



III. Atmosfera

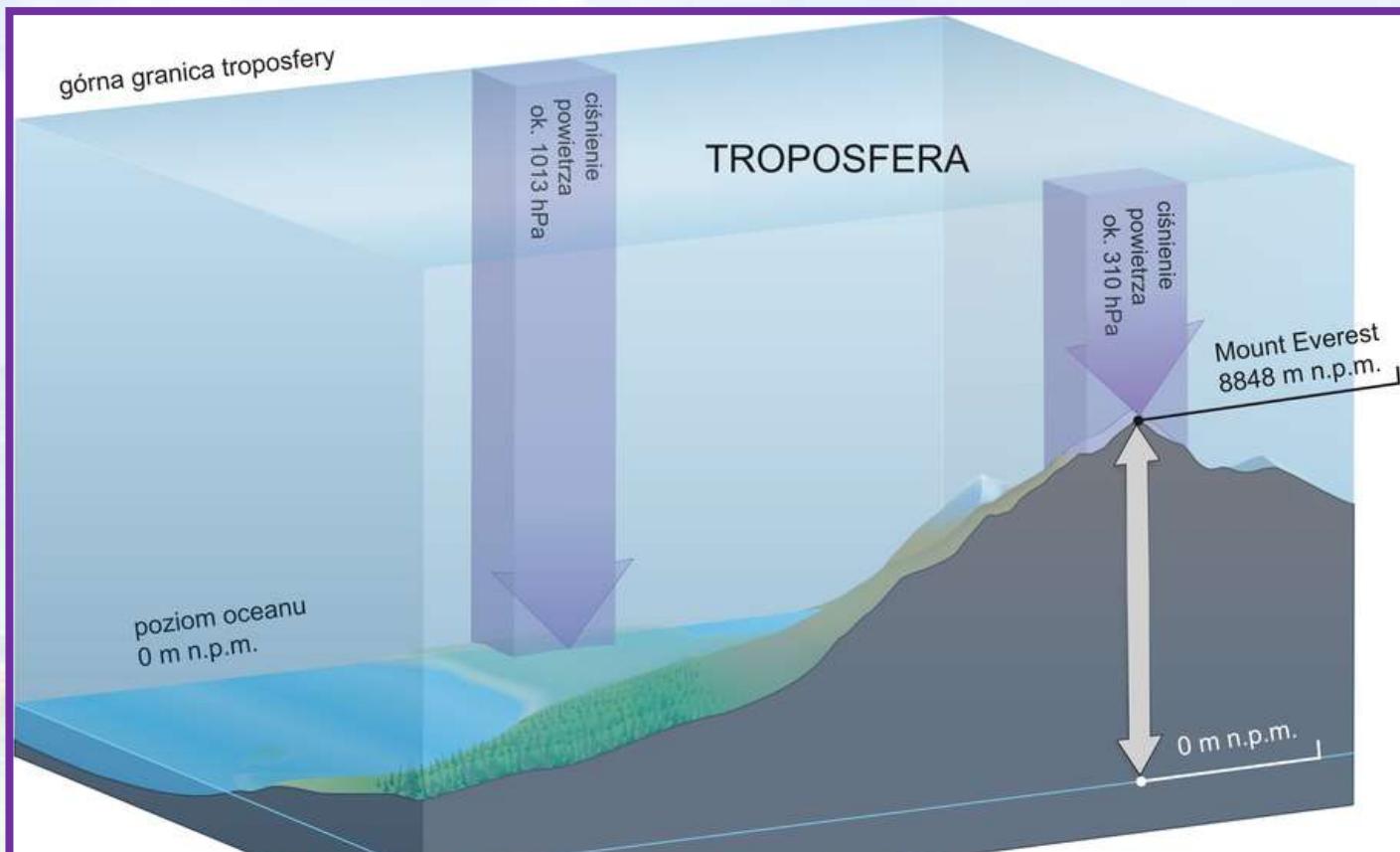
3. Ciśnienie atmosferyczne. Cyrkulacja atmosferyczna



Ciśnienie atmosferyczne

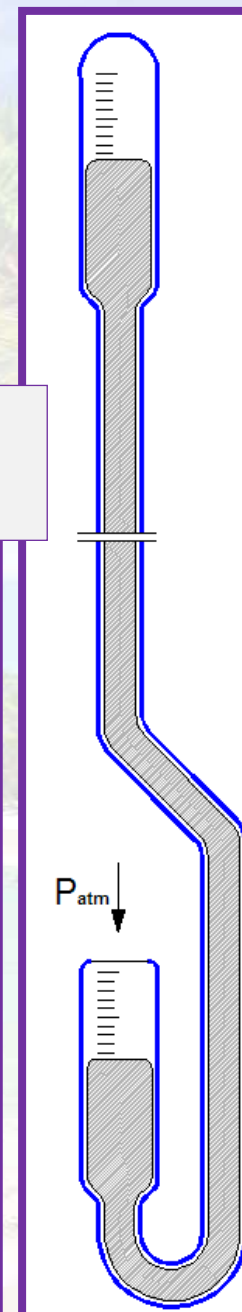
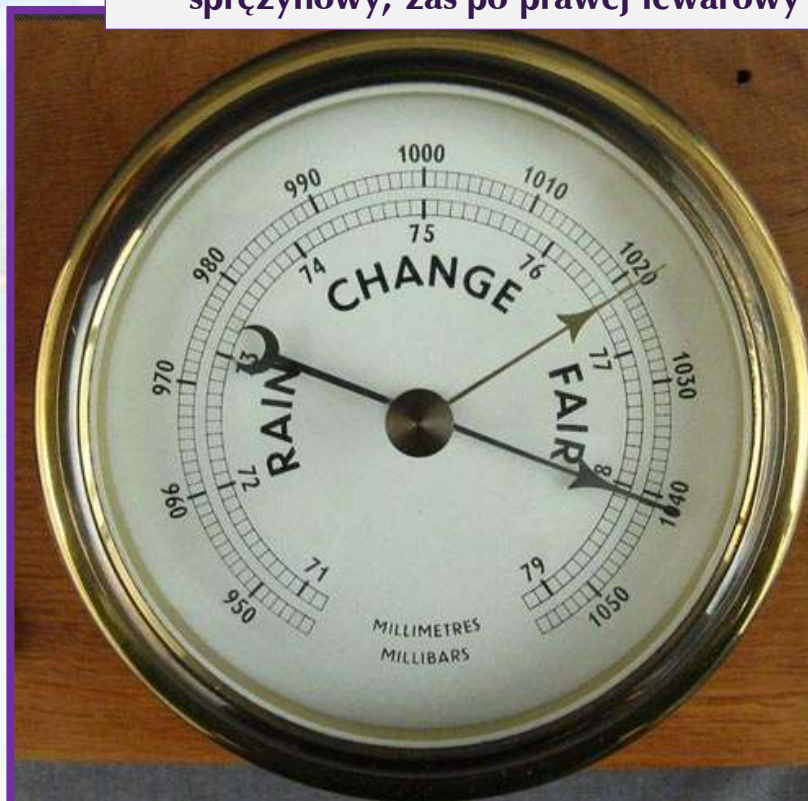
Definicja ciśnienia atmosferycznego

- **Ciśnienie atmosferyczne** jest to nacisk, jaki wywiera atmosfera na znajdujące się w niej obiekty, w tym także na powierzchnię Ziemi.
- Odpowiada ono ciężarowi nadległego słupa powietrza, rozciągającego się pomiędzy tą powierzchnią i górną granicą atmosfery.
- Jest zatem najwyższe na poziomie morza i spada wraz ze wzrostem wysokości, szybciej w powietrzu chłodnym niż w ciepłym.



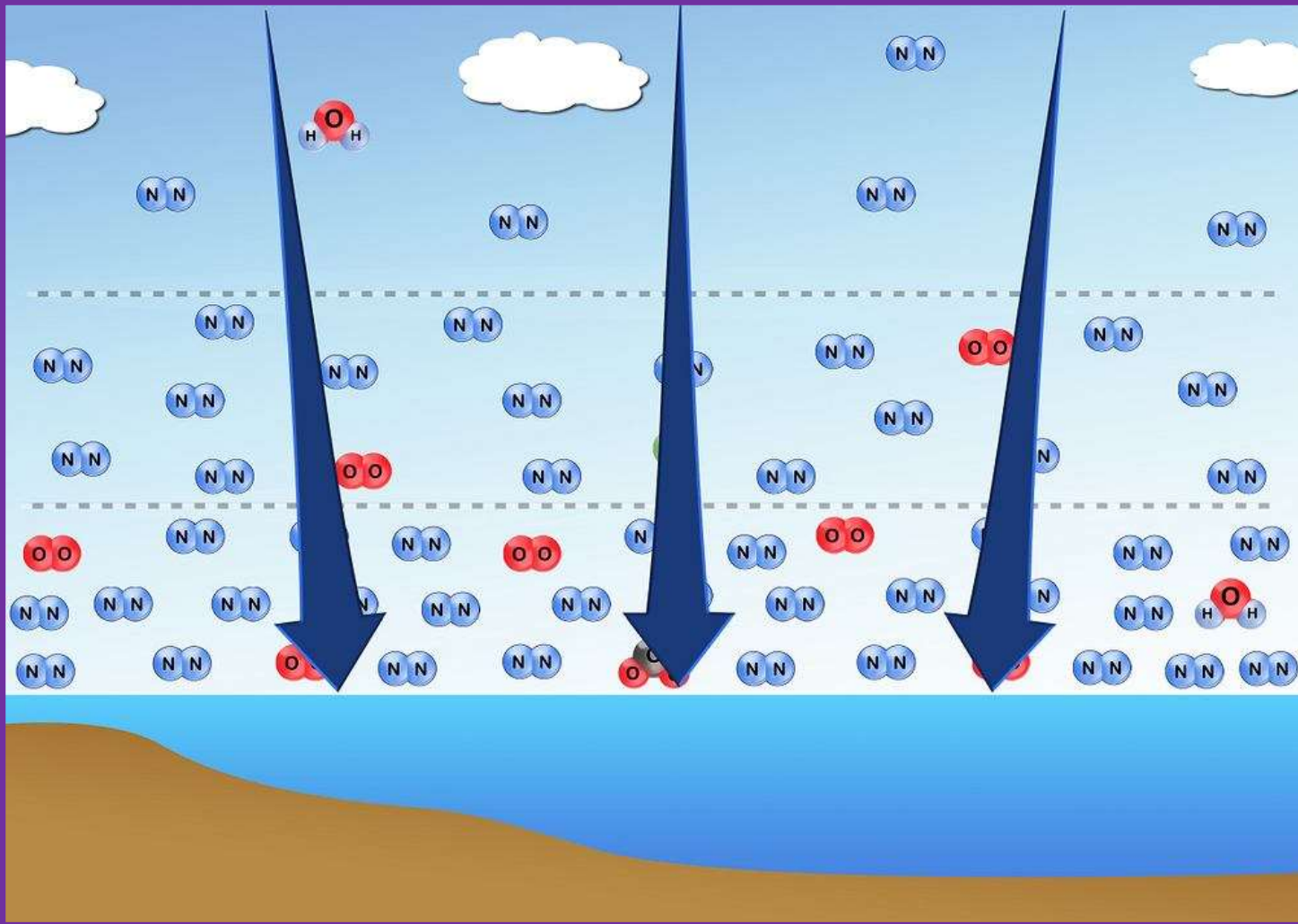
Zmiany ciśnienia atmosferycznego postępujące wraz ze zmianami wysokości

Ciśnienie atmosferyczne mierzymy **barometrem** – po lewej barometr sprężynowy, zaś po prawej lewarowy



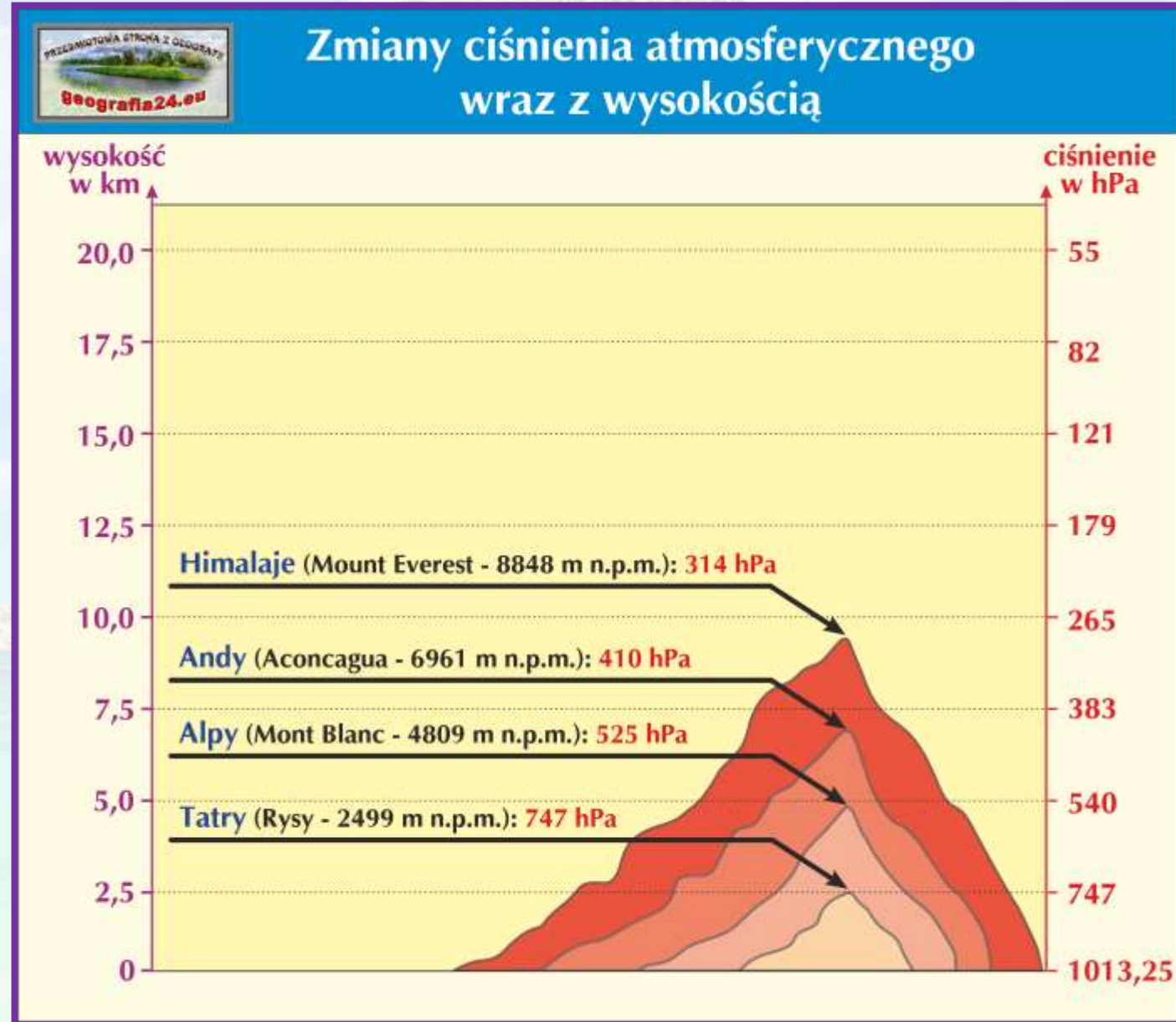
Ciśnienie normalne

- Za **normalne** uznaje się **ciśnienie atmosferyczne** odpowiadające ciężarowi słupa rtęci o wysokości 760 mm i podstawie 1 cm², w temperaturze 0°C na poziomie morza, na równoleżnikach 45° (N i S).
- Wynosi ono ok. **1013,25 hPa (hektopaskali)**,
- czyli jest równe sile, z jaką Ziemia przyciąga masę 1,033 kg na powierzchni 1 cm².



Stopień baryczny

- Zmiany ciśnienia wraz z wysokością określa się przy pomocy **stopnia barycznego** – czyli zmiany wysokości, którą należy pokonać (wznieść się lub obniżyć) aby ciśnienie zmieniło się o 1 hPa.
- Średni spadek ciśnienia atmosferycznego wraz z wysokością wynosi **średnio o 11,5 hPa/100 m** (czyli stopień baryczny wynosi około 8,7 m/hPa):
 - w dolnej części troposfery spadek jest nieco większy i stopień baryczny wynosi ok. 8 m/hPa,
 - w górnej części troposfery jest niższy (ciśnienie wolniej spada) i wynosi na wysokości około 5 km około 16 m/hPa (czyli musimy pokonać dwa razy większą odległość aby ciśnienie zmieniło się o 1 hPa).
- I tak ciśnienie atmosferyczne maleje wraz z wysokością wynosząc np.:
 - na poziomie morza około 1013,25 hPa,
 - na wysokości 5 km – 540 hPa,
 - na wysokości 10 km – 265 hPa,
 - na wysokości 20 km – 55 hPa,
 - na wysokości 50 km – 1 hPa.



Pomiar ciśnienia atmosferycznego i jego redukcja

- Ciśnienie atmosferyczne mierzone za pomocą barometrów na różnych wysokościach **redukuje się zwykle do poziomu morza** w celu wyeliminowania wpływu wysokości na wielkość rejestrowanego ciśnienia.
- Pozwala to wyznaczyć izobary i powierzchnie izobaryczne typowe dla poszczególnych szerokości geograficznych w danym czasie i sporządzić mapy klimatyczne odzwierciedlające rozmieszczenie układów barycznych na Ziemi.



Przeciętne ciśnienie atmosferyczne na poszczególnych szerokościach geograficznych

Szerokość geograficzna	Przeciętne roczne ciśnienie powietrza na poziomie morza (w hPa)
90°	1002,8
80°	1002,1
70°	1000,8
65°	999,3
60°	999,9
50°	1009,0
40°	1014,7
30°	1016,5
20°	1013,6
10°	1011,0
0°	1010,3



MAPA CIŚNIENIA ATMOSFERYCZNEGO



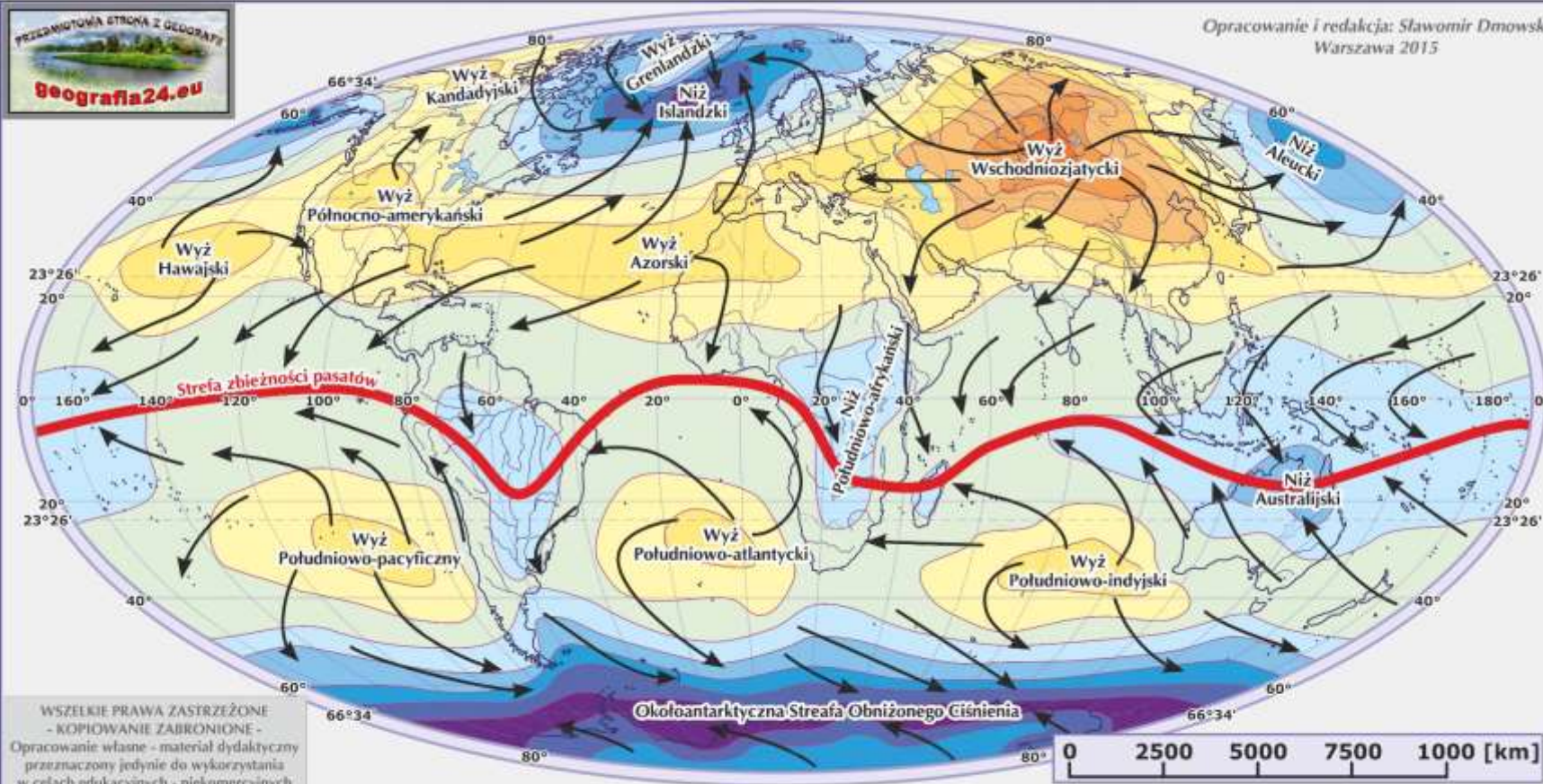
Ciśnienie atmosferyczne

- W celu opracowania map ukazujących ciśnienie atmosferyczne wykorzystujemy izolinie, nazywane **izobarami** będące izoliniami łączącymi punkty o jednakowych wartościach ciśnienia atmosferycznego.
- Na takich mapach możemy wskazać tereny o podwyższonych lub obniżonych wartościach ciśnienia atmosferycznego.

Rozkład ciśnienia atmosferycznego wraz z przeważającymi wiatrami w styczniu

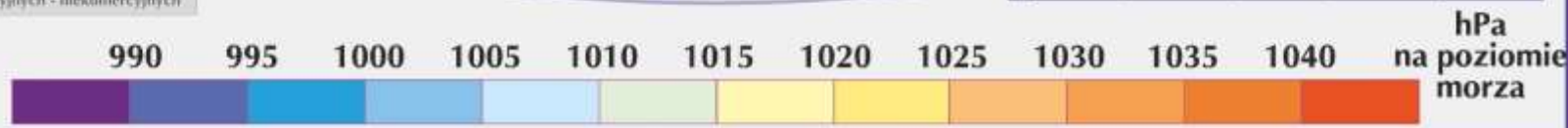


Opracowanie i redakcja: Sławomir Dmowski
Warszawa 2015

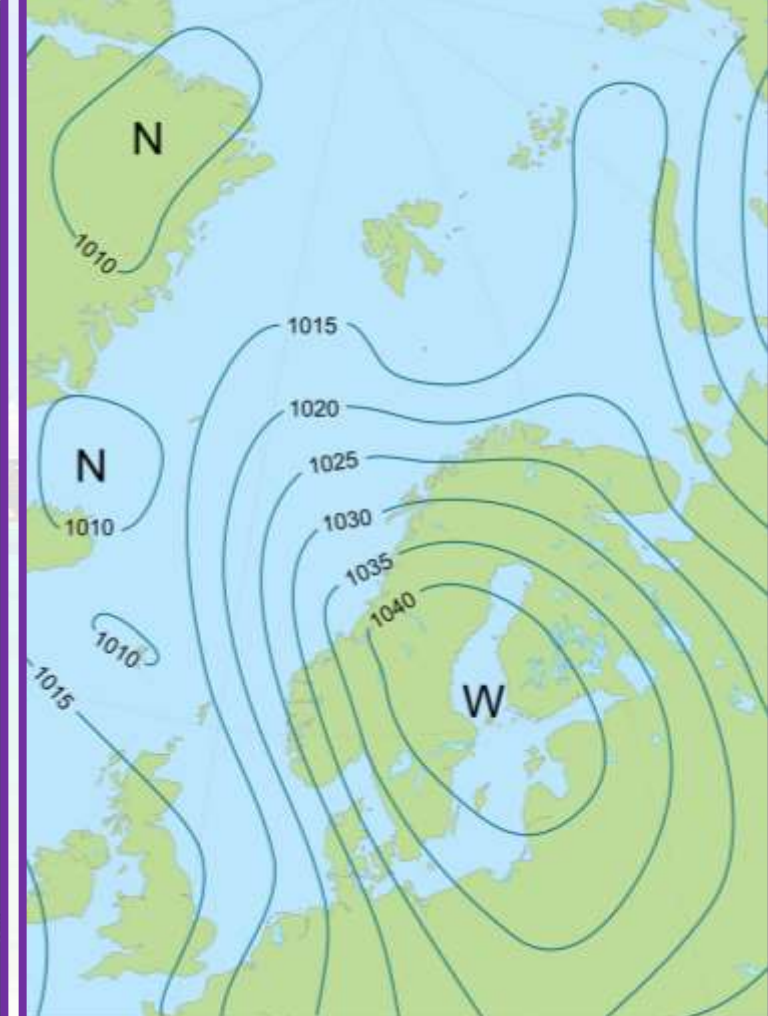


WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -
Opracowanie własne - materiał dydaktyczny
przeznaczony jedynie do wykorzystania
w celach edukacyjnych - niekomercyjnych

0 2500 5000 7500 1000 [km]



Izobary na mapie

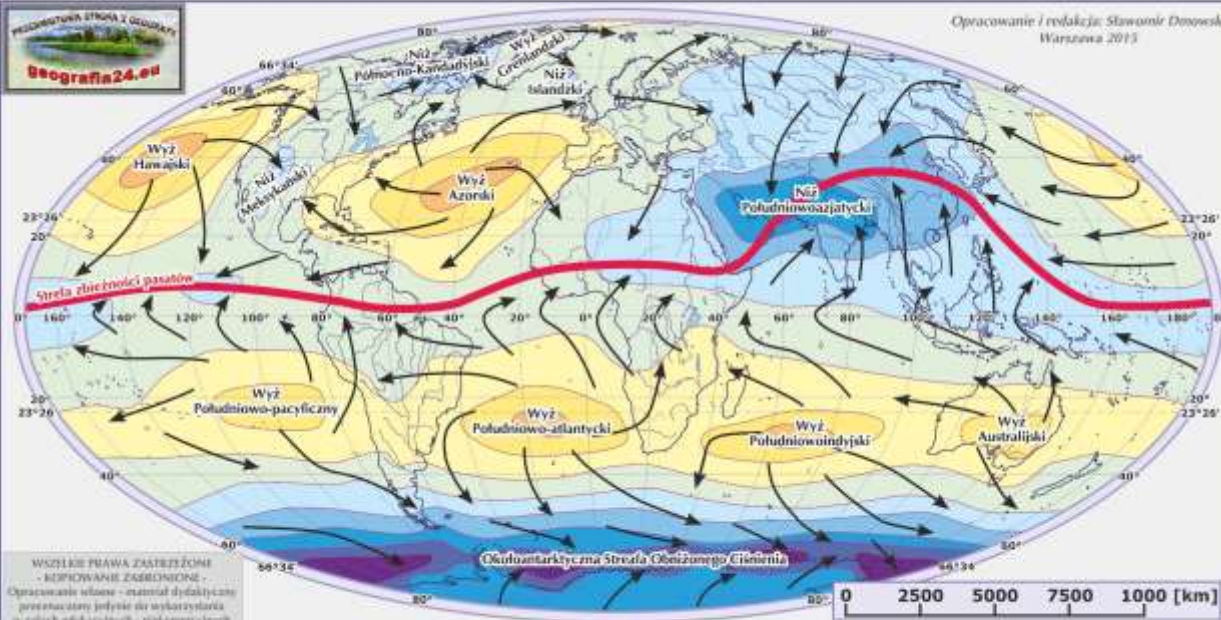


Zmiany ciśnienia atmosferycznego w ciągu roku

- W rozkładzie ciśnienia atmosferycznego na kuli ziemskiej możemy zauważyć pewne **prawidłowości**:
 - **najwyższe wartości** ciśnienia atmosferycznego w ciągu roku występują w **strefie zwrotnikowej**,
 - **niskie wartości** ciśnienia atmosferycznego notowane są w **strefie równikowej** (utrzymują się przez cały rok);
 - **ośrodki ciśnienia nad obszarami morskimi są stosunkowo trwałe** (ulegają zwykle tylko nieznacznym zmianom),
 - **ośrodki ciśnienia nad kontynentami ulegają często zmianom sezonowym**, np.:
 - Azji letni Niż Południowoazjatycki staje się w okresie zimowym Wyżem Azjatyckim,
 - w Ameryce Północnej letni Niż Północno-Kanadyjski staje się zimą Wyżem Kanadyjskim.

Rozkład ciśnienia atmosferycznego wraz z przeważającymi wiatrami w lipcu

Opracowanie i redakcja: Sławomir Dmowski
Warszawa 2013



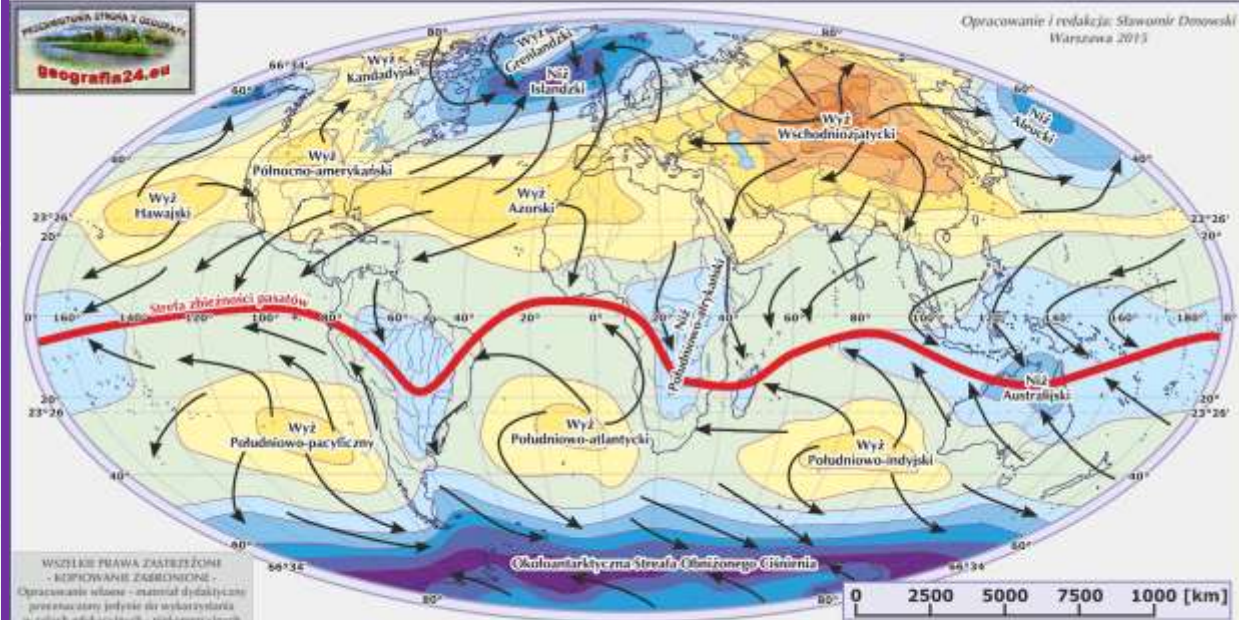
WSZELKIE PRAWA ZASTĘPIONE
- KOPLOWANIE ZABRONIONE -
Opracowanie własne - materiał dydaktyczny
prezentowany jedynie do wykorzystania
w celach edukacyjnych - niekomercyjnych

hPa
na poziomie
morza

0 2500 5000 7500 1000 [km]

Rozkład ciśnienia atmosferycznego wraz z przeważającymi wiatrami w styczniu

Opracowanie i redakcja: Sławomir Dmowski
Warszawa 2013



WSZELKIE PRAWA ZASTĘPIONE
- KOPLOWANIE ZABRONIONE -
Opracowanie własne - materiał dydaktyczny
prezentowany jedynie do wykorzystania
w celach edukacyjnych - niekomercyjnych

hPa
na poziomie
morza

0 2500 5000 7500 1000 [km]

Wykreślanie izobar – podstawowe układy baryczne

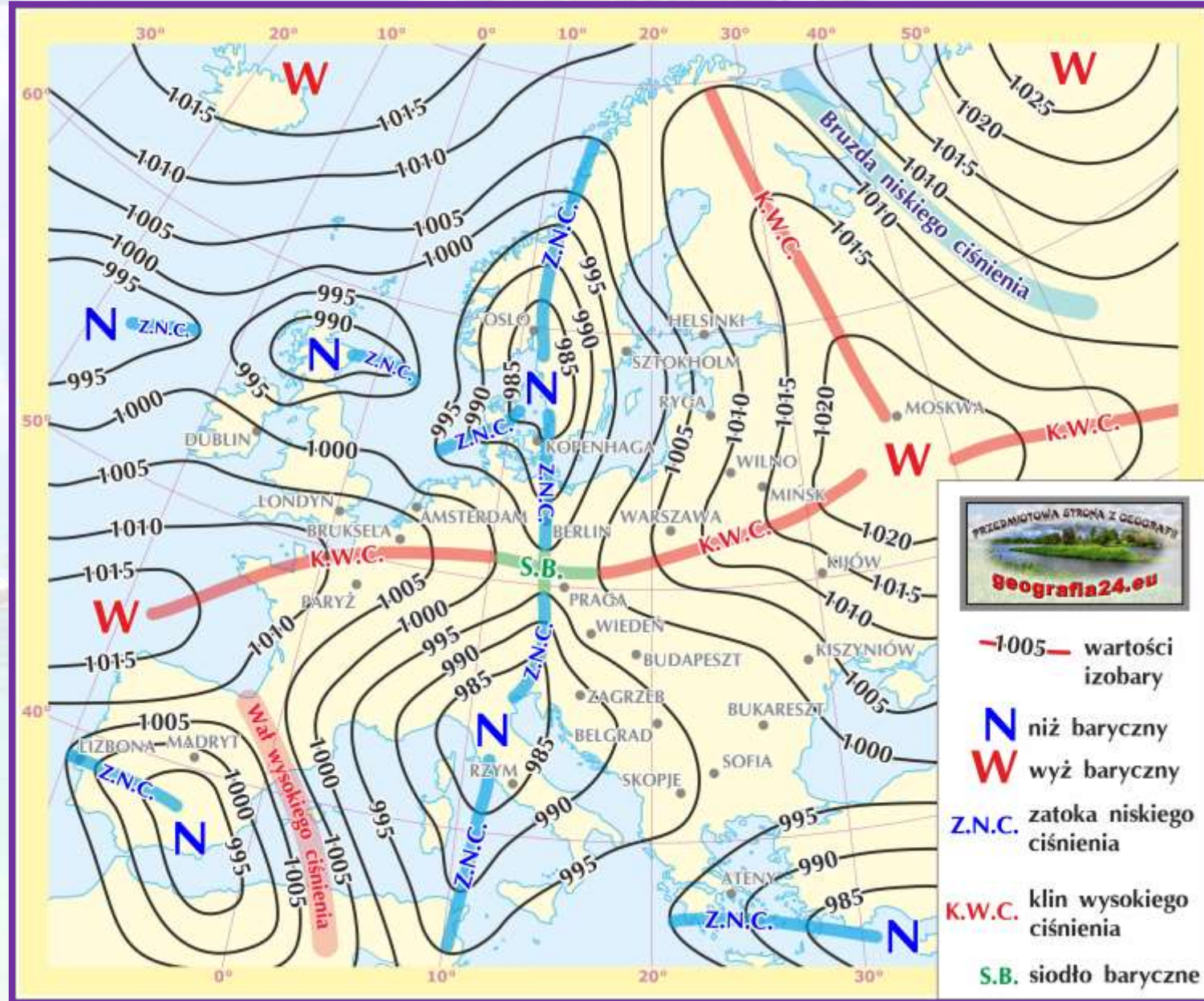
→ Przy wykreślaniu izobar **zawsze zachowuje się stałą różnicę** wielkości ciśnienia.

→ Pozwala to porównywać rozmiary i kształty powierzchni izobarycznych w polach ciśnienia, a **zatem właściwie oceniać charakter układów barycznych.**

→ Najczęściej występującymi **układami barycznymi** są:

- **niż baryczny,**
- **wyż baryczny,**
- **zatoka niskiego ciśnienia,**
- **klin wysokiego ciśnienia,**
- **siodło baryczne,**
- **wał wysokiego ciśnienia,**
- **bruzda niskiego ciśnienia.**

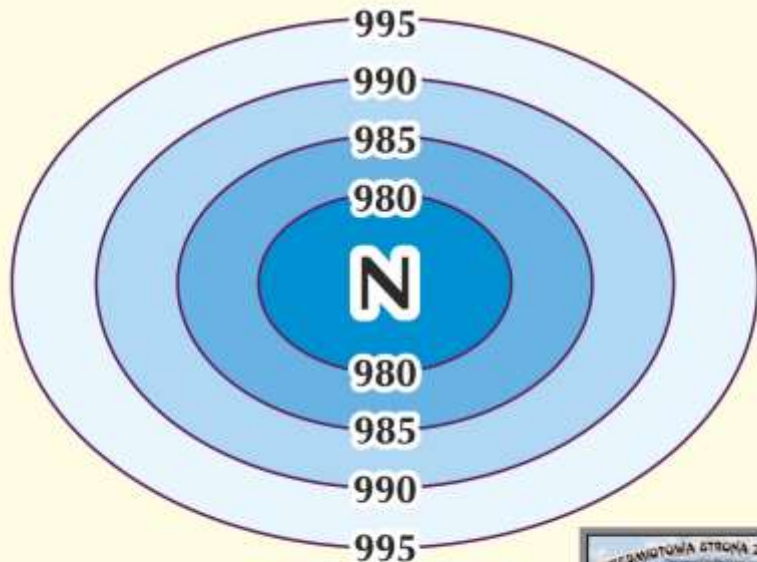
→ Układy te zmieniają swoje położenie oraz charakter (tworzą się, rozbudowują się, słabną, zanikają) w wyniku ruchów Ziemi i związanych z nimi zmian natężenia promieniowania słonecznego dochodzącego do jej powierzchni.



Niż baryczny

- **Niż baryczny** – jest takim obszarem w atmosferze, w którym **ciśnienie atmosferyczne na danym poziomie jest niższe niż w otoczeniu**.
- Charakteryzuje go układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie maleje ku jego środkowi.
- **Jeżeli spadek ciśnienia na jednostkę odległości jest znaczny, a więc poziomy gradient ciśnienia jest wysoki, izobary są zagęszczone a powierzchnie izobaryczne małe,**
- **jeżeli jest nieznaczny – izobary są od siebie bardziej oddalone, a powierzchnie izobaryczne duże.**

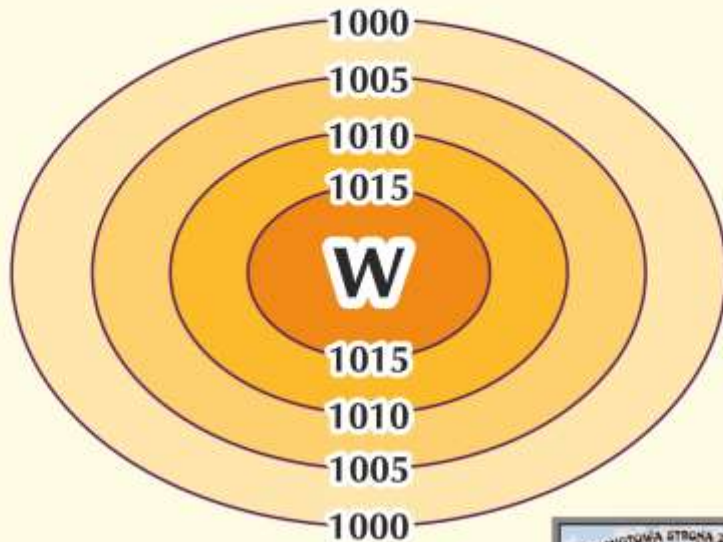
Niż baryczny (cyklon)



Wyż baryczny

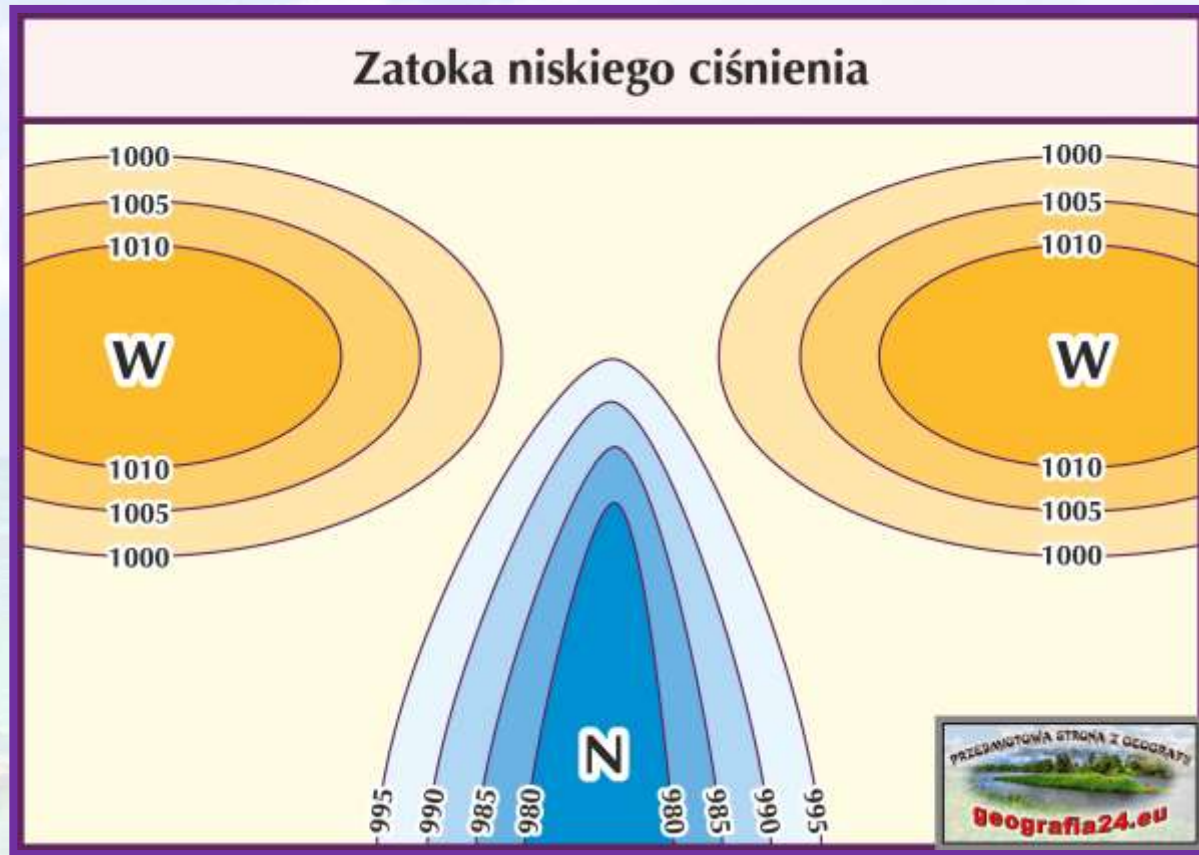
- **Wyż baryczny** – jest takim obszarem w atmosferze, w którym **ciśnienie atmosferyczne na danym poziomie jest wyższe niż w otoczeniu**.
- Opisuje go układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie rośnie w miarę zbliżania się do jego środka.

Wyż baryczny (antycyklon)

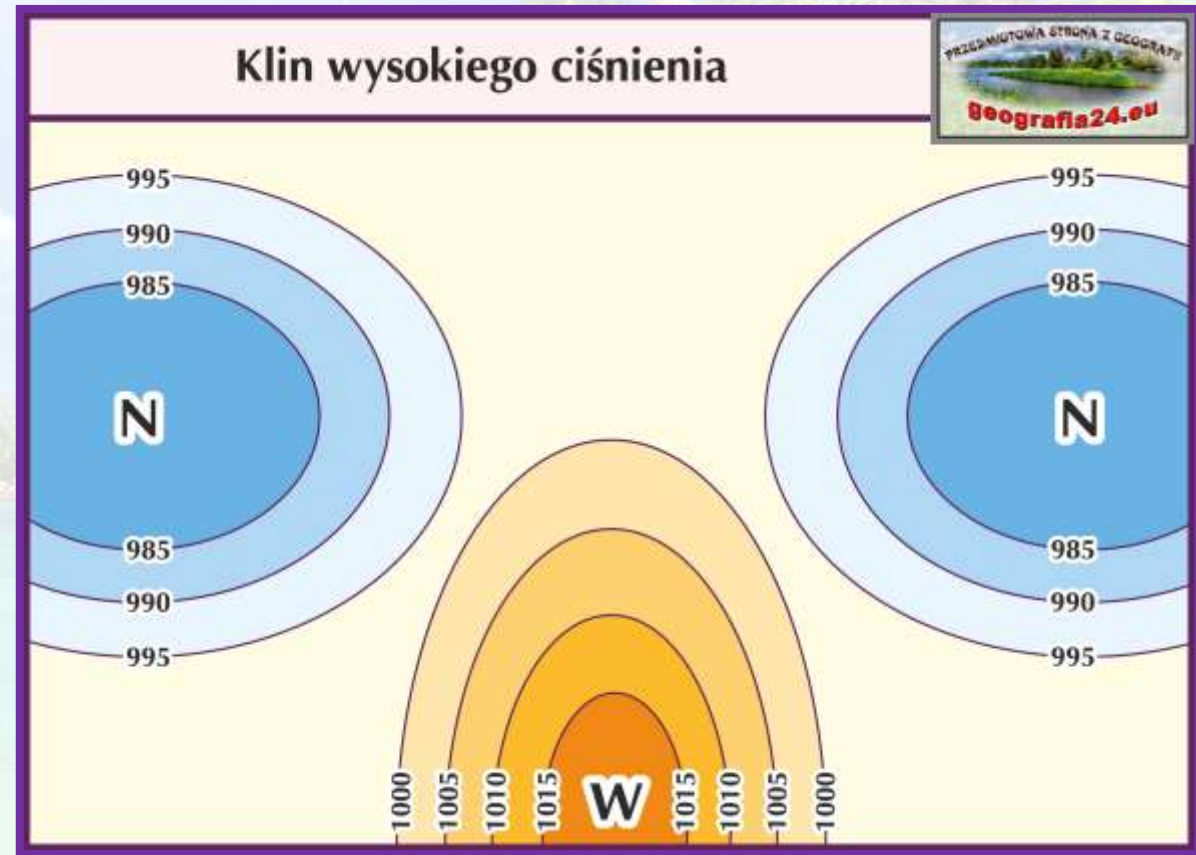


Zatoka niskiego ciśnienia i klin wysokiego ciśnienia

- **Zatoka niskiego ciśnienia** – peryferyjna część niżu pomiędzy dwoma wyżami na danym poziomie.
- Opisuje ją układ izobar w kształcie litery V, wygiętych w stronę wysokiego ciśnienia.

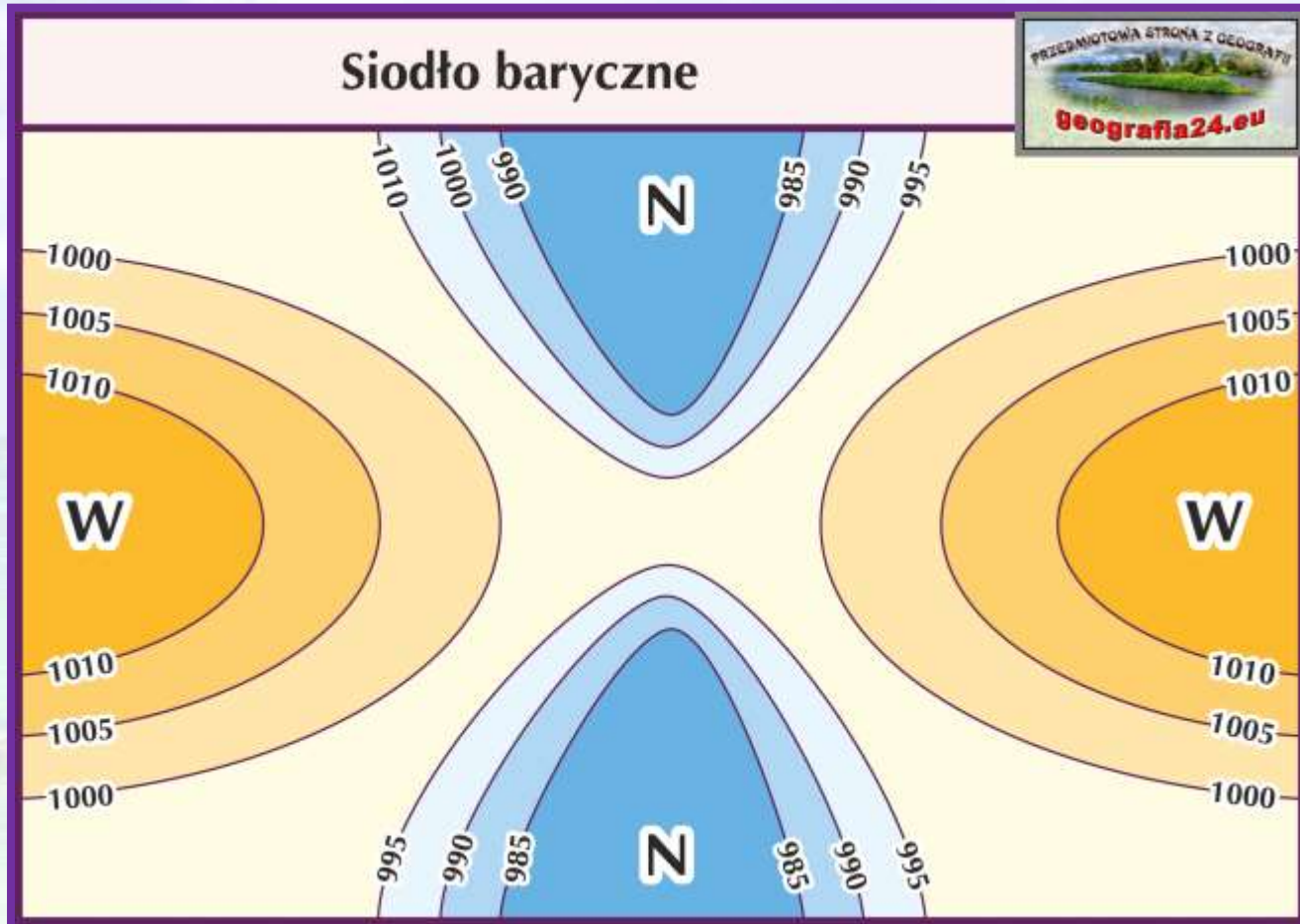


- **Klin wysokiego ciśnienia** – peryferyjna część wyżu pomiędzy dwoma niżami na danym poziomie.
- Opisuje go układ izobar w kształcie litery U, wygiętych w stronę niskiego ciśnienia.



Siodło baryczne

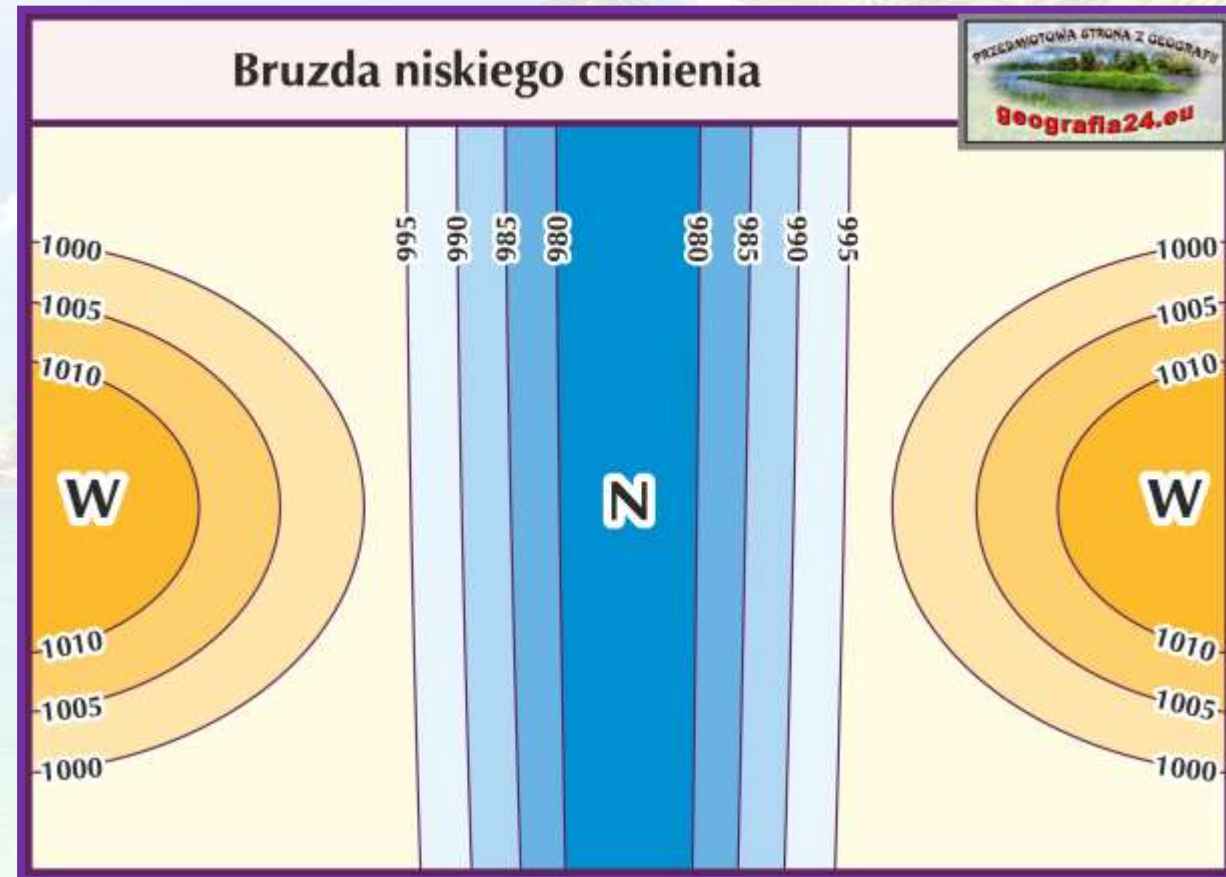
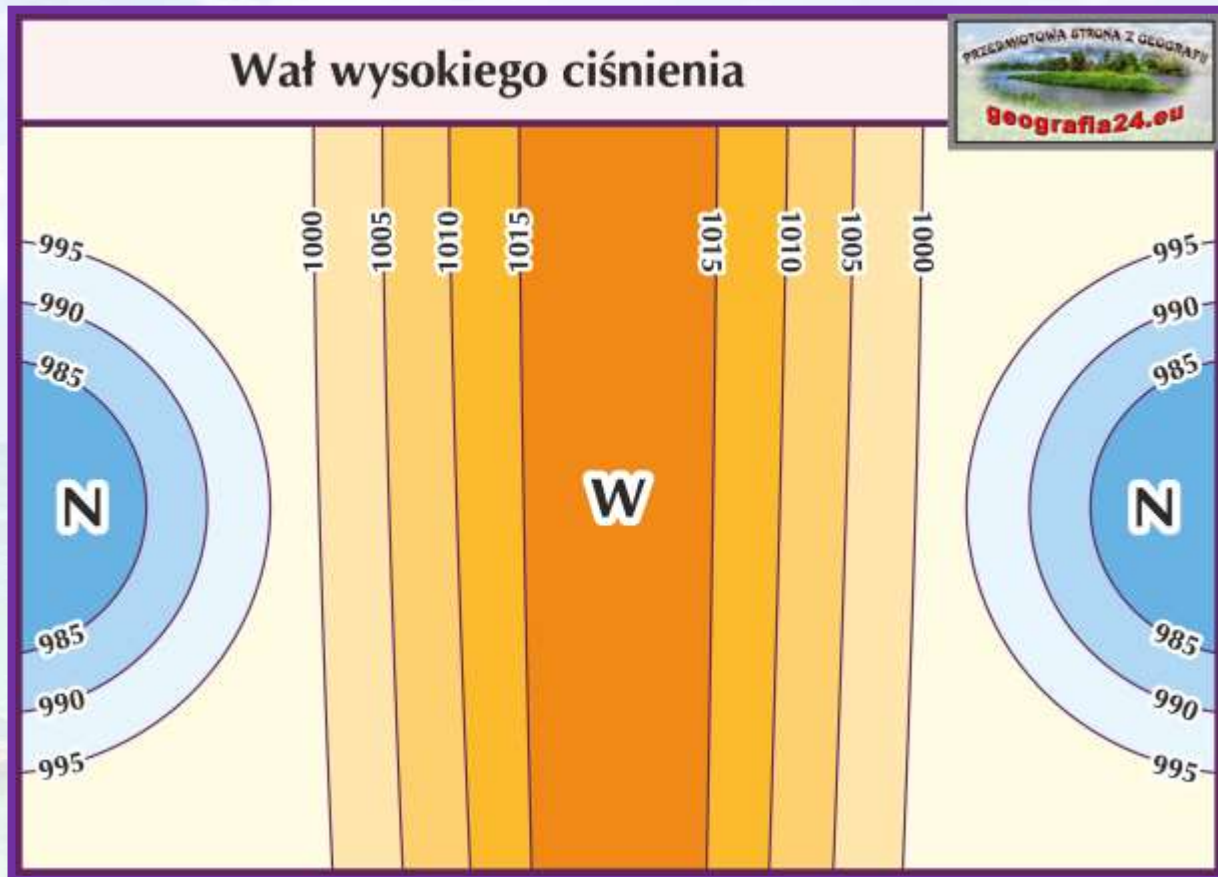
- **Siodło baryczne** – obszar w atmosferze na danym poziomie pomiędzy dwoma zatokami niskiego ciśnienia (niżami) i dwoma klinami wysokiego ciśnienia (wyżami).
- Opisuje je układ izobar w kształcie litery X.



Wał wysokiego ciśnienia i bruzda niskiego ciśnienia

- **Wał wysokiego ciśnienia** – stosunkowo rozległy pas wysokiego ciśnienia, przebiegający pomiędzy dwoma układami niskiego ciśnienia.
- Opisuje je układ izobar w kształcie (szerokiej) litery I.

- **Bruzda niskiego ciśnienia** – stosunkowo wąski pas niskiego ciśnienia, przebiegający pomiędzy dwoma układami wysokiego ciśnienia.
- Opisuje je układ izobar w kształcie (wąskiej) litery I.



Wiatr – jako rezultat różnic ciśnień

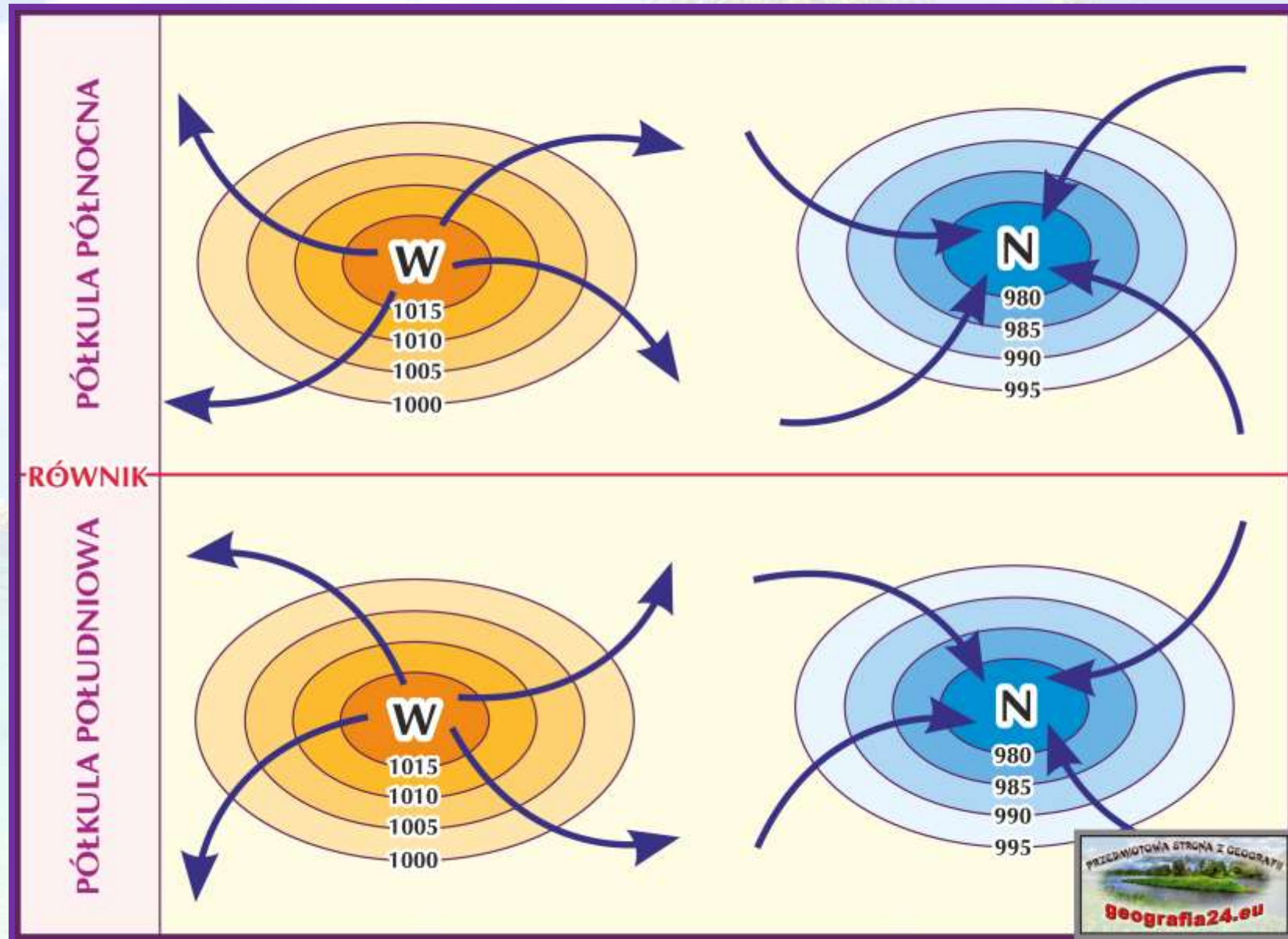
- Zróżnicowanie ciśnienia atmosferycznego na danej wysokości warunkuje poziome względem powierzchni Ziemi ruchy powietrza, czyli **wiatry**.
- Teoretycznie biorąc, cząsteczki powietrza powinny przesuwać się najkrótszą drogą ku środkowi niżu barycznego, czyli zgodnie ze zwrotem wektora siły **poziomego gradientu ciśnienia** – prostopadle do izobar.
- W rzeczywistości ich ruch jest nie tylko funkcją różnic ciśnienia na danym poziomie.
 - W różnym stopniu na poszczególnych szerokościach geograficznych jest też determinowany przez:
 - **siłę Coriolisa** – która rośnie w miarę zwiększania się szerokości geograficznej;
 - **siłę odśrodkową** – malejącą w miarę zwiększania się szerokości geograficznej.
 - Poziomy ruch powietrza przy powierzchni Ziemi jest poważnie zakłócany przez **siłę tarcia**, proporcjonalną do siły nacisku, a więc największą w przyziemnej troposferze.
 - Siła tarcia jest większa nad lądami (mającymi zróżnicowaną rzeźbę i różnorodne pokrycie), niż nad zbiornikami wodnymi, stąd też związane z nią zakłócenia wiatrów są tam bardziej odczuwalne.



Kierunek i prędkość wiatrów

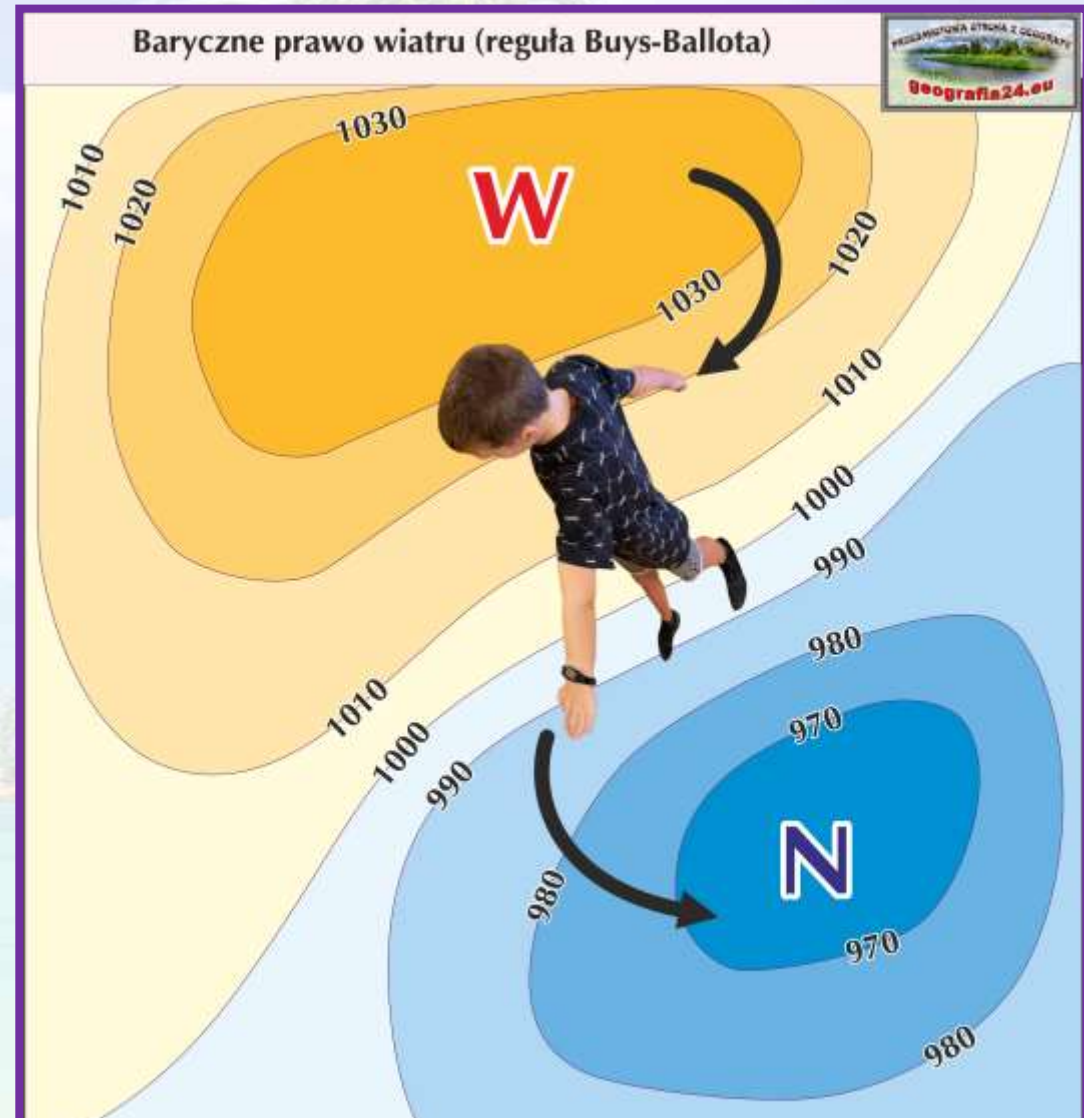
Wiatry w wyżach i niżach barycznych na obu półkulach

- W wyniku ruchu obrotowego Ziemi wiatry odchylają się zatem od kierunku początkowego, wyznaczonego przez różnice ciśnienia na danym poziomie.
- Nazwa wiatru pochodzi od kierunku z którego wieje, czyli **wiatr wiejący z kierunku zachodniego** – nazywamy **wiatrem zachodnim**.
- Prędkość wiatru zależy od różnicy ciśnienia atmosferycznego na danym obszarze – im większe zagęszczenie izobar tym większa jest prędkość wiatru.
- Prędkość wiatru jest najczęściej wyrażana w m/s lub km/h.



Baryczne prawo wiatru

- **Kierunek i prędkość wiatru** wiejącego przy powierzchni Ziemi jest więc wypadkową siły poziomego gradientu ciśnienia oraz siły Coriolisa, siły odśrodkowej i siły tarcia.
 - W rezultacie oddziaływania trzech ostatnich sił wiatr odchyła się od kierunku wyznaczonego przez ten gradient (czyli od normalnej względem izobar) o kąt mniejszy od 90° :
 - w prawo na półkuli północnej,
 - w lewo na półkuli południowej.
- Na podstawie tej prawidłowości sformułowano **baryczne prawo wiatru**.



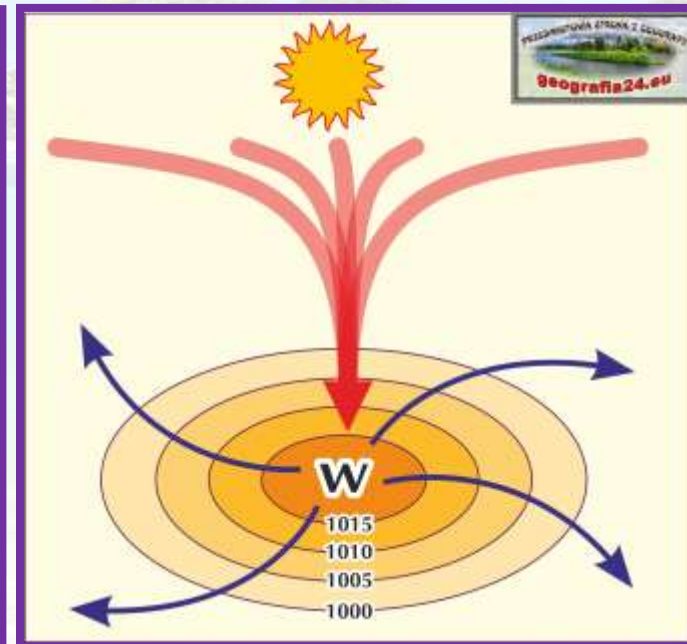
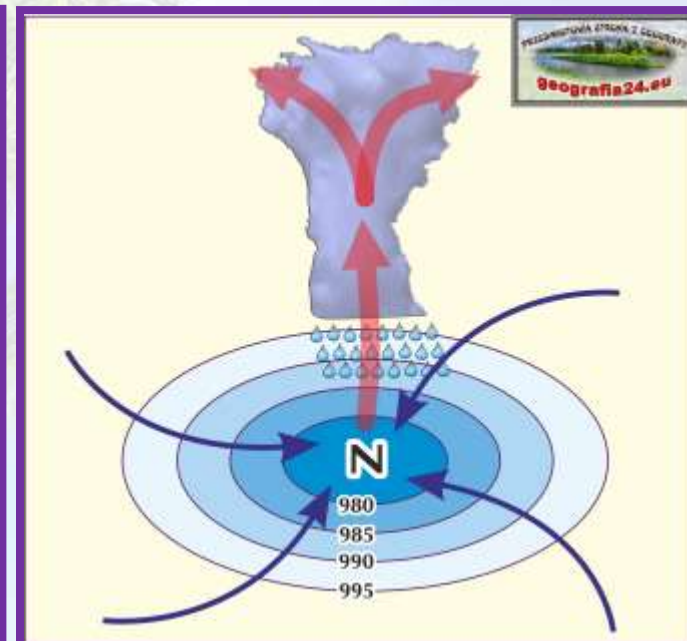
Baryczne prawo wiatru – reguła sformułowana przez Buys-Ballota, mówiąca, że gdy na półkuli północnej staniemy plecami do wiatru, to: po prawej stronie, nieco w tyle będziemy mieli najwyższe ciśnienie atmosferyczne, po lewej i nieco w przodzie najniższe.



Konwekcja

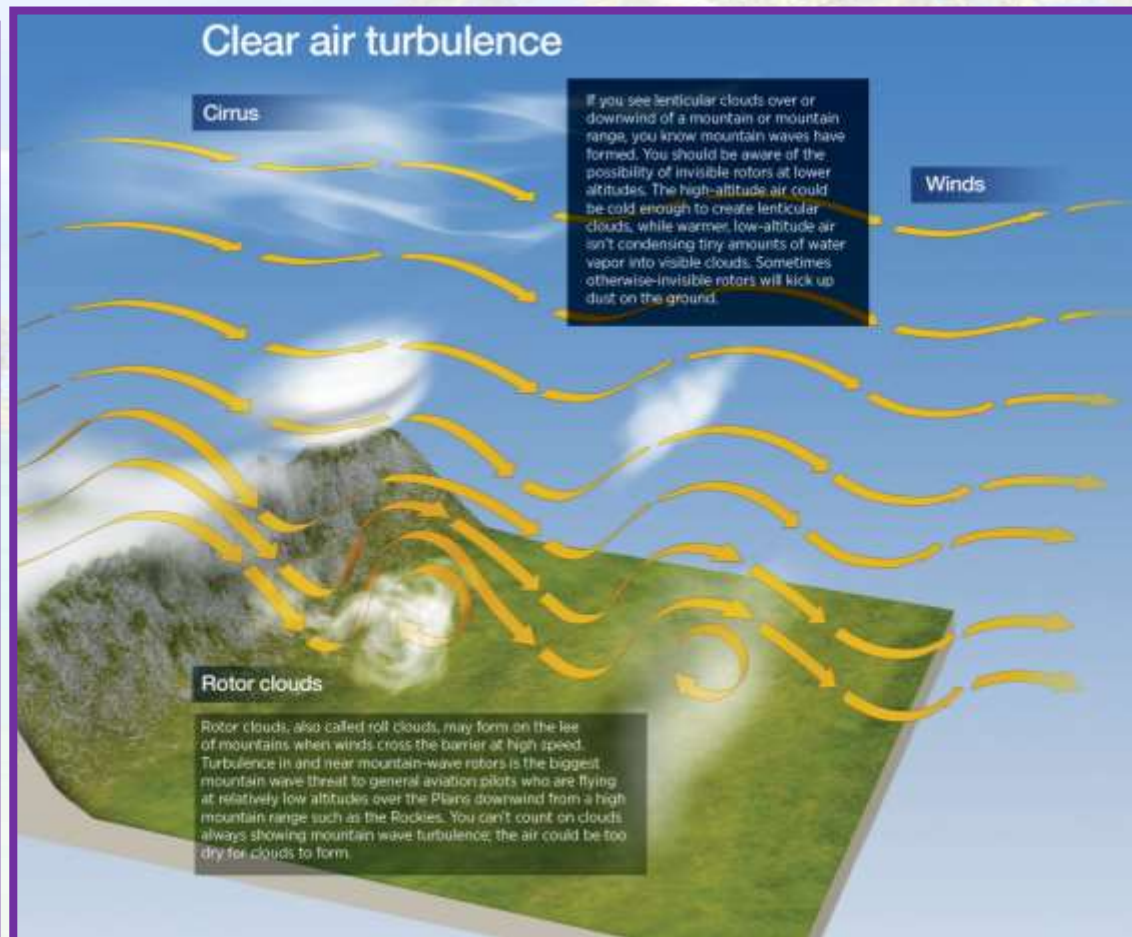
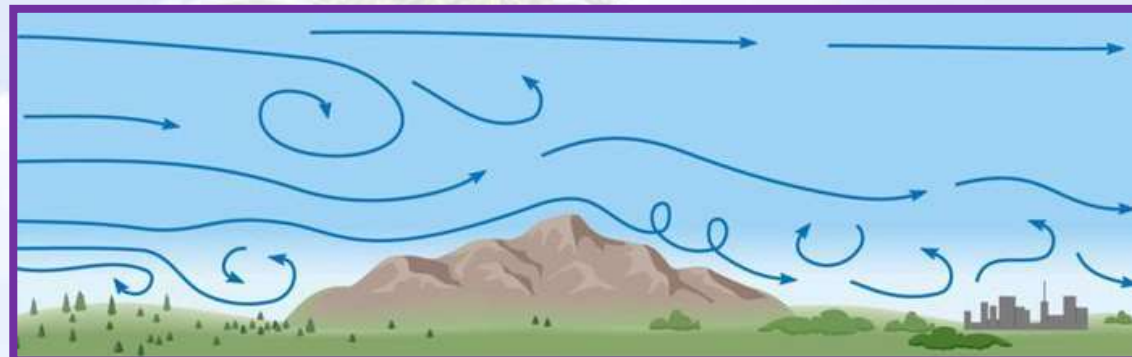
→ **Konwekcja** to pionowy ruch powietrza, tworzący się w wyniku nierównomiernego nagrzewania się powietrza zalegającego przy podłożu i wyżej w atmosferze, co w efekcie prowadzi do powstania różnicy gęstości powietrza:

- **prądy konwekcyjne wstępujące** – powstają w wyniku silnego nagrzewania się powietrza zalegającego przy podłożu,
 - powietrze to zaczyna się rozpręczać (wzrasta jego objętość i maleje gęstość) i następnie wznosić do góry,
 - skutkiem jest powstanie przy powierzchni Ziemi układu niskiego ciśnienia;
- **prądy konwekcyjne zstępujące** – powstaje, gdy napływające górami zimne masy powietrza, opadając na podłoże wywołują wzrost ciśnienia atmosferycznego,
 - skutkiem jest powstanie przy powierzchni Ziemi układu wysokiego ciśnienia.

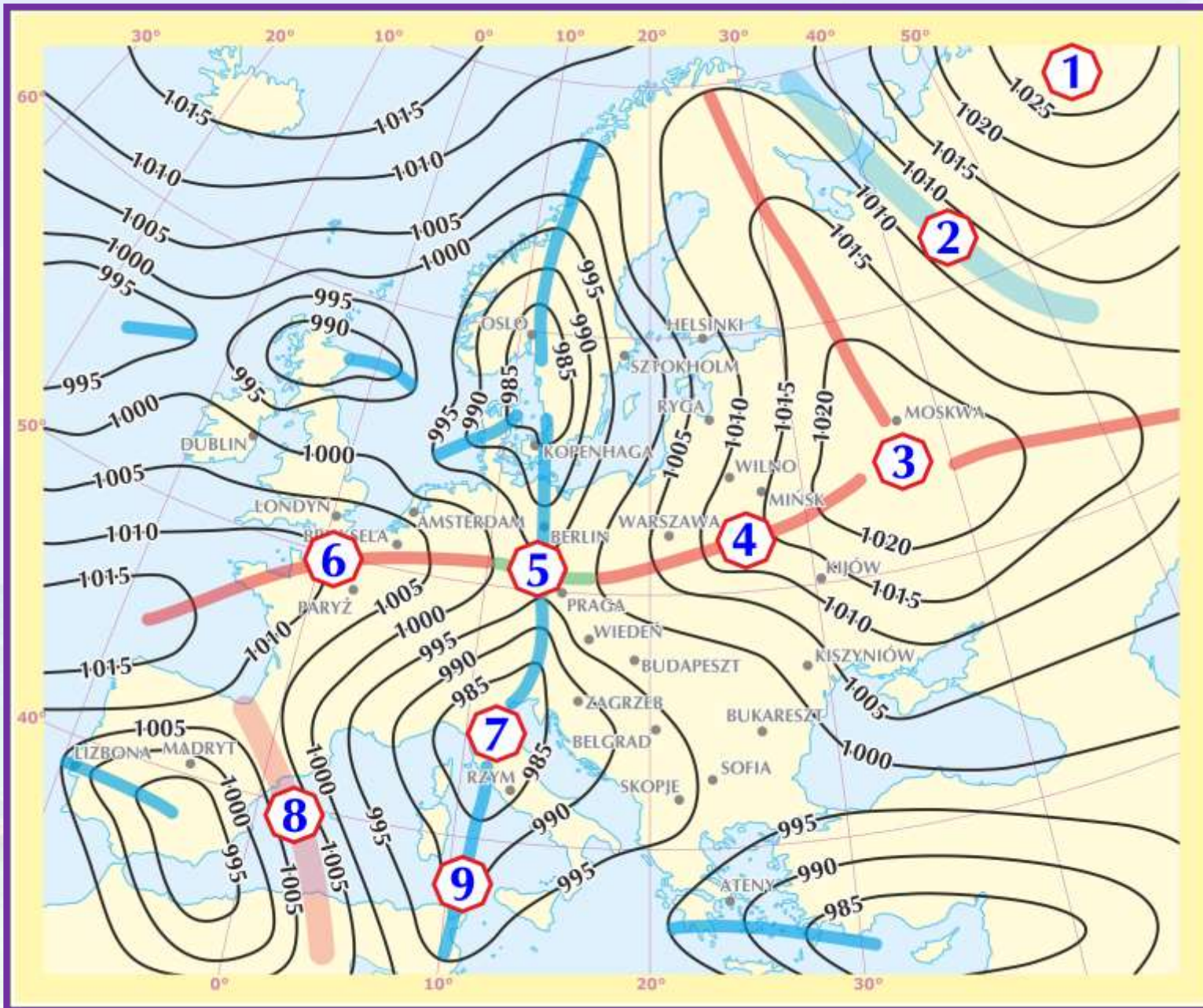


Turbulencja

- **Turbulencja** – bardzo chaotyczny ruch cząsteczek powietrza (tory ruchu cząsteczek powietrza często się krzyżują).
- Najczęściej obejmuje on swoim zasięgiem niewielki, lokalny fragment danego obszaru, na którym występują przeszkody terenowe modyfikujące przebieg wiatru.
- Przeszkodami mogą być wzniesienia, drzewa, budynki.



Ćwiczenie 1.

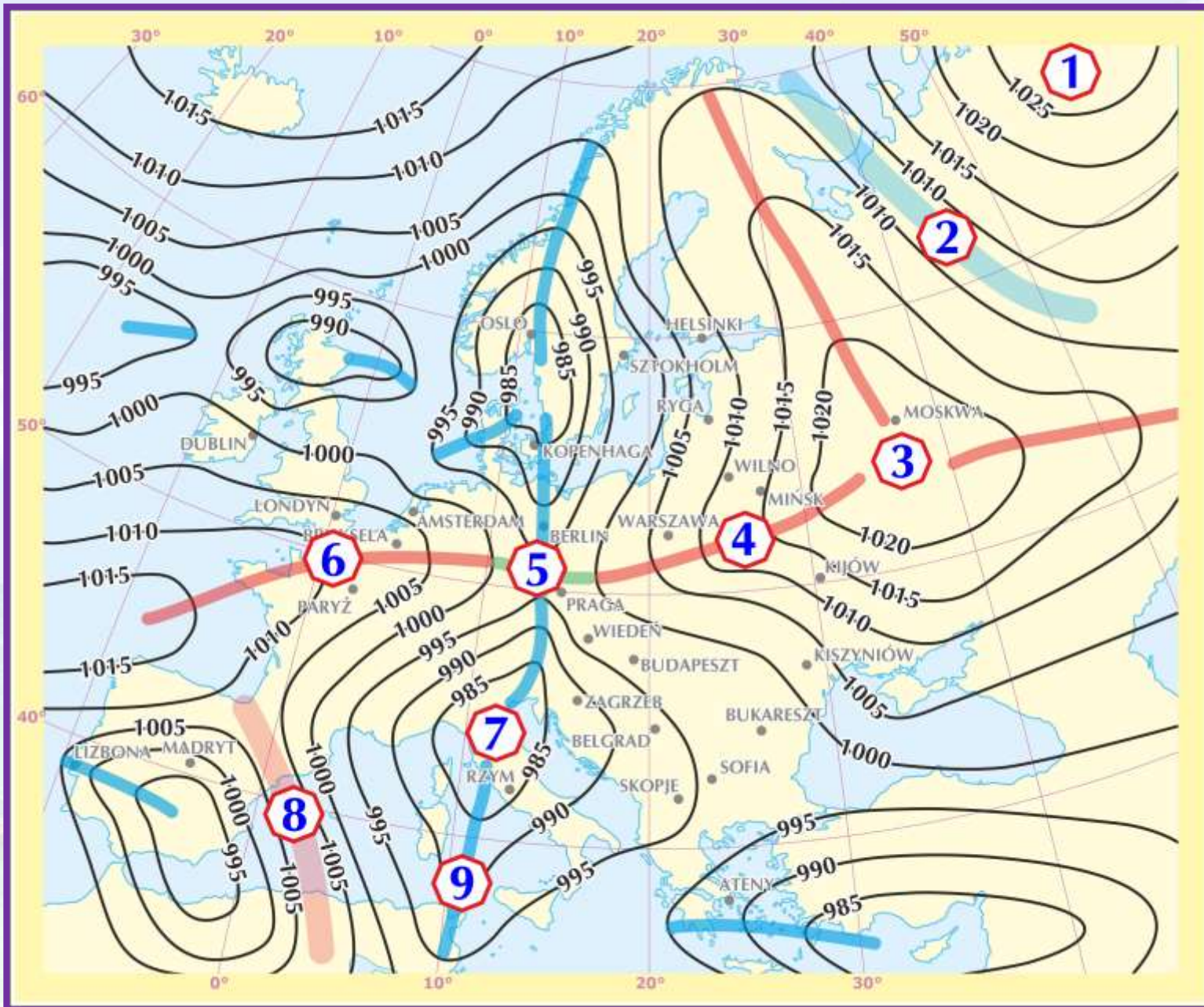


→ Dopasuj poniżej wymienione układy baryczne do miejsc wskazanych liczbami na mapie.

→ **Układy baryczne** występujące na mapie:

- niż baryczny,
- wyż baryczny,
- zatokę niskiego ciśnienia,
- klin wysokiego ciśnienia,
- bruzdę niskiego ciśnienia,
- wał wysokiego ciśnienia,
- siodło baryczne.

Ćwiczenie 1. (odpowiedź)



→ Dopasuj poniżej wymienione układy baryczne do miejsc wskazanych liczbami na mapie.

→ **Układy baryczne** występujące na mapie:

- **niż baryczny: 7,**
- **wyż baryczny: 1, 3,**
- **zatokę niskiego ciśnienia: 9,**
- **klin wysokiego ciśnienia: 4, 6,**
- **bruzda niskiego ciśnienia: 2,**
- **wał wysokiego ciśnienia: 8,**
- **siodło baryczne: 5.**

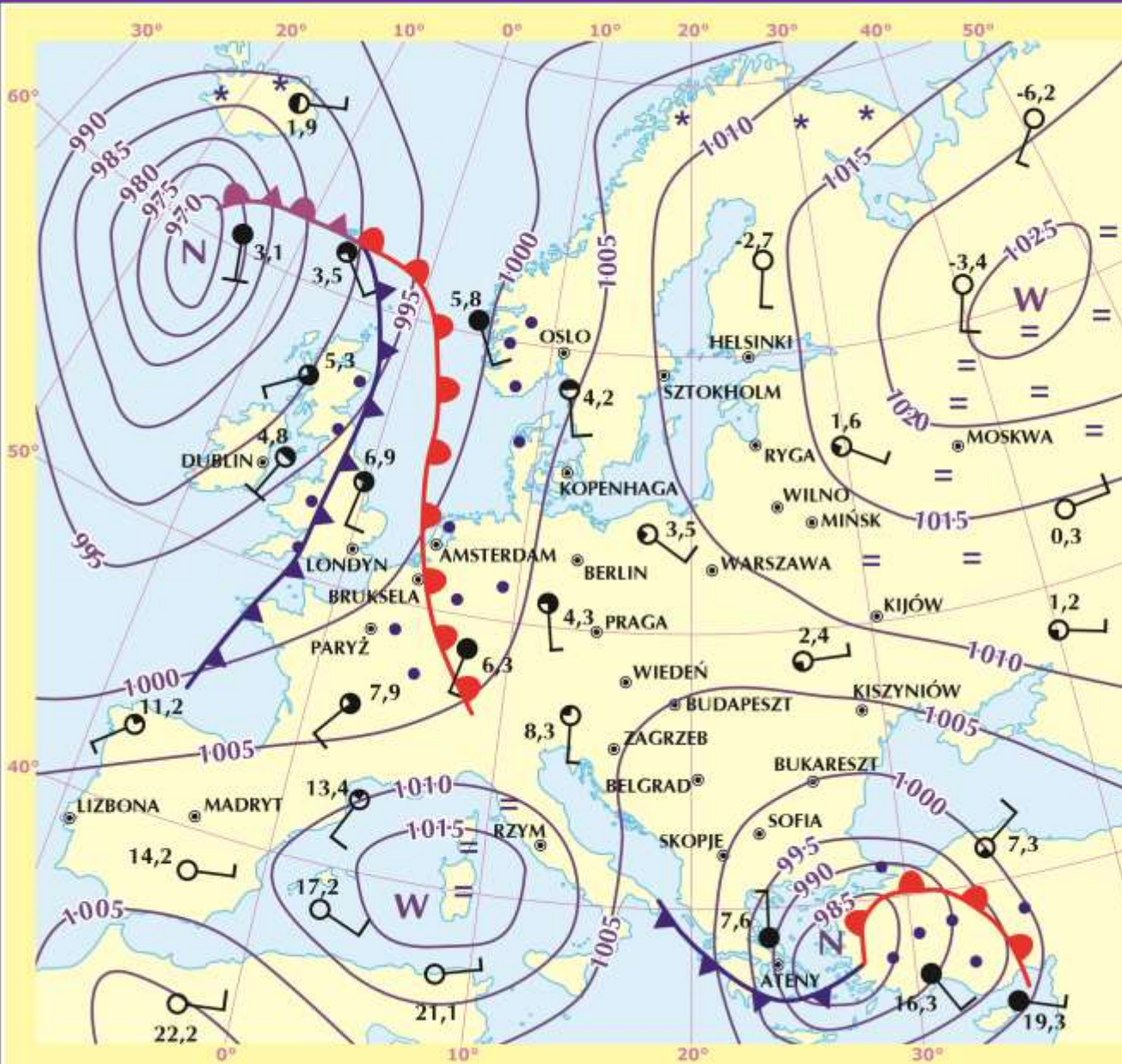
Ćwiczenie 2.



→ Wskaż występujące na mapie rodzaje układów barycznych.

→ **Układy baryczne** występujące na mapie:

- niż baryczny,
- wyż baryczny,
- zatokę niskiego ciśnienia,
- klin wysokiego ciśnienia,
- bruzda niskiego ciśnienia,
- wał wysokiego ciśnienia,
- siodło baryczne.



Fronty atmosferyczne

- ciepły
- zimny
- zokludowany
- wartości izobary
- niż baryczny
- wyż baryczny

Zachmurzenie

- 0/8
- 2-3/8
- 4-5/8
- 6-7/8
- 8/8

Wiatr

- 1 m/s
- 2,5 m/s
- 5 m/s

Zjawiska atmosferyczne

- deszcz
- śnieg
- mgła

10,0 temperatura powietrza w °C

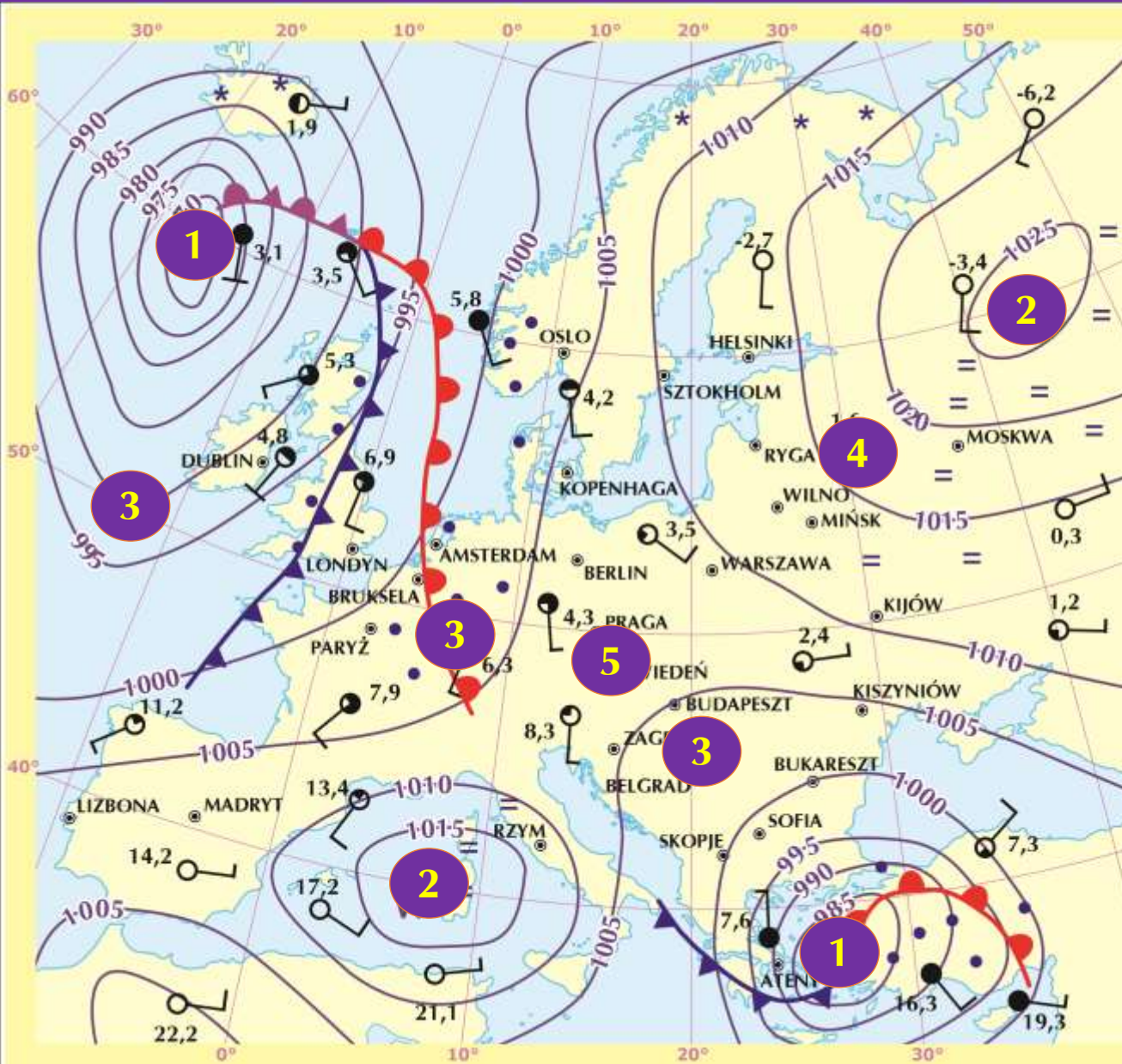
Ćwiczenie 2. (rozwiązanie)



→ Wskaż występujące na mapie rodzaje układów barycznych.

→ **Układy baryczne** występujące na mapie:

- **1** – niż baryczny,
- **2** – wyż baryczny,
- **3** – zatokę niskiego ciśnienia,
- **4** – klin wysokiego ciśnienia,
- ~~bruzda niskiego ciśnienia,~~
- ~~wał wysokiego ciśnienia,~~
- **5** – siodło baryczne.



Fronty atmosferyczne

- ciepły
- zimny
- zokludowany
- wartości izobary
- niż baryczny
- wyż baryczny

Zachmurzenie

- 0/8
- 1-3/8
- 4-5/8
- 6-7/8
- 8/8

Wiatr

- 1 m/s
- 2,5 m/s
- 5 m/s

Zjawiska atmosferyczne

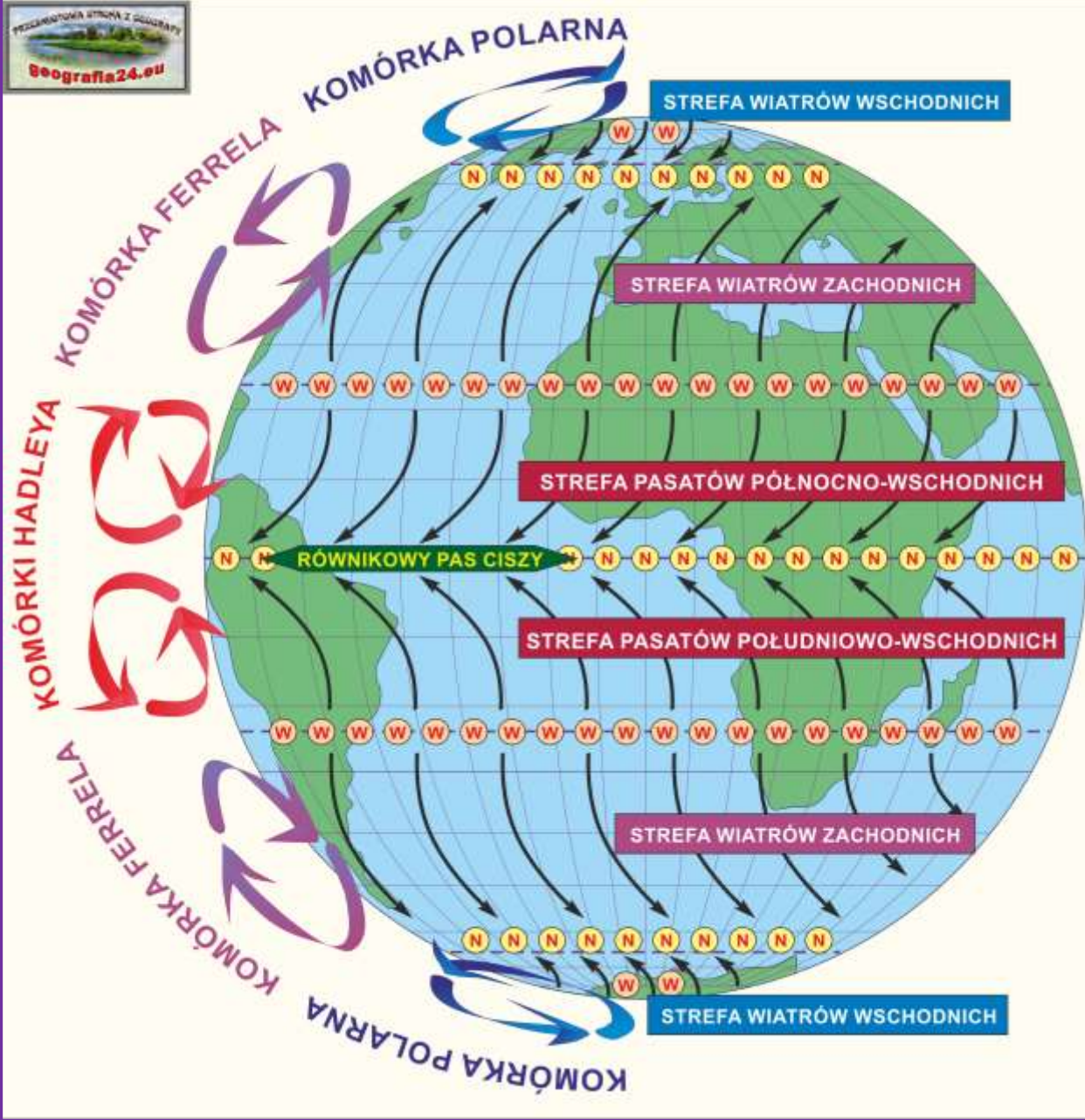
- deszcz
- śnieg
- mgła

10,0 temperatura powietrza w °C



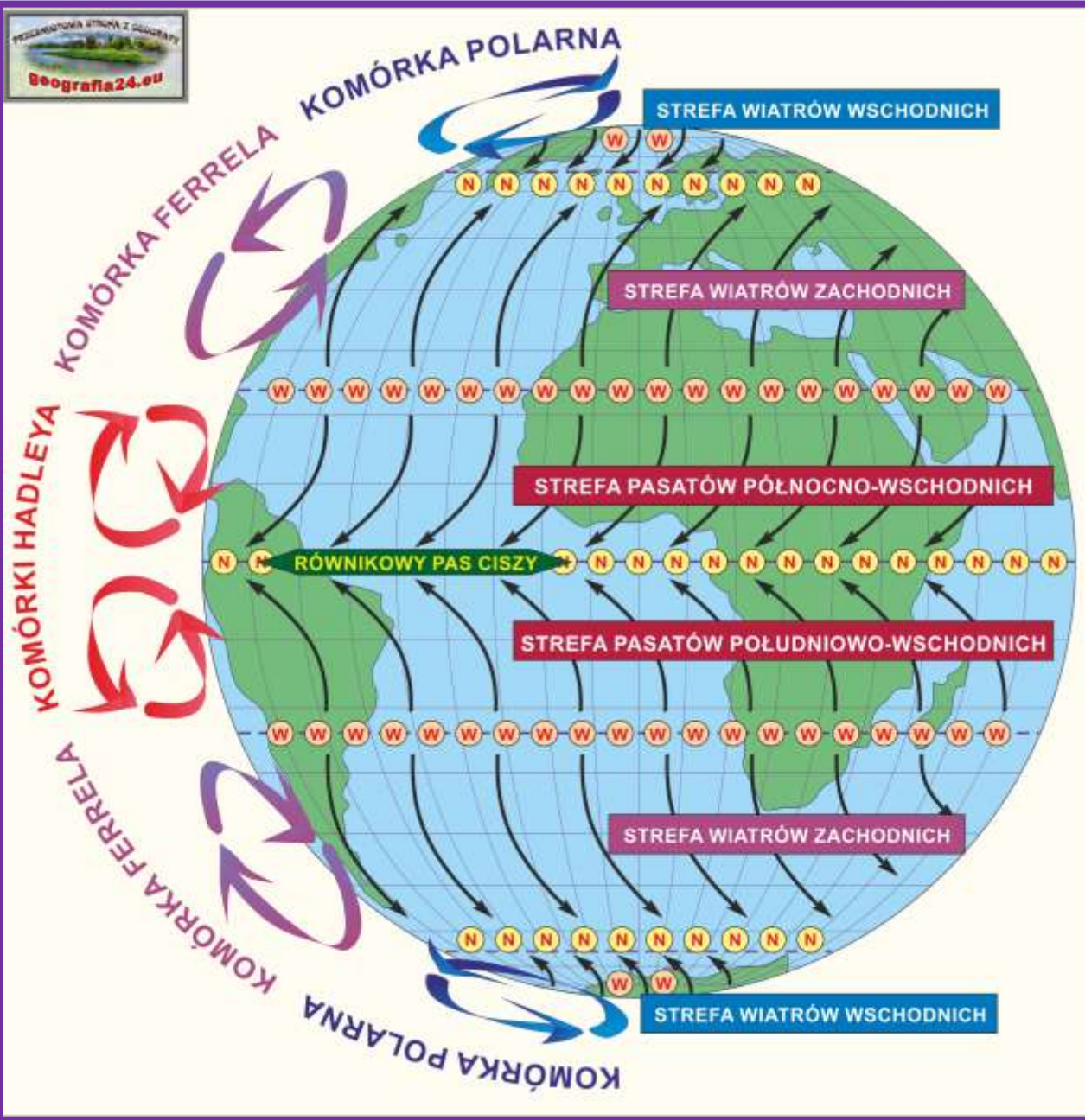
Cyrkulacja atmosferyczna

Ruch powietrza na Ziemi – globalna cyrkulacja atmosfery



- Głównym źródłem procesów zachodzących w troposferze jest **energia słoneczna**.
- Powierzchnia Ziemi jest nierównomiernie ogrzewana przez Słońce.
- Różnice temperatur wywołują z kolei zmiany w ciśnieniu atmosferycznym – tworzą się wyży i niży.
- Zróżnicowanie ciśnienia jest przyczyną powstawania wiatrów.
- Globalny ruch powietrza, odbywający się nad powierzchnią całej kuli ziemskiej, nazywamy **cyrkulacją atmosferyczną**, która zachodzi zarówno w pionie, jak i w poziomie.
- Przemieszczanie się mas powietrza przy powierzchni Ziemi jest zaburzone różnymi czynnikami:
 - ruchem obrotowym Ziemi,
 - rozmieszczeniem oceanów i kontynentów,
 - pionowym ukształtowaniem lądów.

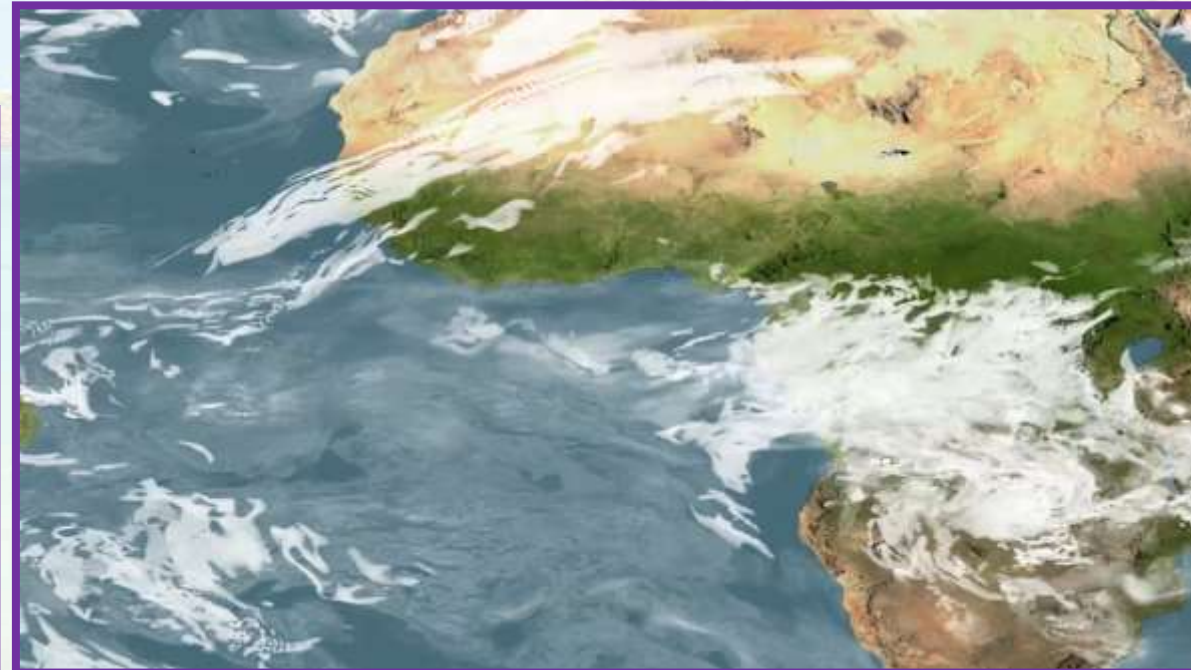
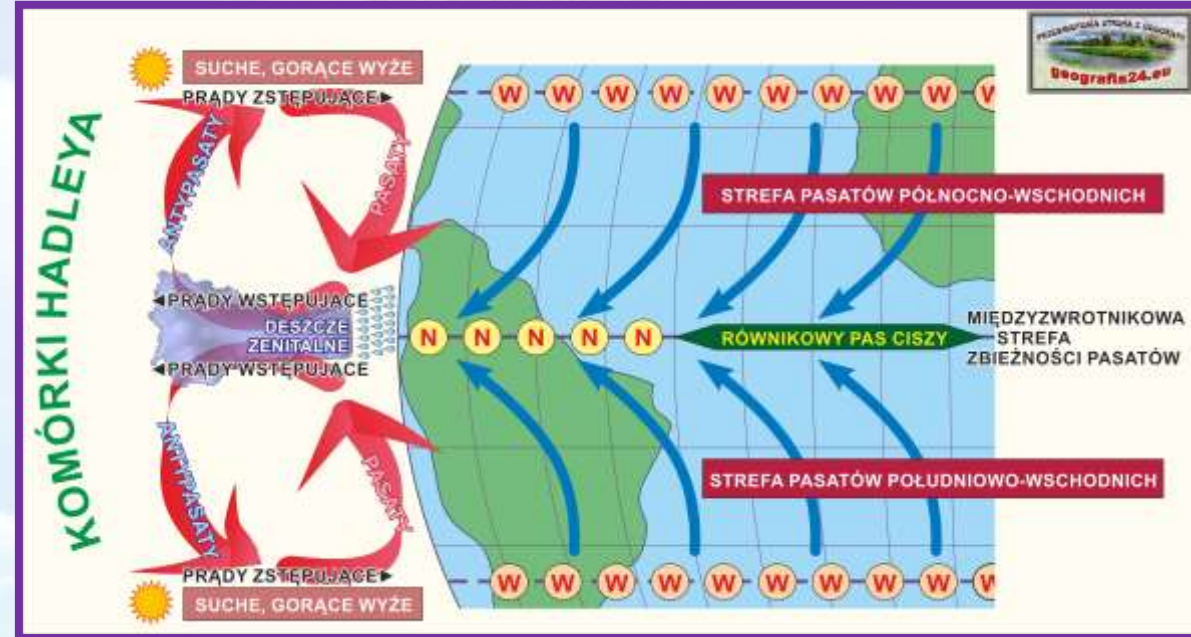
Struktura komórkowa cyrkulacji atmosferycznej



- **Globalna cyrkulacja atmosfery** ma strukturę komórkową.
- Na półkulach północnej i południowej występują po trzy komórki, w obrębie których odbywa się ruch powietrza.
- W niskich szerokościach geograficznych obu półkul występują dwie komórki cyrkulacji atmosferycznej, zwane **komórkami Hadleya**.
- Krążenie powietrza odbywa się tu między równikiem a zwrotnikami i nosi nazwę **cyrkulacji pasatowej**.
- W umiarkowanych i częściowo podzwrotnikowych szerokościach geograficznych występują dwa systemy cyrkulacji – zwane **komórkami Ferrela**.
- Powietrze krąży tu między 30° a 60° szerokości geograficznej północnej i południowej.
- Występują tu **wiatry zachodnie**
- W wyższych szerokościach geograficznych cyrkulacja powietrza zachodzi w tzw. **komórkach okołobiegunowych (polarnych)**.
- Przeważają tu **wiatry wschodnie**, a krążenie powietrza jest bardziej skomplikowane niż w innych szerokościach geograficznych.

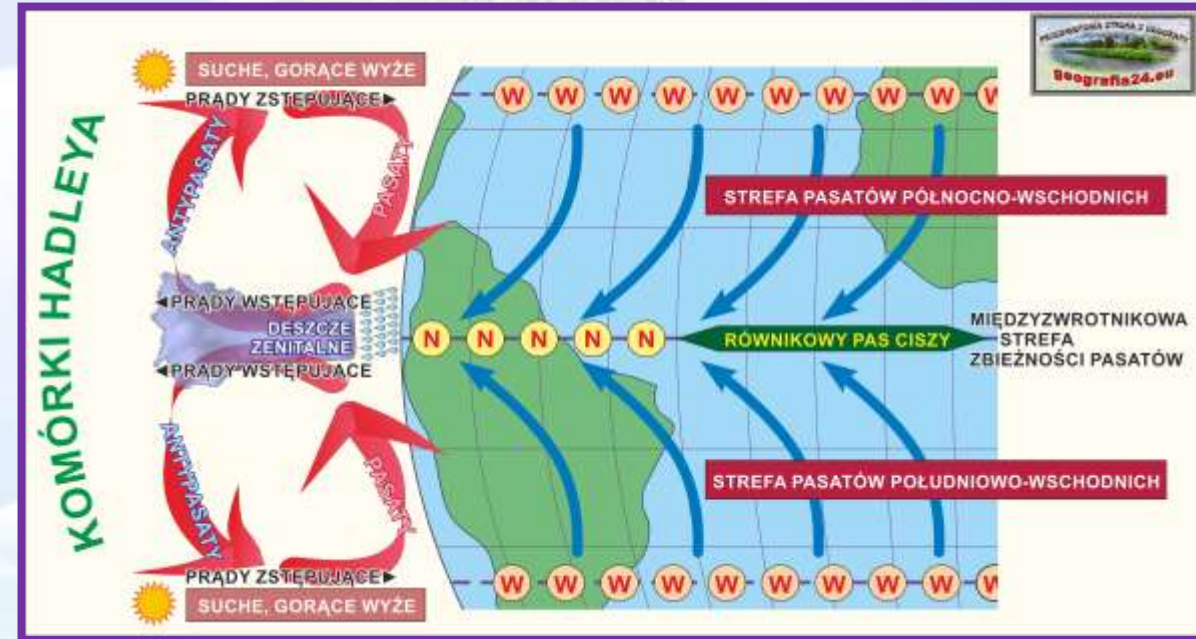
1. Cyrkulacja powietrza w strefie międzyzwrotnikowej – komórka Hadleya

- W **strefie międzyzwrotnikowej** już od rana znaczna ilość energii dostarczanej przez promieniowanie słoneczne wpływa na silne nagrzewanie Ziemi.
- Wskutek tego nad jej powierzchnią następuje silna **konwekcja termiczna**, czyli wznoszenie się powietrza ku górze (nawet prawie do granicy troposfery).
- Powietrze przy powierzchni Ziemi **rozpręża się**.
 - Tworzy się **strefa niskiego ciśnienia**.
- Silne prądy wstępujące, sięgające wiele kilometrów wwyż, przyczyniają się do powstawania potężnych chmur deszczowych, dających codziennie obfite opady – które nazywamy **deszczem zenitalnym**.



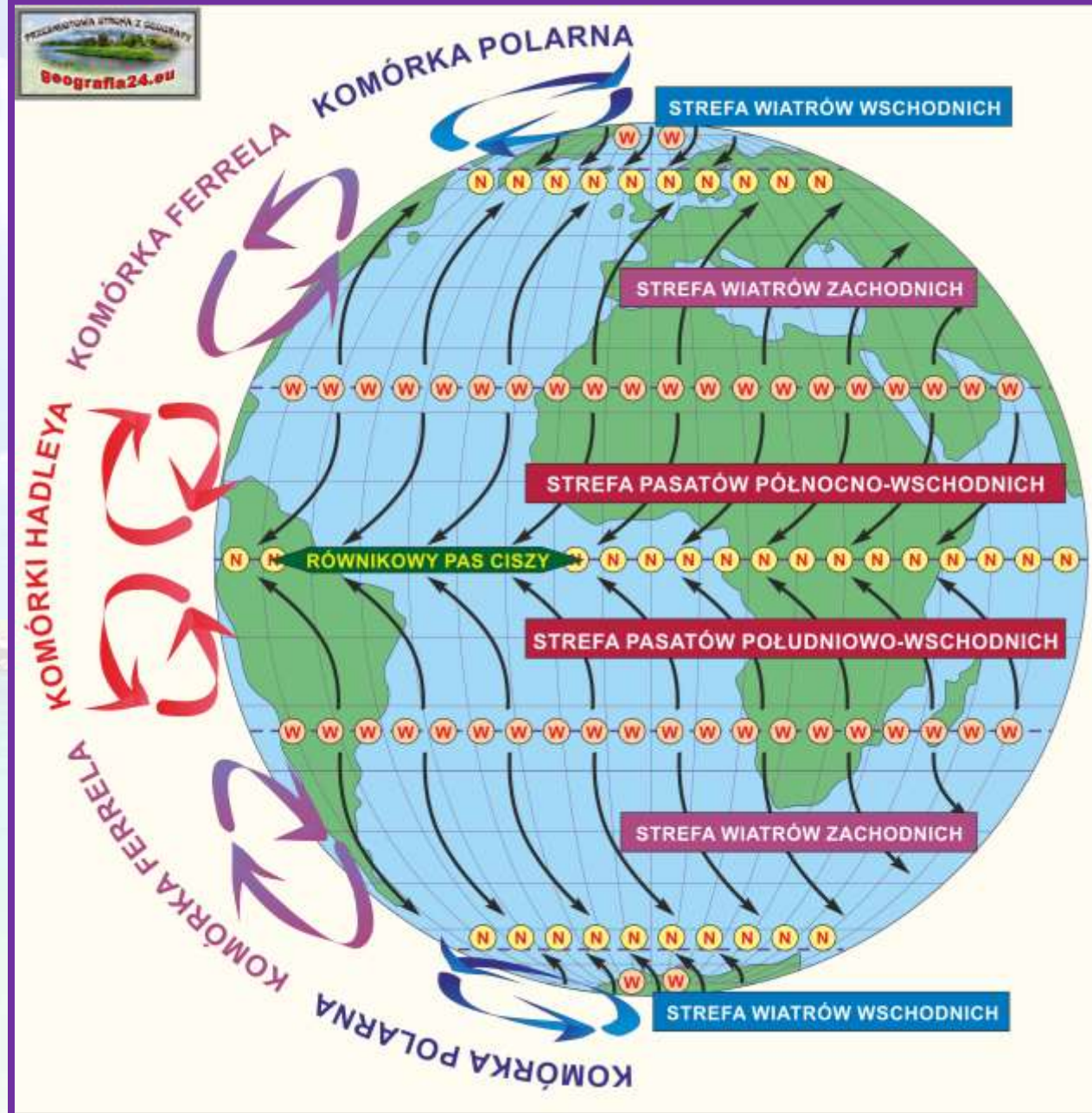
Komórka Hadleya

- Wznoszące się nad równikiem powietrze **rozdziela się w wyższych warstwach troposfery na dwa strumienie**, które kierują się ku wyższym szerokościom geograficznym.
- **Siła Coriolisa** powoduje, że nie przemieszczają się prosto na północ i południe, ale **ulegają odchyleniu** ku wschodowi.
- Ponadto “zawężenie przestrzeni”, po której przemieszcza się powietrze, powoduje ściskanie (stłoczenie) powietrza.
- W rezultacie w postaci **antypasatów** dociera ono najdalej do około 35° szerokości geograficznej północnej i południowej.
 - Takie prądy powietrzne w górnej troposferze są skierowane od równika ku zwrotnikom.
 - Są one chłodne i suche.
- Opadanie ku powierzchni Ziemi stłoczonego powietrza pod wpływem grawitacji w rejonach zwrotników powoduje wzrost ciśnienia.
 - Nad zwrotnikami tworzy się obszar wysokiego ciśnienia atmosferycznego (są to tzw. **wyże dynamiczne**).
 - Jest ono rozładowywane przez odpływ powietrza ku równikowi i wyższym szerokościom geograficznym.

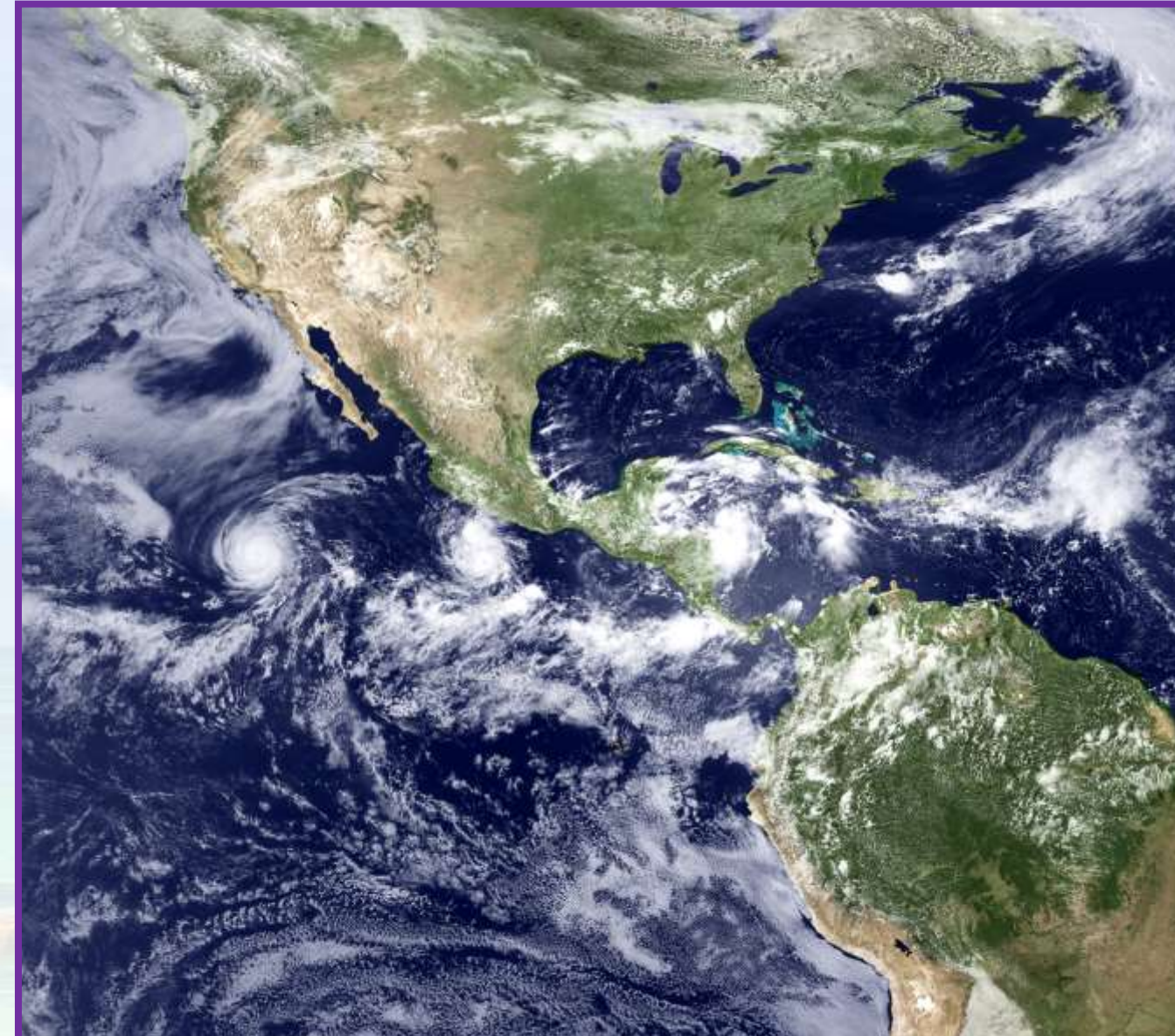


Komórka Hadleya

- Stałe wiatry, wiejące od wyźów zwrotnikowych w kierunku równika, gdzie panuje niskie ciśnienie atmosferyczne, nazywamy **pasatami**.
- Wskutek działania siły Coriolisa wiatry te są odchylane:
 - **na półkuli północnej** w prawo:
 - **wiatry północno-wschodnie**,
 - **na półkuli południowej** w lewo:
 - **wiatry południowo-wschodnie**.
- Pasaty są głównym elementem cyrkulacji powietrza w obrębie komórek Hadleya.
- Zamknięty obieg powietrza między zwrotnikami a strefą równikową nazywamy **cyrkulacją pasatową**.



Równikowa bruzda niskiego ciśnienia

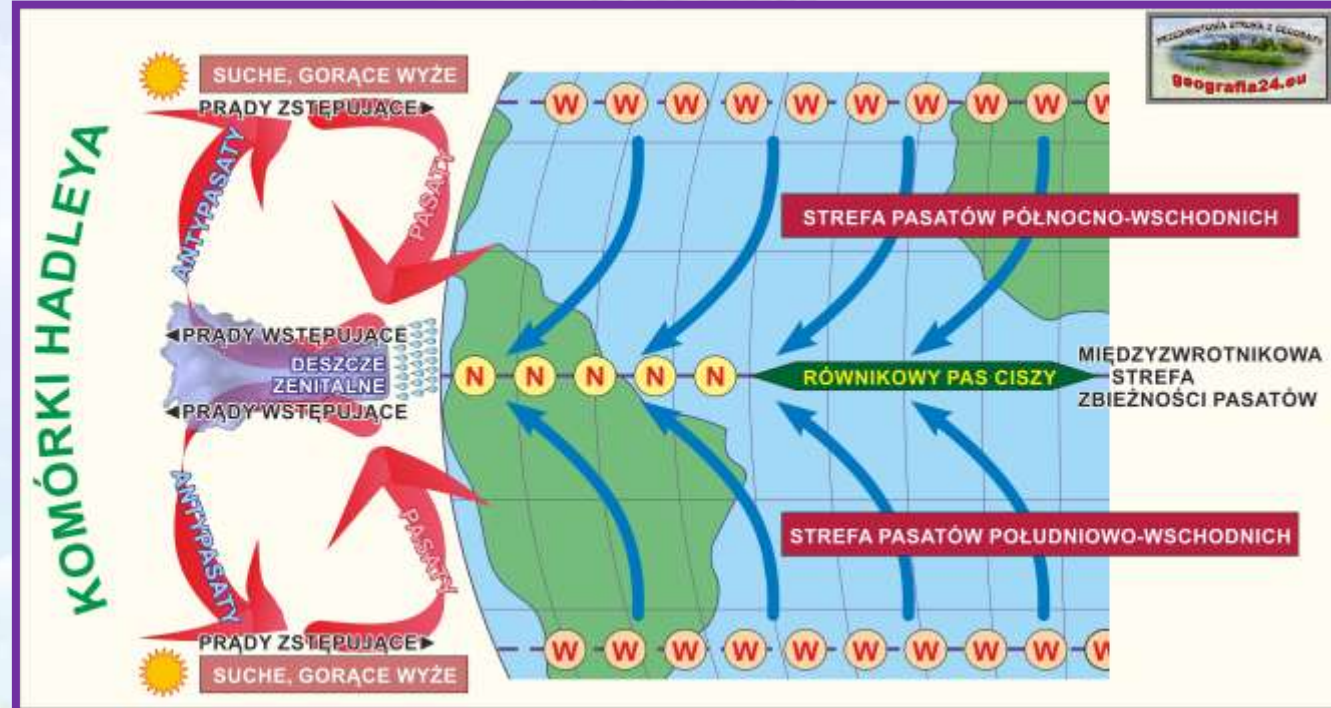


Dobrze widoczna strefa konwergencji równikowej.
Widoczna na zdjęciu jako układ najbielszych (najwyższe wierzchołki) chmur.

- W pobliżu równika przez obszar całej Ziemi ciągnie się pas obniżonego ciśnienia atmosferycznego, zwany **równikową bruzdą niskiego ciśnienia**.
- Rozdziela on strefy pasatów na półkuli północnej i południowej.
- Wieją tu słabe wiatry, natomiast występuje intensywna **konwekcja** oraz duże **opady atmosferyczne** i towarzyszące im **burze**.
- Położenie równikowej bruzdy niskiego ciśnienia zmienia się w ciągu roku i zależy od położenia Słońca na nieboskłonie.
- Na niektórych obszarach strefy międzyzwrotnikowej nad oceanami powstają **cyklony tropikalne**.
 - Są to układy niskiego ciśnienia tworzące wiry atmosferyczne.
 - Cyklony wkraczające na obszary lądowe powodują często katastrofalne skutki:
 - ogromne zniszczenia w zabudowie,
 - straty na polach uprawnych,
 - częste powodzie.

Międzyzwrotnikowa strefa zbieżności (strefa zbieżności pasatów)

- Pasaty obu półkul są rozdzielone strefą przejściową, zwaną **międzyzwrotnikowa strefa zbieżności**,
 - w skrócie **MSZ** (inaczej także **strefa zbieżności pasatów**).
- Pokrywa się ona z **międzyzwrotnikową strefą niskiego ciśnienia**.
- Niegdyś całą tę strefę uznawano za **równikowy pas ciszy**, czyli strefę charakteryzującą się brakiem wiatrów lub słabymi wiatrami zachodnimi.
 - Dzisiaj wiadomo, że pasy ciszy utrzymują się tylko na tych obszarach MSZ, gdzie pasaty obu półkul stosunkowo wcześnie słabną i zanikają.
 - W rezultacie nie spotykają się.
 - Dzieje się tak głównie nad oceanami, gdzie MSZ jest najszersza.
 - Na pozostałych obszarach tej strefy pasaty obu półkul stykają się i mogą przechodzić jedno w drugie.



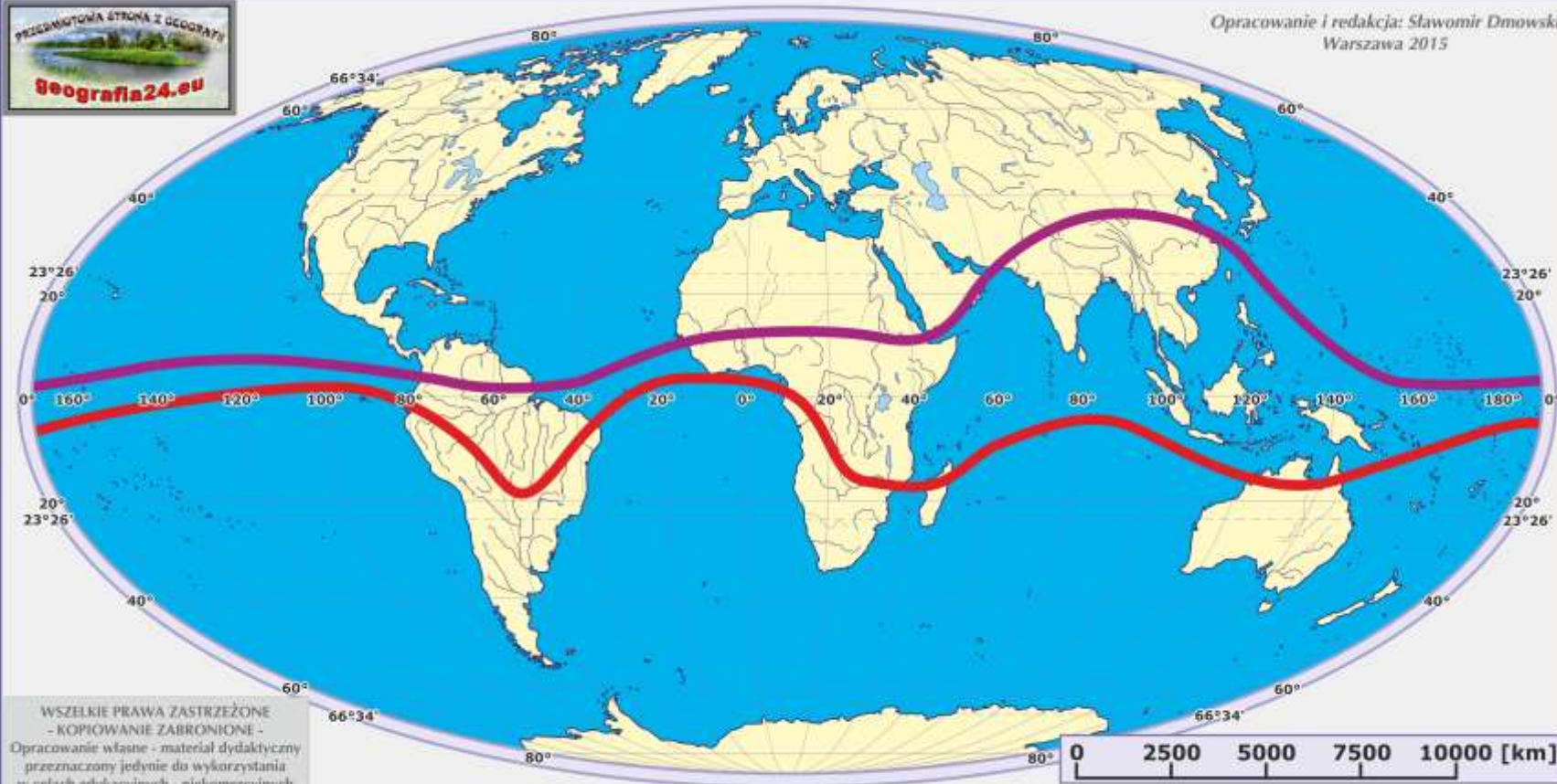
Międzyzwrotnikowa strefa zbieżności (strefa zbieżności pasatów)

- W ciągu roku MSZ przemieszcza się zgodnie ze zmianami zenitalnego położenia Słońca,
 - bardziej na półkuli wschodniej, gdzie udział lądów jest stosunkowo duży.
 - Skutkiem przemieszczania się MSZ jest występowanie w strefie okołorównikowej **pory deszczowej i suchej**.

Położenie międzyzwrotnikowej strefy zbieżności (MSZ) (strefa zbieżności pasatów)



Opracowanie i redakcja: Sławomir Dmowski
Warszawa 2015



WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -
Opracowanie własne - materiał dydaktyczny
przeznaczony jedynie do wykorzystania
w celach edukacyjnych - niekomercyjnych



Międzyzwrotnikowa strefa zbieżności (strefa zbieżności pasatów)

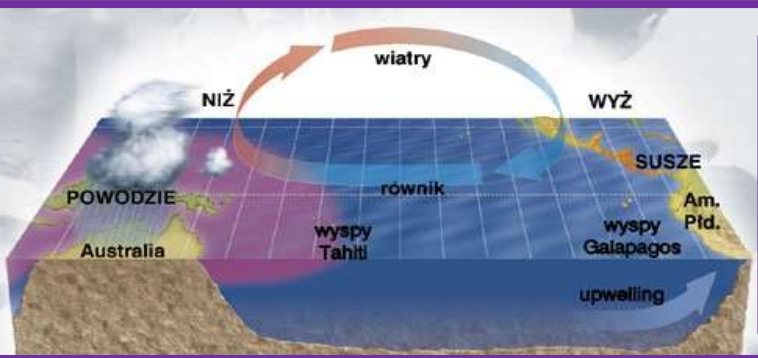
- Wraz z tym przesuują się intensywne opady i burze, związane z typową dla niej silną konwekcją termiczną i towarzyszącym jej adiabatycznym ochładzaniem mas powietrza.
- Obszary oceaniczne w tej strefie są też miejscem powstawania potężnych zaburzeń atmosferycznych – **cyklonów tropikalnych**.
- Tworzą się one najczęściej wiosną i latem nieopodal wybrzeży południowo-wschodniej i południowej Azji oraz Ameryki Środkowej.



Wpływ pasatów na cyrkulację w strefie międzyzwrotnikowej – El Niño

→ Pasaty wywierają znaczny wpływ na temperaturę i ruchy wód oceanicznych w strefie międzyzwrotnikowej.

→ Dowodzą tego obserwacje prowadzone od prawie 80 lat na Pacyfiku.

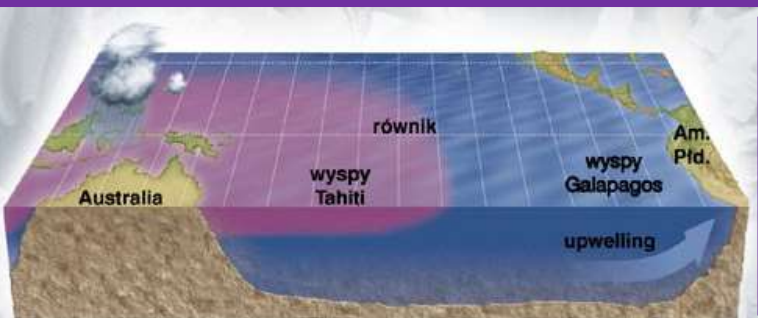


Faza zimna – La Niña

Podczas fazy La Niña (hiszp. dziewczynka) pasaty wieją silniej niż zwykle. Większa ilość wilgoci dociera nad zachodni Pacyfik, powodując powódzie. Jednocześnie na wschodzie brakuje opadów deszczu.

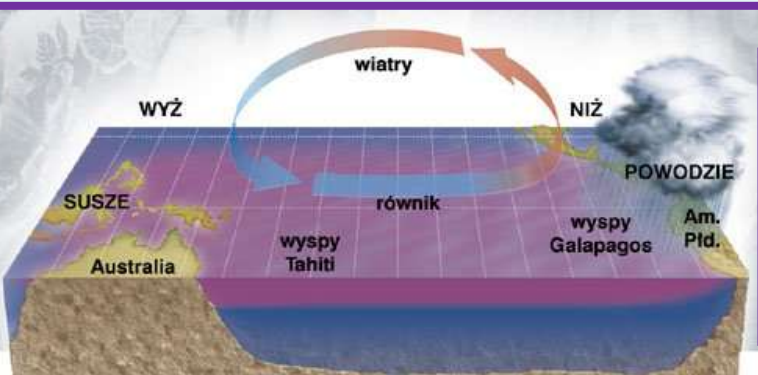


Susza w Filipinach (osłabienie monsunu letniego)



Faza normalna

Faza normalna to stan oceanu pośredni między La Niña i El Niño. Nie występują ekstremalne opady i susze. Zjawisko upwellingu zasila wody powierzchniowe u wybrzeży Ameryk w życiodajne substancje odżywcze.



Faza ciepła – El Niño

Podczas El Niño (hiszp. dzieciątko Jezus, chłopiec) wiatry spychają wilgotne powietrze na wschód, odbierając życiodajne opady południowo-wschodniej Azji i Australii. Ustaje także zjawisko upwellingu.

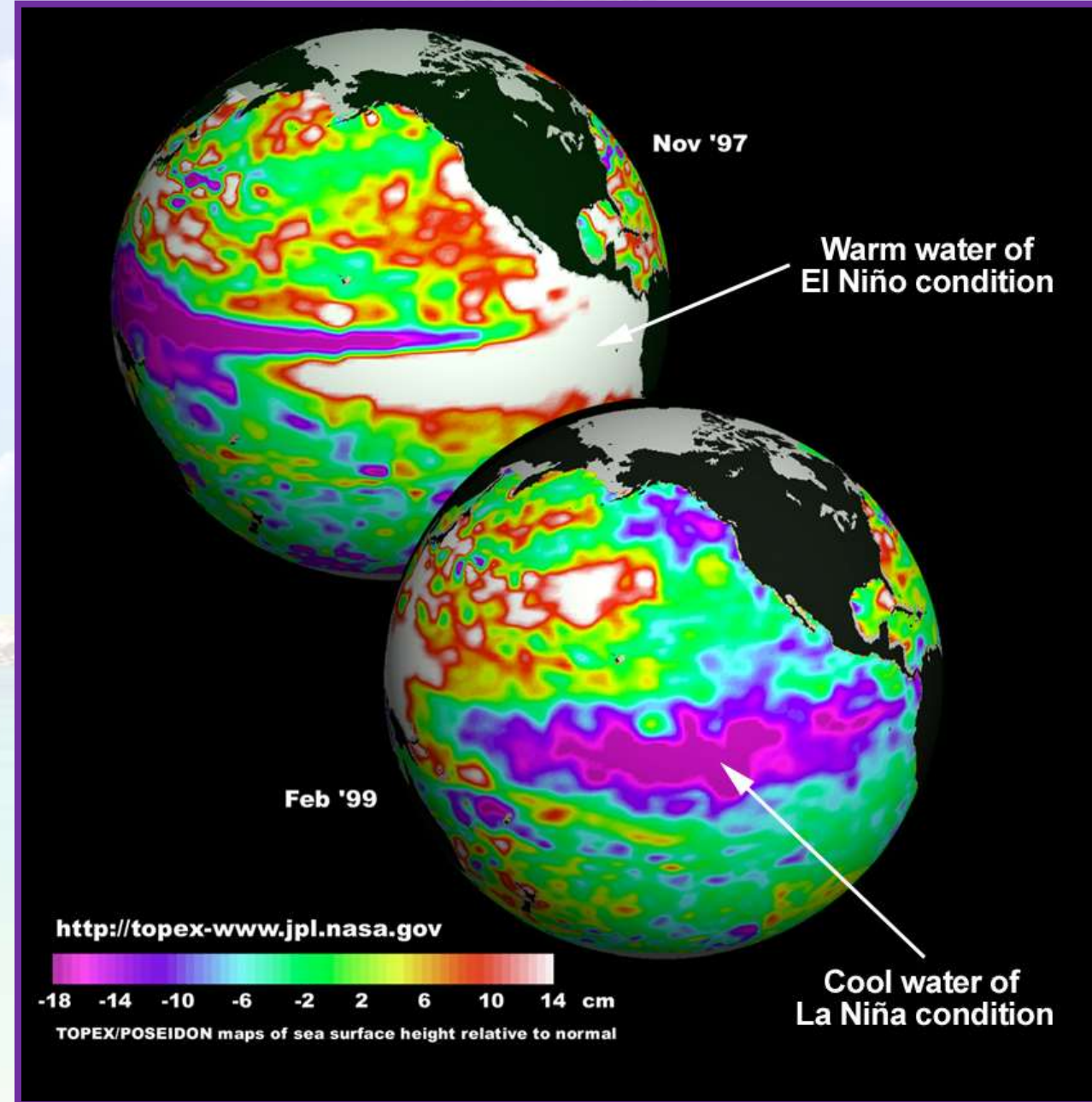
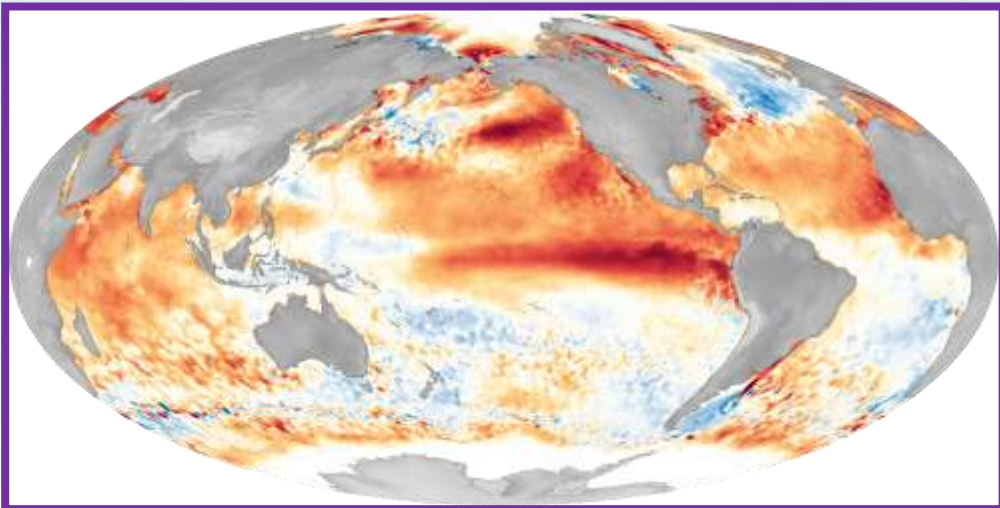


Rozkwit życia na Pustyni Atakama

Przyczyny El Niño

→ Do niedawna nie znano przyczyny nieregularnego ocieplania się wód powierzchniowych we wschodniej części Oceanu Spokojnego, wpływającego nie tylko na perturbacje klimatyczne, ale również na zmniejszenie produktywności biologicznej jego akwenów u wybrzeży Peru i Chile.

- Dzisiaj już wiadomo, że **El Niño** jest odpowiedzią oceanu na zmiany cyrkulacji atmosfery nad Pacyfikiem w szerokościach okołorównikowych, czyli na zaburzenia **oscylacji południowej**.
- Jego przyczynę klimatolodzy zatem znają.
 - Nadal jednak nie wiedzą co wpływa na okresowe osłabienie pasatów.



Skutki El Niño

- Skutkiem zjawiska El-Niño jest występowanie anomalii klimatycznych na całym świecie:
 - na zachodnich, zwykle suchych wybrzeżach Ameryki Południowej, występują znaczne opady atmosferyczne i w konsekwencji tego powodzie i ruchy masowe (spływy błotne),
 - w Australii i Azji Południowo-Wschodniej zamiast znacznych letnich opadów związanych z monsunem letnim, występują niewielkie opady i w konsekwencji dotkliwe susze.



Susza w Indiach



Powódź w Boliwii

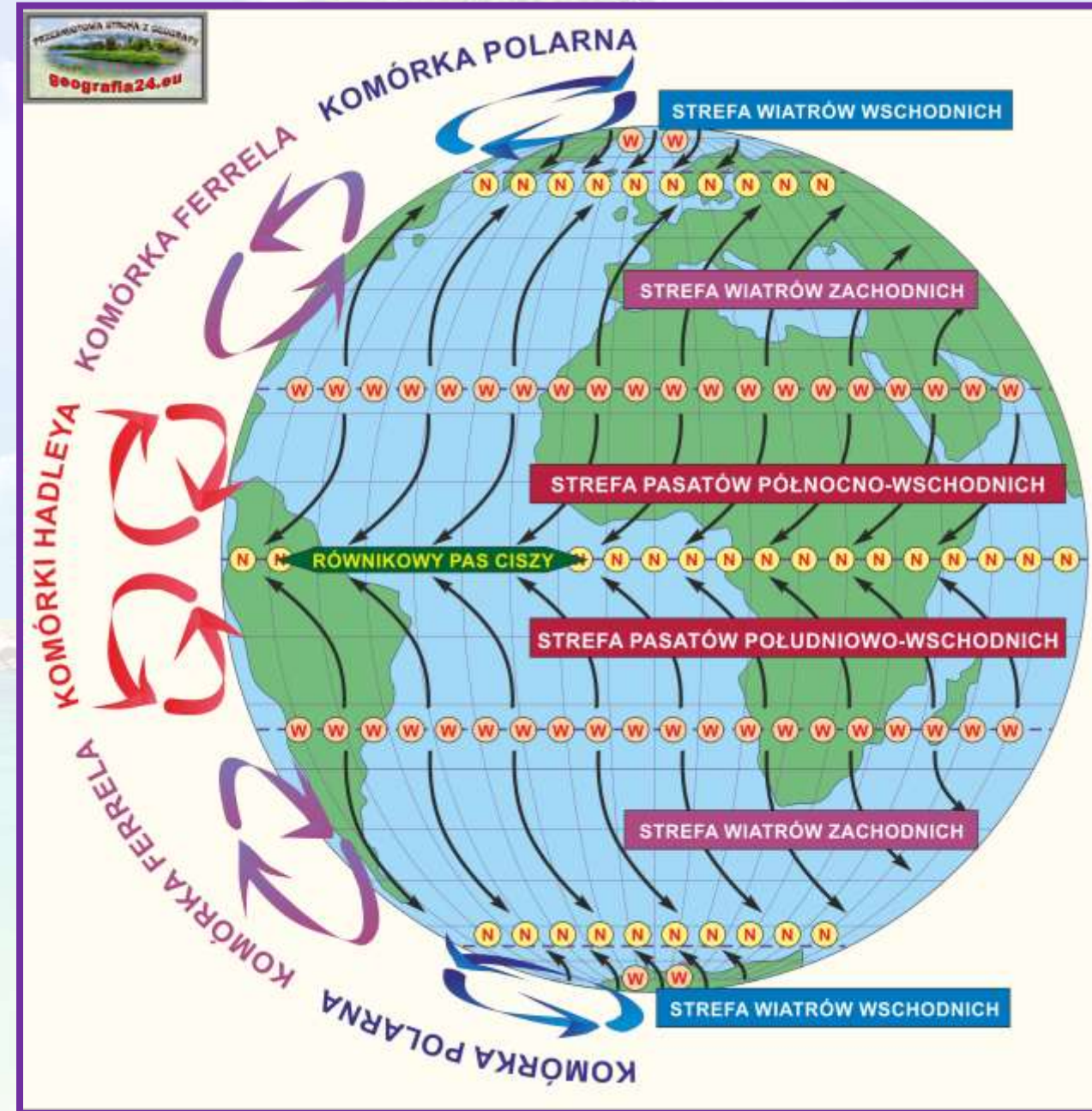


Burza piaskowa w Australii



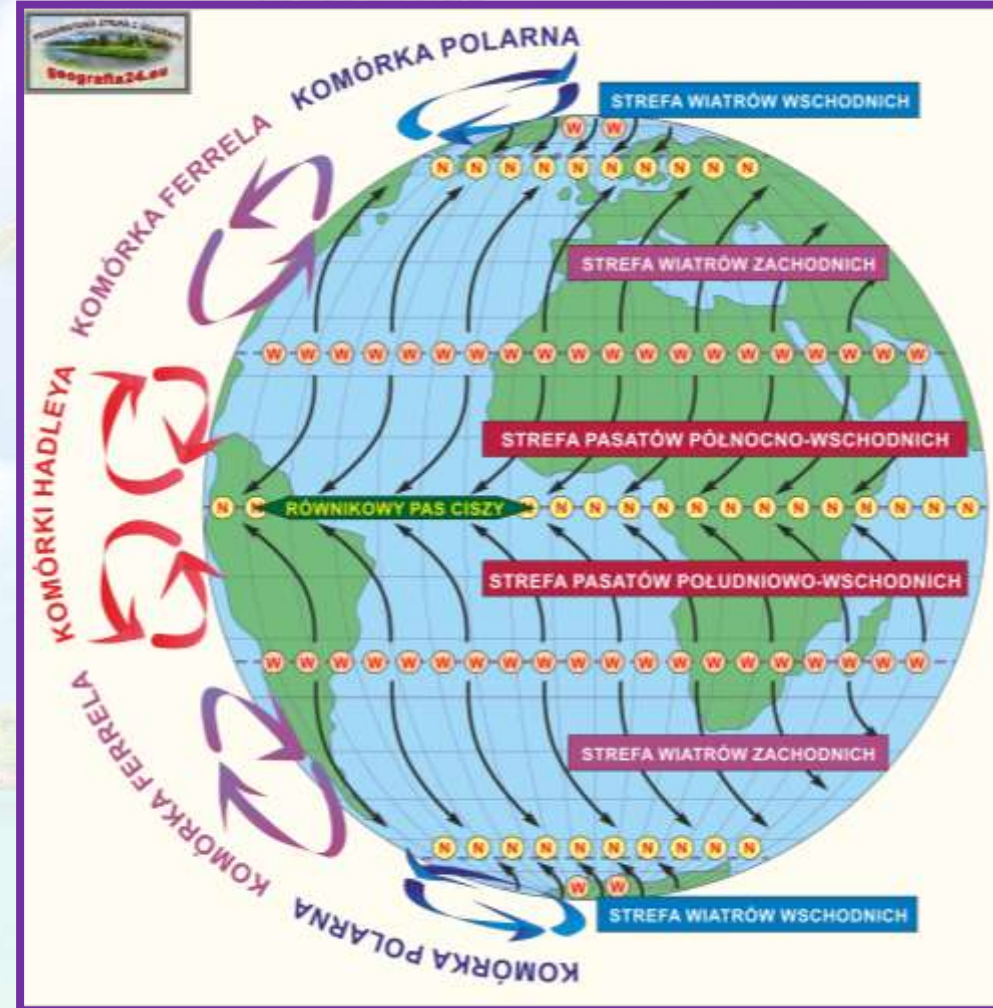
Cyrkulacja powietrza w umiarkowanych szerokościach – komórka Ferrela

- Krążenie powietrza w umiarkowanych szerokościach geograficznych (**komórka Ferrela**) jest bardziej skomplikowane niż w strefie międzyzwrotnikowej.
- Dominują tu **ośrodki niskiego ciśnienia**.
- W tworzącej się tu tzw. **strefie wędrownych niżów** następuje przemieszczanie się ośrodków niżowych na półkuli północnej **z zachodu na wschód**.
- W rejon strefy umiarkowanej napływa powietrze zarówno ze strefy wyżów podzwrotnikowych, jak i wyżów okołobiegunowych.



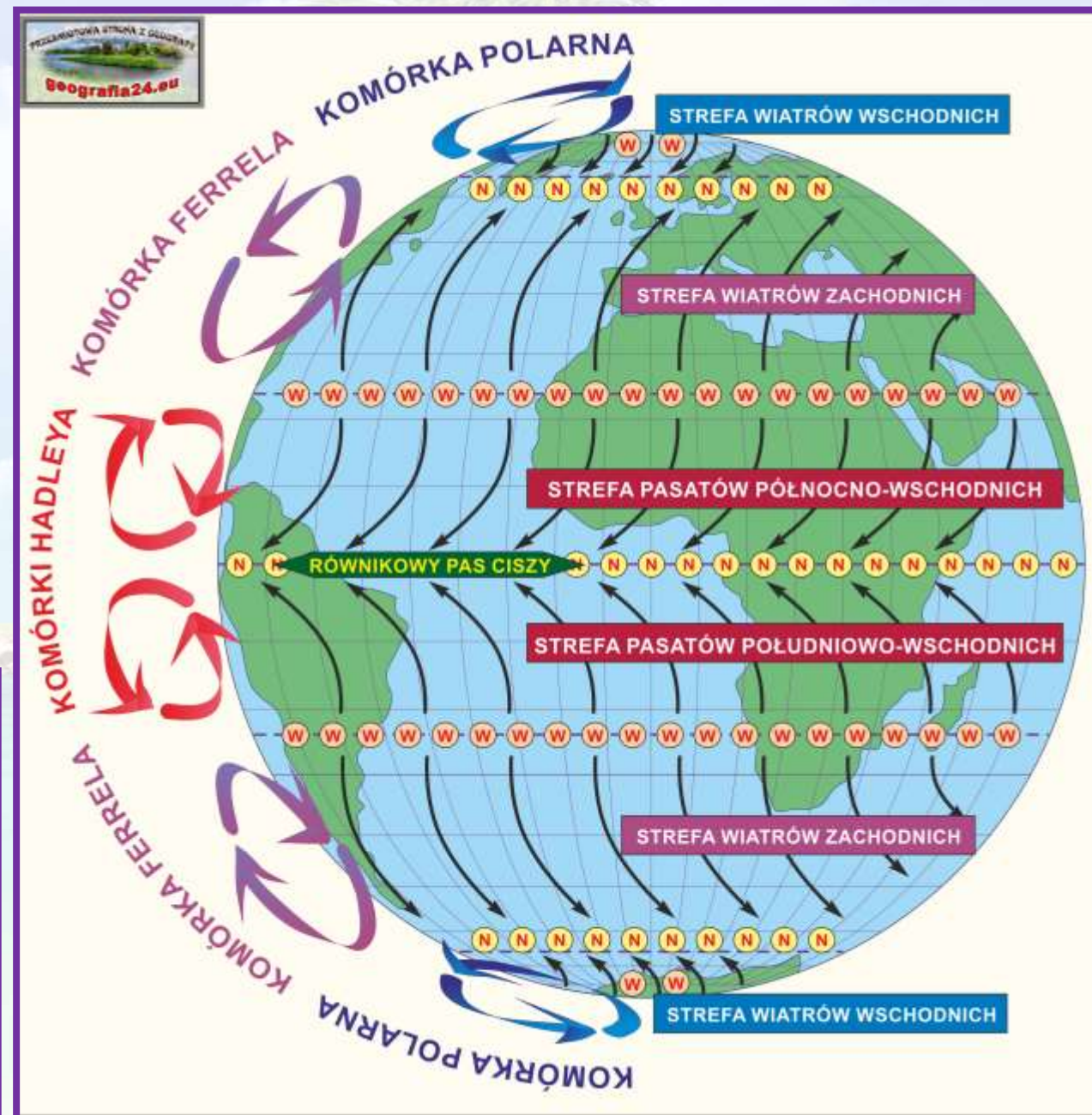
Cyrkulacja powietrza w umiarkowanych szerokościach – komórka Ferrela

- Z okolic podzwrotnikowych do umiarkowanych docierają ciepłe masy powietrza niosące wiatry:
 - **południowo-zachodnie** na półkuli północnej,
 - **północno-zachodnie** na półkuli południowej.
- Kierunki i prędkość tych wiatrów często zmieniają się ze względu na zaburzenia ciśnienia atmosferycznego, wywołane mieszaniem się ciepłych i zimnych mas powietrza.
- Szczególnie jest to zauważalne na półkuli północnej, gdzie sąsiadują ze sobą duże obszary lądowe i morskie.
 - Tworzą się tam sąsiadujące ze sobą wyży i niży, przemieszczające się zwykle na wschód.
- Na półkuli południowej wyraźnie przeważa powietrze oceaniczne.
 - Wobec tego ośrodki niskiego ciśnienia są tam bardziej trwałe i silniejsze niż na półkuli północnej.
 - Między 40° a 60° szerokości geograficznej południowej występują silne wiatry które wywołują potężne sztormy (zimą).
- W obszarach leżących w pobliżu 60° szerokości geograficznej spotykają się masy ciepłego powietrza, niesione **wiatrami zachodnimi** (więcej od zwrotników) i powietrza zimnego, niesionego **wiatrami wschodnimi** (więcej od biegunów).
 - Strefę rozdzielającą dwie masy powietrza nazywamy **frontem atmosferycznym**.



Cyrkulacja powietrza w strefach okołobiegunowych

- Na obszarach położonych w pobliżu biegunów (**komórka okołobiegunowa**) wskutek osiadania mroźnego powietrza tworzą się **stałe wyży baryczne**.
- Powstają wiatry które przenoszą zimne powietrze ku średnim szerokościom geograficznym.
- Pod wpływem siły Coriolisa, która działa najsilniej w rejonie biegunów, wieją **wiatry wschodnie**.
 - Ich zasięg powierzchniowy jest ograniczony, a masy zimnego powietrza znad obszarów okołobiegunowych rzadko docierają do strefy umiarkowanych szerokości geograficznych.
 - Krążenie powietrza nad Antarktydą jest bardziej stabilne niż nad Arktyką.



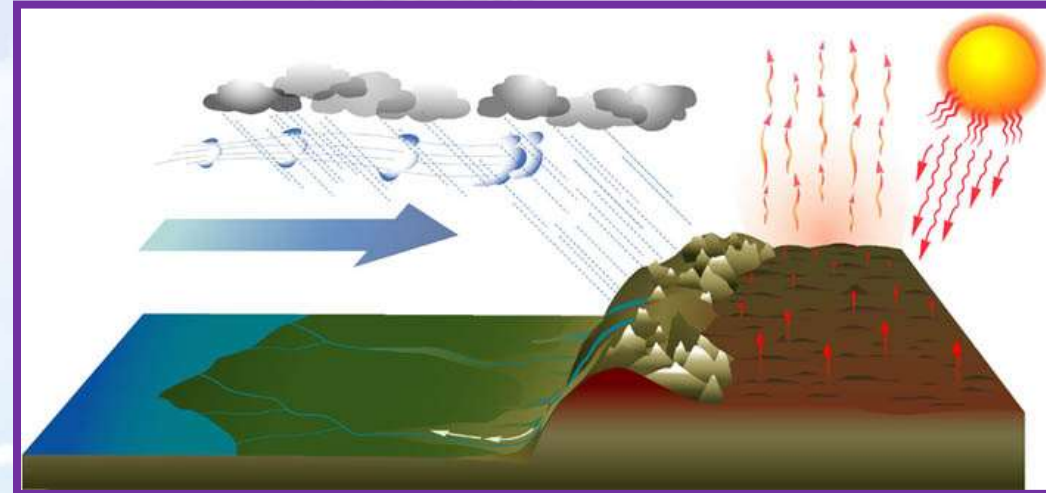
Cyrkulacja monsunowa

- **Cyrkulacja monsunowa** zaznacza się najwyraźniej w strefie międzyzwrotnikowej.
- Typowym obszarem monsunowym jest południowa i południowowschodnia Azja.
- **Monsuny występują także:**
 - w północnej Australii,
 - wschodniej Afryce,
 - w Ameryce Środkowej.
- **Cyrkulacja monsunowa jest efektem kontrastów termicznych, występujących między dużymi obszarami oceanicznymi i lądowymi.**
- **Wskutek tego nad kontynentem i oceanem tworzą się w określonych porach roku stałe układy baryczne.**



Monsun letni (morski)

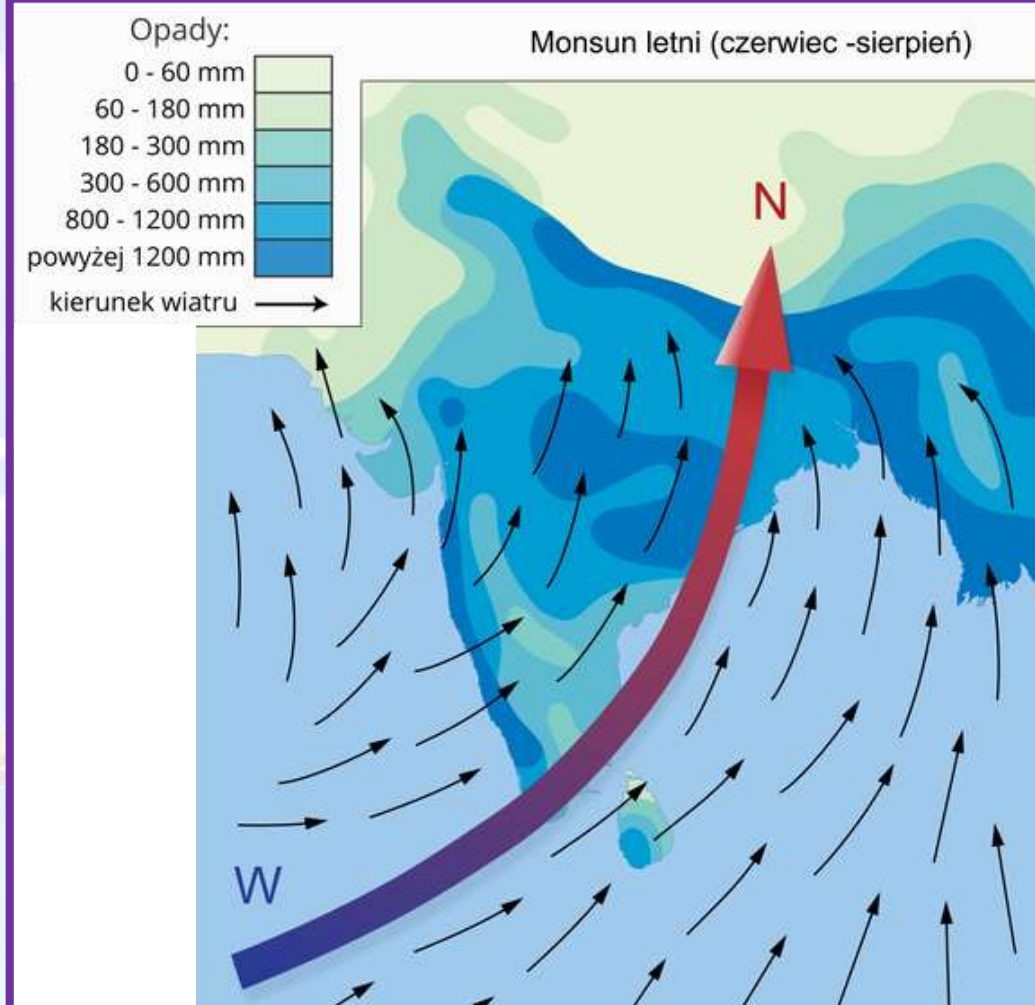
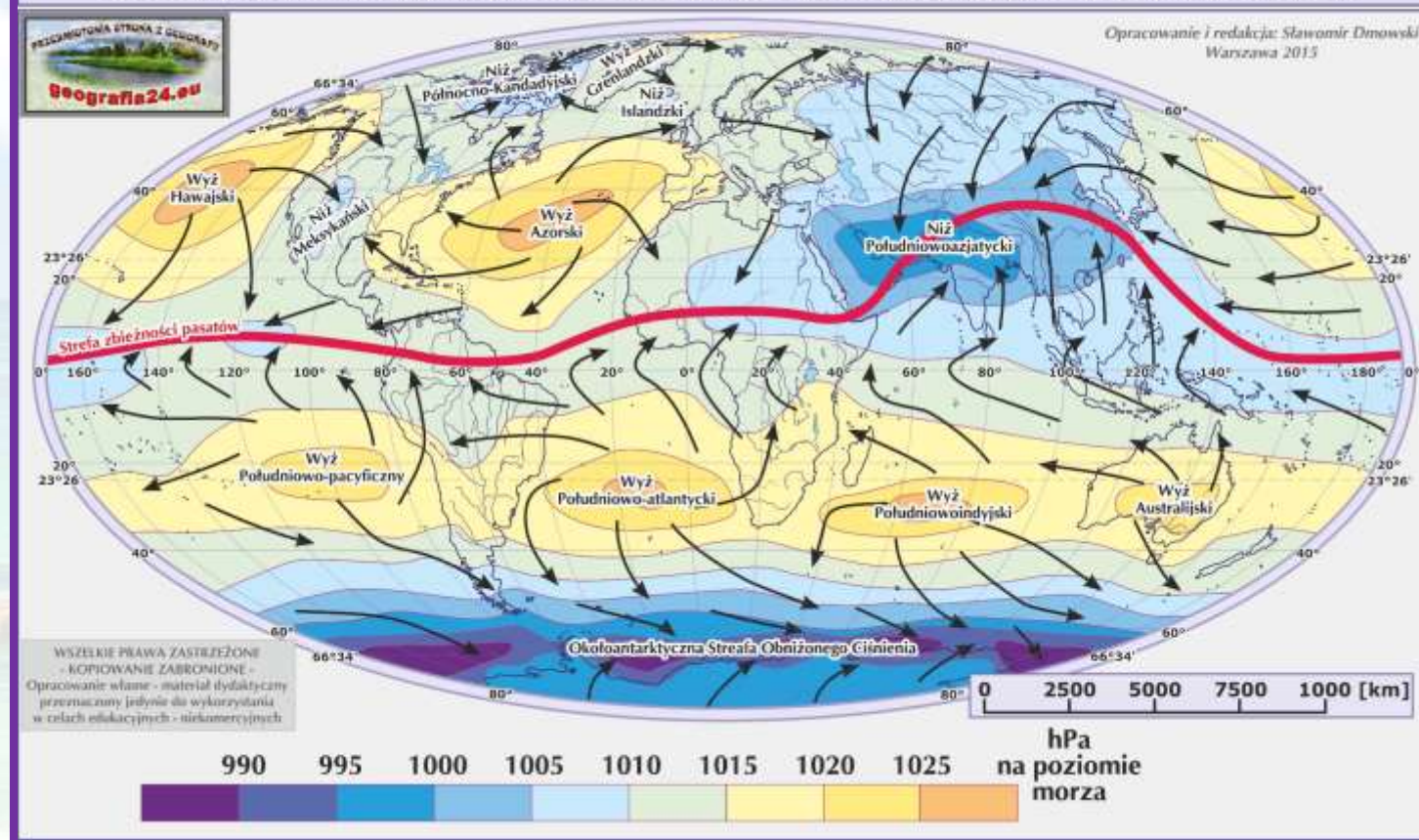
- W lecie kontynent azjatycki silnie się nagrzewa.
 - Od niego zaś nagrzewa się powietrze, które unosi się do góry nad lądem tworzy się niż (nad lądem przebiega **międzywrotnikowa strefa zbieżności pasatów**).
 - Nad oceanem powietrze jest chłodniejsze i wilgotniejsze niż nad lądem – tworzy się tam wyż – ruch mas powietrza odbywa się więc z oceanu nad ląd.
 - Mówimy wtedy, że wieje **monsun letni (morski)**.



Monsun letni (morski)

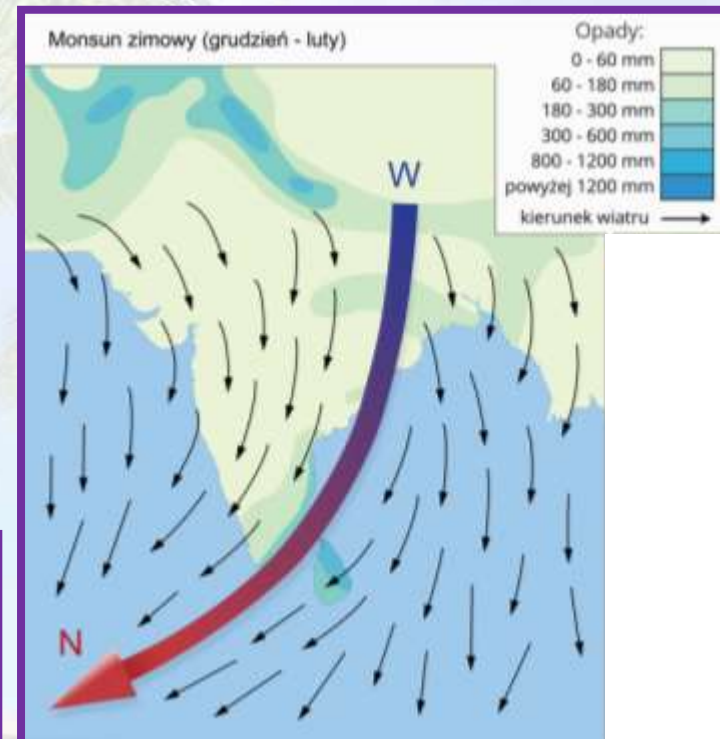
- Monsun letni przynosi nad ląd ciepłe i wilgotne powietrze oraz powoduje duże zachmurzenie i opady atmosferyczne.
 - Szczególnie obfite opady notuje się na południowych stokach Himalajów – przeciętnie około 11 000 mm/rok.
 - W górnej troposferze w lecie układ ciśnienia jest odwrotny:
 - występuje przepływ powietrza skierowany ku oceanowi.

Rozkład ciśnienia atmosferycznego wraz z przeważającymi wiatrami w lipcu

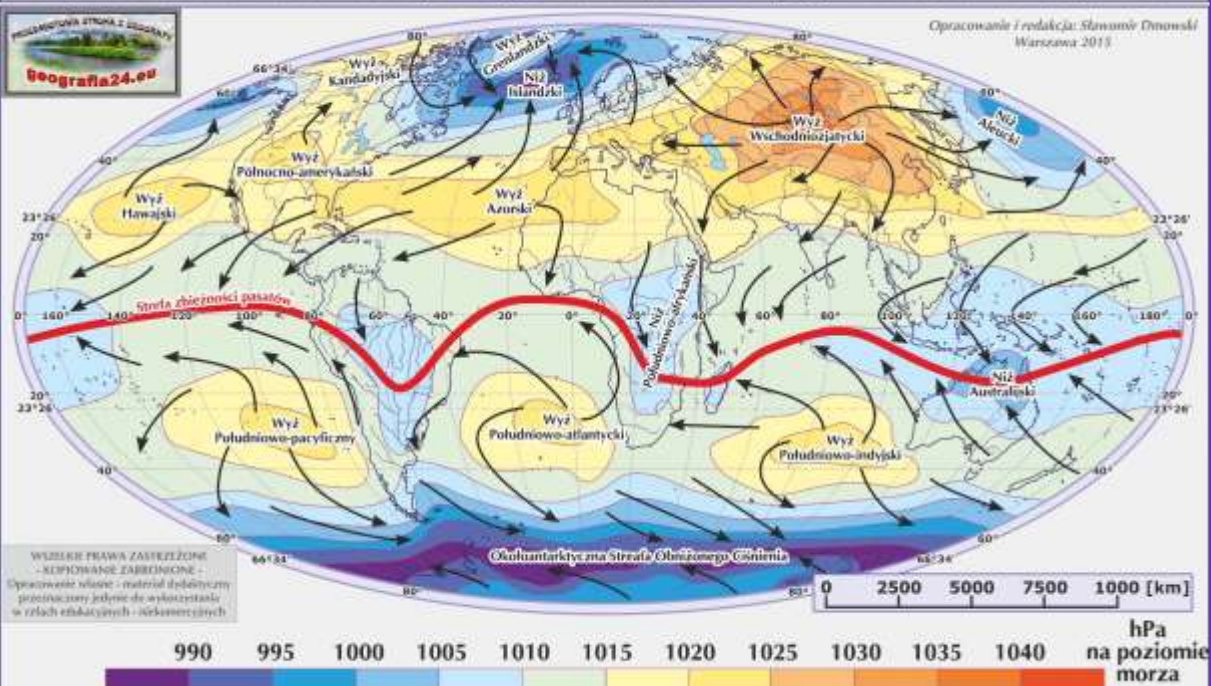


Monsun zimowy (lądowy)

- W zimie ląd ochładza się bardzo szybko i tworzy się tam ośrodek wyżowy.
- Wody Oceanu Indyjskiego działają ocieplająco na zalegające tam powietrze.
 - Unosi się ono do góry, zaś w tym miejscu tworzy się niż baryczny.
- W konsekwencji monsuny w zimie wieją z Azji ku Oceanowi Indyjskiemu.
- Są to wiatry chłodne i suche – nazywamy je **monsunem zimowym (lądowym)**.
- Kształtuje on pogodę słoneczną, suchą i chłodną.
- W górnej troposferze układ ciśnienia jest odwrotny – powietrze przemieszcza się w kierunku lądu.



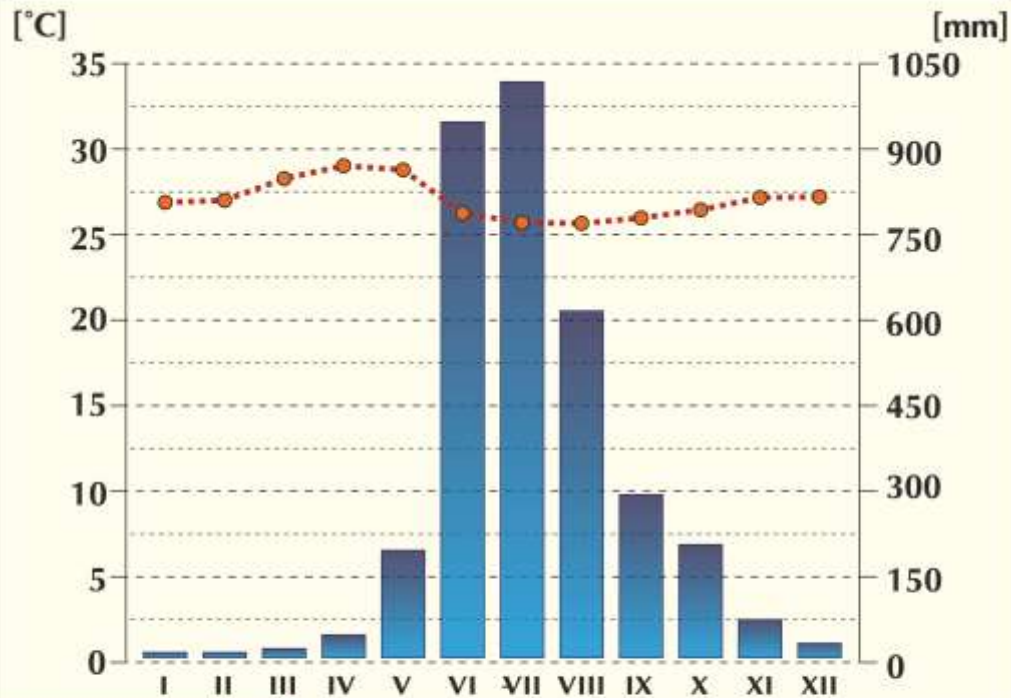
Rozkład ciśnienia atmosferycznego wraz z przeważającymi wiatrami w styczniu



Monsuny – wpływ na klimat Azji Południowo-wschodniej (opady atmosferyczne)

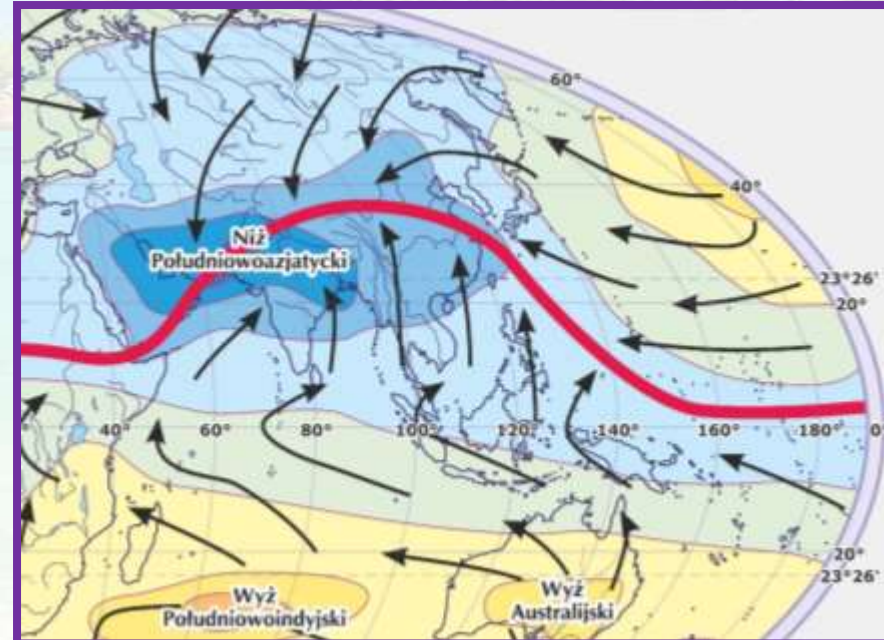
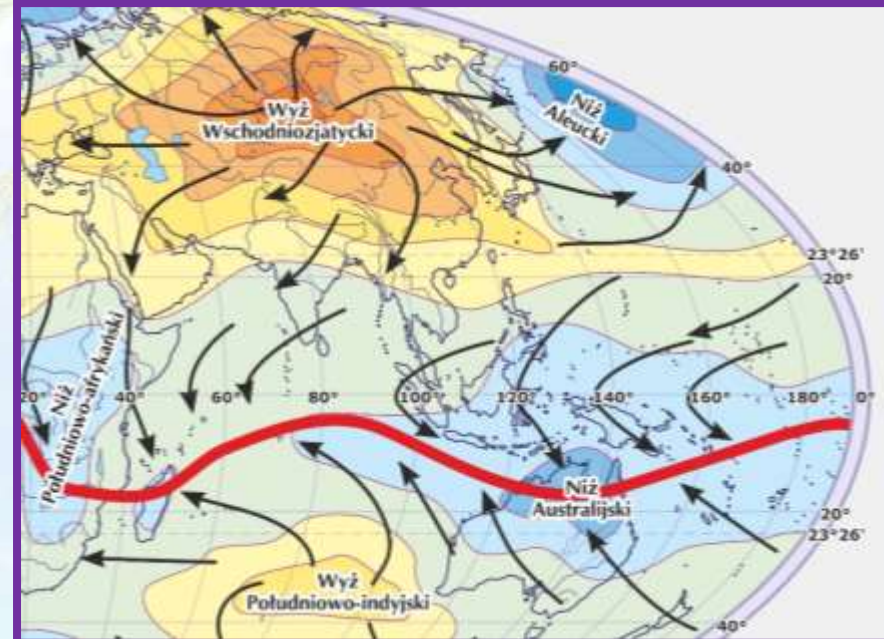
→ Monsuny największy wpływ wykazują na zróżnicowanie rocznych sum opadów atmosferycznych – w półroczu letnim występują bardzo duże opady, zaś w półroczu zimowym są one stosunkowo niewielkie.

Mangalore – Indie (12°52'N; 74°53'E)



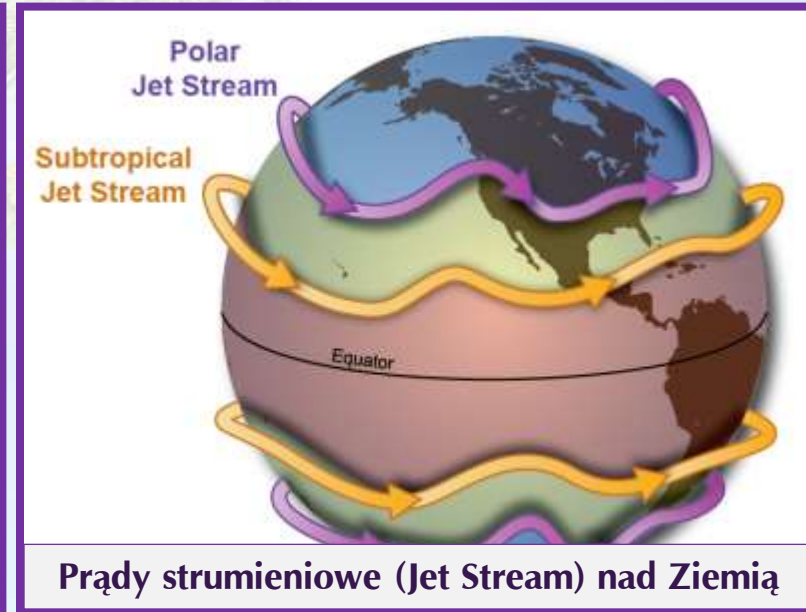
●●●● temperatura
■ opady

Średnia roczna temperatura powietrza: 27,1°C
Średnia roczna amplituda temperatur: 3,6°C
Suma roczna opadów: 3409,2 mm
Suma opadów w półroczu letnim: 3115,9 mm
Suma opadów w półroczu zimowym: 293,3 mm

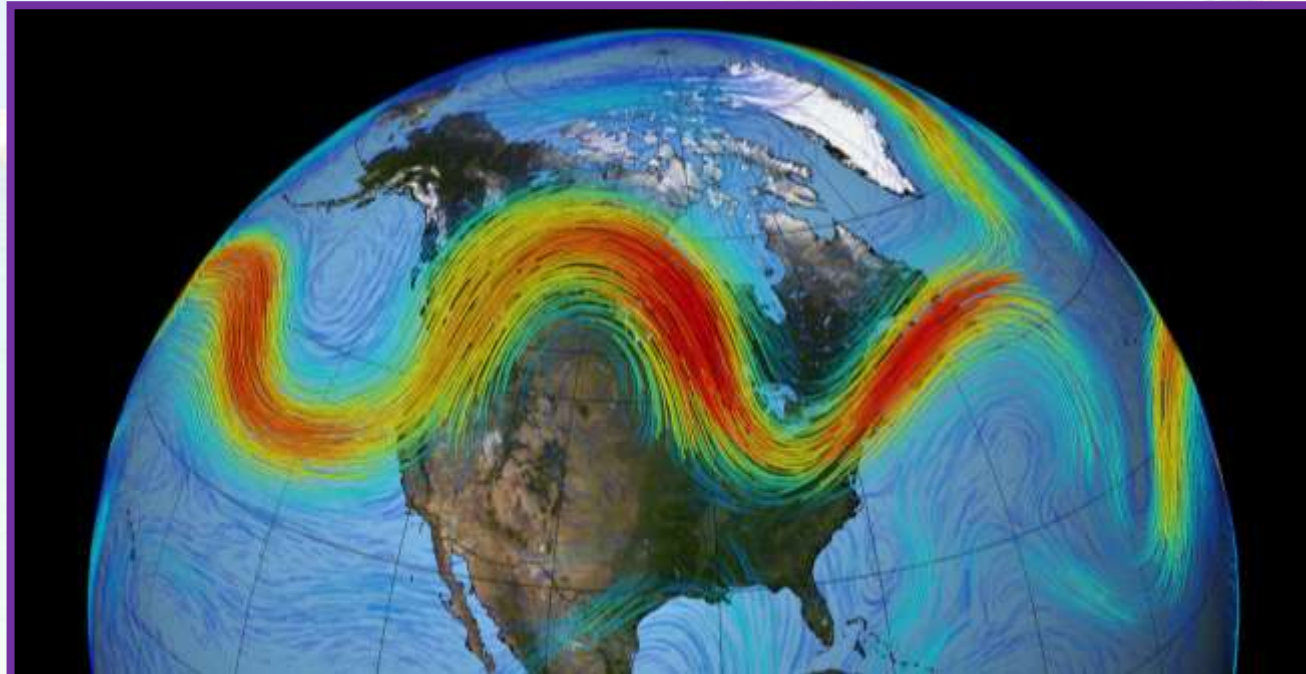


Prądy strumieniowe

- Specyficznymi zjawiskami atmosferycznymi, występującymi głównie w górnej troposferze i dolnej stratosferze prawie nad całym obszarem kuli ziemskiej, są **prądy strumieniowe**.
- Powstają one najczęściej między 35° a 70° szerokości geograficznej północnej i południowej.
- Są to intensywne prawie poziome strumienie powietrza, występujące w strefach o szerokości kilkuset kilometrów, grubości około 2 kilometrów i długości nawet do kilku tysięcy kilometrów.
- Przyczyną powstawania tego zjawiska są ogromne różnice temperatury i ciśnienia.
- Prądy te przemieszczają się z zachodu na wschód.
- Średnia prędkość: 110 km/h (lato) – 180 km/h (zima).
 - Lokalnie prędkość może wzrastać do 370 km/h.
- Prądy strumieniowe przypominają “wielkie rzeki” poruszające się w przestrzeni, w której występują wiatry o znacznie mniejszych prędkościach.

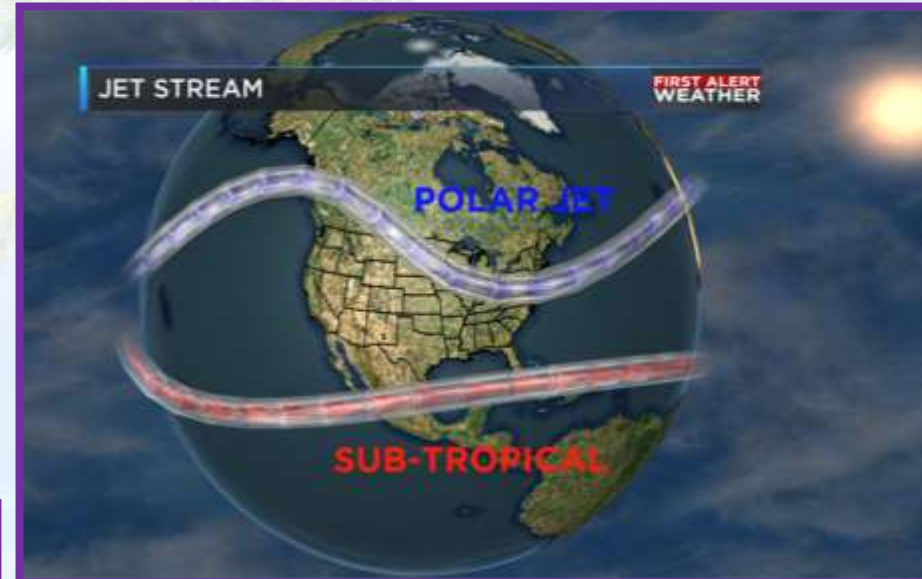


Prądy strumieniowe (Jet Stream) nad Ziemią



Prądy strumieniowe i ich znaczenie

- Lokalizacja prądów strumieniowych ma zasadnicze znaczenie dla linii lotniczych.
- Wykorzystanie takiego prądu przy locie na wschód skraca jego czas,
 - podczas gdy natrafienie na niego przy locie na zachód wydłuża czas i powoduje zwiększone zużycie paliwa.
- Dla przykładu czas przelotu z zachodniego na wschodnie wybrzeże Stanów Zjednoczonych może być skrócony o 30 minut, jeżeli samolot wykorzysta prąd strumieniowy.



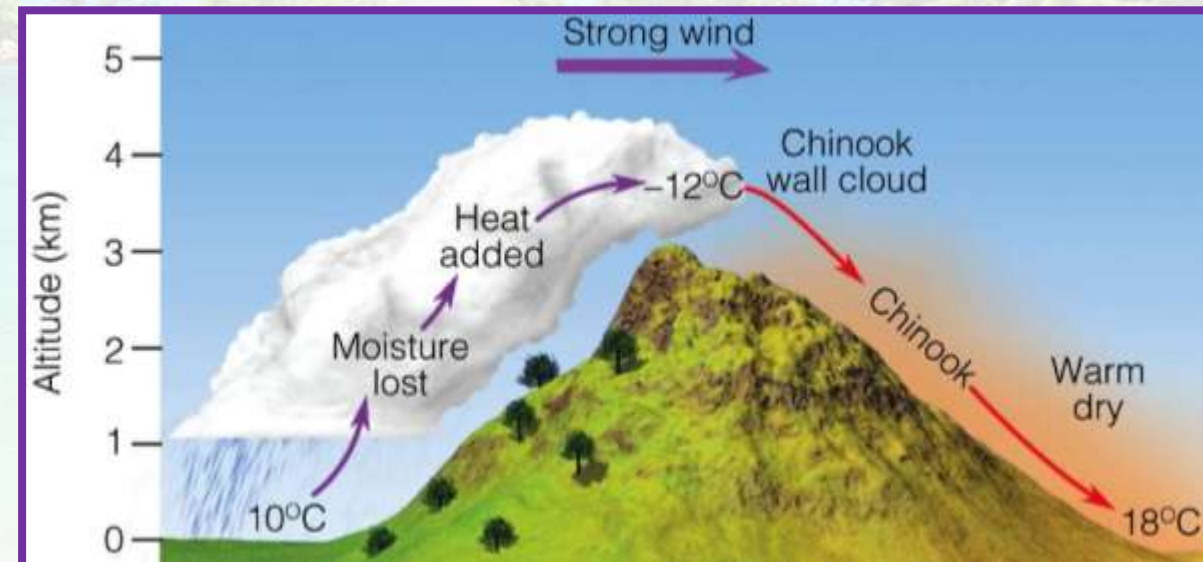
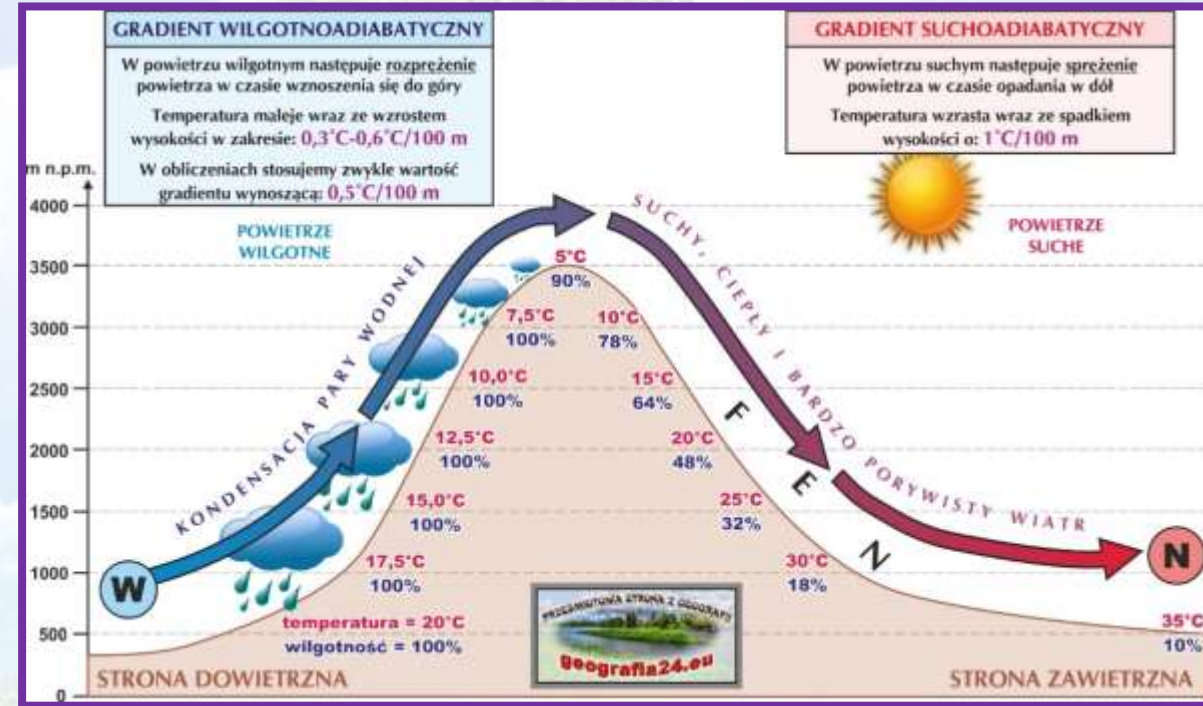
Wiatry lokalne

- **Wiatry lokalne** dzieli się na dwa rodzaje:
 - wiatry, które są prądami ogólnej cyrkulacji atmosfery **zmodyfikowanymi przez czynniki lokalne**, np. charakter podłoża lub orografię terenu:
 - np. wiatry związane z cyklonami tropikalnymi, fen, bora, mistral, sirocco, samum i etezje;
 - niekiedy są one nazywane wiatrami regionalnymi;
 - wiatry niezależne od ogólnej cyrkulacji atmosfery, nakładające się na nią (niekiedy są tak silne, że mogą ją nawet stłumić),
 - związane z lokalnymi układami barycznymi ukształtowanymi nad różnymi typami podłoża oraz w górach:
 - np. bryzy, wiatry górskie i dolinne.



Fen

- **Fen** – jest suchym, ciepłym i porywistym wiatrem, wiejącym ze szczytów górskich w kierunku dolin.
- Występuje najczęściej na przełomie zimy i wiosny, powodując gwałtowne ocieplenia i przyspieszone topnienie śniegu i lodu oraz gwałtowne wezbrania wody w górskich potokach i rzekach.
- Powstaje, kiedy na drodze powietrza przemieszczającego się od obszaru wysokiego do obszaru niskiego ciśnienia stoi bariera górską.
- Przekraczając barierę górską wilgotne masy powietrza zmieniają swoje pierwotne cechy (w wyniku intensywnej kondensacji i opadów), stając się powietrzem suchym i ciepłym, opadającym w dół stoku.
- Występują one w wielu pasmach górskich, gdzie nadano im lokalne nazwy:
 - **fen** w Alpach,
 - **halny** w Tatrach,
 - **chinook** w Górach Skalistych,
 - **zonda** w Andach.

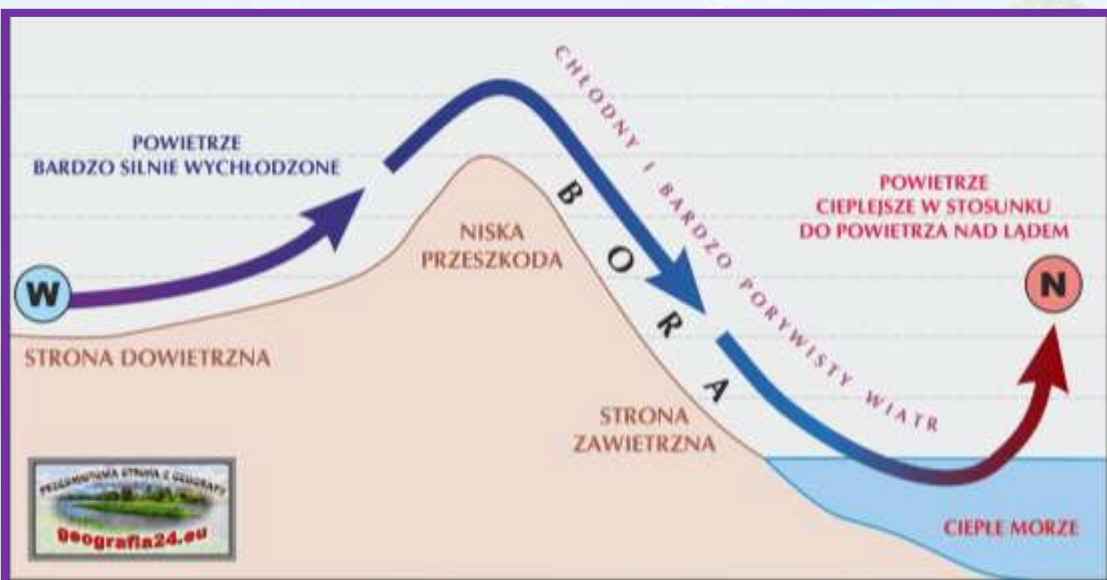


Bora

→ **Bora** – chłodny, silny i porywisty wiatr wiejący w zimie z gór ku ciepłemu morzu, na wybrzeżach Adriatyku (Dalmacja) i Morza Czarnego.

→ **Bora cyklonalna** powstaje wtedy, gdy:

- **nad nadmorskim płaskowyżem** lub pasmem niskich gór ukształtuje się silny **wyż baryczny** związany z bardzo **zimnymi masami powietrza**,
- **nad pobliskim morzem** – **niż baryczny** związany z zaleganiem ciepłego powietrza,
- **układ niżowy musi być na tyle silny** aby był w stanie zassać chłodne powietrze zgromadzone nad lądem za przeszkodą w postaci wzniesień.



Mistral

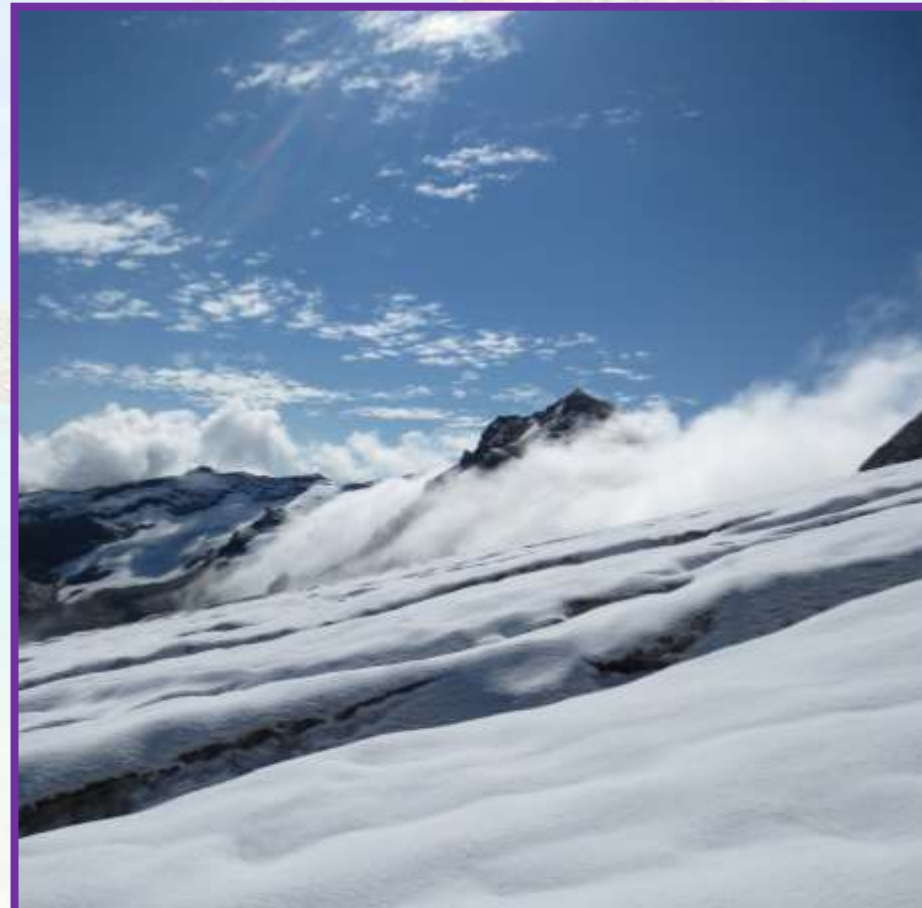
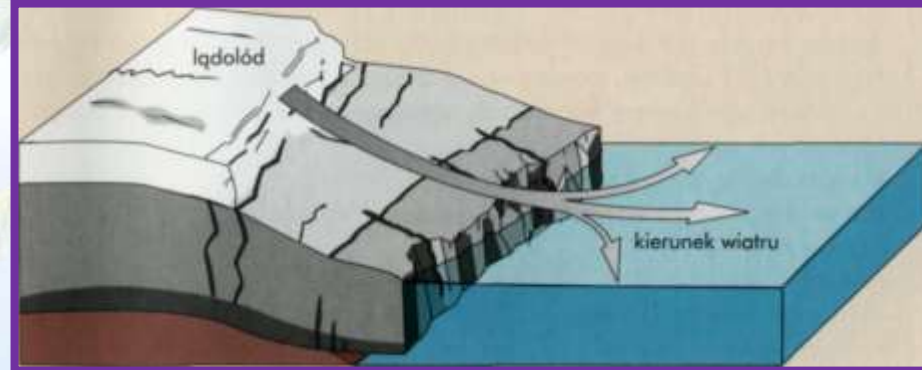
- **Mistral** jest wiatrem podobnym do bory – jest to zimny i suchy wiatr splotowy, wiejący w Prowansji doliną Rodanu w kierunku Morza Śródziemnego.
- Przemierzając się doliną zimne powietrze ulega stłoczeniu, w wyniku czego zwiększa się prędkość wiatru (efekt tunelowy).

Mistral, jeden z najstojniejszych wiatrów w Europie, tworzy się zazwyczaj przy przejściu niżu (islandzkiego) w północnej Europie oraz związany jest z występującym w tym samym czasie wyżem (azorskim) u wybrzeży Hiszpanii. Mistral zależy też od rozwoju niżu w Zatoce Liońskiej lub w okolicach Genui.



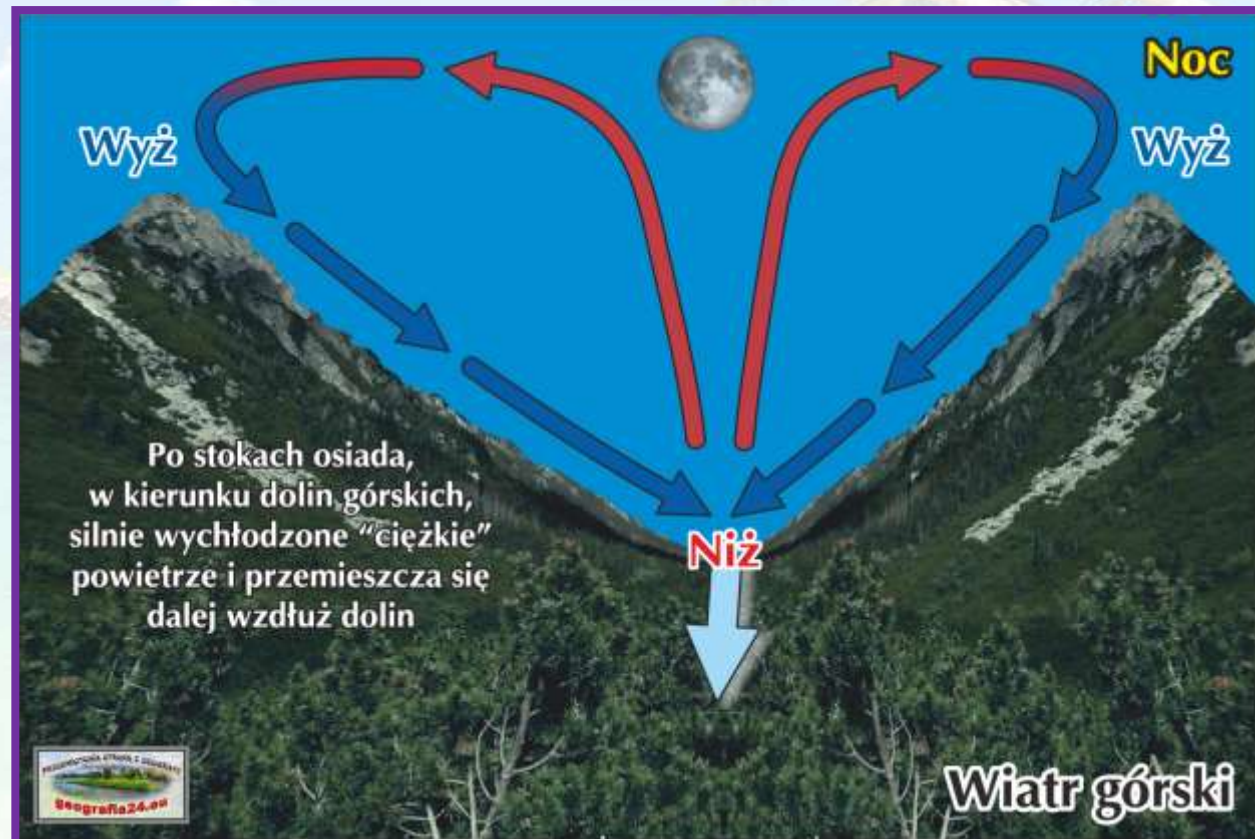
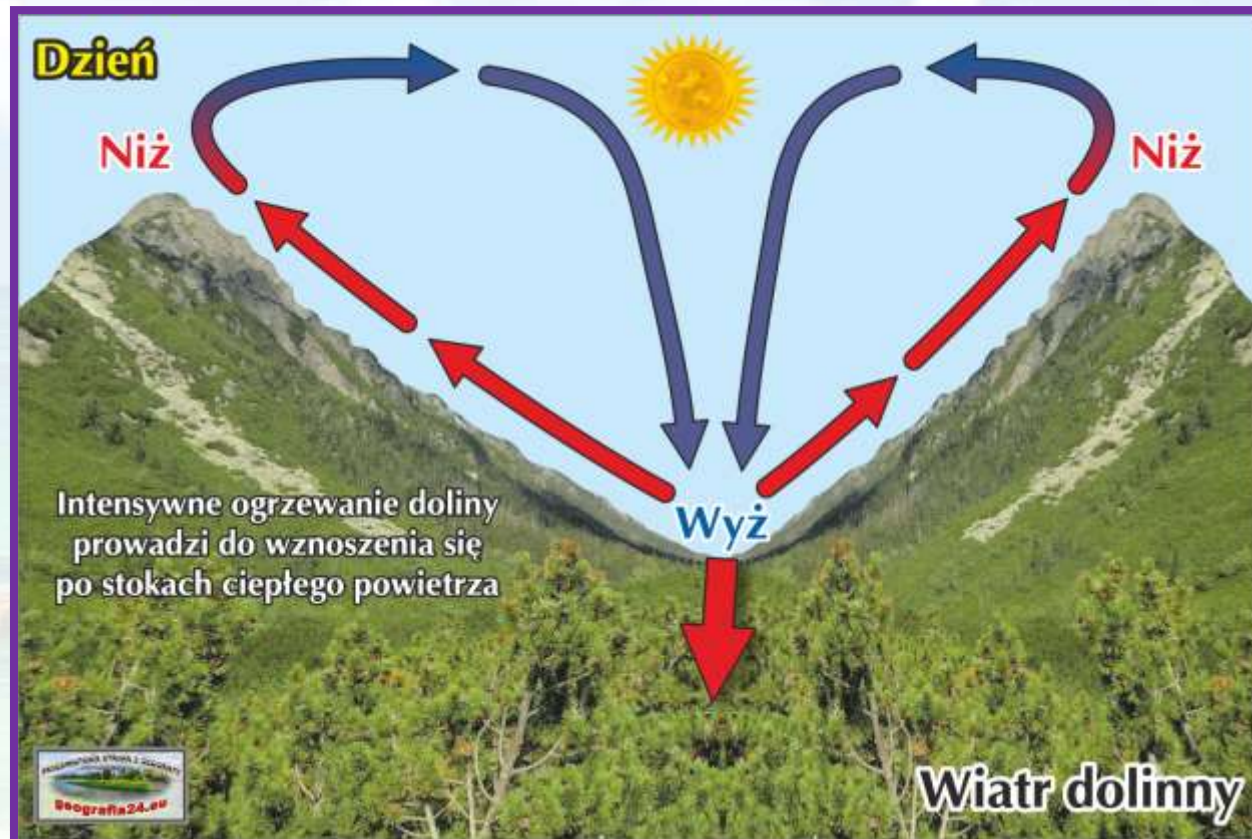
Wiatry lodowcowe

- **Wiatry lodowcowe** to wiatry antycyklonalne, wiejące z nad zimnych powierzchni lądolodów lub pól firnowych i jezior lodowcowych w górach ku cieplejszym pobliskim morzom bądź dolinom.
- Powszechnie występują one na Antarktydzie.
 - Szczególnie silne, szybko spływające i bardzo długo występujące tworzą się w czasie nocy polarnej.



Wiatry dolinne i górskie

- **Wiatry dolinne i górskie** są uwarunkowane głównie kontrastami termicznymi i barycznymi – występują w prawie bezchmurne dni i noce.
- W pogodne dni wieją **ciepłe wiatry dolinne** z dolin, wzdłuż ich osi i po przyległych stokach, ku wyższym partiom gór.
 - Powstają w wyniku silnego ogrzewania promieniami słonecznymi zboczy.
 - Wznoszące się powietrze rozpręża się i nieco ochładza się oraz przyczynia się do tworzenia chmur konwekcyjnych.
- W pogodne noce wieją **zimne wiatry górskie** ze szczytów górskich w kierunku wylotów dolin.
 - Powstają w wyniku intensywnego wypromieniowania zboczy górskich.



Bryza

- **Bryza** jest wiatrem lokalnym, związanym z kontrastami termicznymi i barycznymi pomiędzy dwoma zasadniczo odmiennymi typami podłoża – wodą i lądem (cehuje je zwykle skrajnie różna temperatura podłoża).
- Występuje na wybrzeżach mórz i oceanów oraz dużych jezior i wielkich rzek, szczególnie wyraźnie w dłużej trwających okresach bezchmurnych.
- Zwykle oddziałują one w pasie wybrzeża szerokości od kilku do kilkudziesięciu kilometrów.
- W tym pasie modyfikują one dość znacznie temperatury powietrza.



Bryza dzienna (morska)

- **Bryza dzienna (morska)** powstaje w wyniku intensywnego ogrzewania lądu w dzień, w wyniku którego szybciej się on nagrzewa w stosunku do akwenu wodnego.
- W dzień nad lądem powstają silne prądy wstępujące – powstaje układ niskiego ciśnienia (wznoszące powietrze ulega schłodzeniu).
- Dalej następuje przemieszczanie się górną powietrza nad wodę, nad którą zimne i ciężkie masy powietrza opadają, w wyniku czego nad akwenem wodnym tworzy się układ wysokiego ciśnienia.
- Następnie masy powietrza przemieszczają się dołem w kierunku lądu.



Bryza dzienna (morska)

Bryza nad Kubą

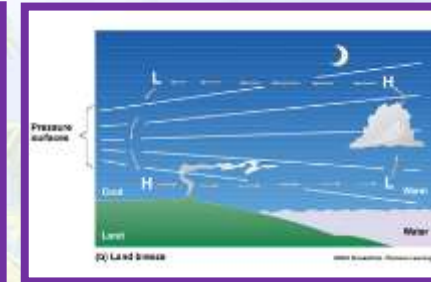


Możliwość wykorzystania bryz w rekreacji lub sporcie



Bryza nocna (lądowa)

- **Bryza nocna (lądowa)** powstaje w wyniku intensywnego wypromieniowania ciepła nad lądem w nocy, w wyniku którego znacznie szybciej traci on ciepło w stosunku do akwenu wodnego.
- W nocy obserwujemy unoszenie się powietrza nad cieplejszym podłożem – w tym przypadku akwenem wodnym, nad którym powstaje układ niżowy.
- Ochładzające się powietrze kieruje się górą nad ląd, na który w końcu opada przyczyniając się do powstania układu wysokiego ciśnienia.
- Następnie masy powietrza przemieszczają się dołem z lądu nad wodę.

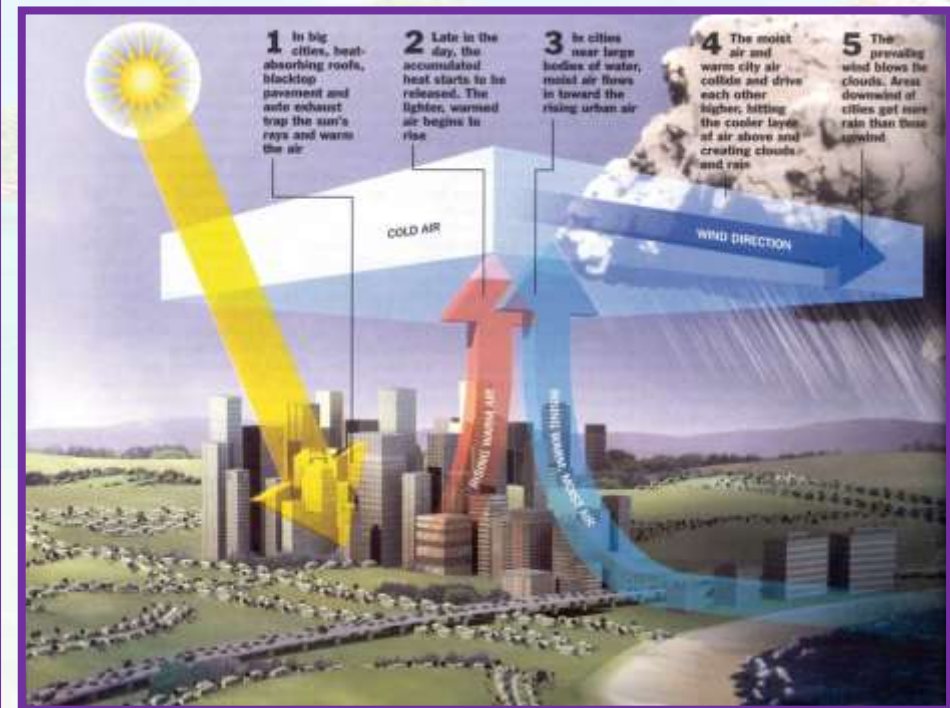
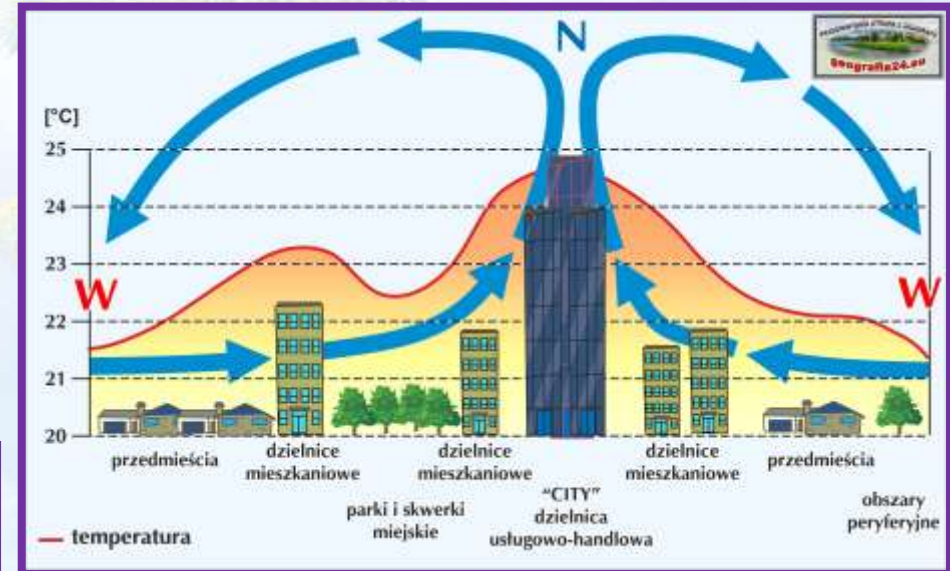


Bryza nocna (lądowa) i w tle obłoki srebrzyste



Bryza miejska

- **Bryza miejska** – to słaby wiatr lokalny, posiadający podobny charakter do bryz występujących nad wybrzeżami.
- Występuje ona w otoczeniu miejskich wysp ciepła nad obszarami wielkich aglomeracji miejsko-przemysłowych.
- Obszary te, silnie nagzewające się w dzień, stają się ośrodkami niskiego ciśnienia, do których napływają masy powietrza z otaczających terenów o wyższym ciśnieniu.



Sirocco

- **Sirocco** (wł.) – ciepły, suchy wiatr południowy, wiejący z Sahary i Półwyspu Arabskiego, najczęściej wiosną i przemieszczający wiele pyłu.
- Przepływając nad Morzem Śródziemnym, wchłania parę wodną i dociera do południowej Europy jako ciepły i wilgotny, przynosząc czasami mgły i opady atmosferyczne.
- W zimie przynosi opady czerwonego śniegu.



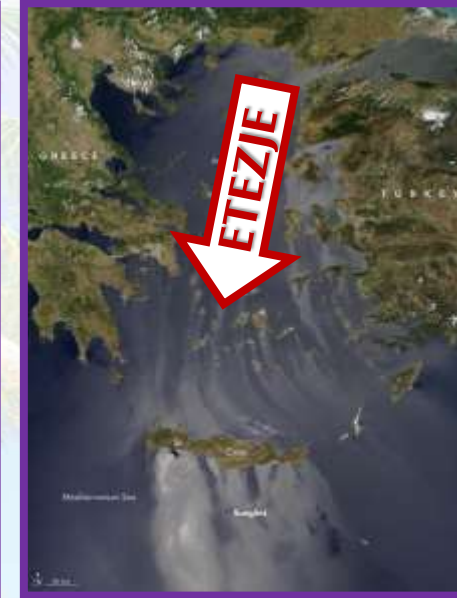
Samum (chamsin, hamsin)

- **Samum** (arab. *samum* – trucizna; **chamsin**) – gorący i bardzo porywisty wiatr pustylny, wiejący wiosną (najczęściej w maju) na Saharze i Półwyspie Arabskim.
- Wiatry takie są zazwyczaj dosyć krótkotrwałe (trwają do około 20 minut) – pojawiają się zwykle tuż przed nadejściem frontu chłodnego.
- Niosą bardzo suche powietrze (towarzyszy mu bardzo wysoka temperatura sięgająca 50°C i wywołują burze piaskowe lub pyłowe.



Etezeje (wiatry etezjańskie)

- **Etezeje** – gorące, suche i czasami porywiste wiatry północne, wiejące latem we wschodniej części Morza Śródziemnego, głównie nad Morzem Egejskim.
- Są związane z klinami Wyżu Azorskiego sięgającymi późnym latem aż po Morze Czarne, a niekiedy nawet obejmującymi środkową Azję.
- Etezeje są bardzo regularne (stąd ich nazwa) i trwałe, szczególnie w lipcu i w sierpniu, oraz na tyle silne, że tłumią cyrkulację bryzową.



KONIEC



Materiały pomocnicze do nauki
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*
Kontakt: *kontakt@geografia24.eu*

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -