TEKTONIKA

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

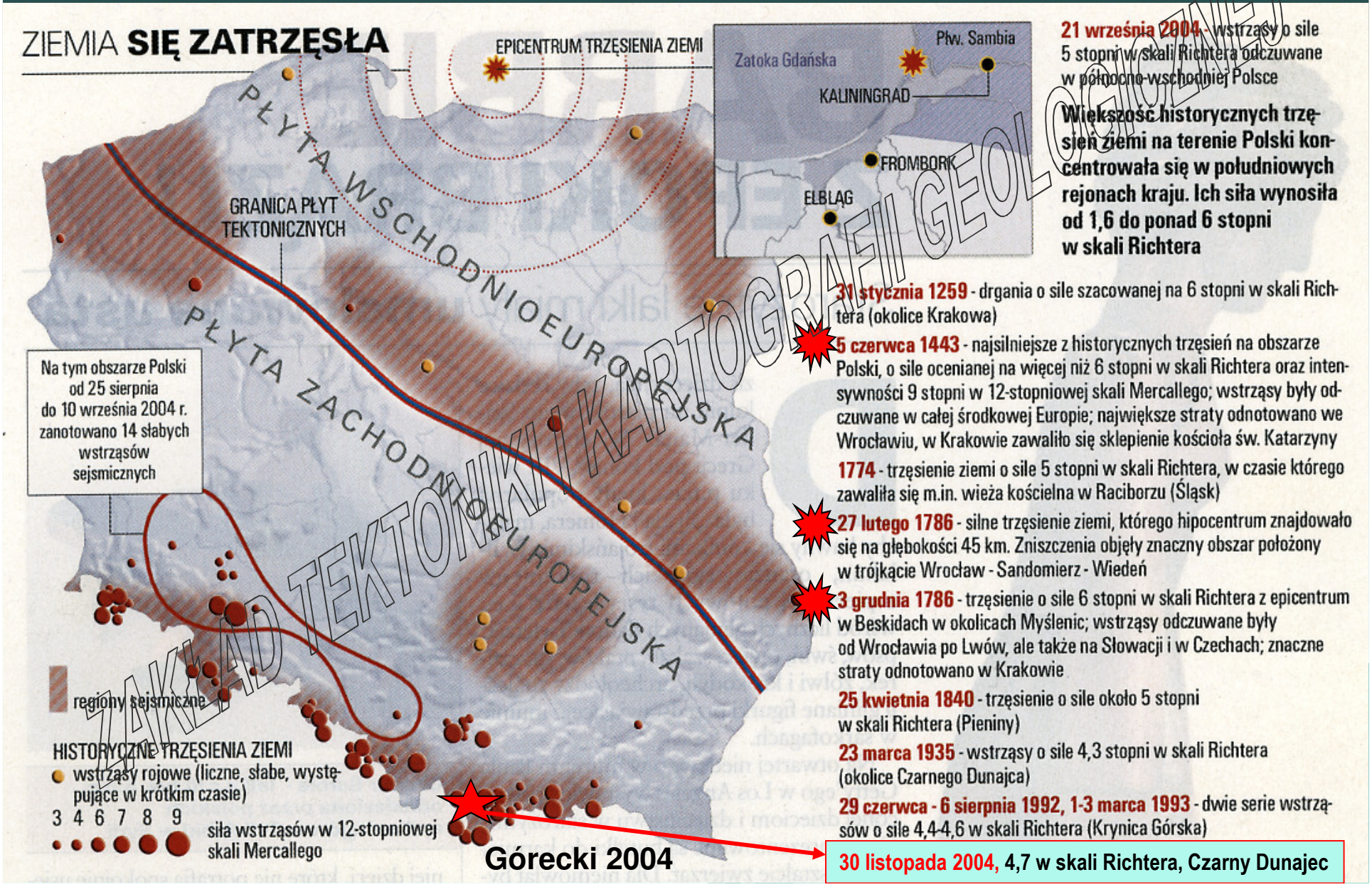
Wykład 10

TRZĘSIENIA ZIEMI

dr hab. Edyta Jurewicz, pok. nr 1055

www.avo.alaska.edu

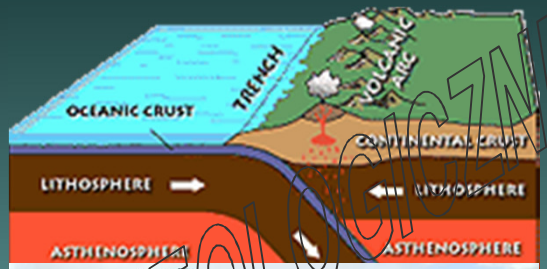
Trzęsienia Ziemi w Polsce

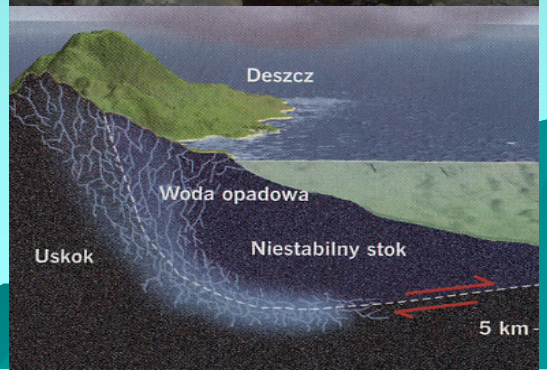


ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Przyczyny trzęsień Ziemi

- **tektoniczne (90%)**
- **wulkaniczne (7%)**
- **zapadowe (2%)**
- **osuwiskowe**



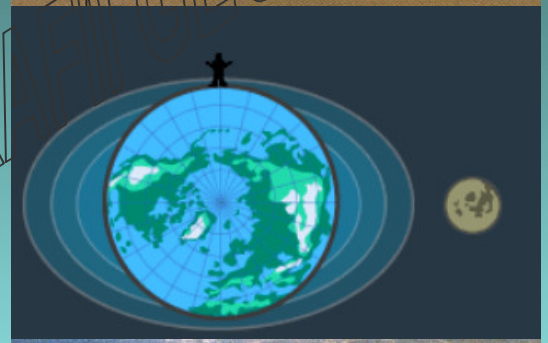


ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Przyczyny trzęsień Ziemi

- meteorologiczne

- pływowe



- kosmiczne

- antropogeniczne

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Skutki trzęsień Ziemi

PIERWOTNE

W NATURZE

W ŚWIECIE LUDZI

WTÓRNE

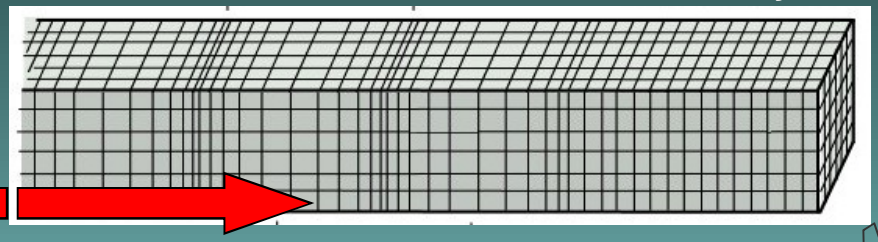
TSUNAMI
OSUWISKA, LAWINY ŚNIEŻNE
SPŁYWY BLOTNE, KURZAWKI
WYPŁYWY LAWY
UWALNIANIE GAZÓW
EKSPLOZJE GAZÓW

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

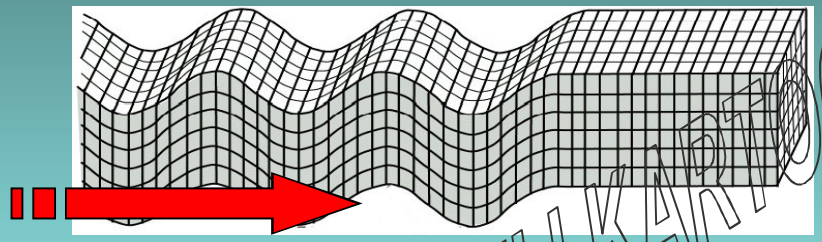
Rodzaje fal sejsmicznych

kompresja ekstensja ośrodek niezaburzony

FALE WGŁĘBNE

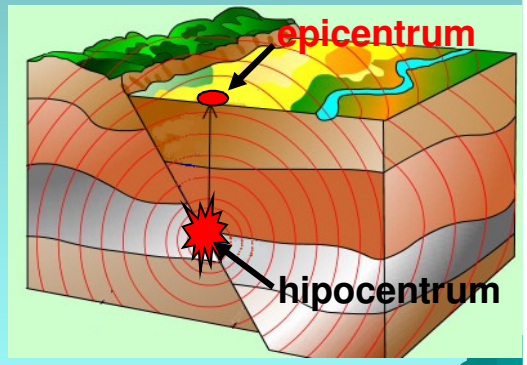


Fale P
podłużne – 5,4 km/s
(szybkie, dylatacyjne)

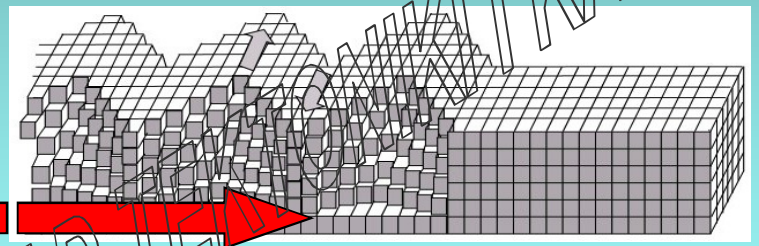


Fale S
poprzeczne – 3,3 km/s
(wolne, torsjalne)

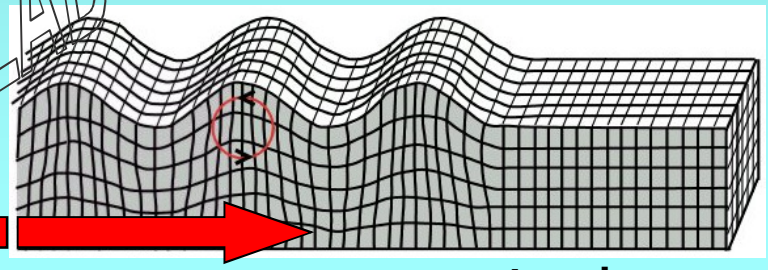
www.scman.cwb.gov.tw



FALE POWIERZCHNIOWE



Fale Love`a

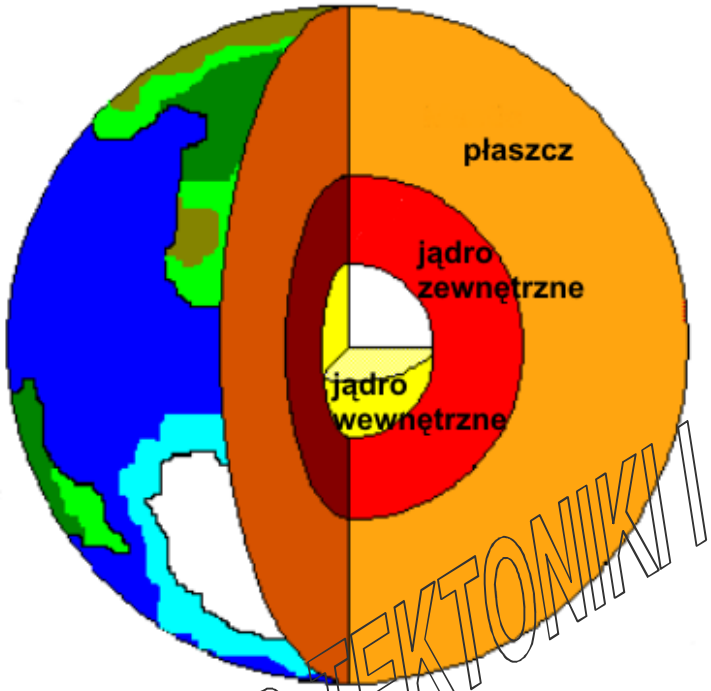


Fale Rayleigha
grawitacyjne

www.geo.mtu.edu

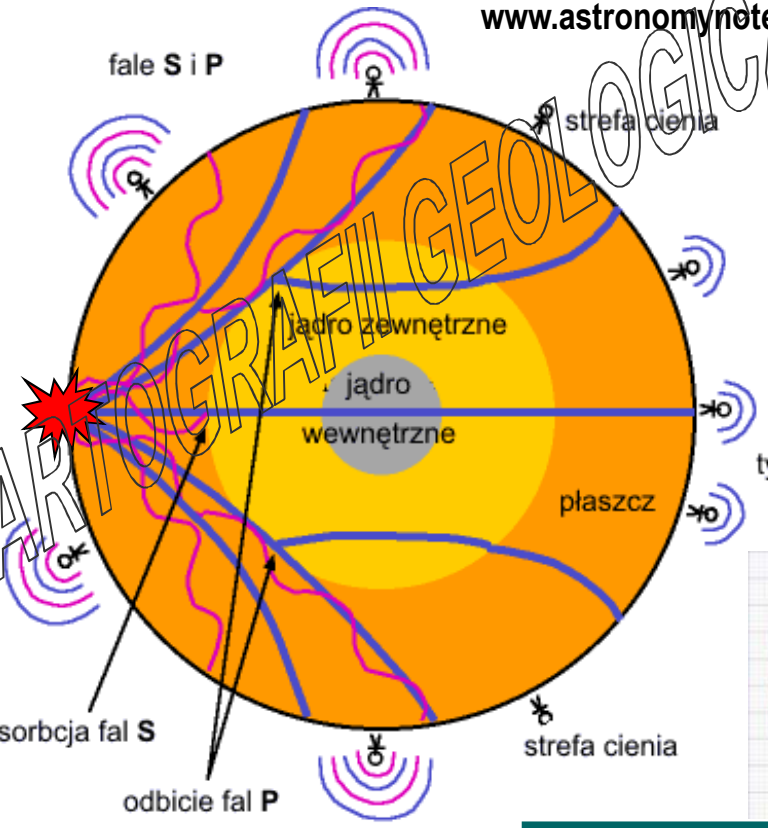
ZAKŁAD TEMATYKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Fale sejsmiczne we wnętrzu Ziemi



www.uwgb.edu/dutchs

www.astronomynotes.com



poprzeczne
3,3 km/s
fale S

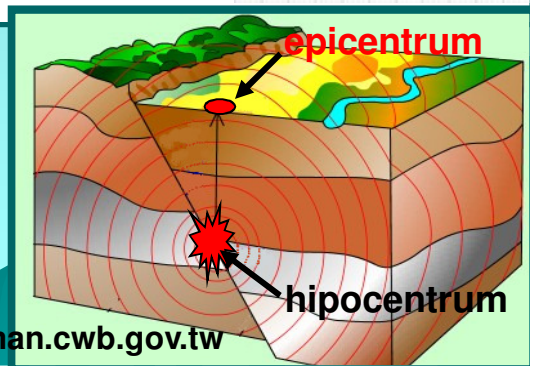
fale P
podłużne
5,4 km/s

tylko fale P

www.seed.slb.com

Magnituda

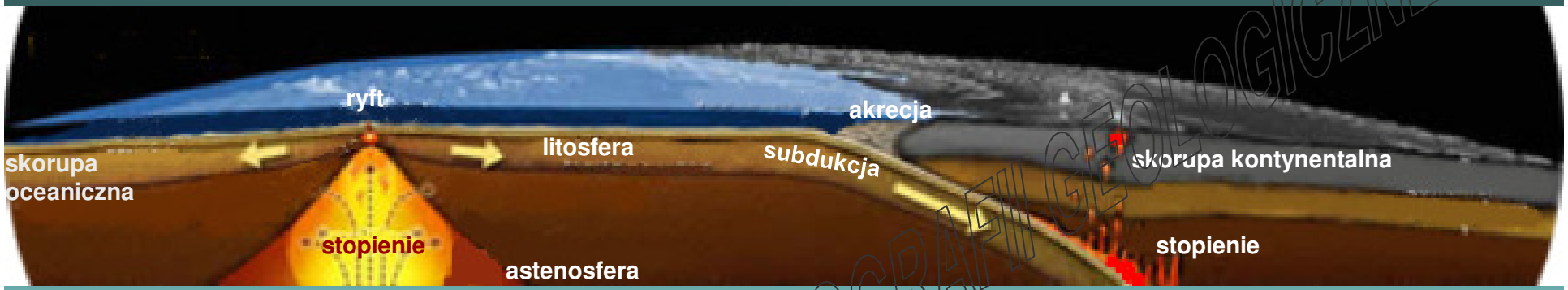
– parametr skali Richtera (1935)
– to logarytm największej amplitudy drgań gruntu zarejestrowanych przez sejsmograf w odległości 100 km od epicentrum

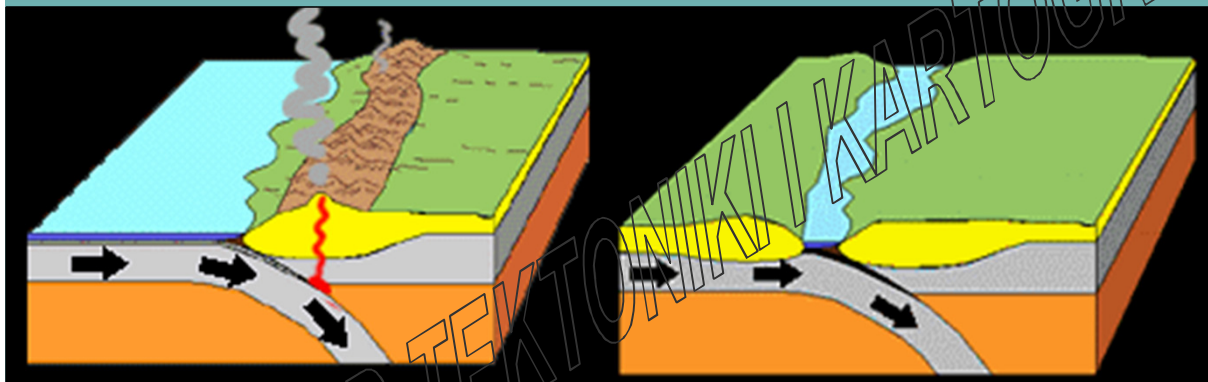


www.scman.cwb.gov.tw

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Ruch płyt litosferycznych





www.clearlight.com

www.geology.sdsu.edu

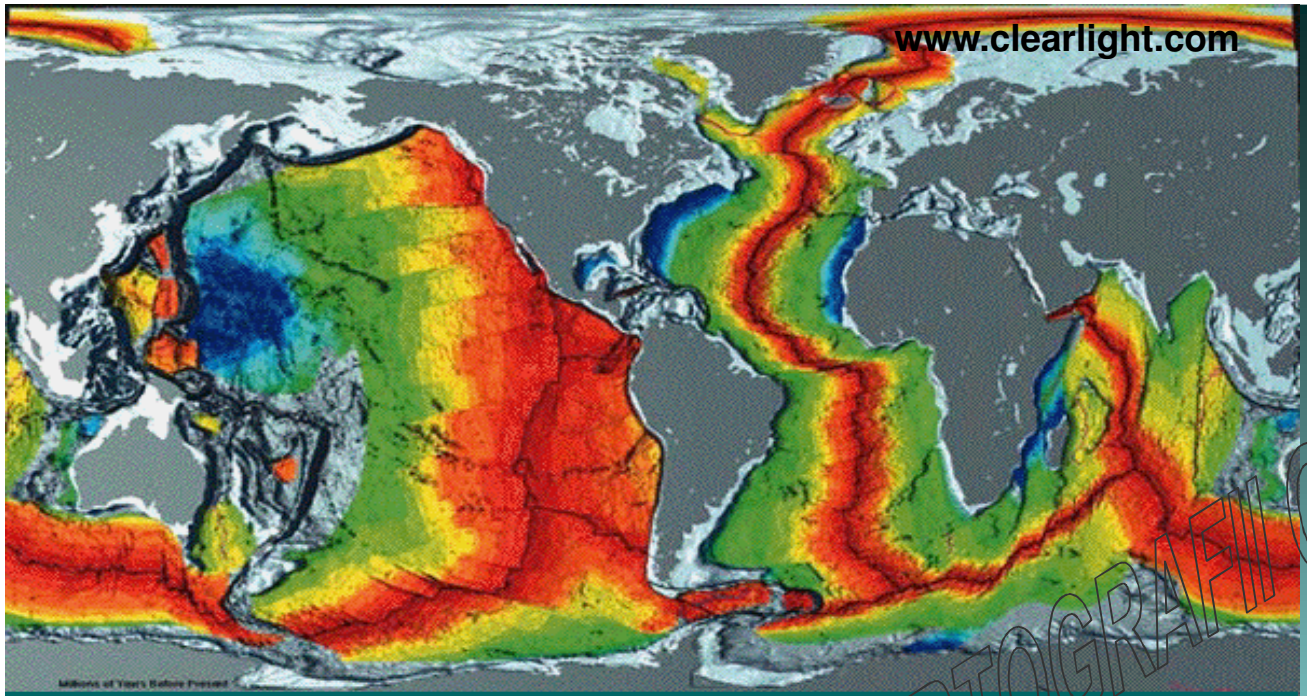
uskoki normalne

uskoki odwrócone

uskoki przesuwcze

www.tesla.jcu.edu.au

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

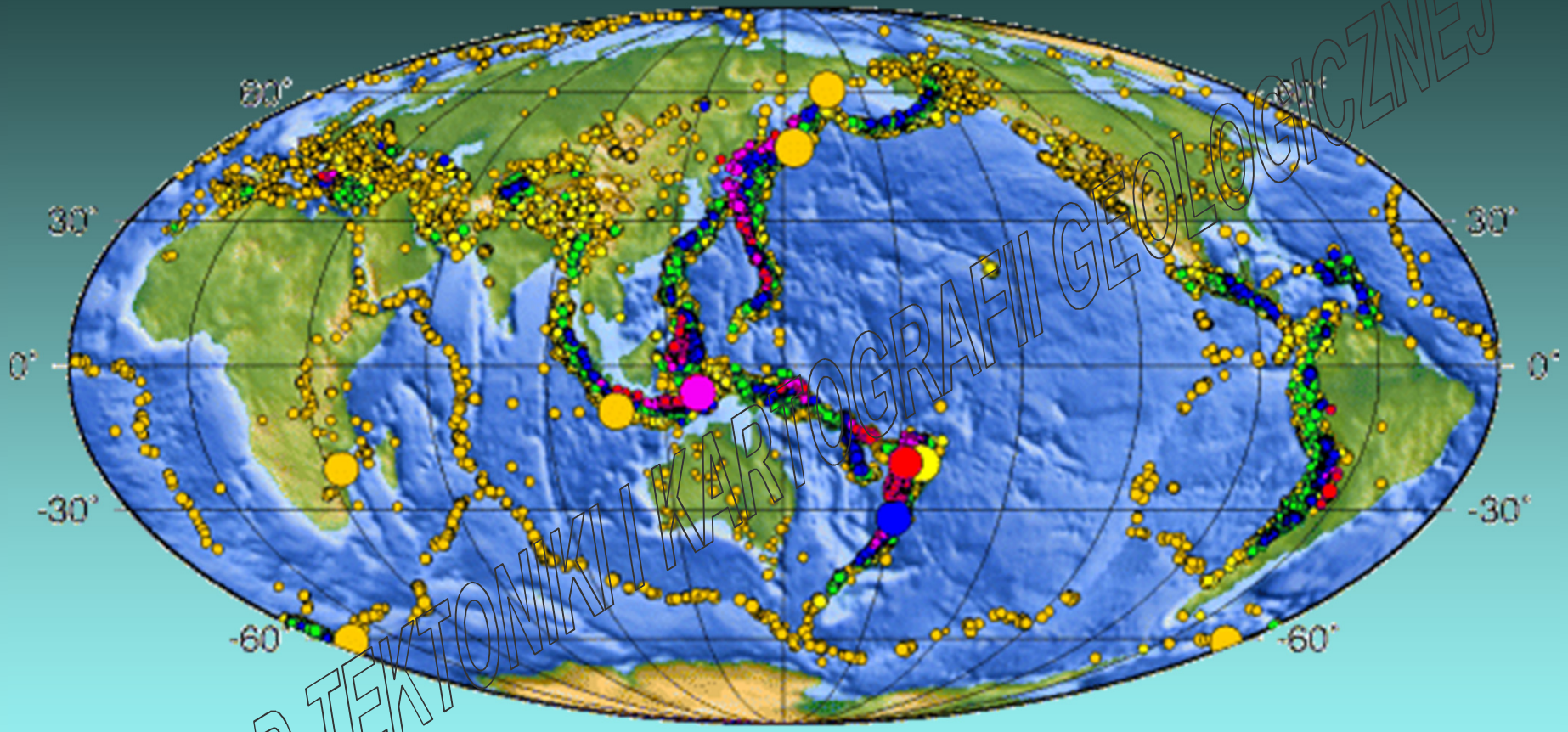


Wiek dna oceanicznego

Granice płyt litosferycznych

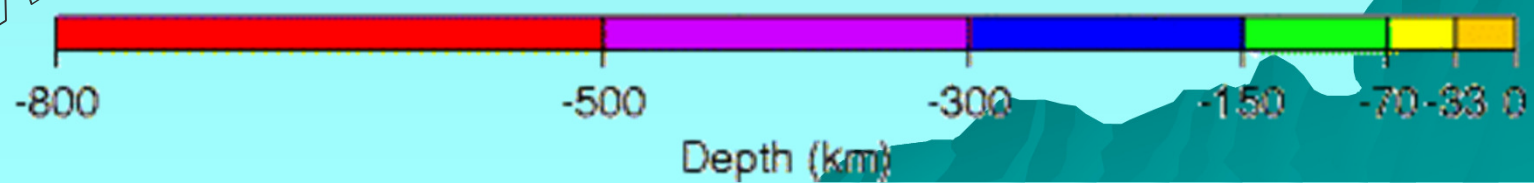
ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Trzęsienia Ziemi w 2006 r.

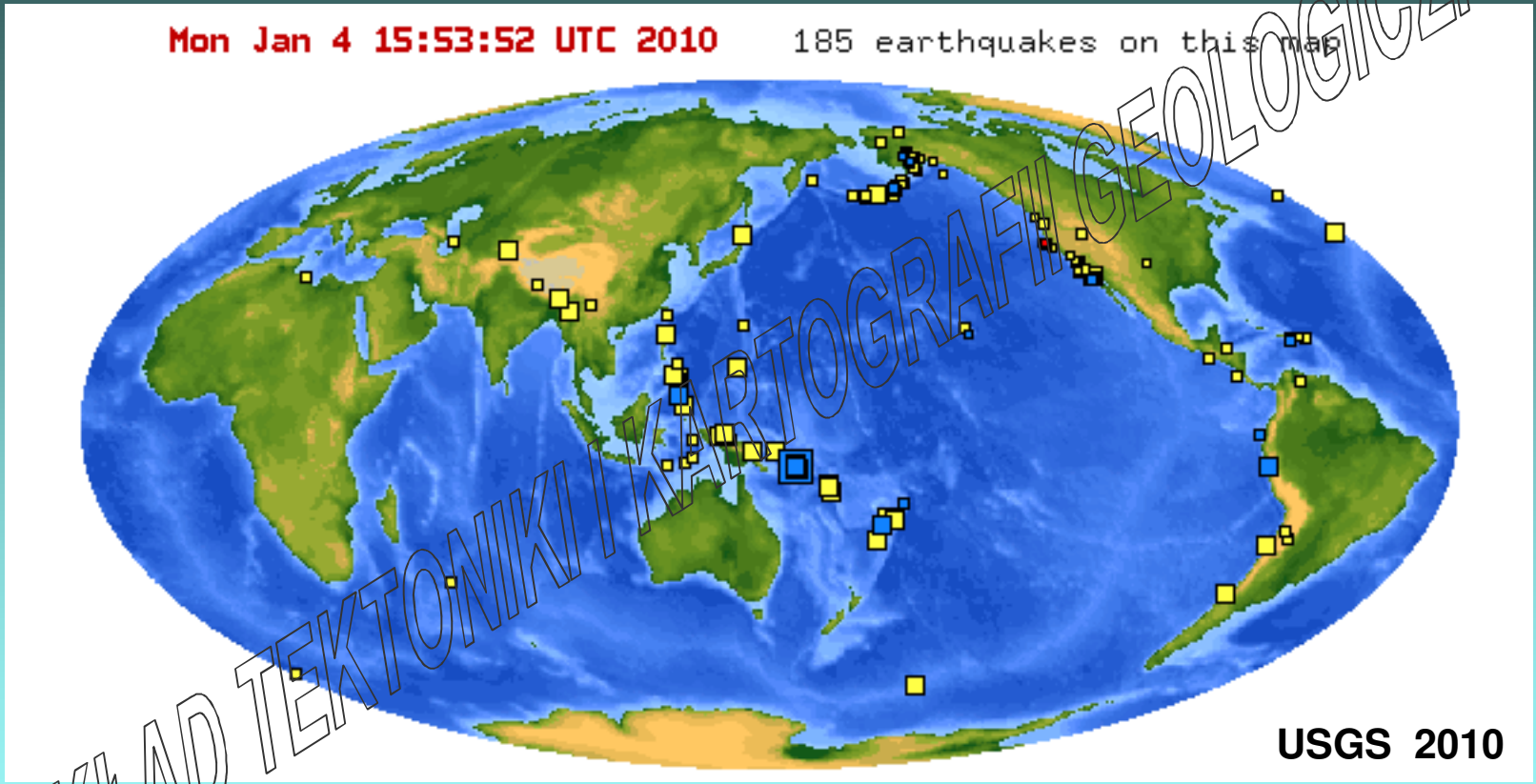


ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

USGS 2006

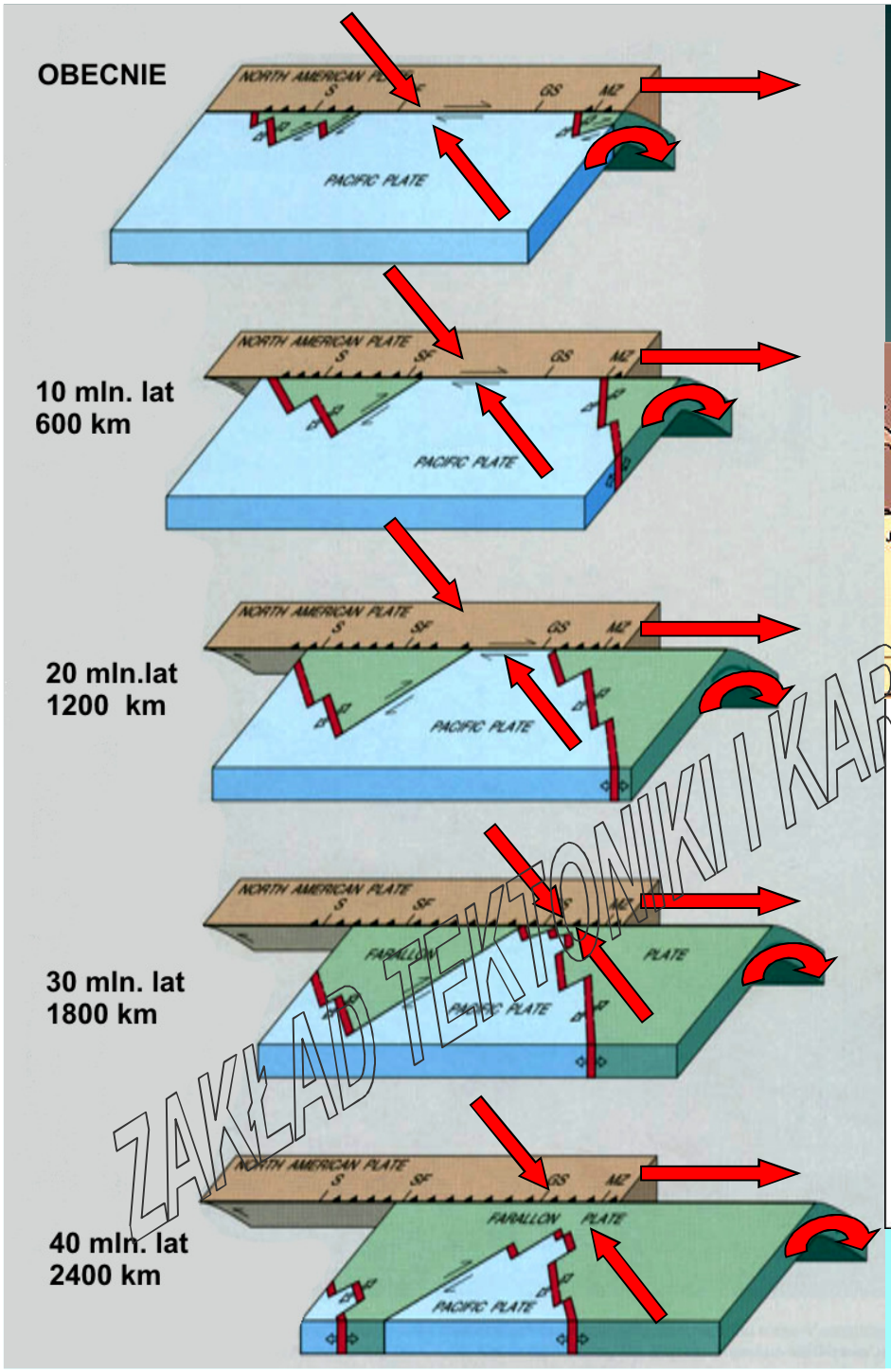


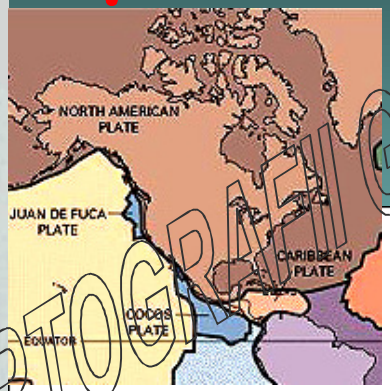
Trzęsienia Ziemi: ostatni tydzień!!!

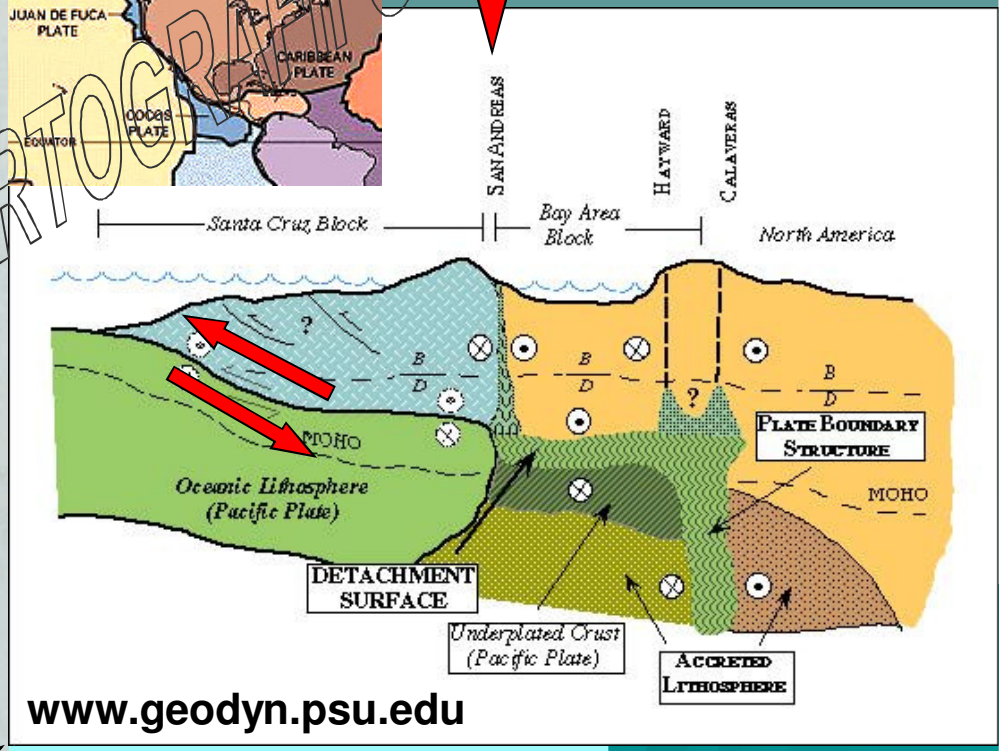


ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Uskok San Andreas







www.geodyn.psu.edu

prędkość ruchu 6 cm/rok
(Atwater 1970)

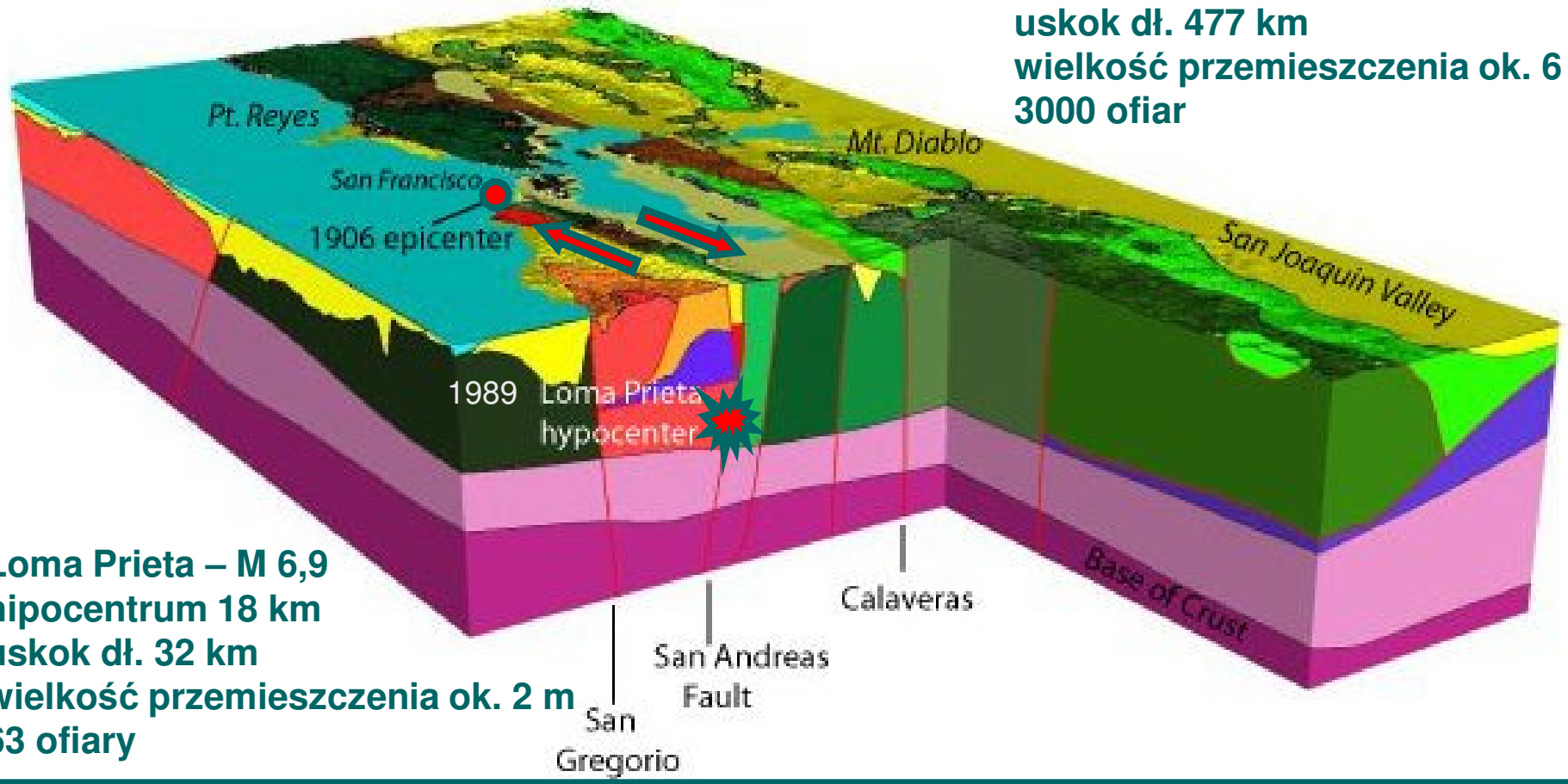
ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Uskok San Andreas

ZAKŁAD TEKTONIKI I FOTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Uskok San Andreas

San Francisco – M 7,8
uskok dł. 477 km
wielkość przemieszczenia ok. 6 m
3000 ofiar

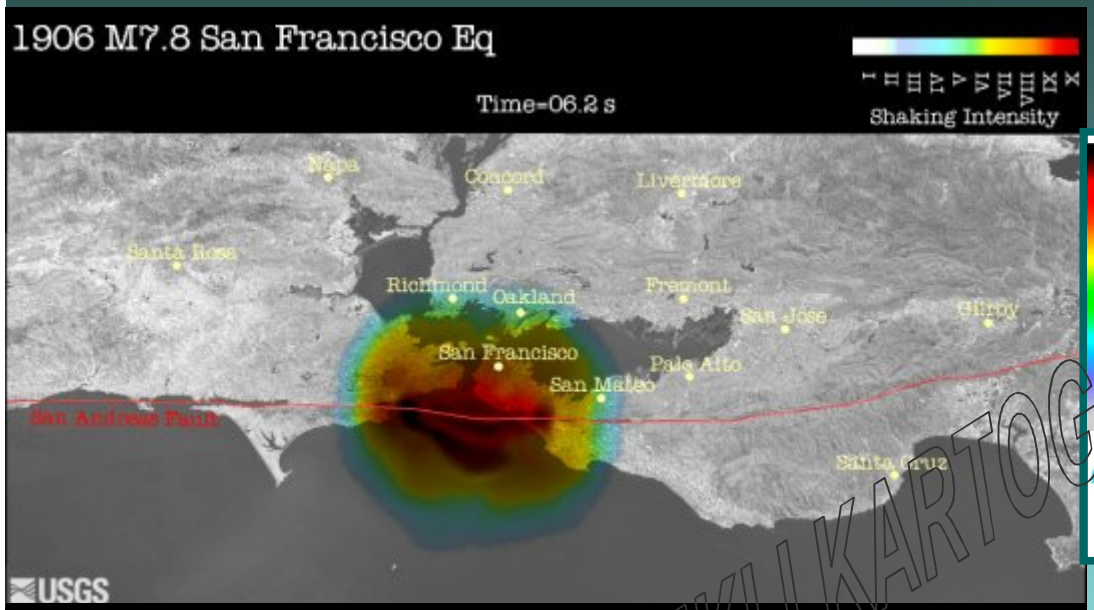


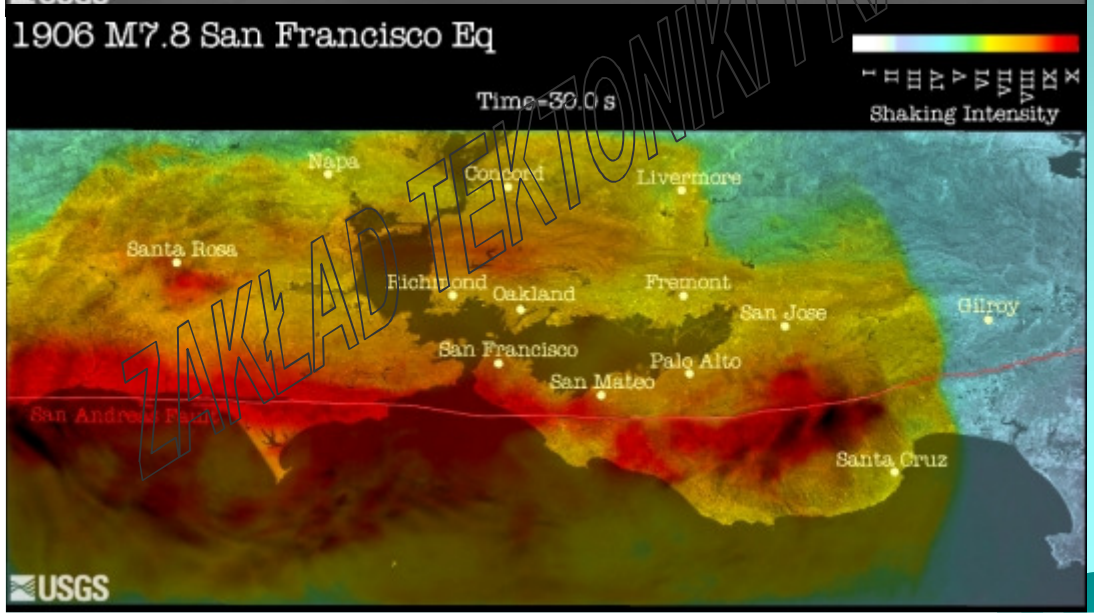
Loma Prieta – M 6,9
hipocentrum 18 km
uskok dł. 32 km
wielkość przemieszczenia ok. 2 m
63 ofiary

www.earthquake.usgs.gov

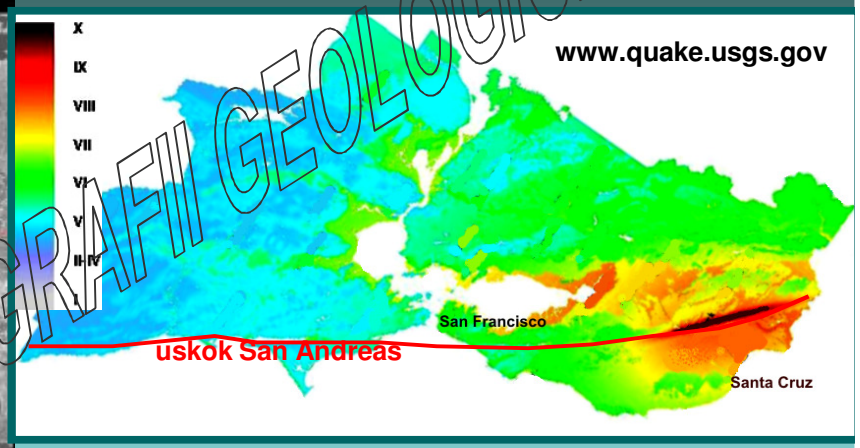
Uskok San Andreas

San Francisco 1906



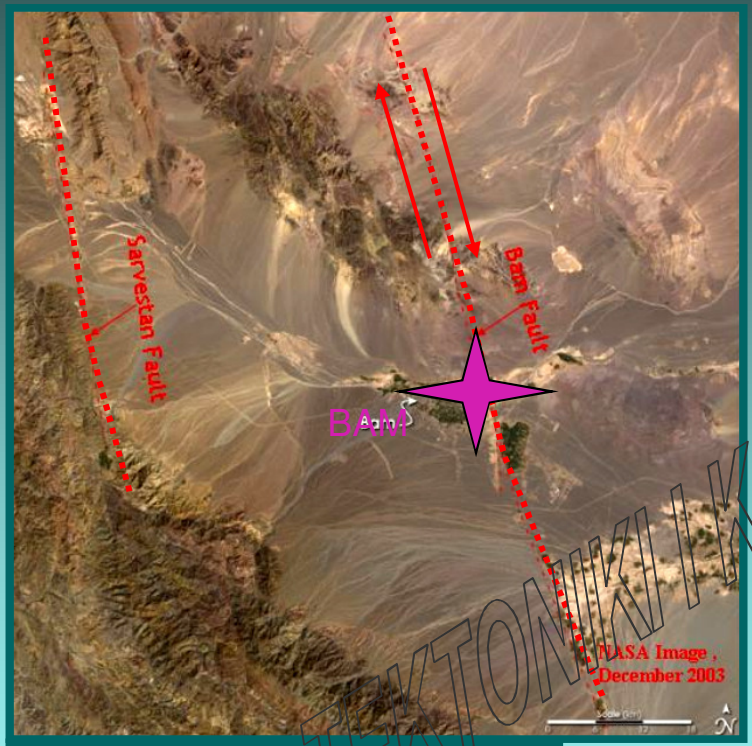


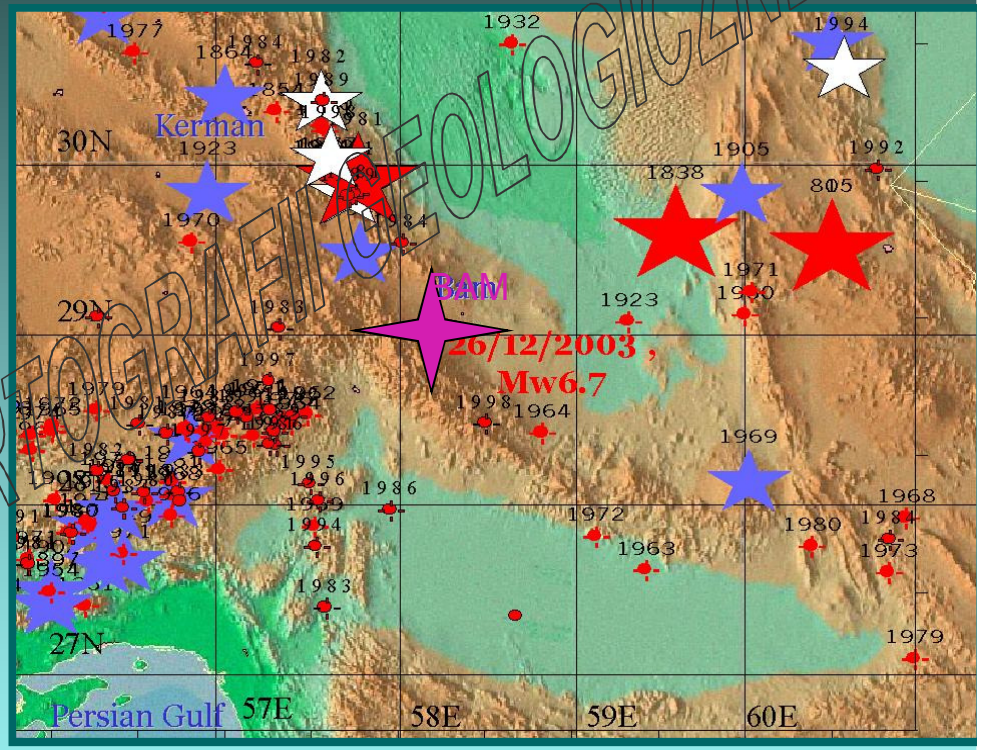
Loma Prieta 1989

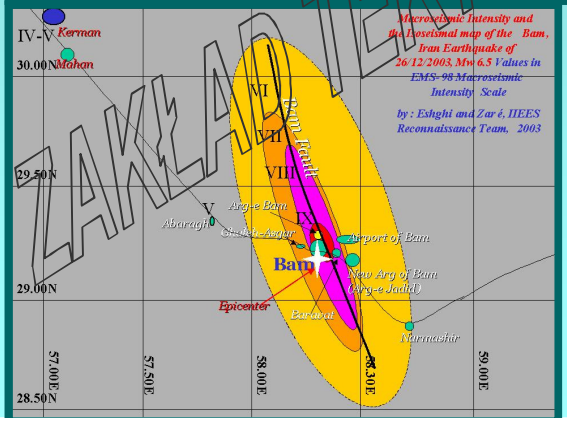


ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Uskok Bam, Iran 2003







M 6,5
hipocentrum ~10 km
dł. uskoku ~13 km
wielkość przemieszczenia ~2,7 m
26 000 ofiar

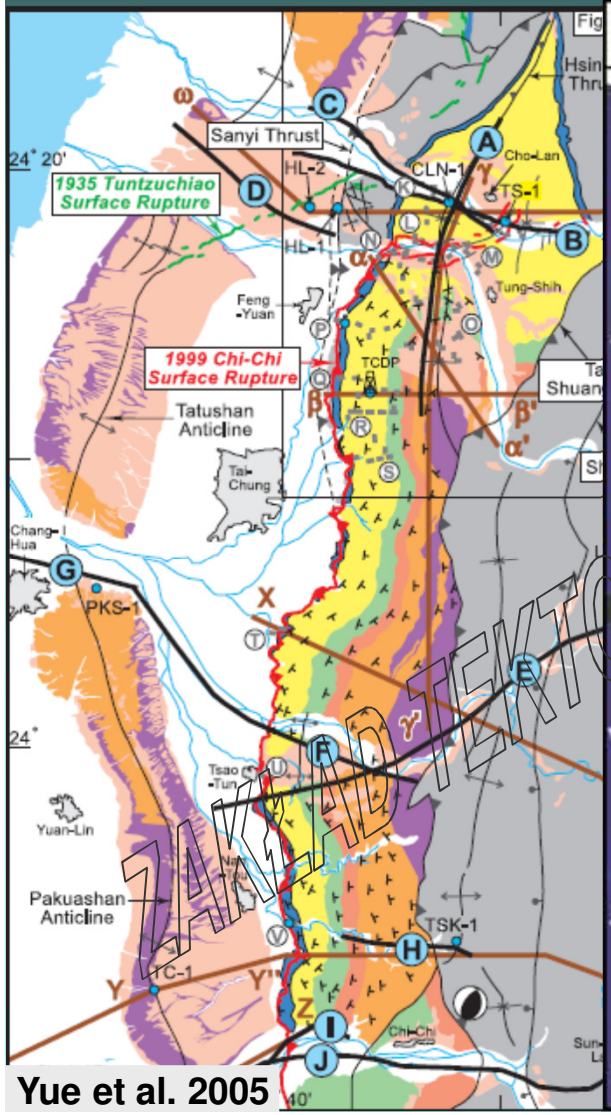
www.mehdizare.com

www.emsc-csem.org

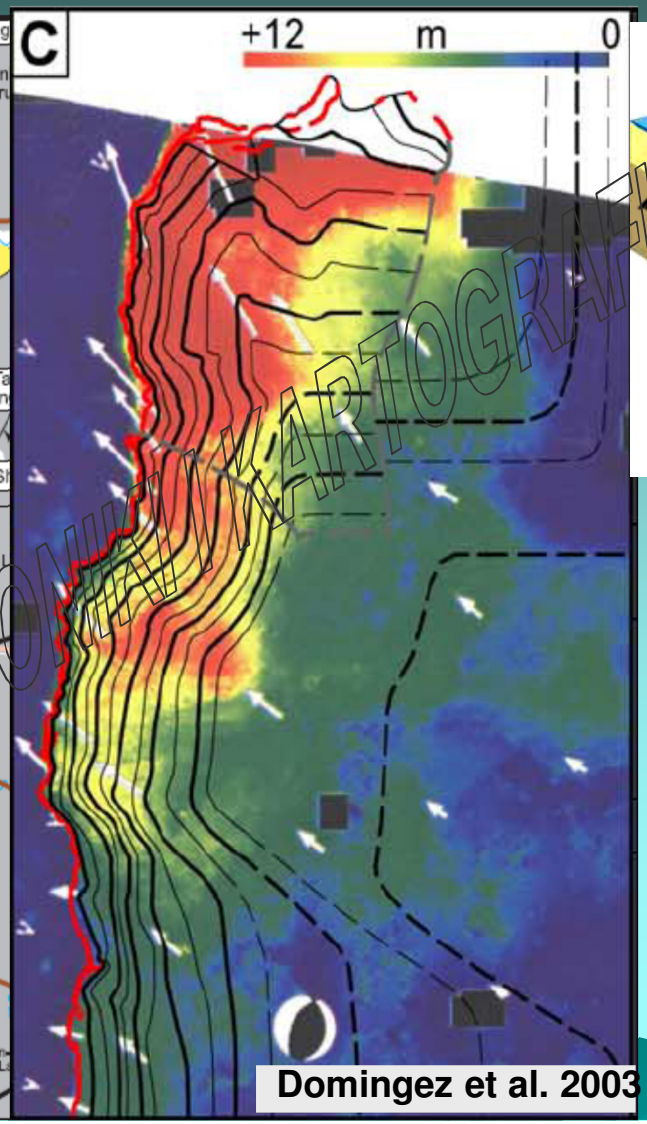
ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Chi-Chi, Tajwan 1999

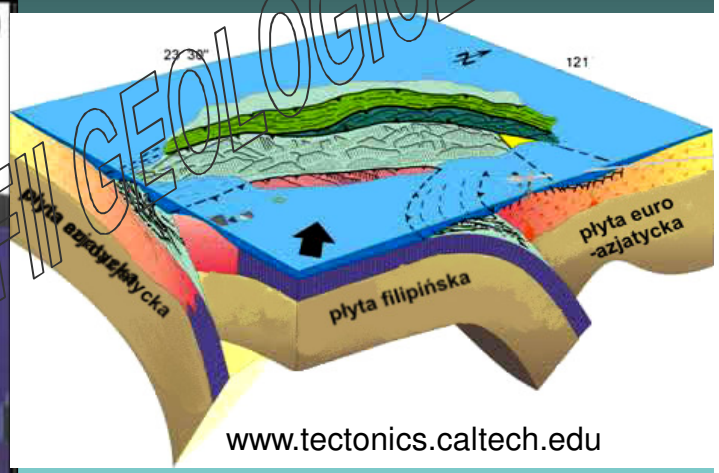
Nasunięcie Chelungpu



Yue et al. 2005



Domingez et al. 2003



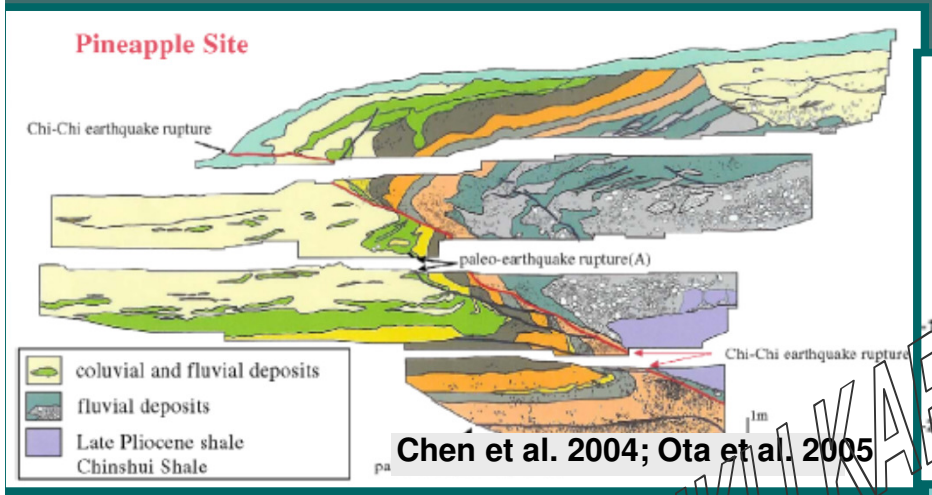
www.tectonics.caltech.edu

M 7,6
amplituda 3-10 m
prędkość przemieszczenia 2-4 m/s
nasunięcie Chelungpu ~14 km
długść ~100 km
spąg płaszczowiny ~1-6 km
niższe płaszczowina ~8-10 km
kąt upadu rampy ~13-32°
2100 ofiar

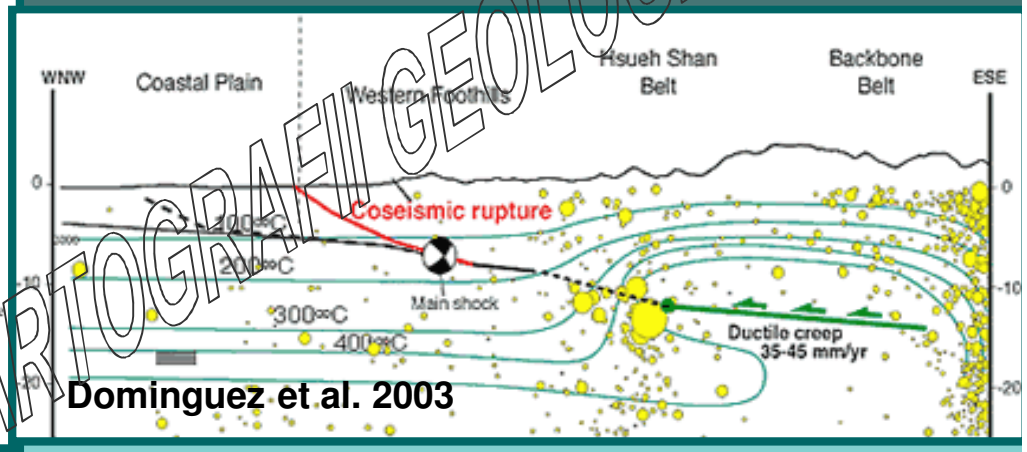
ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Chi-Chi, Tajwan 1999

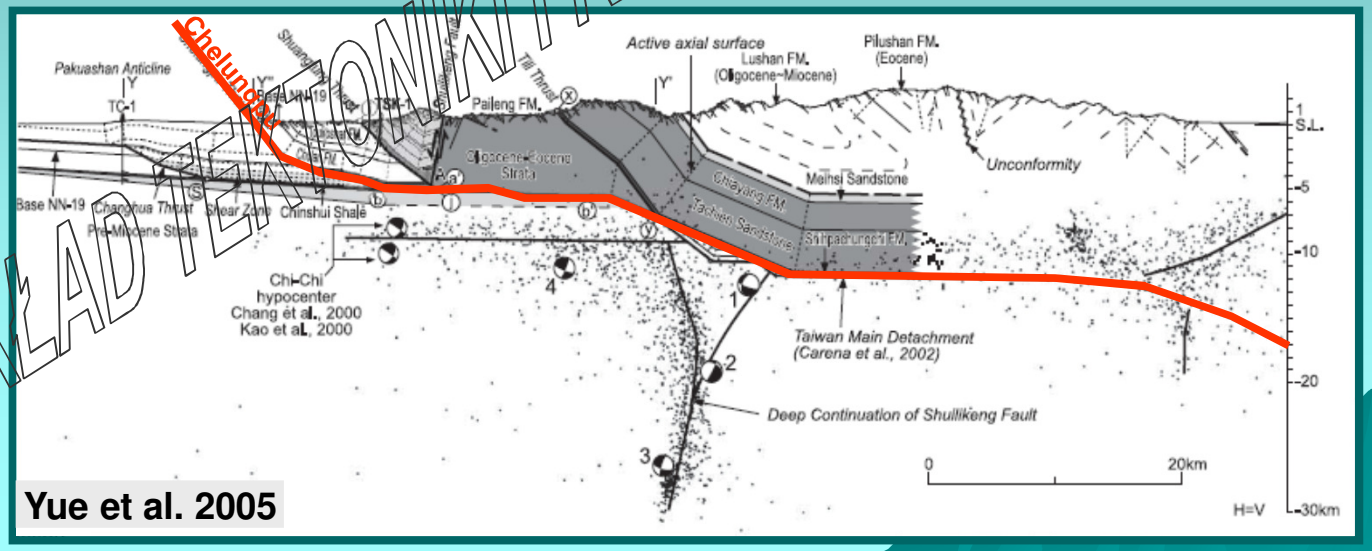
Nasunięcie Chelungpu



Chen et al. 2004; Ota et al. 2005



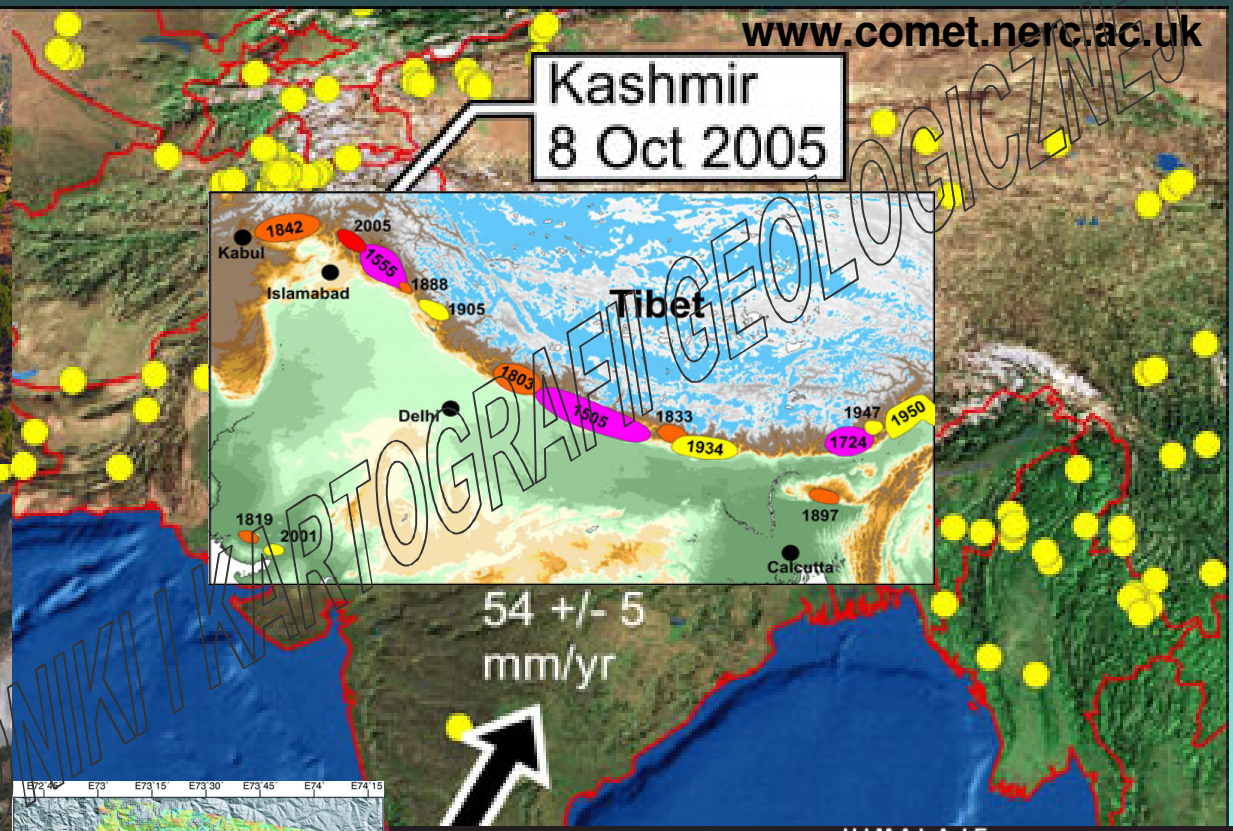
Dominguez et al. 2003

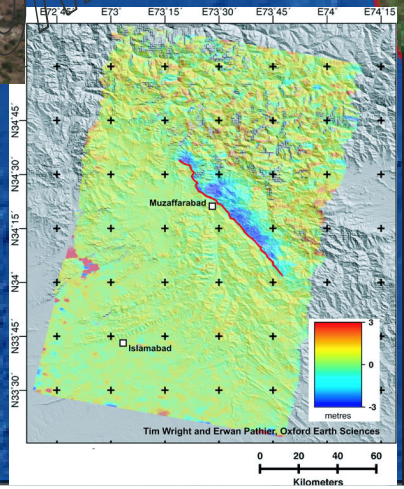


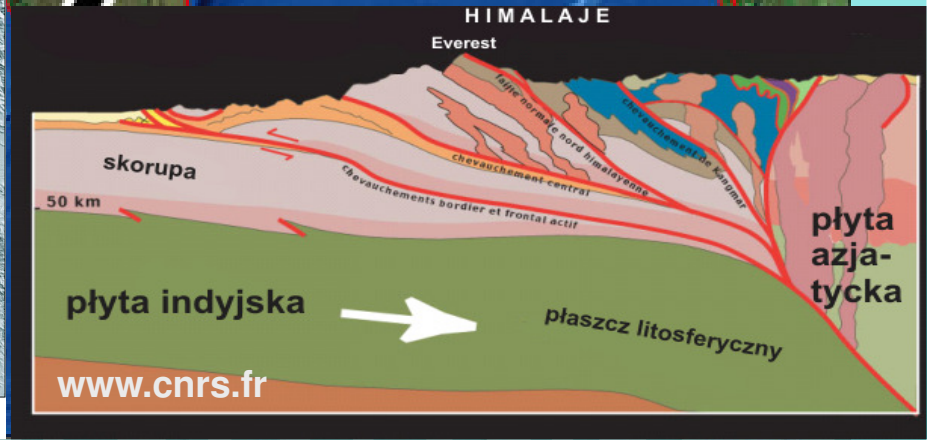
Yue et al. 2005

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Uskok Kaszmiru 2005







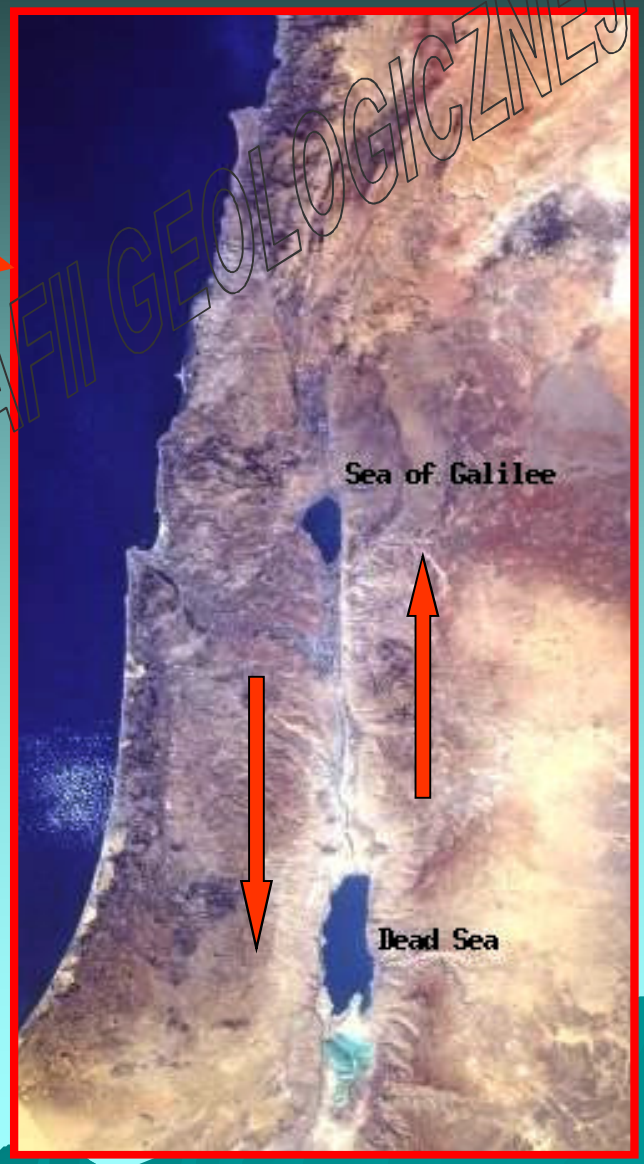
M 7,6
70 000 ofiar
hipocentrum ~10 km
przemieszczenie ~4,2 m

ZAKŁAD FIZYKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Ryft Morza Czerwonego

www.disc.gsfc.nasa.gov

www.geosci.usyd.edu.au



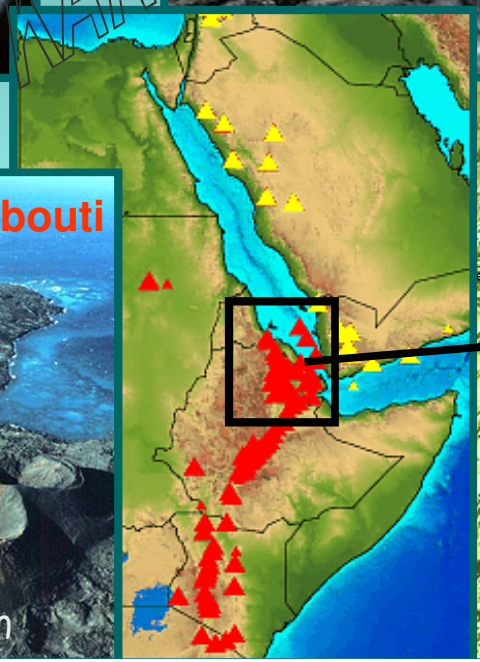
www.en.wikipedia.org

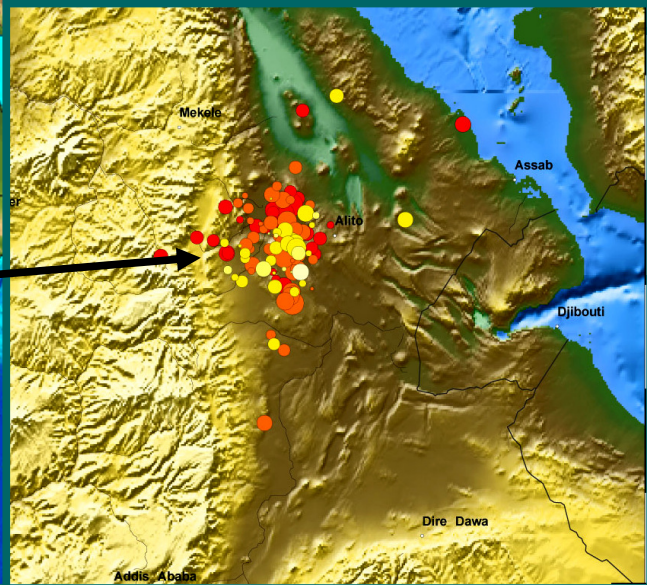
ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Ryft wschodnioafrykański

Etiopia 2005

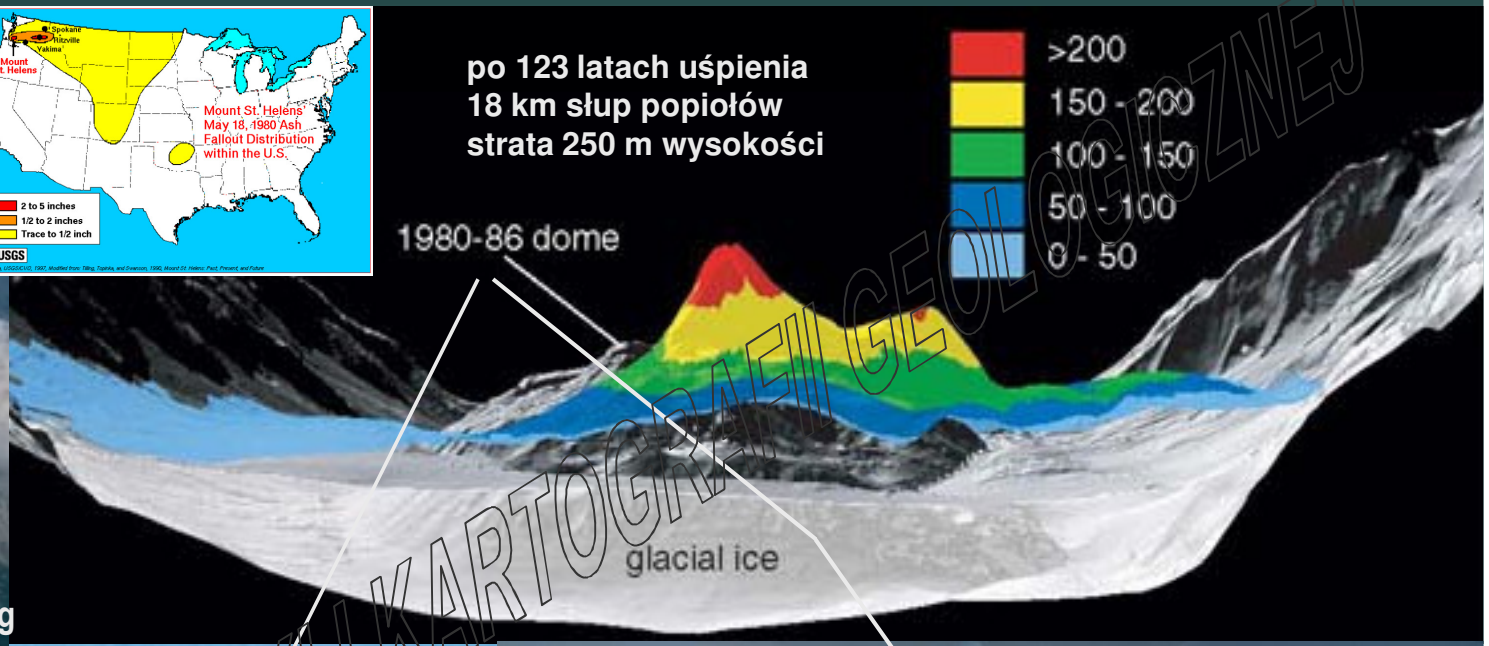
Otwarte wenty szer. ~2 m
na przestrzeni ok. ~60 km
w strefie o szer. ~60 m





ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Wulkan St. Helens (2550 m)

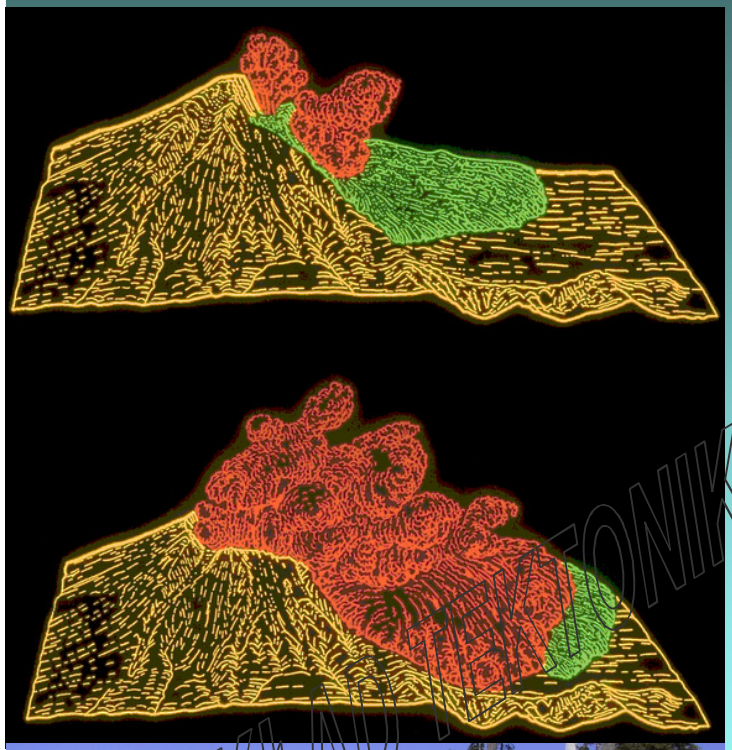


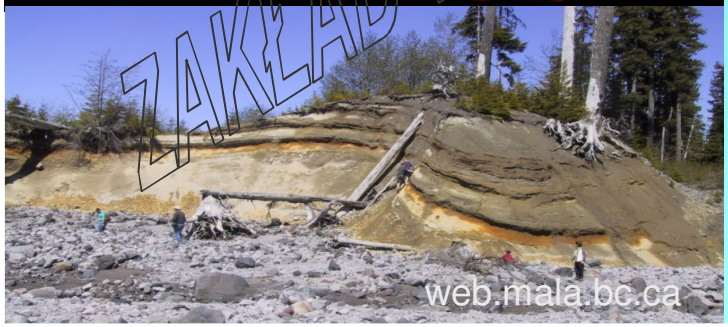
www.pubs.usgs.gov

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Wulkan St. Helens

1980

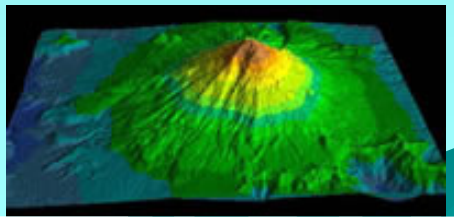




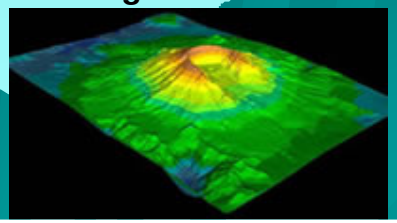
2003 - 2006

www.pubs.usgs.gov

atlas.geo.cornell.edu



1980

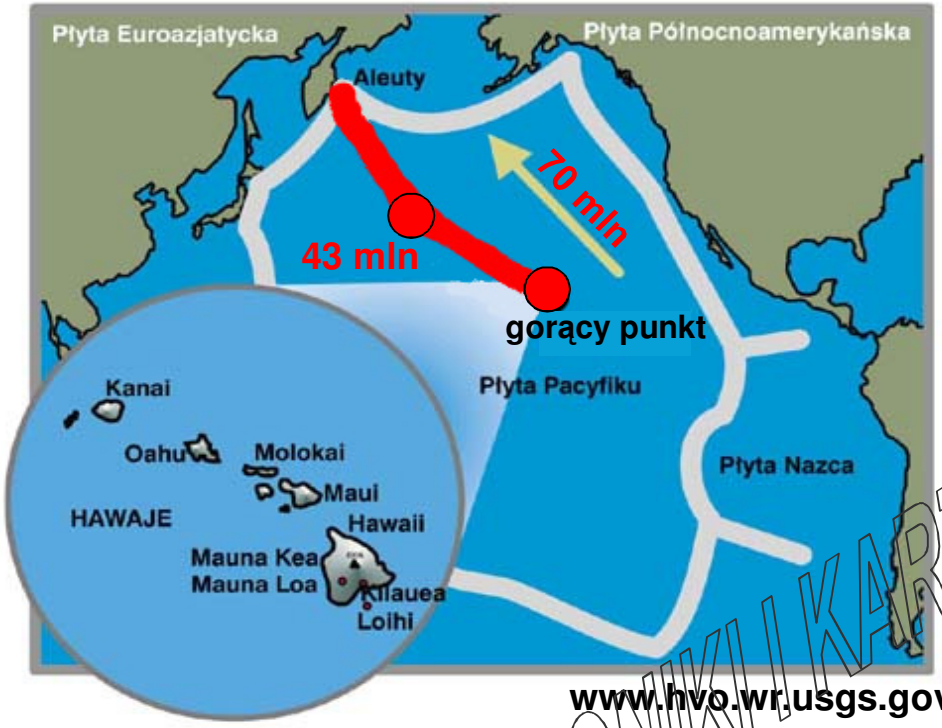


ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

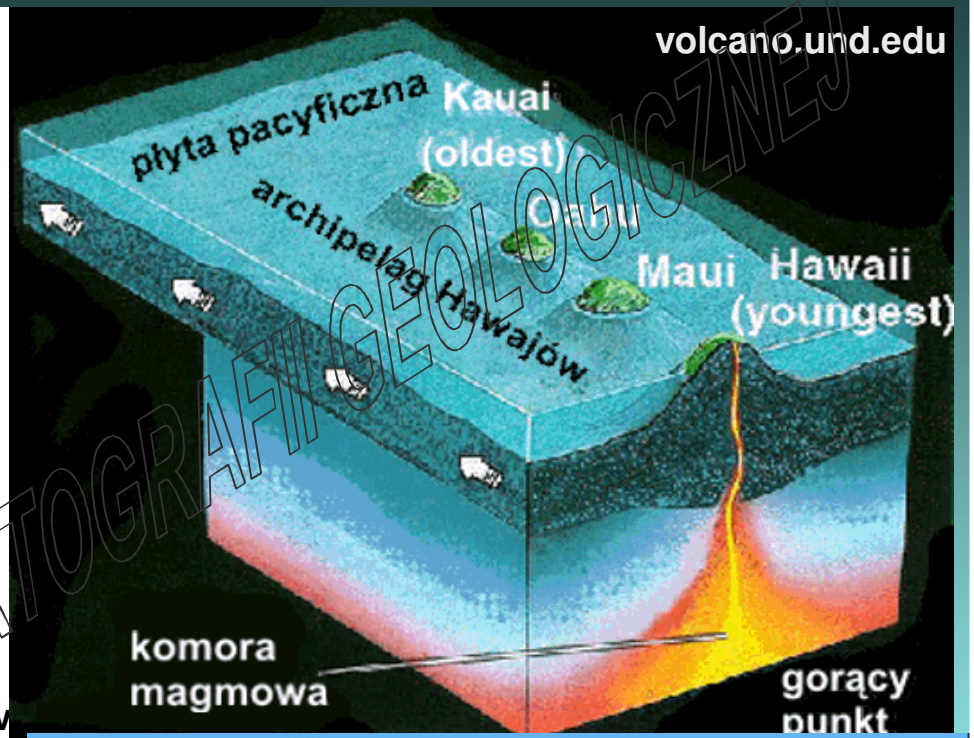
Wulkan St. Helens

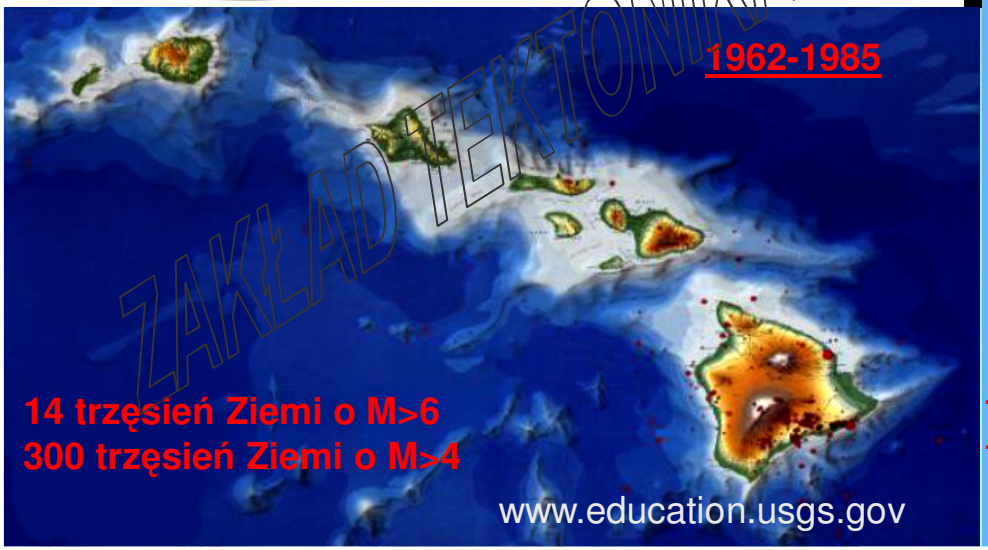
ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

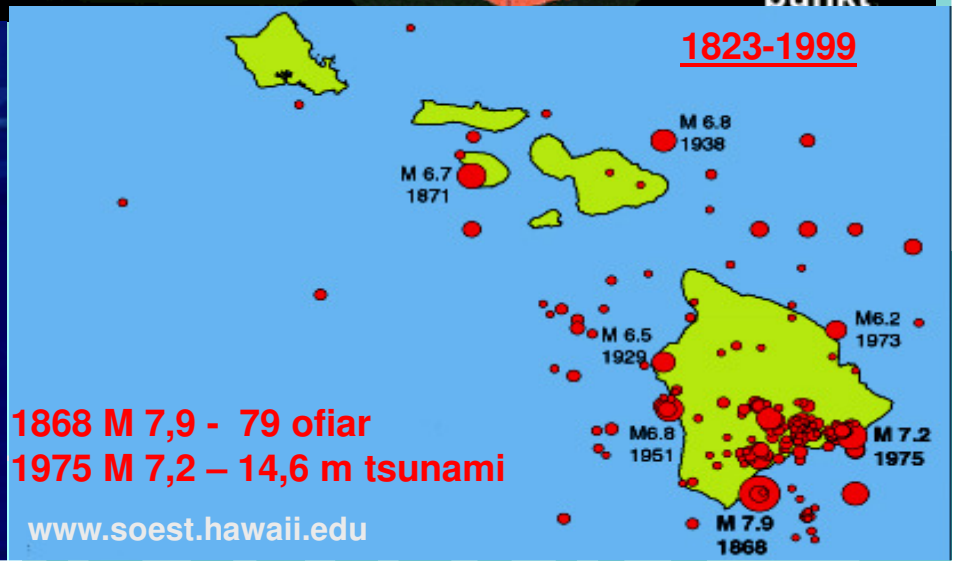
Hawaje



www.hvo.wr.usgs.gov

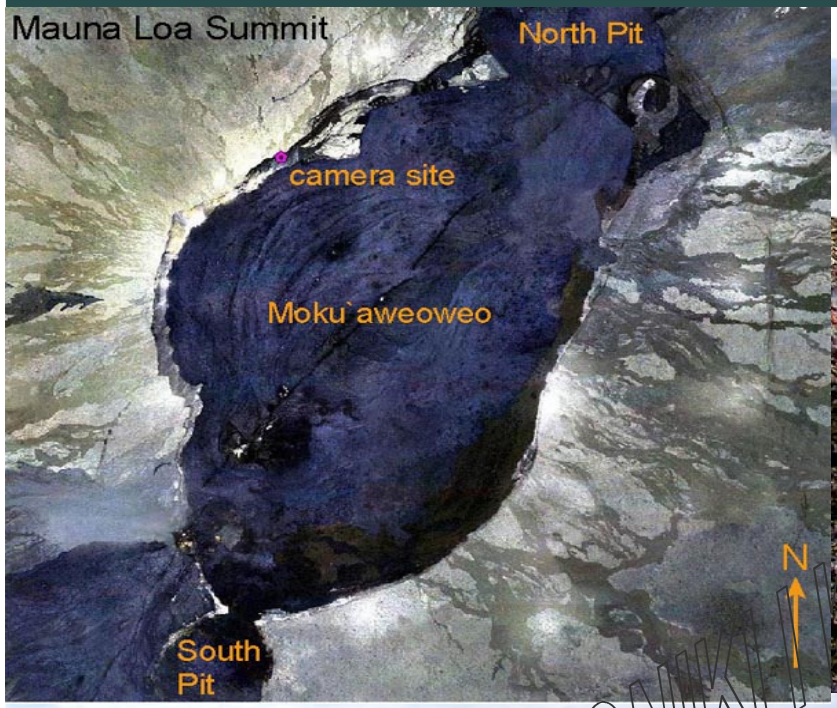






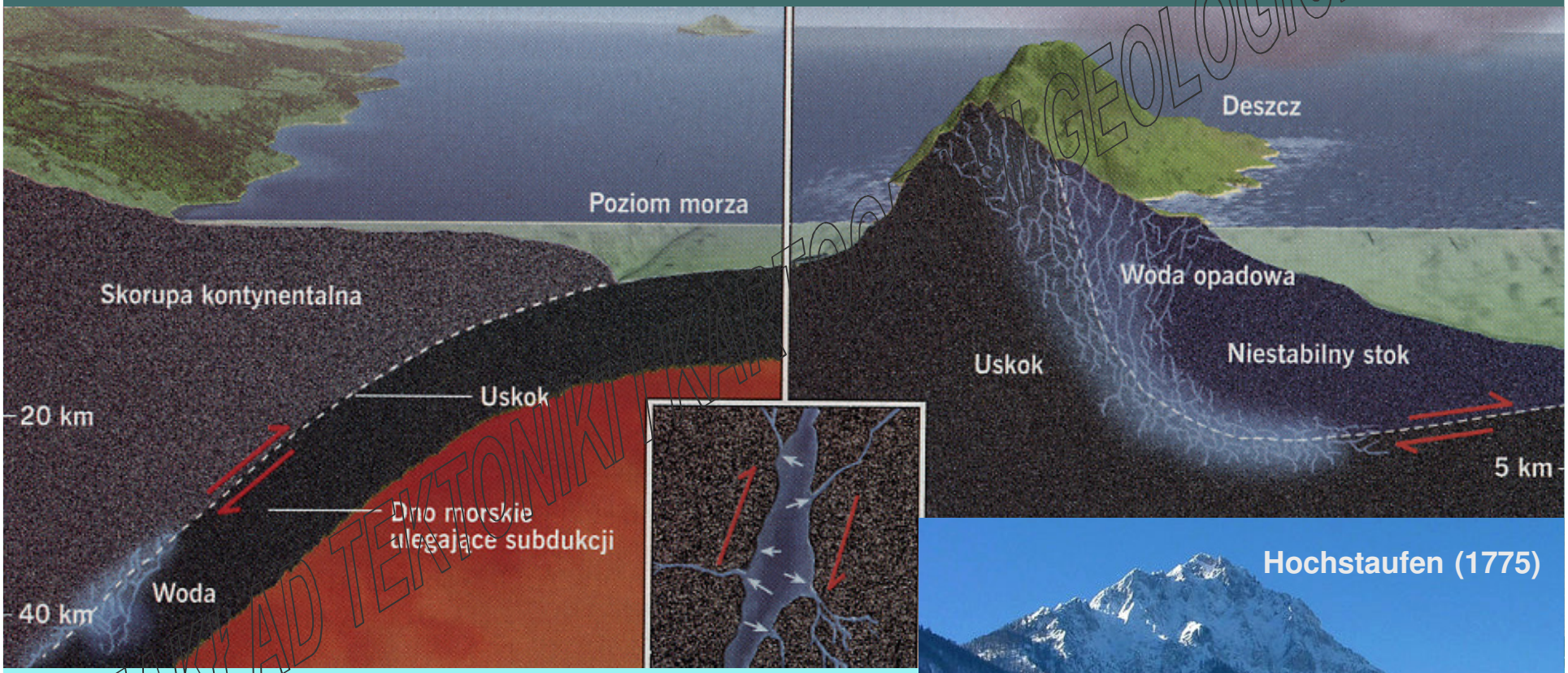
ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Hawaje



ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Woda
tzw. ciche trzęsienia ziemi

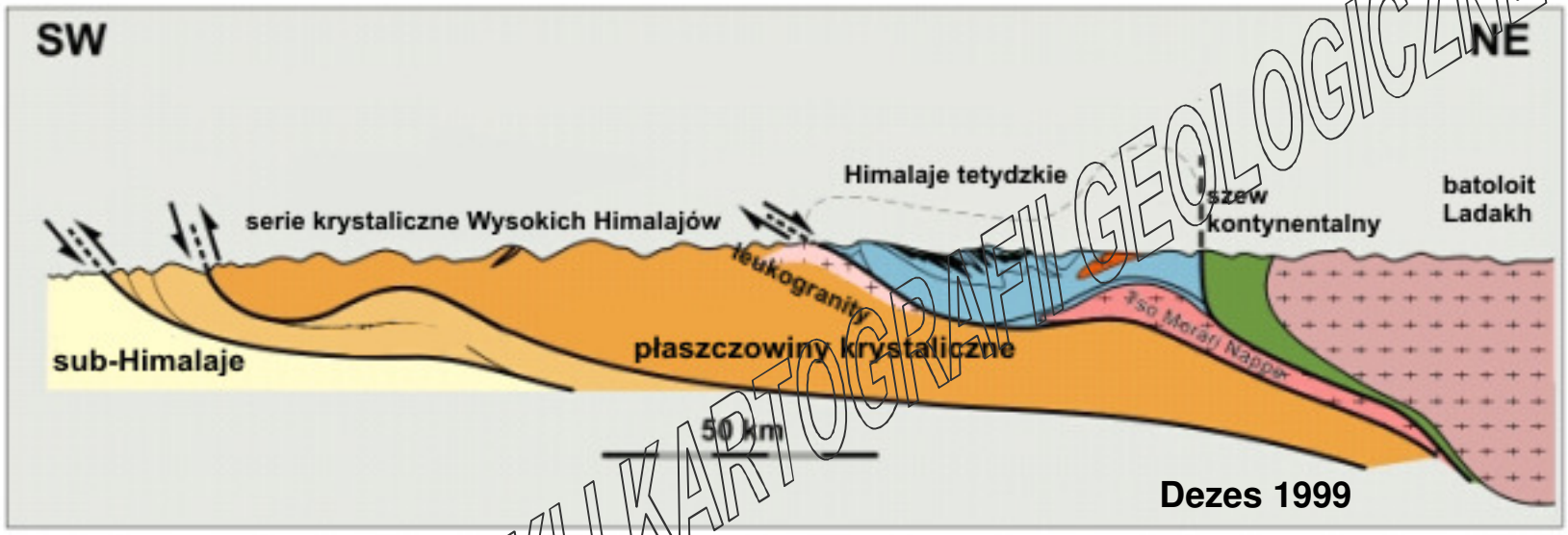


Hawaii 2000 r.
przemieszczenie 10 cm
2000 km³

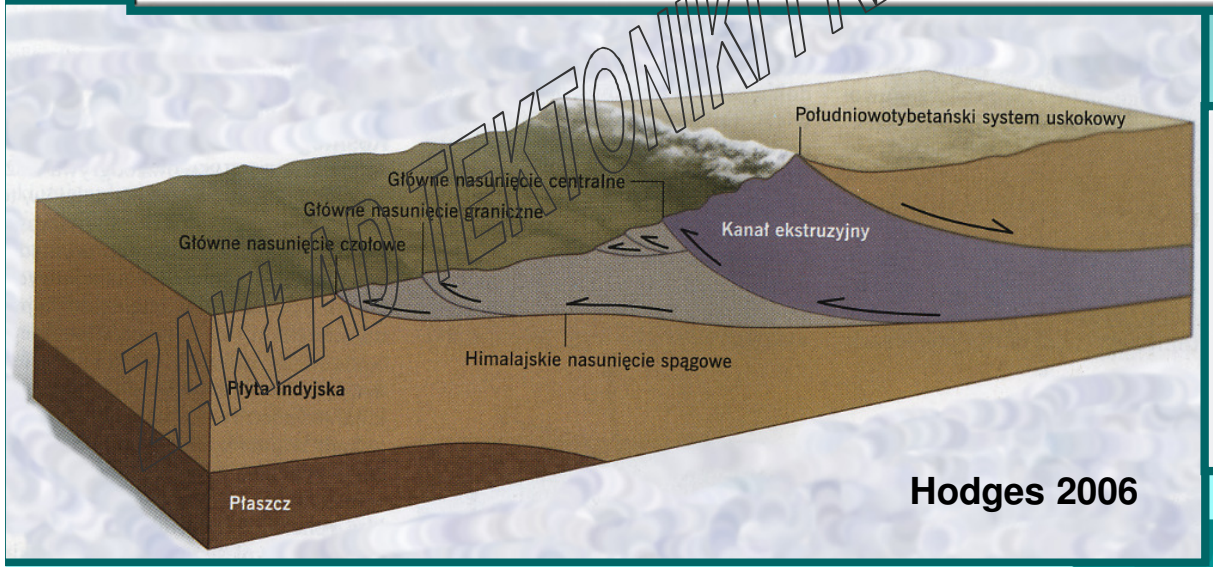
ok. 1000 wstrząsów rocznie
M max. 2,7

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

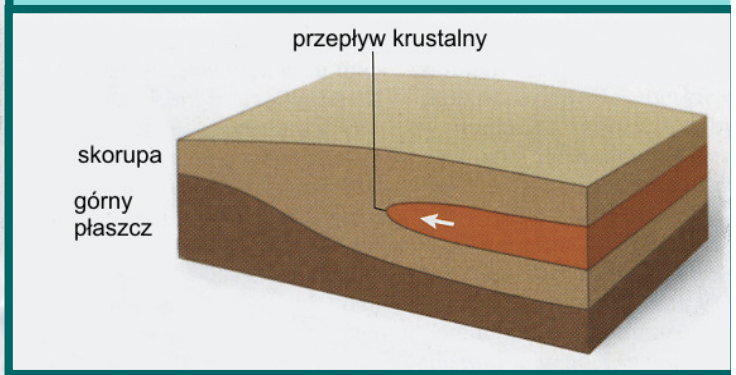
Opady atmosferyczne



Dezes 1999



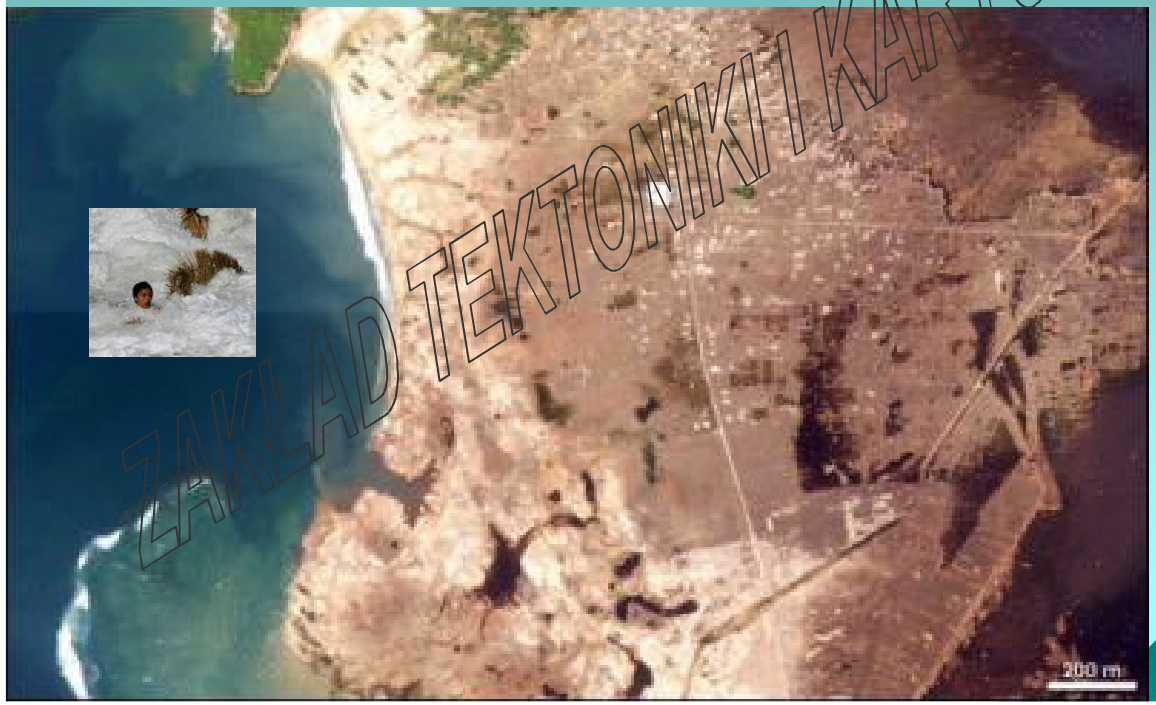
Hodges 2006



ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Tsunami
Sumatra
grudzień 2004 r.

www.serc.carleton.edu



M 9,0
300 000 ofiar

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

www.windows.ucar.edu

Tsunami

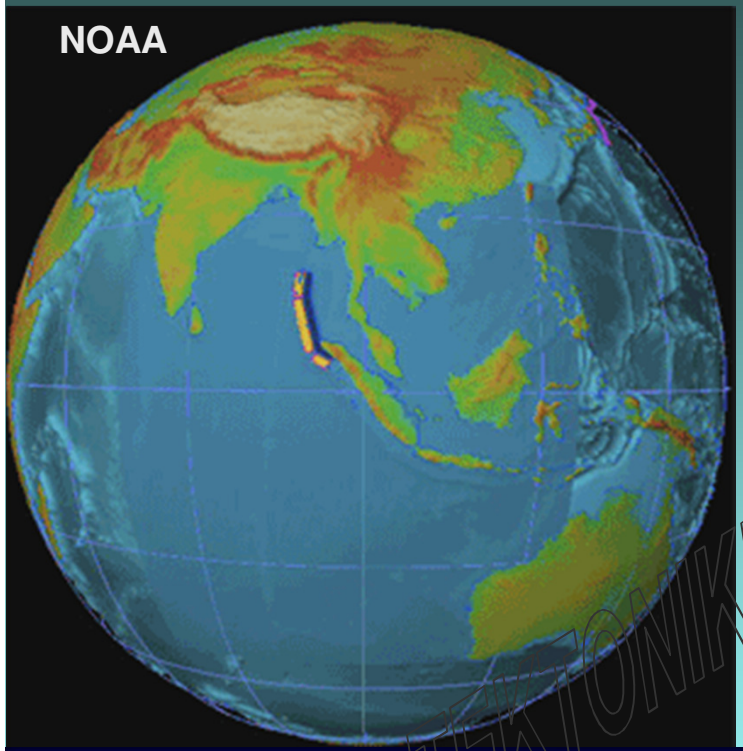
Sri Lanka, Kalutara

Grudzień 2004 r.

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Tsunami

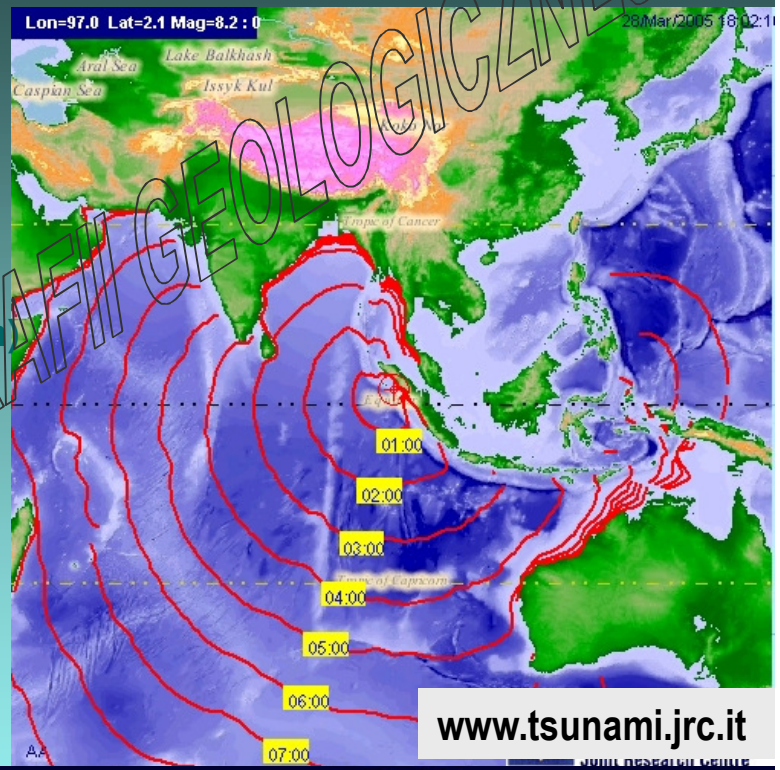
Sumatra: grudzień 2004; marzec 2005

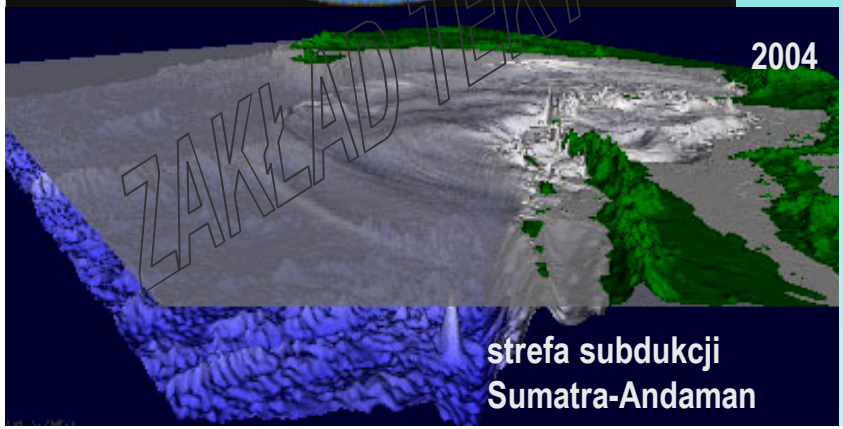


2004 r. – M 9,0
przemieszczenie 12 m
na uskoku dł. 1200 km
na gł. 5000 m
tsunami wys. 10m (40m)
prędkość 800 km/h

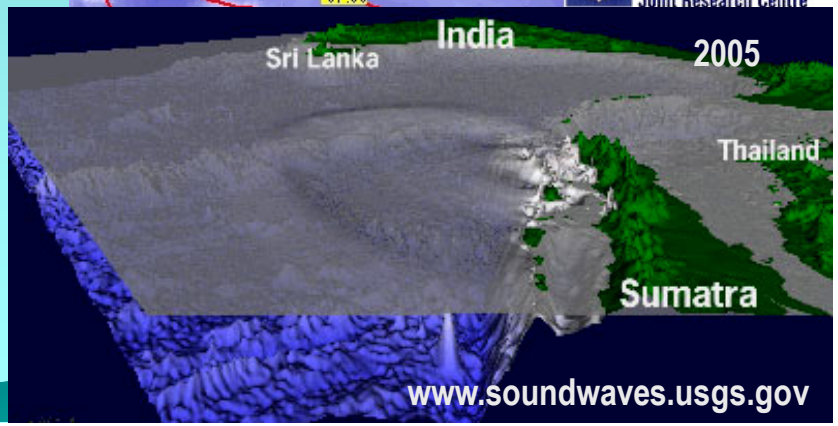
doba - 3 milisekundy
oś - 2,5 cm

2005 r. – M 8,2
przemieszczenie 3 m
na gł. 1000 m



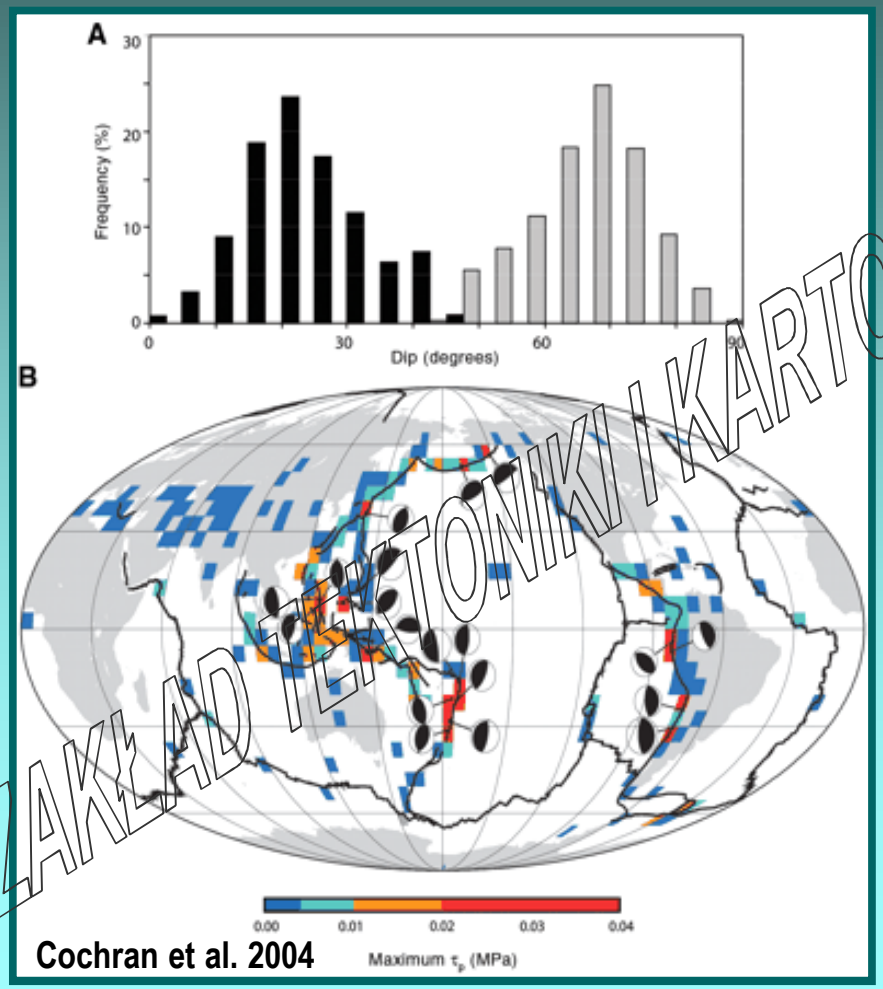


Chile 1960
M 9,5
dł. 700 km
20 m
5700 ofiar

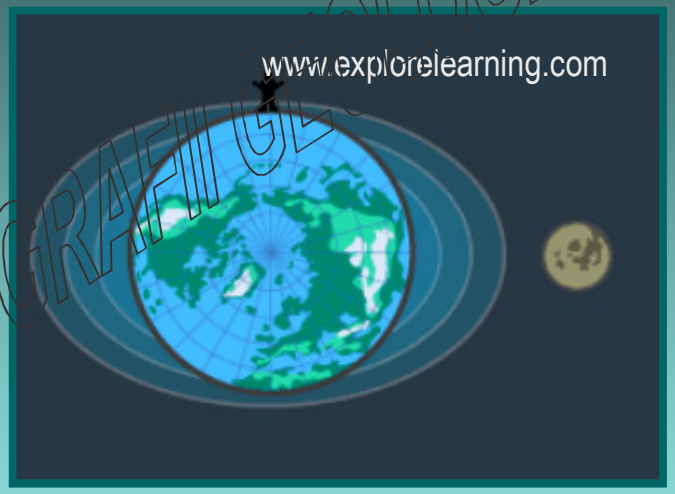


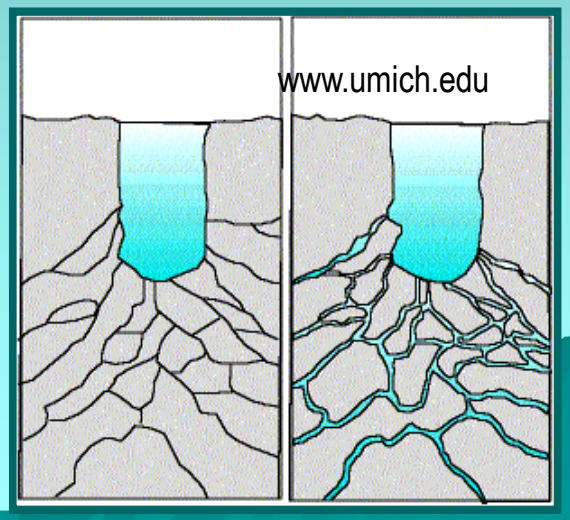
ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Trzęsienia Ziemi pływowe



Cochran et al. 2004

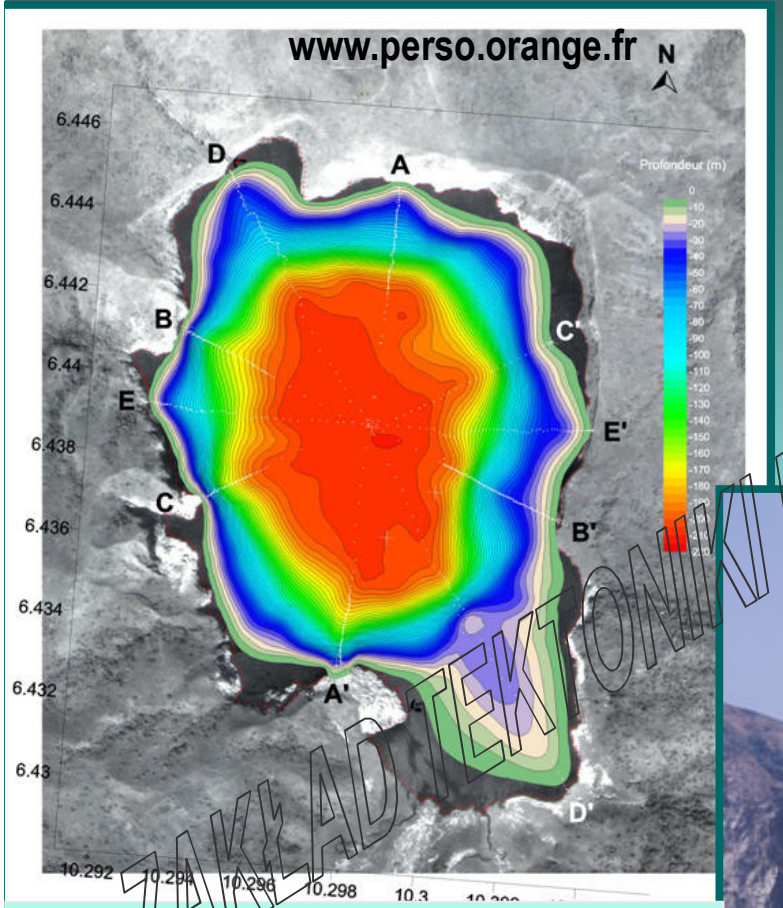




ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Jezioro Nyos, Kamerun

erupcja limniczna 1986 r.



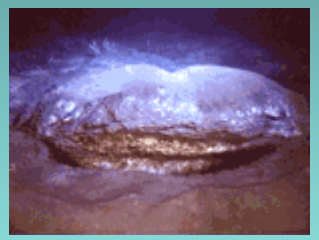
20 mln m3 rocznie
zasoby: 300 mln m3 CO_2

erupcja 400 lat temu
maar gł. 200 m
1700 ofiar wśród ludzi
3000 szt. bydła

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

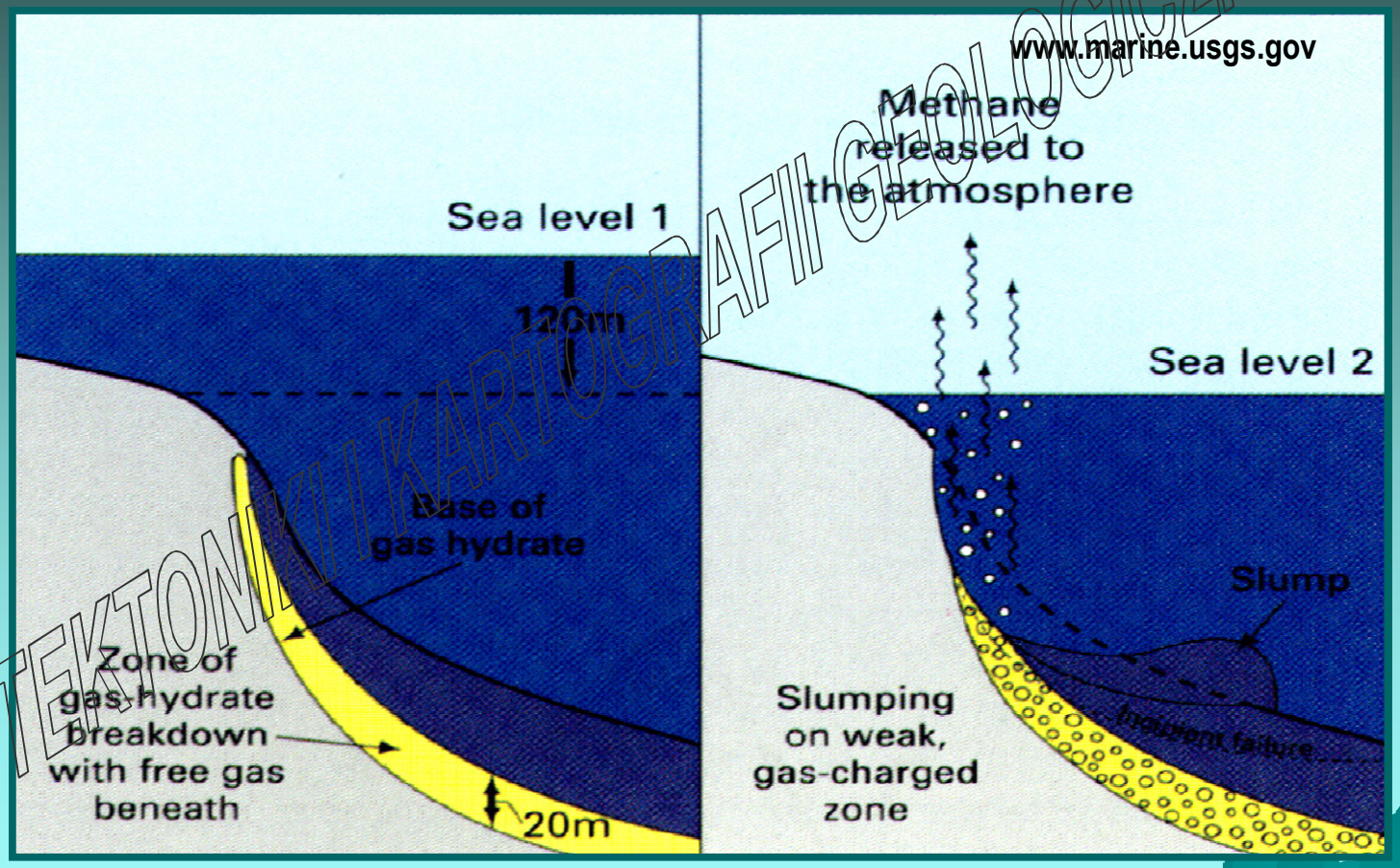
Hydraty

www.eed.llnl.gov



www.ocean.tamu.edu

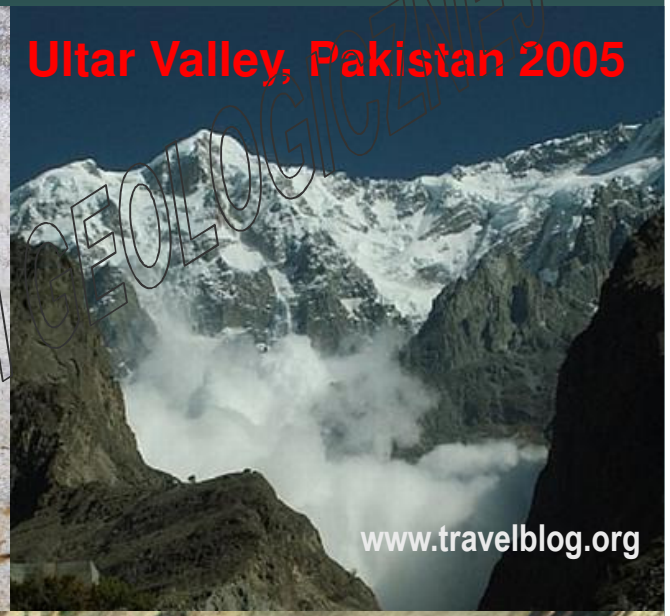
www.neptune.washington.edu



www.marine.usgs.gov

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Osuwiska, kurzawki, lawiny



ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Uderzenia meteorytów

krater Oasis
na Pustyni Libijskiej

krater Ouarkziz
Algeria

krater Barringer
Arizona,1,2 km

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Działalność człowieka

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

Trzęsienie Ziemi – nieposkromiony żywioł?

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

przewidywanie

- sejsmografy
- tiltometry
- GPS
- mierniki naprężeń
- indywidualne detektory trzęsień ziemi

ograniczanie skutków

- planowanie przestrzenne
- architektura antywstrząsowa
- świadomość zagrożenia
- systemy wczesnego ostrzegania

zapobieganie

- odgazowanie jezior
- rozbijanie asteroidów
- tłoczenie wody do stref uskokowych

Pytania:

- Wyjaśnij, dlaczego trzęsienia Ziemi związane ze strefami subdukcji są silniejsze od trzęsień Ziemi związanych z ryftami.
- Wymień i opisz powierzchniowe fale sejsmiczne

ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ