



Pogoda, zjawiska meteorologiczne – powtórzenie

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Pogoda, zjawiska meteorologiczne – powtórzenie

Źródło: dostępny w internecie: pixabay.com, domena publiczna.

Po zapoznaniu się ze szczegółowymi informacjami zawartymi w poszczególnych e-materiałach dotyczących meteorologii warto usystematyzować swoją wiedzę i umiejętności. Ten materiał jest podsumowaniem wiadomości dotyczących: elementów pogody (w tym między innymi: temperatury powietrza, ciśnienia atmosferycznego, wiatru, wilgotności powietrza, zachmurzenia, opadów i osadów atmosferycznych), obserwacji i pomiarów meteorologicznych oraz prognozowania pogody.

Materiał ten posłuży usystematyzowaniu twojej wiedzy na temat pogody.

Twoje cele

- Wymienisz elementy pogody i sposoby ich pomiaru.
- Scharakteryzujesz procesy kształtujące pogodę i ich wpływ na poszczególne elementy meteorologiczne.
- Dokonasz analizy mapy synoptycznej i opracujesz na jej podstawie prognozę pogody.

1. Elementy pogody i metody ich pomiaru (zakres podstawowy)

Pogoda to stan atmosfery w danej chwili i w danym miejscu na Ziemi. Nauką geofizyczną badającą pogodę jest **meteorologia**. Informacje o pogodzie są uzyskiwane na podstawie obserwacji i pomiarów meteorologicznych, które prowadzi się na **stacjach naziemnych** oraz za pomocą **satelitów meteorologicznych**.

Do głównych **elementów pogody** zalicza się: temperaturę powietrza, wilgotność powietrza, opady atmosferyczne, ciśnienie atmosferyczne, kierunek i prędkość wiatru, zachmurzenie i **uśłonecznienie**. Są to także **elementy klimatu**, ponieważ **klimat** to powtarzający się układ pogody, obserwowany na danym obszarze na przestrzeni wielu lat (przynajmniej trzydziestu).

Ponadto w wybranych lokalizacjach prowadzone są także pomiary innych wielkości, które nie odzwierciedlają bezpośrednio właściwości atmosfery lub jej procesów, ale są z nimi mocno związane, jak np. temperatura gruntu czy grubość i stan pokrywy śnieżnej. Oprócz tego, w nielicznych miejscach dokonywane są pomiary promieniowania słonecznego i ziemskiego oraz elektryczności atmosferycznej.

1.1. Stacje naziemne (na lądach i oceanach) (zakres rozszerzony)

Obserwacje podstawowych elementów meteorologicznych prowadzone są na całej kuli ziemskiej. Aby możliwe było właściwe rozpoznanie przestrzennego rozkładu wartości poszczególnych elementów meteorologicznych i porównanie stanu atmosfery w różnych miejscach na Ziemi, konieczne jest odpowiednie rozmieszczenie miejsc obserwacyjnych (stacji pomiarowych). Ważne jest, aby prowadzone obserwacje wykonywane były zbliżonymi przyrządami, tymi samymi metodami i w określonych terminach. Dzięki temu możliwa jest budowa sieci stacji meteorologicznych tworzących jednolitą całość. Za koordynację i organizację światowej sieci meteorologicznej odpowiedzialna jest funkcjonująca od 1878 r. **Światowa Organizacja Meteorologiczna** (ang. *World Meteorological Organization*, WMO). W Polsce regularne obserwacje meteorologiczne trwające do dziś rozpoczęto dopiero pod koniec XVIII w. w Krakowie, Warszawie i Wilnie. Aktualnie sieć meteorologiczną tworzą

stacje podległe **Instytutowi Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowemu Instytutowi Badawczemu** (IMGW-PIB). Odpowiada on za osłonę meteorologiczną ogólną (wydaje ostrzeżenia meteorologiczne i hydrologiczne, np. o wystąpieniu burz czy podniesieniu stanu wód) oraz specjalistyczną (dla żeglugi, rybołówstwa i lotnictwa).

Do naziemnych stacji zalicza się:

- stacje meteorologiczne,
- posterunki meteorologiczne,
- posterunki opadowe,
- statki meteorologiczne i urządzenia pływające,
- pozostałe obiekty badawcze, np. stacje agrometeorologiczne, aerologiczne, morskie itd.

Obecnie podstawą naziemnego systemu obserwacyjnego jest ponad 10 000 stacji meteorologicznych (automatycznych lub manualnych – z obserwatorem). Ponadto organizacja dysponuje danymi z ponad 1 tys. boi dryfujących po oceanach, a także danych ze statków komercyjnych. Informacji o warunkach panujących w wyższych warstwach atmosfery dostarcza około 1 tys. stacji aerologicznych i zespół 3 tys. samolotów (zarówno specjalistycznych, jak i komercyjnych).

Stacje meteorologiczne (synoptyczne) i pomiary poszczególnych elementów pogody (zakres podstawowy)

W naszym kraju najszerszy zakres pomiarów realizowany jest na **stacjach synoptycznych**. Pomiary na wszystkich stacjach wykonywane są podobnymi instrumentami, które umieszcza się w specjalnie do tego celu przygotowanych miejscach zwanych **ogródkami meteorologicznymi**. Oto wybrane zalecenia dotyczące ogródka meteorologicznego:

- wyrównany teren o kształcie kwadratu, wymiarach 25×25 m w przypadku dużej liczby przyrządów pomiarowych – przy niewielkiej liczbie instalacji teren ten może być mniejszy,
- teren płaski, bez zagłębień,
- przyrządy pomiarowe umieszczone w klatce na wysokości od 1,25 do 2 m nad poziomem gruntu,
- przyrządy pomiarowe rozmieszczone w ogródku w taki sposób, aby wzajemnie nie zakłócały pomiarów,
- w promieniu do 30 m od ogródka brak obiektów budowlanych, drzew, krzewów i upraw sztucznie zraszanych,

- pomiar temperatury gruntu i temperatury przy powierzchni gruntu na pozbawionym roślinności poletku o wymiarach 4×2 m, 2×2 m lub 1×1 m w zależności od liczby stosowanych czujników.

Współczesne stacje meteorologiczne, dzięki powszechnej automatyzacji przyrządów pomiarowych, wykonują najczęściej pomiary **w sposób ciągły**. Jednak ze względu na możliwość wystąpienia awarii lub innych zdarzeń losowych na głównych stacjach synoptycznych prowadzone są równocześnie pomiary wykonywane przez obserwatora w oparciu o urządzenia standardowe. Dokonuje się ich **co godzinę**. Normy międzynarodowe określają, że obserwacji poszczególnych elementów pogody na stacjach synoptycznych dokonuje się **co najmniej osiem razy w ciągu doby** o następujących godzinach: 3:00, 6:00, 9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 i 24:00 UTC.



Ogródek meteorologiczny

Źródło: dostępny w internecie: geo.umk.pl, tylko do użytku edukacyjnego.

Posterunki meteorologiczne (stacje klimatologiczne)

Ich zakres pomiarowy jest znacznie mniejszy niż stacji meteorologicznych. Dokonują one następujących pomiarów: temperatury powietrza, wilgotności, opadów, prędkości i kierunku wiatru. Pomiary te odbywają się trzy lub cztery razy na dobę (o 6:00, 12:00, 18:00 i czasem 24:00 UTC).

Posterunki opadowe (stacje opadowe)

Służą jedynie do pomiaru wielkości opadu atmosferycznego. Są automatyczne i prowadzą pomiary raz na dobę (o 6:00 UTC).

1.2. Radary (zakres rozszerzony)

Podczas obserwacji meteorologicznych wykorzystuje się także **radary**. Służą do obserwacji opadów: ich położenia, intensywności, rodzaju i ruchu, a także groźnych zjawisk (np. cyklonów, sztormów i burz) dzięki wykorzystaniu fal radiowych. W Polsce jest ich osiem. Są zlokalizowane w: Legionowie, Rzeszowie, Brzuchani (koło Miechowa), Ramży (koło Rybnika), Pastewniku (koło Bolkowa), Poznaniu, Świdwinie i Gdańsku. Mapy radarowe są aktualizowane co 10 minut i można je znaleźć na stronie [IMGW-PIB](#).



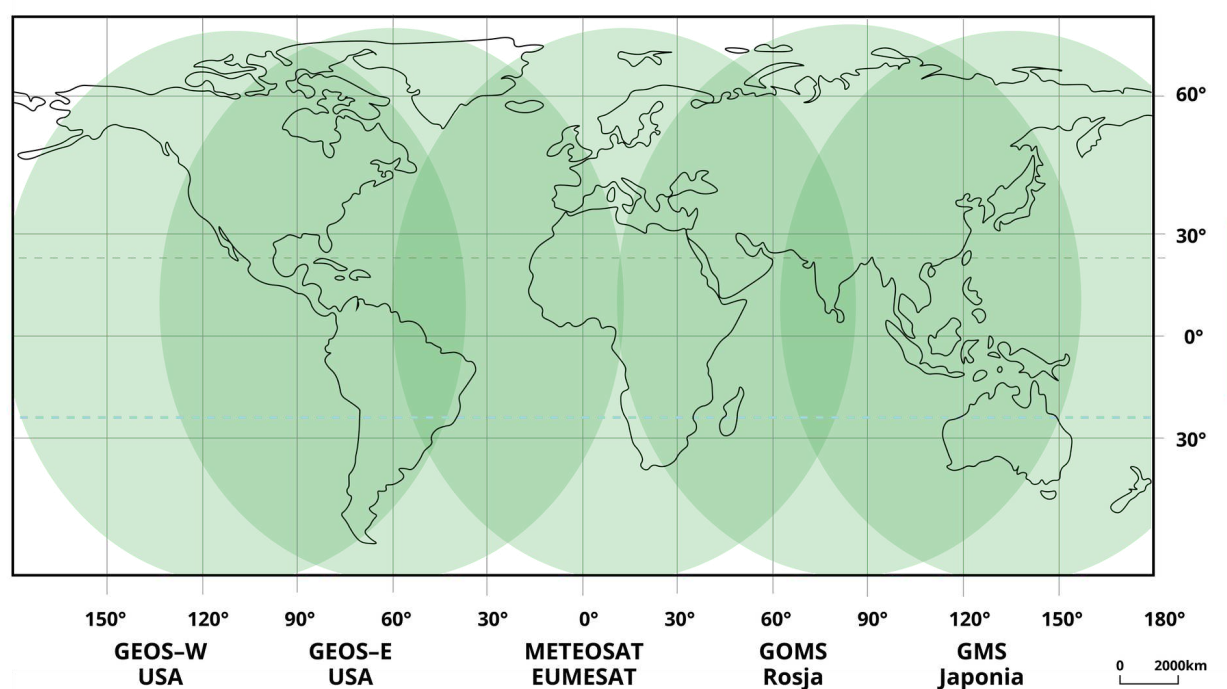
Radar meteorologiczny w Pastewniku (woj. dolnośląskie)

Źródło: T. Lewicki, dostępny w internecie: [flickr.com](#), licencja: CC BY-SA 2.0.

1.3. Satelity meteorologiczne (zakres rozszerzony)

Satelity meteorologiczne są najczęściej umieszczane na orbitach geostacjonarnych. W prognozowaniu pogody w Polsce i Europie wykorzystuje się dane z geostacjonarnych **satelitów meteorologicznych METEOSAT**. Pomiary satelitarne spełniają aktualnie jedną

z najważniejszych funkcji w meteorologii. Pozwalają bowiem na jednoczesne pozyskanie dużej ilości danych i informacji dla znacznych obszarów Ziemi. Istotą pomiarów satelitarnych jest wykorzystanie różnych zakresów długości fal elektromagnetycznych i rejestrowanie ich odbicia przez różne czujniki. Obserwacje wykonywane dzięki [satelitom meteorologicznym](#) dotyczą zarówno atmosfery, jak i powierzchni ziemi. Pozwalają na uzyskanie informacji i danych o: zachmurzeniu, frontach, opadach, parze wodnej, temperaturze, wilgotności, ozonie, pokrywie śnieżnej, stabilności atmosfery i wielu innych.



Zasięgi obserwacji satelitów meteorologicznych umieszczonych na orbicie geostacjonarnej

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie A. Woś, *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, licencja: CC BY-SA 3.0.

Głównymi **procesami** wpływającymi na pogodę i jej poszczególne elementy są:

- obieg ciepła,
- obieg wody,
- obieg powietrza.

Są to również procesy wpływające na klimat.

2. Obieg ciepła i temperatura powietrza (zakres podstawowy)

2.1. Promieniowanie słoneczne (zakres rozszerzony)

Promieniowanie słoneczne, zwłaszcza promieniowanie krótkofalowe o długości fali od 0,1 do 4,0 nm, to główne źródło energii cieplnej na naszej planecie. W niewielkich ilościach dostarczane jest także ciepło z wnętrza Ziemi.

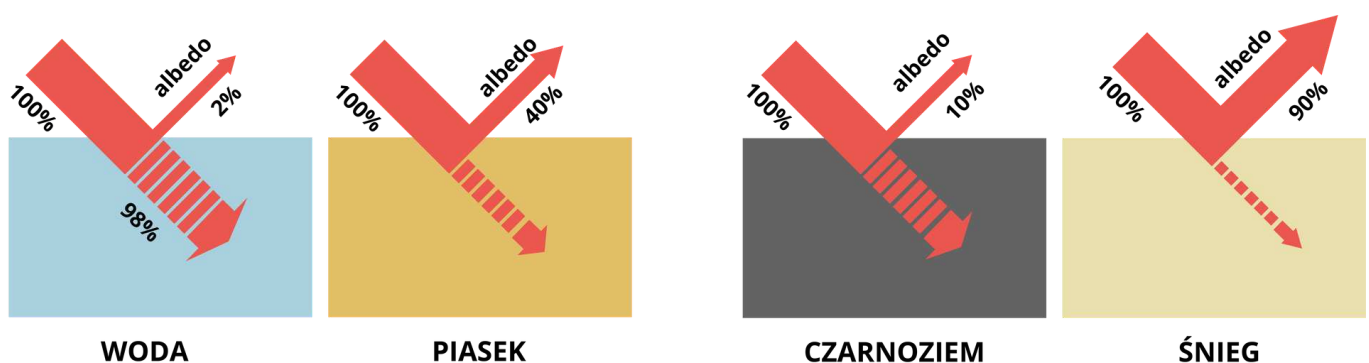
Rodzaje promieniowania słonecznego:

- **bezpośrednie** – takie, które dociera do Ziemi bezpośrednio od tarczy słonecznej w bezchmurny dzień,
- **rozproszone** – takie, które dociera do Ziemi podczas pochmurnego dnia lub podczas wschodów i zachodów Słońca, ponieważ jego pierwotny kierunek został zaburzony przez ugięcie, załamanie czy też odbicie od atmosfery lub chmur.

Suma promieniowania bezpośredniego i rozproszonego to promieniowanie **całkowite**.

Pokrycie terenu a albedo

Barwa i rodzaj podłoża wpływają nie tyle na ilość promieniowania docierającego do powierzchni Ziemi, ile na albedo. **Albedo** to stosunek ilości promieniowania odbitego do ilości promieniowania docierającego na daną powierzchnię. Wartość ta wyrażana jest w procentach. Generalnie podłoża jaśniejsze charakteryzują się większym albedo, a ciemniejsze – mniejszym. Łądy (powierzchnie gruntowe), które odznaczają się dużą gęstością skał i małą przezroczystością, nagrzewają się tylko do niewielkich głębokości, więc szybko się nagrzewają, ale również szybko się ochładzają. Z kolei wody są względnie przezroczyste dla promieniowania słonecznego, a więc nagrzewają się do dużych głębokości. W związku z tym proces ogrzewania, ale również proces ochładzania trwa dłużej.



Albedo wybranych rodzajów powierzchni

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie: B. Lenartowicz, E. Wilczyńska, M. Wójcik, *Geografia na czasie 1*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Łódź 2008, licencja: CC BY-SA 3.0.

Rodzaj powierzchni	Albedo (w %)
śnieg świeży	75–95
farba biała	50–90
wapienie	38–56
lód lodowcowy	20–40
piasek	28–38
granit	29–31
pole uprawne	15–25
łąka	10–20
las liściasty	10–20
las iglasty	5–15
bagno	10–15
asfalt	5–20
farba czarna	2–15

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie A. Woś, *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, licencja: CC BY-SA 3.0.

2.2. Bilans promieniowania (zakres rozszerzony)

Promieniowanie krótkofalowe Słońca

Całość (100%) docierającej do atmosfery ziemskiej energii słonecznej wynosi około $1,7 \times 10^{17}$ W. Jedynie 31% dociera do powierzchni Ziemi w formie promieniowania bezpośredniego, z czego 27% jest przez nią pochłaniane, a pozostałe 4% jest od niej odbijane. Z kolei 27% promieniowania krótkofalowego (z tych 100%) to promieniowanie rozproszone, z którego jedynie 21% jest pochłaniane przez Ziemię. W sumie zatem nasza planeta pochłania mniej niż połowę (48%) dopływającej do niej energii słonecznej. Pozostała część (52%) jest pochłaniana lub odbijana przez chmury i atmosferę.

Promieniowanie długofalowe Ziemi

Energia pochłonięta przez podłoże ulega zamianie w ciepło, które jest emitowane do atmosfery jako promieniowanie długofalowe w zakresie od 4 do około 120 nm, niewidzialne promieniowanie podczerwone (wtórne źródło ciepła). W atmosferze jest ono pochłaniane przez gazy (głównie parę wodną i dwutlenek węgla) i w większości kierowane z powrotem w kierunku powierzchni Ziemi (promieniowanie zwrotne atmosfery). Dzięki temu Ziemia oddaje więcej energii (113% jest wypromieniowane, 22% w postaci ciepła utajonego, a 10% w postaci ciepła jawnego; w sumie 145%) niż wynosi pochłaniane przez nią promieniowanie słoneczne (48%). Opisany proces nazwano **efektem cieplarnianym**.

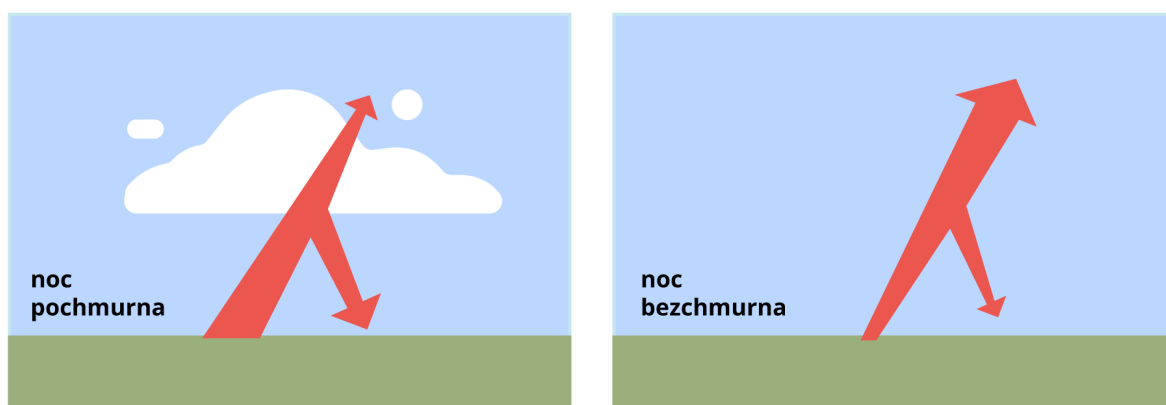
Chroni Ziemię przed nadmierną utratą ciepła. Jak oceniają naukowcy, bez niego średnia temperatura powietrza na świecie, która wynosi ok. $+15^{\circ}\text{C}$, byłaby prawdopodobnie o ok. 33°C niższa, więc wynosiłaby -18°C . Do intensyfikacji tego zjawiska w dużej mierze przyczynia się działalność człowieka. Zagadnienie to zostało szczegółowo opisane w e-materiałach dotyczących relacji człowiek – środowisko przyrodnicze.

System Ziemia – atmosfera znajduje się w stanie **równowagi cieplnej**, co oznacza, że przychód i rozchód energii cieplnej są sobie równe.

Bilans promieniowania w strefie międzyzwrotnikowej jest dodatni, w strefie umiarkowanej – latem dodatni, a zimą ujemny, a w podbiegunowej – ujemny.

Polecenie 1

Przeanalizuj poniższy rysunek, a następnie porównaj skalę promieniowania zwrotnego atmosfery podczas nocy pochmurnej i bezchmurnej.



Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka

Dlaczego niebo jest niebieskie?

W atmosferze najsilniej rozpraszane są fale odpowiadające barwie niebieskiej i fioletowej. Przy małej zawartości pary wodnej w powietrzu niebieski kolor nieba jest szczególnie intensywny. Przy większej zawartości tego gazu wszystkie fale w zakresie promieniowania widzialnego ulegają równomiernemu rozproszeniu, w związku z tym kolor ten ulega rozjaśnieniu. Z kolei żółtawe i czerwone zabarwienie nieba podczas wschodu i zachodu Słońca wynika z tego, że podczas niższego jego położenia nad widnokretem i dużej wilgotności silniej rozpraszane są fale odpowiadające barwie czerwonej, pomarańczowej i żółtej.

2.3. Wymiana ciepła (zakres rozszerzony)

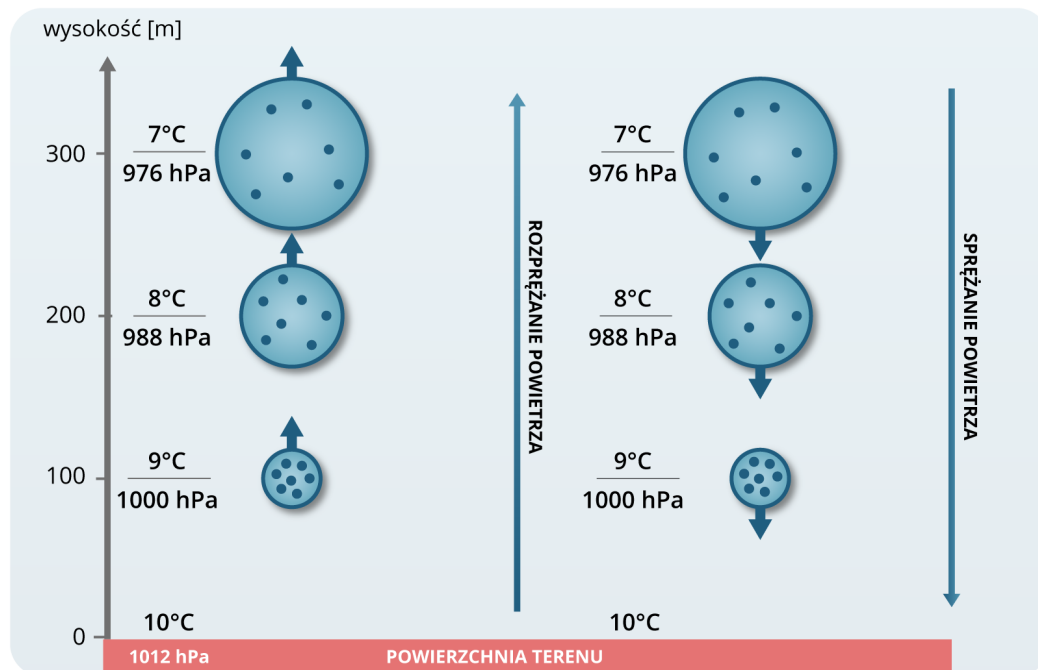
Wymiana ciepła między podłożem a atmosferą lub między masami powietrza odbywa się na drodze kilku zasadniczych procesów, które opisano poniżej.

2.4. Procesy adiabatyczne (zakres rozszerzony)

Czynnikiem, który wpływa na temperaturę powietrza są także **procesy adiabatyczne**. Zachodzą one bez wymiany ciepła z otoczeniem. Obejmują:

- ochładzanie mas powietrza w wyniku wznoszenia się (będące skutkiem rozprężania powietrza),
- ogrzewanie się mas powietrza w wyniku opadania (będące skutkiem sprężania powietrza).

Energia wewnętrzna danej masy gazu jest zużywana na rozprężanie powietrza w czasie wznoszenia. Natomiast przy kompresji (związanej z opadaniem powietrza) energia wewnętrzna zwiększa się. Skutkiem utraty energii jest spadek temperatury, a skutkiem jej zwiększania się jest wzrost temperatury.



Schemat przemian adiabatycznych

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie P. Wład, *Geografia 1. Bogactwo przyrodnicze Ziemi*, Ortus, Warszawa 2010, licencja: CC BY-SA 3.0.

Gradient termiczny

Gradient termiczny to zmiany temperatury powietrza wywołane procesami adiabatycznymi. Wraz ze wzrostem wysokości następuje spadek temperatury. Gradient termiczny uzależniony jest od wilgotności powietrza:

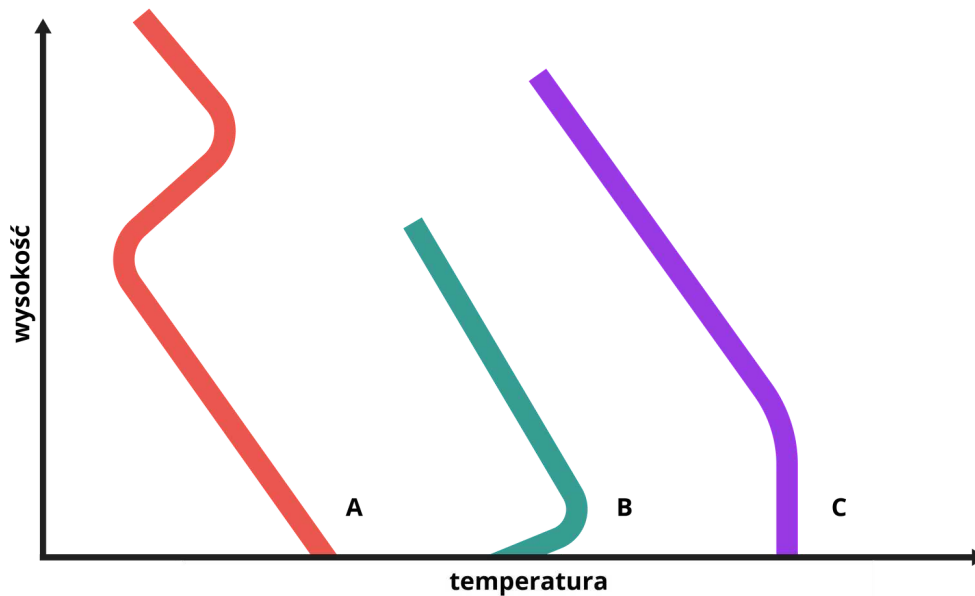
- **gradient wilgotnoadiabatyyczny** – w powietrzu wilgotnym następuje zmiana temperatury powietrza średnio o $0,6^{\circ}\text{C}$ na każde 100 m wysokości,
- **gradient suchoadiabatyczny** – w powietrzu suchym następuje zmiana temperatury powietrza średnio o 1°C na każde 100 m wysokości,
- średni gradient adiabatyczny wynosi ok. $0,65^{\circ}\text{C}$ na każde 100 m wysokości.

Inwersja i izotermia

Nie zawsze wraz z wysokością zachodzi spadek temperatury powietrza.

- **Inwersja temperatury powietrza** – wzrost temperatury wraz z wysokością, który hamuje rozwój prądów konwekcyjnych i w związku z tym hamuje także pionową wymianę pary wodnej i ciepła w atmosferze. Zjawisko to wywołane jest: napływem powietrza cieplejszego nad chłodniejsze podłoże (inwersja adwekcyjna), napływem powietrza cieplejszego na powietrze zalegające przy powierzchni podczas frontu ciepłego (inwersja frontowa), znacznym wychłodzeniem podłoża podczas radiacji (inwersja radiacyjna). Zachodzi m.in. w górach, w dolinach śródgórskich i na przełęczach, gdzie najniższe temperatury obserwuje się w najniższych położonych częściach dolin lub przełęczach w efekcie spływania zimnego powietrza po zboczach.

- **Izotermia** – warstwa, w której następuje brak zmian temperatury wraz z wysokością.



Inwersja temperatury powietrza i izotermia. A – inwersja w swobodnej atmosferze, B – inwersja przygruntowa, C – izotermia przygruntowa

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie A. Woś, *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, licencja: CC BY-SA 3.0.

2.5. Główne czynniki kształtujące temperaturę powietrza (zakres podstawowy)

Temperatura powietrza określa stan cieplny atmosfery.

Na temperaturę powietrza mają wpływ następujące czynniki.

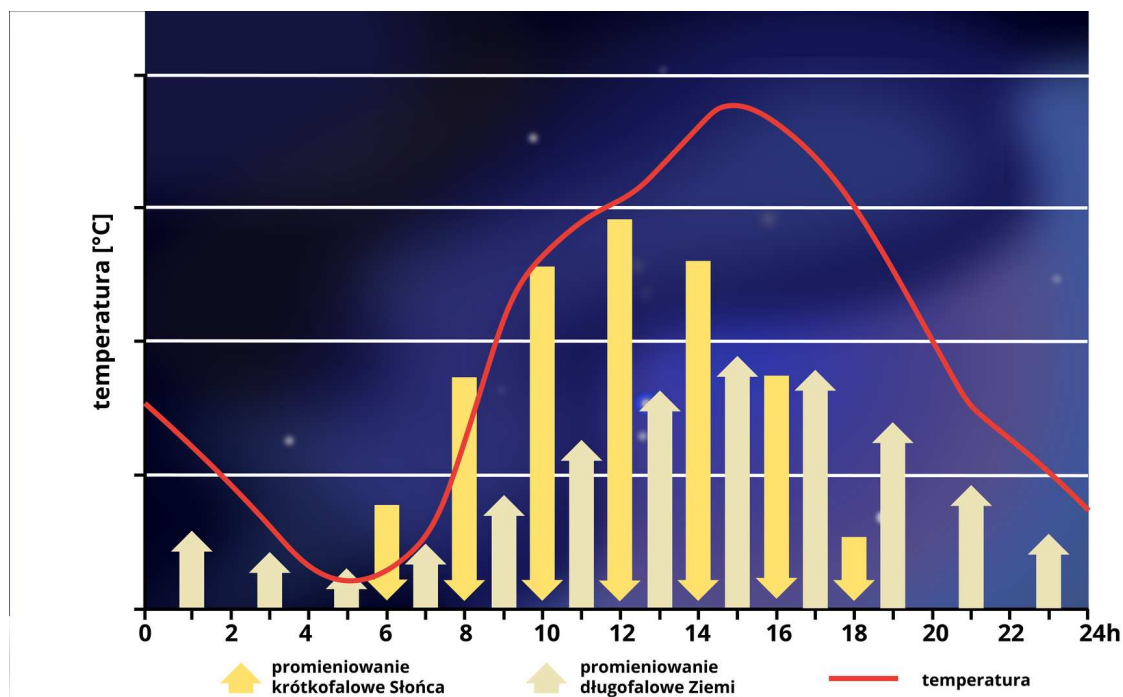
Czynniki	Charakterystyka
kąt padania promieni słonecznych oraz czas naświetlania	związane z szerokością geograficzną; decyduje o ilości energii otrzymywanej od Słońca na różnych szerokościach geograficznych w różnych porach dnia i roku

Czynniki	Charakterystyka
odległość od morza	dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza rosną wraz ze wzrostem odległości od obszarów morskich; klimat przechodzi z morskiego w kontynentalny – im dalej od morza, tym mroźniejsza zima i cieplejsze lato oraz większe amplitudy temperatury powietrza; dzieje się tak dlatego, gdyż woda nagrzewa się i oddaje ciepło wolniej niż ląd
wpływ prądów morskich	ciepłe prądy przyczyniają się do podwyższenia temperatury na wybrzeżach, zimne zaś powodują ochłodzenie wybrzeży, do których dopływają
wysokość nad poziomem morza	wraz z wysokością temperatura spada średnio o 0,65°C na każde 100 m, choć czasami zdarza się inwersja temperatury powietrza lub izotermia
układ głównych form ukształtowania powierzchni Ziemi	góry mogą utrudniać lub ułatwiać przepływ mas powietrza, a tym samym – wymianę ciepła
ekspozycja stoków	na półkuli północnej stoki południowe są cieplejsze od północnych, a na półkuli południowej – odwrotnie
rodzaj podłoża	ciemne podłoże szybciej się nagrzewa, gdyż albedo ciemnej powierzchni jest mniejsze niż powierzchni jaśniejszej, od której promienie słoneczne łatwiej się odbijają; na obszarach o mniejszym albedo występuje zatem wyższa temperatura powietrza
szata roślinna	na obszarach porośniętych bujną roślinnością obserwuje się mniejsze wahania dobowe i roczne temperatury powietrza; na pustyniach zachodzą duże wahania dobowe i roczne
zapylenie atmosfery	duża ilość pyłów pochodząca np. z erupcji wulkanicznych powoduje zmniejszenie dopływu promieniowania słonecznego i obniża temperaturę powietrza
działalność człowieka	z uwagi na duże ilości emitowanego ciepła obszary zurbanizowane cechują się wyższą temperaturą powietrza niż obszary z nimi sąsiadujące (spalanie paliw kopalnych, zanieczyszczenia powietrza)

Typowy przebieg dobowy temperatury powietrza (niezakłócony np. przejściem frontu atmosferycznego, adwekcją masy powietrza o innych właściwościach itp.) wygląda następująco:

- **najniższa** wartość temperatury powietrza występuje mniej więcej o wschodzie Słońca (następuje wówczas zatrzymanie nocnego spadku temperatury przez promienie wschodzącego Słońca); od tego momentu temperatura powietrza wzrasta,
- **najwyższa** wartość temperatury powietrza występuje mniej więcej 1–2 godziny po górowaniu Słońca (ok. 13:00–14:00 czasu słonecznego), kiedy następuje kulminacja promieniowania długofalowego Ziemi, które pojawia się z niewielkim opóźnieniem w stosunku do kulminacji promieniowania krótkofalowego Słońca – od tego momentu następuje spadek temperatury aż do wschodu Słońca.

Najczęściej w ciągu doby występuje jedno maksimum i jedno minimum temperatury powietrza.



Przykładowy dobowy przebieg temperatury powietrza

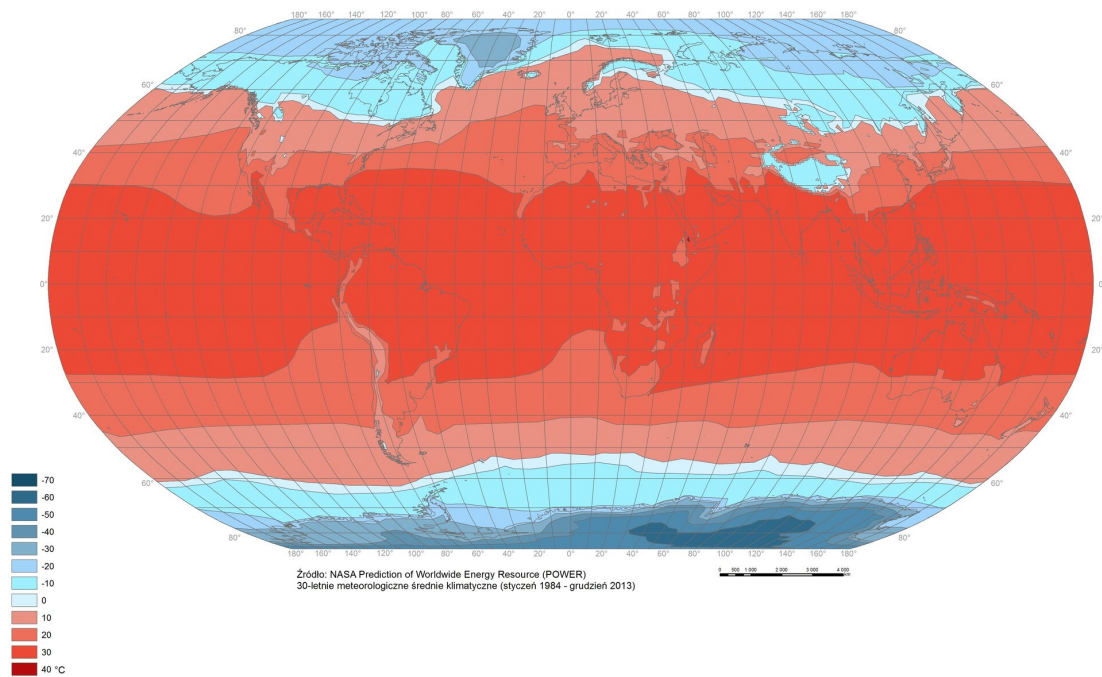
Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Rozkład temperatury powietrza na kuli ziemskiej

Średnia roczna temperatura powietrza na Ziemi wynosi ok. **14,5°C**, przy czym nieco cieplejsza jest półkula północna, gdyż udział procentowy powierzchni lądów w ogólnej powierzchni półkuli jest większy niż w przypadku półkuli południowej.

W skali kuli ziemskiej zauważalna jest **strefowość termiczna** – najniższa temperatura powietrza występuje w strefie okołobiegunowej (poniżej -10°C, a nawet poniżej -30°C), a najwyższa – w strefie międzyzwrotnikowej (powyżej 20°C), zwłaszcza w pobliżu zwrotników (nawet ok. 30°C). W lipcu, kiedy promienie słoneczne padają pod kątem prostym w okolicach zwrotnika Raka, najwyższą średnią roczną temperaturę powietrza odnotowuje się właśnie na obszarach lądowych położonych w tych szerokościach.

W styczniu – analogicznie – najwyższą temperaturę odnotowuje się na obszarach lądowych w okolicy zwrotnika Koziorożca.



Średnia roczna temperatura powietrza na świecie

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Linie na mapie łączące miejsca o tych samych wartościach temperatury to **izotermy**.

Oprócz **szerokości geograficznej** głównymi czynnikami wpływającymi na rozkład średniej rocznej temperatury powietrza są: prądy morskie, odległość od zbiorników wodnych czy wysokość nad poziomem morza. Na mapach rozkładu temperatury powietrza można zaobserwować odchylenia od równoleżnikowego układu izoterm:

- w miarę oddalania się od oceanów następuje wzrost kontynentalizmu, co przejawia się dużymi amplitudami temperatury w głębi lądów wskutek szybkiego nagrzewania i ochładzania się suchego powietrza kontynentalnego,
- obszary górskie są wyraźnie chłodniejsze niż inne obszary leżące na tej samej szerokości geograficznej (np. Andy, Himalaje),
- obszary znajdujące się pod silnym oddziaływaniem ciepłych prądów morskich są cieplejsze niż inne położone na tej samej szerokości geograficznej (np. Europa Zachodnia pod wpływem Prądu Północnoatlantyckiego); obszary pod wpływem prądów zimnych są ochładzane (np. Prąd Labradorski ochładza wschodnie wybrzeża Ameryki Północnej).

Ciekawostka

- Maksymalna zanotowana temperatura powietrza: Ameryka Północna, 1913 r., USA, Dolina Śmierci (56,7°C).
- Minimalna zanotowana temperatura powietrza: Antarktyda, 1983 r., stacja „Wostok” (-89,2°C).
- Minimalna zanotowana temperatura powietrza na półkuli północnej: Rosja, 1964 r., Ojmiakon (-71°C).
- Maksymalna średnia roczna temperatura: Afryka, Erytrea (30,2°C).
- Minimalna średnia roczna temperatura: Antarktyda, stacja „Wostok” (-55,4°C).

2.6. Anomalie termiczne (zakres rozszerzony)

Polecenie 2

Przeanalizuj poniższą tabelę, a następnie sformułuj i wyjaśnij dwa wnioski dotyczące zmian przestrzennych średniej rocznej amplitudy temperatury powietrza na kuli ziemskiej.

Średnia temperatura powietrza na równoleżnikach na poziomie morza w styczniu, lipcu i roku (w °C)								
szerokość geograficzna	Półkula północna				Półkula południowa			
	styczeń	lipiec	rok	amplituda roczna	styczeń	lipiec	rok	amplituda roczna
90°	-41	-1	-23	40	-14	-48	-30	34
80°	-30	-1	-17	29	-11	-40	-25	29
70°	-25	7	-10	32	-3	-23	-13	20
60°	-16	13	-1	29	2	-10	-4	12
50°	-7	17	5	24	9	4	6	5
40°	6	23	14	17	16	11	13	5
30°	15	28	21	13	23	16	19	7
20°	22	28	25	6	26	21	23	5
10°	26	27	27	1	26	25	25	1
0°	27	26	26	1	27	26	26	1

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie J. Kądziołka, K. Kocimowski, E. Wołonciej, *Świat w liczbach*, WSiP, Warszawa 2012, licencja: CC BY-SA 3.0.

Od średnich wartości rocznej temperatury powietrza dla poszczególnych równoleżników (szerokości geograficznych) występują pewne odstępstwa (tzw. **anomalie termiczne**). Mogą być one dodatnie (gdy na danym obszarze występują wyższe temperatury niż średnio na tej szerokości geograficznej) lub ujemne (gdy na danym obszarze występują niższe temperatury niż średnio na tej szerokości geograficznej).

Dodatnie anomalie termiczne **w styczniu** odnotowywane są m.in. w Norwegii i na Islandii (związane jest to m.in. z występowaniem ciepłego prądu morskiego), a ujemne – m.in. w Jakucji i środkowej Kanadzie (wynika to z silnego wychłodzenia rozległych obszarów lądowych podczas astronomicznej zimy).

Dodatnie anomalie termiczne **w lipcu** odnotowywane są m.in. na Saharze i w środkowej Azji (wynika to z silnego nagrzania dużych obszarów lądowych oddalonych od wybrzeży), a ujemne – m.in. w rejonie Zatoki Hudsona, która znajduje się w zasięgu oddziaływania zimnego prądu morskiego.

2.7. Amplituda temperatury powietrza (zakres podstawowy)

Dobowa amplituda temperatury powietrza

Jest to różnica między najwyższą i najniższą temperaturą w ciągu jednej doby. Zależy głównie od stopnia zachmurzenia. Największe dobowe amplitudy temperatury powietrza odnotowuje się na pustyniach strefy zwrotnikowej (nawet do 60°C), a najmniejsze – w klimatach wilgotnych, znajdujących się pod wpływem morza lub oceanu. Na pustyniach występuje duży dopływ promieniowania słonecznego, m.in. ze względu na duży kąt padania promieni słonecznych oraz niewielkie zachmurzenie. Dzięki temu podłoże szybko się nagrzewa do wysokich temperatur, oddając swoje ciepło atmosferze. Z drugiej strony, w ciągu nocy następuje bardzo silne wypromieniowanie ciepła, które powoduje wychłodzenie podłoża. Na obszarach położonych w obrębie klimatów morskich dopływ promieniowania słonecznego i nocne wypromieniowanie są mniejsze ze względu na większe zachmurzenie.

Dobowa amplituda temperatury powietrza podczas pogody bezchmurnej jest większa niż podczas pogody pochmurnej.

Roczna amplituda temperatury powietrza

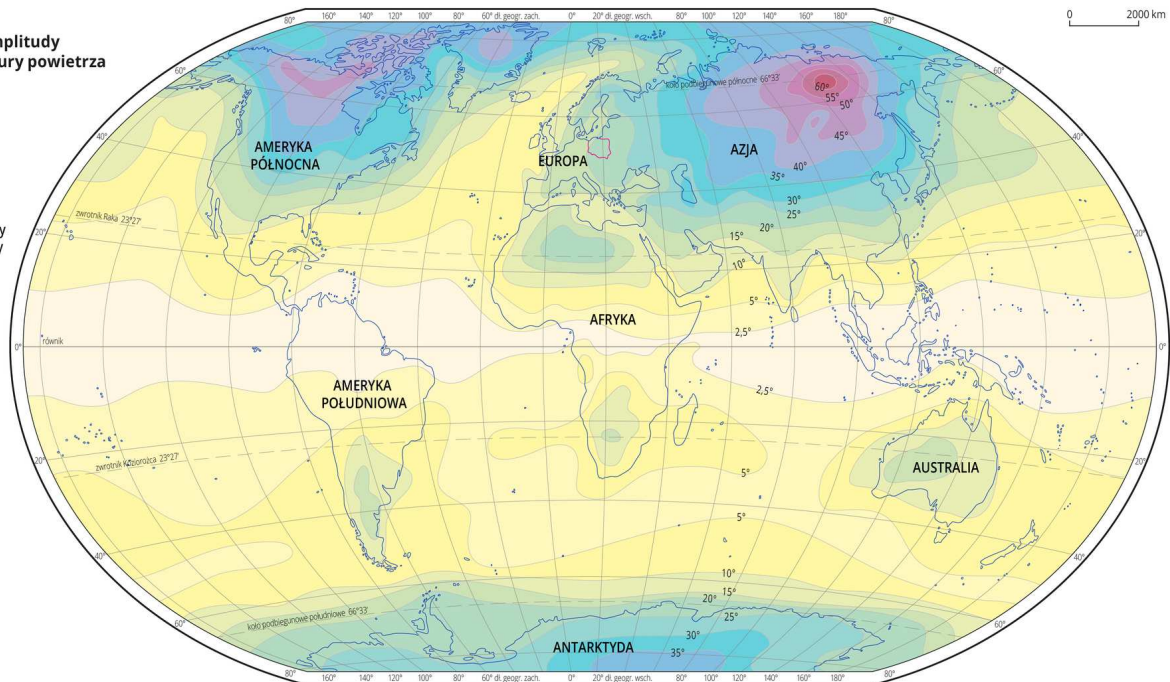
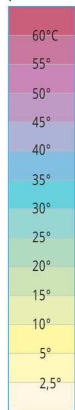
Jest to różnica między średnią temperaturą miesiąca najcieplejszego i najchłodniejszego. Generalnie jej wartości rosną wraz z szerokością geograficzną i odległością od zbiorników

oraz maleją wraz ze wzrostem wysokości bezwzględnej, zachmurzenia i bogactwa szaty roślinnej.

Największe wartości rocznej amplitudy temperatury powietrza występują na Syberii i w północnej Kanadzie ($> 60^{\circ}\text{C}$). Ma to związek z silnym wychładzaniem zimą rozległych obszarów lądowych. Najmniejsze występują w oceanicznej części strefy równikowej ($2\text{--}3^{\circ}\text{C}$), co ma związek z małymi różnicami w dopływie promieniowania słonecznego w ciągu roku.

ŚWIAT
roczne amplitudy
temperatury powietrza

Roczne
izoamplitudy
temperatury
powietrza



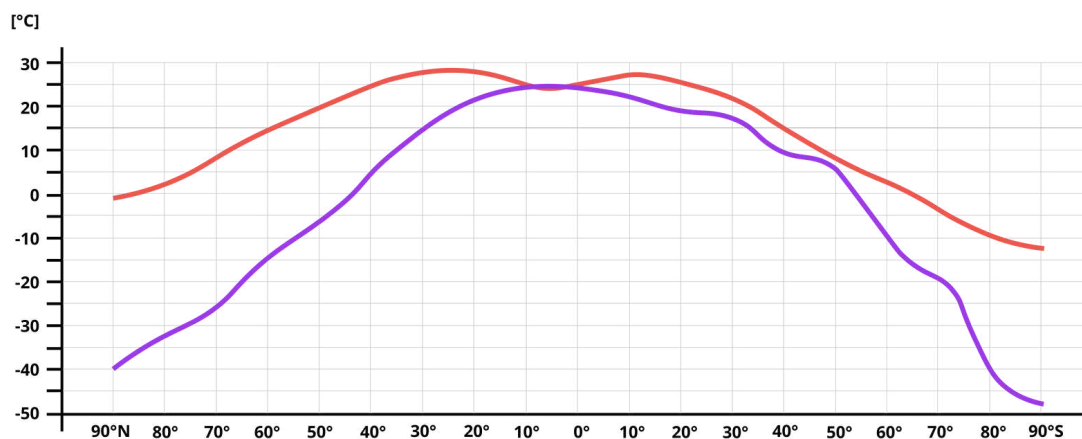
Rozkład rocznych amplitud temperatury powietrza na Ziemi

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., dostępny w internecie: zpe.gov.pl, licencja: CC BY-SA 3.0.

Linie na mapie łączące miejsca o tych samych wartościach amplitudy temperatury powietrza to **izoamplitudy**.

Polecenie 3

Porównaj wartości amplitudy temperatury powietrza w różnych szerokościach geograficznych i wyjaśnij przyczyny tego zróżnicowania.

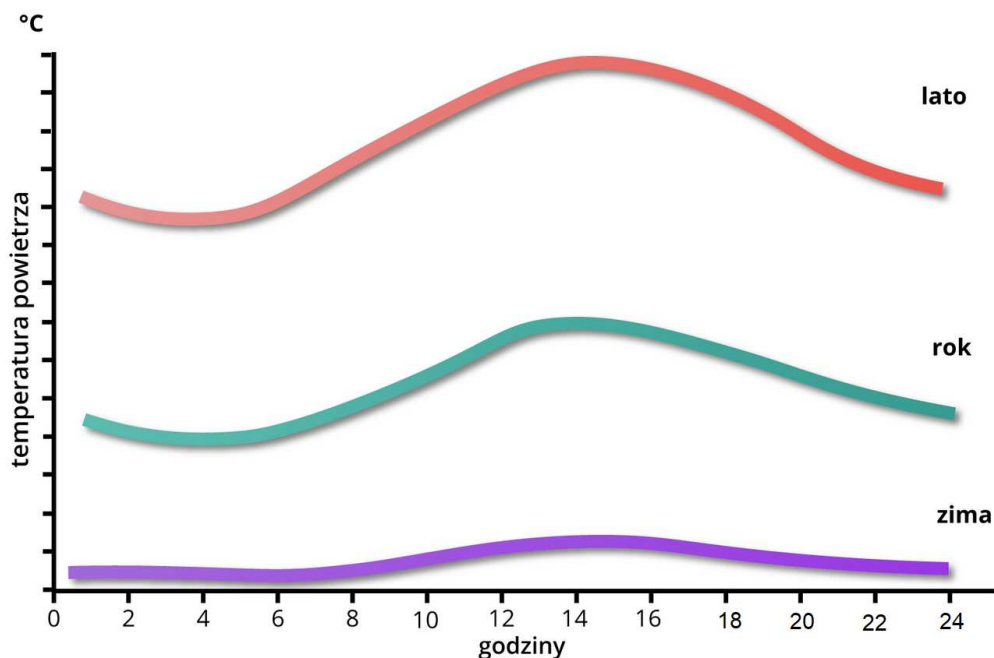


Średnia wartość temperatury powietrza w najcieplejszym i najchłodniejszym miesiącu na wybranych równoleżnikach

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie W. Błaszczkiewicz, O. Jerun, A. Wawrzkowicz, *Geografia. Vademecum*, Nowa Era, Warszawa 2020, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 4

Porównaj wartości amplitudy dobowej temperatury powietrza: średnio w roku oraz latem i zimą. Wyjaśnij przyczyny tego zróżnicowania.



Przykładowy przebieg temperatury powietrza: średnio w roku, latem i zimą (przy stałych jednostkach na osi pionowej)

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie W. Błaszczkiewicz, O. Jerun, A. Wawrzkowicz, *Geografia. Vademecum*, Nowa Era, Warszawa 2020, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 5

Na podstawie danych przedstawionych w poniższej tabeli oblicz dobową temperaturę powietrza oraz dobową amplitudę temperatury powietrza w pewnej miejscowości w jednym z lipcowych dni.

Zanotowane wartości temperatury powietrza [°C]			
8:00	20:00	minimalna	maksymalna
16,2	18,1	13,8	26,5

Polecenie 6

Na podstawie danych przedstawionych w poniższej tabeli oblicz średnią roczną temperaturę powietrza i roczną amplitudę temperaturę powietrza w Toruniu.

Średnie miesięczne temperatury powietrza w Toruniu w latach 1971-2000 [°C]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-1,6	-0,8	2,7	7,6	13,3	16,3	18,0	17,8	13,1	8,3	3,1	0,0

Źródło danych: climatecharts.net

3. Obieg wody (zakres podstawowy)

W troposferze woda ulega nieustannym zmianom stanu skupienia. Przemieszcza się ona w układzie pionowym i poziomym wraz z masami powietrza. Opisane niżej zagadnienia obiegu wody w troposferze są częścią cyklu hydrologicznego, który został szczegółowo opisany m.in. w materiałach powtórzeniowych dotyczących hydrosfery: „[Wody lądowe – powierzchniowe i podziemne](#)” i „[Wody morskie](#)”.

Głównymi składowymi tego obiegu są:

- parowanie,
- kondensacja (skraplanie) lub resublimacja pary wodnej,
- opady atmosferyczne.

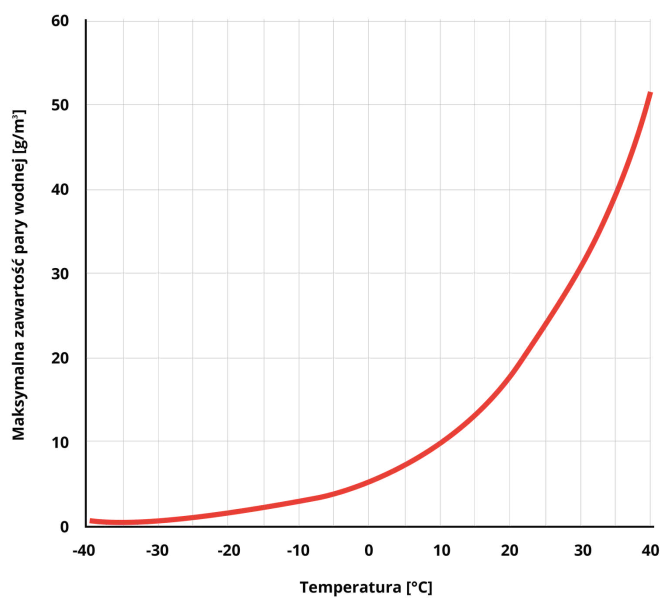
3.1. Parowanie i wilgotność powietrza (zakres rozszerzony)

Parowanie (ewaporacja) to proces przechodzenia wody (w stanie ciekłym) w parę wodną (woda w stanie gazowym). Proces ten jest związany z pochłanianiem dużej ilości ciepła. Zachodzi głównie z powierzchni wód, roślinności (transpiracja) i gleb (parowanie z gleb i roślinności to ewapotranspiracja). Natomiast przechodzenie lodu (np. z powierzchni lodowców) bezpośrednio w stan gazowy to **sublimacja**.

Wilgotność powietrza to zawartość pary wodnej w powietrzu. Jej ilość zmienia się w czasie i przestrzeni. Zależy ona m.in. od szerokości geograficznej, pory roku i pory doby. Największe parowanie z powierzchni lądowych występuje w strefie równikowej (do 1 000 mm rocznie), a najmniejsze – na obszarach pustynnych i okołobiegunowych (ok. 100 mm rocznie).

Wskaźniki określające wilgotność powietrza:

- aktualne ciśnienie (prężność) pary wodnej (e) – wyrażane w hPa ciśnienie pary wodnej w danej chwili i danym miejscu; jest częścią ciśnienia atmosferycznego,
- maksymalne ciśnienie pary wodnej (prężność w stanie nasycenia) (E) – wyrażone w hPa maksymalne ciśnienie, jakie wywiera para wodna w określonej temperaturze,
- niedosyt wilgotności – wyrażony w hPa różnica między ciśnieniem pary wodnej nasyconej w danej temperaturze powietrza a aktualnym ciśnieniem pary wodnej: $\Delta = E - e$,
- wilgotność bezwzględna – wyrażana w g/m^3 to aktualna zawartość pary wodnej w jednostce objętości powietrza;
- przy wilgotności względnej równej 100% powietrze jest nasycone parą wodną, poniżej 100% mówimy o niedosycie wilgotności,
- wilgotność względna (f) – wyrażony w procentach stosunek aktualnego ciśnienia pary wodnej do maksymalnego ciśnienia pary wodnej: $f = (e : E) \times 100\%$
- temperatura punktu rosy określa, przy jakiej temperaturze para wodna w powietrzu zacznie się skraplać.

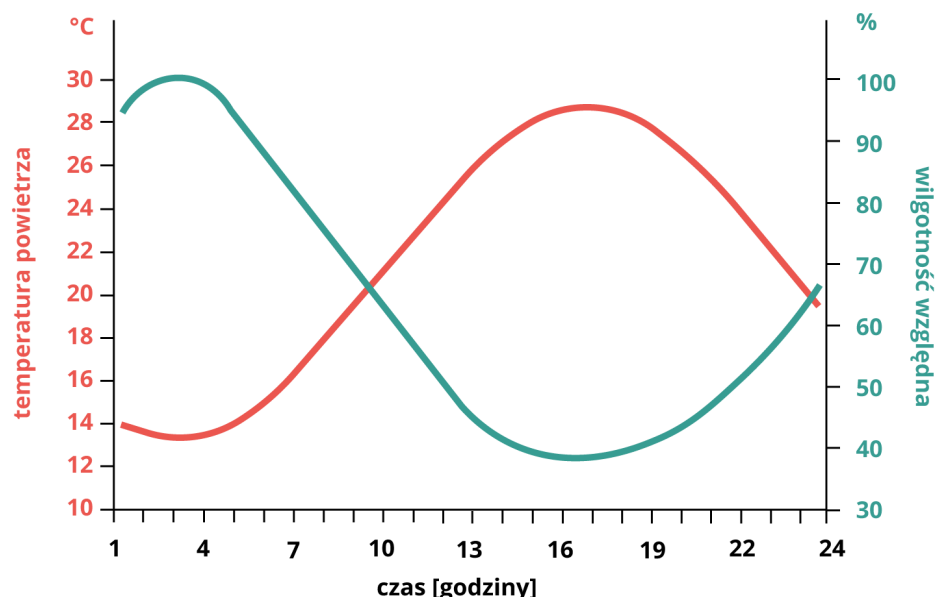


Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie naukaoklimacie.pl, licencja: CC BY-SA 3.0.

Zawartość pary wodnej w powietrzu w zależności od temperatury powietrza. Wraz ze wzrostem temperatury powietrze rozpręża się i jest w stanie pomieścić większą ilość pary wodnej.

Polecenie 7

Przeanalizuj poniższy wykres, a następnie sformułuj prawidłowość między zmianami wilgotności względnej powietrza a temperaturą powietrza w ciągu doby. W jaki sposób zależność ta kształtuje się w skali roku?



Zmiany wilgotności względnej w ciągu doby w zależności od temperatury powietrza, w warunkach normalnego ciśnienia atmosferycznego i przy stałym ciśnieniu pary wodnej (15 hPa)

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie M.M. Wilczyńska-Wołoszyn, *Geografia 1. Ziemia jako otwarty system fizycznogeograficzny*, Wydawnictwo Edukacyjne Zofii Dobkowskiej „ŻAK”, Warszawa 2003, licencja: CC BY-SA 3.0.

Zadanie rachunkowe

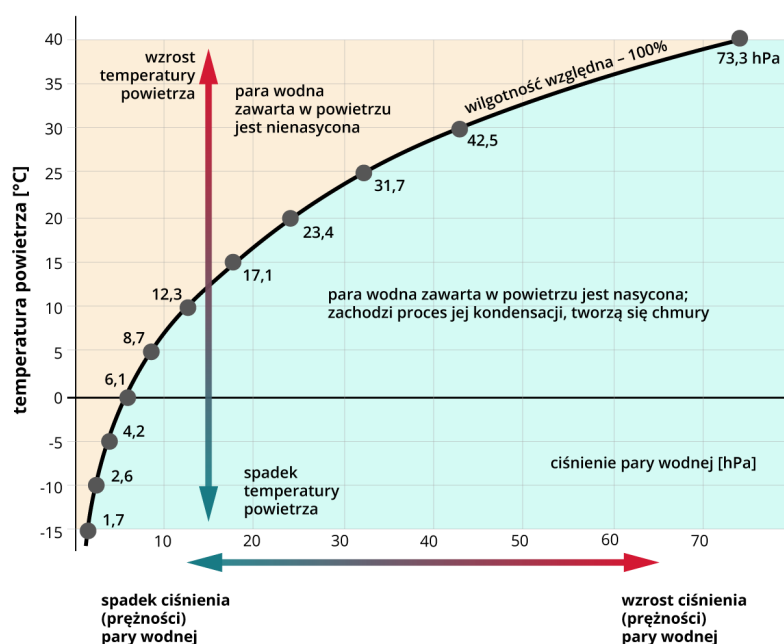
Polecenie 8

Oblicz niedosyt wilgotności, jeżeli wilgotność względna wynosi 82%, a maksymalne ciśnienie pary wodnej może wynieść 30 hPa w temperaturze 30°C.

3.2. Kondensacja i resublimacja pary wodnej (zakres rozszerzony)

Para wodna zawarta w powietrzu może ulec kondensacji (skropleniu) lub resublimacji. Pierwsza zmiana stanu skupienia następuje w temperaturze dodatniej, druga zaś – w ujemnej. Zachodzą one wówczas, gdy powietrze jest nasycone parą wodną. Para wodna można osiągnąć stan nasycenia, gdy nastąpi spadek temperatury powietrza przy braku zmiany ciśnienia lub gdy na skutek parowania lub napływu wilgotnych mas powietrza nastąpi wzrost prężności pary wodnej.

Temperatura, w której następuje nasycenie powietrza parą wodną i jej kondensacja (ewentualnie resublimacja), to **temperatura punktu rosy**. Jest to temperatura, w której aktualne ciśnienie pary wodnej staje się maksymalnym ciśnieniem pary wodnej (czyli wilgotność względna wynosi 100%).



Zależność maksymalnego ciśnienia pary wodnej zawartej w atmosferze od temperatury powietrza

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie P. Wład, *Geografia 1. Bogactwo przyrodnicze Ziemi*, Ortus, Warszawa 2010, licencja: CC BY-SA 3.0.

Żeby para wodna mogła ulec skropleniu, koniecznym warunkiem jest występowanie w powietrzu **jąder kondensacji**, wokół których koncentrują się cząsteczki wody w stanie lotnym. Najwięcej jąder kondensacji znajduje się w powietrzu nad miastami, zwłaszcza dużymi.

Produkty kondensacji i resublimacji pary wodnej

3.3. Osady atmosferyczne (zakres rozszerzony)

Osady atmosferyczne to produkty kondensacji pary wodnej osiadające na roślinach i przedmiotach oraz produkty krzepnięcia deszczu na wychłodzonej powierzchni.

Główne **przyczyny** powstawania osadów atmosferycznych:

- nocne ochłodzenie powietrza spowodowane radiacją,
- zetknięcie się mas powietrza o różnych właściwościach (ciepłego i wilgotnego z chłodnym i bardziej suchym).

Osady atmosferyczne	Charakterystyka
rosa	osad kropelek wody na różnych powierzchniach (np. glebie, roślinności, skałach) powstający jako efekt skraplania się pary wodnej; do głównych przyczyn powstawania tego osadu należą: nocne ochłodzenie powietrza spowodowane radiacją oraz zetknięcie się mas powietrza o różnych właściwościach (ciepłego i wilgotnego z chłodnym i bardziej suchym); rosa powstaje w dodatniej temperaturze
szron	osad w postaci drobnych lodowych kryształków powstający na skutek resublimacji pary wodnej; do głównych przyczyn powstawania tego osadu należą: nocne ochłodzenie powietrza spowodowane radiacją oraz zetknięcie się mas powietrza o różnych właściwościach (ciepłego i wilgotnego z chłodnym i bardziej suchym); powstaje w ujemnej temperaturze
szadź (sadź)	osad występujący w postaci szczotek lodowych; powstaje na wyiębionych, cienkich przedmiotach; szczotki te rozwijają się w tym kierunku, z którego napływa wilgotne powietrze; powstaje w wyniku zamarzania mgieł napływających nad chłodny obszar
gołoledź	osad przezroczystej i gładkiej warstwy lodu, powstały przez szybkie zamarzanie deszczu na podłożu o temperaturze niższej niż 0°C; występuje, gdy po mroźnej i suchej pogodzie przychodzi ocieplenie przynoszące opady; gołoledź jest bardzo niebezpieczna, gdy występuje na szlakach transportowych



Rosa

Źródło: dostępny w internecie: [pexels.com](https://www.pexels.com), domena publiczna.

3.4. Mgły i zamglenia (zakres rozszerzony)

Mgła to zawiesina kropelek wody, która zmniejsza widoczność poniżej 1 km. Jej podstawa styka się z podłożem. Natomiast **zamglenie** to zawiesina kropelek wody, która zmniejsza widoczność powyżej 1 km. Występuje ono zwykle w początkowych i końcowych stadiach rozwoju mgły.

Rodzaje mgieł	Charakterystyka
radiacyjna	lokalna, powstaje na skutek wypromieniowania ciepła z podłoża; tworzy się w ciągu lata nocą lub nad ranem podczas bezchmurnej i bezwietrznej pogody blisko bagien i w zagłębieniach terenu
adwekcyjna	rozległa, spowodowana napływem ciepłego i wilgotnego powietrza nad chłodniejsze obszary – następuje wówczas ochładzanie się napływającego powietrza; występuje głównie zimą nad obszarami lądowymi, które mają kontakt z morzem

Rodzaje mgieł	Charakterystyka
zmieszania (z mieszania)	powstaje wskutek mieszania się dwóch mas powietrza o różnych cechach: zimnego i ciepłego w miejscach ich kontaktu; najczęściej spotykane na wybrzeżach w sąsiedztwie zimnych prądów morskich, szczególnym typem mgieł zmieszanych jest mgła frontowa, która tworzy się przed frontem ciepłym lub za frontem zimnym jako wynik skraplania pary wodnej w chłodnej masie powietrza
z parowania	powstaje nad zbiornikami wodnymi na skutek unoszenia się pary wodnej z cieplejszej wody do wychłodzonego powietrza
zboczowa (orograficzna)	powstaje w wyniku adiabatycznego ochładzania się powietrza na dowiejrznych stokach podczas jego przejścia przez barierę górską lub wyżynę



Mgła radiacyjna

Źródło: dostępny w internecie: pxhere.com, domena publiczna.



Smog (ang. *smoke* 'dym' + *fog* 'mgła') jest szczególnym rodzajem gęstej mgły z dużą zawartością pyłów przemysłowych i transportowych. W 1952 r. w Londynie na skutek smogu zmarło ponad 4 tysiące osób w ciągu kilku dni.

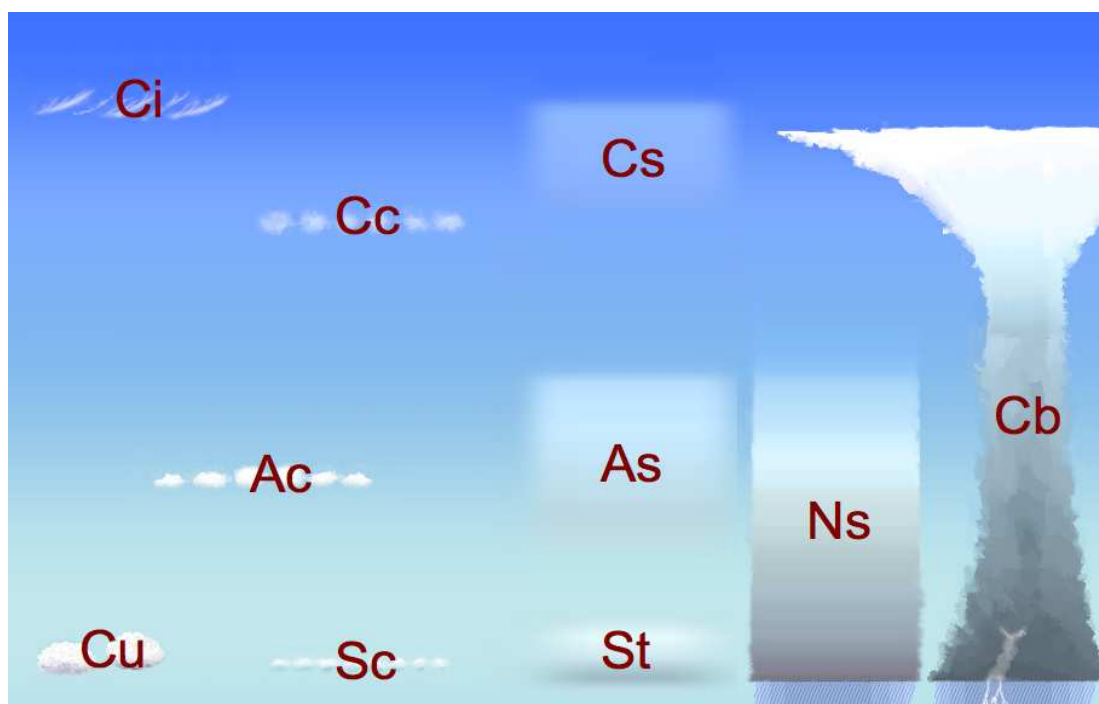
Źródło: dostępny w internecie: [flickr.com](https://www.flickr.com/photos/14914611@N06/10244444444/), domena publiczna.

3.5. Chmury (zakres rozszerzony)

Chmura to widoczne gołym okiem zgrupowanie kropelek wody (chmura wodna) lub kryształków lodu (chmura lodowa), ewentualnie jedynych i drugich (chmura mieszana) w atmosferze. Według międzynarodowej klasyfikacji chmur wyróżnia się 10 podstawowych ich rodzajów, 14 gatunków oraz 9 odmian. Ze względu na wysokość występowania chmur dzieli się ją na chmury piętra wysokiego, piętra średniego, piętra niskiego oraz o budowie pionowej.

Piętra chmur	Podstawowe rodzaje chmur	Opad
chmury piętra wysokiego (z reguły powyżej 6 km; chmury zbudowane głównie z kryształków lodu)	• <i>Cirrus</i> (Ci; chmury pierzaste) • <i>Cirrocumulus</i> (Cc; chmury pierzasto-kłębiaste) • <i>cirrostratus</i> (Cs; chmury pierzasto-warstwowe)	nie dają opadów

Piętra chmur	Podstawowe rodzaje chmur	Opad
chmury piętra średniego (średnio od 2 do 6 km; zbudowane z kropelek wody i/lub kryształków lodu)	• <i>Altostratus</i> (As; chmury średnie warstwowe)	nie dają opadów
	• <i>Altostratus</i> (As; chmury średnie warstwowe)	deszcz i śnieg
chmury piętra niskiego (do 2 km; zbudowane głównie z kropelek wody)	• <i>Stratus</i> (St; chmury warstwowe)	mżawka
	• <i>Nimbostratus</i> (Ns; chmury warstwowe deszczowe)	deszcz, śnieg
	• <i>Cumulus</i> (Cu; chmury kłębiaste)	deszcz, śnieg
chmury o budowie pionowej (silnie rozbudowane pionowo, nawet do górnej granicy troposfery)	• <i>Stratocumulus</i> (Sc; chmury warstwowo-kłębiaste)	deszcz (bardzo rzadko)
	• <i>Cumulonimbus</i> (Cb; chmury kłębiaste, deszczowe)	deszcz, śnieg, grad



Główne rodzaje chmur

Zachmurzenie – stan pokrycia nieba chmurami, który określa się wzrokowo od 0 (niebo bezchmurne) do 8 (całkowite zachmurzenie nieba).

Zachmurzenie	Styczeń	Lipiec
bardzo duże (> 80%)	- strefa okołorównikowa i podzwrotnikowa - oceany na południe od 45-50°S - północny Atlantyk	- południowe części oceanów i przyległe lądy - strefa okołorównikowa
małe (< 30%)	- strefa umiarkowana półkuli północnej - półkula południowa - Antarktyda i okolice	- obszary zwrotnikowe - Antarktyda

3.6. Opady atmosferyczne

Opady atmosferyczne to spadające z chmur na powierzchnię ziemi produkty kondensacji pary wodnej. Opady stanowią element obiegu wody w przyrodzie.

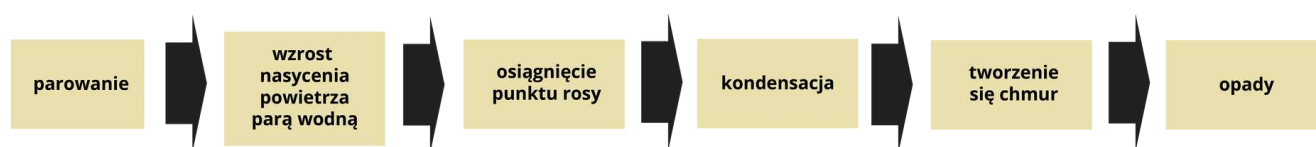
Formy opadów atmosferycznych

Formy opadów	Charakterystyka	Chmury, z których powstają
mżawka	krople wody o średnicy < 0,5 mm	St
deszcz	krople wody o średnicy > 0,5 mm	As, Ns, Sc, Cu, Cb
śnieg	kryształki lodu o kształcie sześcioramiennych gwiazdek tworzących płatki śniegu (skupiska kryształków lodu)	As, Ns, Sc, Cb
śnieg ziarnisty	białe ziarna lodu, płaskie lub wydłużone, o średnicy < 1 mm	St

Formy opadów	Charakterystyka	Chmury, z których powstają
krupa śnieżna	białe, kuliste ziarna lodu o średnicy 2–5 mm, powstają, gdy temperatura gruntu wynosi ok. 0°C	Sc, Cb
grad	bryłki lodu (gradziny) o średnicy > 5 mm	Cb
ziarna lodowe	kuliste ziarna lodu o średnicy do 5 mm	As, Ns, Cb
pył diamentowy	słupki lodowe opadające lub wznoszące się w powietrzu przy chłodnej i bezchmurnej pogodzie	St

Mechanizm powstawania opadów atmosferycznych:

- pod wpływem promieniowania słonecznego powierzchnia ziemi paruje, a powietrze staje się coraz bardziej bogate w parę wodną,
- pod wpływem dostarczonego ciepła powietrze rozpręża się, unosi, następnie wraz z wysokością ochładza się, nasycza parą wodną i osiąga temperaturę punktu rosy,
- para wodna ulega kondensacji (lub resublimacji),
- powstają chmury złożone z małych, bardzo lekkich kropeł wody i lodu osadzonych na [jądrach kondensacji](#),
- **w chmurach wodnych** krople zderzają się i pochłaniają mniejsze, a kiedy są już zbyt ciężkie, pokonują opór powietrza i opadają w postaci deszczu; **w chmurach mieszanych** krople wody zwiększają swoją objętość poprzez krzepnięcie, a także przez łączenie się kropeł i lodu, a następnie zaczynają opadać pod wpływem ciężaru – w postaci deszczu lub – gdy temperatura powietrza poniżej chmur jest ujemna – w postaci śniegu, natomiast gdy chmury są bardziej rozbudowane w pionie – w postaci krupy śnieżnej czy nawet gradu.



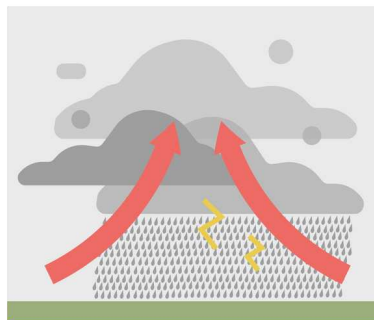
Uproszczony mechanizm powstawania opadów atmosferycznych

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

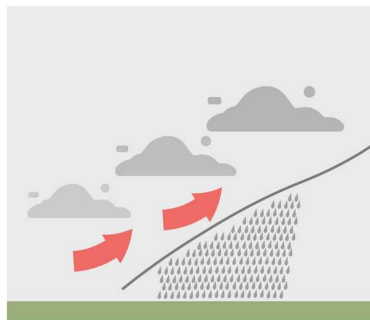
Typy genetyczne opadów atmosferycznych

Ze względu na różne przyczyny ruchów wznoszących powietrza, które powodują jego ochłodzenie poniżej temperatury punktu rosy, wyróżnia się następujące typy genetyczne opadów atmosferycznych:

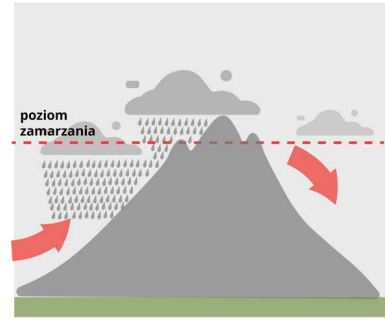
- **konwekcyjne** – powstają w wyniku konwekcji (występowania prądów ciepłego powietrza nad bardzo nagrzaną powierzchnią Ziemi). Najbardziej klasycznym przykładem są codzienne opady zenitalne w okolicach równika (między 10°N a 10°S), ale także opady na innych obszarach w okresie letnim;
- **frontalne** – są efektem frontów atmosferycznych polegających na styku ciepłych i zimnych mas powietrza, w których zachodzi wznoszenie powietrza;
- **orograficzne** – tworzą się, gdy bariery orograficzne (związane z ukształtowaniem terenu) wymuszają wznoszenie się powietrza, jego ochładzanie, osiągnięcie punktu rosy i kondensację. Powszechnie obserwowane są na dowiejtrnych stokach gór oraz na wysokich wybrzeżach.



opady konwekcyjne



opady frontalne



opady orograficzne

Typy genetyczne opadów atmosferycznych

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wielkość i rozmieszczenie opadów na kuli ziemskiej oraz czynniki, które wpływają na to zróżnicowanie

Roczna suma opadów atmosferycznych to zsumowanie miesięcznych sum opadów atmosferycznych w danym roku, czyli ilość opadów, jaka spadła na danym obszarze w ciągu roku. Średnia roczna suma opadów na świecie wynosi około 850 mm.

Polecenie 9

Korzystając z danych przedstawiony w tabeli, oblicz roczną sumę opadów atmosferycznych w Kopenhadze.

Miesięczne sumy opadów atmosferycznych w Kopenhadze w okresie 1989-2019 [w mm]											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
48,8	36,3	37,0	35,3	45,3	66,0	58,2	76,6	66,9	68,4	56,3	49,9

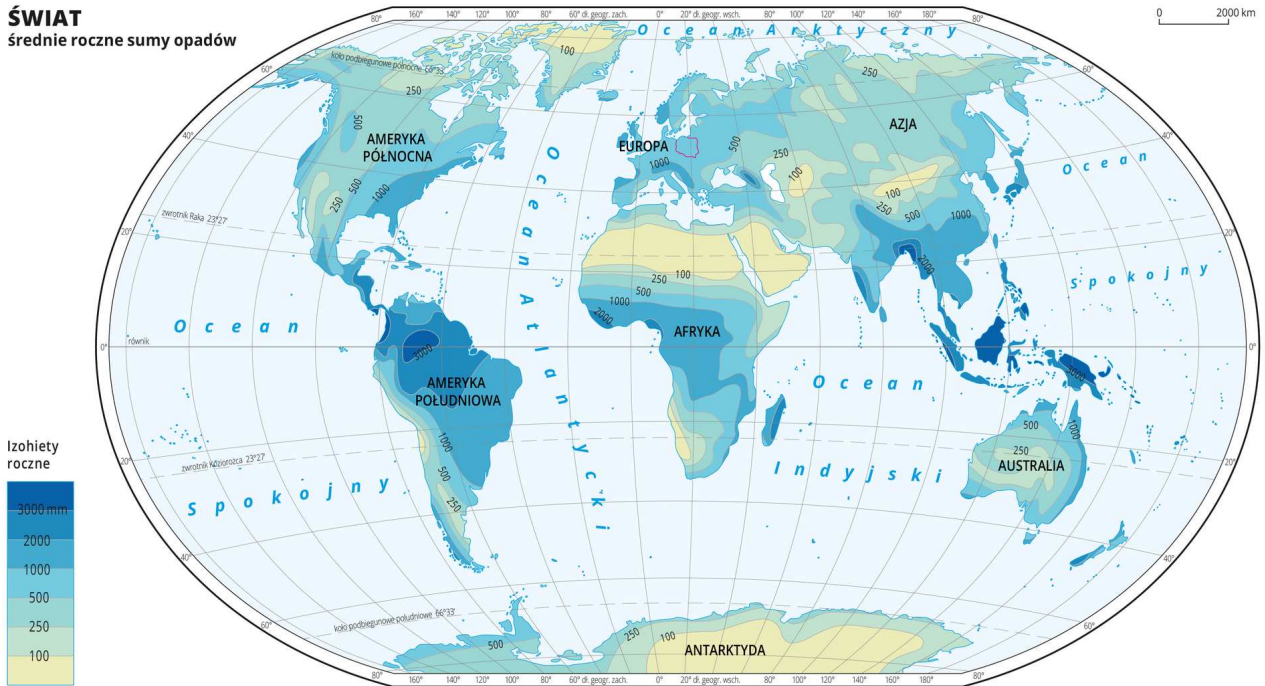
Na świecie można zaobserwować **strefowość** rozmieszczenia i ilości opadów atmosferycznych.

Strefa	Przybliżony zasięg (szerokość geograficzna)	Rozkład i suma opadów atmosferycznych
równikowa	0-10°	• opady całoroczne • dwa maksima opadów związane z dniami równonocy – zenitalne położenie Słońca (deszcze zenitalne) • suma roczna opadów nawet do 2 000 mm

Strefa	Przybliżony zasięg (szerokość geograficzna)	Rozkład i suma opadów atmosferycznych
podrównikowa	10-20°	- występuje pora sucha i deszczowa (długość pory deszczowej zmniejsza się wraz z oddalaniem się od równika) - pora deszczowa związana jest z zenitalnym położeniem Słońca (na półkuli północnej podczas naszego lata, a na półkuli południowej – podczas naszej zimy) - roczna suma opadów od 500 do 1000 mm (głównie w porze deszczowej, przy czym suma opadów wzrasta wraz ze zmniejszaniem się odległości od równika)
zwrotnikowa sucha	20-30°	- istnienie układów wysokiego ciśnienia i ruchy zstępujące ograniczają konwekcję, a tym samym – opady atmosferyczne; dlatego też w tym regionie powstały największe pustynie świata - na zachodnich wybrzeżach dodatkowym czynnikiem ograniczającym opady atmosferyczne są zimne prądy morskie - roczna suma opadów atmosferycznych poniżej 250 mm (w głębi lądów poniżej 100 mm)
zwrotnikowa monsunowa		- występuje głównie na wschodnich wybrzeżach kontynentów, które znajdują się pod wpływem cyrkulacji monsunowej - maksimum opadów związane jest z monsunem letnim, natomiast podczas monsunu zimowego występują skąpe opady atmosferyczne - roczna suma opadów przekracza 2 000 mm
podzwrotnikowa	30-40°	- opady występują głównie jesienią i zimą - roczna suma opadów atmosferycznych od 500 do 1 000 mm

Strefa	Przybliżony zasięg (szerokość geograficzna)	Rozkład i suma opadów atmosferycznych
umiarkowana	40-60°	- wielkość opadów jest zróżnicowana ze względu na wędrujące niże oraz odległość od mórz i oceanów (maleje wraz z oddalaniem się od wybrzeży) - od odległości od wybrzeży uzależniony jest także rozkład opadów w ciągu roku: w klimacie kontynentalnym maksimum opadów występuje latem (w wyniku silnej konwekcji obszarów lądowych), natomiast w klimacie morskim opady w ciągu roku są rozmieszczone bardziej równomiernie - roczna suma opadów atmosferycznych – od 250 do 1 000 mm
podbiegunowa	60-90°	- w wyniku niskiej temperatury powietrza i niewielkiego parowania (retencja śnieżna i lodowa) ilość opadów jest tam niewielka - niewielkie maksimum opadów występuje w okresie letnim w związku ze zwiększeniem wilgotności powietrza - roczna suma opadów atmosferycznych poniżej 250 mm w klimacie subpolarnym do 500 mm w klimacie polarnym

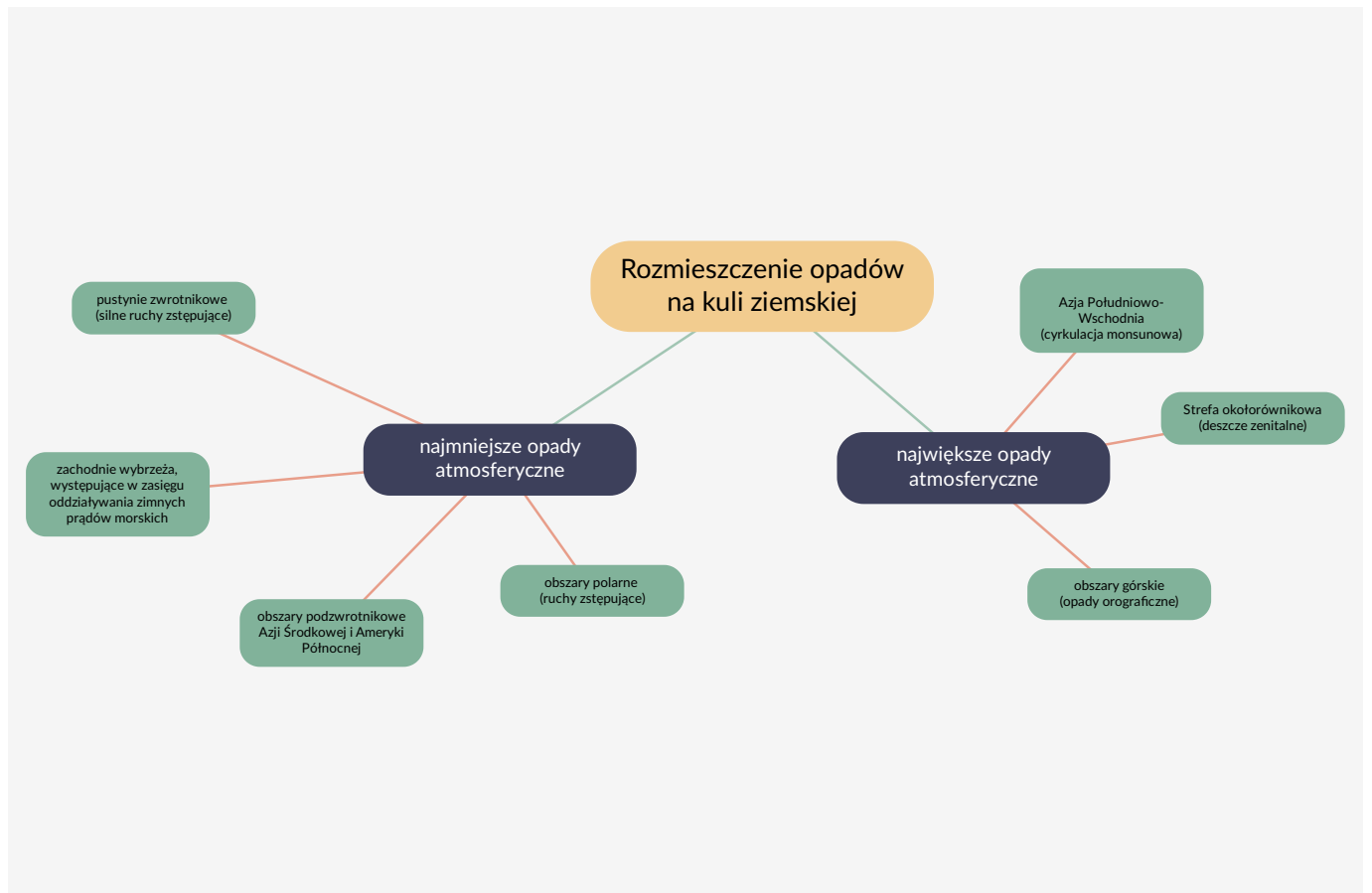
ŚWIAT
średnie roczne sumy opadów



Rozkład rocznej sumy opadów na Ziemi. Ilość opadów jest uzależniona od ilości pary wodnej zawartej w powietrzu. Ta z kolei jest związana z wysokimi temperaturami, które przyspieszają parowanie i szybkie unoszenie się powietrza.

Źródło: Wydawnictwo Edukacyjne Wiking, dostępny w internecie: zpe.gov.pl, licencja: CC BY-SA 3.0.

Izohiety to linie na mapie łączące punkty o tej samej ilości opadów atmosferycznych.



Ciekawostka

W **dobowym przebiegu opadów atmosferycznych** można zauważyć pewne prawidłowości, szczególnie w strefie klimatów umiarkowanych. W głębi lądów (klimat bardziej kontynentalny) maksimum opadów występuje po południu (związane jest to z najsilniejszym rozwojem konwekcji), a minimum – nocą. Z kolei bliżej zbiorników morskich (klimat bardziej morski) maksimum opadów występuje w nocy i nad ranem (w wyniku ochładzania się wilgotnego powietrza wskutek radiacji), natomiast minimum – w godzinach popołudniowych.

Ciekawostka

Rekordy opadowe

Największy opad roczny: Czerapuńdzi (Indie): 16 319 mm (1981 r.).

Największy średni opad roczny (w okresie wieloletnim): Mt. Waialeale (Hawaje) – 11 680 mm oraz Czerapuńdzi – 11 437 mm.

Najniższe opady roczne: Arica (Chile) – średnia z 59 lat: 0,75 mm oraz Dolina Śmierci (USA) – średnia z 42 lat: 4,14 mm.

4. Obieg powietrza (zakres podstawowy)

4.1 Ciśnienie atmosferyczne (zakres podstawowy)

4.1.1. Pojęcie ciśnienia atmosferycznego

Ciśnienie atmosferyczne to nacisk słupa powietrza na jednostkę powierzchni.

$$p = F : S$$

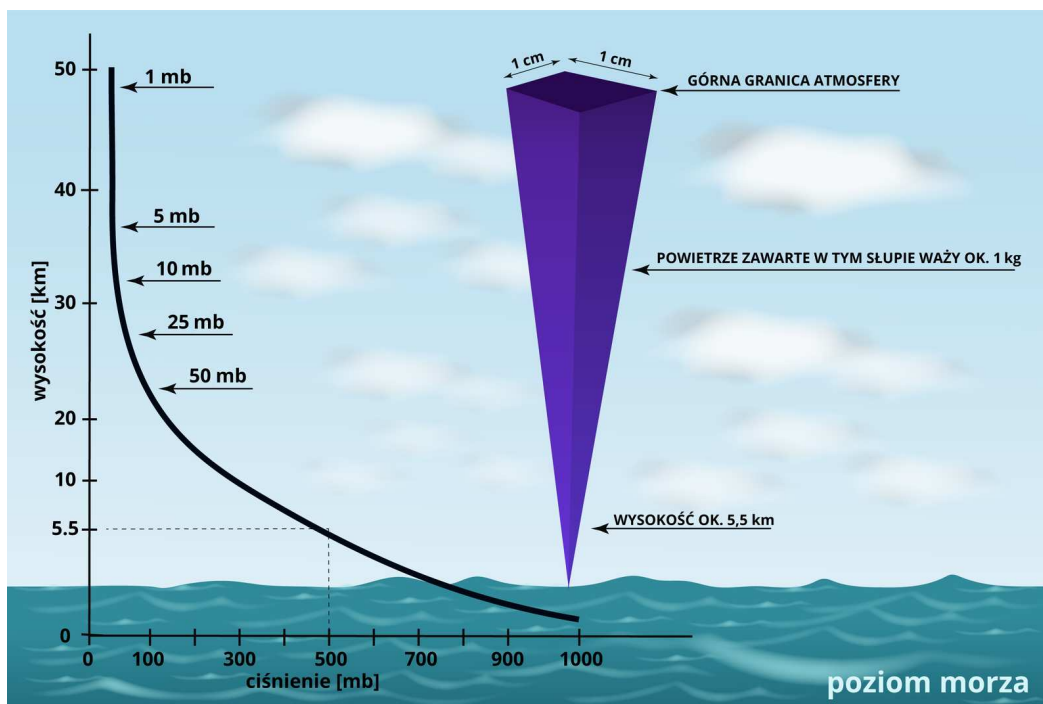
p – ciśnienie atmosferyczne

F – siła nacisku

S – powierzchnia

Jednostkami ciśnienia są hPa (hektopaskale: 1 hPa = 100 N/m²), mba (milibary: 1 mba = 1 hPa) lub mm Hg (milimetry słupa rtęci: 1 hPa = $\frac{3}{4}$ mm Hg, a 1 mm Hg = $\frac{4}{3}$ hPa)

Ciśnienie normalne to 1013,25 hPa lub 760 mm Hg (przy temperaturze 0°C, na szerokości geograficznej 45°, na poziomie 0 m n.p.m.)



Ciśnienie atmosferyczne maleje wraz z wysokością, gdyż zmniejsza się wówczas ciężar słupa powietrza. Największe ciśnienie występuje na poziomie morza.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Porównywanie ciśnienia atmosferycznego nad różnymi obszarami wymaga **zredukowania go do poziomu morza**.

$$p_z = p_{rz} + \frac{H}{h'}$$

p_z – ciśnienie zredukowane

p_{rz} – ciśnienie rzeczywiste

H – wysokość bezwzględna pomiaru

h' – wartość stopnia barycznego

4.1.2. Układy baryczne

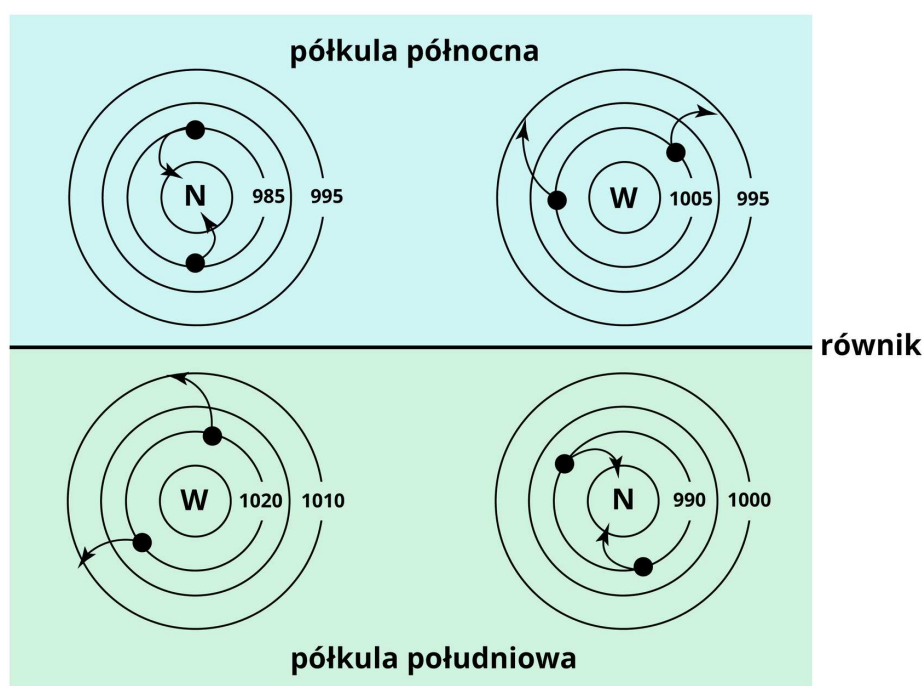
Izobary – linie na mapie łączące punkty o jednakowej wartości ciśnienia atmosferycznego.

Podstawowymi układami barycznymi są: **niż** (cyklon) i **wyż** (antycyklon).

**Układy
baryczne**

Charakterystyka i powstawanie

Układy baryczne	Charakterystyka i powstawanie
niż, układ niskiego ciśnienia (określany w skrócie literą N)	Jest to obszar obniżonego ciśnienia, które maleje w kierunku centrum. Powstaje on, kiedy wznoszące się ciepło (ruchy wstępujące) zmniejsza nacisk na powierzchnię. Ulega ono ochłodzeniu, osiąga temperaturę punktu rosy, skrapla się i powstają opady. Na skutek zmniejszonego nacisku, na opisany obszar w układzie poziomym przemieszcza się powietrze z zewnątrz ku centrum układu.
wyż, układ wysokiego ciśnienia (określany w skrócie literą W)	Jest to obszar podwyższonego ciśnienia, które wzrasta w kierunku centrum. Powstaje on wtedy, kiedy nad dany obszar spływa chłodne powietrze (ruchy zstępujące) i zwiększa nacisk na powierzchnię. Ulega ono ociepleniu, zmniejsza się jego wilgotność względna, co powoduje brak zachmurzenia i brak opadów atmosferycznych. Na skutek zwiększonego nacisku krążenie powietrza w układzie poziomym odbywa się w kierunku z centrum układu na zewnątrz.



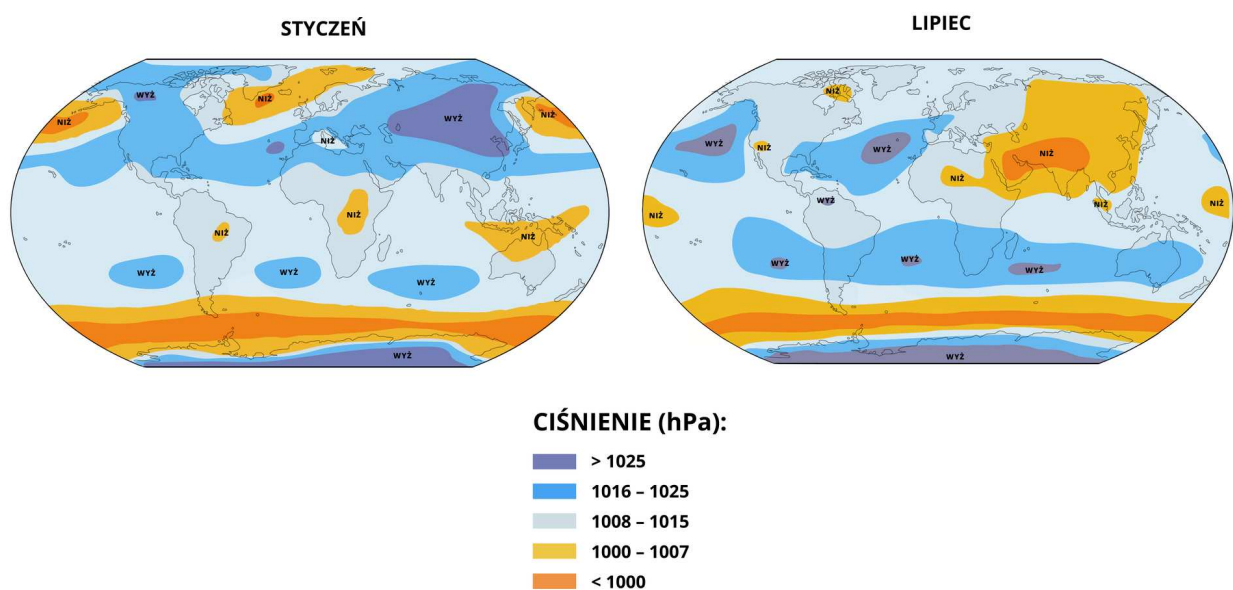
Schematyczne porównanie układów niskiego i wysokiego ciśnienia

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

4.1.3. Rozkład ciśnienia atmosferycznego

Rozkład ciśnienia atmosferycznego na Ziemi uwarunkowany jest nierównomiernym rozkładem temperatury powietrza. Zróżnicowanie temperatur z kolei wywołane jest nierównomiernym dopływem energii słonecznej do powierzchni.

- Nad ciepłymi obszarami powietrze wznosi się, co sprzyja tworzeniu się niżów atmosferycznych. W ten sposób ukształtowała się stała **strefa niskiego ciśnienia w okolicach równika**. Do trwałych wyżów zaliczyć można m.in. Wyż Hawajski, Wyż Azorski, Wyż Południowopacyficzny, Wyż Południowoatlantycki czy Wyż Południowoindyjski. Strefa podwyższonego ciśnienia występuje także w strefie okołobiegunowej kształtowanej przez zstępujące prądy powietrza.
- Ponadto rozkład ośrodków ciśnienia atmosferycznego uzależniony jest od rozkładu lądów i oceanów. **Latem** nad wielkimi obszarami lądowymi powstają niży (np. Niż Syberyjski), a nad oceanami – wyży. **Zimą** nad ochłodzonymi lądami kształtują się wyży atmosferyczne (np. Wyż Syberyjski), a nad cieplejszymi wówczas oceanami – niży.



Rozkład ciśnienia atmosferycznego w styczniu i lipcu

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka

Rekordy ciśnienia

Najwyższe ciśnienie zredukowane do poziomu morza: 1085,6 hPa – Tosontsengel, Mongolia, 2001 r.

Najniższe ciśnienie zredukowane do poziomu morza: 870 hPa – Tajfun Top, Guam na Pacyfiku, 1979 r.

Najniższe średnie ciśnienie na poziomie rzeczywistym: ok. 330 hPa, Mount Everest, Nepal/Chiny.

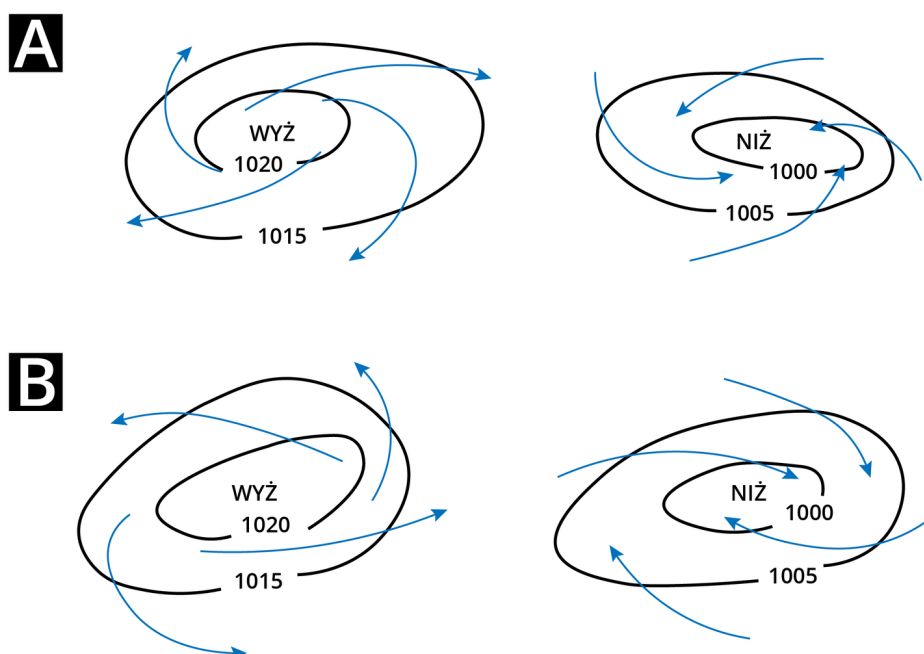
4.2. Wiatr i inne ruchy powietrza atmosferycznego (zakres podstawowy)

Powietrze przemieszcza się:

- poziomo (jako wiatr),
- pionowo (na skutek konwekcji),
- nieregularnie (w wyniku turbulencji).

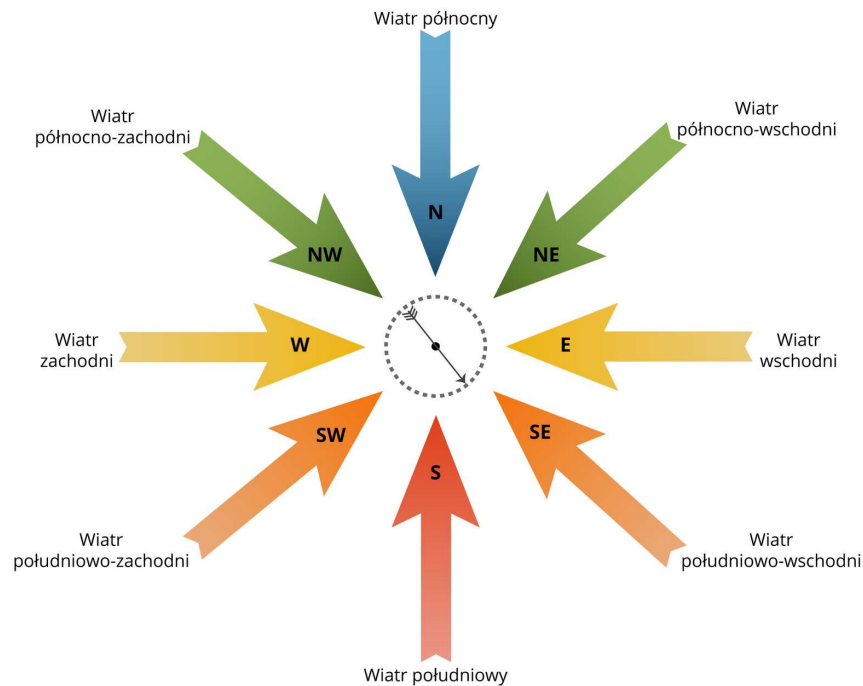
Wiatr to poziomy ruch powietrza, który odbywa się w kierunku od wyższego do niższego ciśnienia na skutek różnicy ciśnienia atmosferycznego.

Przepływ powietrza powstaje w wyniku istnienia poziomego **gradientu barycznego**. Gdyby na przepływ powietrza nie oddziaływały siła tarcia i siła Coriolisa (związana z ruchem obrotowym Ziemi), odbywałby się on po linii prostej **od wyżu do niżu barycznego** (w celu wyrównania ciśnienia). Im większy jest **gradient baryczny**, tym większa jest obserwowana prędkość przepływu powietrza. **Siła Coriolisa** odchyła wektor prędkości wiatru na prawo na półkuli północnej i na lewo na półkuli południowej. W związku z tym powietrze krążące w układach barycznych na poszczególnych półkulach ulega odchyleniu. Ponadto ruch w niżach związany jest również z różnicą temperatur pomiędzy ciepłym i zimnym powietrzem (ciepłe powietrze wślizguje się na powietrze zimne).



Linie prądów w niżu i wyżu: a – półkula północna, b – półkula południowa

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie A. Woś, *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, licencja: CC BY-SA 3.0.



Nazwa wiatru zawsze pochodzi od kierunku, z którego on wieje.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Konwekcja

Konwekcja to pionowy ruch powietrza wynikający z jego różnego stopnia nagrzania się i w efekcie – z różnicy gęstości. Ruchami konwekcyjnymi są ruchy wstępujące (wznoszenie się ogrzanego powietrza powodujące zmniejszanie się nacisku na podłoże i spadek ciśnienia atmosferycznego) i zstępujące (opadanie chłodnego i cięższego powietrza powodujące większy nacisk na podłoże i wzrost ciśnienia atmosferycznego).

Turbulencja

Turbulencja to chaotyczne, nieuporządkowane ruchy powietrza, które występują na stosunkowo małym obszarze. Wynikają one z nierównomiernego nagrzewania się podłoża, dynamicznych zmian prędkości wiatru i dużych zmian ciśnienia i temperatury.

Turbulencje są szczególnie niebezpieczne w transporcie lotniczym.

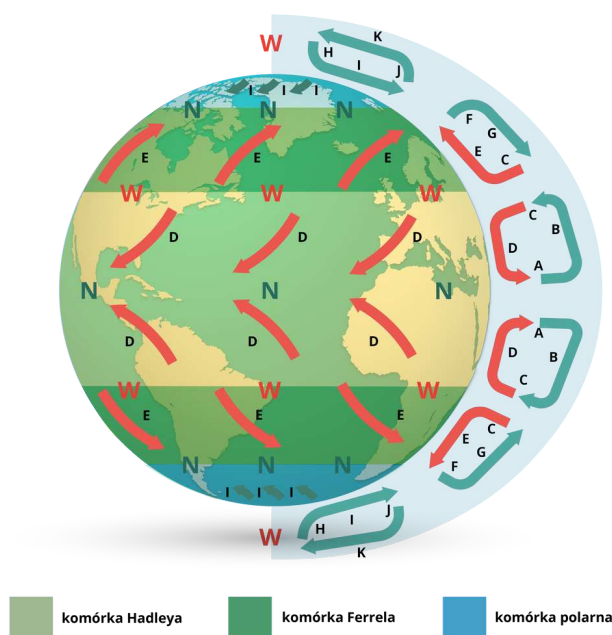
Oba powyższe ruchy zostały szerzej opisane w podrozdziale dotyczącym wymiany ciepła.

Wiatr jest bardzo ważnym czynnikiem meteorologicznym, który wpływa na kształtowanie się innych elementów, ponieważ wraz z nim przenoszona jest także energia cieplna i para wodna.

Wiatry można podzielić na **stałe**, **okresowo zmienne** i **lokalne**.

4.3. Globalna cyrkulacja atmosferyczna. Wiatry stałe (zakres podstawowy)

Globalna (ogólna) cyrkulacja powietrza atmosferycznego to krążenie powietrza nad powierzchnią Ziemi wywołane różną ilością energii słonecznej docierającej do Ziemi w poszczególnych szerokościach geograficznych. Przyczyniają się do tego: różny kąt padania promieni słonecznych i jego zmiany w ciągu roku, siła Coriolisa i siła odśrodkowa, a także różna pojemność cieplna lądów i oceanów. Ogólna cyrkulacja powietrza obejmuje: komórkę Hadleya, komórkę Ferrela i komórkę polarną, które ukształtowały się pomiędzy strefami stałego ciśnienia.



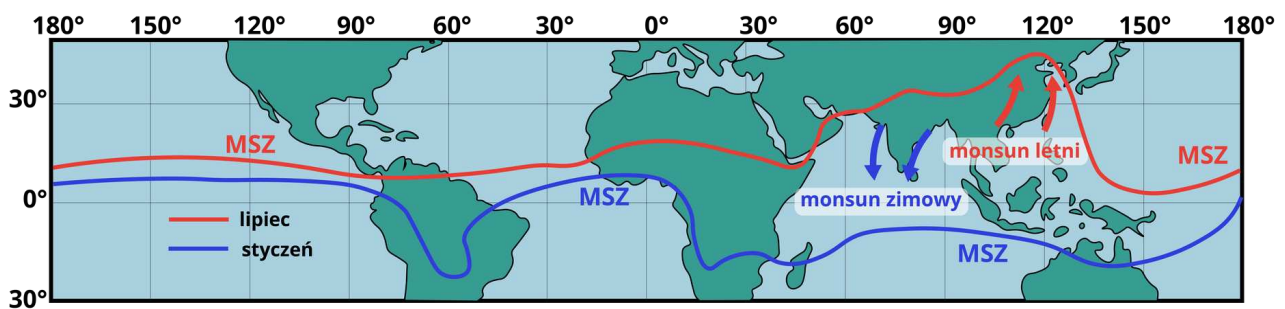
Schemat globalnej cyrkulacji atmosfery

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Litera na powyższym schemacie	Charakterystyka	Wiatry stałe
Komórka Hadleya		
A	Ogrzane powietrze w obszarach równikowych ulega konwekcji wstępującej, powstają chmury burzowe Cb i obfite opady (około południa, codzienne, ulewne deszcze zenitalne); na skutek ruchów wznoszących powstaje równikowy pas ciszy i strefa niskiego ciśnienia (N).	
B	Powietrze odpływa górnymi warstwami troposfery ku wyższym szerokościom geograficznym (antypasaty).	antypasaty

Litera na powyższym schemacie	Charakterystyka	Wiatry stałe
C	Nad zwrotnikami ochłodzone powietrze zagęszcza się (ze względu na zmniejszający się obwód Ziemi i mniejszą grubość troposfery) i opada, ogrzewając się; powstaje strefa wyżowa (zwrotnikowy pas wysokiego ciśnienia).	
D	Różnica ciśnienia między równikiem a zwrotnikami skutkuje występowaniem w dolnej troposferze ciepłych i suchych pasatów, których kierunek jest modyfikowany dzięki sile Coriolisa.	pasaty

Międzyzwrotnikowa Strefa Zbieżności, MSZ (strefa konwergencji) – strefa przejściowa rozdzielająca pasaty półkuli północnej i południowej oraz odznaczająca się przewagą konwekcji. Pokrywa się ona z równikowym pasem zbieżności.



Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie A. Woś, *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, licencja: CC BY-SA 3.0.

Zmienia ona swoje położenie wraz z porami roku i miejscem górowania Słońca: latem na północ, a zimą na południe. Skutkami przesuwania się MSZ są:

- występowanie pory suchej i deszczowej w strefie równikowej,
- cyrkulacja monsunowa i występowanie cyklonów tropikalnych,
- upalne i suche lata oraz deszczowe zimy w rejonie basenu Morza Śródziemnego.

Na oceanach, w miejscach gdzie MSZ jest najszersza, występuje równikowy pas ciszy.

Komórka Ferrela

Litera na powyższym schemacie	Charakterystyka	Wiatry stałe
E	Powietrze odpływa ku wyższym szerokościom geograficznym jako wiatry zachodnie (modyfikacja ta wynika z siły Coriolisa). Na obszarze tym, pomiędzy 40°S a 50°S występują tzw. „ryczące czterdziestki” i „wyjące pięćdziesiątki”. Jest to pas wód oceanicznych, wzdłuż którego występują silne wiatry zachodnie wywołujące ogromne sztormy.	wiatry zachodnie
F	Około 60° ciepłe powietrze przemieszczające się na skutek wiatrów zachodnich spotyka podmuchy zimne, cięższe, płynące z wyższych szerokości geograficznych. Następuje wypchnięcie powietrza ciepłego i lżejszego. Jest to strefa bardzo dynamiczna, ponieważ tworzą się tam różne ośrodki baryczne.	
G	Po ochłodzeniu masy te odpływają ku niższym szerokościom geograficznym.	
C	Następnie powietrze opada w rejonie zwrotników. W strefie tej występują „końskie szerokości”. Są to obszary wyżowe w okolicach 30° szerokości geograficznej, pomiędzy rejonem występowania pasatów i wiatrów zachodnich. Charakteryzują się one (na oceanach): ciszą, wysoką temperaturą powietrza i dużą wilgotnością. Termin ten powstał w czasach, gdy po wielu dniach bezwietrznej pogody pierwszymi ofiarami do wyrzucenia za burtę były przewożone konie.	
Komórka okołobiegunowa (polarna)		
H	Nad biegunami zimne i ciężkie masy powietrza tworzą obszary wysokiego ciśnienia.	
I	Powietrze przemieszcza się w kierunku niższych szerokości jako wiatry wschodnie.	wiatry wschodnie
J	W okolicy 60° szerokości geograficznej wypychają one na dużą wysokość ciepłe masy powietrza.	
K	Po ochłodzeniu powietrze zmierza ku wyższym szerokościom geograficznym.	

Litera na powyższym schemacie	Charakterystyka	Wiatry stałe
J	Pod wpływem ciężaru zimne powietrze opada.	

Ciekawostka

Uzupełnieniem globalnej cyrkulacji atmosferycznej są **prądy strumieniowe** wiejące wokół kuli ziemskiej z ogromną szybkością w górnej troposferze między komórką Hadleya i Ferrela oraz między komórką Ferrela i komórką polarną. Wykazują one związek z pogodą w dolnej troposferze.

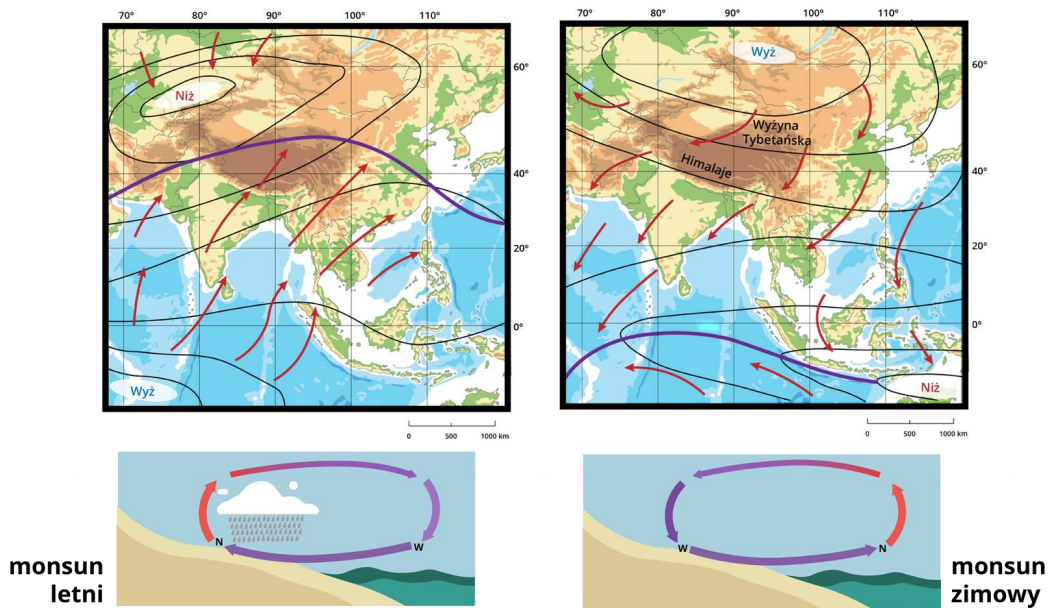
4.4. Wiatry okresowo zmienne i lokalne (zakres rozszerzony)

Przykładem wiatru zmiennego w cyklu rocznym jest **monsun**, a w cyklu dobowym – **bryza morska** i **wiatry zboczowe**. Ponadto do wiatrów lokalnych można zaliczyć: **fen** i **wiatr spływowy**.

Monsun

Monsun to wiatr wiejący pomiędzy ogromnymi obszarami oceanicznymi a lądowymi. Sezonowo zmienia on swój kierunek wskutek zmian ciśnienia atmosferycznego nad kontynentami i oceanami. Występuje on najczęściej w Azji Południowej, Wschodniej i Południowo-Wschodniej, ale również w Indonezji, północnej Australii, zachodniej i północno-wschodniej Afryce oraz w rejonie Przesmyku Panamskiego.

Schemat powstawania monsunu



Schemat powstawania monsunu

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Monsun letni (morski) wieje znad oceanu w kierunku lądu, przynosząc intensywne opady. Latem ląd szybko się nagrzewa, a ciepłe powietrze unosi się, powodując obniżenie ciśnienia atmosferycznego. Nad oceanem, którego powierzchnia w sezonie letnim jest chłodniejsza niż powierzchnia lądu, panuje wyższe ciśnienie. Zgodnie z zasadą, że cząsteczki powietrza przemieszczają się od obszaru o wyższym ciśnieniu do obszaru o niższym ciśnieniu, monsun letni wieje od strony oceanu w kierunku lądu, wywołując deszczową pogodę.

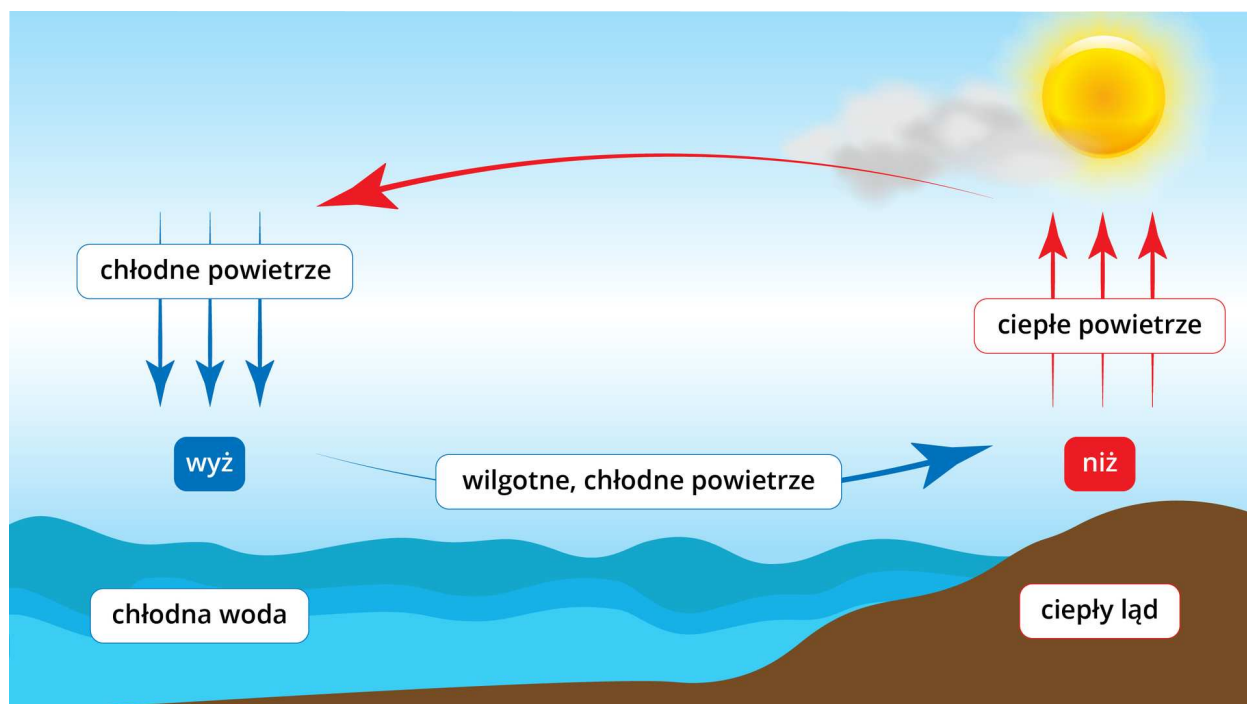
Monsun zimowy (lądowy) to chłodny, suchy wiatr wiejący w porze zimowej od lądu w kierunku oceanu. Zimą ląd szybko się ochładza, wskutek czego panuje tam wyższe ciśnienie niż nad cieplejszym oceanem. Różnica ciśnień powoduje ruch cząsteczek powietrza zawierającego bardzo niewielką ilość wilgoci od lądu w kierunku morza.

Monsuny mają ogromny wpływ na życie i gospodarkę państw Azji Południowo-Wschodniej, Południowej i Wschodniej. Umożliwiają rozwój rolnictwa, głównie upraw roślin alimentacyjnych (żywieniowych), np. ryżu wymagającego dużych ilości wody. Ich przyspieszone lub opóźnione nadejście może przynieść mniejsze plony, nieurodzaj, a nawet głód. Notuje się też wówczas wzrost cen żywności. Obfite opady deszczu są z kolei przyczyną tragicznych w skutkach powodzi, przynoszących straty materialne, choroby i śmierć ludzi oraz zwierząt gospodarskich.

Cyrkulacja monsunowa jest częścią globalnej cirkulacji atmosfery.

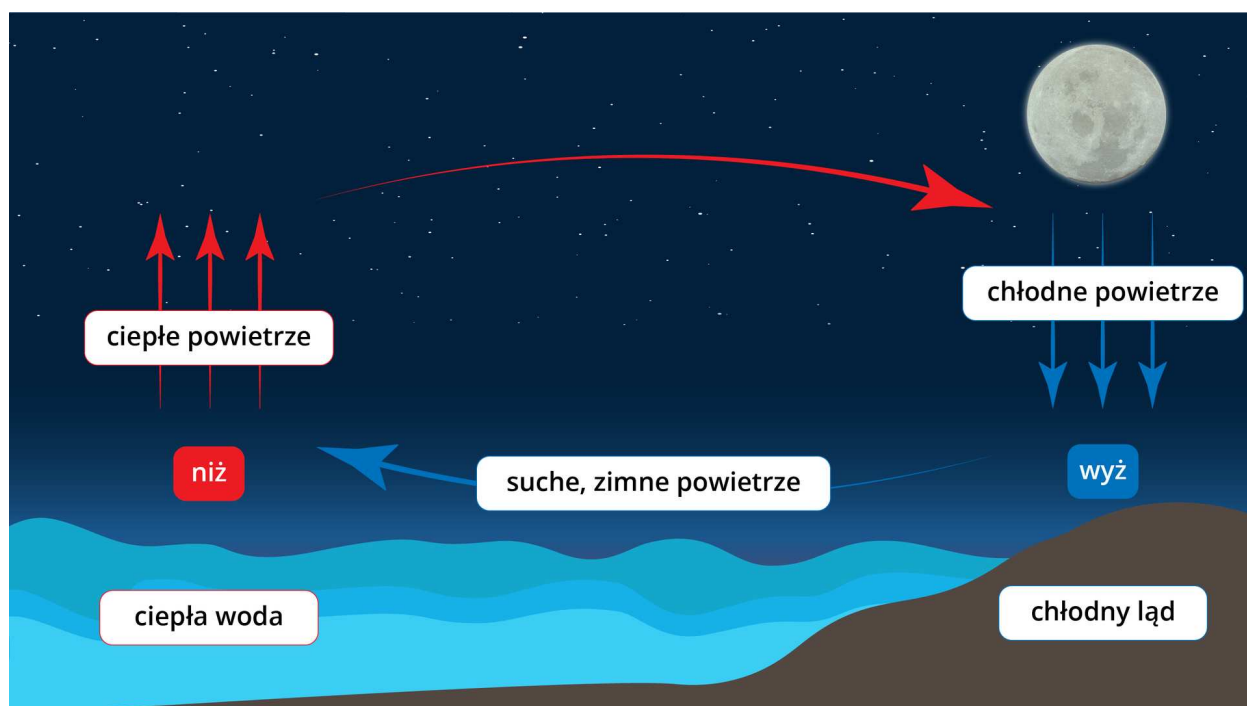
Bryza morska

Bryza morska jest lokalnym wiatrem wiejącym na wybrzeżu morskim, który zmienia swój kierunek w cyklu dobowym wskutek różnic w nagrzewaniu się lądu i morza. Jest zatem zarówno wiatrem okresowo zmiennym, jak i lokalnym.



Schemat powstawania bryzy dziennej

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.



Schemat powstawania bryzy nocnej

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Bryza dzienna

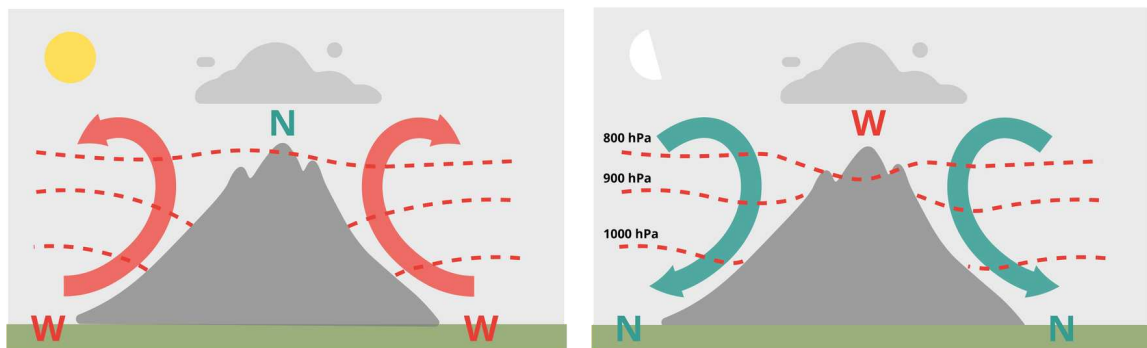
Różnica ciśnień pomiędzy morzem a lądem wynika z nierównomiernego nagrzewania się obu powierzchni. W słoneczny dzień ląd szybko się ogrzewa, co powoduje spadek ciśnienia atmosferycznego. W tym samym czasie morze nagrzewa się znacznie wolniej, panuje nad nim zatem wyższe ciśnienie. Różnica ciśnienia powoduje ruch orzeźwiającego powietrza od strony morza w kierunku lądu.

Bryza nocna

W nocy wiatr wieje od strony wychłodzonego lądu w kierunku morza, co sprawia, że jest to wiatr suchy. W nocy powietrze nad lądem szybko się ochładza i panuje tam wyższe ciśnienie niż nad cieplejszym morzem. Wiatr wieje od obszaru o podwyższonym ciśnieniu, dlatego można zaobserwować ruch powietrza od strony lądu.

Wiatry zboczowe

Powstają w górach podczas bezchmurnej pogody w wyniku różnego tempa nagrzewania się stoków i dolin górskich. Ich kierunek również zmienia się w cyklu dobowym.



Schemat powstawania wiatrów zboczowych

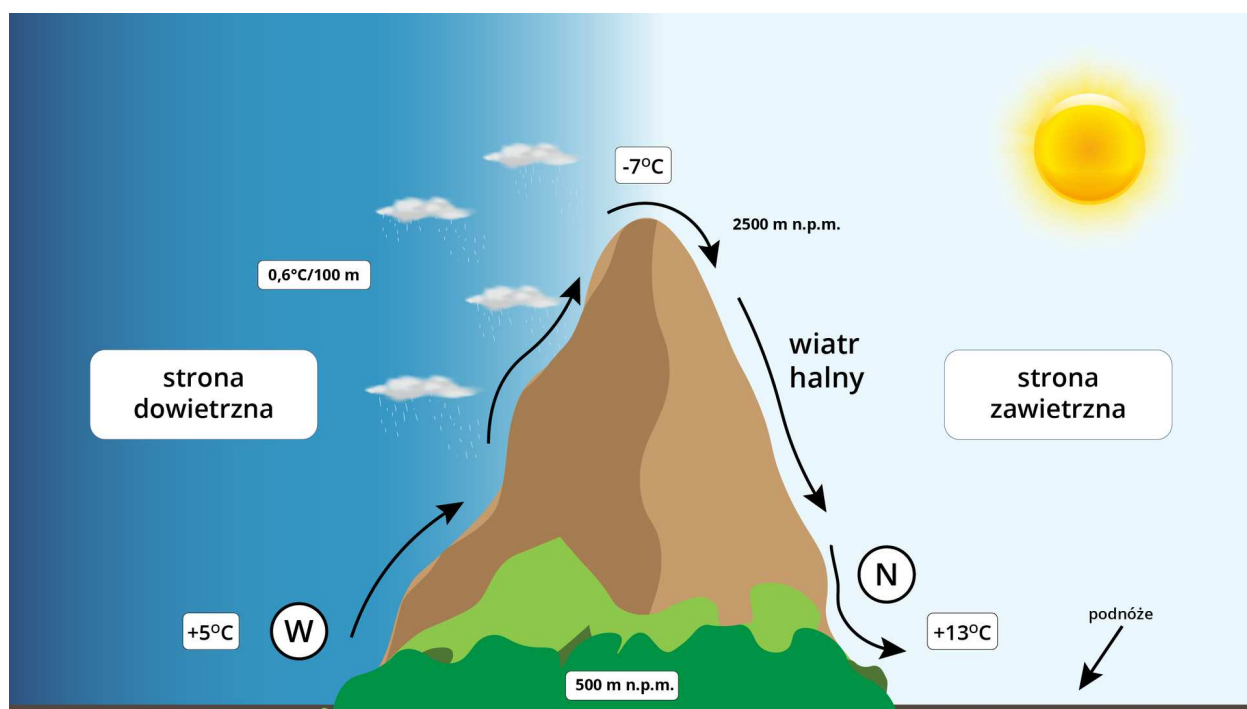
Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wiatr dolinny – w ciągu dnia powietrze nagrzewa się i unosi wzdłuż stoków, a na jego miejsce napływa chłodne powietrze z dna doliny.

Wiatr górski – nocą, kiedy powietrze zalegające na stokach ochładza się, opada ono wzdłuż stoków, wypychając w górę powietrze ciepłe z dna doliny.

Fen

Wiatr fenowy to ciepły, suchy i porywisty wiatr górski wywołany różnicą ciśnienia atmosferycznego po obu stronach bariery górskiej. Unoszące się powietrze ulega ochłodzeniu (o $0,6^{\circ}\text{C}$ na każde 100 m wysokości zgodnie z gradientem wilgotnoadiabaticznym). Zawarta w nim para wodna ulega kondensacji, co sprzyja tworzeniu się chmur i powstawaniu opadów. Po drugiej stronie bariery górskiej suche już powietrze opada gwałtownie ku dolinom, stopniowo ogrzewając się (o 1°C na każde 100 m zgodnie z gradientem suchoadiabaticznym). W efekcie powstaje porywisty i suchy wiatr, który w Tatrach nazywany jest **halnym**, a w Sudetach – **wiatrem przewałowym lub polakiem**. W Górach Skalistych (USA) zwany jest **chinookiem**, w Andach argentyńskich – **zonda**, a w środkowej Azji – **garmsilem**.



Schemat powstawania fenu

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Schemat powstawania fenu

Gdy przemieszczające się wilgotne powietrze napotyka barierę orograficzną, następuje jego wznoszenie i ochładzanie się zgodnie z gradientem wilgotnoadiabaticznym ($0,6^{\circ}\text{C}$ na 100 m, więc 6°C na każde 1 000 m). Skoro u podnóża stoku dowietrzego (500 m n.p.m.) jest temperatura 5°C , to na szczycie wzniesienia (2 500 m n.p.m.) jest -7°C (ponieważ różnica wysokości to 2000 m). Podczas opadania po stronie zawietrznej suche już powietrze ociepla się zgodnie z gradientem suchoadiabaticznym (1°C na każde 100 m, zatem o 10°C podczas spłynięcia o 1000 m). Skoro na szczycie wzniesienia jest -7°C , to po drugiej strony wzniesienia, na wysokości 500 m n.p.m. jest 13°C .

Wiatry typu fenowego powodują gwałtowny wzrost temperatury, roztopę śniegu, złe samopoczucie wskutek niesprzyjającej sytuacji biometeorologicznej oraz przynoszą szkody

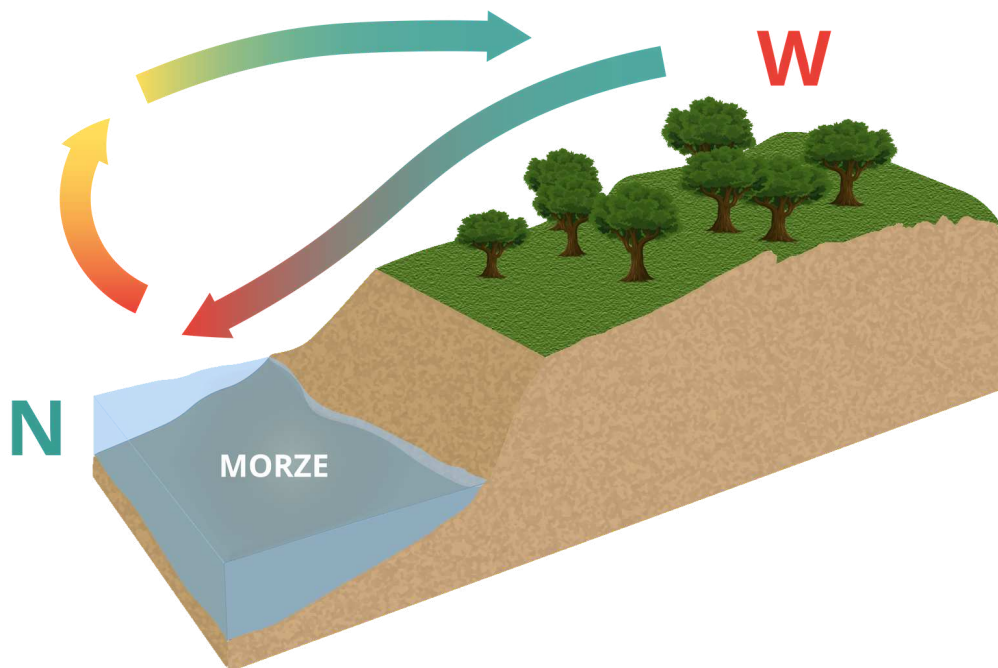
w rolnictwie i leśnictwie (w lasach występują wiatrolomy).

Polecenie 10

Oblicz, jaką temperaturę miała w trakcie wiatru halnego wiejącego od strony słowackiej masa powietrza w Zakopanem na wysokości ok. 900 m n.p.m., jeśli w miejscowości Podbańska położonej po południowej stronie Tatr na wysokości ok. 1000 m n.p.m., temperatura wynosiła ok. 5,0°C. Przyjmij, że grzbiet główny Tatr pomiędzy Podbańską a Zakopanem leży na wysokości ok. 2100 m n.p.m.

Wiatry spływowe

Są to zimne i porywiste wiatry występujące w chłodnej porze roku. Powstają one w miejscach, w których obszary wyżynne lub górskie sąsiadują bezpośrednio z morzem lub jeziorem. Wychłodzone powietrze spływa z lądu, nad którym powstaje ośrodek wyżowy w kierunku cieplejszego morza (ośrodek niżowy). Wiatr spływowy w Dolinie Rodanu nosi nazwę **mistral**, a nad Morzem Adriatyckim i Morzem Czarnym – **bora**, w Anglii – **helm**, na Alasce – **nyk**, w Kalifornii – **Santa Ana**, w Grecji – **euroclydon**. Występuje też nad Bajkałem i Balatonem.



Schemat powstawania wiatru spływowego

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wiatr ten bywa szczególnie niebezpieczny zimą, ponieważ prowadzi do oblodzenia statków, co przy bardzo silnym wietrze i dużym falowaniu może grozić ich zatopieniem.

Innymi wiatrami lokalnymi są na przykład:

- **sirocco** – ciepły wiatr wiejący z Sahary i Półwyspu Arabskiego, najczęściej wiosną, nad obszar południowej Europy; formując się nad Afryką jest suchy, jednakże po pokonaniu drogi przez Morze Śródziemne staje się wiatrem wilgotnym i przynosi czasem opady atmosferyczne i mgły,
- **samum** – gorący, suchy i porywisty wiatr wiejący wiosną na Saharze i Półwyspie Arabskim; wywołuje często burze piaskowe i pyłowe,
- **etezje** – gorące, suche i porywiste wiatry północne wiejące latem w rejonie Morza Egejskiego, tłumią bryzę morską.

Natomiast wiatrem podobnym do wiatru spływowego jest **wiatr lodowcowy**, który wieje znad lodowca (gdzie powstaje wyż) ku cieplejszym dolinom lub morzu.

4.5. Masy powietrza i fronty atmosferyczne (zakres rozszerzony)

Masy powietrza

Ogólny schemat cyrkulacji atmosfery przedstawia rozkład obszarów niskiego i wysokiego ciśnienia oraz sposób, w jaki krąży powietrze atmosferyczne. Jest on przyczyną powstania **mas powietrza**, czyli rozległych części troposfery charakteryzujących się odmienną temperaturą czy wilgotnością powietrza. Masa powietrza tworzy się nad jednorodnym podłożem (np. dużym obszarem lądowym lub oceanem), nabierając jego cech (jest to **obszar źródłowy**). Z masami powietrza wiążą się dwa zasadnicze terminy:

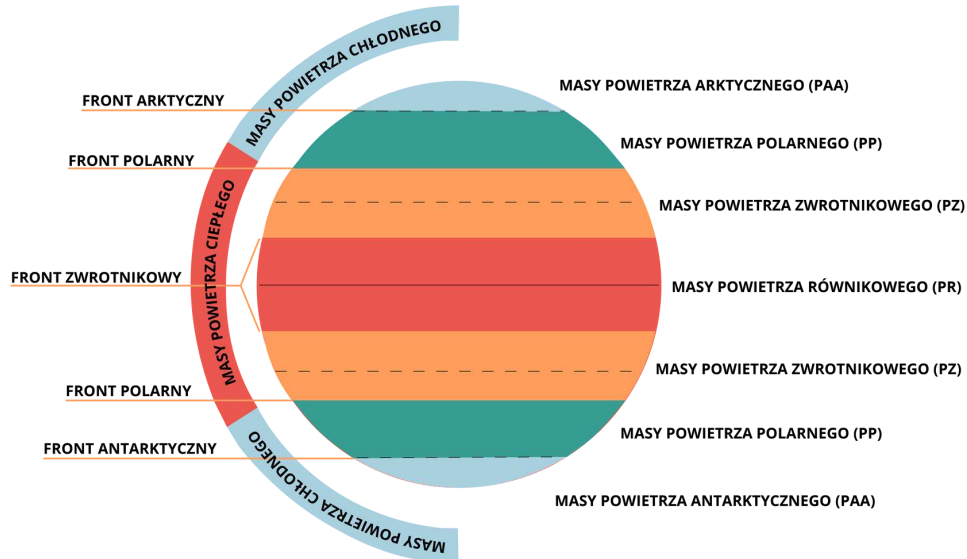
- **transformacja** – przekształcenie, zmiana właściwości,
- **starzenie się** – utrata właściwości, których nabrały nad obszarem, nad którym się utworzyły.

Poniżej przedstawiono rodzaje mas powietrza wyróżnione na podstawie różnych kryteriów.

Fronty atmosferyczne

Fronty atmosferyczne to strefy przejściowe między dwiema masami powietrza o różnych właściwościach fizycznych (głównie termicznych i wilgotnościowych). Powierzchnia frontowa jest warstwą o grubości rzędu kilkuset metrów (czasem 1 do 2 km) nachyloną

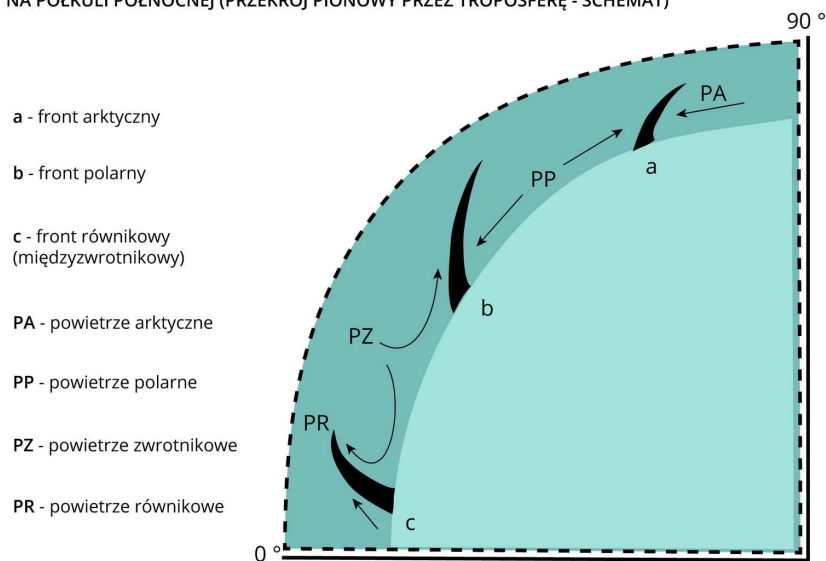
względem powierzchni Ziemi pod bardzo małym kątem. Obszar położony wokół linii przecięcia się powierzchni frontalnej z powierzchnią Ziemi jest również strefą o szerokości kilkudziesięciu kilometrów.



Masy powietrza i fronty atmosferyczne (według kryterium geograficznego) – ujęcie schematyczne

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie: B. Lenartowicz, E. Wilczyńska, M. Wójcik, *Geografia na czasie 1*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Łódź 2008, licencja: CC BY-SA 3.0.

ROZMIESZCZENIE MAS POWIETRZA I POŁOŻENIE GŁÓWNYCH FRONTÓW
NA PÓŁKULI PÓŁNOCNEJ (PRZEKRÓJ PIONOWY PRZEZ TROPOSFERĘ - SCHEMAT)



Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie A. Woś, *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.

Powstawanie i rozwój niżów barycznych z frontami atmosferycznymi w umiarkowanych szerokościach geograficznych

W komórce Ferrela opadające na zwrotnikach powietrze przemieszcza się ku wyższym szerokościom pod postacią wiatrów zachodnich. Na szerokości geograficznej 60–65° to cieplejsze powietrze napotyka chłodniejsze, pochodzące z obszarów okołobiegunowych i następuje mieszanie się tych dwóch mas. Tworzy się tam strefa, w której następuje wznoszenie powietrza i kształtowanie niżów strefy umiarkowanej. Są one bardzo dynamiczne i kierują się na wschód (na skutek działania wiatrów zachodnich). Na półkuli północnej oddziałują one dłużej niż na półkuli południowej, gdyż ich przebieg jest modyfikowany przez występujące na rozległych obszarach lądowych wyższe baryczne.

4.6. Zaburzenia cyrkulacyjne (zakres podstawowy)

Głównymi zaburzeniami cyrkulacji atmosferycznej są cyklony tropikalne i trąby powietrzne, które zostały szczegółowo opisane m.in. w materiale „[Trąby powietrzne i tornada](#)” oraz „[Warunki powstawania cyklonów tropikalnych](#)”.

Słownik

amplituda temperatury

różnica między najwyższą a najniższą temperaturą w ciągu doby (amplituda dobową) lub różnica między średnią temperaturą miesiąca najcieplejszego i najchłodniejszego w ciągu roku (amplituda roczna)

jądra kondensacji

stałe cząsteczki mikroskopijnych rozmiarów, które są zawarte w powietrzu i mają właściwości higroskopijne (pochłaniają wodę), np. kryształki soli (głównie nad oceanami i morzami), pyłki, bakterie, drobinki pleśni (nad lądami), zanieczyszczenia emitowane przez zakłady przemysłowe i środki transportu, a także zjonizowane gazy

poziomy gradient baryczny

pozioma zmiana ciśnienia atmosferycznego przypadająca na jednostkę odległości w kierunku największego spadku ciśnienia; gradient baryczny wywołuje wiatr i bezpośrednio wpływa na jego prędkość

retencja

czasowe wyłączenie wody z obiegu, np. zgromadzonej w lodowcach i lądolodach, w głębokich warstwach skalnych, jeziorach i bagnach czy organizmach żywych

satelita geostacjonarny

satelita umieszczony w płaszczyźnie równika na orbicie znajdującej się na wysokości ponad 35 tysięcy km nad powierzchnią Ziemi; zachowuje on stałą pozycję nad wybranym punktem równika i obejmuje swoim zasięgiem znaczną część planety; ruch Ziemi i ruch satelity geostacjonarnego są zatem zsynchronizowane; w związku z kształtem Ziemi rejonów okołobiegunowe cechuje gorsza jakość odwzorowania na zdjęciach takiego satelity

satelita meteorologiczny

sztuczny satelita Ziemi umieszczony w przestrzeni kosmicznej w celu wykonywania obserwacji meteorologicznych dotyczących stanu atmosfery i powierzchni Ziemi

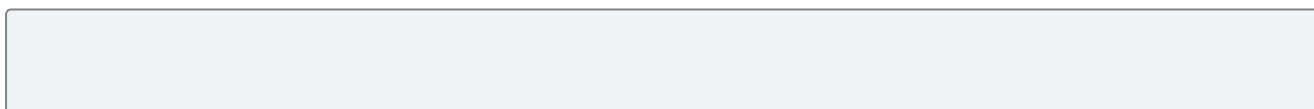
uśłonecznienie

czas, w którym promieniowanie Słońca dochodzi bezpośrednio do powierzchni Ziemi; czynniki wpływające na uśłonecznienie to długość dnia, zachmurzenie i topografia (nachylenie, ekspozycja); w skali całego globu największe uśłonecznienie występuje w rejonie zwrotników

Grafika interaktywna

Polecenie 1

Zapoznaj się z poniższą prezentacją, a następnie przeanalizuj aktualną (na dziś) mapę synoptyczną Europy (możesz ją znaleźć na przykład na stronie meteo.imgw.pl) i opracuj prognozę pogody na jutro dla Polski.



Analiza i prognoza pogody

Dział meteorologii, który zajmuje się prognozowaniem pogody, to **synoptyka**.

Prognozowanie pogody polega na odczytaniu z mapy synoptycznej informacji dotyczących aktualnego stanu atmosfery (pogody) oraz przewidywaniu dalszego jego przebiegu na podstawie wcześniejszych obserwacji i analogii. Synoptycy tworzą mapy prognozy pogody na podstawie aktualnych map synoptycznych, zdjęć satelitarnych, radarowych, danych meteorologicznych oraz modeli matematycznych.

Prognozy pogody próbowano tworzyć na podstawie obserwacji otoczenia już od starożytności, czego dowodem jest m.in. dzieło Arystotelesa *Meteorologica*. Ludzie obserwowali zachodzące wokół nich procesy i zjawiska, a następnie notowali swe obserwacje. Próbowali na ich podstawie formułować bardziej przepowiednie niż prognozy pogody, jakie dziś znamy. Dopiero

w XIX wieku nastąpił rozwój prognoz pogody ze względu na możliwości gromadzenia dużej liczby danych. Szczególnie zasłużeni w tym względzie byli Francis Beaufort i Robert FitzRoy. Natomiast początki **numerycznej prognozy pogody** przypadają na pierwszą połowę XX wieku. Pełny jej rozwój umożliwiły w XXI wieku cyfrowe modele prognostyczne.

W Polsce prognozowaniem pogody zajmuje się **IMGW-PIB (Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy)**, który odpowiada za ochronę meteorologiczną:

- ogólną: wydaje ostrzeżenia meteorologiczne i hydrologiczne dla naszego kraju, np. o wystąpieniu burz czy podniesieniu stanu wód,
- specjalistyczną: dla rolnictwa, lotnictwa komunikacyjnego, ciepłownictwa, energetyki, transportu i in.

Mapy synoptyczne, zdjęcia satelitarne, radarowe oraz animacje prognozujące pogodę możesz znaleźć m.in. na stronach:

- meteo.imgw.pl (IMGW-PIB),
- pl.sat24.com.

Natomiast pogodą w skali globalnej i jej prognozowaniem zajmuje się **WMO (Światowa Organizacja Meteorologiczna)**.

2

Mapa synoptyczna

Jest to mapa stanu pogody w określonym momencie. Pogoda przedstawiona jest za pomocą międzynarodowych oznaczeń meteorologicznych. Mapy takie powstają na podstawie danych dotyczących elementów meteorologicznych w danym czasie. Są one publikowane m.in. przez IMGW-PIB na stronie

internetowej: meteo.imgw.pl (dwa razy na dobę).

Elementami mapy synoptycznej (mapy pogody)

są:

- ośrodki baryczne wraz z przebiegiem izobar,
- kierunek i prędkość wiatru,
- wielkość zachmurzenia
- rodzaj mas powietrza,
- fronty atmosferyczne,
- zjawiska meteorologiczne (meteory).

Praktyczne rady podczas analizowania mapy synoptycznej

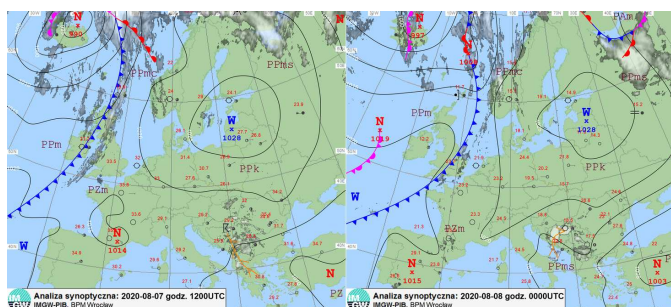
3

- Cząsteczki powietrza (czyli wiatr) przemieszczają się wzdłuż izobar w kierunku od wyższego do niższego ciśnienia (ruch ten zmodyfikowany jest przez siłę Coriolisa). Jeśli niższe ciśnienie występuje po naszej lewej stronie, to wiatr wieje nam w plecy (**baryczne prawo wiatru**).
- Im bliżej siebie położone są izobary, tym większa **prędkość wiatru**.
- Wiedząc, skąd wieje wiatr, możemy określić, jaką **masę powietrza** przynosi: powietrze napływające znad oceanu (w przypadku Polski znad Oceanu Atlantyckiego) będzie zawsze zawierać dużo wilgoci, co spowoduje wzrost zachmurzenia i opady, a powietrze napływające znad kontynentu (Europa Wschodnia i Azja) będzie suche, co będzie skutkowało brakiem zachmurzenia i opadów,
- **Pogoda wyżowa** oznacza z reguły wysokie ciśnienie, małe zachmurzenie, małą wilgotność powietrza, brak opadów, latem wysoką, a zimą niską temperaturę. Natomiast **pogoda**

niżowa oznacza z reguły niskie ciśnienie, duże zachmurzenie, dużą wilgotność powietrza, występowanie opadów atmosferycznych, latem niższą, a zimą podwyższoną temperaturę.

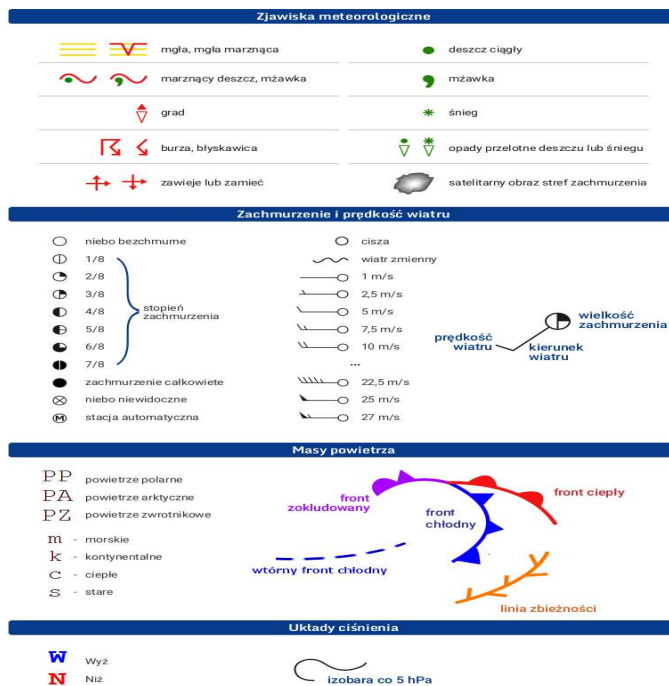
- **Ląd** latem jest cieplejszy od oceanu, dlatego silnie ogrzewa masę powietrza nad nim zalegającą. Napływ powietrza znad lądu o tej porze roku będzie skutkował upałami. Zimą natomiast ląd szybko się wychładza, a więc zalegająca nad nim masa powietrza też staje się bardzo chłodna. Zimą napływ powietrza znad lądu spowoduje wystąpienie mrozów i bezchmurnej, słonecznej pogody.
- **Ocean** latem jest chłodniejszy od lądu, dlatego napływ powietrza znad Oceanu Atlantyckiego w ciepłej porze roku będzie skutkował ochłodzeniem. Z kolei zimą ocean jest cieplejszy niż ląd, toteż w chłodnej porze roku napływ powietrza znad oceanu spowoduje ocieplenie i odwilż.

4



Źródło: meteo.imgw.pl

Powyżej przedstawiono dwie mapy synoptyczne: pierwsza dotyczy sytuacji z 7 sierpnia 2020 z godziny 12:00, a druga – sytuacji z nocy z 7 na 8 sierpnia 2020 z godziny 0:00.



Legenda do map synoptycznych opracowywanych przez IMGW

Źródło: meteo.imgw.pl

Spróbuj ocenić poprawność poniższych stwierdzeń – w razie wątpliwości niżej podano klucz odpowiedzi.

1. Dnia 7 sierpnia 2020 r. w Polsce panował pogoda wyżowa.
2. Tego dnia w południe w Warszawie odnotowano wartość ciśnienia ok. 1027 hPa.
3. Tego dnia pogodę w Polsce kształtowało powietrze polarne morskie.
4. Tego dnia o godzinie 12:00 temperatura powietrza w Suwałkach nie przekraczała 30°C.
5. Tego dnia nad Islandią znajdowało się centrum niżu barycznego.
6. Tego dnia ciśnienie atmosferyczne w zachodniej Francji było wyższe niż w Danii.

7. Tego dnia prędkość wiatru na Sardynii była większa niż w Warszawie.
8. Tego dnia zachmurzenie w północnej Hiszpanii było większe niż na Sardynii.
9. W nocy z 7 na 8 sierpnia w Warszawie wiał wiatr zachodni.
10. W nocy z 7 na 8 sierpnia przez Londyn przeszedł front chłodny.
11. Podczas nocy z 7 na 8 sierpnia klin wyżu barycznego znad państw nadbałtyckich sięgał aż do zachodnich Alp.
12. Dnia 8 sierpnia temperatura powietrza na Półwyspie Bretońskim prawdopodobnie zmniejszy się.
13. Dnia 8 sierpnia w Polsce nastąpi prawdopodobne załamanie pogody.
14. Dnia 8 sierpnia lub w nocy z 8 na 9 sierpnia w państwach Beneluksu może wystąpić burza.

6

1. Dnia 7 sierpnia 2020 r. w Polsce panowała pogoda wyżowa.

Prawda, centrum wyżu znajdowało się nad krajami bałtyckimi.

2. Tego dnia w południe w Warszawie odnotowano wartość ciśnienia ok. 1027 hPa.

Fałsz, izobary rosły w Polsce na południowy zachód, zatem w Warszawie było poniżej 1025 hPa (ok. 1024 hPa).

3. Tego dnia pogodę w Polsce kształtowało powietrze polarne morskie.

Fałsz, zauważ, że litery PPK oznaczają powietrze polarne kontynentalne.

4. Tego dnia o godzinie 12:00 temperatura powietrza w Suwałkach

nie przekraczała 30°C.

Fałsz, zgodnie z zasadą interpolacji nie mogło tak być, ponieważ na stacjach położonych dookoła temperatura była niższa niż 30°C.

5. Tego dnia nad Islandią znajdowało się centrum niżu barycznego.

Prawda, litera N oznacza niż baryczny.

6. Tego dnia ciśnienie atmosferyczne w zachodniej Francji było wyższe niż w Danii.

Fałsz, zachodnia Francja była pod wpływem niżu barycznego (ok. 1015 hPa), natomiast w Danii było ok. 1022–1024 hPa.

7. Tego dnia prędkość wiatru na Sardynii była większa niż w Warszawie.

Prawda, zgodnie z oznaczeniami na Sardynii prędkość wiatru wynosiła ok. 10 m/s, a w Warszawie – ok. 2,5 m/s.

8. Tego dnia zachmurzenie w północnej Hiszpanii było większe niż na Sardynii.

Prawda, zgodnie z oznaczenia w północnej Hiszpanii niebo było pokryte przez chmury w ok. 50%, a na Sardynii było w zasadzie bezchmurne.

9. W nocy z 7 na 8 sierpnia w Warszawie wiał wiatr zachodni.

Fałsz, kierunek symbolu oznacza, że wiatr wieje ze wschodu, więc jest to wiatr wschodni.

10. W nocy z 7 na 8 sierpnia przez Londyn przeszedł front chłodny.

Prawda, niebieska linia z trójkątami oznacza front chłodny.

11. Podczas nocy z 7 na 8 sierpnia klin wyżu barycznego znad państw nadbałtyckich sięgał aż do zachodnich Alp.

Prawda, takie wygięcie izobar w kierunku przeciwnym do centrum wyżu znad państw bałtyckich oznacza klin wyżowy.

12. Dnia 8 sierpnia temperatura powietrza na Półwyspie Bretońskim prawdopodobnie zmniejszy się.

Prawda, ponieważ prawdopodobnie przejdzie przez ten obszar chłodny front atmosferyczny.

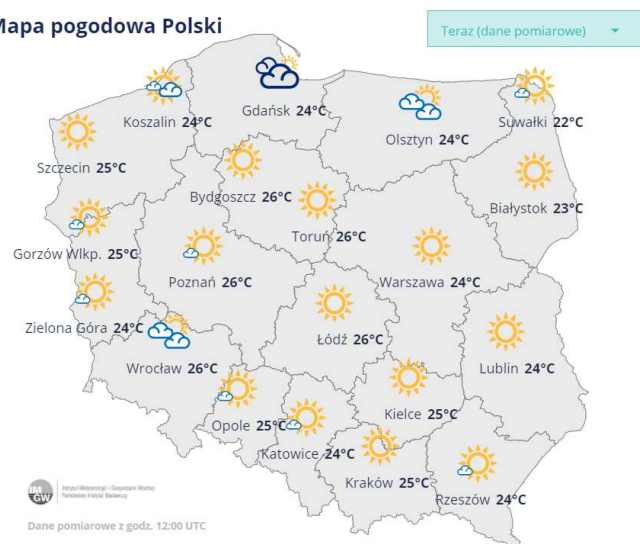
13. Dnia 8 sierpnia w Polsce nastąpi prawdopodobne załamanie pogody.

Fałsz, w okolicy nie ma żadnego frontu atmosferycznego, Polska będzie znajdowała się nadal pod wpływem wyżu barycznego – ładna pogoda utrzyma się.

14. Dnia 8 sierpnia lub w nocy z 8 na 9 sierpnia w państwach Beneluksu może wystąpić burza.

Prawda, gdyż będzie to związane z przechodzeniem chłodnego frontu atmosferycznego.

Mapa pogodowa Polski



Mapa pogody publikowana przez IMGW-PIB.
Podobne oznaczenia stosuje się na mapach publikowanych w telewizji czy internecie.
Źródło: meteo.imgw.pl

Znaczenie prognozy pogody

Prognoza pogody ma ogromne znaczenie dla życia i działalności człowieka, dlatego

informacje o przewidywanym stanie pogody podaje się w środkach masowego przekazu.

Rodzaje prognoz pogody i ich sprawdzalność:

- krótkoterminowe (do 3 dni) – 90%,
- średnioterminowe (na 7–10 dni) – 70–80%,
- długoterminowe (na ponad 10 dni) – 60–70%.

8

Prognoza pogody na podstawie własnych obserwacji (zakres rozszerzony)

Cecha pogody	Prognoza pogody
temperatura powietrza	
wzrost zimą	zbliżanie się frontu ciepłego
nieznaczne, krótkotrwałe obniżenie latem	zbliżanie się frontu ciepłego
szybki spadek podczas niepogody	przechodzenie frontu chłodnego
nagły wzrost wieczorem lub nocą	pogorszenie się pogody
ciśnienie atmosferyczne	
systematyczny spadek	zbliżanie się frontu ciepłego, opady, silny wiatr
gwałtowny i bardzo duży spadek	zbliżanie się głębokiego niżu, bardzo silny wiatr, tornado
systematyczny wzrost po pogodzie deszczowej i wietrznej	nasuwanie się wyżu, poprawa pogody
systematyczne dobowe wahania	utrzymywanie się dobrej pogody

wiatr	
długotrwały zachodni podczas niepogody	utrzymanie się niepogody
wzrost prędkości podczas deszczu	zanik opadów
nagła zmiana kierunku	pogorszenie pogody
silny wzrost prędkości z jednego kierunku przy spadku ciśnienia	nadejście głębokiego niżu, możliwość wystąpienia trąby powietrznej
wzrost prędkości wieczorem	pogorszenie pogody
wyraźna bryza	utrzymanie się dobrej pogody
zanik bryzy	pogorszenie pogody
chmury	
szybko przemieszczające się i gęstniejące Ci, potem Cs	zbliżanie się frontu ciepłego, pogorszenie pogody
Ac nadpływające za Ci i Cs, łączące się	przechodzenie frontu ciepłego, opady, silny wiatr
Ci rozproszone	utrzymanie się dobrej pogody
Ac i Ci przechodzące w Sc	front chłodny, przelotne opady i burze
ustępujące Sc, tworzące wyraźną granicę	poprawa pogody
niskie St w nocy, w ciągu dnia Cu	front chłodny (przelotny deszcz i silny wiatr)
strzępy nisko zawieszonych chmur pod Cb, Ns, As i Sc	wiatr i opady
rozrastające się Cu	przelotne opady, szkwał
Cb z Ci	silny, porywisty wiatr

	i burze
ciemny wał u podstawy Cb	szkwał, burza, ulewa, grad, trąby powietrzne
zanik wieczorem chmur kłębiastych	poprawa pogody
barwa nieba	
biaława załona	nadejście opadów
pomarańczowoczerwone przy wschodzie lub zachodzie	pogorszenie pogody, opady, wiatr
złote po zachodzie	utrzymanie się dobrej pogody
inne zjawiska	
dym unosi się pionowo lub lekko ukośnie	piękna, wyżowa pogoda
dym ścię się przy powierzchni podczas ciszy	pogorszenie pogody, wiatr
słaba słyszalność	poprawa pogody
dobra słyszalność	pogorszenie pogody, burza
migotanie gwiazd, czerwona lub niebieska barwa	zbliżanie się niżu, pogorszenie pogody
zakłócenia w odbiorze TV i radia	pogorszenie się pogody, burze
biała aureola Księżyca lub Słońca	pogorszenie pogody, opady deszczu
obfita rosa rano i wieczorem	poprawa pogody
mgła opadająca nad ranem	poprawa pogody
halo	pogorszenie pogody

Źródło: A. Woś, *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo UAM, Poznań 2006.

Sprawdź się

Zakres podstawowy

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Składową obiegu wody nie jest:

☐ parowanie.

☐ opad śniegu.

☐ temperatura powietrza.

☐ kondensacja.

Ćwiczenie 2



Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Siła Coriolisa związana jest:

☐ ze zmianą temperatury powietrza w ciągu roku.

☐ ze zmianą ciśnienia atmosferycznego w ciągu roku.

☐ z ruchem obrotowym Ziemi.

☐ z ruchem obiegowym Ziemi.

Ćwiczenie 3

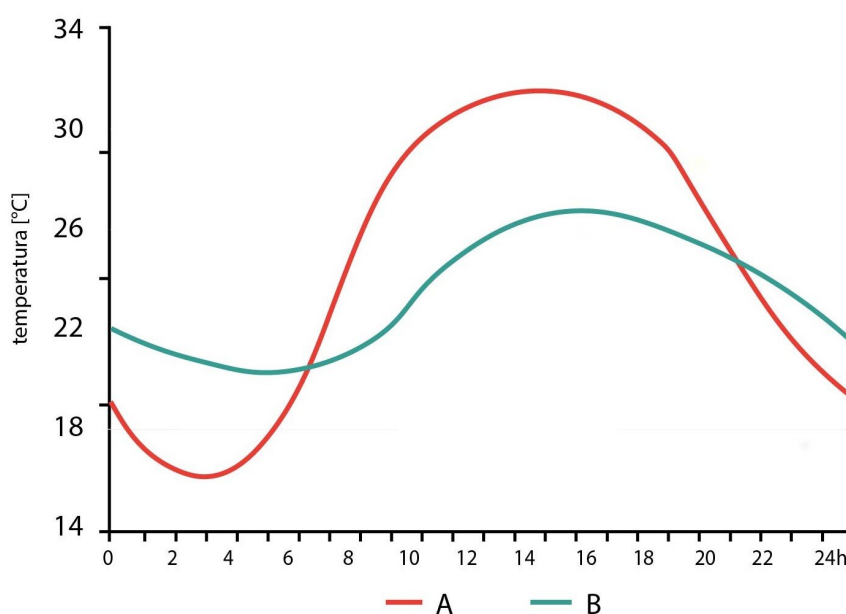


Wyjaśnij, dlaczego rozkład ciśnienia atmosferycznego na Ziemi nie jest stały i równomierny.

Ćwiczenie 4



Wymień trzy różnice w przebiegu dobowym temperatury powietrza A i B.

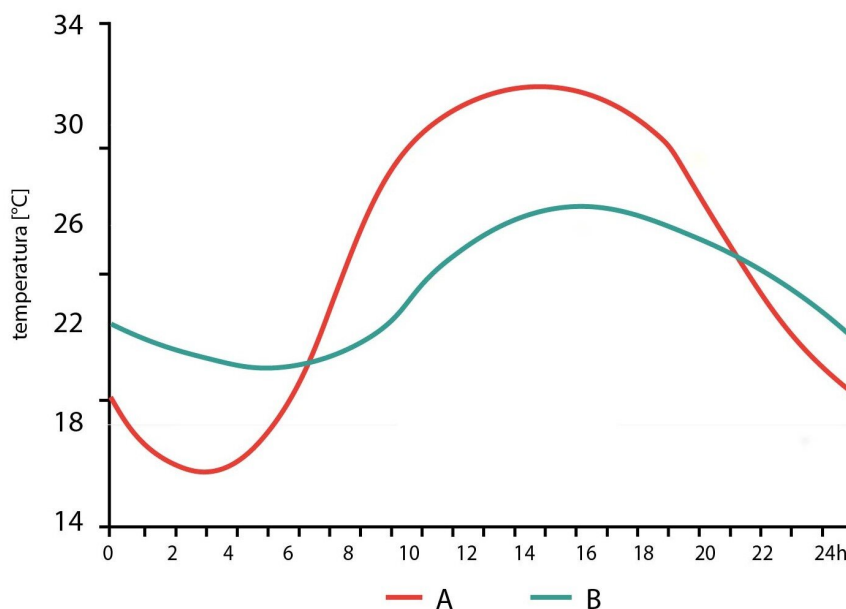


Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie R. Malarz i in., *Oblicza geografii 1*, Nowa Era, Warszawa 2019, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 5



Zdecyduj, która z poniższych linii na wykresie (A czy B) przedstawia przebieg dobowy temperatury powietrza podczas bezchmurnej pogody, a która podczas pogody pochmurnej. Uzasadnij swoją odpowiedź.



Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie R. Malarz i in., *Oblicza geografii 1*, Nowa Era, Warszawa 2019, licencja: CC BY-SA 3.0.

A-

B-

pogoda pochmurna

pogoda bezchmurna

Ćwiczenie 6



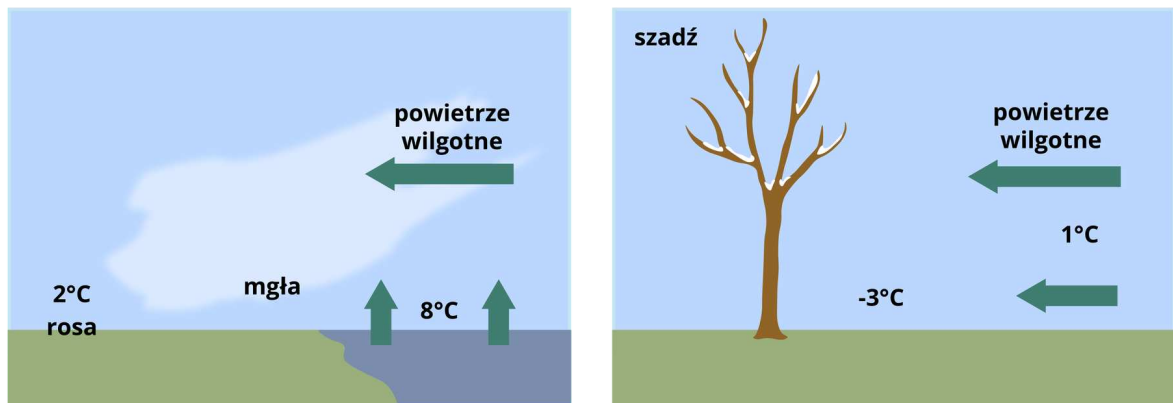
Wyjaśnij, dlaczego na półkuli północnej występują wyższe roczne amplitudy powietrza niż na półkuli południowej.

Zakres rozszerzony

Ćwiczenie 7



Zaznacz jedną wspólną drogę wymiany ciepła, na skutek której powstały przedstawione niżej produkty kondensacji pary wodnej.



Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie K. Cichoszewski i in., *Świat i Polska. Środowisko przyrodnicze. Zadania z geografii dla liceum ogólnokształcącego. Część 1*, Stowarzyszenie Oświatowców Polskich, Toruń 2003, licencja: CC BY-SA 3.0.

☐ radiacja

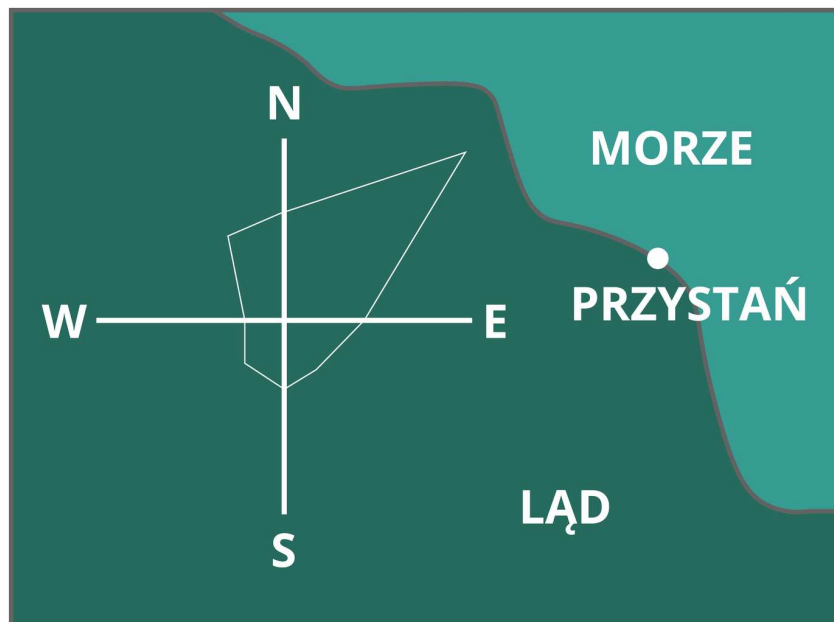
☐ adwekcja

☐ konwekcja

☐ turbulencja



Na rysunku zaprezentowano różę wiatrów dla jednej pory doby w rejonie nadmorskim. Pokazuje ona typowe dla tego rejonu zjawisko bryzy. Zdecyduj, który rodzaj bryzy został przedstawiony na poniższym schemacie.



☐ bryza nocna

☐ bryza dzienna



Przeanalizuj dane zawarte w poniższych tabelach. Następnie wyjaśnij różnice w rocznej amplitudzie temperatury powietrza na półkuli północnej i południowej.

LĄDY I OCEANY	POWIERZCHNIA	
	w mln km ²	w %
Półkula północna:		
lądy	100,5	39,4
morza	154,6	60,6
Półkula południowa:		
lądy	47,7	18,7
morza	207,4	81,3
Półkula wschodnia:		
lądy	92,8	36,4
morza	162,3	73,6
Półkula zachodnia:		
lądy	47,4	18,6
morza	207,7	81,4

Powierzchnia kontynentów i oceanów

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie J. Kądziołka, K. Kocimowski, E. Wołonciej, *Świat w liczbach*, WSiP, Warszawa 2012, licencja: CC BY-SA 3.0.

Półkula	Styczeń	Lipiec	Rok	Amplituda roczna
Północna	8	22	15	14
Południowa	17	10	13	7
Kula ziemiska	12	16	14	4

Średnia temperatura powietrza w podziale na półkule

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie J. Kądziołka, K. Kocimowski, E. Wołonciej, *Świat w liczbach*, WSiP, Warszawa 2012, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 11



Spośród podanych poniżej albedo wybierz odpowiadające pewnej powierzchni, wiedząc, że ilość promieniowania całkowitego wynosi $40 \text{ cal/cm}^2 \times \text{min}$, a ilość promieniowania pochłoniętego wynosi $5 \text{ cal/cm}^2 \times \text{min}$. Następnie wybierz spośród podanych przypuszczalny rodzaj tej powierzchni.

Albedo powierzchni wynosi:

☐ 85,7%.

☐ 87,5%.

☐ 85,5%.

☐ 87,7%.

Przypuszczalną powierzchnią o powyższej wartości albedo jest:

☐ asfalt.

☐ wapień.

☐ śnieg.

☐ ocean.



Wiesz już, że istnieją dwa rodzaje gradientów termicznych: sucho- i wilgotnadiabatyyczny. Wyjaśnij, dlaczego w powietrzu wilgotnym obserwuje się wolniejszy spadek temperatury wraz z wysokością, a w powietrzu suchym - szybszy. Skorzystaj z dodatkowych źródeł informacji geograficznej.

Dla nauczyciela

SCENARIUSZ LEKCJI

Imię i nazwisko autora: Kamil Kaliński

Przedmiot: geografia

Temat zajęć: Pogoda, zjawiska meteorologiczne – powtórzenie

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum/technikum, zakres podstawowy/rozszerzony, klasa I

Podstawa programowa

Zakres podstawowy

III. Atmosfera: czynniki klimatotwórcze, rozkład temperatury powietrza, ciśnienia atmosferycznego i opadów, ogólna cyrkulacja atmosferyczna, mapa synoptyczna, strefy klimatyczne i typy klimatów.

Uczeń:

- 2) wyjaśnia rozkład temperatury powietrza i ciśnienia atmosferycznego na Ziemi;
- 3) wyjaśnia mechanizm cyrkulacji atmosferycznej i rozkład opadów atmosferycznych na Ziemi;
- 4) analizuje mapę synoptyczną i zdjęcia satelitarne w celu przedstawienia aktualnego stanu i prognozy pogody.

Zakres rozszerzony

III. Dynamika procesów atmosferycznych: pionowa budowa atmosfery, zjawiska i procesy w atmosferze, przestrzenne zróżnicowanie elementów klimatu, strefy klimatyczne i typy klimatów.

Uczeń:

- 2) przedstawia charakterystyczne zmiany pogody w czasie przemieszczania się frontów atmosferycznych, potrafi je interpretować oraz identyfikować zjawiska z nimi związane;
- 3) wyjaśnia na przykładach genezę wiatrów stałych, okresowych oraz lokalnych i określa ich znaczenie dla przebiegu pogody;
- 7) dostrzega prawidłowości w rozmieszczeniu zjawisk i procesów atmosferycznych.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,
- kompetencje cyfrowe,
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- wymienia elementy pogody (i sposoby ich pomiaru – zakres rozszerzony),
- charakteryzuje procesy kształtujące pogodę (i ich wpływ na poszczególne elementy meteorologiczne – zakres rozszerzony),
- dokonuje analizy mapy synoptycznej i opracowuje na jej podstawie prognozę pogody.

Strategie nauczania: odwrócona klasa

Metody nauczania: dyskusja, praca z e-materiałem, prezentacja

Formy zajęć: praca indywidualna, praca w parach, praca w grupach, praca całego zespołu klasowego

Środki dydaktyczne: e-materiał, komputer, projektor multimedialny (lub tablety z dostępem do internetu)

Materiały pomocnicze

Kaczorowska Z., *Pogoda i klimat*, WSiP, Warszawa 1977.

Woś A., *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2006.

PRZEBIEG LEKCJI

Kilka lekcji wcześniej nauczyciel dzieli uczniów na grupy i prosi o przygotowanie prezentacji multimedialnych na temat wybranego zagadnienia. Uczniowie ustalają z nauczycielem: zakres tematyczny prezentacji (w zależności od ich preferencji, zainteresowań), szacunkowy czas jej trwania i źródła informacji – nauczyciel proponuje zapoznać się z e-materiałem powtórzeniowym, innymi e-materiałami opisującymi szczegółowo dane zagadnienia oraz literaturą (m.in. wskazaną wyżej).

Faza wprowadzająca

- Czynności organizacyjne (powitanie, sprawdzenie stanu klasy).
- Sprawdzenie zadania domowego.
- Dialog z uczniami mający na celu podsumowanie ostatniej lekcji.

- Przedstawienie celów lekcji.

Faza realizacyjna

- Nauczyciel inicjuje dyskusję klasową na temat pojęcia i zakresu badań meteorologii oraz elementów meteorologicznych.
- Następnie uczniowie przedstawiają swoje prezentacje. Po każdym wystąpieniu następuje klasowa dyskusja. Nauczyciel wyjaśnia niezrozumiałe kwestie, posiłkując się wyświetlonym na ekranie fragmentem bloku „Przeczytaj” lub grafiką interaktywną zawartą w e-materiale.
- W następnej kolejności nauczyciel rozpoczyna dyskusję na temat innych, wybranych zagadnień meteorologicznych, które nie zostały omówione podczas prezentacji.
- Uczniowie rozwiązują zadania z bloku ćwiczeń interaktywnych.

Faza podsumowująca

- Uczniowie układają po trzy pytania podsumowujące dla kolegi/koleżanki. Następnie uczniowie zadają sobie nawzajem pytania.
- Nauczyciel nagradza aktywnych uczniów, ocenia pracę w grupach i przypomina cele zajęć.
- Pożegnanie i zaproszenie na kolejną lekcję.

Praca domowa

- Korzystając z dostępnych źródeł informacji, wymień i opisz naturalne prognozy pogody.
- Opcjonalnie można także prosić o zapoznanie się z kolejnym tematem lekcji (w przypadku blended learning).

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Grafika interaktywna może posłużyć w fazie realizacyjnej oraz podsumowującej, a także po lekcji (w celu utrwalenia wiadomości) i przed lekcją (strategia odwróconej klasy). Może także znaleźć swoje zastosowanie na innych lekcjach dotyczących atmosfery (zakres podstawowy i rozszerzony: III), w tym lekcji powtórzeniowych do egzaminu maturalnego.