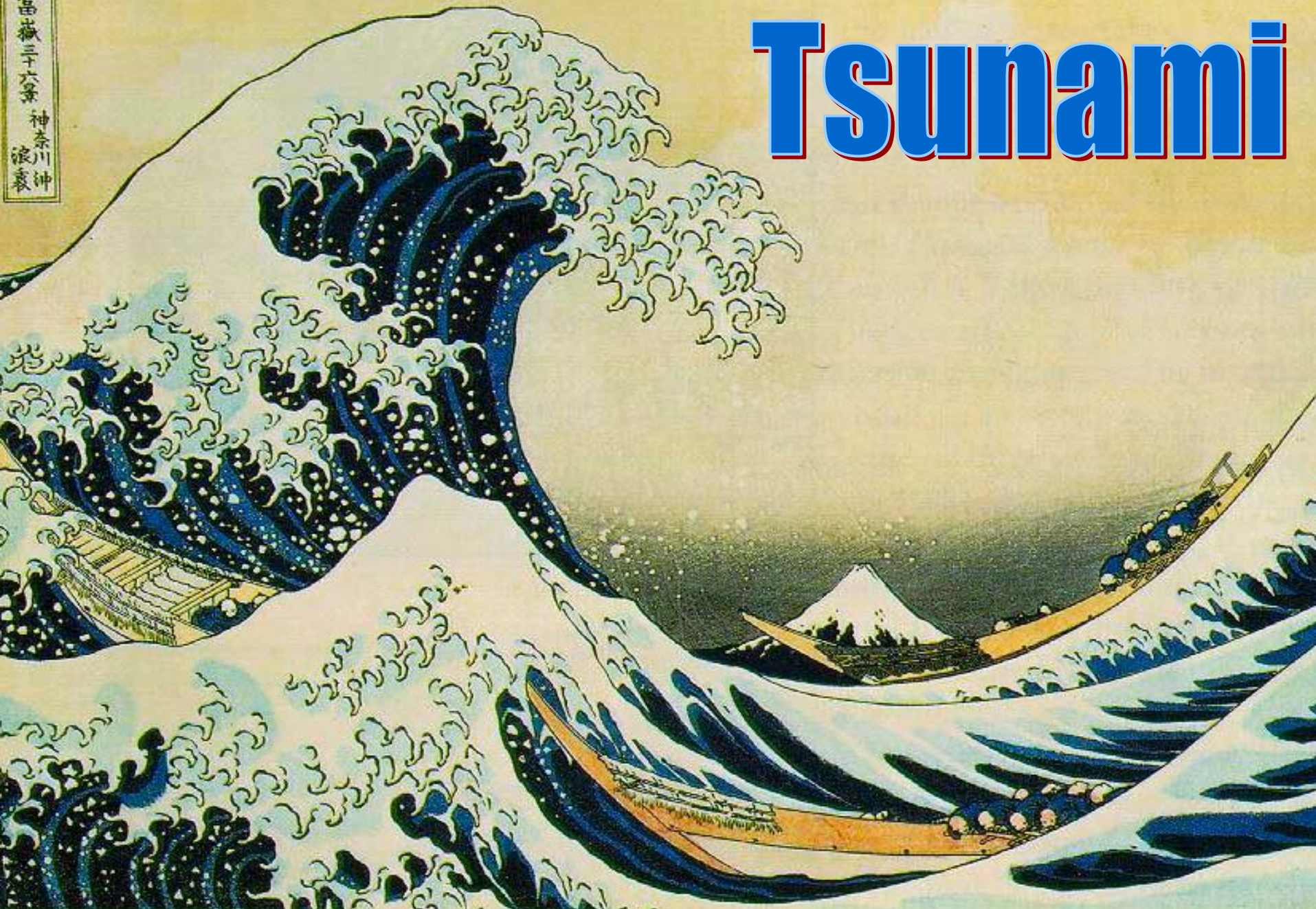
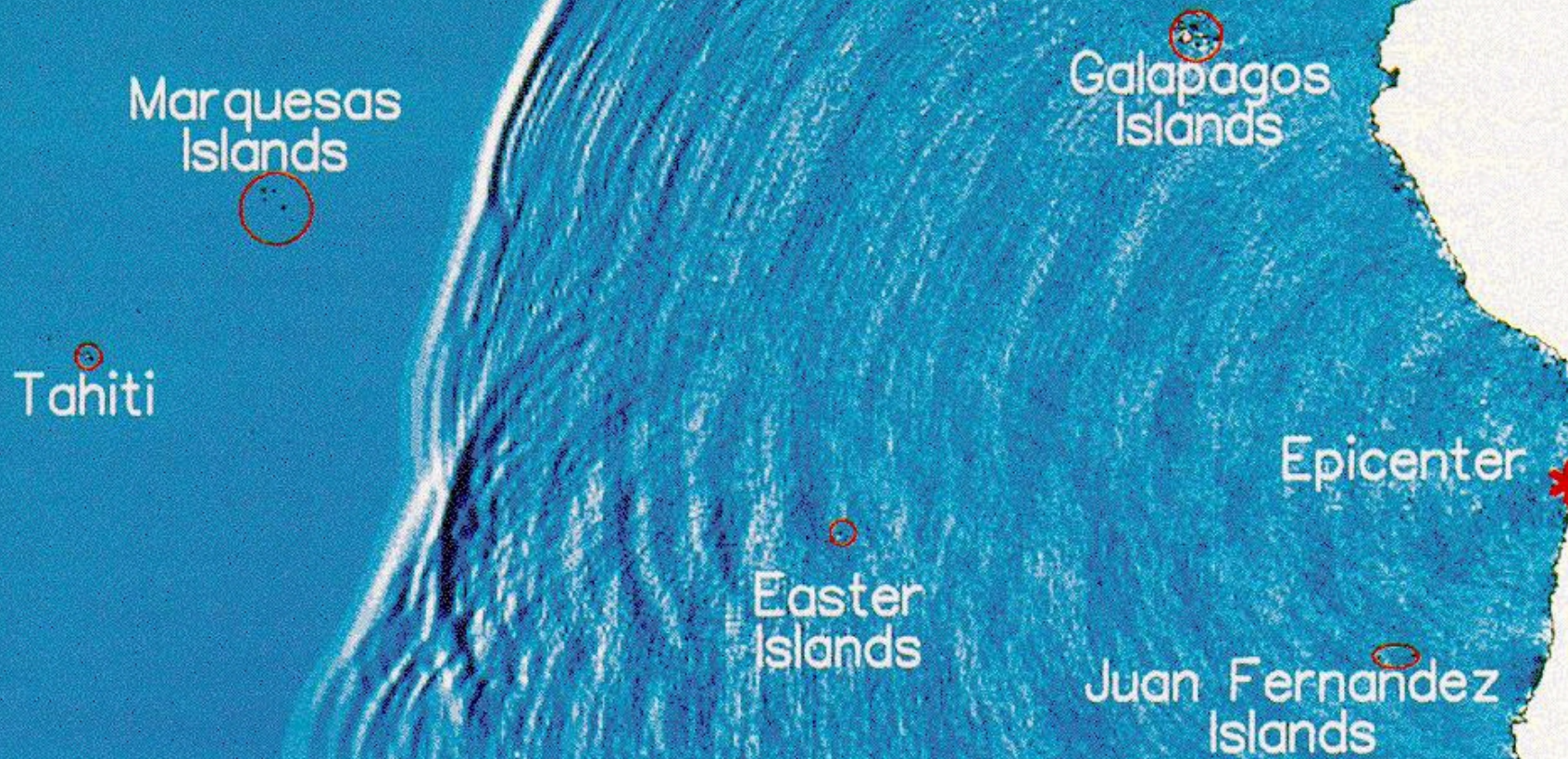


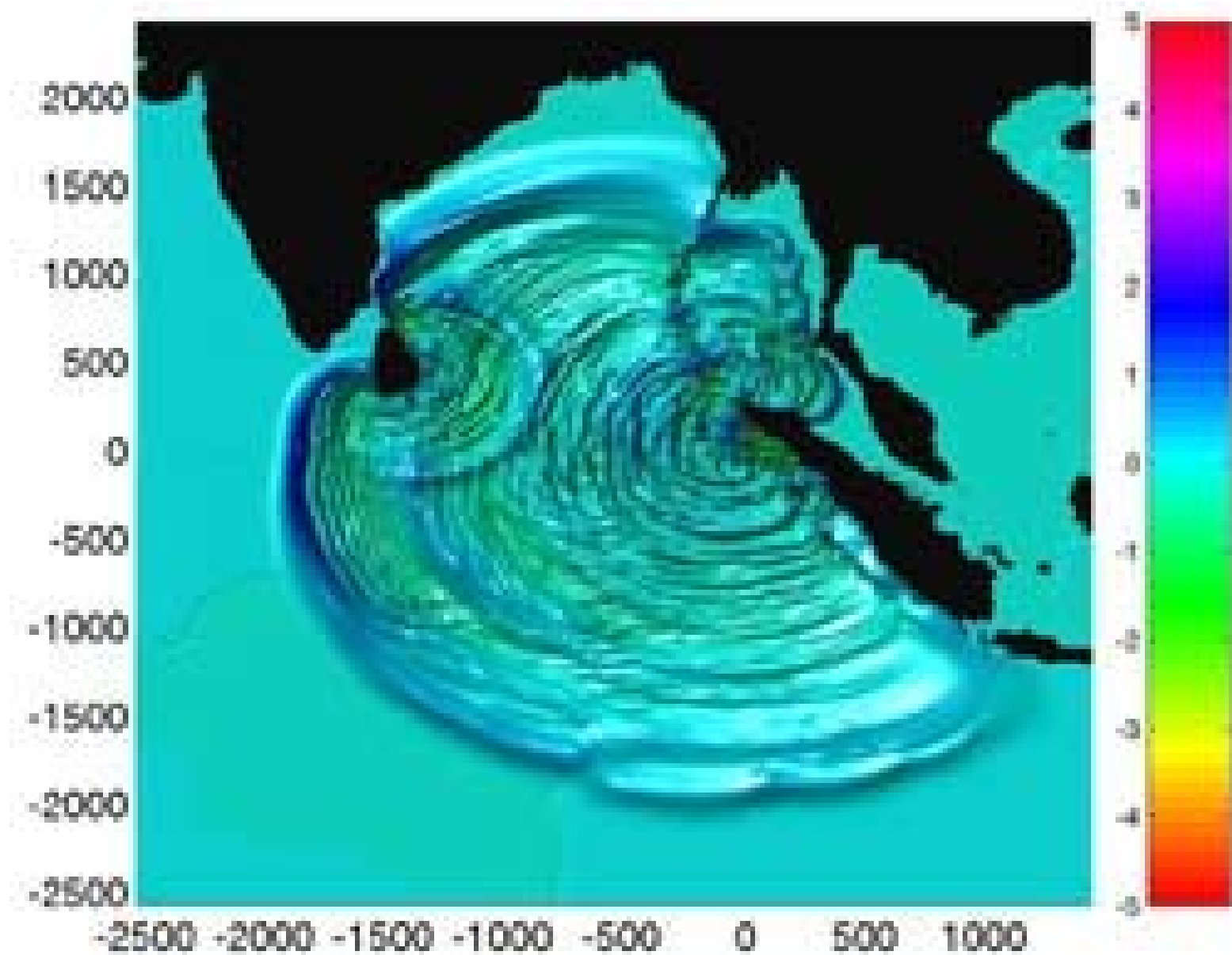
Tsunami

富嶽三十六景 神奈川沖
浪裏



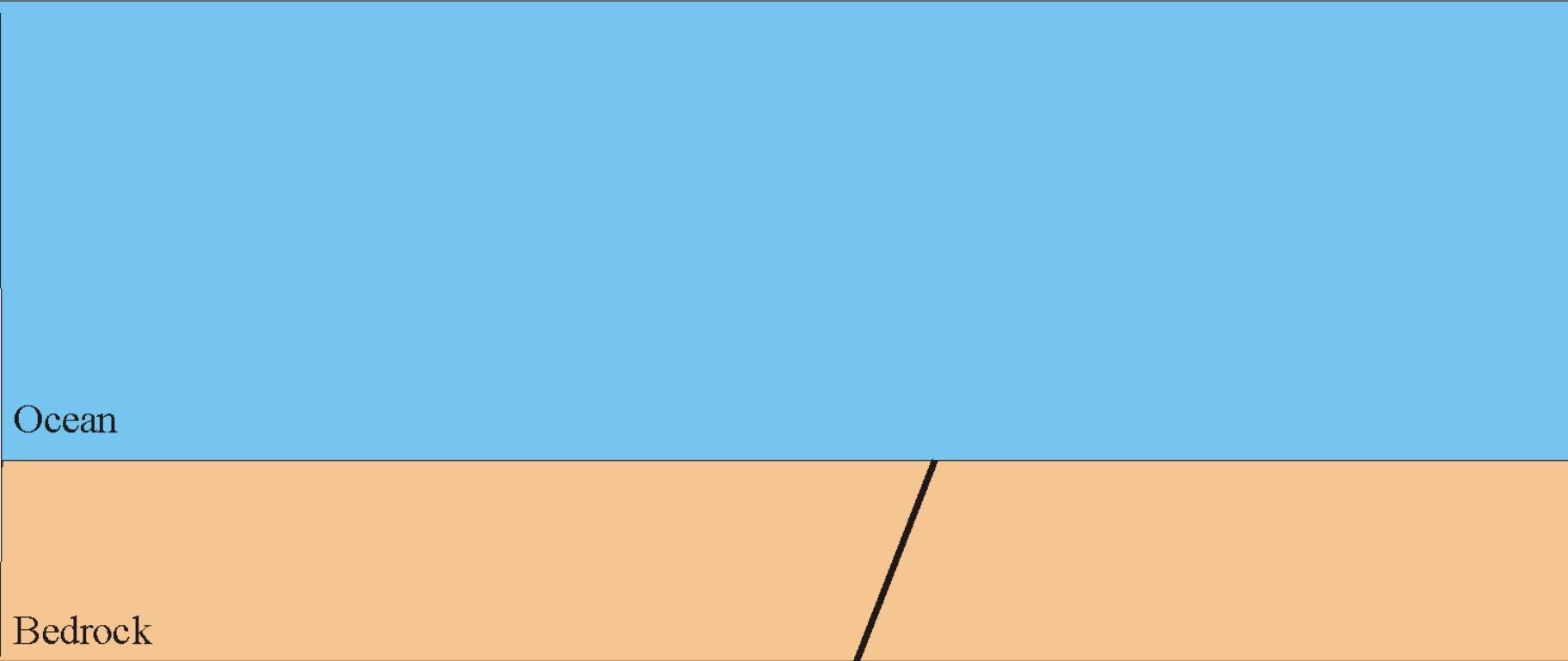
July 30, 1995 Chilean tsunami



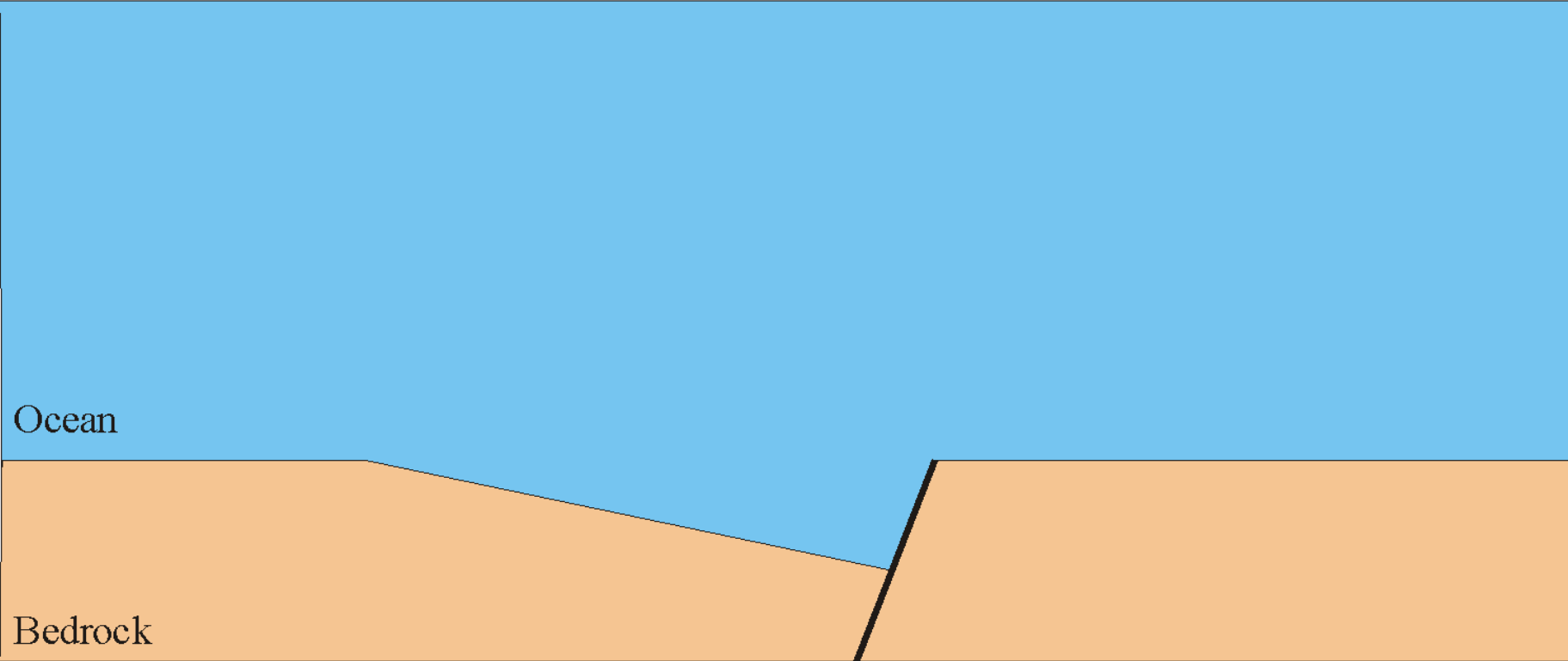


Tsunami at Sumatra 26. December 2004, 2.5 hour after earthquake

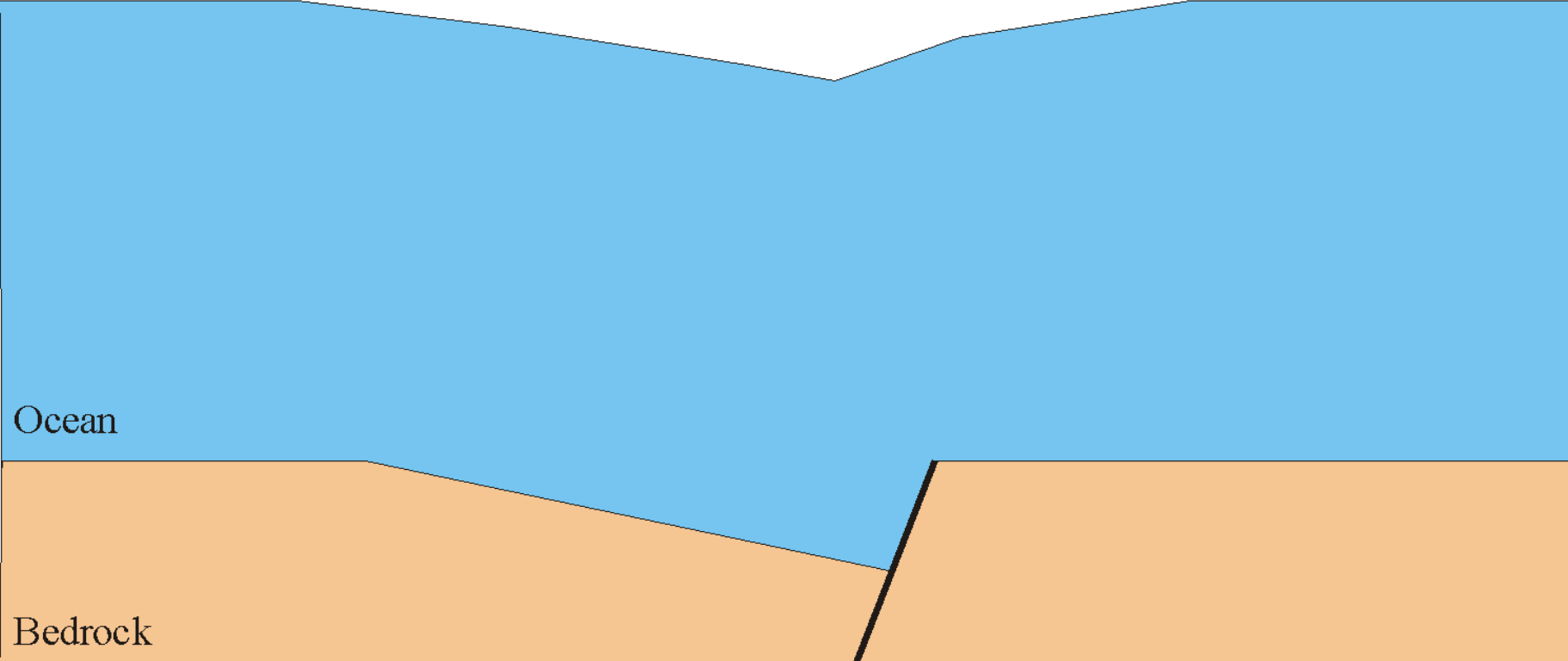
Before disturbance



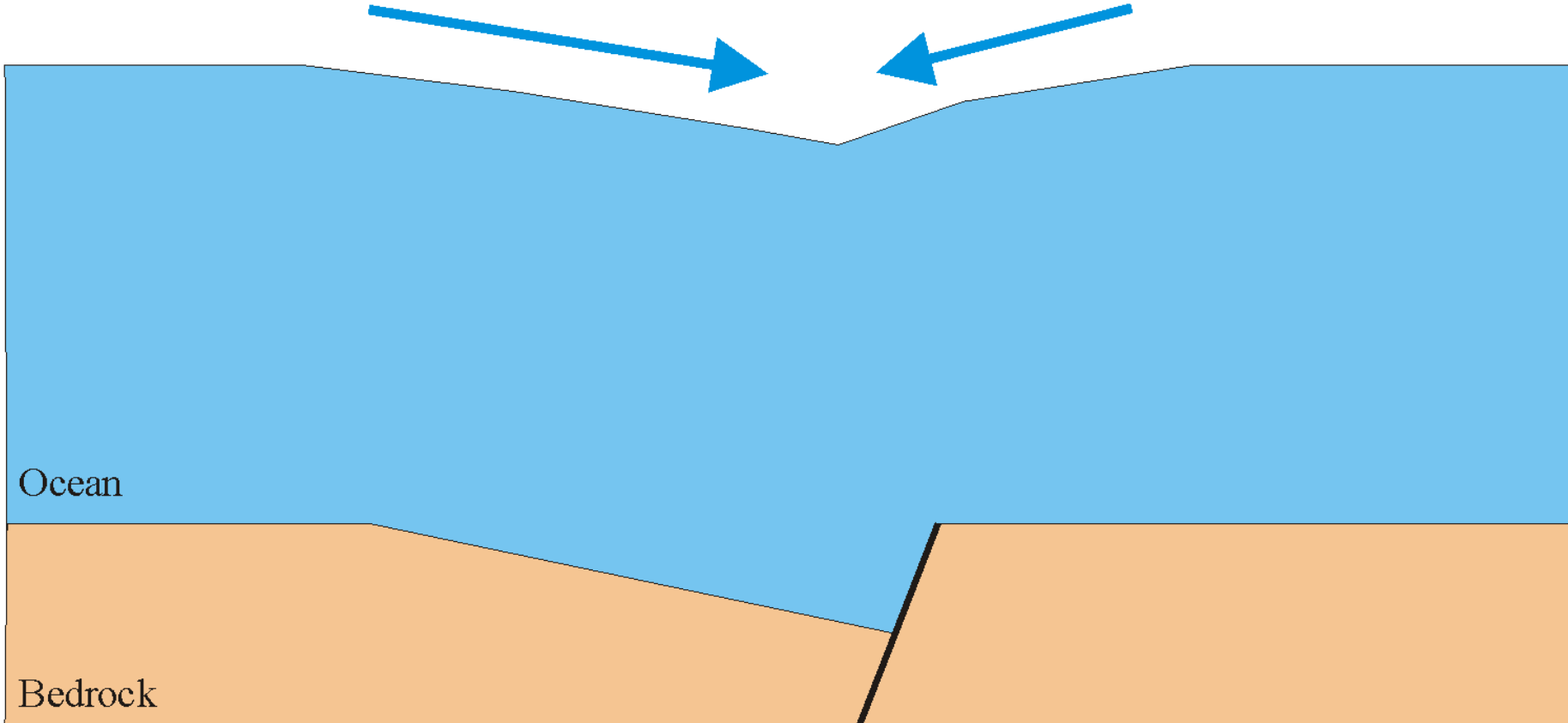
Initial tectonic disturbance



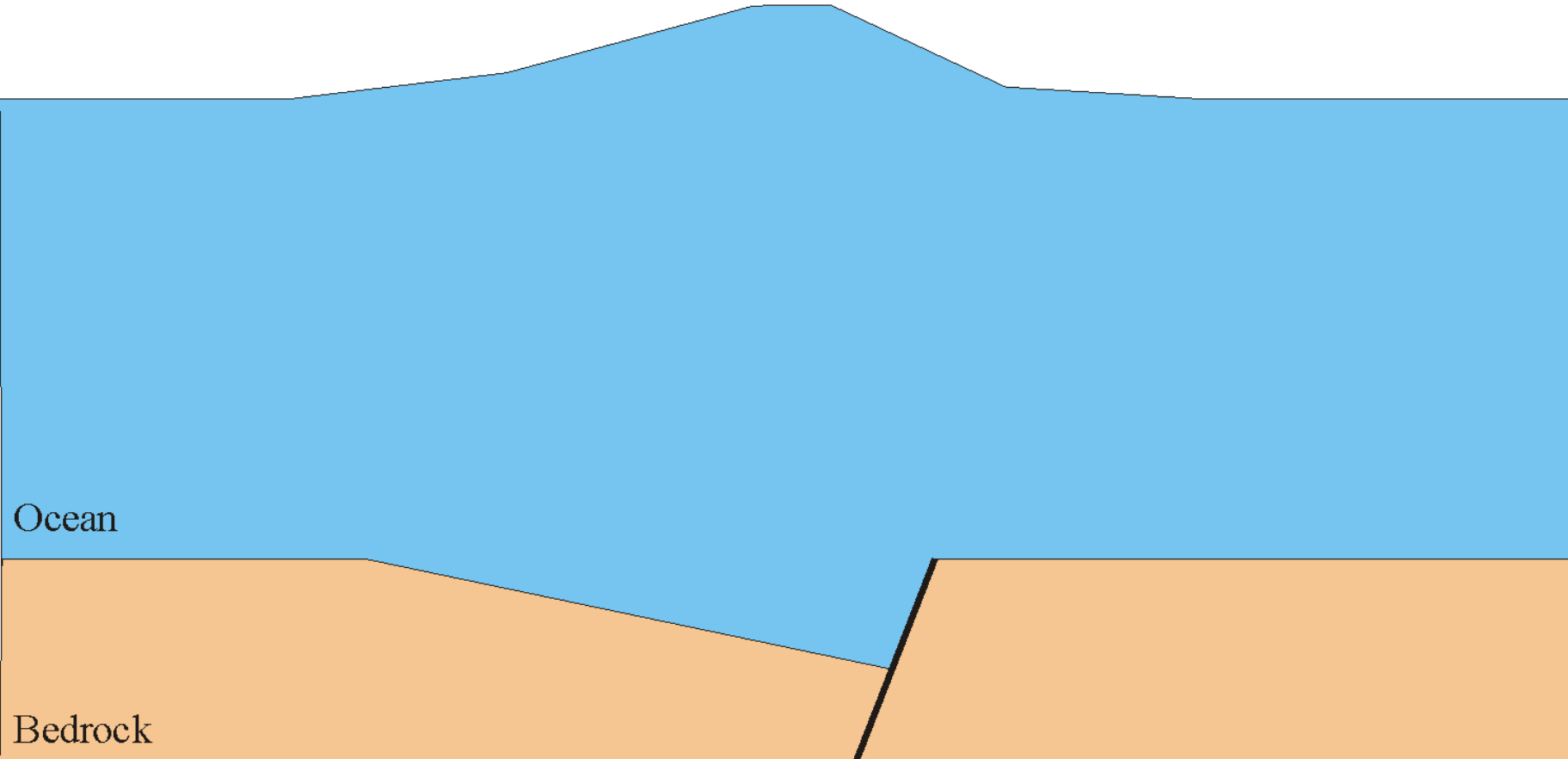
Sea surface deforms



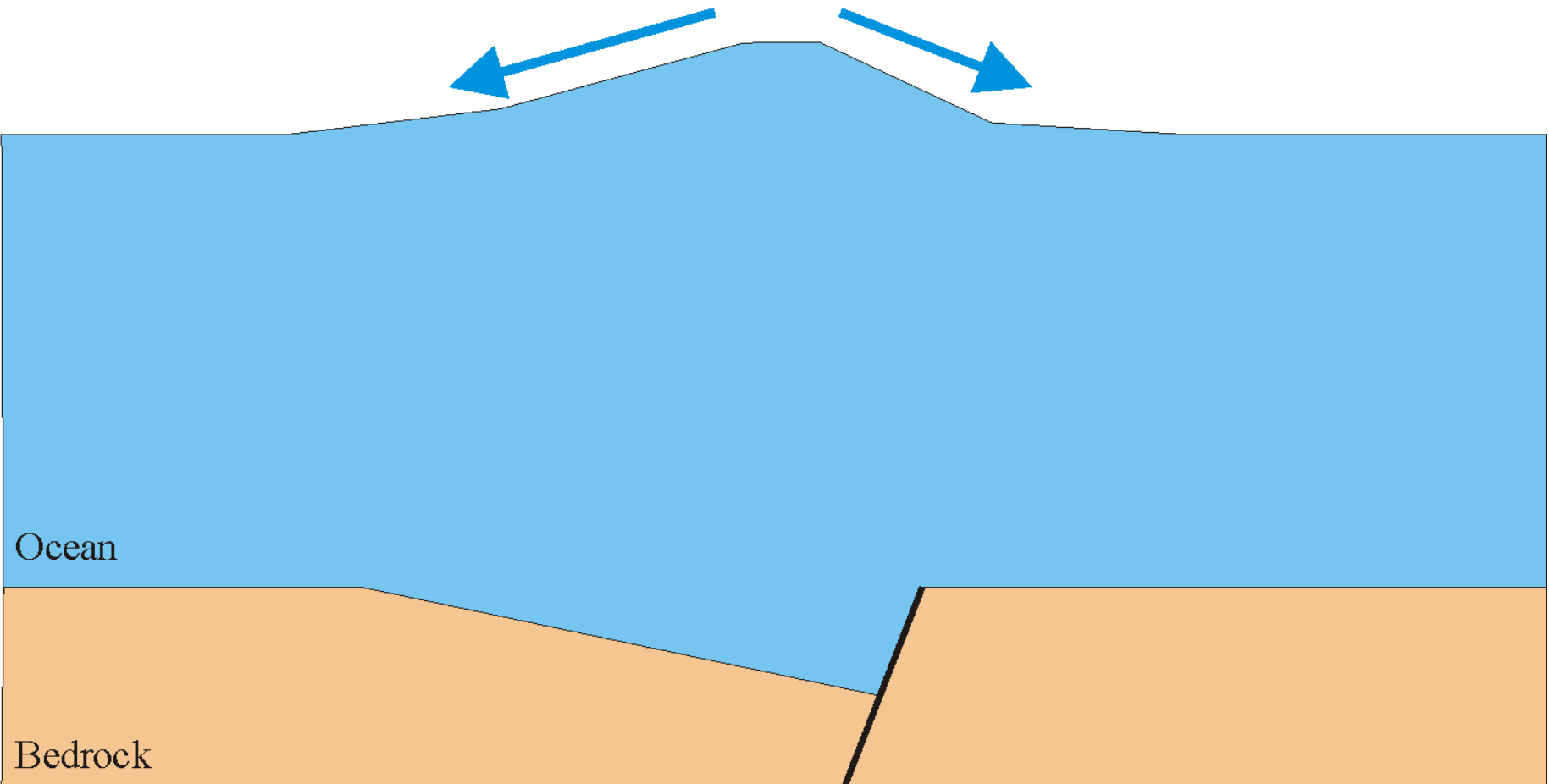
Water flow initiates



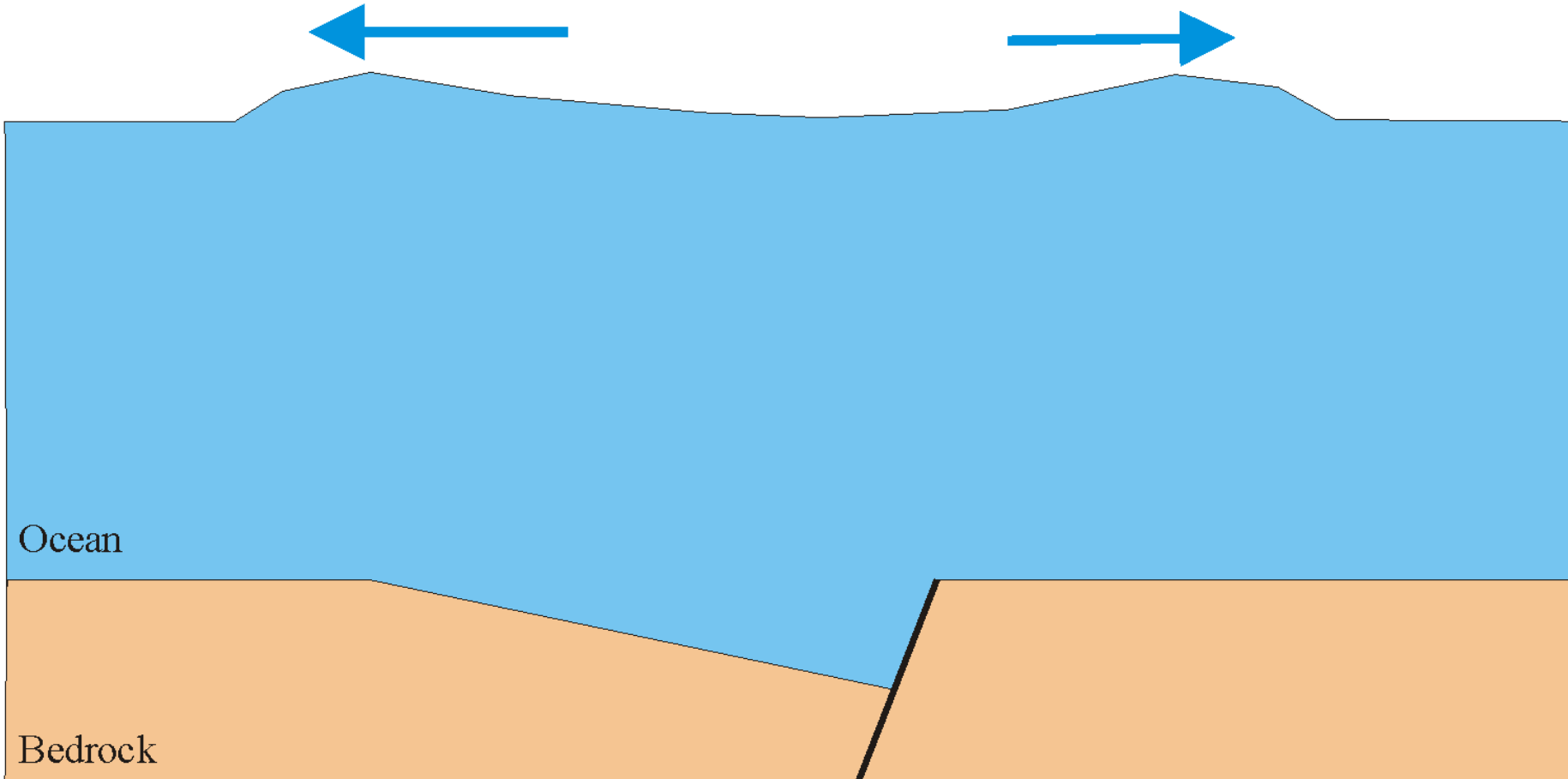
Moving water meets and forms a sea surface high

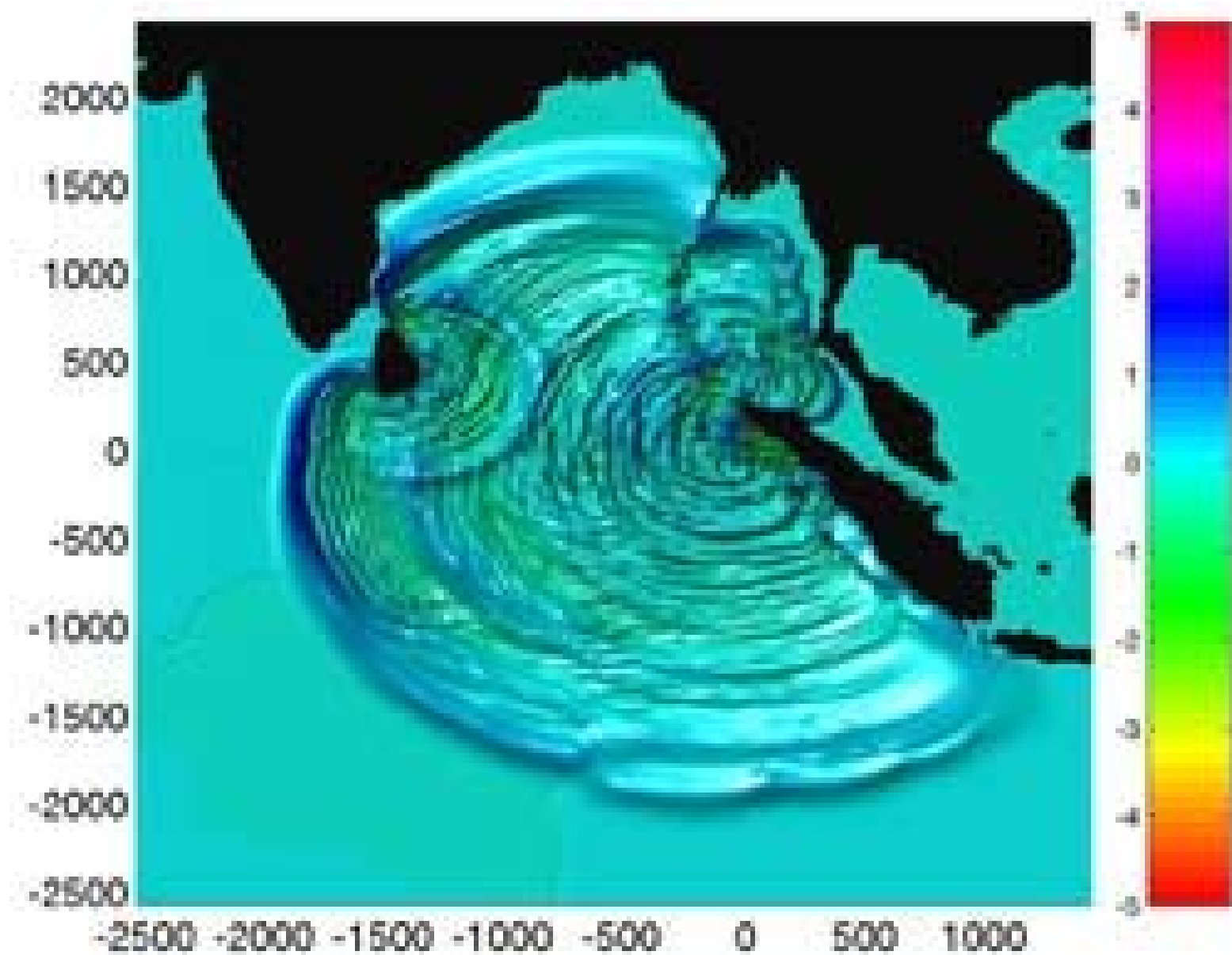


Water begins to flow away from high

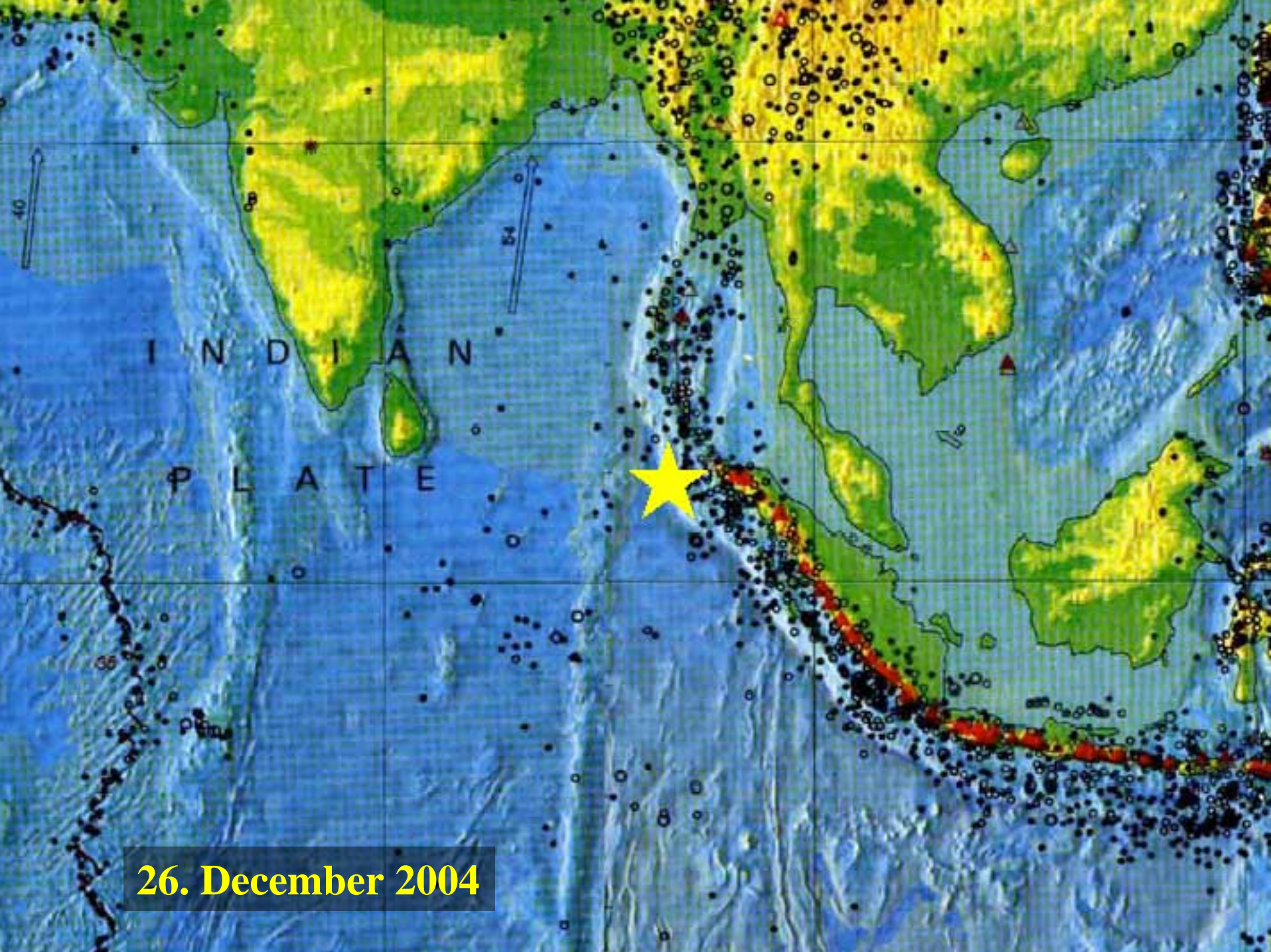


Waves travel away from initial zone of tectonic disturbance

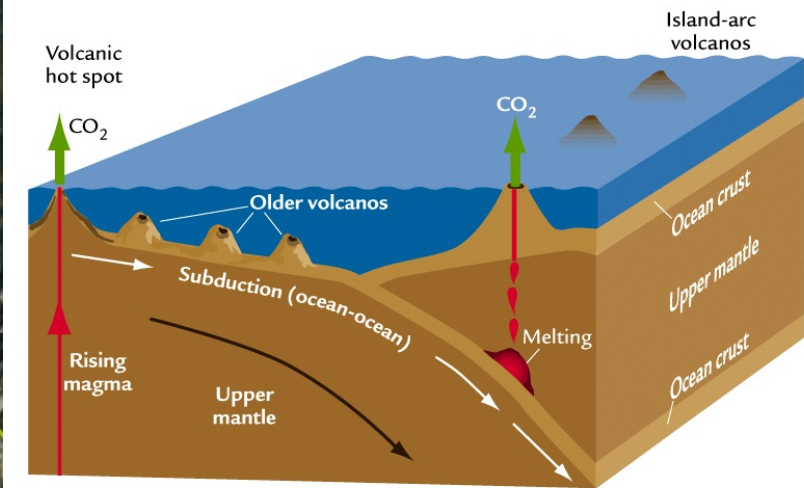
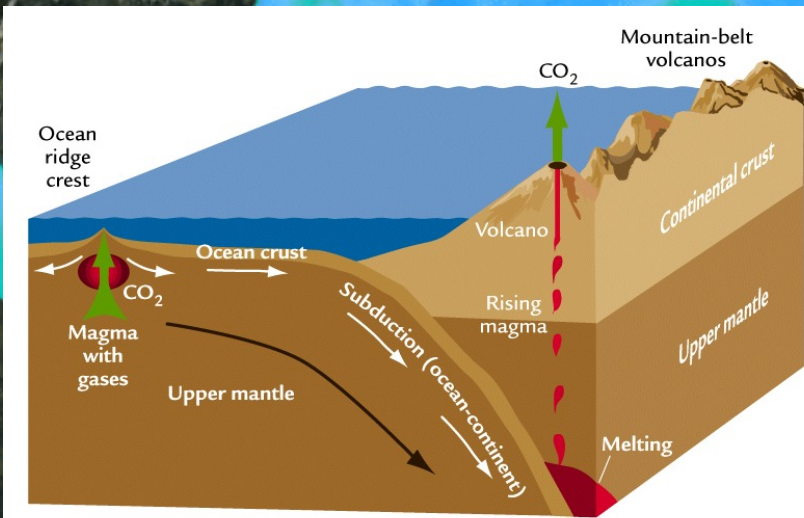
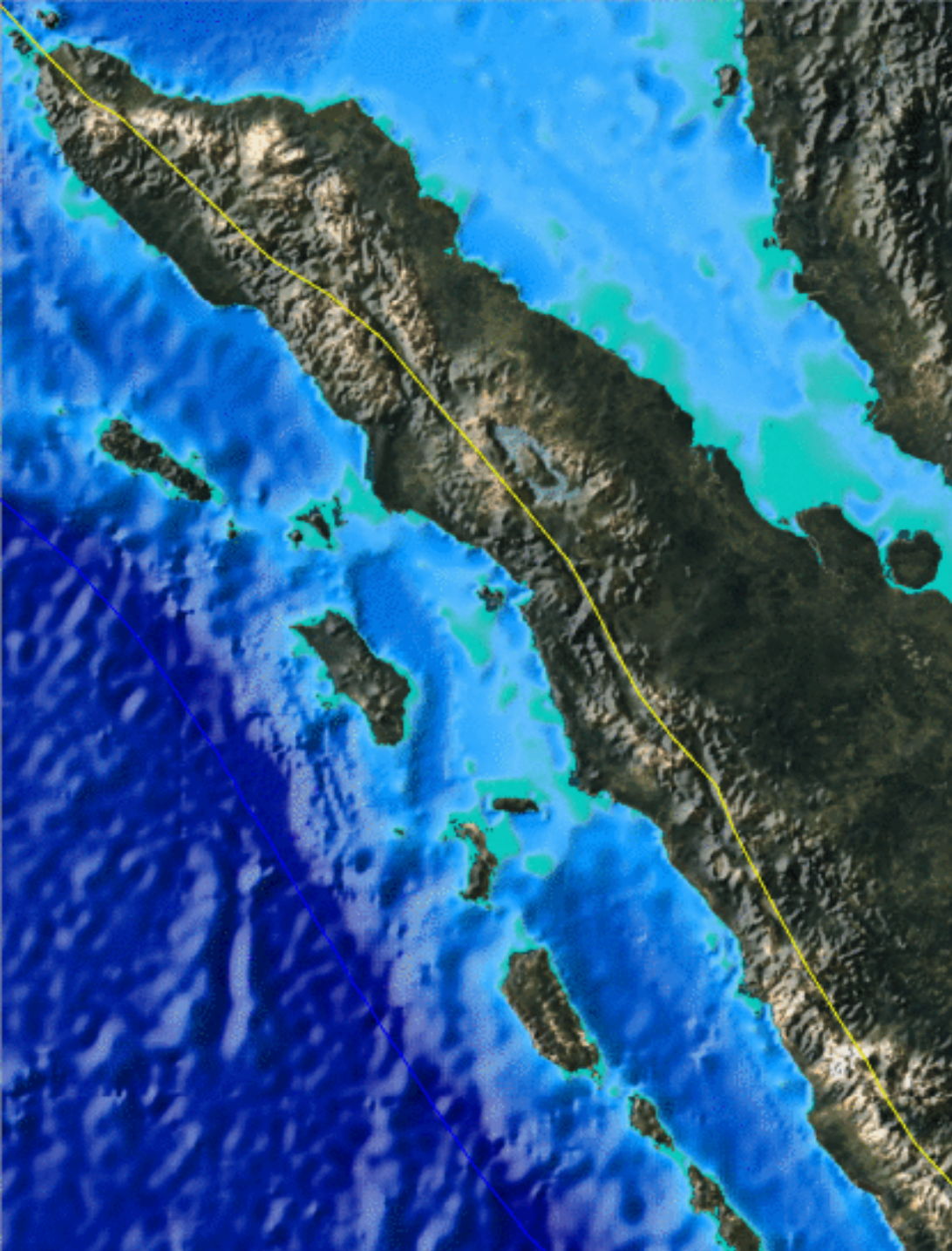


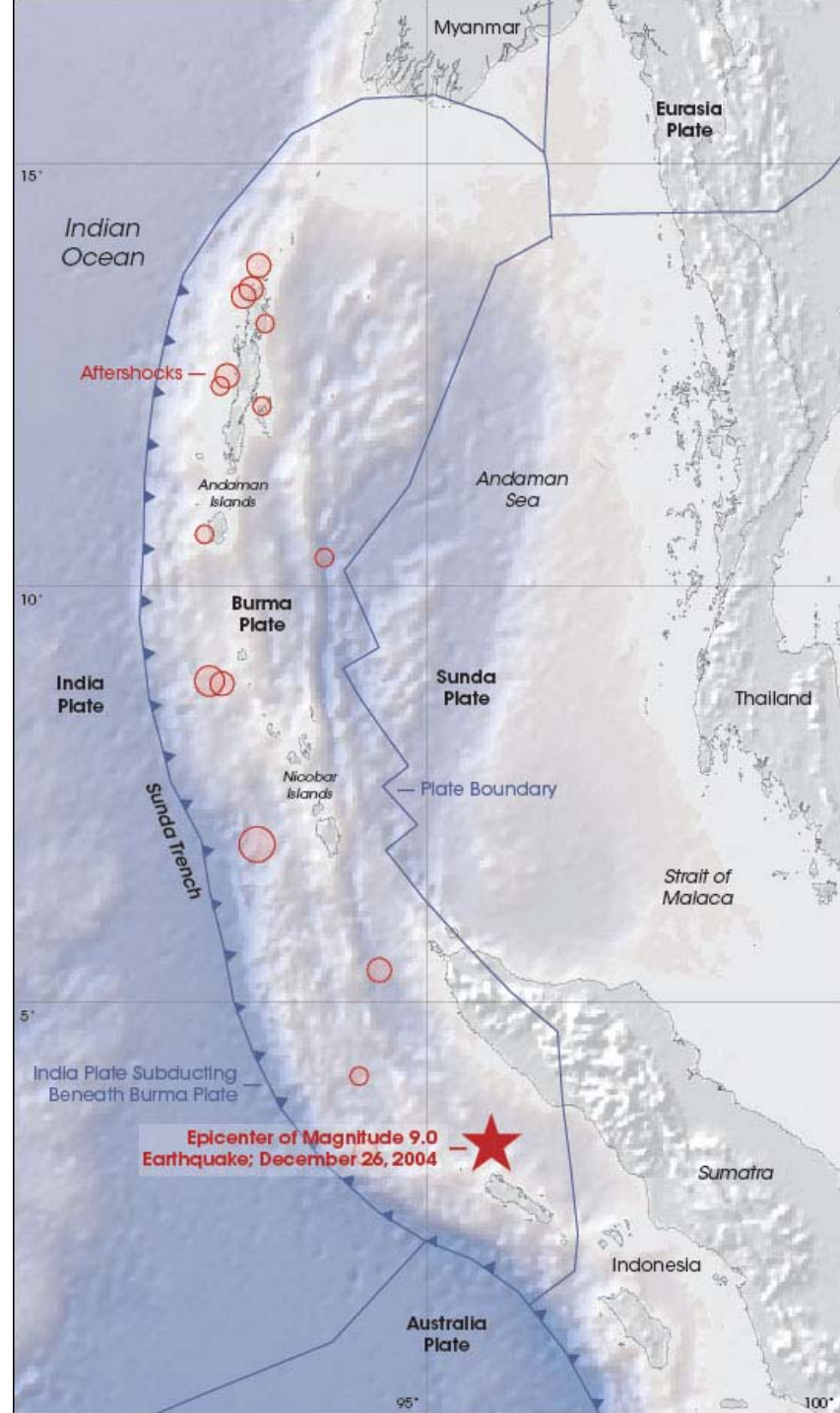
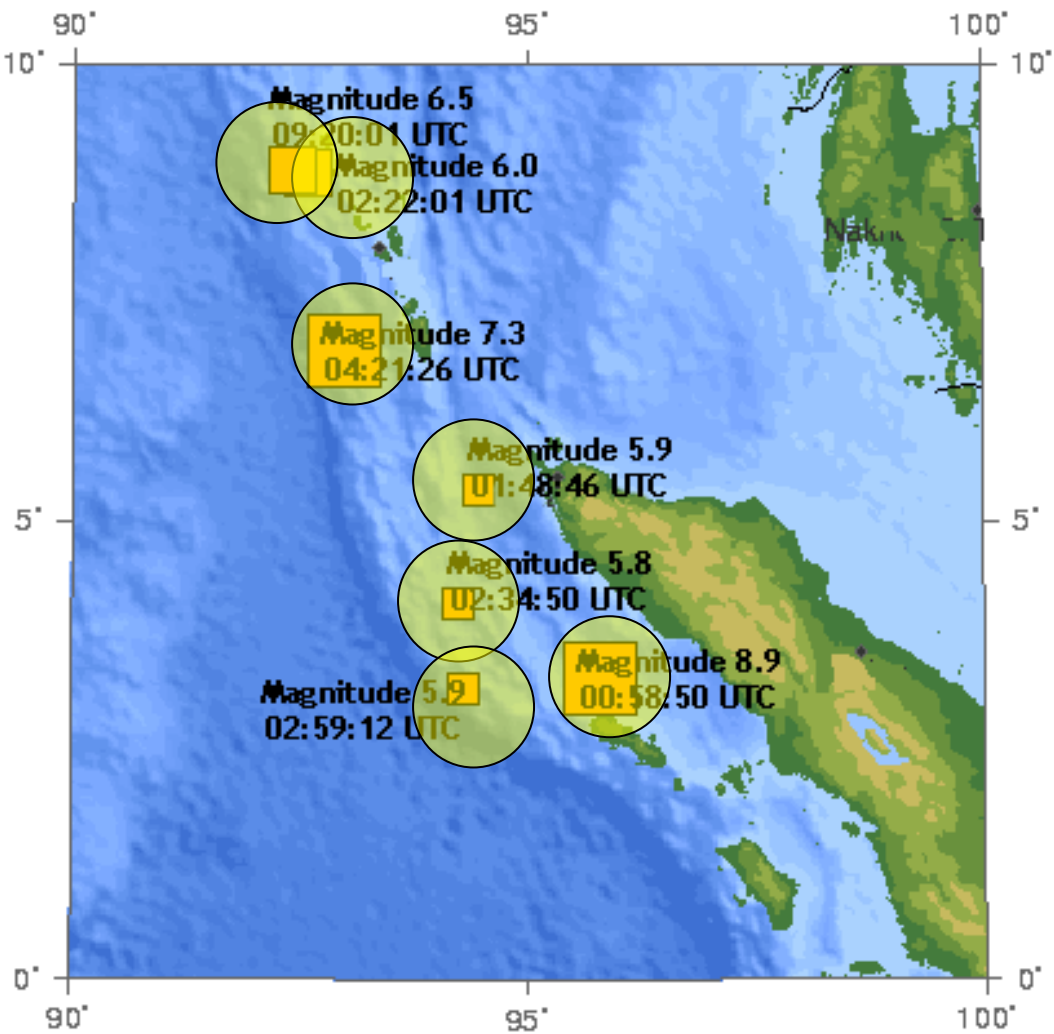


Tsunami at Sumatra 26. December 2004, 2.5 hour after earthquake

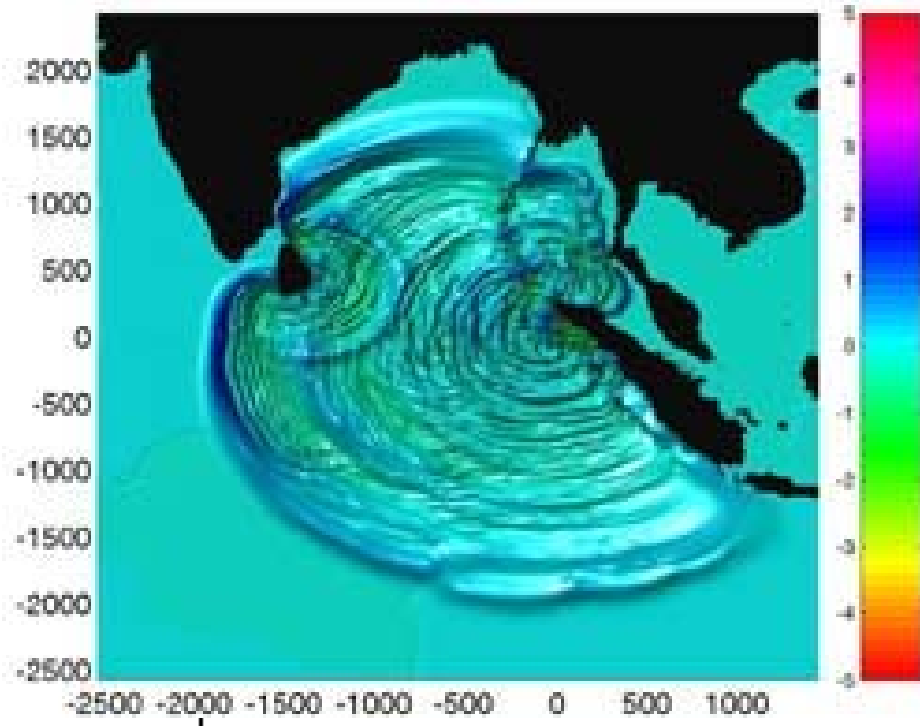
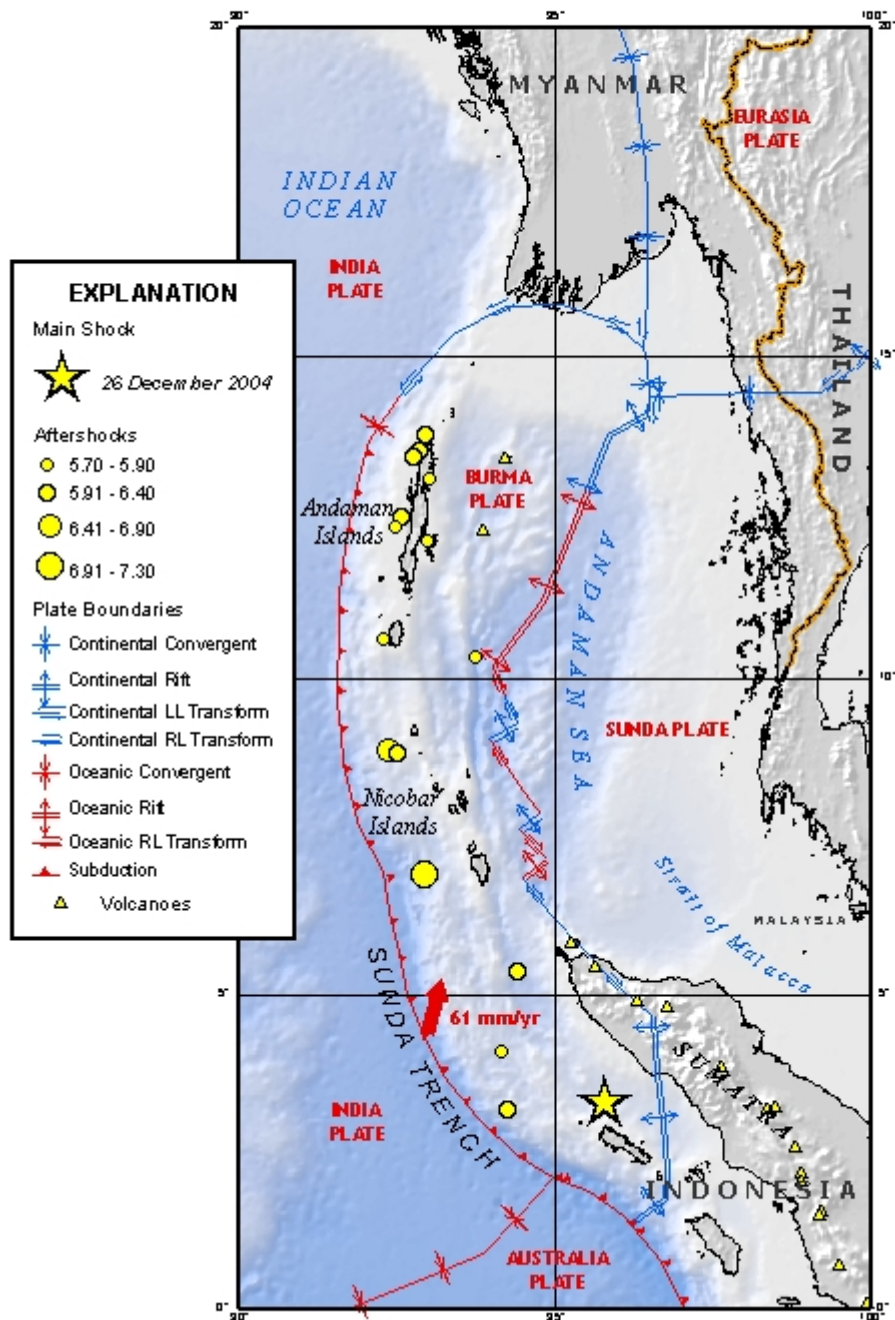


26. December 2004





M9.0 Andaman - Nicobar Islands Earthquake of 26 December 2004



Modelled tsunami 2.5 hours after earthquake



BANGLADESH

INDIA

MYANMAR
(BURMA)

THAILAND

SRI
LANKA

MALAYSIA

INDONESIA

MALDIVES

SOMALIA

KENYA

TANZANIA

SEYCHELLES

MADAGASCAR

SOUTH
AFRICA

*Indian
Ocean*

>280,000 casualties

Southwestern coast of Sri Lanka shortly before the tsunami struck



Southwestern coast of Sri Lanka shortly after the tsunami struck





December 29, 2004



January 10, 2003

The Indonesian province of Aceh was hit hardest by the earthquake and tsunamis of December 26, 2004.

Aceh is located on the northern tip of the island of Sumatra. The largest waves struck the northwestern coast of Sumatra. The town of Lhoknga, on the west coast of Sumatra near the capital of Aceh, Banda Aceh, was completely destroyed by the tsunami, with the exception of the mosque (white circular feature) in the city's center.



December 29, 2004



December 17, 2004

Aceh province of northern Sumatra, Indonesia, on December 17, 2004, before the quake (bottom), and on December 29, 2004 (top), three days after the catastrophe.

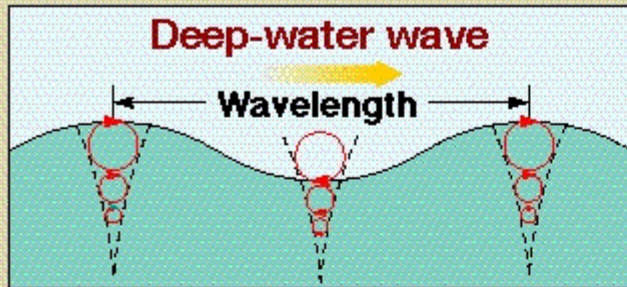
On December 17, the green vegetation along the west coast appears to reach all the way to the sea, with an occasional stretch of sand (white). After the earthquake and tsunamis, the entire western coast is lined with a purplish-brown border. The brownish border could be deposited sand, or perhaps exposed soil that was stripped bare of vegetation when the large waves rushed ashore and then raced away. Another possibility is that parts of the coastline may have sunk as the sea floor near the plate boundary rose. In places the brown strip reaches inland to a distance of about 2 miles. .



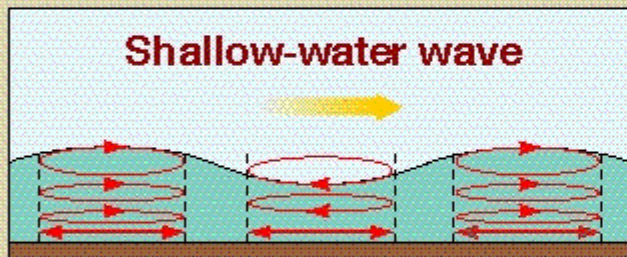
31. December 2004.

Western coastline of Thailand in the Phang-Nga province, about 50 kilometers north of the island of Phuket. In these images, vegetation is dark red, while bare earth is grey.

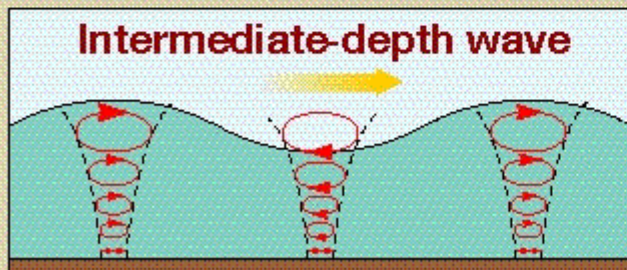
Progressive Waves



Depth $\geq \frac{1}{2}$ wavelength



Depth $\leq \frac{1}{20}$ wavelength



Depth $\leq \frac{1}{2}$ to $\geq \frac{1}{20}$ wavelength

Wave Speed Equations

For deep-water waves ($D > L/2$):

Speed (S) = L/T , i.e. Wavelength / period

Speed (S) = $1.56 T$ or (approx.) $1.25 \sqrt{L}$ (meters)

In other words ... speed (celerity) is purely a function of wave properties

For shallow-water waves ($L > 1/20 D$):

Speed (S) = \sqrt{gD} = $3.13 \sqrt{D}$ (meters)

In other words ... speed (celerity) is purely a function of water depth

For intermediate-water waves ($D < L/2$ and $> L/20$):

Extremely complex ... speed (celerity) is a shifting function of both water depth and wave properties

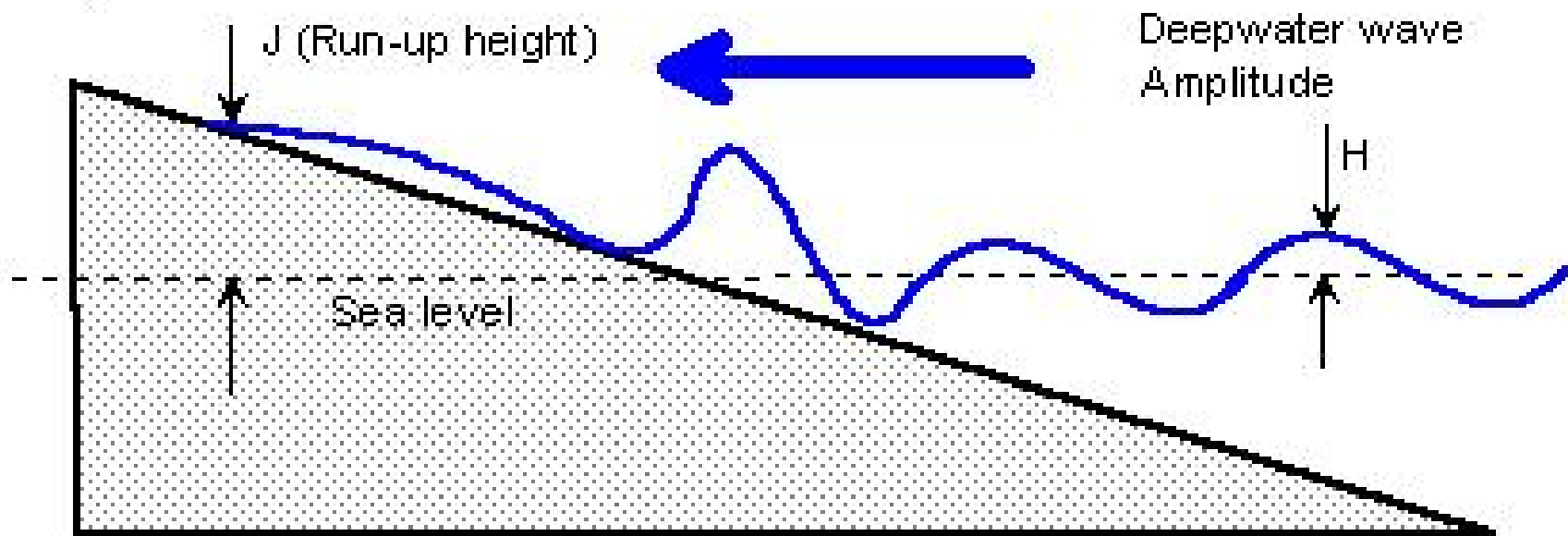
D is water depth

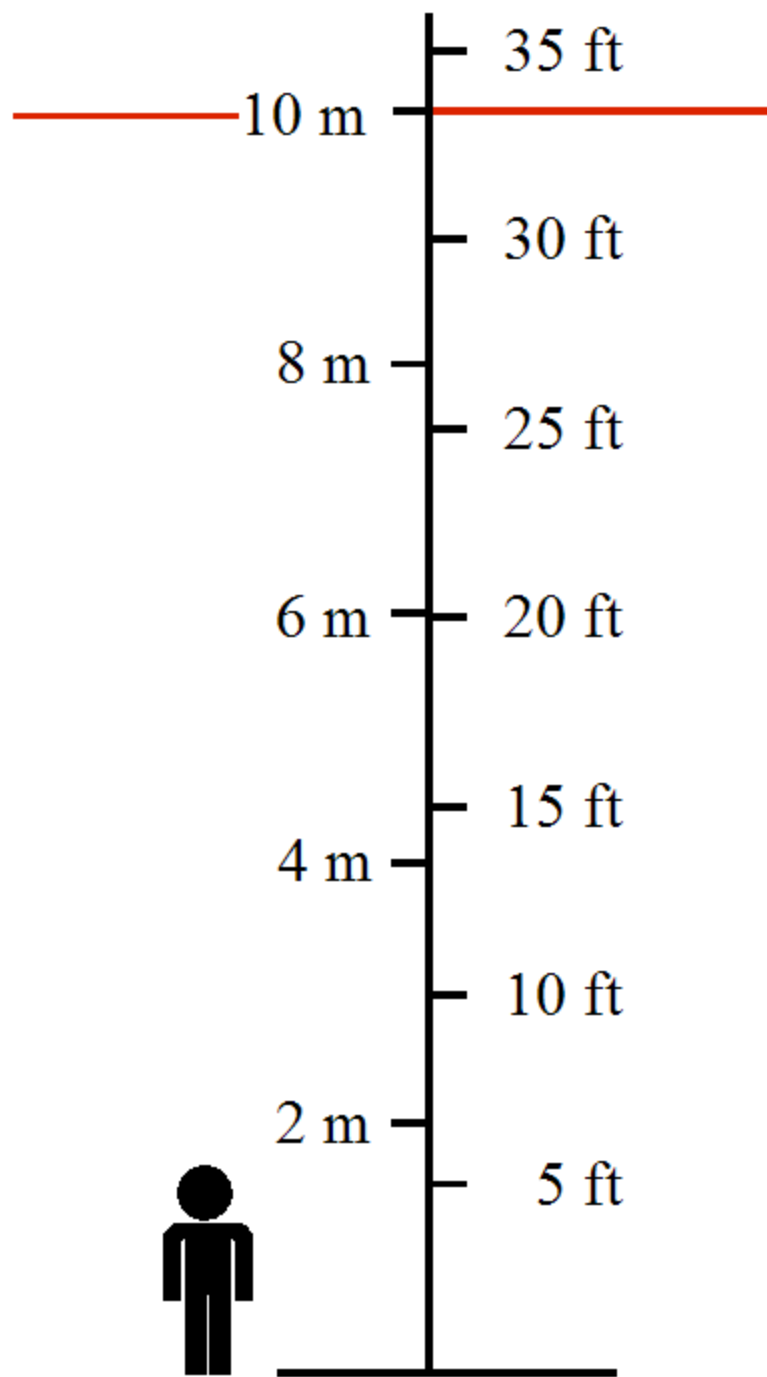
L is wavelength

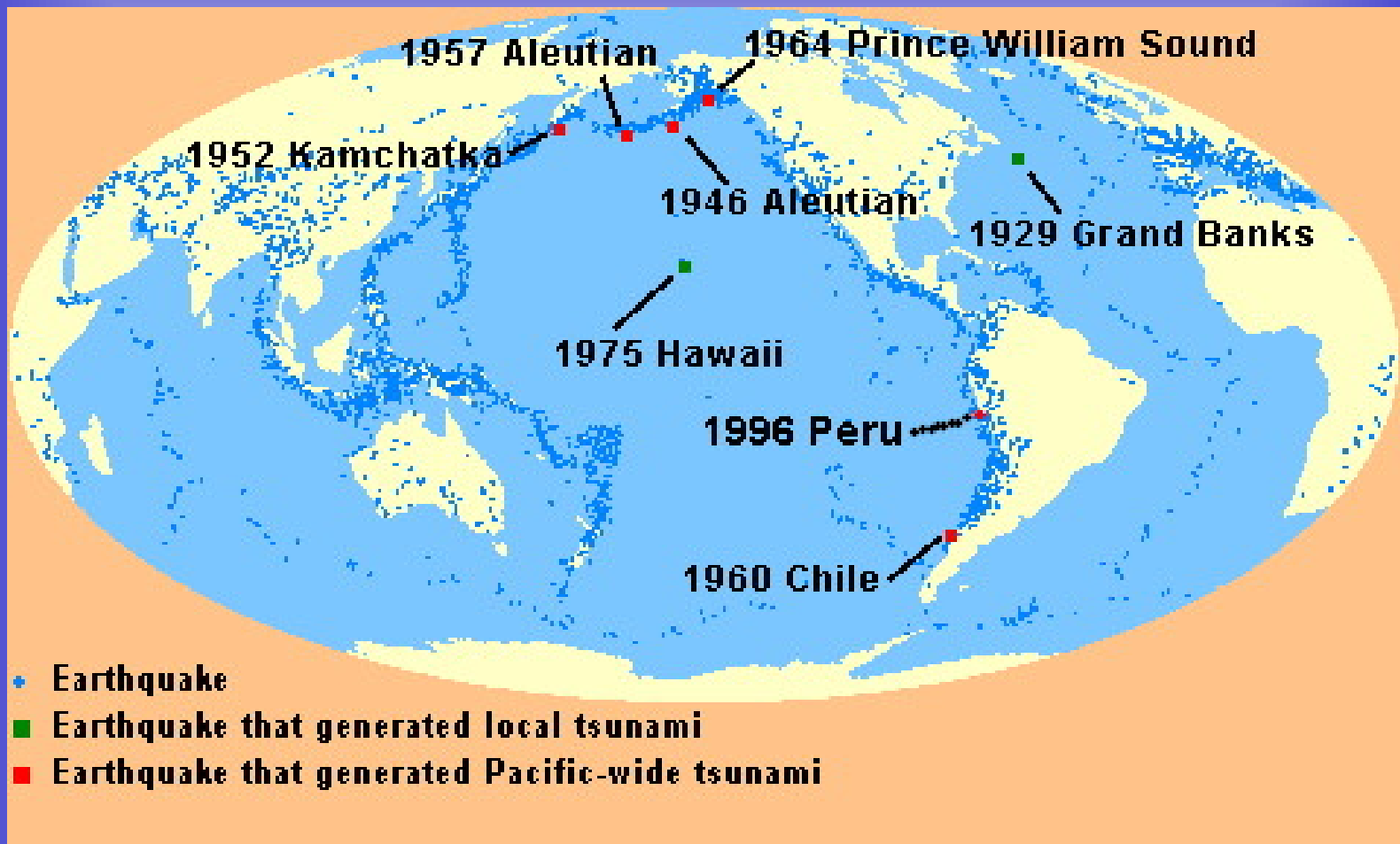
g is the acceleration of gravity



Run-up factor = J / H





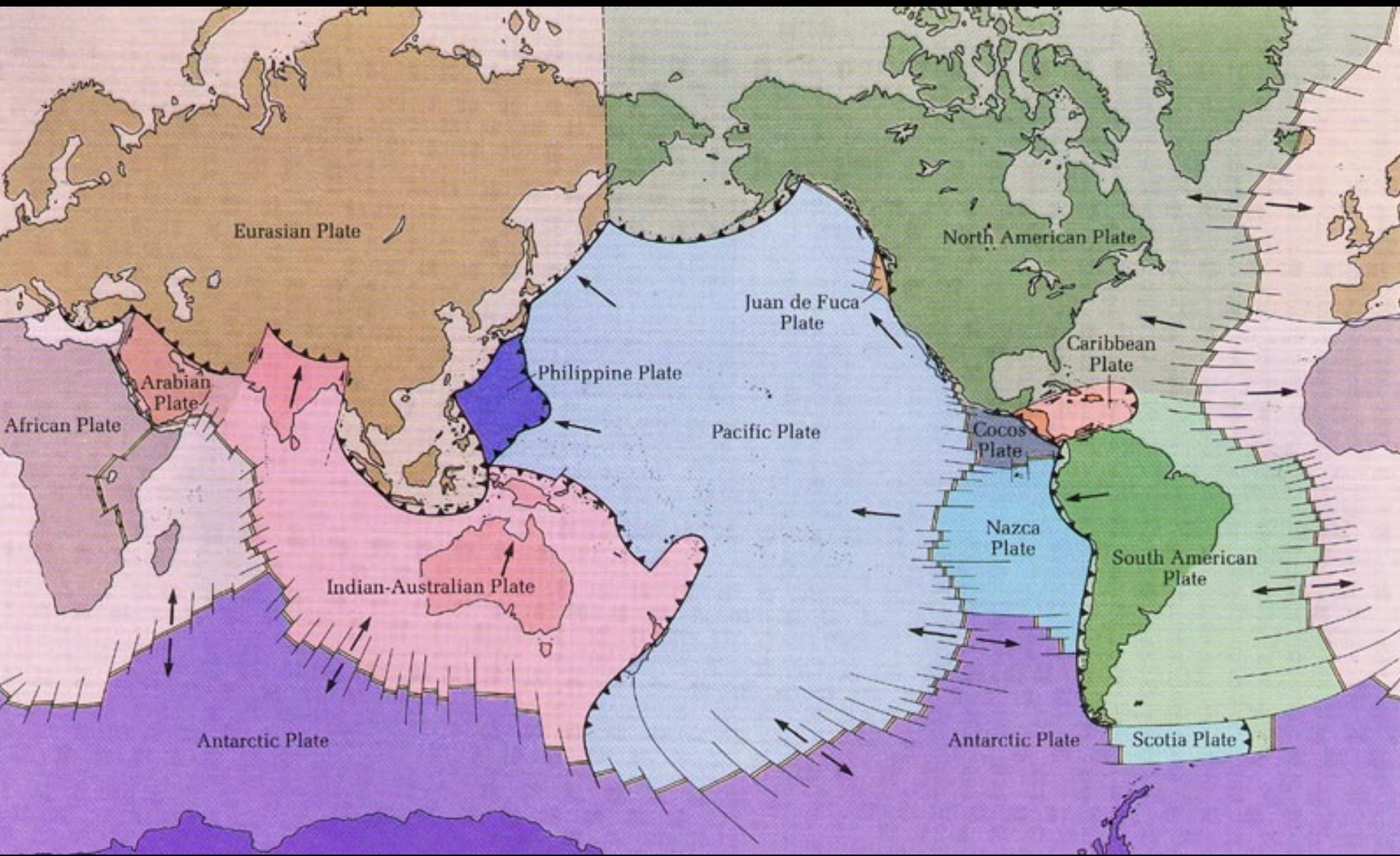




ENTERING

TSUNAMI
HAZARD
ZONE







Tsunami sweeps across Cocoanut Island, Hilo Bay, Hawaii, 1975



Tsunami breaking over Pier No. 1 in Hilo Harbor, Hawaii, 1975.

The man indicated by the arrow did not survive



Valdez, Alaska, showing extent of inundation along coastline, 1964



**Plank in a truck tire at
Whittier, Alaska, 1964**

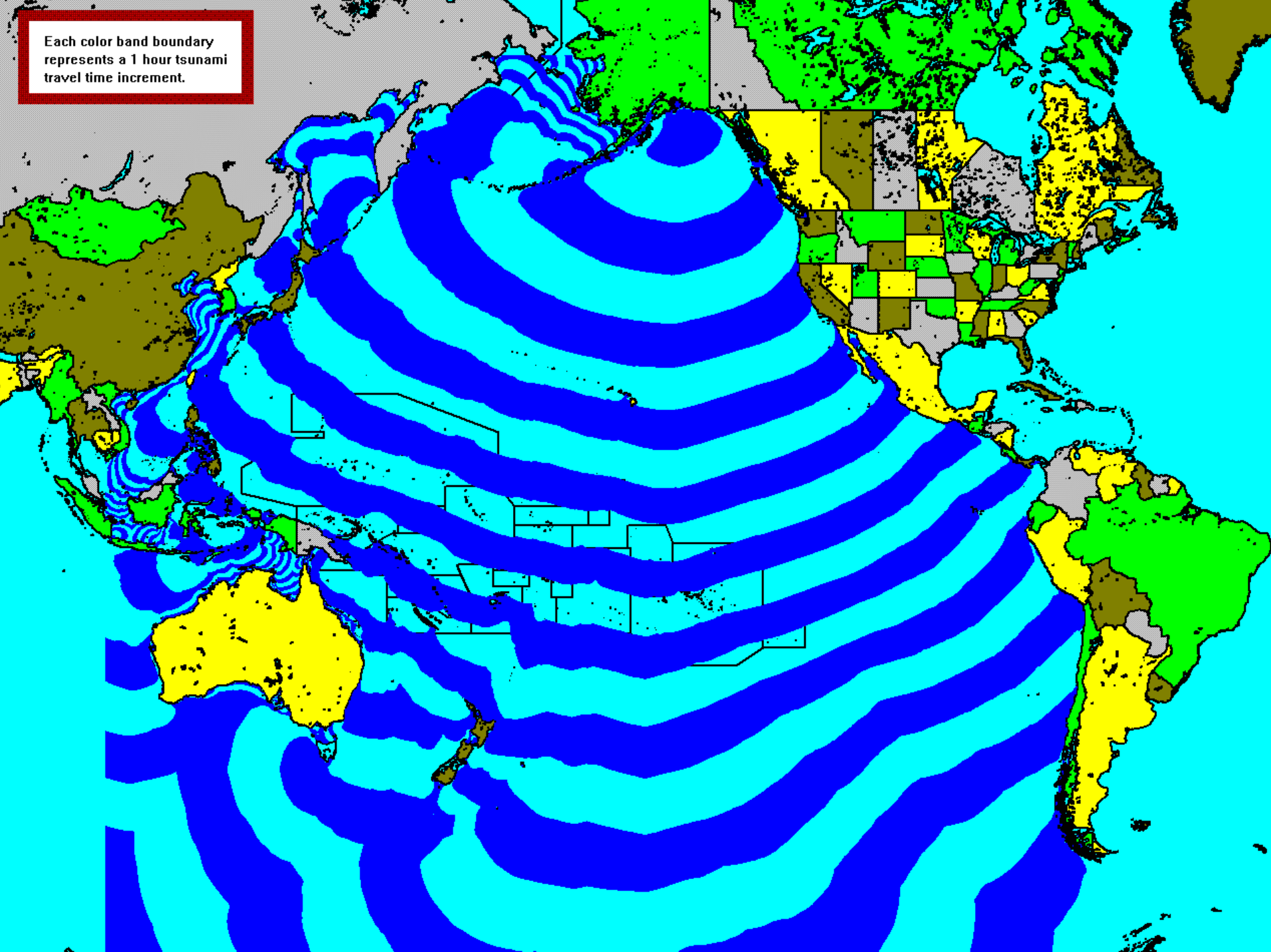


**Scotch Cap Lighthouse
on Unimak Island,
Alaska as it looked
before the earthquake
and tsunami, 1964.**



**Scotch Cap Lighthouse
on Unimak Island,
Alaska as it looked after
the earthquake and
tsunami, 1964.**

Each color band boundary represents a 1 hour tsunami travel time increment.





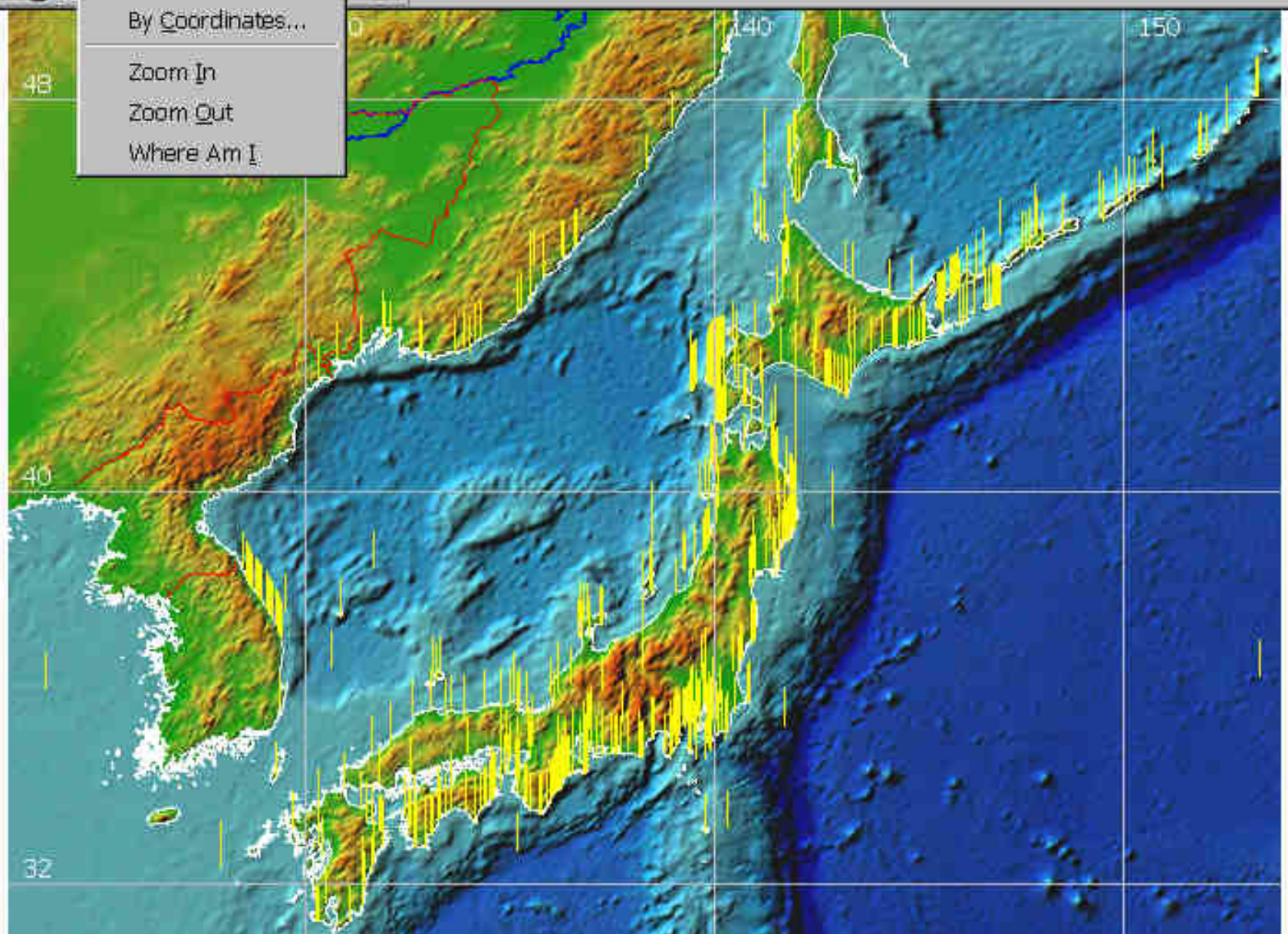
By Mouse

By Coordinates...

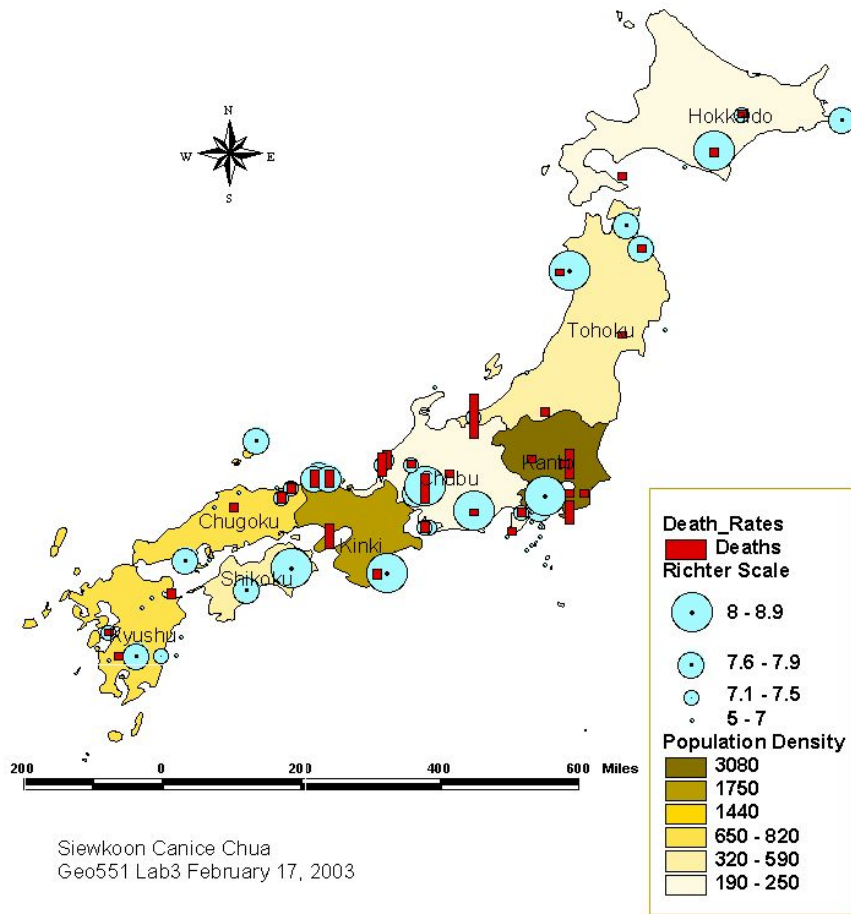
Zoom In

Zoom Out

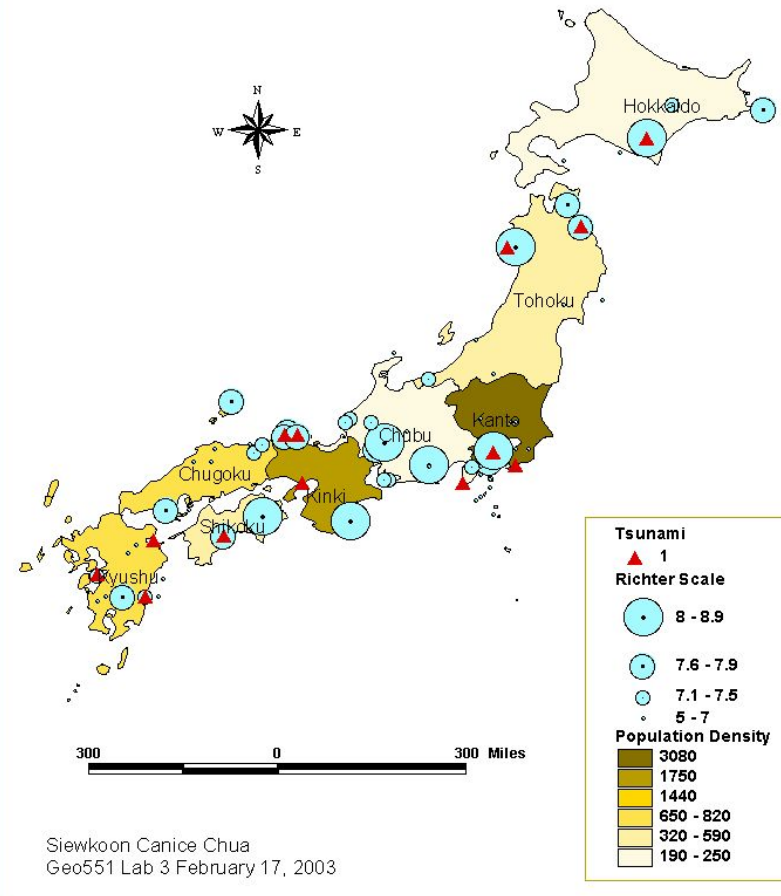
Where Am I



Death Rates after Earthquake Occurrence in Japan



Earthquake Magnitude and Tsunami in Japan



Tsunamis generated by landslides



A



2000 m

1786 m

Støvsky

1400 m

Bagvæg

Basalt Formation

900 m

Transport zone

700 m

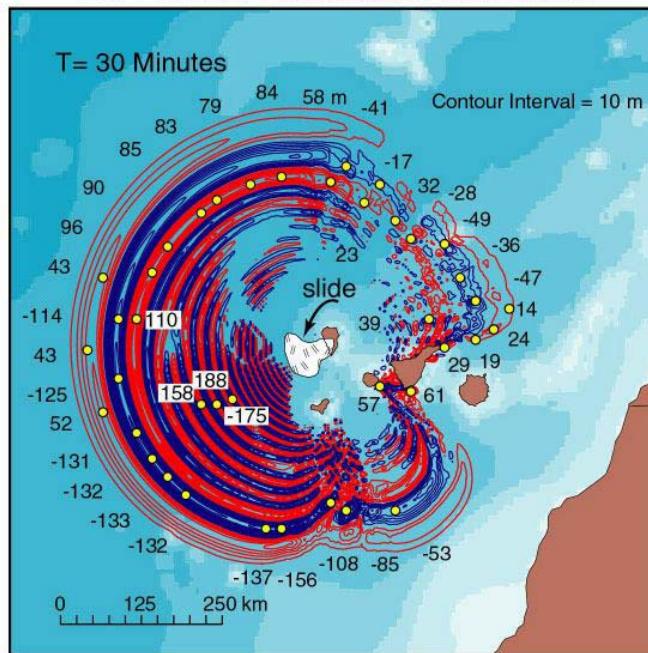
Atane Formation

300 m

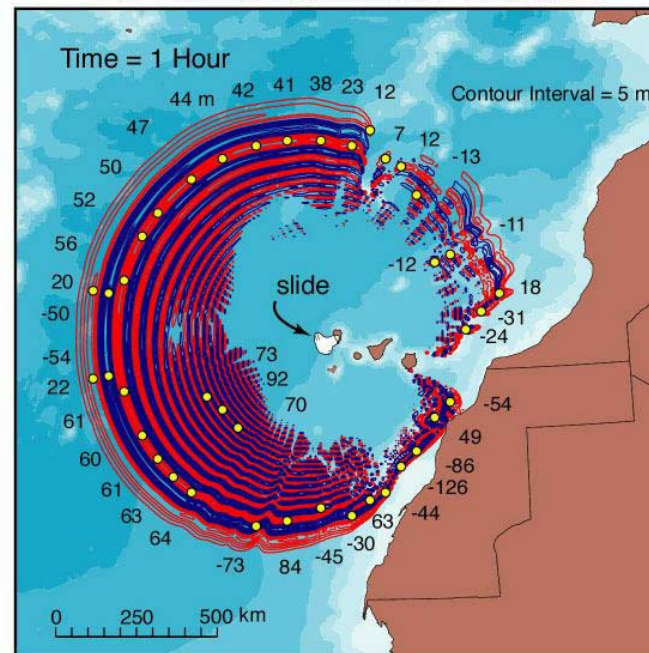
Skredfod



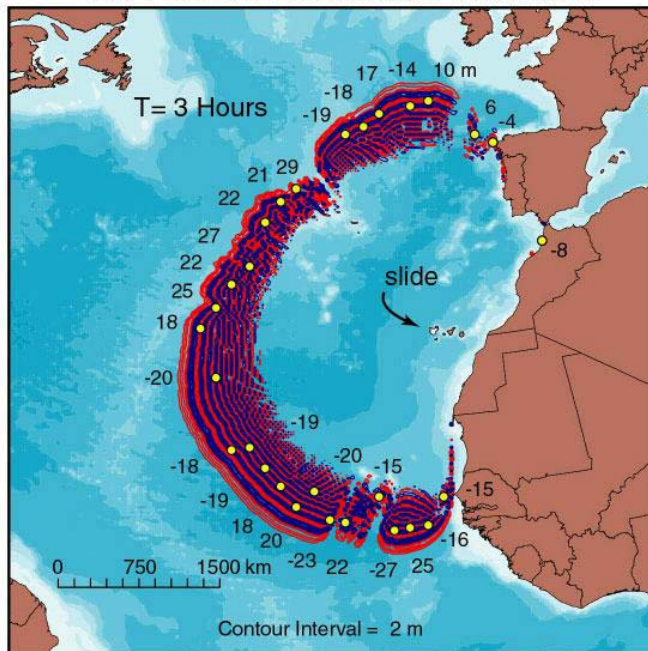
La Palma Landslide Tsunami



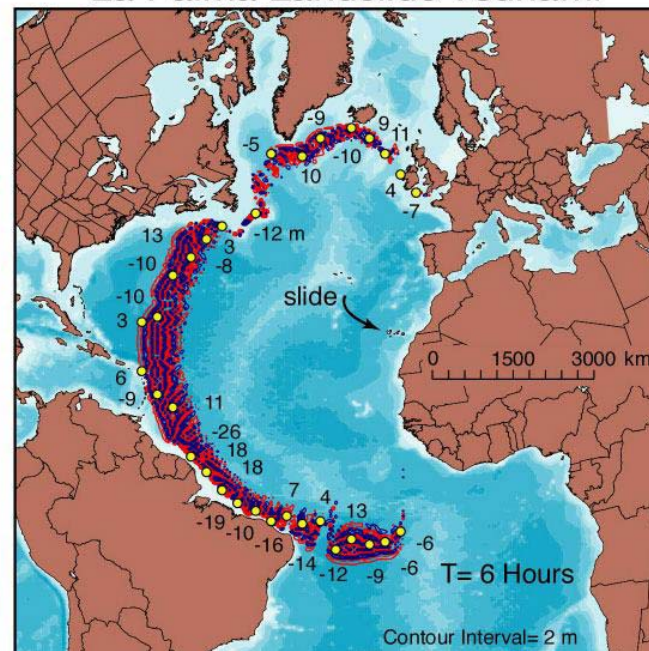
La Palma Landslide Tsunami



La Palma Landslide Tsunami

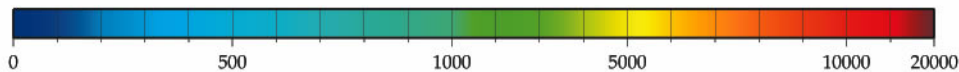
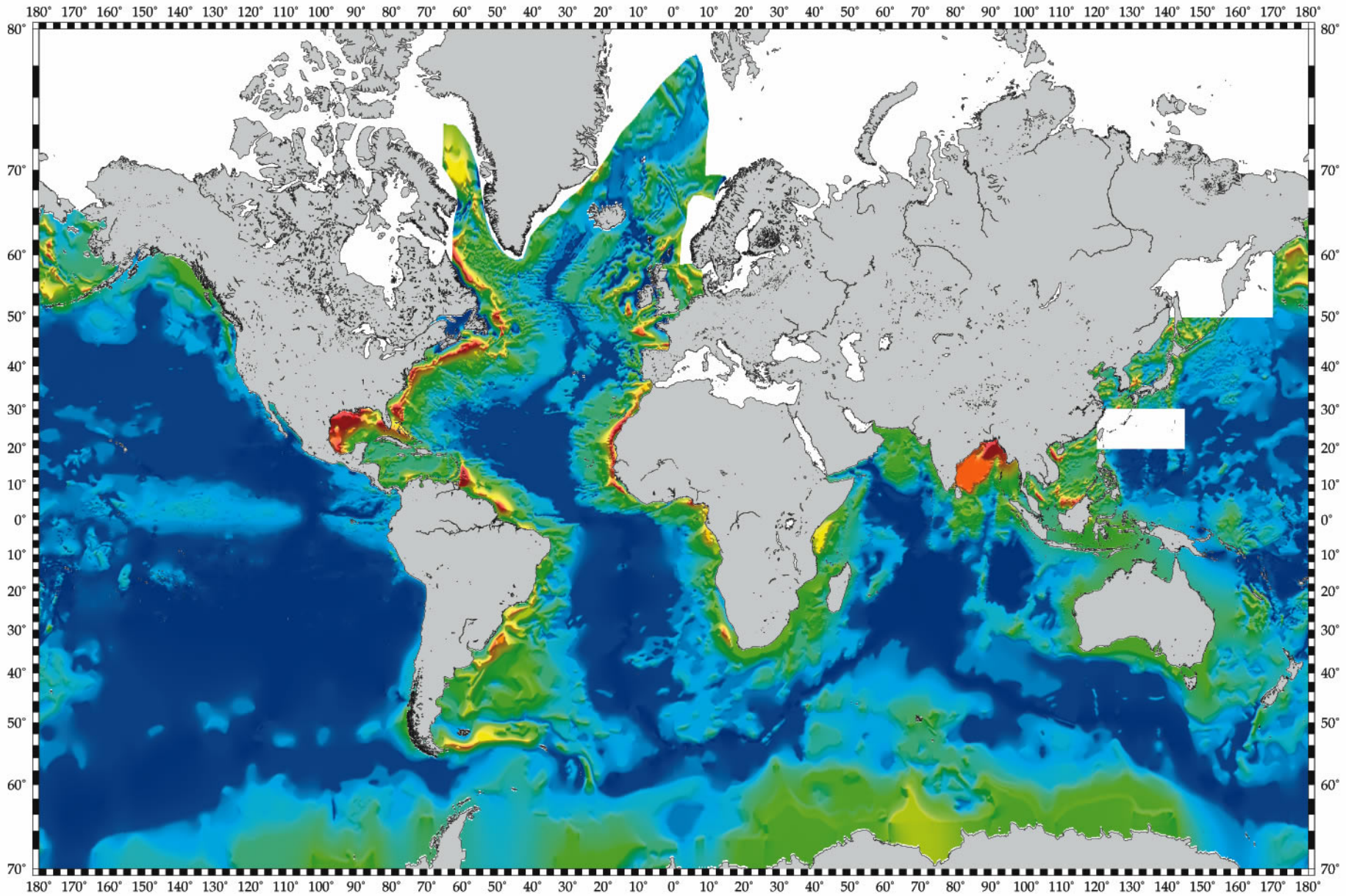


La Palma Landslide Tsunami

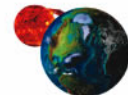


Tsunamis generated by submarine landslides

Total Sediment Thickness of the World's Oceans & Marginal Seas



Thickness in Meters



Tsunamis in and around Norway ?

Tafjordulykka 7. april 1934

Natt til laurdag 7. April 1934 hende i Tafjorden ei av dei verste naturkatastrofene nokon gong i Noreg. Då losna Langhammaren, ei stor fjllblokk på nordsida av Tafjorden og reiv med seg Heggurda som låg under hammaren. Ein rekna med at ca. 3 millionar kubikkmeter stein fall ned i fjorden. Dei opp til 64 meter høge bølgiene som reiste seg , sopa med seg alt som kom i vegen, hus og menneske. I alt miste 40 menneske livet 23 i Tafjord og 17 i Fjørå. Et par atfunne ur hadde stansa på 03.10 ulukkesnatta.





Tafjord 1926

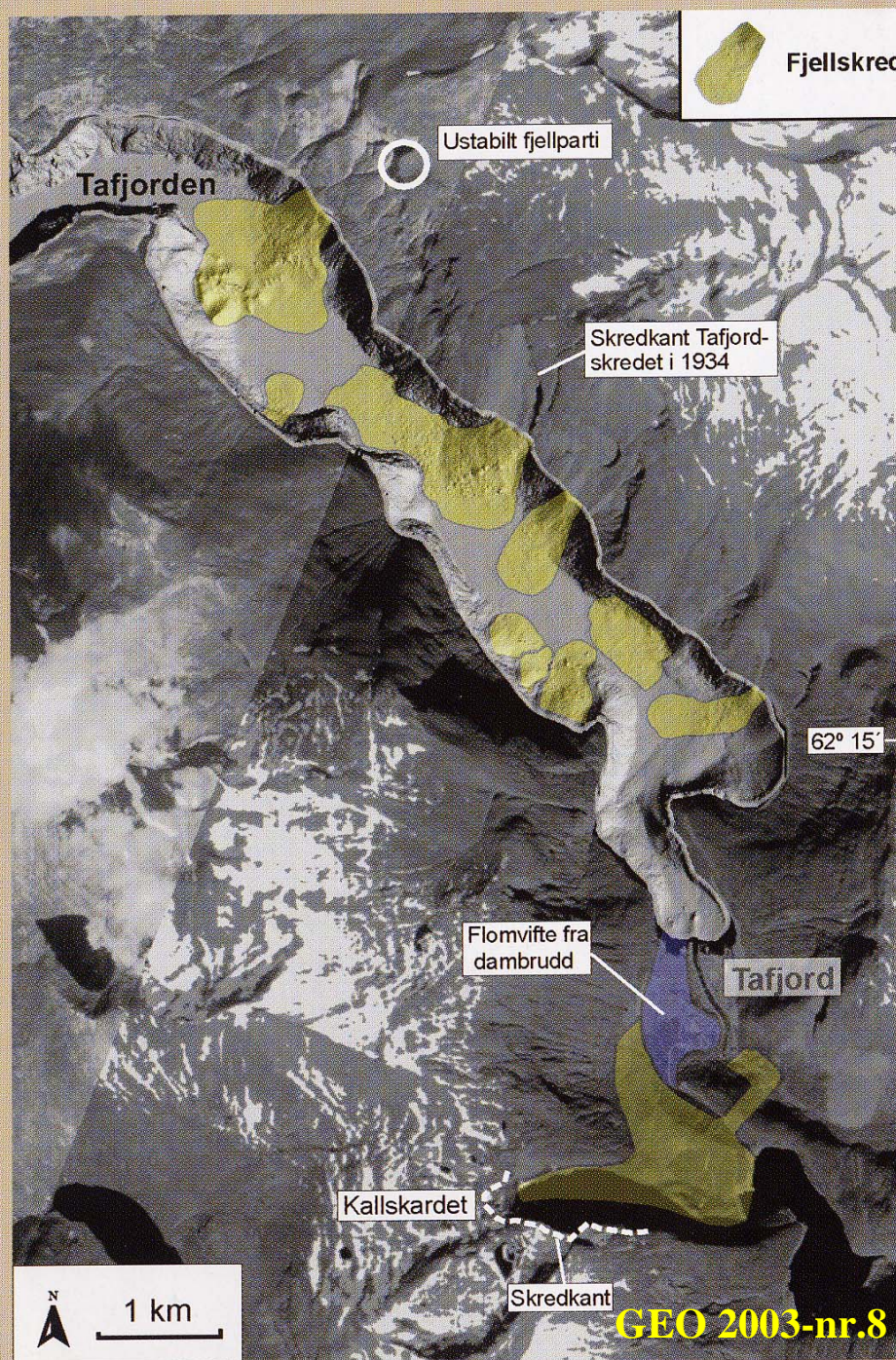


Tafjord 1934



Tafjord

Taffjord i Møre og Romsdal. Satellittfoto viser utglidningene i de bratte fjellssidene, og det detaljerte batymetriske kartet viser at det ligger mange store fjellskred på fjordbunnen.





Fjørå

and
villag



det
orden.

Foto frå Fjørå rett før ulykka. Frå venstre ser ein noko av Lyse-huset (6 døde), så Ytterlid-huset (5 døde), skulen, grunnmur til Selboskar-huset (6 døde), ungdomshuset, samt naustrekka.

and caused flood waves which swept over the villages Tafjord and Fjørå. 40 lives were lost

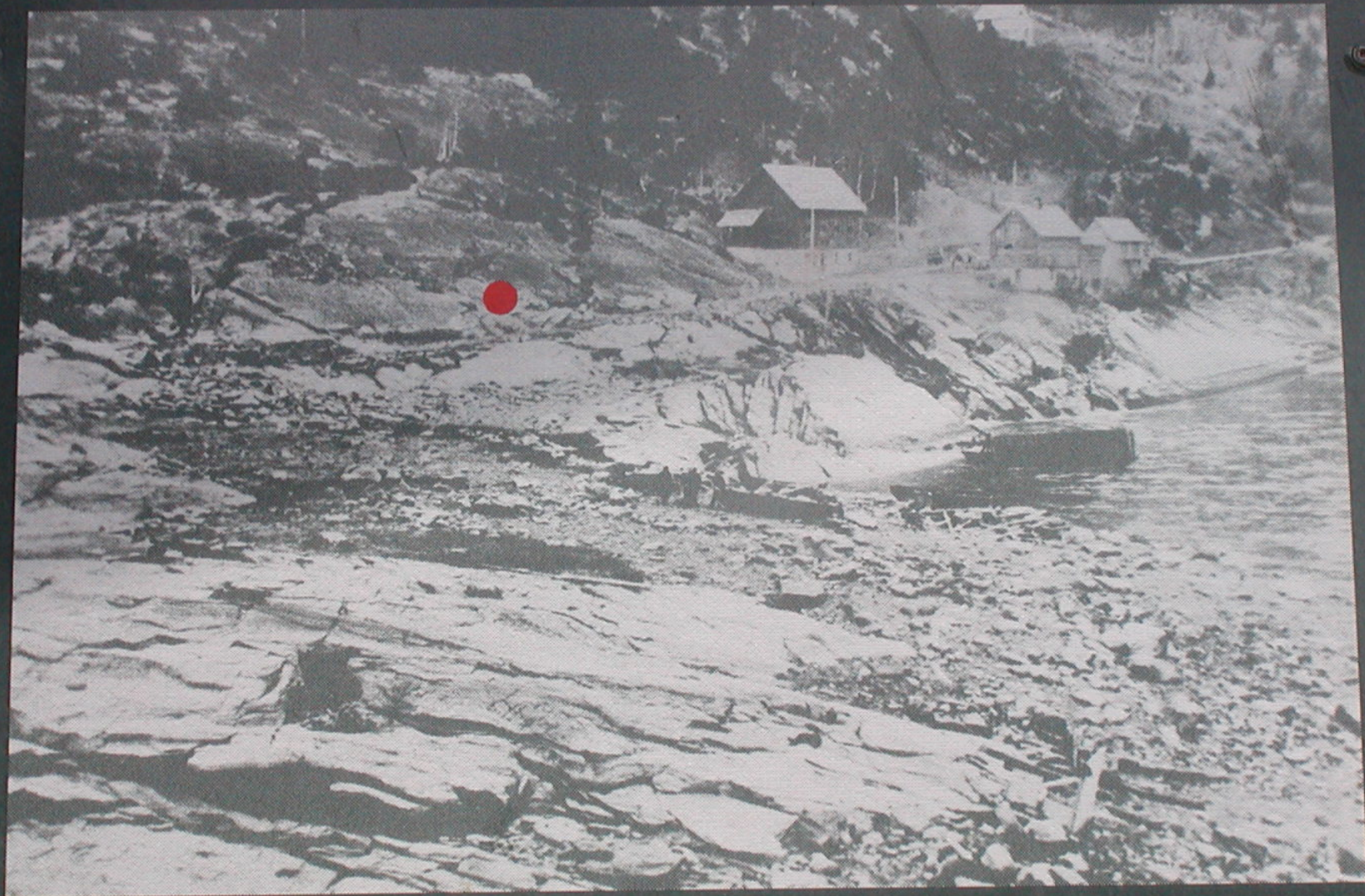


Foto frå Fjørå rett etter ulykka, teke frå same plass som føregåande. Alt vart sopa vekk av flodbølgjene, men akkurat i området ved ungdomshuset gjekk bølgiene ikkje så høgt, så desse husa stod att.

Læra
del a

Lodals-ulykkene - eit hundreårs-minne for den første

*Bjørn Davidsen
Omsett til nynorsk av Bente Kopperdal*

I desse tsunami-tider vert me minna om at Noreg både har vore og kan verta utsett for flodbølgjer. Det er nok å nemna Loen 1904, Tafjord 1934 og Loen 1936.

Den første av desse tre store dei siste hundre åra, fann altså stad i Lodalen i Nordfjord 15. januar 1905. Då losna det eit stykke av Ramnefjellet, som tok med seg ei ur på ferda ned mot vatnet. Flodbølgja som følgde, drap i alt 61 menneske. Berre ni av dei omkomne vart funne. Dei 52 andre fekk grava si i vatnet.

Reiser du inn Nordfjord så langt den går, kjem du til Loen eller Lobygda som det heiter lokalt. Følgjer du vegen vidare opp langs elva, kjem du etter nokre kilometer til Vassenden. Herfrå strekkjer det smale Loenvatnet seg ei god mil søraust mot Kjenndalen – ein av dalane opp til Jostedalsbreen.

Loenvatnet er omkransa av eit høgt fjellmassiv med toppar som er opp mot 2.000 meter høge. Langs strendene på austsida og heilt i sør finst det "oasar" med dyrkbar jord. Her har folk frå uminnelege tider freista å livnæra seg av det jorda kunne gje. Men dei har levd farleg. Somme vintrar har "storfonna" kome fleire stader i dalen og feid unna både livsverket til fleire generasjonar og folket som budde der. Og minst tre gongar dei siste hundre åra har Ramnefjellet sendt store steinblokker nedover fjellsida mot vatnet. Ved to tilfelle, i 1905 og 1936, vart fleire bygdelag teke av flodbølgja. Den siste gongen eit storras gjekk, i 1950, var vatnet så oppfylt med stein at bølgja knapt skvalpa langs strendene.

Lodalen vart tidleg eit mål for utanlandske turistar. Så tidleg som i 1830-åra byrja dei å trekka til den naturfagre dalen og breen innanfor. Over vatnet fekk dei først skyss med robåt. Men omkring 1890 kom den første dampbåten. I 1902 vart denne skifta ut med ein større båt, "Lodalen". Denne låg i opplag i eit naust mellom Bødal og Nesdal vinteren 1904/05.



Postkort frå ulukkesstaden i Loen. Krysset oppe i lia viser kvar laset losna. Garden Ytre Nesdal låg i framgrunnen til høgre.

The Storegga slide

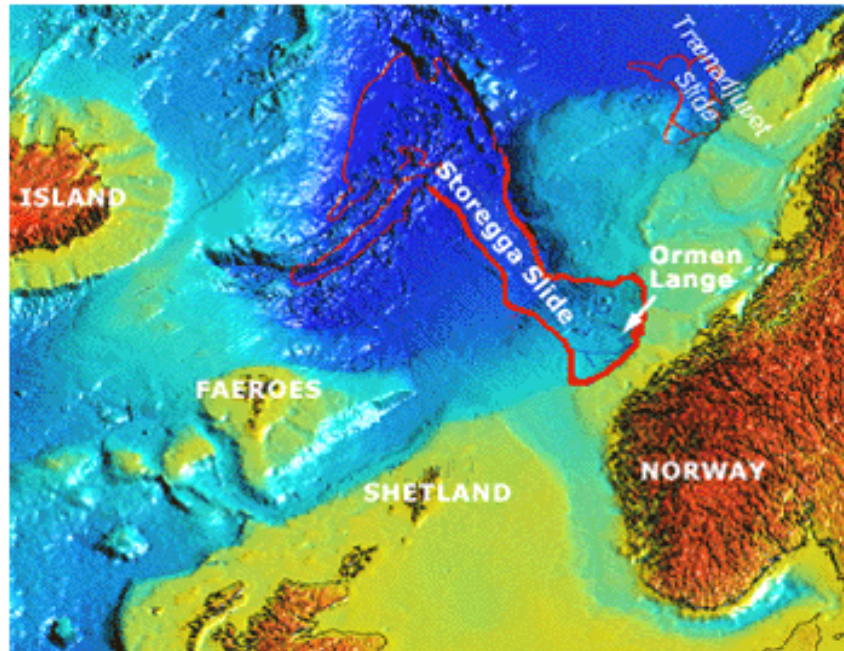
Around 8100 years ago, one of the largest landslides in the world occurred at Storegga, 100 kilometres north west of the Møre coast. An area the size of Iceland slid into the Norwegian Sea.

The slide, which ended up at a depth of 300-2500 metres, created a 10-20 metre high tidal wave that reached the Norwegian coast.

The mass slid around 800 kilometres into the deep sea, and its back edge is around 300 kilometres long. The Ormen Lange field is in the middle of the depression left behind by the Storegga slide and is close to the steep slide edge which rises 200-300 metres up towards the continental shelf.

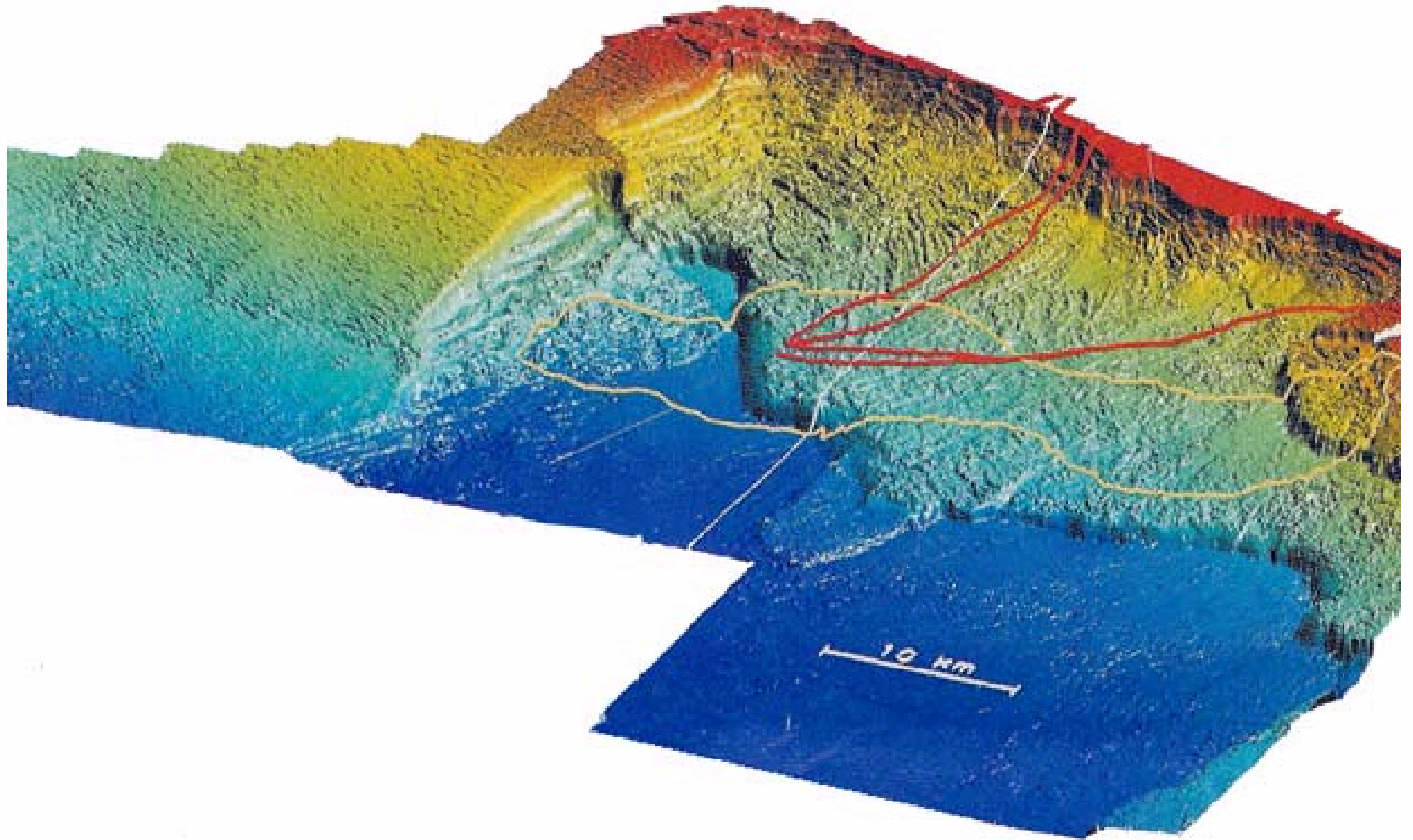
The field is at a depth of 800 to 1100 metres and the slide has made the seabed very hilly, with peaks that jut up 30 to 60 metres. The reservoir itself is around 2000 metres below the seabed.

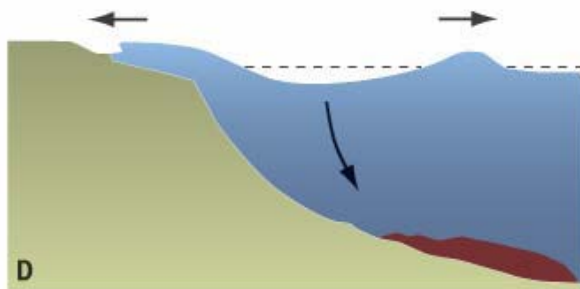
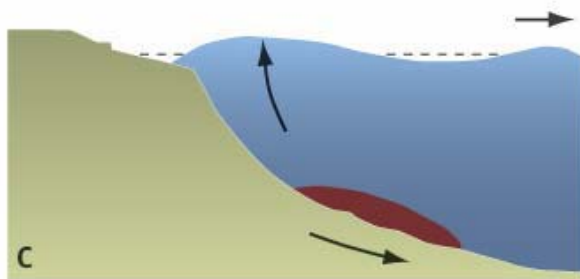
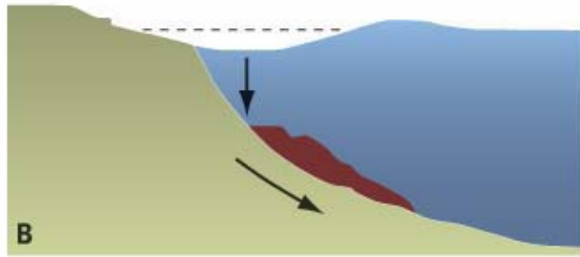
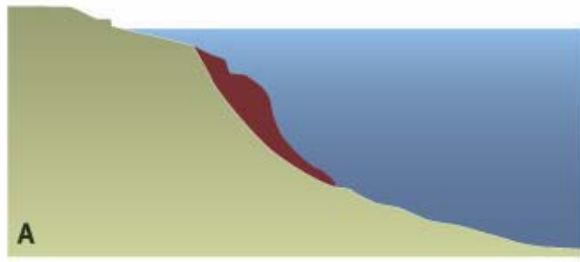
Hydro, in its role as operator, has carried out extensive work to ascertain whether there is any danger of a new slide. Several hundred million kroner have been spent and the world's top experts have been engaged to study this question. The conclusion is that the conditions that caused the slide in its time are not present today.



CHALLENGING: The Ormen Lange field is located close to the steep back edge of the Storegga slide, which 8100 years ago ended up at a depth of 300-2500 metres.

3D map of the slope, showing the Storegga slide.



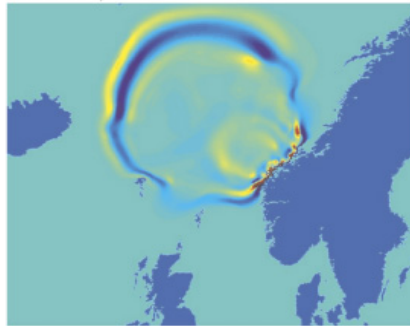




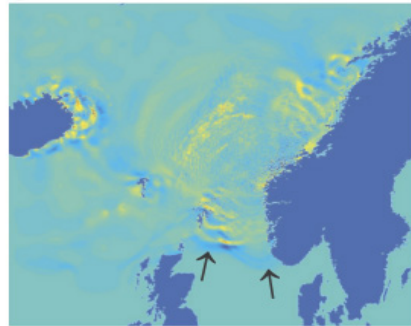
20 min.



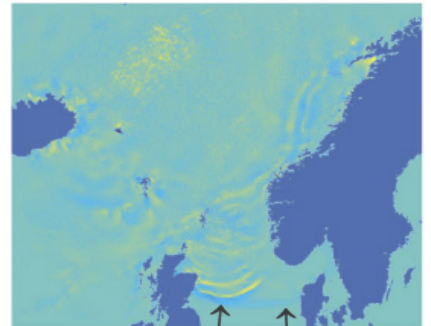
1 tim. 04 min.



3 tim. 10 min.



5 tim. 35 min.



Monsterbølgen slukte Vestlandet

EN MONSTERBØLGE . Det kan ha vært en helt vanlig dag på vestlandskysten for 8000 år siden. Så skjedde det utrolige: Havet begynte å synke med stor hastighet. Før det hadde gått en halvtime, var vannstanden 10-20 meter lavere enn normalt.

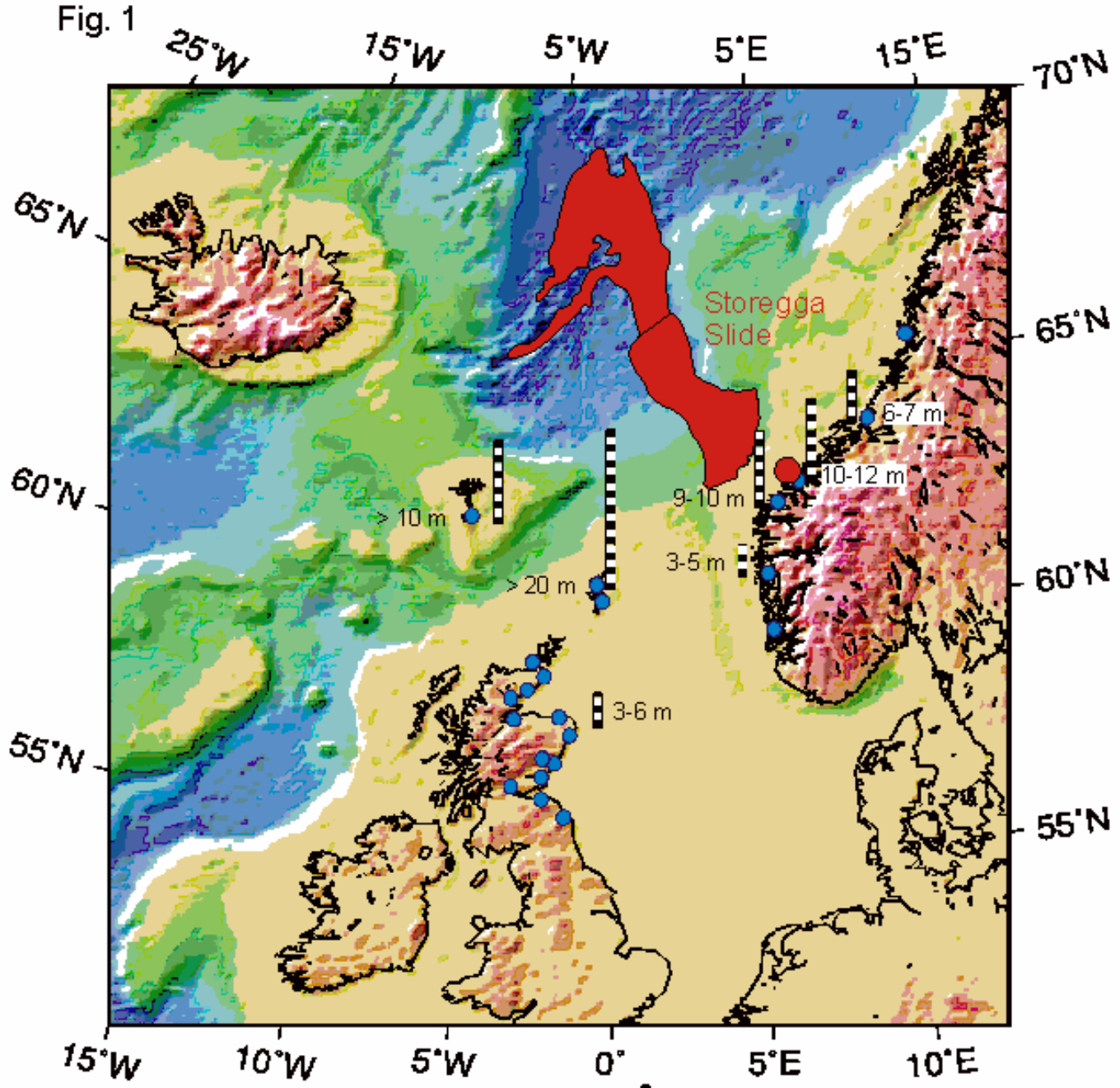
Menneskene som bodde på Vestlandet i eldre steinalder må ha blitt forundret. Noen av dem løp kanskje ut på den tørrlagte havbunnen for å plukke med seg fisk og skalldyr som lå igjen der vannet var hadde trukket seg tilbake.

Så snudde vannet. Det tok omkring en time før vannstanden var tilbake til normalen. Men det stoppet ikke der. En gigantisk flodbølge skylte inn over land, og i løpet av den neste halvtimen sto vannet 10-12 meter høyere enn vanlig. Innover i fjordene ble bølgen presset enda høyere, og beregninger viser at vannet steg så mye som 40-50 meter i ekstreme tilfeller.

- Sannsynligvis kom ikke bølgen som en synlig, brytende front, slik vi er vant til å se bølger. Trolig oppførte den seg mer som «raskt tidevann», sier Stein Bondevik, førsteamanuensis ved institutt for geologi ved Universitetet i Tromsø.

MAGASINET

Fig. 1



● Storegga tsunami deposits



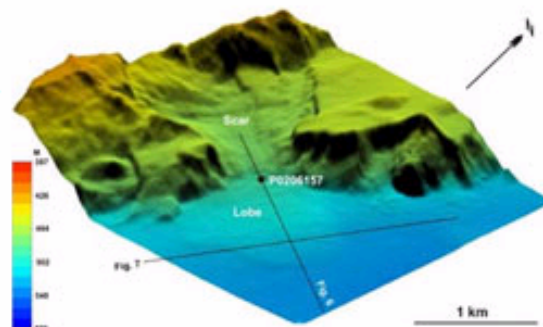
Run-up of tsunami deposits

Steinalderboplass tatt av tsunami

18. jan 2005 05:00

Av: Gudmund Løvø, Journalist, NGU

En av landets eldste steinalderboplasser kan ha blitt utradert av en gigantisk flodbølge for nesten 12 000 år siden. Det viser analyser av et undersjøisk skred (bildet) og utgravingene av en boplass på Galta i Rennesøy kommune.



Arkeologer satt igjen med flere ubesvarte spørsmål etter den omfattende utgravingen på Galta-halvøya i Rogaland i 1989 og 1990. Her - på den eldste steinalderboplassen i Sør-Norge - ble over 17 000 gjenstander gravd fram.

Utgravingene skjedde i et belte mellom 16 og 20 meter over havet, men forskerne støtte på et forklaringsproblem: Flintredskapene lå i en metertykk pakke med strandsedimenter, som var avsatt på grunt vann og i tidevannssonen for om lag 11 200 år siden.

Dramatisk historie

- Naturligvis kunne ikke folk ha levd under vann, fastslår førstekonservator og palynolog Lisbeth Prøsch-Danielsen ved Arkeologisk Museum i Stavanger.

Men vitenskapen har ikke funnet tegn til havnivåstigning i området etter 11 200 år før nåtid. Tvert om; i dette tidsrommet etter siste istid hevet jordskorpen seg to meter for hvert 100 år på Rennesøy.

I samarbeid med

Institusjon



Norges geologiske undersøkelse
(NGU)

Handler om

Tema

Arkeologi

Geologi

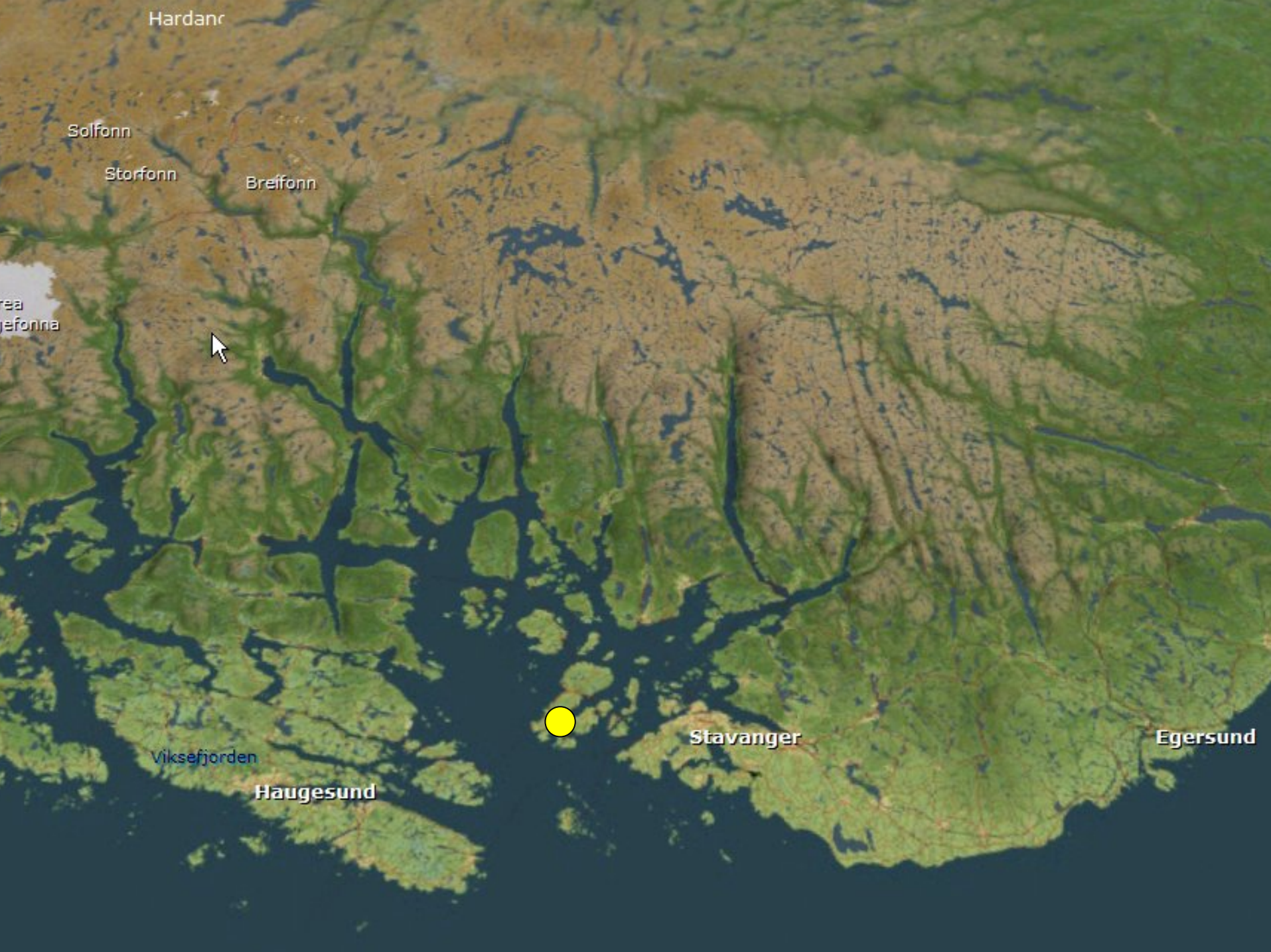
Steinalder

Fag

Arkeologi

Geofag

Marin geologi



Hardang

Solfonn

Storfonn

Breifonn

rea
gefonna

Viksefjorden

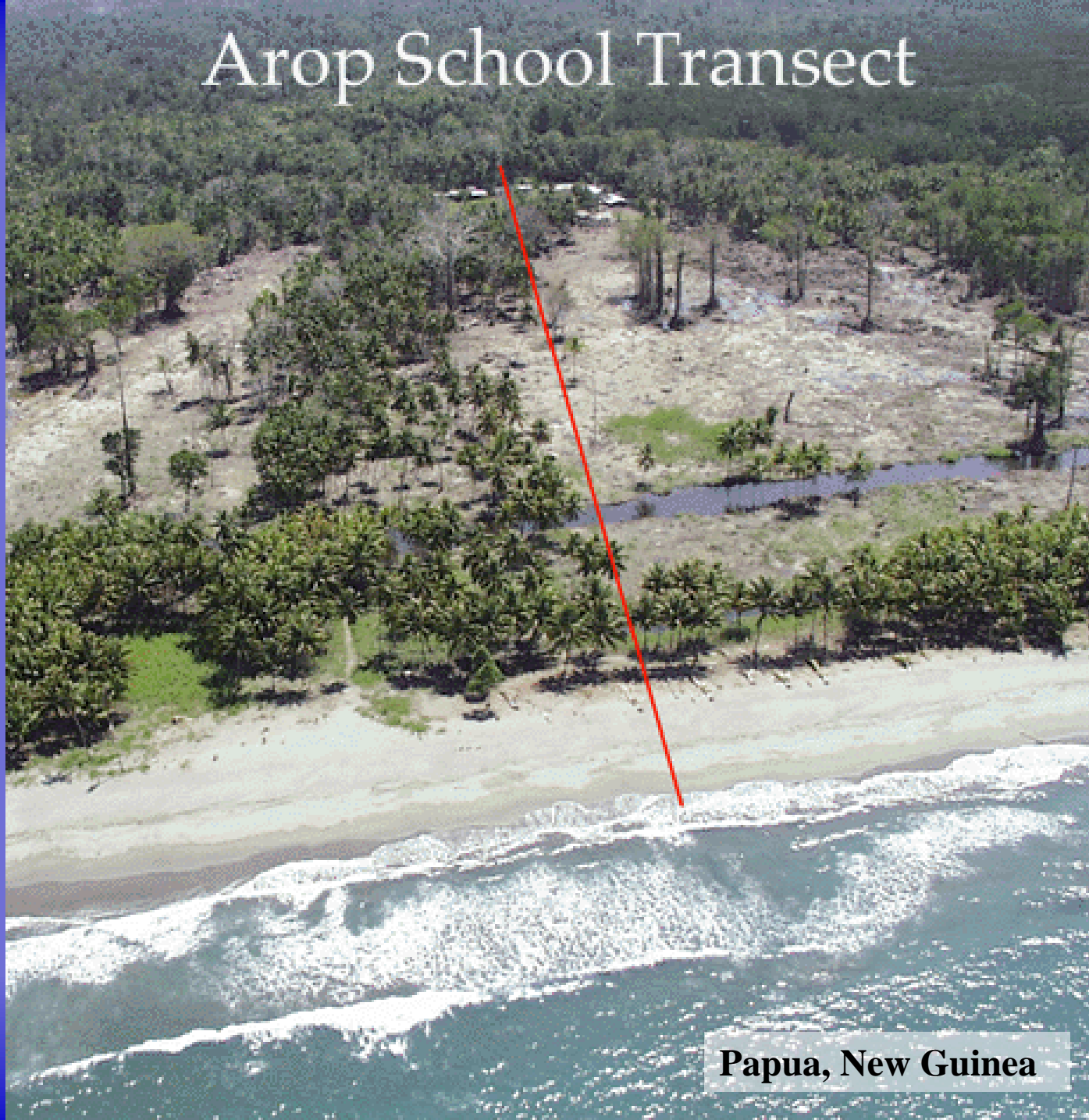
Haugesund

Stavanger

Egersund

Tsunami deposits

Arop School Transect



Papua, New Guinea



Papua, New Guinea



Papua, New Guinea



Tsunami Sand

Buried Soil

Papua, New Guinea

Fine Sand



Coarse Sand

Buried Soil

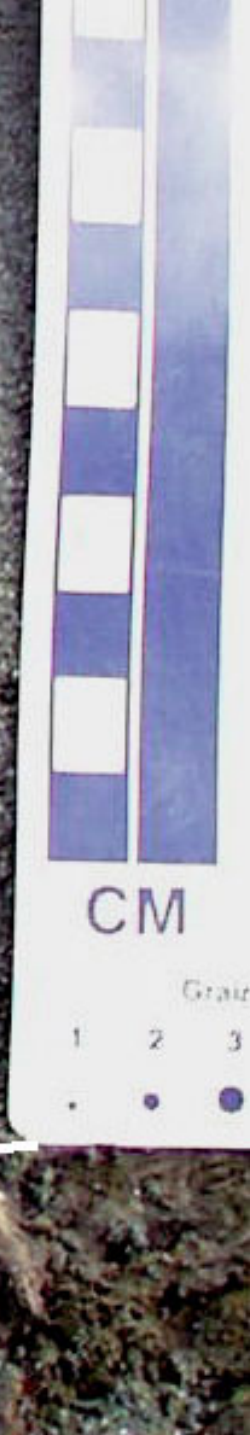
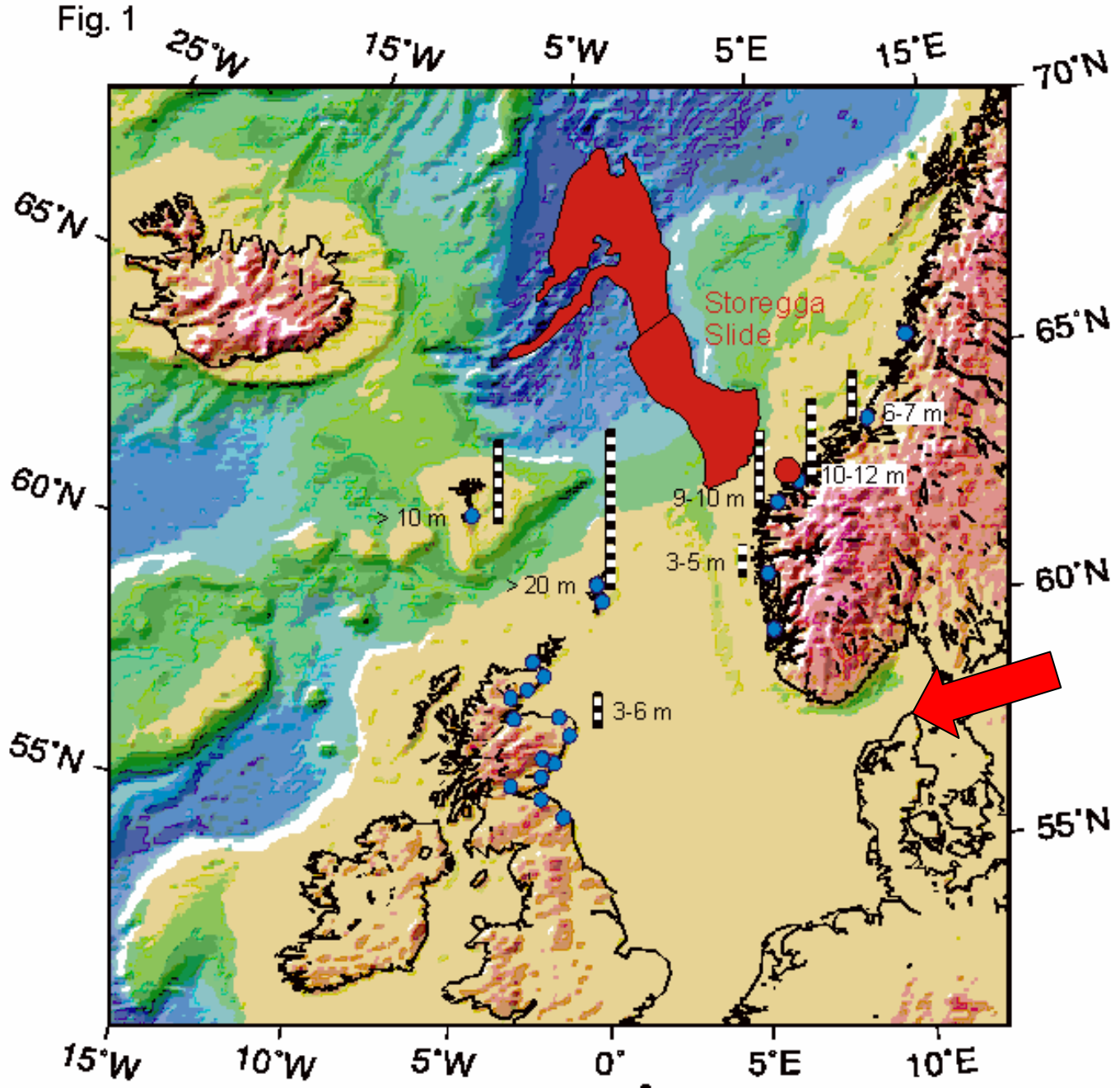


Fig. 1



● Storegga tsunami deposits



Run-up of tsunami deposits



富嶽三十六景 神奈川沖
浪裏

