny warkocz komety.
- Ziemia porusza się. **Obiega Słońce, wiruje wokół własnej osi** oraz **wykonuje ruch precesyjny**, czyli niewielkie wahania osi ziemskiej.
- Ziemia obiega Słońce po **orbicie w kształcie elipsy**. Punkt orbity, w którym odległość Ziemi od Słońca jest najmniejsza (147 mln km) nosi nazwę **peryhelium**. Natomiast punkt, w którym odległość Ziemi od Słońca jest największa (152 mln km) to **aphelium**.

- Czas pełnego obiegu Ziemi wokół Słońca wynosi **rok** (365 dni 5 godzin 48 minut i 46 sekund).
- Płaszczyzna wyznaczona przez orbitę ziemską nazywana jest **ekliptyką**. Oś ziemską jest ustawiona względem ekliptyki pod stałym kątem $66^{\circ}34'$, dlatego też płaszczyzna równika nie pokrywa się z płaszczyzną orbity ziemskiej, lecz tworzy z nią kąt $23^{\circ}26'$.
- **Następstwa ruchu obiegowego** to: zmiana kąta padania promieni słonecznych na powierzchnię Ziemi w ciągu roku; występowanie astronomicznych pór roku: wiosny, lata, jesieni i zimy; zmiana miejsca wschodu i zachodu Słońca na widnokręgu; zmiana drogi widomej wędrówki Słońca nad widnokresem; zmienna długość dnia i nocy.
- Dni rozpoczynające pory roku:
 - Przesilenie letnie (22 VI)**
Promienie słoneczne padają prostopadle na zwrotnik Raka. Na półkuli północnej dzień trwa wtedy najdłużej, a noc – najkrócej w roku. Rozpoczyna się tam lato. Natomiast na półkuli południowej 22 czerwca jest pierwszym dniem zimy.
 - Równonoc wiosenna (21 III)**
Słońce góruje w zenicie na równiku. Na półkuli północnej rozpoczyna się wiosna, a na półkuli południowej – jesień. W okolicach bieguna północnego rozpoczyna się dzień polarny, a w okolicach bieguna południowego – noc polarna.
 - Równonoc jesienna (23 IX)**
Słońce ponownie góruje w zenicie na równiku. W tym dniu na całej kuli ziemskiej dzień i noc trwają po 12 godzin. Na półkuli południowej rozpoczyna się wiosna, natomiast na półkuli północnej – jesień.
 - Przesilenie zimowe (22 XII)**
Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Koziorożca. Na półkuli północnej dzień trwa wówczas najkrócej, a noc – najdłużej. Rozpoczyna się tam zima, natomiast na półkuli południowej – lato.
- Ze względu na zmienne oświetlenie naszego globu w ciągu roku wyróżnia się **pięć stref oświetlenia Ziemi**: jedną strefę międzyzwrotnikową, dwie strefy umiarkowane i dwie strefy podbiegunowe.
- **Zaćmienie Słońca** ma miejsce wówczas, gdy Księżyc znajdzie się pomiędzy Ziemią a Słońcem. Zatem zjawisko to jest powodowane cieniem rzucanym przez Księżyc na naszą planetę.
- **Zaćmienie Księżyca** następuje wtedy, gdy Ziemia przysłoni promienie słoneczne oświetlające Księżyc.
- Rzeczywisty czas pełnego obrotu Ziemi wynosi 23 godziny 56 minut i 4 sekundy, czyli **dobę gwiazdową**.
- Wszystkie punkty na powierzchni Ziemi, poruszając się razem z nią, obracają się o 360° w czasie 24 godzin. Zatem w ciągu godziny następuje obrót o 15° . Prędkość ta, nazywana **prędkością kątową**, jest dla każdego punktu stała.
- Punkty na powierzchni Ziemi mają również **prędkość liniową**, która jest zmienna i zależy od szerokości geograficznej.
- Następstwa ruchu obrotowego to: pozorny ruch Słońca i innych ciał niebieskich po sklepieniu niebieskim, występowanie dnia i nocy, spłaszczenie Ziemi przy biegunach oraz siła Coriolisa.
- **Siła Coriolisa** jest związana z różnicami prędkości liniowych między punktami położonymi na powierzchni Ziemi w różnych szerokościach geograficznych. Ciała przemieszczające się wzdłuż południków na półkuli północnej zostaną odchyłone w prawo, a na półkuli południowej ulegną odchyleniu w lewo. Odchyleniu nie ulegają jedynie ciała nieruchome lub przemieszczające się wzdłuż równoleżników.
- Czas oparty na pozornym ruchu Słońca nazywamy **czasem słonecznym** lub czasem miejscowym. Ustala się go dla danej miejscowości na podstawie wysokości Słońca nad widnokresem.
- **Czas uniwersalny koordynowany UTC** (*Universal Time Clock*) jest uznawany na całym świecie za podstawę rachuby czasu w ciągu doby. Liczy się go według czasu słonecznego dla południka 0° przechodzącego przez Królewskie Obserwatorium Astronomiczne w Greenwich (Londyn).
- **Czas strefowy** oblicza się na podstawie umownego podziału kuli ziemskiej na 24 strefy czasowe. W każdej z nich obowiązuje inny czas, ustalany na podstawie czasu UTC.
- **Czas urzędowy** wprowadza się dla niektórych regionów lub państw.
- **Umowną granicę zmiany daty** wyznacza południk 180° .

Test maturalny

1 Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

Galaktyki zwane Obłokami Magellana można obserwować na niebie z miejsc położonych w

- a) Europie i Afryce.
- b) Europie i Azji.
- c) Ameryce Północnej i Ameryce Południowej.
- d) Afryce i Ameryce Południowej.

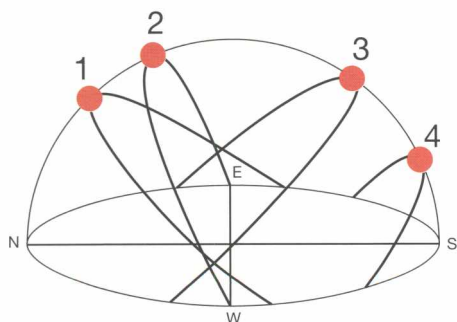
2 Podkreśl podpunkt, w którym podano prawidłową nazwę materiału będącego przeważającym budulcem Układu Słonecznego. (1 p.)

- a) ciecz.
- b) gaz.
- c) plazma.
- d) ciało stałe.

3 Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

Dzienną drogę Słońca w dniu 22 grudnia nad miejscowością położoną na południe od zwrotnika Koziorożca oznaczono numerami

- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.



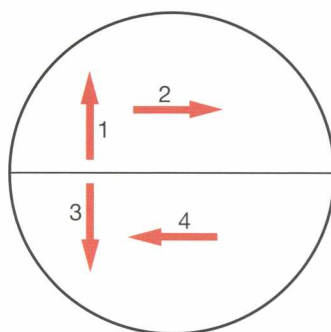
5 Podkreśl współrzędne miejsca, w którym wysokość górowania Słońca jest 21 czerwca większa niż w Warszawie (52°N , 21°E). (1 p.)

- a) 40°N , 70°E .
- b) 40°S , 20°E .
- c) 60°N , 130°E .
- d) 60°S , 50°E .

6 Na ilustracji zaznaczono drogi, po których poruszałby się w ruchu swobodnym przedmioty przy założeniu, że Ziemia nie wykonuje ruchu obrotowego. Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

Dzięki sile Coriolisa w prawo odchylił się swobodnie poruszający się przedmiot, którego drogę oznaczono numerem

- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.



7 Podkreśl prawidłowe stwierdzenia. (2 p.)

Za twórcę teorii mówiącej, że inne ciała niebieskie krążą wokół Ziemi, uważa się **Arystotelesa / Ptolemeusza**. Teoria ta nazywa się **teorią geocentryczną / teorią Wielkiego Wybuchu**.

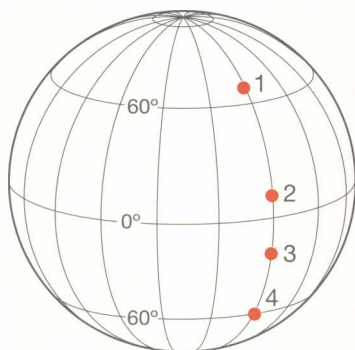
4 Uzupełnij tabelę, wpisując nazwy odpowiednich pór roku. (3 p.)

Miejsce	Dzień roku	Pora roku	
		astronomiczna	kalendarzowa
Warszawa	1 lipca		
Sydney (Australia)	1 stycznia		
Biegun północny	1 października		

- 8** Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

21 czerwca Słońce zachodzi najwcześniej w miejscu oznaczonym numerem

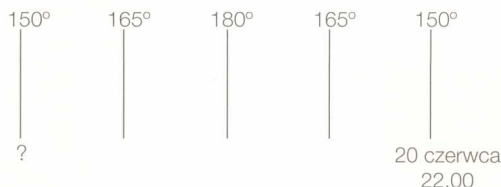
- a) 1. b) 2. c) 3. d) 4.



- 9** Podkreśl dwa następstwa ruchu obrotowego Ziemi. (2 p.)

- a) Występowanie stref klimatycznych.
b) Występowanie pięter roślinnych w górach.
c) Występowanie przyływów i odpływów w oceanach.
d) Spłaszczenie Ziemi przy biegunach.
e) Występowanie dobowego rytmu oświetlenia.
f) Ruch płyt litosfery.

- 10** Podaj dzień i godzinę na południku 150°E. (2 p.)



- 11** Wyjaśnij, dlaczego z Ziemi można obserwować tylko jedną stronę Księżyca. (1 p.)

- 12** Oblicz szerokość geograficzną miejscowości, w której 22 grudnia Słońce góruje po północnej stronie nieba na wysokości 40°. (2 p.)

- 13** Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

W kalendarzu gregoriańskim od 1582 r. do dzisiaj dzień 29 lutego pojawił się w latach:

- a) 1600 i 2000.
b) 1700 i 1900.
c) 1600, 1800 i 2000.
d) 1700, 1800 i 1900.

- 14** Do podanych niżej pojęć związanych z określaniem czasu na kuli ziemskiej dopasuj odpowiednie definicje. (3 p.)

- A. doba cywilna
B. czas miejscowy
C. czas strefowy
D. czas uniwersalny
E. czas urzędowy
F. doba słoneczna

1. czas danego południka
2. czas dostosowany do przebiegu granic administracyjnych, wprowadzony przez władze państwa
3. czas mierzony kolejnymi górowaniami Słońca
4. czas przesunięty o 12 godzin w stosunku do górowania Słońca
5. czas rozciągający się południkowo między biegunami na obszarze o szerokości 15° długości geograficznej
6. czas południka zerowego

A – ..., B – ..., C – ..., D – ..., E – ..., F – ...

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

To było na maturze!

Zadanie 1. (1 pkt)

Źródło: CKE 2006 (PR), zad. 28.

Do podanych niżej miejscowości dobierz odpowiadającą im godzinę czasu słonecznego wiedząc, że w Warszawie ($52^{\circ}15' \text{ N}$, 21° E) jest godzina 10^{00} czasu słonecznego.

1. Madryt (3°W , 40°N)	A. 18^{48}
2. Brisbane (153°E , 27°S)	B. 8^{24}
	C. 2^{00}
	D. 10^{00}

1.

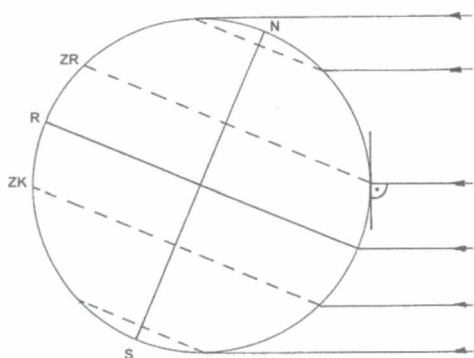
2.

Zadanie 2. (3 pkt)

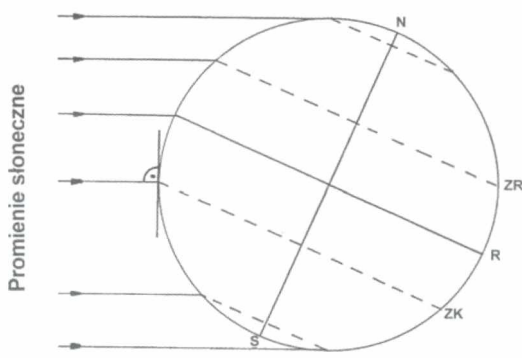
Źródło: CKE 2006 (PR), zad. 35.

Rysunki przedstawiają oświetlenie Ziemi w pierwsze dni wybranych astronomicznych pór roku.

Rys. 1



Rys. 2



a) Wpisz w wy kropkowanych miejscach pod rysunkiem właściwe daty, dobierając je z podanych.

21 III, 22 VI, 23 IX, 22 XII

b) Zakreszuj ukośnymi liniami:

- na rysunku nr 1. obszar występowania nocy,
- na rysunku nr 2. obszar występowania nocy polarnej.

Zadanie 3. (2 pkt)

Źródło: CKE 2006 (PR), zad. 36.

Oblicz szerokość geograficzną miejscowości położonej na równoleżniku, na którym w dniu przesilenia letniego Słońce góruje po południowej stronie nieba na wysokości $77^{\circ}27'$.

Miejsce na obliczenia:

Szerokość geograficzna miejscowości

Zadanie 4. (2 pkt)

Źródło: CKE 2006 (PR), zad. 11.

Przyporządkuj daty do odpowiadających im określeń długości dnia.

Daty: 21 marca, 23 lipca, 23 września, 19 stycznia.

- a) W Nowym Jorku i Londynie dzień jest równy nocy i
- b) W Gdańsku dzień jest dłuższy niż w Atenach
- c) W Warszawie dzień jest krótszy niż w Kairze

Zadanie 5. (1 pkt)

Źródło: CKE 2007 (PR), zad. 10.

Wybierasz się latem na wycieczkę samolotem do Grecji. Zamieszkasz w miejscowości Rodos ($36^{\circ}29'N$, $28^{\circ}13'E$). Samolot startuje z lotniska w Warszawie ($52^{\circ}15'N$, $21^{\circ}00'E$) o godzinie 13^{20} czasu urzędowego, a lot trwa 2 godziny i 30 minut. W Grecji, w okresie lata, obowiązuje czas urzędowy równy czasowi uniwersalnemu plus 3 godziny (UT+3).

Zaznacz godzinę, o której według czasu urzędowego Grecji samolot wylądaje w Rodos.

- A. 15^{20}
- B. 15^{50}
- C. 16^{20}
- D. 16^{50}

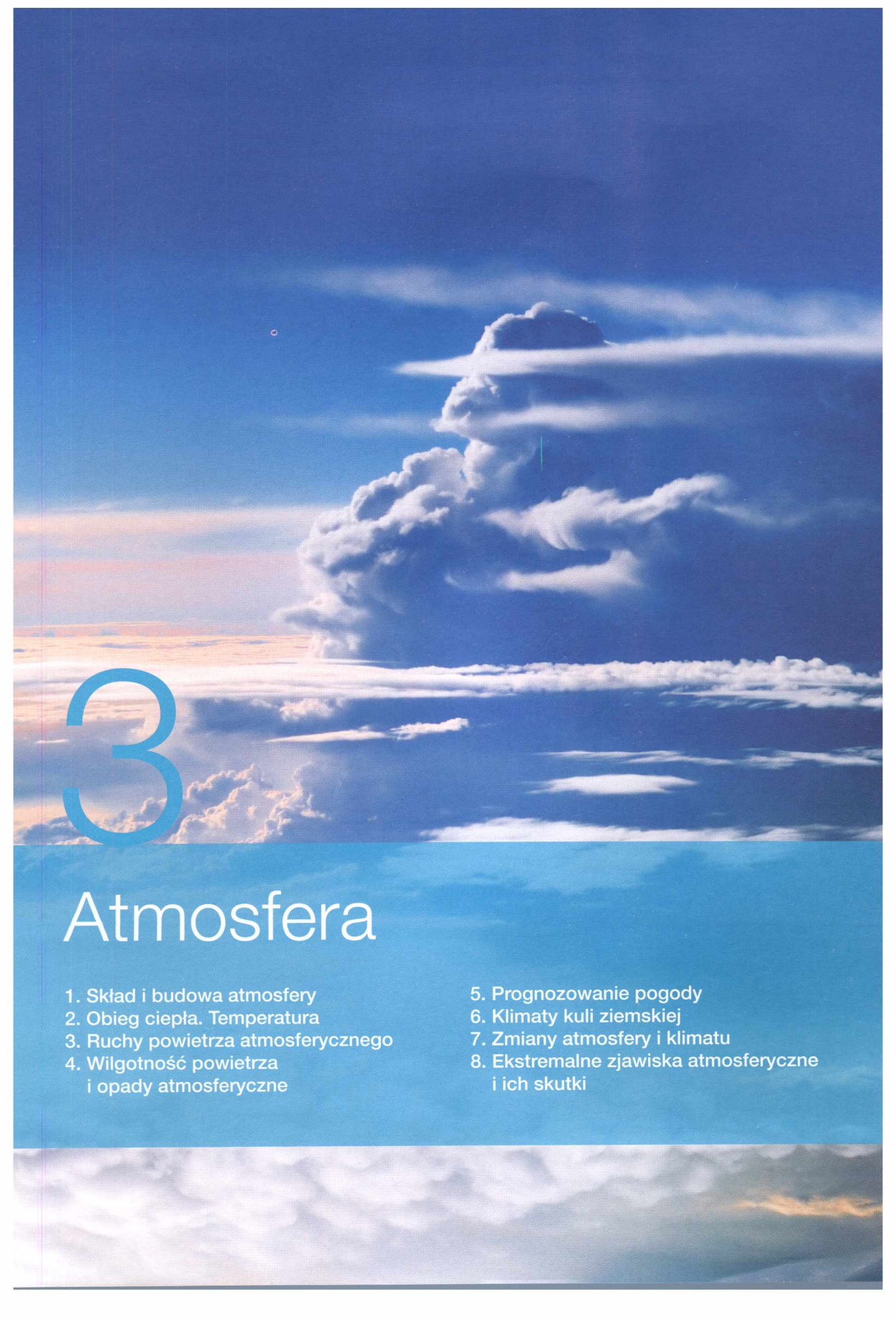
Zadanie 6. (1 pkt)

Źródło: CKE 2009 (PR), zad. 10.

Podkreśl poprawne zakończenie zdania.

Położenie Ziemi w pozycjach peryhelium i aphelium wynika z

- A. niejednostajnego ruchu obiegowego Ziemi.
- B. eliptycznego kształtu orbity ziemskiej.
- C. spłaszczenia biegunowego Ziemi.
- D. ruchów precesyjnych osi ziemskiej.



3

Atmosfera

1. Skład i budowa atmosfery
2. Obieg ciepła. Temperatura
3. Ruchy powietrza atmosferycznego
4. Wilgotność powietrza i opady atmosferyczne
5. Prognozowanie pogody
6. Klimaty kuli ziemskiej
7. Zmiany atmosfery i klimatu
8. Ekstremalne zjawiska atmosferyczne i ich skutki

1

Skład i budowa atmosfery

W atmosferze ziemskiej przebywamy przez całe życie – jest to dla nas tak naturalne, że na co dzień nie zastanawiamy się nad tym faktem. Jednak rola atmosfery w stworzeniu odpowiednich warunków na naszej planecie była i wciąż jest ogromna. To właśnie atmosfera umożliwiła powstanie życia na Ziemi. Ona także chroni nas przed szkodliwym promieniowaniem docierającym do Ziemi z kosmosu.

■ Kształtowanie się atmosfery

Atmosfera to powłoka Ziemi stanowiąca **mieszanie gazów zwaną powietrzem**. Powstała w początkowej fazie formowania się naszej planety z gazów uwalnianych podczas wybuchów wulkanów oraz stygnięcia roztopionej materii skalnej. Pierwotnie atmosfera była bogata m.in. w wodór, tlenek węgla i tlenek węgla(IV) oraz metan. Tlen pojawił się w niej dzięki procesom fotodysocjacji, a następnie – fotosyntezy. Przeprowadzały ją zasiedlające oceany bakterie beztlenowe, sinice i glony. Naciek tleny z oceanów gromadził się w atmosferze, gdzie przy udziale promieni słonecznych przekształcał się w trójatomową odmianę (O_3) – ozon. Pochłaniał on szkodliwe promieniowanie ultrafioletowe, dzięki któremu powstał. Wraz ze wzrostem zawartości tlenu w powietrzu malały ilości innych pierwiastków tworzących atmosferę. Z upływem czasu zaczął ustalać się jej obecny skład.



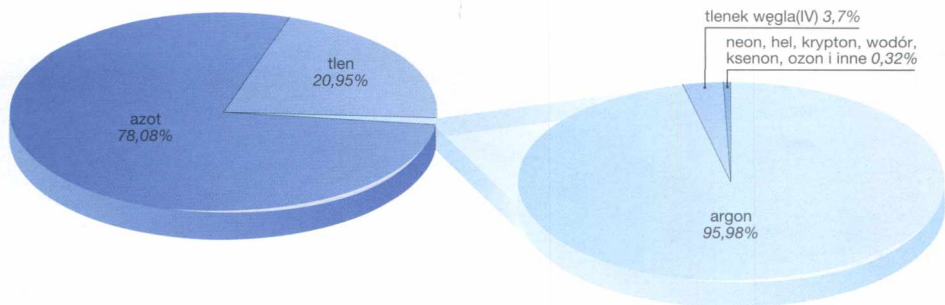
Wulkany, jak np. indonezyjski Krakatau, są jednym z ważniejszych źródeł aerozoli atmosferycznych. Wyrzucane przez nie cząstki stałe w postaci dymów, sadz itp. oraz znaczne ilości gazów (np. CO_2) należą do naturalnych źródeł zanieczyszczenia.

■ Skład powietrza atmosferycznego

W powietrzu atmosferycznym występują:

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

Składniki stałe to głównie azot, tlen i argon oraz w śladowych ilościach neon, hel, krypton i wodór. Są to gazy, których stężenie do wysokości ok. 100 km nad powierzchnią Ziemi nie zmienia się, co świadczy o dość intensywnym mieszaniu się powietrza w tej strefie.



Skład chemiczny atmosfery.

Do **zmiennych składników** atmosfery, czyli ulegających zmianom stężenia w czasie i przestrzeni, należą m.in. para wodna, tlenek węgla(IV) oraz ozon. Na ich zawartość w atmosferze mają wpływ procesy naturalne i antropogeniczne. Największym wahaniom stężenia podlega para wodna. Jej ilość w powietrzu jest zmienna – od 0% nad obszarami okołobiegunowymi do 4% nad ciepłymi morzami. Znacznym zmianom ulega też zawartość tlenu węgla(IV) w powietrzu.

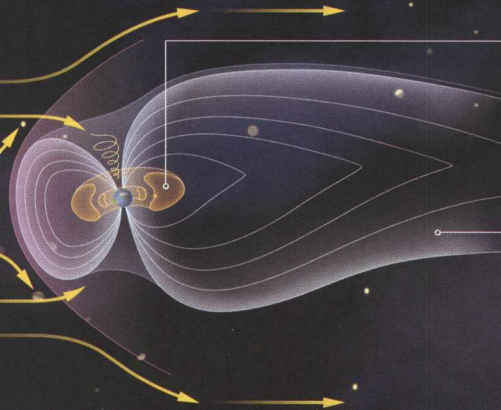
Na przykład w warstwach przyziemnych ilość tego gazu może w skrajnych przypadkach czterokrotnie przewyższać jego średnią zawartość w powietrzu.

Atmosfera ziemiska oprócz mieszaniny gazów zawiera również **aerozole atmosferyczne**, czyli substancje ciekłe oraz stałe będące domieszkami powietrza atmosferycznego. Są to: pyłki roślin, bakterie, popioły, kryształki soli morskiej, sadza itp.

Pole magnetyczne Ziemi

Ziemia jest otoczona przez ogromne pole magnetyczne, którego źródłem są ruchy płynnej materii budującej jądro Ziemi oraz ruchy wykonywane przez całą naszą planetę. Pole magnetyczne występuje w obszarze zwanym **magnetosferą**. Asymetryczny kształt tego obszaru jest skutkiem oddziaływania wiatru słonecznego, który spłaszcza magnetosferę od strony Słońca, a rozciąga ją w kierunku przeciwnym. Magnetosfera chroni życie na Ziemi przed szkodliwymi cząstkami wiatru słonecznego – większość z nich jest odchylana przez pole magnetyczne i nie dociera do naszej planety.

Wiatr słoneczny to strumień silnie naładowanych elektrycznie cząstek, emitowany przez Słońce w przestrzeń międzyplanetarną. Jego prędkość w okolicach Ziemi waha się w granicach 300–800 km/s.



Pasy Van Allena stanowią strefy pułapek magnetycznych, które zatrzymują cząstki wiatru słonecznego.

Zasięg magnetosfery szacuje się na ok. 60 tys. km licząc od środka Ziemi w kierunku Słońca. Po przeciwnej stronie obejmuje on miliony kilometrów.

Zorza polarna

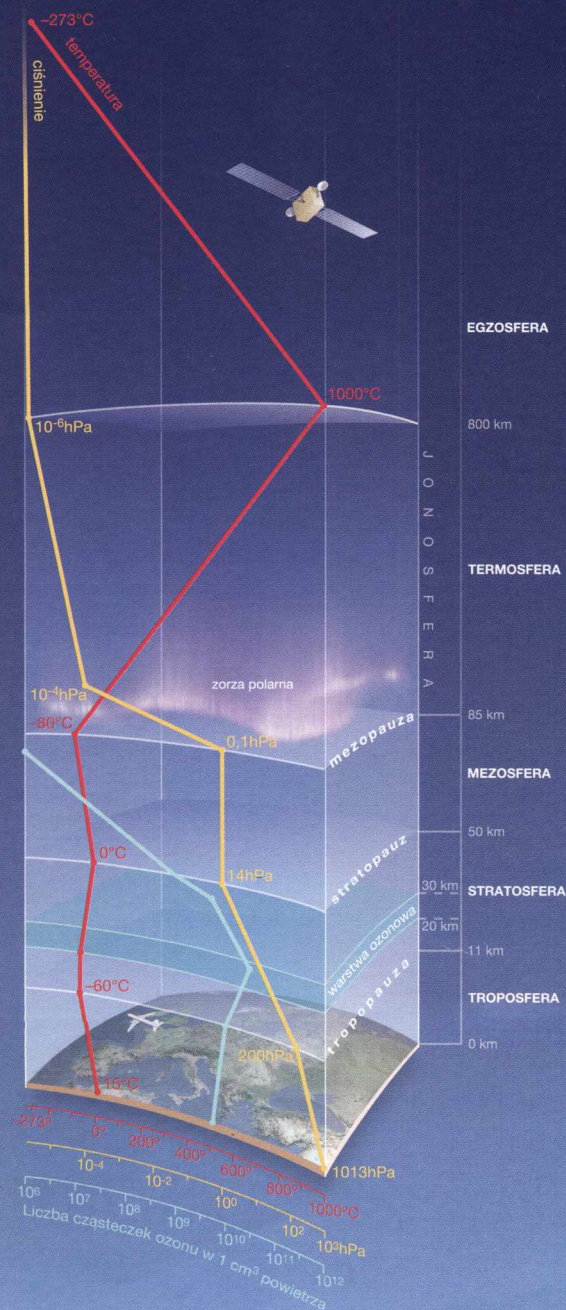
Część naładowanych cząstek wiatru słonecznego nie zostaje zatrzymana w magnetosferze i dociera do górnych warstw atmosfery. Tu zderzają się one z atomami i cząsteczkami tlenu oraz azotu, które pochłaniają energię, a następnie uwalniają ją w postaci światła. W ten sposób powstaje zorza polarna – zjawisko świetlne widoczne jako świecenie się górnych warstw atmosfery. Obserwuje się je głównie w okresie zimowym.



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

Budowa atmosfery

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



Troposfera

- otacza bezpośrednio powierzchnię Ziemi i podlega silnemu oddziaływaniu jej podłoża,
- sięga do wysokości 6–8 km na obszarach okołobiegunowych i do ok. 18 km w strefie międzyzwrotnikowej. Powodem tego zróżnicowania jest m.in. silniejsze nagrzewanie się powierzchni na obszarach międzyzwrotnikowych, wskutek czego ciepłe powietrze przemieszcza się wysoko do góry,
- skupia około 80% masy atmosfery oraz prawie całą zawartość pary wodnej,
- zachodzą w niej wszystkie podstawowe procesy kształtujące pogodę i klimat: powstają chmury, tworzą się opady atmosferyczne, odbywa się krążenie wody,
- charakteryzuje się spadkiem temperatury powietrza (ok. $0,6^{\circ}\text{C}$ na 100 m) i ciśnienia atmosferycznego (ok. 11,5 hPa na 100 m) wraz ze wzrostem wysokości,
- przy górnej granicy troposfery temperatura nad równikiem wynosi ok. -70°C w ciągu całego roku, a nad biegunami waha się od ok. -45°C latem do ok. -70°C zimą.

Tropopauza

- leży ponad górną granicą troposfery; jej miąższość to 1–2 km,
- jest izotermiczna w całej miąższości, co oznacza, że charakteryzuje się stałą temperaturą, wynoszącą średnio ok. -60°C .

Stratosfera

- sięga do wysokości ok. 50–55 km,
- na wysokości 15–50 km rozciąga się ozonosfera (warstwa ozonowa), pochłaniająca docierające ze Słońca promieniowanie ultrafioletowe, które jest bardzo szkodliwe dla organizmów żyjących na Ziemi. W reakcjach powstawania ozonu wyzwala się ciepło, powodując wzrost temperatury w górnej warstwie stratosfery do ok. 0°C . Największe stężenie ozonu występuje na wysokości 20–30 km,

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

Stratopauza

- warstwa przejściowa między stratosferą a mezosferą,
- charakteryzuje się stałą temperaturą w całej warstwie, oscylującą ok. 0°C.

Mezosfera

- sięga do wysokości ok. 85 km,
- charakteryzuje się spadkiem temperatury wraz z wysokością, co sprzyja intensywnemu mieszanii się powietrza,
- na górnej granicy mezosfery temperatura obniża się nawet do ok. -80°C.

Mezopauza

- cienka izotermiczna warstwa atmosfery ziemskiej między mezosferą a termosferą,
- temperatura wynosi tutaj ok. -80°C, a ciśnienie ok. 0,1 hPa.

Termosfera

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

Egzosfera

- najwyżej położona warstwa atmosfery ziemskiej, przechodząca w przestrzeń kosmiczną na wysokości ok. 1500 km (meteorologiczna granica atmosfery),
- charakteryzuje się znacznie rozrzedzonym powietrzem,
- temperatura powietrza obniża się w niej do ok. -273°C.

Znaczenie atmosfery

Atmosfera jest najważniejszą **powłoką ochronną Ziemi**. Zabezpiecza naszą planetę przed szkodliwym promieniowaniem kosmicznym, czyli strumieniem protonów, elektronów i cięższych jąder atomowych, którego źródłem są m.in. wybuchy na Słońcu oraz eksplozje supernowych. Atmosfera chroni nas przed meteoroidami, które, docierając do jej górnych warstw, w zdecydowanej większości ulegają spaleniowi, oraz przed nadmiernym wypromieniowaniem ciepła z powierzchni Ziemi w przestrzeń kosmiczną. Bez atmosfery, a zwłaszcza bez występującego w niej tlenu, życie na naszej planecie nie byłoby możliwe.

Czy wiesz, że...

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

Atmosfera ziemska, poza utrzymywaniem warunków niezbędnych do życia na Ziemi, takich jak zatrzymywanie ciepła, obecność tlenu i udział w obiegu wody, ma również silny wpływ na ukształtowanie krajobrazu. Zawartość niektórych gazów, np. tlenku węgla(IV), **wpływa silnie na intensywność procesów krasowych**. Natomiast tlenki azotu i siarki mają wpływ na procesy wietrzenia oraz glebotwórcze.

Zadania

1. Wyjaśnij znaczenie atmosfery dla życia ludzi na Ziemi.
2. Omów skład powietrza atmosferycznego.
3. Wyjaśnij znaczenie terminu *magnetosfera*.
4. Omów zmiany temperatury powietrza w profilu pionowym atmosfery.
5. Korzystając z dostępnych źródeł, podaj przykłady oddziaływania promieniowania kosmicznego na środowisko geograficzne Ziemi.

2

Obieg ciepła. Temperatura

Głównym źródłem energii cieplnej na Ziemi jest promieniowanie słoneczne. Tylko nieznaczna ilość ciepła pochodzi z wnętrza naszej planety. Powoduje to, że wszystkie istoty żyjące na Ziemi są uzależnione od Słońca. Brak ciepła i światła słonecznego przyczyniają się do powstawania pustyń lodowych, pozbawionych zwierząt i roślinności. Mogą również prowadzić do występowania ciężkich chorób, takich jak depresja.

■ Promieniowanie bezpośrednie i rozproszone

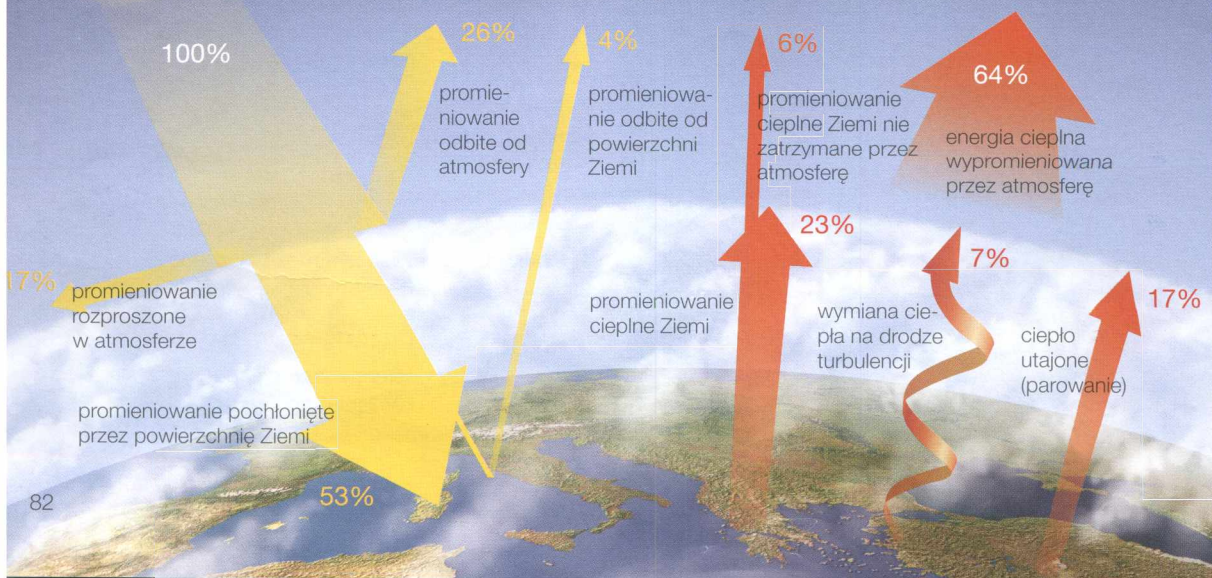
Do powierzchni kuli ziemskiej dociera **promieniowanie bezpośrednie** oraz **promieniowanie rozproszone**. Ilość promieniowania bezpośredniego zależy m.in. od:

- ▶ kąta padania promieni słonecznych,
- ▶ długości dnia,
- ▶ wysokości bezwzględnej,
- ▶ ekspozycji i nachylenia stoków,
- ▶ pokrycia terenu,
- ▶ zawartości pary wodnej i aerozoli w powietrzu.

W pochmurne dni do powierzchni Ziemi dociera jedynie promieniowanie rozproszone. Efektem tego rozproszenia, dającym się zaobserwować w bezchmurne dni, jest błękitna barwa nieba. Suma promieniowania bezpośredniego oraz rozproszonego nosi nazwę **promieniowania całkowitego**. Natomiast stosunek promieniowania odbitego do promieniowania docierającego do określonej powierzchni nazywa się **albedo**.

Bilans promieniowania

Najważniejszym rodzajem promieniowania słonecznego jest promieniowanie krótkofalowe. Ulega ono w atmosferze rozproszeniu, pochłonięciu oraz odbiciu przez krople wody (chmury) i inne obecne tam cząsteczki, a także ozon, parę wodną i CO₂. W konsekwencji do powierzchni Ziemi dochodzi nieco ponad połowa promieniowania docierającego do górnych warstw atmosfery. Następnie promieniowanie to pochłaniają powierzchnie lądów i mórz, które, ogrzewając się, stają się wtórnym źródłem promieniowania, nazywanego promieniowaniem długofalowym (cieplnym). Powoduje ono wzrost temperatury dolnych warstw troposfery. Tym samym dopływ promieniowania krótkofalowego równoważy emisja promieniowania długofalowego. Oznacza to, że Ziemia znajduje się w stanie równowagi cieplnej.



Wymiana ciepła

Wymiana ciepła między podłożem a atmosferą lub między masami powietrza w atmosferze odbywa się w trakcie kilku procesów. Najważniejszymi z nich są:

- ▶ **turbulencja** – nieuporządkowany ruch powietrza, wywołany np. nierównomiernym nagrzewaniem się podłoża;
- ▶ **konwekcja** – uporządkowane pionowe ruchy powietrza; dzięki nim ciepło jest przenoszone na duże wysokości;
- ▶ **adwekcja** – poziomy ruch mas powietrza o różnej temperaturze;
- ▶ **procesy adiabatyczne** – polegają na ochładzaniu się masy powietrza na skutek jej wzniesienia lub ogrzewaniu w wyniku jej opadania; procesy te zachodzą bez wymiany ciepła z otoczeniem;
- ▶ **przemiany fazowe wody** (zmiany stanu skupienia) – powodują wymianę ciepła w atmosferze; w wyniku dostarczania ciepła dochodzi do parowania, natomiast w wyniku skraplania – ciepło zostaje oddane;
- ▶ **radiacja** – inaczej wypromieniowanie – jest jednym z najmniej efektywnych sposobów wymiany ciepła, mającym jednak udział w wielu procesach atmosferycznych.

Temperatura powietrza

Temperatura powietrza to jeden z najważniejszych elementów pogody, określający stopień nagrzania atmosfery. Wyróżniamy:

- ▶ **temperaturę aktualną** – jest to temperatura powietrza wynikająca z jednorazowego pomiaru w danym momencie;
- ▶ **średnią dobową temperaturę powietrza** – jest to średnia arytmetyczna wyliczana z wartości temperatury maksymalnej i minimalnej oraz wartości z godzin 7.00 i 19.00 (lub 8.00 i 20.00 czasu letniego);
- ▶ **średnią miesięczną temperaturę powietrza** – jest to temperatura obliczana na podstawie średniej arytmetycznej dobowej temperatury powietrza wszystkich dni w miesiącu;
- ▶ **średnią roczną temperaturę powietrza** – jest to średnia arytmetyczna obliczana z 12 wartości miesięcznej temperatury w danym roku.

Porównanie temperatury w różnych skalach

Zjawisko	Skala Kelwina	Skala Celsjusza	Skala Fahrenheita
Zero Fahrenheita	255,37	-17,78	0
Zamarzanie wody	273,15	0	32
Wrzenie wody	373,1	100	212

Warto zajrzeć!

 <http://chemfan.pg.gda.pl/kalkulatory/temperatury.html>

Średnia roczna temperatura powietrza na naszej planecie wynosi ok. 14,5°C. Najniższą średnią roczną temperaturę powietrza (o wartości poniżej -10°C) obserwuje się na obszarach okołobiegunowych. W miarę oddalania się od biegunów temperatura powietrza wzrasta. W strefie międzyzwrotnikowej przekracza 20°C, a najwyższą wartość osiąga w pobliżu zwrotników. Na rozkład temperatury powietrza na Ziemi wpływa jednak wiele czynników, które mogą znacząco modyfikować jej wartości.

Czynniki wpływające na rozkład temperatury powietrza

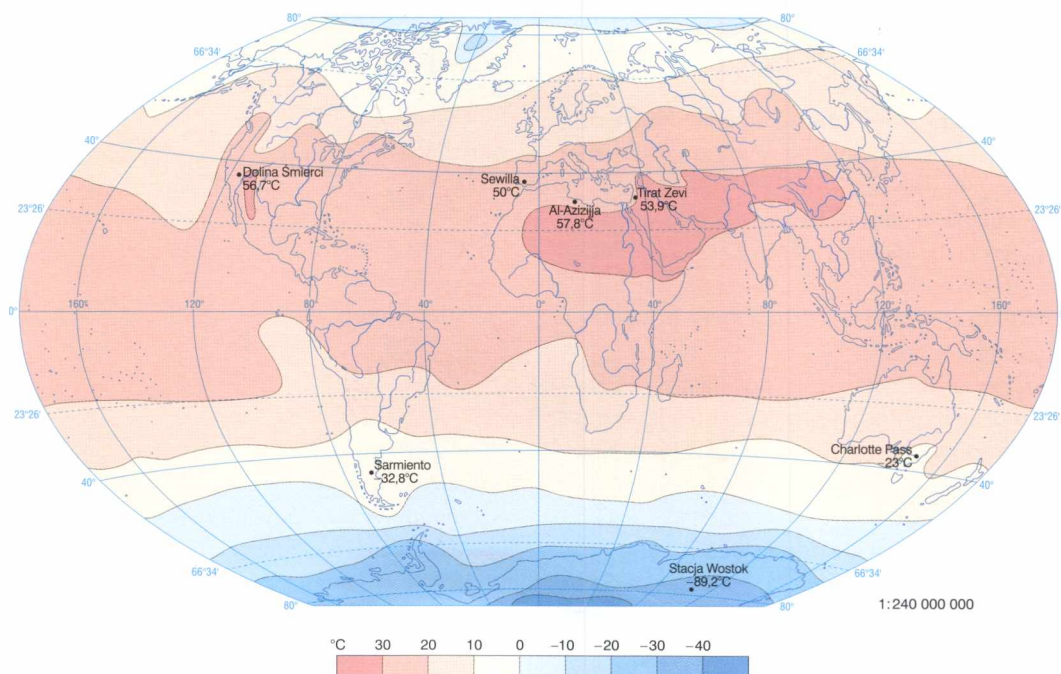
Do czynników wpływających na przestrzenne zróżnicowanie temperatury powietrza na kuli ziemskiej należą:

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

Czy wiesz, że...

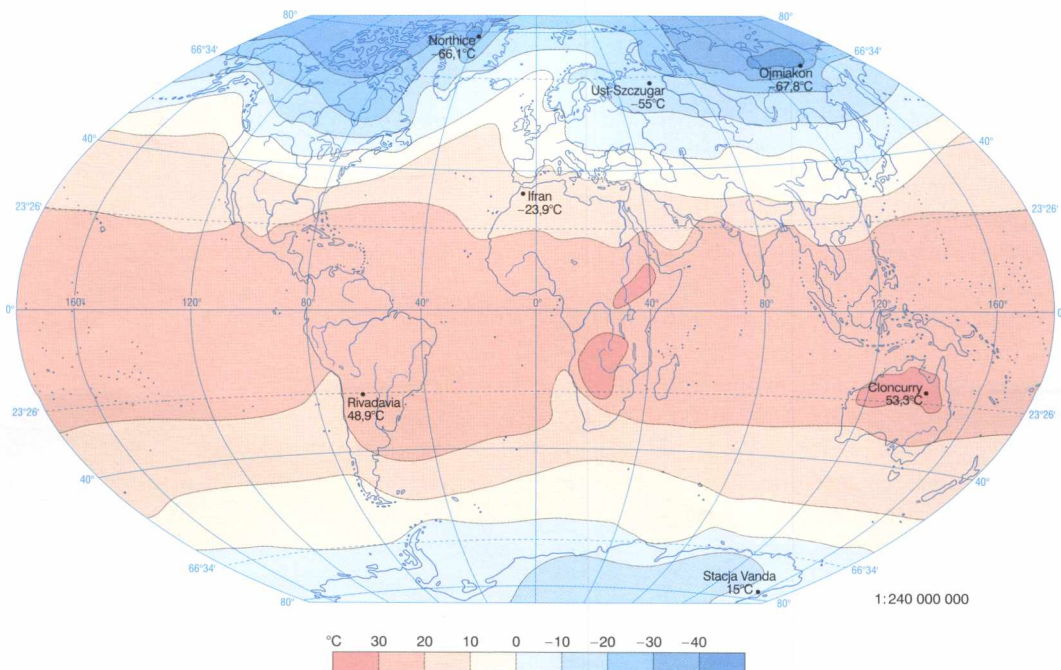
Na temperaturę powietrza lokalnie wpływają też wody gruntowe. Ciepłe wody gruntowe pochodzące z gejzerów lub innych gorących źródeł mogą podnieść temperaturę powietrza w okolicy nawet o kilka stopni Celsjusza. Z kolei wody gruntowe zasilane przez lodowce przyczyniają się do obniżenia temperatury powietrza.

Temperatura powietrza w lipcu



- miejsca, w których odnotowano ekstremalne wartości temperatury powietrza na kontynentach w miesiącach IV–IX

Temperatura powietrza w styczniu



- miejsca, w których odnotowano ekstremalne wartości temperatury powietrza na kontynentach w miesiącach IX–IV

Spojrzenie z bliska

Termiczne ekstrema

Minimum

Najniższą temperaturę powietrza na Ziemi ($-89,2^{\circ}\text{C}$) zanotowano 21 lipca 1983 roku na Antarktydzie, na należącej wówczas do ZSRR stacji naukowo-badawczej Wostok. Stacja ta jest położona na wysokości 3488 m n.p.m. Jest to najzimniejsze miejsce na Ziemi. Zimą temperatura spada tam zazwyczaj do około -65°C .

21 lipca 1983 r. powietrze było bardzo suche, o dużej przejrzystości oraz niskiej zawartości tlenu i tlenku węgla(IV). Dodatkowo wiał porywisty wiatr o prędkości przekraczającej 20 m/s. Takie warunki sprzyjały bardzo szybkiemu wypromieniowaniu ciepła. Ponadto trwała wtedy noc polarna, kiedy to Słońce przez całą dobę nie pojawia się nad horyzontem.



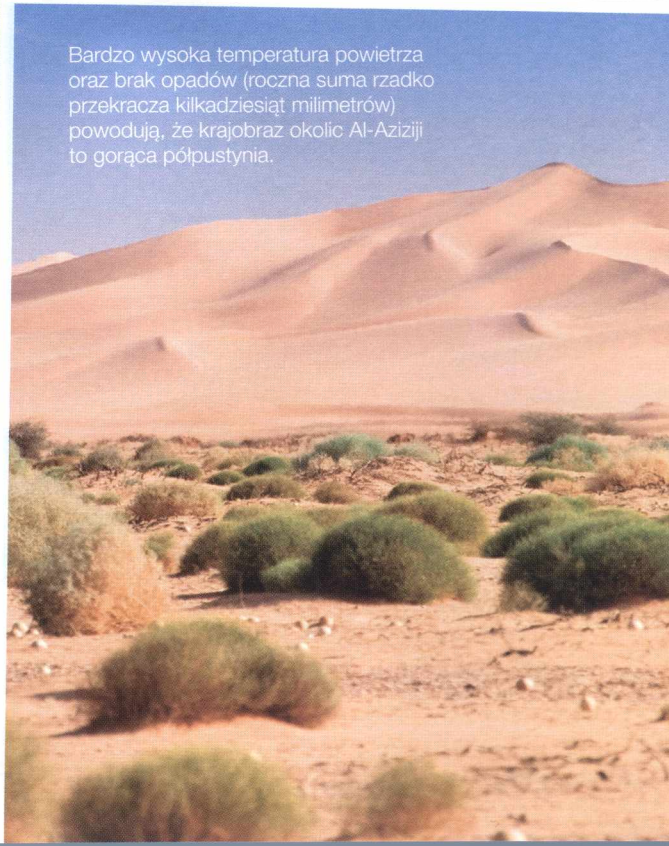
Maksimum

Na południe od stolicy Libii, w położonej na skraju Sahary miejscowości Al-Azizija 13 września 1922 roku odnotowano najwyższą do tej pory temperaturę powietrza na Ziemi. Wynosiła ona $57,8^{\circ}\text{C}$. Na wielu stacjach meteorologicznych w tym regionie kilkanaście dni przed równonocą, czyli momentem, gdy Słońce prawie górowało nad równikiem, temperatura powietrza osiągała maksymalne wartości. Wówczas nad zwrotnikiem Raka istniał ogromny wyż kształtujący słoneczną i suchą pogodę. Prawdopodobnie temperatura powietrza na Ziemi była niejednokrotnie wyższa, ale – aby rekord był powszechnie uznany – jej wartość musi być zmierzona zgodnie z obowiązującymi na całym świecie standardami. Zatem w dniu, kiedy w Al-Aziziji zanotowano rekordową temperaturę, w innych miejscach Sahary temperatura mogła być wyższa, jednak nie została zmierzona.

Krajobraz lodowej pustyni okolic stacji polarnych Wostok czy Siple powstał pod wpływem jednych z najsurowszych czynników klimatotwórczych na świecie.



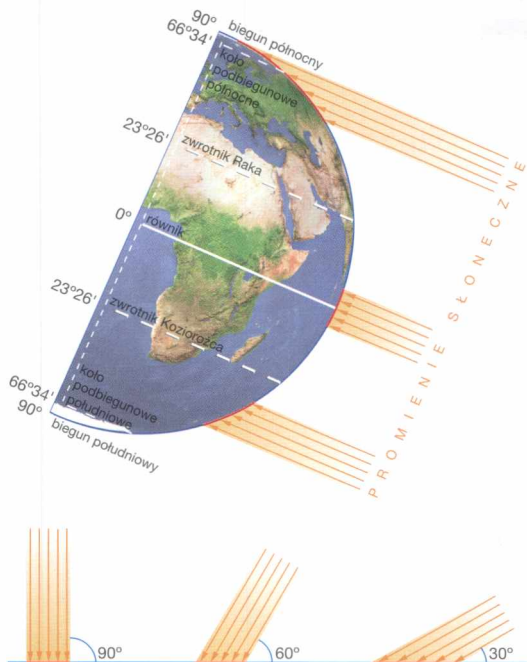
Bardzo wysoka temperatura powietrza oraz brak opadów (roczna suma rzadko przekracza kilkadziesiąt milimetrów) powodują, że krajobraz okolic Al-Aziziji to gorąca półpustynia.



Szerokość geograficzna wyznacza ogólne prawidłowości w rozkładzie temperatury powietrza na Ziemi. Ze względu na kulisty kształt Ziemi oraz wykonywane przez nią ruchy (obiegowy i obrotowy) promieniowanie słoneczne nie dociera równomiernie do każdego punktu na jej powierzchni. Natężenie promieniowania słonecznego zależy od kąta padania promieni słonecznych, zatem zmienia się w zależności od szerokości geograficznej.

Wysokość nad poziomem morza determinuje zmiany temperatury powietrza, dlatego obraz jej przestrzennego zróżnicowania na świecie jest trudny do zanalizowania. Sporządza się więc mapy temperatury powietrza, którą redukuje się do poziomu morza. Spadek temperatury powietrza wraz ze wzrostem wysokości wynosi średnio $0,6^{\circ}\text{C}$ na każde 100 m. Jest to tzw. **gradient termiczny**, czyli wielkość określająca zmianę temperatury powietrza w atmosferze przypadającą na jednostkę wysokości.

Czasami w wyższych warstwach atmosfery temperatura jest wyższa niż w warstwach położonych niżej. Taki stan nazywamy odwróceniem (inaczej inwersją). Inwersję najczęściej można zaobserwować w okresie jesienno-zimowym. Dotyczy np. obszarów górskich, gdy nad chłodne



Powierzchnia ogrzewana przez promienie słoneczne padające pod kątem 90° jest niemal dwukrotnie mniejsza niż wtedy, gdy promienie padają pod kątem 30° . Ta sama ilość energii musi więc ogrzać znacznie większą powierzchnię. W efekcie ilość ciepła docierająca do różnych szerokości geograficznych jest różna.

Jak obliczyć temperaturę powietrza na podstawie gradientu? Krok po kroku

Przykład

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

1 Oblicz różnicę wysokości między Kasprowym Wierchem a Zakopanem.

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

2 Wielkość zmian temperatury zachodzących w suchym powietrzu jest duża i wynosi $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (gradient suchoadiabatyczny). Jeśli powietrze nasycone jest parą wodną, to zmiany temperatury zachodzą wolniej, bo wynoszą $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (gradient wilgotnoodiabatyczny). Gradient wilgotnoodiabatyczny przyjmuje się do obliczeń w większości przypadków.

Aby obliczyć, jaka temperatura będzie 1150 m wyżej, ułóż proporcję:

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

3 Oblicz wartość temperatury powietrza na szczycie Kasprowego Wierchu, wiedząc, że jest ona niższa niż w Zakopanem o $6,9^{\circ}\text{C}$.

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

Odpowiedź: Temperatura powietrza na Kasprowym Wierchu wynosi $13,1^{\circ}\text{C}$.

Zadanie

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

powietrze zalegające w dolinach napływa ciepłe powietrze. Na granicy chłodnego i ciepłego powietrza tworzą się chmury, powyżej których panuje słoneczna pogoda, natomiast niżej jest chłodno i pochmurno oraz występują opady.

Rzeźba terenu sprawia, że na półkuli północnej stoki o ekspozycji północnej są chłodniejsze od stoków o ekspozycji południowej. Te ostatnie są dłużej wystawione na działanie promieni słonecznych. Natomiast na półkuli południowej ma miejsce sytuacja odwrotna. Osłonięcie terenu od zimnych wiatrów lub otwarcie go na działanie ciepłych wiatrów doprowadza do powstawania lokalnych anomalii termicznych.

Odległość od mórz i oceanów – na obszarach sąsiadujących z wielkimi zbiornikami wodnymi obserwuje się mniejsze wahania temperatury powietrza niż w głębi lądu. W chłodnej porze roku nagrzana w lecie woda ochładza się wolniej od lądu, przez co wpływa na podniesienie temperatury powietrza obszarów nadmorskich. Z kolei w cieplej porze roku woda nagrzewa się wolniej, więc chłodniejszy od otoczenia zbiornik wodny wpływa na obniżenie temperatury powietrza obszarów z nim sąsiadujących.

Prądy morskie powodują wzrost (prądy ciepłe) lub obniżenie (prądy zimne) temperatury powietrza na obszarach będących w zasięgu ich oddziaływania. Na przykład ciepły Prąd Norweski opływający wybrzeże Norwegii wywołuje dodatnią anomalię termiczną. Oznacza to, że temperatury podczas zimy są tu o wiele wyższe w porównaniu z temperaturami na innych obszarach, leżących na tych samych szerokościach geograficznych półkuli północnej.

Charakter podłoża, np. pokrycie terenu, sprawia, że na obszarach zwartych kompleksów leśnych notuje się niższe, a na obszarach zurbanizowanych – wyższe dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza. Z kolei barwa podłoża wpływa na ilość pochłanianego przez nie promieniowania. Najwięcej promieniowania pochłaniają powierzchnie ciemne, dlatego nagrzewają się one najsilniej i oddają więcej ciepła atmosferze. **Albedo** tych powierzchni, czyli stosunek ilości promieniowania odbitego do padającego, jest niskie. Natomiast powierzchnie

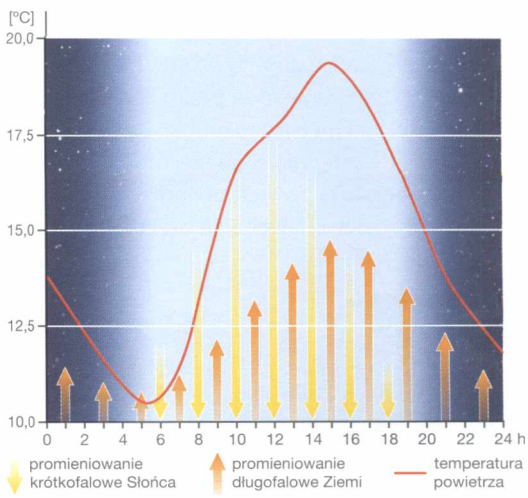
Wartość albedo dla poszczególnych rodzajów powierzchni

Rodzaj powierzchni	Albedo
Świeży śnieg	95%
Lód morski	50%
Pustynia kamienista	38%
Zielona trawa	26%
Las liściasty	20%
Lita skała	15%
Asfalt	5%

jasne pochłaniają bardzo mało promieniowania i nagrzewają się znacznie słabiej. Z tego powodu oddają one do atmosfery mniej ciepła. Ich albedo jest wysokie.

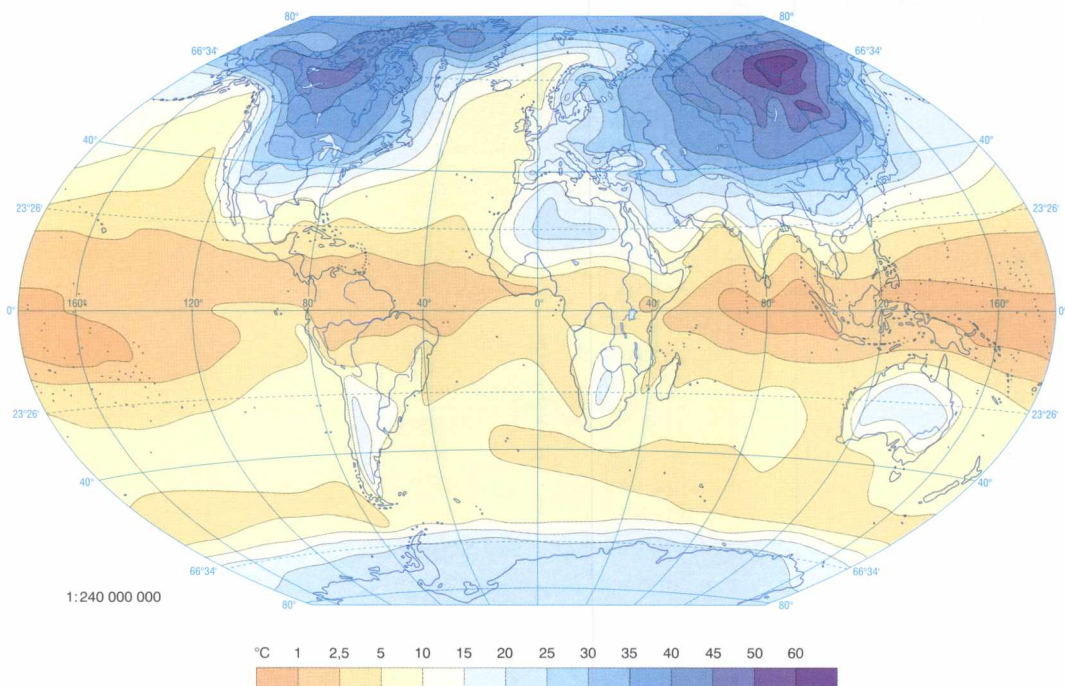
Amplituda temperatury powietrza

Temperatura powietrza podlega zmianom w cyklu dobowym oraz rocznym. W ciągu dnia temperatura powietrza wzrasta, osiągając maksimum około 1–2 godzin od momentu górowania Słońca. Następnie temperatura powietrza powoli spada, a wartość minimalną osiąga tuż przed wschodem Słońca. Różnicę między maksymalną a minimalną wartością temperatury powietrza w ciągu doby określa się **mianem dobowej amplitudy temperatury powietrza**.



Dobowy przebieg temperatury powietrza podczas bezchmurnej pogody.

Roczna amplituda temperatury powietrza



Najwyższe dobowe amplitudy temperatury powietrza na Ziemi występują na obszarach pustynnych, w strefie zwrotnikowej. W wyniku bardzo dużego dopływu promieniowania słonecznego w ciągu dnia silnie nagrzewa się tam podłoże, nawet do 70–80°C. W konsekwencji temperatura powietrza na tych obszarach przekracza 50°C. Po zachodzie Słońca dopływ promieniowania słonecznego ustaje. Z powodu braku zachmurzenia powierzchnia ziemi bardzo szybko oddaje ciepło. W rezultacie następuje silne wychłodzenie podłoża, a temperatura powietrza obniża się czasami do 0°C bądź osiąga nawet wartości ujemne.

Różnice między średnią temperaturą powietrza najcieplejszego i najchłodniejszego miesiąca w roku nazywa się **średnią roczną amplitudą temperatury powietrza**. Ma ona najniższą wartość w strefie równikowej, co wynika z niewielkich różnic w dopływie promieniowania krótkofalowego w ciągu roku. Z kolei najwyższe wartości średniej rocznej amplitudy temperatury powietrza notuje się w północno-wschodniej części Azji. Ma to związek z bardzo niskimi wartościami temperatury powietrza zimą, które są efektem silnego wychłodzenia rozległego kontynentu azjatyckiego.

Zadania

1. Scharakteryzuj dwa czynniki wpływające na rozkład temperatury powietrza na kuli ziemskiej.
2. Omów zjawisko inwersji temperatury powietrza.
3. Wyjaśnij, dlaczego maksimum temperatury powietrza w ciągu doby występuje zazwyczaj 1–2 godziny po momencie górowania Słońca.
- *4. Odszukaj w dostępnych źródłach, który ze sposobów wymiany ciepła w atmosferze jest najbardziej efektywny. Odpowiedz, czy udało Ci się kiedyś zaobserwować ten proces.

Powietrze atmosferyczne znajduje się w nieustannym ruchu. Jednak my zauważamy jedynie bardziej odczuwalne przejawy tego ruchu, takie jak na przykład porywiste wiatry. Czy wiesz, co powoduje ruch powietrza i w jaki sposób się on odbywa, a także czym jest ciśnienie atmosferyczne i jaką odgrywa rolę?

■ Ciśnienie atmosferyczne

Ciśnienie atmosferyczne to siła, z jaką słup powietrza naciska na jednostkę powierzchni ziemi. Wartość ciśnienia mierzy się w hektopaskalach (hPa), przy czym 1 hPa jest równy naciskowi 100 N/m^2 powierzchni. Za normalną wartość ciśnienia atmosferycznego przyjmuje się **1013,25 hPa** (przy temperaturze powietrza 0°C , na szerokości geograficznej 45° , na poziomie morza).

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

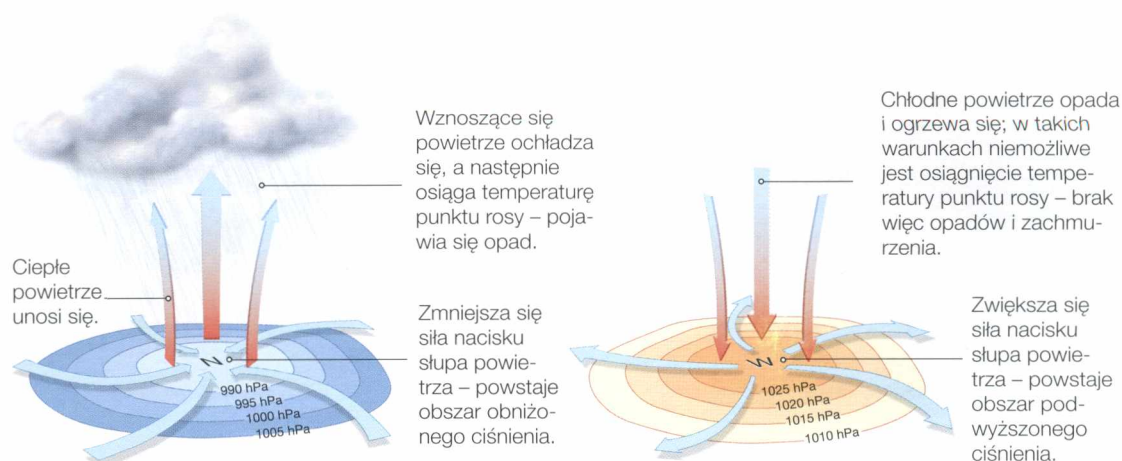
Na mapach ciśnienie atmosferyczne przedstawia się za pomocą **izobar**, czyli linii łączących punkty o jednakowych wartościach ciśnienia

atmosferycznego. Dzięki izobarom bez trudu można dostrzec zarówno układy o ciśnieniu wyższym, jak i układy o ciśnieniu niższym od ciśnienia otoczenia. Wyróżniamy dwa podstawowe układy baryczne:

► **wyż baryczny** (antycyklon) – układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie atmosferyczne wzrasta w kierunku środka układu; najwyższą wartość ciśnienie osiąga więc w centrum układu;

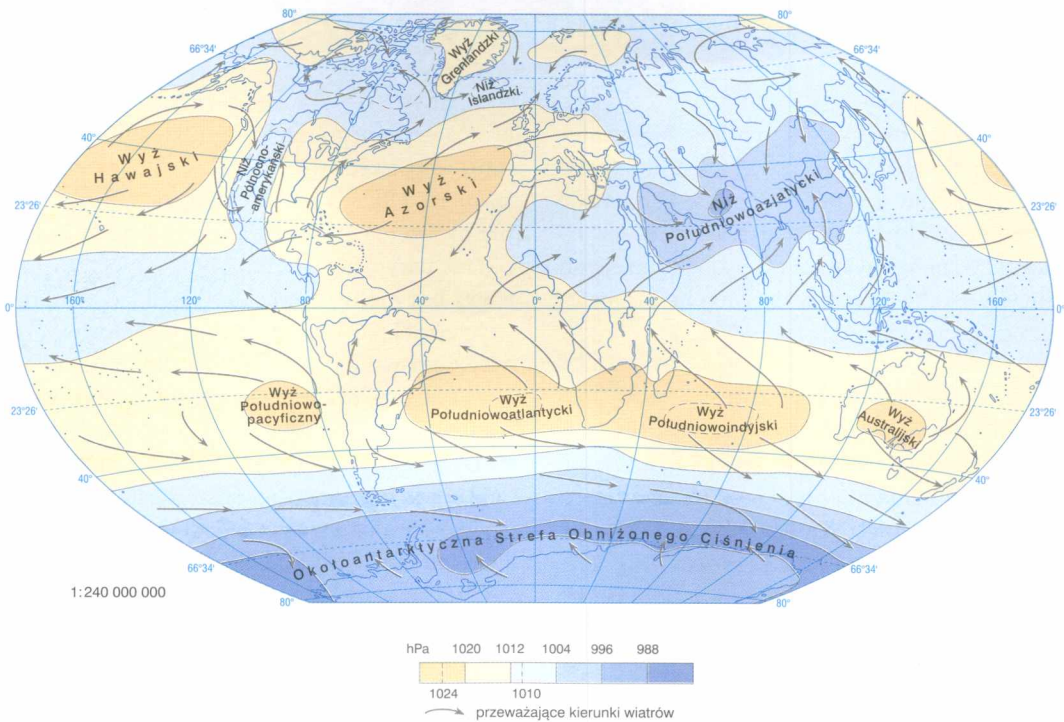
► **niż baryczny** (cyklon) – układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie atmosferyczne maleje w kierunku środka układu; w centrum tego układu wartość ciśnienia jest zatem najniższa.

Chociaż rozkład ciśnienia atmosferycznego na kuli ziemskiej jest zróżnicowany, to wykazuje pewne prawidłowości. Najwyższe ciśnienie atmosferyczne występuje w strefie zwrotnikowej. Natomiast w strefie równikowej oraz w umiarkowanych szerokościach geograficznych jest już ono niższe. W okolicach równika pas obniżonego ciśnienia utrzymuje się przez cały rok. Istnieje też inna prawidłowość: ośrodki ciśnienia nad morzami są trwałe (całoroczne), a nad lądami ulegają sezonowym zmianom – w lecie nad lądami tworzą się niży, natomiast w zimie – wyży.

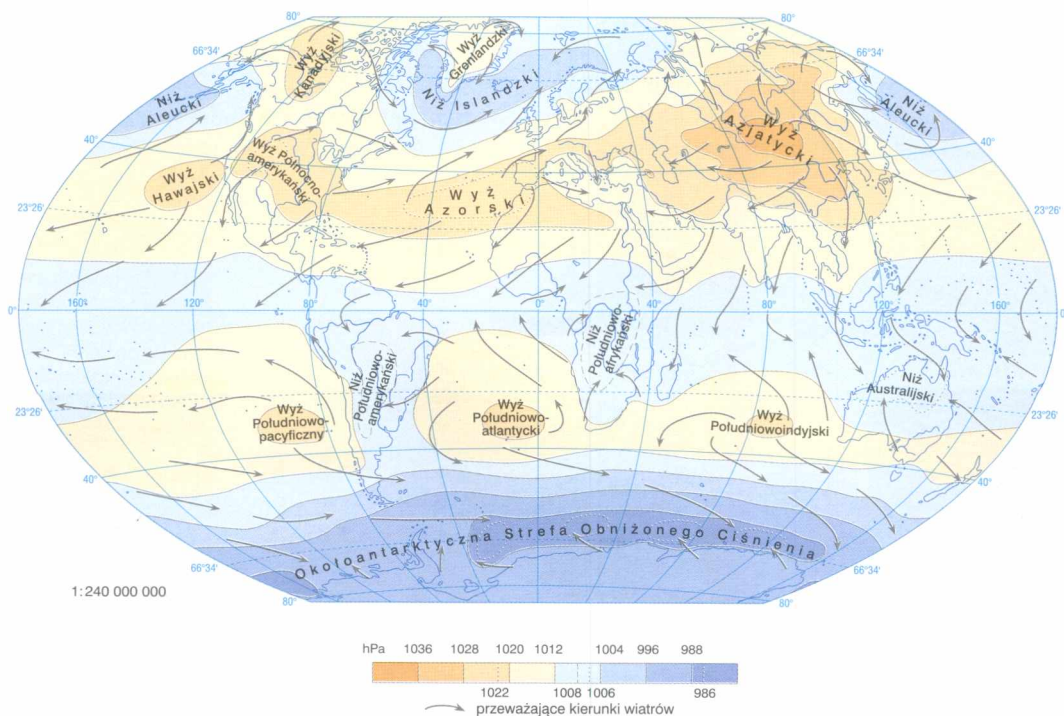


Schemat powstawania ośrodków barycznych.

Rozkład ciśnienia barycznego w lipcu wraz z przeważającymi wiatrami



Rozkład ciśnienia barycznego w styczniu wraz z przeważającymi wiatrami



■ Jak porusza się powietrze?

Ruch powietrza jest spowodowany różnicowaniem ciśnienia atmosferycznego. Powietrze, znajdując się w nieustannym ruchu, przemieszcza się w różnych kierunkach:

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

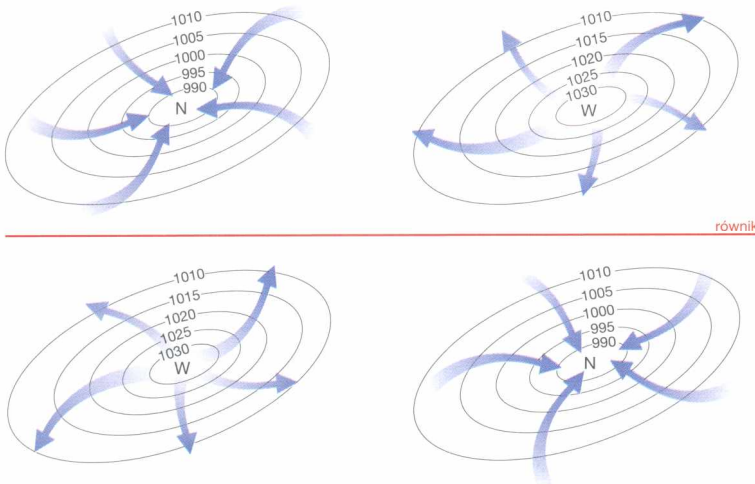
Wiatr jest to poziomy ruch powietrza w dolnej warstwie troposfery, wywołany różnicą ciśnienia atmosferycznego. Różnica ta wynika z nierównomiernego nagrzewania się powierzchni ziemi. Wiatr jest skierowany zawsze od obszarów o wyższym ciśnieniu atmosferycznym do obszarów o niższym ciśnieniu. Jego prędkość, wyrażana zazwyczaj w km/h lub m/s, zależy od różnicy ciśnienia – im jest ona wyższa, tym większa jest prędkość wiatru. Z kolei o kierunku wiatru decyduje wzajemne położenie układów wysokiego i niskiego ciśnienia, a także oddziaływanie siły Coriolisa. Siła ta powoduje odchylenie kierunku wiatru w prawo na półkuli północnej i w lewo na półkuli południowej. Zmianę kierunku wiatru oraz zmniejszenie jego prędkości wywołuje też siła tarcia powietrza o podłoże. Nazwa wiatru zawsze pochodzi od kierunku, z którego wieje. Dlatego na przykład wiatr wiejący z kierunku północnego będzie się nazywał wiatrem północnym.

Konwekcja to pionowy ruch powietrza atmosferycznego spowodowany różnicą gęstości powietrza, wynikającą z jego nagrzewania się. Wyróżnia się prądy konwekcyjne wstępujące oraz zstępujące. **Prądy wstępujące** powstają nad obszarami silnie nagrzanymi, gdzie powietrze przy powierzchni ziemi rozpręża się (wzrasta jego objętość i maleje gęstość). Wskutek tego powietrze unosi się, a nad obszarem powstaje ośrodek niskiego ciśnienia. Natomiast **prądy zstępujące** tworzą się nad obszarami o niskich wartościach temperatury, gdzie nacisk na podłoże, wywołany przez opadające zimne i gęste powietrze, powoduje wzrost ciśnienia atmosferycznego – tworzy się wyż.

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

Czy wiesz, że...

Szczególnie niebezpieczne dla transportu lotniczego są turbulencje powstające jako uskoki wiatru, czyli granice między dwoma prądami powietrza o znacząco różnej prędkości. Wpadający w taki obszar samolot może spaść bezwładnie nawet kilkadziesiąt metrów w dół.



Na półkuli północnej siła Coriolisa powoduje, że kierunek wiatru ulega odchyleniu w prawo.

Na półkuli południowej siła Coriolisa powoduje, że kierunek wiatru ulega odchyleniu w lewo.

Krążenie powietrza w ośrodkach barycznych na półkulach północnej i południowej.

Globalna cyrkulacja atmosfery

Krążenie powietrza wokół Ziemi, wywołane zróżnicowaniem ciśnienia atmosferycznego przy jej powierzchni, nazywamy globalną cyrkulacją atmosfery. Na obu półkulach: północnej i południowej wyróżniamy po trzy komórki cyrkulacyjne, w obrębie których odbywa się ruch mas powietrza.

Komórka cyrkulacyjna Ferrela

– tworzy się między ok. 30° a 60° szerokości geograficznej północnej i południowej.

Komórka cyrkulacyjna Hadleya

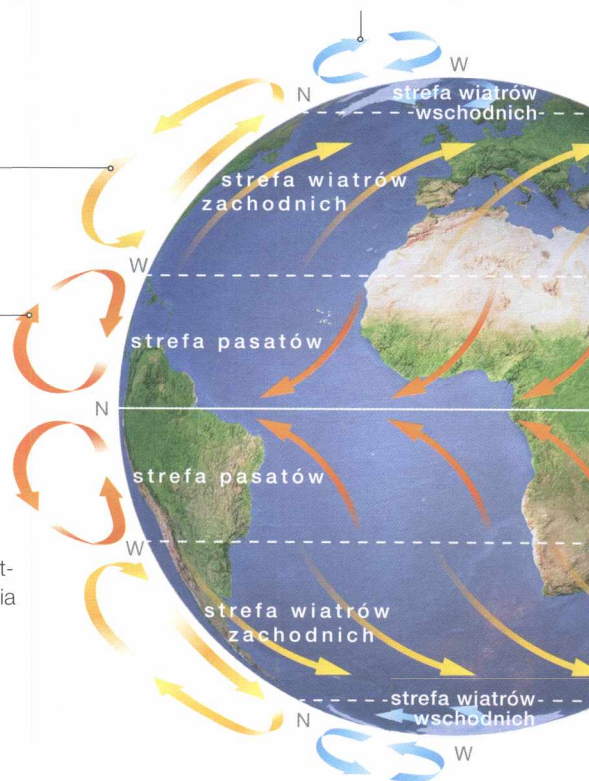
– występuje między równikiem a zwrotnikiem.

Cyrkulacja powietrza w strefie międzyzwrotnikowej

Siłą napędową ruchu powietrza w **komórce Hadleya** jest duża ilość energii słonecznej docierającej w okolicy równika. Nad ogrzewaną powierzchnią tworzy się obszar niżowy i występują **deszcze zenitalne**, natomiast nad zwrotnikami tworzą się suche i gorące wyży. Na skutek działania siły Coriolisa wiatry stałe – **pasaty** – wiejące do równika ulegają odchyleniu. Na półkuli północnej wieją one w kierunku północno-wschodnim, a na półkuli południowej – południowo-wschodnim.

Pasaty zbiegają się w okolicach równika w tzw. strefie zbieżności, która zmienia w ciągu roku swoje położenie, przesuując się na północ lub na południe w zależności od miejsca górowania Słońca. Powoduje to występowanie w strefie okołorównikowej pory deszczowej i suchej.

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



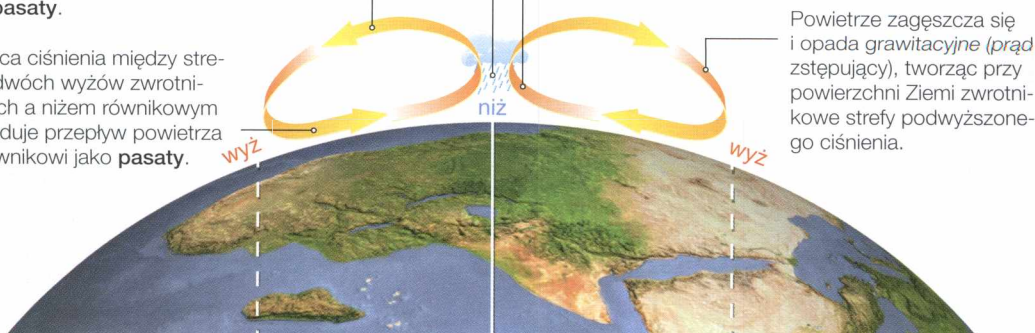
Chłodne i suche powietrze przemieszcza się w kierunku wyższych szerokości geograficznych jako **anty pasaty**.

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

deszcze zenitalne

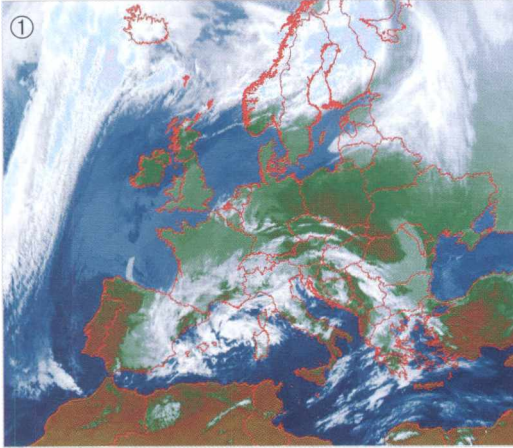
Silnie nagrzane, lekkie i wilgotne powietrze unosi się (prąd wstępujący), powodując powstanie przy powierzchni Ziemi pasa obniżonego ciśnienia.

Powietrze zagęszcza się i opada grawitacyjne (prąd zstępujący), tworząc przy powierzchni Ziemi zwrotnikowe strefy podwyższonego ciśnienia.

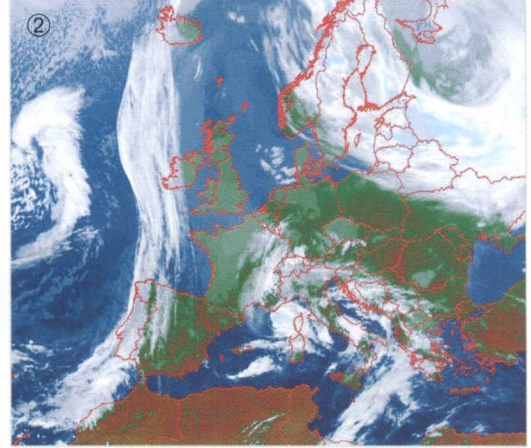


Cyrkulacja powietrza w strefach umiarkowanych

W umiarkowanych szerokościach geograficznych, w okolicach 60°N i 60°S , przy powierzchni Ziemi następuje zetknięcie się powietrza niesionego wiatrami zachodnimi od zwrotników z powietrzem niesionym wiatrami wschodnimi od biegunów. Zimne i ciężkie powietrze wypycha ku górze powietrze ciepłe i lżejsze. Na skutek tego przy powierzchni Ziemi tworzy się strefa obniżonego ciśnienia. Nie jest ona ciągła, lecz składa się z pojedynczych ośrodków niżowych, przemieszczających się z zachodu na wschód (strefa wędrownych niżów).



Na fotografii znajduje się front atmosferyczny widoczny w postaci charakterystycznego wału chmur, który jest zlokalizowany nad obszarem Północnego Atlantyku.



Front przemieścił się zgodnie z typowym dla tego obszaru kierunkiem cyrkulacji i obecnie znajduje się nad zachodnią częścią Irlandii oraz Półwyspu Iberyjskiego.

Cyrkulacja powietrza w strefach okołobiegunowych

Obszary w strefach okołobiegunowych ze względu na niewielki dopływ energii słonecznej (mały kąt padania promieni słonecznych na powierzchnię Ziemi) charakteryzują się znacznym wychłodzeniem powierzchni. Dlatego obserwuje się tutaj osiadanie powietrza, które przyczynia się do powstawania stałych ośrodków wyżowych. Chłodne powietrze z wyżów biegunowych przemieszcza się w postaci stałych wiatrów w stronę umiarkowanych szerokości geograficznych. W wyniku działania siły Coriolisa wiatry wiejące od biegunów mają kierunek wschodni. Dominującymi układami barycznymi w umiarkowanych szerokościach geograficznych są niży. Dlatego zimne powietrze przyniesione przez wiatry wschodnie ogrzewa się i unosi.



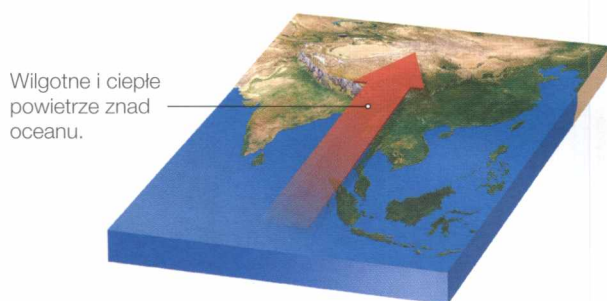
Wyżowa pogoda w strefach okołobiegunowych charakteryzuje się dużym usłonecznieniem, niskimi opadami oraz bardzo niską temperaturą.

Cyrkulacja monsunowa

Globalną cyrkulację atmosfery w wielu regionach na Ziemi zmienia cyrkulacja monsunowa, powstająca wskutek nierównomiernego nagrzewania się sąsiadujących ze sobą dużych obszarów oceanicznych i lądowych. Typowym regionem występowania cyrkulacji monsunowej jest południowa i południowo-wschodnia Azja. Monsuny tworzą się również w północnej Australii, środkowo-zachodniej Afryce oraz Ameryce Środkowej.

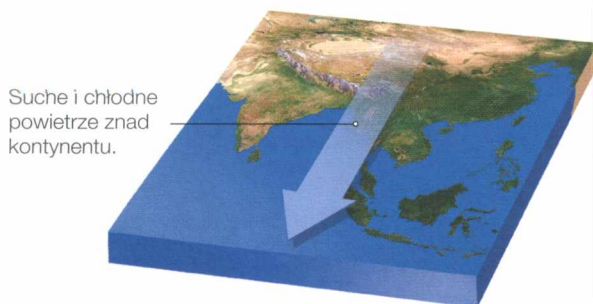
Monsun letni

Latem silnie nagrzana powierzchnia kontynentu azjatyckiego sprawia, że powietrze ogrzewa się i unosi. Nad lądem tworzy się wówczas strefa niskiego ciśnienia, a nad chłodniejszym Oceanem Indyjskim – wyż. Wilgotne powietrze przemieszcza się zatem znad oceanu nad ląd – wieje monsun letni. Przynosi on **wilgotne powietrze**, powodując **duże zachmurzenie i opady deszczu**. Najwyższe opady atmosferyczne występują u podnóży południowych stoków Himalajów i wynoszą średnio ok. 11 000 mm na rok. Do tak wysokich opadów dochodzi, kiedy bardzo wilgotne powietrze natrafia na barierę górską.



Monsun zimowy

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



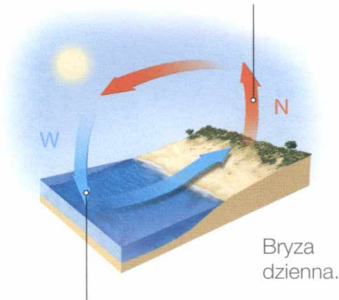
Wiatry lokalne

W poszczególnych regionach świata występują wiatry lokalne. Ich liczbę szacuje się na ponad dwa tysiące. Mimo że wiatry lokalne noszą różne nazwy, schemat ich powstawania jest zazwyczaj bardzo podobny. Do wiatrów lokalnych należą m.in. bryza, fen, wiatr górski i dolinny oraz bora.

Bryza

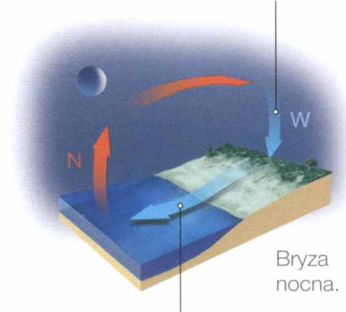
Bryza występuje w cieplej porze roku, na wybrzeżach mórz oraz w strefie brzegowej dużych śródlądowych zbiorników wodnych. Jej powstanie jest uwarunkowane różnicą temperatury podłoża, która najsilniej zaznacza się pod wieczór i nad ranem. Kierunek bryzy zmienia się w cyklu dobowym. Bryza dzienna (morska)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

Ciepłe powietrze nad rozgrzanim lądem unosi się, ustępując miejsca chłodnemu powietrzu znad morza.



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

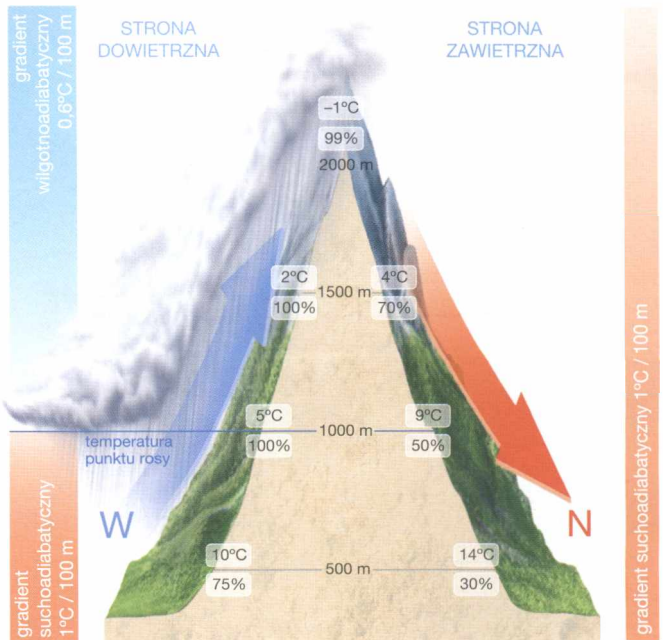
W nocy ląd szybko wychładza się i tworzy się nad nim wyż.



Chłodne powietrze przemieszcza się nad wodę, zajmując miejsce ciepłego, unoszącego się powietrza.

Fen

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

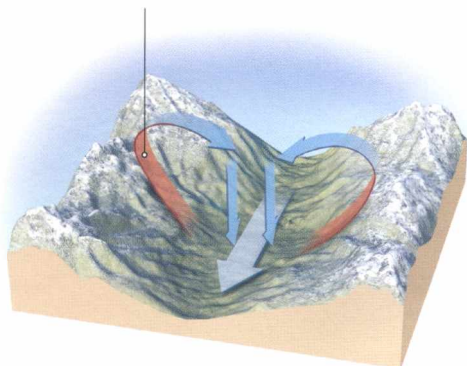


Powstawanie fenu.

Wiatr górski i dolinny

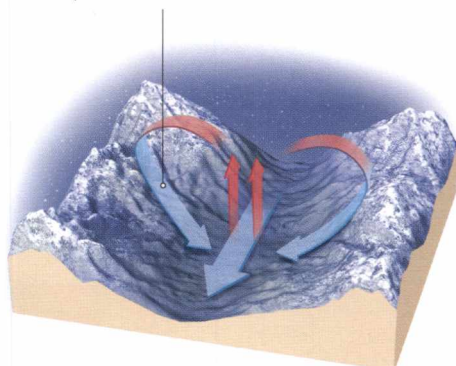
Wiatry tego typu występują w górach podczas bezchmurnej pogody, a ich kierunek zmienia się w cyklu dobowym. Powstają w wyniku różnic nagrzewania dolin i stoków górskich. W ciągu dnia powietrze przylegające do stoków nagrzewa się szybciej i jako lżejsze – unosi się. Na jego miejsce napływa chłodniejsze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

W ciągu dnia powietrze nagrzewa się i unosi wzdłuż stoków.



Wiatr dolinny.

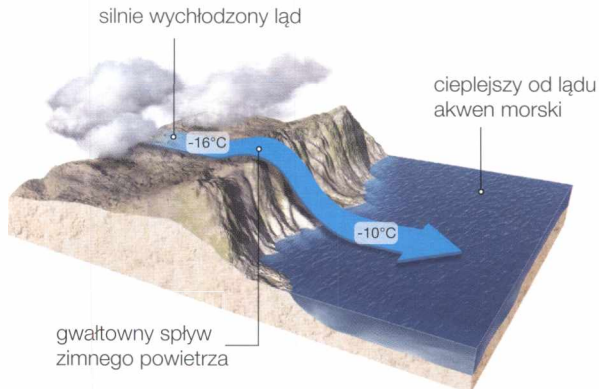
W nocy chłodne powietrze opada wzdłuż stoków.



Wiatr górski.

Bora

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



Zadania

1. Wyjaśnij, dlaczego ośrodki niżowe kształtują się nad ciepłym podłożem, natomiast ośrodki wyżowe – nad zimnym.
2. Wyłutnac, dlaczego w umiarkowanych szerokościach geograficznych przeważają wiatry zachodnie.
3. Wyjaśnij, dlaczego wiatry fenowe są ciepłe i suche.
4. Podaj przyczyny cykliczności zmian cyrkulacji monsunowej.

4

Wilgotność powietrza i opady atmosferyczne

Chmury mogą stanowić prawdziwą ozdobę nieba, a ich obserwowanie pozwala uzyskać informacje o aktualnym stanie atmosfery. Czasem chmury przynoszą opady mogące mieć – w zależności od temperatury powietrza – postać deszczu lub śniegu. Czy kiedykolwiek zastanawiałeś się, dlaczego z niektórych chmur powstaje deszcz, a z innych nie oraz jaka jest różnica między osadem a opadem atmosferycznym?

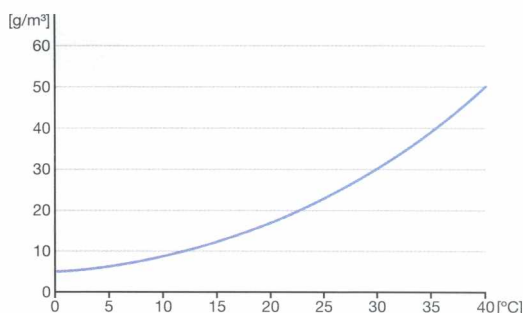
Wilgotność powietrza

Wilgotność powietrza, czyli **zawartość pary wodnej w powietrzu**, to istotna cecha określająca stan atmosfery. Para wodna dostaje się do atmosfery w wyniku parowania wody: ze zbiorników wodnych z gleb i roślin oraz na skutek sublimacji. Ilość pary w powietrzu podlega zmianom:

- ▶ **czasowym** – zawartość pary wodnej w powietrzu jest uzależniona od temperatury powietrza, gdyż wraz z jej wzrostem powietrze rozpręża się (zwiększa swoją objętość) i może pomieścić więcej pary wodnej;
- ▶ **przestrzennym** – zawartość pary wodnej w powietrzu stopniowo maleje wraz ze wzrostem szerokości geograficznej – z tego względu najwięcej pary wodnej zawiera powietrze w strefie okołorównikowej; na przestrzenny rozkład wilgotności powietrza wpływają m.in. odległość od zbiorników wodnych, pokrycie terenu i ukształtowanie powierzchni.

Miary wilgotności powietrza

Nazwa	Opis	Jednostka
Aktualna prężność pary wodnej	Ciśnienie wywierane przez parę wodną zawartą w powietrzu o danej temperaturze.	[hPa]
Maksymalna prężność pary wodnej	Maksymalne ciśnienie wywierane przez parę wodną zawartą w powietrzu o danej temperaturze.	[hPa]
Wilgotność bezwzględna	Masa pary wodnej w jednostce objętości powietrza. Zależy od temperatury powietrza.	[g/m ³]
Wilgotność względna	Stosunek prężności pary wodnej znajdującej się w powietrzu o danej temperaturze do prężności pary wodnej nasyconej w tej samej temperaturze.	[%]
Temperatura punktu rosy	Temperatura, przy której aktualna prężność pary wodnej staje się maksymalną prężnością pary wodnej. Rozpoczyna się proces przemiany fazowej pary wodnej w ciecz lub ciało stałe.	[°C]



Zawartość pary wodnej w powietrzu w zależności od temperatury.

Kondensacja i resublimacja

Para wodna zawarta w powietrzu w wyniku kondensacji przechodzi ze stanu gazowego w ciekły. Gdy para wodna znajduje się w powietrzu o ujemnej temperaturze, w procesie resublimacji przemienia się w kryształki lodu. Warunkiem wystąpienia obu procesów jest osiągnięcie przez powietrze temperatury punktu rosy oraz obecność w powietrzu **jąderek kondensacji**. Są to mikroskopijne cząsteczki, stałe lub ciekłe, na których powierzchni może osadzać się woda. Jądra kondensacji mogą mieć pochodzenie naturalne (np. cząstki soli morskiej, bakterie, wirusy, pyły pochodzenia kosmicznego) lub powstawać w wyniku działalności człowieka (np. dymy, pyły). Produktami kondensacji i resublimacji pary wodnej są: mgły i chmury oraz opady i osady atmosferyczne.

Rodzaje chmur

13 km

PIĘTRO WYSOKIE

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



Cirrus

(Ci, *chmura pierzasta*)

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

7 km

PIĘTRO ŚREDNIE



Altostratus

(As, *chmura warstwowa*)

Pokrywają przeważnie całe niebo szarą lub bładoniebieską zasłoną. Tworzące się wokół Słońca białe wieńce, zwane łisimi czapami, zwiastują deszcz.

2 km

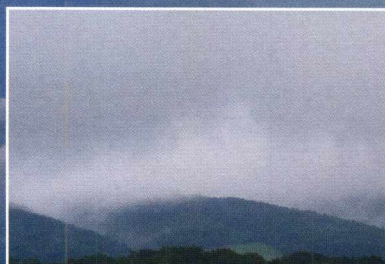
PIĘTRO NISKIE



Cumulus

(Cu, *chmura kłębiasta*)

Mają bardzo wyraźnie zarysowane kontury. Ich podstawy są zazwyczaj ciemne, a górne części rozjaśniają promienie słoneczne. Rzadko dają opady deszczu.



Stratus

(St, *chmura warstwowa*)

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



Cirrocumulus

(Cc, *chmura kłębiasto-pierzasta*)

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



Cirrostratus

(Cs, *chmura warstwowo-pierzasta*)

Przesłaniają niebo białym welonem, często o włóknistym kształcie. W chmurach tych pojawiają się czasami otoczki wokół Słońca, zwane halo.



Cumulonimbus

(Cb, *chmura kłębiasta deszczowa*)

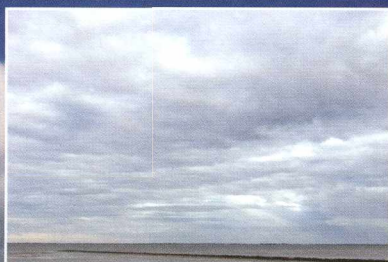
Chmury o rozciągłości pionowej. Są to duże, ciemnoszare chmury burzowe w kształcie kowadła. W dolnej części tworzą je kropelki wody, a w górnej – kryształki lodu. Przynoszą obfite, lecz krótkotrwałe opady deszczu lub gradu, którym towarzyszą często wyładowania elektryczne.



Altocumulus

(Ac, *chmura kłębiasta*)

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



Stratocumulus

(Sc, *chmura kłębiasto-warstwowa*)

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



Nimbostratus

(Ns, *chmura warstwowo-deszczowa*)

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

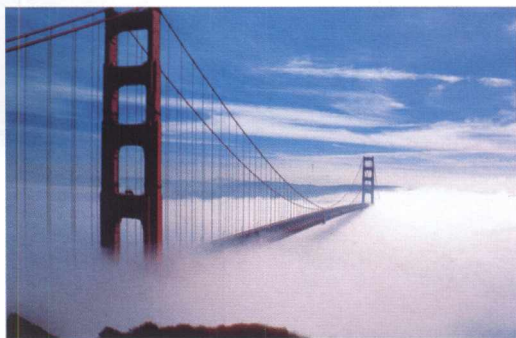
Czym jest mgła?

Mgła to zawiesina kropelek wody (lub kryształków lodu), która zmniejsza widoczność poniżej 1 km. Jej podstawa styka się z powierzchnią ziemi. Do najczęstszych przyczyn powstawania mgły należą:

- wypromieniowanie ciepła z podłoża i przyległej warstwy powietrza – w jego wyniku powstaje mgła radiacyjna,
- napływ ciepłego i wilgotnego powietrza nad chłodniejsze podłoże, od którego powietrze to ochładza się – co przyczynia się do powstania mgły adwekcyjnej.



Mgły radiacyjne powstają zwykle nocą lub nad ranem, podczas bezchmurnej i bezwietrznej pogody. Tworzą się między innymi w pobliżu bagien lub w zagłębieniach terenu.



Mgły adwekcyjne nad lądem występują głównie zimą. Mogą one mieć do kilkuset metrów grubości i występować długotrwale, zwłaszcza przy inwersji temperatury.

■ Osady atmosferyczne

Wilgoć zawarta w powietrzu może osadzić się na powierzchni ziemi i występujących na niej roślinach lub przedmiotach, tworząc osad atmosferyczny. Przyczyniają się do tego:

- ▶ nocne ochłodzenie powietrza spowodowane wypromieniowaniem ciepła z podłoża podczas bezchmurnej i bezwietrznej pogody,
- ▶ zetknięcie cieplejszego, wilgotnego powietrza z chłodniejszym podłożem.

Do osadów atmosferycznych należą:

- ▶ **rosa** – osad kropelek wody na wychłodzonej powierzchni, powstający w wyniku kondensacji pary wodnej zawartej w powietrzu,
- ▶ **szron** – osad lodu na przedmiotach, powstający w efekcie resublimacji pary wodnej,
- ▶ **gołoledź** – gładki, przezroczysty osad lodu powstający w wyniku zamarzania przechłodzonych kropelek mżawki lub deszczu na powierzchniach o temperaturze około 0°C,
- ▶ **szadź** (sadź) – osad lodu powstający wskutek zamarzania przechłodzonych kropelek mgły lub chmury na przedmiotach o ujemnej temperaturze.

Czy wiesz, że...

Niekiedy gołoledź pokrywa bardzo ciekłą warstwą na przykład asfaltowe powierzchnie autostrad, pasów startowych czy parkingów. Powłoka ta, zwana popularnie czarnym lodem, jest niewidoczna dla oka, a ponadto tworzy się bardzo szybko, co sprawia, że jazda po pokrytej nią powierzchni staje się niezwykle niebezpieczna i może prowadzić do wypadków komunikacyjnych.



■ Opady atmosferyczne

Dzięki swym mikroskopijnym rozmiarom **kropelki wody** i **kryształki lodu** budujące chmury unoszą się swobodnie w powietrzu. Aby pokonać jego opór i spaść na powierzchnię ziemi, muszą zwiększyć swoją objętość i ciężar. W chmurach zbudowanych wyłącznie z kropelki wody (chmury wodne) duże krople wody powstają w wyniku zderzania się, rozbijania i pochłaniania małych kropelki. Kiedy są już zbyt ciężkie, by móc dalej unosić się w powietrzu, wypadają z chmur w postaci **deszczu**.

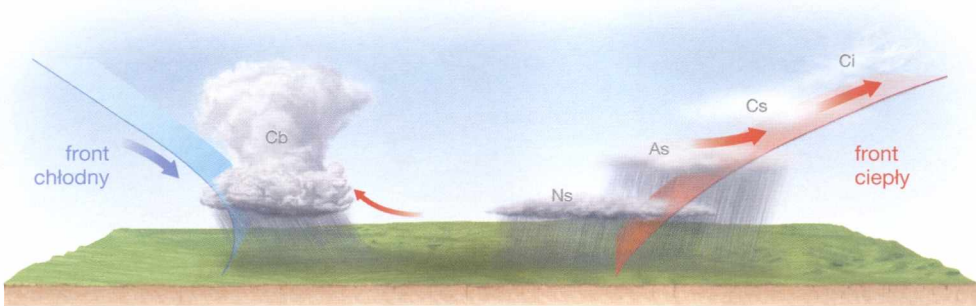
W chmurach zbudowanych z kropelki wody i kryształków lodu (chmury mieszane) przechłodzone kropelki wody zwiększają swoją objętość poprzez zamarzanie na kryształkach lodu. Następnie zaczynają opadać. Gdy przy powierzchni ziemi panuje ujemna temperatura powietrza, powstaje opad w postaci **śniegu**. Natomiast, gdy temperatura jest dodatnia, kryształki lodu topnieją, docierając do powierzchni ziemi w postaci deszczu. Oprócz śniegu i deszczu do opadów atmosferycznych zalicza się również **mżawkę**, **kрупę śnieżną** oraz **grad**.

Typy opadów atmosferycznych

Wystąpienie opadów atmosferycznych jest możliwe dzięki ruchom wznoszącym powietrza, podczas których następuje spadek temperatury umożliwiający skroplenie pary wodnej. Ze względu na różne przyczyny wywołujące ruchy wznoszące powietrza wydzielamy następujące typy genetyczne opadów: frontalne, konwekcyjne i orograficzne.

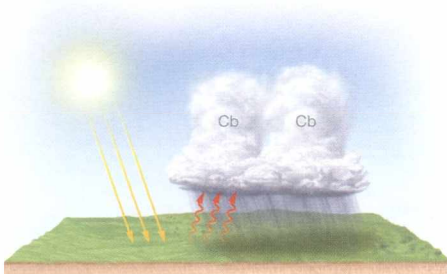
Opady frontalne

Są wywoływane wznoszeniem się ciepłego powietrza w strefie zetknięcia się dwóch mas powietrza o różnej temperaturze i wilgotności.



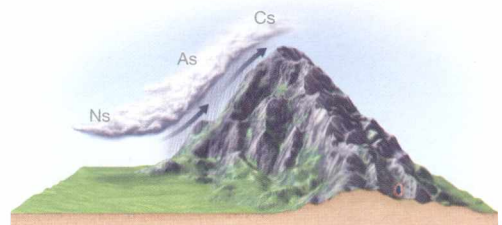
Opady konwekcyjne

Powstają w wyniku wznoszenia się powietrza ogrzanego od podłoża.



Opady orograficzne

Powstają na skutek ochładzania się powietrza, następującego w trakcie jego wznoszenia się na dowiejrznych stokach gór.



Rozmieszczenie opadów atmosferycznych na Ziemi

Wielkość opadów atmosferycznych w poszczególnych regionach Ziemi jest znacznie zróżnicowana. Wpływają na nią m.in.:

- ▶ globalna cyrkulacja atmosfery,
- ▶ wysokość nad poziomem morza,
- ▶ rzeźba terenu,
- ▶ odległość od mórz i oceanów,
- ▶ prądy morskie,
- ▶ pokrycie terenu.

Najwyższe roczne sumy opadów atmosferycznych występują w Azji Południowo-Wschodniej na obszarach objętych oddziaływaniem **cyrkulacji monsunowej**. Roczne sumy opadów mogą przekroczyć tam miejscami nawet 11 000 mm. Bardzo wysokie sumy opadów są odnotowywane również w strefie równikowej. Jest to związane z występowaniem **deszczów zenitalnych**.

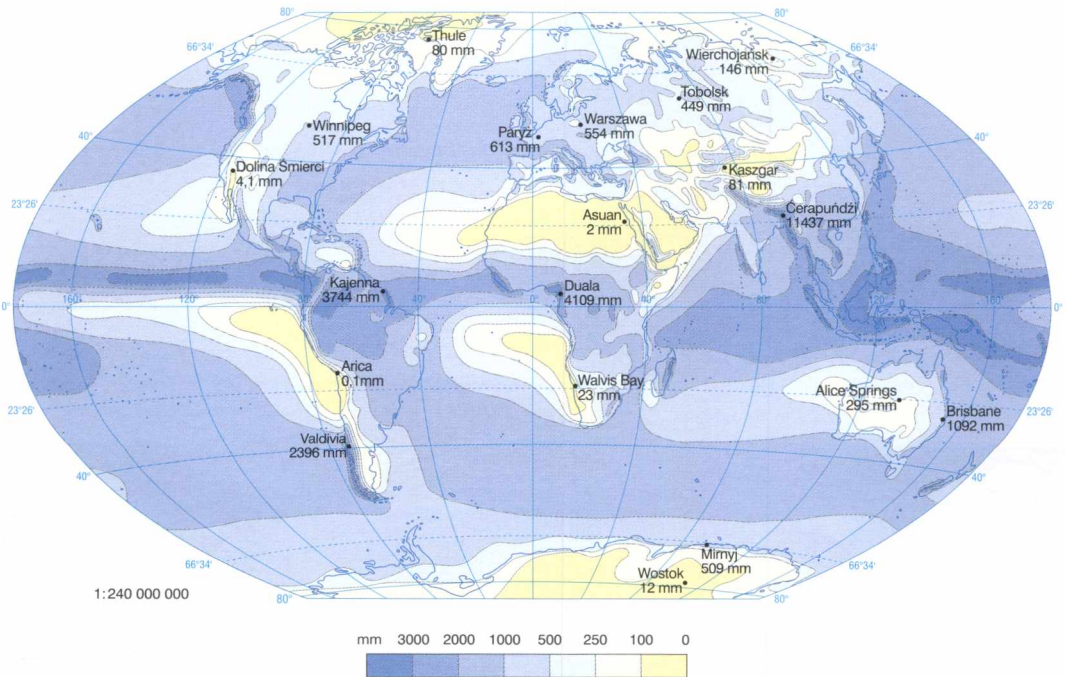


Opady deszczów monsunowych powodują niemal rokrocznie powodzie w mieście Cottogram w Bangladeszu.

Czy wiesz, że...

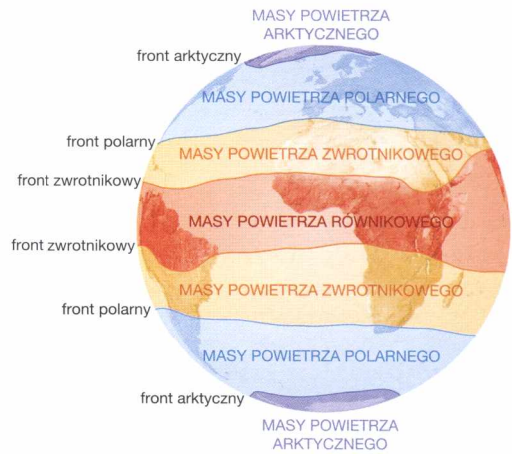
Miasto Čerapundzi w Indiach odznacza się wieloma rekordami dotyczącymi opadów atmosferycznych. W okresie od sierpnia 1860 do lipca 1861 roku zanotowano tam największą na świecie sumę opadów w skali 12 m-cy (26 641 mm).

Roczna suma opadów atmosferycznych



• stacje meteorologiczne z wartością średnią rocznej sumy opadów atmosferycznych

Równie wysokie opady są na obszarach górskich, gdzie pionowy ruch powietrza (stwarzający odpowiednie warunki do kondensacji i resublimacji) jest spowodowany występowaniem **barier orograficznych**. Natomiast najniższe roczne sumy opadów występują w pasie **pustyń zwrotnikowych**. Silne ruchy zstępujące powietrza nie dopuszczają do powstania tam opadów. Równie niskie opady występują na wybrzeżach opływanych przez zimne prądy morskie. Niską roczną sumą opadów atmosferycznych charakteryzują się także obszary podzwrotnikowe Azji Środkowej – **wnętrze największego obszaru lądowego** na kuli ziemskiej – oraz **obszary polarne**, gdzie występują ruchy zstępujące powietrza wynikające z ogólnej cyrkulacji powietrza.



Położenie mas powietrza i głównych frontów atmosferycznych.

Masy powietrza i fronty atmosferyczne

Masa powietrza to duży fragment troposfery, charakteryzujący się określonymi właściwościami fizycznymi, przede wszystkim podobną temperaturą i wilgotnością. Tworzy się ona najczęściej nad jednolitym podłożem (np. rozległym lądem lub oceanem) i nabiera cech tego podłoża. Obszar, nad którym powstaje masa powietrza, jest nazywany źródłowym. Masy powietrza zmieniają właściwości, przemieszczając się nad inne, często odległe tereny. Mówimy wówczas o transformacji mas powietrza. Główne masy powietrza są rozdzielone strefami przejściowymi, zwanymi **frontami atmosferycznymi**.

Czy wiesz, że...

W górnej granicy troposfery, na wysokości od 10 do 12 km, występują obszary, gdzie powietrze porusza się z dużą prędkością. Są to tzw. prądy strumieniowe (z ang. jet streams). Osiągają one długość paru tysięcy kilometrów, szerokość nawet do 1000 km, a prędkość ruchu powietrza może w nich przekraczać 1500 km/h. Jet streamy są często wykorzystywane przez samoloty lecące z zachodu na wschód (właśnie w tym kierunku następuje ruch powietrza w prądzie) w celu skrócenia czasu przelotu i oszczędności paliwa.

Podział mas powietrza

Kryterium podziału mas powietrza	Rodzaj masy powietrza
Miejsce powstania mas powietrza	• masy powietrza arktycznego (PA) i antarktycznego (PAA) • masy powietrza polarne (PP) • masy powietrza zwrotnikowego (PZ) • masy powietrza równikowego (PR)
Charakter podłoża, nad którym powstają masy powietrza	• masy powietrza morskiego: arktyczne morskie (PAm), polarne morskie (PPm), zwrotnikowe morskie (PZm) • masy powietrza kontynentalnego: arktyczne kontynentalne (PAk), polarne kontynentalne (PPk), zwrotnikowe kontynentalne (PZk)
Temperatura mas powietrza	• masy powietrza ciepłego – cieplejsze od podłoża, nad którym występują; ich napływ powoduje wzrost temperatury • masy powietrza chłodnego – chłodniejsze od podłoża, nad którym występują; ich napływ powoduje spadek temperatury

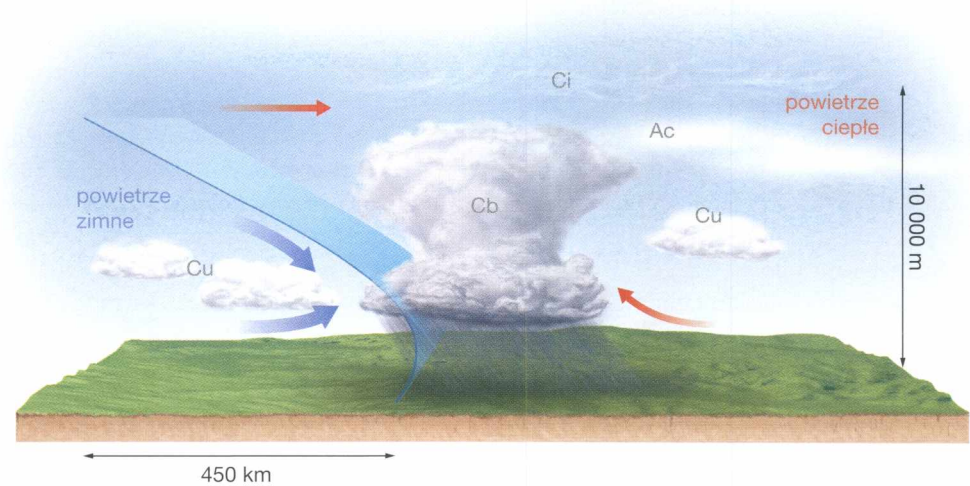
Fronty atmosferyczne

Niekiedy masy powietrza o różnych cechach graniczą ze sobą. Granica ta nazywana jest frontem atmosferycznym. Ze względu na temperaturę mas i sposób przemieszczania się frontów wyróżniamy fronty: chłodny, ciepły oraz zokludowany.

Front chłodny

Front chłodny tworzy się wtedy, gdy chłodne, ciężkie masy powietrza wsuwają się pod powietrze cieplejsze, a przez to rzadsze i wypychają je do góry. Ciepłe powietrze ochładza się i osiąga temperaturę punktu rosy, a zawarta w nim para wodna ulega kondensacji. Bardzo często na froncie chłodnym panują warunki, w których dochodzi do gwałtownych zjawisk atmosferycznych, takich jak np. burze.

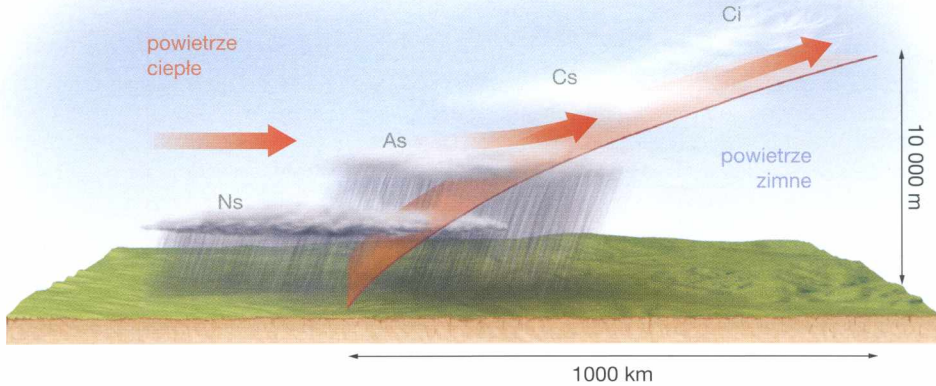
Chmury powstające na froncie chłodnym takie jak *Cumulonimbus* dają intensywne opady, którym towarzyszą wyładowania atmosferyczne.



Element pogody	Przed frontem	W czasie przechodzenia frontu	Po przejściu frontu
Ciśnienie atmosferyczne	obniża się	wzrasta	powoli wzrasta
Wiatr	wzrasta siła wiatru	wzrasta siła wiatru	silny, zmienia kierunek
Temperatura powietrza	obniża się	szybko się obniża	zmienia się nieznacznie lub powoli obniża się
Zachmurzenie nieba	bez zmian	pojawiają się chmury Ac lub As, potem Cb	mogą pojawić się chmury Cu lub Cb
Widoczność	ograniczona	ograniczona	poza strefą opadów dobra

Front ciepły

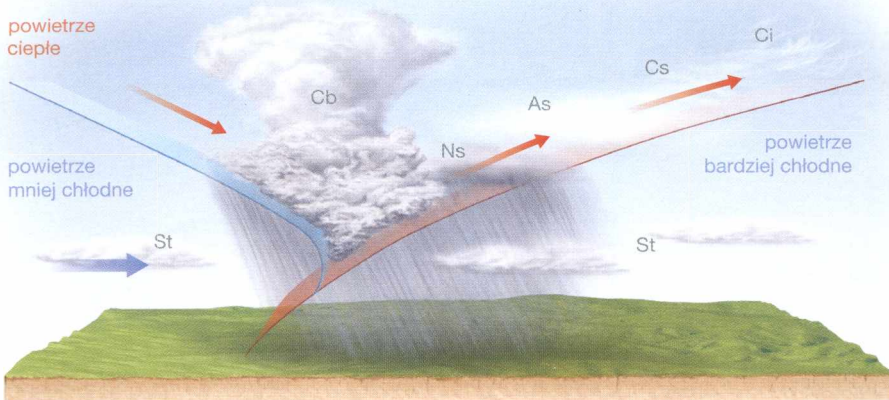
Front ciepły tworzy się wówczas, gdy nad obszar z zalegającym chłodnym powietrzem napływa powietrze cieplejsze. Jako lżejsze – wślizguje się ono na masę chłodną. Powietrze ciepłe ochładza się, a zawarta w nim para wodna ulega kondensacji. Tworzą się chmury warstwowo-deszczowe, dające długotrwałe opady.



Element pogody	Przed frontem	W czasie przechodzenia frontu	Po przejściu frontu
Ciśnienie atmosferyczne	obniża się	stałe	stałe lub obniża się
Wiatr	silny	chwilowo słabnie	kierunek i siła bez zmian
Temperatura powietrza	wzrasta lub bez zmian	powoli wzrasta	zmienia się nieznacznie
Zachmurzenie nieba	pojawiają się chmury Ci, Cs, As	występują niskie chmury Nb	występują chmury St lub Sc
Widoczność	poza strefą opadów bardzo dobra	ograniczona	ograniczona

Front zokludowany

Czasami dochodzi do sytuacji, w której przemieszczający się szybciej front chłodny dogoni front ciepły. Wówczas obydwa fronty nachodzą na siebie i następuje zetknięcie się dwóch chłodnych mas powietrza. Masa ciepła odrywa się od powierzchni i unosi się ponad powietrze chłodne. Takie zjawisko nosi nazwę okluzji, a front nazywany jest zokludowanym. Wiąże się z nim długotrwałe opady atmosferyczne, którym w ciepłej porze roku zazwyczaj towarzyszą burze.



Spojrzenie z bliska

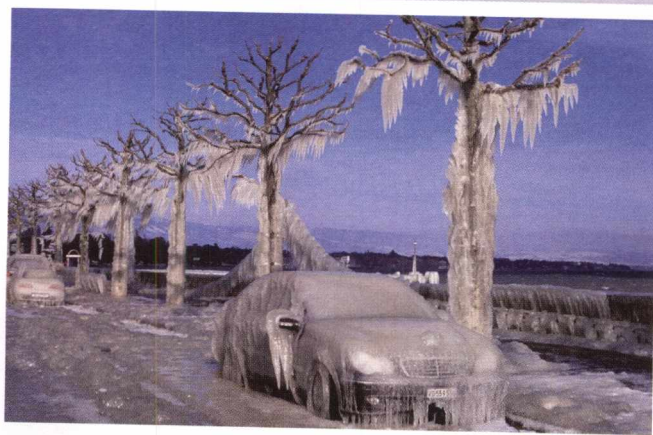
Versoix —



Gołoledź w Versoix

Versoix, małe szwajcarskie miasteczko położone nad Jeziorem Genewskim, często jest nawiedzane przez lokalny wiatr, tzw. *bise noire* ('czarny pocałunek'). Przynosi on zazwyczaj suchą, bezchmurną pogodę, jednak jesienią i zimą mogą mu towarzyszyć ciemne niskie chmury i wyładowania atmosferyczne. Prędkość *bise noire* dochodzi nawet do 100 km/h, ale zwykle jest dużo niższa. 28 stycznia 2005 roku przekroczyła w okolicy Versoix 90 km/h. Tak silny wiatr spowodował wdzieranie się fal na ląd. Krople wody z rozbijających się o brzeg fal osadzały się na przedmiotach i drzewach w pobliżu jeziora. Przy temperaturze powietrza wynoszącej ok. -11°C woda bardzo szybko zamarzała. W efekcie cały krajobraz okolic Versoix przekształcił się w bajkową, pokrytą gołoledzią krainę.

Efekt widoczny na fotografiach jest rzadkością. Może wystąpić tylko przy bardzo silnym wietrze oraz dużym mrozie.



Zadania

1. Podaj różnice między wilgotnością względną a wilgotnością bezwzględną powietrza.
2. Scharakteryzuj chmury piętra średniego.
3. Omów rozmieszczenie głównych mas powietrza oraz frontów atmosferycznych na Ziemi.
4. Opisz zjawiska towarzyszące ciepłym frontom atmosferycznym.
5. Wyjaśnij przyczyny występowania dużych sum opadów atmosferycznych w rejonie Archipelagu Malajskiego.

Kiedy mówisz: „Wczoraj nie było pogody”, wyrażasz się niezbyt ściśle. Niezależnie bowiem od tego, czy pogoda jest dobra czy zła, to jednak jest ona zawsze. Jesteś też w stanie w każdej chwili ją scharakteryzować, nawet na podstawie skromnych obserwacji, podając na przykład stopień zachmurzenia czy stwierdzając występowanie takich zjawisk, jak opady atmosferyczne lub wiatr. Specjalistyczne pomiary meteorologiczne pozwalają natomiast porównywać wartości poszczególnych elementów pogody zarówno w wybranym przedziale czasowym, jak i między dowolnymi miejscami na Ziemi.

Pogoda nazywamy chwilowy stan atmosfery w danym miejscu i czasie. Określa ją zespół elementów meteorologicznych, do których należą:

- ▶ temperatura powietrza,
- ▶ ciśnienie atmosferyczne,
- ▶ wiatr,
- ▶ wilgotność powietrza,
- ▶ nasłonecznienie,
- ▶ zachmurzenie,
- ▶ opady i osady atmosferyczne,
- ▶ inne zjawiska atmosferyczne, np. tęcza.

■ Podstawy prognozowania pogody

Prognozowaniem pogody zajmuje się dział meteorologii nazywany synoptyką. Podstawą zdobywania informacji o pogodzie są obserwacje i pomiary meteorologiczne, które prowadzi się m.in. na stacjach naziemnych, statkach meteorologicznych oraz za pomocą satelitów meteorologicznych.

Zasady obserwacji meteorologicznych są na całym świecie jednakowe. Określa je Światowa Organizacja Meteorologiczna WMO (ang. *World Meteorological Organization*), będąca wyspecjalizowaną agendą ONZ. W Polsce badaniem pogody zajmuje się Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW), dysponujący siecią pomiarową, w której skład wchodzi stacje oraz posterunki meteorologiczne.

Na stacjach meteorologicznych prowadzi się obserwacje i pomiary podstawowych elementów meteorologicznych, takich jak:

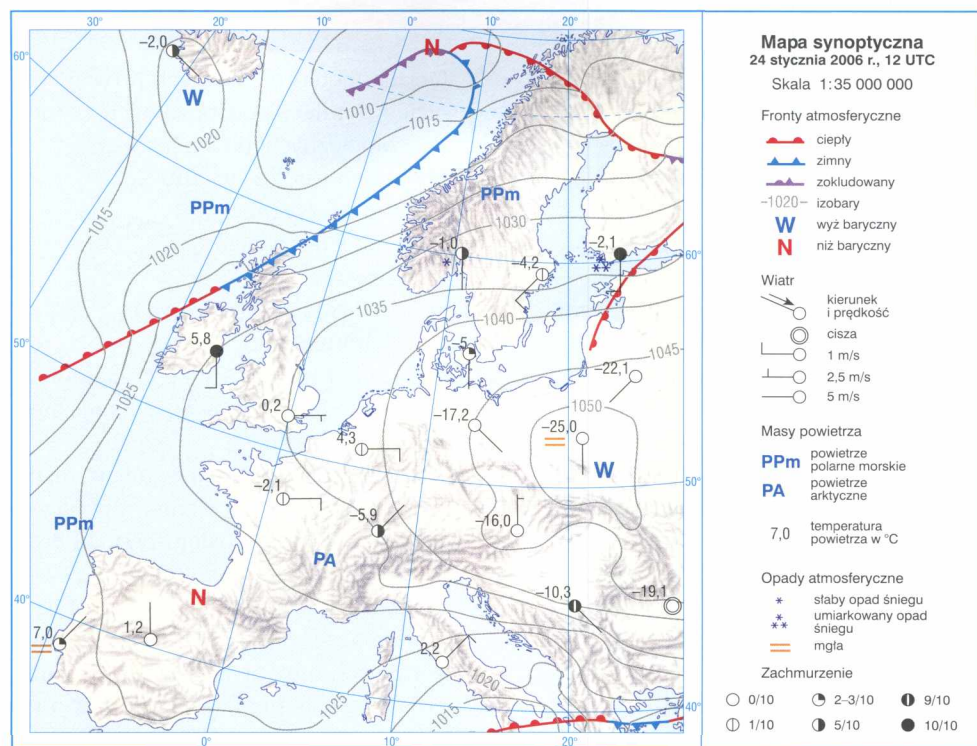
- ▶ temperatura powietrza i gruntu,
- ▶ ciśnienie atmosferyczne,
- ▶ kierunek i prędkość wiatru,
- ▶ wilgotność powietrza,
- ▶ wielkość opadów atmosferycznych,
- ▶ wielkość zachmurzenia,
- ▶ usłonecznienie rozumiane jako czas dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego do powierzchni Ziemi.

Z uwagi na potrzebę porównywania wyników, obserwacji poszczególnych elementów pogody dokonuje się co najmniej osiem razy na dobę, o stałych godzinach: 3.00, 6.00, 9.00, 12.00, 15.00, 18.00, 21.00 i 24.00 UTC. Na niektórych stacjach pomiarów dokonuje się co godzinę. Na posterunkach meteorologicznych pomiary wykonywane są trzy razy w ciągu doby, o godzinach 9.00, 15.00 i 21.00 UTC. Dane uzyskane na stacjach i posterunkach meteorologicznych przekazuje się do biur pogody. Następnie porównuje się je i przetwarza komputerowo według ustalonych modeli matematycznych.

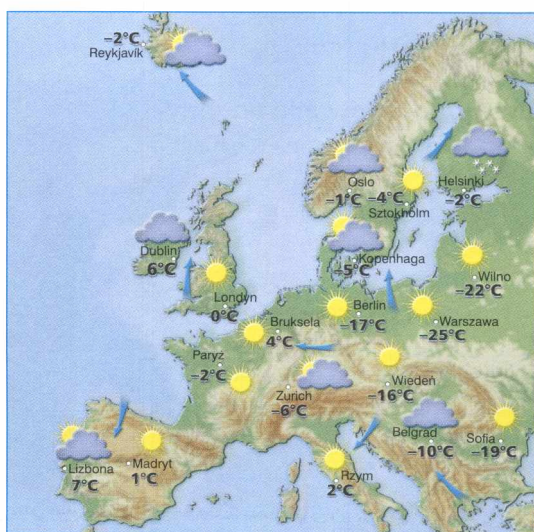


Ogródek meteorologiczny to płaski, ogrodzony, porośnięty trawą teren o wymiarach 15 x 15 m. Przyrządy do pomiaru temperatury i wilgotności powietrza oraz ciśnienia atmosferycznego znajdują się w klatce meteorologicznej umieszczonej na wysokości 2 m nad poziomem gruntu.

Mapa synoptyczna



Podstawą sporządzenia mapy synoptycznej, zwanej również mapą pogody, są systematyczne wyniki pomiarów poszczególnych elementów pogody, pochodzące z wielu stacji meteorologicznych. Na tego typu mapach przedstawia się informacje o układach barycznych, frontach atmosferycznych, temperaturze powietrza, kierunku i prędkości wiatru, zachmurzeniu, opadach atmosferycznych oraz innych zjawiskach meteorologicznych. Analiza mapy synoptycznej umożliwia prognozowanie pogody na najbliższy czas. Trafność prognozy zależy od dokładności mapy synoptycznej oraz wielkości obejmowanego przez nią obszaru. Dla przeciętnego człowieka, który nie jest specjalistą z dziedziny meteorologii, przygotowuje się mapy uproszczone. Zastosowane na nich oznaczenia są zrozumiałe dla większości ludzi nawet bez studiowania legendy mapy.



Uproszczona mapa pogody.

Informacje ze stacji naziemnych są uzupełniane danymi pochodzącymi z satelitów meteorologicznych. Zdjęcia satelitarne ukazują m.in. układy frontów atmosferycznych, zasięg mas powietrza lub pokrywy śnieżnej oraz stan zachmurzenia. Niektóre ze zdjęć służą do określenia temperatury powietrza, a nawet umożliwiają ocenę wysokości fal oceanicznych. Satelitem meteorologicznym najłatwiej jest śledzić powstające zagrożenia pogodowe, np. burze, tornada i cyklony, gdyż wykonują pomiary na bieżąco, zbierając dane z całej kuli ziemskiej.

■ Na czym polega prognozowanie pogody?

Prognozowanie pogody polega na odczytaniu z **mapy synoptycznej** informacji o stanie pogody oraz przewidywaniu jej dalszego przebiegu na podstawie wiedzy o procesach zachodzących w atmosferze.

Przewidywanie to opiera się na dwóch podstawowych elementach. Pierwszym z nich jest aktualny stan pogody, drugim – jak najpełniejsza informacja o warunkach pogodowych występujących w przeszłości. Mając bowiem precyzyjne dane o tym, jak dawniej zmieniała się pogoda w określonych warunkach, możemy zaryzykować stwierdzenie, że w identycznych warunkach wyjściowych rozwine się ona podobnie. Im więcej jest analogii do stanu pogody z przeszłości, tym dokładniejsze mogą być prognozy na przyszłość. Należy jednak pamiętać, że prognozowanie pogody opiera się na wielu podobnych zdarzeniach pogodowych z przeszłości, które przy identycznym stanie wyjściowym miały różny przebieg. Prognoza na przyszłość jest zatem stanem uśrednionym.

Do prognozowania pogody wykorzystuje się aktualne mapy synoptyczne, wiedzę synoptyków, zdjęcia satelitarne, dane meteorologiczne



Zdjęcia satelitarne pomagają prognozować pogodę na 72 godziny naprzód z taką samą sprawdzalnością, jaką miały prognozy sprzed 25 lat, sporządzane na okres 36 godzin.

z przeszłości oraz specjalne modele matematyczne, pozwalające na wykonanie map ukazujących przyszłe prawdopodobne stany pogody. Im bardziej prognoza wybiega w przyszłość, tym mniejszą ma sprawdzalność. Obecnie krótkoterminowe prognozy pogody (jedno-, dwu- i trzydniowe) sprawdzają się w około 90%, natomiast długoterminowe – maksymalnie w 60–70%.

Zmiany pogody możemy przewidywać również sami, dzięki obserwacjom otaczającej nas przyrody. Na przykład systematyczny spadek ciśnienia oznacza zbliżanie się niżu, a co za tym idzie – opady deszczu i silny wiatr. Natomiast systematyczny wzrost ciśnienia – naciąganie wyżu i poprawę pogody. Czerwonopomarańczowe niebo o zachodzie słońca czy wieczorne wzmaganie się wiatru zwiastują pogorszenie się pogody. Z kolei pionowa smuga dymu unosząca się z komina oznacza utrzymanie się lub nadejście dobrej pogody.

Zadania

1. Wyjaśnij, na czym polega prognozowanie pogody.
2. Podaj trzy przykłady zastosowania prognozy pogody w gospodarce.
3. Wymień cztery elementy, które charakteryzują ogródek meteorologiczny.
4. Porównaj uproszczoną mapę pogody z mapą synoptyczną. Zapisz podstawowe różnice.

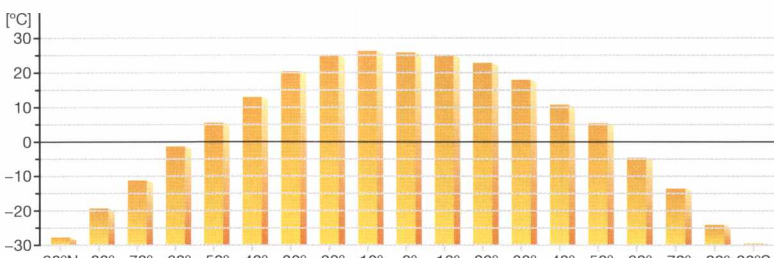
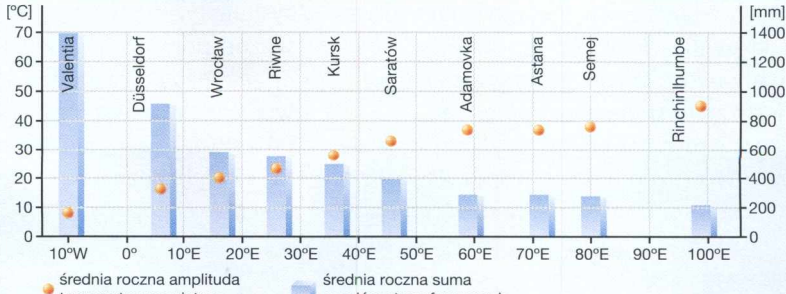
6

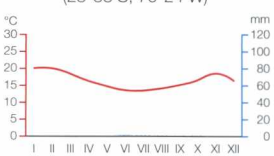
Klimaty kuli ziemskiej

Na naszej planecie funkcjonuje złożony system wzajemnie na siebie oddziałujących procesów. Wśród nich wyróżnia się obieg ciepła, krążenie wody oraz cyrkulacja mas powietrza. Mają one

wpływ na zróżnicowanie klimatyczne na Ziemi. Pośrednio na to zróżnicowanie wpływają także, oprócz szerokości geograficznej, astrefowe czynniki klimatotwórcze.

Czynniki kształtujące klimat

Czynniki klimatotwórcze	Wpływ czynników na procesy klimatotwórcze
strefowe	
Szerokość geograficzna	Czynnikiem decydującym o strefowości klimatycznej jest ilość energii słonecznej docierająca do powierzchni Ziemi, zależna od szerokości geograficznej. Wpływa ona m.in. na roczny rozkład temperatury powietrza, który jest jedną z najważniejszych cech pozwalających określać granice stref klimatycznych.  Średnie roczne wartości temperatury powietrza na wybranych równoleżnikach.
astrefowe	
Rozmieszczenie lądów i mórz	Powierzchnie lądowe i wodne nagrzewają się i ochładzają nierównomiernie. Prowadzi to do zróżnicowania temperatury mas powietrza kształtujących się nad nimi, a tym samym – do powstania ośrodków barycznych o różnym ciśnieniu. Różna jest także wilgotność powietrza. Kontynentalne masy powietrza są suchsze, z kolei masy formujące się nad morzami zawierają więcej wilgoci.  Wpływ lądów i mórz na wybrane dane klimatyczne wybranych stacji klimatycznych położonych w pobliżu równoleżnika 51°N.
Wysokość nad poziomem morza	Wraz ze wzrostem wysokości następuje spadek ciśnienia atmosferycznego oraz temperatury, a w efekcie – wzrost ilości opadów atmosferycznych.

Czynniki klimatotwórcze	Wpływ czynników na procesy klimatotwórcze	
Rzeźba terenu	Układ wielkich form rzeźby terenu wpływa na przemieszczanie się mas powietrza. Obszary nizinne umożliwiają swobodny przepływ mas powietrza, natomiast obszary górskie stanowią dla nich barierę, co powoduje m.in. zróżnicowanie ilości opadów atmosferycznych po obu stronach pasma górskiego. Na stokach dowiejtrnych suma opadów jest większa niż na stokach zawietrznych. Góry stanowią barierę dla przemieszczających się mas powietrza. Czasami po jednej stronie masywu górskiego panuje słoneczna i ciepła pogoda, a po drugiej występują opady i jest znacznie zimniej.	
Rodzaj i oddziaływanie prądów morskich	Masy powietrza kształtujące się nad ciepłymi prądami morskimi cechuje wyższa temperatura od mas powietrza, które je otaczają. Sprawia to, że gdy masy te napływają nad obszary lądowe umiarkowanych i wysokich szerokości geograficznych w chłodnej porze roku, wzrasta tam temperatura powietrza. Ciepłe prądy morskie przyczyniają się również do zwiększenia wilgotności powietrza, a tym samym – do wzrostu opadów atmosferycznych na obszarach będących w zasięgu ich oddziaływania. Natomiast zimne prądy morskie przyczyniają się do spadku temperatury powietrza oraz zmniejszenia sumy opadów atmosferycznych.	<i>Rio de Janeiro</i> (22°54'S, 43°11'W)  <i>Antofagasta</i> (23°38'S, 70°24'W)  Wyższa suma opadów atmosferycznych oraz wyższe wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza wskazują, że Rio de Janeiro leży w strefie oddziaływania ciepłego prądu morskiego.
Pokrycie terenu	Szata roślinna, pokrywa śnieżna i lodowa oraz zabudowa miejska modyfikują warunki klimatyczne. Na przykład lasy, w porównaniu z obszarami pozbawionymi roślinności, odznaczają się niższą temperaturą powietrza w lecie, a wyższą w zimie. Z kolei rozgrzana w lecie zabudowa miejska i nawierzchnie dróg powodują wzrost temperatury powietrza na terenach miejskich. Ze względu na materiały budowlane używane w miastach (beton, asfalt itp.) albedo tego obszaru jest bardzo niskie. Nawet 95% promieniowania krótkofalowego jest pochłaniane, co powoduje, że emitowana jest znaczna ilość ciepła.	

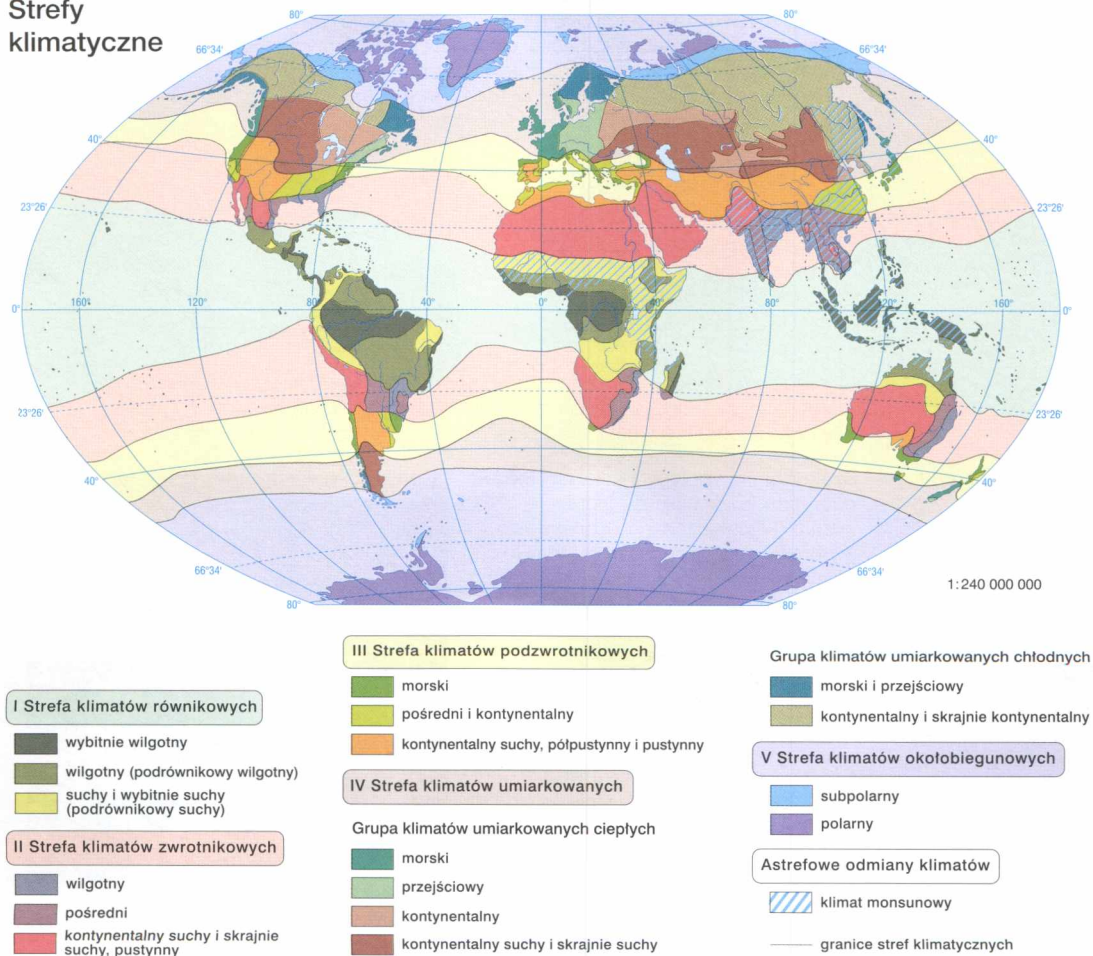
Strefy klimatyczne

Klimaty na kuli ziemskiej układają się strefowo, niemal równoległe do równika. Złożoność elementów kształtujących klimat oraz zależność od wielu czynników sprawiają, że wydzielenie stref klimatycznych jest zadaniem trudnym. Różnice w nazwach oraz przebiegu granic stref proponowanych przez różnych klimatologów są spowodowane przede wszystkim doбором odmiennych kryteriów klasyfikacji. W Polsce najczęściej stosuje się podział **Wincentego Okołowicza**, w którym uwzględnia się typ krajobrazu, wartość temperatury powietrza oraz ilość opadów atmosferycznych. Według klasyfikacji Okołowicza wyróżnia się aż 29 typów klimatów, a od równika ku biegunom rozciągają się następujące **strefy klimatyczne**:

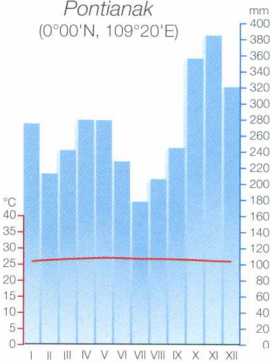
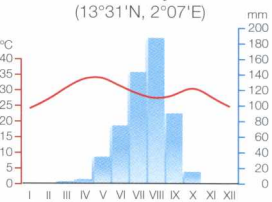
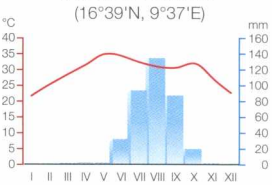
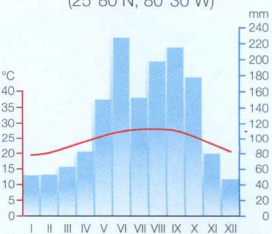
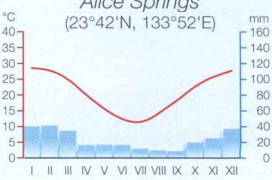
- ▶ jedna strefa równikowa,
- ▶ dwie strefy zwrotnikowe,
- ▶ dwie strefy podzwrotnikowe,
- ▶ dwie strefy umiarkowane,
- ▶ dwie strefy okołobiegunowe.

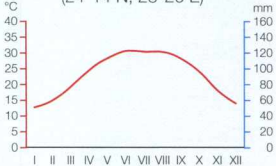
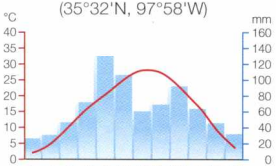
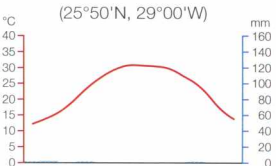
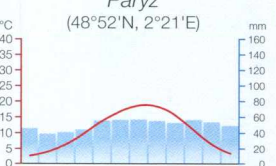
W poszczególnych strefach wyróżnia się klimat morski i kontynentalny. **Klimat morski** charakteryzują niewielkie dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza oraz duże, rozłożone równomiernie w ciągu roku opady atmosferyczne. Panujący we wnętrzach kontynentów **klimat kontynentalny** cechują natomiast duże dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza. Opady atmosferyczne są w tym klimacie zazwyczaj niewielkie i przypadają na miesiące letnie.

Strefy klimatyczne



Klasyfikacja klimatyczna

Nazwa strefy	Typ klimatu	Charakterystyka strefy	Przykładowe diagramy klimatyczne
STREFA KLIMATÓW RÓWNIKOWYCH	równikowy wybitnie wilgotny	• średnia roczna temperatura powietrza powyżej 20°C • roczna amplituda temperatury powietrza poniżej 5°C • roczna suma opadów atmosferycznych od 2000 do 3000 mm • brak wyraźnej pory deszczowej	<i>Pontianak</i> (0°00'N, 109°20'E) 
	podrównikowy wilgotny	• średnia roczna temperatura powietrza powyżej 20°C • roczna amplituda temperatury powietrza poniżej 5°C • roczna suma opadów atmosferycznych od 1000 do 2000 mm • jedna lub dwie pory deszczowe	<i>Niamey</i> (13°31'N, 2°07'E) 
	podrównikowy suchy	• roczna amplituda temperatury powietrza powyżej 10°C • roczna suma opadów atmosferycznych od 500 do 1000 mm • jedna pora deszczowa	<i>Aïoun el Atrouss</i> (16°39'N, 9°37'E) 
STREFA KLIMATÓW ZWROTNIKOWYCH	zwrotnikowy wilgotny	• temperatura powietrza w lecie powyżej 25°C, w zimie dochodzi do 20°C • roczna suma opadów atmosferycznych od 1000 do 2000 mm • opady głównie latem • w odmianie monsunowej suma opadów przekracza 2000 mm; najobfitsze opady są związane z monsunem letnim; zima jest sucha i ciepła	<i>Miami</i> (25°40'N, 80°30'W) 
	zwrotnikowy pośredni	• roczna suma opadów atmosferycznych od 300 do 1000 mm • wysokie dobowe amplitudy temperatury powietrza • duże nasłonecznienie	<i>Alice Springs</i> (23°42'N, 133°52'E) 

Nazwa strefy	Typ klimatu	Charakterystyka strefy	Przykładowe diagramy klimatyczne
STREFA KLIMATÓW ZWROTNIKOWYCH	zwrotnikowy skrajnie suchy	- wysokie dobowe amplitudy temperatury powietrza - opady występują sporadycznie lub wcale	<i>Kufra</i> (24°14'N, 23°20'E) 
	morski (śródlądowo-morski)	- średnia roczna temperatura powietrza powyżej 15°C - lato gorące, zima łagodna - roczna suma opadów atmosferycznych od 500 do 900 mm - opady deszczu głównie zimą	<i>Ateny</i> (37°90'N, 23°70'E) 
	pośredni i kontynentalny suchy	- duże dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza - lato bardzo gorące; zimą średnia miesięczna temperatura powietrza może spaść poniżej 0°C	<i>El Reno</i> (35°32'N, 97°58'W) 
STREFA KLIMATÓW PODZWROTNIKOWYCH	kontynentalny suchy	- duże dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza - zimą dobową temperaturę powietrza może spaść poniżej 0°C - niewielkie opady występują w okresie letnim lub całkowity brak opadów w ciągu roku	<i>Dakhla</i> (25°50'N, 29°00'W) 
	morski	- roczna amplituda temperatury powietrza poniżej 20°C - lato chłodne, zima łagodna - roczna suma opadów atmosferycznych od 600 do 1000 mm - opady całoroczne z przewagą jesienno-zimowych	<i>Paryż</i> (48°52'N, 2°21'E) 
	przejściowy	- duża zmienność stanów pogody w zależności od kierunku napływających mas powietrza - roczna amplituda temperatury powietrza do 25°C - opady całoroczne z przewagą w porze letniej, zimą śnieg	<i>Warszawa</i> (52°10'N, 21°02'E) 
STREFA KLIMATÓW UMIARKOWANYCH	Klimat umiarkowany ciepły		

Nazwa strefy	Typ klimatu	Charakterystyka strefy	Przykładowe diagramy klimatyczne
	kontynentalny	• roczna amplituda temperatury powietrza do 45°C • upalne lato i mroźna zima • niewielkie opady, głównie latem	<i>Erenhot</i> (43°39'N, 111°59'E)
STREFA KLIMATÓW UMIARKOWANYCH	morski	• roczna amplituda temperatury powietrza do ok. 15°C • lata chłodne, zimy łagodne • opady całoroczne z przewagą jesienno-zimowych, dochodzące do 1000 mm	<i>Trondheim</i> (63°20'N, 10°21'E)
	przejściowy	• duża zmienność stanów pogody w zależności od kierunku napływających mas powietrza • roczna amplituda temperatury powietrza powyżej 25°C • opady całoroczne z przewagą w porze letniej	<i>Joensuu</i> (62°36'N, 29°46'E)
	kontynentalny	• roczna amplituda temperatury powietrza ponad 45°C • lato krótkie i chłodne, zima długa i mroźna • roczna suma opadów atmosferycznych do 250 mm	<i>Jakuck</i> (62°02'N, 129°44'E)
STREFA KLIMATÓW OKOŁOBIEGUNOWYCH	podbiegunowy (subpolarny)	• średnia temperatura najcieplejszego miesiąca nieznacznie powyżej 0°C • roczna suma opadów atmosferycznych do 250 mm, opady głównie w postaci śniegu	<i>Godthab</i> (64°17'N, 51°70'W)
	biegunowy (polarny)	• średnia temperatura powietrza najcieplejszego miesiąca poniżej 0°C • roczna suma opadów atmosferycznych do 150 mm, opady wyłącznie w postaci śniegu lub brak opadów	<i>Amundsen–Scott</i> (90°00'S, 0°0'E)

Klimaty astrefowe

Na całej kuli ziemskiej, niezależnie od stref klimatycznych, występują klimaty astrefowe. Wśród nich wyróżnia się klimaty górski i monsunowy oraz klimat miejski.

Klimat górski charakteryzują:

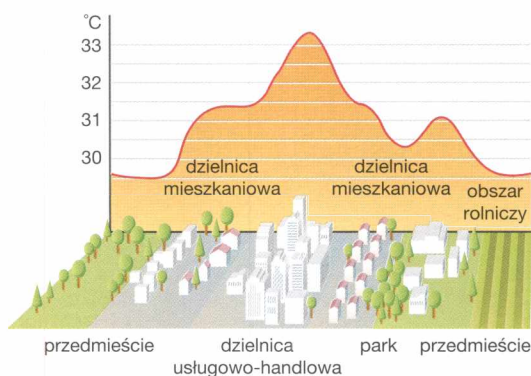
- ▶ spadek temperatury powietrza i ciśnienia atmosferycznego wraz z wysokością;
- ▶ wzrost opadów atmosferycznych do pewnej wysokości oraz wzrost średniej prędkości wiatru wraz ze wzrostem wysokości;
- ▶ wzrost natężenia promieniowania słonecznego wraz ze wzrostem wysokości;
- ▶ duża zmienność warunków pogodowych;
- ▶ duża zależność poszczególnych elementów pogodowych od ekspozycji stoków, układu dolin i grzbietów górskich;
- ▶ duża częstotliwość występowania zjawiska inwersji temperatury powietrza.

Specyfika warunków klimatycznych panujących w górach powoduje wykształcenie się **pięter klimatyczno-roślinnych**. Ich granice przebiegają na różnych wysokościach, w zależności od szerokości geograficznej. Na przykład w Tatrach górna granica lasu występuje na wysokości 1550 m n.p.m., natomiast w masywie Kilimandżaro – na wysokości 3500 m n.p.m.

Klimat monsunowy występuje wszędzie tam, gdzie istnieje cyrkulacja monsunowa. Charakteryzuje się regularną zmiennością w cyklu rocznym dwóch pór roku: ciepłej i chłodnej. W porze ciepłej nad oceanu napływa ciepłe i wilgotne powietrze (duża ilość opadów atmosferycznych), zaś w porze chłodnej monsun zimowy przynosi nad ląd powietrze suche i zimne (brak opadów).

Klimat miejski występuje na obszarach miejskich, które odznaczają się większym zanieczyszczeniem atmosfery gazami i pyłami niż ich otoczenie. W związku z tym masy powietrza zalegające nad tymi obszarami zawierają dużą ilość jąder kondensacji, zwiększających zachmurzenie i sumę opadów atmosferycznych. Na terenie wielkich miast powszechnie występuje zjawisko **miejskiej wyspy ciepła**. Polega ono na tym, że średnia roczna temperatura powietrza wewnątrz miasta jest wyższa niż na terenach podmiejskich. Do wzrostu temperatury przyczyniają się m.in.:

- ▶ sztuczna, betonowa powierzchnia (np. budynków, placów, ulic), która odznacza się szybką akumulacją energii słonecznej w ciągu dnia i wolnym oddawaniem zgromadzonego ciepła w nocy;
- ▶ emisja ciepła pochodzącego ze spalania paliw oraz z ogrzewanych zimą budynków;
- ▶ zanieczyszczenia atmosferyczne, które nocą utrudniają wypromieniowywanie ciepła.



Schemat występowania miejskiej wyspy ciepła.

Zadania

1. Wymień trzy czynniki klimatotwórcze. Wyjaśnij, w jaki sposób wpływają one na klimat danego obszaru.
2. Wyjaśnij, na czym polega strefowość klimatów na Ziemi.
3. Wskaż trzy różnice występujące między klimatem morskim a klimatem kontynentalnym.
4. Na podstawie map klimatycznych w atlasie geograficznym scharakteryzuj klimat następujących obszarów: Nizina Amazonki, Pustynia Libijska, półwysep Floryda, Półwysep Skandynawski, Islandia.

Klimat ulega zmianom w wyniku procesów naturalnych. Istnieje jednak przypuszczenie, potwierdzone przez wciąż rosnącą liczbę badań naukowych, że również działalność gospodarcza człowieka może wpływać na pewne zmiany, na przykład pogłębiać efekt cieplarniany. Atmosfera jest powłoką wrażliwą na zmiany, więc bardzo łatwo ulega zanieczyszczeniu. Najbardziej widocznymi efektami zmian w atmosferze są: ocieplanie się klimatu, zmniejszanie ilości ozonu w stratosferze (zjawisko tzw. **dziury ozonowej**), kwaśne opady i smog. Niektóre zmiany dotyczą niewielkiego obszaru, ale są też takie, które mają wpływ na całą planetę.

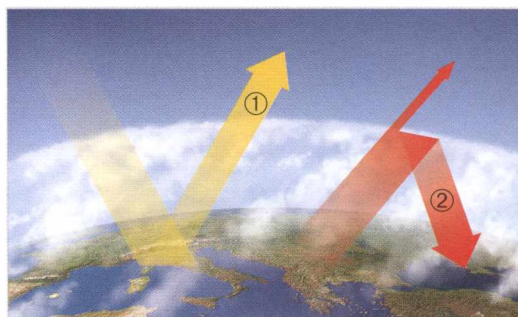
■ Efekt cieplarniany

Efekt cieplarniany, zwany również efektem szklarniowym, odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu warunków rozwoju życia na Ziemi. Gdyby nie naturalny efekt cieplarniany, rozwój ten w obecnej postaci nie byłby możliwy. Temperatura Ziemi wynosiłaby $-18,9^{\circ}\text{C}$, a świat byłby prawdopodobnie całkowicie pokryty lodem. Dzięki efektowi cieplarnianemu średnia temperatura na Ziemi wynosi ok. 15°C , czyli aż o ponad 33°C więcej, niż gdyby efekt ten nie występował.

Promienie słoneczne (promieniowanie krótkofalowe) przenikające przez atmosferę ogrzewają Ziemię. Ciepło (w postaci promieniowania długofalowego) unosi się, ale jest blokowane przez tzw. **gazy cieplarniane** i nie może uciec poza troposferę. Tym samym zostaje uwiecznione, co prowadzi do podwyższenia temperatury na Ziemi.

Czy wiesz, że...

Wśród gazów, które w istotny sposób przyczyniają się do powstania efektu cieplarnianego, największy udział mają: para wodna (prowadzi do wzrostu temperatury o 21°C), tlenek węgla(IV) – powoduje wzrost o 7°C – oraz ozon (wzrost o 2°C).

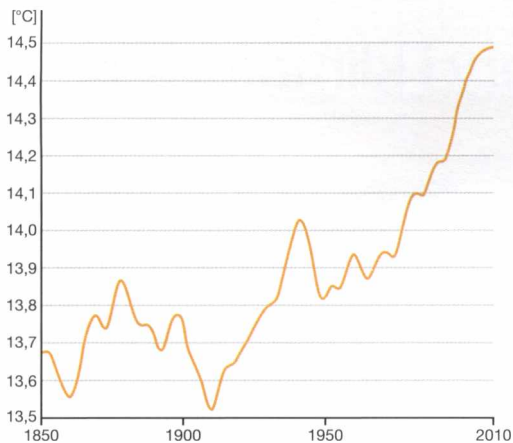


Schemat powstawania efektu cieplarnianego:

- ① promieniowanie krótkofalowe (słoneczne) swobodnie przenika przez atmosferę (ulegając bardzo nieznacznemu pochłonięciu i rozproszeniu oraz odbiciu od powierzchni Ziemi),
- ② promieniowanie długofalowe (ciepne) w większości zostaje zatrzymane przez tzw. gazy cieplarniane i w postaci promieniowania zwrotnego atmosfery oddziałuje z powrotem na powierzchnię Ziemi.

Podczas procesu spalania surowców energetycznych (węgla, ropy naftowej, drewna) zużywany jest tlen zawarty w powietrzu, powstaje natomiast tlenek węgla(IV) i uwalniana jest para wodna. Tlenek węgla(IV) i para wodna utrzymują się w troposferze i jako gazy cieplarniane przyczyniają się do wzrostu efektu cieplarnianego.

Zjawisko ocieplania się klimatu jest faktem. Średnia roczna temperatura na Ziemi wzrasta – pod koniec XIX w. wynosiła $13,7-13,8^{\circ}\text{C}$, w 2000 roku już $14,4^{\circ}\text{C}$, natomiast prognoza na rok 2100 przewiduje, że osiągnie ona wtedy wartość co najmniej 16°C . Skutkiem takiego wzrostu temperatury jest występowanie coraz częstszych anomalii pogodowych. Obserwacje naukowe wykazały, że w ciągu ostatnich 40 lat zawartość tlenku węgla(IV) w atmosferze wzrosła o 15%. Przyszłość pokaże, w jakim stopniu wpłynie to na ocieplenie klimatu na Ziemi. Wiadomo jednak, że efekt cieplarniany jest w obecnym czasie niemożliwy do odwrócenia – gazy, które zostały już wyemitowane do atmosfery, sięgną stratosfery w najbliższych latach.



Zmiany średniej rocznej temperatury powietrza na świecie.

Naturalne zmiany klimatu

Jednym z decydujących czynników kształtujących klimat Ziemi jest natężenie promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni naszej planety. Zmienia się ono cyklicznie w rytmie dobowym i rocznym. Zależy przede wszystkim od **odległości od Słońca** i od **nachylenia osi ziemskiej** względem ekliptyki, zmienia się więc wraz ze zmianami trajektorii ruchów Ziemi. Do ruchów tych zalicza się: **zmianę kształtu orbity**, **wahania nachylenia osi ziemskiej** oraz **precesję**. Te trzy ruchy, których cykle nakładają się na siebie, a trwają odpowiednio 92 tys., 40 tys. oraz 26 tys. lat, mają swoje skutki, obserwowane jako zmiany klimatu.

Wpływ ruchów Ziemi na zmiany klimatyczne w poszczególnych szerokościach geograficznych

Szerokość geograficzna	Wpływ ruchów Ziemi na zmiany klimatyczne
Strefa między-zwrotnikowa	największe znaczenie dla wahań klimatu ma zmiana kształtu orbity oraz precesja
Między 55° a 65°	wszystkie wymienione wyżej czynniki oddziałują równie silnie, powodując najbardziej skomplikowany przebieg zmian klimatu
Wysokie szerokości geograficzne	bardzo duże znaczenie klimatyczne mają tu zmiany nachylenia płaszczyzny równika względem płaszczyzny ekliptyki

Sezonowe zmiany natężenia promieniowania, spowodowane zjawiskiem precesji, są tym większe, im bardziej wydłużona jest elipsa orbity Ziemi. W związku ze zmianami kształtu orbity w przeszłości, sezonowe wahania napromieniania Ziemi mogły sięgać nawet 30% średniej wartości.

Zmiany orbity Ziemi w wyniku opisanych ruchów mogły w przeszłości powodować zmiany (nawet o kilkanaście stopni Celsjusza) średniej temperatury miesięcznej w różnych rejonach. Obniżenie temperatury wpływa na długość zalegania pokrywy śnieżnej, dzięki czemu następuje silniejsze odbijanie promieniowania. W rezultacie dochodzi do dalszego ochłodzenia, co z kolei prowadzi do powstawania zlodowaceń i okresów glacialnych.

Warstwa ozonowa

Ozon w **troposferze** występuje w niewielkich ilościach i jest silnie toksyczny. Niszczy aparaty oddechowe zwierząt i roślin. U ludzi drażni system oddechowy, a u roślin dodatkowo zakłóca proces fotosyntezy. W sposób naturalny ozon powstaje podczas wyładowań atmosferycznych oraz na skutek pożarów lasów. Tworzeniu się ozonu w troposferze sprzyja obecność tlenków azotu i węgla oraz innych związków chemicznych powstających w procesach produkcyjnych różnych gałęzi przemysłu. Większość troposferycznego ozonu stanowi tzw. smog fotochemiczny. Koncentracja ozonu w przyziemnych warstwach powietrza w XX wieku wzrosła dwu- – trzykrotnie.

Warstwa ozonowa w **stratosferze** pełni natomiast niezwykle pożyteczną funkcję. Pochłania bowiem szkodliwe dla organizmów żyjących na Ziemi docierające ze Słońca promieniowanie ultrafioletowe. Pochłanianie polega na reakcji rozszczepienia cząsteczki ozonu na tlen i rodnik tlenowy. Jest to odwrócenie reakcji syntezy ozonu, która zachodzi stale i polega na tworzeniu trójatomowego tlenu z cząsteczek dwuatomowych pod wpływem promieniowania ultrafioletowego. Obecnie największa koncentracja ozonu w stratosferze występuje w strefie między 20 a 30 km.

Niszczenie warstwy ozonowej

W przeciwieństwie do rosnącej koncentracji ozonu w troposferze, od połowy lat 70. w stratosferze następuje zmniejszanie się zawartości ozonu. Ubytki te następują przede wszystkim w strefach polarnych, zwłaszcza na półkuli południowej, na południe od równoleżnika 55°.

Całkowita zawartość ozonu nad Antarktydą maleje okresowo nawet do 110 DU, natomiast wiosną w samej ozonosferze ozon zanika niemal całkowicie. Warstwa ozonu jest dziś zniszczona już niemal w 60% i prawdopodobnie będzie ulegała dalszemu uszkodzaniu. Nawet błyskawiczne podjęcie działań zapobiegawczych może dać pozytywne efekty dopiero po 15 latach. Natomiast pełna odbudowa warstwy ozonowej może nastąpić nie szybciej niż do roku 2100.

Za niszczenie ozonu w stratosferze są odpowiedzialne głównie związki węgla, chloru, bromu i fluoru, zwane **freonami** i **halonami**. Jako lekkie związki przedostają się one do stratosfery, gdzie ulegają rozkładowi pod wpływem promieniowania ultrafioletowego. Chlor i fluor uwalniane podczas tego rozkładu wchodzi w reakcję z ozonem (O_3), co powoduje jego rozpad (jedna cząsteczka chloru jest w stanie zniszczyć nawet 100 tys. cząsteczek ozonu).

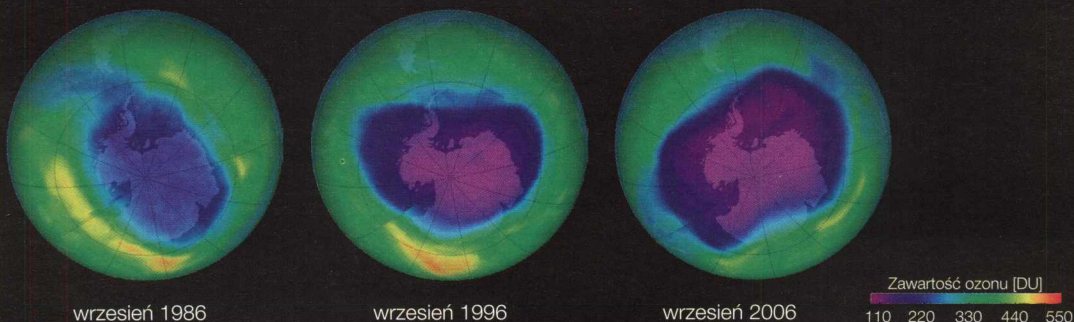


Dziura ozonowa jest szczególnie niebezpieczna dla osób opalających się. Może prowadzić do zwiększenia ryzyka zachorowalności na raka skóry.

Zwiększone przenikanie promieniowania ultrafioletowego do powierzchni Ziemi prowadzi do wzrostu liczby zachorowań na raka skóry oraz do wypadków zaćmy zarówno u ludzi, jak i u zwierząt. Nadmierne promieniowanie UV niekorzystnie działa na wzrost roślin i zwierząt oraz ogranicza rozwój fitoplanktonu, co z kolei wpływa na funkcjonowanie ekosystemów lądowych i wodnych. Uszczuplenie warstwy ozonowej prowadzi do zmniejszenia pochłaniania promieniowania w stratosferze. W rezultacie następuje ochłodzenie tej warstwy atmosfery, co może mieć poważne konsekwencje dla całego systemu klimatycznego na Ziemi.

Dziura ozonowa

Nad obszarami biegunowymi od wielu lat obserwuje się niedobory koncentracji ozonu w stratosferze. Zawartość ozonu mierzy się jednostką Dobsona (DU, ang. *Dobson Unit*). 1 DU odpowiada warstwie ozonu o grubości 0,01 mm, gdyby zgromadzona była przy powierzchni Ziemi. Niekiedy podaje się również stężenie ozonu w atmosferze. Mierzone jest ono liczbą cząstek O_3/cm^3 . W ozonosferze średnia gęstość ozonu waha się między 10^{10} a 10^{11} cząstek na cm^3 .



Spojrzenie z bliska

Ateny



Atak śnieżnej zimy w Atenach

Grecja leży w zasięgu klimatu śródziemnomorskiego, który odznacza się łagodnymi zimami i małą ilością (bądź całkowitym brakiem) opadów śniegu. W okresie zimowym jest ona jednym z najcieplejszych miejsc w Europie. Poza górami rzadko zdarza się, aby temperatura spadła tam poniżej 0°C. W stolicy kraju – Atenach – średnia temperatura powietrza dla stycznia wynosi +10,2°C, a dla lutego +10,8°C. Nie oznacza to jednak, że każdego roku we wszystkie dni zimowych miesięcy jest ciepło. Zdarza się bowiem, że Ateny przeżywają atak śnieżnej i mroźnej zimy. W ostatnich latach takie gwałtowne, choć krótkotrwałe ataki również występowały. Najsilniejszy z nich nastąpił 13 lutego 2004 roku. Temperatura spadła do -10,1°C i była bliska rekordu wynoszącego -10,4°C. Masy chłodnego i mroźnego powietrza polarnego morskiego napłynęły na początku drugiej dekady lutego nad cały Półwysep Bałkański. W Grecji poza falą niespotykanych mrozów przyniosły też opady śniegu. Porywisty wiatr powodował zamiecie śnieżne. Po ustaniu opadów wiele miast jeszcze przez kilka dni pokrywała warstwa śniegu.

Niecodzienny widok – Akropol przykryty śniegiem.



Przymrozki i opady śniegu w strefie podzwrotnikowej mogą w rolnictwie spowodować niemal katastrofę.

Zadania

1. Wyjaśnij, na czym polegają zmiany klimatu na Ziemi oraz czym są powodowane.
2. Opisz, w jaki sposób człowiek może wpłynąć na zahamowanie niekorzystnych zmian w atmosferze.
3. Omów przyczyny i skutki powstawania dziury ozonowej.
4. Wyjaśnij, jakie znaczenie dla życia ludzi na Ziemi ma ozonosfera. Opisz, jakie byłyby skutki braku tej warstwy.

8

Ekstremalne zjawiska atmosferyczne i ich skutki

Jednym z przejawów zmian klimatu są nasilające się lub występujące częściej niż zwykle ekstremalne zjawiska atmosferyczne. Najniebezpieczniejszymi zjawiskami meteorologicznymi w Polsce są burze oraz niewielkie trąby powietrzne. Chociaż wyrządzają one wiele szkód, to jednak nie mają tak ogromnej i niszczytel-skiej siły, jaką odznaczają się podobne zjawiska atmosferyczne w innych częściach świata. Według statystyk z ostatnich 50 lat, sporządzonej przez firmy ubezpieczeniowe, klęski żywiołowe na świecie wywołane zjawiskami pogodowymi i warunkami klimatycznymi spowodowały **straty w wysokości ok. biliona dolarów amerykańskich**. Większość ze strat odnotowano w ostatnich dekadach. Tylko w ciągu ubiegłego 10-lecia liczba klęsk żywiołowych spowodowanych zjawiskami hydrometeorologicznymi podwoiła się. Wśród ekstremalnych zjawisk atmosferycznych na szczególną uwagę zasługują **cyklony tropikalne** i **tornado**. Pojawiają się one sporadycznie i są krótkotrwałe, ale odznaczają się katastrofalną siłą niszczącą i są trudne do przewidzenia. Ich pojawianie się ma związek z intensywnymi prądami wznoszącymi (konwekcja termiczna).

■ Tornado

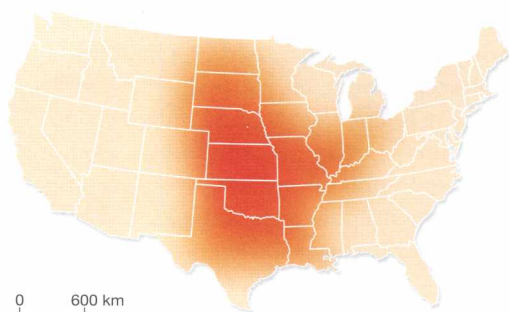
Mianem tornad określa się **trąby powietrzne** występujące w Ameryce Północnej. Tornado to wir powietrza mający postać leja połączonego szerszym końcem z chmurą burzową. Jego średnica nie przekracza kilkuset metrów. Różnica ciśnienia między centrum a skrajem wiru dochodzi do 100–200 hPa, dlatego zjawisku temu towarzyszy bardzo silny wiatr.

Najwięcej tornad powstaje w Stanach Zjednoczonych Ameryki – średnio ok. tysiąca rocznie. Większość z nich tworzy się nad Wielkimi Równinami, w pasie o szerokości ok. 650 km, ciągnącym się od stanu Teksas na południu do stanu Południowa Dakota na północy, zwanym



W centrum tornada prędkość wiatru może przekroczyć nawet 400 km/h, powodując ofiary w ludziach i ogromne straty materialne. Na szczęście tornado o takiej prędkości wiatru występują rzadko.

Aleja Tornad. W regionie tym dochodzi do ze-
tknięcia ciepłych i wilgotnych mas powietrza
zwrotnikowego napływającego z Zatoki
Meksykańskiej z chłodnym i suchym powie-
trzem docierającym z Gór Skalistych. Najwięk-
sze różnice temperatury między tymi masami po-
wietrza występują w okresie od marca do lipca,
dlatego tornado pojawiają się wtedy najczęściej.



Aleja Tornad.

Tornada można sklasyfikować np. ze względu na poziom ich intensywności. Dokonuje się tego za pomocą skali EF, według której ocenia się poziom intensywności tornad na podstawie prędkości wiatru oraz dokonanych przez nie zniszczeń zabudowy.

Skala EF

Kategoria tornada	Prędkość wiatru [km/h]	Zniszczenia
F0	64–116	Lekkie zniszczenia, np. połamane gałęzie drzew, uszkodzone znaki drogowe.
F1	117–180	Umiarkowane zniszczenia, np. przewrócone przyczepy kempingowe.
F2	181–253	Znaczne zniszczenia, np. zerwane dachy domów, strasane duże drzewa.
F3	254–332	Ciężkie zniszczenia, np. wyrócone pociągi, wyrzucone na odległość ciężkie samochody.
F4	333–418	Druzgocące zniszczenia, np. budynki o mocnej konstrukcji zrównane z ziemią, samochody zamieniają się w latające pociski.
F5	419–512	Nieprawdopodobne zniszczenia, np. budynki podniesione z fundamentów.

■ Cyklony tropikalne

Cyklony tropikalne to **ośrodki bardzo niskiego ciśnienia**, tworzące się w ciepłych i wilgotnych masach powietrza. Powstają one w strefie międzyzwrotnikowej, wyłącznie nad oceanami, kiedy temperatura wody jest wyższa od temperatury powietrza (i przekracza 25°C). Cyklony przemieszczają się, skręcając pod wpływem siły Coriolisa na północny-zachód i północ na półkuli północnej oraz na południowy-zachód i południe na półkuli południowej. Ogromna różnica ciśnienia pomiędzy środkiem a skrajem wiru, dochodząca nawet do kilkudziesięciu hPa, powoduje powstanie bardzo silnego wiatru. Cyklony tropikalne przemieszczają się z prędkością 10–40 km/h, a po dotarciu nad ląd lub chłodne morze dość szybko zanikają.

Budowa cyklonu tropikalnego

Cyklony przypominają olbrzymie, rozbudowane w pionie wiry. Środek wiru zajmuje oko cyklonu o średnicy ok. 20–30 km, w którym panuje bardzo niskie ciśnienie (poniżej 960 hPa), wieje bardzo słaby wiatr, a niebo jest prawie bezchmurne. Wokół oka cyklonu występuje strefa potężnych chmur kłębiastych, którym towarzyszą burze i gwałtowne ulewę oraz bardzo silny wiatr stały, osiągający prędkości przekraczające nawet 250 km/h.

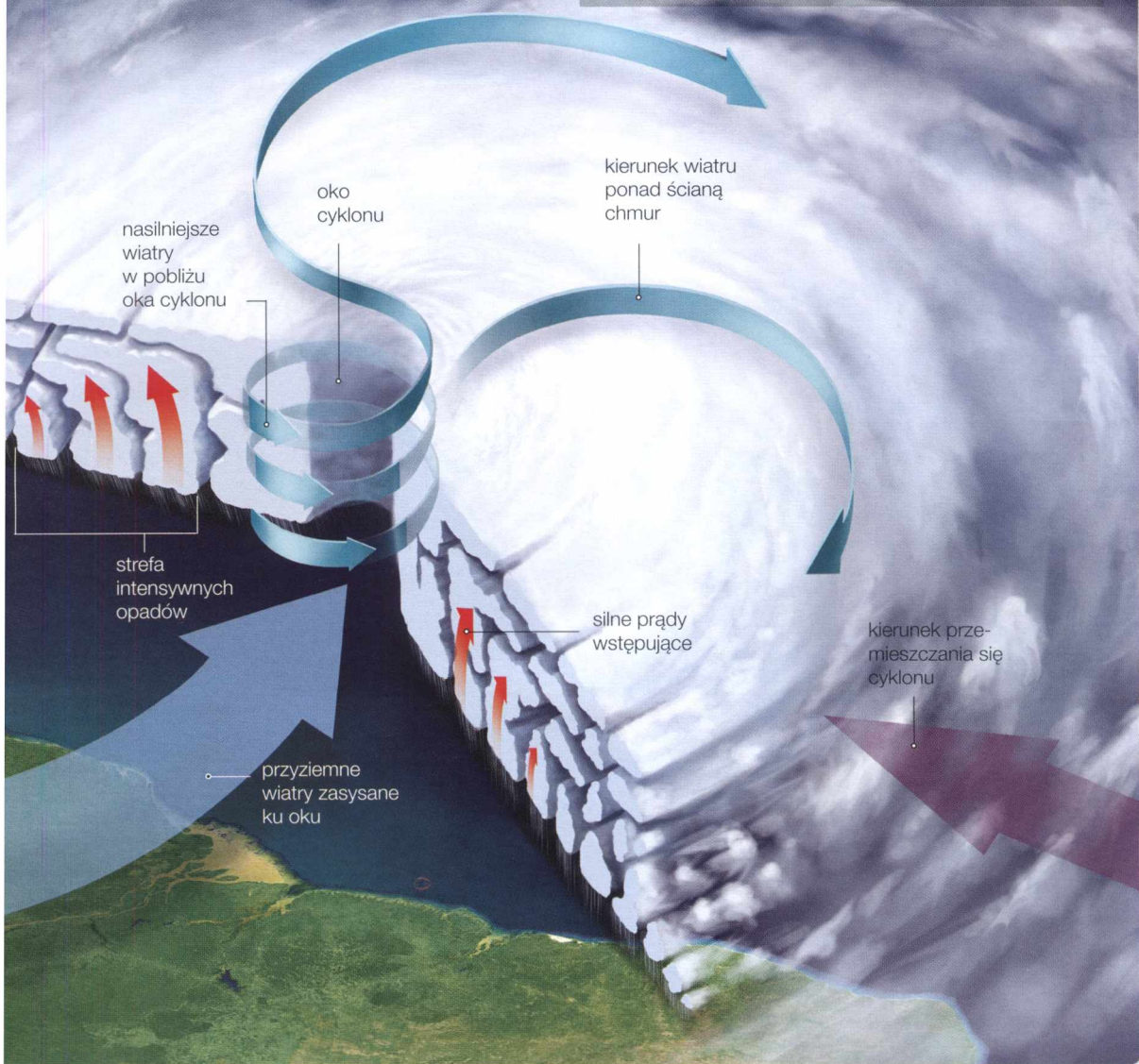
W celu klasyfikacji cyklonów w Ameryce Północnej opracowano **skalę Saffira-Simpsona**. Jest ona oparta na następujących kryteriach: prędkość wiatru stałego, wysokość fali powodziowej, ciśnienie w centrum układu, potencjalne zniszczenia oraz przykładowe sztormy o podobnej sile. Na tej podstawie wydzielono pięć klas huraganów.

Lokalne nazwy cyklonów:

- w Ameryce Środkowej i Północnej są to **huragany**;
- w południowo-wschodniej i wschodniej Azji – **tajfuny**;
- w Indiach – **cyklony**;
- w północno-wschodniej Australii – **willy-willy**.



Cyklony tropikalne powodują ogromne zniszczenia zwłaszcza na obszarach nadmorskich. Wysokie fale wdzierają się na ląd i wraz z intensywnymi opadami deszczu przyczyniają się do występowania powodzi, jak np. w Nowym Orleanie.



Spojrzenie z bliska

Luizjana



Huragan Katrina

Jednym z najsilniejszych i najbardziej niszczycielskich cyklonów w historii był huragan Katrina. 23 sierpnia 2005 roku na pd.-wsch. od wysp Bahama nad ciepłymi wodami oceanicznymi utworzył się tropikalny niż. Następnego dnia o świcie meteorolodzy uznali, że jest to cyklon i nadali mu imię Katrina. W kolejnych dniach huragan przemieścił się nad Florydę, a 26 sierpnia wkroczył nad Zatokę Meksykańską. Trasa Katriny pokryła się z bardzo ciepłymi wodami Prądu Zatokowego, co dodatkowo wzmacniło siłę cyklonu. Błyskawicznie wzrosła siła wiatru (maksymalnie do 280 km/h), a ciśnienie w oku cyklonu spadło do 902 hPa. W swoim apogeum huragan miał średnicę 650 km, a średnica oka cyklonu wynosiła ok. 40 km.

Gdy huragan dotarł do wybrzeży Luizjany, jego siła osłabła, ale wiatr nadal szalał z prędkością do 200 km/h. Zniszczenia, jakie przyniósł cyklon, były ogromne. Zarządzono masową ewakuację setek tysięcy osób. Największe straty spowodowały fale, które na morzu osiągały 11 metrów wysokości. Przerwały one wały chroniące Nowy Orlean. Około 80% powierzchni miasta znalazło się pod wodą. Cyklon zanikł 30 sierpnia w środkowej części Stanów Zjednoczonych w stanie Kentucky, jednak dalej w kierunku północnym wędrowała strefa opadów i silniejszych wiatrów. 1 września dotarła ona do pd.-wsch. Kanady, gdzie zarejestrowano opad w wysokości około 100 mm.

Katrina w liczbach:

Liczba zabitych	1836
Liczba zaginionych	ponad 700
Powierzchnia zniszczonego obszaru	235 tys. km ²
Straty materialne	90–100 mld USD

W wyniku huraganu ucierpiały stany: Luizjana, Missisipi oraz Alabama.



Susze i ich skutki

Susze powstają w wyniku przedłużania się okresów bezopadowych i doprowadzają m.in. do przesuszenia gleby, zmniejszenia plonów, zniszczenia upraw roślin, zmniejszenia zasobów wody pitnej oraz zwiększenia ryzyka wybuchu katastrofalnych pożarów. Najczęściej susze występują na obrzeżach pustyń i półpustyń, na przykład w strefie Sahelu, rozciągającej się od południowych obrzeży Sahary na północy po strefę sawann na południu.

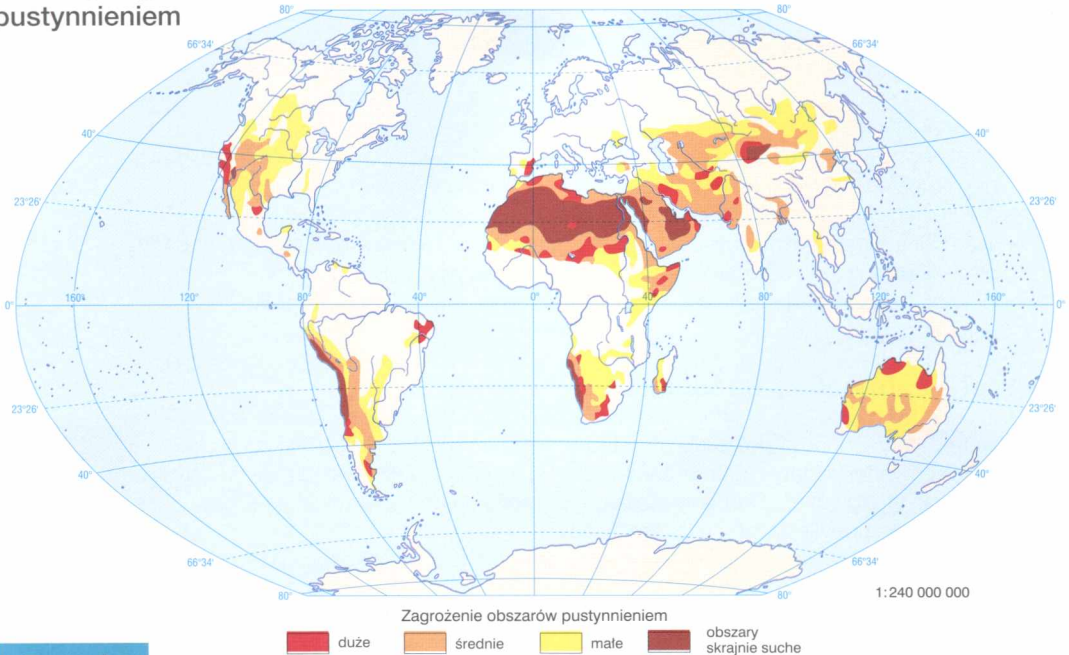
Długotrwałe susze oraz działalność człowieka przyczyniają się do występowania **zjawiska pustynnienia** polegającego na degradacji gleb. Karczowanie lasów, zaorywanie stepów, nadmierny wypas bydła, górnictwo, a także intensyfikacja rolnictwa powodują, że pustynie pochłaniają rocznie powierzchnię ok. 6 mln ha. Problem ten występuje w niemal 60 krajach zamieszkałych przez ponad miliard ludzi.



W wielu regionach świata susze są główną przyczyną klęsk głodu, epidemii różnych chorób oraz śmierci tysięcy osób.

Obszarami szczególnie narażonymi na pustynnienie są, poza Sahelem oraz północnymi krańcami Sahary, kontynentalne fragmenty terytorium Chin, znaczna powierzchnia Australii, a także środkowo-zachodnia część Ameryki Północnej. W mniejszym stopniu pustynnienie zagraża krajom Ameryki Południowej.

Obszary zagrożone pustynnieniem



Zadania

1. Wymień przyczyny powstawania cyklonów tropikalnych.
2. Podaj przykłady skutków ekstremalnych zjawisk atmosferycznych.
- *3. Na podstawie dostępnych źródeł podaj przykłady działalności człowieka mającej na celu przeciwdziałanie pustynnieniu.

Interakcje

Wpływ atmosfery na inne sfery Ziemi

Wpływ atmosfery na hydrosferę

- Wody z atmosfery po dotarciu na Ziemię biorą udział w procesach hydrologicznych, spływając po gruncie lub w niego wsiąkając.
- Temperatura powietrza wpływa bezpośrednio na stan skupienia wody. Decyduje również o obiegu wody w przyrodzie. W atmosferze odbywa się część obiegu. Jego specyfika w warunkach regionalnych wpływa na zasoby wodne danego obszaru.
- Wysokość temperatury powietrza decyduje o występowaniu wieloletniej zmarzliny oraz zlodzeniu wód powierzchniowych i podziemnych. Wielkość opadów oraz temperatura powietrza są głównymi elementami warunkującymi istnienie lodowców i lądolodów.
- Wielkość opadów atmosferycznych i temperatura mają znaczenie w zasilaniu wód podziemnych i powierzchniowych.

Wpływ atmosfery na litosferę

- Typ klimatu warunkuje rodzaj i natężenie procesów morfologicznych zmieniających litosferę. Głównie dotyczy to procesów niszczących. Szczególnie silne procesy wietrzenia fizycznego występują w klimacie o wysokiej amplitudzie temperatury powietrza. W klimatach wilgotnych i ciepłych dominuje wietrzenie chemiczne.
- W klimatach chłodnych tworzą się lodowce, które silnie modyfikują rzeźbę terenu.
- Obfite opady, zwłaszcza na obszarach pozbawionych roślinności, mają wystarczającą siłę do tego, aby niszczyć podłoże skalne (zwłaszcza w skałach miękkich). Przyspieszają też procesy stokowe.

Wpływ atmosfery na pedosferę

- Strefowość klimatyczna silnie wpływa na strefowość glebową. Podobne zróżnicowanie atmosfery (termiczne i wilgotnościowe) w układzie pionowym prowadzi do zróżnicowania szaty glebowej i występowania piętrowości glebowej.
- Warunki atmosferyczne są jednym z elementów glebotwórczych. Nadmierne opady oraz silne wiatry przyczyniają się do niszczenia pokrywy glebowej.
- Ujemna temperatura przyczynia się do zamarzania zewnętrznej części litosfery, w tym pokrywy glebowej.

Wpływ atmosfery na biosferę

- Zwierzęta i rośliny czerpią tlen i tlenek węgla(IV) oraz inne związki chemiczne z atmosfery. Ponadto pobierają stamtąd energię słoneczną niezbędną do życia.
- Zróżnicowanie klimatyczne ma decydujący wpływ na zróżnicowanie roślinne (występowanie strefowości). Odmiany klimatu (np. morska i kontynentalna) są także czynnikami modyfikującymi układ roślinności.
- W wyniku obniżania się temperatury (wraz ze wzrostem wysokości n.p.m.) na obszarach górskich występuje zjawisko piętrowości.
- Silne i regularne wiatry potrafią modyfikować wygląd i układ pojedynczych drzew albo całych formacji roślinnych. Jest to specyficzne np. dla obszarów nadmorskich, gdzie przeważają częste jednokierunkowe wiatry. Korony drzew są znacznie przekrzywione i nachylone zgodnie z kierunkiem przeważających wiatrów.
- Obfite opady i groźne zjawiska atmosferyczne (m.in. burze, cyklony, silne wiatry, nawalne opady śniegu) przyczyniają się do niszczenia pokrywy roślinnej. Szczególnym przypadkiem zniszczeń wywołanych czynnikami atmosferycznymi są wiatrolomy oraz śniegolomy, czyli obszary zniszczeń lasów.

Zamiast repetytorium

- **Atmosfera** to powłoka Ziemi stanowiąca mieszaninę gazów zwaną powietrzem. W powietrzu atmosferycznym występują składniki stałe, składniki zmienne oraz aerozole atmosferyczne.
- **Składniki stałe** to głównie azot, tlen i argon oraz w śladowych ilościach neon, hel, krypton i wodór.
- Do **zmiennych składników** atmosfery (ulegających zmianom stężenia w czasie i przestrzeni) należą m.in. para wodna, tlenek węgla(IV) oraz ozon.
- **Aerozole atmosferyczne** to substancje ciekłe i stałe będące domieszkami powietrza atmosferycznego. Są to: pyłki roślin, bakterie, popioły, kryształki soli morskiej, sadza itp.
- Atmosfera jest najważniejszą powłoką ochronną Ziemi. Zabezpiecza naszą planetę przed szkodliwym **promieniowaniem kosmicznym**, chroni ją przed meteoroidami oraz przed nadmiernym wypromieniowaniem ciepła z powierzchni Ziemi.
- Ziemia jest otoczona przez ogromne pole magnetyczne – **magnetosferę**, którego źródłem są ruchy płynnej materii budującej jądro Ziemi oraz ruchy wykonywane przez naszą planetę.
- **Zorza polarna** to zjawisko świetlne widoczne jako świecenie się górnych warstw atmosfery. Obserwuje się je głównie w okresie zimowym w wysokich szerokościach geograficznych.
- Wyróżnia się pięć głównych warstw atmosfery: **troposferę, stratosferę, mezosferę, termosferę** oraz **egzosferę**. Są one oddzielone od siebie cienkimi warstwami przejściowymi: **tropopauzą, stratopauzą i mezopauzą**.
- Głównym źródłem energii cieplnej na Ziemi jest **promieniowanie słoneczne**.
- Do powierzchni kuli ziemskiej dociera **promieniowanie bezpośrednie** oraz **promieniowanie rozproszone**.
- Ilość promieniowania bezpośredniego zależy m.in. od kąta padania promieni słonecznych, długości dnia, wysokości bezwzględnej, ekspozycji i nachylenia stoków, pokrycia terenu oraz zawartości pary wodnej i aerozoli w powietrzu.
- Najważniejszymi procesami wymiany ciepła są: **turbulencja, konwekcja, adwekcja, procesy adiabatyczne, przemiany fazowe wody oraz radiacja**.
- Temperatura powietrza jest własnością fizyczną określającą stopień nagrzania atmosfery.
- Do głównych czynników wpływających na przestrzenne zróżnicowanie temperatury powietrza na kuli ziemskiej należą: szerokość geograficzna, wysokość nad poziomem morza, rzeźba terenu, odległość od mórz i oceanów oraz prądy morskie.
- **Inwersja termiczna** to sytuacja, kiedy w wyższych warstwach atmosfery temperatura powietrza jest wyższa niż w warstwach położonych niżej.
- Stosunek promieniowania odbitego do promieniowania docierającego do danej powierzchni jest określany jako **albedo**. Albedo śniegu wynosi ok. 95%, natomiast albedo asfaltu – ok. 5%.
- Różnicę między maksymalną a minimalną wartością temperatury powietrza w ciągu doby określa się mianem **dobowej amplitudy temperatury powietrza**.
- **Ciśnienie atmosferyczne** to siła, z jaką słup powietrza naciska na jednostkę powierzchni Ziemi. Wartość ciśnienia mierzy się w hektopaskalach (hPa), przy czym 1 hPa jest równy naciskowi 100 N/m² powierzchni.
- Linie łączące na mapie punkty o jednakowej wartości ciśnienia atmosferycznego to **izobary**.
- **Wyż baryczny** (antycyklon) to układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie atmosferyczne wzrasta w kierunku środka układu. Najwyższą wartość ciśnienia osiąga więc w centrum układu.
- **Niż baryczny** (cyklon) to układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie atmosferyczne maleje w kierunku środka układu. W centrum tego układu wartość ciśnienia jest zatem najniższa.
- Powietrze, znajdując się w nieustannym ruchu, przemieszcza się w różnych kierunkach: poziomo (jako wiatr), pionowo (konwekcja) lub nieregularnie (turbulencja).

- **Wiatr** jest to poziomy ruch powietrza w dolnej warstwie troposfery wywołany różnicą ciśnienia atmosferycznego.
- **Konwekcja** to pionowy ruch powietrza atmosferycznego powodowany różnicą gęstości powietrza wynikającą z jego nagrzewania się.
- **Turbulencja** to chaotyczny ruch powietrza na niewielkim obszarze. Powstaje zazwyczaj wtedy, gdy przemieszczające się powietrze napotka na swojej drodze niewielkie wzniesienia lub bariery w postaci budynków.
- Krążenie powietrza wokół Ziemi, wywołane różnicowaniem ciśnienia atmosferycznego przy jej powierzchni, nazywamy **globalną cyrkulacją atmosfery**.
- Na półkuli północnej i południowej wyróżniamy po trzy komórki cyrkulacyjne, w obrębie których odbywa się ruch mas powietrza. Są to: komórka **Hadleya**, komórka **Ferrela** oraz komórka **okolbiegunowa**.
- Na obszarach równikowych silnie nagrzane powietrze unosi się, powodując powstanie przy powierzchni Ziemi pasa obniżonego ciśnienia. Powietrze to ulega ochłodzeniu, co powoduje codziennie opady atmosferyczne, tzw. **deszcze zenitalne**. Następnie chłodne i suche powietrze przemieszcza się w kierunku zwrotników, gdzie opada, tworząc przy powierzchni Ziemi zwrotnikowe strefy podwyższonego ciśnienia.
- Różnica ciśnienia pomiędzy strefami dwóch wyżów zwrotnikowych a niżem równikowym powoduje przepływ powietrza ku równikowi w postaci wiatrów stałych – **pasatów**. Na skutek działania siły Coriolisa ich kierunek ulega odchyleniu. Na półkuli północnej pasaty to wiatry północno-wschodnie, a na półkuli południowej – południowo-wschodnie.
- W umiarkowanych szerokościach geograficznych następuje zetknięcie się ciepłego powietrza (niesionego **wiatrami zachodnimi** od zwrotników) z powietrzem chłodnym (niesionym **wiatrami wschodnimi** od biegunów). Na skutek tego zetknięcia przy powierzchni Ziemi tworzy się strefa obniżonego ciśnienia, składająca się z pojedynczych ośrodków niżowych przemieszczających się z zachodu na wschód (strefa wędrownych niżów).
- Nad obszarami biegunowymi osiadanie zimnego powietrza powoduje powstawanie stałych ośrodków wyżowych.
- Globalną cyrkulację atmosfery w wielu regionach na Ziemi zmienia **cyrkulacja monsunowa**, polegająca na dwukrotnym w ciągu roku odwróceniu kierunku napływu mas powietrza. Typowym regionem występowania cyrkulacji monsunowej jest południowa i południowo-wschodnia Azja. Monsuny tworzą się również w północnej Australii, środkowo-zachodniej Afryce oraz Ameryce Środkowej.
- **Monsun letni** przynosi znad oceanu masy ciepłego i wilgotnego powietrza. Powoduje on znaczne opady atmosferyczne.
- **Monsun zimowy** wieje znad wychłodzonego centrum kontynentu w kierunku oceanu. Powietrze w monsunie zimowym jest suche i chłodne.
- W poszczególnych regionach świata występują **wiatry lokalne**. Ich liczbę szacuje się na ponad dwa tysiące. Mimo że wiatry lokalne noszą różne nazwy, schemat ich powstawania jest zazwyczaj bardzo podobny. Do wiatrów lokalnych należą m.in. bryza, fen, wiatr górski i dolinny oraz bora.
- **Fen** jest ciepłym, suchym i porywistym wiatrem, który występuje po zawietrznej stronie pasma górskiego.
- **Bryza** występuje w cieplej porze roku, na wybrzeżach mórz oraz w strefie brzegowej dużych śródlądowych zbiorników wodnych.
- **Bora** to zimny, suchy i porywisty wiatr występujący na obszarach, gdzie wyżyny lub góry sąsiadują bezpośrednio z dużym zbiornikiem wodnym.
- **Wilgotność powietrza** to zawartość pary wodnej w powietrzu. Dostaje się ona do niego w wyniku parowania wody ze zbiorników wodnych, gleb i roślin oraz wskutek sublimacji.
- Para wodna zawarta w powietrzu w wyniku **kondensacji** przechodzi ze stanu gazowego w ciekły.
- Gdy para wodna znajduje się w powietrzu o ujemnej temperaturze, w procesie **resublimacji** przemienia się w kryształki lodu.
- Produktami kondensacji i resublimacji pary wodnej są mgły i chmury unoszące się w atmosferze oraz opady i osady atmosferyczne.

- Do osadów atmosferycznych należą: rosa, szron, gołoledź oraz szadź (sadź).
- **Chmura** to zbiór kropelek wody lub kryształków lodu (albo ich mieszanina) swobodnie unoszący się w powietrzu. Ze względu na wysokość występowania wyróżnia się chmury piętra: wysokiego (np. *Cirrus*, *Cirrocumulus*, *Cirrostratus*), średniego (*Altostratus*, *Alto cumulus*) i niskiego (*Cumulus*, *Nimbostratus*, *Stratocumulus* oraz *Stratus*). Wyróżnia się także chmury o budowie pionowej – *Cumulonimbus*.
- Do opadów atmosferycznych zalicza się: deszcz, śnieg, mżawkę, krupę śnieżną oraz grad.
- **Masa powietrza** to duży fragment troposfery charakteryzujący się określonymi właściwościami fizycznymi.
- Strefa przejściowa między masami o różnych właściwościach to **front atmosferyczny**.
- Pod względem termicznym wydziela się następujące rodzaje frontów: **fronty ciepłe, zimne oraz zokludowane**.
- Na stacjach meteorologicznych prowadzi się obserwacje i pomiary podstawowych **elementów pogody**, takich jak: temperatura powietrza i gruntu, ciśnienie atmosferyczne, kierunek i prędkość wiatru, wilgotność powietrza, wielkość opadów atmosferycznych, wielkość zachmurzenia oraz usłonecznienie.
- Podstawą sporządzenia **mapy synoptycznej** (mapy pogody) są systematyczne wyniki pomiarów poszczególnych elementów pogody pochodzące z wielu stacji meteorologicznych.
- **Prognozowanie pogody** polega na odczytaniu z mapy synoptycznej informacji o stanie pogody oraz przewidywaniu jej dalszego przebiegu na podstawie wiedzy o procesach zachodzących w atmosferze.
- Oprócz szerokości geograficznej na zróżnicowanie klimatyczne Ziemi wpływają też **astrefowe czynniki klimatotwórcze**, takie jak rozmieszczenie lądów i mórz, wysokość nad poziomem morza, rzeźba i pokrycie terenu oraz oddziaływanie prądów morskich.
- **Klasyfikacja W. Okołowicza** wyróżnia strefy klimatyczne: jedną strefę równikową, dwie strefy zwrotnikowe, dwie strefy podzwrotnikowe, dwie strefy umiarkowane i dwie strefy okołobiegunowe.
- W poszczególnych strefach klimatycznych wyróżnia się **klimat morski i kontynentalny**.
- Niezależnie od stref klimatycznych występują **klimaty astrefowe**. Wśród nich wyróżnia się klimaty górski oraz monsunowy, a także klimat miejski.
- Klimat ulega zmianom na skutek procesów naturalnych. Jednak coraz częściej naukowcy dowodzą, że działalność człowieka również może powodować wiele zmian.
- Wśród gazów przyczyniających się do powstania **efektu cieplarnianego** największy udział mają: para wodna, tlenek węgla(IV) oraz ozon.
- Koncentracja toksycznego ozonu w troposferze rośnie, natomiast od połowy lat 70. XX w. następuje zmniejszanie się jego zawartości w stratosferze. Obszary o najmniejszej koncentracji ozonu nazywane są **dziurami ozonowymi**.
- Zwiększone przenikanie **promieniowania UV** na skutek występowania dziury ozonowej prowadzi do wzrostu liczby zachorowań na raka skóry oraz zaćmy, zarówno u ludzi, jak i u zwierząt. Niekorzystnie wpływa także na wzrost roślin oraz ogranicza rozwój fitoplanktonu.
- Jednym z przejawów zmian klimatu są nasilające się lub występujące częściej niż zwykle **ekstremalne zjawiska atmosferyczne**.
- **Tornado** to wir powietrza mający postać leja. Jego średnica nie przekracza kilkuset metrów. Zjawisku temu towarzyszy bardzo silny wiatr.
- **Cyklony tropikalne** to ośrodki baryczne o bardzo niskim ciśnieniu, tworzące się w jednorodnych, bardzo ciepłych i wilgotnych masach powietrza. W Ameryce Środkowej i Północnej nazywane są huraganami, w południowo-wschodniej i wschodniej Azji – tajfunami, w Indiach cyklonami, natomiast w północno-wschodniej Australii noszą nazwę willy-willy.
- **Susze** powstają w wyniku przedłużania się okresów bezopadowych. Powodują m.in. przesuszenie gleby, zmniejszenie plonów, zniszczenie upraw roślin, zmniejszenie zasobów wody pitnej oraz zwiększenie ryzyka wybuchu katastrofalnych pożarów.
- Susze oraz działalność człowieka przyczyniają się do występowania **zjawiska pustynnienia**, polegającego na degradacji gleb.

Test maturalny

1 Podziel podane poniżej składniki powietrza atmosferycznego na stałe i zmienne. (2 p.)

argon, neon, ozon, tlenek węgla(IV),
para wodna, tlen

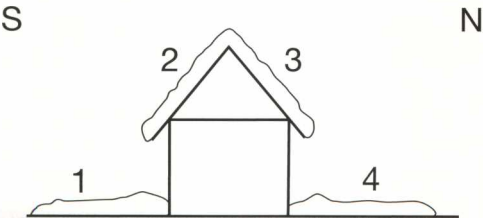
Składniki stałe:

Składniki zmienne:

2 Rozpoznaj warstwy atmosfery ziemskiej opisane w rubrykach poniżej. (3 p.)

Opis	Nazwa warstwy
W tej warstwie są najwyższe temperatury w atmosferze, ponieważ zachodzi tam pochłanianie promieniowania cząsteczkowego Słońca.	
Druga w kolejności (licząc od powierzchni Ziemi) warstwa atmosfery, w której występują prądy strumieniowe.	
Najwyższej położona warstwa atmosfery, w której powietrze ma najmniejszą gęstość.	

3 Ilustracja obrazuje sytuację w miejscu położonym na równoleżniku 60°N. Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)



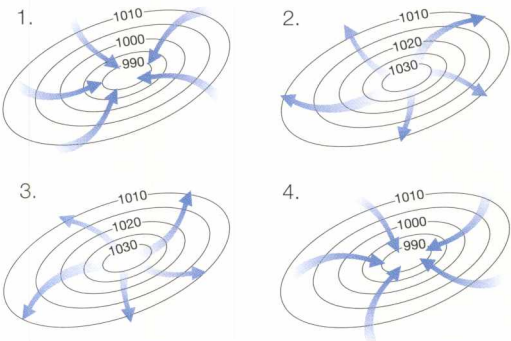
Śnieg najszybciej topnieje z powierzchni oznaczonej numerem

- A. 1.
- B. 2.
- C. 3.
- D. 4.

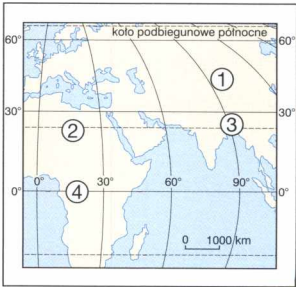
4 Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

Wyż baryczny na półkuli północnej przedstawiono na ilustracji oznaczonej numerem

- A. 1. B. 2. C. 3. D. 4.



5 Na mapie numerami 1–4 zaznaczono obszary o różnych rocznych sumach opadów atmosferycznych. Wybierz dwa obszary o niskich rocznych sumach opadów (poniżej 200 mm). Wpisz do tabeli numery, którymi te obszary oznaczono na mapie. Podaj po jednym głównym czynnikiem mającym wpływ na niskie opady na tych obszarach. (2 p.)



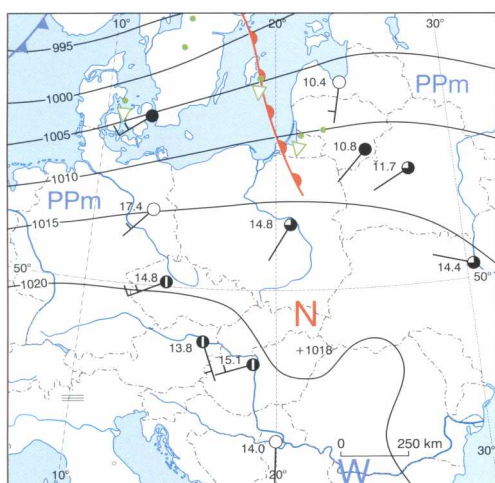
Obszar	Główny czynnik wpływający na niskie opady

- 6** Na pewnym obszarze zaobserwowano występowanie po sobie następujących zjawisk: wychłodzenie podłoża do temperatury poniżej 0°C , napływ wilgotnego powietrza, resublimacja pary wodnej. Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

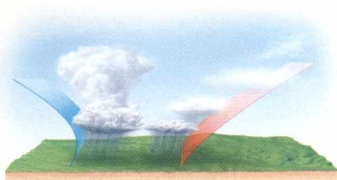
Następstwem zaobserwowanych zjawisk powinno być powstanie

- a) rosy.
- b) szronu.
- c) szadzi.
- d) gołoledzi.

Mapa synoptyczna do zadań 7–9.



- 7** Na podstawie ilustracji oraz własnej wiedzy podaj trzy różnice w pogodzie towarzyszącej przemieszczaniu się frontu ciepłego oraz chłodnego. (3 p.)



.....

.....

.....

- 8** Na podstawie mapy synoptycznej opisz pogodę w Warszawie. Podaj informacje odnoszące się do czterech różnych elementów pogody. (2 p.)

.....

.....

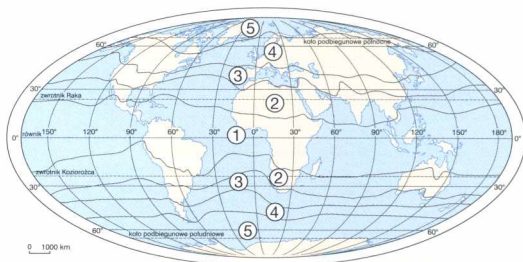
- 9** Wybierz dwa poprawne dokończenia zdania. (2 p.)

Nadejściu frontu atmosferycznego z północnego zachodu nad Warszawę może towarzyszyć

- a) wzrost temperatury powietrza.
- b) spadek temperatury powietrza.
- c) wzrost zachmurzenia.
- d) spadek zachmurzenia.

- 10** Wpisz nazwę strefy klimatycznej opisanej poniżej oraz numer, którym zaznaczono na mapie obszar położony w jej zasięgu. (2 p.)

Średnia temperatura powietrza w najcieplejszych miesiącach jest wyższa niż 25°C , a w najzimniejszych wynosi od 10°C do 20°C . Charakterystyczne dla tej strefy są bardzo wysokie dobowe amplitudy temperatury. Zróżnicowana jest również wysokość opadów: od poniżej 100 mm do ponad 2000 mm.



Nazwa strefy klimatycznej:

.....

Obszar położony w zasięgu tej strefy oznaczono numerem

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

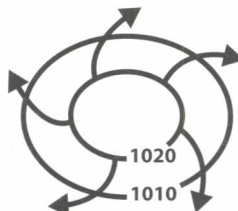
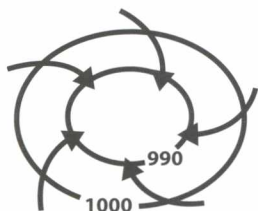
To było na maturze!

Zadanie 1. (2 pkt)

Źródło: CKE 2007 (PR), zad. 25.

Rysunki przedstawiają układy baryczne i kierunki wiatru.

a) Wpisz pod każdym z rysunków określenie półkuli Ziemi: północna lub południowa oraz nazwę ośrodka barycznego: wyż lub niż.



Półkula

Półkula

Ośrodek baryczny

Ośrodek baryczny

b) Podaj główną przyczynę odchylenia kierunków wiatru w układach barycznych na półkuli północnej i południowej przedstawionych na rysunkach.

.....
.....

Zadanie 2. (2 pkt)

Źródło: CKE 2005 (PR), zad. 69.

Wyjaśnij wpływ pasatów i Zachodnioaustralijskiego prądu morskiego na występowanie wielkich obszarów pustynnych i częste występowanie suszy w Australii.

Wpływ pasatów

.....

Wpływ prądu morskiego

.....

Zadanie 3. (2 pkt)

Źródło: CKE 2006 (PR), zad. 3.

Oblicz temperaturę powietrza na szczycie Szczelińca Wielkiego (919 m n.p.m.) w czasie, gdy w Kudowie Zdroju (350 m n.p.m.) wynosiła ona $+10^{\circ}\text{C}$. Przyjmij, że gradient wilgotnadiabatyyczny wynosi $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Zapisz wykonywane obliczenia.

Miejsce na obliczenia:

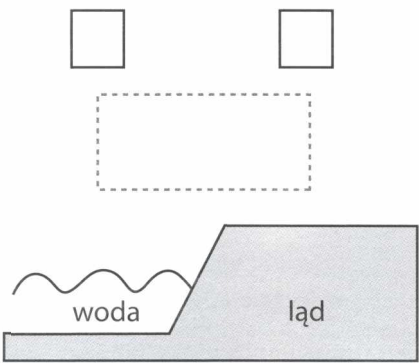
Temperatura na szczycie Szczelińca Wielkiego : $^{\circ}\text{C}$

Zadanie 5. (1 pkt)

Źródło: CKE 2009 (PR), zad. 12.

Uzupełnij poniższy rysunek tak, aby przedstawiał powstawanie bryzy dziennej.

- Wpisz w kwadratach litery: *W* w celu oznaczenia obszaru podwyższonego ciśnienia i *N* w celu oznaczenia obszaru obniżonego ciśnienia.
- Na poziomych i pionowych liniach przerywanych zaznacz strzałkami kierunki wiatru.



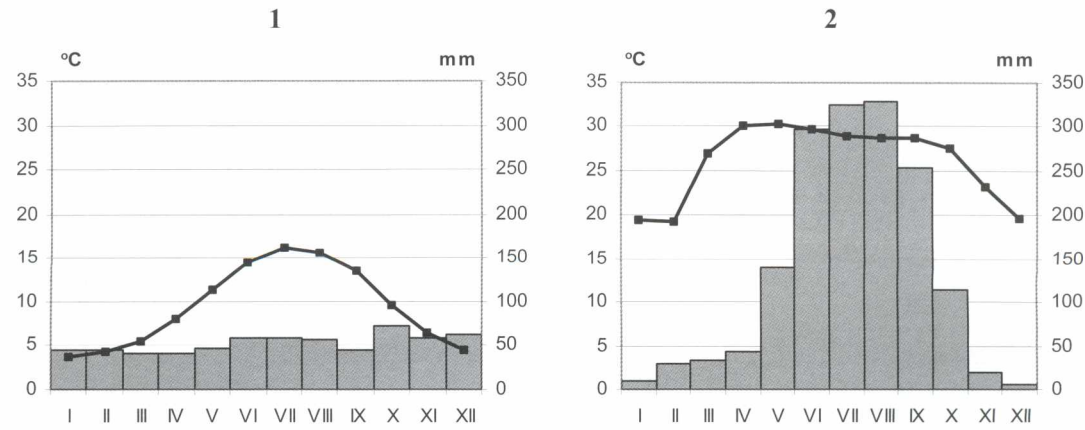
Zadanie 6. (2 pkt)

Źródło: CKE 2006 (PR), zad. 18.

Na podstawie analizy klimatogramów uzupełnij tabelę określeniami wybranymi z poniższych.

Typ klimatu: zwrotnikowy monsunowy, równikowy wilgotny, śródziemnomorski, umiarkowany morski.

Przykładowy obszar występowania: Irlandia, Nizina Amazonki, Półwysep Indyjski, Sycylia.



Nr klimatogramu	Typ klimatu	Przykładowy obszar występowania
1		
2		

Zadanie 7. (4 pkt)

Źródło: CKE 2005 (PR), zad. 42.

Przeczytaj uważnie fragment z pamiętnika Iwony i odpowiedz na poniższe pytania:

Niedziela 22.12.2002

... Zbliżają się Święta Bożego Narodzenia a wraz z nimi miła perspektywa odpoczynku w gronie najbliższych i prezentów pod choinkę. Martwi mnie jednak niekorzystna prognoza pogody na święta. Dzisiaj las wygląda bajkowo, jest mroźno, gałęzie drzew pokryte są szadzią. Ale już jutro temperatura nieznacznie wzrośnie a na drogach pojawi się lodowa powłoka. Odpada więc zaplanowany długi spacer z przyjaciółmi, bo w taką pogodę nawet strach wychodzić z domu ...

a) W jakich warunkach atmosferycznych tworzy się szadź ?

.....
.....

b) Podaj nazwę zjawiska nazwanego w tekście *lodową powłoką*:

c) Podaj warunki, w jakich dochodzi do oblodzenia jezdni i chodników.

.....
.....

d) Na podstawie własnych wiadomości napisz, jakie negatywne skutki w funkcjonowaniu komunikacji samochodowej przynosi ten osad.

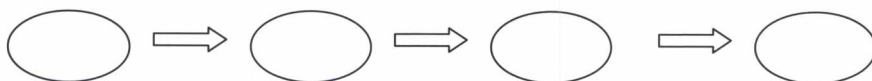
.....
.....
.....

Zadanie 8. (3 pkt)

Źródło: CKE 2006 (PR), zad. 44.

Na Ziemi obserwowane są zjawiska wskazujące na nasilenie się efektu cieplarnianego. **Wybierz spośród wymienionych poniżej zdarzeń cztery odnoszące się do nasilenia efektu cieplarnianego i jego następstw. Ułóż te zdarzenia w ciągu przyczynowo-skutkowym, wpisując do schematu litery, którymi je oznaczono.**

- A. Wzrost temperatury przy powierzchni Ziemi.
- B. Podnoszenie się poziomu oceanów i mórz.
- C. Wzrost zawartości związków siarki i tlenków azotu w atmosferze.
- D. Obniżanie się poziomu oceanów i mórz.
- E. Wzrost zawartości dwutlenku węgla i metanu w atmosferze.
- F. Topnienie lądolodów.





4

Hydrosfera

1. Cykl hydrologiczny
2. Oceany i morza
3. Dynamika oceanów
4. Rzeki i ich ustroje
5. Jeziora
6. Lodowce i lądolody
7. Wody podziemne

1

Cykl hydrologiczny

Jedynie na naszej planecie, w Układzie Słonecznym, woda występuje w trzech stanach skupienia: stałym, ciekłym i gazowym. Choć jest ona na Ziemi dość powszechna, to jednak jest związkiem niezwykłym. Fizyczne i chemiczne właściwości wody kształtują wygląd Ziemi oraz decydują o naturze występującego na niej klimatu. Przede wszystkim jednak to właśnie dzięki wodzie na naszej planecie istnieje życie.

Powstanie hydrosfery

Wody atmosferyczne, powierzchniowe i podziemne tworzą wodną powłokę naszej planety – **hydrosferę**. Istnieje wiele teorii dotyczących powstania hydrosfery. Najbardziej prawdopodobna z nich to teoria ziemiska. Zakłada ona, że powłoka wodna utworzyła się w początkowym okresie ewolucji naszej planety, kiedy to zawarta w magmie para wodna została uwolniona do atmosfery, a następnie, w wyniku spadku temperatury, uległa skropleniu.

Zasoby wodne Ziemi

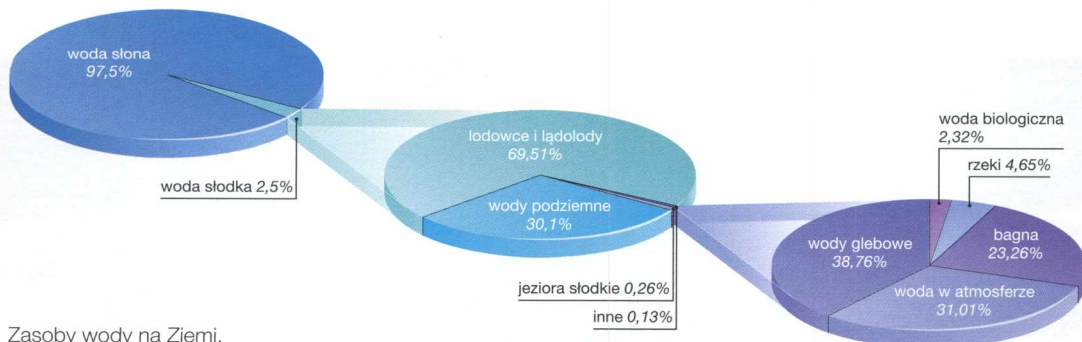
Całkowita objętość wód znajdujących się na naszej planecie wynosi około 1,386 mld km³, z czego aż 96,5% stanowią wody mórz i oceanów. Pozostała część (3,5%) to: wody podziemne, lodowce i lądolody, stała pokrywa śnieżna, jeziora, bagna i rzeki, woda występująca w atmosferze oraz woda biologiczna zawarta w organizmach.

Wody słone, do których zalicza się wody mórz i oceanów, część wód podziemnych oraz wody słonych jezior (występujące głównie w klimacie suchym) stanowią łącznie 97,5% objętości hydrosfery. Pozostałe 2,5% obejmuje **wody słodkie**, skupione w ponad 2/3 w postaci śniegu i lodu, w trudno dostępnych obszarach okolic biegunowych oraz wysokich górach. Duża ilość słodkich wód występuje pod powierzchnią ziemi, jednak i te zasoby są dla człowieka trudno dostępne. Najbardziej dostępne są wody słodkie zgromadzone w jeziorach i rzekach, jednak jest ich niewiele.

Przyjmuje się, że ilość wody zgromadzonej w hydrosferze jest stała. Co prawda w wyniku procesów naturalnych, m.in. działalności wulkanicznej, każdego roku przybywa jej ok. 0,3 km³, ale w górnych warstwach atmosfery następuje ucieczka zjonizowanych cząstek wody w przestrzeń kosmiczną, co niweluje powstałą nadwyżkę.

Czy wiesz, że...

Na Ziemi istnieją obszary, na których brak dostępu do wody pitnej bywa zarzewiem konfliktów. Ma to miejsce zwłaszcza tam, gdzie zasobów wody nie wystarcza dla wszystkich mieszkańców. Niektórzy politolodzy wskazują na to jako na jedną z przyczyn konfliktu izraelsko-palestyńskiego.



Zasoby wody na Ziemi.

■ Obieg wody w przyrodzie

Dzięki **energii słonecznej** i **sile ciężkości** woda znajduje się w ciągłym ruchu. Jej przemieszczanie się między atmosferą, hydrosferą i litosferą nazywamy obiegiem wody w przyrodzie lub **cyklem hydrologicznym**. Krążenie wody zachodzi do wysokości około 16 km w troposferze i głębokości około 1 km w skorupie ziemskiej. W ciągu roku w cyklu hydrologicznym uczestniczy ok. 577 tys. km³ wody (0,04% zasobów hydrosfery).

Do atmosfery woda dostaje się na skutek **parowania** z powierzchni oceanów, mórz, rzek, jezior oraz bagien. Część pary wodnej zawartej w atmosferze pochodzi również z parowania gleby (tzw. ewaporacja) oraz z roślin (transpiracja). Parowanie z roślin i gruntu określa się mianem **ewapotranspiracji**.

W wyniku ochładzania się powietrza zawarta w nim para wodna ulega **kondensacji** (lub resublimacji). Tworzą się wówczas chmury i w określonych warunkach może wystąpić opad atmosferyczny. Z całkowitej sumy opadów

aż 80% przypada na powierzchnię oceanów i mórz, a tylko 20% na obszar kontynentów. Gdy opad atmosferyczny występuje nad lądem, wówczas woda może wsiąkać w glebę (**infiltrować**), a następnie spływać po powierzchni ziemi w kierunku morza lub oceanu (**odpływ podziemny**). Może też spływać po powierzchni terenu do koryt rzecznych, skąd następnie odpływa do morza lub oceanu (**spływ powierzchniowy**). Ponadto może być pobierana przez rośliny. Często zdarza się, że woda znajdująca się w obiegu ulega **retencji**, czyli zatrzymaniu na pewien czas np. w postaci śniegu, lodu lub pod powierzchnią ziemi.

■ Bilans wodny

Zestawienie przychodów oraz ubytków wody dla danego obszaru lub dla całej Ziemi nazywamy bilansem wodnym. Po stronie przychodów umieszcza się opady atmosferyczne, a po stronie rozchodów – parowanie oraz odpływ wody do mórz i oceanów.

Cykl hydrologiczny

Zamknięty cykl krążenia wody między oceanem, atmosferą a obszarem lądowym nosi nazwę dużego obiegu wody. Natomiast krążenie wody między atmosferą a kontynentem lub między atmosferą a oceanem jest nazywane małym obiegiem wody.



Bilans wodny obliczamy za pomocą wzoru:

$$P = H + E,$$

gdzie:

P – opad atmosferyczny,

H – odpływ (powierzchniowy i podziemny),

E – parowanie.

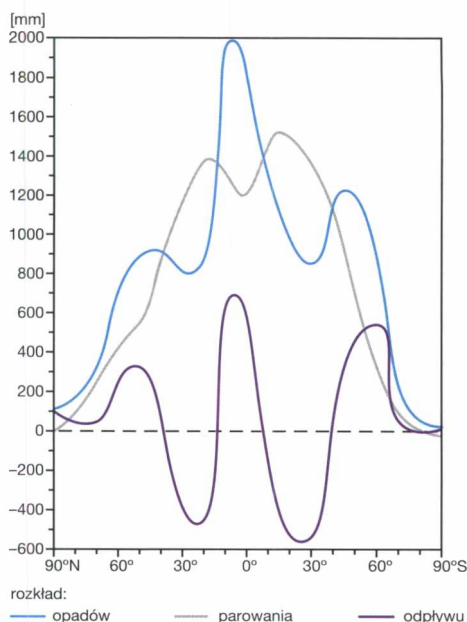
Przyjmuje się, że w skali globu ziemskiego bilans wodny jest zerowy, co oznacza, że tyle samo wody spada w postaci opadów, ile paruje i odpływa do mórz i oceanów. Jednak dla poszczególnych obszarów na Ziemi bilans ten może być dodatni (gdy więcej wody przybywa niż jej ubywa, $P > H + E$) lub ujemny (gdy więcej wody ubywa niż jej przybywa, $P < H + E$).

Elementy bilansu wodnego mogą być także znacznie zróżnicowane w różnych regionach na Ziemi. Na przykład w strefie okołobiegunowej parowanie prawie nie występuje, a opady są minimalne. Przez znaczną część roku, kiedy trwa noc polarna, cykl hydrologiczny niemal zanika, a do ożywienia w hydrosferze dochodzi dopiero podczas krótkiego lata. Z kolei w strefie równikowej opady atmosferyczne są obfite, a parowanie ogromne. Bardzo duży jest tam również odpływ wody, ponieważ właśnie w tej strefie występują największe rzeki.

Fizyczne i chemiczne właściwości wody

Woda charakteryzuje się wyjątkowymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi. Są to:

- ▶ **zmiana objętości i gęstości wody wraz ze zmianą temperatury** – gdy woda zamarza, zwiększa swoją objętość o około 9%, a zmniejsza się jej gęstość (dzięki temu lód nie tonie, lecz unosi się na powierzchni wody); natomiast najmniejszą objętość i zarazem największą gęstość woda osiąga w temperaturze 4°C;



Opad i parowanie na różnych szerokościach geograficznych.

- ▶ **zdolność rozpuszczania minerałów występujących w przyrodzie** – dzięki czemu woda zawiera dużą ilość rozpuszczonych chlorków, siarczków, węglanów i tlenku węgla(IV); ilość i rodzaj rozpuszczonych w wodzie substancji zależą od środowiska, w którym ona występuje;
- ▶ **wysoka pojemność cieplna** – woda w ciągu dnia magazynuje ciepło, natomiast nocą uwalnia je do chłodniejszej atmosfery; proces ten jest widoczny również w cyklu rocznym – latem woda gromadzi ciepło, które zimą uwalnia do atmosfery; zdolność mórz i oceanów do magazynowania ciepła prowadzi do złagodzenia klimatu sąsiadujących z nimi terenów lądowych.

Zadania

1. Wskaż, co jest przyczyną zasolenia wód morskich i oceanicznych.
2. Wyjaśnij wpływ energii słonecznej i siły ciężkości na obieg wody w przyrodzie.
3. Wyjaśnij pojęcie *retencja* oraz podaj przykłady tego zjawiska (ze szczególnym uwzględnieniem biosfery).
4. Wymień przyczyny zróżnicowania elementów bilansu wodnego w poszczególnych strefach klimatycznych.

2

Oceany i morza

Większość powierzchni błękitnej planety, bo aż 71%, stanowią morza i oceany. Łączą się one ze sobą, tworząc wszechocean, zwany także oceanem światowym. Na półkuli północnej wody mórz i oceanów stanowią 61% powierzchni, a na półkuli południowej – aż 81%.

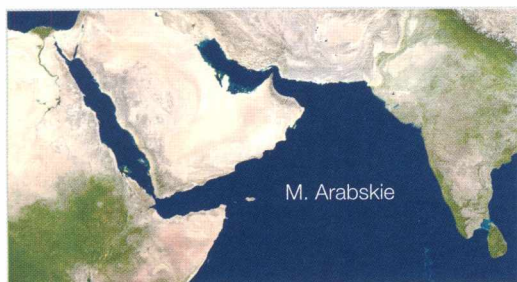
■ Podział wszechoceanu

Wszechocean dzieli się na cztery oceany: **Ocean Spokojny** (Pacyfik), **Ocean Atlantycki**, **Ocean Indyjski** oraz **Ocean Arktyczny** (w kolejności od największej do najmniejszej powierzchni). Każdy ocean ma swoistą budowę geologiczną oraz samodzielny system prądów morskich i cyrkulacji wód, a wyznaczone między nimi granice mają charakter wyłącznie umowny.

Największą powierzchnią **zlewiska** odznacza się Ocean Atlantycki, do którego uchodzą wody powierzchniowe z blisko połowy obszarów lądowych świata. Pozostałą część stanowią zlewiska Pacyfiku, Oceanu Indyjskiego, Oceanu Arktycznego, a 1/5 powierzchni lądowych to obszary bezodpływowe, których wody powierzchniowe nie zasilają żadnego z oceanów.

W obrębie wszechoceanu wyróżnia się także mniejsze części. Są to: morza, zatoki i cieśniny. **Morze** to część oceanu przylegająca do kontynentu, oddzielona od otwartych wód oceanicznych łańcuchami wysp, półwyspami lub podwodnymi progami. Niekiedy nazwy mórz nadaje się dużym jeziorom o znacznym zasoleniu wód, jak np. Morze Aralskie i Morze Martwe.

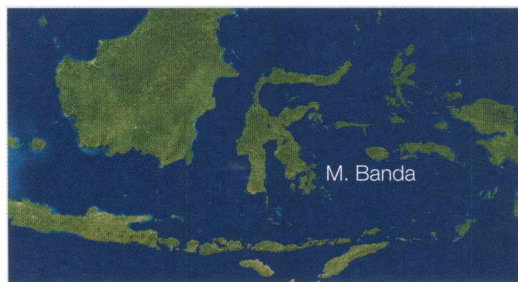
Typy mórz



Morza przybrzeżne są położone na skrajach wielkich basenów oceanicznych, w całości lub częściowo w zasięgu szelfu kontynentalnego.



Morze międzykontynentalne jest morzem śródziemnym o znacznej głębokości i powierzchni. Powstało w miejscu spękania skorupy ziemskiej.



Morze międzywyspowe to takie morze, które od wód otwartego oceanu oddzielają wyspy i archipelagi.



Morza wewnątrzkontynentalne są morzami śródziemnymi o niewielkiej głębokości i powierzchni. Leżą wewnątrz jednego kontynentu.

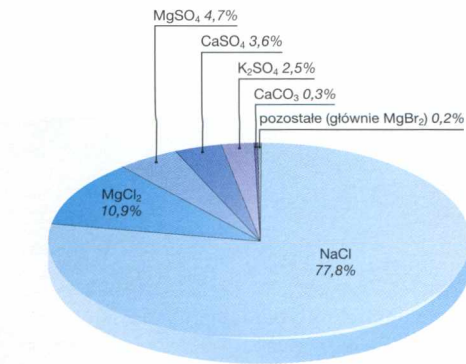
Zatoka to część oceanu, morza lub jeziora wcinająca się głęboko w ląd i odznaczająca się swobodną wymianą wód ze zbiornikiem wodnym. Czasem mianem zatoki określa się także niektóre morza przybrzeżne, czego przykładem są m.in. Zatoka Perska, Zatoka Meksykańska czy Zatoka Biskajska.

Cieśnina to zwężenie powierzchni wodnej między lądami łączące dwa akweny (np. Cieśnina Gibraltarska). Wielkość cieśnin jest bardzo zróżnicowana. Ich szerokość może wynosić od kilkuset metrów do ok. tysiąca kilometrów, a długość – nawet ponad 1600 km.

Skład chemiczny wody morskiej

Woda morska jest roztworem składającym się ze wszystkich znanych pierwiastków chemicznych. Wynika to ze stałego kontaktu wody z litosferą i atmosferą oraz dostaw związków chemicznych przez spływające do oceanów rzeki. Podstawowymi składnikami wody morskiej są tylko cztery pierwiastki: **tlen i wodór**, budujące cząsteczki wody, oraz **chlor i sód**, tworzące sól. Pozostałe pierwiastki występują śladowo.

Wśród rozpuszczonych w wodzie morskiej związków chemicznych największy udział mają sole, głównie chlorki (zwłaszcza chlorek sodu) oraz siarczany. Zawartość tych związków w wodzie morskiej określana jest mianem **zasolenia**. Stopień zasolenia wody najczęściej podaje się w promilach (‰) lub jednostkach PSU (ang. *Practical Salinity Units*). Jednostki te określają liczbę gramów soli w kilogramie wody.



Rodzaje soli w wodzie morskiej.

Bardzo ważnym składnikiem wód morskich są rozpuszczone w nich gazy. Pochodzą one z atmosfery ziemskiej i wulkanów podmorskich. Powstają też na skutek zachodzących w wodzie procesów chemicznych i biologicznych. Do najważniejszych gazów, stanowiących podstawę procesów biologicznych, należą: **tlen, azot, tlenek węgla(IV)**. Ich zawartość w zbiorniku zależy głównie od intensywności poziomego i pionowego mieszania wody, a także jej wymiany z sąsiednimi akwenami. Rozpuszczalność gazów w wodzie morskiej zmniejsza się wraz ze wzrostem temperatury i zasolenia. Na przykład ilość tlenu w wodzie o średnim zasoleniu i temperaturze 0°C jest niemal dwukrotnie większa niż w wodzie o temperaturze 25°C.

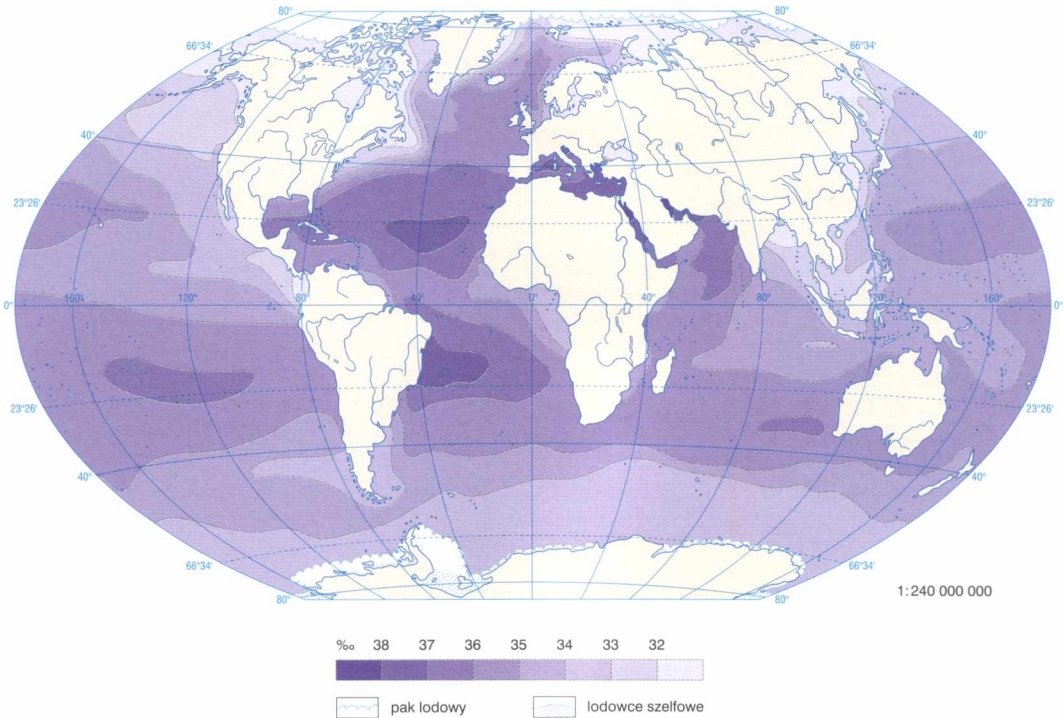
Poziomy i pionowy rozkład zasolenia

Średnie zasolenie wód powierzchniowych oceanów wynosi 35‰, jednak w poszczególnych częściach świata może być ono bardzo zróżnicowane. W pasie okołorównikowym średnie zasolenie wód oceanicznych wynosi nieco ponad 32‰, natomiast w pasie zwrotnikowym wzrasta do około 36‰. Jest to najwyższe średnie zasolenie wód. Jego przyczyną są przede wszystkim intensywne parowanie i niewielka ilość opadów atmosferycznych. Od zwrotników ku biegunom zasolenie wód oceanicznych maleje do około 25‰. Najmniejsze zasolenie występuje w strefie okołobiegunowej, co wynika z częstego zamarzania wody i topnienia lodu oraz niewielkiego parowania.

Od czego zależy zasolenie wód morskich?

Wysoki wskaźnik zasolenia	Niski wskaźnik zasolenia
W morzach, w których wymiana wód z oceanem światowym jest ograniczona, dostawy słodkiej wody przez rzeki są niewielkie, a parowanie duże, zasolenie jest rekordowo wysokie. Przykładem jest Morze Czerwone, gdzie wskaźnik zasolenia sięga do 42‰.	W morzach śródziemnych położonych w strefie klimatycznej, w której parowanie jest niewielkie, za to ilość opadów oraz dostawy słodkiej wody są duże, wskaźnik zasolenia jest niski. Przykładem jest Morze Bałtyckie, gdzie zasolenie waha się od ok. 2‰ do ok. 14‰.

Zasolenie powierzchniowej warstwy wód oceanicznych



Pionowy rozkład zasolenia wykazuje nieznaczne zmiany. Do głębokości około 400 m różnica zasolenia jest uwarunkowana szerokością geograficzną, a także intensywnością parowania. Poniżej tej głębokości zmiany są już minimalne i zasolenie wód waha się w granicach 34–35‰ we wszystkich szerokościach geograficznych.

■ Zróznicowanie temperatury wód oceanicznych

Zarówno pionowy, jak i poziomy profil wód oceanicznych wykazuje zróznicowanie pod względem temperatury. Mówiąc jednak o temperaturze wód oceanicznych, mamy z reguły na myśli temperaturę ich warstwy powierzchniowej.

W skali poziomej zróznicowanie wartości temperatury wód oceanicznych zależy od szerokości geograficznej (ilości promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni). Średnia roczna temperatura powierzchniowych wód oceanicznych wynosi 17,4°C (na półkuli północnej 19,2°C, a na półkuli południowej 16°C). W strefie

równikowej waha się ona od 24 do 30°C. Najniższą temperaturę mają wody w strefie okołobiegunowej (ok. –1°C). Rozkład temperatury wód, wynikający z szerokości geograficznej, zaburzają ciepłe i zimne prądy morskie.

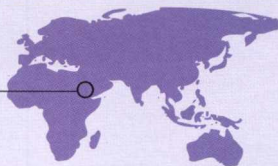
W profilu pionowym do głębokości około 1500 m obserwuje się zmiany wartości temperatury wód oceanicznych związane z szerokością geograficzną, porami roku oraz prądami morskimi. Poniżej tej głębokości wody cechują się niemal stałą temperaturą, wynoszącą od 0 do 4°C.

■ Gęstość wody morskiej

Gęstość wody morskiej zmienia się od ok. 992 kg/m³ w silnie nagrzanych, niemal całkowicie wysłodzonych wodach (np. przy ujściach rzek tropikalnych) do 1071 kg/m³ w najgłębszych częściach oceanu (w pobliżu dna Rowu Mariańskiego). Różnice te wynikają z oddziaływania trzech czynników: zasolenia, temperatury i ciśnienia. Powodują one poziome i pionowe ruchy wody.

Spojrzenie z bliska

Morze
Czerwone



Rekordowo słone morze

Morze Czerwone leży między Afryką a Półwyspem Arabskim. Jest ono morzem pod wieloma względami niezwykłym. Jego nazwa pochodzi od czerwonego zabarwienia wody, nadawanemu jej przez żyjące tam sinice. Jest to morze, w którym żyje aż 4000 gatunków ryb. Morze Czerwone ma największe zasolenie oraz najcieplejsze wody powierzchniowe w całym wszechoceanie. Zasolenie wód waha się w granicach 37–42‰. Wynika to m.in. z faktu, że nie wpada do niego ani jedna rzeka (co jest ewenementem na skalę światową) – nie ma więc dostawy wód słodkich. Inną przyczyną wysokiego zasolenia wód jest znikoma ilość opadów atmosferycznych połączona z wysokim parowaniem i usłonecznieniem. Ponadto wymiana wód z Oceanem Indyjskim jest bardzo ograniczona, gdyż odbywa się tylko przez wąską cieśninę Bab al-Mandab. Temperatura wód powierzchniowych w lecie wynosi ok. 25–32°C, zaś zimą niewiele mniej, bo 18–27°C. W przydennych warstwach woda może mieć temperaturę nawet 62°C, a zasolenie przekraczać 250‰, czyli 25%. Jest to wpływ gorących źródeł solankowych, które występują w dnach rowów tektonicznych.

Wysoka temperatura oraz duże zasolenie wód powodują, że możliwy jest w nich rozwój koralowców. Rify koralowe z niezliczoną ilością gatunków ryb stanowią jedną z większych atrakcji Morza Czerwonego.



W najbardziej zasolonych akwenach sól krystalizuje się na pływnicach, tworząc białą powłokę.

Zadania

1. Wymień typy mórz wydzielone na podstawie ich położenia względem lądu i oceanu. Do każdego typu podaj po dwa przykłady.
2. Omów przyczyny zróżnicowania zasolenia wód morskich na kuli ziemskiej.
3. Podaj trzy czynniki wpływające na temperaturę wód powierzchniowych oceanu.
4. Wypisz po trzy nazwy cieśnin leżących w obrębie każdego z kontynentów.
- *5. Wyjaśnij, dlaczego chłodne morza są najbogatszymi łowiskami.

3

Dynamika oceanów

Wody oceanu światowego są w ciągłym ruchu. Przemieszczają się one zarówno poziomo, jak i pionowo. Do poziomych ruchów wody zaliczamy prądy morskie, falowanie oraz sejsze, natomiast do ruchów pionowych – pływy i upwelling.

■ Prądy morskie

Prądami morskimi nazywamy poziome ruchy wód morskich wywołane: **występowaniem stałych wiatrów** w dolnej troposferze, różnicami gęstości wód oceanicznych oraz zróżnicowaniem poziomu tych wód. Warstwa wody objęta poziomymi ruchami zazwyczaj sięga głębokości ok. 200 m. Kierunki prądów morskich nie zawsze pokrywają się z kierunkami wiatrów, na co wpływa działanie **siły Coriolisa**, rozmieszczenie lądów i przebieg ich linii brzegowej oraz rzeźba dna oceanu.

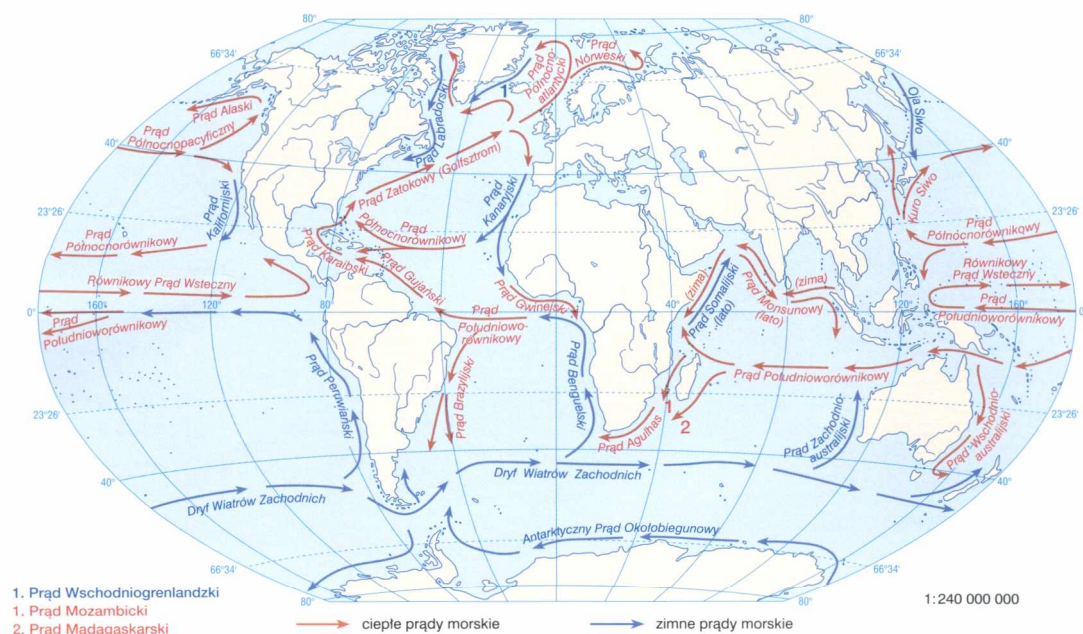
Prądy morskie tworzą po obu stronach równika zamknięte kręgi cyrkulacyjne. Krążenie wód nawiązuje w tych kręgach do układu stałych

wiatrów wiejących przy powierzchni Ziemi. Na półkuli północnej dominują prawoskrętne kręgi cyrkulacyjne, więc prądy morskie krążą zgodnie z ruchem wskazówek zegara, natomiast na półkuli południowej – w przeciwnym kierunku. Taka cyrkulacja obejmuje wody Oceanu Atlantyckiego i Oceanu Spokojnego. Natomiast w północnej części Oceanu Indyjskiego kierunek prądów morskich zmienia się wraz ze zmianą kierunku wiatrów monsunowych.

Rodzaje prądów morskich

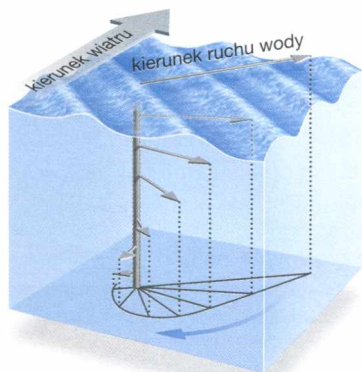
Prądy ciepłe	Prądy zimne
• niosą wody cieplejsze od wód, które je otaczają • płyną najczęściej od równika ku biegunom • przykłady prądów: Prąd Zatokowy, Prąd Brazylijski, Prąd Mozambicki, Prąd Kuro-Siwo	• niosą wody chłodniejsza od wód, które je otaczają • zmierzają z wyższych ku niższym szerokościom geograficznym • przykłady prądów: Prąd Kanaryjski, Prąd Peruwiański

Rozkład prądów morskich na świecie



Czy wiesz, że...

Prądy morskie mogą być odchyłone od kierunku wiatru nawet o 45° . Odchylenie to wzrasta wraz z głębokością – na kilkaset metrów woda porusza się w kierunku przeciwnym do kierunku wiatru, który sprawił ją w ruch. Zjawisko to ilustruje **spiralą Ekmana**.

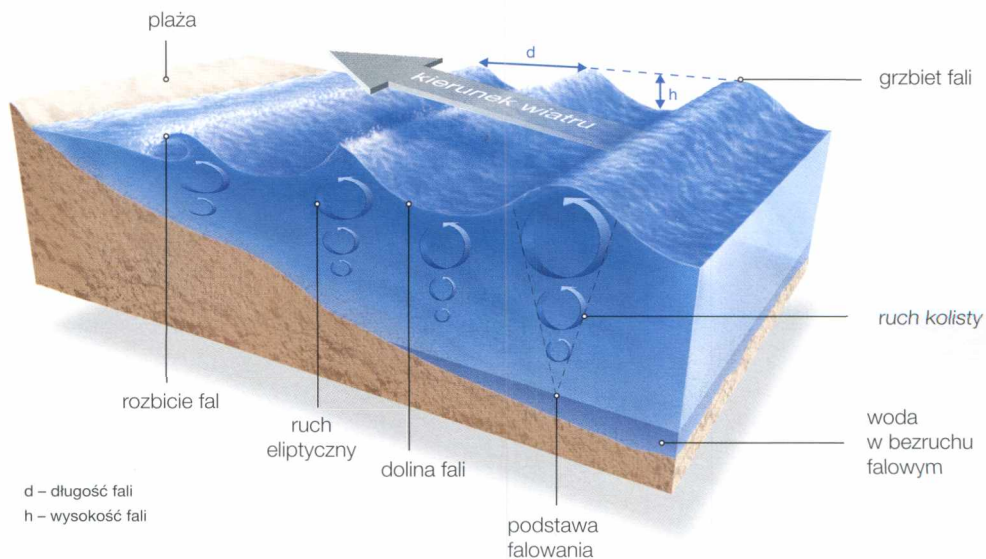


Prądy morskie w dużym stopniu **wpływają na pogodę i klimat** wielu obszarów na kuli ziemskiej. Prądy ciepłe przyczyniają się do wzrostu temperatury powietrza oraz sumy opadów atmosferycznych na lądach, które opływają. Natomiast prądy zimne przyczyniają się do spadku temperatury powietrza i zmniejszenia opadów.

Falowanie wiatrowe

Dającym się powszechnie zaobserwować ruchem wody morskiej jest falowanie, wywołane głównie przez **wiatr**. Podczas falowania ruch wody morskiej ma charakter oscylacyjny (w wypadku prądów morskich – postępowy). Ruch wody odbywa się po **torach kołowych**. Dopiero przy brzegu, w końcowej fazie załamania się fali, woda przemieszcza się ruchem postępowym. Tworzą się wówczas **fale przyboju**, które wdzierają się na plażę, a następnie z niej wycofują.

Kierunek rozchodzenia się fal pokrywa się z kierunkiem wiania wiatru. Intensywność falowania zależy natomiast od jego prędkości. Wraz ze wzrostem prędkości wiatru fale stają się coraz dłuższe i wyższe. Stan powierzchni morza opisuje dziesięciostopniowa **skala Beauforta**, w której przy najwyższym stanie wód fale mogą osiągnąć wysokość nawet kilkunastu metrów, a ich długość może przekroczyć kilkaset metrów. Taka sytuacja ma miejsce na oceanach, gdzie dodatkowo fale nakładają się na siebie. Na morzach śródziemnych, takich jak Bałtyk, wysokość fal sztormowych dochodzi do 5–6 m. Po ustaniu wiatru fale nie znikają od razu, lecz utrzymują się jeszcze przez pewien czas. Są to **fale swobodne**, zwane też falami martwymi.

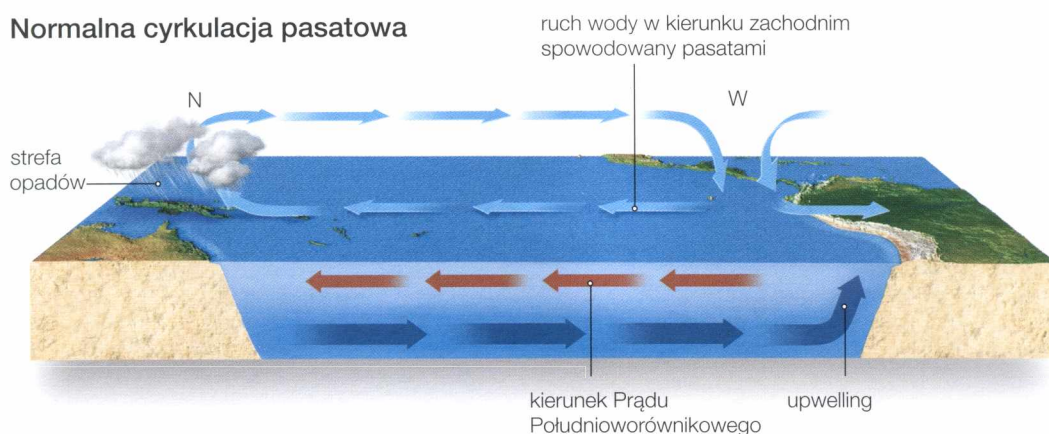


Schemat ruchu cząsteczek wody podczas falowania oraz parametry fali.

El Niño

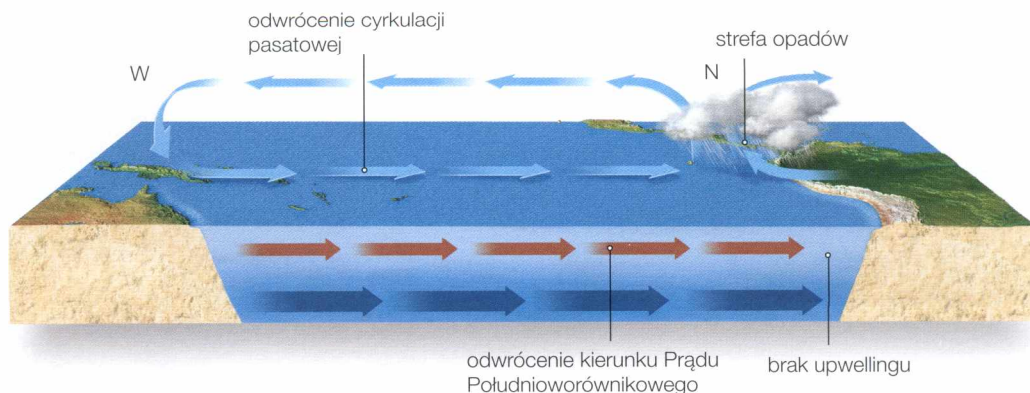
W strefie okółorównikowej, między zachodnią a wschodnią częścią Oceanu Spokojnego, zachodzi specyficzna cyrkulacja oceaniczno-atmosferyczna. Polega ona na okresowych zmianach temperatury wód powierzchniowych oceanu i układów ciśnienia atmosferycznego. W ramach tej oscylacji u wybrzeży Australii oraz Indonezji tworzy się ośrodek niskiego ciśnienia, a u zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej – ośrodek wysokiego ciśnienia. Powstała różnica ciśnienia sprawia, że masy powietrza znad wschodnich wybrzeży Pacyfiku przemieszczają się ku jego zachodnim wybrzeżom. Wraz z południowo-wschodnim pasatem powodują one odpływ powierzchniowych warstw wody od wybrzeży Ameryki Południowej w kierunku Azji. W ich miejsce następuje wynoszenie na powierzchnię oceanu zimnych wód głębinowych (upwelling).

Normalna cyrkulacja pasatowa



Cyrkulacja odwrócona

Co pewien czas (3–7 lat) cyrkulację wód oceanicznych zaburza zjawisko **El Niño** (z hisz. 'dzieciątko' – bo pojawia się w okolicy świąt Bożego Narodzenia), w którego trakcie następuje jej pełne odwrócenie. W zachodniej części Oceanu Spokojnego tworzy się wyż baryczny, natomiast w części wschodniej – niż. W konsekwencji następuje zmiana typowej cyrkulacji pasatowej, prowadząca do osłabienia lub nawet zaniku upwellingu. El Niño wywołuje szereg nietypowych zjawisk w wielu regionach na Ziemi. U zachodnich, zazwyczaj suchych wybrzeży Ameryki Południowej wzrastająca ilość opadów atmosferycznych wywołuje katastrofalne powodzie i sploty lawin błotnych. Natomiast regiony leżące po przeciwnej stronie Pacyfiku nawiedzają dotkliwe susze. Anomalie klimatyczne związane ze zjawiskiem El Niño docierają również nad Ocean Atlantycki, oddziałując nawet na pogodę w Europie.



Tsunami

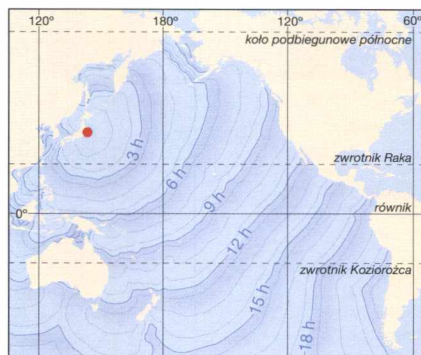
Wyższe od fal wywołanych wiatrem mogą być tylko tsunami. Powstają one najczęściej w wyniku **podwodnych trzęsień ziemi**, które prowadzą do gwałtownego podniesienia lub obniżenia fragmentu dna oceanicznego. Wówczas warstwa wody znajdująca się nad tym fragmentem również unosi się lub opada, tworząc fale powierzchniowe. Ich wysokość na otwartym oceanie, gdzie głębokość zbiornika sięga tysięcy metrów, najczęściej nie przekracza 1 m. Fale te odznaczają się jednak ogromną prędkością, dochodzącą do kilkuset kilometrów na godzinę, oraz znaczną długością (ponad 160 km).

W momencie dotarcia do strefy brzegowej wysokość fali gwałtownie wzrasta na skutek wyhamowania jej czoła. Przy brzegu może więc ona osiągnąć nawet kilkadziesiąt metrów.

Nadejście tsunami poprzedza zwykle szybko, trwające kilkanaście minut obniżenie lustra wody o 2–4 m. Jest to spowodowane utworzeniem się dołu fali przed jej grzbietem. Najwyższa jest zazwyczaj pierwsza fala, po której mogą przejść kolejne, o coraz mniejszej wysokości. Nie tylko trzęsienia ziemi mogą powodować wystąpienie tsunami. Wywołują je także np. **wybuchy wulkanów**, **podwodne osuwiska** oraz oderwane **masywy skalne spadające do wody**.

Katastrofalne tsunami

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat w wielu miejscach na kuli ziemskiej wystąpiły tsunami. Mimo tego, że niektóre z nich osiągały wysokość kilkuset metrów (w 1958 r. w zatoce Lituya na Alasce – 524 m), to jednak nie spowodowały one katastrofalnych zniszczeń. Natomiast te, które wystąpiły na terenach gęsto zaludnionych i zagospodarowanych, np. u wybrzeży Honsiu w 2011 r. czy u wschodnich krańców Oceanu Indyjskiego w 2004 r., pochłonęły setki tysięcy ofiar i spowodowały straty warte miliardy dolarów.



Tempo rozchodzenia się fali.

Tsunami jest groźne głównie ze względu na siłę, z jaką uderza o wybrzeże. Wdzierając się głęboko w ląd, fale porywają przedmioty, uderzając nimi w budynki i powodując śmierć ludzi. Fala ta może przenosić obiekty ważące kilkadziesiąt ton.



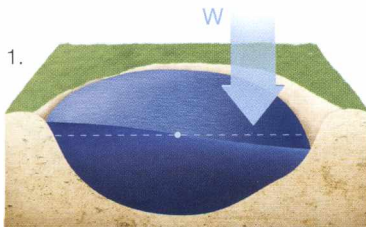
Sejsze

W morzach, zatokach i dużych jeziorach może zachodzić zjawisko sejszy. Polega ono na występującym na przemian obniżaniu się i podnoszeniu poziomu wody w przeciwnych częściach zbiornika. Podstawowymi przyczynami powstawania sejszy są **zmiany ciśnienia atmosferycznego** nad powierzchnią wody oraz **zmiany prędkości i kierunku wiatru**. Mogą je też wywołać wstrząsy sejsmiczne, a także różnice w temperaturze i gęstości poszczególnych warstw wody.

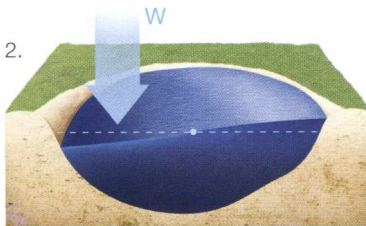
Czas trwania sejszy zależy od wielkości i głębokości zbiornika oraz rozwinięcia jego linii brzegowej. Na ogół sejsze trwają kilkanaście minut. Znane są jednak wypadki utrzymywania się tego zjawiska w płytkich zbiornikach o znacznych powierzchniach nawet przez kilka godzin. Amplitudy sejszy zazwyczaj dochodzą do kilkunastu centymetrów. Wyjątkowo mogą one osiągnąć ponad 2 m.

Sejsza należy do fal stojących. Oznacza to, że cząsteczki wody nie wykonują ruchu postępowego, a jedynie wahadłowy ruch w górę i w dół. Nazwa tego zjawiska pochodzi ze szwajcarskiego dialektu języka francuskiego, w którym oznacza 'poruszać się tam i z powrotem'.

Obecność ośrodka wyżowego nad taflą wody powoduje jej ugięcie się.



Przesunięcie się ośrodka wyżowego powoduje przesunięcie strefy nacisku nad inny obszar zbiornika i powstanie sejszy.

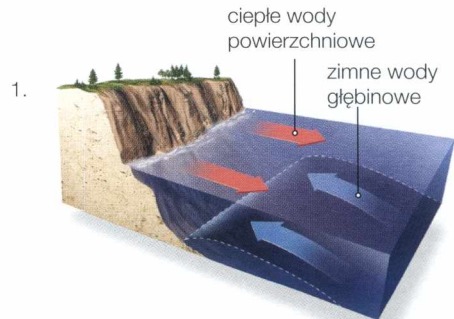


Powstawanie sejszy.

Upwelling

Szczególnym przypadkiem pionowych ruchów wody jest zjawisko znane jako upwelling. Polega ono na powolnym **wynoszeniu na powierzchnię zimnych wód głębinowych**, zawierających substancje odżywcze. Najintensywniejsze wynoszenie tych wód zachodzi u zachodnich wybrzeży kontynentów na obu półkulach, gdzie pasaty powodują odpływ ciepłych wód powierzchniowych od wybrzeży w kierunku otwartego oceanu. Zastępują je wody głębinowe. Jest to upwelling przybrzeżny. Nieco inny charakter ma **upwelling równikowy** – ruch prądów Północnorównikowego oraz Południoworównikowego rozsuwa powierzchniową warstwę wody, umożliwiając napływanie wody z głębin.

Zjawisko określane mianem **downwellingu** dotyczy natomiast ciepłych wód powierzchniowych, które niesione prądami morskimi przemieszczają się ku wyższym szerokościom geograficznym. Tu stopniowo ochładzają się i zwiększają swoją gęstość. Wskutek tego w strefach powyżej 50° szerokości geograficznej północnej i południowej pograżają się na głębokości od kilkuset do kilku tysięcy metrów.



Powstawanie upwellingu przybrzeżnego.

■ Pływy

Pływy to cykliczne wznoszenie się i opadanie poziomu morza, wywołane **siłą przyciągania Księżyca i Słońca** oraz **siłą odśrodkową wynikającą z obrotu Ziemi**. Wartości i kierunki tych sił w poszczególnych punktach na powierzchni Ziemi są różne, ponieważ zależą od odległości danego punktu od Księżyca i Słońca. Po stronie Ziemi zwróconej ku Księżycowi przeważa jego siła przyciągania, a po przeciwnej stronie – siła odśrodkowa. Powoduje to powstawanie przyptywów na obszarach położonych najbliżej i najdalej od Księżyca oraz odpływów na pozostałych terenach. Rytm pływów wyznacza właśnie Księżyc, którego siła przyciągania jest większa od siły przyciągania Słońca. Dlatego w danym punkcie Ziemi dwa razy w ciągu **dobu księżycowej**, czyli około co 12 godzin i 27 minut, występuje zjawisko przyptywu, które jest dwukrotnie rozdzielane odpływem.

Wielkość przyptywu jest uzależniona od położenia względem siebie Ziemi, Słońca i Księżyca. Kiedy te trzy ciała niebieskie znajdują się w jednej linii, co ma miejsce w czasie pełni lub nowiu Księżyca, wówczas siły przyciągania Słońca i Księżyca sumują się i pływy osiągają największą amplitudę poziomu wody. Są to tak zwane **pływy syzygijne**. Natomiast kiedy Słońce i Księżyc ustawiają się względem Ziemi pod kątem prostym (w pierwszej i trzeciej kwadrze Księżyca), wówczas powstają **pływy kwadraturowe** o niskich amplitudach.

Na morzach śródziemnych, takich jak Morze Bałtyckie, różnice między przyptywem a odpływem są niewielkie – najczęściej nie przekraczają 1 m. Natomiast w wąskich zatokach oceanów wahania stanów wód dochodzą do kilkunastu metrów. Tak dzieje się na przykład w zatoce Fundy na wschodnim wybrzeżu Kanady czy przy ujściu rzeki Qiantang w Chinach.

PŁYWY KWADRATUROWE

kierunek przyciągania przez Księżyc

kwadra Księżyca

pływy słoneczne

pływy księżycowe

Mniejsze pływy obserwujemy wtedy, gdy wzajemne położenie względem siebie Słońca, Ziemi i Księżyca tworzy kąt prosty.

kierunek przyciągania przez Słońce

PŁYWY SYZYGIJNE

Księżyc w pełni

kierunek przyciągania przez Księżyc

kierunek przyciągania przez Słońce

Największe pływy występują wówczas, gdy Ziemia, Słońce i Księżyc znajdują się w jednej linii. Wtedy siły przyciągania Słońca i Księżyca sumują się.

Spojrzenie z bliska

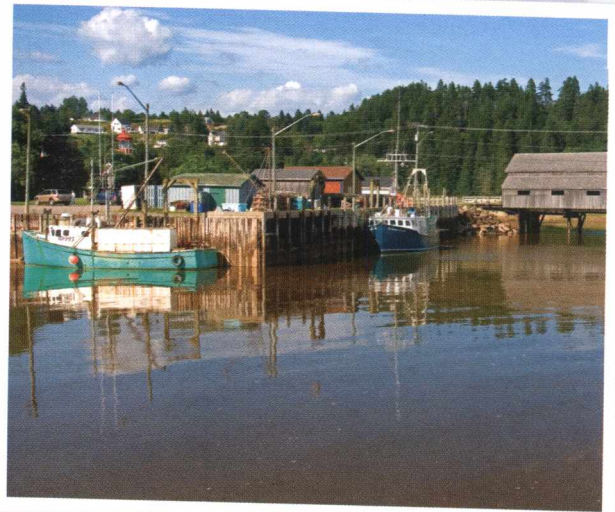
zatoka Fundy



Pływy w zatoce Fundy

Rekordowe pływy, czyli największe różnice poziomu morza między przyływem a odpływem, obserwuje się w zatoce Fundy, leżącej na kanadyjskim wybrzeżu Atlantyku. Przeciętna różnica poziomów wynosi tam 11,4 m. Podczas pływów syzygijnych (gdy Słońce i Księżyc ustawione są w jednej linii) różnice te są znacznie większe – osiągają średnio 15,4 m. Maksymalna odnotowana różnica wynosiła 19,6 m – co jest światowym rekordem. Główną przyczyną tak dużych pływów, zwłaszcza w głębi zatoki, jest jej specyficzny kształt. Szeroka na 100 km przy wlocie zwęża się ona bowiem do zaledwie kilku kilometrów w głębi. Z tego względu wtłoczona z przyływem woda bardzo szybko się spiętrza. W rezultacie poziom wody podnosi się o kilkanaście metrów. Ciekawostką jest to, że uchodzące do zatoki rzeki podczas przyplwywu są zasilane wodami morskimi i płyną w odwrotnym kierunku – pod górę.

Wysoki stan wód związany z przyływami pojawia się dwa razy w ciągu doby, w odstępie 12 godzin i 24 minut.



Zadania

1. Porównaj wielkość rocznej sumy opadów atmosferycznych oraz średniej temperatury powietrza na północnym wybrzeżu Francji i wschodnim wybrzeżu Kanady. Wyjaśnij, na czym polegają różnice i podaj ich przyczynę.
2. Podaj przyczynę powstawania fal morskich.
3. Omów genezę tsunami.
4. Przedstaw możliwości energetycznego wykorzystania ruchów wody morskiej.

4

Rzeki i ich ustroje

Rzeki od wieków miały ogromny wpływ na rozwój społeczeństw. Odgrywały znaczącą rolę w powstawaniu starożytnych cywilizacji – Babilon mógł rozwijać się dzięki wodom Eufratu i Tygrysu, a Egipt dzięki Nilowi. Nad rzekami budowano też największe miasta. Aż pięć stolic europejskich państw leży nad Dunajem – drugą pod względem długości rzeką kontynentu.

Rzeka i jej dorzecze

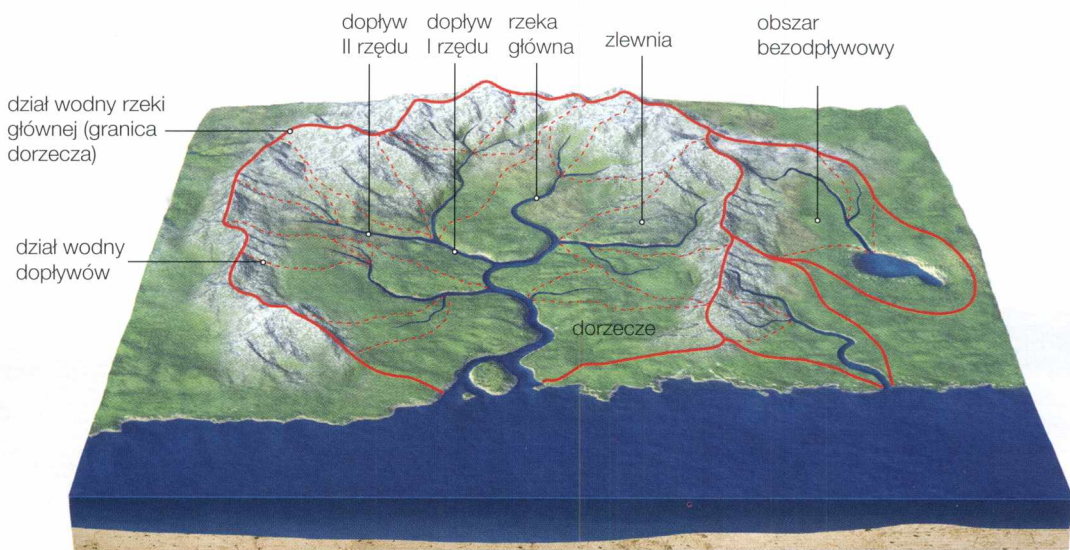
Woda, która płynie po powierzchni ziemi pod wpływem siły grawitacji, utworzonym przez siebie korytem, jest nazywana ciekim wodnym. Niewielkie ciekі wodne o dużym spadku to potoki, natomiast te o małym spadku to strumienie. Z kolei duże ciekі wodne to rzeki. Każda rzeka, niezależnie od wielkości, ma swoje **źródło** oraz **ujście**. Jeżeli rzeka uchodzi bezpośrednio do morza lub innego zbiornika wodnego, wówczas określana jest mianem **rzeki głównej**. Rzeka główna wraz ze swoimi dopływami tworzy **system rzeczny**. Natomiast obszar odwadniany przez ten system to **dorzecze**. Duże rzeki

posiadają dorzecza składające się z wielu **zlewni**, czyli dorzeczy dopływów tych rzek. Granica rozdzielająca dwa sąsiadujące ze sobą dorzecza nazywana jest **działem wodnym** lub wododziałem. Przebiega ona zwykle wzdłuż najwyższych wzniesień okalających dorzecze.

Rodzaje rzek

Istnieje wiele klasyfikacji rzek, uwzględniających m.in. ich długość, wielkość dorzecza i budowę doliny. Pod względem ciągłości zasilania rzeki dzieli się na:

- ▶ **stałe** – zasilane w sposób ciągły, prowadzące wodę w korycie przez cały rok;
- ▶ **okresowe** (periodyczne) – prowadzące wodę regularnie, ale tylko w porze deszczowej; występują w regionach suchych, najczęściej na półpustyniach;
- ▶ **epizodyczne** – prowadzące wodę sporadycznie, tylko po dużych opadach deszczu; przez pozostałą część roku dna dolin rzek epizodycznych pozostają suche; występują głównie w klimacie suchym.



System rzeczny wraz z dorzeczem.

■ Ustrój rzeki

Każda rzeka ma właściwy dla siebie typ ustroju (reżimu) rzeczno-ego. Jest to ustalony na podstawie wieloletnich obserwacji rytm wahań przepływów rzeki oraz stanów wody, związany z rodzajem zasilania i złodzeniem. **Przepływem** nazywamy ilość wody przepływającej przez przekrój poprzeczny koryta w jednostce czasu (np. w m³/s lub km³/rok). Natomiast **stan wody** to wysokość zwierciadła wody w korycie rzeki względem umownie przyjętego poziomu odniesienia.

Rzeki zasilane są głównie przez:

- ▶ spływające powierzchniowo **wody opadowe**,
- ▶ **wody roztopowe** ze **śniegu** lub **lodu**,
- ▶ **wody podziemne**,
- ▶ **wody jezior**.

Na intensywność zasilania i przepływ rzeki wpływają **warunki klimatyczne** oraz – w mniejszym stopniu – **rzeźba terenu**, **budowa geologiczna** i **pokrywa roślinna**. Wraz ze zmianami przepływu zmienia się stan wody. Dużym przepływom odpowiadają wysokie stany wód, czyli **wezbrania**, zaś małym – niskie stany wód, tzw. **nizówki**.

■ Gospodarcze znaczenie rzek

Już w najdawniejszych czasach możliwość gospodarczego wykorzystania rzek miała dla ludzi ogromne znaczenie. Rzeki stanowiły przede wszystkim ważne **szlaki transportowe**, którymi spławiano np. drewno i płody rolne. Energia płynącej wody służyła początkowo do napędzania prymitywnych maszyn i kół młyńskich. Potem znajdowano dla niej coraz to nowe zastosowania. Współcześnie **elektrownie wodne** zapewniają produkcję taniej i względnie czystej energii elektrycznej. Wśród krajów, które mają duży udział hydroelektrowni w strukturze produkcji energii elektrycznej należy wymienić Norwegię, Islandię czy Szwecję.

Rzeki są również wykorzystywane jako **źródło wody pitnej** dla mieszkańców miast i wsi. Ponadto nawadniają obszary rolne na terenach o niskich opadach deszczu. Buduje się tam liczne kanały nawadniające.

Nieco inna sytuacja ma miejsce w Egipcie, gdzie dzięki regulacjom hydrotechnicznym zapewniono stały, całoroczny dostęp do wody rzecznej. To z kolei spowodowało wzrost zasięgu obszarów wykorzystywanych rolniczo.

Powódź

Powódź to wezbranie wody w ciekach wodnych lub morzu, w czasie którego woda występuje z brzegów, zalewając doliny rzeczne lub tereny położone poniżej poziomu morza. Skutkami powodzi są m.in. zerwane mosty, zalane drogi i domy, a czasem nawet straty ludnościowe. Najczęstszymi przyczynami wezbrań powodziowych są:

- wiosenne roztopy,
- długotrwałe i intensywne opady atmosferyczne,
- zatory lodowe na rzece uniemożliwiające swobodny przepływ wód,
- podniesienie poziomu wody w ujściu rzeki w czasie sztormu (tzw. cofka).

W 2010 r. powódź w dorzeczu Wisły doprowadziła do zalania tysięcy gospodarstw oraz do strat finansowych sięgających miliardów złotych.



Rodzaje ustrojów rzecznych

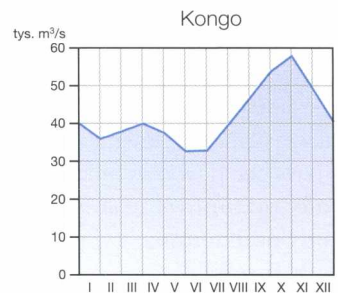
Rzeki mogą być zasilane przez wody opadowe, roztopowe, podziemne oraz wody jezior. Ze względu na rodzaj zasilania rzeki mogą cechować się ustrojem prostym, w którym dominuje jeden rodzaj zasilania, lub ustrojem złożonym, gdy rzeka zasilana jest z kilku źródeł.

Ustrój deszczowy

Rzeki o tym typie ustroju zasilane są głównie przez wody opadowe, a wahania stanów wody zależą w nich od rocznego rytmu opadów atmosferycznych. Wyróżniamy następujące ustroje deszczowe: równikowy, podrównikowy, monsunowy, śródziemnomorski i oceaniczny.

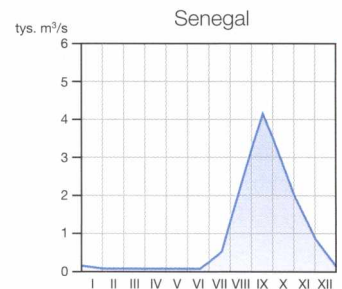
Równikowy

W rzekach o ustroju deszczowym równikowym (np. Amazonce, Kongo) wysokie stany wody występują w ciągu całego roku. Wzrost przepływów przypada na okres pór deszczowych, związanych z zenitalnym położeniem Słońca, czyli wiosną i jesienią.



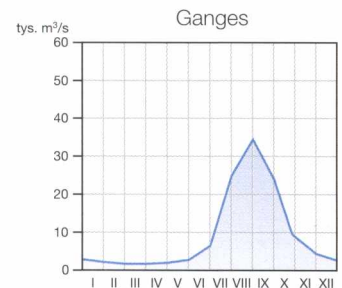
Podrównikowy

Ustrój ten charakteryzuje się dość dużymi wahaniami stanów wody. Ich maksimum przypada na porę deszczową, a minimum na porę suchą, podczas której wiele rzek wysycha. Rzeki o tym ustroju występują w Afryce (np. Niger, Senegal) i Ameryce Południowej (np. Tocantins).



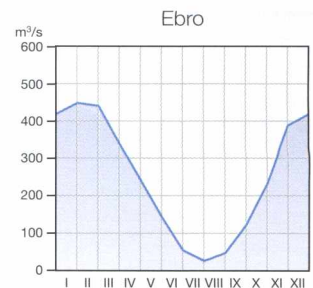
Monsunowy

Jest to reżim typowy dla rzek Azji Południowej i Wschodniej (np. Gangesu, Jangcy). Cechuje się on dużymi wahaniami stanów wody, których maksymalne wartości notuje się w porze letniego monsunu (pora deszczowa), natomiast minimalne wartości związane są z monsunem zimowym (pora sucha).



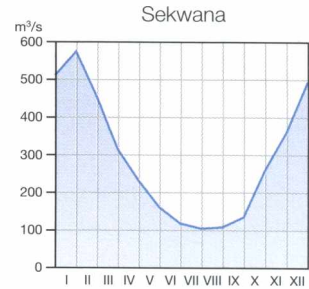
Śródziemnomorski

Reżim ten jest charakterystyczny dla rzek położonych na obszarze Europy Południowej (np. Ebro, Tybru). Poziom wody w tym reżimie zimą, w czasie wzmożonych opadów, jest wysoki. Natomiast latem, w wyniku niewielkich opadów i wysokiej temperatury, poziom wody w rzekach znacznie się obniża.



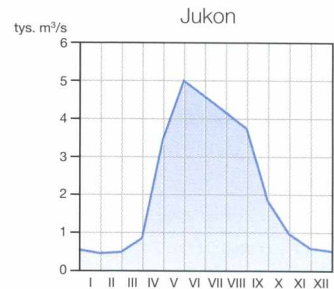
Oceaniczny

Obfite i wyrównane opady sprawiają, iż rzeki o tym ustroju (np. Sekwana i Loara) charakteryzują się dużymi przepływami w ciągu całego roku. Jedynie w okresie letnim, z powodu zwiększonego parowania, notuje się spadek przepływów.



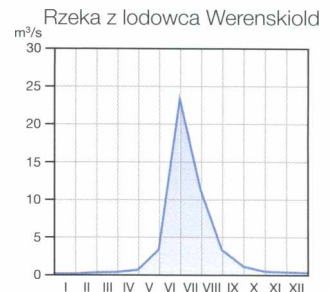
Ustrój śnieżny

Kulminacja przepływów na rzekach o tym typie ustroju występuje na wiosnę, co jest związane z topnieniem pokrywy śnieżnej. Latem przepływy maleją, a najniższe stany osiągają jesienią. Ustrój śnieżny mają rzeki Syberii (np. Ob, Jenisej, Lena), Alaski (np. Jukon), północnej Kanady (np. Mackenzie) oraz północno-wschodniej Europy (np. Dwina i Onga).



Ustrój lodowcowy

Rzeki o reżimie lodowcowym osiągają latem (podczas intensywnego topnienia lodowców górskich) najwyższe stany wody oraz wysokie przepływy (np. Inn, Rodan, Amu-daria).



Ustrój złożony

Rzeki o ustroju złożonym zasilane są z różnych źródeł. Wyróżnia się m.in. zasilanie: **deszczowo-śnieżne**, **deszczowo-śnieżno-lodowcowe** oraz **śnieżno-lodowcowe**. Ustrój złożony jest najczęściej spotykanym typem ustroju. Należą do niego na przykład rzeki Polski. Mają one ustrój deszczowo-śnieżny, w którym pierwsza kulminacja przepływów na rzekach ma miejsce wiosną i jest związana z topnieniem pokrywy śnieżnej. Natomiast druga kulminacja (główne wezbranie) występuje latem, gdy suma opadów atmosferycznych jest największa w ciągu całego roku. Najniższe stany wody na rzekach o ustroju deszczowo-śnieżnym występują jesienią.



Zadania

1. Wyjaśnij znaczenie terminów: *dorzecze*, *zlewnia*, *wododział*, *rzeka epizodyczna*.
2. Wymień różnice między ustrojem rzecznym lodowcowym a ustrojem śnieżnym.
3. Wytlumacz różnicę między wezbraniem a powodzią.
4. Podaj cztery przykłady gospodarczego wykorzystania rzek.

Jeziora są nie tylko ozdobą krajobrazu. Pełnią również ważne funkcje gospodarcze. Obszary, w których występuje duże nagromadzenie jezior – **pojezierza** – stanowią zwykle jedno z najbardziej atrakcyjnych turystycznie regionów danego kraju. Jeziora odznaczają się bardzo dużym zróżnicowaniem, zarówno pod względem genezy, powierzchni, głębokości, jak też przestrzennego rozmieszczenia. Badaniem jezior zajmuje się nauka zwana **limnologia**.

Jezioro to naturalne zagłębienie terenu wypełnione wodą i pozbawione swobodnej wymiany wód z wszechocanem. Do tej kategorii zalicza się także zbiorniki zaporowe, traktowane jako jeziora antropogeniczne.

Powstawanie jezior zależy od:

- ▶ **procesów rzeźbiących powierzchnię Ziemi**, w których wyniku dochodzi do utworzenia zagłębienia, czyli misy jeziornej;
- ▶ **warunków klimatycznych** regulujących wypełnianie zagłębienia wodą;
- ▶ **rodzaju skał** budujących podłoże, warunkujących zatrzymanie wody w zagłębieniu.

Jeziora mogą być zasilane przez opady atmosferyczne, wody powierzchniowe, podziemne, a w skrajnych przypadkach – w strefach polarnych lub wysokogórskich – przez dostawę mas lodowych. Niektóre jeziora zasilane są także wodami morskimi wlewającymi się do nich podczas przypływu.

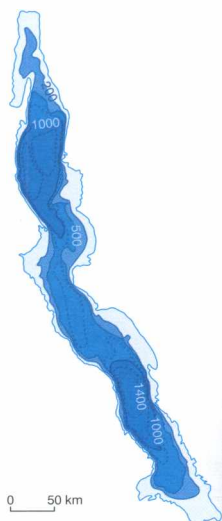
Klasyfikacja jezior	Rodzaje jezior
Ze względu na ciągłość zasilania	• stałe – ich misy jeziorne są stale wypełnione wodą; • okresowe – wypełniają się wodą tylko w określonej porze roku; • epizodyczne – istnieją bardzo krótko po obfitych opadach.
Ze względu na sposób zasilania i odprowadzania wody	• odpływowe – zasilają swoimi wodami wypływające z nich rzeki, np. z afrykańskiego jeziora Tana wypływa Nil Błękitny; • przepływowe – wodę dostarcza do jeziora jeden lub kilka cieków wodnych, po czym jest ona z niego odprowadzana, najczęściej jednym korytem. Do tej grupy zalicza się większość jezior polodowcowych; • bezoptywowe – to jeziora, z których nie wypływają żadne ciek wodne, a dopływ wody jest równoważony przez parowanie. Przykładem jest największe pod względem powierzchni jezioro świata – Morze Kaspjskie.
Ze względu na zawartość soli w wodzie	• słodkie – większość jezior gromadzi wodę słodką, czyli taką, w której całkowita zawartość rozpuszczonych soli nie przekracza 0,5 g/l; • słone – występują niemal wyłącznie na obszarach bezoptywowych w klimacie suchym. Stężenie soli w wodach jezior słonych przekracza 35‰, a czasami może osiągnąć wartość nawet 368‰, jak w przypadku jeziora Gusgen w Turcji; • słonawe – kiedy ilość rozpuszczonych soli jest niewielka (0,5–35‰) – wówczas mówimy o jeziorach słonawych.
Ze względu na warunki rozwoju życia oraz ilość substancji odżywczych występujących w wodach	• jeziora oligotroficzne – to akweny ubogie w substancje odżywcze, których wody są dobrze natlenione oraz mają niską temperaturę. Dna tych jezior są skaliste lub żwirowe. Jeziorami oligotroficznymi były w początkowym stadium wszystkie jeziora polodowcowe. Dziś najlepszymi przykładami tego typu jezior są tatrzańskie jeziora cyrkowe, np. Czarny Staw pod Rysami oraz Wielki Staw; • jeziora eutroficzne – ich wody zawierają dużo substancji odżywczych, co powoduje masowy rozwój glonów i roślin wodnych. Cechuje je mała przezroczystość oraz zielony lub żółtozielony kolor. W warstwie przydennej występuje stały deficyt tlenu; • jeziora dystroficzne – to najczęściej niewielkie i płytkie jeziora występujące w lasach, charakteryzujące się brunatną lub żółtawą barwą wody. Są one silnie zakwaszone i zawierają mało tlenu, dlatego życie organiczne jest w nich ubogie. Jeziora tego typu szybko zarastają.

Genetyczne typy jezior

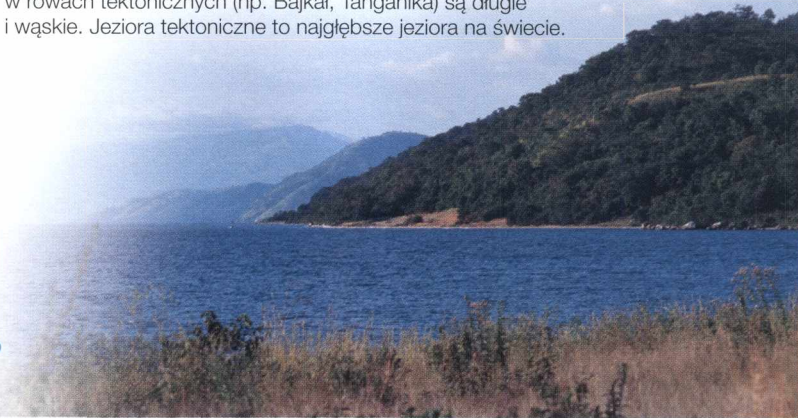
Jeziora można podzielić również ze względu na pochodzenie misy jeziornej. Jest to tak zwana klasyfikacja genetyczna, w której bierze się pod uwagę procesy działające pod powierzchnią Ziemi (wewnętrzne) oraz na powierzchni Ziemi (zewnętrzne), które przyczyniły się do powstania jeziora. Procesy wewnętrzne są odpowiedzialne za powstanie jezior wulkanicznych, tektonicznych oraz reliktowych. Natomiast procesy zewnętrzne prowadzą do powstawania jezior polodowcowych, krasowych, deltowych, zakolowych, przybrzeżnych oraz meteorytowych.

Jeziora tektoniczne

Występują w zagłębieniach powstałych wskutek ruchów skorupy ziemskiej. Misy jezior znajdujących się w obniżeniach tektonicznych na równinach (np. Jezioro Górne, Ładoga) cechuje względnie płaskie dno i stosunkowo mała głębokość. Natomiast jeziora powstałe w rowach tektonicznych (np. Bajkał, Tanganika) są długie i wąskie. Jeziora tektoniczne to najgłębsze jeziora na świecie.

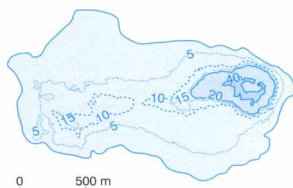


Jezioro Tanganika



Jeziora wulkaniczne

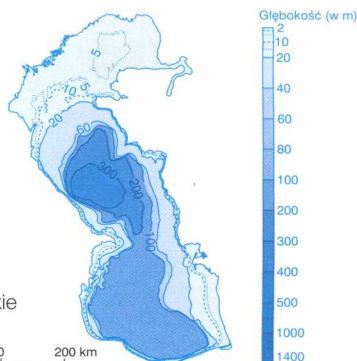
Zazwyczaj powstają w kraterach nieczynnych wulkanów. Mają zazwyczaj niewielką powierzchnię, są dość głębokie, a ich źródło zasilania stanowią opady deszczu. Dzięki bogatemu w rozpuszczalne związki chemiczne podłożu, wody tych jezior są mocno zmineralizowane. Dlatego mają one czasem nietypowe zabarwienie (np. zielone lub czerwone). Przykładowymi jeziorami wulkanicznymi są: Jezioro Kraterowe w Stanach Zjednoczonych, jezioro Bolsena we Włoszech oraz Towada w Japonii.



Medicine Lake

Jeziora reliktowe

Utworzyły się w wyniku odcięcia części dawnych mórz przez powolne podnoszenie się skorupy ziemskiej lub obniżenie poziomu morza. Do jezior tych zalicza się Morze Kaspjskie oraz Jezioro Aralskie.



Morze Kaspjskie

Jeziora polodowcowe

Występują na obszarach, które uległy niegdyś zlodowaceniu. Ich geneza ma zatem związek z działalnością lodowców górskich lub lądolodów. Wśród jezior pochodzenia polodowcowego wyróżnia się m.in. jeziora: morenowe, rynnowe, cyrkowe oraz oczka polodowcowe.

Morenowe

Powstają wskutek zatarasowania odpływu wód przez materiał sfaldowany przed czołem lądolodu – jeziora moreny czołowej (np. Mamry) lub wytapiania się brył lodu pozostawionego przez cofający się lądolód w obrębie moreny dennej – jeziora moreny dennej (np. Śniardwy). Są to duże i płytkie jeziora o urozmaiconych kształtach, licznych zatokach, półwyspach i wyspach, łagodnych i płaskich brzegach. Jeziora morenowe występujące w górach powstały w efekcie zatarasowania doliny wałem morenowym (np. Smreczyński Staw w Tatrach).



Rynnowe

Utworzyły się w wyniku erozyjnej działalności wód płynących pod lądolodem. Charakteryzują się urozmaiconą rzeźbą dna oraz stromymi brzegami. Są wąskie i długie, osiągają też znaczną głębokość. Przykładem jeziora rynnowego jest Hańcza – najgłębsze jezioro w Polsce.



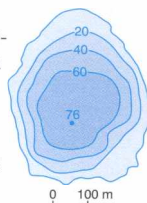
Oczka polodowcowe

Powstały w zagłębieniach utworzonych po wytopieniu się brył lodu pozostawionych przez cofający się lądolód. Jeziora te mają kształt kolisty, są małe i dość płytkie. Często wypełniają zagłębienia bezodpływowe i szybko zarastają.



Cyrkowe (karowe)

Ich wody wypełniają cyrki polodowcowe, czyli nieckowate zagłębienia w stoku górskim, ograniczone z trzech stron stromymi zboczami, a z czwartej rygłem skalnym. Mają kolisty lub owalny kształt i znaczną głębokość. Najgłębsze jezioro cyrkowe w Tatrach – Wielki Staw – ma głębokość prawie 80 m.



Czarny Staw

Inne jeziora

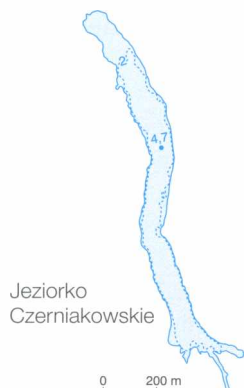
Deltowe

Ich wody wypełniają zagłębienia w obrębie delt rzecznych. Są płytkie i szybko zarastają. Przykładem tego typu jezior w Polsce są: Druzno (delta Wisły) i Dąbie (delta Odry).



Zakolowe (starorzecza)

Ich wody wypełniają fragmenty dawnych koryt rzecznych, które są odcięte od głównego nurtu rzeki. Charakteryzują się owalnym i wydłużonym kształtem. Występują w obrębie dolin dużych meandrujących rzek, np. Dunaju i Wisły.



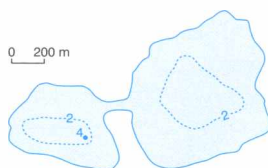
Przybrzeżne

Powstają na niskich wybrzeżach, zazwyczaj wskutek odcięcia zatoki morskiej przez mierzeję. Charakteryzują się dość dużą powierzchnią, niewielką głębokością oraz płaskimi bagnistymi brzegami. Do tego typu jezior w Polsce należą m.in. Łebsko, Gardno i Jamno.



Krasowe

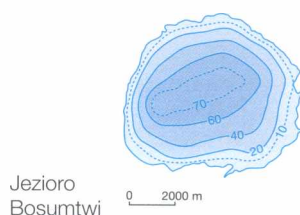
Wody tych jezior wypełniają obniżenia krasowe na obszarach zbudowanych ze skał wapiennych lub gipsowych. Na dnach jezior krasowych często występują formy powstałe w wyniku wytrącania się węglanu(IV) wapnia.



Jezioro Pereszpa

Meteorytowe

Jeziora meteorytowe są położone w zagłębieniach kraterów, które powstały wskutek uderzenia meteorytów w powierzchnię Ziemi. Przykładami tego typu jezior są jezioro Kaali na wyspie Sarema czy jeziora położone w rezerwacie Meteoryt Morasko w Poznaniu.



Jezioro Bosumtwi

Zbiorniki sztuczne

Są to zbiorniki antropogeniczne, czyli utworzone przez człowieka, np. wskutek przegrodzenia doliny rzecznej zaporą. **Jeziora antropogeniczne** pełnią m.in. funkcje energetyczne, przeciwpowodziowe i rekreacyjne. Służą też do zaopatrywania w wodę miast oraz zakładów przemysłowych. Do jezior tego typu należą np. Jezioro Solińskie na Sanie, Jezioro Namera na Nilu i Jezioro Brackie na Angarze. Antropogeniczną genezę mają także stawy rybne.

Jezioro Solińskie powstało przez zatrzymanie zaporą wód rzeki San.



■ Znaczenie jezior w życiu i działalności człowieka

Ludzie już w najdawniejszych czasach budowali swoje domostwa nad jeziorami, gdyż w ten sposób mogli łatwo zdobywać pożywienie i wodę. Jeziora stanowiły jednocześnie osłonę przed nieprzyjaciółmi oraz dzikimi zwierzętami. Pełniły też funkcję komunikacyjną. Zakładano nad ich brzegami grody, a później – miasta i metropolie.

Współcześnie jeziora nadal są **źródłem słodkiej wody pitnej** dla mieszkańców wielu miast i wsi, a także wysoko położonych schronisk górskich. Praktycznie we wszystkich strefach klimatycznych wykorzystuje się je do pojenia zwierząt oraz nawadniania pól. Pozostają też źródłem pożywienia. Nad jeziorami często funkcjonują firmy trudniące się **rybactwem śródlądowym**.

Jeziora, zwłaszcza duże, pełnią funkcję **dróg wodnych** (np. Morze Kaspijskie, Bajkał, Wielkie Jeziora) oraz **naturalnych zbiorników retencyjnych**, magazynujących wody w okresach ich nadmiaru. Wpływają również na klimat obszarów do nich przyległych. Jeziora stanowią źródło różnorodnych surowców, wykorzystywanych w przemyśle, np. chemicznym (sole), czy budownictwie (trzcina pozyskiwana ze strefy przybrzeżnej jezior). Mają też coraz większe znaczenie jako miejsca uprawiania **sportów wodnych, turystyki i rekreacji**.

■ Rozmieszczenie jezior na kuli ziemskiej

Na świecie istnieje obecnie kilka milionów jezior. Zajmują one ok. 2,5 mln km² (co stanowi zaledwie 1,7% powierzchni lądów) i są rozmieszczone nierównomiernie. Występują we wszystkich strefach klimatycznych i niemal wszystkich środowiskach – w głębokich jaskiniach, wysokich partiach gór, w wilgotnych lasach równikowych i na pustyniach.

Szczególnie dużo jezior znajduje się na obszarach objętych ostatnim zlodowaceniem, czyli w znacznej części Ameryki Północnej, Ameryce Południowej (w Patagonii) i północnej Europie. W środkowej i wschodniej Afryce oraz środkowej Azji występują wielkie jeziora, których wody wypełniają rowy tektoniczne. Najuboższa w jeziora, poza Antarktydą, jest Australia – większość z tysiąca jezior znajdujących się w jej granicach to jeziora okresowe.

Czy wiesz, że...

Na Antarktydzie, pod powierzchnią lądolodu, znajduje się ponad 150 słodkowodnych jezior. Największe z nich, Wostok, leży około 4 tys. m pod lodem, a nad nim znajduje się rosyjska stacja badawcza Wostok. Jezioro to ma ponad 15 tys. km² powierzchni, liczy prawie 250 km długości i ok. 50 km szerokości. Jego głębokość miejscami dochodzi do 800 m. Prawdopodobnie wody tego jeziora pozostają w izolacji od przeszło 0,5 mln lat.

■ Bagna i torfowiska

Bagna to obszary, na których wody podziemne zalegają bardzo płytko lub też lokalnie ukazują się na powierzchni. Tworzą się one na terenach o utrudnionym odpływie wód powierzchniowych, przy wysokim poziomie wód podziemnych lub wskutek zarastania jezior.

Bagna występują we wszystkich szerokościach geograficznych. W skali globu zajmują około 6% powierzchni lądów. Najwięcej obszarów bagiennych znajduje się w północnych regionach Azji i Ameryki Północnej, czyli tam, gdzie w podłożu występuje wieloletnia zmarzlina. Lód gruntowy uniemożliwia wsiąkanie wody opadowej i roztopowej w głąb ziemi, dlatego wiosną obszary wcześniej skute lodem zamieniają się w bagna.

W środowisku bagiennym tworzy się **torf**, który w procesie stopniowego nagromadzenia przekształca bagno w torfowisko. Wyróżniamy torfowiska:

- ▶ **wysokie** – zasilane wodami opadowymi; odznaczają się niską zawartością substancji mineralnych oraz ubogim składem gatunkowym występujących w nich roślin; torfowiska wysokie występują w górach i na obszarach wododziałowych;
- ▶ **niskie** – zasilane głównie wodami podziemnymi i rzecznyymi; występuje w nich duża koncentracja substancji odżywczych, zarówno organicznych, jak i mineralnych; powstają zwykle w rozległych dolinach, na obszarach nizinnych.



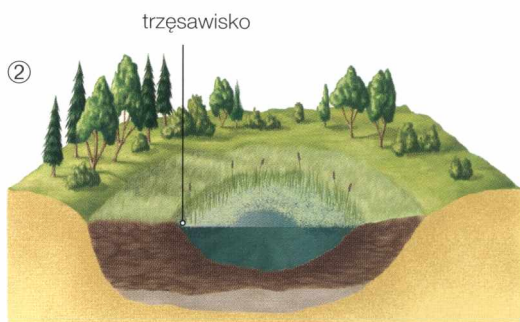
Największe obszary bagienne w Polsce występują w dolinach rzek Biebrzy i Narwi.

Etapy zarastania jezior

W wyniku rozwoju roślinności wodnej jezioro zmniejsza swoją powierzchnię i zarasta. Obumarłe szczątki roślin opadają na dno, co powoduje spłylenie zbiornika. Procesy te zachodzą w różnym tempie, a w ich wyniku jezioro przekształca się w trzęsawisko, bagno i na koniec – w torfowisko.



Obumarłe szczątki roślin opadają na dno jeziora. Tam zaczynają tworzyć się osady spływające zbiornik, zwane **gytią**.

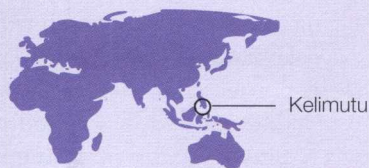


Powłoka roślinna staje się coraz gęstsza. Jezioro zmienia się stopniowo w **trzęsawisko**, pod którego powłoką znajduje się woda.



Rozrastanie się roślinności przybrzeżnej (np. turzyc, mchów, trzcin) doprowadza do zaniku jeziora i powstania bagna, a następnie – **torfowiska**.

Spojrzenie z bliska



Jeziora Kelimutu

Na indonezyjskiej wyspie Flores znajdują się jedno z najbardziej interesujących jezior na świecie. W kraterze czynnego wulkanu Kelimutu na wysokości około 1500 m n.p.m. leżą trzy jeziora: Tiwoe Alta Polo, Tiwoe Morei Kooh Fai i Tiwoe Alta Mboepoe. Jak większość jezior wulkanicznych mają one niewielką powierzchnię, ale znaczną głębokość (do 958 m). Niezwykłość tych jezior wiąże się z barwą ich wody. W dwóch ze zbiorników jest to kontrastowy odcień zieleni (oliwkowa zieleń oraz jasny turkus), w trzecim natomiast woda jest czerwono-czarna. Różnica w kolorze wód wynika z ich odmiennego składu mineralnego. Za zielony odcień odpowiadają uchodzące z krateru gazy: siarkowodór i chlorowodór, natomiast za ciemnoczerwoną barwę – nagromadzone na dnie zbiornika związki żelaza. Barwa wody nie jest stała. Geolodzy, którzy odkryli Kelimutu w 1914 r., widzieli wody jezior w barwach: niebieskiej, białej i czerwonej.

Wulkan Kelimutu (1640 m n.p.m.) to wielka atrakcja turystyczna indonezyjskiej wyspy Flores. Słynie z trzech różnokolorowych jezior położonych na jego szczycie. Jeziora te noszą niezwykle nazwy: Tiwoe Alta Polo ('Jezioro zaczarowanych ludzi'), Tiwoe Morei Kooh Fai ('Jezioro młodych mężczyzn i dziewczyn') i Tiwoe Alta Mboepoe ('Jezioro zaczarowanych roślin').



Zadania

1. Omów powstawanie jezior polodowcowych.
2. Korzystając z dostępnych źródeł, podaj genezę pięciu najgłębszych jezior świata.
3. Wskaż różnicę między jeziorem słonym a słonawym.
4. Na podstawie dostępnych źródeł ustal i zapisz w zeszycie nazwy trzech dużych obszarów bagiennych w Europie.

W plejstocenie, nazywanym epoką lodowcową, obszar objęty zlodowaceniem zajmował niemal 30% powierzchni Ziemi. Dziś lodowce pokrywają już tylko około 11% powierzchni lądów. Występują na wszystkich kontynentach z wyjątkiem Australii. Woda uwięziona w lodowcach stanowi aż 68% zasobów słodkiej wody na Ziemi. Ocenia się, że stopienie wszystkich lodów znajdujących się na naszej planecie podniosłoby poziom wszechoceanu o 66 m.

■ Warunki powstawania lodowców

Lodowiec to trwałe nagromadzenie lodu, które powstaje na lądzie z przeobrażenia dużych ilości śniegu. Tworzy się on powyżej **granicy wiecznego śniegu**, czyli tam, gdzie w ciągu roku więcej śniegu spada, niż ubywa go w wyniku topnienia i sublimacji. Do czynników warunkujących powstawanie lodowców należą:

- ▶ odpowiednio **niska temperatura powietrza**,
- ▶ **duża ilość opadów śniegu**,
- ▶ **rzeźba terenu** sprzyjająca gromadzeniu się opadów atmosferycznych (płaskie lub wklęsłe powierzchnie).

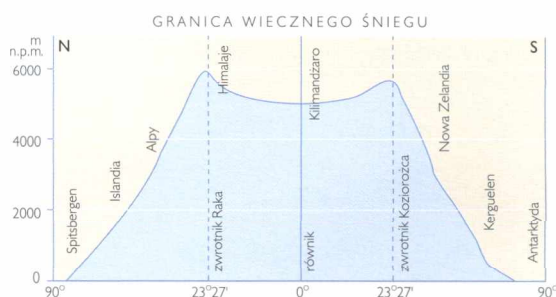
Obszar położony powyżej granicy wiecznego śniegu, na którym śnieg o małej gęstości oraz dużej zawartości powietrza przemienia się stopniowo w lód lodowcowy, określa się mianem **pola firnowego**. Jeśli dostawy śniegu do pola firnowego sukcesywnie rosną, to lód lodowcowy występuje z pola firnowego, a następnie w postaci **jęzora lodowcowego** zaczyna przemieszczać się powoli w dół.

Czy wiesz, że...

W Tatrach granica wiecznego śniegu przebiega na wysokości ok. 2200 m n.p.m. Jednak, mimo sprzyjających warunków klimatycznych, obecnie nie występują tam lodowce. Dzieje się tak, ponieważ szczyty wznoszące się powyżej granicy wiecznego śniegu mają urwiste lub stromo nachylone stoki, na których śnieg nie zalega, lecz zsuwa się w niższe partie gór. Lodowce w Tatrach występowały w okresie plejstocenu, kiedy granica wiecznego śniegu przebiegała na wysokości 1500 m n.p.m. i istniały ku temu dogodne warunki terenowe. Lodowce zniknęły z Tatr około 10 tys. lat temu.

Granica wiecznego śniegu

Położenie granicy wiecznego śniegu zależy przede wszystkim od **temperatury powietrza** oraz **wielkości opadów atmosferycznych**. Dlatego też w poszczególnych częściach naszej planety granica ta przebiega na różnych wysokościach. Na obszarach podbiegunowych znajduje się na poziomie morza. Następnie stopniowo podnosi się w kierunku zwrotników, gdzie w związku z wysokimi temperaturami oraz niewielkimi opadami przebiega najwyżej (na wysokości 6000 m n.p.m.). Nad równikiem wysokość granicy wiecznego śniegu obniża się do ok. 4400–4900 m n.p.m., co ma związek ze wzrostem ilości opadów atmosferycznych.

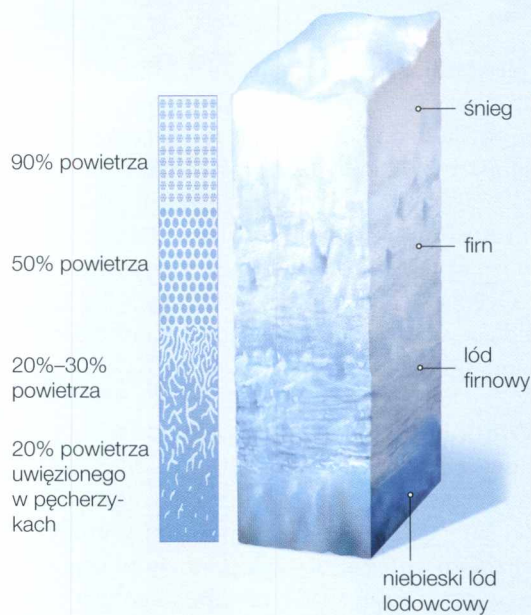


Przebieg granicy wiecznego śniegu na kuli ziemskiej w różnych szerokościach geograficznych.

Powstawanie lodu lodowcowego

Warstwa świeżego śniegu zgromadzonego w polu firnowym ulega w ciągu dnia częściowemu stopieniu. Nocą, przy ujemnej temperaturze, ponownie zamarza. Pod wpływem wielokrotnego zamarzania i odmarzania płatki śniegu zamieniają się w ziarenka lodu zwane **firnem**. W dalszych przemianach decydującą rolę odgrywa zwiększający się nacisk położonych wyżej warstw śniegu. Nacisk ten powoduje topnienie śniegu i pojawienie się wody, która spływa w dół i zamarza, spajając lodowe ziarna w **lód firnowy**. Ma on biały kolor, znacznie większą gęstość i jest prawie całkowicie pozbawiony powietrza.

Wzrastające ciśnienie prowadzi do powstania **niebieskiego lodu lodowcowego**, odznaczającego się właściwościami masy plastycznej. Pod wpływem siły grawitacji lód ten może przemieszczać się w dół. Śnieg gromadzący się w polu firnowym pochodzi z opadów. Dostarcza go tam wiatr podczas zameci lub lawiny śnieżne schodzące z otaczających pole stoków.



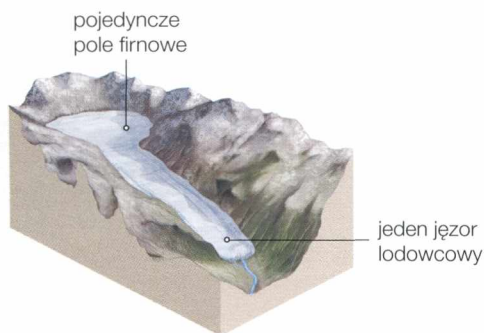
Przekrój przez pole firnowe.

Typy lodowców górskich

Lodowce górskie przyjmują różne kształty w zależności od wielkości oraz uwarunkowań orograficznych. Jest to podstawa do ich dalszej klasyfikacji na cztery typy.

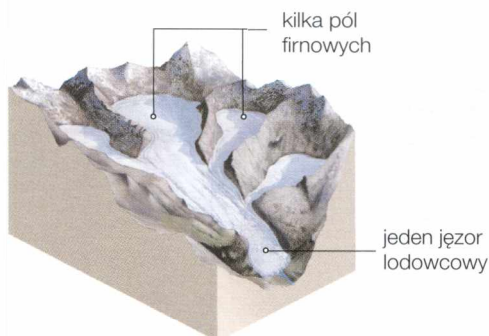
Lodowiec alpejski (dolinny)

Ma jedno duże pole firnowe i jeden długi jezior lodowcowy. Przykładem lodowca alpejskiego jest Aletsch znajdujący się w Szwajcarii.



Lodowiec himalajski (dendryczny)

Powstaje z połączenia kilku mniejszych lodowców mających własne pola firnowe. Lodowce tego typu występują w Himalajach, Karakorum i Pamirze.



Lodowiec górski

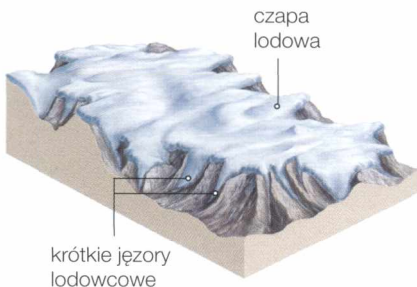
Lodowce górskie osiągają stosunkowo małe rozmiary. Składają się z wyraźnego pola firnowego i jezora lodowcowego. Przeszczanie lodu, uwarunkowane stopniem nachylenia i rzeźbą podłoża, odbywa się w nich w jednym kierunku – od źródła (pola firnowego) do końca jezora lodowcowego.

- ① pole firnowe
- ② jezoro lodowcowe
- ③ szczeliny poprzeczne
- ④ szczelina brzeżna



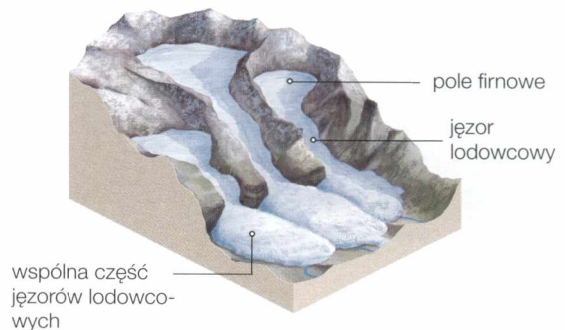
Lodowiec fieldowy (norweski)

Ma kształt czapy lodowej, z której wypływają krótkie jezory lodowcowe. Lodowce fieldowe występują m.in. w Górach Skandynawskich.



Lodowiec piedmontowy (podgórski)

Powstaje na przedpolu gór w wyniku połączenia kilku jezorów lodowcowych wypływających z odrębnych pól firnowych. Przykładem jest lodowiec Malaspina na Alasce.



Ruch lodowca

Ruch lodowca jest spowodowany działaniem siły grawitacji oraz ciśnieniem wywieranym przez stale przyrastającą warstwę śniegowo-firnową. Czynniki te powodują, że masa lodowa jest wyciskana z pola firnowego i spływa na obszar położony poniżej granicy wiecznego śniegu. Ze względu na ukształtowanie podłoża, może się ona rozprzestrzeniać we wszystkich kierunkach, tworząc czaszę lodową, albo przemieszczać w jednym kierunku, przybierając formę języka lodowcowego.

Prędkość poruszania się lodowca jest różna – waha się w granicach od kilku metrów nawet do 10–15 km na rok. Jest to zależne od wielkości narastania lodu w polu firnowym oraz nachylenia podłoża. Prędkość ruchu lodu w obrębie lodowca też jest różna. Najszybciej przemieszcza się jego centralna część, przy powierzchni języka. Najwolniej natomiast, w związku z tarciem lodu o nierówne podłoże, przesuwają się dno i brzegi. Skutkiem jest powstawanie na powierzchni lodowca licznych szczelin lodowcowych.

Czy wiesz, że...

Szczeliny lodowcowe mogą mieć głębokość kilkudziesięciu metrów. Gdy lodowiec napotyka na swej drodze bardziej strome odcinek stoku, powierzchnia lodu rozciąga się i pęka – tworzą się szczeliny poprzeczne. W inny sposób powstają szczeliny podłużne, które oddzielają środkową, szybciej poruszającą się część języka od części brzeżnych.



Lód w lodowcu przemieszcza się do przodu, ale czoło lodowca (koniec języka lodowcowego) w tym czasie może stać w miejscu lub się cofać. Jeżeli dostawa lodu przewyższa **ablację** (proces topnienia lodowca pod wpływem wysokiej temperatury), wtedy lodowiec wydłuża się – następuje jego **transgresja**. Gdy dostawa lodu równoważy straty, lodowiec nie zmienia swego położenia, czyli stagnuje. Natomiast kiedy dostawa lodu jest mniejsza od ablacji, lodowiec cofa się, zmniejszając swój zasięg. Mówimy wówczas o **regresji** lodowca.

Lądolody

W odróżnieniu od niewielkich lodowców górskich, lądolody zajmują ogromne powierzchnie. Tworzą olbrzymie, lekko wypukłe **czasze lodowe**, niezależne od rzeźby podłoża. Nagromadzenie śniegu następuje w centralnej części czaszy, topnienie zaś na jej obrzeżach. Lód przemieszcza się promieniście we wszystkich kierunkach od centrum zlodowacenia.

Występujące obecnie na Ziemi dwa lądolody – na **Antarktydzie** i **Grenlandii** – są pozostałościami po ogromnych lądolodach istniejących w plejstocenie. Lądolód kanadyjski, obejmujący znaczną część Ameryki Północnej, w czasie maksymalnego zasięgu dotarł na południe do równoleżnika 40°N, natomiast lądolód skandynawski, występujący na północy Europy – do równoleżnika 50°N.

Lądolód antarktyczny zajmuje obszar około 14 mln km² i przykrywa niemal cały kontynent. Jego miąższość (grubość) dochodzi do 4,5 km. Lądolód antarktyczny skupia w sobie aż 90% światowych zasobów lodu.

Lądolód grenlandzki jest znacznie mniejszy od antarktycznego, zajmuje bowiem powierzchnię 1,7 mln km², a jego maksymalna grubość dochodzi do 3,5 km. Skupia on w sobie 9% światowych zasobów lodu. Pod wpływem nacisku mas lodowych w obrębie lądolodu tworzą się wewnętrzne strumienie, które wyprowadzają masy lodu ku brzegom. Prędkość tych strumieni w lądolodzie grenlandzkim dochodzi do 35 m na dobę.

Bariery lodowe

W sytuacji, kiedy lądolód spływa z kontynentu do oceanu, unosi się wtedy na powierzchni wody, nie opierając się o dno. Mimo że ponad wodę wystaje jedynie 1/9 jego objętości, to ponad powierzchnią oceanu lądolód tworzy wielkie lodowe urwisko nazywane barierą lodową. Ten lodowy klif może rozciągać się na długości setek kilometrów i osiągać kilkadziesiąt metrów wysokości.

Jedną z największych i najwyższych barier lodowych (ponad 50 m wysokości) jest Bariera Lodowa Rossa, nazywana niekiedy bramą Antarktydy.



Lądolód może przemieszczać się w kierunku morza. Wtedy lód zaczyna płynąć po dnie morza, a następnie – w pewnej odległości od brzegu – unosić się na powierzchni. W taki sposób tworzą się **lodowce szelfowe**. U ich czoła fragmenty lodu odłamują się (jest to tzw. cilenie się lodowca) i przemieszczają jako góry lodowe niesione prądami morskimi ku niższym szerokościom geograficznym.

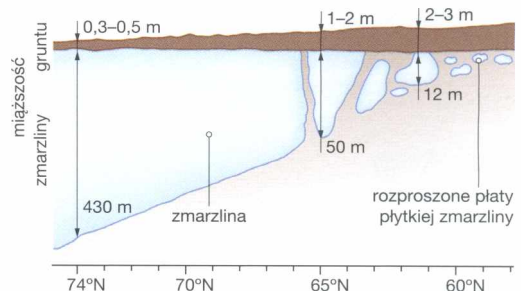
W okolicach bieguna północnego Ocean Arktyczny pokrywają duże połacie lodu tworzące **wielki pak polarny**. Grubość pokrywy lodowej waha się od 2 do 5 m, natomiast jej powierzchnia zmienia się od ok. 11 mln km² w zimie do ok. 8 mln km² w lecie. Na obrzeżach tego ogromnego pola lodowego odbywa się stały ruch kier lodowych, utrudniający żeglugę wzdłuż północnych wybrzeży Azji.

Wieloletnia zmarzlina

Wieloletnia zmarzlina, zwana także **marzłącą trwałą**, to warstwa zamrożonego gruntu, zawierającego w porach lód, który nie topnieje nawet w ciepłej porze roku. Zajmuje ona około 14% powierzchni lądów i występuje na obszarach o ekstremalnie mroźnych i suchych zimach, z długim okresem utrzymywania się ujemnej temperatury powietrza. To podziemne zlodowacenie przetrwało od **plejstocenu**, kiedy to klimat był znacznie chłodniejszy niż obecnie.

W północnej Rosji, Kanadzie i na Alasce wieloletnia zmarzlina tworzy zwarte obszary o miąższości przekraczającej nawet 1 km. Marzłocę występuje również w północno-wschodniej Europie, na wyspach Oceanu Arktycznego, Grenlandii, Antarktydzie i południowych krańcach Ameryki Południowej.

Podczas krótkiego lata powierzchniowa warstwa marzłoci, zwana warstwą czynną, odmarza do głębokości ok. 5 m. Przesięknięty wodą grunt staje się grząski. Jeśli zjawisko to występuje na stokach, nawet tych słabo nachylonych, wówczas obserwuje się proces **soliflukcji**, czyli spłyzywania rozmarznętej i przesyconej wodą warstwy gruntu. W umiarkowanych szerokościach geograficznych, gdzie zimowe przemarzanie gruntu dochodzi do głębokości 1 m, tworzy się **zmarzlina sezonowa**.



Przekrój przez strefę wieloletniej zmarzliny.

Spojrzenie z bliska

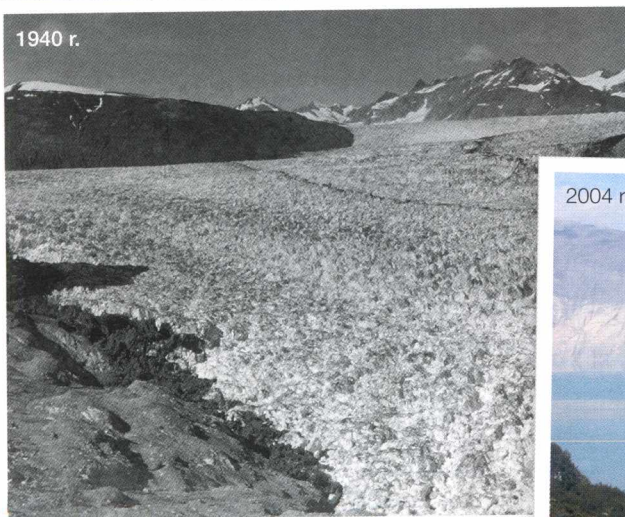
zatoka
Glacier Bay



Regresja lodowców w zatoce Glacier Bay

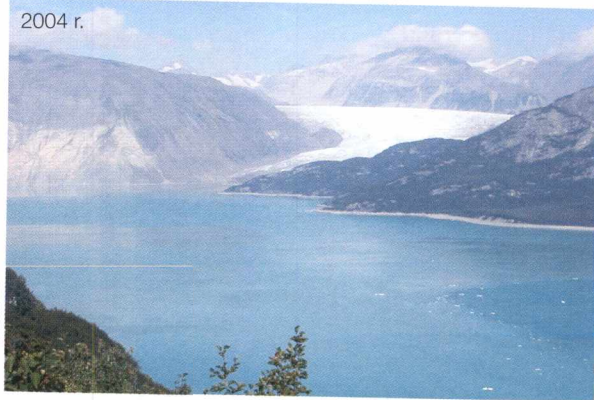
Wieloletnia obserwacja lodowców potwierdza jednoznacznie, że mamy do czynienia z globalnym ociepleniem klimatu. Pomaga też stwierdzić, że tempo tego ocieplania rośnie. Na przykład położony w peruwiańskich Andach lodowiec Qori Kalis cofał się w latach 60. XX w. w tempie ok. 4 m rocznie. Aktualnie przesuwają się już z prędkością 5 m na tydzień! Lodowce alpejskie od połowy XIX w. zmniejszały swoją powierzchnię aż o ok. jedną trzecią. Podobne procesy obserwuje się na lodowcu Muir na Alasce. W 1794 roku słynny podróżnik James Cook zauważył, że zatoka Glacier Bay, do której uchodzi obecnie lodowiec Muir, była w całości wypełniona lodem. Kiedy w 1879 roku w rejon ten dotarł podróżnik i przyrodnik John Muir, stwierdził on, że czoło lodowca cofnęło się o prawie 77 km. Na początku lat 70. XX w. zaczęto regularnie wykonywać zdjęcia lotnicze lodowców Alaski. Na tej podstawie obliczono, że lodowiec Muir w ciągu 13 lat (1973–1986) cofnął się o ponad 7 km. Wolne od lodu obszary stają się dla naukowców naturalnym laboratorium, w którym mogą obserwować, jak życie wkracza w rejony do tej pory go pozbawione. Z tego względu w 1980 roku obszar Glacier Bay został objęty ochroną w ramach Parku Narodowego Zatoki Lodowców.

1940 r.



Na terenie parku znajduje się wiele lodowców, z których 16 schodzi bezpośrednio do morza. Podczas cielenia się lodowców powstają góry lodowe o różnym zabarwieniu, niektóre wstęgowane zawartym w nich materiałem morenowym. Dryfują one w kierunku otwartego morza.

2004 r.



Zadania

1. Wymień trzy czynniki warunkujące powstawanie lodowców górskich.
2. Omów proces przekształcania śniegu w lód lodowcowy.
3. Porównaj lodowiec feldowy z lodowcem dolinny.
4. Wyjaśnij znaczenie terminu *wieloletnia zmarzlina*, a następnie wskaż na mapie obszary występowania tego zjawiska.

Życie ludzi jest uzależnione od dostępu do słodkiej wody. Jednak znaczne zasoby tego surowca są trudno dostępne, gdyż znajdują się pod powierzchnią ziemi. Aby się do nich dostać, drąży się więc studnie.

■ Pochodzenie wód podziemnych

Wodami podziemnymi nazywamy wody występujące pod powierzchnią ziemi, wypełniające pory i szczeliny skalne oraz wolne przestrzenie między skałami. Z uwagi na pochodzenie wody podziemne dzielimy na:

- ▶ **infiltracyjne** – tworzą się na skutek przesiąkania do ziemi wód opadowych, roztopowych, a także powierzchniowych (rzek i jezior);
- ▶ **juwenilne** – powstają na obszarach aktywnych wulkanicznie na skutek kondensacji pary wodnej zawartej w magmie; mają bardzo wysoką temperaturę i są silnie zmineralizowane; na powierzchnię ziemi wydostają się tylko czasami, w postaci gejzerów i gorących źródeł;
- ▶ **kondensacyjne** – powstają w wyniku kondensacji pary wodnej na powierzchni ziemi lub w glebie; nie odgrywają znaczącej roli w zasilaniu wód podziemnych; jedynie na obszarach suchych, o dużych dobowych wahaniami temperatury powietrza, mogą stanowić nawet do 50% ogólnej ilości wód podziemnych;
- ▶ **reliktowe** – pochodzą z dawnych epok geologicznych; są one pozostałością po istniejących niegdyś morzach lub jeziorach; wody te występują na znacznych głębokościach, dlatego nie biorą udziału w cyklu hydrologicznym.

■ Charakterystyka wód podziemnych

Ilość, jakość oraz sposób zalegania wód pod powierzchnią ziemi są uzależnione od:

- ▶ wielkości opadów atmosferycznych,
- ▶ gęstości sieci wód powierzchniowych,
- ▶ rodzaju skał i ich ułożenia.

Ostatni z wymienionych czynników jest szczególnie ważny, ponieważ warunkuje wielkość i skuteczność wsiąkania wody, czyli **infiltrację**.

Woda najlepiej infiltruje przez skały osadowe luźne: piaski i żwiry. Iły i muły, mimo że chłoną wodę, są **skałami nieprzepuszczalnymi**. Skały krystaliczne i metamorficzne ani nie chłoną, ani nie przepuszczają wody. Może się ona gromadzić jedynie w ich szczelinach.

Woda opadowa, przesączając się przez leżącą bezpośrednio pod powierzchnią ziemi **strefę aeracji** (strefę napowietrzoną), wypełnia tylko niewielką część znajdujących się w niej wolnych przestrzeni (w pozostałych znajduje się powietrze atmosferyczne). Wnikając głębiej, woda zatrzymuje się dopiero wtedy, gdy natrafi na warstwę skał nieprzepuszczalnych. Wówczas wypełnia wszystkie pory i szczeliny skalne powyżej tej warstwy, tworząc **warstwę wodonośną**. Jej górną granicę stanowi **zwierciadło wód podziemnych**, które w zależności od warunków geologicznych może być:

- ▶ **swobodne** – czyli nieograniczone od góry warstwą nieprzepuszczalną, dzięki czemu możliwe jest jego podnoszenie się;
- ▶ **napięte** – czyli ograniczone od góry warstwą nieprzepuszczalną, uniemożliwiającą podniesienie się poziomu zwierciadła wody.

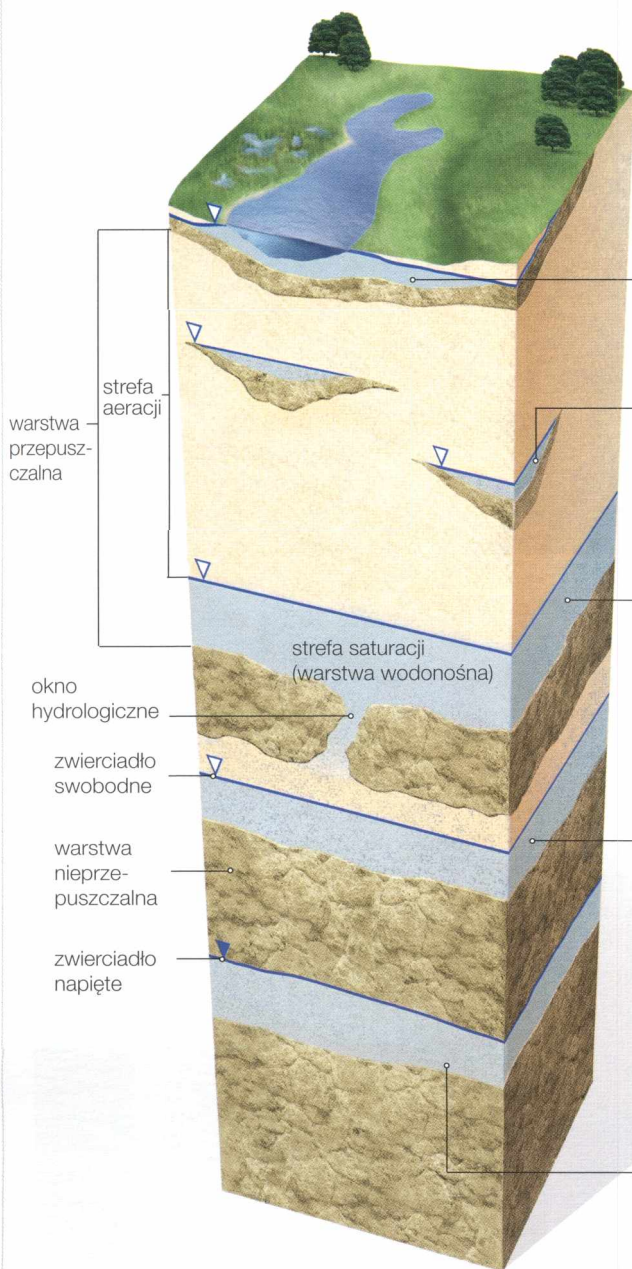
Między zwierciadłem wód podziemnych a dolną granicą warstwy wodonośnej rozciąga się **strefa saturacji** (strefa nawodniona).



Wody podziemne, które stanowią 1,7% wód na Ziemi, bardzo rzadko występują w postaci zbiorników w jaskiniach.

Rodzaje wód podziemnych

Wody podziemne zalegają na różnych głębokościach. Na tej podstawie dzieli się je na: wody przypowierzchniowe (zaskórne), wody gruntowe, wody wgłębne i wody głębinowe.



Wody przypowierzchniowe (zaskórne) – występują płytko pod powierzchnią ziemi, dlatego pozostają pod bezpośrednim wpływem warunków pogodowych (temperatury powietrza i opadów atmosferycznych). Lokalnie mogą tworzyć zabagnienia. Są często silnie zanieczyszczone rozkładającymi się substancjami organicznymi, dlatego też nie nadają się do celów spożywczych.

wody zawieszone

Wody gruntowe – są oddzielone od powierzchni terenu strefą aeracji, stąd wpływ na nie czynników atmosferycznych zaznacza się jedynie w dłuższym czasie. Mają zazwyczaj swobodne zwierciadło, wykazujące znaczne wahania okresowe, szczególnie po długotrwałych opadach lub suszy. Wody te, przesiąkając przez warstwę skał przepuszczalnych, ulegają naturalnemu oczyszczeniu, co sprawia, że często zasilają studnie głębinowe. Występują do głębokości nawet kilkudziesięciu metrów pod powierzchnią ziemi.

Wody wgłębne – znajdują się w warstwach wodonośnych przykrytych skałami nieprzepuszczalnymi, przez co ich zasilanie najczęściej odbywa się w miejscach, gdzie dana warstwa sięga powierzchni ziemi. Mogą być one także zasilane wodami spływającymi przez tzw. okna hydrologiczne, czyli przerwy w warstwach skał nieprzepuszczalnych. Wody wgłębne mogą znajdować się pod ciśnieniem hydrostatycznym, co wynika z faktu, że są zasilane w obszarach leżących wyżej.

Wody głębinowe – zalegają bardzo głęboko pod powierzchnią ziemi, od której są całkowicie odizolowane wieloma warstwami utworów nieprzepuszczalnych. Są to na ogół wody reliktowe, niebiorące udziału w cyklu hydrologicznym. Należą do wód nieodnawialnych, a ich ilość jest stała.

■ Temperatura wód podziemnych

Wody podziemne charakteryzują się różną temperaturą. Na obszarach wulkanicznych może być ona wyższa niż 100°C , natomiast wysoko w górach, gdzie wody te są zasilane przez topniejące śniegi i lodowce, ich temperatura nieznacznie przewyższa 0°C . W Polsce spotyka się wody podziemne o temperaturze przekraczającej 180°C . Tak wysoką temperaturę zaobserwowano na głębokości ponad 5,5 tys. metrów.

Temperatura wód podziemnych ulega wahaniom sezonowym. Dobowe i roczne wahania temperatury wykazują zalegające płytko wody zaskórne, które podczas mroźnych zim mogą nawet zamarzać. Wody zalegające głębiej wykazują jedynie niewielkie roczne wahania temperatury.

Wraz ze wzrostem głębokości temperatura wód podziemnych wzrasta o 1°C na każde 35 m. Jeżeli temperatura wód wydobywających się na powierzchnię jest wyższa od średniej rocznej temperatury powietrza na danym obszarze, to

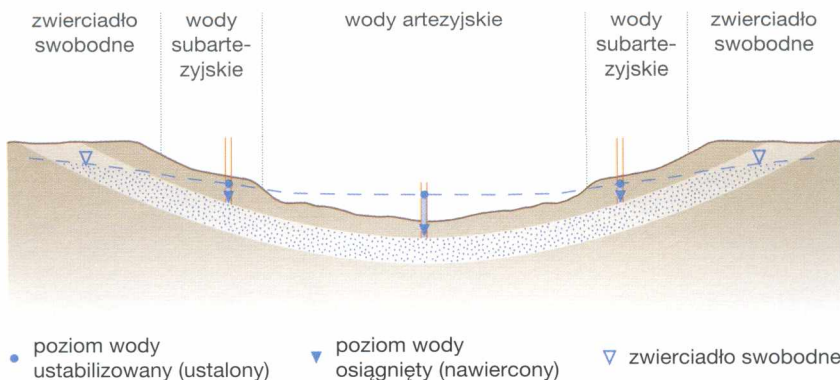


Wody termalne zawierają dużo krzemionki i węgla-nu wapnia. Niekiedy wokół ich wypływów powstają wapienne tarasy z zagłębieniami wypełnionymi gorącą wodą. Przykładem są tureckie Pamukkale.

takie wody nazywamy **wodami termalnymi**. Źródło, z którego one wypływają, to **źródło termalne**, czyli tak zwana terma lub cieplica. Wody podziemne o temperaturze przekraczającej 36°C wypływają ze **źródeł gorących**.

Wody artezyjskie i subartezyjskie

Wody **artezyjskie** występują na obszarach, gdzie warstwy wodonośne zalegają w niecce i są ograniczone od dołu i od góry warstwami nieprzepuszczalnymi. Przewiercenie górnej warstwy powoduje wypływ wód głębinowych na powierzchnię. Jeśli woda nie wypływa samoczynnie, to mówimy o wodach **subartezyjskich**. Zasoby wód artezyjskich tworzą niekiedy baseny artezyjskie. Do największych należą Wielki Basen Artezyjski (Australia) oraz Wielki Basen Dakoty (USA). Wody opadowe wsiąkają w warstwy przepuszczalne i spływają na dno niecki. Na skutek naporu napływających wód panuje tam wysokie ciśnienie hydrostatyczne. W momencie przewiercenia warstwy nieprzepuszczalnej woda wypływa na powierzchnię lub podnosi się w studni.



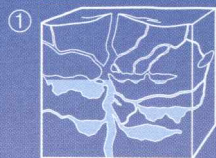
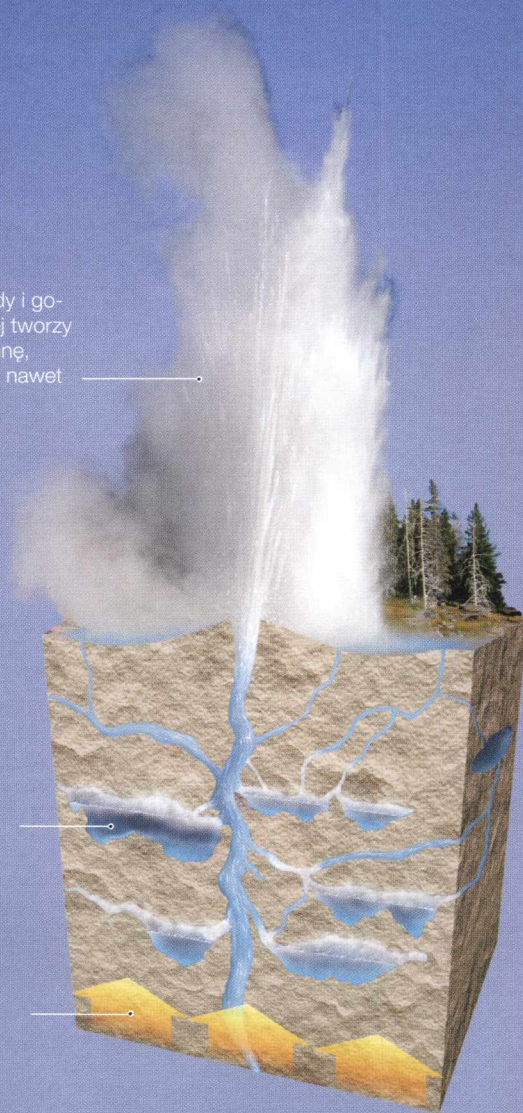
Gejzer

Gorąca woda oraz para wodna mogą wydobywać się na powierzchnię ziemi w regularnych odstępach czasu poprzez źródła zwane gejzerami. Występują one na obszarach czynnych wulkanicznie, m.in. w Stanach Zjednoczonych, Nowej Zelandii, Islandii oraz na Kamczatce. Woda zasilająca gejzery gromadzi się w podziemnych komorach, podgrzewanych przez ogniska magmowe. W dolnej części przewodu woda znajduje się pod wysokim ciśnieniem, co sprawia, że nie wrze ona mimo przekroczenia temperatury 110°C . Dopiero kiedy woda w górnej części przewodu osiąga temperaturę wrzenia, wtedy woda znajdująca się poniżej zamienia się w parę wodną. Wypycha ona na zewnątrz warstwę wody znajdującą się powyżej, która po ochłodzeniu na powierzchni spływa z powrotem w głąb ziemi. Tam ponownie się nagrzewa. Cały proces powtarza się wielokrotnie.

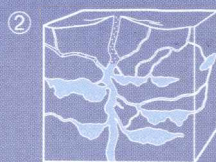
Slup wrzącej wody i gorącej pary wodnej tworzy efektowną fontannę, osiągającą nieraz nawet 70 m wysokości.

W podziemnych zbiornikach woda zwiększa swoją objętość, przechodząc ze stanu ciekłego w gazowy.

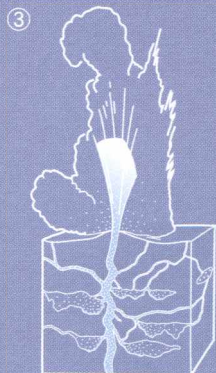
Znajdujące się płytko ognisko magmy dostarcza ciepła do ogrzania tysięcy litrów wody.



Woda spływa szczelinami do podziemnych komór, wypełniając wolne przestrzenie.



W wyniku procesów magmatycznych woda w komorach zostaje przegrzana. Wzrasta ciśnienie pary wodnej.

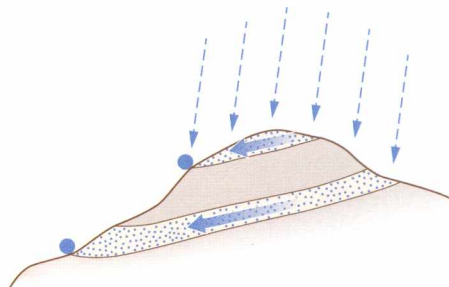


Następuje gwałtowna zamiana wody w parę. Woda znajdująca się powyżej zostaje wypchnięta na powierzchnię.

Rodzaje źródeł

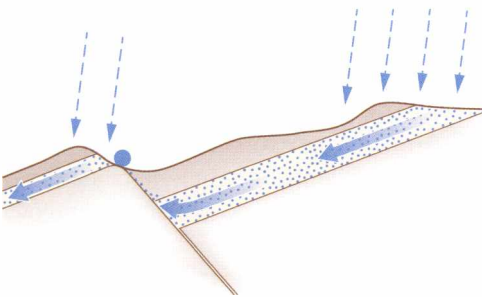
Źródłem jest nazywany każdy samoczynny wypływ wód podziemnych na powierzchnię terenu. Wypływ ten może być spowodowany siłą grawitacji lub ciśnieniem hydrostatycznym. W pierwszym wypadku woda spływa w miejsca położone niżej (źródła zstępujące), w drugim – jest wypychana ku górze (źródła wstępujące). Istnieje wiele różnych klasyfikacji źródeł. Kryteriami podziałów są m.in.:

- ▶ temperatura (źródła **gorące, zimne i zwykłe**),
- ▶ rodzaj przewodów wyprowadzających wodę na powierzchnię terenu (**źródła szczelinowe, uskokowe, warstwowe i krasowe**),
- ▶ położenie względem form terenu (np. **źródła dolinne, stokowe, osuwiskowe**),
- ▶ mineralizacja (**źródła mineralne i słabo zmineralizowane**).



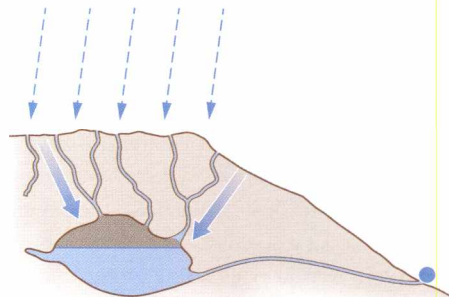
Źródła warstwowe

Powstają na granicy warstwy przepuszczalnej i nieprzepuszczalnej, w miejscu przecięcia tych warstw z powierzchnią ziemi.



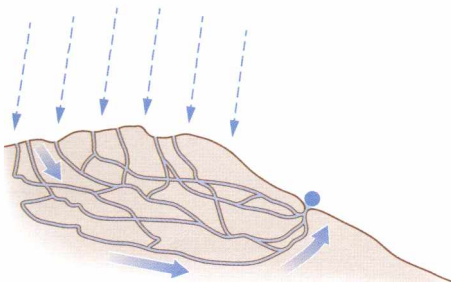
Źródła uskokowe

Powstają, gdy obsunięta warstwa skał nieprzepuszczalnych utworzy zaporę dla ruchu wód podziemnych. Woda wykorzystuje szczelinę uskoku i wypływa na powierzchnię pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego.



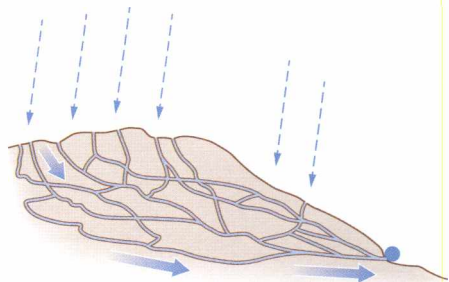
Źródła krasowe

Powstają w skałach podlegających krasowienu przez przesiekające i krążące w nich wody. Źródła krasowe, które dają początek ciekom powierzchniowym, są nazywane wywierzyskami.



Źródła szczelinowe wstępujące

Woda wypływa ze szczelin pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego.



Źródła szczelinowe zstępujące

Woda wypływa ze szczelin pod wpływem siły grawitacji.

Wody mineralne

Wody podziemne zawsze zawierają pewną ilość związków mineralnych. Jeżeli w 1 litrze wody podziemnej znajduje się 1 gram rozpuszczonych związków mineralnych, wówczas mówimy o wodzie mineralnej. Gdy ilość ta wynosi od 0,5 do 1 g/l, to mówimy o wodzie słabo zmineralizowanej. W zależności od rodzaju rozpuszczonych w wodzie związków wyróżnia się:

- ▶ **wody siarczanowe i siarczkowe** – zawierające siarczki lub siarczany sodu i wapnia oraz siarkowodor,
- ▶ **szczawy** – zawierające tlenek węgla(IV), kwaśne węglany(IV) wapnia i sodu (szczawa alkaliczna) oraz związki żelaza (szczawa żelazista),
- ▶ **solanki** – zawierające sól kamienną w ilości ponad 15 g/l, a ponadto sole magnezu, jodu oraz bromu,
- ▶ **wody radoczynne** – zawierające niewielkie ilości pierwiastków promieniotwórczych.

Z uwagi na ilość rozpuszczonych w wodzie węglanów wapnia i magnezu używa się terminu **twardość wody**. Wody podziemne zawierające poniżej 0,08 g/l tych związków nazywamy wodami miękkimi. Jeśli zawartość tych związków przekracza 0,2 g/l, wówczas mówimy o wodach twardych. Woda o wysokiej twardości, użyta do gotowania, pozostawi na naczyniach białawy osad. Natomiast w reakcji takiej wody z mydłem nie powstanie piana.

Czy wiesz, że...

W Polsce największe ilości wód mineralnych występują w Sudetach (Kudowa-Zdrój, Polanica-Zdrój, Łądek-Zdrój, Duszniki-Zdrój), Karpatach (Krynica-Zdrój, Szczawnica-Zdrój, Piwniczna-Zdrój, Żegiestów-Zdrój, Iwonicz-Zdrój) oraz na Kujawach (np. Ciechocinek).

Zadania

1. Omów pochodzenie oraz podaj główne cechy wód reliktowych.
2. Wyjaśnij znaczenie terminów: *strefa aeracji, strefa saturacji, zwierciadło wód podziemnych*.
3. Opisz mechanizm funkcjonowania gejzerów.
4. Wskaż różnicę między wodami artezyjskimi a subartezyjskimi.



Właściwości wód termalnych islandzkiego basenu Blue Lagoon sprawiają, że wykorzystuje się je nie tylko do kąpieli, lecz również do produkcji energii elektrycznej oraz ogrzewania mieszkań.

Wykorzystanie wód podziemnych

Wody podziemne mają ogromne znaczenie w gospodarce. Wody słodkie znajdują zastosowanie zarówno w gospodarstwach domowych, jak i w przemyśle. Wody mineralne służą do celów spożywczych, np. do produkcji napojów. Mają też właściwości lecznicze. W uzdrowiskach wykorzystuje się je nie tylko do picia, lecz także do kąpieli oraz inhalacji. Z kolei do celów grzewczych i energetycznych używa się wód termalnych. Rekordzistą pod względem wykorzystania gorących źródeł do celów grzewczych jest stolica Islandii, Reykjavik, w której aż 98% mieszkań jest ogrzewanych energią pochodzącą z elektrowni geotermalnych. W 21 krajach na świecie wykorzystuje się parę geotermalną do produkcji energii elektrycznej. Najwięcej tego typu energii wytwarzają Stany Zjednoczone, Filipiny, Włochy oraz Meksyk.

Interakcje

Wpływ hydrosfery na inne sfery Ziemi

Wpływ hydrosfery na atmosferę

- W wyniku parowania z powierzchni lądów i oceanów oraz sublimacji lodu i pokrywy śnieżnej woda przenika do atmosfery. Ze względu na wysokie ciepło właściwe wody, jej występowanie w atmosferze ma silny wpływ na przebieg wielu procesów klimatycznych.
- Wpływ oceanów sięga daleko w głąb lądu, natomiast wpływ jezior ma znaczenie lokalne. Różne tempo nagrzewania się i stygnięcia wody oraz lądu wpływa na cyrkulację powietrza – powoduje występowanie monsunów oraz bryzy.
- Prądy morskie kształtują klimat w skali globalnej, przyczyniając się do wymiany ciepła między słabo ogrzewanymi przez Słońce obszarami polarnymi a silnie nagrzewaną strefą międzyzwrotnikową. Bez tej wymiany obszary polarne byłyby znacznie zimniejsze, natomiast obszary międzyzwrotnikowe – znacznie cieplejsze.
- Prądy morskie mają także duże znaczenie dla regionów przybrzeżnych. Ciepłe prądy wpływają na podniesienie się temperatury powietrza na pobliskich obszarach lądowych. Na północy Europy dzięki temu nie zamarzają porty morskie. Prądy chłodne natomiast powodują zmniejszenie sum opadów, dlatego pustynie (np. Namib, Sahara) dochodzą do samych brzegów oceanicznych.
- Zmiana rozkładu prądów morskich na Oceanie Spokojnym, znana jako zjawisko El Niño, powoduje zaburzenia klimatyczne na odległych obszarach.
- Wysoka (ponad 25°C) temperatura powierzchniowej warstwy wody w oceanach zapoczątkowuje proces tworzenia się cyklonów tropikalnych.

Wpływ hydrosfery na litosferę

- W środowisku wodnym powstaje większość skał osadowych, m.in. wapienie, gipsy, łupki, piaskowce oraz iły.
- Woda jest ważnym czynnikiem stale rzeźbiącym powierzchnię lądów. Rzeki znoszą do mórz materiał skalny z powierzchni lądów, żłobią i pogłębiają doliny oraz budują delty, a na skutek ruchów wody morskiej następuje modelowanie wybrzeża.
- Wody opadowe (w wyniku krasowania) oraz lodowce zmieniały i wciąż zmieniają powierzchnię lądów.

Wpływ hydrosfery na biosferę

- Woda zawsze była i będzie niezbędną substancją dla organizmów żywych.
- Do kształtującej się dopiero Ziemi docierało szkodliwe dla organizmów promieniowanie nadfioletowe. Pochłaniała je (stosunkowo cienka) warstwa wody. Dzięki temu życie mogło powstać i przetrwać w środowisku wodnym. Na lądzie życie pojawiło się dopiero po powstaniu pochłaniającej promieniowanie warstwy ozonowej.
- Na Ziemi istnieją dwa główne środowiska życia: wodne i lądowe. Różna ilość wody dostępna na obszarach lądowych jest ważnym czynnikiem różnicowania biosfery.

Wpływ hydrosfery na pedosferę

- Bez wody nie powstałaby gleba. Woda jest niezbędna w procesach przekształcania szczątków organicznych w próchnicę, a próchnicy – w substancje odżywcze pobierane z gleby przez rośliny.
- W dolinach rzecznych, które doświadczały częstych wylewów wód, powstały bardzo żyzne gleby (mady).
- Ulewne deszcze mogą powodować niszczenie pokrywy glebowej.

Zamiast repetytorium

- Wody atmosferyczne, powierzchniowe i podziemne tworzą wodną powłokę naszej planety – **hydrosferę**.
- **Całkowita objętość wód** znajdujących się na naszej planecie wynosi około 1,386 mld km³.
- Około 96,5% wszystkich wód stanowią wody mórz i oceanów. Pozostałe 3,5% to wody podziemne, lodowce, stała pokrywa śnieżna, jeziora, bagna i rzeki, woda występująca w atmosferze oraz woda biologiczna zawarta w organizmach.
- Przyjmuje się, że **ilość wody w hydrosferze** jest stała. Jednak w wyniku procesów endogenicznych każdego roku przybywa jej nieznacznie, a podobna ilość ulatuje w przestrzeń kosmiczną.
- Dzięki energii słonecznej oraz sile ciężkości woda znajduje się w ciągłym ruchu. Ten proces nazywamy **obiegami wody** lub **cyklem hydrologicznym**.
- Do atmosfery woda dostaje się na skutek **parowania**. W wyniku ochładzania się powietrza zawarta w nim para wodna ulega **kondensacji** (lub resublimacji). Tworzą się wówczas chmury i – w określonych warunkach – może wystąpić opad atmosferyczny.
- Z całkowitej sumy opadów aż 80% przypada na powierzchnię oceanów i mórz, a tylko 20% na obszar kontynentów.
- **Retencja** to zatrzymanie wody na pewien czas, np. w postaci śniegu czy lodu.
- Zamknięty cykl krążenia wody między oceanem, atmosferą a obszarem lądowym nosi nazwę **dużego obiegu wody**. Natomiast krążenie wody między atmosferą a kontynentem lub atmosferą a oceanem jest nazywane **małym obiegiem wody**.
- **Bilans wodny** obliczamy za pomocą wzoru: $P = H + E$, gdzie: P – opad atmosferyczny, H – odpływ (powierzchniowy i podziemny), E – parowanie.
- Większą część powierzchni Ziemi (71%) stanowią morza i oceany. Łączą się one w tzw. **wszechocean** (ocean światowy), który dzieli się na cztery oceany: Ocean Spokojny (Pacyfik), Ocean Atlantycki, Ocean Indyjski oraz Ocean Arktyczny.
- **Morze** to część oceanu przylegająca do kontynentu, oddzielona od otwartych wód oceanicznych łańcuchami wysp, półwyspami lub podwodnymi progami.
- **Zatoka** to część oceanu, morza lub jeziora głęboko wcinająca się w ląd, odznaczająca się swobodną wymianą wód ze zbiornikiem wodnym. Mianem zatoki określa się także niektóre morza przybrzeżne.
- **Cieśnina** to zwężenie powierzchni wodnej między lądami, łączące dwa akweny.
- Podstawowymi składnikami wody morskiej są tylko cztery pierwiastki: tlen i wodór (budujące cząsteczki wody) oraz chlor i sód (tworzące sól).
- Zawartość soli mineralnych w wodzie morskiej jest określana mianem **zasolenia**. Stopień zasolenia wody najczęściej podaje się w promilach (‰) lub jednostkach PSU (ang. *Practical Salinity Units*).
- Średnia roczna temperatura powierzchniowych wód oceanicznych wynosi 17,4°C (na półkuli północnej 19,2°C, a na półkuli południowej 16°C). W strefie równikowej waha się ona od 24°C do 30°C.
- **Gęstość wody morskiej** zmienia się od około 1 g/m³ w silnie nagrzanych, niemal całkowicie wysłodzonych wodach (np. przy ujściach rzek tropikalnych) do 1,076 g/m³ w najgłębszych częściach oceanu.
- **Prądami morskimi** nazywamy poziome ruchy wód morskich wywoływane występowaniem stałych wiatrów w dolnej troposferze, różnicami gęstości wód oceanicznych oraz zróżnicowaniem poziomu tych wód.
- **Falowanie** jest ruchem wody morskiej wywołanym głównie przez wiatr. Podczas falowania ruch wody morskiej ma charakter oscylacyjny i odbywa się po torach kołowych.
- **Tsunami** to fala powstająca najczęściej w wyniku podwodnych trzęsień ziemi, które prowadzą do gwałtownego podniesienia lub obniżenia fragmentu dna oceanicznego. Tsunami jest groźne nie ze względu na swą wysokość, lecz na siłę, z jaką uderza o wybrzeże.

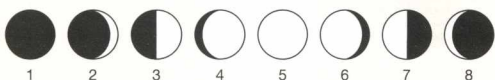
- **Sejsza** to fala stojąca. Zjawisko to polega na naprzemiennym obniżaniu się i podnoszeniu poziomu wody w przeciwnych częściach zbiornika, a wywoływane jest przez zmiany ciśnienia atmosferycznego nad powierzchnią wody oraz zmiany prędkości i kierunku wiatru.
- **Upwelling** to powolne wynoszenie na powierzchnię zimnych wód głębinowych, zawierających substancje odżywcze. Wśród przyczyn tego zjawiska należy wymienić odsuwanie powierzchniowej warstwy wód, np. przez stałe wiatry. Opadanie ciepłych wód nosi nazwę **downwellingu**.
- **Pływy** to cykliczne wznoszenie się i opadanie poziomu morza wywołane siłą przyciągania Księżyca i Słońca oraz siłą odśrodkową wynikającą z obrotu Ziemi. Rytm pływów wyznacza Księżyc, którego siła przyciągania jest większa od siły przyciągania Słońca. Dlatego w danym punkcie Ziemi dwa razy w ciągu doby księżycowej, czyli dokładnie co 12 godzin i 27 minut, występuje zjawisko przyływu, które jest dwukrotnie rozdzielone odpływem.
- **Rzeki** to duże ciekі wodne. Rzeką główną to rzeka, która wpada do morza lub innego zbiornika. Dopływ to rzeka, która wpada do rzeki głównej lub innego jej dopływu. Rzeką główną z dopływami tworzy system rzeczny – dorzecze.
- **Zlewnia** to obszar, którego wody zasilają rzekę.
- **Zlewisko** to obszar, którego wody zasilają zbiornik morski.
- Pod względem ciągłości zasilania rzeki dzieli się na stałe, okresowe (periodyczne) i epizodyczne.
- **Powódź** to wezbranie wody w ciekach wodnych lub w morzu, w trakcie którego woda występuje z brzegu, co prowadzi do powstawania strat finansowych oraz ludnościowych.
- **Reżim** to ustalony na podstawie wieloletnich obserwacji rytm wahań przepływów rzeki oraz stanów wody, związany z rodzajem zasilania i złozeniem.
- **Przepływem** nazywamy objętość wody przepływającą przez przekrój poprzeczny koryta w jednostce czasu.
- **Stan wody** to wysokość zwierciadła wody w korycie rzeki obserwowana względem umownie przyjętego poziomu odniesienia.
- **Jezioro** to naturalne zagłębienie terenu wypełnione wodą i pozbawione swobodnej wymiany wód z wszechocianem. Do tej kategorii zalicza się także zbiorniki zaporowe traktowane jako **jeziora antropogeniczne**.
- **Bagna** to obszary, na których wody podziemne zalegają bardzo płytko.
- **Granica wiecznego śniegu** to wysokość, powyżej której w ciągu roku więcej śniegu spada, niż ubywa go w wyniku topnienia i sublimacji.
- Wyróżnia się dwa podstawowe typy lodowców: **lodowce górskie** oraz **lodowce kontynentalne** zwane lądolodami.
- Obszar położony powyżej granicy wiecznego śniegu, na którym śnieg przemienia się stopniowo w lód lodowcowy, określa się mianem **polo firnowego**.
- Lodowce górskie przyjmują różne kształty w zależności od wielkości oraz uwarunkowań orograficznych. Jest to podstawą do ich dalszej klasyfikacji na cztery typy: lodowiec alpejski (dolinny), lodowiec himalajski, lodowiec piedmontowy i lodowiec fiordowy (norweski).
- Lądolody zajmują ogromne powierzchnie (nawet miliony km²). Tworzą olbrzymie, lekko wypukłe czasze lodowe niezależne od rzeźby podłoża.
- **Wieloletnia zmarzlina**, zwana także marzłocią trwałą, to warstwa zamrożonego gruntu zawierającego w porach lód, który nie topnieje nawet w ciepłych porach roku.
- **Wodami podziemnymi** nazywamy wody występujące pod powierzchnią ziemi, wypełniające pory i szczeliny skalne oraz wolne przestrzenie między skałami.
- Wody podziemne zalegają na różnych głębokościach. Na tej podstawie dzieli się je na wody: przypowierzchniowe (zaskórne), gruntowe, wgłębne i głębinowe.
- **Źródłem** nazywany jest każdy samoczynny wypływ wód podziemnych na powierzchnię terenu. Klasyfikacji źródeł można dokonać m.in. ze względu na: temperaturę, rodzaj przewodów wyprowadzających wodę na powierzchnię terenu, położenie względem form terenu oraz mineralizację.
- **Gejzerami** nazywa się źródła, poprzez które gorąca woda i para wodna mogą wydobywać się na powierzchnię w regularnych odstępach czasu.

Test maturalny

- 1** Zaznacz wiersz, w którym podano źródła wody słodkiej na Ziemi w kolejności od największej do najmniejszej ilości zmagazynowanej w nich wody. (1 p.)

A. wody podziemne, jeziora, lodowce, rzeki.
 B. wody podziemne, rzeki, lodowce, jeziora.
 C. lodowce, wody podziemne, rzeki, jeziora.
 D. lodowce, wody podziemne, jeziora, rzeki.

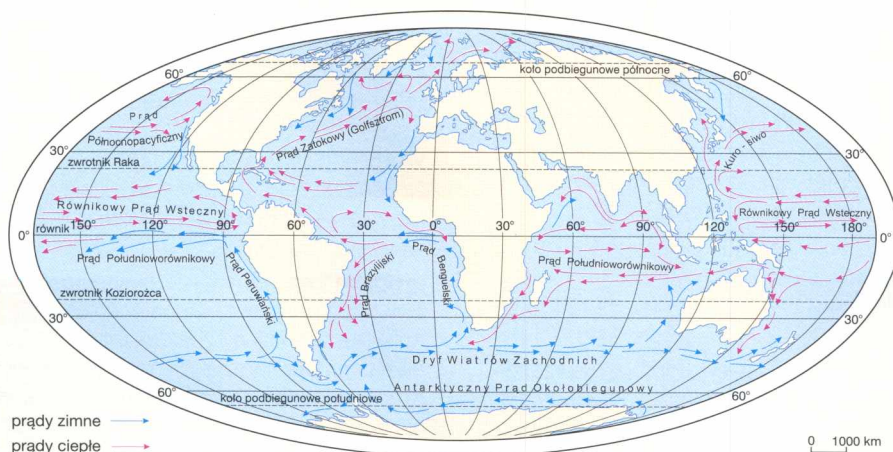
- 2** W pewnym miejscu wybrzeża morskiego amplituda pływów wynosi od 1 do 4 m. Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)



Dwie fazy Księżyca, w czasie których amplituda pływów jest najwyższa, oznaczono numerami

A. 1 i 5.
 B. 2 i 8.
 C. 3 i 7.
 D. 5 i 7.

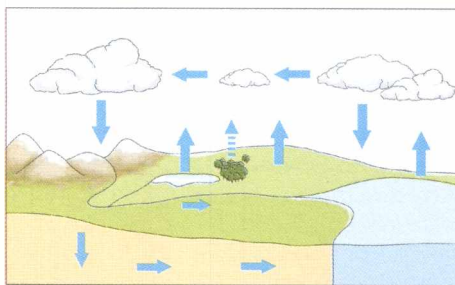
- 3** Poniższa mapa przedstawia rozmieszczenie powierzchniowych prądów morskich. Na podstawie mapy sformułuj prawidłowość dotyczącą rozmieszczenia ciepłych prądów morskich na półkuli południowej. (2 p.)



- 4** Podaj dwie przyrodnicze przyczyny powstania tsunami. (2 p.)

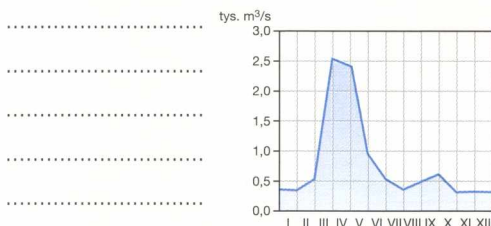
1.
 2.

- 5** Na podstawie poniższej ilustracji oraz własnej wiedzy przedstaw dwie różnice między małymi obiegami wody: lądowym i oceanicznym. (2 p.)



1.
 2.

- 6** Na wykresie przedstawiono rozkład przepływów w ciągu roku największej rzeki w Europie. Podaj główną przyczynę przepływów wynoszących co najmniej 1000 m³/s w tej rzece. (1 p.)



- 7** Na mapie numerami 1–6 oznaczono położenie wybranych jezior. Uzupełnij tabelę, wpisując w odpowiednie rubryki po dwie nazwy tych jezior oraz numery, którymi oznaczono ich położenie na mapie. (3 p.)

Typ genetyczny	Nazwa jeziora	Numer na mapie
Jeziora reliktowe		
Jeziora tektoniczne		
Jeziora antropogeniczne		

- 8** Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

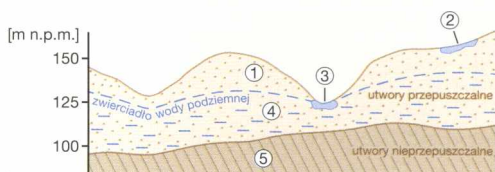
Lądolody zajmują obecnie największą powierzchnię

- A. w Azji oraz w Europie.
B. na Antarktydzie oraz w Azji.
C. w Azji oraz w Ameryce Północnej.
D. na Antarktydzie oraz w Ameryce Północnej.

- 9** Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania. (1 p.)

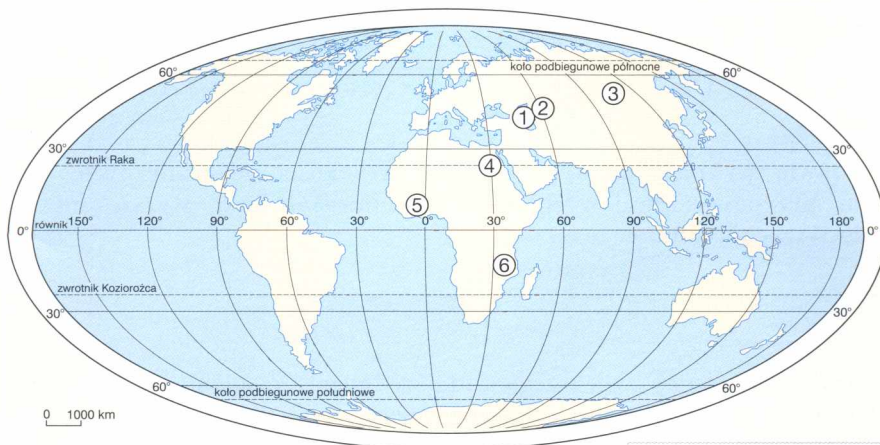
Strefę saturacji i aeracji oznaczono na ilustracji numerami:

- A. 1 i 2. B. 4 i 2. C. 4 i 1. D. 5 i 3.



- 10** Zaznacz trzy sposoby wykorzystania wód podziemnych w Polsce. (1 p.)

- A. Ogrzewanie.
B. Bezpośrednie spożycie.
C. Produkcja energii elektrycznej.
D. Kąpiele i inhalacje w uzdrowiskach.



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

To było na maturze!

Zadanie 1. (3 pkt)

Źródło: CKE 2005 (PR), zad. 41.

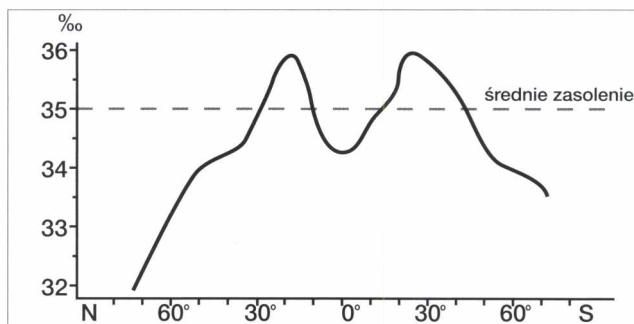
Uzupełnij schemat dotyczący ruchów wody morskiej, tak aby powstały ciągi przyczynowo-skutkowe.



Zadanie 2. (2 pkt)

Źródło: CKE 2009 (PR), zad. 13.

Na wykresie przedstawiono zasolenie przypowierzchniowych wód oceanicznych.



Źródło: W. Stankowski, *Cztery postaci wody na Ziemi*, Instytut Wydawniczy Nasza Księgarnia, Warszawa 1988

a) Na podstawie wykresu podaj przedziały szerokości geograficznych, w których zasolenie przypowierzchniowych wód oceanicznych jest wyższe od średniego zasolenia Wszechocanu.

.....

.....

b) Podaj dwie przyczyny większego od średniego zasolenia wód oceanicznych we wskazanych przedziałach szerokości geograficznych.

1.

.....

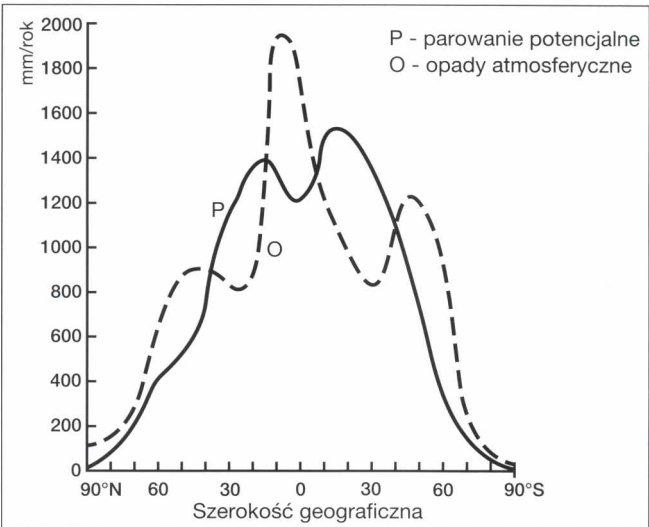
2.

.....

Zadanie 3. (2 pkt)

Źródło: CKE 2009 (PR), zad. 14.

Na wykresie przedstawiono średni rozkład południkowy parowania potencjalnego i opadów atmosferycznych na obszarach lądowych Ziemi.

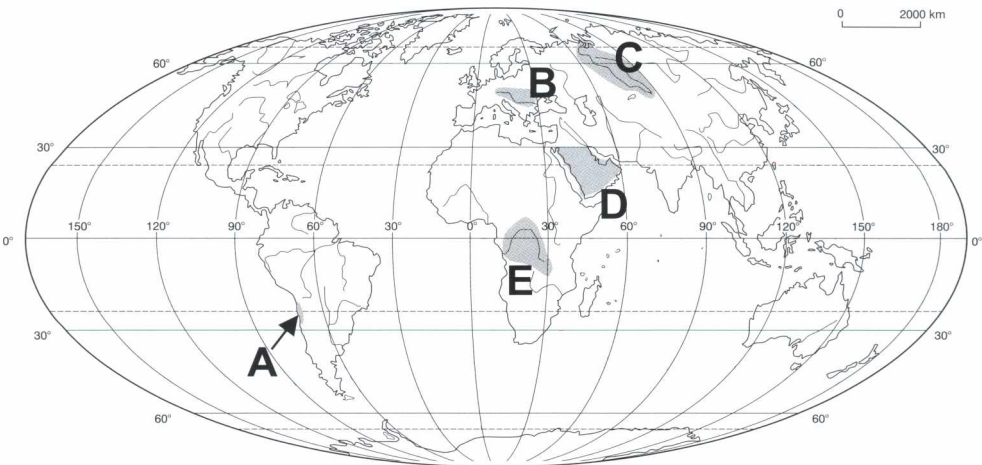


Na podstawie: R. Domachowski, D. Makowska, *Geografia*,
Wydawnictwo Oświata, Warszawa 1993

a) Podkreśl poprawną odpowiedź.

- Ujemny bilans wodny cechuje obszary położone w klimacie
- A. podrównikowym wilgotnym.
 - B. zwrotnikowym kontynentalnym suchym.
 - C. umiarkowanym ciepłym morskim.
 - D. okołobiegunowym.

b) Wykorzystaj wykres i pogrupuj oznaczone na mapie regiony na obszary o dodatnim i ujemnym bilansie wodnym, wpisując litery w odpowiednich miejscach tabeli.

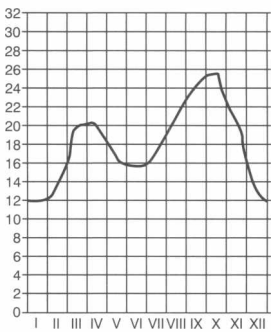
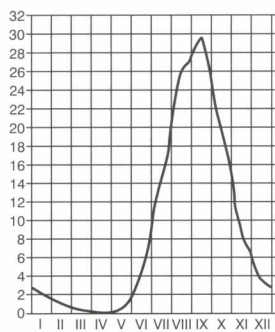


Obszary o dodatnim bilansie wodnym	Obszary o ujemnym bilansie wodnym

Zadanie 4. (3 pkt)

Źródło: CKE 2005 (PR), zad. 43.

Wykresy przedstawiają stany miesięczne wielkości przepływów dwóch rzek o ustroju (reżimie) śnieżno deszczowym i deszczowym monsunowym. Pod każdym z wykresów wpisz właściwy typ ustroju. Podaj przyczyny wysokich stanów wody w rzekach obydwu ustrojów.



A **B**
Przyczyny wysokich stanów wody (wyżówek) w rzekach przedstawionych na wykresach
A
B

Zadanie 5. (2 pkt)

Źródło: CKE 2006 (PR), zad. 20.

a) Pogrupuj podane poniżej jeziora według stopnia zasolenia. Wpisz ich nazwy w odpowiednie miejsca tabeli.
Jeziora: J. Aralskie, M. Martwe, J. Ontario, J. Wiktorii.

Jeziora słodkie	Jeziora słone

b) Pogrupuj podane poniżej jeziora według genezy. Wpisz ich nazwy w odpowiednie miejsca tabeli.
Jeziora: J. Bajkał, J. Niasa, J. Gopło, J. Śniardwy, J. Tanganika.

Jeziora polodowcowe	Jeziora tektoniczne