



II. Problemy środowiskowe współczesnego świata

2. Geozagrożenia meteorologiczne i klimatyczne

Podział geozagrożeń meteorologicznych i klimatycznych

→ **Geozagrożenia meteorologiczne i klimatyczne** możemy podzielić na dwie grupy:

→ **geozagrożenia meteorologiczne** – wynikające z gwałtownych zjawisk atmosferycznych, obejmujące m.in.:

- burze,
- cyklony tropikalne (w tym cyklony, huragany, tajfuny i willy-willy),
- trąby powietrzne,
- tornada,
- sztormy,
- ulewne deszcze,
- gradobicia,
- burze śnieżne,
- spływy błotne;

→ **geozagrożenia klimatyczne** – wynikające ze zmian klimatu, obejmujące m.in.:

- długotrwałe susze i fale upałów,
- długotrwałe mrozy i fale mrozów.



Burze

→ **Burze** – są bardzo pospolitym zjawiskiem towarzyszącym na Ziemi frontom chłodnym, oddzielającym od siebie dwie różne masy powietrza (ciepłe i chłodne).

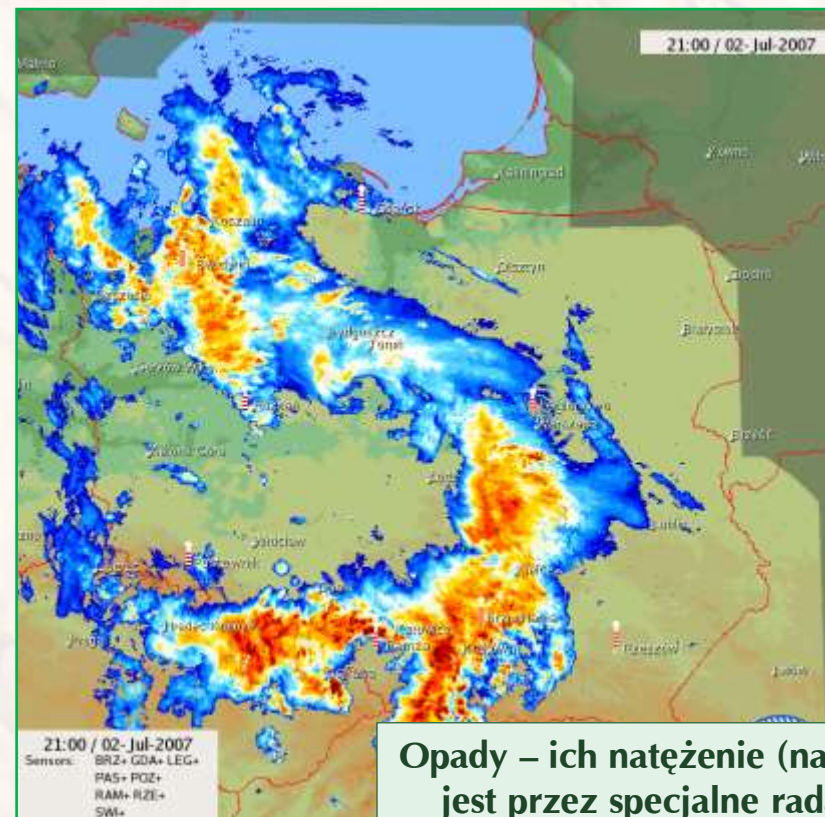
→ W czasie burzy:

→ występują intensywne opady (trwające krótko – zwykle do 1 godz.) deszczu lub/i gradu,

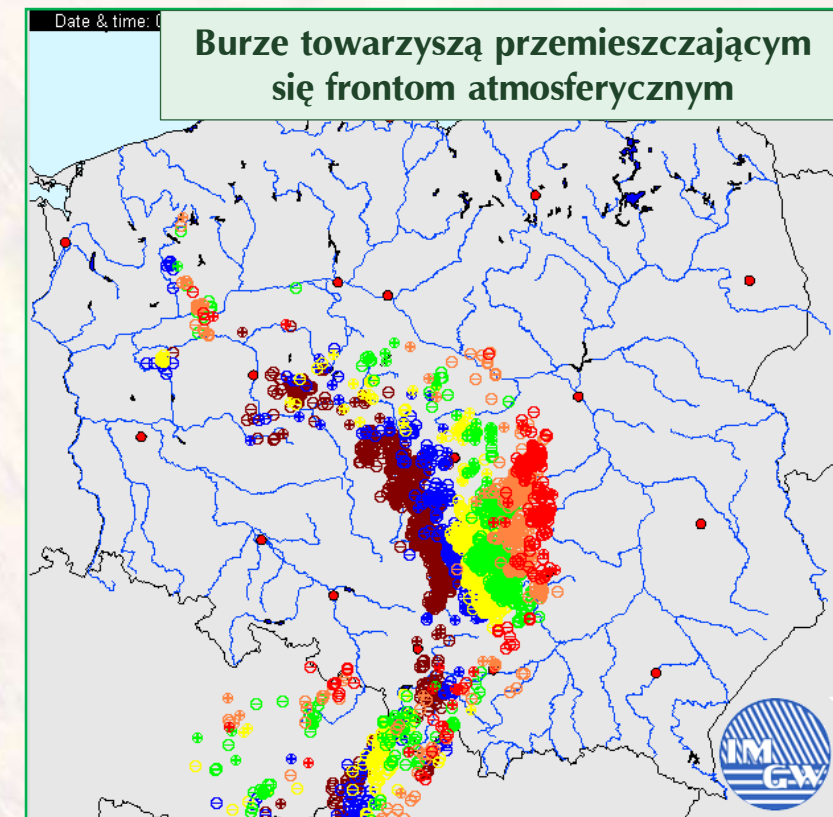
→ dodatkowo występować mogą wyładowania atmosferyczne (błyskawice i pioruny).

→ Tylko nieliczne burze osiągają parametry pozwalające na określenie ekstremalnych.

→ Niszczycielskie dla nas są zarówno skutki nawalnych deszczy, jak wiatru, czy piorunów.



Opady – ich natężenie (na mapie po lewej) wykrywane jest przez specjalne radary (na zdjęciu po prawej)

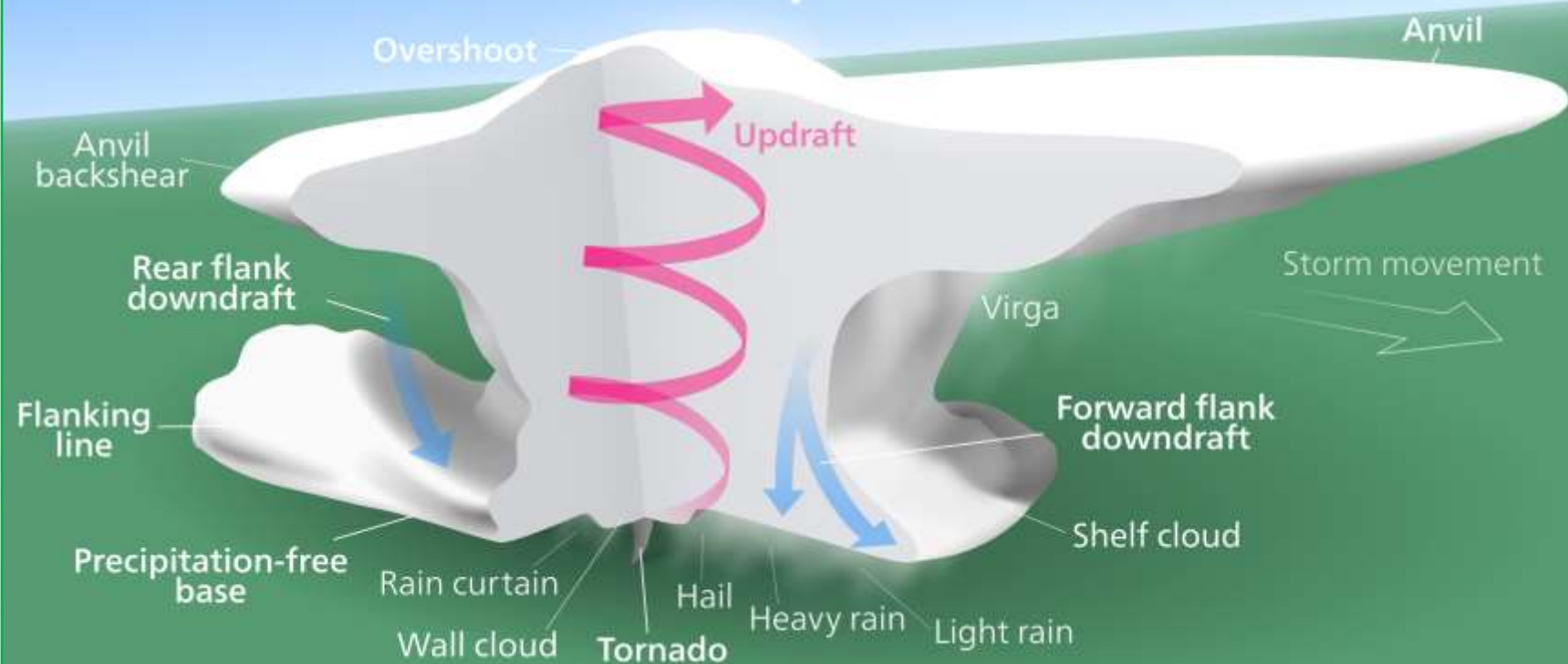


Kiedy powstają burze?

- Burze w naszych, umiarkowanych szerokościach geograficznych tworzą się głównie w ciepłej porze roku.
 - Corocznie w szerokościach umiarkowanych notuje się ich od kilkunastu do kilkudziesięciu w zależności od roku – występują one najczęściej w godzinach popołudniowych.
- W szerokościach międzyzwrotnikowych mogą one tworzyć się przez cały rok.
 - Na równiku jest ich wyjątkowo dużo – w niektórych latach ich ilość przekracza 200.
- Na całym świecie w ciągu doby notuje się aż około 200 tys. burz.

Superkomórka burzowa – w obrębie wypiętrzonych chmur kłębiastej deszczowej Cumulonimbus (Cb)

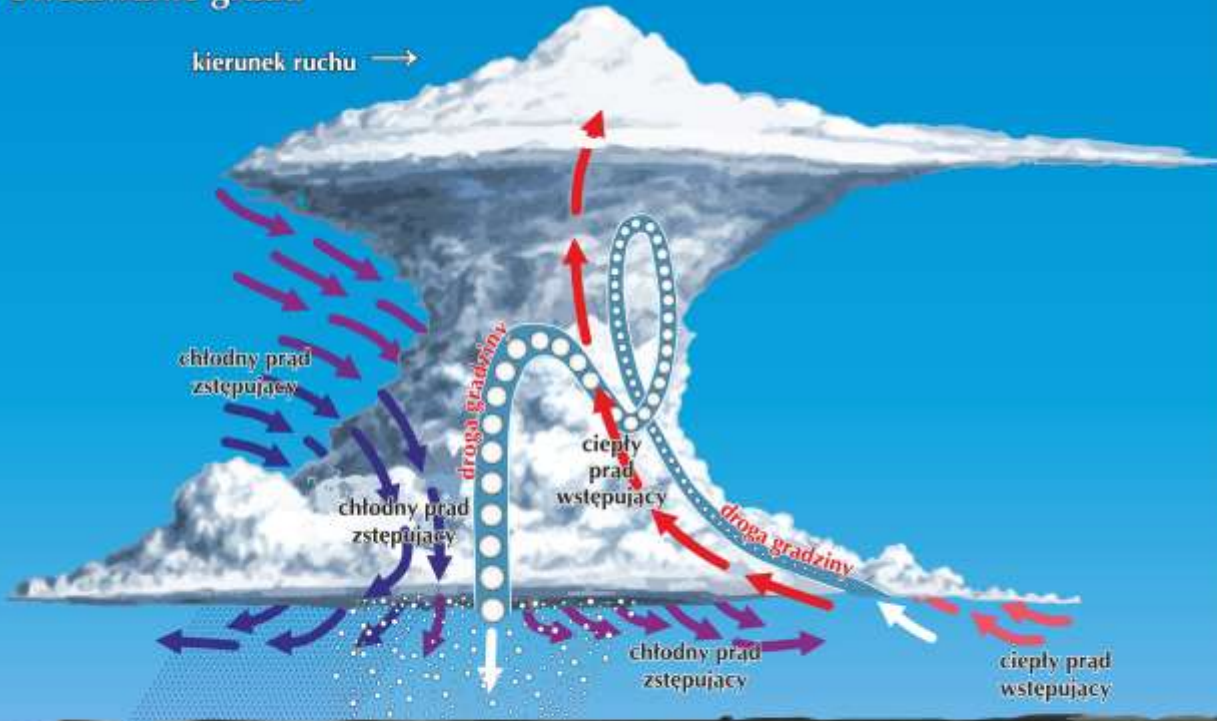
structure of a supercell



Jak powstają burze?

- Burze powstają w wyniku następującego procesu, w którym obserwujemy **silne wznoszenie do góry powietrza**, które zostało uprzednio **nasycone parą wodną**.
 - Proces ten jest szczególnie intensywny w czasie intensywnego ogrzewania Ziemi,
 - musi być odpowiednio gorąco – dlatego burz raczej nie obserwujemy w chłodnej porze roku.
 - W kolejnym etapie obserwujemy **ochładzanie się wznoszonego ku górze powietrza** – powstanie **chmury kłębiastej deszczowej Cumulonimbus (Cb)**.

Powstawanie gradu



Rozwój gradziny w przekroju

Załączek o wymiarach kilku milimetrów

Przyrost wyłącznie po jednej stronie (gradzina stale zwrócona w dół)

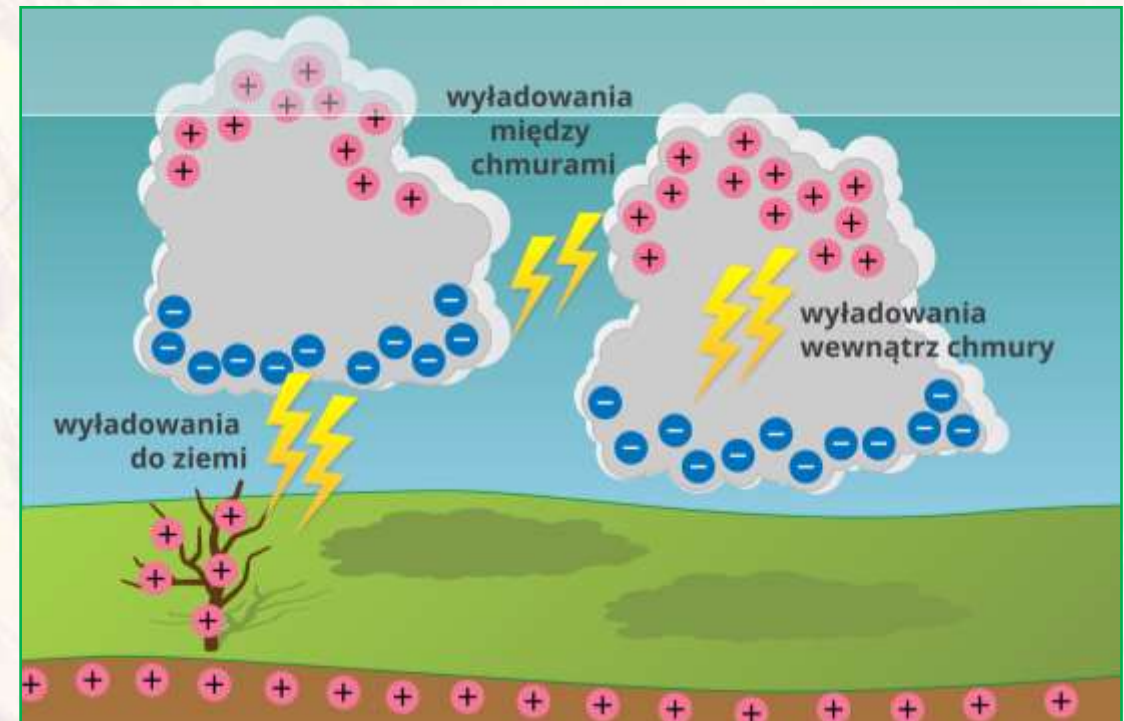
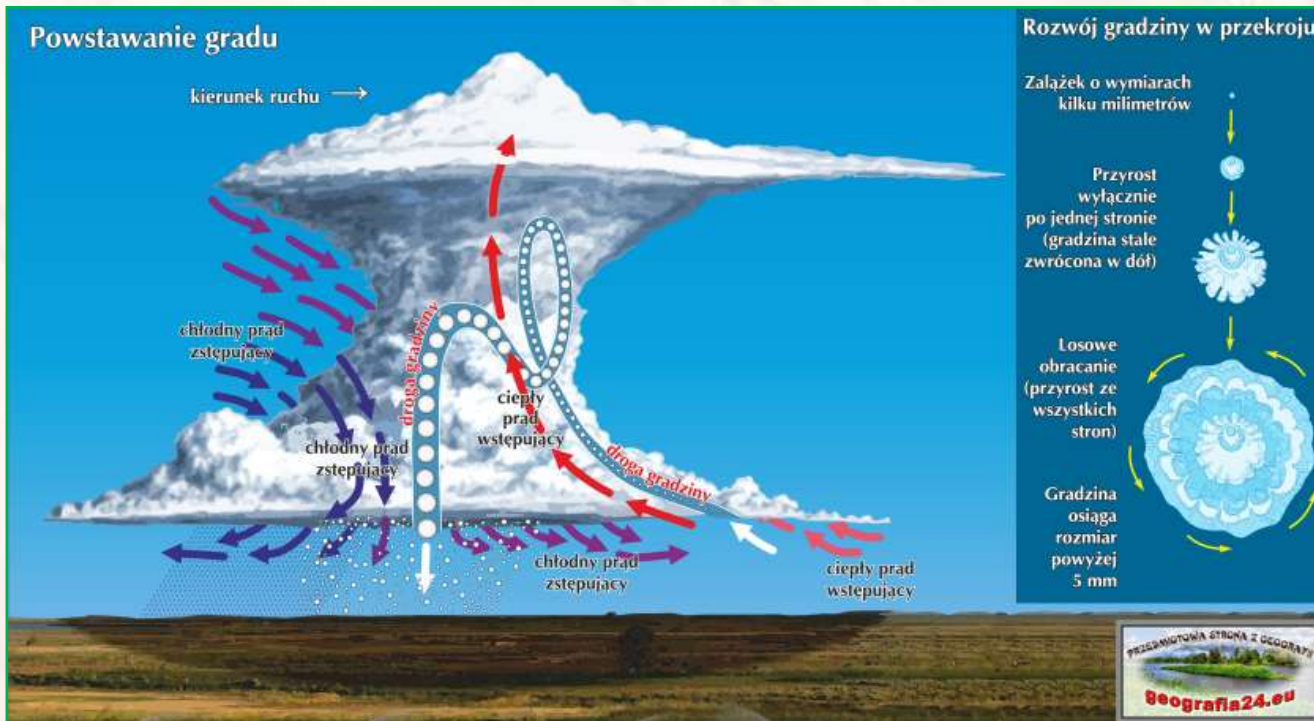
Losowe obracanie (przyrost ze wszystkich stron)

Gradzina osiąga rozmiar powyżej 5 mm



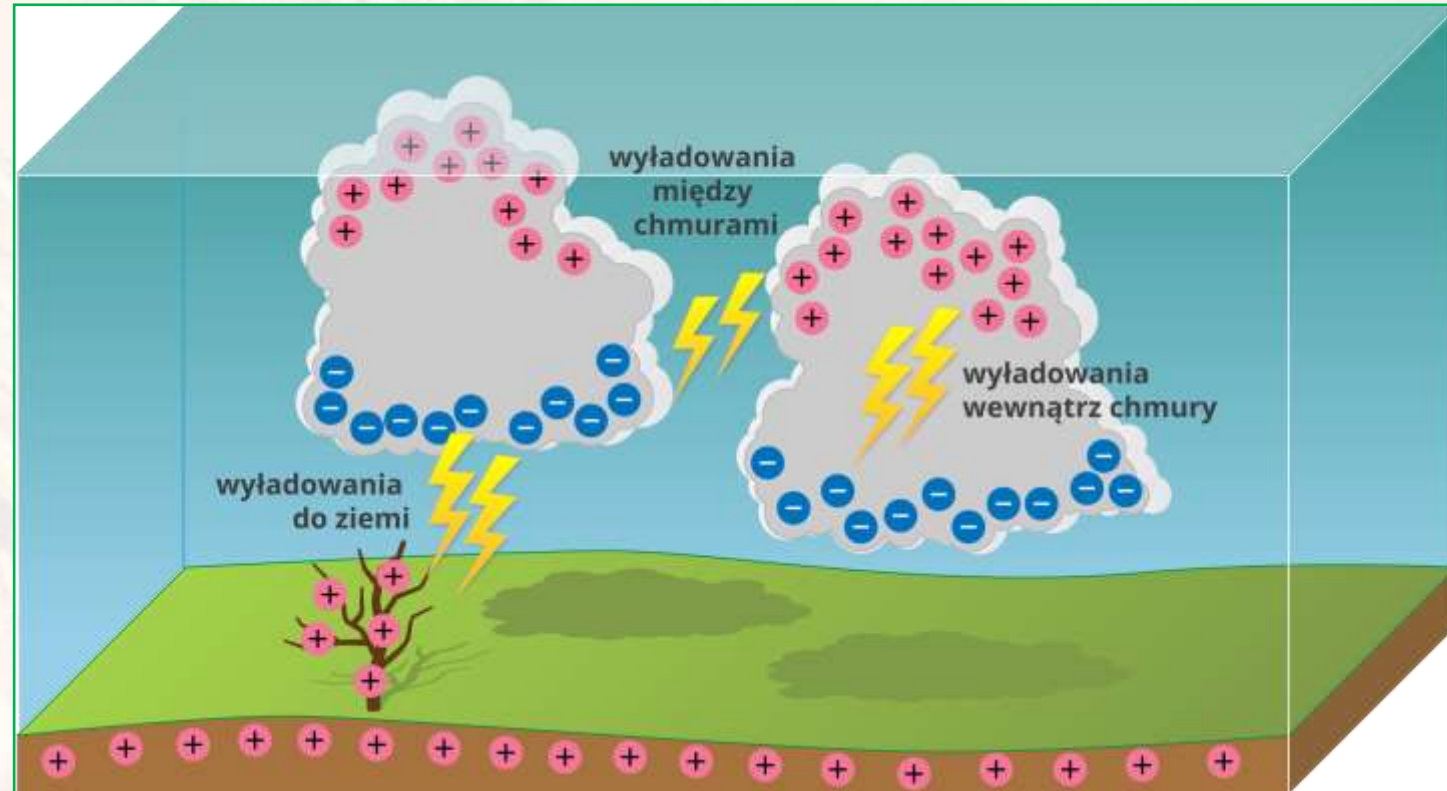
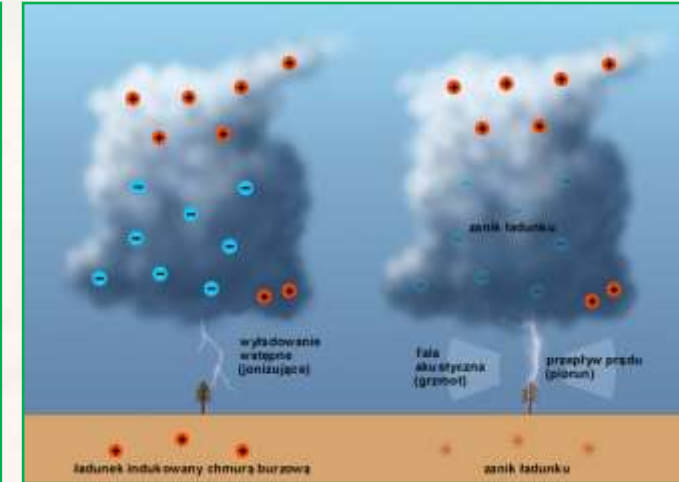
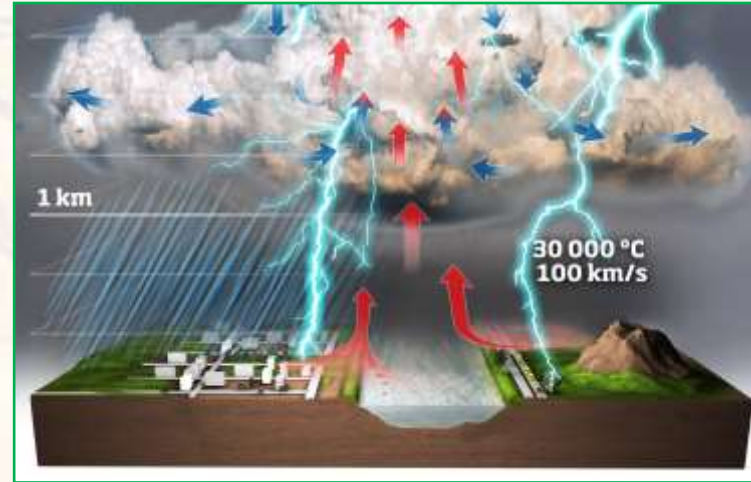
Jak powstają burze?

- Po osiągnięciu (schłodzeniu) temperatury punktu rosy zawarta w powietrzu para wodna zaczyna **kondensować – skraplać się**, a temu towarzyszy **wydzielanie ciepła**,
- ogrzewane w wyniku kondensacji powietrze wilgotne (w chmurach) ochładza się wolno,
- ciągły dopływ pary wodnej i jej kondensacja powoduje ciągłe ogrzewanie, skutkujące ciągłym wznoszeniem się powietrza do góry (zgodnie z zasadą, że ciepło wznosi się do góry),
- w efekcie **chmura burzowa mocno rozbudowuje się na wysokość**, sięgając coraz wyżej:
 - w strefie umiarkowanej nawet powyżej 10 km, zaś w strefie międzyzwrotnikowej jeszcze wyżej – nawet powyżej 15 km;
 - proces wznoszenia ustaje dopiero po **spadku ulewnego deszczu** (towarzyszą temu często wyładowania atmosferyczne i gradobicia) oraz wyczerpaniu się nagromadzonego wcześniej potencjału w chmurze burzowej.



Zjawiska towarzyszące burzom - pioruny

- **Piorun (grzmot)** – naturalnie powstałe w atmosferze bardzo silne wyładowanie elektrostatyczne, towarzyszące burzy i wywołujące huk (grom dźwiękowy).
- Powstaje on wskutek nagłego nagrzania się powietrza w kanale błyskawicy, którą następuje przepływ prądu pomiędzy chmurą – mającą na dole ładunek ujemny a powierzchnią Ziemi naładowaną dodatnio.



Sztormy

- **Sztormy** – wywołują bardzo silne wiatry (mogą one towarzyszyć burzom) nad obszarami mórz i oceanów o prędkości przekraczającej 62 km/h oraz sile nie mniejszej niż 8 stopni w skali Beauforta.
- Powstają one w układach niskiego ciśnienia i wywołują piętrzenie oraz załamywanie się fal.
- Sztormy corocznie powstają wielokrotnie, w wielu miejscach na całym świecie.
- Najwięcej z nich tworzy się w rejonach występowania cyklonów tropikalnych.



Skala Douglasa – skala stanu morza

→ **Skala Douglasa – skala stanu morza**, wykorzystywana obecnie powszechnie przez żeglarzy, w której poszczególne stopnie są wyznaczane na podstawie **najwyższych wysokości fal**:

- 0° – odpowiada falom o wysokości 0 m,
- 1° - "I" – fale o wysokości do 0,1 m,
- 2° - "II" – 0,1 - 0,5 m,
- 3° - "III" – 0,5 - 1,25 m,
- 4° - "IV" – 1,25 - 2,5 m,
- 5° - "V" – 2,5 - 4,0 m,
- 6° - "VI" – 4,0 - 6,0 m,
- 7° - "VII" – 6,0 - 9,0 m,
- 8° - "VIII" – 9,0 - 14,0 m,
- 9° - "IX" – 14,0 m i więcej.



Skutki sztormu

- Bardzo duże fale (występujące w czasie najsilniejszych sztormów, towarzyszące często cyklonom tropikalnym) niszczą brzeg (**abrazja**) i mogą wywoływać ogromne **powodzie**.
- Na wskutek sztormu powstaje **cofka**.
 - Prowadzi ona do podniesienia wody w ujściowym fragmencie doliny rzecznej (dochodzi do spiętrzenia wód wpychanych przez wiatr i fale sztormowe) i w jego następstwie – powodzi.



Skala Beauforta

- W celu określenia siły wiatru na morzu używa się umownej **skali Beauforta**, za pomocą której (w stopniach Beauforta) można określić prędkość wiatru oraz przyporządkować określony stan morza.
- Skala ta opracowana została w 1805 r. na użytek żeglarzy przez admirała F. Beauforta – Irlandczyka, hydrografa, oficera floty brytyjskiej.
- Skala Beauforta mierzy prędkość wiatru w stopniach od 0 do 12 (obecnie w celu opisu tornad, jest ona rozszerzona do 17°B).



0	Calm	
1	Light air	
2	Light Breeze	
3	Gentle Breeze	
4	Moderate Breeze	
5	Fresh Breeze	
6	Strong Breeze	
7	Near Gale	
8	Gale	
9	Strong Gale	
10	Storm	
11	Violent Storm	
12	Hurricane	

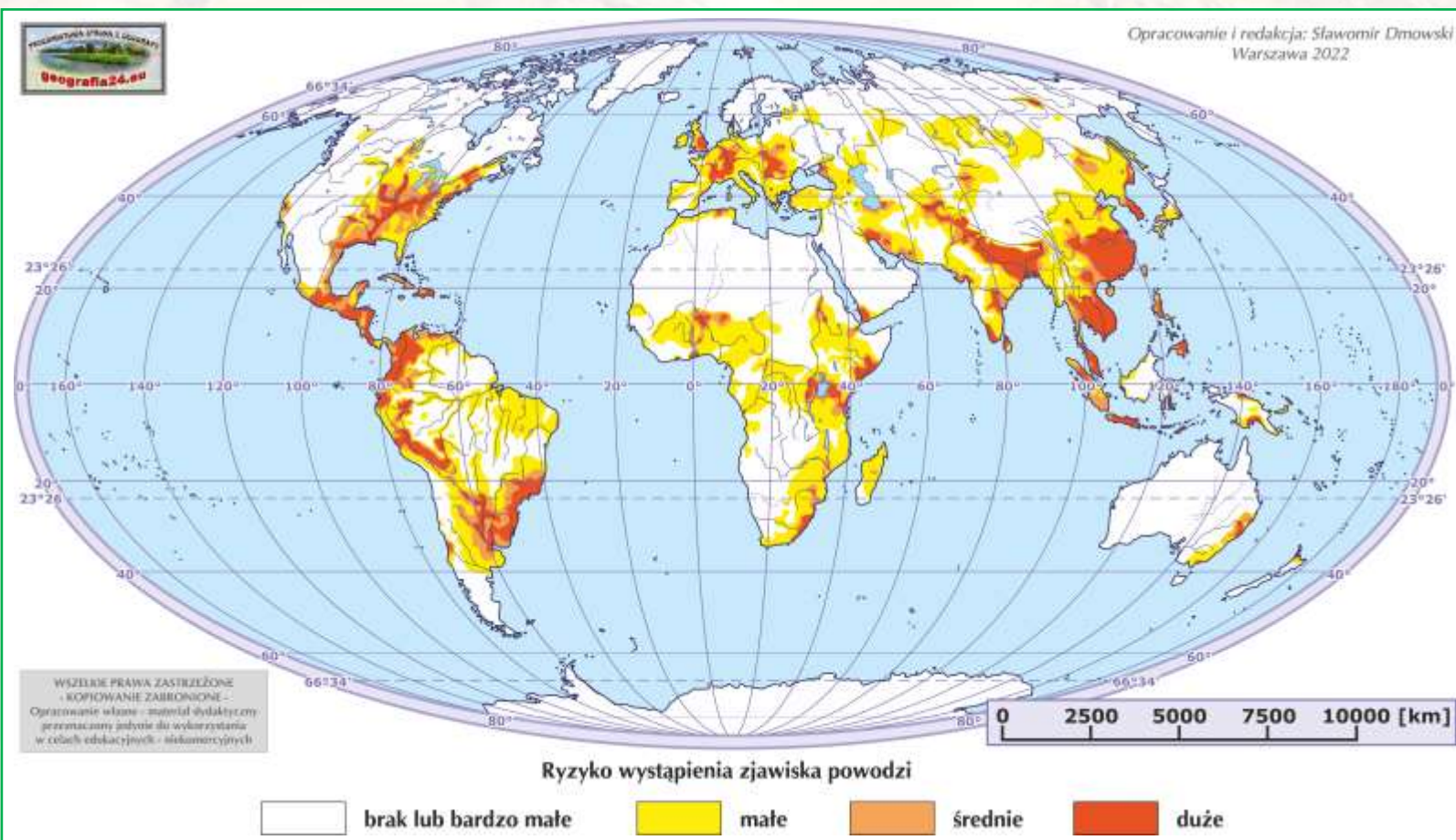
Powódzie

- **Powódź** – wezbranie wody w rzekach, zbiornikach wodnych, kanałach lub na morzu, podczas którego woda po przekroczeniu stanu brzegowego zalewa tereny i powoduje zagrożenia dla ludności lub mienia.
- Jest jedną z najbardziej groźnych i niszczycielskich w skutkach klęsk żywiołowych, nawiedzających corocznie bardzo wiele miejsc na świecie.
- Bardzo istotny wpływ na występowanie powodzi wywiera istniejący układ rzek oraz występująca w poszczególnych okresach roku sytuacja hydrologiczno-meteorologiczna.



Powodzie na świecie

- Obszary o **największym zagrożeniu powodziowym** to w większości tereny kiedyś pokryte lasami (obecnie wylesione):
 - **wschodnie oraz południowe regiony Azji i Oceanii** (przyczyny to: ulewne deszcze monsunowe, cyklony tropikalne),
 - **obszary podrównikowe Afryki Subsaharyjskiej oraz Ameryki Południowej i Środkowej** (występują w porze deszczowej),
 - **Europa i środkowa Azja** (przyczyny to: wiosenne roztopy lub zatory lodowe na rzekach oraz letnie opady deszczu),
 - **w Polsce** powodzie najczęściej powstają na terenach województw: mazowieckiego (zwykle najwięcej), dolnośląskiego, warmińsko-mazurskiego, pomorskiego, podkarpackiego, małopolskiego, śląskiego i opolskiego.



Powodzie w Polsce

- **Powodzie w Polsce** obserwujemy najczęściej wskutek:
 - obecnych lokalnie, krótkotrwałych, ulewnych **letnich burz** (**powodzie opadowo-nawalne**) lub dłużej utrzymujących się opadów (**powodzie opadowo-rozlewowe**):
 - koryta rzek (najczęściej na terenie górskim), nie są w stanie pomieścić wszystkich spływających wód i dochodzi do lokalnych podtopień;
 - szybko wytapiającej się **pokrywy śnieżnej** (**powodzie roztopowe**):
 - w czasie gwałtownego ocieplenia ziemia jest jeszcze mocno przemarznięta, co uniemożliwia wsiąkanie topiącej się wody;
 - powstawania **zatorów na rzekach** obejmujących:
 - część odcinków rzek, szczególnie tych położonych w północnej Polsce, w zimie pokryta jest lodem, w wyniku czego, w czasie ociepleń, tworzą się zatory lodowe, powodujące sztuczne spiętrzanie się wód i powodzie (**powodzie zatorowo-lodowe**),
 - miejsca, w których formuje się pokrywa lodowa – powodzie te są skutkiem blokowania przez śryż odpływ wód rzecznych (**powodzie zatorowo-śryżowe**);
 - **wezbrań sztormowych** (**powodzie sztormowe** – opisane zostały wcześniej),
 - powstają w czasie występowania specyficznych układów barycznych, w wyniku których dochodzi do powstania silnie wiejących północnych wiatrów,
 - wiatry te wciągają wodę z Bałtyku w ujściowe odcinki rzek na Pomorzu,
 - występują zwykle na jesieni lub zimą, a zjawisko to określamy jako tzw. **cofka**.



Powódź tysiąclecia na wrocławskim osiedlu Kazanów z 1997 roku.

Skutki powodzi

→ **Skutki powodzi** można podzielić na:

1. skutki pierwotne (bezpośrednie):

- zniszczone lub uszkodzone budynki (nie tylko mieszkalne, ale też użyteczności publicznej oraz zakłady pracy),
- zalane i zniszczone drogi, mosty, linie kolejowe i energetyczne, gazociągi,
- uszkodzone wały przeciwpowodziowe oraz urządzenia wodne,
- naniesione duże ilości połamanych drzew, błota i kamieni,
- osunięcia gruntu;

2. Skutki wtórne (pośrednie):

- skażenie chemiczne i bakteriologiczne środowiska,
- skażenie chemiczne i bakteriologiczne zapasów żywności i wody pitnej,
- choroby i epidemie.



Wpływ człowieka na powodzie

- Większość hydrologów obecnie jest zdania, iż:
 - **największym winowajcą negatywnych skutków powodzi jest człowiek:**
 - chcąc “przechrzyć” naturę, bardzo często buduje swoje zabudowania na terenach zalewowych, bądź też wykorzystuje je gospodarczo;
 - dużym problemem jest także **słaby stan techniczny istniejących urządzeń hydrotechnicznych**, które stanowią zabezpieczenia przeciwpowodziowe:
 - stan wielu wałów jest niezadowalający, a wręcz niedopuszczalny,
 - niestety na poprawę tego stanu rzeczy zwykle brakuje funduszy;
 - na wielu obszarach **konieczne jest także budowanie dodatkowych zbiorników retencyjnych**, które są w stanie okresowo zatrzymać nadmiar wody i zmniejszać w ten sposób wysokość tzw. fali powodziowej;
 - problem stanowi tzw. **zamulanie koryt rzecznych**,
 - usuwanie nadmiaru osadu rzecznoego jest stosunkowo drogie i wykonywane bywa tylko sporadycznie, zwykle wtedy, gdy istnieje wyraźne niebezpieczeństwo;
 - ważnym działaniem przeciwpowodziowym jest tzw. **wczesne wykrywanie zagrożeń**, z czym radzimy sobie coraz to lepiej,
 - wiele pozytywnych zmian zostało wymuszonych po wystąpieniu największych powodzi, mających miejsce m.in. w 1997 r. oraz w latach: 2009 i 2010.



Powódź tysiąclecia w Europie Środkowej (lipiec 1997 roku)

→ **Powódź tysiąclecia** nawiedziła w lipcu 1997 roku:

- południową i zachodnią Polskę,
- wylały wówczas wody rzek tj.: Bóbr, Bystrzyca, Kaczawa, Kwisa, Mała Panew, Nysa Kłodzka, Nysa Łużycka, Odra, Olza, Oława, Skora, Szprotawa, Ślęza i Widawa, a także górnej Wisły.

- Czechy,

- wschodnie Niemcy (Łużyce),

- północno-zachodnią Słowację,

- wschodnią Austrię.

→ Spowodowała ona:

- na terenie Czech, Niemiec i Polski śmierć 114 osób,

- na terenie Polski – 56 osób;

- szkody oszacowane na blisko 4,5 miliarda dolarów,

- na terenie Polski oszacowano je na ok. 3,5 miliarda dolarów.



Wrocław – lipiec 1997

Powód w Chinach w 1931 roku

- Jedną z największych klęsk żywiołowych w historii ludzkości była **powódź w Chinach w 1931 r.**
- W zależności od źródła, liczbę ofiar tego kataklizmu szacuje się od 400 tysięcy do nawet 4 milionów ludzi.
- Za przyczyny tej ogromnej powodzi uznaje się wiosenne roztopy, które poprzedziła surowa zima i gwałtowne burze śnieżne.
- Ponadto latem teren ten nawiedziły ulewne deszcze.
- Kumulacja tych czynników spowodowała wylewy trzech wielkich rzek: Jangcy, Huang He i Huai He (dopływ Jangcy).



Szkwał

- **Szkwał** – jest to zjawisko lokalnego zaburzenia atmosfery, w którym następuje nagły wzrost prędkości wiatru o co najmniej 8 m/s, powstające w czasie występowania silnej konwekcji termicznej lub przechodzenia frontu chłodnego w czasie silnych burz.
- Towarzyszy on zwykle silnie rozbudowanym w pionie chmurom kłębiastym deszczowym Cumulonimbus (Cb) – występuje on w tzw. “przedniej części chmury” – tam gdzie następuje zetknięcie się dwóch mas o znacznych różnicach temperatur (stąd “energia” do powstania tego wiatru).
- Szkwał trwa stosunkowo krótko – zwykle do kilku minut.
- Po jego przejściu zwykle następują nawalne opady deszczu (najpierw wieje, potem pada).

Silnie wiejący, porywisty wiatr w czasie szkwału, stanowiący duże zagrożenie nad akwenami wodnymi



Chmury burzowe tworzące linię szkwału – znak na niebie o możliwości wystąpienia szkwału



Biały szkwiał

- **Biały szkwiał** – termin używany najczęściej przez żeglarzy i marynarzy – ponieważ zjawisko to występuje bardzo często nad akwenami wodnymi.
- Różni się ono od zwykłego szkwiału tym, że przychodzi on bardzo szybko i w zasadzie bez bardziej widocznych oznak dla obserwatora na niebie (takich jak np. przy zwykłym szkwale – chmur Cumulonimbus).
- W przypadku białego szkwiału po prostu nagle zaczyna bardzo mocno wiać i stosunkowo szybko przestaje.
- Nazwa “szkwiał” pochodzi od załamujących się fal, pokrytych białą pianą.
- Gdy szkwiał spada bezpośrednio na łódź czy jacht teoretycznie czasem może doprowadzić do zatopienia jednostki (może po prostu wcisnąć pod wodę).



Plakat filmu pt. “Sztorm” (White Squall) – opowiadający historię o białym szkwale który prawdopodobnie zatopił żaglowiec “Albatross” w 1961 roku.



Szkwał na Mazurach (21 sierpnia 2007)

- **Szkwał na Mazurach** miał miejsce 21 sierpnia 2007.
- Związany był z przejściem specyficznej silnej, wielokomórkowej burzy nad Mazurami, związanej z frontem szkwałowym.
- W trakcie jej przechodzenia padł rekord prędkości wiatru na stacji w Mikołajkach (w historii pomiarów).
- Związany był on z wybitnie dużym kontrastem termicznym – w trakcie przechodzenia frontu temperatura spadła o ponad 10°C (z 28°C do 16°C).
- Skutkiem przejścia szkwału (wg mediów określanego błędnie białym szkwałem) była:
 - śmierć 12 żeglarzy,
 - spustoszenie w obrębie jezior mazurskich (poprzewracane w ciągu kilku sekund jachty).



Trąby powietrzne

→ **Trąba powietrzna** – zjawisko ruchu wirowego powietrza o znacznej sile (prędkość wiatru w wirze może przekraczać nawet 300 km/h), niewielkiej średnicy (do kilkudziesięciu metrów), któremu towarzyszy burza z deszczem, czasem gradem.

→ Posiada charakterystyczną postać leja, porywającego kurz i przedmioty, wychodzącego z podstawy przedniej części chmury kłębiastej deszczowej – Cumulonimbus (Cb).

→ Trąby powietrzne są typowym zjawiskiem tworzącym się m.in. w umiarkowanych szerokościach geograficznych, w tym i w Polsce – tylko ich część jest ekstremalna.

→ Skutkują one niszczeniem mienia które napotkają po drodze.

→ Pocieszeniem może być fakt, że pas zniszczeń jest stosunkowo wąski (zwykle do 200 m).

→ Powstają one tuż przed frontem chłodnym w ciepłej porze roku, tworzącego się na pograniczu dwóch mocno zróżnicowanych termicznie i wilgotnościowo mas powietrza;

→ w Polsce powietrza polarnomorskiego (zimnego) i zwrotnikowego (wilgotnego i ciepłego).



Trąba powietrzna w Borach Tucholskich (14 lipca 2012 r.)

- W Polsce statystycznie praktycznie każdego roku zdarza się kilka lub nawet kilkanaście trąb powietrznych.
- Trąba powietrzna w **Borach Tucholskich** była jedną z większych w ciągu ostatnich lat.
- Prócz śmierci 1 osoby, zniszczeniu uległy budynki oraz bardzo liczny drzewostan.



Trąby wodne

- **Trąba wodna (trąba morska)** zjawisko meteorologiczne podobne wyglądem i sposobem powstawania do trąby powietrznej.
- Najistotniejsza różnica polega na tym, iż formowanie się pionowego wiru w kształcie leja, następuje nad powierzchnią wody.
- Część z nich zresztą to trąby powietrzne, które wędrując dotarły nad akwen wodny.
- Są one z reguły także słabsze od swego lądowego odpowiednika,
- w dużym stopniu przezroczyste i w początkowej fazie można je zauważyć tylko dzięki śladowi jaki pozostawiają na powierzchni wody.



Tornado

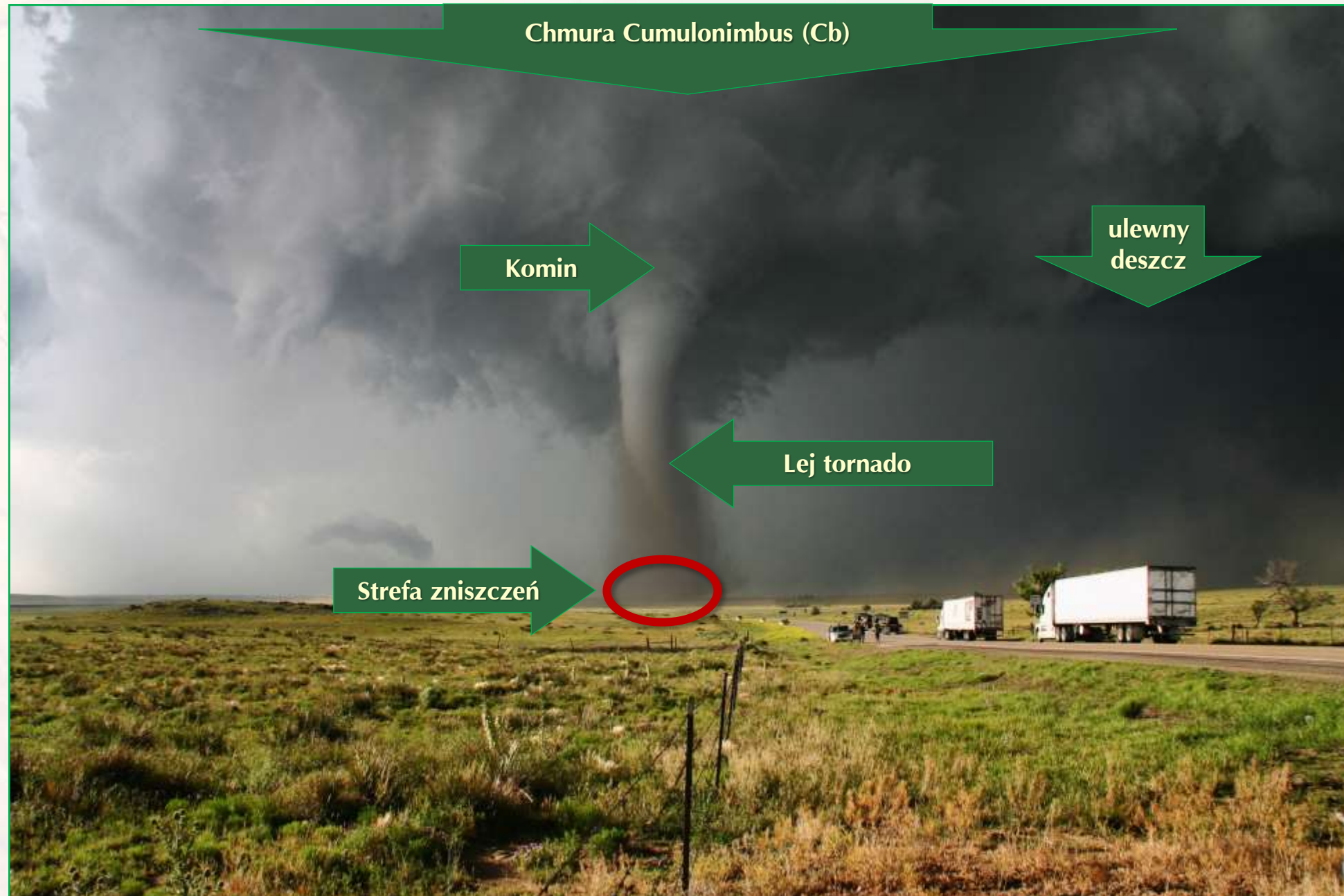
- **Tornado** – rodzaj trąby powietrznej, występujący w Ameryce Północnej (podobny do trąb pod względem wyglądu).
- Niektóre z tornad ze względu na specyfikę kontynentu amerykańskiego mogą osiągać znacznie większe parametry niż chociażby trąby powietrzne powstające w Polsce, co wynika głównie z możliwej do osiągnięcia:
 - większej różnicy w ciśnieniu atmosferycznym pomiędzy środkiem a skrajem wiru (do 150 hPa),
 - większej średnicy leja (choć nie zawsze tak jest i nie zawsze wielkość leja świadczy o sile),
 - większej prędkości wiatru (prędkość wiatru w wirze może przekraczać nawet 500 km/h).

Ciągnąca się od macierzystej chmury do ziemi centralna kolumna niskiego ciśnienia, zwana wirem, wciąga ciepłe i mocno wilgotne powietrze zalegające przy powierzchni Ziemi. Powietrze zbiegające się ze wszystkich stron, mocno wiruje kierując ku górze, widoczną część tornada-pełną kurzu, ciasno skręconą w kształcie lejka w kierunku chmury kłębiastej deszczowej Cumulonimbus (Cb). Lej przemierza zazwyczaj kilkadziesiąt kilometrów po powierzchni Ziemi ze średnią prędkością powyżej 50 km/h. Podczas tej wędrówki gubi wcześniej zassany ładunek.



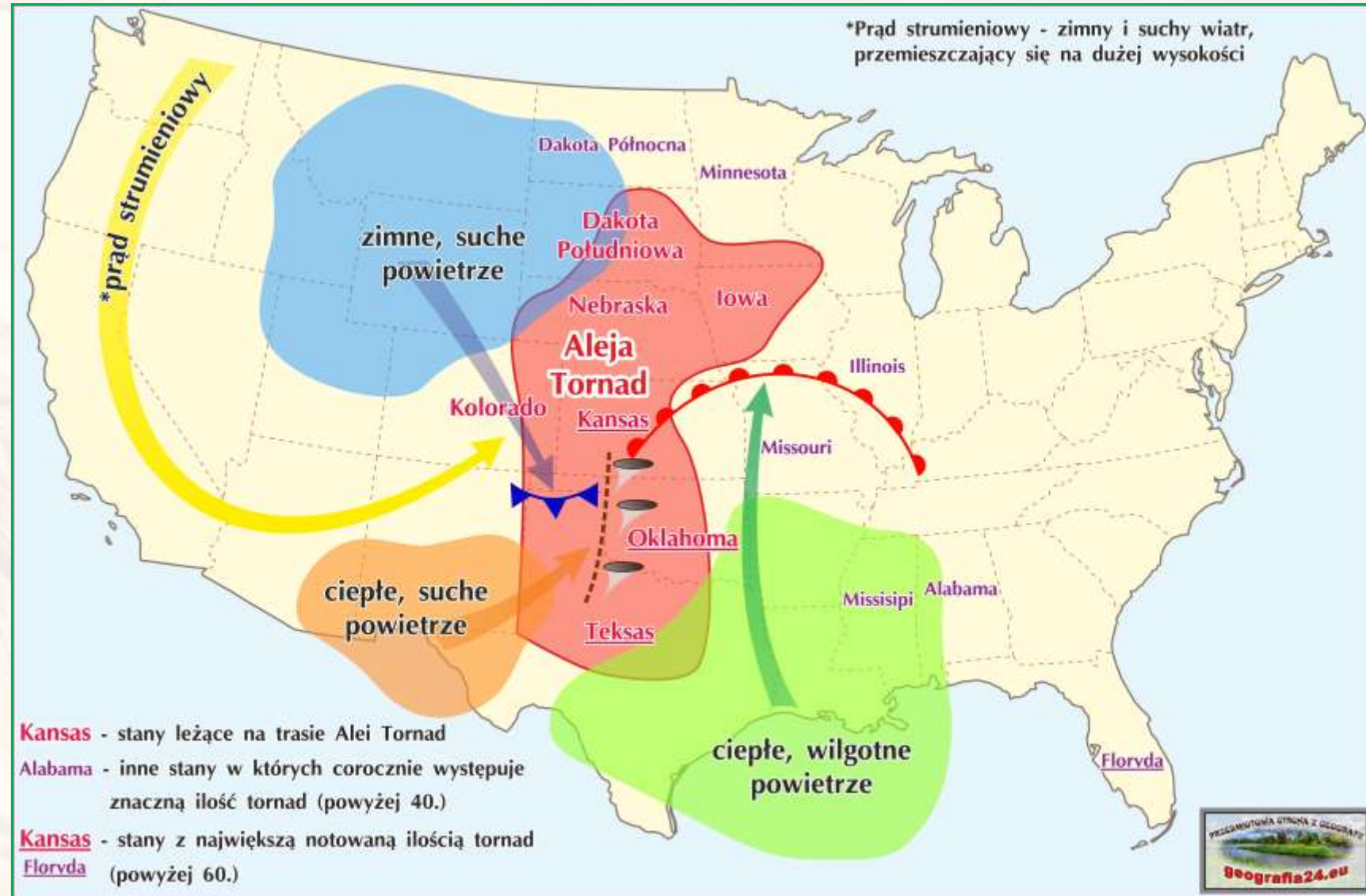
Budowa tornada (także i trąby powietrznej)

- **Budowa tornada** jest taka sama jak i typowej trąby powietrznej.
- Posiada wygląd leja lub kolumny sięgającej od podstawy chmur, do powierzchni ziemi.
- Średnica trąby powietrznej wynosi zwykle poniżej 100 metrów, ale zdarzają się czasem i większe o szerokości nawet ponad 2 kilometrów.



Aleja Tornad w Stanach Zjednoczonych

- Tornada rozwijają się w ciepłej porze roku – najczęściej powstaje od kwietnia do lipca w USA (średnio 1,2 tys./rok).
- Większość z nich powstaje wzdłuż szlaku, zwanego **Aleją Tornad**, ciągnącego się przez Wielkie Równiny pasem o szerokości około 650 km od stanu Teksas na południu, w kierunku stanów Dakota Północna i Minnesota.
- Spotykają się tu – a właściwie zderzają:
 - ciepłe i wilgotne powietrze znad Zatoki Meksykańskiej przemieszczające się na północ,
 - zimne i suche powietrze przesuwane się znad Kanady na południe ponad Górami Skalistymi.



Największą ilość ze wszystkich tornad notuje się na granicy Teksasu i Oklahoma, ale w skład Alei Tornad wchodzi również takie stany jak Kansas, Południowa Dakota i Iowa. Najmniejsza ich ilość pojawia się na północnym-wschodzie i północnym-zachodnie USA.

Siła tornada wg skali Fujity

- Dla określenia zniszczeń w USA stosuje się tzw. **skale Fujity** – opartą na stopniu dokonywanych szkód.
- Od 2007 roku na terenie USA, zaś w 2013 na terenie Kanady zaczęto stosować **zmodyfikowaną skalę Fujity**.
- Nowa skala uwzględnia różnice w jakości różnych budynków i tym samym ich podatność na zniszczenia.
- Zmodyfikowano także symbole (dodano literkę E – z przodu) oraz wartości graniczne wiatru.



Zniszczenia po tornadzie, które w maju 2007 r. zrównało z ziemią miejscowość Greensburg w stanie Kansas w USA. Był to pierwszy przypadek tornada o sile EF5, od czasu wprowadzenia ulepszonej skali Fujity

Siła tornada wg zmodyfikowanej skali Fujity

Kategoria tornada	Prędkość wiatru (km/h)	Charakterystyka typowych zniszczeń	
EF0	105 – 137	<ul style="list-style-type: none"> ➤ brak lub małe szkody ➤ uszkodzenia dachów domów, ➤ połamane gałęzie drzew 	 
EF1	138 – 178	<ul style="list-style-type: none"> ➤ umiarkowane szkody ➤ zerwane dachy, ➤ przewrócone przyczepy campingowe 	 
EF2	179 – 218	<ul style="list-style-type: none"> ➤ zerwane dachy z solidnych konstrukcji, ➤ duże drzewa wrywane z korzeniami, ➤ lekkie samochody podnoszone z ziemi 	 
EF3	219 – 266	<ul style="list-style-type: none"> ➤ niszczone całe serie solidnych domów, ➤ uszkodzenia dużych budynków, ➤ wykolejone pociągi, ➤ podnoszone z ziemi cięższe samochody 	 
EF4	267 – 322	<ul style="list-style-type: none"> ➤ zniszczenia bardzo duże ➤ solidne domy zrównane z ziemią ➤ samochody wyrzucane w powietrze 	 
EF5	powyżej 322	<ul style="list-style-type: none"> ➤ całkowite niszczenia wszystkich budynków ➤ domy o silnym szkieletie zrównane z ziemią do fundamentów, ➤ samochody stają się pociskami przelatującymi do 100 metrów 	 

Cyklony tropikalne

- **Cyklony tropikalne** – ośrodki bardzo niskiego ciśnienia, powstające wyłącznie nad międzyzwrotnikowymi obszarami oceanów (od 5° do około 15° na obu półkulach).
 - Odznaczają się one silnymi wiatrami, spiralnym wyglądem oraz intensywnym deszczem.
- Tworzą się w jednolitych masach powietrza (nie występują i nie tworzą się w ich obrębie powierzchnie frontowe), tylko gdy temperatura wody przekroczy $26,5^\circ\text{C}$ oraz jest wyższa od temperatury powietrza zalegającego nad nią.
- Warunki takie panują latem i wczesną jesienią – wody oceaniczne są wtedy najcieplejsze.
 - Maksimum ich występowania przypada:
 - na półkuli północnej – na sierpień,
 - na półkuli południowej – na styczeń i luty.

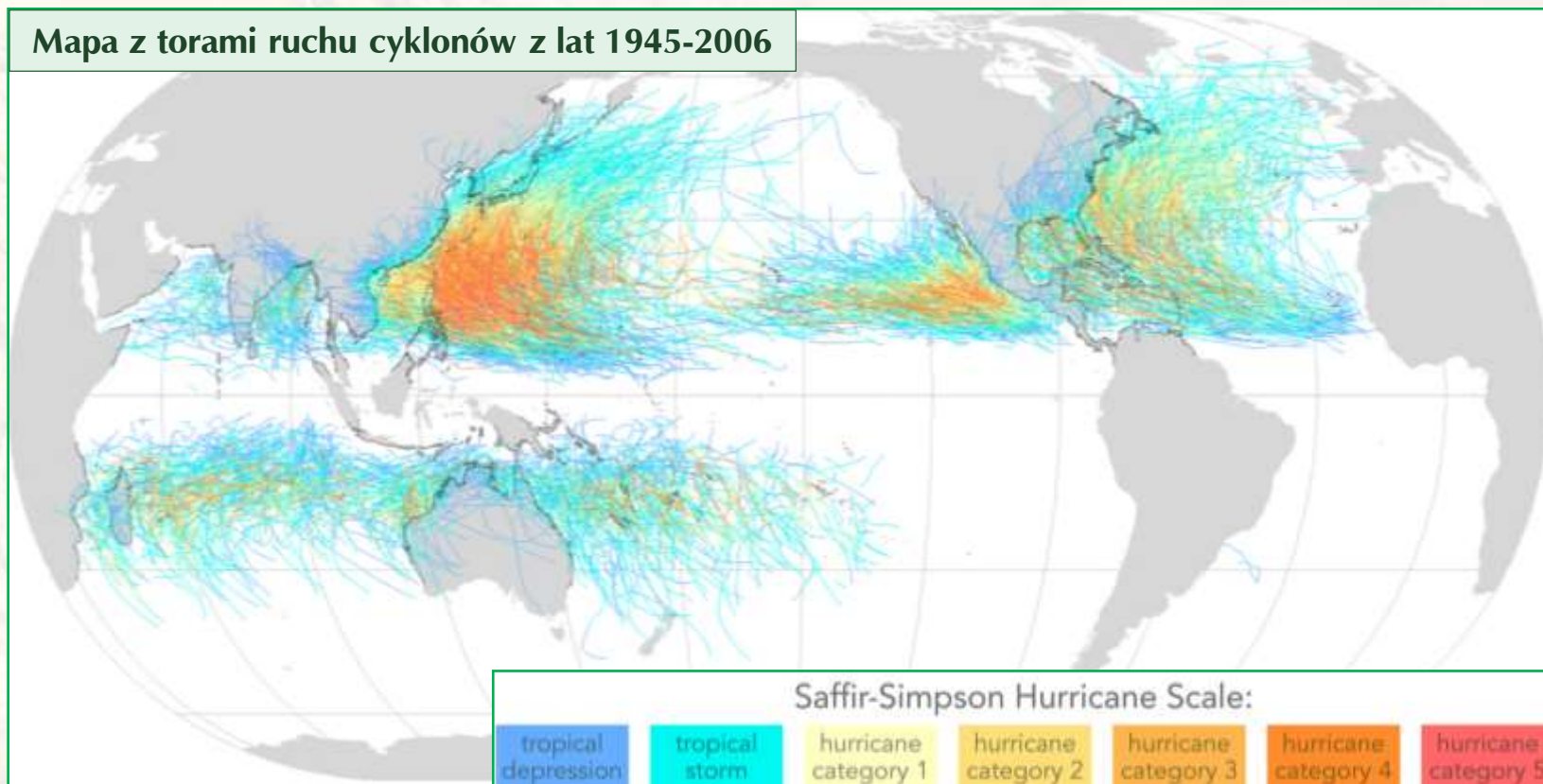


Cyklony tropikalne

- **Cyklony tropikalne przemieszczając się ku wyższym szerokościom geograficznym ulegają działaniu siły Coriolisa:**
 - na półkuli północnej – przemieszczając się na północ, skręcają na północny-zachód,
 - na półkuli południowej – przemieszczając się na południe, skręcają na południowy zachód.
- **Prędkość przemieszczania się cyklonów tropikalnych jest nieduża – zwykle oscyluje ona w granicach 10-20 km/h.**
- **Trasy wędrówek cyklonów są bardzo różne – trudno doszukać się w nich jakiejś wyraźnej logiki, choć można wskazać miejsca w które “lubią się bardziej przemieszczać”.**
 - **Największe z nich przemieszczają się tak długo aż dotrą nad ląd – na którym szybko tracą na sile i przestają istnieć.**



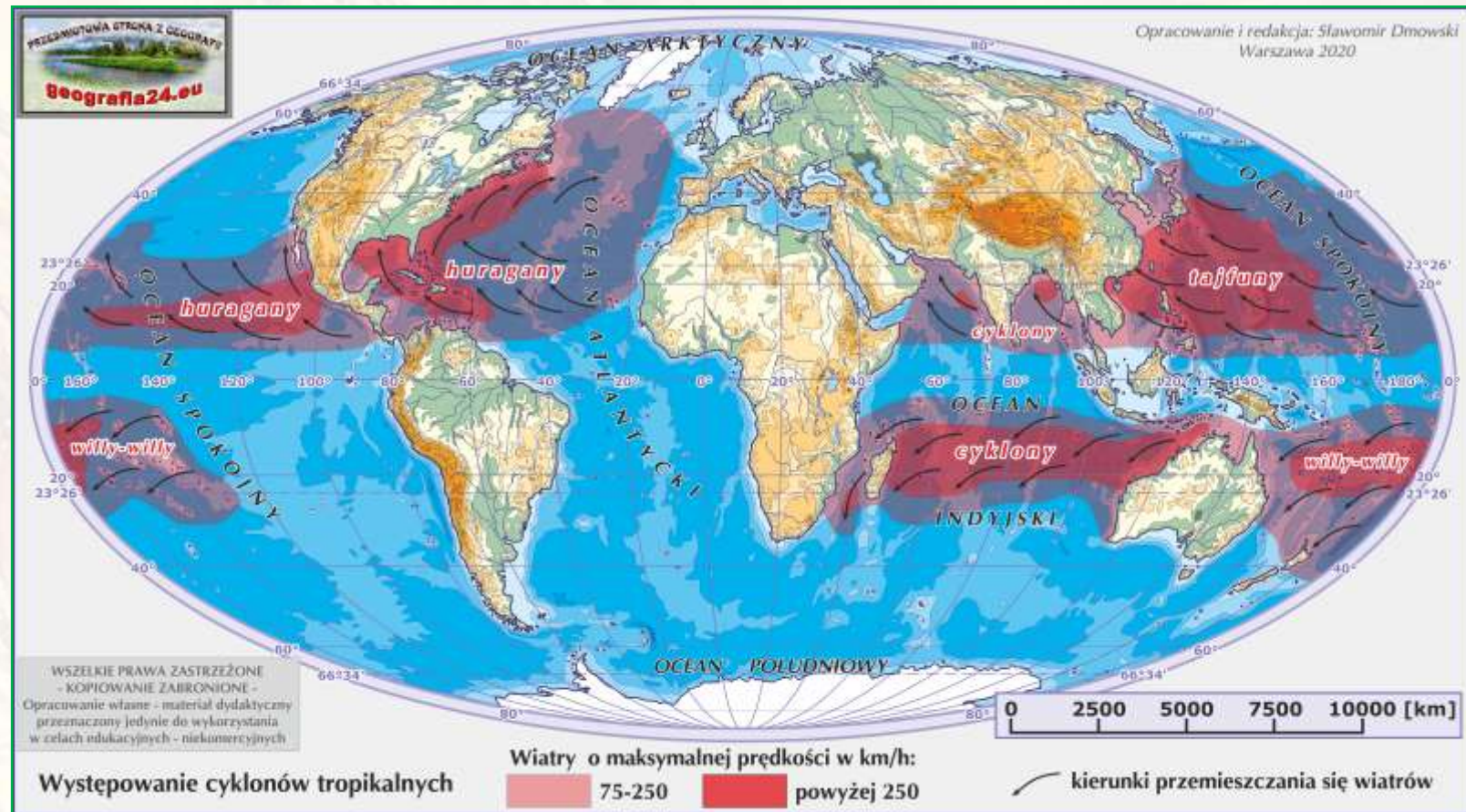
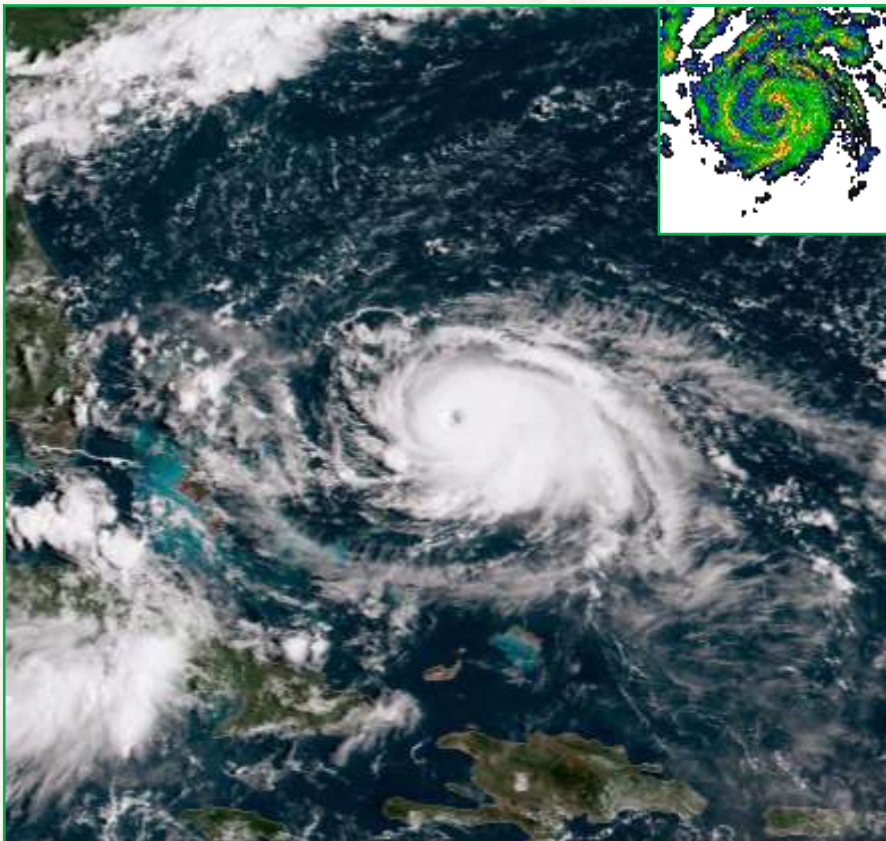
Mapa z torami ruchu cyklonów z lat 1945-2006



Lokalne odmiany cyklonów tropikalnych

→ Cyklony tropikalne mają wiele lokalnych nazw:

- **huragan** (*hurricanes*) – w **Ameryce Środkowej i Północnej** (Atlantyk i wschodni Pacyfik): Morze Karaibskie, południowo-wschodnia część USA – Zatoka Meksykańska, Hawaje;
- **tajfun** (*typhoon*) – **południowowschodnia i wschodnia Azja**: zachodni Pacyfik nad równikiem – Filipiny, Japonia i Chiny;
- **cyklon** – nad **Oceanem Indyjskim**: Zatoka Bentalaska, Morze Arabskie, południowe Indie;
- **willy-willy** – w **północno-wschodniej i północnej Australii**: zachodni Pacyfik poniżej równika i morza oblewające Australię od północy).



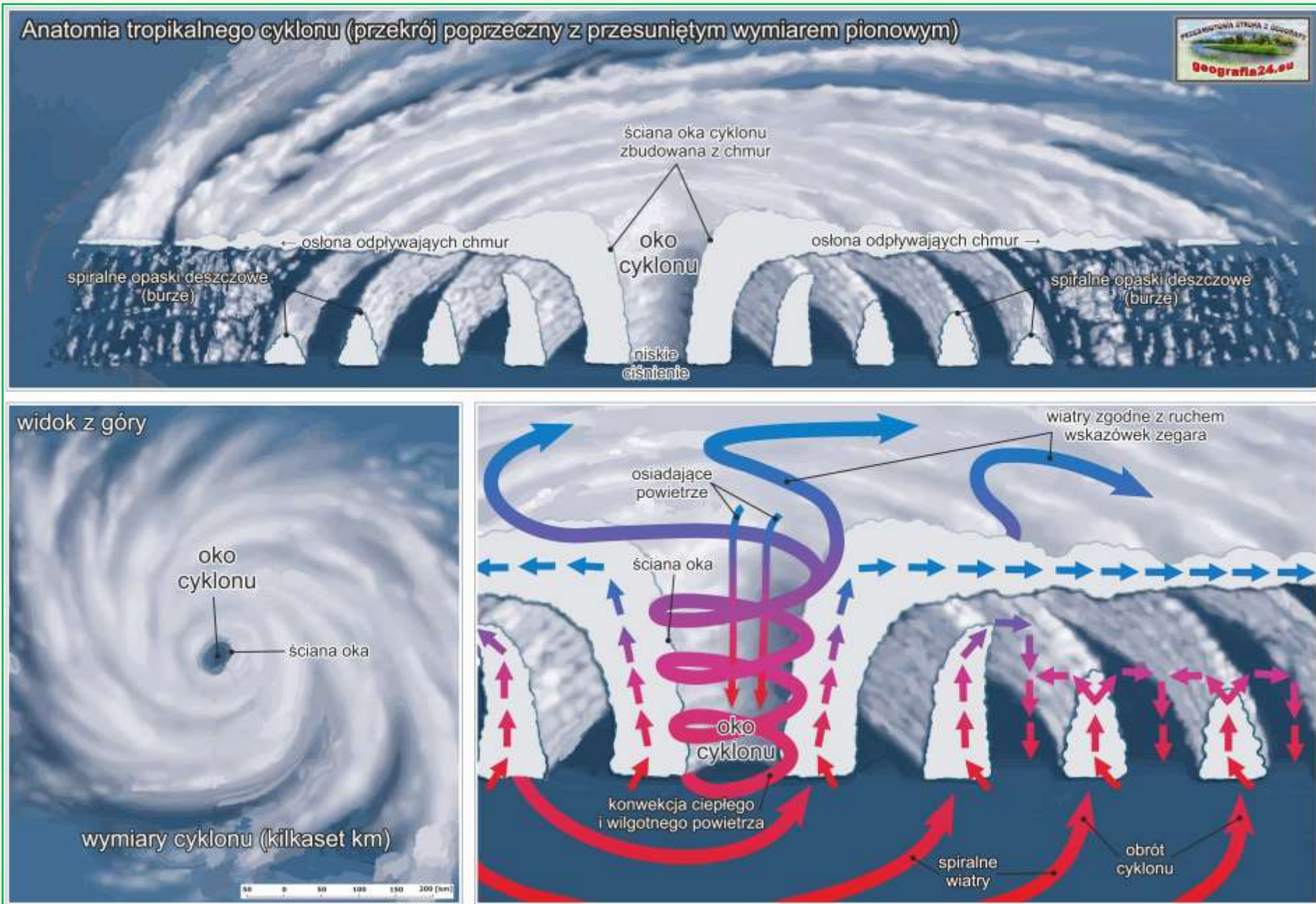
Cyklony tropikalne

→ **Cyklony tworzą wirową cyrkulację powietrza, w której występują znaczne różnice ciśnień – znacznie przekraczające 50 hPa.**

→ **Wysokość cyklonu dochodzi do 13 km.**

→ **W centrum znajduje się tzw. **oko cyklonu** o dość niewielkiej średnicy 20-40 km, w którym:**

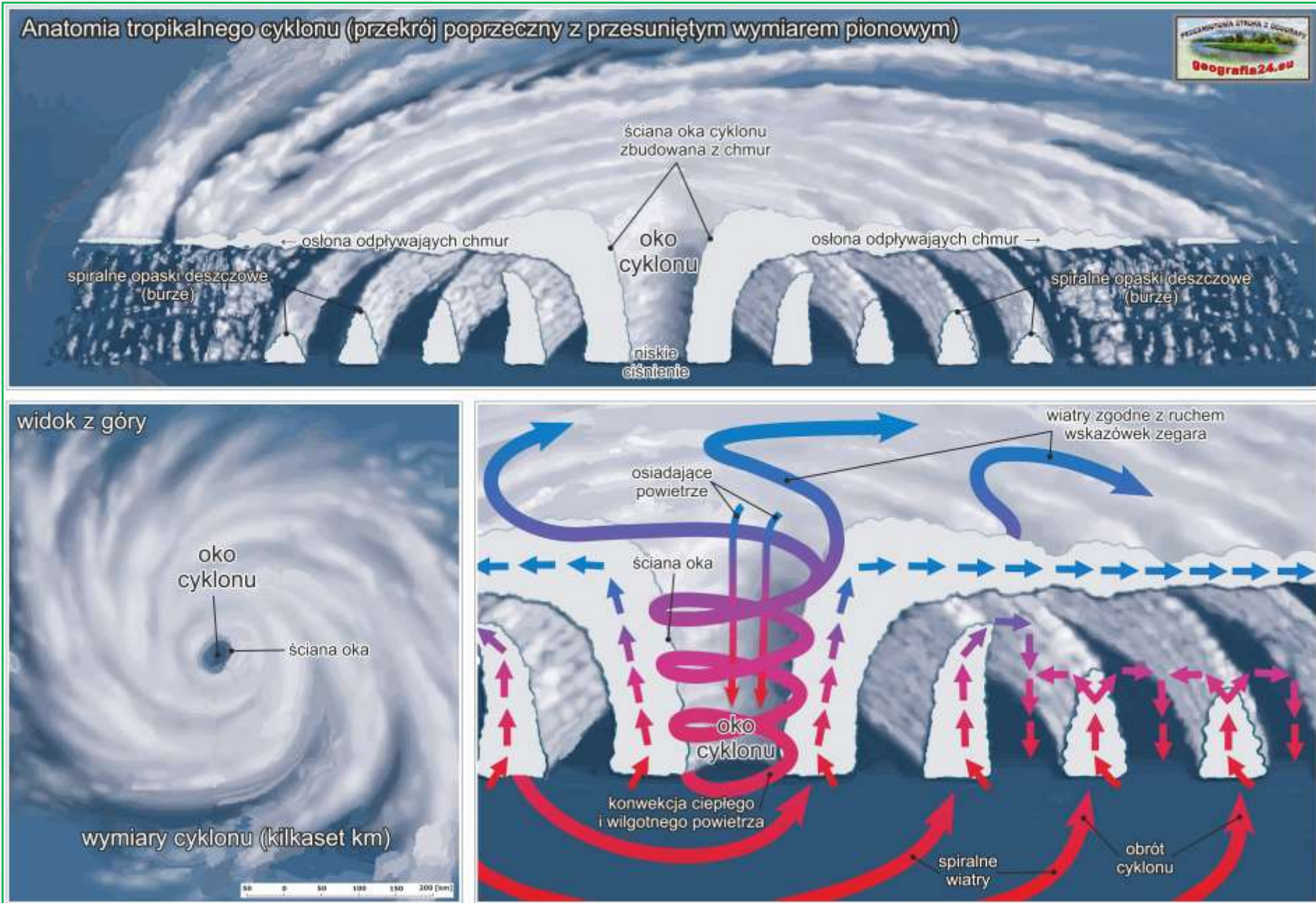
- **wieje bardzo słaby wiatr,**
- **zachmurzenie jest niewielkie (lub nawet jest bezchmurnie),**
- **na ogół nie pada deszcz,**
- **panuje najniższe ciśnienie – wynosi ono poniżej 960 hPa.**



Cyklony tropikalne

→ Wokół oka cyklonu:

- występuje bardzo silny wir powietrza – w obrębie którego występują silnie rozbudowane w pionie chmury kłębiaste deszczowe Cumulonimbus (występują silne burze),
- padają nawalne deszcze,
- wieją bardzo silne wiatry, osiągający w porywach prędkości 250 km/h i więcej.





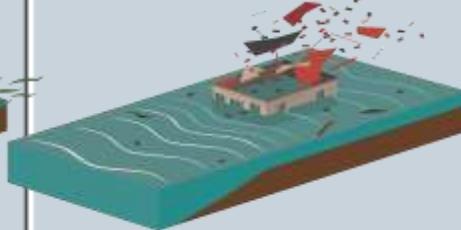


Skala Saffira-Simpsona

→ **5 stopniowa skala Saffira-Simpsona** – opracowana pod koniec lat 60. XX w., służąca klasyfikacji huraganów występujących w Stanach Zjednoczonych.

→ Obecnie powszechnie jest stosowana do klasyfikacji cyklonów na Ocenianie Atlantyckim i wschodniej części Pacyfiku.

→ Czasem wykorzystywana jest dla innych obszarów (oficjalnie funkcjonują tam inne skale).

Kategoria	1	2	3	4	5
Prędkość wiatru	119–153 km/h	154–177 km/h	178–209 km/h	210–249 km/h	≥250 km/h
Ciśnienie w centrum	≥980 hPa	965–979 hPa	945–964 hPa	920–944 hPa	<920 hPa
Wysokość fali powodziowej	1,2–1,5 m	1,8–2,4 m	2,7–3,7 m	4,0–5,5 m	≥5,5 m
Potencjalne zniszczenia	Minimalne spowodowane głównie przez niezabezpieczone przedmioty, drzewa, przyczepy kempingowe. Przybrzeżne podtopienia.	Zniszczenie pokrycia dachów, drzwi, okien. Poważne zniszczenia roślinności, przyczep kempingowych, itp.	Niewielkie zniszczenia mniejszych budynków, z możliwością uszkodzeń ścian osłonowych. Możliwość podtopienia terenów położonych w głąb lądu.	Duże zniszczenia ścian osłonowych, możliwość całkowitego zerwania dachów z mniejszych budynków. Duża erozja nadbrzeża. Możliwość podtopienia znacznych obszarów w głąb lądu.	Całkowite zniszczenie niektórych budynków z możliwością całkowitego rozwiania mniejszych konstrukcji. Powodzie na dużym terenie. Niekiedy wymagana całkowita ewakuacja ludności.
					

Huragan Katrina (sierpień 2005 roku)

- **Huragan Katrina** – najgorszy w skutkach huragan, który w sierpniu 2005 roku nawiedził Stany Zjednoczone, a szczególnie obszar Zatoki Meksykańskiej – rejon Nowego Orleanu w stanie Luizjana, powodując:
 - śmierć 1836 osób (dodatkowo 705 osób uznano za zaginione),
 - olbrzymie straty materialne:
 - w wyniku przerwania wału przeciwpowodziowego 80% Nowego Orleanu zostało zalane,
 - straty materialne zostały oszacowane na 87 mld dolarów (wg innych źródeł nawet 160 mld dolarów),
 - największe były w Nowym Orleanie, gdzie zostały oszacowane na 81 mld dolarów,
 - miasto to się praktycznie wyludniło (z około 0,5 mln mieszkańców, w 2014 roku było 384 tys.).



Stadion Superdome i zalane centrum Nowego Orleanu

Tajfun Haiyan (listopad 2013)

- **Tajfun Haiyan** – tajfun 5. kategorii w skali Saffira-Simpsona.
- Powstał on jesienią na Oceanie Spokojnym.
 - Następnie na początku listopada 2013 r. przeszedł przez zachodnie wybrzeże Pacyfiku: Mikronezję, Palau, Filipiny, Wietnam i Chiny.
- Tajfun Haiyan był:
 - najsilniejszym cyklonem tropikalnym pod względem średniej prędkości wiatru,
 - średnia prędkość wiatru: 312 km/h,
 - maksymalna wartość: 376 km/h,
 - jednym z najgłębszych niżów w historii pomiarów meteorologicznych,
 - minimalne ciśnienie atmosferyczne w jego centrum wynosiło zaledwie 895 hPa,
 - bardzo tragicznym w skutkach tajfunem:
 - spowodował śmierć ponad 6300 osób (liczba osób potwierdzonych), głównie na Filipinach,
 - katastrofalne zniszczenia miejscowości, które znalazły się na jego drodze.



Susza (susza klimatyczna)

→ **Susza** – okres, w którym przeciętna ilość opadów na danym obszarze spada znacznie poniżej średniej wartości tego obszaru oraz kiedy stan ten utrzymuje się przez dłuższy czas.



Susza (susza klimatyczna)

- **Susza klimatyczna** występuje najczęściej na:
 - **terenie sawanny**, charakteryzujących się długą porą suchą, trwającą nawet ponad 10 miesięcy oraz stosunkowo niewielką ilością opadów atmosferycznych w porze deszczowej,
 - **innych terenach trawiastych**, w tym przede wszystkim **stepach**, cechujących się gorącym latem, mroźną zimą, niewielką ilością opadów atmosferycznych i dużymi wahaniami temperatury powietrza.
- Do **głównych przyczyn powstawania suszy** należy zaliczyć:
 - **globalne ocieplenie**,
 - **bezpośrednią działalnością człowieka** wpływająca na **zaburzenie naturalnej retencji wody**, w tym:
 - wycinanie lasów równikowych i zakrzewień w rejonie sawanny i innych formacji trawiastych,
 - osuszanie terenów podmokłych,
 - regulacja rzek.
- Około 30% powierzchni lądów na Ziemi wykazuje **deficyt opadów**, przy czym na powierzchni 12% lądów roczny opad dostarcza zaledwie 1/4 ilości wyparowywanej wody.



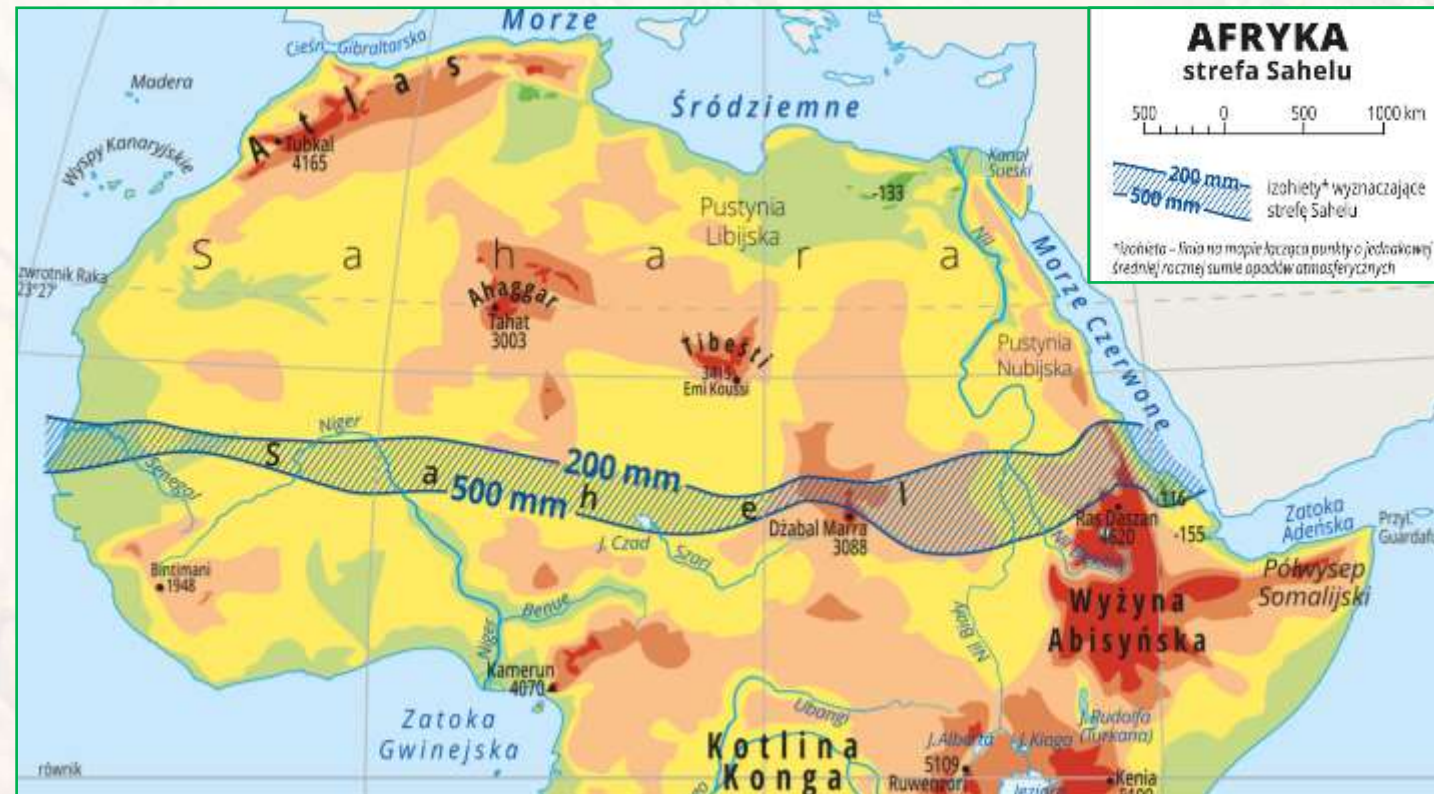
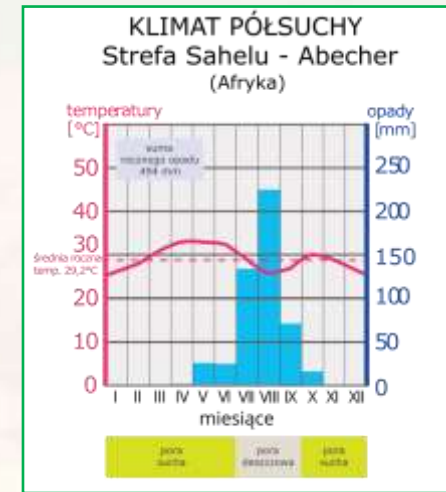
Skutki suszy

- Susza, szczególnie długotrwała przyczynia się do przesuszenia gleb, co w efekcie skutkuje:
 - **stratami finansowymi w rolnictwie** – występują mniejsze plony, a nawet następuje całkowite zniszczenie upraw lub łąk i pastwisk – często w biedniejszych krajach prowadzą do “klęsk głodu” i śmierci wielu osób,
 - w celu przeciwdziałania tym skutkom zmuszeni jesteśmy ponosić dodatkowe wydatki związane np. ze sztucznym nawadnianiem w okresach występowania susz,
 - **zmniejszeniem zasobów wody pitnej,**
 - **zwiększeniem prawdopodobieństwa wystąpienia pożarów,**
 - to z kolei może prowadzić do zagrożenia bezpieczeństwa ludności i strat finansowych.



Obszary najbardziej zagrożone suszą – Sahel w Afryce

- Susza w zasadzie może wystąpić praktycznie wszędzie na świecie (za wyjątkiem niektórych miejsc położonych w klimatach wilgotnych lub morskich o dużych i regularnych opadach).
 - Występują one także i w Polsce – ale na świecie jest wiele miejsc gdzie są one większe.
- Największe susze występują na obszarach o niskich opadach oraz wysokim parowaniu.
- Takie warunki panują przede wszystkim na obszarze półpustyń i sawanny w Afryce:
 - szczególnie w strefie Sahelu rozciągającej się od południowych obrzeży Sahary przechodząc równoleżnikowo przez następujące państwa: Senegal i Mauretania (na zachodzie Afryki), Burkina Faso, Mali, Niger, Czad, Sudan, Erytrea, Etiopia i Somalia (na wschodzie Afryki).



Susza w Kalifornii w USA (kwiecień 2015 roku)

- Kalifornia, zamieszkała przez 39 mln ludzi, ósma gospodarka na świecie, cierpiała z powodu rekordowej suszy w 2015 roku – największej od 1,2 tys. lat (od tego okresu powtarzają się one cyklicznie – podobna była w 2021 r.).
- Jej mieszkańcy będą musieli w przyszłości racjonować wodę i skończyć w pewnych przyzwyczajeniach.
 - Głównych przyczyn poszukuje się z jednej strony w globalnym ociepleniu, zaś z drugiej w niewłaściwej gospodarce – nadmiernym marnotrawstwu wody, zarówno w przemyśle i rolnictwie, jak i w życiu niemal każdego mieszkańca.
 - Trawnik przecież musi być piękny – więc trzeba go nieustannie podlewać.
 - Stać pod prysznicem – relaksując się, w czasie kiedy woda “ucieka i nie jest wykorzystywana”.



Miasteczko Palm Springs, sztuczna oaza na pustyni Sonora na południu Kalifornii



Burze pyłowo-piaskowe (burze piaskowe)

- **Burza pyłowo-piaskowa (burza piaskowa)** – zjawisko atmosferyczne polegające na unoszeniu się drobnych cząstek pyłu lub piasku z pustyni.
- Wywołana jest ona przez:
 - **chłodne i silne wiatry** dostające się w rejon mocno nagranych obszarów **pustyń i półpustyń**, które mają siłę wzniesić w górę materiał pylasto-piaskowy,
 - **wiatry fenowe**, które spływając z gór napotykają na swojej drodze drobny materiał skalny, (pył lub piasek), który zostaje wzniesiony w górę w postaci chmury pyłowo-piaskowej.
- Motorem napędowym dalszego rozwoju jest silna **konwekcja powietrza** – wznoszenie się w górę powietrza, co związane jest z intensywnym działaniem promieni słonecznych, które rozgrzewają unoszący się w chmurze pylasto-piaszczystej materiał.
- Następnie następuje przemieszczanie się dalej tej chmury z wiatrem, dzięki różnicy ciśnień atmosferycznych między obszarami – dając efekt burzy piaskowej.



Burze pyłowo-piaskowe (burze piaskowe)

- Burze pyłowo-piaskowe występują głównie na terenie pustyni w obrębie:
 - Sahary w Afryce,
 - Półwyspu Arabskiego w Azji,
 - Pustyni Gobi w Mongolii,
 - Wielkich Równin w Ameryce Północnej,
 - Australii.



Burza piaskowa w Al Asad w Iraku (2005)

Zamiecie śnieżne

- **Zamiecie śnieżne** – zjawiska powstające w strefie klimatów umiarkowanych, polegające na unoszeniu śniegu porywanego z nad powierzchni gruntu przez silny i porywisty wiatr.
 - **Burza śnieżna** – jest odmianą śnieżycy, w trakcie której obserwujemy wyładowania atmosferyczne (zjawisko rzadkie).
- Zjawiska te przebiegają najintensywniej w klimacie umiarkowanym kontynentalnym.
 - W zależności od rejonu, w którym występują przyjmują lokalne nazwy:
 - **blizzard** – w Kanadzie i Stanach Zjednoczonych,
 - **buran** – w Azji Centralnej,
 - **purgam** – w azjatyckiej tajdze.



Splawy błotne

- **Splawy błotne** – szybkie (dochodzące do 150 km/h) przemieszczanie luźnych, upłynnionych, nasyconych wodą fragmentów gruntu (np. piasku, pyłu) w dół stoku pod wpływem siły ciężkości.
- Odmianą splawu błotnego jest **splaw popiołowy**, zwany **laharem**.
 - Powstaje on na stokach wulkanów.
- Lawiny błotne powstają najczęściej na obszarach o wilgotnym klimacie w strefie międzyzwrotnikowej.
 - Dodatkowo większość z nich związana jest z wylesianiem.



Ograniczanie skutków geozagrożeń meteorologicznych i klimatycznych

- Do najważniejszych sposobów ograniczania skutków zagrożeń meteorologicznych należy zaliczyć:
 - prognozowanie zjawisk meteorologicznych,
 - rozwijanie systemów ostrzegania,
 - szybkie informowanie o nadciągającym zagrożeniu za pośrednictwem radia, telewizji, Internetu czy sieci komórkowych,
 - budowa schronów dla ludności,
 - dostosowywanie istniejącej infrastruktury do warunków przyrodniczych i właściwe planowanie jej kolejnych elementów,
 - w przypadku brzegów morza: budowanie falochronów, podwodnych progów utrudniających rozwój fal, osłon ścian klifów i wydmy oraz wałów i murów przeciwpowodziowych.



KONIEC



Materiały pomocnicze do nauki
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)

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

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -