GOOGLE EARTH™ E LA DINAMICA DELLA TERRA

SCHEDA INSEGNANTE - 1/9

1. DESCRIZIONE E RIASSUNTO

Indipendentemente dagli approfondimenti che le si dedicano, la Tettonica delle Placche è un argomento centrale e praticamente inevitabile nello studio delle Scienze delle Terra trattate alle Scuole Superiori. Che si parli di terremoti, di vulcani, di oceani, di montagne o di rocce, alla Tettonica delle Placche inevitabilmente si arriva. Il dubbio di noi insegnanti è talvolta quello di quando trattarla: prima o dopo della sismologia o della vulcanologia? O in parallelo? Quest'attività offre una possibile strada: immergere gli studenti *ex-abrupto* nella scoperta della dinamica endogena del pianeta e dei suoi maggiori lineamenti geomorfologici in maniera integrata, attraverso uno strumento informatico con il quale familiarizzano con facilità, Google Earth.

Schematicamente, l'attività parte dall'esplorazione delle maggiori strutture geomorfologiche che interessano i continenti e i fondali oceanici. Livelli aggiuntivi scaricabili gratuitamente dalla rete implementano Google Earth per approfondire lo studio della Tettonica delle Placche. Vengono forniti gratuitamente due file kmz che includono vari livelli che mostrano l'età dei fondali oceanici, la localizzazione e le profondità degli ipocentri dei grandi terremoti verificatisi negli ultimi 20 anni, le localizzazioni aggiornate dei terremoti verificatisi negli ultimi 7 giorni, aggregati sia per magnitudo che per profondità dell'ipocentro, le localizzazione dei vulcani, la disposizione delle maggiori placche e dei relativi margini. A conclusione e consolidamento dell'attività gli studenti disegnano una sezione trasversale che attraversa tre grandi margini di placca (dalla placca Africana, attraverso la placca Sud Atlantica, la placca di Nazca fino a raggiungere il mezzo della placca Pacifica).

Alla fine dell'attività gli studenti sapranno usare con familiarità Google Earth e avranno incontrato e consolidato alcuni concetti su cui si basa la teoria della Tettonica delle Placche (frammentazione della litosfera, attività dei margini di placca, età dei fondali oceanici...).

2. INFORMAZIONI GENERALI

La tettonica delle placche è il modello che descrive la dinamica della litosfera terrestre, su cui concorda la maggior parte degli scienziati che si occupano di Scienze della Terra. Questa teoria è in grado di spiegare, in maniera integrata e con conclusioni interdisciplinari, i fenomeni che interessano la crosta terrestre quali: attività sismica, orogenesi, la disposizione areale dei vulcani, la formazione di strutture come le fosse oceaniche e gli archi insulari, la distribuzione geografica delle faune e flore fossili durante le ere geologiche. Questo modello ha parzialmente inglobato la precedente teoria della deriva dei continenti, enunciata da Alfred Wegener, sviluppatasi durante la prima metà del XX secolo e gradualmente universalmente accettata a seguito della scoperta, durante gli anni sessanta, dell'espansione dei fondali oceanici.

3. TEMPI

2-4 x 50’ (dipende dalla familiarità con l'uso di Google Earth)

4. PREREQUISITI

Se gli studenti sono estranei a Google Earth, questo va introdotto (comandi e potenzialità principali) e lasciato usare per familiarizzare con qualche semplice ricerca. Non si richiede nessun prerequisito particolare, benché sarebbe utile una conoscenza di base di geografia globale (punti cardinali, reticolato geografico, latitudine e longitudine ecc).

I nuovi argomenti sono affrontati nello spirito del *learning-by-doing*, pertanto i nuovi concetti vengono a mano a mano scoperti dagli studenti. L'insegnante ha il ruolo di facilitatore e di guida in questo processo. Alcune parti possono anche essere assegnate agli studenti da svolgere in totale autonomia, anche come compito da svolgere a casa.

Si consiglia di verificare con il tecnico informatico la quantità di banda internet a disposizione del laboratorio in cui si intende svolgere questa attività, perchè lo svolgimento simultaneo di alcune operazioni da parte di tutti gli studenti potrebbe saturare la banda e rallentare il caricamento degli elementi sui computer.

Le porzioni di testo della sezione “Procedura” indicate in rosso sono le risposte alle domande.

Questa attività è stata tradotta, adattata e integrata da Laura Tagnin per ICLEEN a partire dalla versione originale di “Using Google Earth to Explore Plate Tectonics“ disponibile al seguente indirizzo http://serc.carleton.edu/sp/library/google_earth/examples/49004.html (Science Education Resource Center at Carlton College) e realizzata da Laurel Goodell, Department of Geosciences, Princeton University.
(cc) BY

GOOGLE EARTH™ E LA DINAMICA DELLA TERRA

SCHEDA INSEGNANTE - 2/9

5. MATERIALI

Copie della Scheda studente per la presente attività: una per studente.

Un PC per ogni studente (o per coppie di studenti) collegato alla rete e con Google Earth preinstallato.

Su ogni computer dovranno esser stati precaricati i seguenti due files

- Dynamic_Earth.kmz (1.3MB) scaricabile gratuitamente al seguente indirizzo http://serc.carleton.edu/files/sp/library/google_earth/examples/google_earth_kmz_file.kmz
- Earths_Tectonic_Plates.kmz (120Kb) scaricabile gratuitamente al seguente indirizzo earthquake.usgs.gov/regional/nca/virtualtour/kml/Earths_Tectonic_Plates.kmz

Fogli di carta e materiale per disegnare.

6. PROCEDURA E SOLUZIONI

Questa sezione riporta il testo della Scheda studente con la'ggiunta dei testi in rosso che sono le risposte alle domande oppure suggerimenti utili all'insegnante

FASE 1:
Questa fase serve per imparare a usare alcune semplici funzioni di Google Earth. Inoltre osserverai i contenuti di due files che ti serviranno successivamente:

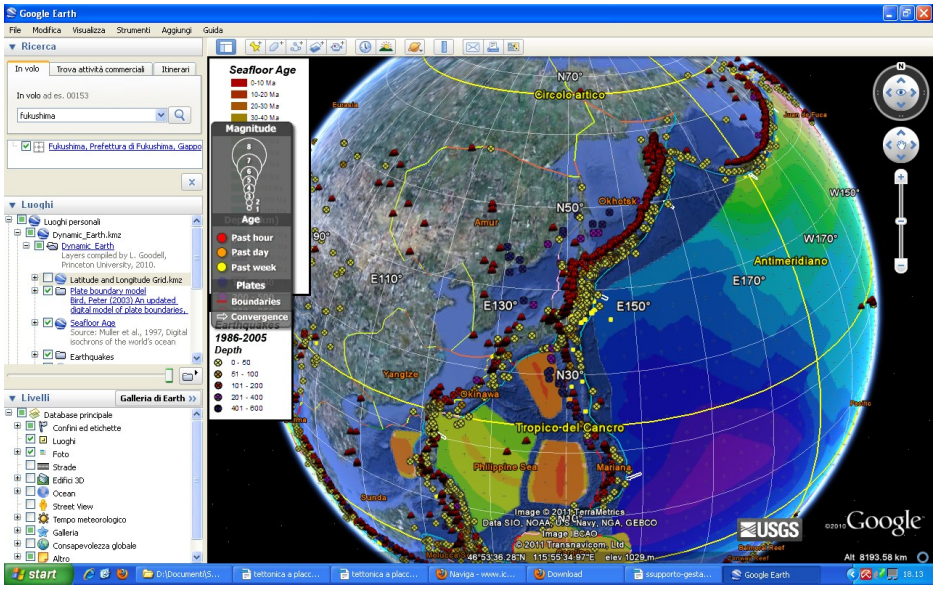
1. Google Earth è stato gratuitamente scaricato (dal sito http://earth.google.com/) e installato sul tuo PC. Dentro a Google Earth dovresti anche vedere due cartelle distinte : *Dynamic_Earth.kmz* e *Earths_Tectonic_Plates.kml*.
2. Sposta questi due files da “Luoghi temporanei” a “Luoghi personali”. A questo punto i file saranno disponibili ogni volta che aprirai Google Earth su questo particolare computer.
3. Ora, con una connessione attiva a internet, disponi di uno strumento (e due files) che ti fanno vedere la superficie terrestre in modo dinamico, inclusi i margini di placca, i fondali oceanici, la distribuzione dei vulcani e dei terremoti. Investi qualche minuto a esplorare la Terra con Google Earth. Per esempio: usa lo strumento di zoom, aggancia e ruota il globo terrestre, ecc. Osserva come cambia la risoluzione quando agisci sullo zoom. Suggeriamo di far spendere agli studenti un po' di minuti ad esplorare la Terra con Google Earth. Per esempio possono usare lo strumento di zoom, agganciare e ruotare il globo terrestre, osservare come cambia la risoluzione quando si agisce sullo zoom, ecc. Questa fase è inversamente proporzionale alla loro familiarità con il software. Se gli studenti hanno già lavorato con il programma si può passare direttamente a quanto segue.

4. Si farà espandere Dynamic_Earth.kmz cliccando sul +, per visualizzare tutti i livelli a cui si può accedere.

Questa attività è stata tradotta, adattata e integrata da Laura Tagnin per ICLEEN a partire dalla versione originale di “Using Google Earth to Explore Plate Tectonics“ disponibile al seguente indirizzo http://serc.carleton.edu/sp/library/google_earth/examples/49004.html (Science Education Resource Center at Carlton College) e realizzata da Laurel Goodell, Department of Geosciences, Princeton University.
(cc) BY

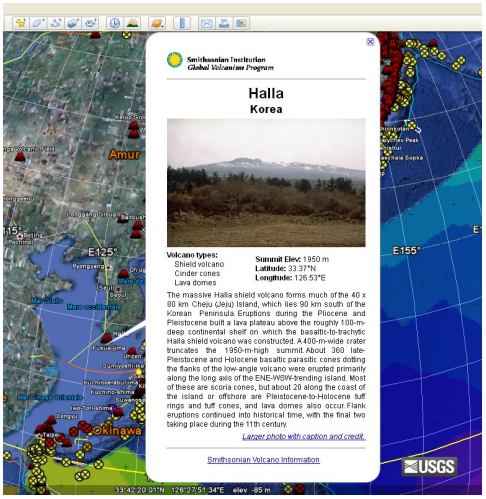
GOOGLE EARTH™ E LA DINAMICA DELLA TERRA

SCHEDA INSEGNANTE - 3/9



I livelli messi a disposizione del file sono:
- un livello che illustra i margini di placca (e i nomi delle singole placche),
- un livello che indica le diverse età dei fondali oceanici con colori diversi (la legenda appare in una specifica finestra),
- un livello che illustra la distribuzione dei terremoti (in tre modalità possibili: i maggiori terremoti registrati negli ultimi 20 anni, i terremoti di magnitudo superiore a 1 registrati nell'ultima settima e ordinati per magnitudo, i terremoti di magnitudo superiore a 1 registrati nell'ultima settima e ordinati per profondità),
- un livello che illustra la distribuzione dei vulcani (quelli di cui si conosce attività, dall'Olocene ad oggi).

Cliccando poi sull'icona del vulcano sul planisfero appaiono ulteriori informazioni fornite in lingue inglese e curate dalla Smithsonian Institution. Cliccando sul pallino del terremoto appaiono dettagli sul sisma. E' presente anche un livello che crea una griglia con i riferimenti di latitudine e longitudine. I livelli possono essere attivati o disattivati cliccando nella relativa casella, oppure espansi o contratti cliccando sul + o sul -.



FASE 2:

Disattiva tutti i livelli e osserva i rilievi. E usa Google Earth per osservare la Terra, la sua morfologia e rispondere alle

Questa attività è stata tradotta, adattata e integrata da Laura Tagnin per ICLEEN a partire dalla versione originale di "Using Google Earth to Explore Plate Tectonics" disponibile al seguente indirizzo http://serc.carleton.edu/sp/library/google_earth/examples/49004.html (Science Education Resource Center at Carlton College) e realizzata da Laurel Goodell, Department of Geosciences, Princeton University.
(cc) BY

GOOGLE EARTH™ E LA DINAMICA DELLA TERRA

SCHEDA INSEGNANTE - 4/9

seguenti domande. In questa fase non ti servirai del contenuto delle due cartelle di file visti nella fase precedente.

Lavorando su un certo livello si consiglia di disattivare gli altri per evitare inutili confusioni.

Si può partire disattivando tutti i livelli del file ed osservando semplicemente la distribuzione dei rilievi della Terra. A tal proposito agli studenti può essere chiesto di rispondere ad una serie di domande tese a descrivere la topografia delle terre emerse e sommerse:

Le seguenti domande guidano alla scoperta e alla comprensione della Tettonica delle Placche in modo autonomo:

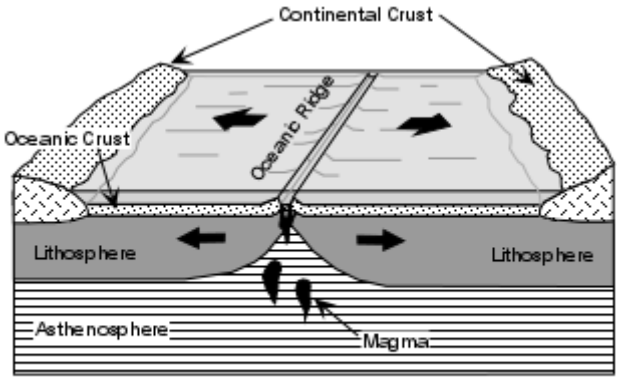
5. Le montagne sono distribuite in maniera casuale sui continenti e/o uniforme sui continenti o seguono particolari schemi (aggregazioni, linee, catene, archi, ecc.)?

Agli studenti verrà chiesto di focalizzarsi sui colori per cogliere la fisionomia dei rilievi e valutarne la distribuzione.

6. Cerca in internet l'altezza del Monte Everest, il punto più elevato della Terra: 8.848 metri

7. Prima che le mappe topografiche dei fondali oceanici fossero disponibili si pensava che i fondali oceanici fossero relativamente piatti e monotoni. L'osservazione di laghi e fiumi suggeriva che le parti più profonde degli oceani fossero nel loro mezzo. La mappatura dettagliata dei fondali oceanici avvenuta successivamente smentì tali idee. Su Google Earth, la batimetria dei fondali oceanici è resa graficamente da tonalità di blu sempre più intense mano a mano che il mare si fa più profondo.
Esamina l'Oceano Atlantico tra il Sud America l'Africa. I fondali sono piatti? Come cambia la profondità muovendosi dalla costa verso il centro dell'Oceano? Descrivi quello che riesci a vedere e capire della struttura che trovi in mezzo all'Oceano Atlantico (pianura?, valle?, catena montuosa?, ecc.)

8. Questo tipo di struttura è chiamata dorsale oceanica. Ingrandisci con lo zoom tanto da distinguere la “rift valley” che corre lungo il mezzo.
Qui sotto, completa il profilo del fondale dell'Oceano Atlantico fra il Sud America e l'Africa.



Diverging Plate Boundary
Oceanic Ridge - Spreading Center

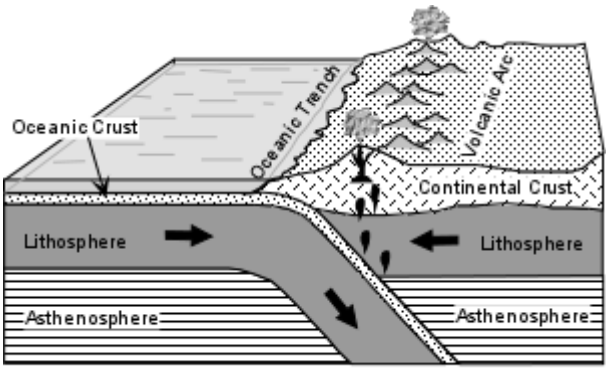
Disegno di risposta

9. Osserva la costa occidentale del Sud America e completa il profilo del fondale compreso tra la costa ovest del Sud America e una distanza di circa 1000 km a ovest dalla costa.

Questa attività è stata tradotta, adattata e integrata da Laura Tagnin per ICLEEN a partire dalla versione originale di “Using Google Earth to Explore Plate Tectonics“ disponibile al seguente indirizzo http://serc.carleton.edu/sp/library/google_earth/examples/49004.html (Science Education Resource Center at Carlton College) e realizzata da Laurel Goodell, Department of Geosciences, Princeton University.
(cc) BY

GOOGLE EARTH™ E LA DINAMICA DELLA TERRA

SCHEDA INSEGNANTE - 5/9



Ocean - Continent Convergence

Disegno di risposta

10. Usando Google Earth "vola" fino all Challenger Deep, il luogo più profondo del pianeta. Che profondità raggiunge? Di cosa si tratta?

Si tratta del punto più profondo della Fossa delle Marianne (Pacifico occidentale), a 10,911 m di profondità.

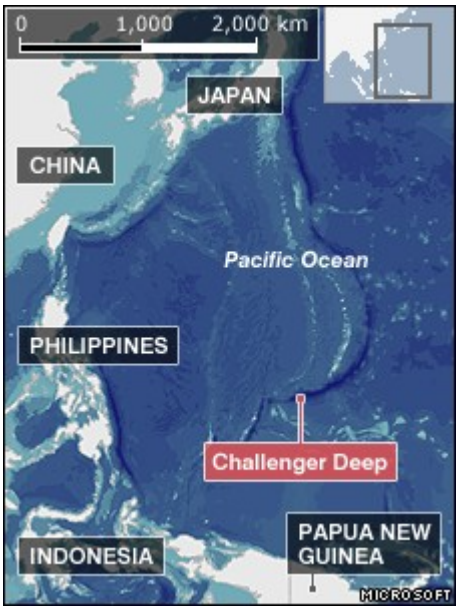


Immagine di risposta

FASE 3:
Distribuzione dei terremoti (gli studenti ora lavorano sul livello dedicato ai terremoti).

11. Ora espandi la cartella "*Earthquake*" (terremoti) che si trova nella cartella "Dynamic Earth" cliccando sul segno +. Se necessario disattiva (clicca sul -) gli altri livelli dei terremoti e attiva invece "*M+1, past 7 days, plotted by magnitude*" (terremoti di magnitudo maggiore di 1, avvenuti negli ultimi sette giorni e ordinati per magnitudo). L'opzione deve avere il segno di spunta verde. Osserva la lista del numero di terremoti avvenuti nell'ultima settimana per ogni grado di magnitudo. Annota il numero di terremoti per ogni grado di magnitudo nella lista che trovi qui sotto:

Ciò che si ottiene è una tabella con un numero di terremoti via via crescente, man mano che diminuisce la magnitudo. Riportando i numeri in un grafico a scala semilogaritmica si ottiene una serie di punti che uniti si avvicinano ad una retta.

12. Usando il grafico, prova a predire quanti terremoti di magnitudo 0 sono avvenuti la scorsa settimana (nota che i terremoti possono avere magnitudine 0 o anche inferiore a 0!).

Questa attività è stata tradotta, adattata e integrata da Laura Tagnin per ICLEEN a partire dalla versione originale di "Using Google Earth to Explore Plate Tectonics" disponibile al seguente indirizzo http://serc.carleton.edu/sp/library/google_earth/examples/49004.html (Science Education Resource Center at Carlton College) e realizzata da Laurel Goodell, Department of Geosciences, Princeton University.
(cc) BY

GOOGLE EARTH™ E LA DINAMICA DELLA TERRA

SCHEDA INSEGNANTE - 6/9

Numero previsto di terremoti per magnitudo 0 = ___circa 1000 _

13. Fai clic sul livello "Twenty years of large earthquakes" (che trovi dentro alla cartella "Earthquakes" usata nel punto precedente per localizzare i terremoti di magnitudo importante (quelli con magnitudo >= 6.0) avvenuti negli ultimi 20 anni. Assicurati che tutte le voci di questo specifico livello siano spuntate. Osservi qualche particolare forma nella distribuzione del terremoti: formano linee, archi, cerchi o raggruppamenti? Questi schemi di distribuzione sono collegati o scollegati tra loro?

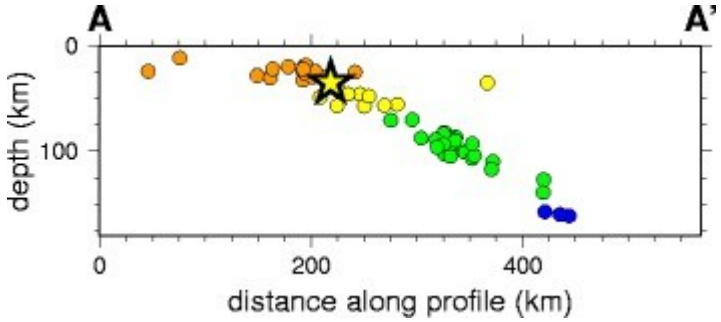
14. In che colore sono indicati i terremoti più superficiali? ___ giallo __ E i più profondi?__ blu __

15. Ora disattiva tutti gli elementi contenuti nella cartella *"Dynamic Earth"* e attiva il livello del file *Earths_Tectonic_Plates.kml* spuntandolo. Fai in modo che siano selezionati i livelli "Plates" (placche) e "*Plates legend*" (Legenda delle Placche).
Quale colore indica un margine di placca convergente (con formazione di fossa oceanica)? ___rosso_____.
Quale colore indica un margine di placca divergente (con formazione di dorsale oceanica)? ___giallo_____.
Osserva attentamente la disposizione di dorsali oceaniche e fosse. Gli schemi di distribuzione delle profondità dei terremoti lungo queste strutture sono differenti. Come variano le profondità degli *ipocentri* (= punti all'interno della Terra dove inizia a propagarsi la frattura che origina un terremoto) in corrispondenza di queste strutture? Completa la tabella sottostante:

	Presso le dorsali oceaniche	presso le fosse
Profondità (o range di profondità) degli ipocentri di terremoti	*Superficiali (0-50 km)*	*Da superficiali a profondi (0-600 km)*

16. Osserva la costa occidentale dell'America del Sud (Cile e Perù). Come varia la profondità degli ipocentri in funzione della distanza dalla linea di costa? Prova a spiegare questo comportamento.

Gli studenti dovrebbero essere in grado di rilevare un aumento della profondità dell'ipocentro mano a mano che ci si sposta verso est nel continente. Questo andamento è determinato dallo scivolamento per subduzione della placca di Nazca sotto alla Placca Sud Americana e gli ipocentri individuano quello che è chiamato piano di Benioff.



Schema di risposta

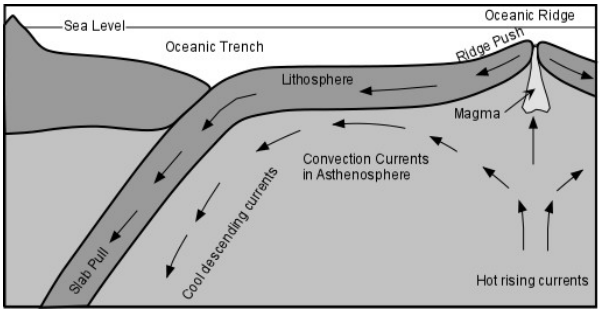
17. Infine spiega, alla luce delle informazioni da te raccolte, quali fenomeni tettonici hanno generato la catena vulcanica andina.

Questa attività è stata tradotta, adattata e integrata da Laura Tagnin per ICLEEN a partire dalla versione originale di "Using Google Earth to Explore Plate Tectonics" disponibile al seguente indirizzo http://serc.carleton.edu/sp/library/google_earth/examples/49004.html (Science Education Resource Center at Carlton College) e realizzata da Laurel Goodell, Department of Geosciences, Princeton University.
(cc) BY

GOOGLE EARTH™ E LA DINAMICA DELLA TERRA

SCHEDA INSEGNANTE - 7/9

18. Lo strato rigido esterno della Terra (= litosfera) è più spesso in corrispondenza delle dorsali o delle fosse? Motiva la tua risposta.



Schema di risposta

La litosfera è più sottile in corrispondenza delle dorsali oceaniche, che sono i luoghi in cui i movimenti convettivi in atto nel mantello si manifestano con inarcamenti della litosfera e fuoriuscita di magma. Qui continua a formarsi così nuova litosfera oceanica che via via si allontana dalla rift valley dando luogo all'espansione dei fondali oceanici. In questi luoghi si osserva anche il massimo flusso termico in risalita.

FASE 4:
Distribuzione dei vulcani

19. Lasciando attivo il livello "Twenty Years of Large Earthquakes" (20 anni di grandi terremoti) usato al punto 13, clicca e attiva il livello Active Volcanoes (vulcani attivi) di Google Earth. Descrivi se e quale relazione pensi che possa intercorre tra la localizzazione dei vulcani più attivi del pianeta e quella dei terremoti.

FASE 5:
Margini di placca

I margini tra le placche sono caratterizzati da fenomeni e strutture tipici di una tettonica attiva, quali terremoti, vulcani e catene montuose. In mezzo alle placche, al contrario, l'attività tettonica è scarsa. Attiva, con un clic nella casella di spunta, il livello "plate boundary" (margini di placca). Clicca sul + per visualizzare i contenuti del livello e verifica che siano tutti attivi. Attiva o disattiva gli altri livelli cliccandoci, in modo da vedere i margini di placca in relazione con le altre strutture.

Margini tra la placca Africana e quella del Sud America.

20. Dove si trova il margine di placca tra le coste africane e quelle sudamericane?

(In corrispondenza della dorsale medio-Atlantica.)

21. Clicca ed esplora il livello "Seafloor age" (età dei fondali oceanici). Descrivi come varia l'età dei fondali associata a questo margine di placca.

(L'età dei fondali oceanici aumenta allontanandosi dalla dorsale medio-Atlantica. E' interessante notare che i basalti dei fondali oceanici non hanno un'età superiore a 200 milioni di anni nelle parti più antiche, età che è molto diversa da quella registrata per alcune rocce continentali che arrivano a 3.8 miliardi di anni. Questo significa che il fondo oceanico è cambiato molte volte nel corso della storia della Terra.)

22. Se non avessi a disposizione il livello "margini di placca" (plate boundary layer) come potresti determinare la posizione di questo margine di placca? Elenca diverse modalità e specifica.

(osservando la distribuzione lineare di terremoti superficiali, osservando la minore età dei fondali oceanici, ...)

Questa attività è stata tradotta, adattata e integrata da Laura Tagnin per ICLEEN a partire dalla versione originale di "Using Google Earth to Explore Plate Tectonics" disponibile al seguente indirizzo http://serc.carleton.edu/sp/library/google_earth/examples/49004.html (Science Education Resource Center at Carlton College) e realizzata da Laurel Goodell, Department of Geosciences, Princeton University.
(cc) BY

GOOGLE EARTH™ E LA DINAMICA DELLA TERRA

SCHEDA INSEGNANTE - 8/9

Viaggia verso ovest attraverso la Placca Sud Americana fino al suo confine con la placca di Nazca

23. Dove si trova il margine di placca occidentale relativamente al Sud America?
(Lungo la costa peruviana e cilena)

24. Se non avessi a disposizione il livello "margini di placca" (*plate boundary layer*) come potresti determinare la posizione di questo margine di placca? Elenca diverse modalità e specifica.

(Osservando l'intensa attività vulcanica e sismica e la profondità crescente degli ipocentri allontanandosi dalla linea di costa, osservando la presenza di una fossa lineare lungo la costa, ...)

6. CONCLUSIONI E VALUTAZIONI

Esercizio n. 25. - Questa attività conclusiva serve a verificare e consolidare quanto appreso durante l'attività da parte degli studenti, i quali sono ora chiamati a disegnare una sezione trasversale che attraversa tre grandi margini di placca (dalla placca Africana, attraverso la placca Sud Americana, la placca di Nazca fino a raggiungere il mezzo della placca Pacifica)

L'analisi dello schizzo prodotto dagli studenti a termine dell'attività potrà essere utilizzata dall'insegnante per valutare il livello di comprensione raggiunto nonché l'accuratezza esecutiva (spessori della litosfera, posizioni degli ipocentri, correttezza e completezza di didascalizzazione, cura dei particolari...), giungendo in questo modo a formulare una valutazione individuale dell'attività svolta. Gli schizzi possono inoltre servire da punto di partenza per discutere altri aspetti riguardanti la Tettonica delle Placche, come, per esempio, la ricerca di ulteriori prove a sostegno di questa teoria scientifica (paleomagnetismo o utilizzo di dati geodetici provenienti dal GPS) o la ricerca della causa ultima del movimento delle placche stesse (moti convettivi nel mantello).

7. SITOGRAFIA

- http://www.cosediscienza.it/geo/03_tettonica.htm pagina realizzata da Antonio Vecchia, autore del libro divulgativo "Storie di Scienza". Illustra la Teoria della Tettonica, inquadrandola in prospettiva storica
- http://www.ucmp.berkeley.edu/geology/tectonics.html in inglese, pagina web dell'UCMP - University of California Museum of Paleontology, che contiene informazioni ed animazioni interessanti che illustrano il movimento delle placche negli ultimi 750 milioni di anni.
- http://denali.gsfc.nasa.gov/dtam/dtam/ The Digital Tectonic Activity Map (DTAM), mappa realizzata dalla NASA che illustra in dettaglio e ad alta definizione le placche e relativi margini.
- http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/dynamic.html, in inglese, pagine dell'USGS sulla tettonica.
- http://nhb-arcims.si.edu/ThisDynamicPlanet/index.html, in inglese, pagina della Smithsonian Institution con mappa interattiva di vulcani, terremoti, crateri da impatto e placche tettoniche.
- http://volcanoes.usgs.gov/about/edu/dynamicplanet/, in inglese, pagina dell'USGS sulla tettonica, dedicata agli insegnanti (This Dynamic Planet: A Teaching Companion).
- http://www.volcano.si.edu/reports/usgs/index.cfm, in inglese, pagina gestita in collaborazione da Smithsonian Institution e USGS, riporta lo "USGS Weekly Volcanic Activity Report", il rapporto delle eruzioni vulcaniche avvenute negli ultimi sette giorni.
- http://volcano.oregonstate.edu/, in inglese, pagina divulgativa sulla vulcanologia, redatta dall'Università dell'Oregon

Questa attività è stata tradotta, adattata e integrata da Laura Tagnin per ICLEEN a partire dalla versione originale di "Using Google Earth to Explore Plate Tectonics" disponibile al seguente indirizzo http://serc.carleton.edu/sp/library/google_earth/examples/49004.html (Science Education Resource Center at Carlton College) e realizzata da Laurel Goodell, Department of Geosciences, Princeton University.
(cc) BY

(USA), ricca di risorse destinate a insegnanti e studenti.

– http://www.geology.sdsu.edu/how_volcanoes_work/, in inglese, sito web sponsorizzato dalla NASA nell'ambito del Project ALERT (Augmented Learning Environment and Renewable Teaching), dedicato a studenti e insegnanti di Scienze della Terra.

– http://it.wikipedia.org/wiki/Tettonica_delle_placche, descrizione della teoria della Tettonica delle Placche.

Questa attività è stata tradotta, adattata e integrata da Laura Tagnin per ICLEEN a partire dalla versione originale di "Using Google Earth to Explore Plate Tectonics" disponibile al seguente indirizzo http://serc.carleton.edu/sp/library/google_earth/examples/49004.html (Science Education Resource Center at Carlton College) e realizzata da Laurel Goodell, Department of Geosciences, Princeton University.
(cc) BY