



Trzęsienia Ziemi i dryfujące kontynenty

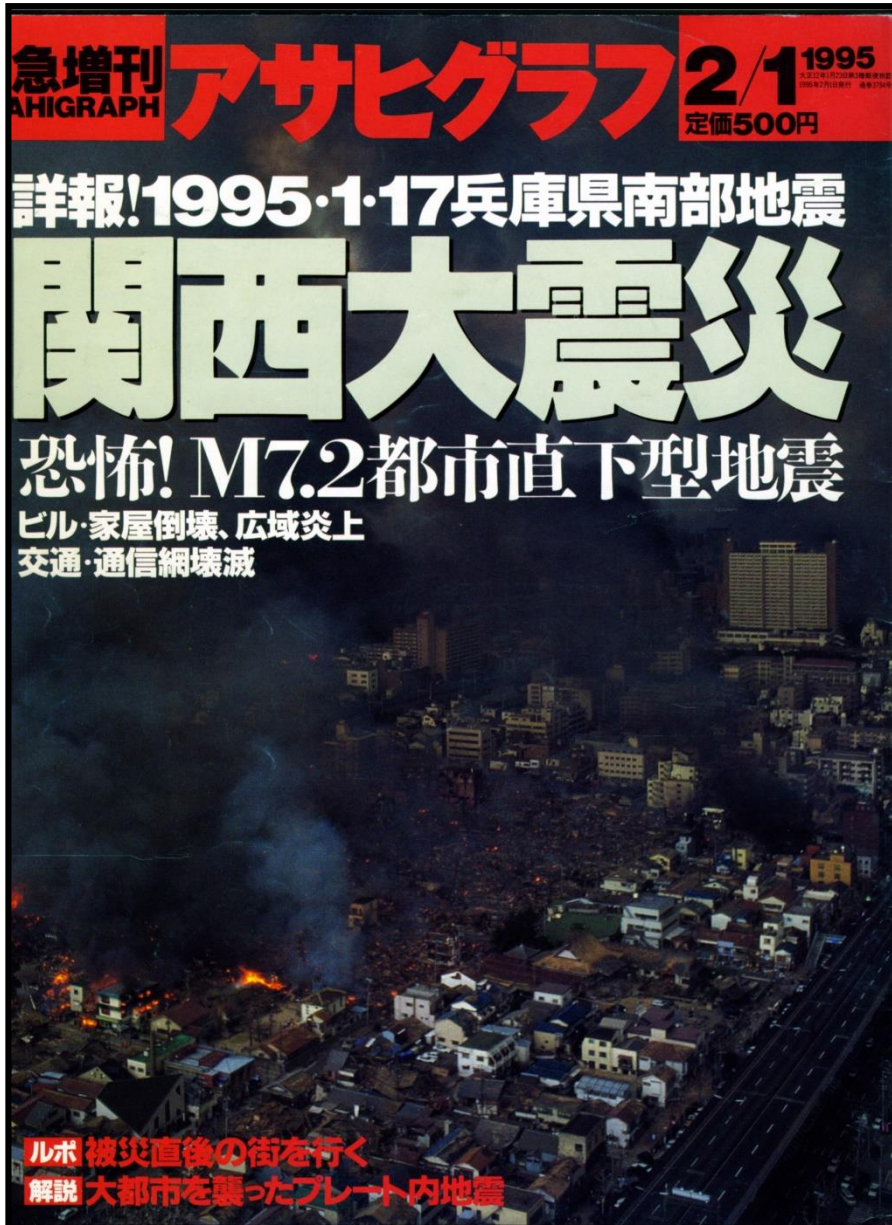


Marek Grad
Instytut Geofizyki
Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski

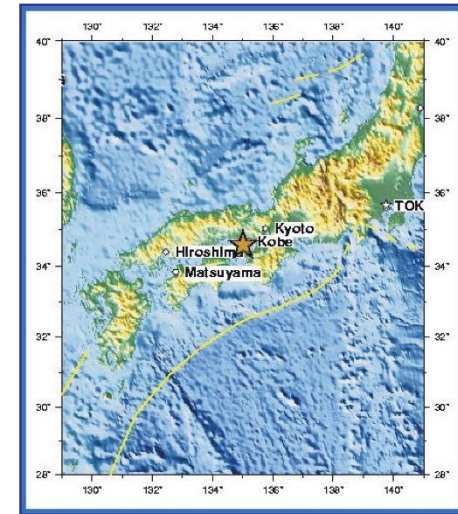
ZAPYTAJ FIZYKA
18.06.2015

- **Wielkie trzęsienia ziemi i katastrofy sejsmiczne**
- **Sejsmiczność Ziemi i Polski**
- **Fale sejsmiczne i budowa wnętrza Ziemi**
- **Skorupa ziemska, płaszcz i jądro Ziemi**
- **Przemieszczające się kontynenty – teraz i w przeszłości**
- **Pole magnetyczne Ziemi**
- **Procesy we wnętrzu Ziemi, konwekcja, dryf kontynentów**
- **Przyszłość dryfujących kontynentów**

Wielkie trzęsienia ziemi i katastrofy sejsmiczne



Kobe, 1995





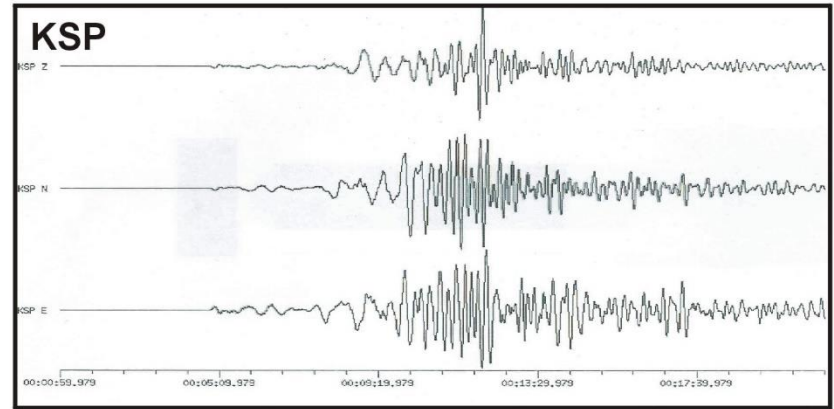
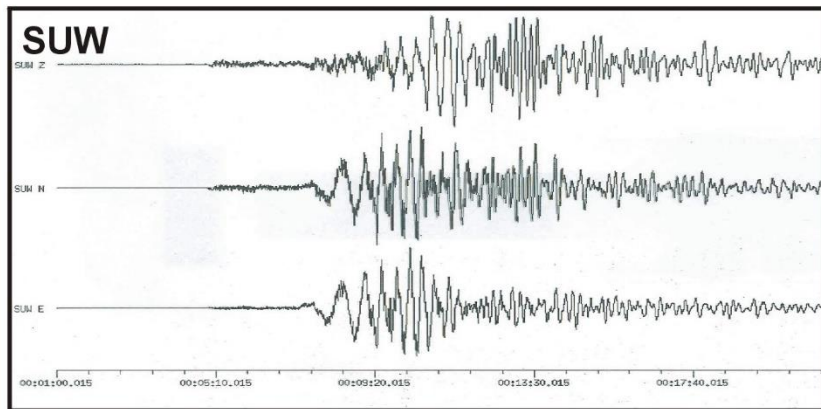
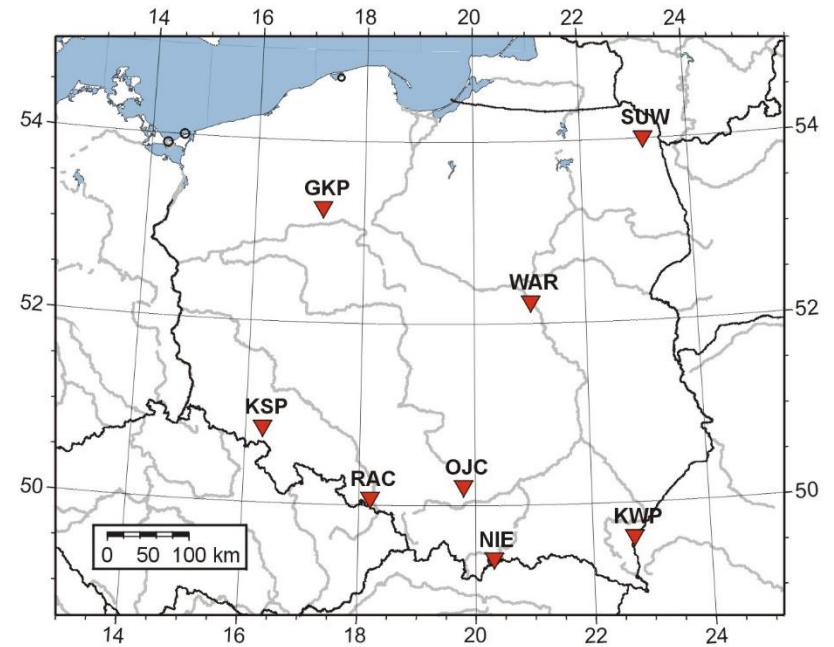
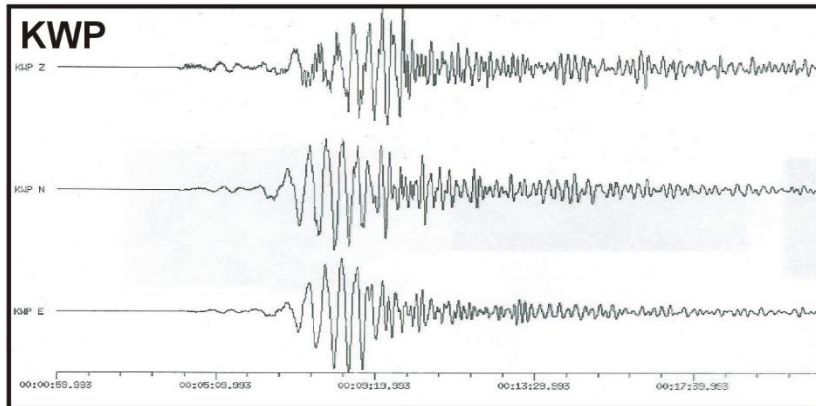
Meczet w Golcuk

(ok. 100 km na wschód od Istanbulu, 10 km od epicentrum)



Turcja, 17.08.1999

↓ P ↓ S

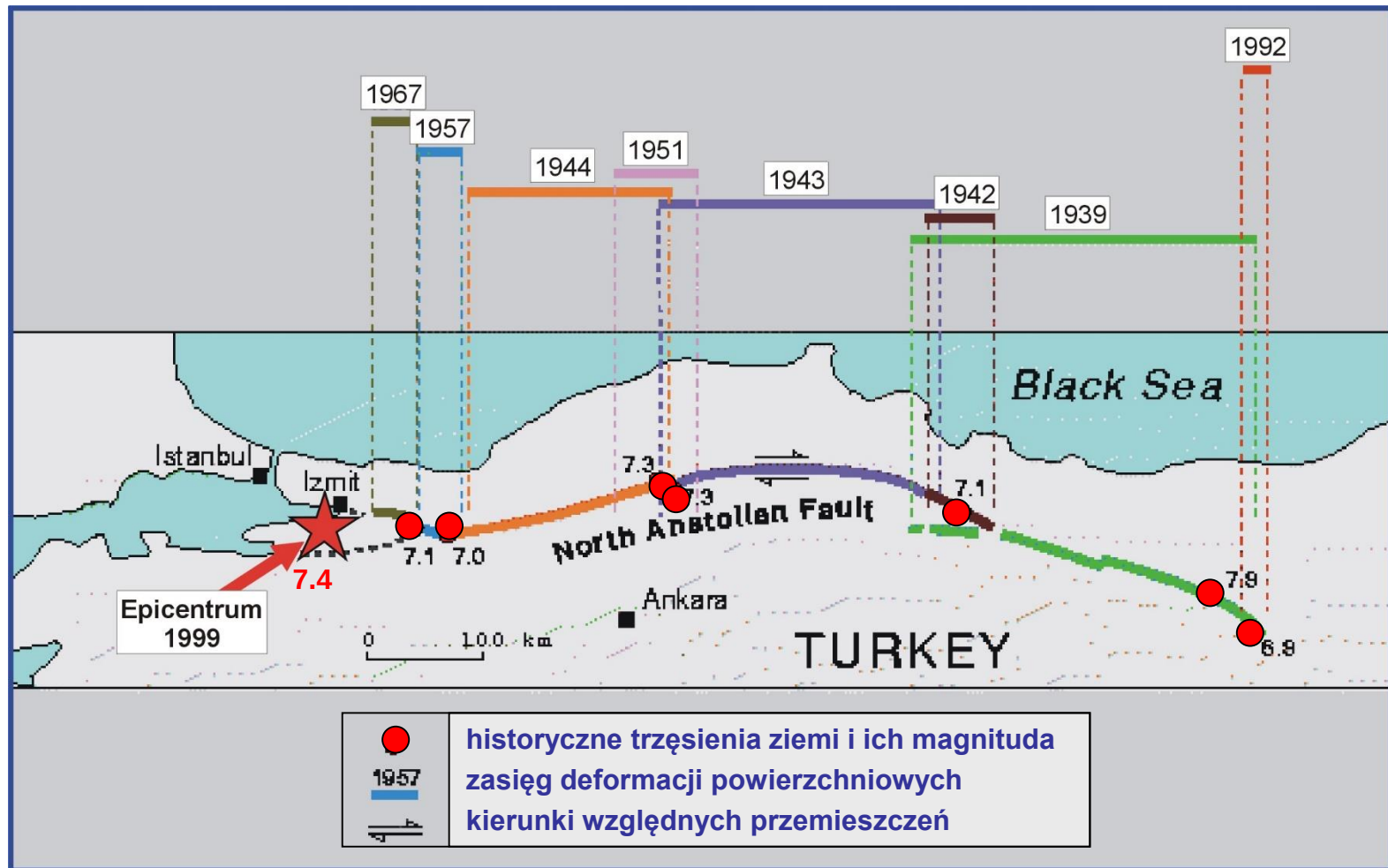


Istanbul, 10.05.1556. Kometa i trzęsienie ziemi

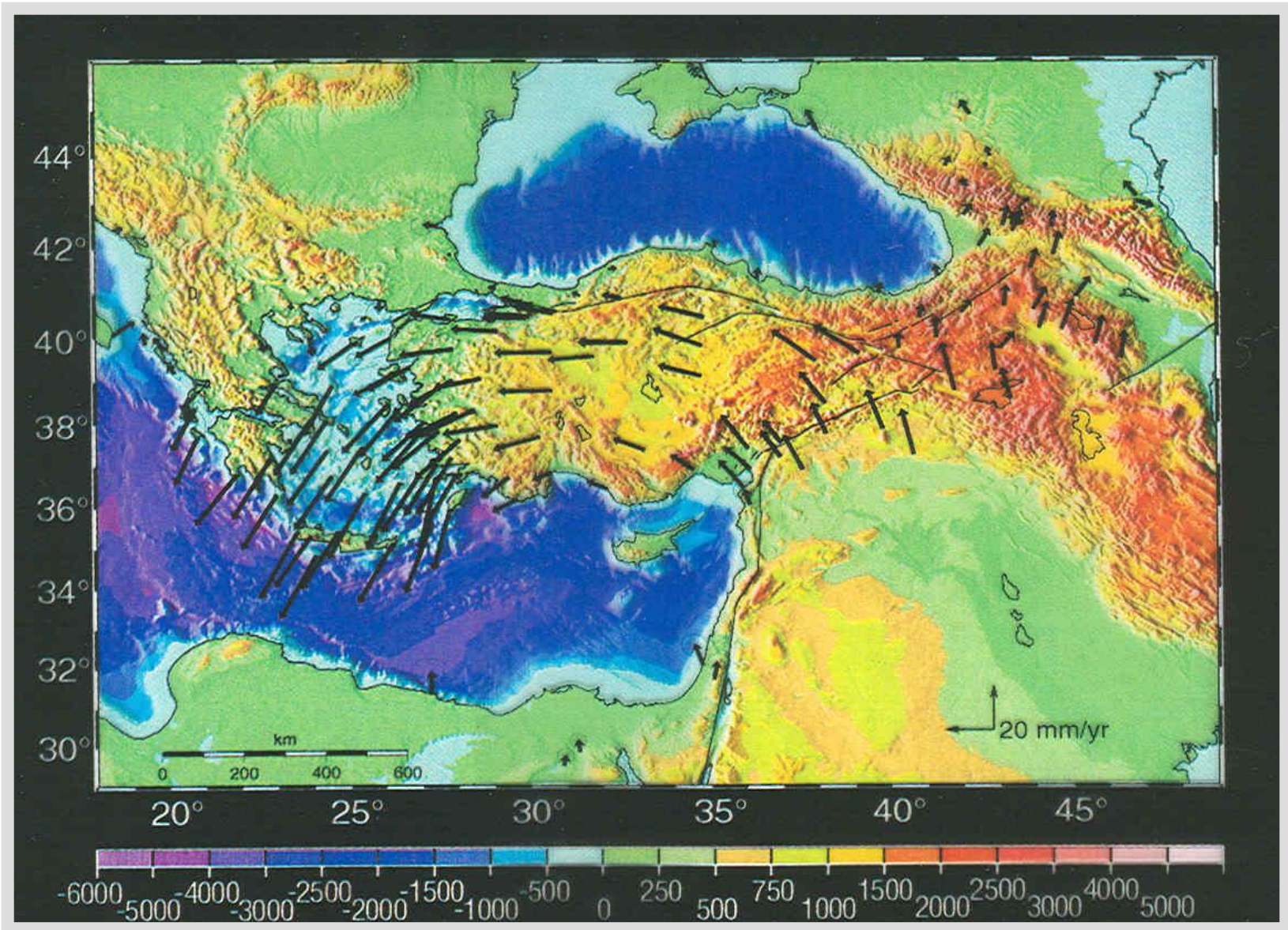


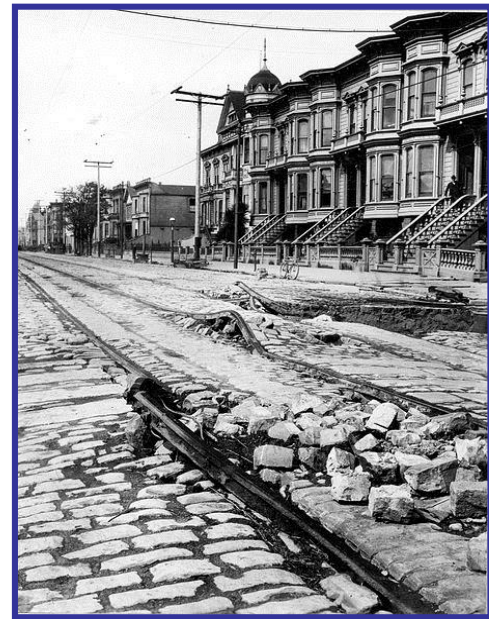
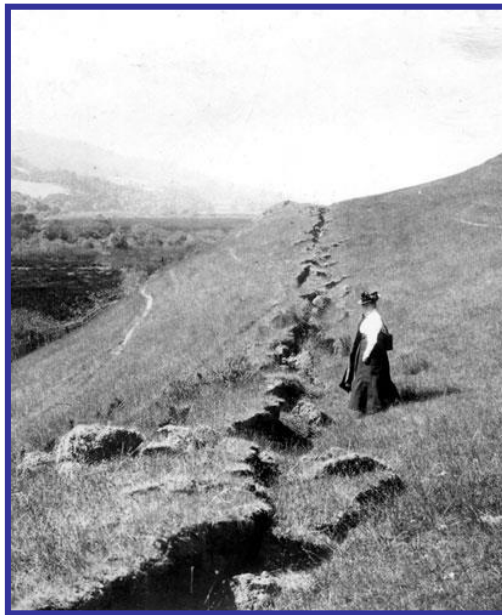
(drzeworyt z kolekcji Kozaka)

Izmit, Turcja, 1999 i historyczne trzęsienia ziemi



GPS – uskoki Północnej Anatolii, względne przemieszczenie





San Francisco, 1906 (M=8.2)





San Andreas

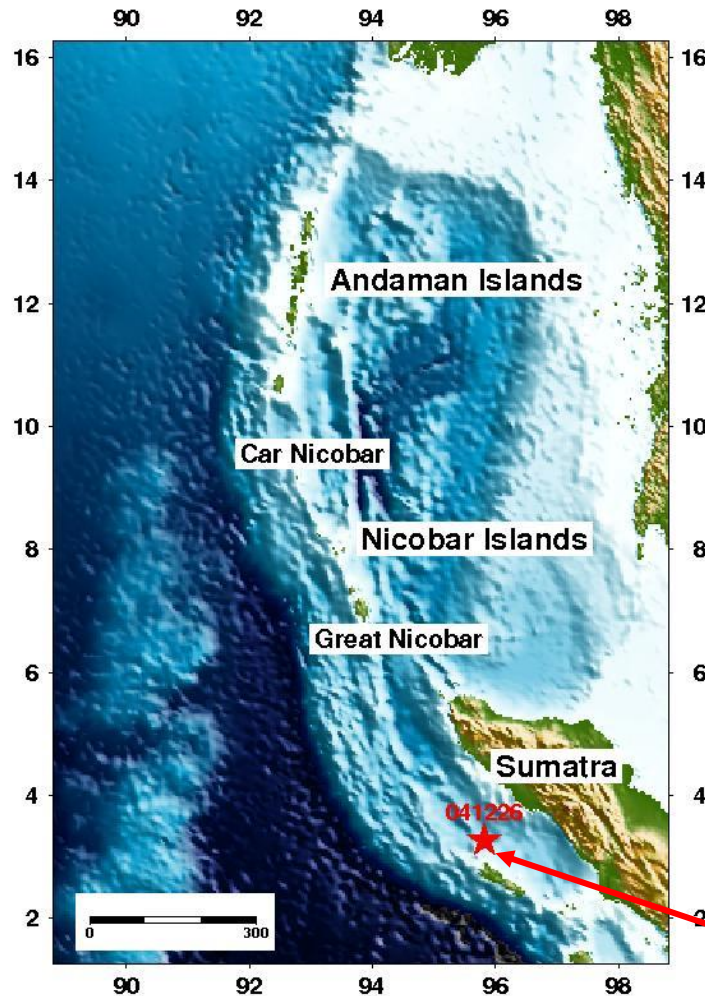
<http://kids.britannica.com/comptons/art-155883>

Porównanie uskoków Północnej Anatolii i San Andreas



podobne przemieszczenie, wiek, długość i liniowość

Sumatra, 26.12.2004, wstrząs główny M=9.3



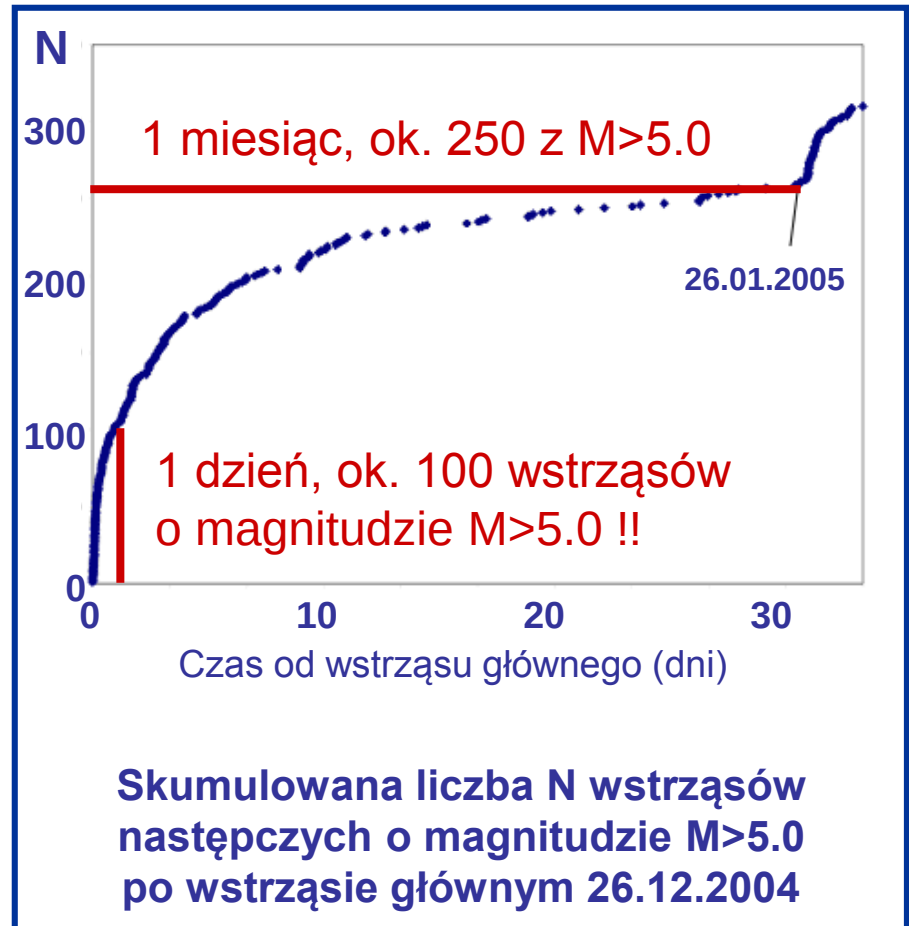
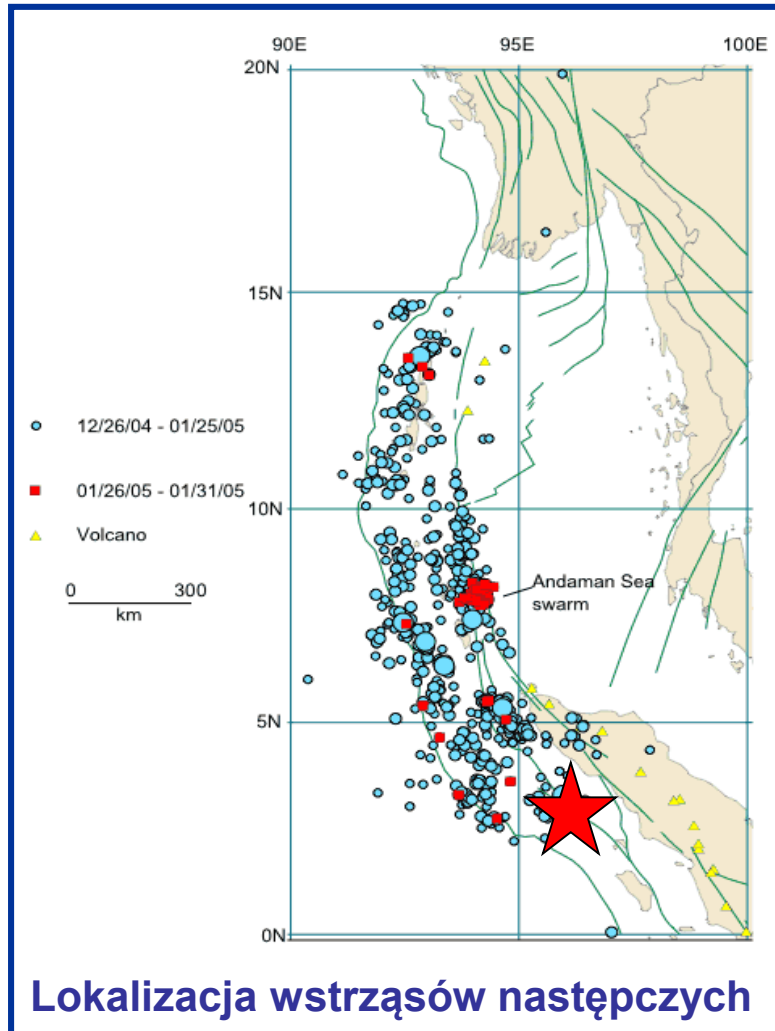
10 minut (600 s)
czas 000 s



- uskok o długości ok. 1200 km
- głębokość ok. 10 km
- prędkość rozrywu ok. 2,5 km/s

★ epicentrum
początek trzęsienia

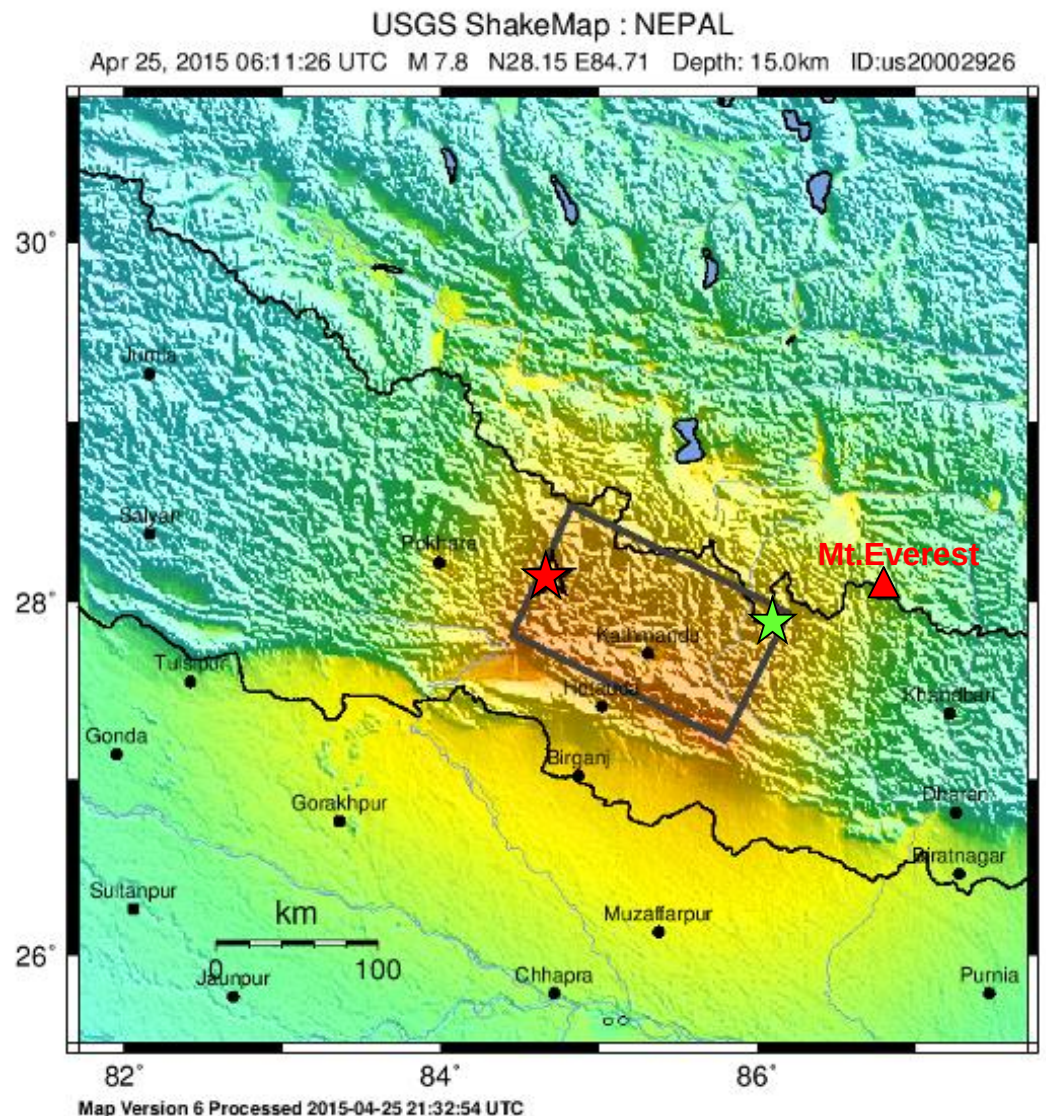
Sumatra, 26.12.2004 ★ i wstrząsy następne



★ Trzęsienie ziemi w Nepalu, M=7.9

25 kwietnia 2015, godz. 06:11:26 UTC
Region Lamjung, 77 km od Katmandu
28.147°N, 84.708°W, głębokość 15 km

12 maja 2015, magnituda M=7.3 ★



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL (cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Worden et al. (2012)



Trzęsienie ziemi w Nepalu

Trzęsienie o magnitudzie 7.8, wystąpiło dnia 25 kwietnia 2015 w Nepalu, około 80 km od stolicy Katmandu. Było to najsilniejsze trzęsienie w tym kraju od 1934 roku, kiedy doszło do trzęsienia ziemi o magnitudzie $M=8.0$.



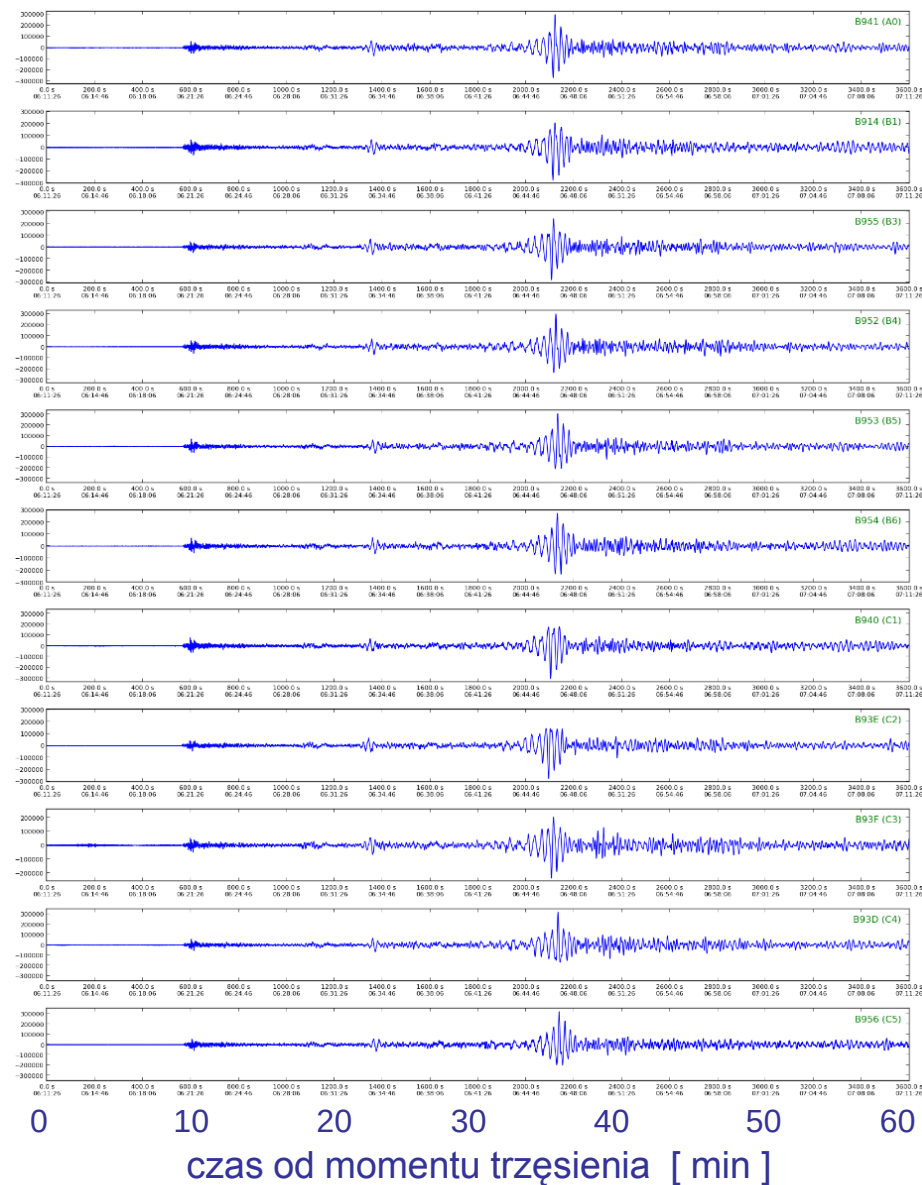
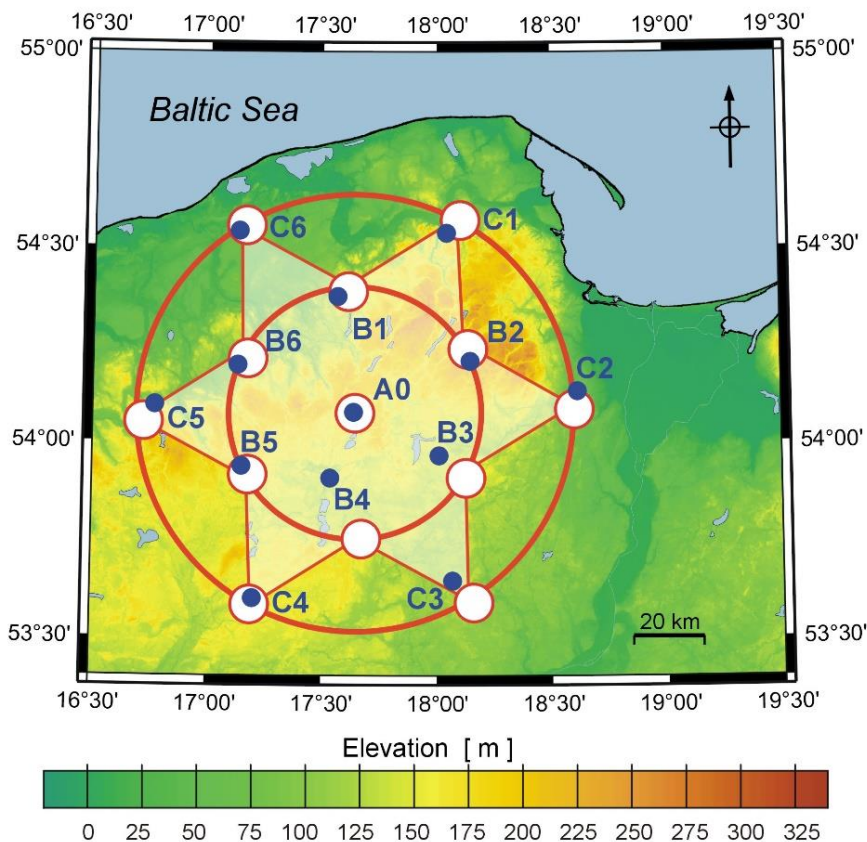
Trzęsienie ziemi z 25 kwietnia 2015 wystąpiło u podnóża Himalajów na uskoku odwróconym. Najsilniejszym instrumentalnie zarejestrowanym trzęsieniem ziemi w rejonie Himalajów było zjawisko z dnia 15 sierpnia 1950 roku o $M=8.6$, zlokalizowane w rejonie Assam we wschodnich Indiach.



Trzęsienie ziemi z 25 kwietnia 2015 zostało zarejestrowane przez stacje sejsmologiczne na całym świecie, w tym stacje należące do Polskiej Szerokopasmowej Sieci Sejsmologicznej (PLSN) oraz stacje w eksperymencie "13 BB star" na Pomorzu.

Rejestracje trzęsienia ziemi w Nepalu przez stacje w eksperymentie "13 BB star"

M=7.9, 25.04.2015





Trzęsienie ziemi w Nepalu, 25.04.2015. Zniszczenia w Katmandu.



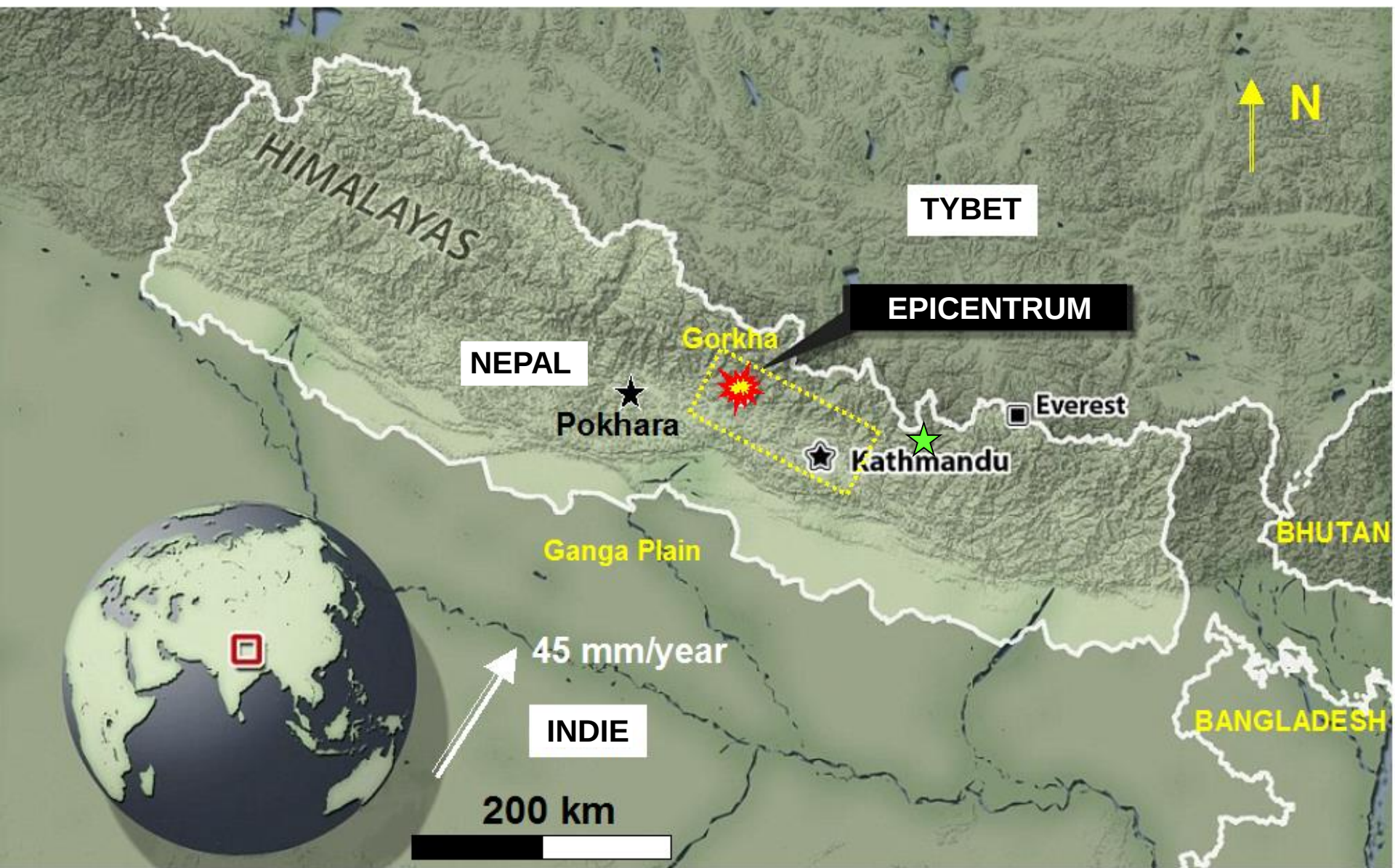
Trzęsienie ziemi w Nepalu, 25.04.2015 (przed i po).
Zniszczenia w Katmandu (Maju Deval Temple - Durbar Square).



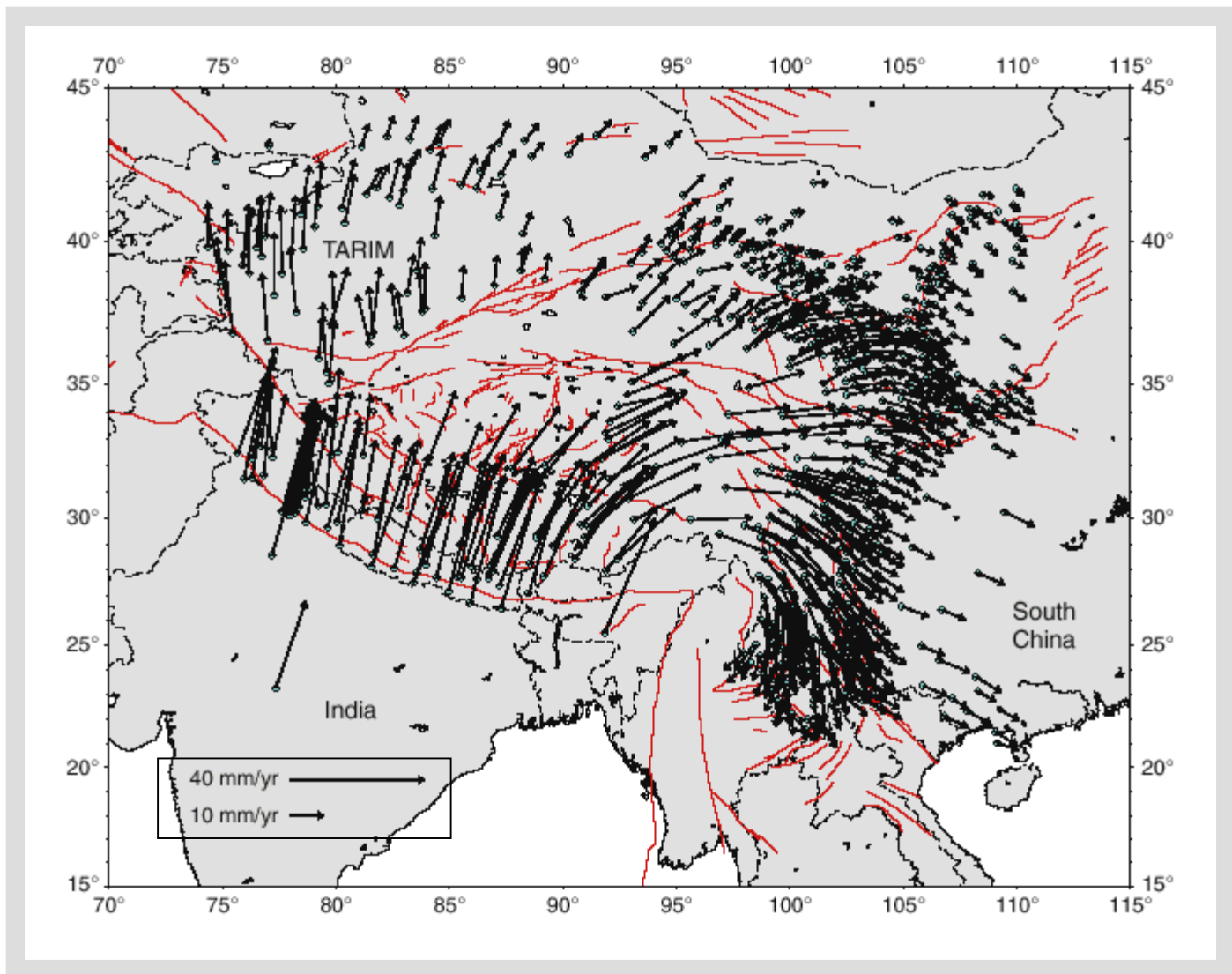
Trzęsienie ziemi w Nepalu, 25.04.2015 (przed i po).
Zniszczenia w Katmandu (Dharahara Tower).



Trzęsienie ziemi w Nepalu, 25.04.2015.
Budynki zniszczone w wyniku osuwiska i lawina pod Mt. Everestem.

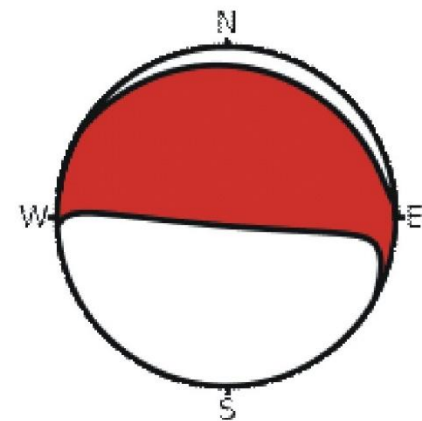
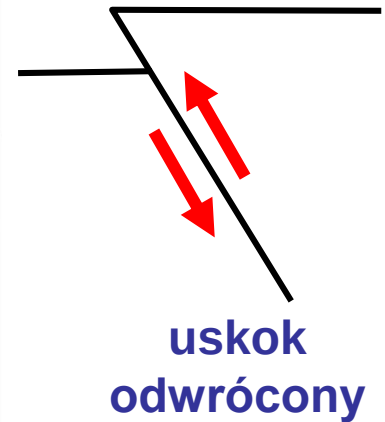
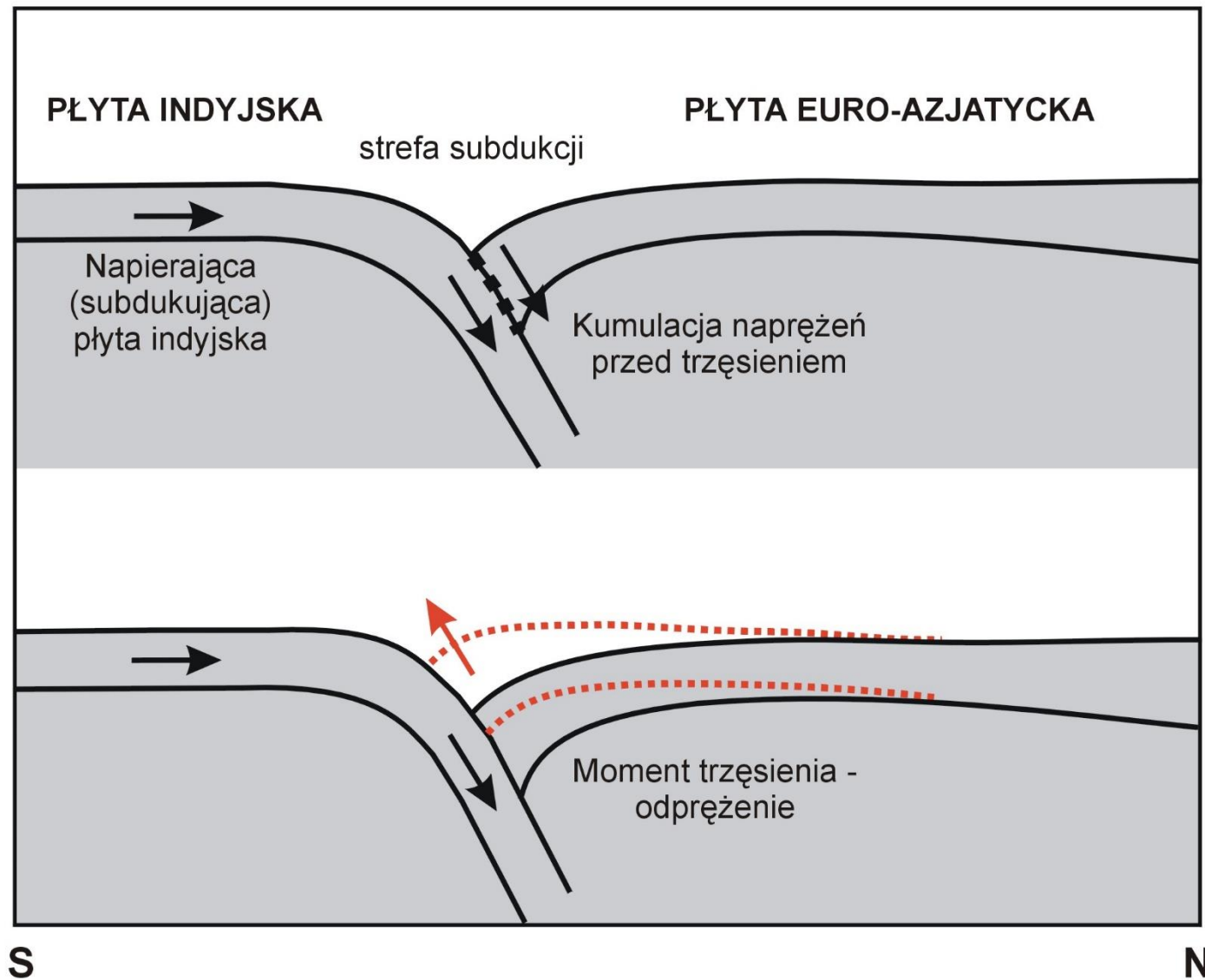


Trzęsienie ziemi w Nepalu, 25.04.2015 (★ lokalizacja epicentrum 12.05.2015).



Prędkości płyt w obszarze granicy Indie – Eurazja względem płyty euroazjatyckiej (wg *Gan i in.*, 2007) na podstawie pomiarów GPS.

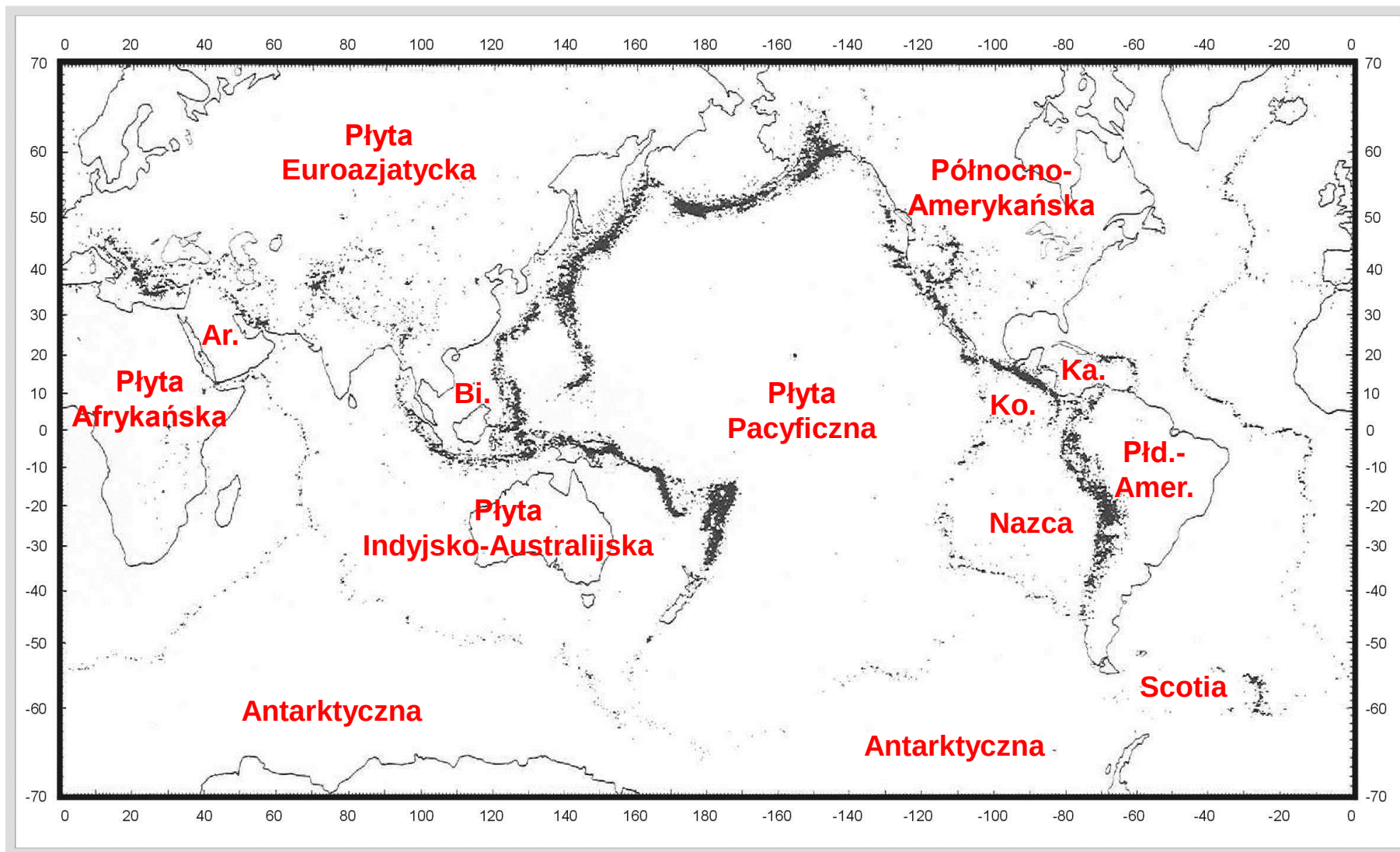
Mechanizm trzęsienia ziemi w Nepalu, 25.04.2015



... i jego wizualizacja

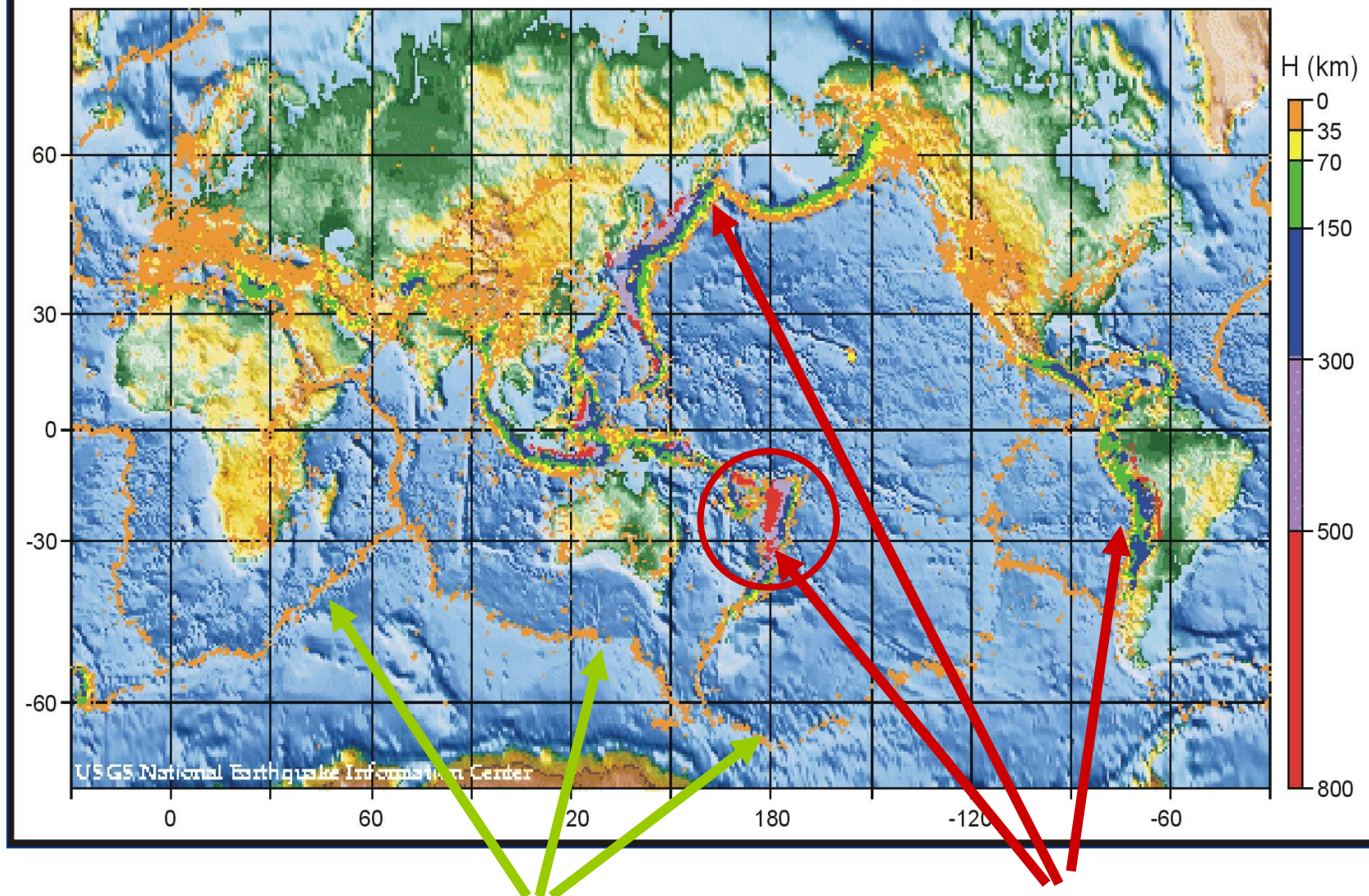
Sejsmiczność Ziemi i Polski

Sejsmiczność Ziemi



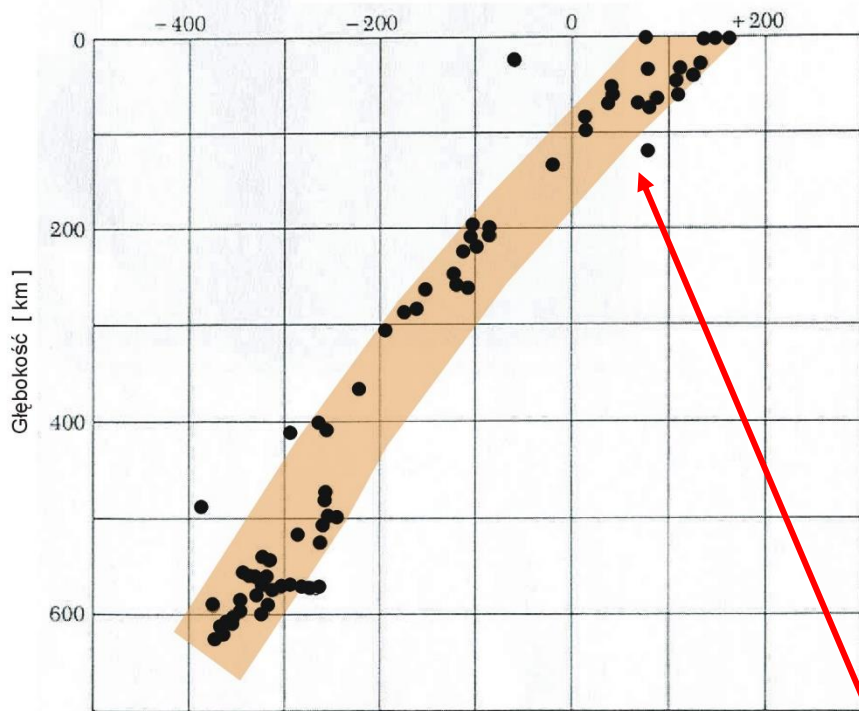
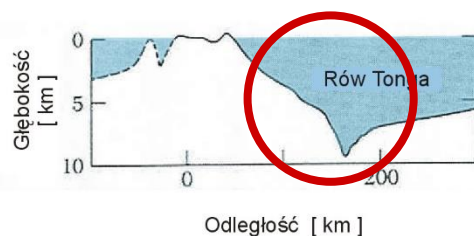
Epicentra ok. 29.000 trzęsień ziemi z lat 1961-1967

Sejsmiczność Ziemi (wg. USGS)



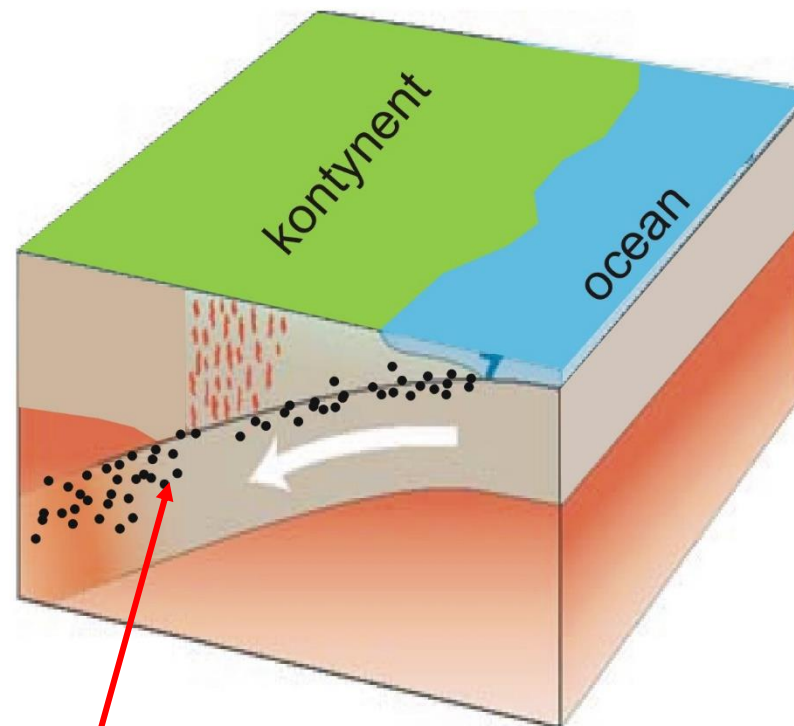
Płytke trzęsienia w grzbietach oceanicznych, głębokie w rowach

Subdukcja płyty oceanicznej pod oceaniczną



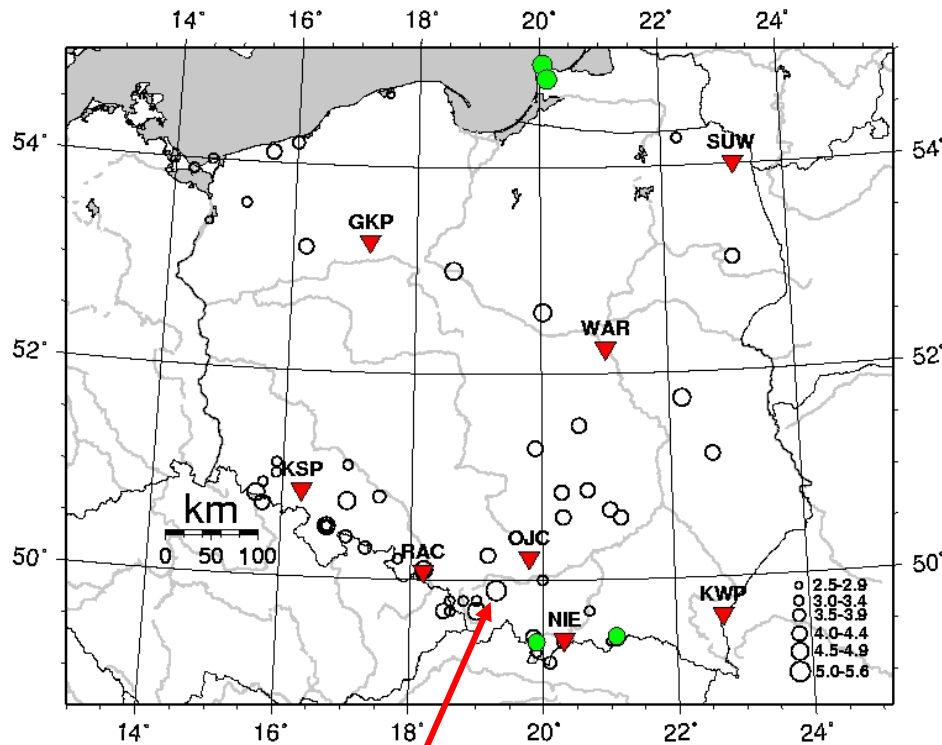
Ogniska trzęsień ziemi w rejonie rowu Tonga
(SW Pacyfik; Isacks i in., JGR, 1965)

Subdukcja płyty oceanicznej pod płytę kontynentalną



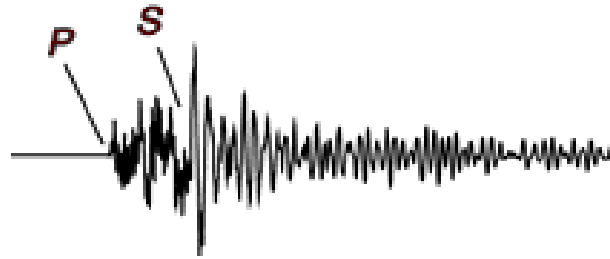
 ogniska trzęsień ziemi

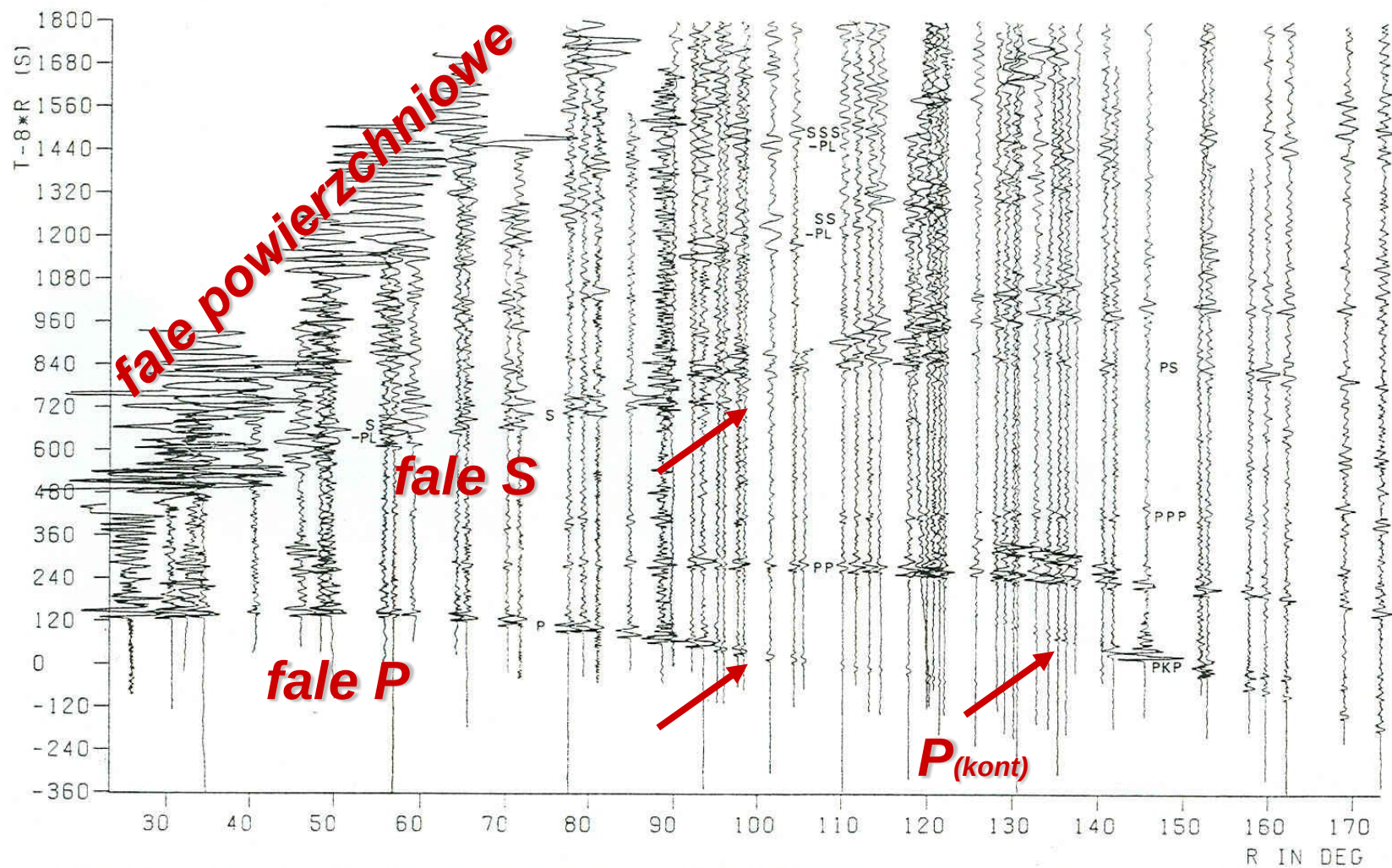
Sejsmiczność Polski (... i okolic)



$M=5,6$ - Myślenice, 1786

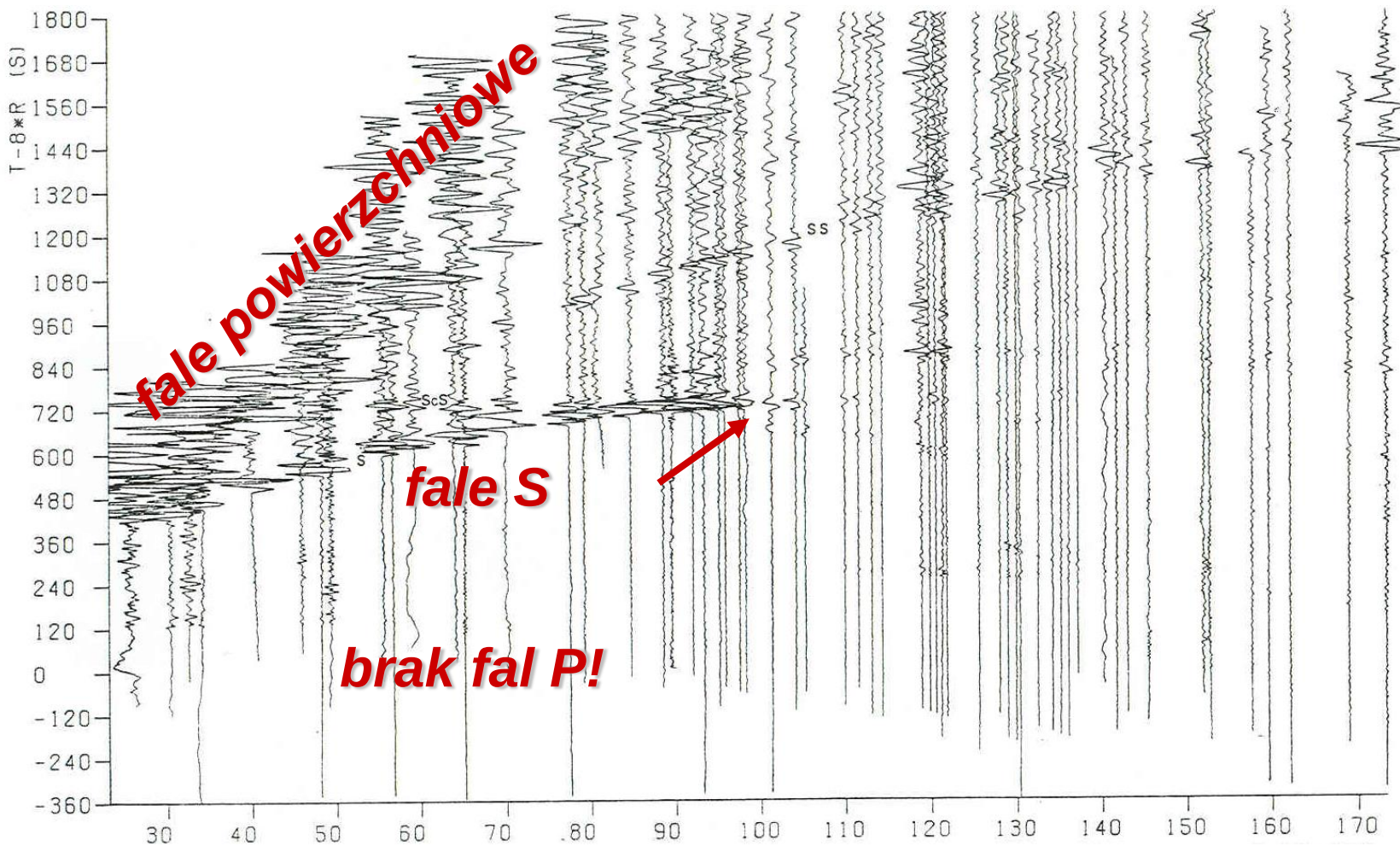
Fale sejsmiczne i budowa wnętrza Ziemi





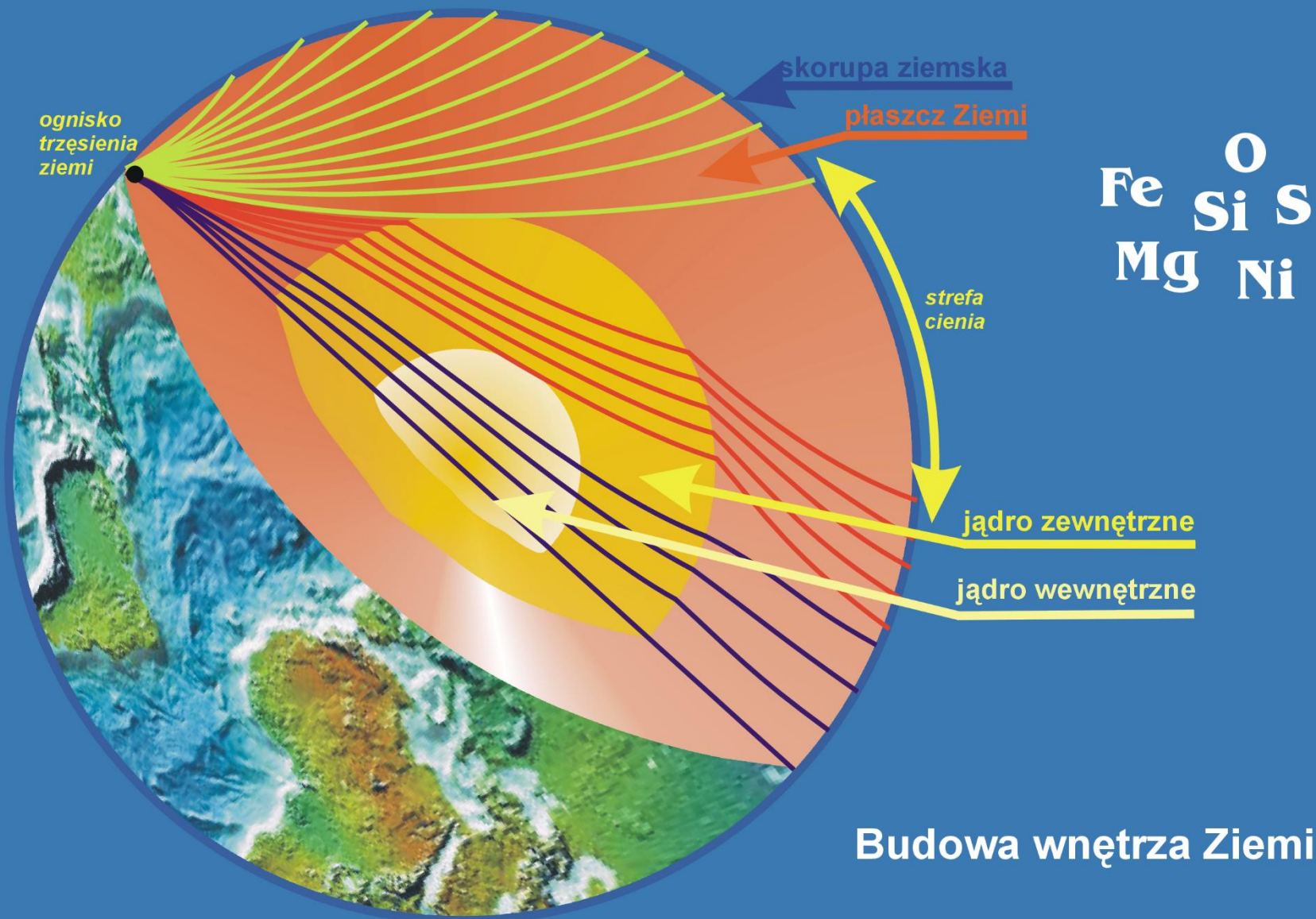
składowa pionowa

fale objętościowe P i S, odbite, przemienne i fale powierzchniowe ...



składowa transwersalna (poprzeczna)

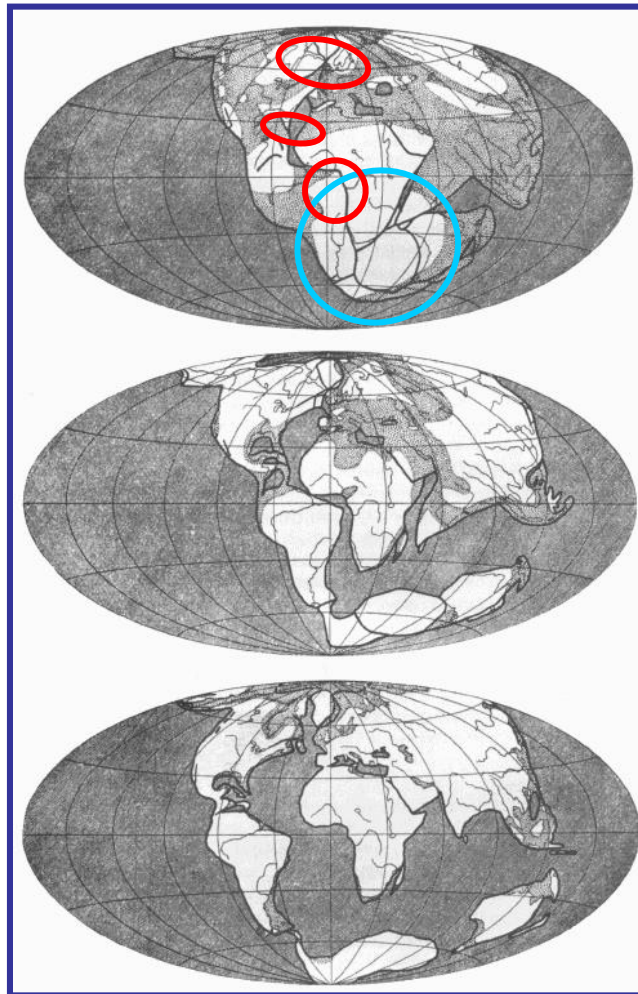
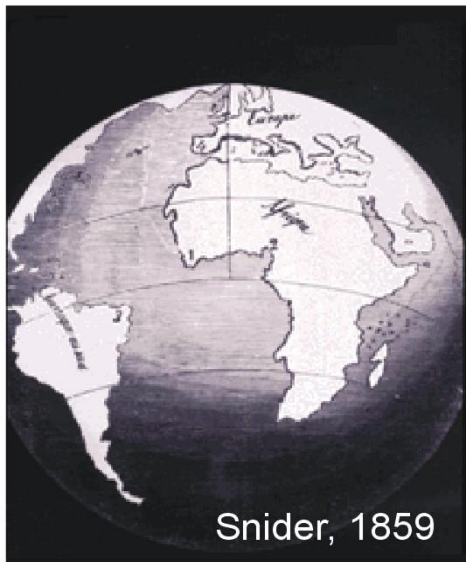
fale objętościowe S, odbite, przemienne i fale powierzchniowe ...



Skorupa ziemiska + sztywna część górnego płaszcza = litosfera

Dryfujące kontynenty

"Dopasowane" kontynenty ...

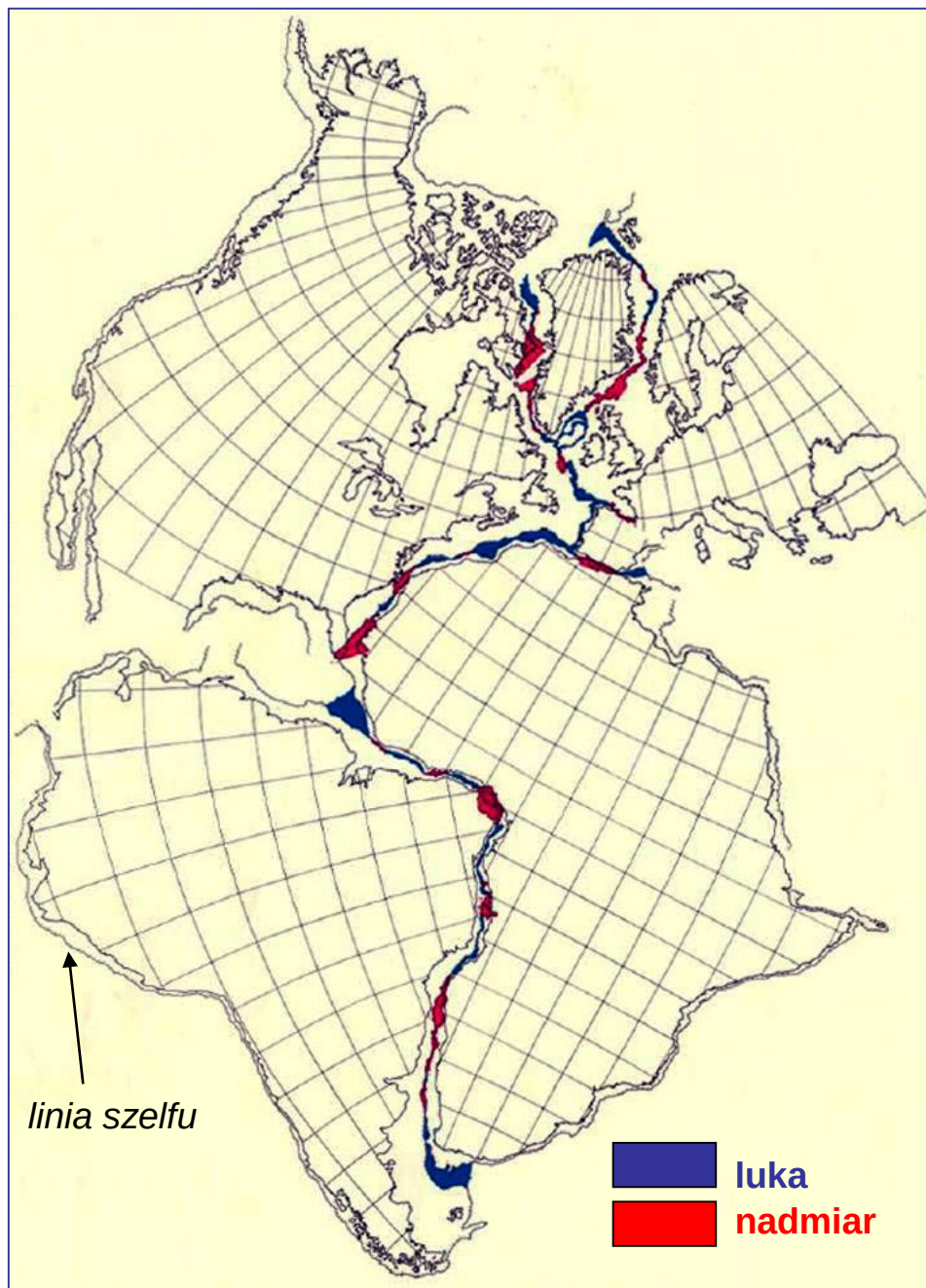


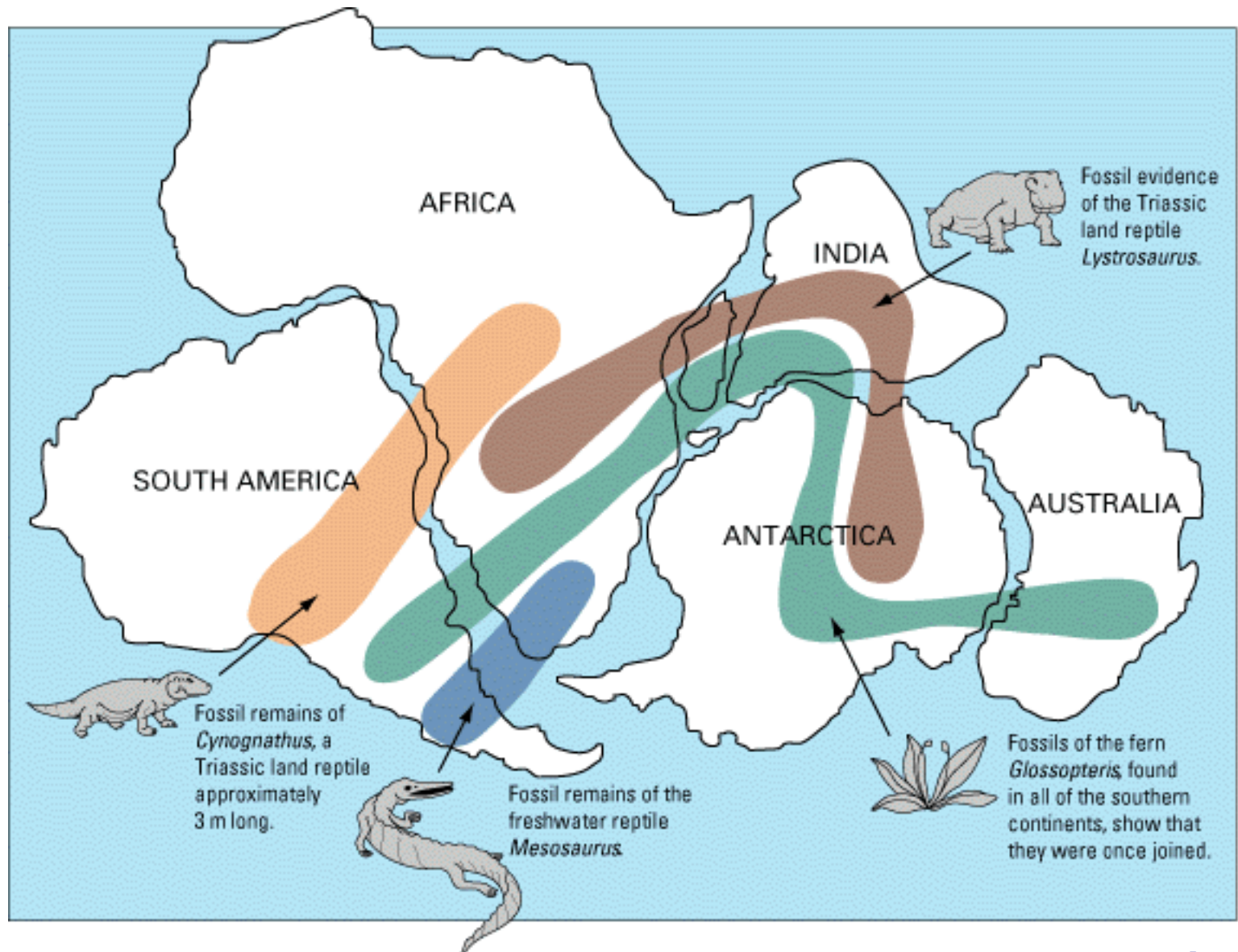
Alfred Wegener

 podobieństwo
budowy
geologicznej

 zasięg
złodowacenia

**Dopasowanie zarysów kontynentów
(szelfów) po obu stronach Atlantyku
(Hurleys 1968)**

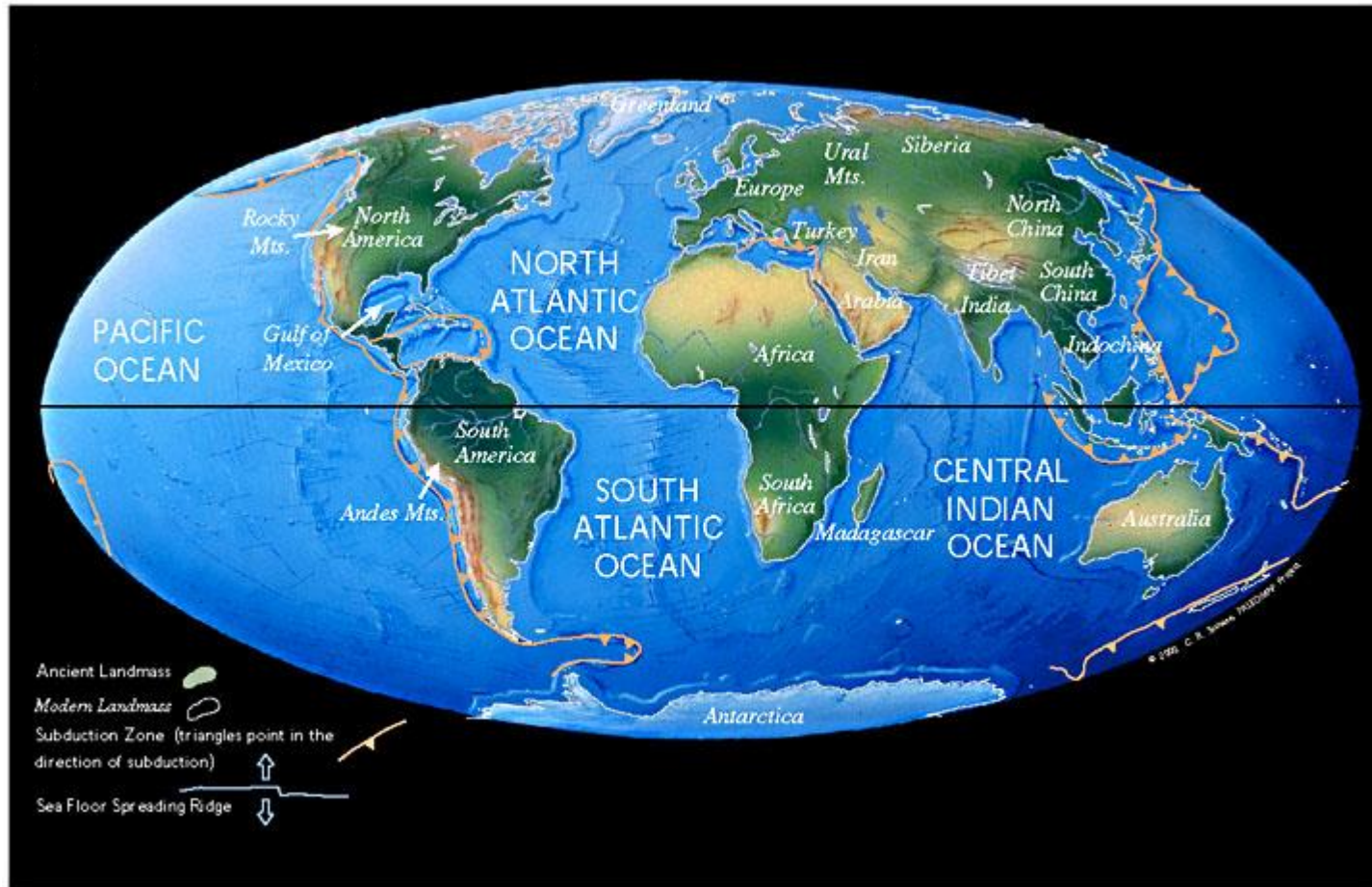




(paleontologia i skamieniałości)

**Czy kontynenty rzeczywiście
mogą się przemieszczać?**

Tak współcześnie wygląda Ziemia ...

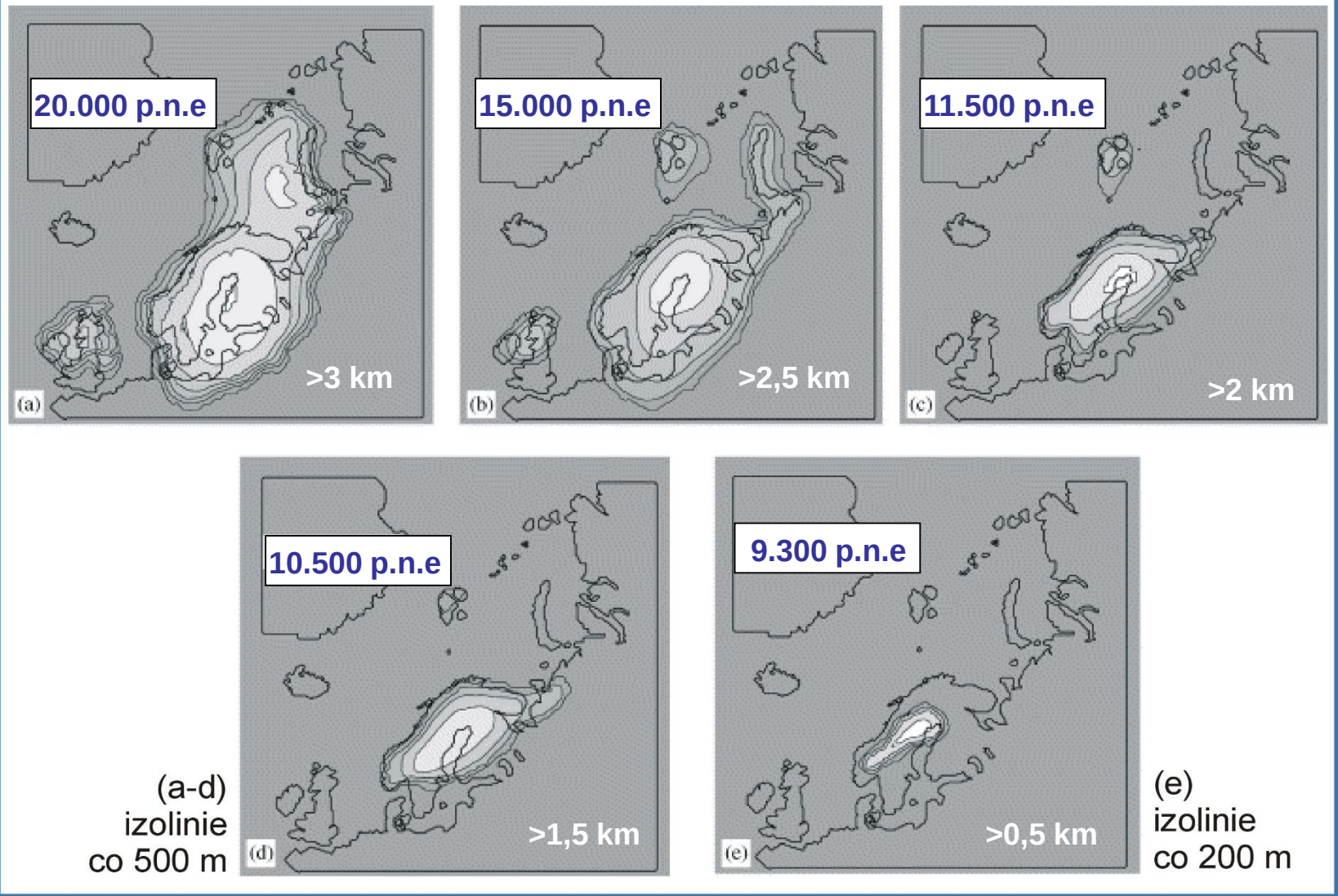


ale cofnijmy się o 22 tysiące lat

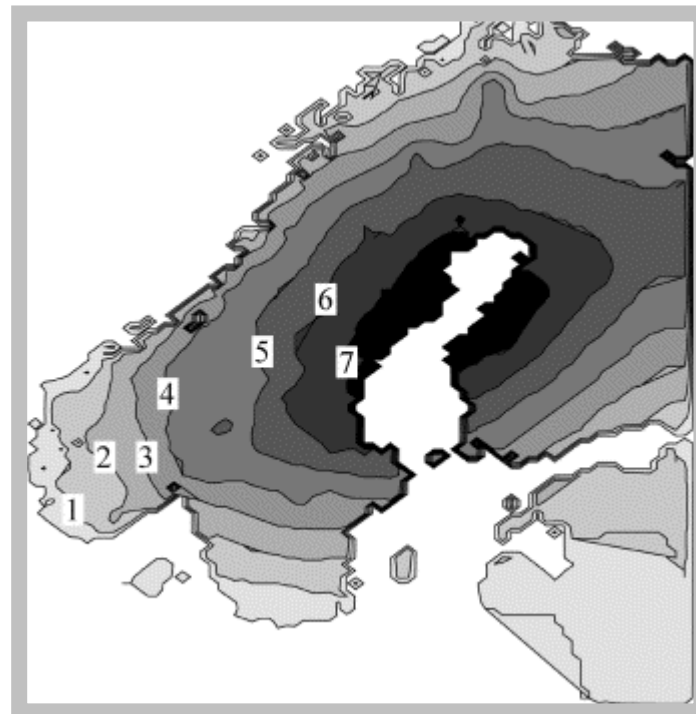
20 000 lat p.n.e.



Zasięg lądolodu Skandynawskiego



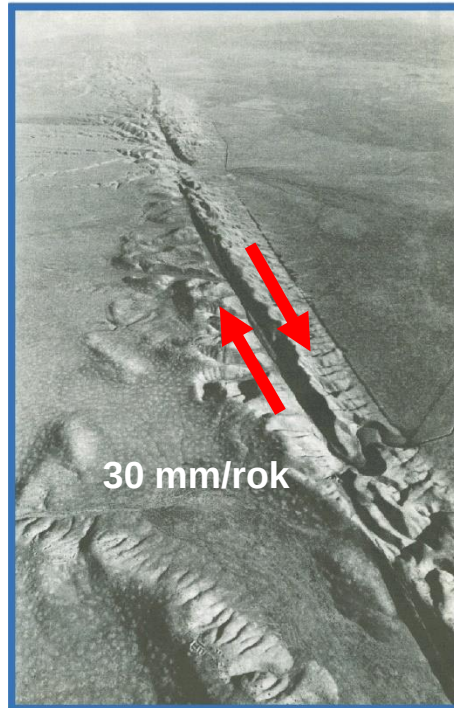
Współczesne ruchy pionowe litosfery wynurzanie Skandynawii



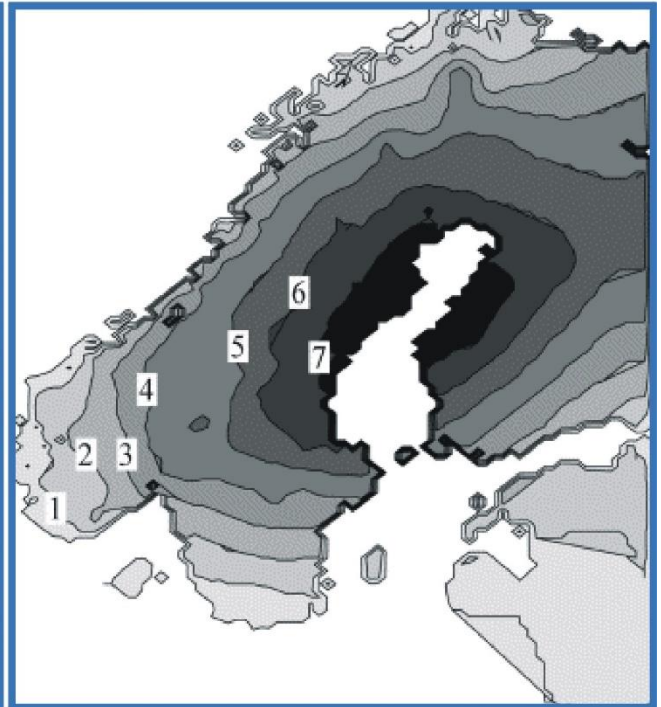
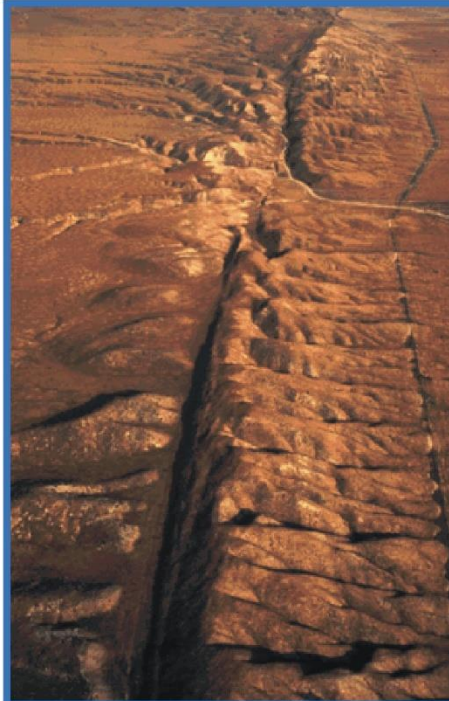
prędkość wynurzania w mm/rok

Czy kontynenty się poruszają? Tak! A czy poruszały się w przeszłości?

Poziome i pionowe przemieszczenia skorupy ziemskiej



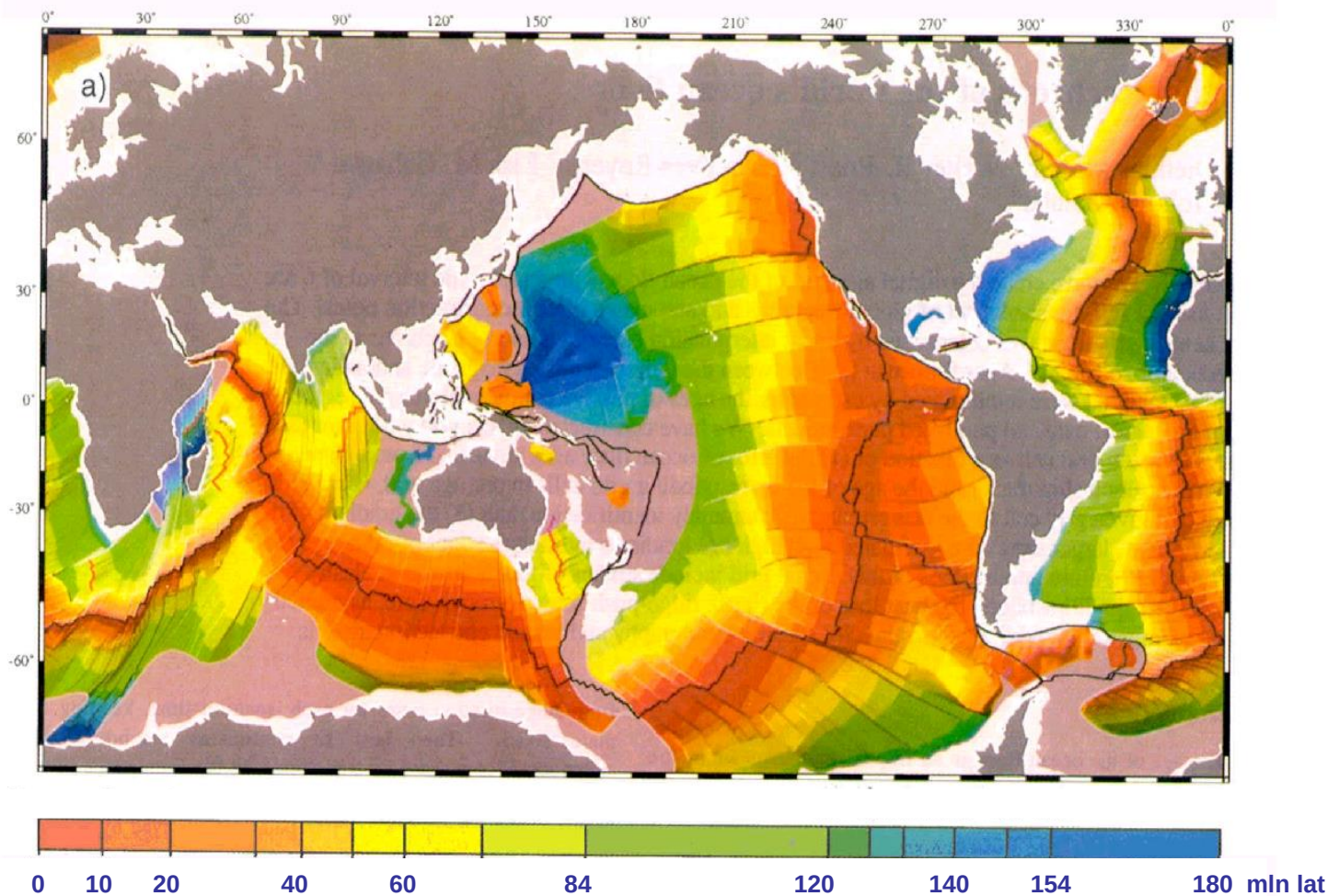
Rozłam San Andreas



Wynurzenie Fennoskandii
(w mm/rok)

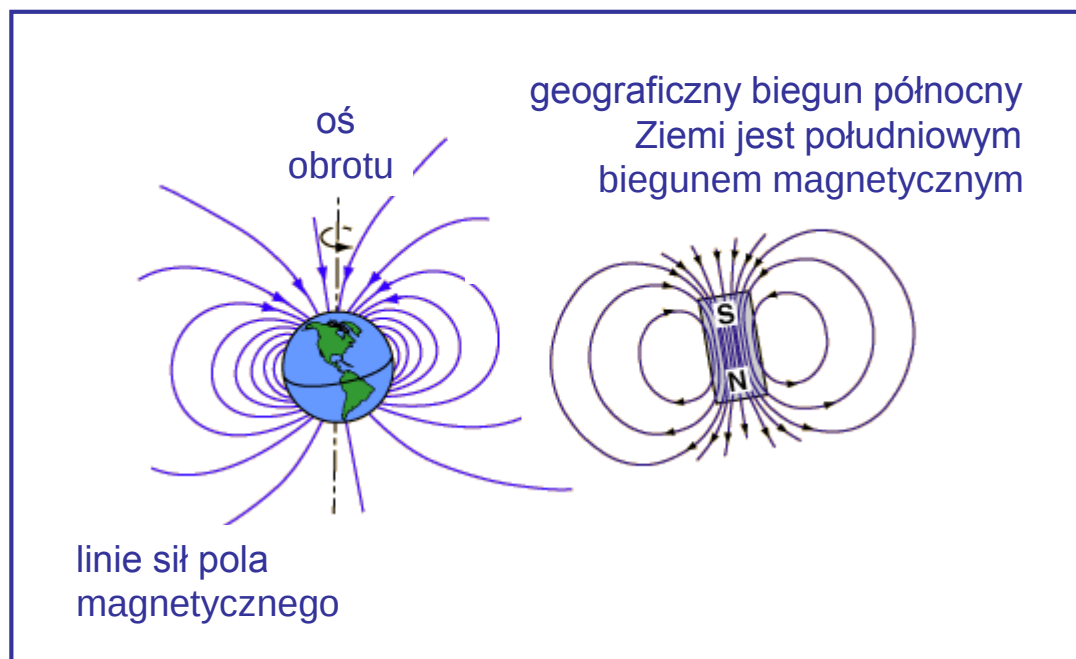
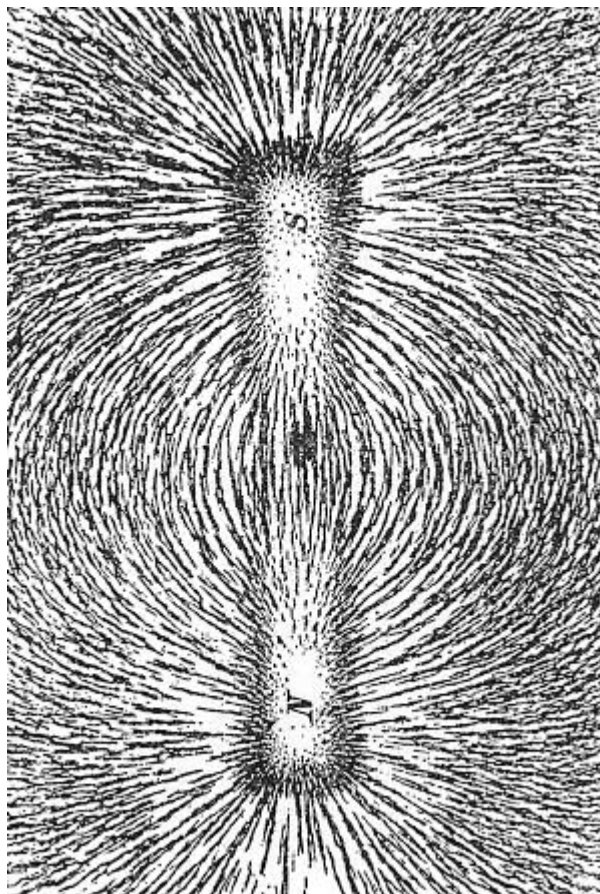
Przemieszczanie kontynentów w przeszłości - fakty

Wiek dna oceanicznego Ziemi (w mln lat)

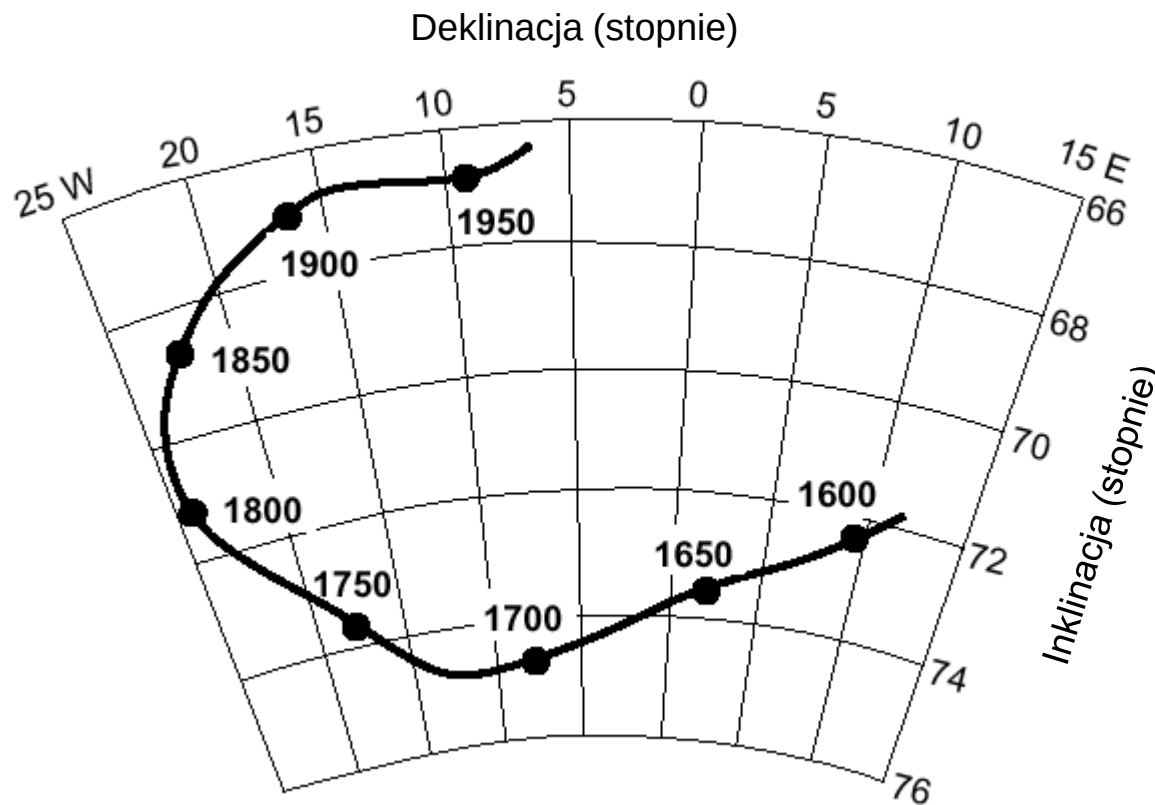


najstarszy ocean ma 180 mln lat, starszych nie ma ...

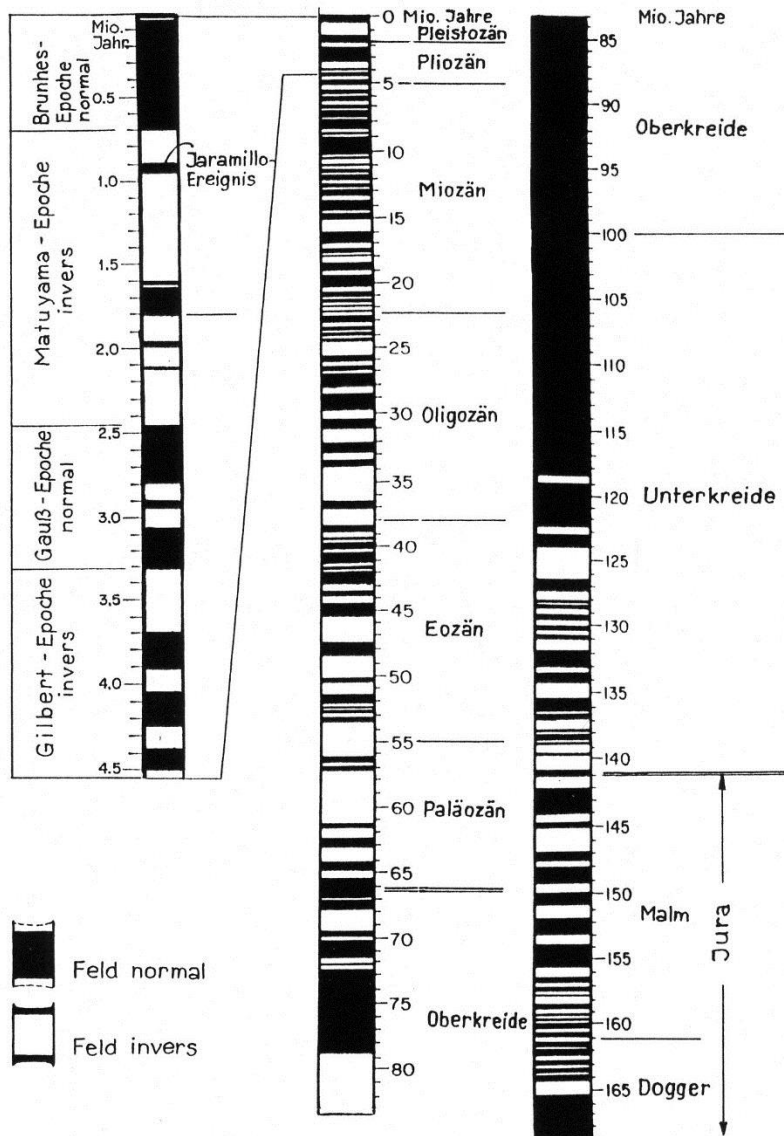
Pole magnetyczne Ziemi



Zmienne ziemskie pole magnetyczne deklinacja i inklinacja



Zmiany deklinacji i inklinacji w latach 1600-1950, Greenwich, Anglia



Magnetostratygrafia

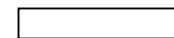
Zmiany kierunku ziemskiego pola magnetycznego przez ostatnie 170 mln lat

namagnesowanie skał:

zgodne



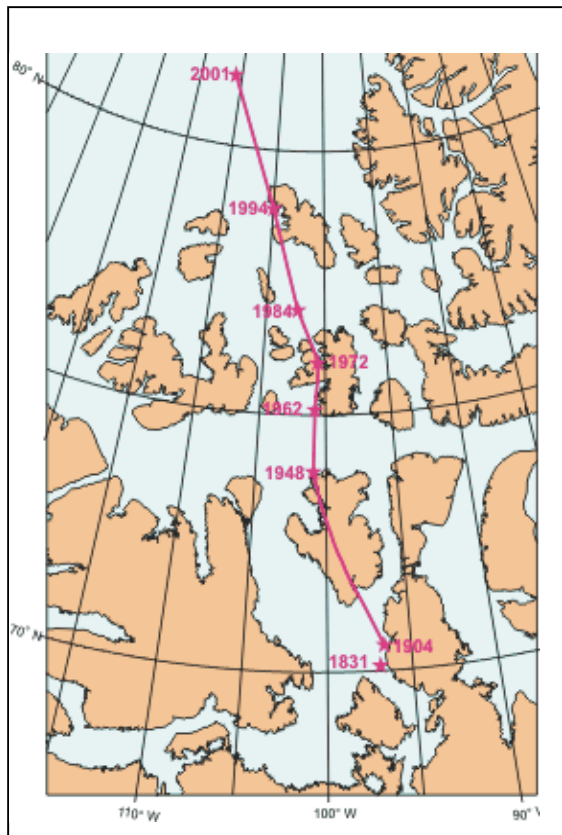
przeciwnie



W ostatnich 4.5 mln lat epoki

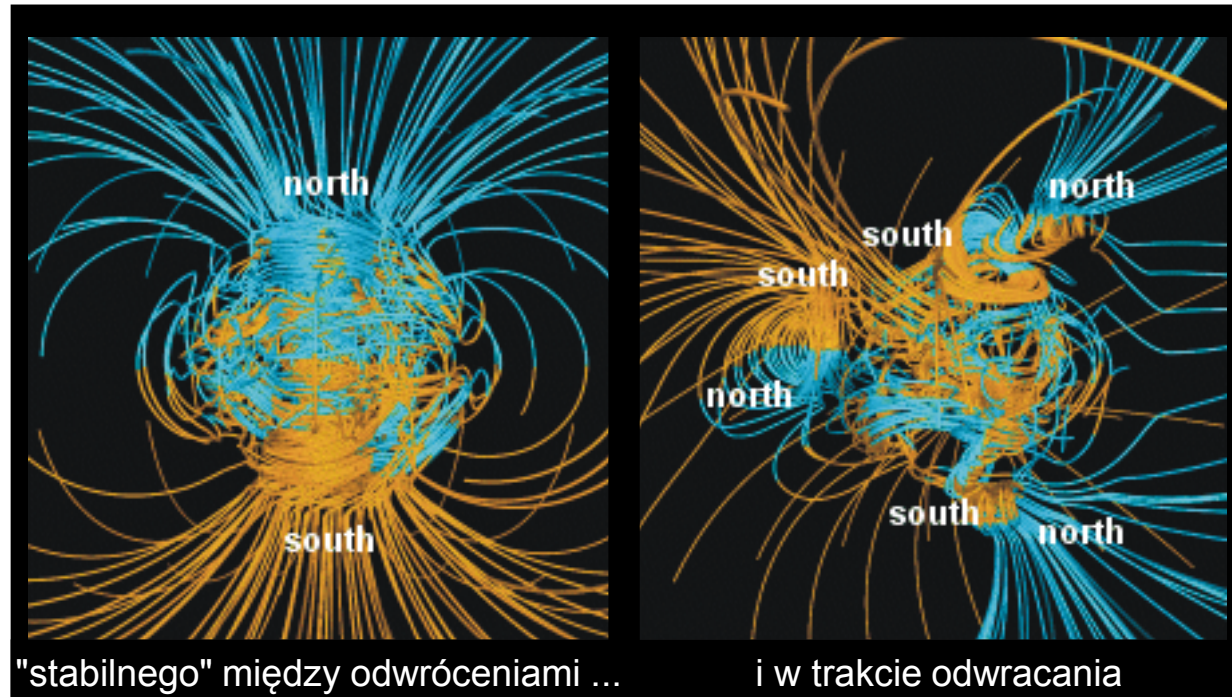
- Brunesa
- Matuyamy
- Gaussa
- Gilberta

Zmienne pole magnetyczne Ziemi



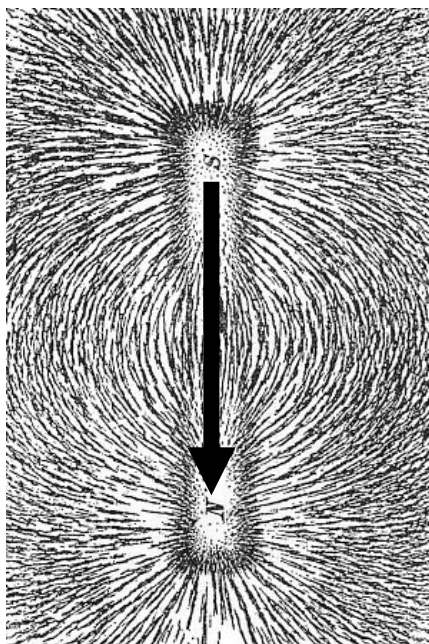
wędrowka ziemskiego
bieguna magnetycznego
1831-2001

model pola magnetycznego Ziemi:

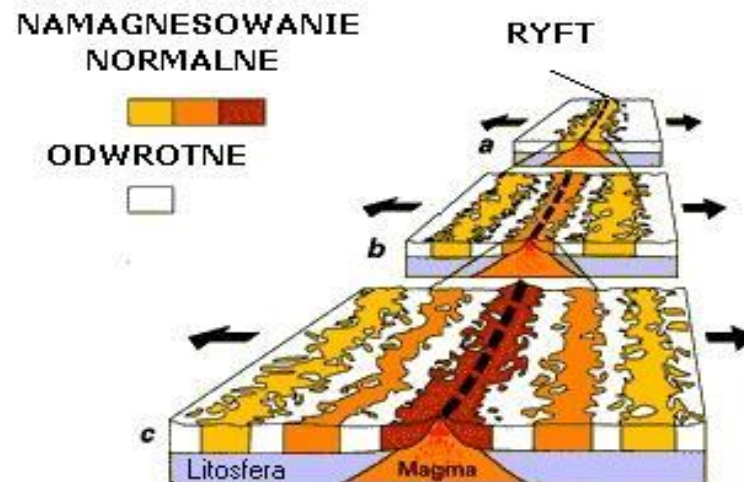
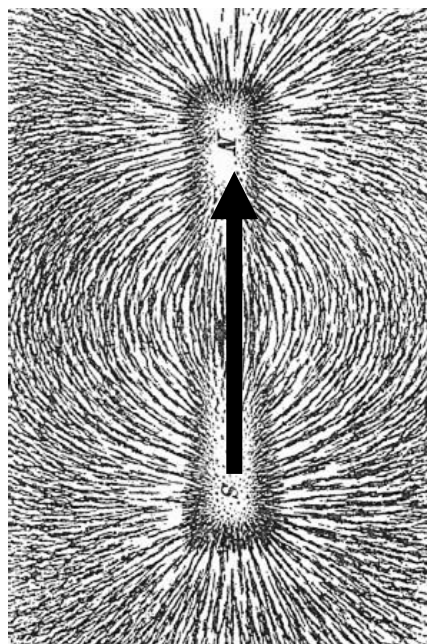


Liniowe anomalie magnetyczne dna oceanicznego

pole normalne

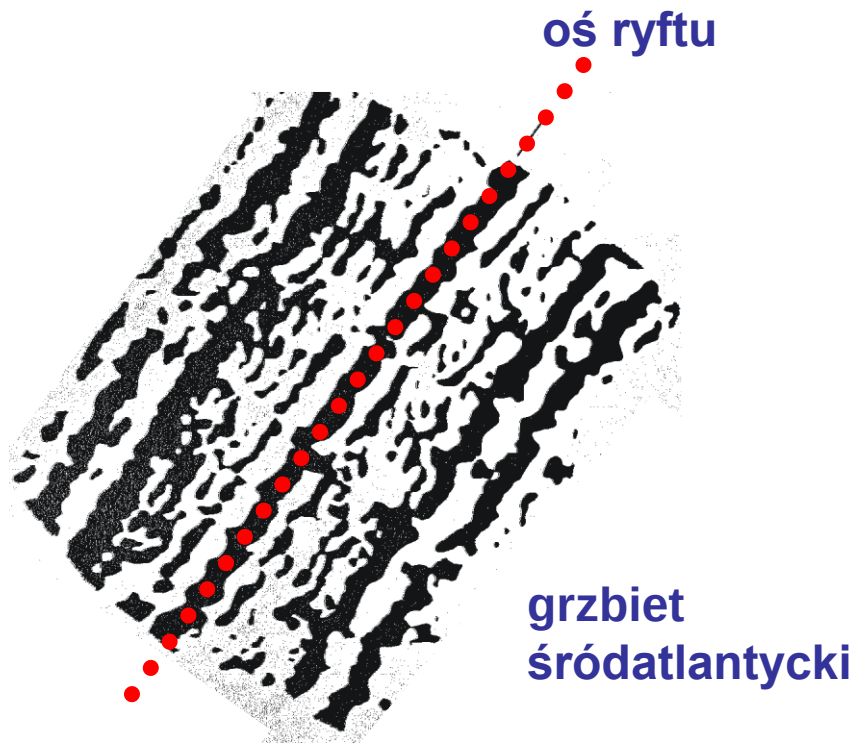


pole odwrócone



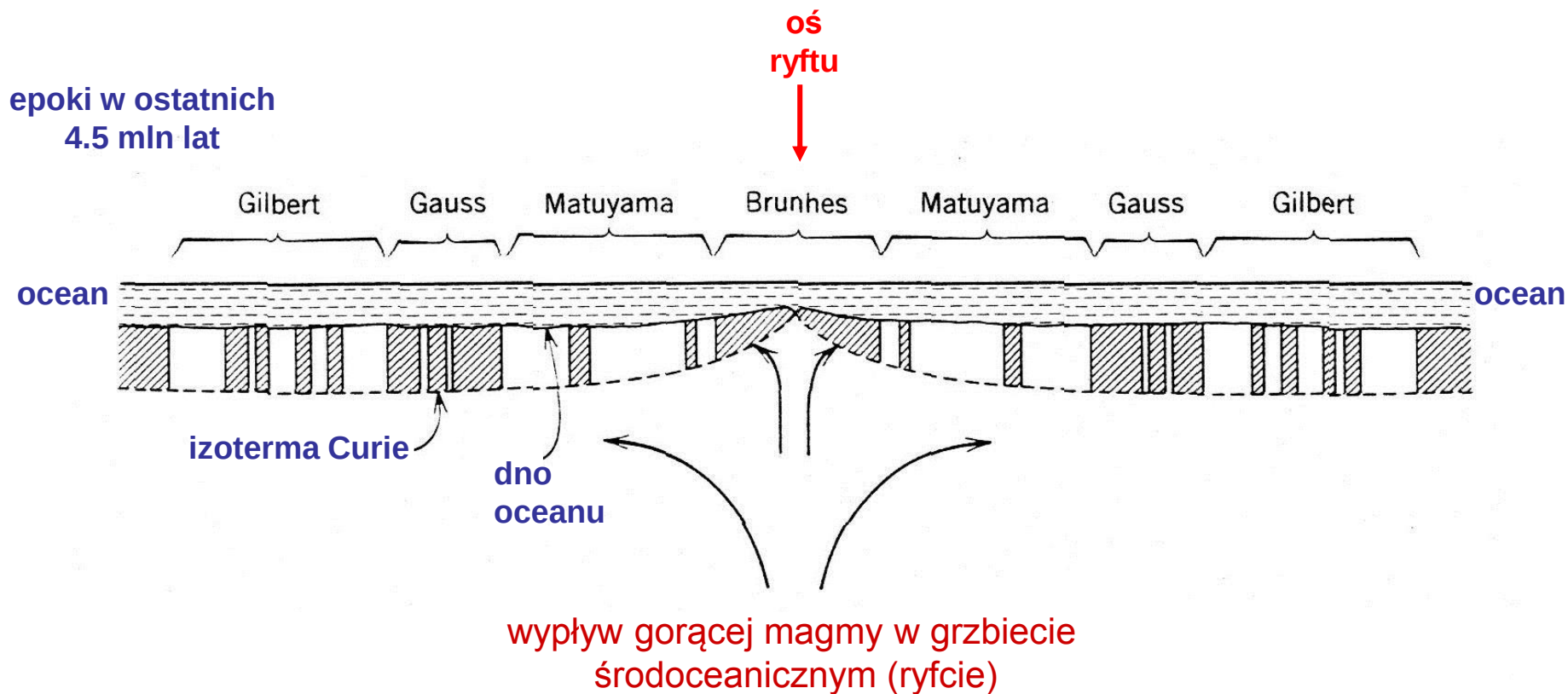
wyływ gorącej magmy w grzbiecie środoceanicznym (ryfcie)

Liniowe anomalie magnetyczne dna oceanicznego



Anomalie magnetyczne na Atlantyku

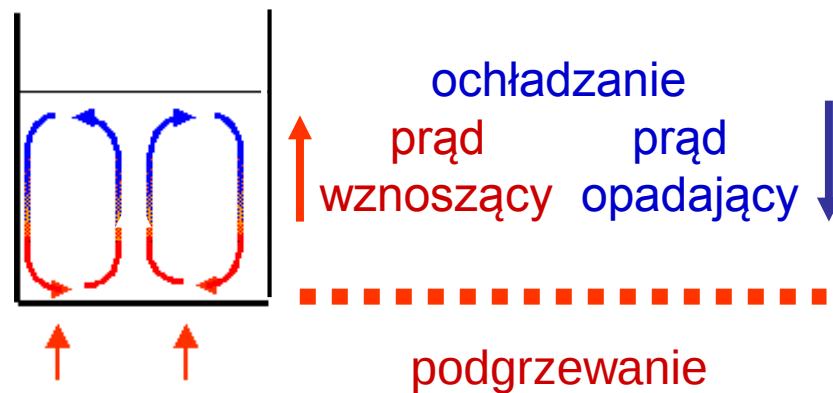
(Reykjanes Ridge, na SW od Islandii; Vine 1966)



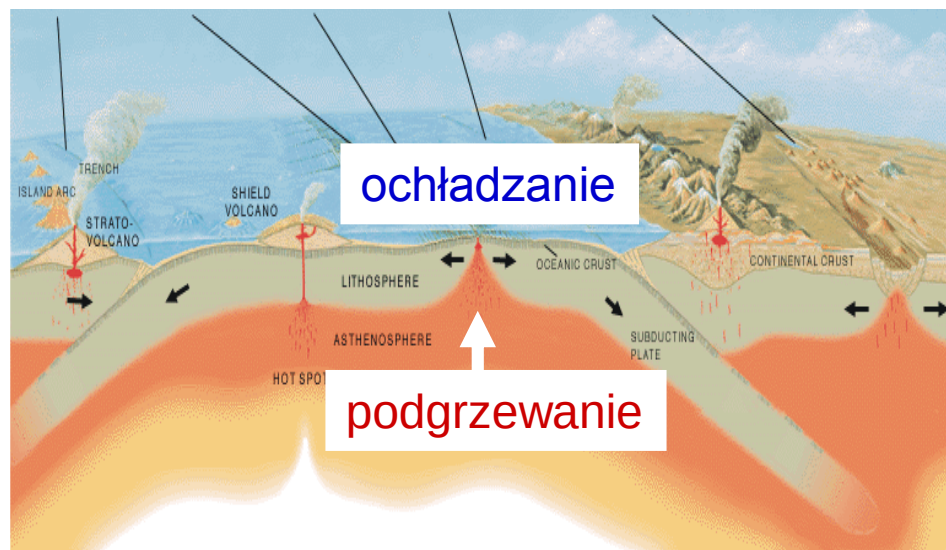
**Dno oceaniczne i mechanizm powstawania
liniowych anomalii magnetycznych (l.a.m.),
symetrycznych względem osi ryftu**

Procesy we wnętrzu Ziemi, konwekcja, dryf kontynentów

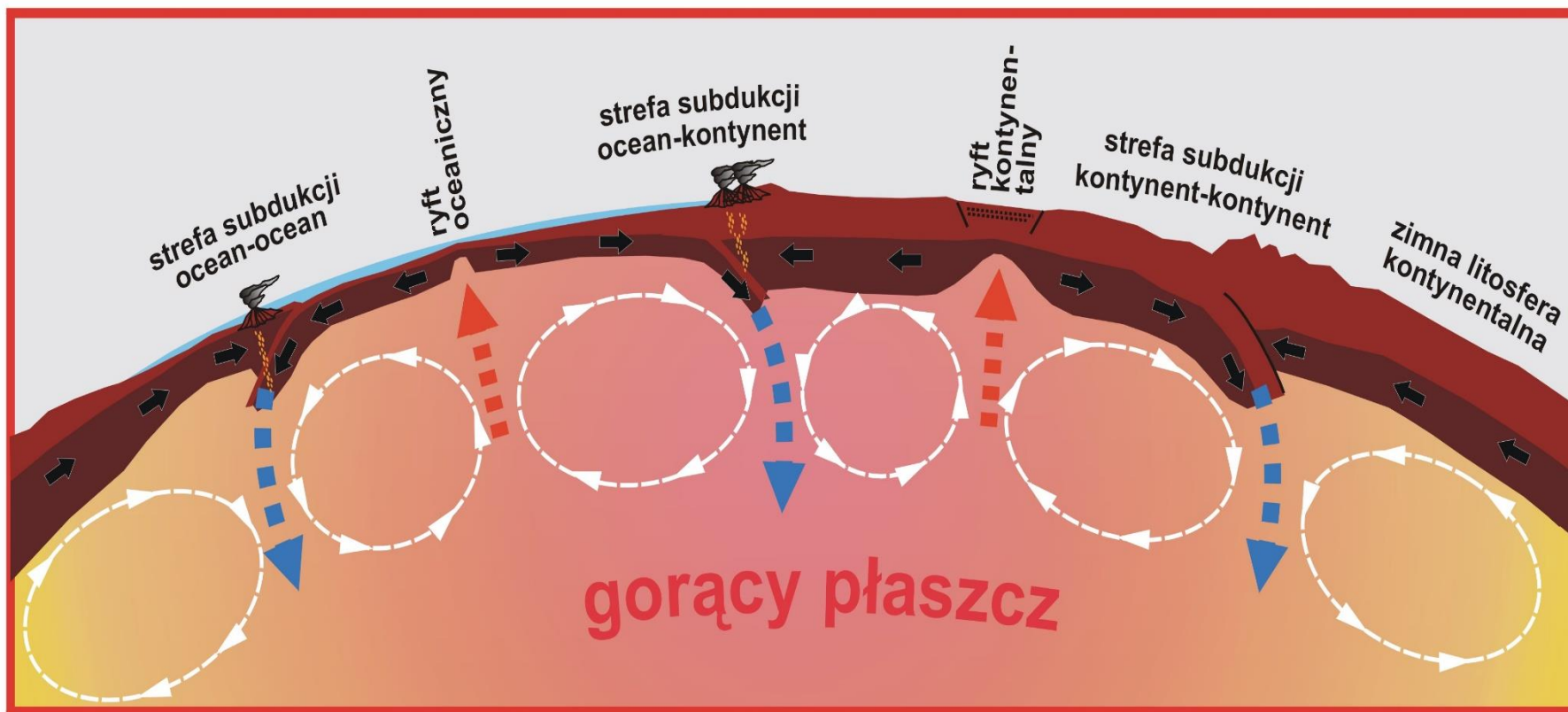
Konwekcja



elementy komórki konwekcyjnej we wnętrzu Ziemi



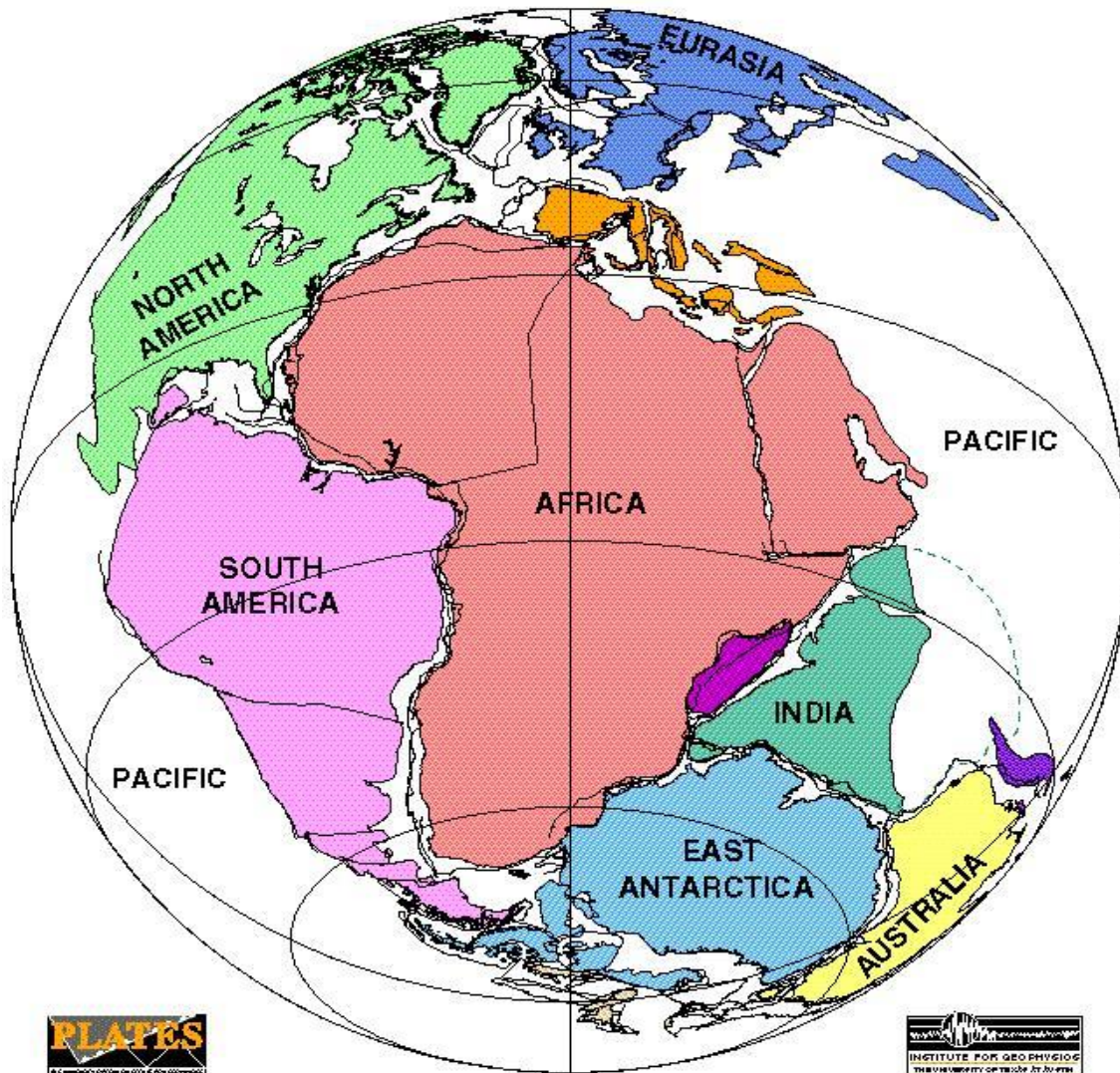
Czy konwekcja może wystąpić
we wnętrzu Ziemi?



Komórki konwekcyjne we wnętrzu Ziemi

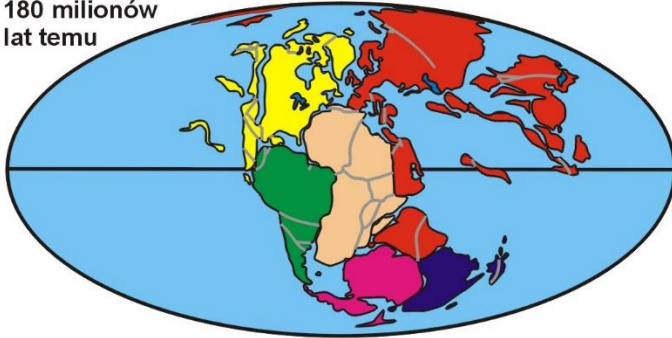
PANGEA

superkontynent przed 180 mln lat

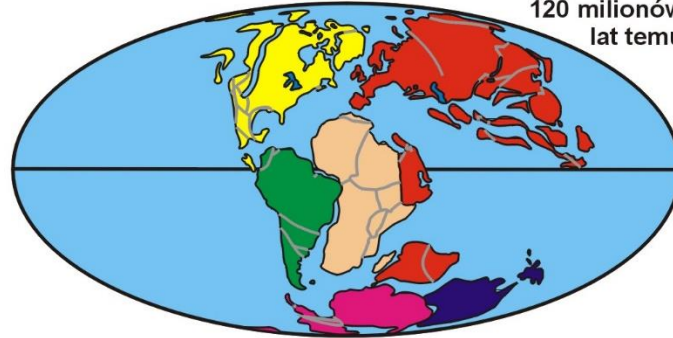


Dryfujące kontynenty

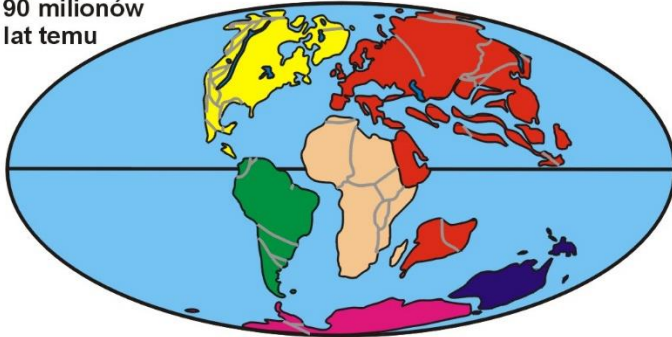
180 milionów
lat temu



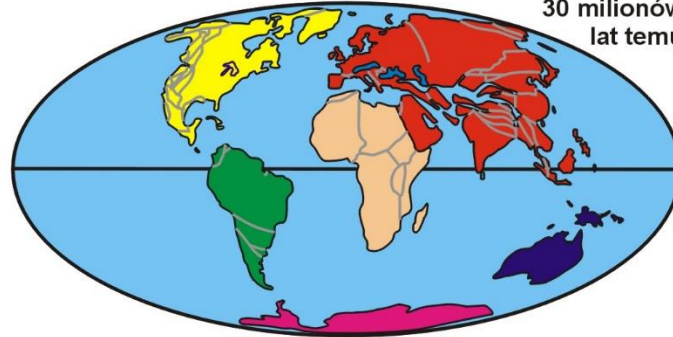
120 milionów
lat temu



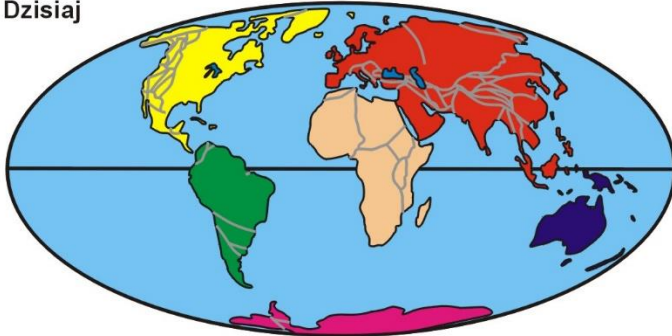
90 milionów
lat temu



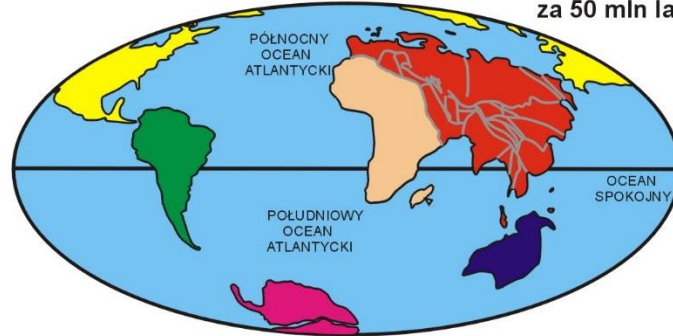
30 milionów
lat temu



Dzisiaj



za 50 mln lat



Ameryka Północna
Ameryka Południowa

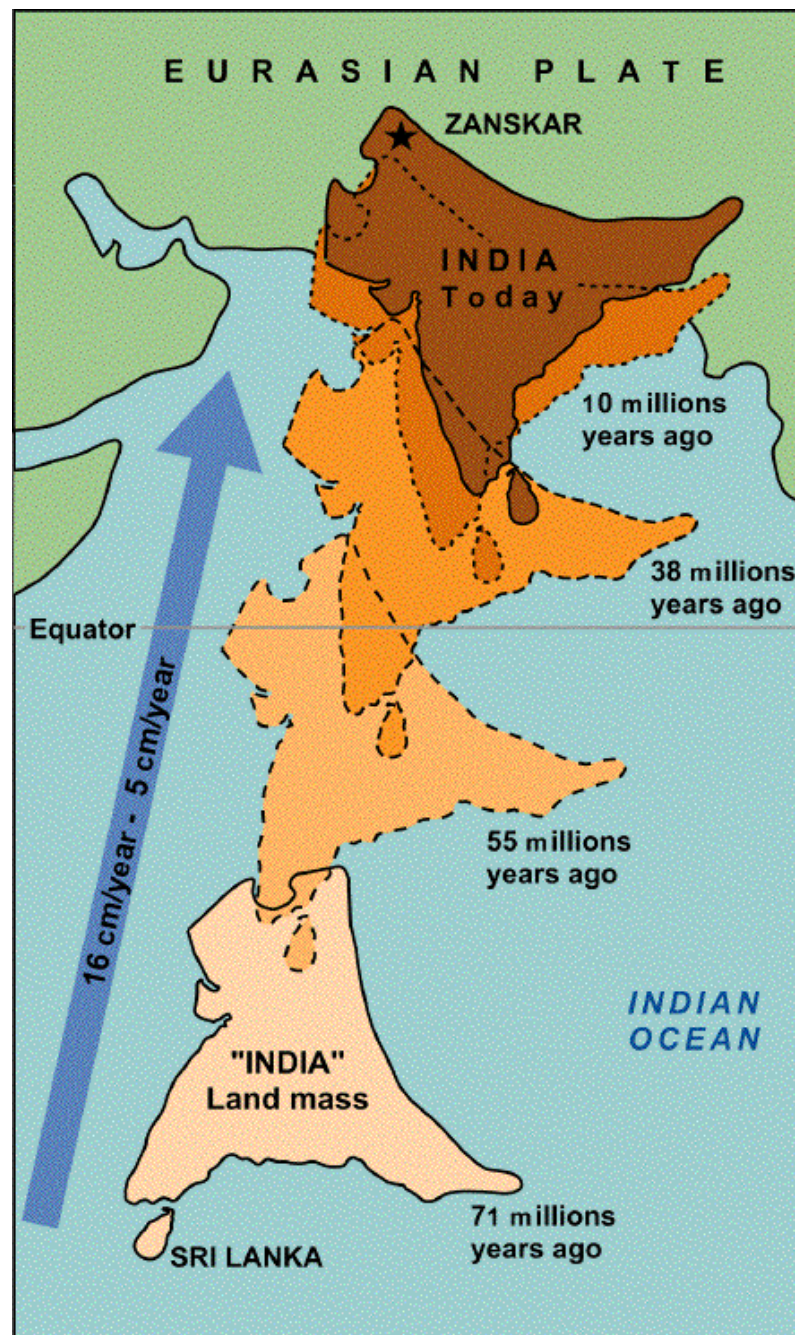
Eurazja
Afryka

Australia
Antarktyda

szwy tektoniczne wewnątrz kontynentów

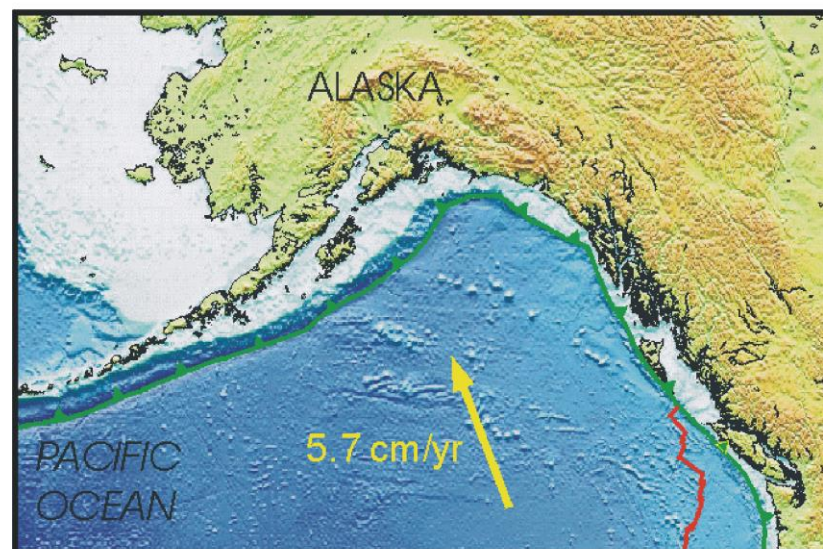
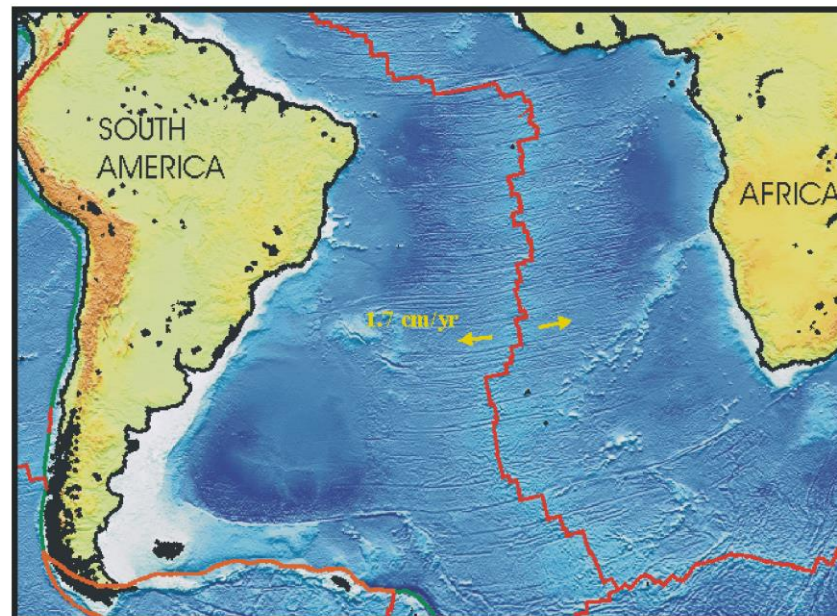
Przemieszczanie się płyty indyjskiej
w ciągu ostatnich 71 mln lat,
ze zmienną prędkością 5-16 cm/rok

Kolizja z płytą euroazjatycką

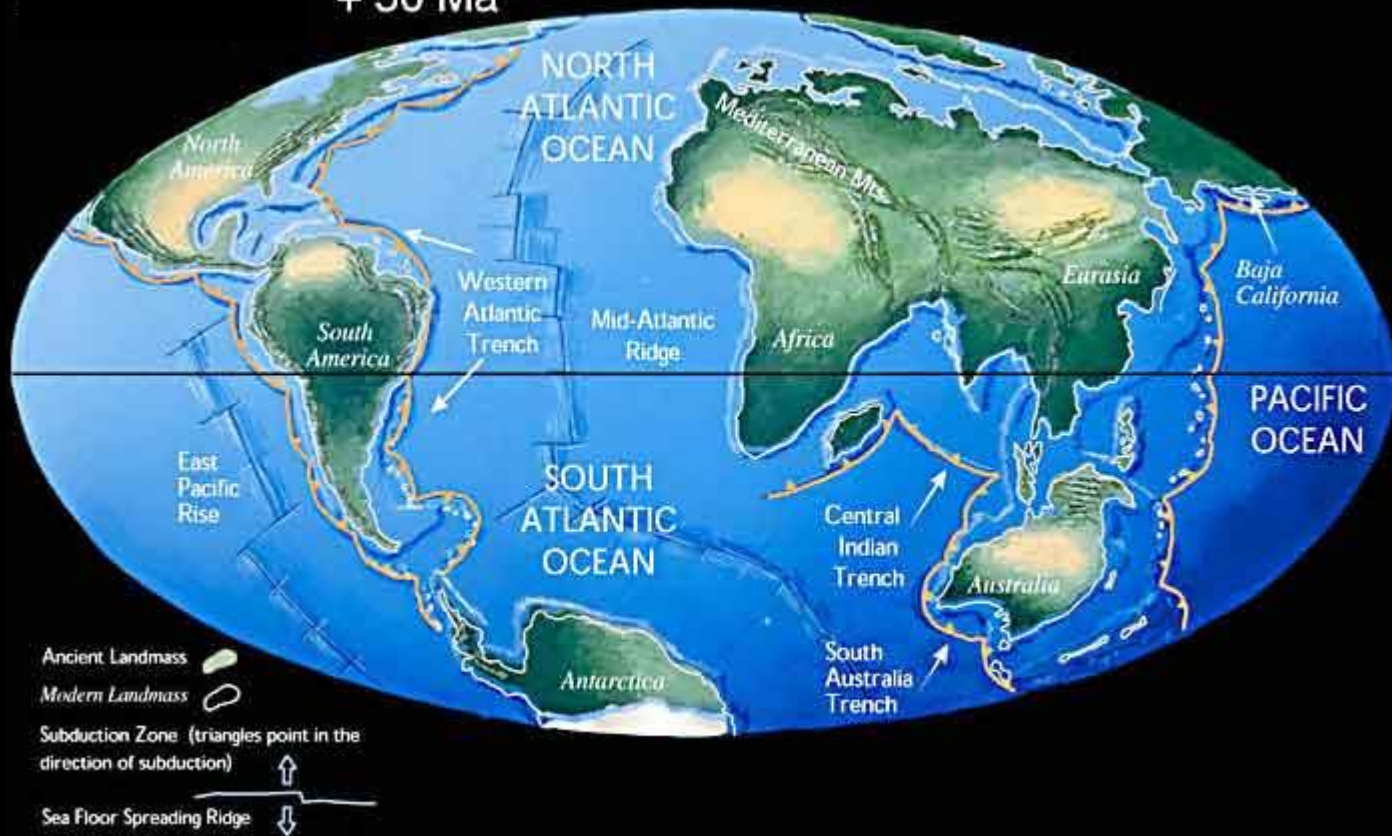


Przyszłość dryfujących kontynentów

Rozłam transformujący, grzbiet i rów (prędkości płyt)



+ 50 Ma



+ 150 Ma



Ancient Landmass

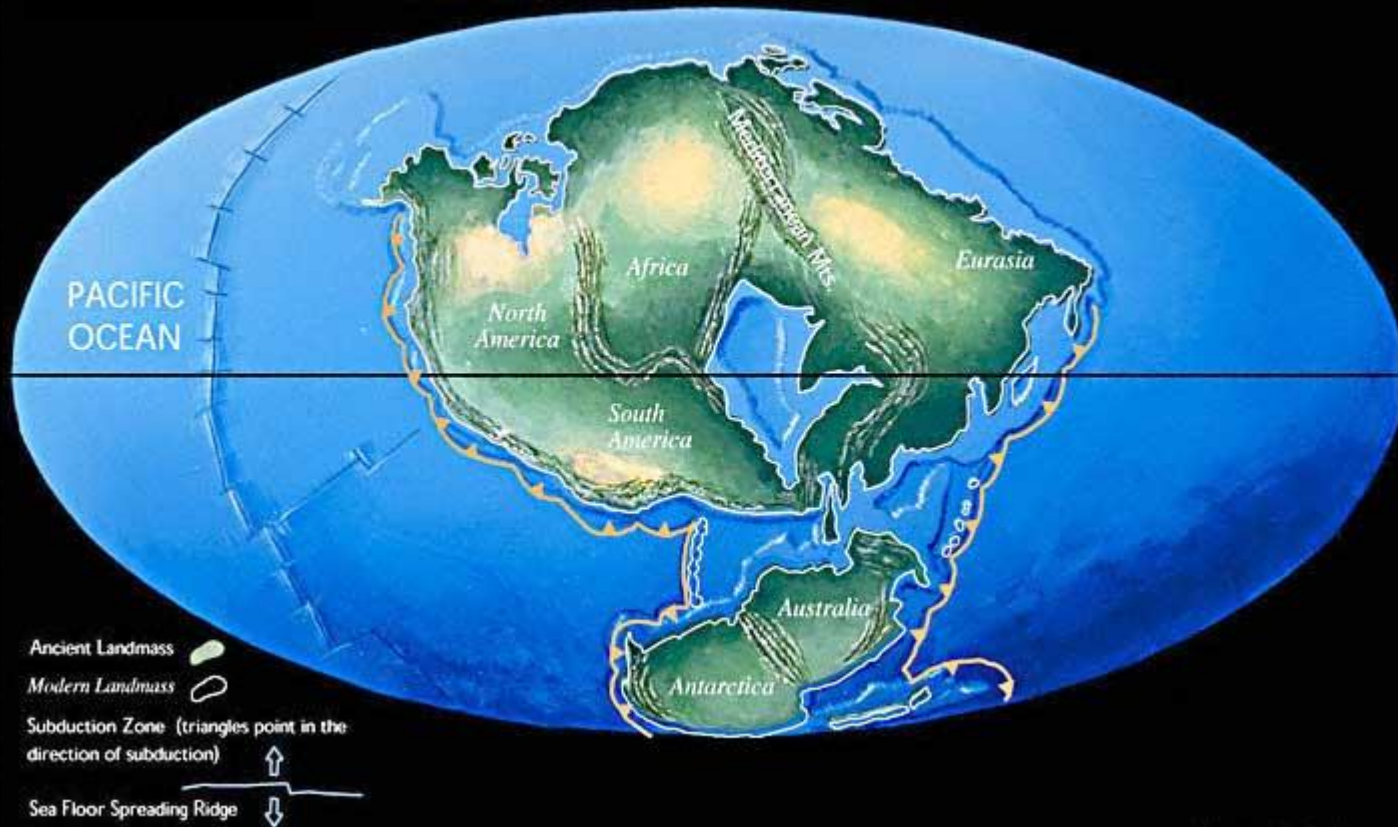
Modern Landmass

Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)

Sea Floor Spreading Ridge

© 2000 C.R. Scotese

+ 250 Ma



© 2000 C.R. Scotese

Koniec



San Andreas

<http://kids.britannica.com/comptons/art-155883>

Podstawowe źródła



- B.A. Bolt, Earthquakes, 1999
- <http://www.seis.igf.edu.pl>
- <http://www.neic.usgs>
- Wikipedia
- IRIS
- © 2000 C.R.Scotese
- <http://kids.britannica.com/comptons/art-155883>



Instytut Geofizyki
Polskiej Akademii Nauk



earth observatory