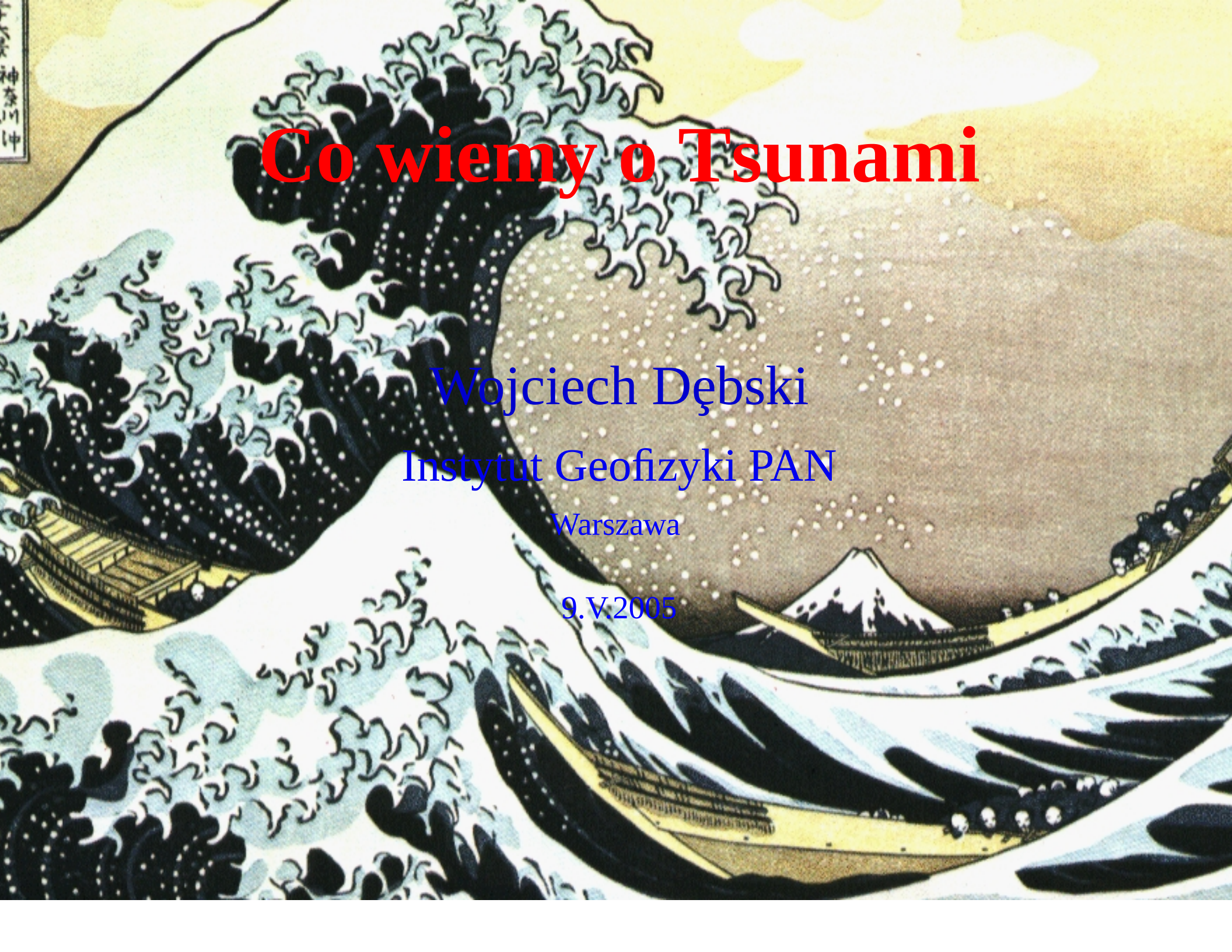




Co wiemy o Tsunami

Wojciech Dębski

Instytut Geofizyki PAN

Warszawa

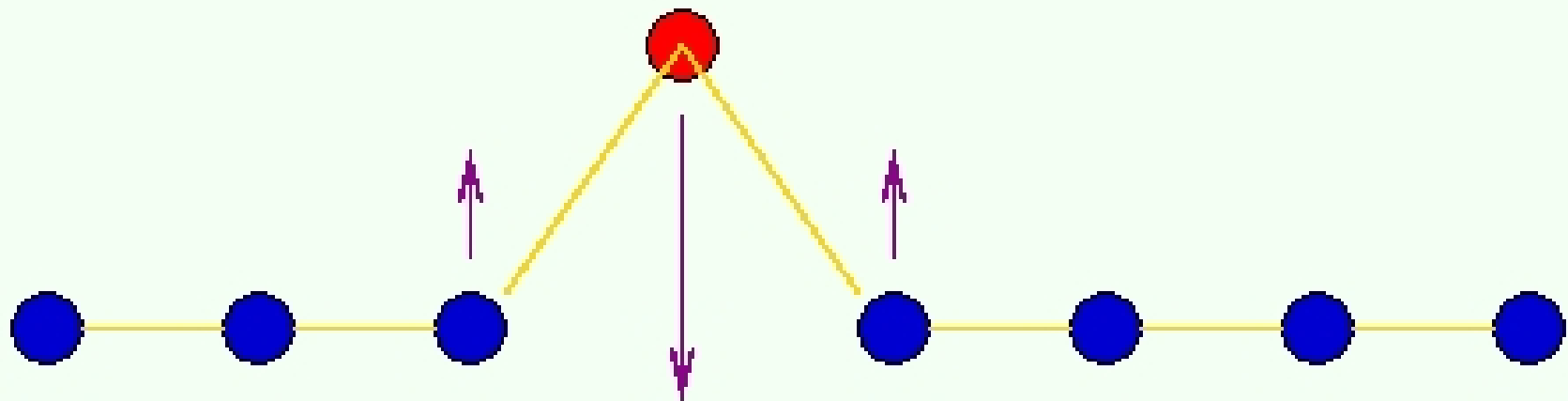
9.V.2005

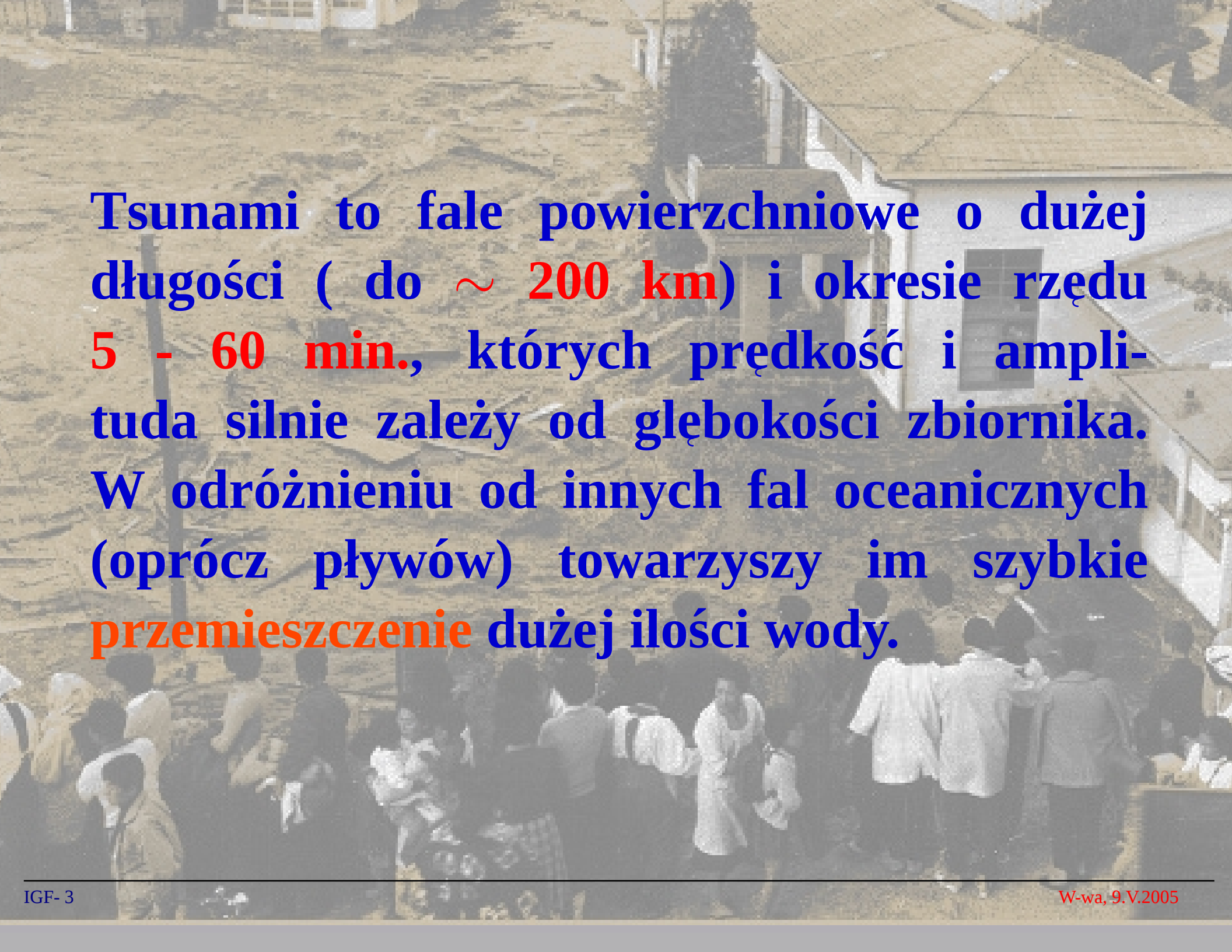
Tsunami

- “sejsmiczne fale oceaniczne”

Tsunami (jap. - fala portowa) - oceaniczna fala grawitacyjna wywołana przez podmorskie trzęsienia ziemi lub inne procesy geologiczne związane z przesunięciem (“wypieraniem”) dużych objętości wody.

Fale grawitacyjne





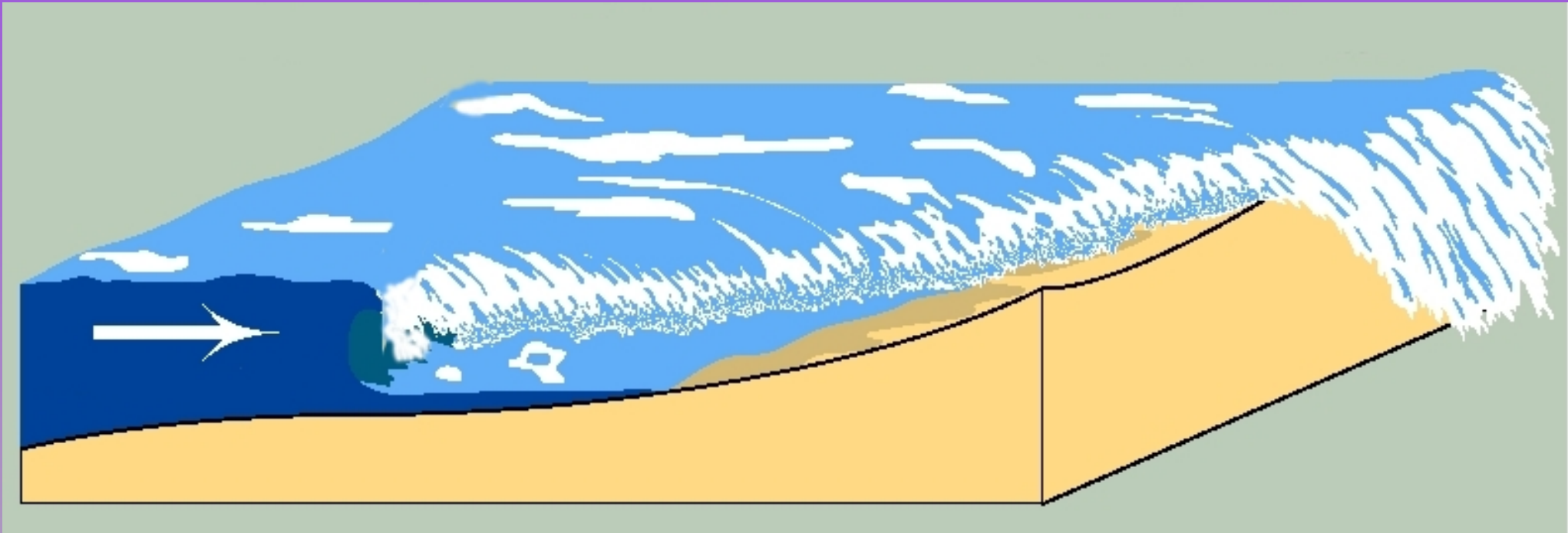
Tsunami to fale powierzchniowe o dużej długości (do ~ 200 km) i okresie rzędu 5 - 60 min., których prędkość i amplituda silnie zależy od głębokości zbiornika. W odróżnieniu od innych fal oceanicznych (oprócz pływów) towarzyszy im szybkie **przemieszczenie** dużej ilości wody.

Fale “wiatrowe”

Fale ``wiatrowe"



Fale tsunami











“Sławne tsunami”

- ❖ 1750, wybrzeże Portugalii, zniszczona Lizbona
- ❖ 1883, Wybuch wulkanu Krakatau
- ❖ 1958, Zatoka Lituya, ($M_W = 7.9$), $H = 520\text{m}$
- ❖ 1960, Chile ($M_W = 9.5$), 1200 ofiar
- ❖ 1964 Archipelag Aleuty ($M_W = 7.4$),
Powstał ogólnopacyficzny system ostrzegania.
- ❖ 2004, Sumatra, ($M_W = 9.2$), 300 tys. ofiar

Sumatra 2004



Sumatra 2004

animacja-2, animacja-3

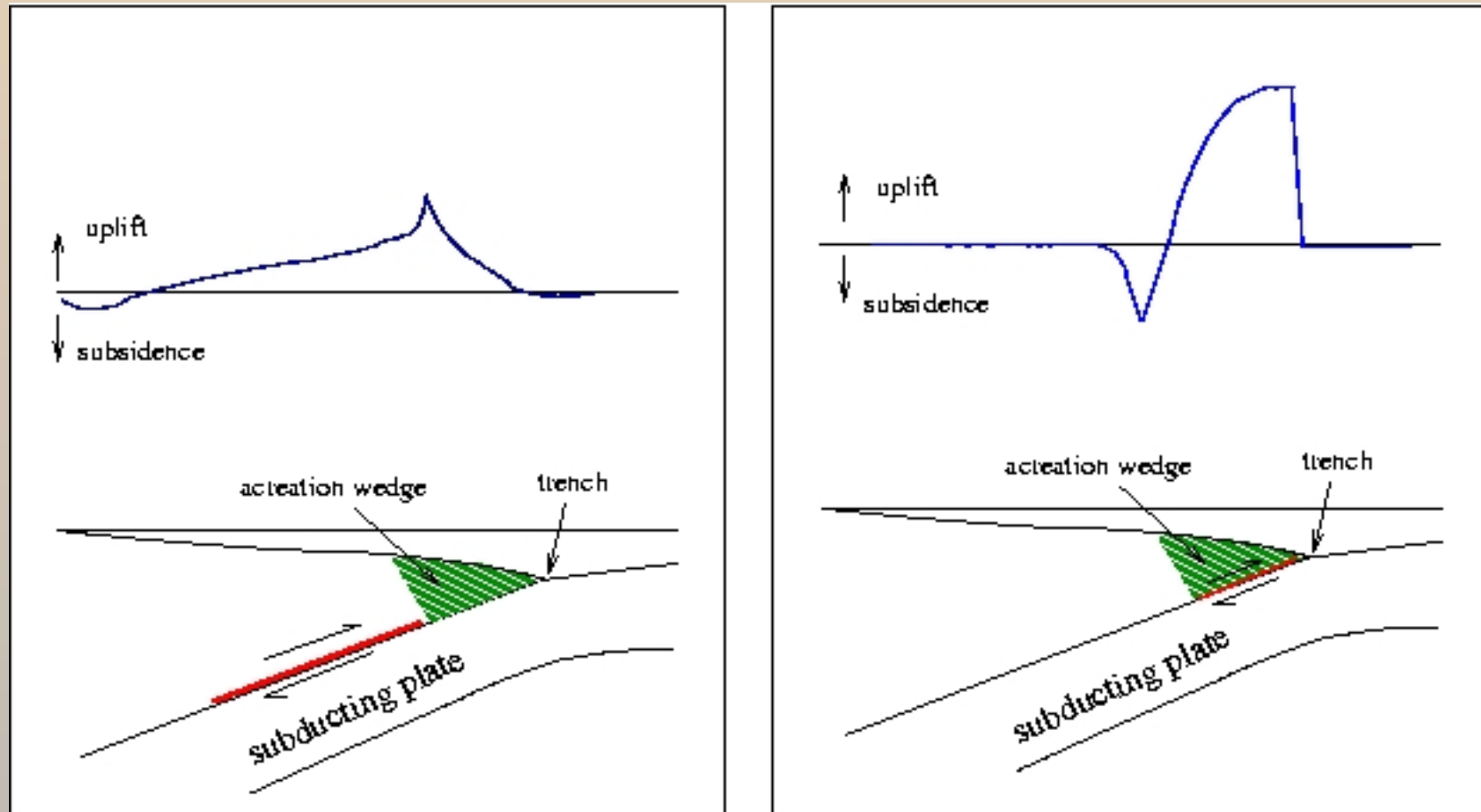
Powstawanie tsunami



Powstawanie tsunami

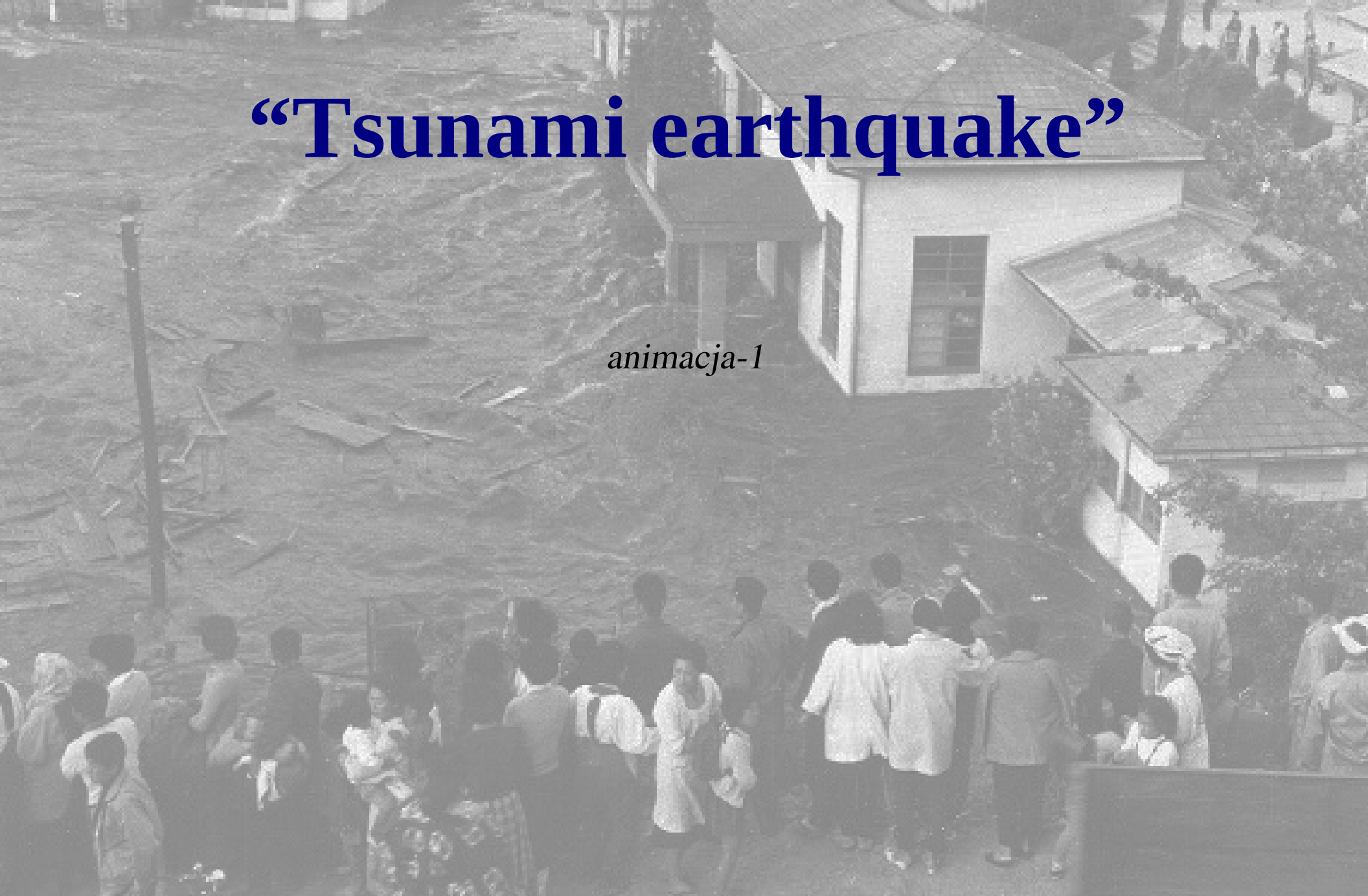


Kiedy powstanie Tsunami?

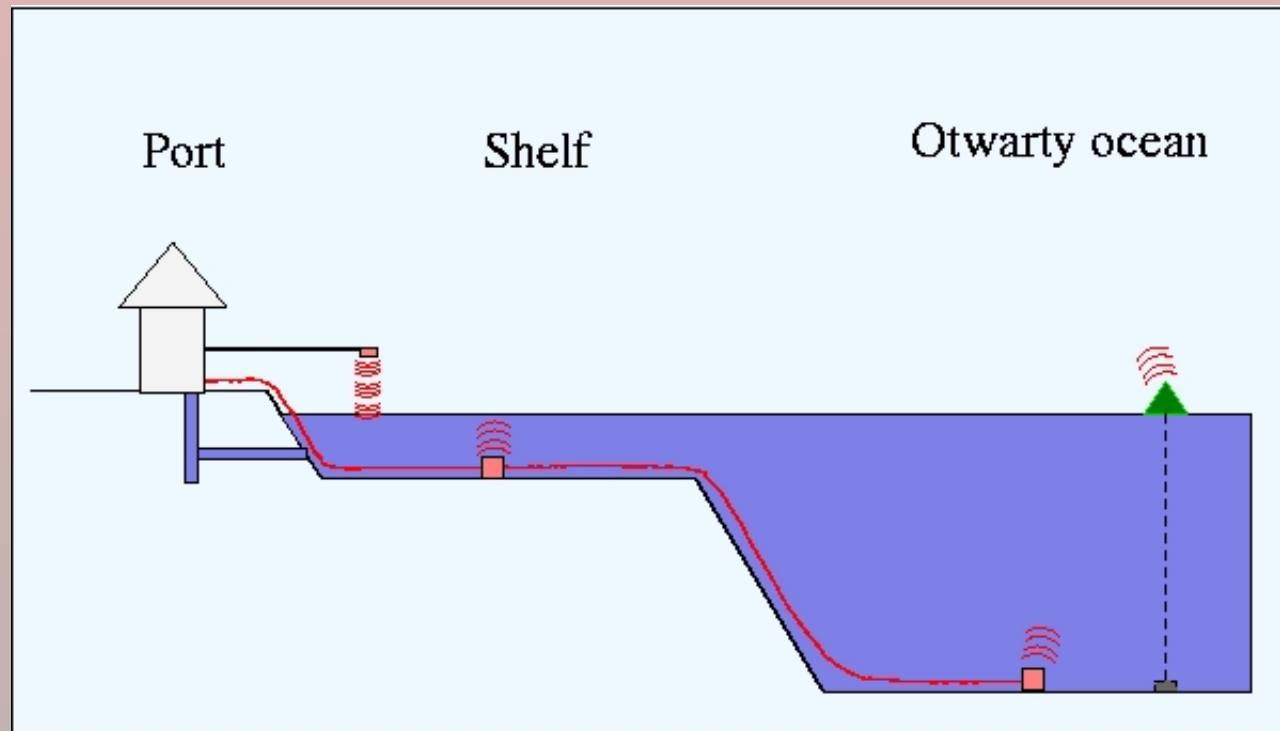


“Tsunami earthquake”

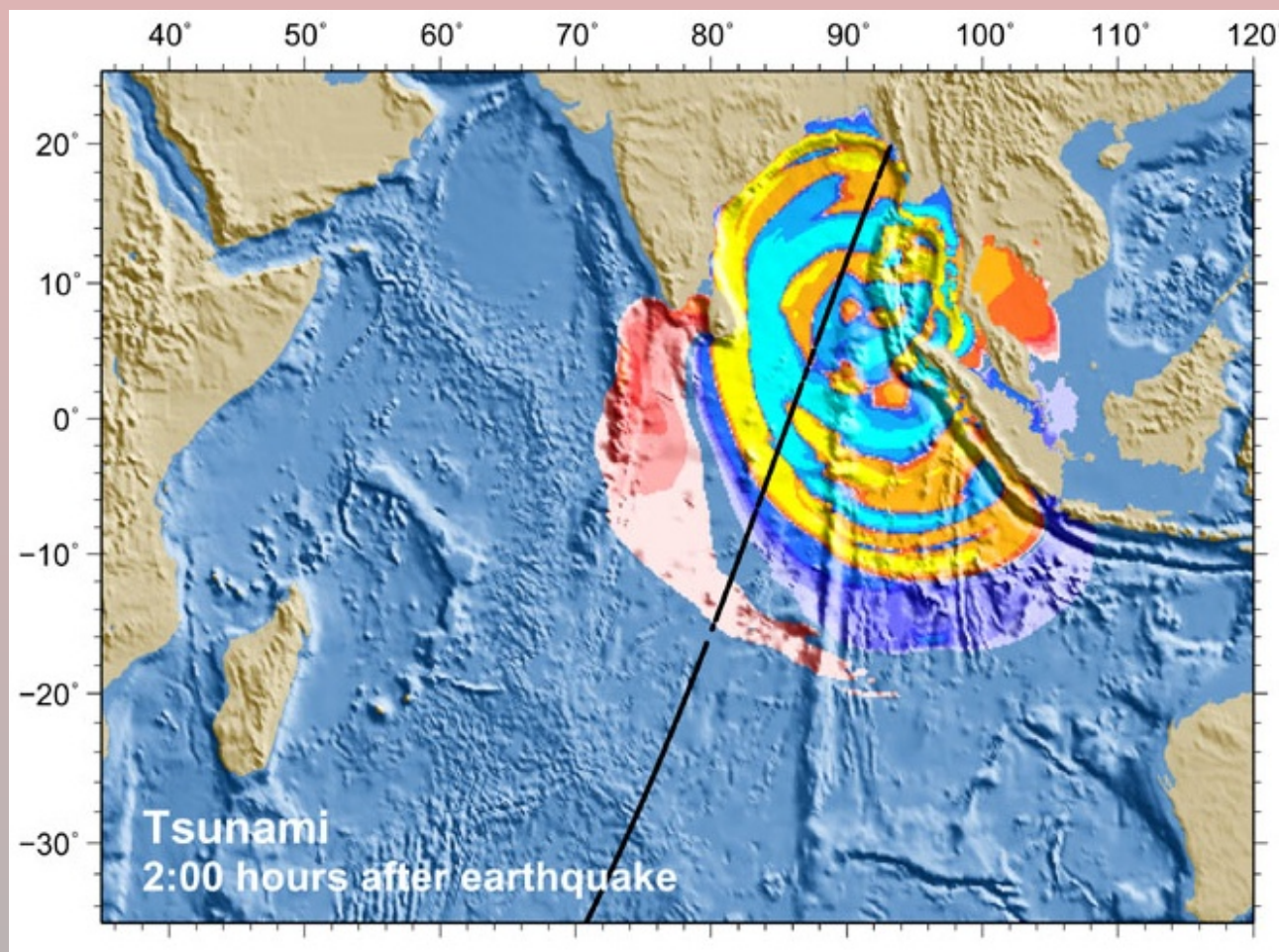
animacja-1



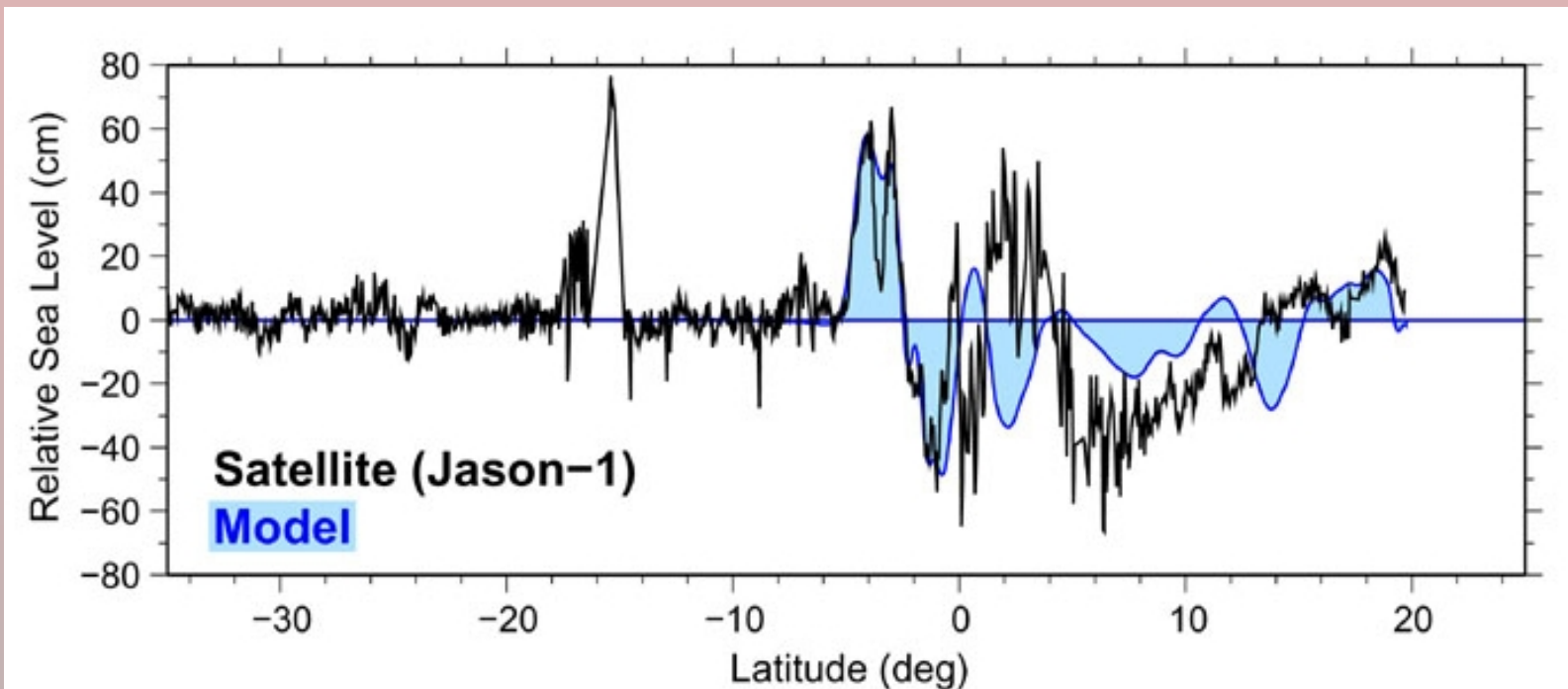
Metody pomiarowe



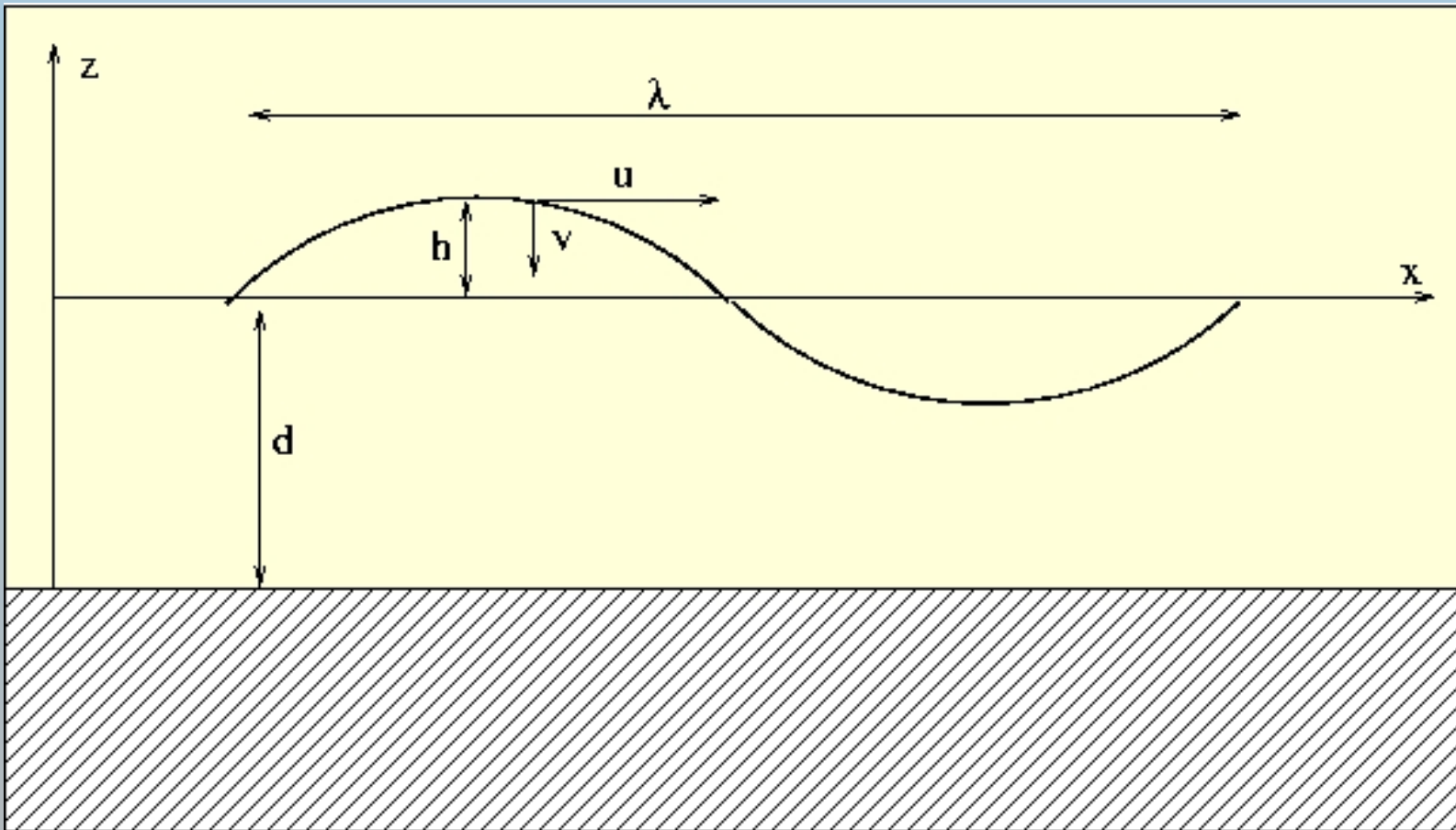
Obserwacje satelitarne



Obserwacje satelitarne



Dynamika Tsunami



Fale grawitacyjne - przybliżenie “shallow water”

$$\frac{D\mathbf{V}}{Dt} = -\mathbf{g} - \frac{1}{\rho}\nabla p$$

$$\frac{D\mathbf{V}}{Dt} = \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla \mathbf{V}$$

$$\lambda \gg d \quad \text{ i } \quad h \ll d \quad \mathbf{V} = (u, v)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -g \frac{\partial h}{\partial x} \quad \frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(du)$$

$$\frac{\partial^2 h}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \quad c = \sqrt{gd}$$

Charakterystyka fal Tsunami

Fala grawitacyjna rozchodząca się w kierunku “x”

$$h = a \cos(kx - \omega t)$$

prędkość fazowa

$$c = \frac{\omega}{k} = \left(\frac{g}{k} \tanh kd \right)^{1/2} = \left(\frac{g\lambda}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{\lambda} \right)^{1/2}$$

prędkość ruchu cząstek

$$u = a\omega \frac{\cosh(k(z + d))}{\sinh kd} \cos(kx - \omega t)$$

$$v = a\omega \frac{\sinh(k(z + d))}{\sinh kd} \sin(kx - \omega t)$$

Przybliżenie shallow-water-long-wave

$$d \ll \lambda \implies c = \sqrt{gd}$$

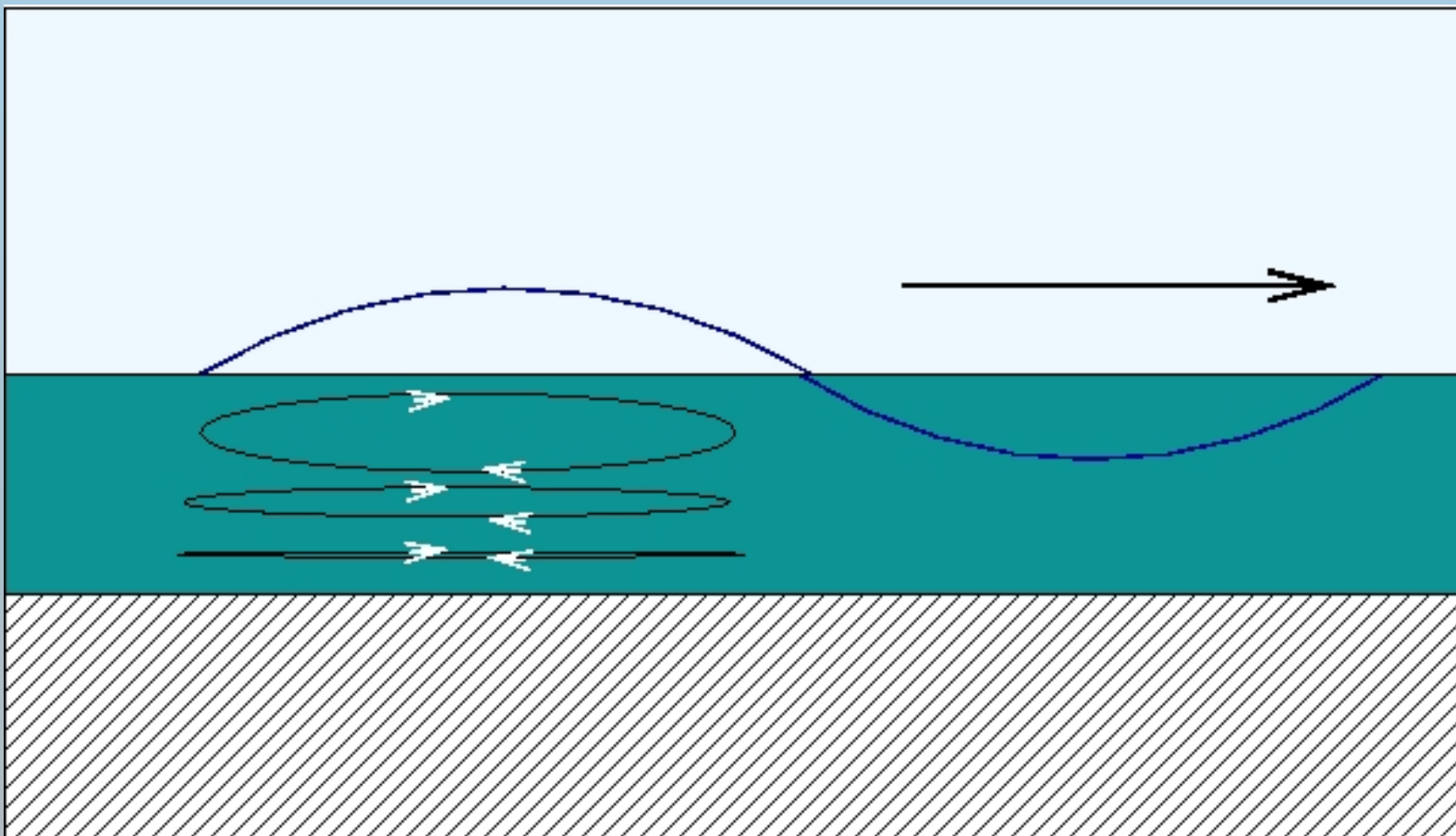
$$w = a\omega \left(1 + \frac{z}{d}\right) \sin(kx - \omega t)$$

$$u = \frac{a\omega}{kd} \cos(kx - \omega t) = \frac{h\omega}{kd}$$

$$|w|/|u| = 2\pi d/\lambda \ll 1$$

- ❖ Na dnie ($z=-d$) $w = 0$ i wzrasta liniowo ku powierzchni.
- ❖ Cząstki poruszają się praktycznie poziomo $\Rightarrow$ **transport masy**

SWLW - ruch cząstek



Przybliżenie deep-water-short wave

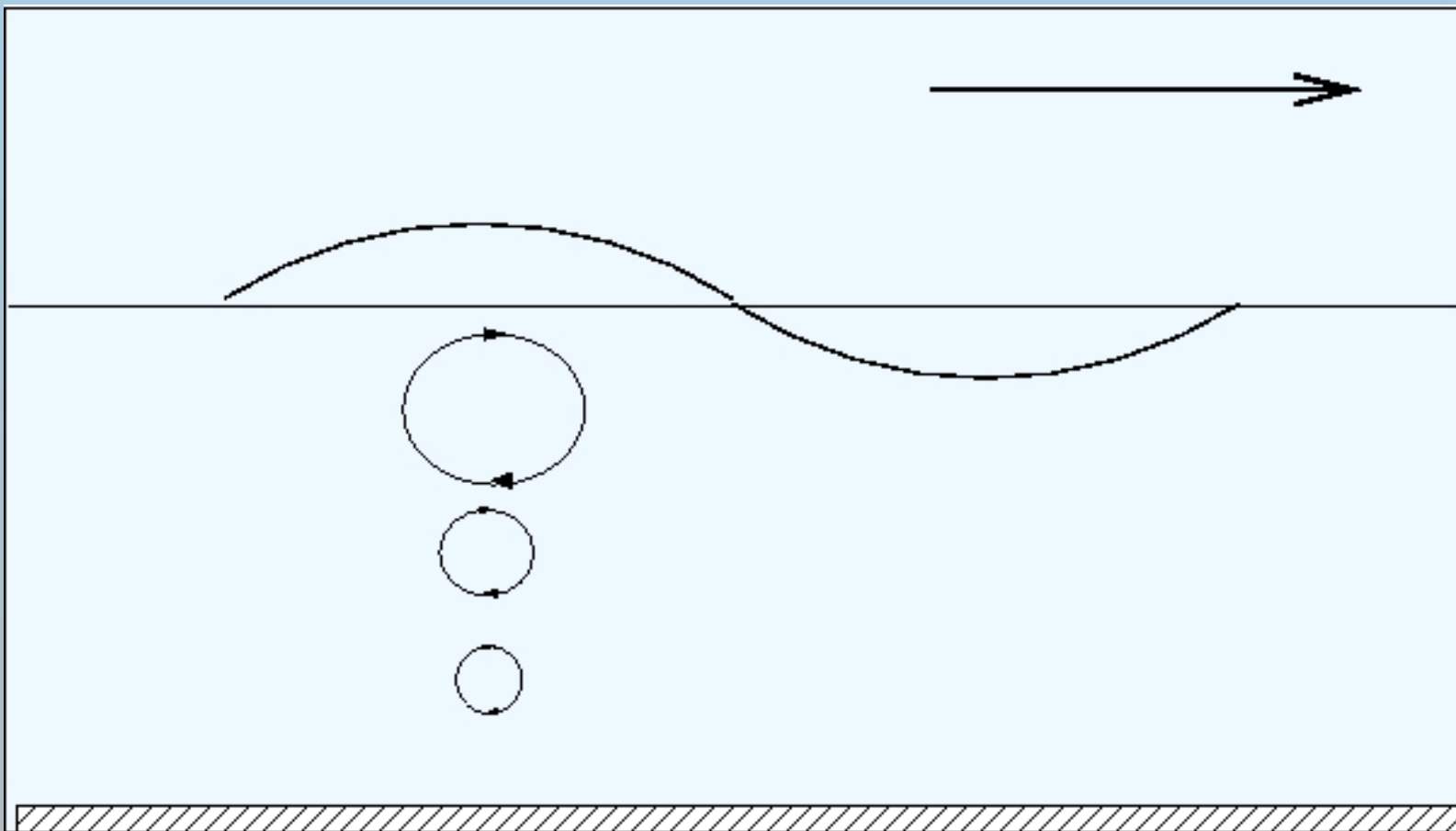
$$d \gg \lambda \implies c = \left(\frac{g\lambda}{2\pi} \right)^{1/2}$$

$$w = a\omega e^{kz} \sin(kx - \omega t)$$

$$u = a\omega e^{kz} \cos(kx - \omega t) = \frac{h\omega}{kd}$$

- ❖ Cząstki poruszają się po trajektoriach kolistych
- ❖ amplituda zanika eksponencjalnie ($z < 0$)
- ❖ normalny związek dyspersyjny: $c \sim \lambda^{1/2}$

DWSW - ruch cząstek



SWLW - duże amplitudy

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} &= -g \frac{\partial h}{\partial x} \\ \frac{\partial h}{\partial t} &= -\frac{\partial}{\partial x}(u(h + d))\end{aligned}$$

Dyspersja amplitudowa:

$$c = \sqrt{g(d + h)}$$

Dyspersja i Amplifikacja

animacja-4, animacja-5





Systemy ostrzegania