

RÓŻNORODNOŚĆ BIOSFERY

WBNZ 845

(Biogeografia ekologiczna i ewolucyjna)



WYKŁAD 3

Warunki
życia na
Ziemi



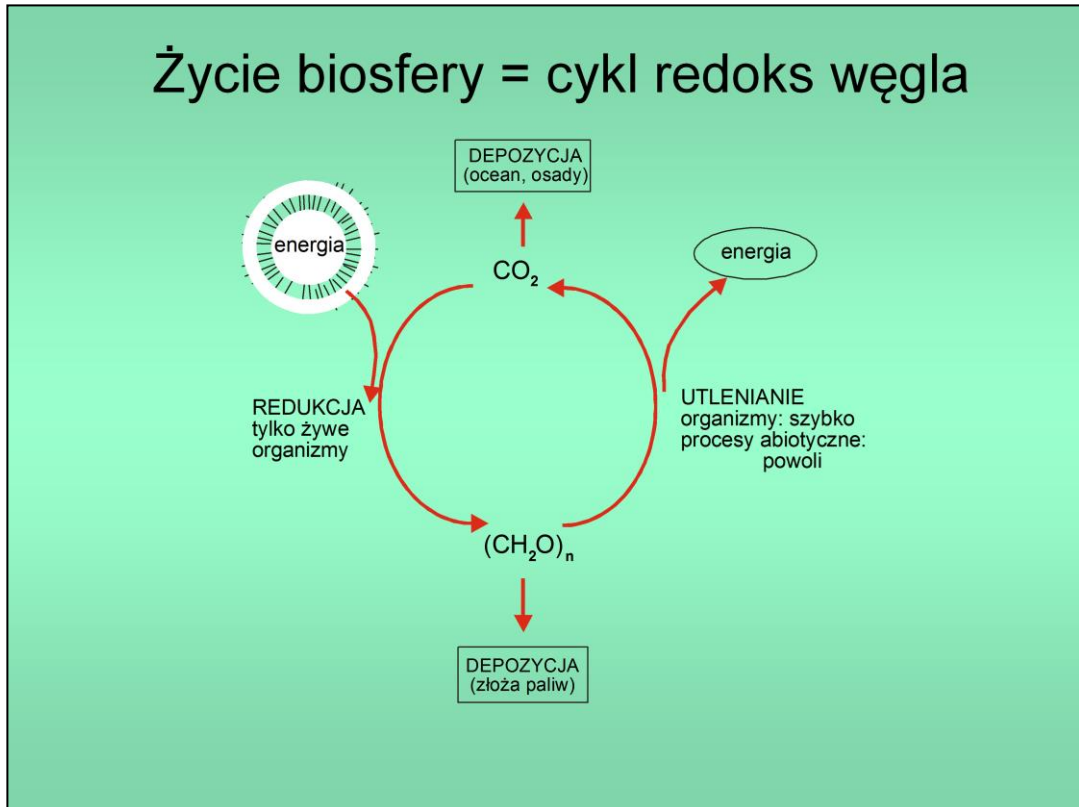
WARUNKI ŻYCIA NA ZIEMI

- Źródła energii
 - życie wymaga zasilania energetycznego (wolna energia, potencjał redoks)
 - dwa źródła: w głębi Ziemi, Słońce – tektonika i klimat.

Każdy proces (fizyczny, chemiczny, biologiczny) polega na przemianach energetycznych, jest (w sensie fizycznym) pracą, więc stanowi przepływ energii. Żeby taki proces mógł funkcjonować, konieczna jest różnica potencjałów energetycznych, źródło i ujście. Dla znanych nam procesów życiowych, głównym mechanizmem wykonywania pracy, jest utlenianie zredukowanych związków z uwolnieniem ciepła (heterotrofia) i kumulacja energii potencjalnej w postaci zredukowanych wiązań chemicznych, kosztem energii promieniowania słonecznego (lub innych przemian chemicznych). Zatem, życie jest globalnym procesem redoks.

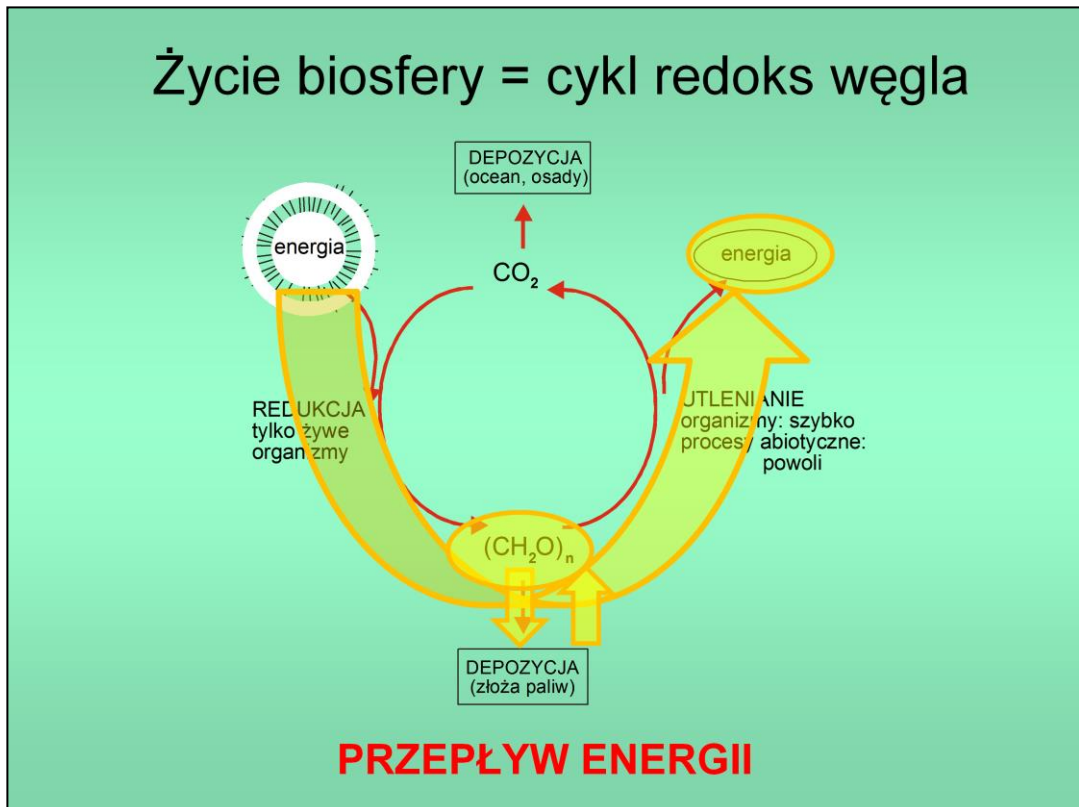
Ułtymatywnymi źródłami energii do napędzania tego cyklu na naszej planecie mogą być: przepływ ciepła z wnętrza Ziemi (i rozpraszane go w przestrzeń pozaziemską) i dopływ promieniowania słonecznego. Te dwa źródła energii napędzają procesy abiotyczne (ruchy skorupy ziemskiej, cyrkulacje powietrza atmosferycznego, cykl hydrologiczny) i procesy życiowe – w skali globalnej stanowiące cykle redoks pierwiastków, realizowane przez organizmy zebrane w zespoły (ekosystemy).

Życie biosfery = cykl redoks węgla



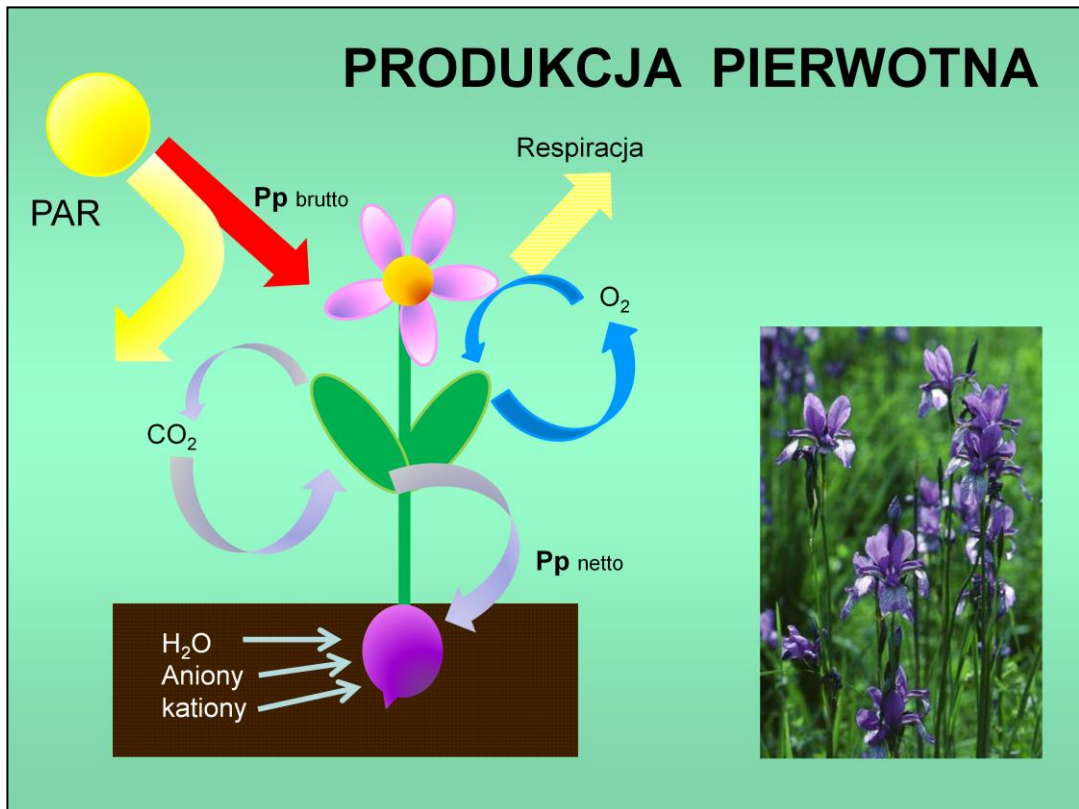
Fundamentalny schemat funkcjonowania żywej biosfery: zamknięty cykl redoks węgla, zasilany energią słoneczną

Życie biosfery = cykl redoks węgla

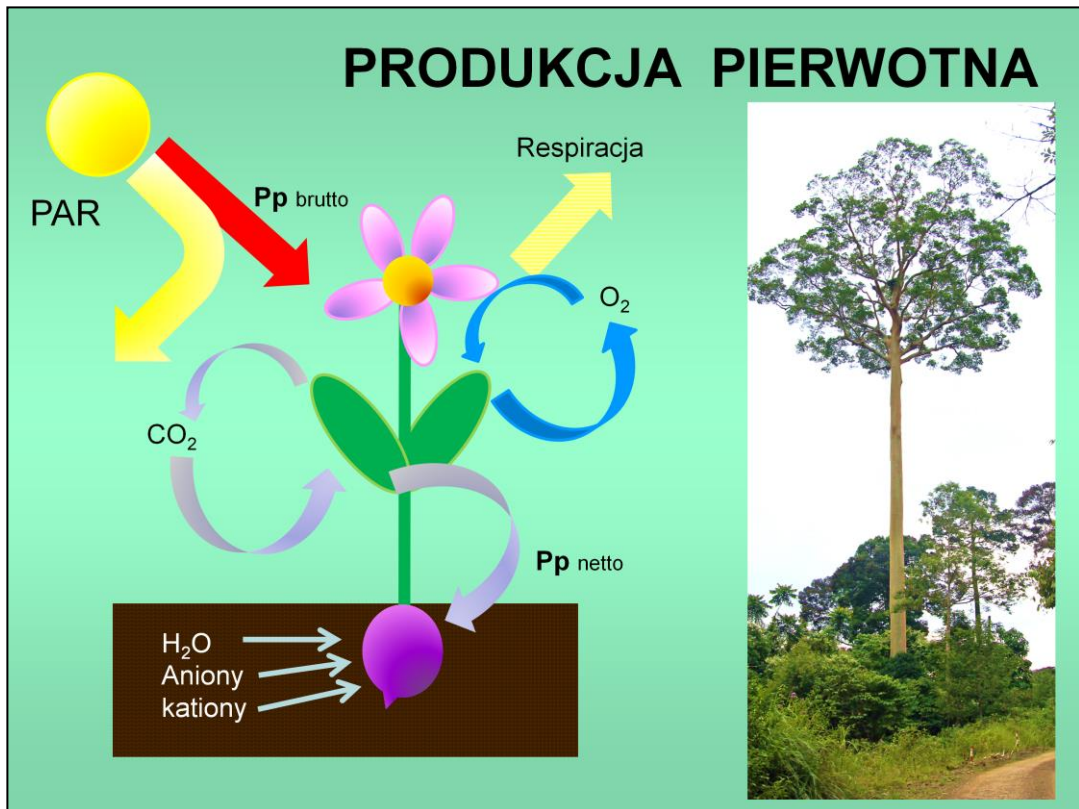


Węgiel krąży w zamkniętym cyklu (główne pule: węgiel utleniony - CO₂ w atmosferze i rozpuszczony w oceanie, osady węglanowe; węgiel zredukowany - biomasa żywych organizmów, zdeponowana martwa materia organiczna).

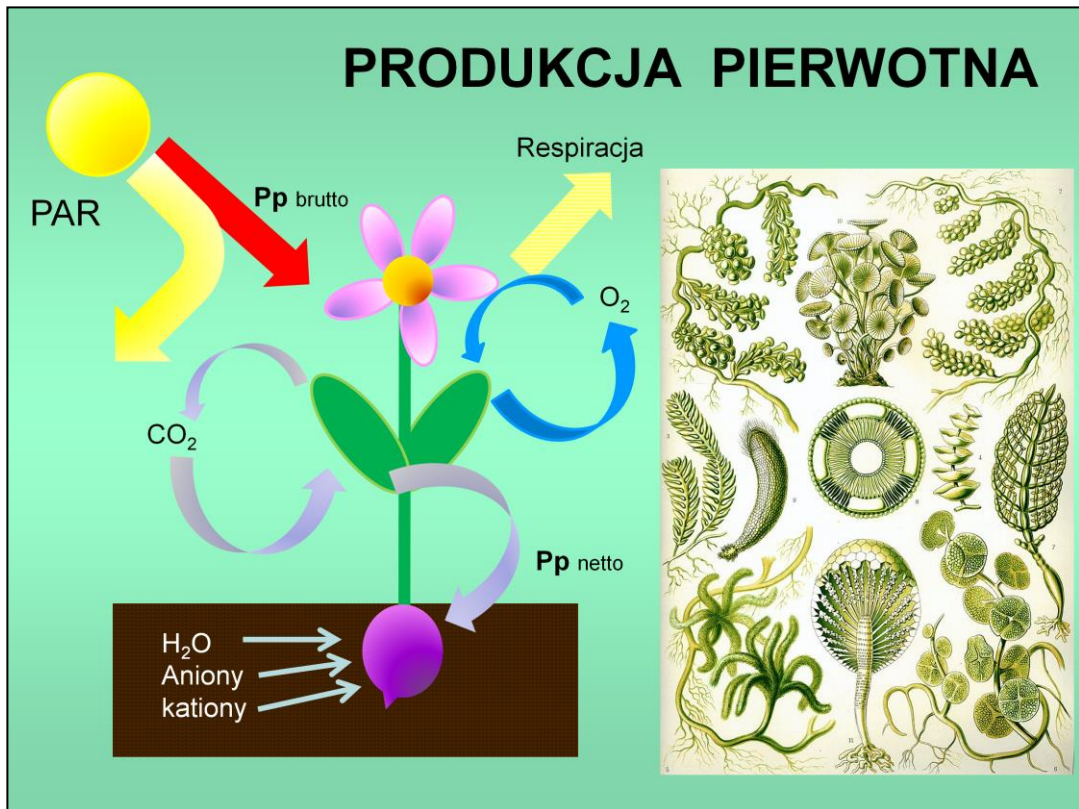
Energia płynie od Słońca, może być zdeponowana w zredukowanych związkach żywej i martwej materii organicznej, w końcu rozprasza się w postaci ciepła.



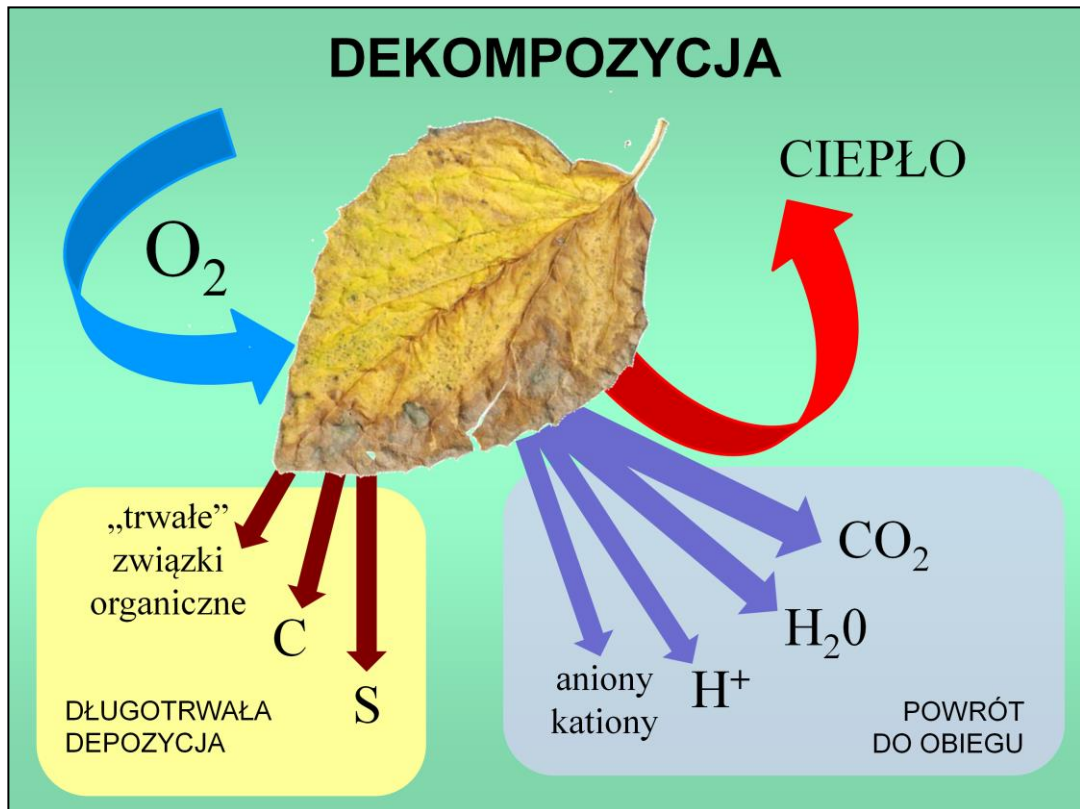
Po lewej stronie cyklu (wiązanie energii słonecznej i redukcja związków węgla) głównym procesem na Ziemi jest fotoautotrofia (fotosynteza) – inne sposoby redukcji węgla (chemoautotrofia) są we współczesnej biosferze zanedbywalne ilościowo (choć mają wielkie znaczenie dla niektórych środowisk). Ten prosty schemat pokazuje produkcję pierwotną jako funkcję rośliny zielonej.



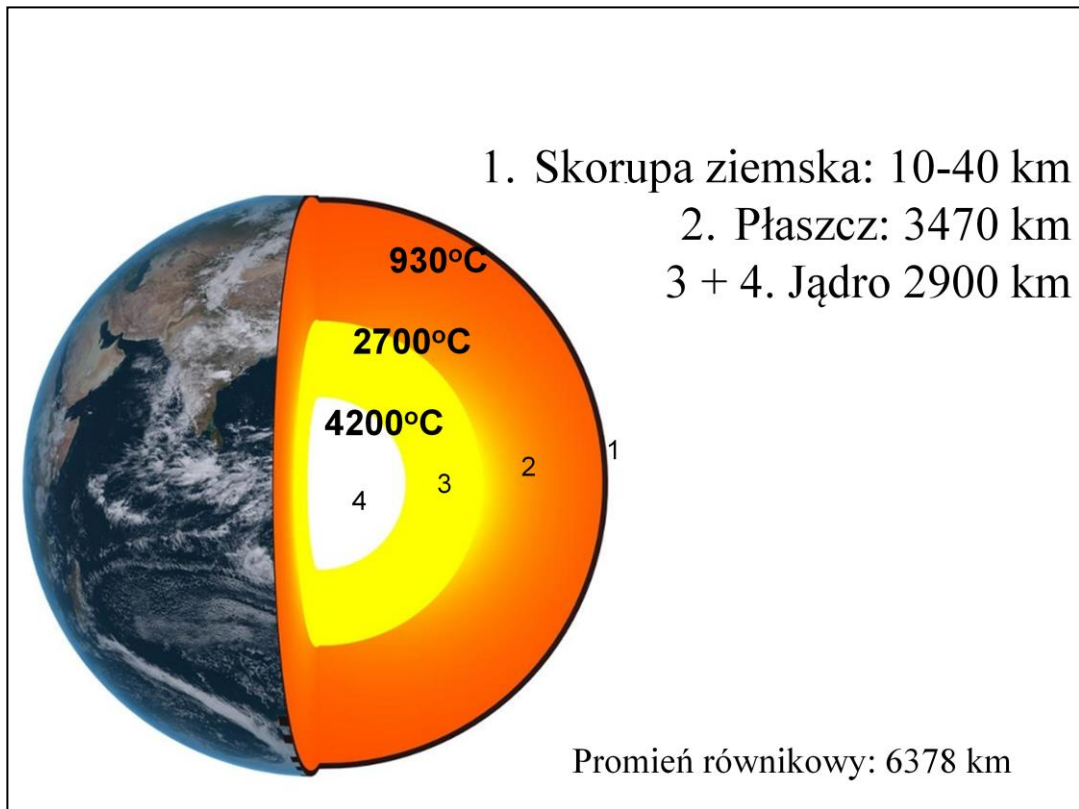
Jednak największą część produkcji pierwotnej i największy zapas biomasy na lądach reprezentują drzewa (ekosystemy leśne).



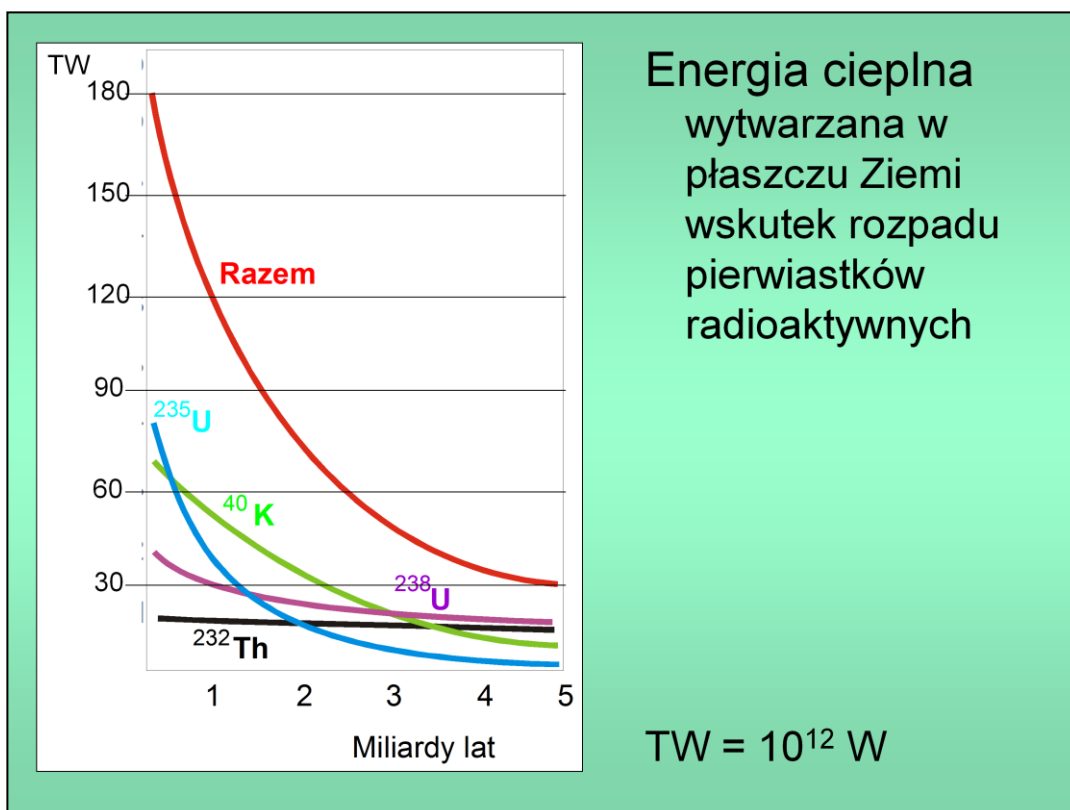
W oceanach produkcję pierwotną prowadzą głównie planktonowe protista, rośliny (np. zielenice) i fotosyntetyzujące bakterie (sinice).



Prawa strona cyklu redoks – utlenianie – do dzieła rozmaitych heterotrofów; przede wszystkim mikroorganizmów dekomponujących (utleniających) martwą materię organiczną (na lądzie i w wodzie). Roślinożercy (konsumenty I rzędu), pobierający substraty z poziomu żywych jeszcze producentów w sieciach troficznych lądów i mórz mają bardzo mały udział w przepływie węgla i energii.



Źródłem ciepła przepływającego wskroś powierzchni Ziemi jest wewnątrz naszej planety, gdzie panuje wysoka temperatura. Ale przepływ nie polega tylko na stygnięciu jądra, którego wysoka temperatura miałaby być reliktem wysokiej temperatury całego globu w chwili jego uformowania się 4.5 mld lat temu. Od tamtej pory trwa (słabnący wykładniczo) proces produkcji ciepła wydzielającego się przy rozpadzie izotopów promieniotwórczych kilku pierwiastków.



Ciepło jest produkowane cały czas w procesie rozpadu promieniotwórczego ciężkich izotopów szeregu pierwiastków, z których najważniejsze są izotopy uranu, toru i potasu. Tempo uwalniania ciepła maleje wykładniczo, na początku – gdy Ziemia była gorącą kulą – sięgało 180 terawatów. Dziś wynosi ok. 30 terawatów.

Całkowity przepływ ciepła geotermalnego:

30 to 44 TW

W tym z rozpadów promieniotwórczych

19 to 31 TW

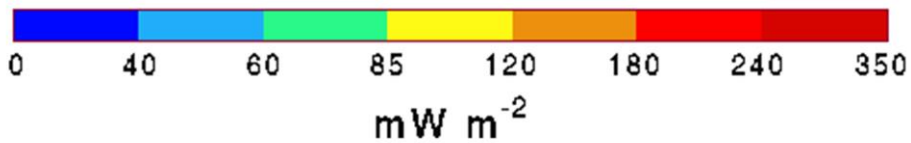
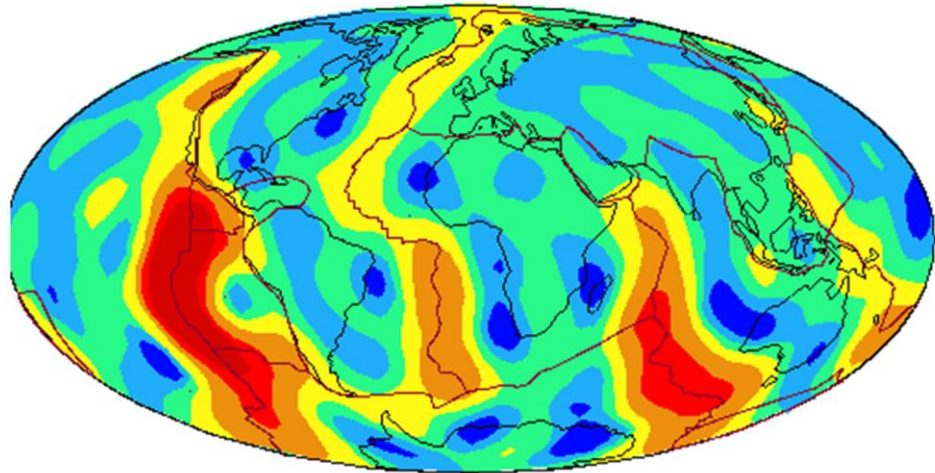
Inne źródła ciepła:

reszkowe (5-10%)

grawitacyjne (5-10%)

Oszacowanie nie jest łatwe, różne próby obliczenia tych bilansów przynoszą rozmaite – ale podobne wyniki. Prócz produkcji ciepła przez rozpad promieniotwórczych pierwiastków, składowymi przepływu ciepła z głębi Ziemi są również ciepło reszkowe (resztkę po zawartości ciepła rozgrzanego globy sprzed 4,5 mln lat, a także ciepło grawitacyjne, powstające przy kurczeniu się naszego globu pod wpływem grawitacji).

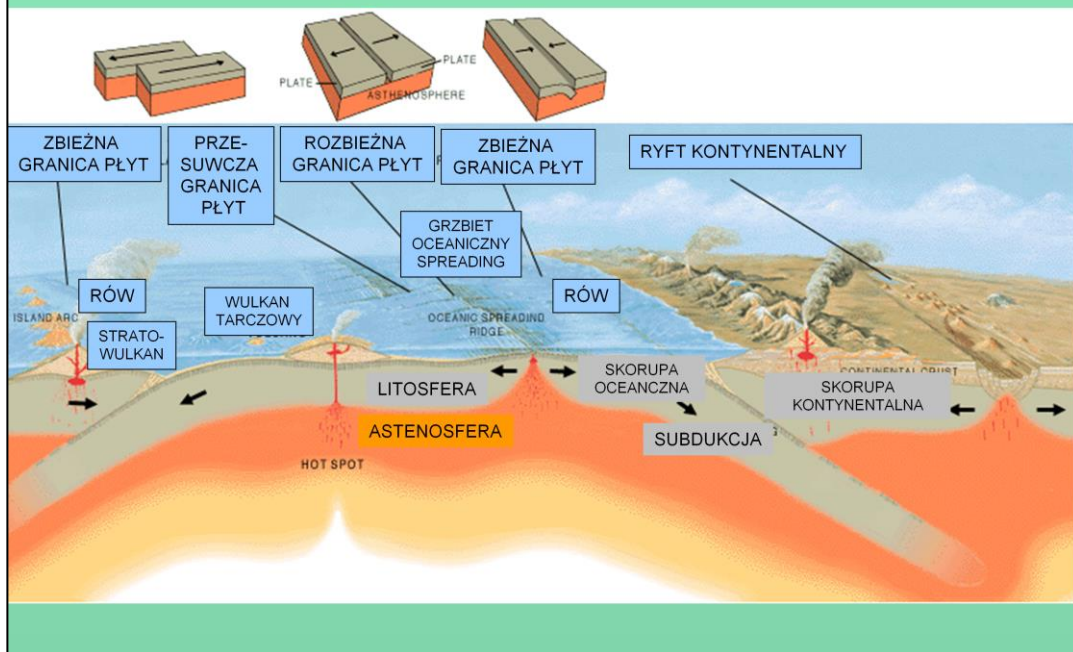
Energia geotermalna



średnio 75 mW/m^2

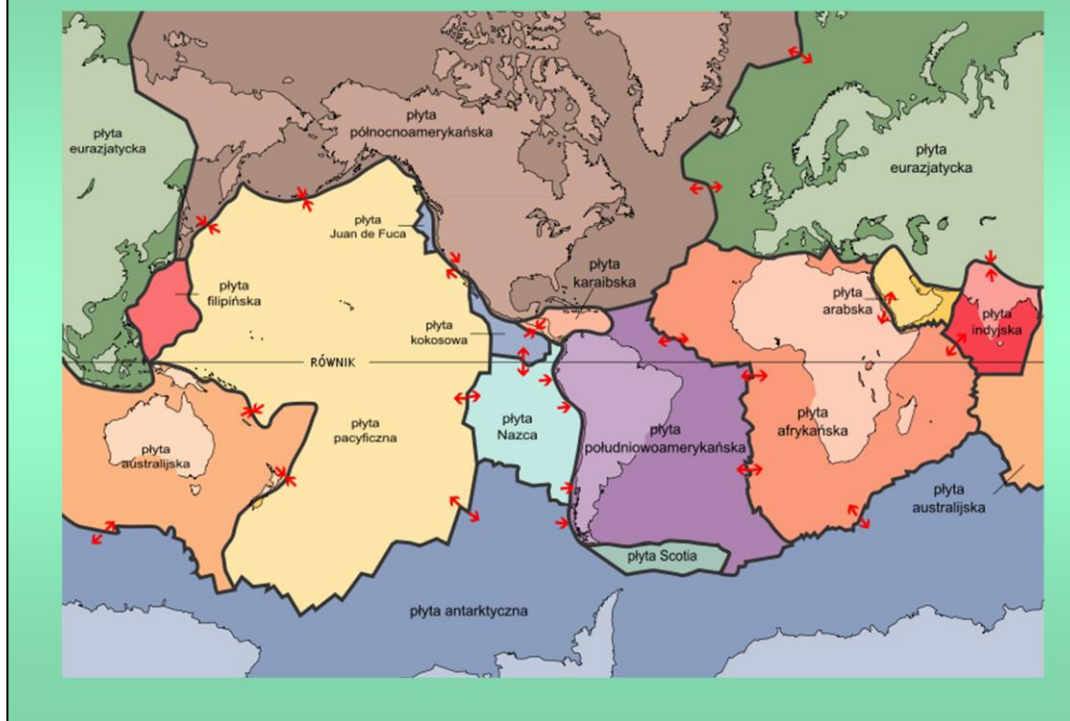
Efektom jest strumień ciepła wypływający z powierzchni Ziemi; strumień, o zróżnicowanym natężeniu. Mierzony w różnych miejscach, zawiera się pomiędzy wartością bliską zeru, a 350 mW/m^2 , średnio – 75 mW/m^2 . To wydaje się bardzo niewielkim natężeniem. Żarówka o mocy 75 W daje strumień ciepła 75 W/m^2 na powierzchni kuli o średnicy ok. 60 cm . Żelazko – o powierzchni, powiedzmy, 0.02 m^2 i mocy 2000 W daje strumień energii $100\,000 \text{ W/m}^2$ (100 kW/m^2) - ponad milion razy silniejszy.

TEKTONIKA PŁYT



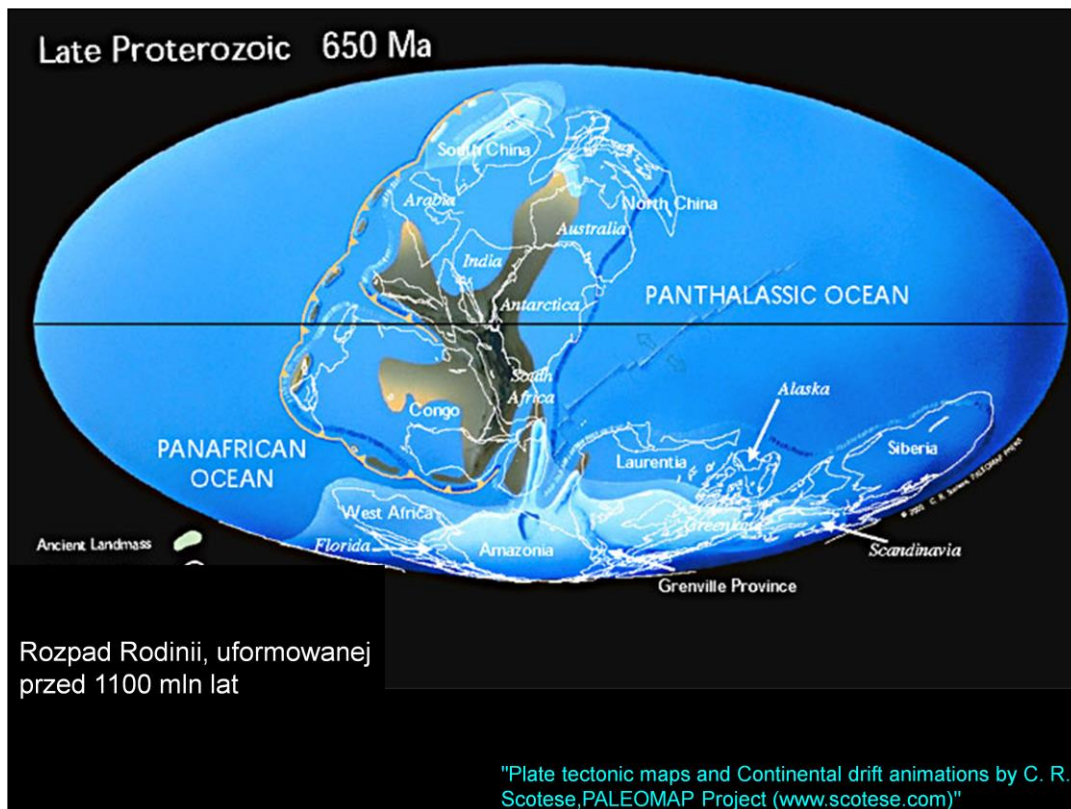
Te niewielkie z pozoru strumienie ciepła, dzięki swojej nierównomierności, stwarzają wielkie potencjały energetyczne, wystarczające do tego, by przemieszczać gigantyczne masy magmy i przesuwac kontynenty na powierzchni globu. W jednych miejscach płyty skorupy ziemskiej rozstępują się, uwalniając na zewnątrz masy magmy z płaszcza Ziemi, w innych przesuwane płyty litosfery zderzają się i wciskają jedna pod drugą, uwalniając energię, co powoduje trzęsienia ziemi i wulkanizm, będący skutkiem powstawania skupień gorącej magmy. Zjawiska towarzyszące subdukcji płyt przebiegają nieco inaczej, kiedy płyta oceaniczna wciska się pod kontynentalną (grubszą, o mniejszej masie właściwej); zwykle efektem jest wypiętrzenie łańcuchów górskich, z wieloma wulkanami (przykładem są wulkaniczne kordyliery Ameryki Środkowej, będące skutkiem wciskania się płyty Nazca pod płytę południowoamerykańską); kiedy nachodzą na siebie dwie płyty oceaniczne, o podobnej grubości i masie właściwej, skutkiem również są wypiętrzenia pasm gór wulkanicznych z dna oceanu, ich wierzchołki mogą tworzyć archipelagi wysp, jak Mariany czy Małe Antyle. Zderzenie dwóch płyt kontynentalnych powoduje szczególnie intensywne procesy górotwórcze i silne trzęsienia Ziemi – w taki sposób powstały Himalaje. Ośrodki gorącej magmy mogą powstawać lokalnie poniżej przesuwającej się płyty oceanicznej, generując pasmo wypiętrzających się kolejno wulkanów – tak powstały archipelagi Galapagos i Hawaje.

WSPÓŁCZESNE POŁOŻENIE PŁYT TEKTONICZNYCH

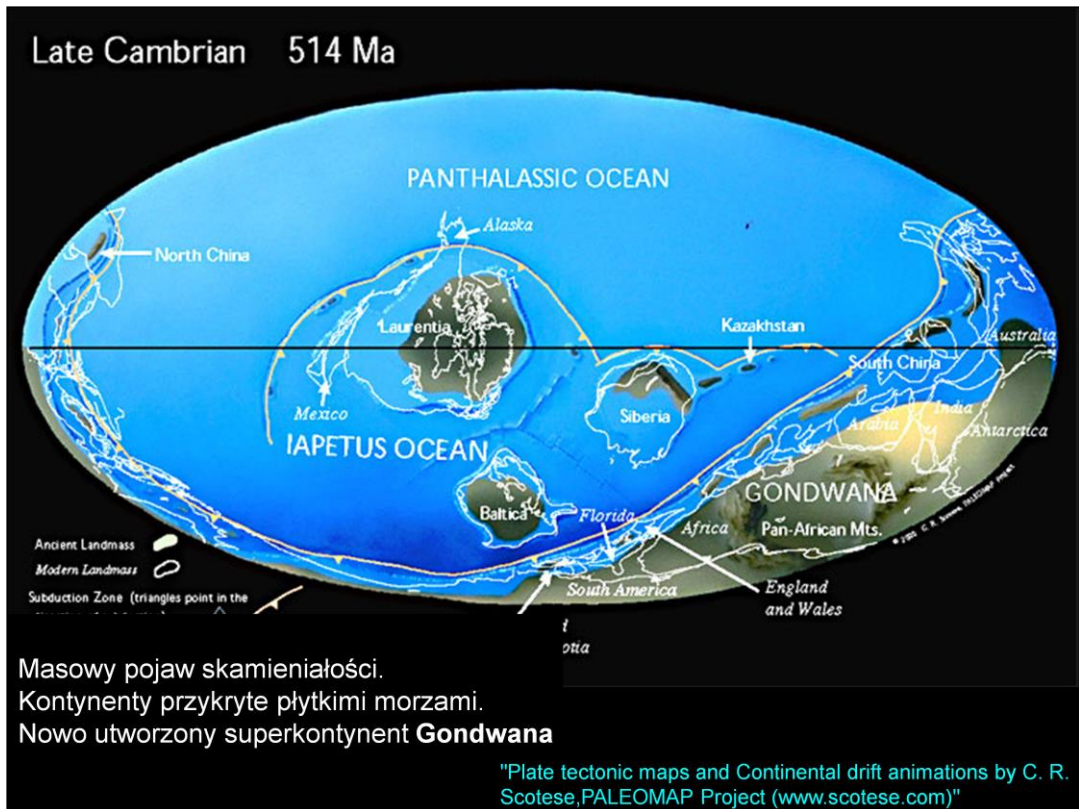


Obecne rozmieszczenie sztywnych płyt skorupy ziemskiej (płyt tektonicznych) to chwilowy obraz. Ich ustawiczny ruch w długiej skali czasowej (dopóki nie wyczerpie się źródło ciepła) płyty – wraz z leżącymi na nich kontynentami, powoduje, że mapa Ziemi wciąż się zmienia.

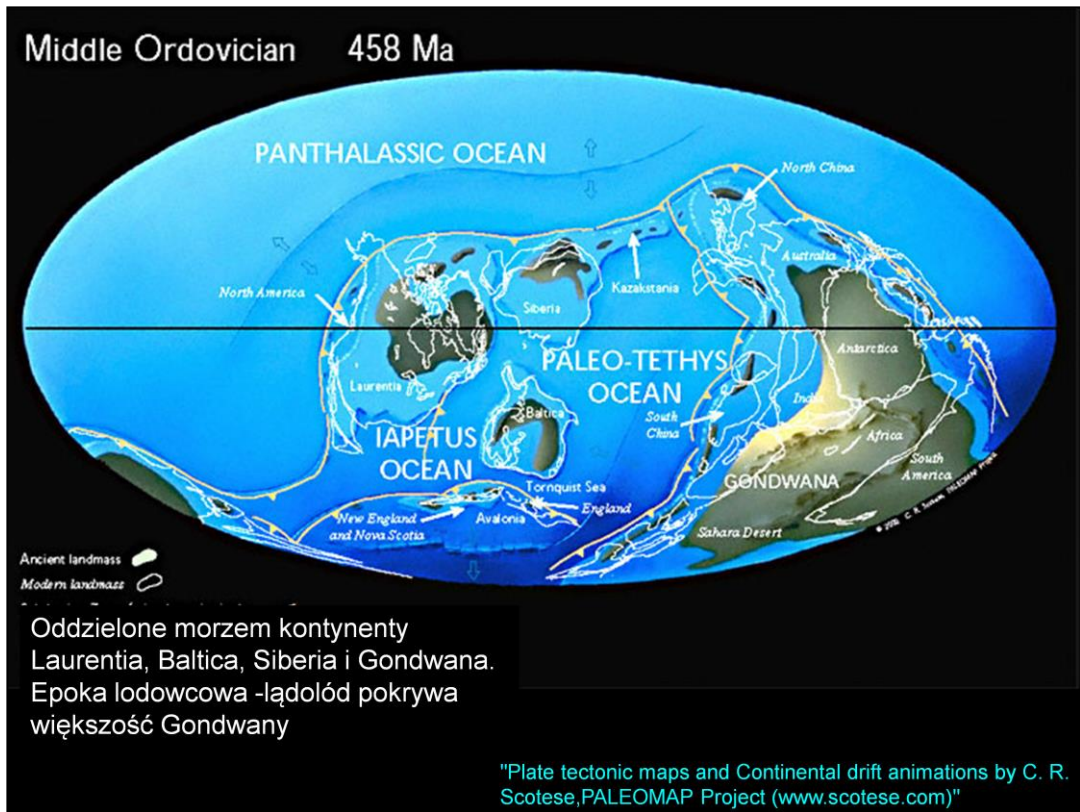
Kontynenty poruszają się dość szybko – to może być kilka cm rocznie (– najwolniej, ok. 2 cm/rok, płyty oceaniczne – nawet 7-8 cm/rok). Dlatego współrzędne geograficzne na dokładnych mapach Ziemi muszą być opatrzone datą (np. współrzędne geograficzne umieszczone na cokole zegara słonecznego przed naszym instytutem zmierzono w lipcu 2009, od tej pory zegar – wraz z naszym kontynentem – przemieścił się o kilkanaście cm). Na przestrzeni setek milionów lat zarysy i rozmieszczenie kontynentów Ziemi zmianały się radykalnie. Na następnych mapach jedna z rekonstrukcji tych mian.



Mapa przedstawia rozłamanie się superkontynentu Rodinii, uformowanego 1100 mln lat temu. Późny prekambry był okresem chłodnym, podobnym do współczesnego.

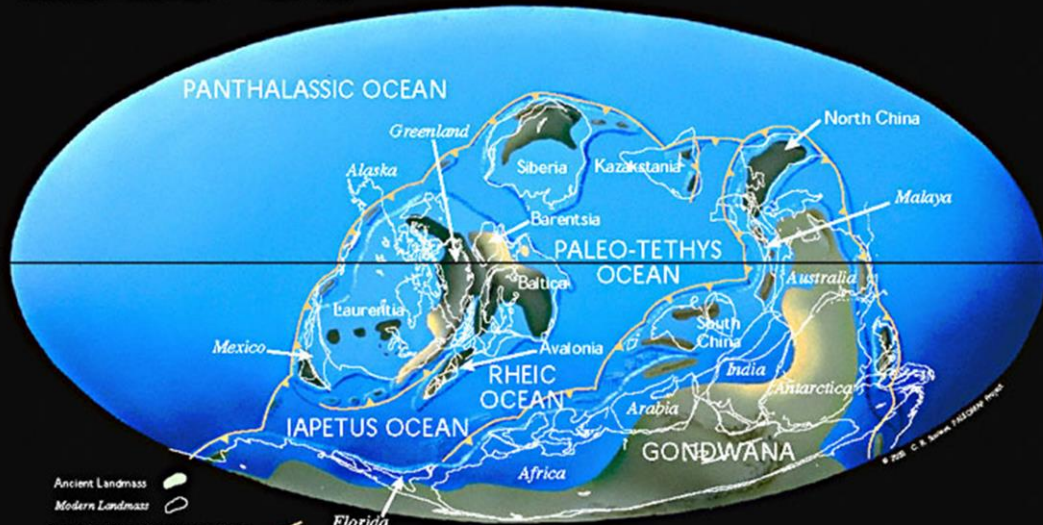


Zwierzęta o twardych skorupach pojawiły się w wielkiej ilości po raz pierwszy w okresie kambryjskim. Kontynenty były zalane płytkimi morzami. Superkontynent Gondwana właśnie się utworzył i znajdował się w pobliżu bieguna południowego.



W okresie ordowiku proceany oddzielały jałowe (pozbawione życia) kontynenty Laurencji, Bałtyki i Gondwany. Koniec ordowiku był jednym z najzimniejszych okresów w historii Ziemi, większość Gondwany pokryta była lodem.

Middle Silurian 425 Ma

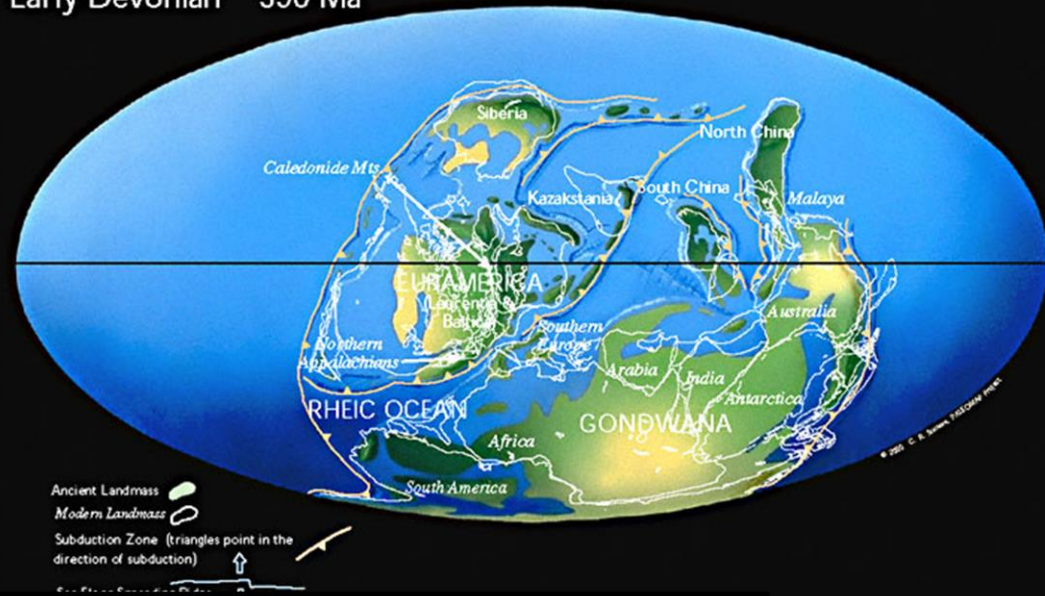


Laurentia i Baltica zderzają się, tworząc kontynent „czerwonego piaskowca”.
Rozwój raf koralowych.
Początek kolonizacji lądów przez rośliny.

"Plate tectonic maps and Continental drift animations by C. R. Scotese, PALEOMAP Project (www.scotese.com)"

Laurencja zderzyła się z Bałtyką, zamykając północną odnogę oceanu Iapetus, tworząc kontynent „starego czerwonego piaskowca”. Rozpowszechniają się rafy koralowe, a rośliny zaczynają kolonizować lądy.

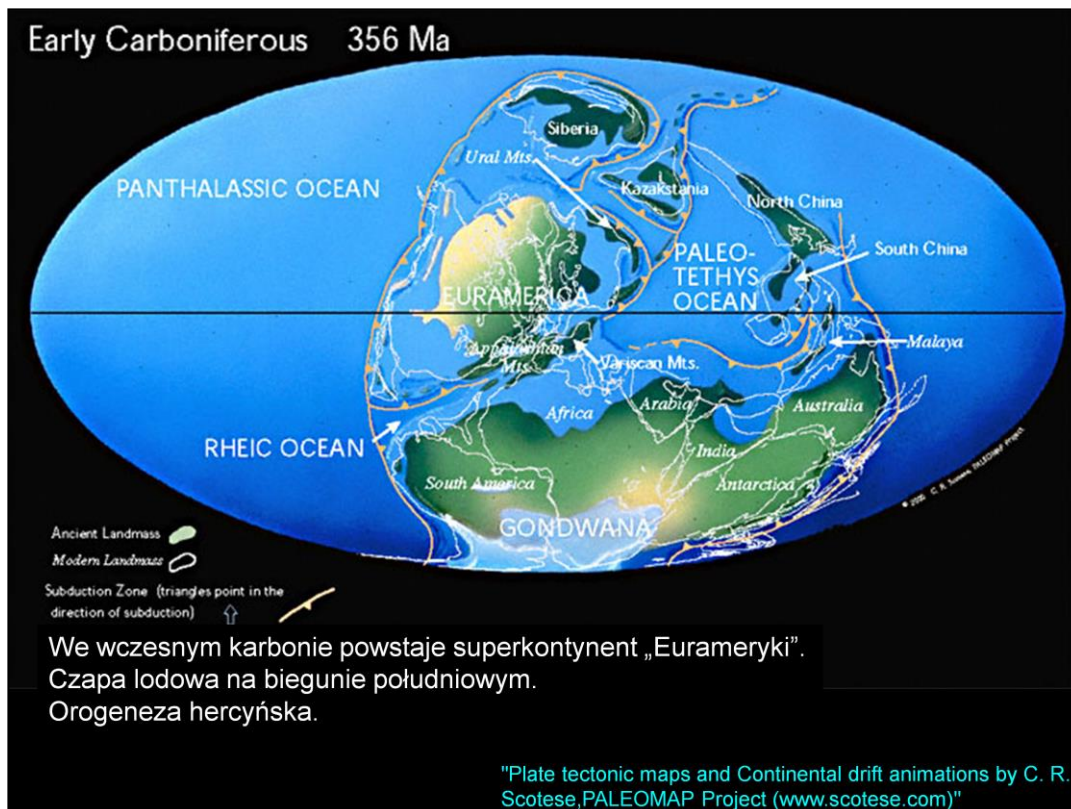
Early Devonian 390 Ma



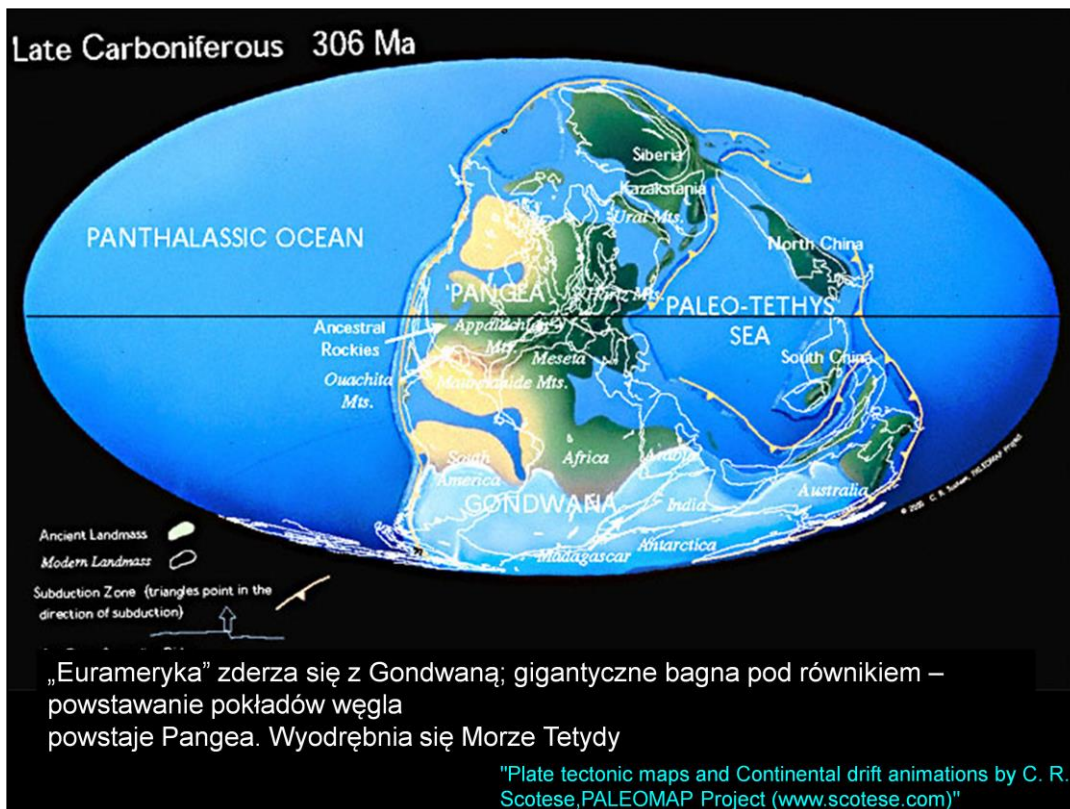
Początki nowego superkontynentu, „pre-Pangea”.
Pierwsze lasy w strefie równikowej (obecnie arktyczna Kanada)

"Plate tectonic maps and Continental drift animations by C. R. Scotese, PALEOMAP Project (www.scotese.com)"

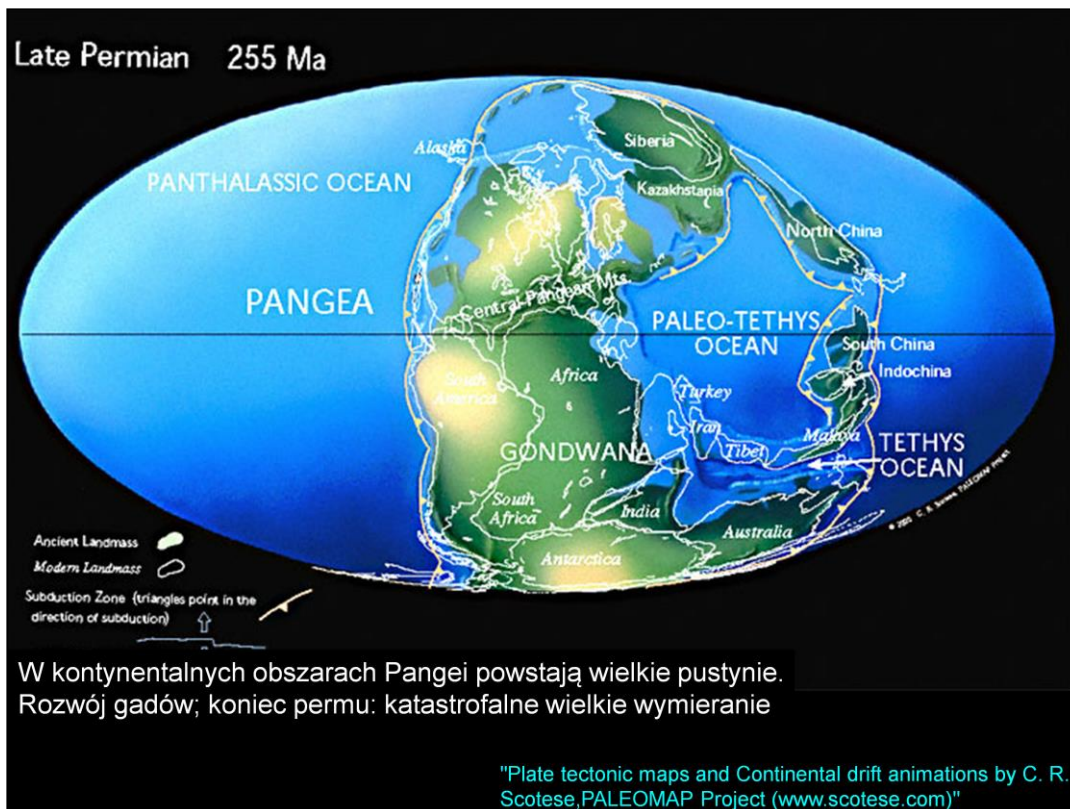
Stare paleozoiczne oceany zamknęły się z początkiem dewonu, tworząc superkontynent „pre-Pangei”. Śłodkowodne ryby mogły wędrować z kontynentów półkuli południowej do obszarów, które dziś tworzą Amerykę Pn. i Europę. Obszary wówczas równikowe (dziś arktyczna Kanada) pokryły pierwsze lasy.



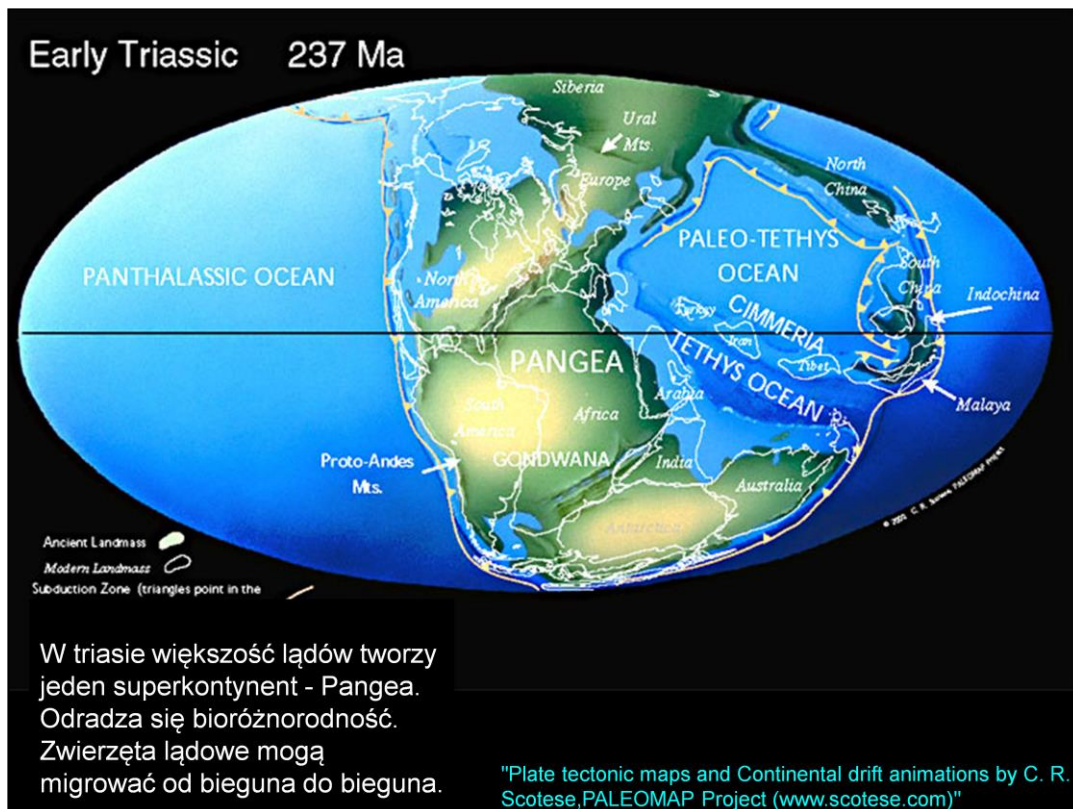
We wczesnym karbonie oceany paleozoiczne pomiędzy Euameryką i Gondwaną zaczęły się zamykać, nastąpiła orogeneza hercyńska (wypiętrzenie gór, m.in. Appallachów, Sudetów i wielu innych). Wokół bieguna południowego utworzyła się czapa lodowa; czworonożne kręgowce pojawiły się w węglowych mokradłach w pobliżu równika.



Do późnego karbonu kontynenty, które potem utworzą Amerykę Północną i Europę zderzyły się z Gondwaną, tworząc zachodnią część Pangei. Olbrzymia czapa lodowa pokrywała biegunową część południowej półkuli, a wzdłuż równika rozwijały się ogromne obszary lasów węglowych. Tu widać, jak wędrówki kontynentów zmieniają warunki klimatyczne: pokłady węgla obecnie znajdujące w Polsce, czyli w strefie klimatu umiarkowanego, mogły się utworzyć tylko w warunkach tropikalnych, na równiku, gdzie temperatury są wysokie, opady obfite i stale trwa sezon wegetacyjny. Nasze złoża węgla (na Śląsku) powstawały bardzo blisko złóż węgla obecnie eksploatowanych w USA, w Pensylwanii.

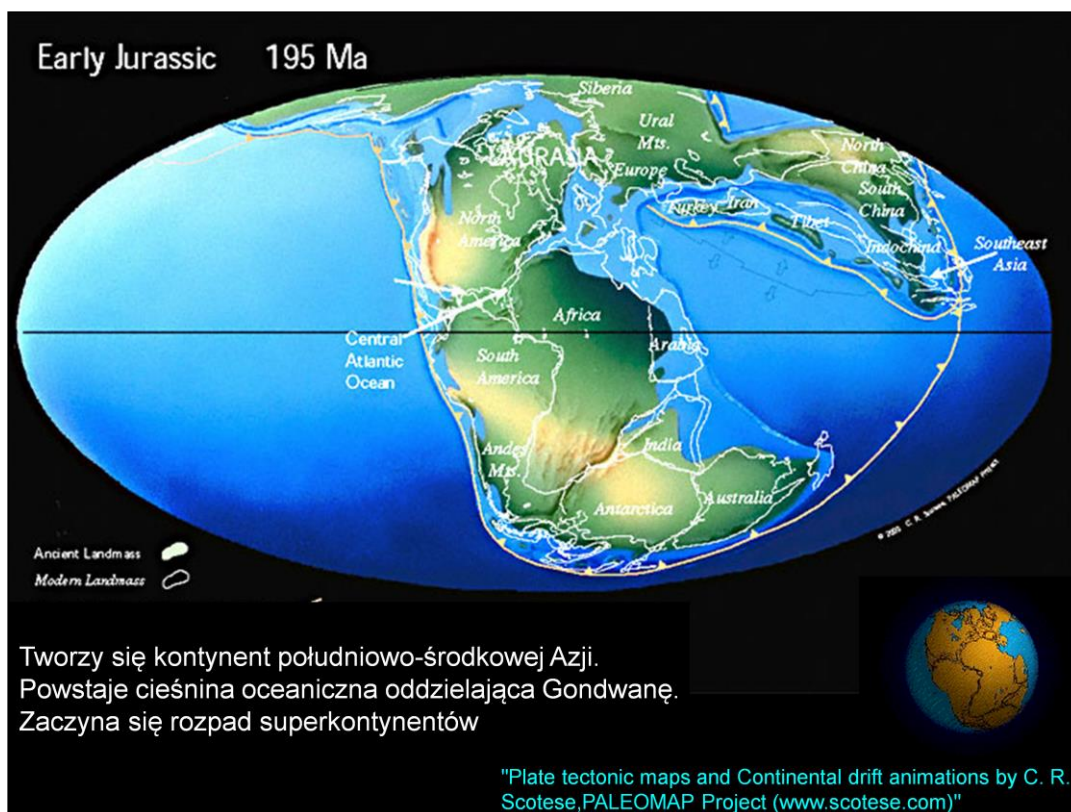


W okresie permu zachodnią Pangeę zdominowały wielkie pustynie; wszędzie na lądach rozpowszechniły się gady. 99% przedstawicieli wszystkich żyjących organizmów wyginęło w epizodzie wielkiego wymierania, który zakończył erę paleozoiczną.

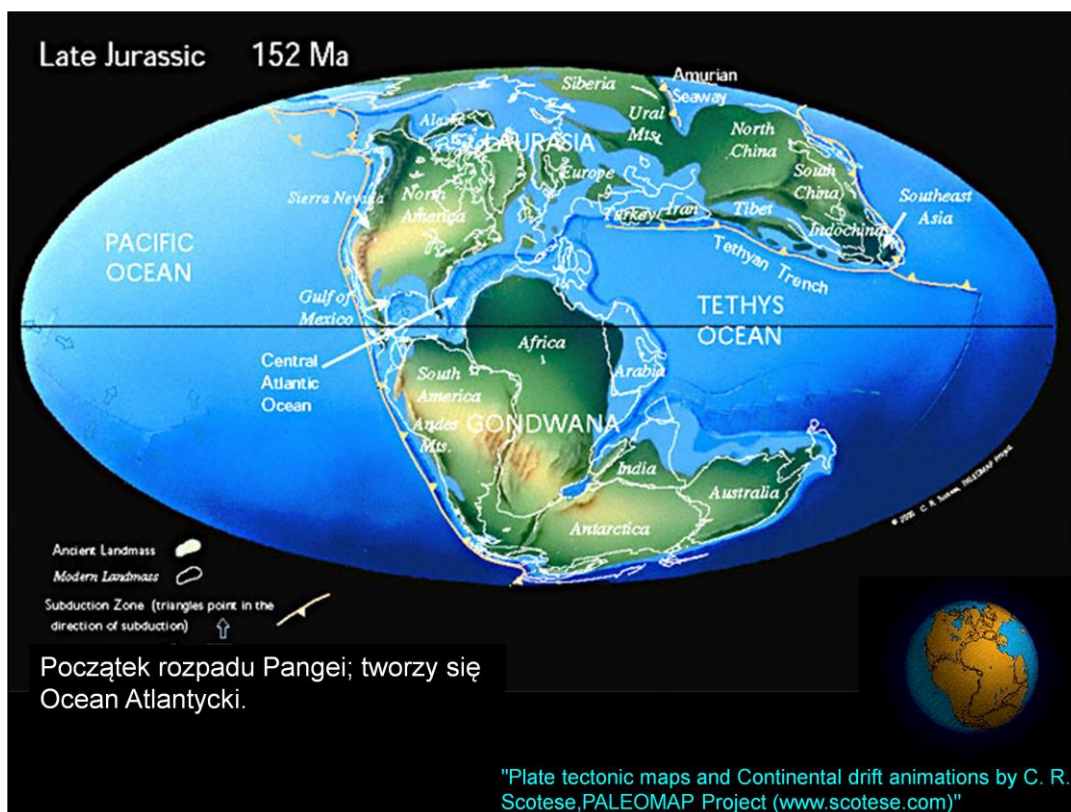


W triasie większość lądów tworzy jeden superkontynent - Pangea. Odradza się bioróżnorodność. Zwierzęta lądowe mogą migrować od bieguna do bieguna.

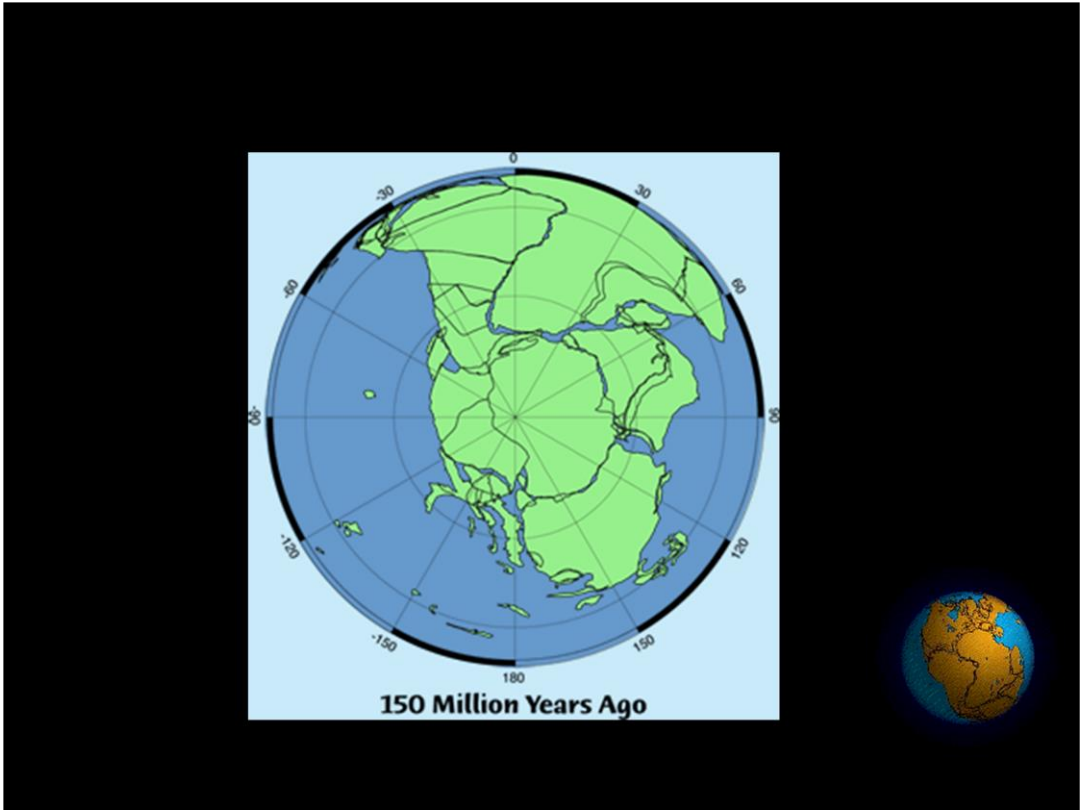
W triasie większość lądów tworzy jeden superkontynent – Pangea. Odradza się bioróżnorodność. Zwierzęta lądowe mogą migrować od bieguna do bieguna. Ciepłolubna fauna rozwija się w morzu Tetydy.



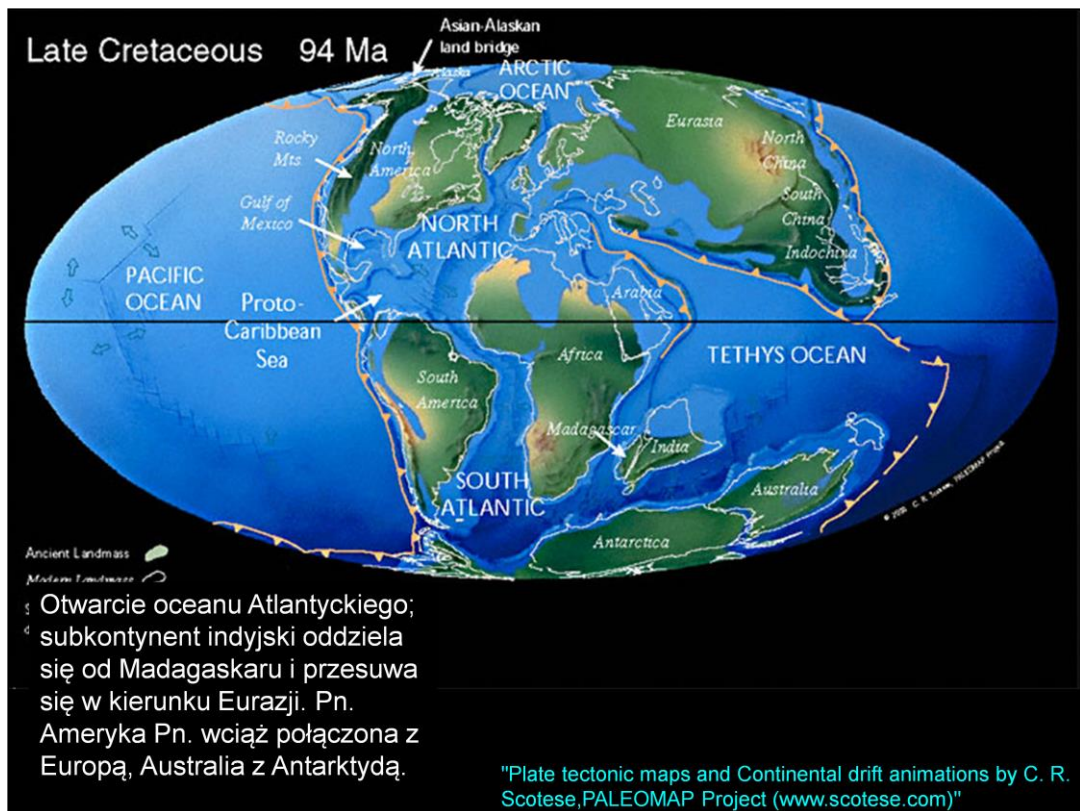
Tworzy się kontynent południowo-środkowej Azji. Ocean Tetydy wciska się między Gondwanę i inne kontynenty. Zaczyna się rozpad superkontynentów.



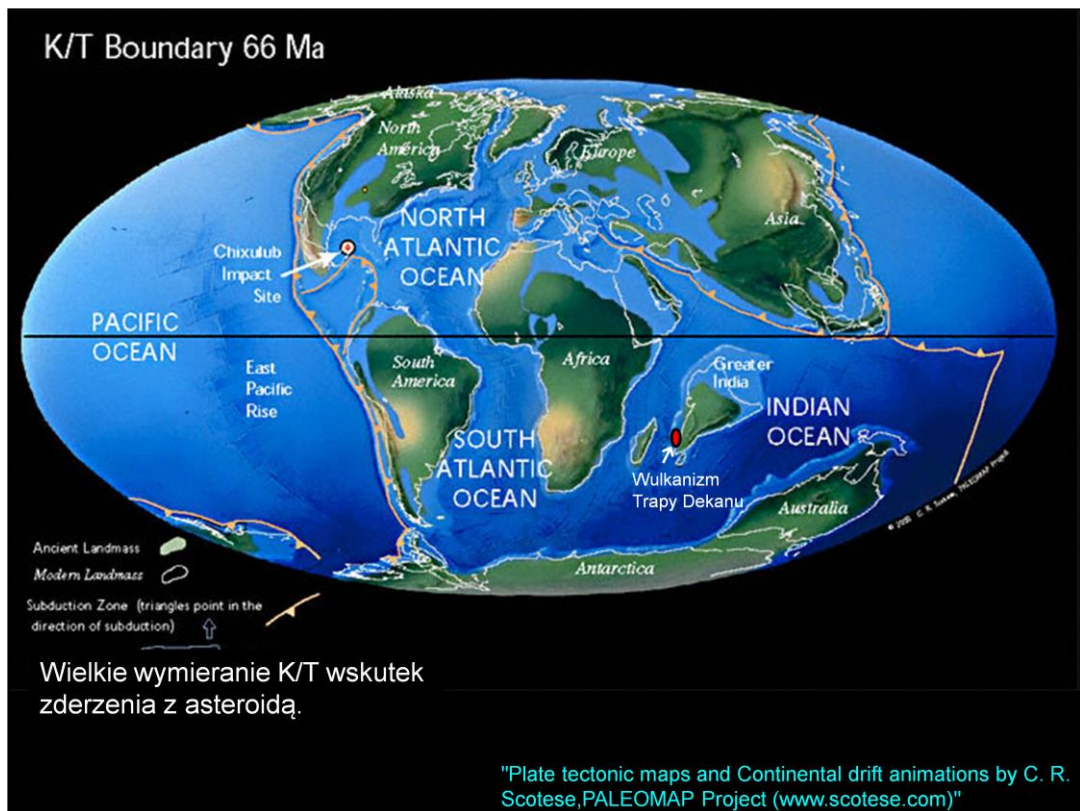
Zaczyna się rozpad superkontynentu Pangei. W późnej jurze wąski wówczas Ocean Atlantycki oddzielił Afrykę od Ameryki Pn. Gondwana zaczęła się rozpadać na część wschodnią i zachodnią. Krajobraz okolic Krakowa – jurajskie skały – tworzyły się wówczas w płytkich morzach u wybrzeży superkontynentu Laurazji.



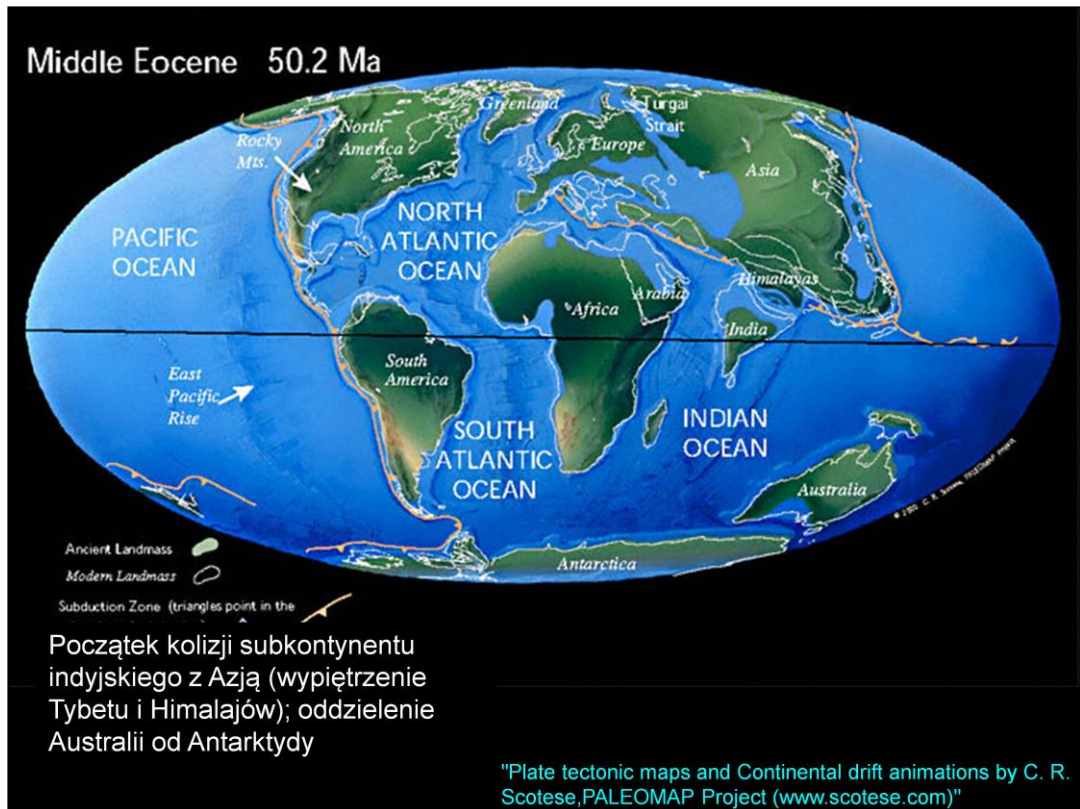
[W internecie można znaleźć wiele animacji ilustrujących rozpad kontynentu Gondwany]



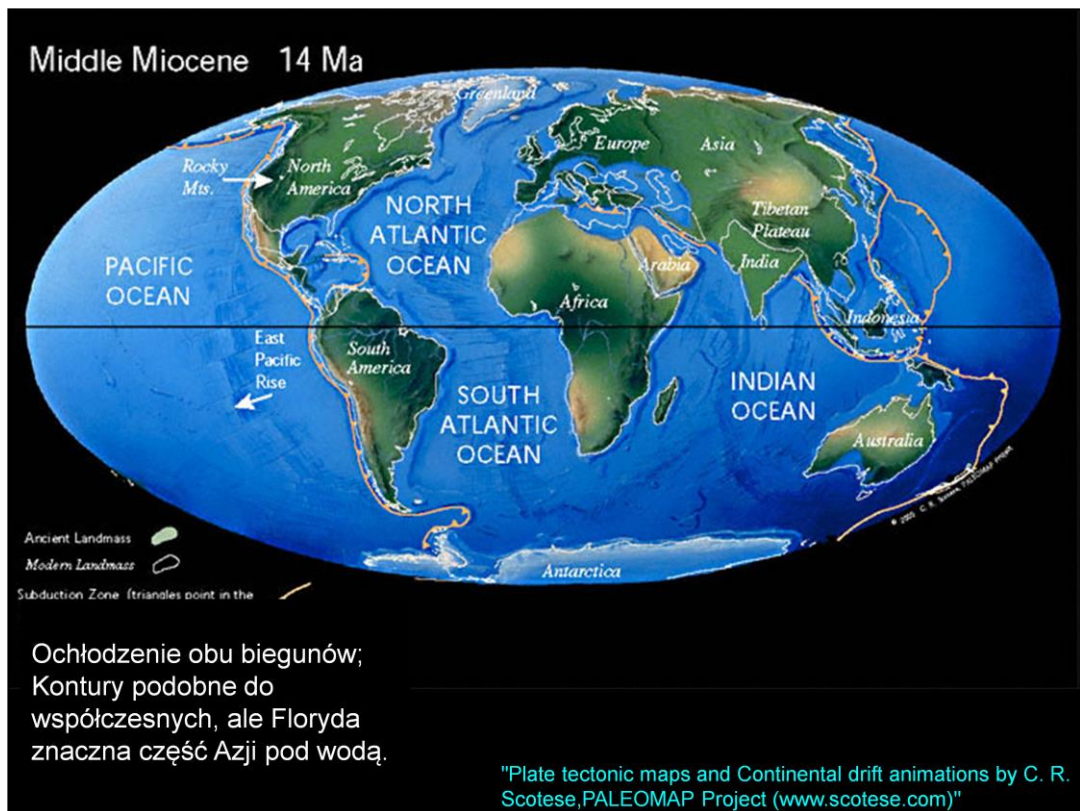
Tworzy się ocean południowoatlantycki, oddzielający Afrykę od Ameryki Pd.; subkontynent indyjski oddziela się od Madagaskaru i przesuwają się w kierunku Eurazji. Ameryka Pn. wciąż połączona z Europą, Australia z Antarktydą.



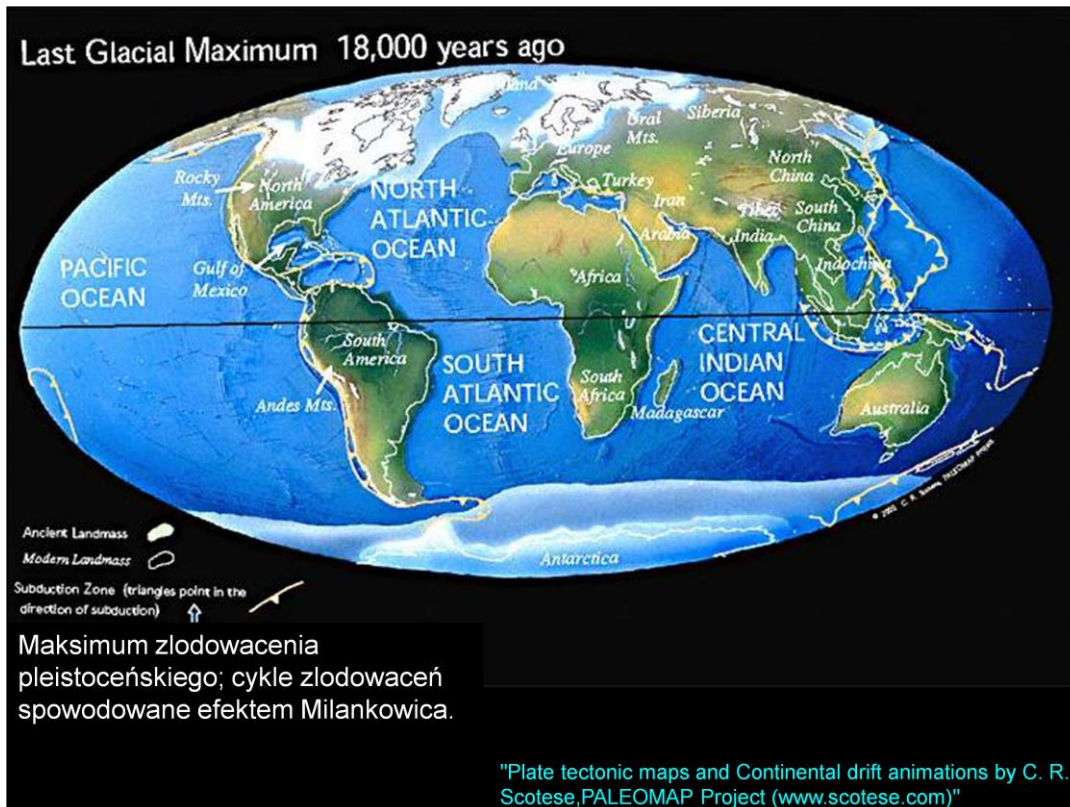
W Ziemię trafia asteroida o średnicy ok. 10 km (w miejscu oznaczonym jako Chicxulub). W tym samym okresie występują gigantyczne erupcje wulkaniczne na subkontynencie indyjskim (powstaje bazaltowa formacja „Trapy Dekanu”). Następuje gwałtowna zmiana klimatu, powodująca wymarcie dinozaurów i wielu innych form życia. Z końcem kredy oceany rozszerzają się, a subkontynent indyjski zbliża się do brzegów Azji.



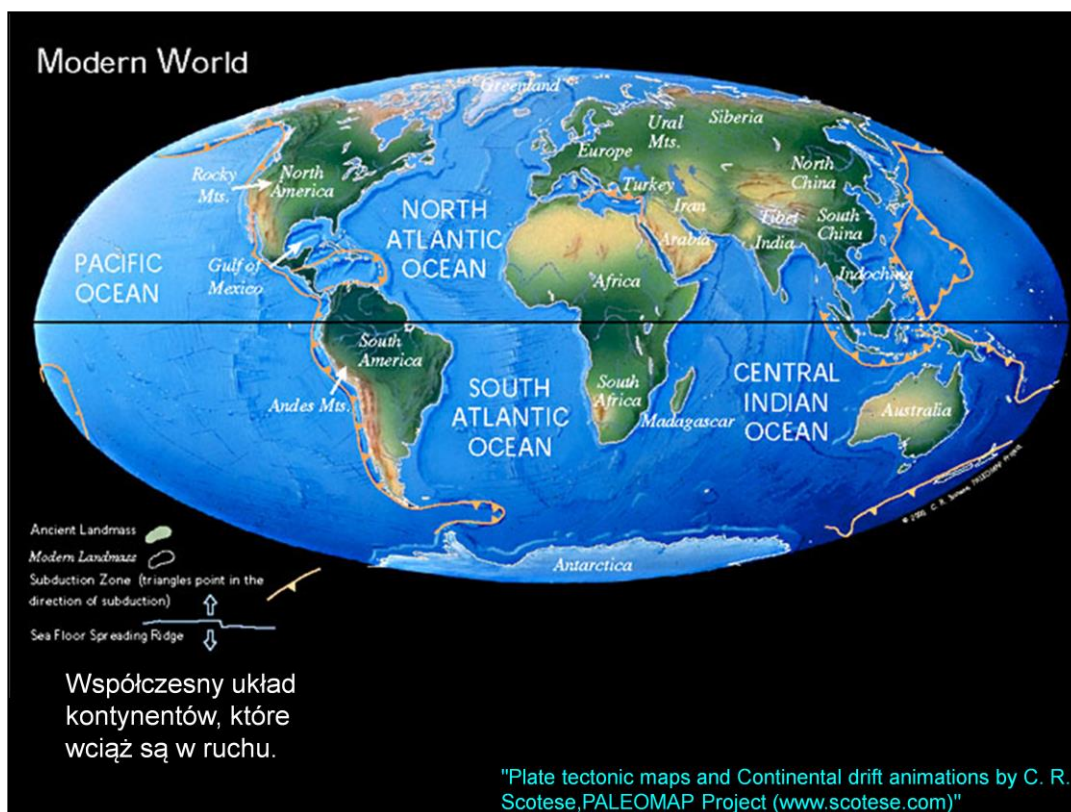
Początek kolizji subkontynentu indyjskiego z Azją (wypiętrzenie Tybetu i Himalajów); oddzielenie Australii od Antarktydy.



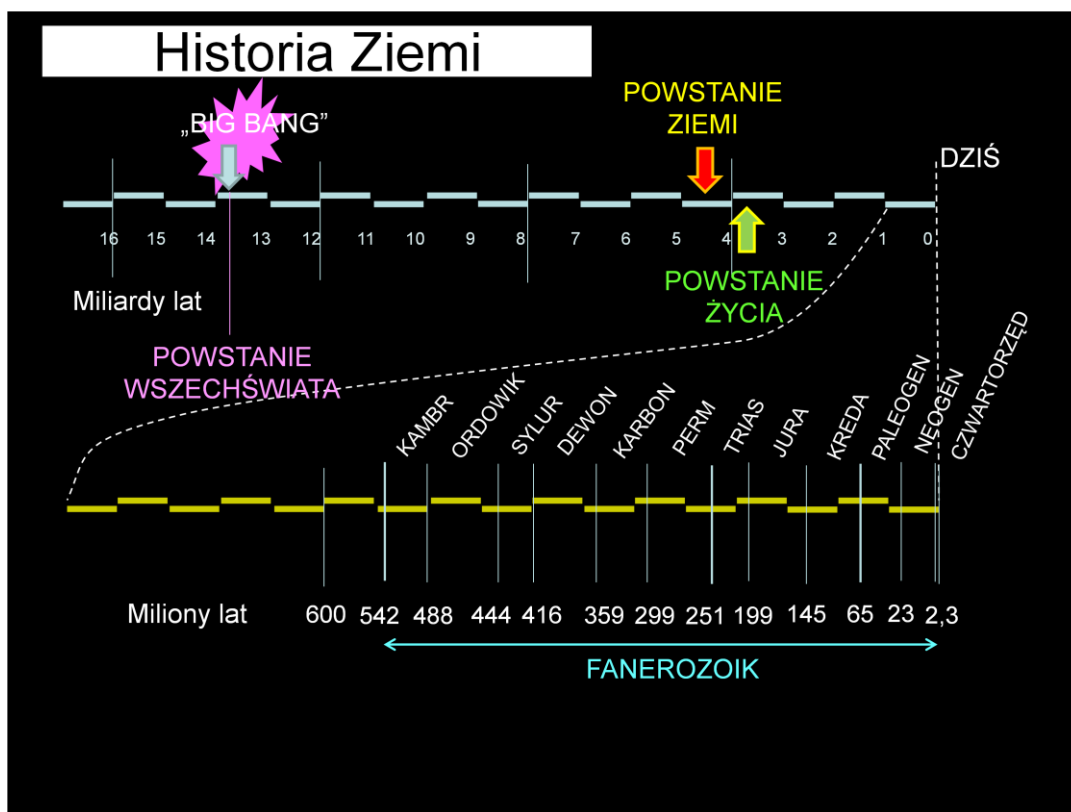
20 mln lat temu Antarktyka była pokryta lodem, nastąpiło ochłodzenie również północnych kontynentów. Zarys kontynentów był już podobny do dzisiejszego, ale Floryda i część Eurazji były pod wodą.



Kiedy Ziemia jest w fazie klimatu „zamrażarki”, oba bieguny pokrywa lód. Zlodowacenia polarne rozszerzają się u kurczą, z powodu cyklicznych zmian orbity Ziemi (cykle Milankowica). Ostatni epizod rozszerzenia się lodów polarnych miał miejsce ok. 18000 lat temu.



Współczesność: wchodzimy w kolejną fazę zderzeń kontynentów, które ostatecznie skończą się utworzeniem superkontynentu, nowej Pangei. Klimat się chwilowo ociepla (wychodzimy z epoki lodowcowej i dodajemy gazów cieplarnianych do atmosfery), ale na dłuższą metę należy się spodziewać kolejnego zlodowacenia, wskutek działania cykli Milankowica.

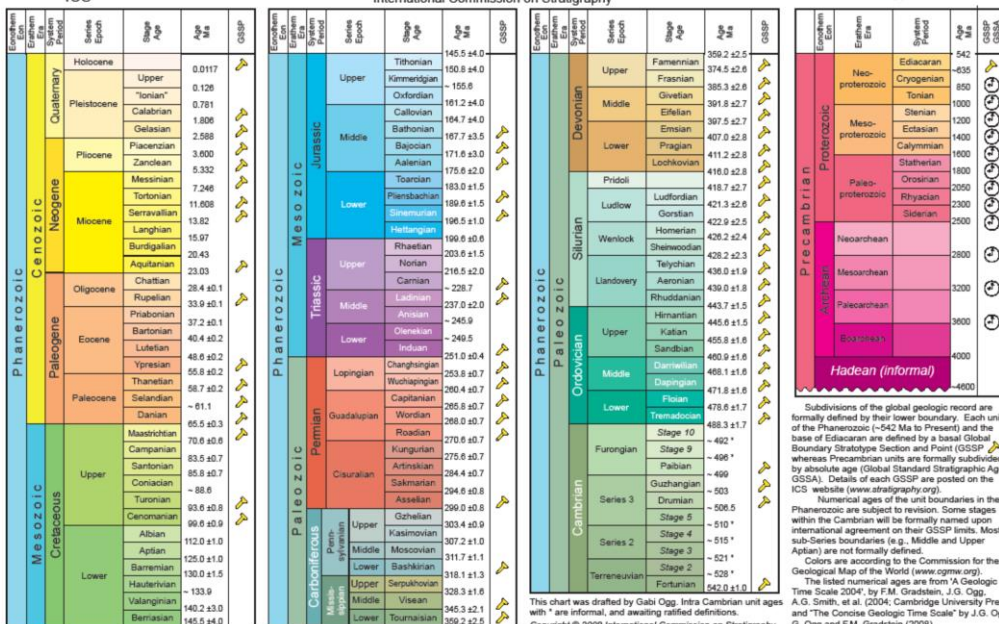


Dla każdego przyrodnika jest niezbędne, aby orientował się w historii życia na Ziemi, tak jak każdy ma elementarną wiedzę o historii własnego kraju. Trzeba pamiętać, kiedy powstał nasz układ planetarny, kiedy – mniej więcej – pojawiło się życie, od kiedy mamy fotosyntezę i tlen w atmosferze, kiedy zaczął się fanerozoik – epoka dobrze udokumentowana paleontologicznie – i z jakich er i okresów się składa. Elementarna znajomość stratygrafii jest niezbędna, aby móc porozumiewać się w sprawach dotyczących współczesnych wzorców rozmieszczenia bioróżnorodności na Ziemi.

INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART



International Commission on Stratigraphy



W internecie łatwo znaleźć wyczerpujące informacje na ten temat – m.in. Obowiązującą, umowną tabelę stratygraficzną.



Alfred L. Wegener (1880 -1930)

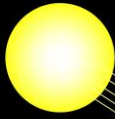
- Teoria dryfu kontynentów, „Pangea”: 1912, 1915, 1920.
- Krytyka (G.G. Simpson, 1943)
- ...
- 1964: akceptacja nowej teorii (nowe dane, wyjaśnienie mechanizmu)



Ekspedycja na Grenlandię
1930

Zjawisko wędrówki kontynentów zostało naukowo opisane i wyjaśnione dopiero w latach 60. XX wieku, ale pomysł został sformułowany pół wieku wcześniej, przez niemieckiego geografa Alfreda Wegenera. Wegener zauważył podobieństwo zarysu linii brzegowych kontynentów (jak fragmentów układanki) i podobieństwa w świecie roślin i zwierząt. Ponieważ jednak w owych czasach nie było żadnych dowodów, ani teorii mogących wyjaśnić takie zjawisko jak wędrówka kontynentów, „teoria Wegenera” była wyśmiewana; m.in. Wybitny biolog, ewolucjonista i biogeograf – G.G. Simpson – poddał pomysł Wegenera miazdzącej krytyce, argumentując, że to organizmy mogą się przemieszczać pomiędzy kontynentami, a nie kontynenty.

ENERGIA SŁONECZNA

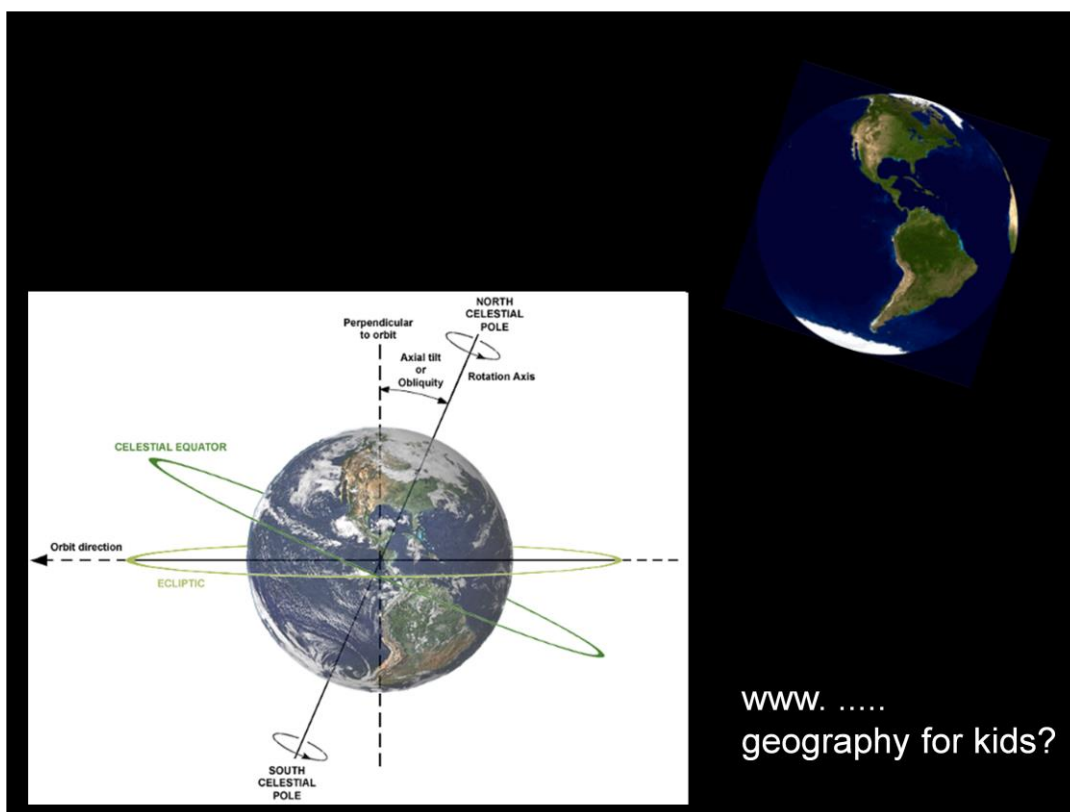


- Stała słoneczna (poza Ziemią): **1366 W/m²**
- Średnio na powierzchnię kuli: 1/4
- Odbicie od atmosfery: ok. 1/3
- Pochłanianie atmosferyczne: ok. 1/3
- Średnio na powierzchni Ziemi **ok. 113 W/m²**
- Rozkład nierównomierny



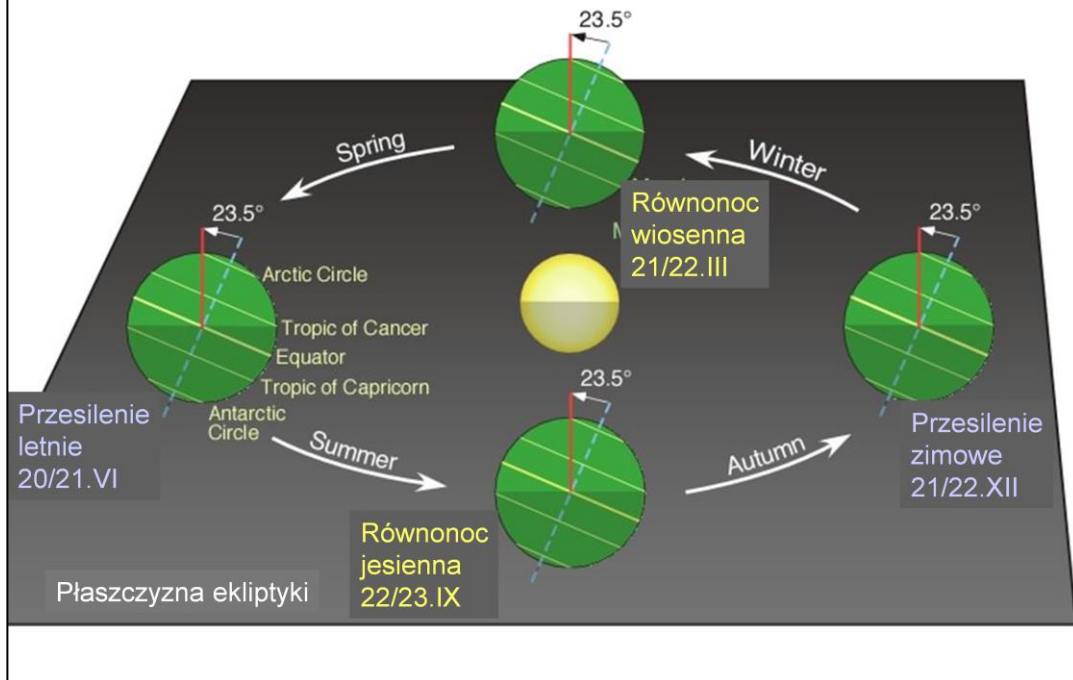
Drugie główne źródło energii to Słońce. Ilość energii słonecznej docierająca do powierzchni naszej planety jest o 5 rzędów wielkości większa, niż wydobywająca się z jej wnętrza. O tym, jakie warunki termiczne panują na Ziemi w praktyce decyduje tylko Słońce. Oczywiście, cała docierająca energia rozprasza się z powrotem (w postaci promieniowania podczerwonego), punkt równowagi tego bilansu cieplnego określa warunki termiczne na Ziemi.

Strumień energii słonecznej docierający w pobliżu Ziemi ma natężenie 1366 W/m² (i w krótkim czasie ulega bardzo niewielkim oscylacjom; można przyjąć, że jest stałe – stąd potoczna nazwa: stała słoneczna). Do powierzchni kulistej Ziemi (4 x większej od powierzchni jej przekroju) dociera średnio tylko ok. 1/3 tej wartości, ok. 100 W/m², ale rozkład tej wartości zmienia się w przestrzeni i w czasie (sezonowo).

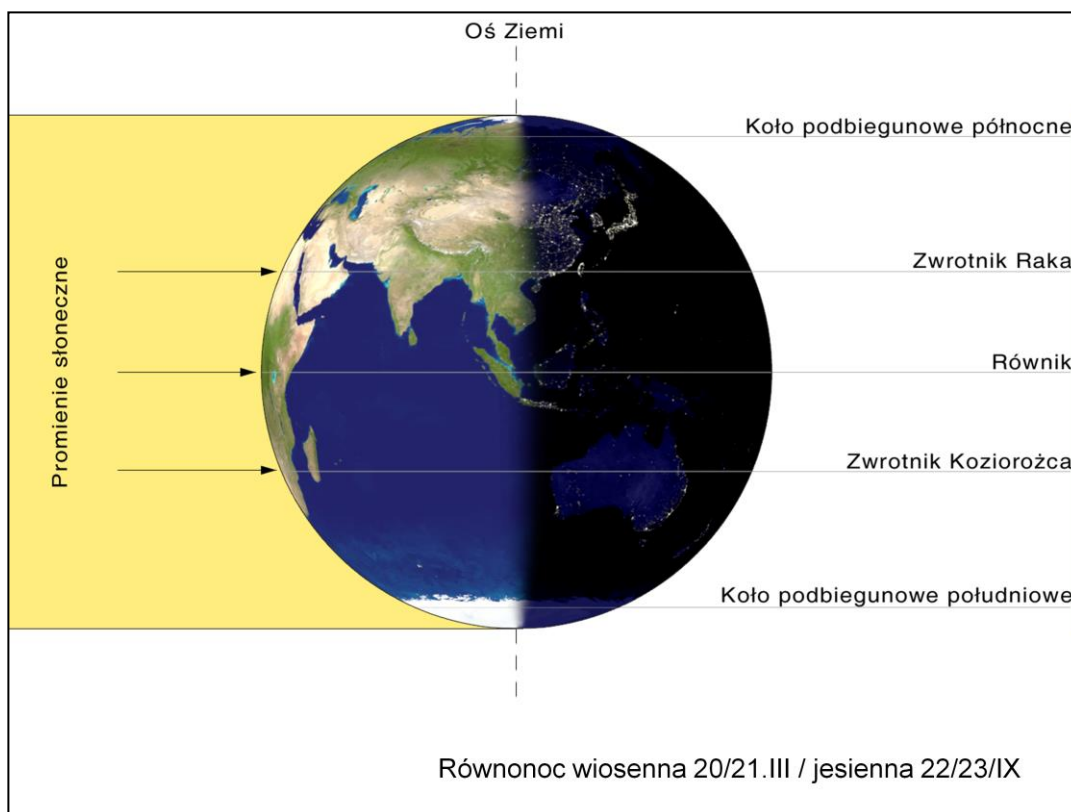


Jak kształtuje się bilans energii słonecznej na powierzchni Ziemi, w czasie i przestrzeni, wynika z właściwości ruchu ziemi po orbicie. Jest to wiedza szkolna, którą jednak trzeba mieć w pamięci (ignorancja na ten temat w społeczeństwie jest szokująca, zwłaszcza w epoce, gdy trzeba podejmować ekonomiczne i polityczne decyzje dotyczące zmian klimatu). Dlatego trzeba przypomnieć sobie szkolną wiedzę, można skorzystać z licznych dostępnych w internecie pomocy.

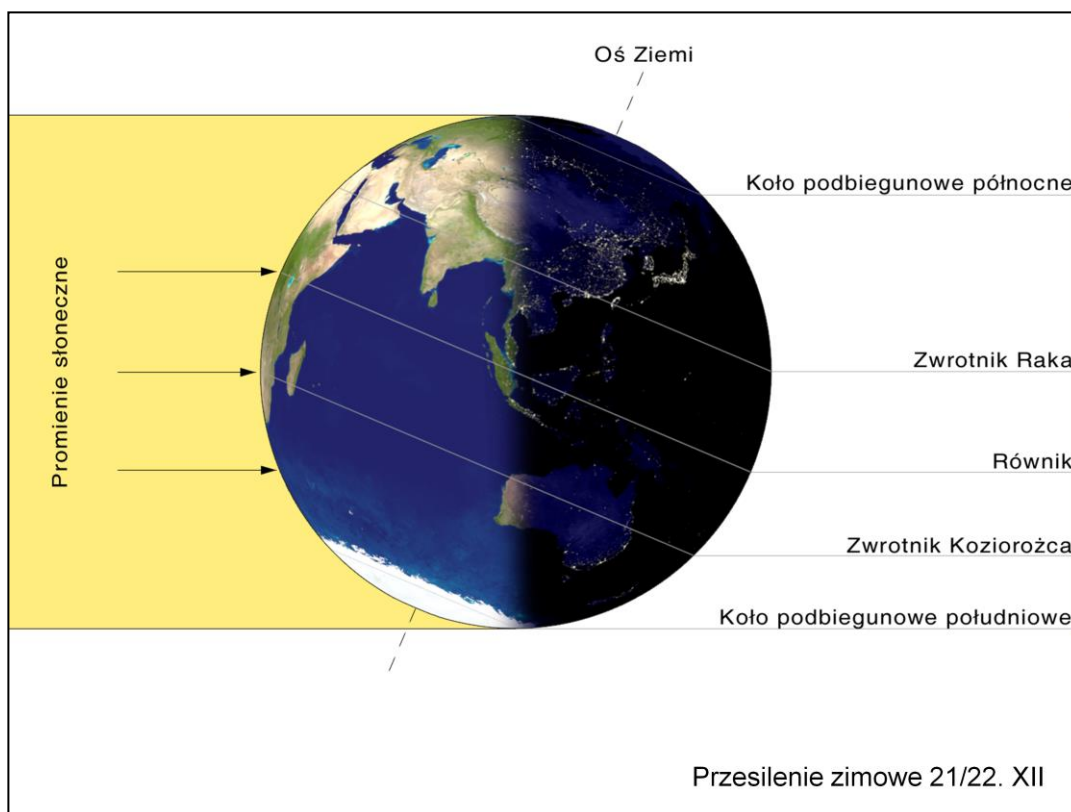
RUCH ZIEMI PO ORBICIE – PORY ROKU



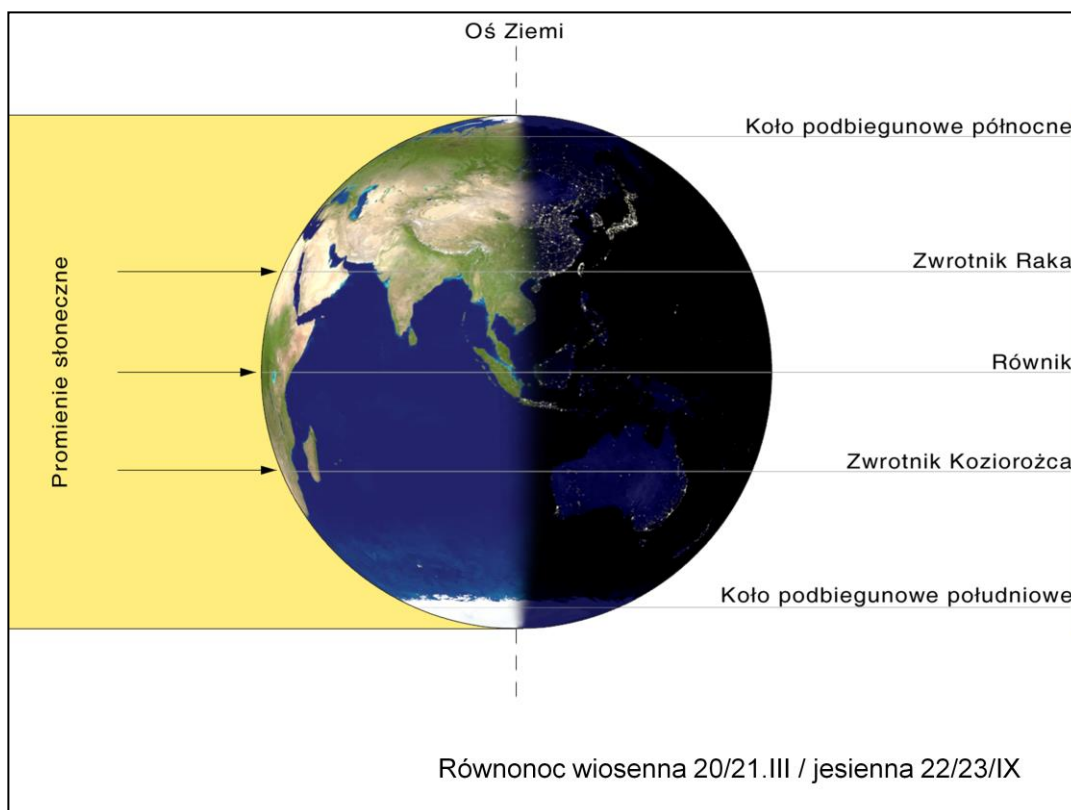
Skąd się biorą pory roku? To wiedza elementarna.



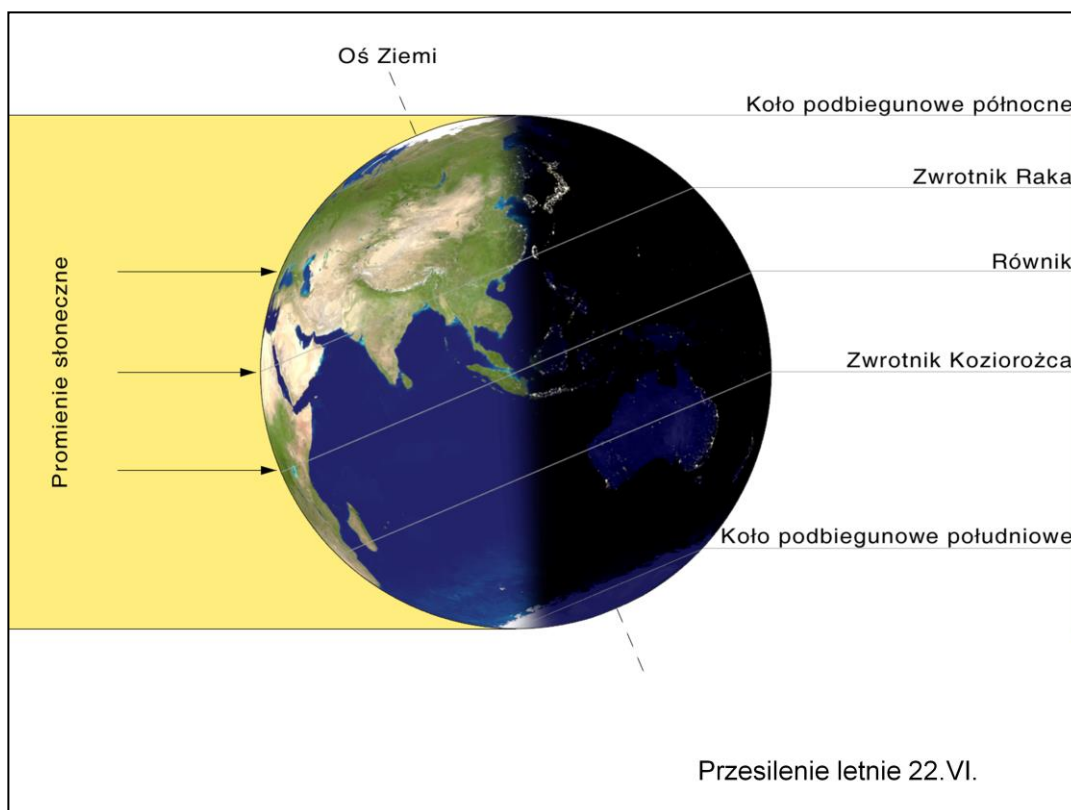
Na wszelki wypadek, przyjrzyjmy się temu dokładnie. W okresie wiosennego i jesiennego przesilenia (równonocy) promienie Słońca padają prostopadle do powierzchni Ziemi na równiku; pod kątem niewiele mniejszym/większym na szerokości geograficznej ok. 23.5° – czyli na zwrotnikach. Obszar pomiędzy zwrotnikami odbiera największe natężenie promieniowania słonecznego, na wyższych szerokościach geograficznych, na północ i na południe od równika, promienie padają pod mniejszym kątem (skośnie), więc ilość energii dostarczana na jednostkę powierzchni jest mniejsza.



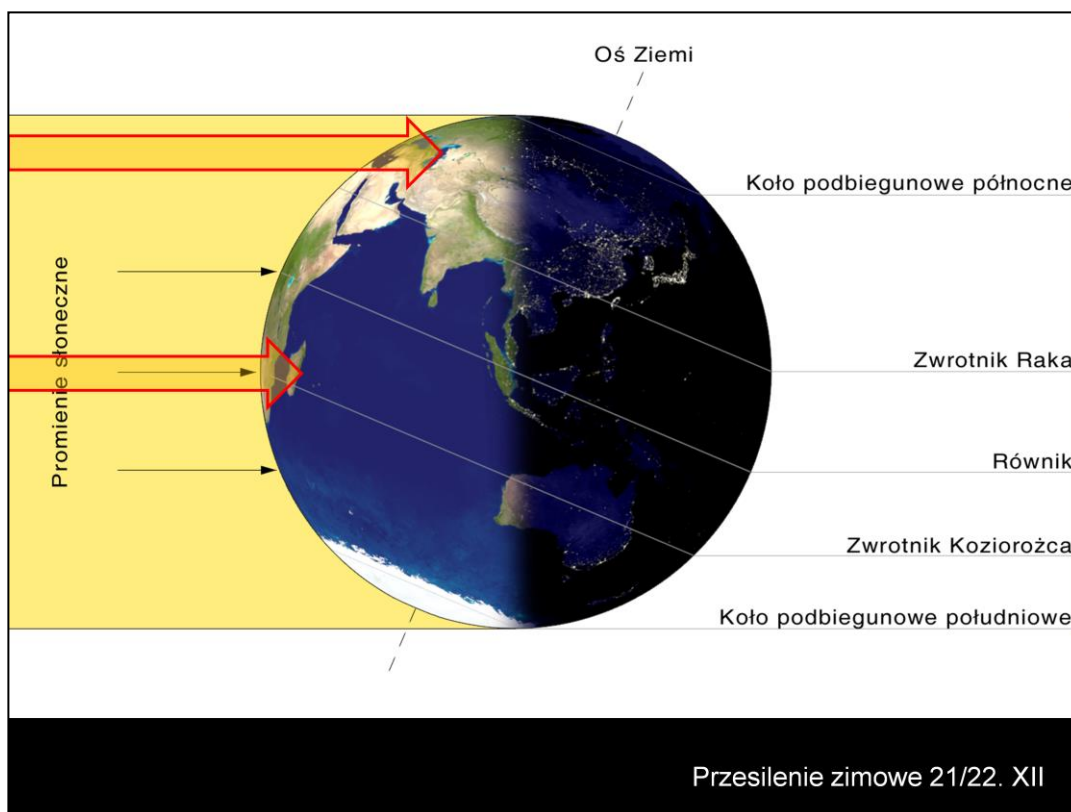
W okresie, który nazywamy przesileniem zimowym (bo u nas akurat jest zima) promienie padają prostopadle na Zwrotnik Koziorożca, na południowej półkuli. Jeszcze dalej na południe kąt padania jest mniejszy, a natężenie odbieranego promieniowania mniejsze niż na zwrotniku, ale dużo większe, niż na obszarach o tej samej szerokości geograficznej północnej (np. w Krakowie – nasze miasto leży na szerokości geograficznej 50°N). Jeszcze dalej na północ – począwszy od szerokości geograficznej 66.5° (koło podbiegunowe północne) promienie słoneczne w ogóle nie docierają – jest noc polarna.



Po kolejnych trzech miesiącach mamy przesilenie wiosenne (równonoc) – znowu promienie słoneczne padają prostopadłe na równik, i pod kątem tylko o 23.5 stopnia mniejszym na oba zwrotniki. Natężenie promieniowania na wyższych szerokościach geograficznych jest takie samo na obu półkulach.

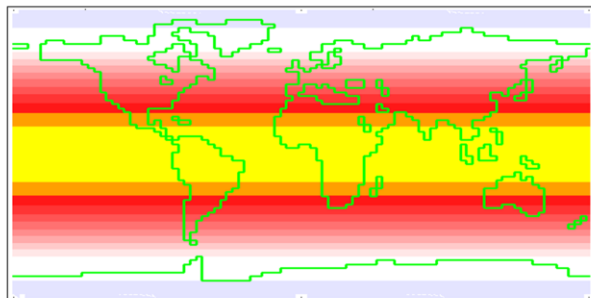


Kolejne przesilenie – w czerwcu – nazywamy letnim. Wtedy pochylona oś ziemską skierowuje północną półkulę globu w kierunku Słońca, jego promienie padają prostopadle na Zwrotnik Raka i pod niewiele mniejszym kątem – na obszary na północ od niego. Za kręgiem polarnym kąt padania jest mniejszy, co za tym idzie – natężenie promieniowania na jednostkę czasu jest niewielkie, ale za to słońce nigdy nie zachodzi – świeci przez całą dobę.

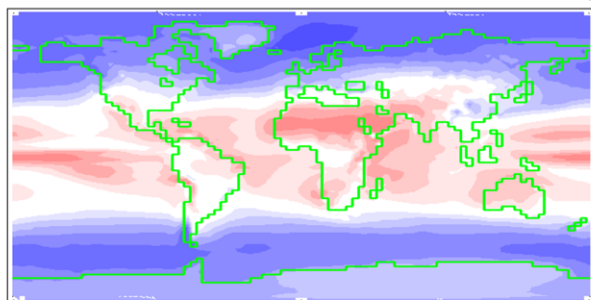


Trzeba pamiętać: różnica w ilości energii słonecznej docierającej do jednostkowego obszaru, zależy od kąta padania promieni słonecznych; najwięcej – kiedy padają prostopadle. Zmiany kąta padania determinują powstawanie pór roku. Na północ i na południe od zwrotników, jest tylko jeden cykl czterech pór roku (lato – jesień – zima – wiosna). W strefie międzyzwrotnikowej mamy dwa cykle na rok: dwa razy słońce pada prostopadle do powierzchni Ziemi.

Energia średnia promieniowania słonecznego



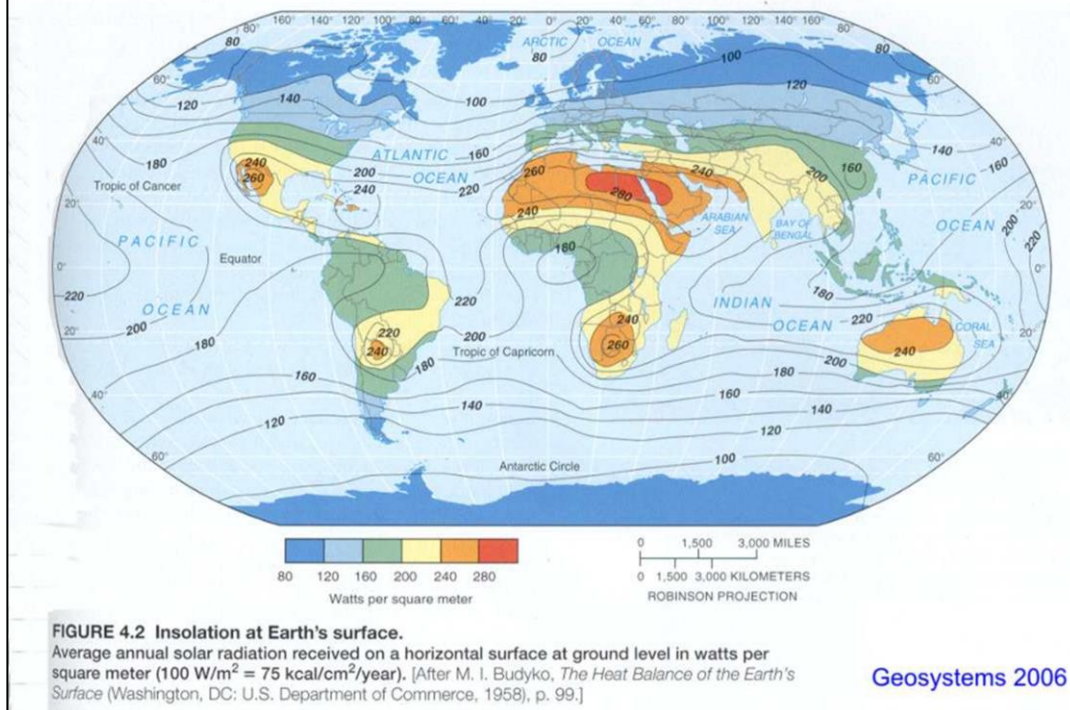
Nad atmosferą



Na powierzchni Ziemi

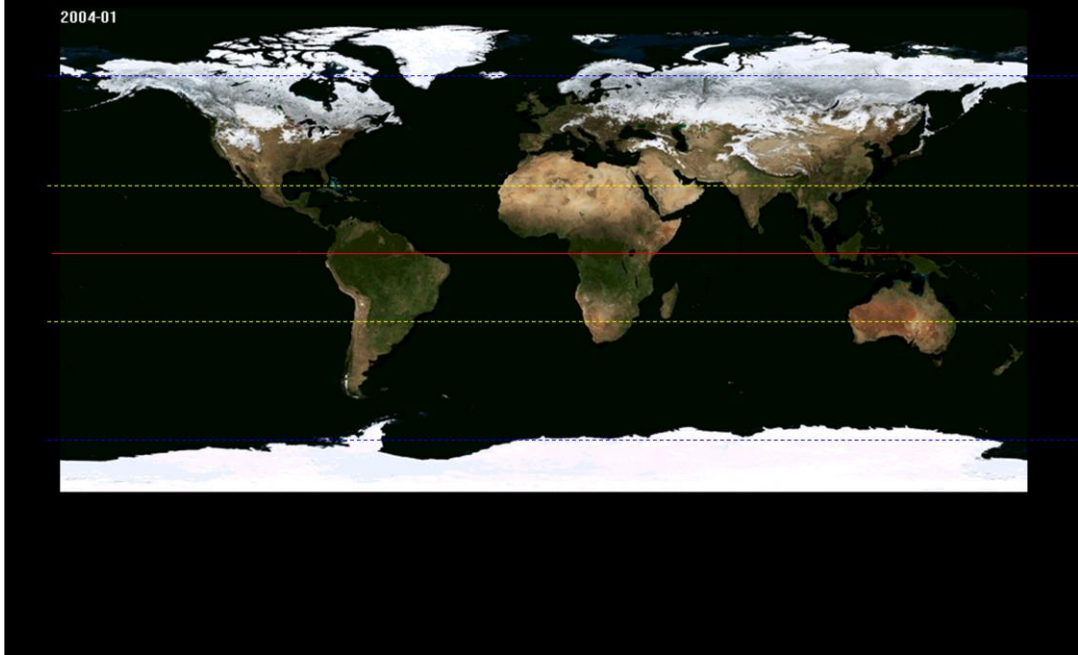
Dzięki tym mechanizmom, średnia energia promieniowania słonecznego padającego na powierzchnię powyżej atmosfery ma regularny gradient. Na powierzchni Ziemi ten obraz się komplikuje – wskutek oddziaływania aktywnego rozmieszczenia kontynentów, lokalnej cyrkulacji atmosferycznej zmieniającej zachmurzenie i opady. Ale ogólne tendencja (najwięcej energii w strefie międzyzwrotnikowej, nazywanej potocznie tropikalną).

Energia promieniowania słonecznego

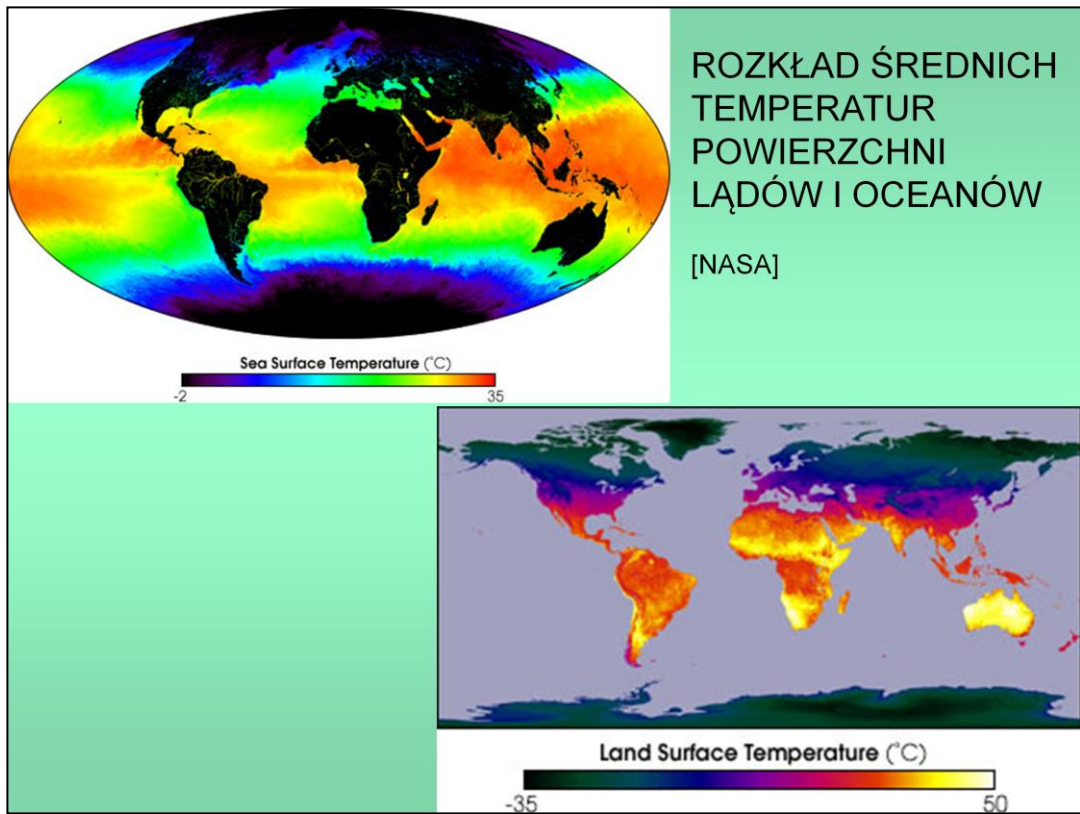


Jest wiele opracowań zamieszczających współczesne dane na temat energii promieniowania słonecznego docierającej do powierzchni Ziemi. Średnia globalna wynosi ok 75 W m^{-2}

SEZONOWOŚĆ KLIMATÓW ZIEMI

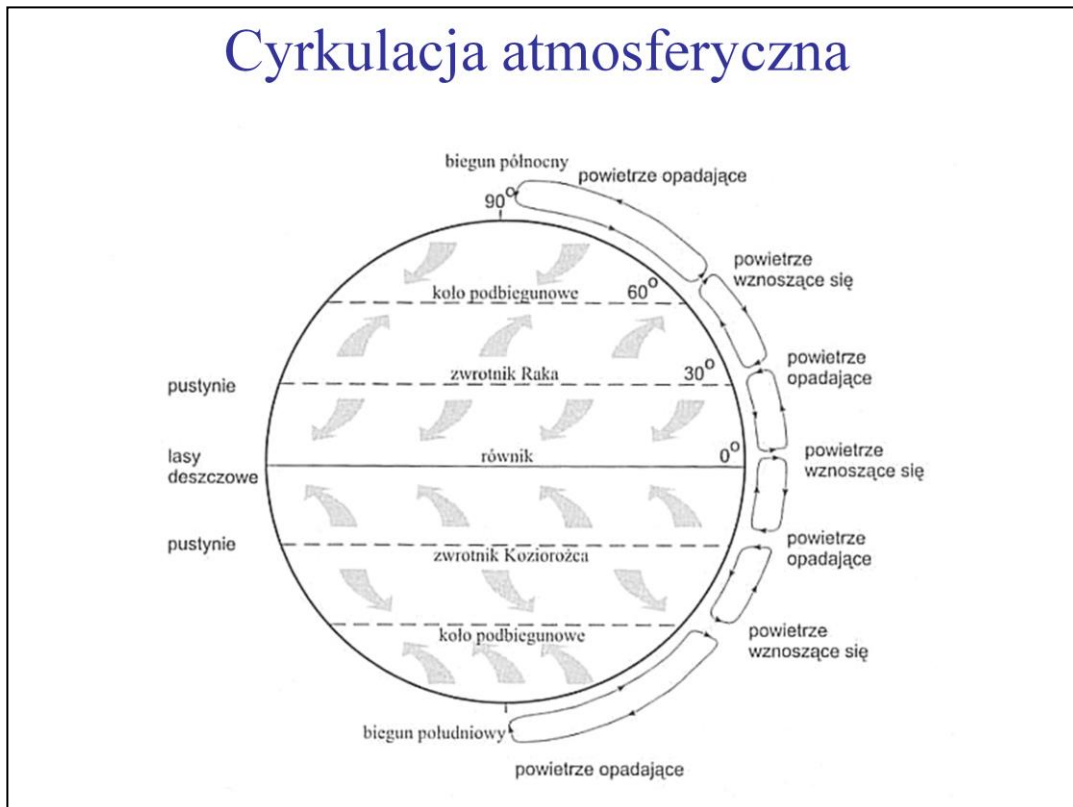


Klimat jest sezonowy – zasięg pokrywy śnieżnej na północnej półkuli zwiększa się zimą, co dobrze widać na tej symulacji sporządzonej na podstawie zdjęć satelitarnych. Równocześnie zaznacza się sezonowość w rejonach tropikalnych i równikowych (zmiany zasięgu zieleni na mapie).

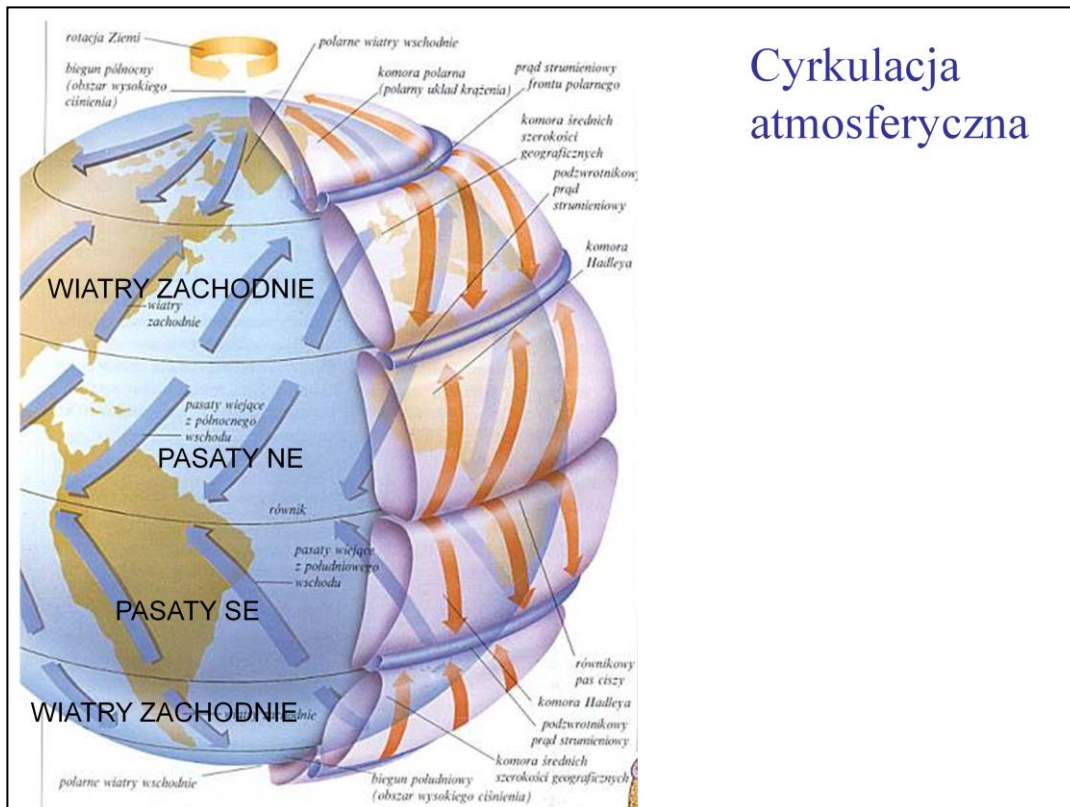


Ilustracja ukazuje rozkład średnich temperatur lądów i oceanów.

Cyrkulacja atmosferyczna

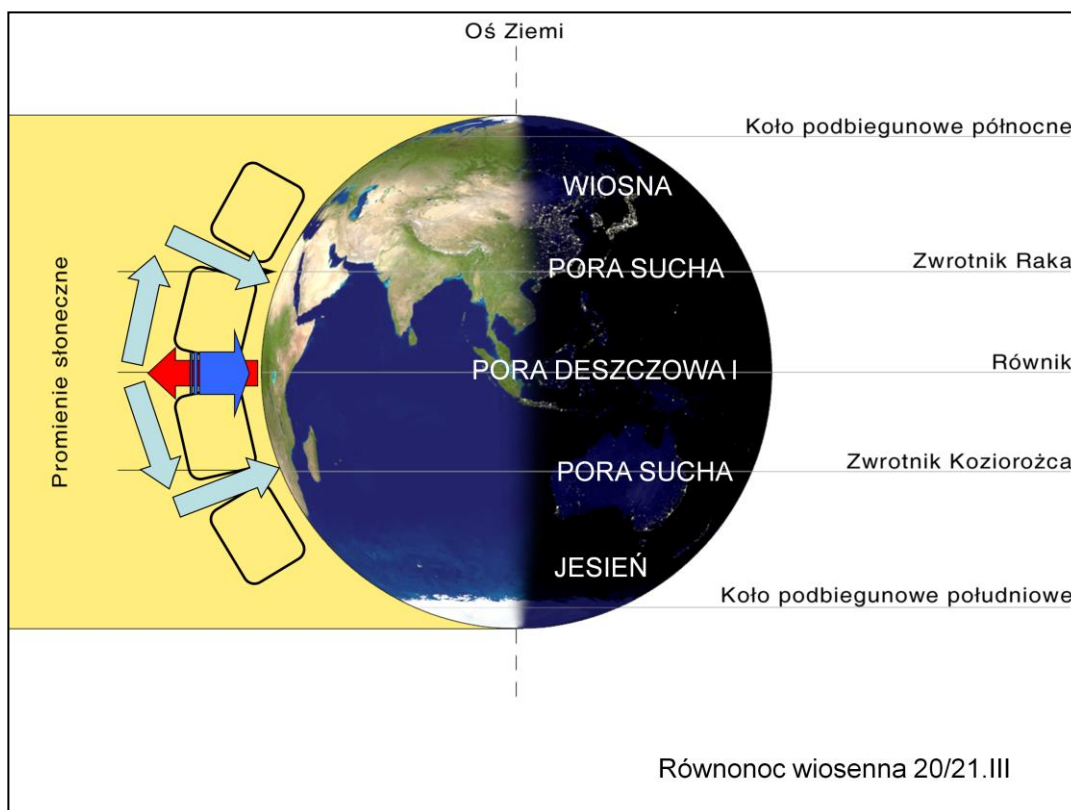


Różnice temperatur powierzchni Ziemi powodują ruchy powietrza, strefowy rozkład temperatur na powierzchni Ziemi generuje regularny schemat cyrkulacji powietrza.

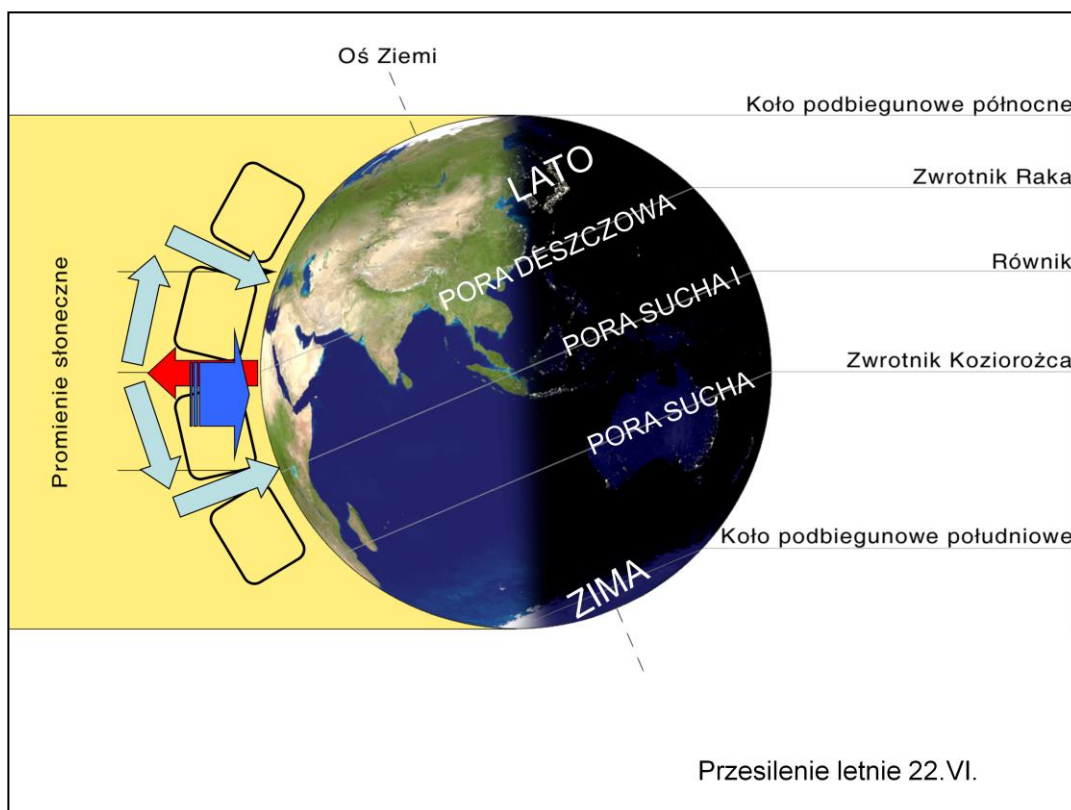


Cyrkulacja atmosferyczna

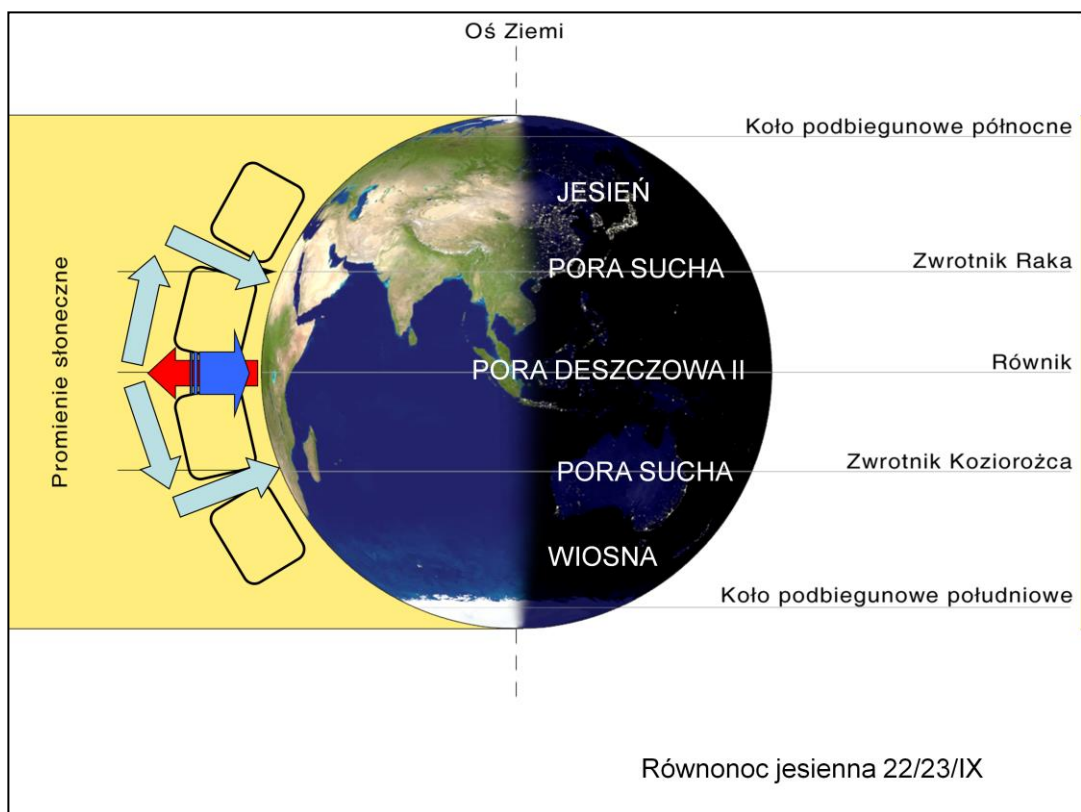
Dokładny opis i wyjaśnienie mechanizmu cyrkulacji atmosferycznej, zilustrowanej na tym schemacie, można znaleźć w wielu elementarnych podręcznikach.



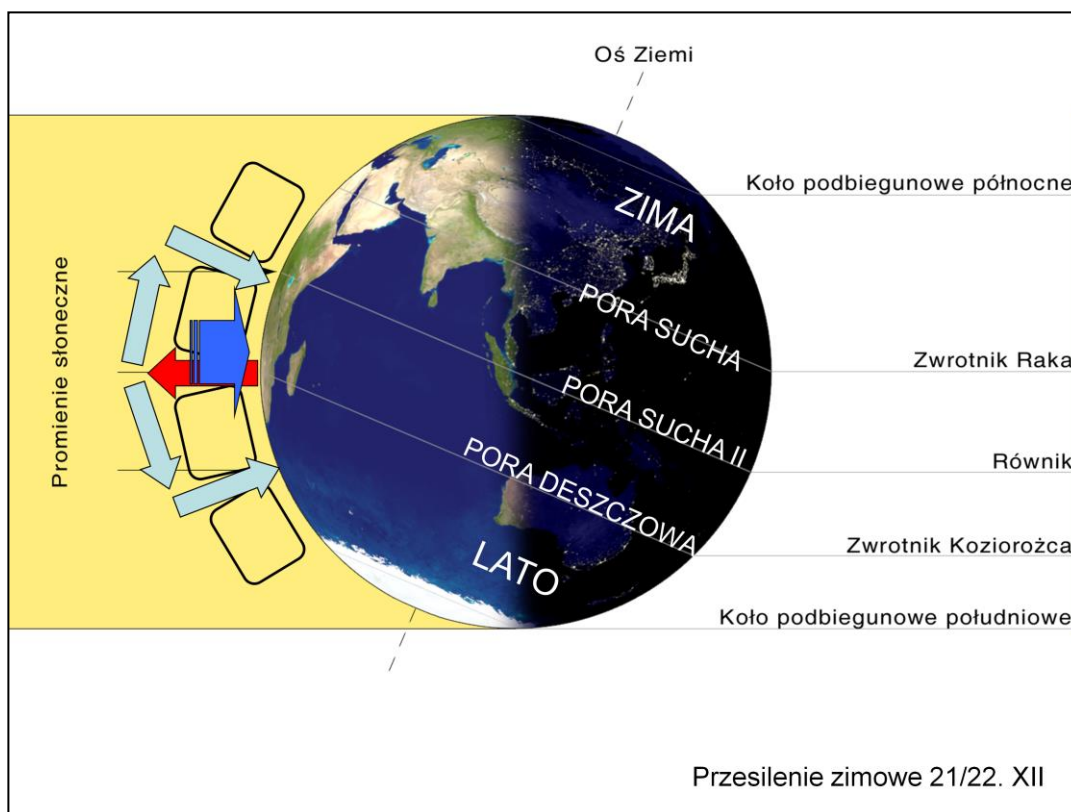
Warto skupić się na efektach klimatycznych ruchu Ziemi wokół Słońca. W okresie równonocy wiosennej i jesiennej, promienie padają prostopadle na równik, najsilniej pobudzając ogrzane i wilgotne powietrze do unoszenia się w górę. Rozprężające się i oziębiające masy powietrza tracą wodę, która wraca w postaci obfitych deszczów. Na równiku mamy porę deszczową. A поблизу obu zwrotników panuje pora sucha – bo tam opada ciepłe i suche powietrze.



W okresie przesilenia letniego, promienie padają prostopadle na północnej półkuli, bliżej Zwrotnika Raka, i tam teraz przesuwa się pas intensywnych opadów. Na północnej półkuli pora deszczowa trwa mniej więcej od kwietnia do września; dalej na północ panuje lato. Za kręgiem polarnym – Słońce w ogóle nie zachodzi. A na równiku i dalej na południe – ku zwrotnikowi Koziorożca – pora sucha. Na lądach południowej półkuli nie ma takiej zimy, jaką znamy z Europy, ale na Antarktydzie panuje noc polarna.



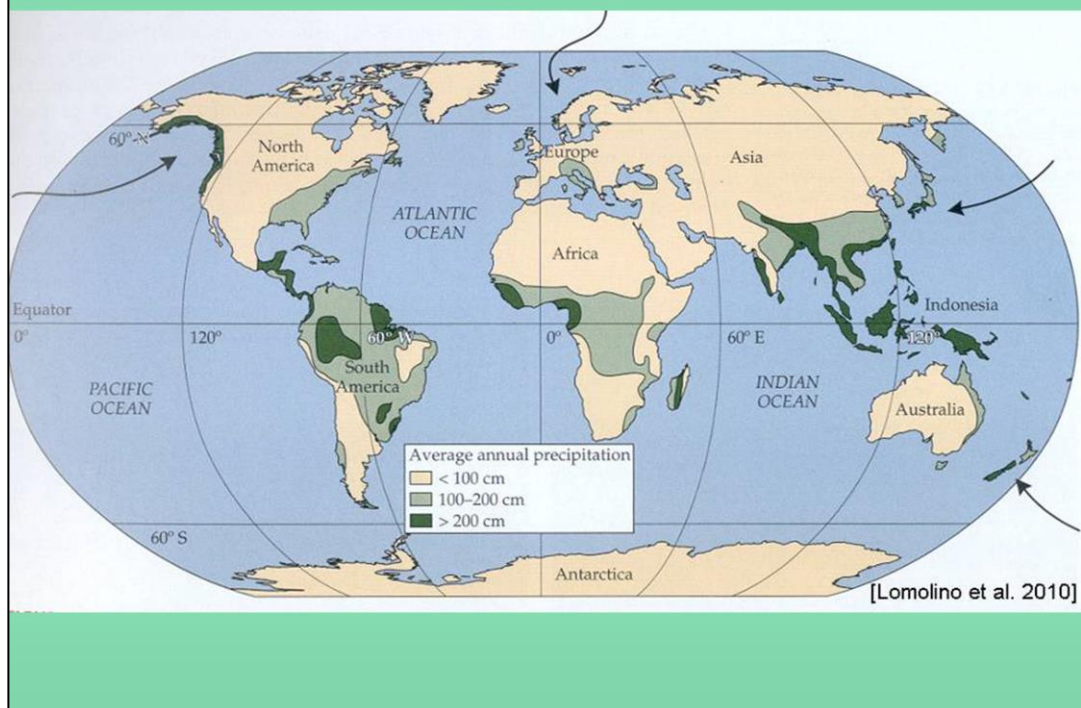
W okresie równonocy jesienniej sytuacja jest podobna, jak w okresie równonocy wiosennej: druga pora deszczowa na równiku, druga pora sucha przy obu zwrotnikach.



Przesilenie zimowe oznacza zimę na północnej półkuli (i noc polarna za północnym kołem podbiegunowym); druga w tym roku pora sucha na równiku, i pora deszczowa na południowej półkuli trwa od października do marca.

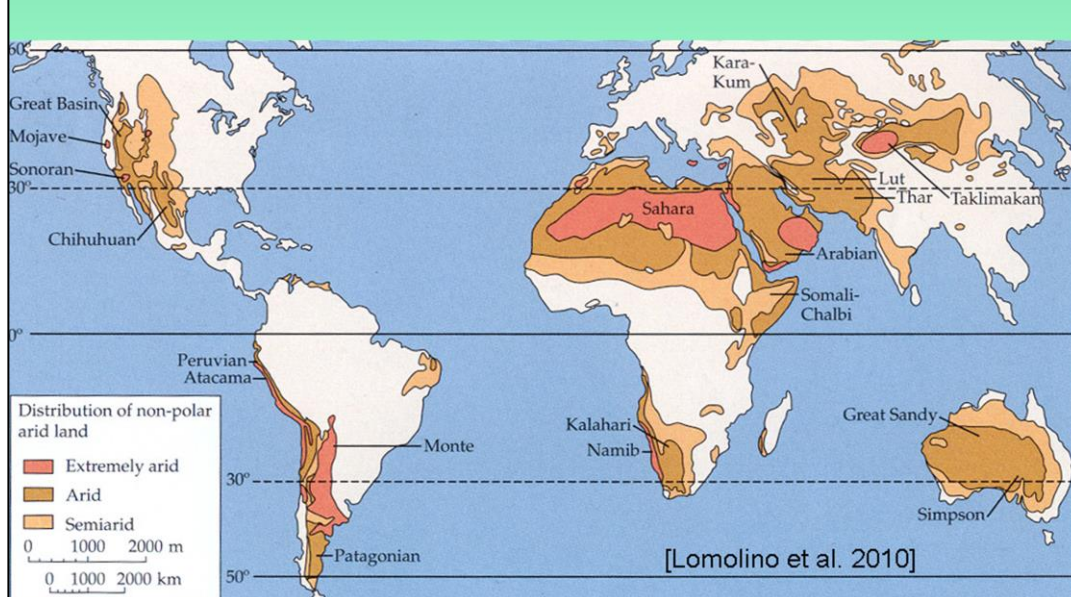
Podsumowując: w obszarze okołorównikowym mamy w ciągu roku dwie pory suche i dwie mokre, po jednej porze suchej i mokrej w pasie okołozwrotnikowym i jeden cykl wiosna – lato – jesień – zima na każdej półkuli, w obszarach między zwrotnikami a kołem podbiegunowym. Ten schemat jest wyidealizowany, bo przecież cyrkulacja atmosferyczna nie jest dokładnie strefowa. Ilość opadów, kierunek wiatrów, zachmurzenie, itd. zależą od rzeźby terenu, odległości od brzegu oceanu, od mas energii cieplnej przenoszonej przez prądy morskie, i tak dalej. Ale ogólny zarys pozostaje zgodny z tym schematem. Nastęstwo pór roku (suchych i mokrych, ciepłych i zimnych) determinuje sposób funkcjonowania roślinności (sezonowe zrzucanie liści w porze suchej i w zimie), u wielu zwierząt dalekie migracje.

ŚREDNIE ROCZNE SUMY OPADÓW

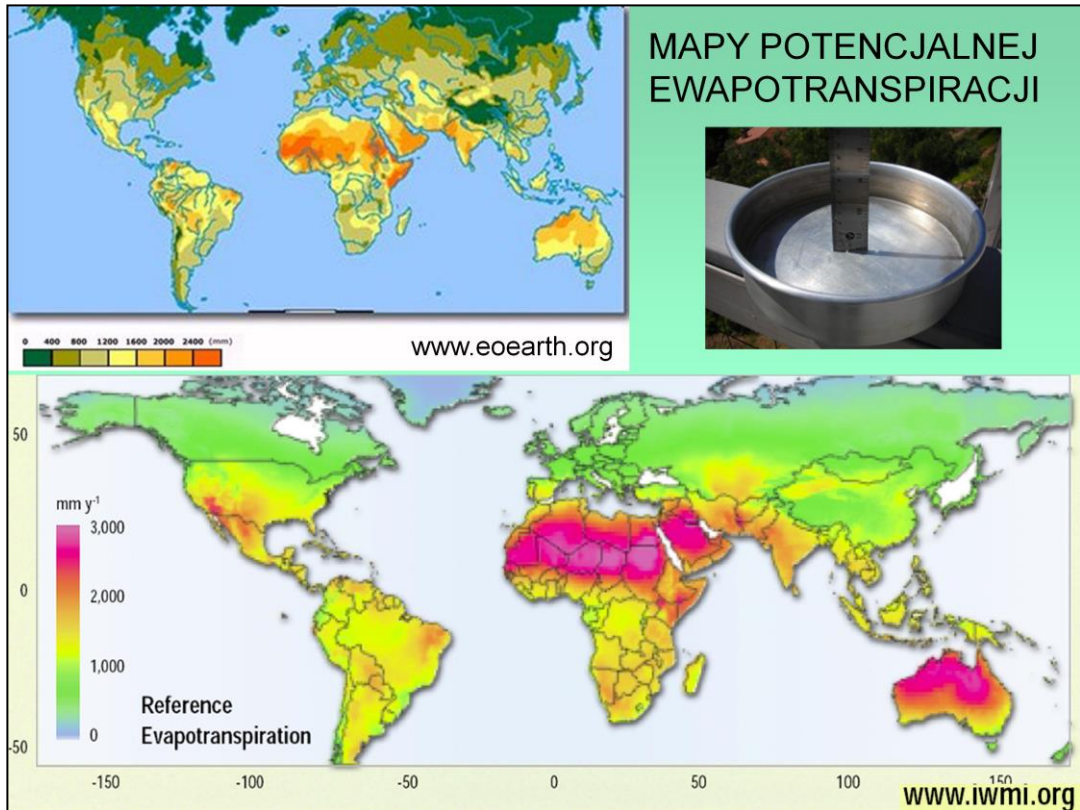


I tak zarejestrowane sumy roczne opadów tworzą dość złożoną mozaikę, ale w ogólnym zarysie strefowość wynikająca z cyrkulacji atmosferycznej jest zachowana.

ROZMIESZCZENIE PUSTYŃ

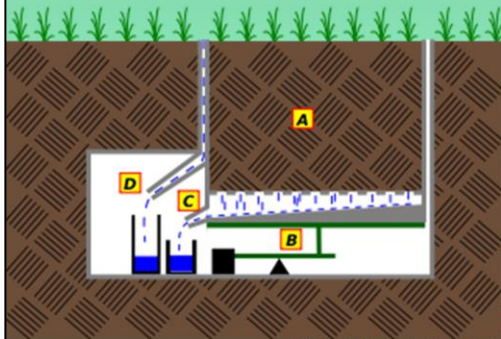


W konsekwencji, również rozmieszczenie pustyń – chociaż w szczegółach uzależnione od rzeźby terenu i odległości danego obszaru od oceanu, jest zgodny ze schematem ogólnej cyrkulacji atmosferycznej.



Dwie najważniejsze zmienne, charakteryzujące lokalny klimat: temperaturę i opady – można scalić w jeden parametr, współczynnik potencjalnej ewapotranspiracji. Mówi on, w jakim tempie parowałaby woda w danym miejscu (ubytek słupa wody w mm/rok), gdyby tej wody było pod dostatkiem. Łatwo dokonać pomiaru, eksponując naczynie z wodą i mierząc przez cały rok, w jakim tempie wody ubywa. Dane terenowe można zestawić w mapę – rozkład przestrzenny potencjalnej ewapotranspiracji.

Ewapotranspiracja rzeczywista - pomiar



Lizymetr

wiki



Dla przyrodnika bardziej interesujący jest współczynnik ewapotranspiracji rzeczywistej: ile naprawdę wody może wyparować z powierzchni gruntu i z roślinności w danym miejscu. To zależy nie tylko od ilości dostępnego ciepła, ale też od ilości wody, która mogłaby wyparować. Ten parametr można też mierzyć eksperymentalnie, ale to zadanie jest znacznie trudniejsze. Służą do tego urządzenia zwane lizymetrami. Zasadą ich jest wyeksponowanie fragmentu powierzchni Ziemi (np. darni z roślinnością) na naturalne warunki opadów i parowania, z możliwością mierzenia masy wody dopływającej i parującej. W praktyce korzysta się z pomiarów innych, szczegółowych parametrów i współczynnik ewapotranspiracji rzeczywistej oblicza się przy pomocy odpowiednio dobranych modeli matematycznych (trudno powiem byłoby postawić na wadze kawałek lasu!).

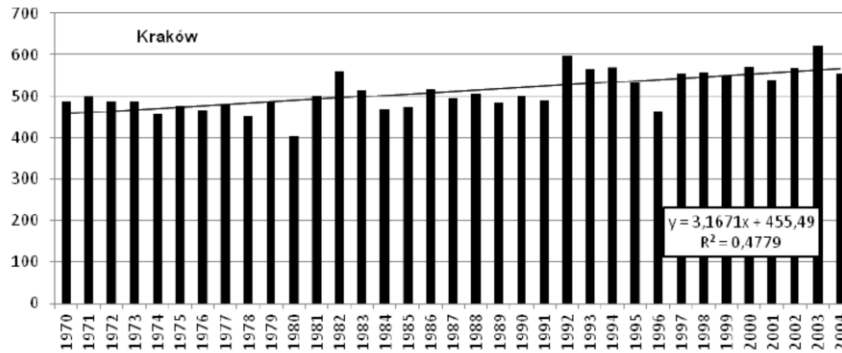
Ewapotranspiracja rzeczywista (szacowana)

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n) + \gamma \frac{900}{T + 273} u(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u)}$$

wzór Penmana-Monteitha i in.
modele empiryczne

L. Łabędzki i in.: Wielkość i zmienność ewapotranspiracji wskaźnikowej...

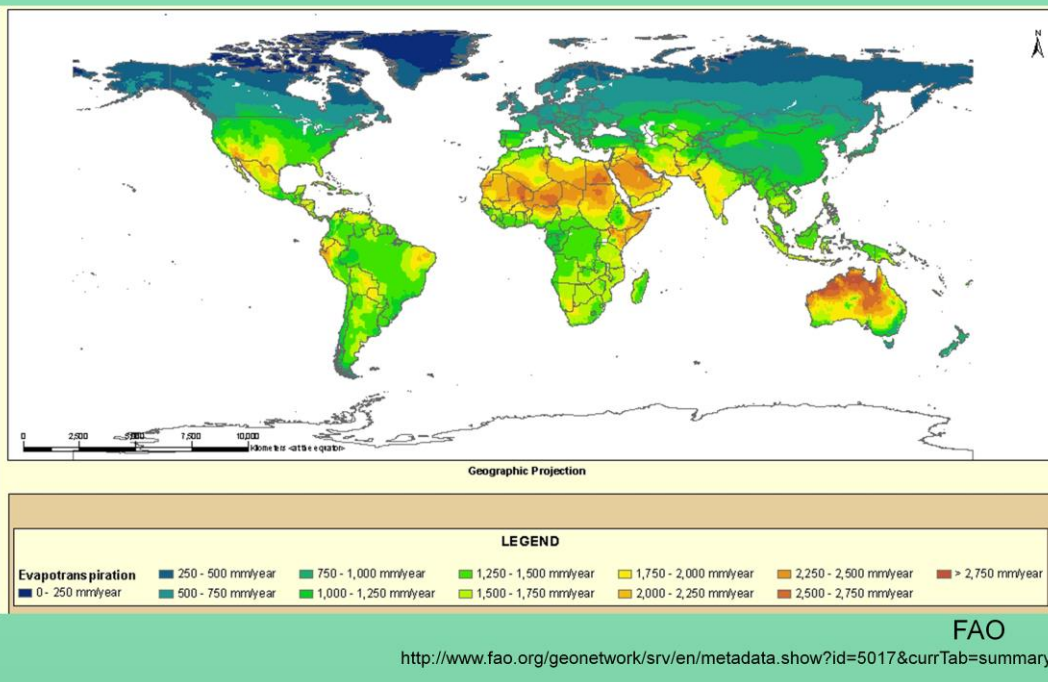
165



© ITP Woda Środ. Obsz. Wiej. 2012 (IV-VI), t. 12 z. 2 (38)

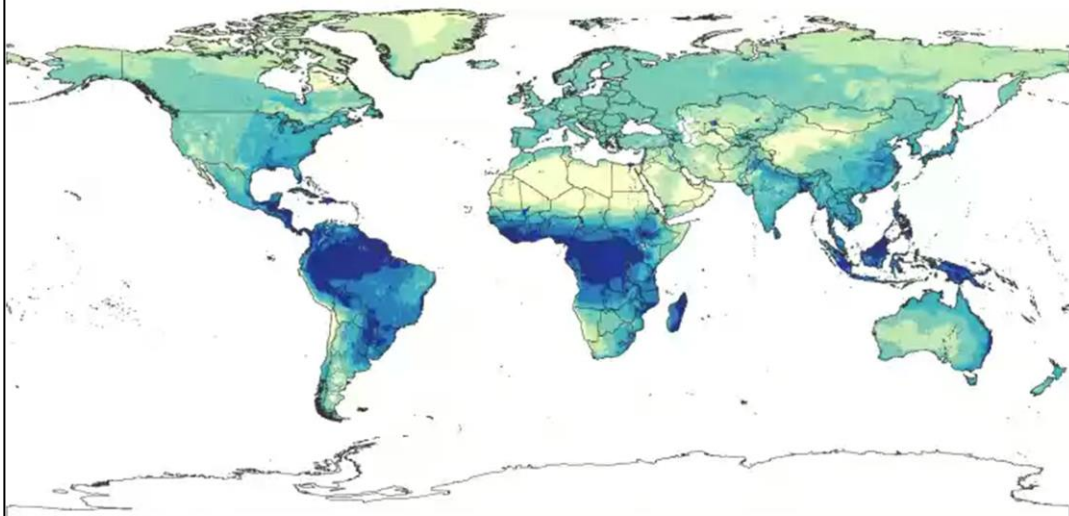
Oto przykład zmian oszacowanych wskaźników ewapotranspiracji rzeczywiste dla okolic Krakowa w latach 1970 – 2004. Można zauważyć tendencję wzrostową (przy sporej zmienności przypadkowej).

EWAPOTRANSPIRACJA POTENCJALNA [mm/rok]



Sporządzono mapy ewapotranspiracji rzeczywistej dla całej Ziemi. Tam, gdzie jest dużo opadów, ewapotranspiracja rzeczywista odpowiada ewapotranspiracji potencjalnej. Ale w obszarach deficytu wody oba wskaźniki różnią się drastycznie.

EWAPOTRANSPIRACJA RZECZYWISTA [mm/rok]



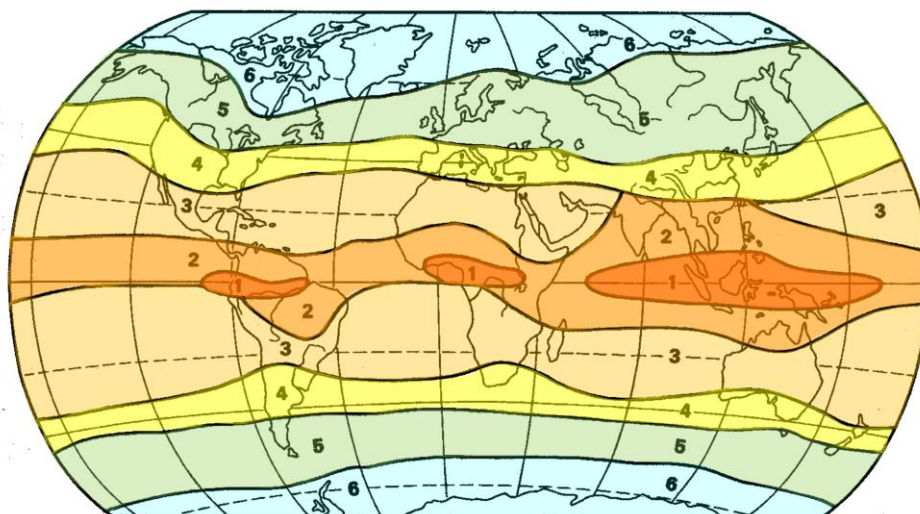
Legend

- g2008_0
- <100
- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 750
- 750 - 1,000
- > 1,000

FAO

<http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=37233>

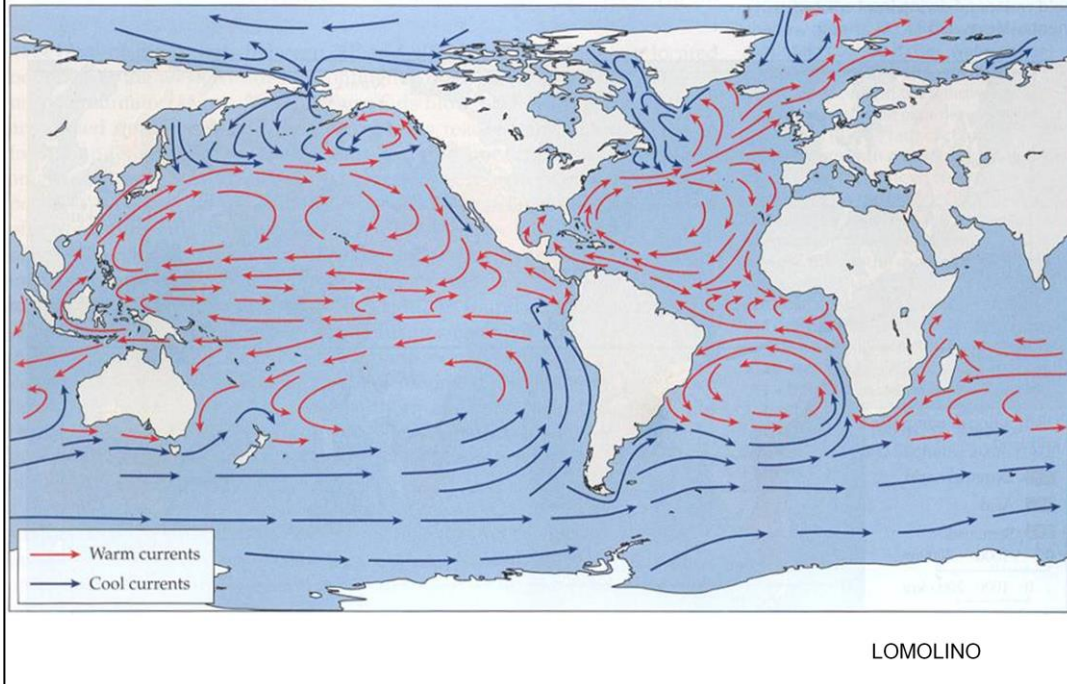
STREFOWOŚĆ GŁÓWNYCH TYPÓW KLIMATÓW ZIEMI



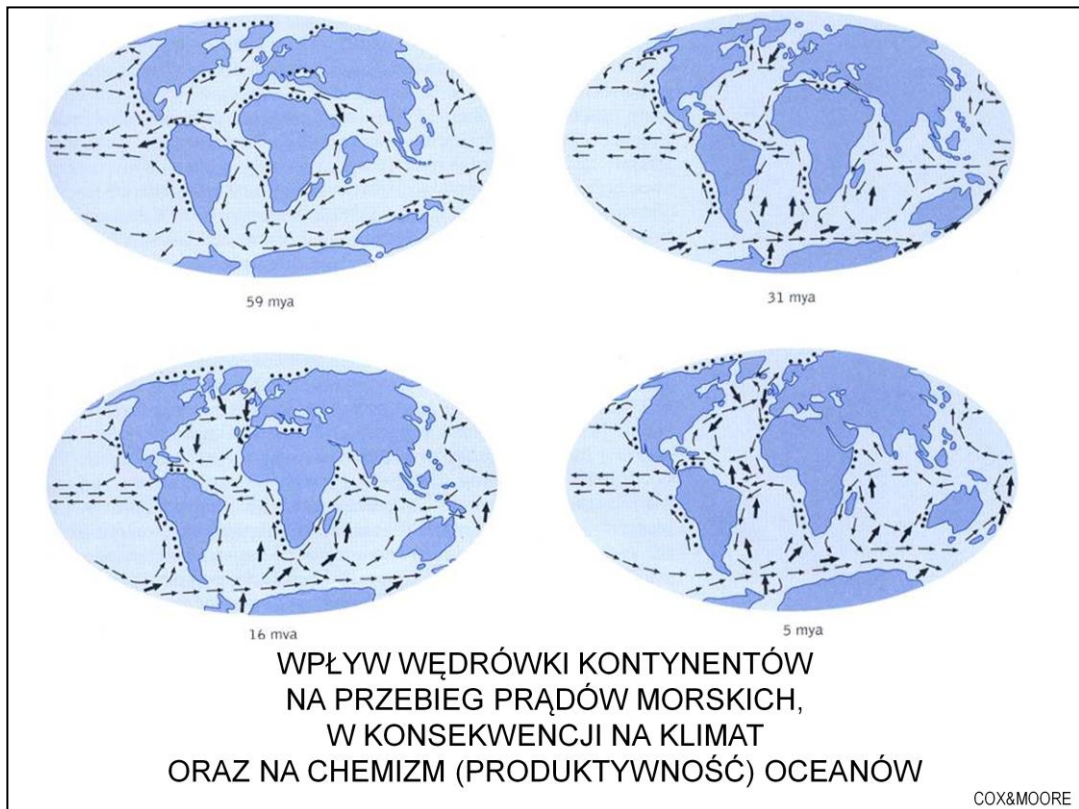
Ryc. 2.43. Strefy klimatyczne Ziemi: 1 – równikowa (klimatów wilgotnych), 2 – podrównikowe (klimatów zmiennych), 3 – zwrotnikowe (klimatów suchych), 4 – podzwrotnikowe (klimatów zmiennych), 5 – umiarkowane (klimatów wilgotnych – morskich i suchych – kontynentalnych), 6 – podbiegunowe i biegunowe. Alisow, z Okołowicza 1969

Na podstawie podobieństwa głównych parametrów klimatu, uogólniając wartości w większej skali przestrzennej, klimatolodzy definiują strefy klimatyczne Ziemi. Chociaż kategoryzacja ta opiera się na obiektywnych danych, to jednak wyodrębnienie stref klimatycznych jest arbitralne i podział na strefy klimatyczne należy od autora danego opracowania.

POWIERZCHNIOWE PRĄDY MORSKIE

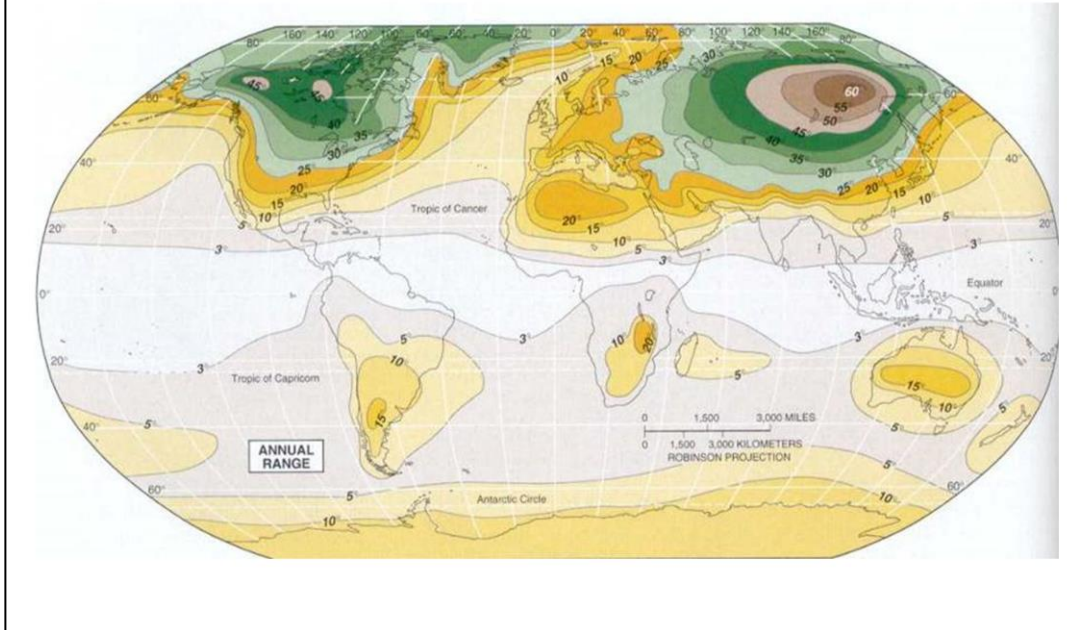


Wzorec warunków klimatycznych na lądach zależy również od transportu ciepła przez przemieszczające się masy wód oceanicznych – prądy morskie.



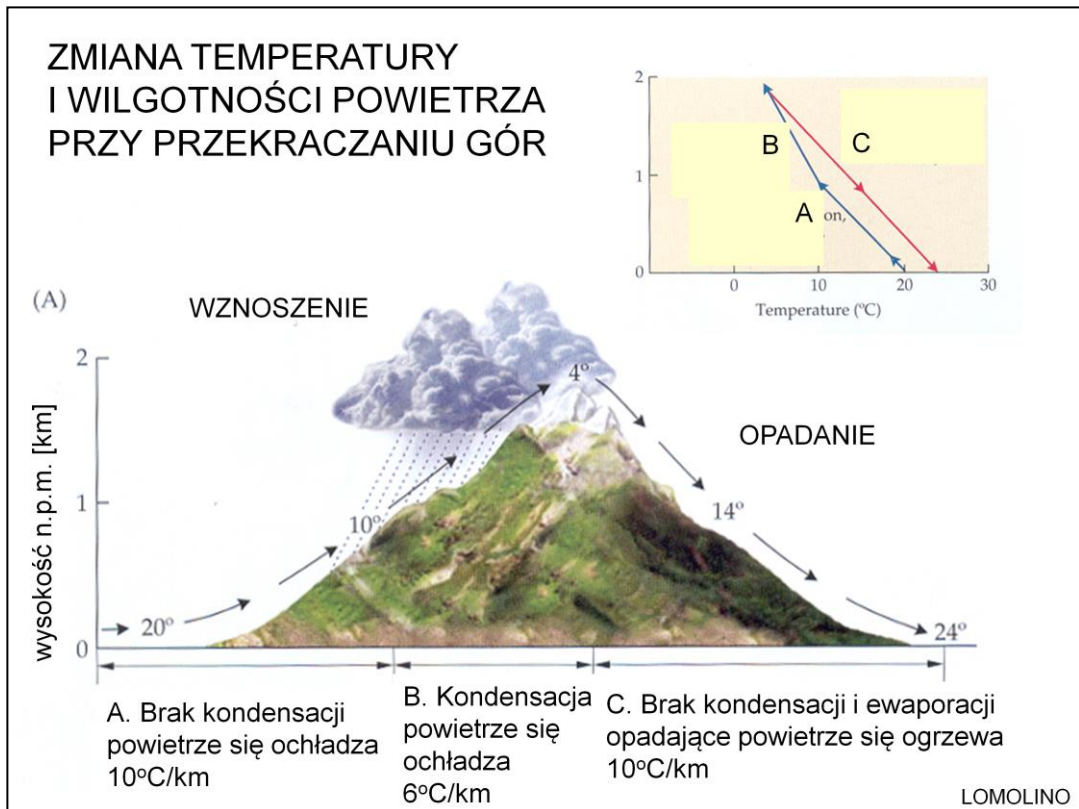
W historii biosfery kontynenty zmieniały swoje położenie, inaczej też przebiegały prądy morskie, co miało wpływ na zmiany klimatu.

Amplituda temperatur (styczeń – lipiec)

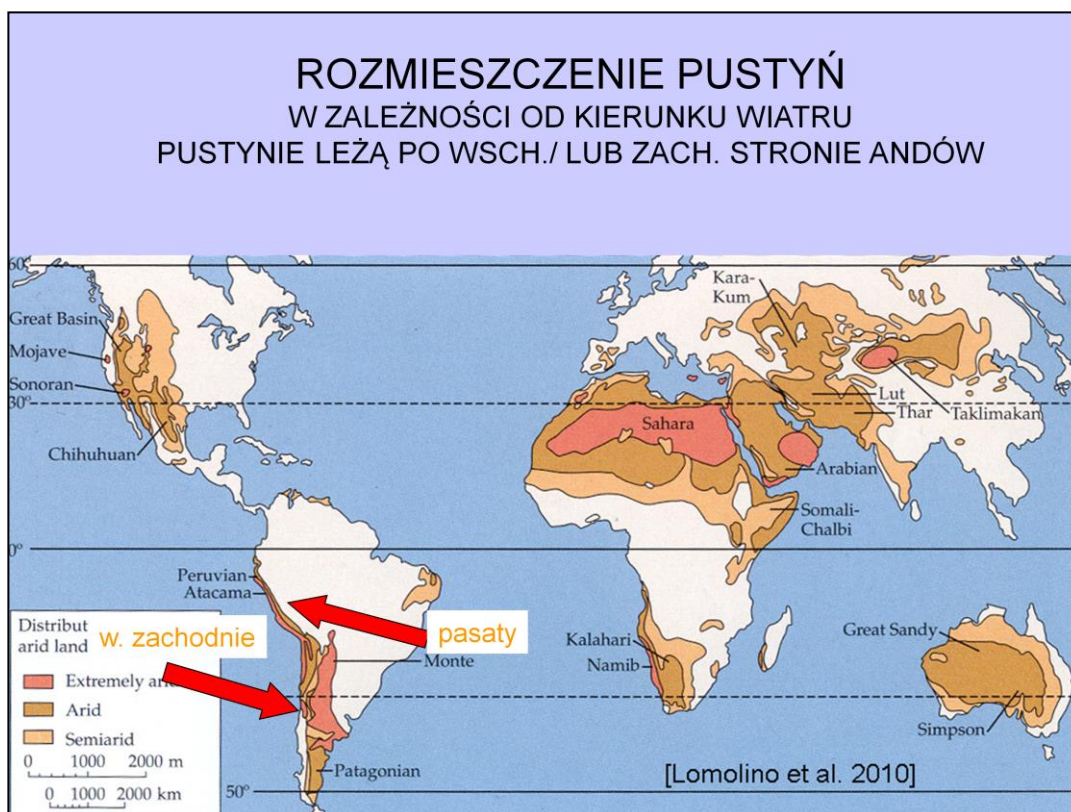


Im dalej od oceanu znajduje się dany obszar na lądzie, tym mniej dociera tam wilgoci, wyparowanej z oceanu, i tym mniejszy wpływ na klimat mają masy wód oceanicznych. Przejawia się to z reguły jako „klimat kontynentalny”, o większej amplitudzie rocznej temperatur.

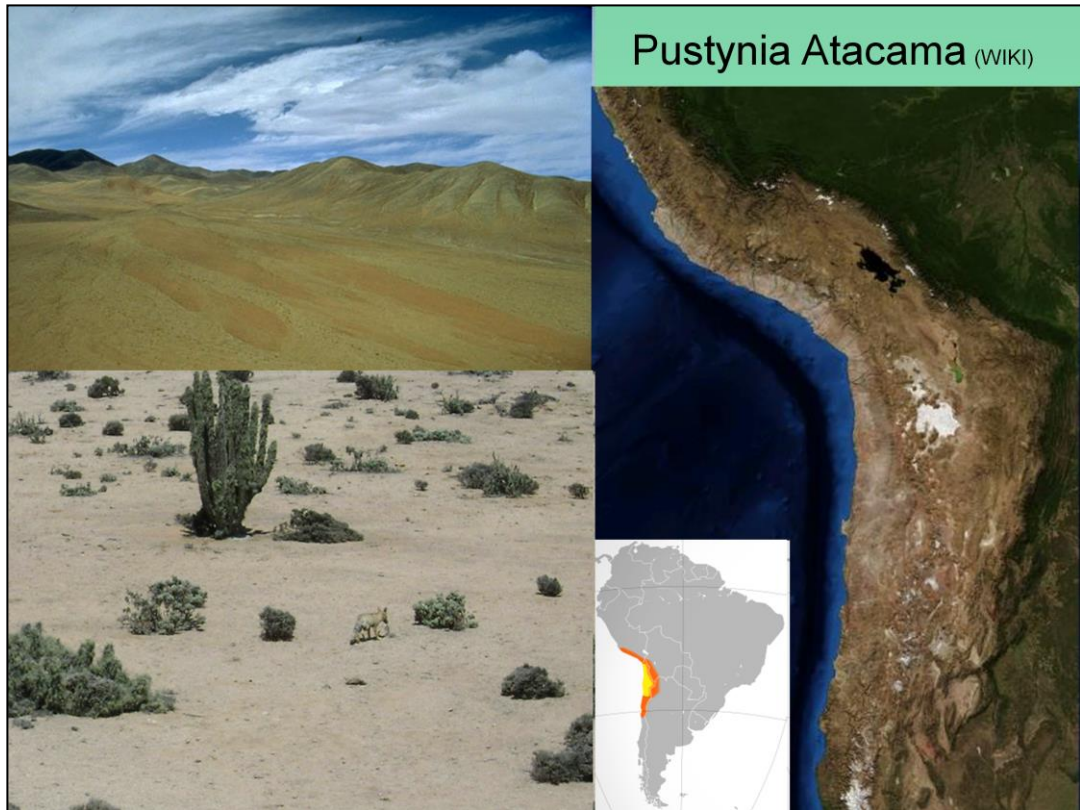
ZMIANA TEMPERATURY I WILGOTNOŚCI POWIETRZA PRZY PRZEKRACZANIU GÓR



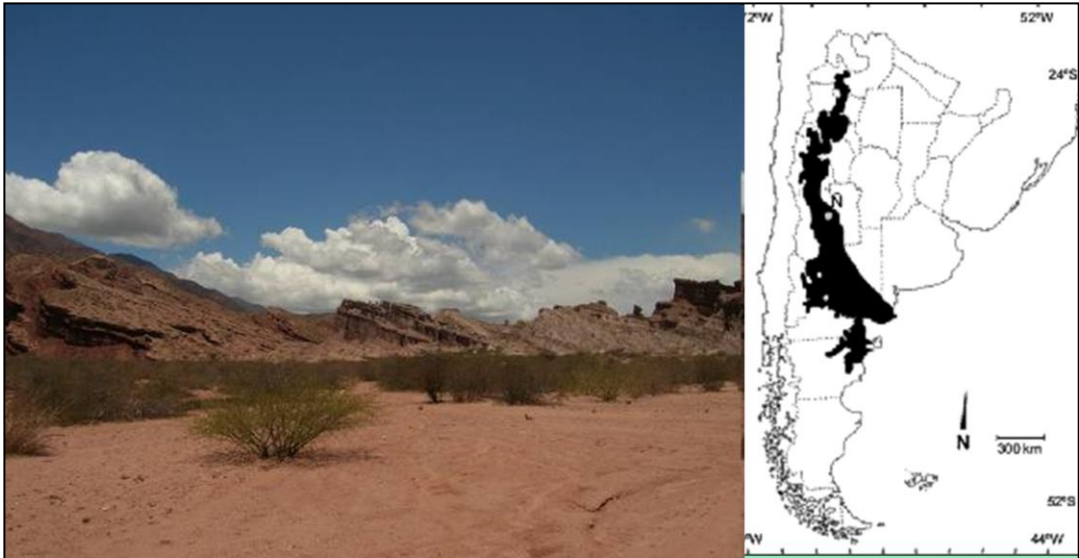
Jeżeli ciepłe i wilgotne powietrze z nizin jest spychane w kierunku pasma górskiego, wspina się w górę, ulegając ochłodzeniu i rozrzedzeniu (spadek ciśnienia), w rezultacie następuje skroplenie pary wodnej (chmury i opady) – woda z powietrza zatrzymana jest po nawietrznej stronie pasma górskiego. Panują tam warunki korzystne dla wegetacji. Kiedy masy powietrza przewalą się na drugą stronę gór, opadając ulegają ogrzaniu i na niziny dociera ciepłe i suche powietrze, powodujące pustynnienie.



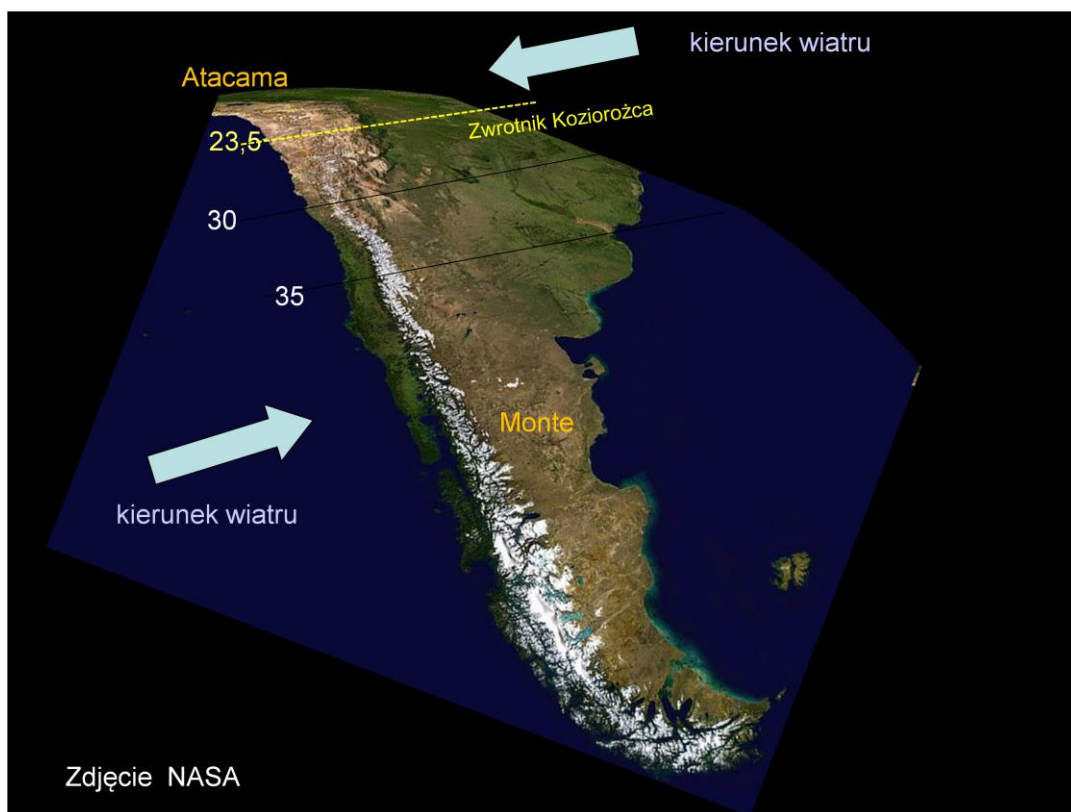
Spektakularny przykład widzimy wzdłuż pasma Andów po zachodniej stronie kontynentu południowo amerykańskiego. Cyrkulacja atmosferyczna powoduje, że w obszarze na północ od Zwrotnika Koziorożca aż po równik przeważają pasaty – wiatry wiejące od wschodu. Blisko zachodniego brzegu kontynentu natrafiają na wysokie pasmo Andów. Zgodnie z regułą, pozostawiają wodę po wschodniej stronie, a powietrze opadające z grani Andów w kierunku wybrzeża jest ciepłe i suche, czego skutkiem jest pustynia Atacama, rozciągająca się wąskim pasem wzdłuż wybrzeża północnego Chile i Peru. Natomiast dalej na południe cyrkulacja atmosferyczna wymusza kierunek wiatrów od zachodu. Wilgotne powietrze wiejące znanz Pacyfiku natrafiając na łańcuch Andów pozostawia wodę po zachodniej stronie, a opadając po wschodniej stronie gór osusza tereny zajęte obecnie przez rozległą pustynię Monte w Argentynie.



Na zdjęciach satelitarnych bardzo dobrze widać ostrą granicę między pustynią Atacama a bujną roślinnością po wschodniej stronie Andów.



Pustynia Monte (wiki)



Na tym obrazie satelitarnym widać wyraźnie różnice w kolorze obszarów pustynnych (płowo-brunatne) i pokrytych roślinnością (odcienie zieleni). Pasma Andów zaśnieżone na południe od 30 równoleżnika. Widać, że na południe od tego równoleżnika obszary zielone znajdują się po zachodniej stronie łańcucha Andów, a na północ od 30 równoleżnika w kierunku Zwrotnika Koziorożca, obszary zielone są po wschodniej stronie łańcucha Andów, w obu wypadkach jest to strona nawietrzna. Po zawietrznej są pustynie.

