

**Maggio-Giugno 2014**

**PAS - A056/C180**

# **Oceanografia 1**

**I campi di studio e sviluppo;  
La morfologia del fondo marino**

**NOTA**

Materiale didattico ad  
uso esclusivo dei  
frequentatori.

**A cura del C.te Giorgio TROSSARELLI**

## L'oceonografia:

- storia,
- campi di studio e di applicazione nei settori scientifico, civile e militare,
- mezzi impiegati per l'acquisizione dei dati oceanografici,
- importanza (economica) degli oceani.

## La storia, “tappe” principali:

1. “scoperta” degli oceani (grazie a remi, vela, “navigazione astronomica”, scandaglio a mano e bussola). Ricordare che furono scoperte: l’Australia nel 1770, e l’Antartide nel 1820.
2. esplorazione sistematica degli oceani a scopo “idrografico” (grazie a innovazioni quali la navigazione a motore, il cronometro marino, il metodo St. Hilaire, la nascita degli Istituti Idrografici),
3. ricerca oceanografica a carattere militare (soprattutto 2<sup>a</sup> guerra mondiale),
4. ricerca e applicazioni nei campi militare, civile, scientifico (dal dopoguerra ai giorni nostri).

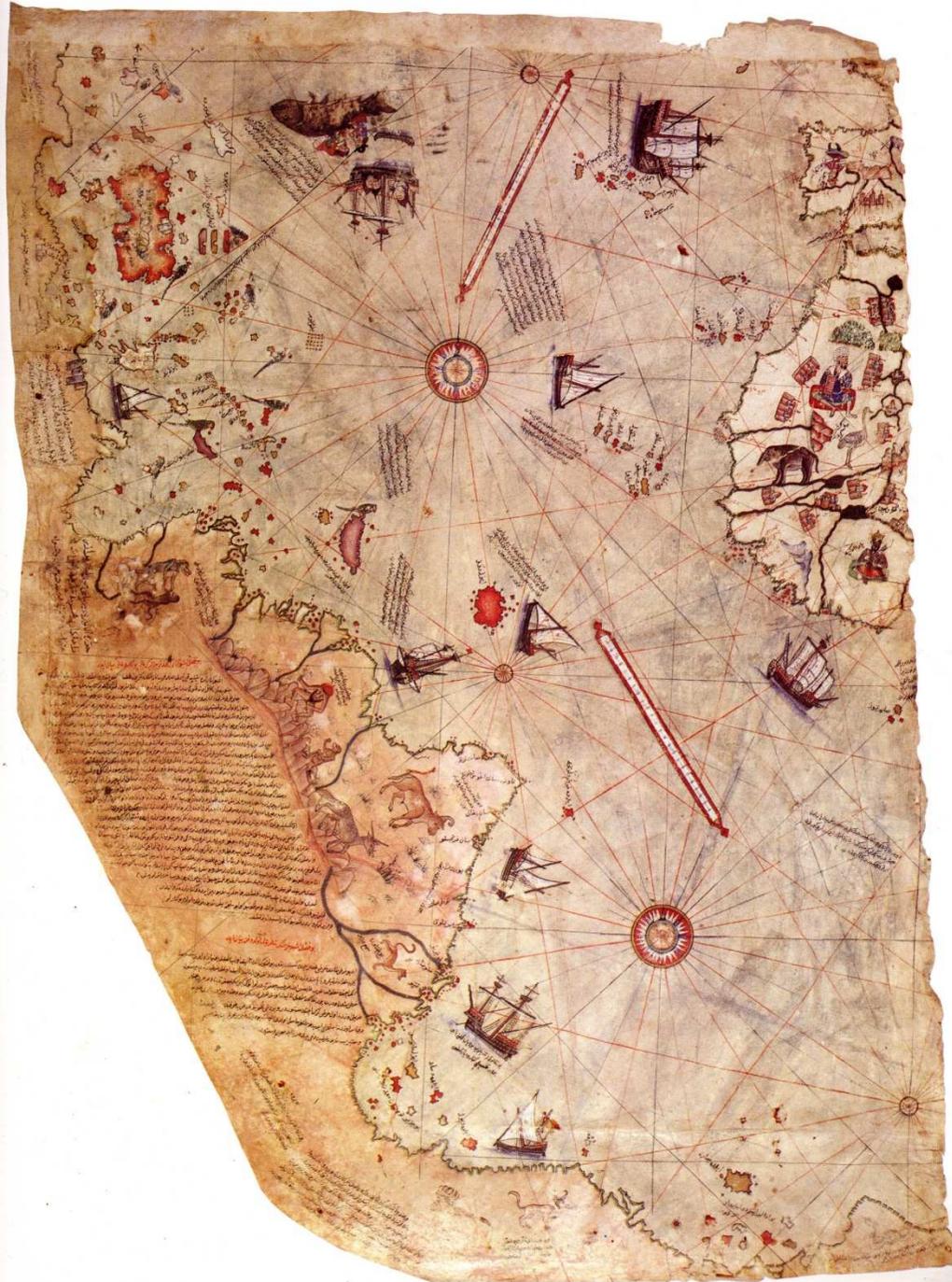


## Carta di Cantino, 1502

Carta di Piri-Reis  
1513, rinvenuta  
nel 1929.

Si intravede  
l'Antartide

2014



L'oceanografia é una scienza interdisciplinare che ha limiti molto vasti potendosi estendere fino a comprendere tutti gli studi che in un modo o nell'altro interessano il mare.

Ad eccezione di casi particolari, le problematiche vengono studiate da gruppi di lavoro in quanto é necessario l'apporto interdisciplinare di molte scienze e tecnologie. Le più ricorrenti sono: idrografia, geologia marina, geofisica, biologia marina, chimica e radio chimica, elettronica, informatica, opto-elettronica.

Volendo individuare i vari campi di studio dell'oceanografia si può giungere alla seguente suddivisione:

- 1. Morfologia delle aree oceaniche: dimensioni, configurazione, struttura geologica, rapporti con la geografia generale e con la geodesia. Cartografia costiera e batimetrica. Natura e struttura delle coste (spiagge) e del fondo marino.**
- 2. Rapporti con la geologia e la sedimentologia. Studio dei sedimenti: loro natura età e dimensioni; caratteristiche chimiche, geologiche, mineralogiche e paleontologiche dei sedimenti. Caratteristiche di massa dei sedimenti**
- 3. Caratteristiche chimiche e fisiche delle acque: salinità, densità; condizioni di equilibrio delle acque; visibilità sott'acqua; velocità del suono.**
- 4. Studi sul movimento delle acque, correnti, onde, maree; azione meccanica del mare e sua importanza nella geologia e nella vita delle zone costiere.**
- Misure oceanografiche ("in situ" e telerilevamento) e ingegneria oceanografica.
- Rapporti tra atmosfera e oceani. Climatologia.
- Studio dell'ambiente oceanico riguardo al suo significato biologico. Ecologia marina. Biochimica marina.
- Funzione del mare nella civiltà e nella storia dell'umanità.
- 9. Funzioni economiche e geopolitiche del mare. Navigazione, "management" degli oceani, diritto internazionale, etc.**

**Ricerca oceanografica**

**Militare**

**Civile**

**Scientifica**

- \* Lotta A/S
- \* Guerra di mine
- \* Operazioni anfibiae
- \* Operazioni di SMG
- \* Rapid Environmental Assesment

- \* Navigazione marittima e controllo traffico
- \* Sfruttamento risorse fisiche (energia)
- \* Sfruttamento risorse alimentari
- \* Posa condutture subacquee (Oleodotti, teste di pozzo, gasdotti)
- \* Opere marittime
- \* Sviluppo Tecnologia subacquea
- \* Ecologia marina

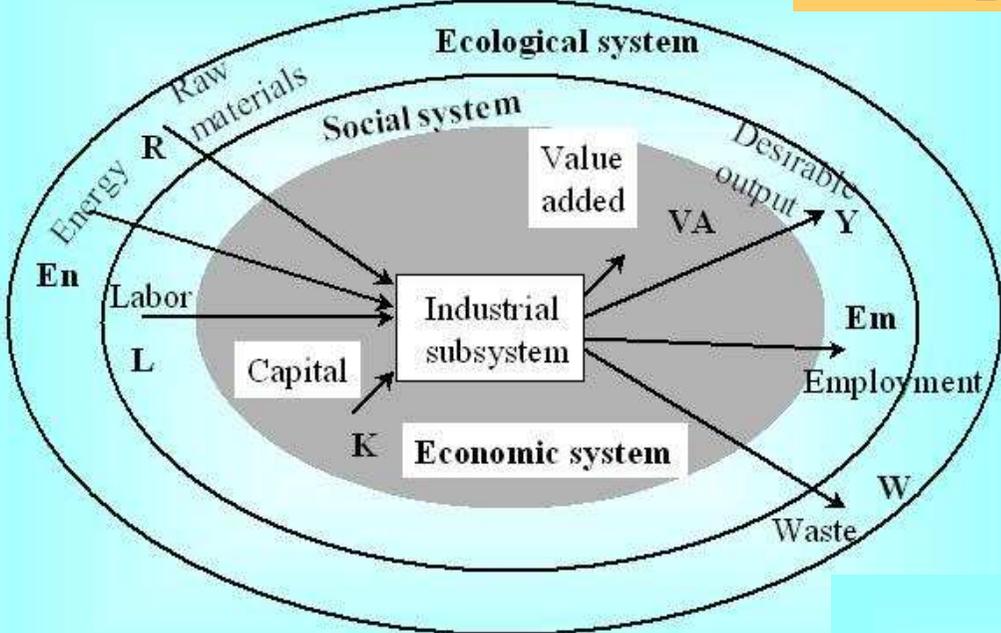
- \* Espansione fondo oceanico
- \* Storia geologica
- \* Forma del geoide
- \* Variazione del livello
- \* Circolazione profonda degli oceani
- \* Catene alimentari
- \* Forme di vita
- \* Interazione atmosfera-mare

<i>Satelliti</i>	Temperatura superficiale tramite misura radiazione dell'infrarosso/visibile; informazioni meteorologiche; foto batimetria multispettrale dei bassi fondali; topografia dinamica degli oceani, onde interne
<i>Velivoli</i>	Rilievo del moto ondoso con profilometro laser e radar ad apertura sintetica; temperatura superficiale con radiometri; temperatura in profondità con sistemi AXBT; informazioni meteorologiche, scandagliamento in bassi fondali con tecnica Lidar.
<i>Navi per perforazione in profondità</i>	Posizionamento dinamico con riferimento al fondo mediante risponditori sonar; perforazione dei sedimenti e delle rocce del fondo marino con le stesse tecniche petrolifere.
<i>Sommergibili per ricerche, batiscafi, ROV, UAV</i>	Esame diretto con TV/foto subacquea del fondo marino ad elevate profondità; campionamento del fondo (anche roccioso); misura delle correnti sul fondo; misura di variabili oceanografiche (salinità, temperatura, velocità del suono)
<i>Boe oceanografiche</i>	Misura continua e registrazione o teletrasmissione di variabili fisiche; moto ondoso, corrente marina a varie quote; misura di alcune variabili meteorologiche per lo studio dell'interazione atmosfera-mare.
<i>Navi per ricerca oceanografica</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- misura delle variabili fisico-chimiche dell'acqua marina;</li> <li>- misura delle correnti;</li> <li>- scandagliamento di precisione in alti fondali;</li> <li>- campionamento geologico;</li> <li>- profili stratigrafici;</li> <li>- campionamenti biologici;</li> <li>- misura del campo magnetico terrestre;</li> <li>- misura della gravità terrestre e delle sue anomalie;</li> <li>- fotografia e TV sub;</li> <li>- informazioni meteorologiche;</li> <li>- misura di moto ondoso.</li> </ul>

# L'importanza degli oceani

1. L'ambiente
2. Lo sfruttamento delle risorse fisiche
  - Oil & Gas
  - Le risorse minerali
3. Lo sfruttamento delle risorse alimentari

# L'importanza dell'ambiente



Source: Daniel Tyteca

## Sustainable Development



Paul Ehrlich, ha provato a descrivere, in termini analitici, la relazione che lega l'impatto ambientale ai sistemi sociale ed economico:

$$I = P \cdot A \cdot T$$

*I* è l'impatto ambientale (*global environmental impact*)

*P* è la popolazione (numero di abitanti)

*A* è la ricchezza (*degree of wealth*), esprimibile in termini di PIL pro-capite

*T* è l'inquinamento, esprimibile in termini di inquinamento per unità di PIL.

Presupponendo tale "formula", conseguirebbe che su scala mondiale:

- nell'ipotesi che la popolazione della Terra sia nel 2050 sia di 8,9 miliardi di abitanti (attualmente è 6 miliardi),
- nell'ipotesi che il PIL globale aumenti tra l'1 e il 5% all'anno tra adesso e il 2050, per effetto degli alti tassi di sviluppo previsti nei paesi emergenti (Cina, India, Russia, Brasile, etc.) e che quindi il PIL globale aumenti tra 2 e 10 volte nei prossimi 50 anni,

**per mantenere un impatto sull'ambiente pari a quello odierno bisognerebbe diminuire da 1,5 a 15 volte l'inquinamento**

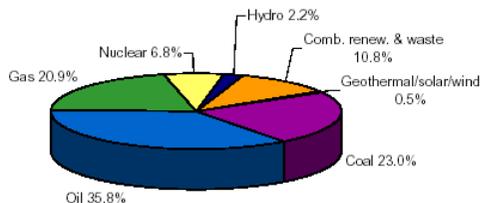
## I materiali più scambiati nel commercio mondiale (dati 2002, fonte “Lo stato del mondo”)

- Petrolio 3.577 milioni di tonnellate,
- gas naturale 2.503 miliardi di metri cubi,
- carbone 4.377 milioni di tonnellate,
- minerali ferrosi 1.010 milioni di tonnellate.



Share of Total Primary Energy Supply\* in 2001

**World**



10 165 Mtoe

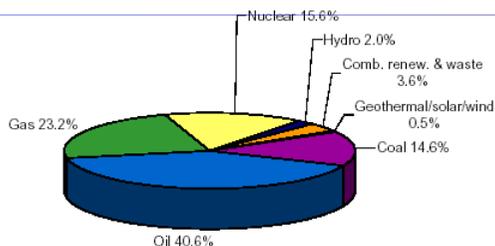
\* Share of TPES excludes electricity trade.  
 Note: For presentational purposes, shares of under 0.1% are not included and cons...  
 IEA Energy Statistics

# Oil & Gas, risorse critiche

Per **energia primaria** s'intende il potenziale energetico presentato dai vettori energetici nella loro forma naturale, ad esempio il petrolio, il gas naturale, il carbone, l'uranio naturale, l'acqua e altre fonti energetiche rinnovabili. Nella maggior parte dei casi, l'energia primaria deve essere trasformata in energia secondaria in centrali elettriche, raffinerie, ecc.

Share of Total Primary Energy Supply\* in 2001

**European Union**



1 495 Mtoe

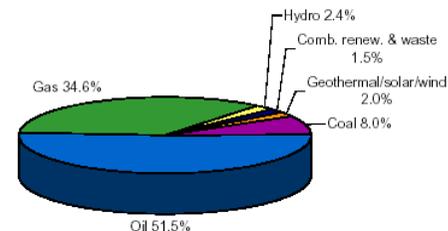
Le risorse energetiche più importanti, su scala mondiale, risultano pertanto essere, nell'ordine:

Mondo	Unione Europea	Italia
1. petrolio	1. petrolio	1. petrolio
2. carbone	2. gas naturale	2. gas naturale
3. gas naturale	3. nucleare	3. carbone
4. energie rinnovabili	4. carbone	4. energia idroelettrica
5. nucleare	5. energie rinnovabili	5. energia geoterm./solare/eolica
6. energia idroelettrica	6. energia idroelettrica	6. energie rinnovabili
7. energia geotermica/solare/eolica	7. energia geotermica/solare/eolica	(no nucleare)

a per PAS

Share of Total Primary Energy Supply\* in 2001

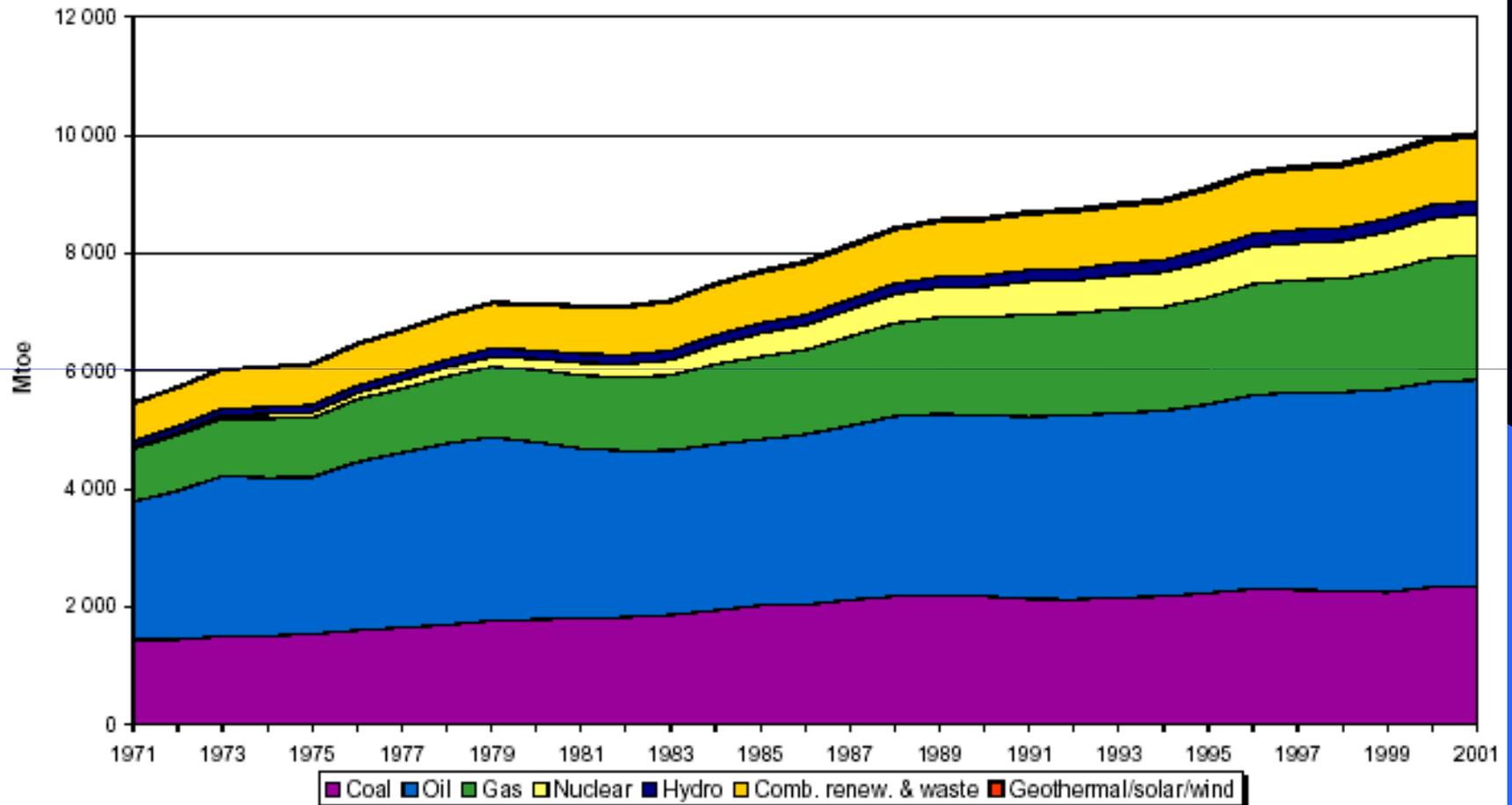
**Italy**



172 Mtoe



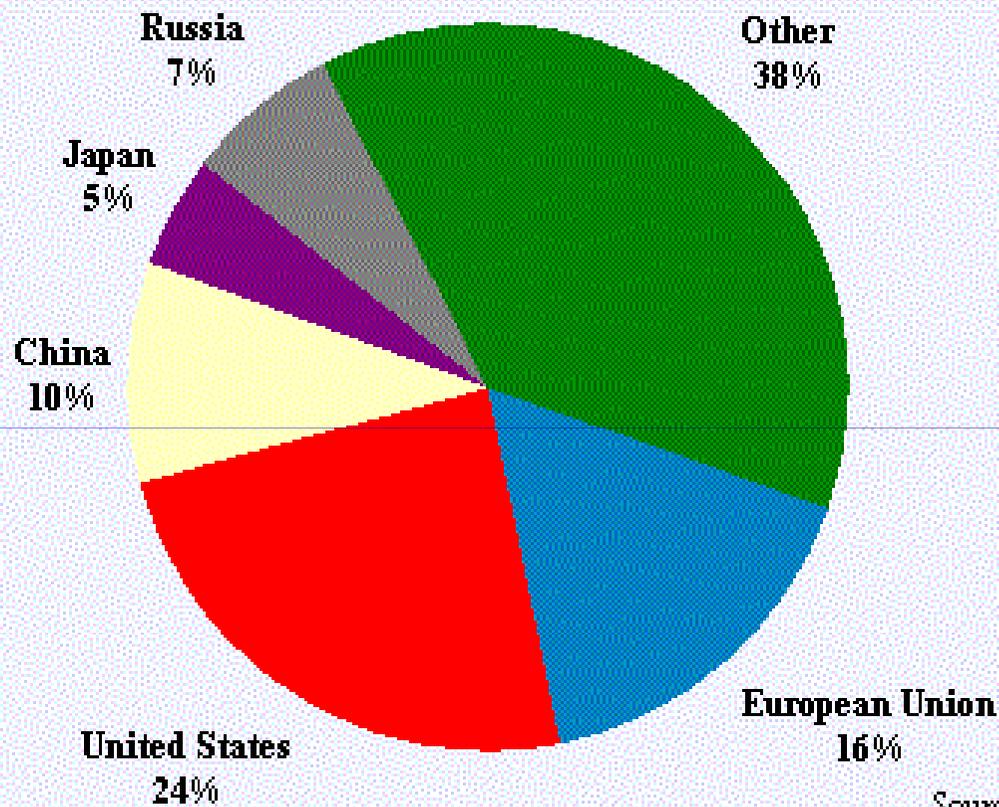
### Evolution of Total Primary Energy Supply\* from 1971 to 2001 *World*



\* Excluding electricity trade.

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.

### World Energy Consumption, 2001



Source: EIA

	1998	2010	2020	2030
EU	64%	66%	66%	67%
Europe-30	61%	63%	65%	66%

**Quota di impiego di petrolio e gas per la produzione di energia**

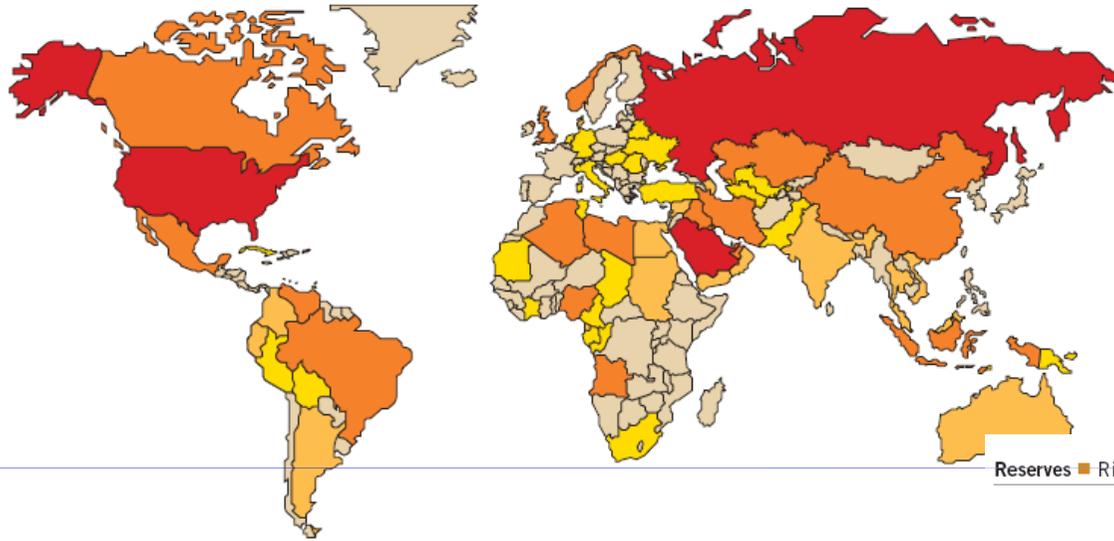
	1998	2010	2020	2030
EU	49%	54%	62%	71%
Europe-30	36%	42	51%	60%

**Percentuale di dipendenza dalle importazioni di risorse energetiche**

“European commission, Green Paper - Towards a European strategy for the security of energy supply - SECURING THE FUTURE: OUTLINE OF ENERGY STRATEGY”, Brussels, 29.11.2000, COM(2000) 769, , pag 80

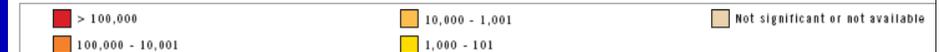
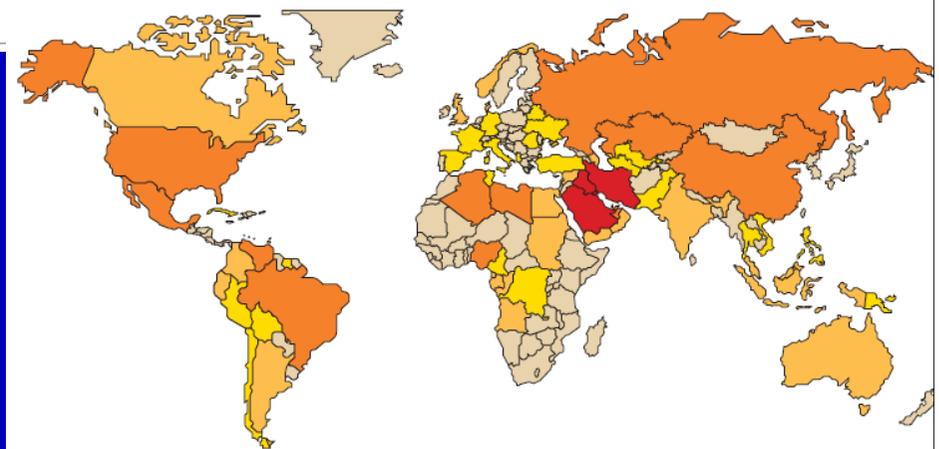
2006

Crude and non conventional oil, natural gas liquids - Petrolio greggio e non convenzionale, liquidi di gas naturale  
(thousand barrels/day - migliaia di barili/giorno)



2007

(million barrels as at 1<sup>st</sup> January - milioni di barili al 1<sup>o</sup> gennaio)



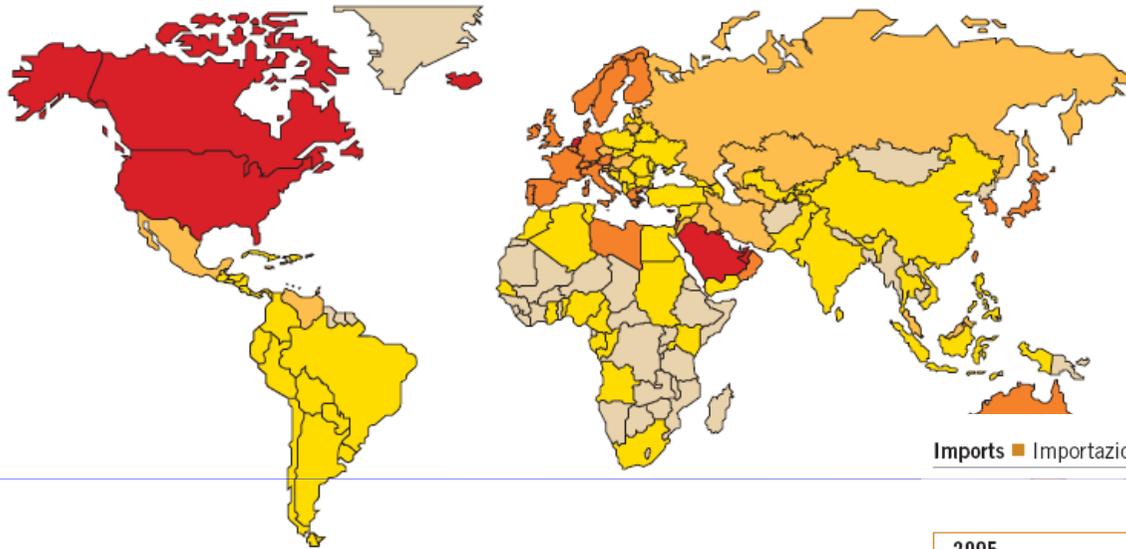
(tratto da ENI,  
Oil & Gas review 2007)

# Oil

Per capita consumption ■ Consumo pro capite

2006

(barrels - barili)



Imports ■ Importazioni

Oil

> 20  
20 - 11

10 - 6  
5 - 1

Not :

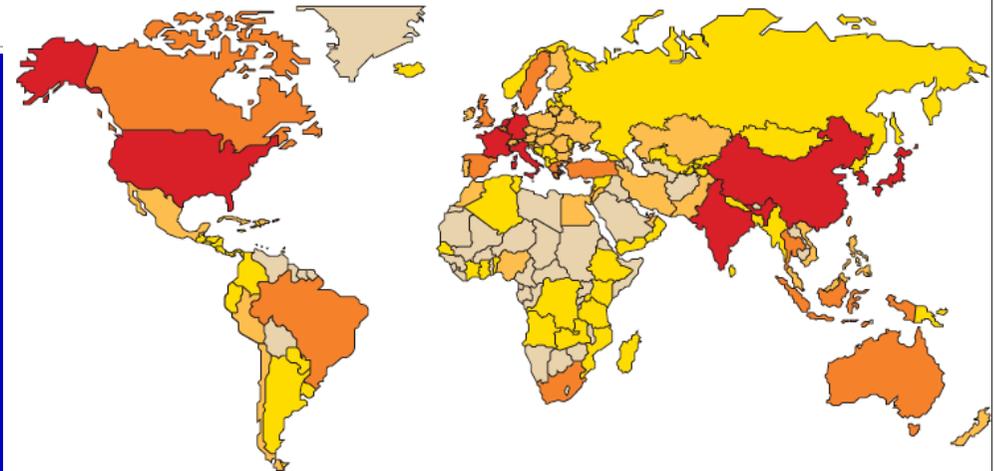
(tratto da ENI,  
Oil & Gas review 2007)

2014

Oceanog

2005

Crude and non conventional oil, natural gas liquids, feedstocks and products - Petrolio greggio e non convenzionale, liquidi di gas naturale, semilavorati e prodotti (thousand barrels/day - migliaia di barili/giorno)



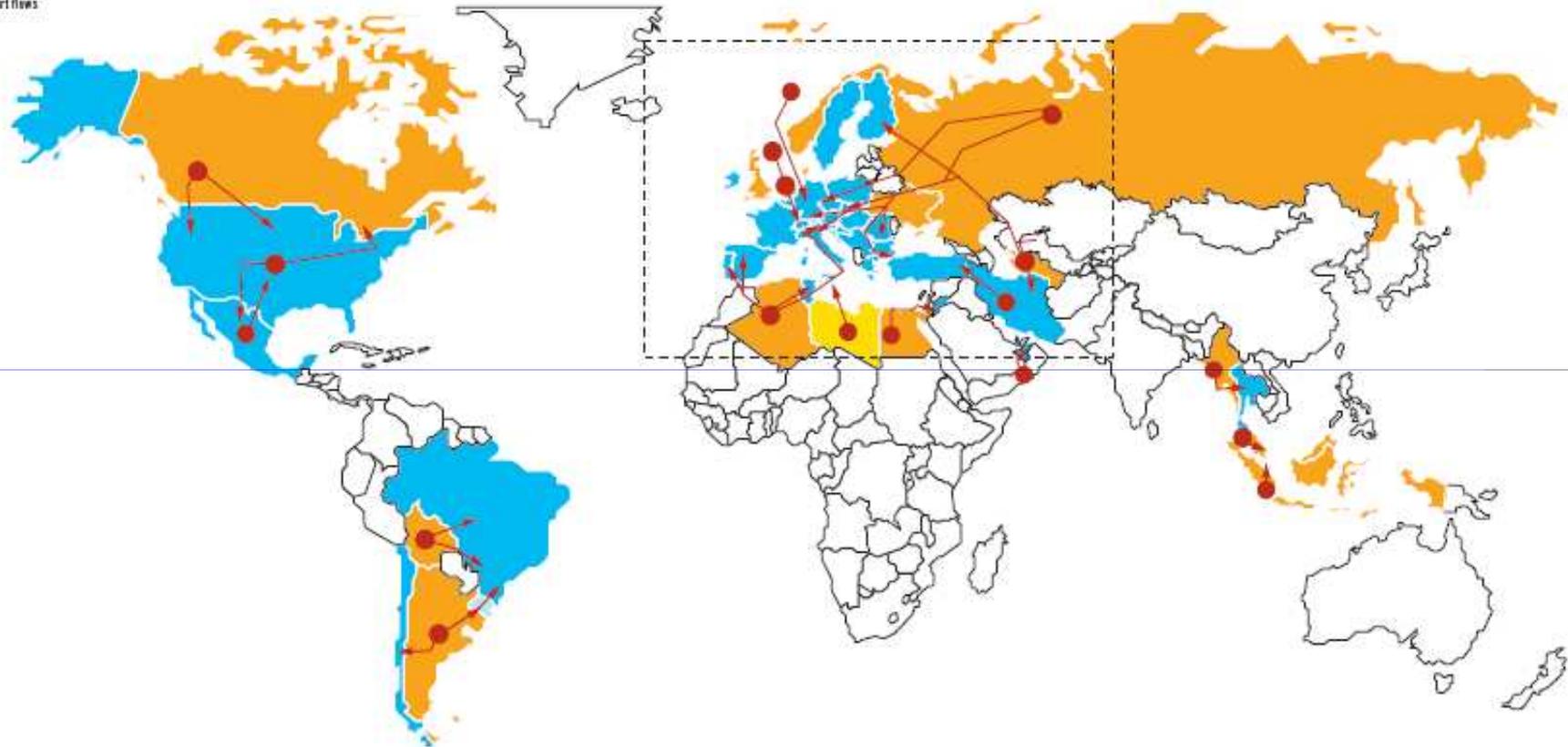
> 2,000  
2,000 - 501

500 - 101  
100 - 11

Not significant or not available

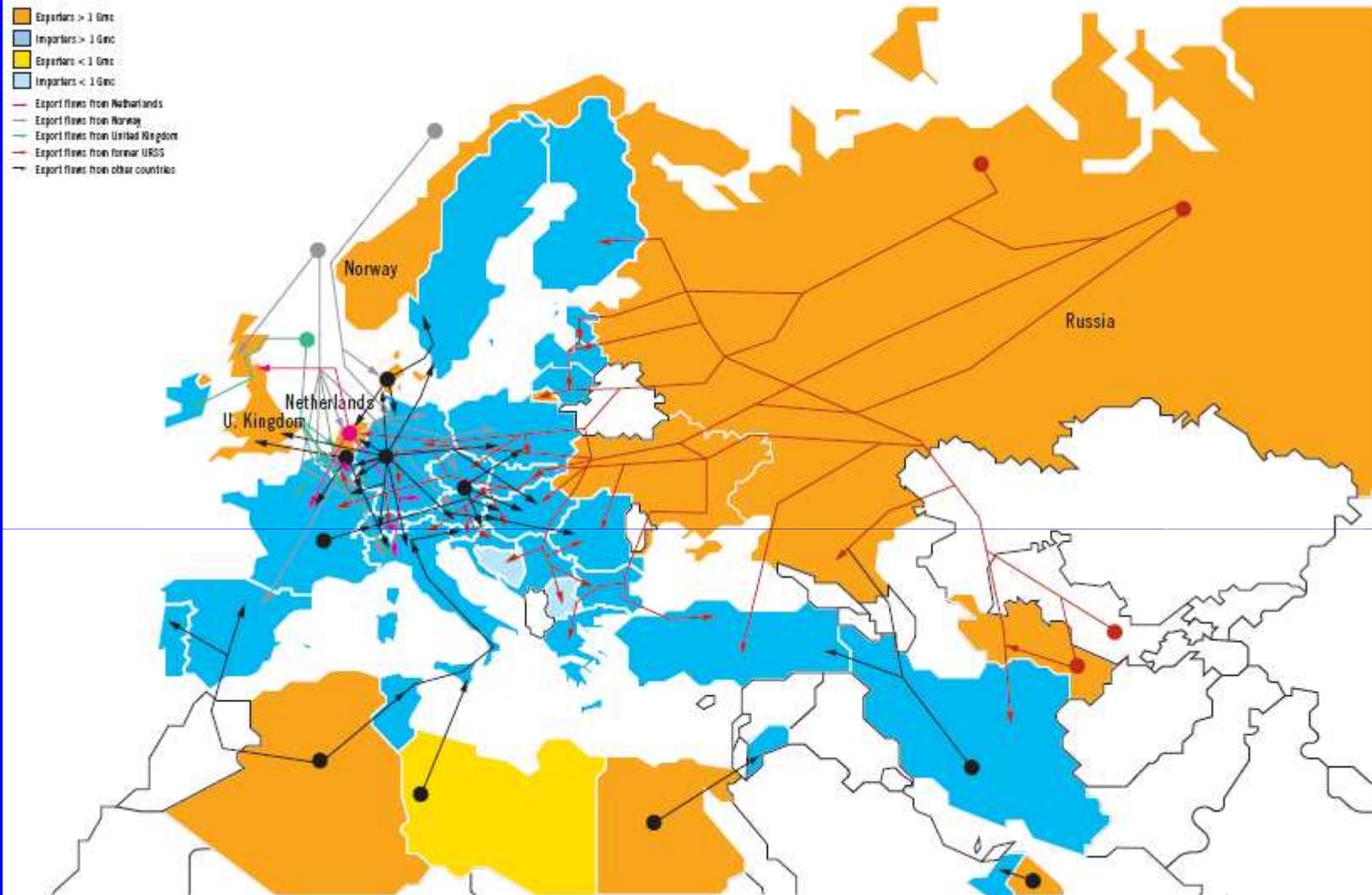
Export flows by pipeline - 2005 □ Direttrici di esportazione via gasdotto - 2005

- Exporters > 1 Gmc
- Importers > 1 Gmc
- Exporters < 1 Gmc
- Importers < 1 Gmc
- Export flows

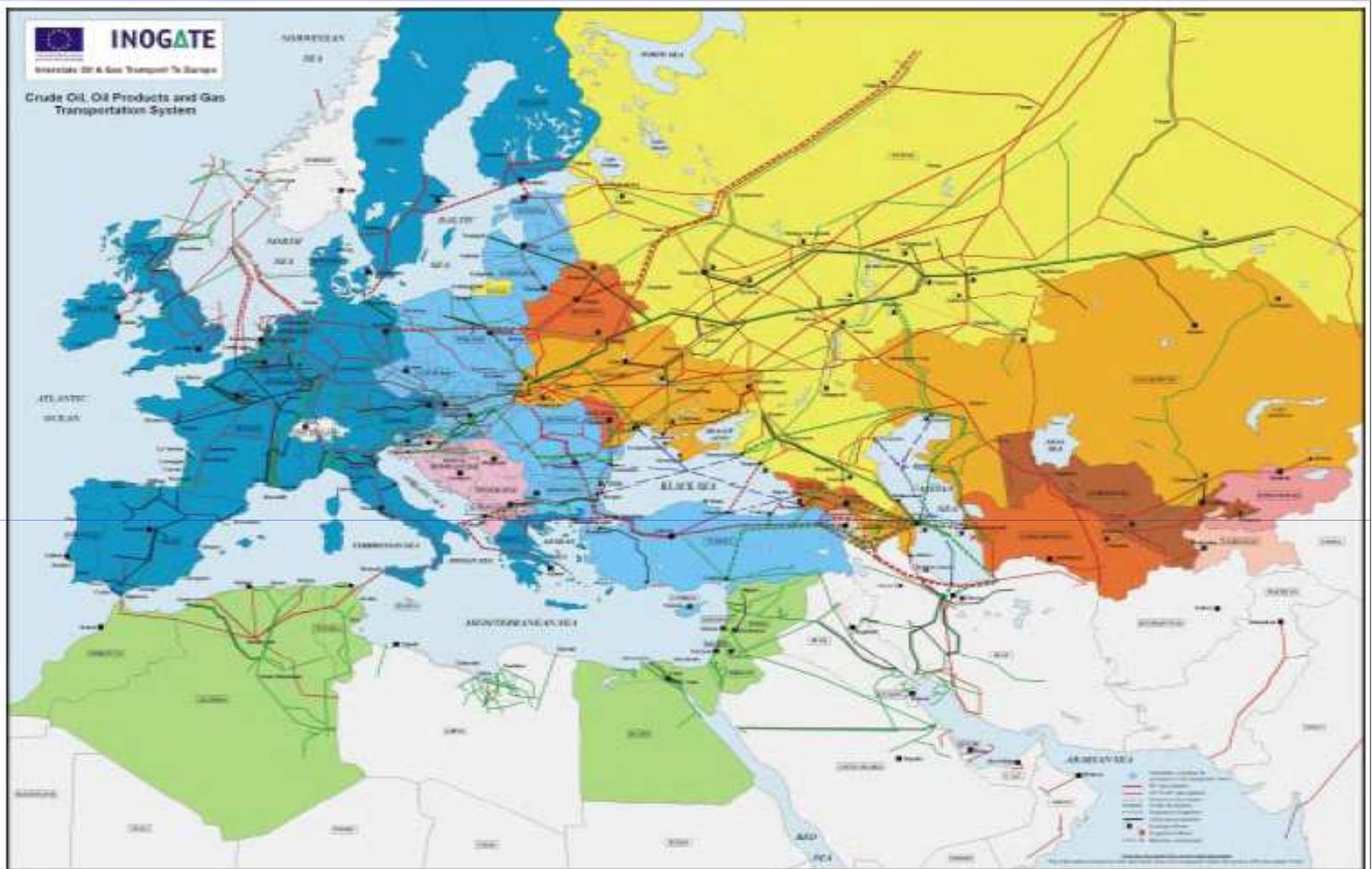


(tratto da ENI, Oil & Gas review 2007)

Export flows by pipeline in Europe - 2005 □ Direttrici di esportazione via gasdotto in Europa - 2005



(tratto da ENI, Oil & Gas review 2007)



Fonte: Commissione Europea, “Green Paper - Towards a European strategy for the security of energy supply”, Brussels, 29.11.2000, COM(2000) 769., pag. 73

# Oil & Gas, fattori strategici

- **Materiali critici per il sistema economico e per l'ambiente (innescano crisi economiche e/o ambientali di enorme portata),**
- **costituiscono un importante fattore di rischio sia per i paesi consumatori che per quelli produttori,**
- **la “presunta” scarsità delle risorse comporta un maggior ricorso allo sfruttamento delle risorse in mare (anche a profondità considerevoli) e di risorse quali le sabbie bituminose in Canada che hanno elevati costi di estrazione,**
- **Il prezzo di queste risorse può aumentare indefinitamente ? Tenere conto che:**
  - ❑ **i “meccanismi di diversificazione e sostituzione messi in atto tendono a limitare il fenomeno,**
  - ❑ **un elevato costo di tali risorse inoltre indebolirebbe il sistema economico (inflazione, recessione) diminuendo il valore degli investimenti economici effettuati dai Paesi produttori,**
- **trasporto prevalentemente via mare (navi - petroliere e LNG -, gasdotti),**
- **importanza degli stretti critici (es. Golfo Persico, Bosforo) e dei bacini nevralgici (Mediterraneo),**
- **pericolo per la sicurezza della navigazione,**
- **Importanza del ruolo delle marine da guerra e della guardia costiera.**

# Le risorse minerali

Nel 1873 la fregata Challenger, nel corso di una famosa spedizione oceanografica intorno al globo, scoprì i noduli di manganese, poi denominati *noduli polimetallici*.

La successiva individuazione di noduli *polimetallici*, in vasta quantità, sui fondi oceanici, e il progressivo consumo delle risorse terrestri, rendono però indispensabile, prima o poi, il ricorso a questo tipo di risorse.

I noduli, la cui origine geofisica è ancora in discussione, si presentano all'aspetto come dei minerali della dimensione di una patata. Contengono manganese, nichel, rame e altri metalli pregiati in elevata quantità oltre che con qualità assai pregiata.

*Elemento.....Tenore medio in % dei noduli del Pacifico*

<i>Manganese.....</i>	<i>29,40</i>
<i>Ferro.....</i>	<i>6,00</i>
<i>Nichel.....</i>	<i>1,34</i>
<i>Rame.....</i>	<i>1,25</i>
<i>Cobalto.....</i>	<i>0,25</i>
<i>Titanio.....</i>	<i>0,60</i>
<i>Alluminio.....</i>	<i>2,90</i>
<i>Altro: Na, Mg, Si, Zn.....</i>	<i>32,16</i>

*(Fonte IFREMER - Brest)*

Confronto tra le riserve terrestri e quelle in noduli			
(valori in tonnellate)	Produzione mondiale annua	Riserve terrestri	Riserve in noduli
<i>Manganese</i>	$10 \times 10^6$	$2 \times 10^9$	$5 \times 10^9$
<i>Nichel</i>	750.000	$60 \times 10^6$	$270 \times 10^6$
<i>Cobalto</i>	25.000	$3,5 \times 10^6$	$32 \times 10^6$
<i>Rame</i>	$9 \times 10^6$	$450 \times 10^6$	$230 \times 10^6$

Pollastrini, *Cenni di diritto internazionale e appunti di diritto internazionale marittimo*, Poligrafico Accademia Navale, 1991

# Le risorse alimentari degli oceani

Nel corso del ventesimo secolo l'industrializzazione e la meccanizzazione dei sistemi di pesca, ivi incluso l'utilizzo di sistemi elettronici ed elettroacustici per localizzare i branchi di pesce e lo sviluppo di enormi navi in grado di sottoporre tutto il pescato a processi di conservazione, portò inizialmente ad un elevato incremento della produzione ittica.

Nel periodo che va dal 1850 al 1950 il prodotto della pesca su scala mondiale aumentò di 10 volte, raddoppiò ancora tra il 1950 e il 1960 e subì un analogo incremento nel decennio 1960-1970.

In seguito apparirono i primi sintomi di esaurimento e l'attività peschereccia nei settori commercialmente più produttivi (balene, acciughe, aringhe) subì un arresto e quindi un vero e proprio crollo.

Il depauperamento delle risorse ittiche, il mancato rispetto delle aree di ripopolamento e, in parte, i problemi economici connessi alla crisi petrolifera degli anni '70 portarono l'industria ittica al fallimento.

# Le risorse alimentari degli oceani

- Importante fonte di alimentazione per l'umanità (relativa potenziale abbondanza, buona qualità nutritiva),
- In passato, ma forse anche oggi: pesca indiscriminata e quindi depauperamento delle risorse naturali (non inesauribili),
- Necessità di modificare le tecniche di sfruttamento di tali risorse,
- Importanza dell'acquicoltura

# La morfologia del fondo marino

# Il processo di formazione degli oceani

La Terra, è nata dal gas e dal pulviscolo appartenenti al sistema solare all'incirca 4,57 miliardi di anni fa.

Nei primi 700 milioni di anni di vita ,si pensa che la Terra sia stata bombardata da innumerevoli oggetti di dimensione più piccola; uno di questi, avente la dimensione di Marte, ha probabilmente colpito il nostro pianeta e inondato lo spazio circostante di materia dalla quale successivamente si é formata la Luna.

Il pianeta Terra si coprì allora di grandi distese di magma e di placche di materia solida. Con il raffreddamento della superficie queste placche si aggregarono in una crosta solida al di sopra del mantello fluido; dall'interno del pianeta intanto fuoriuscivano, attraverso migliaia di grandi vulcani, i materiali **più leggeri** ancora presenti, mentre il ferro e il nichel, **più pesanti** affondavano nel nucleo (**vulcanismo**).

**Vulcanismo** (4 miliardi di anni fa)



**Atmosfera** (pneumatosfera) CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, poco O<sub>2</sub>



**Piogge torrenziali**



**Idrosfera** (mari caldissimi, paludosi, poco profondi. Brodo primordiale)



**Movimenti della crosta terrestre e intenso vulcanismo**



**Prime terre emerse a carattere di arcipelaghi vulcanici**



**Imponenti effusioni di magma basaltico**

Imponenti effusioni di magma basaltico



Orogenesi (formazione di rilievi) (2 miliardi di anni fa)



Formazione di scudi stabili di terre emerse (continenti)



Deriva dei continenti



Situazione attuale

3 miliardi di anni fa, nel “brodo primordiale”, si sviluppano i primi batteri unicellulari



Luce del sole



Fotosintesi (si forma l'ossigeno)



Formazione strato ozono,  $O_3$  (schermata la Terra dagli ultravioletti) (2 miliardi anni fa)



Condizioni per lo sviluppo di forme di vita più complesse



Organismi pluricellulari marini (800 milioni di anni fa)



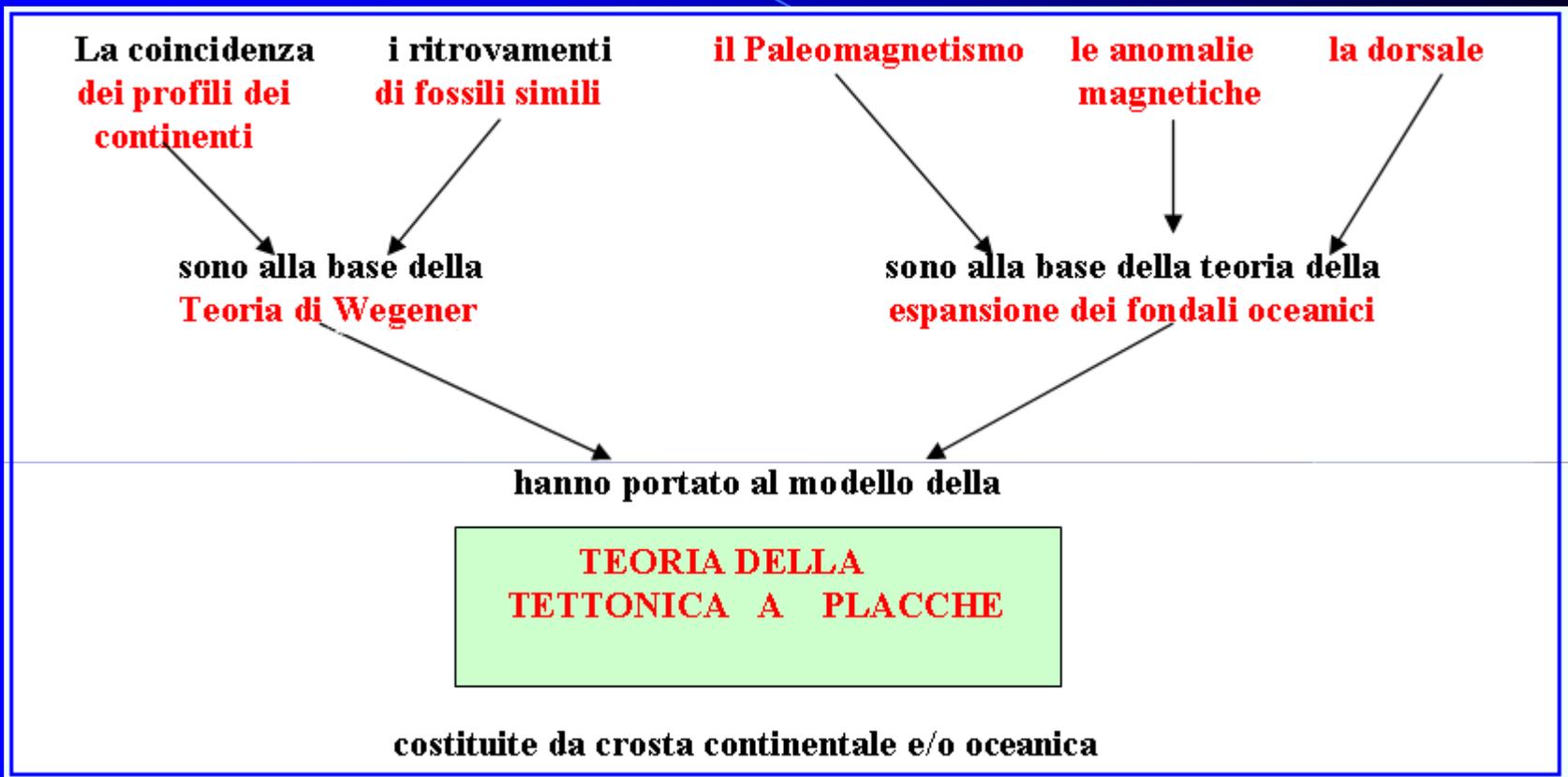
Primi vertebrati marini (500 milioni di anni fa)

# Tettonica delle placche (Alfred Wegener, 1915)

La crosta terrestre rigida (litosfera) è divisa in placche o zolle, una sorta di “calotte sferiche rigide” che "galleggiano" sulla parte superiore (astenosfera) del sottostante mantello e sono in movimento relativo sia tra loro sia rispetto alle placche sottostanti (anche se con movimenti dell'ordine di 1-10 centimetri all'anno).



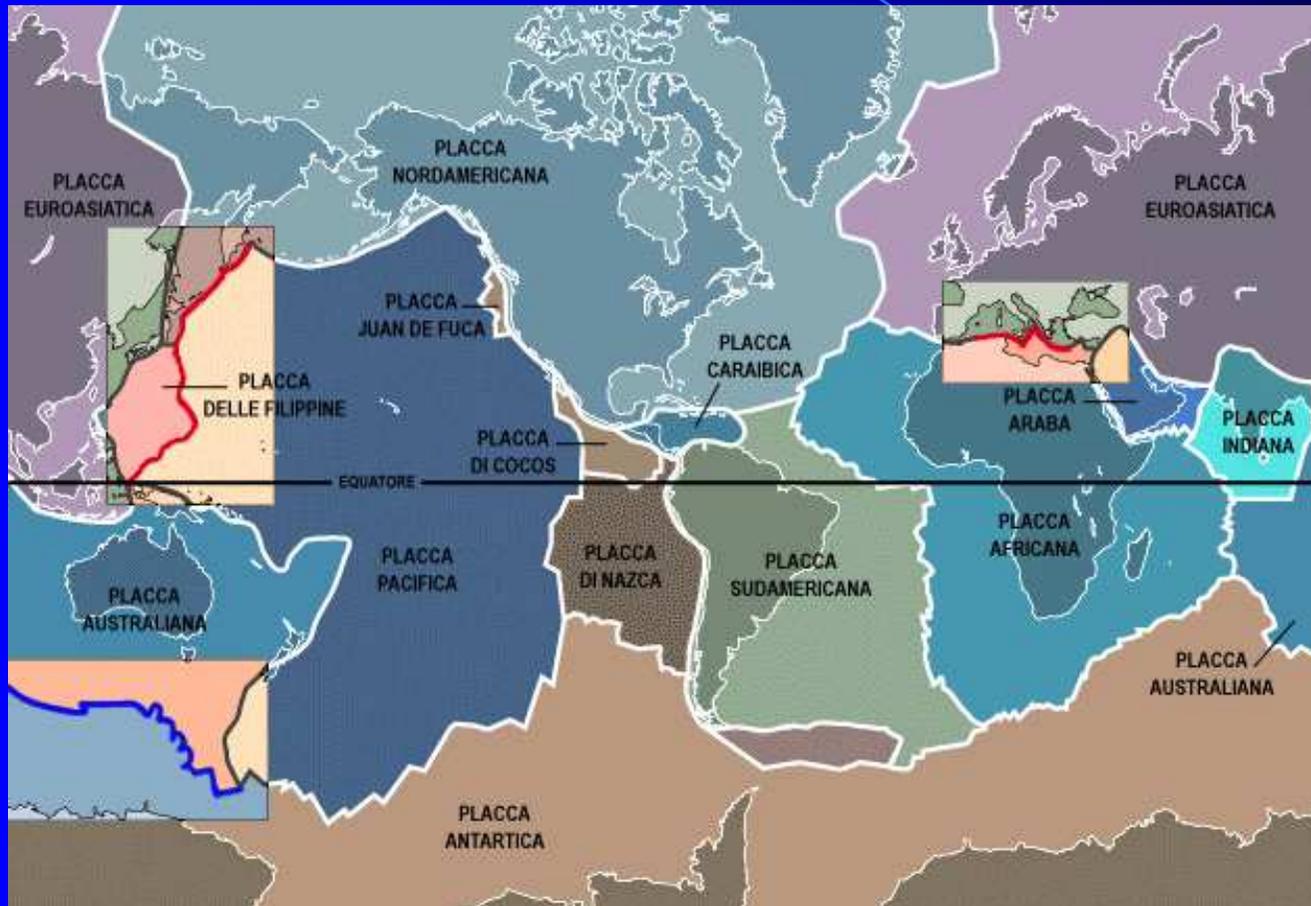
[www.tecnicocavour-vc.it](http://www.tecnicocavour-vc.it)



[www.tecnicocavour-vc.it](http://www.tecnicocavour-vc.it)

## Le placche

Due placche si possono allontanare tra loro (divergere), scontrarsi (convergere) oppure scorrere lateralmente.



[www.minerva.unito.it](http://www.minerva.unito.it)

# I fondali marini

Al di sotto delle acque oceaniche vi sono i fondali marini; questa zona, la cui struttura è più omogenea rispetto a quella delle masse continentali, è costituita prevalentemente da rocce basaltiche.

La crosta continentale si differenzia, sia per proprietà fisiche che per composizione chimica, dalla crosta oceanica e dal sottostante mantello, dal quale è limitata inferiormente dalla Discontinuità di Mohorovičić.

Mentre la crosta continentale ha uno spessore di circa 35-40 chilometri quella oceanica ha uno spessore medio di 6 Km; la prima ha una densità di 2,6-2,7 g/cm<sup>3</sup>, prossima a quella del granito, la seconda ha una densità di 2,9-3 g/cm<sup>3</sup> prossima a quella del basalto (come raffronto si tenga presente che la densità media della terra è di circa 5,5-6 g/cm<sup>3</sup>).

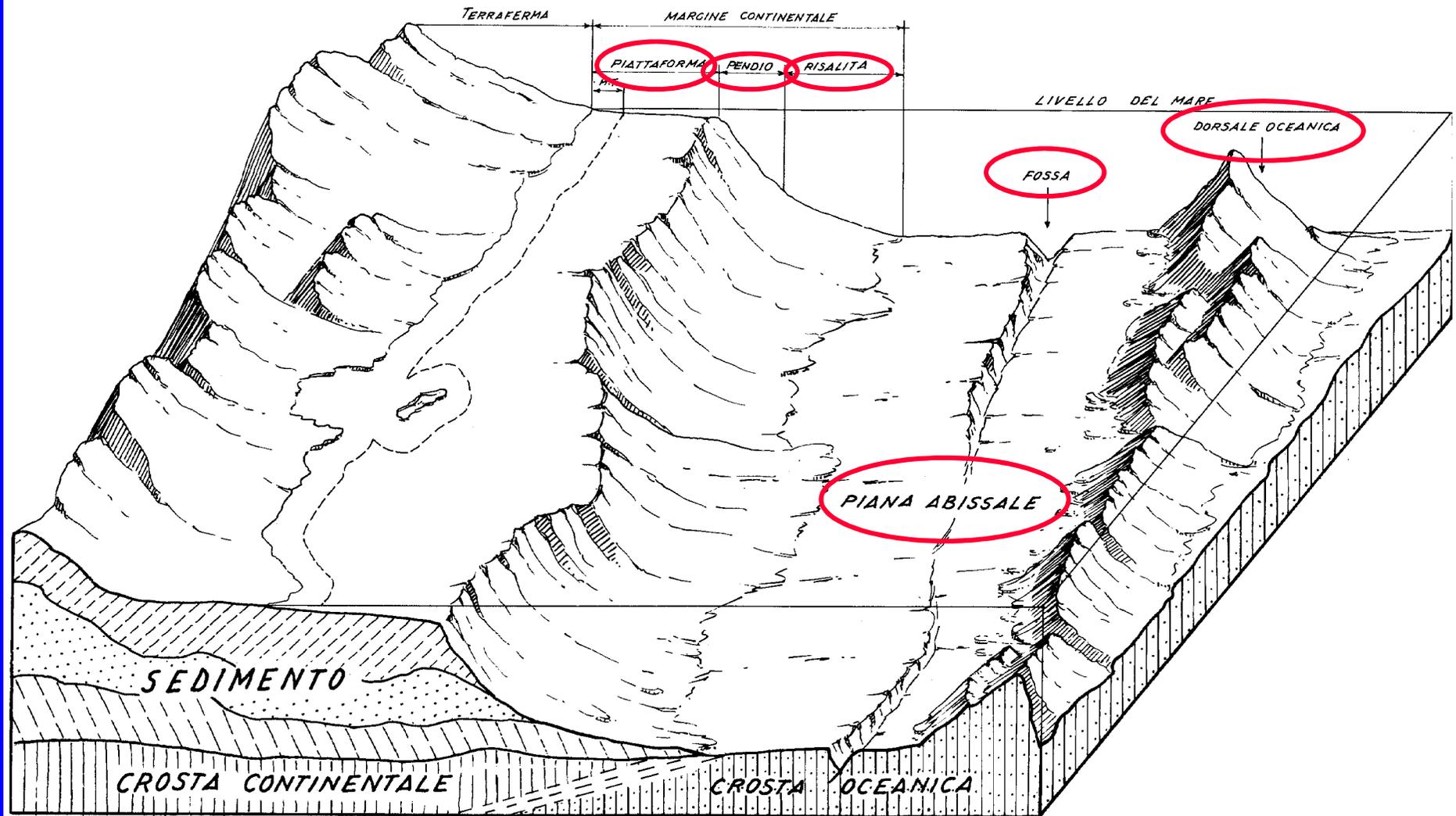
I continenti sono per lo più composti di rocce granitiche e metamorfiche, più leggere, che “emergono” verso la superficie rispetto alle rocce basaltiche.

La crosta:

- **oceanica** è composta di basalto e, in genere, è ricoperta da strati di sedimenti il cui spessore può essere di qualche chilometro,
- **continentale**, composta di materiale granitico e metamorfico, poggia a sua volta su un substrato di materiale simile per densità a quello della crosta oceanica e tutto lo strato del basalto poggia a sua volta sulla cosiddetta discontinuità di Mohorovicic dove ha inizio un ulteriore aumento della densità e si ha l'inizio del mantello

# Morfologia del fondo marino

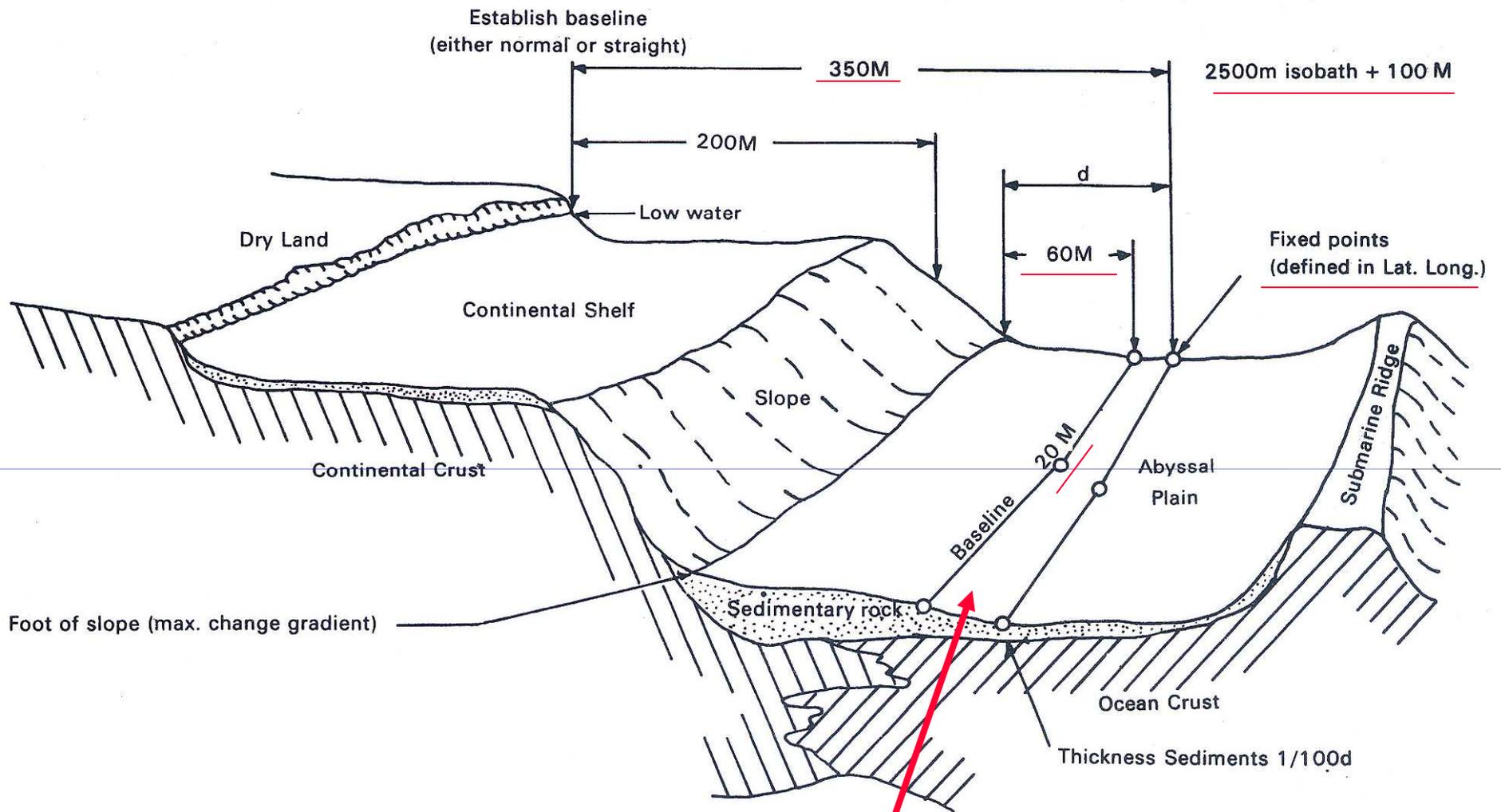
- Il passaggio dalle terre emerse al fondo oceanico avviene attraverso regioni caratteristiche che costituiscono ambienti particolari dal punto di vista idrologico, sedimentologico e per le proprietà ecologiche.
- Partendo dalla linea di costa e procedendo verso il largo si incontrano essenzialmente le seguenti regioni: il **marginale continentale** e i **fondali oceanici veri e propri**.
- Il margine continentale (*continental margin*) **costituisce il naturale prolungamento dei continenti o terre emerse sotto il livello del mare**. Il diritto internazionale attribuisce, di conseguenza, agli stati rivieraschi particolari diritti sul suolo e sottosuolo marino del margine continentale
- Detto margine si estende tra la linea di costa e la linea di frattura tra la massa granitica continentale e la massa basaltica dei fondi oceanici; si compone a sua volta della **piattaforma continentale** (*continental shelf*), della scarpata o pendio (*slope*) e della risalita (*rise*).



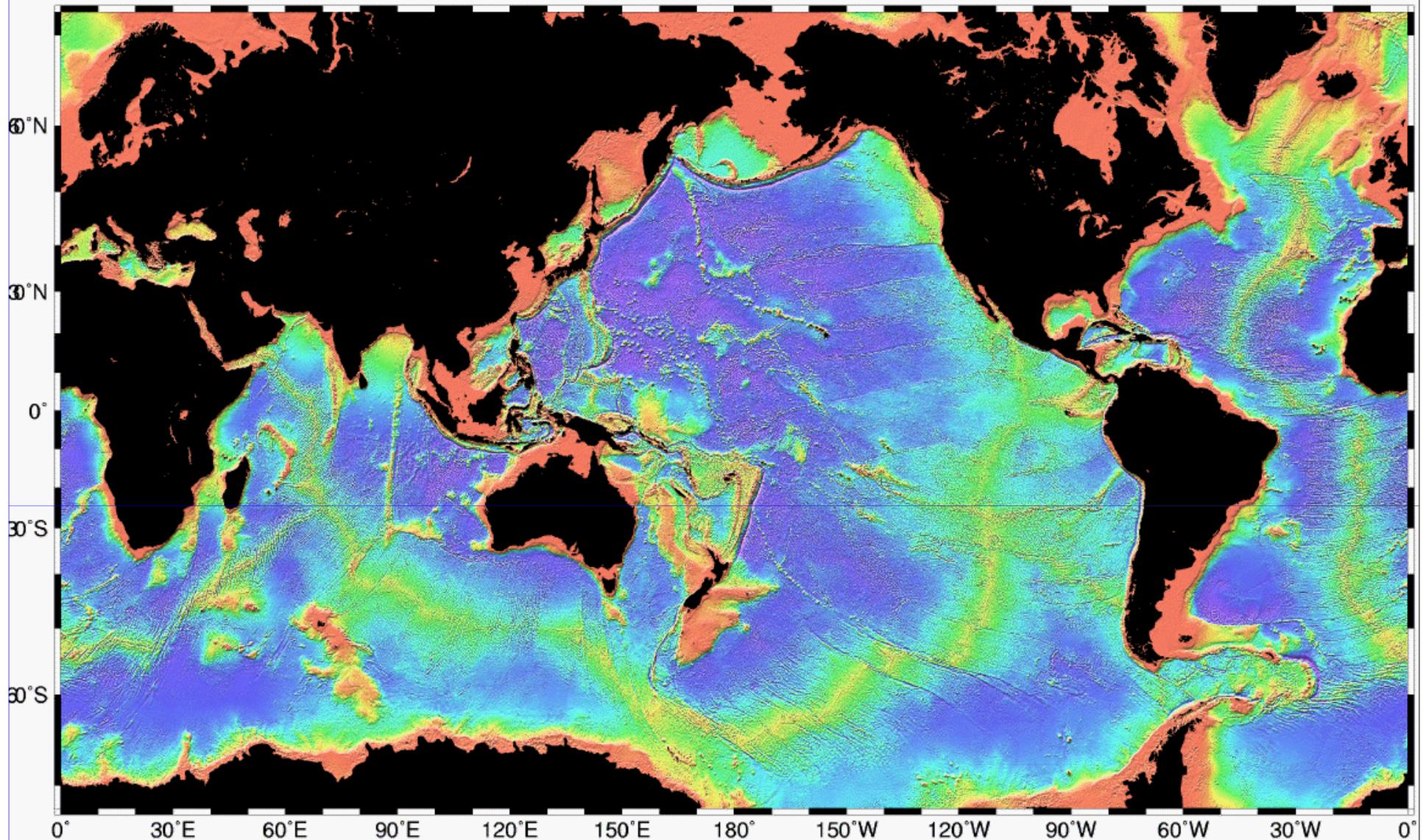
Piattaforma continentale = *continental shelf*

Pendio = *slope*

Risalita = *rise*

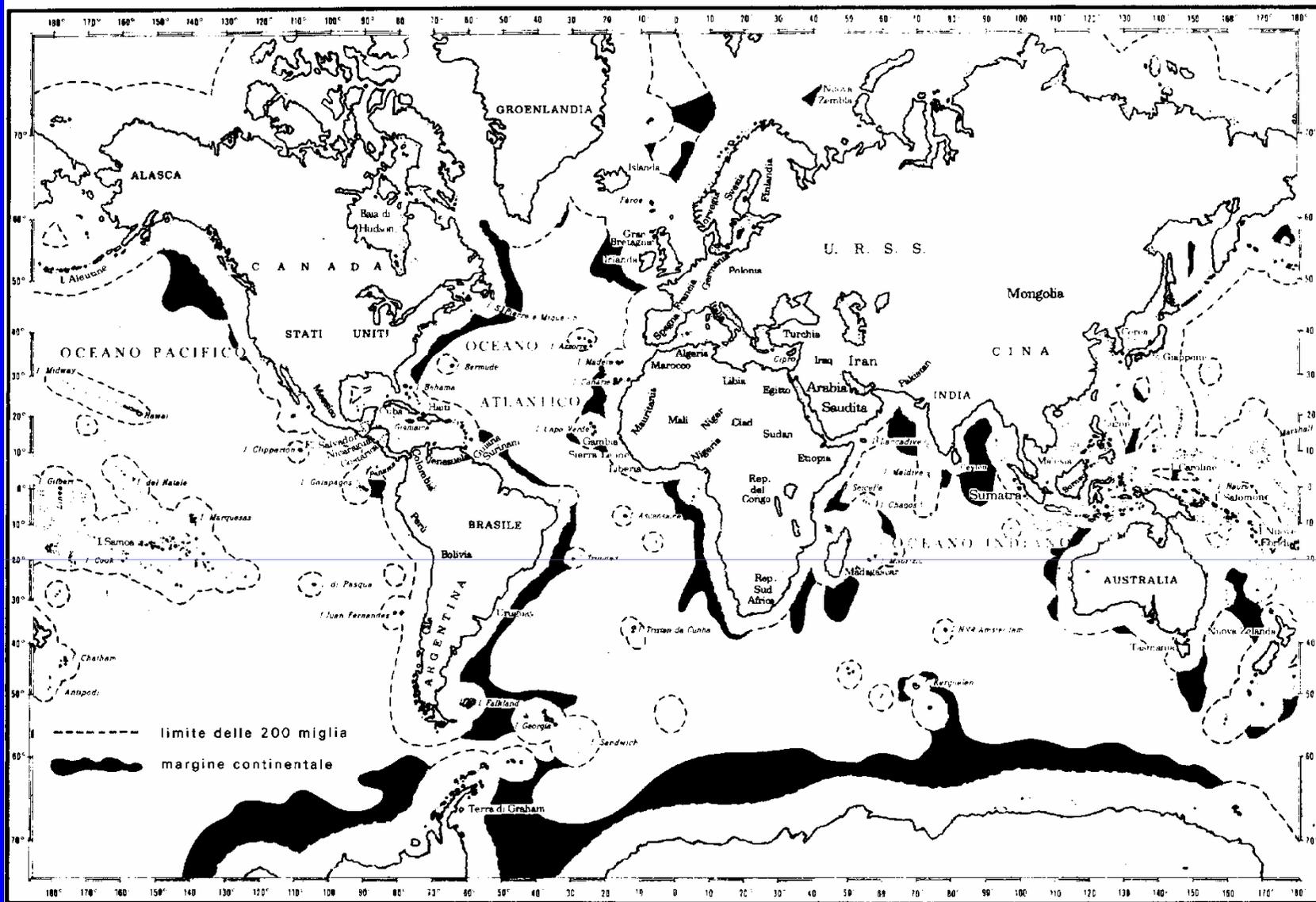


**Criteria di individuazione del limite del margine continentale  
(UNCLOS, parte VI)**



Walter H. F. Smith and David T. Sandwell, Seafloor Topography Version 4.0, SIO, September 26, 1996

Copyright 1996, Walter H. F. Smith and David T. Sandwell



**NOTA:** la parte in nero rappresenta il prolungamento del margine continentale oltre le 200 miglia

# La piattaforma continentale

- Con questo termine si individua la fascia di fondo marino compresa tra il massimo limite delle mareggiate e la batometrica corrispondente ad un brusco aumento della pendenza, nota con il nome di ciglio della piattaforma.
- L'estensione orizzontale della piattaforma varia tra pochi chilometri ed alcune centinaia di chilometri, mentre la batometrica che individua il limite esterno della piattaforma è posta all'incirca ad una profondità di 200 metri (tale valore fu incorporato anche nel diritto internazionale con la convenzione di Ginevra del 1958).
- Questo è solamente un valore convenzionale in quanto il ciglio della piattaforma può trovarsi ad alcune decine di metri sopra o sotto i 200 metri (con valori limite di 60 e 600 metri).
- Ciò che individua veramente il confine della piattaforma continentale è la già citata improvvisa variazione della pendenza che passa da pochi metri al chilometro a valori di decine di metri, o anche più, al chilometro. La pendenza media della piattaforma è del 2 per mille (circa  $0.1^\circ$ ) con valori massimi di 20 per mille (circa  $1^\circ$ ).

# La piattaforma continentale

- Sulla piattaforma sono presenti sedimenti marini di provenienza generalmente terrigena; al di sotto dei sedimenti vi è il basamento di granito continentale.
- Essa è la zona di mare più soggetta all'azione esterna sia per la sua vicinanza alle terre emerse sia per la relativa modesta profondità, per cui sono possibili azioni meccaniche da parte del moto ondoso e di talune correnti.
- Le acque che insistono sulla piattaforma presentano generalmente salinità e temperatura più variabili rispetto a quelle dell'oceano aperto; la luce riesce spesso a penetrare fino in fondo allo strato d'acqua tanto che può essere popolato da vegetali autotrofi (che hanno cioè la capacità di produrre cellule organiche partendo da materiale inorganico).

## La scarpata

È la parte del fondo compresa tra il ciglio della piattaforma e la risalita continentale se esistente. In assenza di quest'ultima la scarpata termina nella pianura abissale. In molti casi è compresa tra i 200 e i 2500 metri. La sua inclinazione è spesso compresa tra  $3^\circ$  e  $6^\circ$  che corrisponde a pendenze tra il 50 e il 105 per mille; il termine "scarpata" non deve pertanto essere associato all'idea di una superficie scoscesa. Soltanto in casi molto particolari di coste vulcaniche di recente sommersione l'inclinazione può raggiungere i  $45^\circ$  (il 1000 per mille). La larghezza media delle scarpate è compresa tra 10 e 25 miglia. Al di sotto dello strato di sedimenti che ricopre la scarpata si trovano rocce di tipo granitico della crosta continentale.

Esistono tre tipi di profilo:

- con pendenza uniforme,
- con terrazze subacquee,
- con irregolarità;

Sulla scarpata possono esservi colline (tipico esempio il Banco di S. Lucia posto 35 miglia a ponente di Livorno che ha pendenza di 839 per mille), speroni rocciosi, avvallamenti e profondi solchi chiamati *canyons*.

# I canyon sottomarini

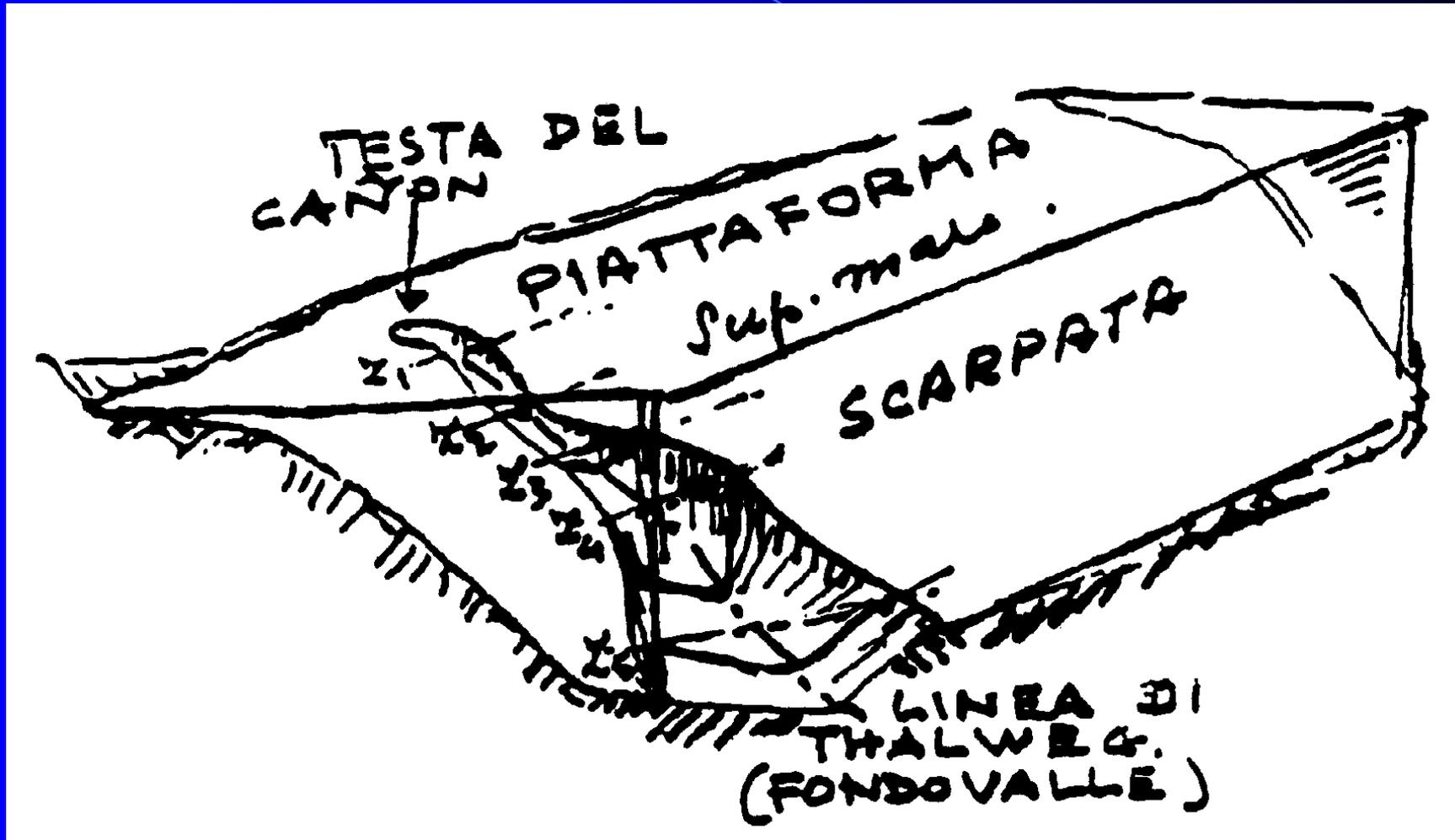
I canyons subacquei sono depressioni che incidono il margine continentale iniziando quasi sempre dai bassi fondali della piattaforma.

Sono caratterizzati da sezioni trasversali a V, spesso hanno pareti molto ripide e con pendenze maggiori di  $40^\circ$ , a volte hanno strette terrazze e sono in genere simmetriche rispetto all'asse. La testa del canyon può essere ampia meno di 1 miglio; la linea di fondo valle (*thalweg*) a volte ha un andamento serpeggiante. La corretta misura dei fondali è possibile solo con l'utilizzo di ecoscandagli con lobi sufficientemente stretti.

La genesi di questi solchi è dovuta alle seguenti possibili cause:

- taglio subaereo fluviale seguito da sommersione
- erosione di correnti subacquee ricche di materiali abrasivi ("correnti di torbida")
- scorrimento di materiali disaggregati accumulatisi sulla scarpata

# I canyon sottomarini



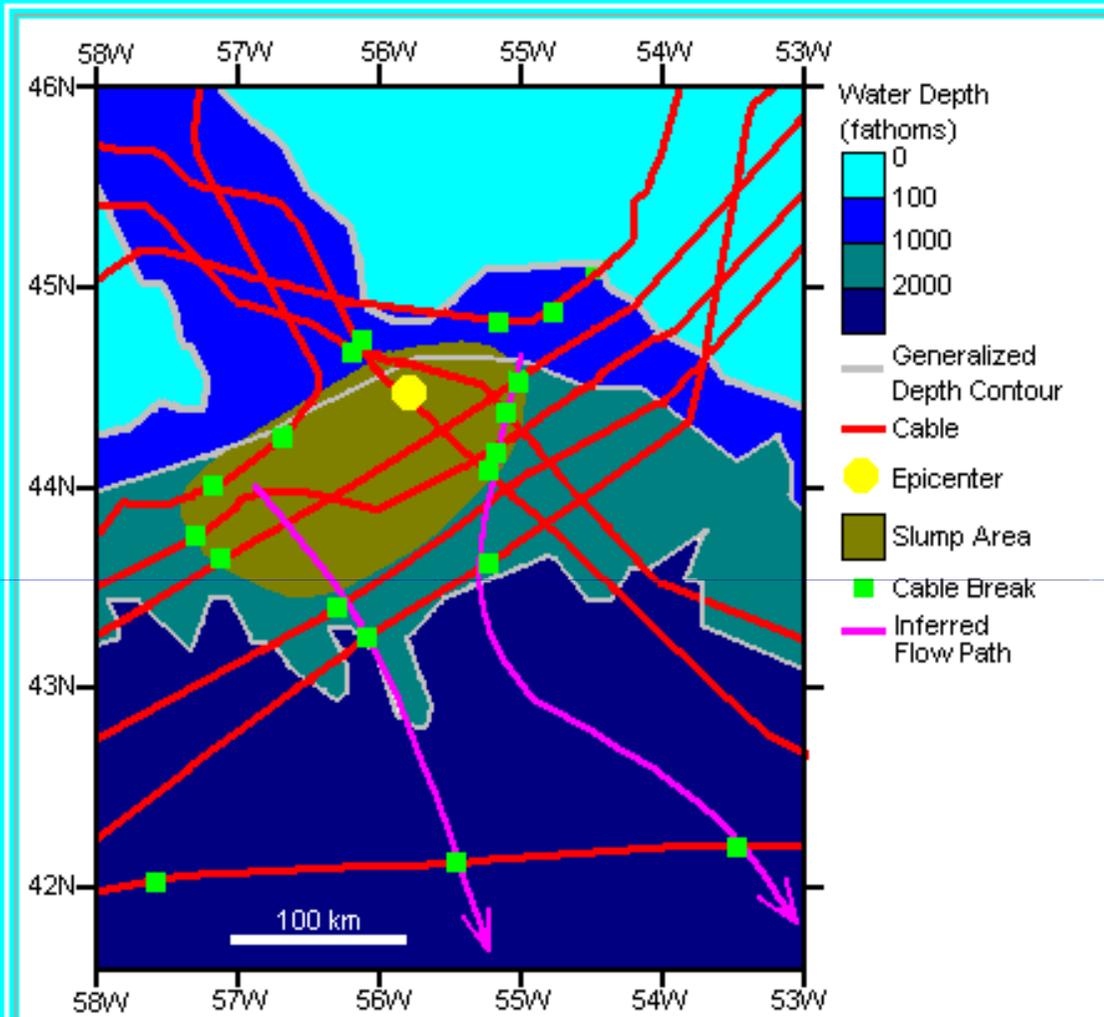
# I canyon sottomarini

È probabile che le forme attuali siano il risultato di più cause che si sono sovrapposte. Benché la conoscenza della batimetria della scarpata, su scala mondiale, sia ancora non completamente definita sono state individuate molte aree in cui sono presenti i canyons; tra queste citiamo le coste della California, Hudson, le isole giapponesi, il Golfo di Biscaglia, il canyon del fiume Congo, le coste algerine. Hanno grande importanza in quanto attraverso di essi transitano grandi quantità di sedimenti che scendono dalle acque basse sino ai piedi della scarpata; cavi o altre opere subacquee posti in corrispondenza dei canyon sono soggetti ad effetti disastrosi a causa del movimento verso il basso dei sedimenti e delle correnti di torbida.

**Nelle nostre acque troviamo queste formazioni lungo la Costa Azzurra e il Mar Ligure, nella scarpata occidentale della Corsica e della Sardegna settentrionale.**

**I sedimenti che possono accumularsi sul ciglio della piattaforma o in altre parti della scarpata sono in condizioni non stabili a causa della pendenza (si tratta di sedimenti non consolidati con elevata percentuale di acqua) e quindi tendono a scivolare verso il basso formando la "corrente di torbida" che erode la scarpata, perlomeno ove essa è costituita da materiale meno compatto.**

## Deep Ocean Phenomena Turbidity Flows



A powerful earthquake off Newfoundland in 1929 caused a submarine landslide on the edge of the continental shelf. Submarine cables in the slump area broke immediately but cables downslope broke up to several hours later. Apparently a dense current of suspended sediment traveled several hundred kilometres across the sea floor.

# I fondali oceanici

Il fondo oceanico inizia a profondità variabili e può presentare localmente quote diverse; in media la sua profondità è di 4.000-5.000 metri.

Il fondo è in gran parte ricoperto di sedimenti (non consolidati nella parte superficiale e maggiormente consolidati in profondità) per uno spessore di centinaia di metri.

Sotto i sedimenti vi è la crosta dei fondi oceanici costituita da un primo strato basaltico chiamato basamento oceanico o strato di transizione e da un secondo strato, di potenza, chiamato crosta oceanica; anch'esso è costituito da basalto, ma ha densità superiore e spessore di circa 6.000 metri. La struttura morfologica del fondo oceanico è molto variabile: variamente ricoperto da sedimenti esso è a volte liscio e privo di accidentalità (piane abissali), altre volte è irregolarmente tormentato da sollevamenti e affossamenti.

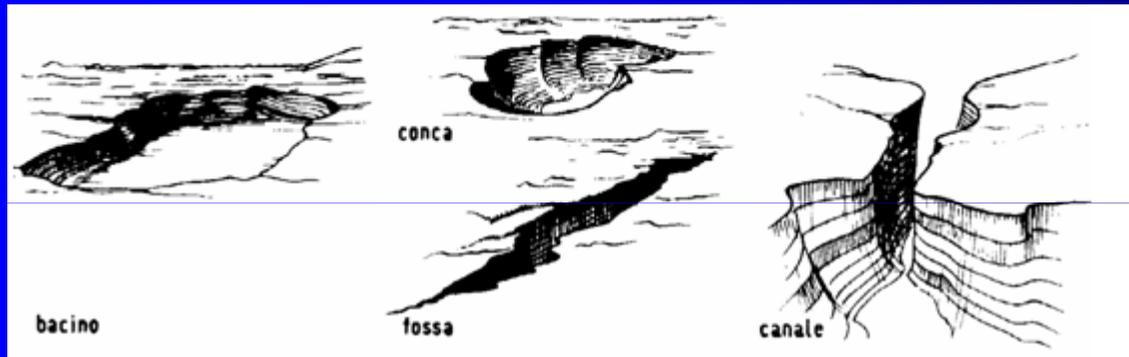
Le *piane abissali* hanno estensioni variabili, talora di centinaia di migliaia di chilometri quadrati e presentano spesso pendenze inferiori allo 0.1 %.

Le piane abissali si trovano in tutti gli oceani.

# Le strutture morfologiche del fondo oceanico

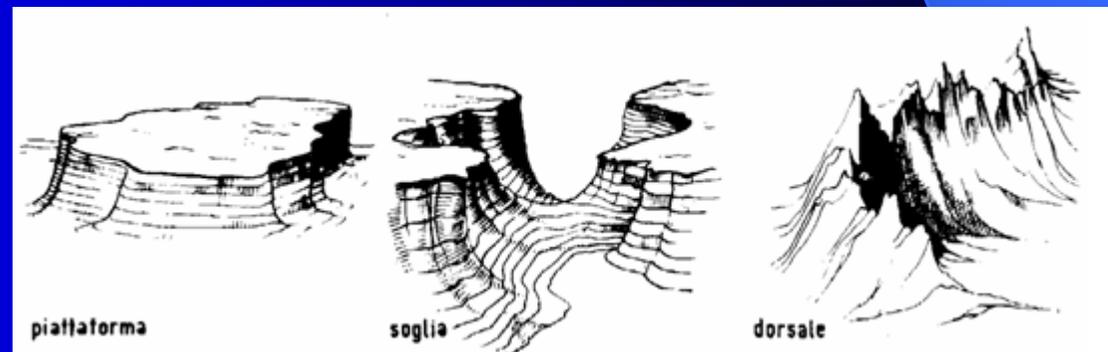
Sul fondo oceanico esistono sia le piane abissali che vaste depressioni e grandi sollevamenti.

Depressioni e sollevamenti del fondo oceanico, a seconda delle loro caratteristiche, sono classificate in forme di prima e seconda grandezza.

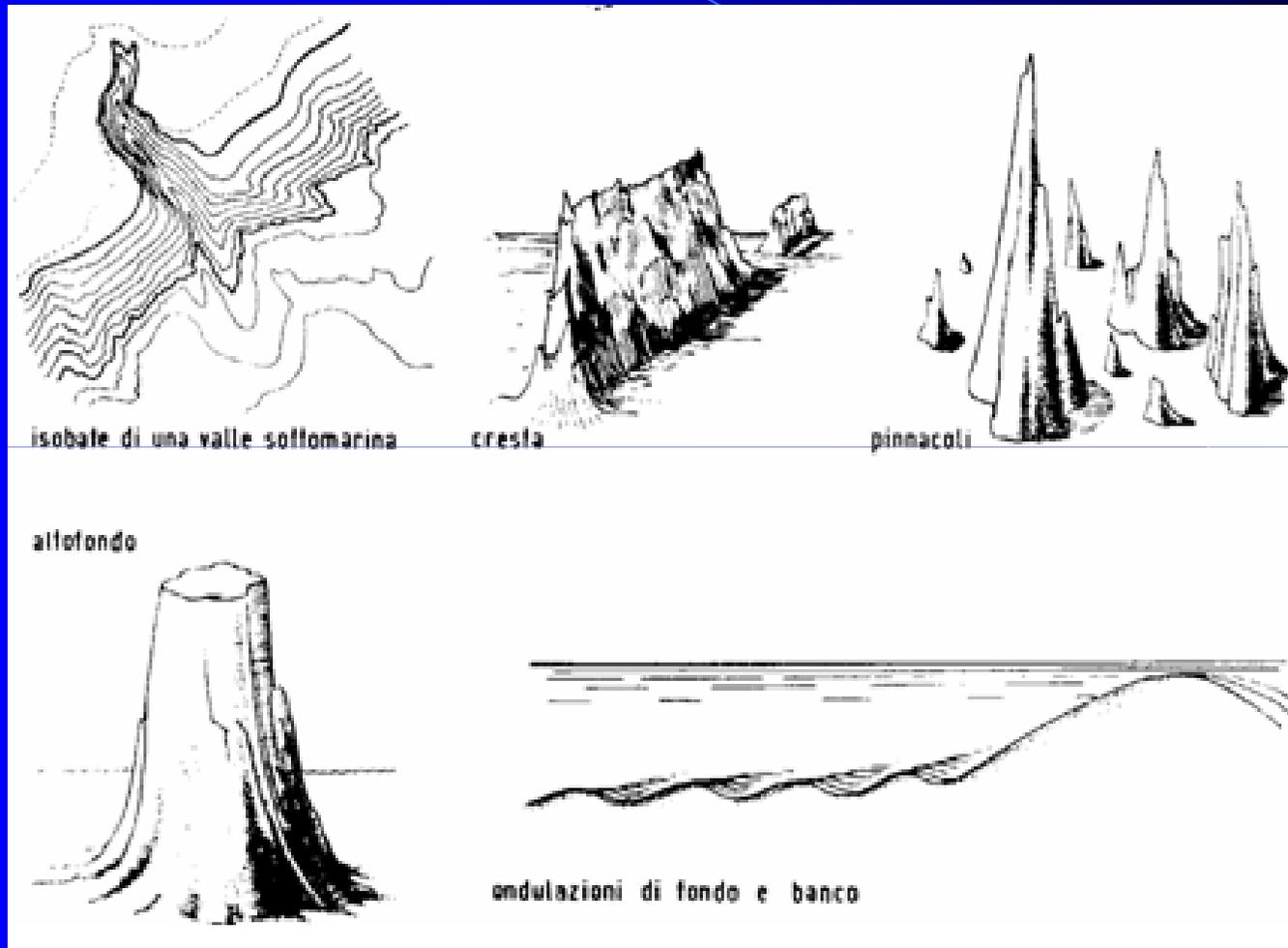


Depressioni  
di 1<sup>a</sup> grandezza

Sollevamenti  
di 1<sup>a</sup> grandezza



# Sollevamenti e depressioni di seconda grandezza



## Strutture morfologiche della piattaforma continentale

<b>Sperone o crinale</b>	È la continuazione sottomarina di catene montuose emerse.
<b>Banco</b>	È un rilievo piatto, per lo più sabbioso, talora emergente.
<b>Scogliera</b>	<p>Sollevamento irregolare a margine netto; sia roccioso, dovuto a fatti erosivi, che di origine corallina. Le scogliere coralline si trovano sulla piattaforma continentale dal tropico del Cancro a quello del Capricorno; le condizioni ottimali per la loro formazione sono che le acque abbiano temperatura media di 20,5°C con non più di 6°C di escursione annua; la salinità delle acque deve mantenersi normale e la limpidezza deve essere elevata. Le basi di una scogliera corallina arrivano, in media, sino ai 40 metri con punte di oltre 60. I coralli in realtà possono vivere anche a profondità maggiori, o con altre condizioni ambientali, ma non formano scogliere.</p>
<b>Ondulazioni</b>	Avvengono per effetto diretto di movimento del mare su fondi poco consistenti. Sono note anche deboli ondulazioni provocate dall'azione delle onde marine su fondi incoerenti prossimi alla spiaggia (ripple-marks); ondulazioni più rilevanti (8-10 metri di altezza e alcune centinaia di metri di lunghezza) possono essere provocate dall'azione delle maree.
<b>Sbarramenti di fiume</b>	Si tratta di conoidi deltizi che si propagano fino nelle zone sottomarine; alcuni di essi sono fossili, cioè non più corrispondenti a fiumi superficiali attuali e possono essere stati variamente elaborati da lentissimi processi modificatori.

# Le fosse abissali

*Le fosse abissali* rappresentano zone più profonde (fino a 11.000 metri di profondità), di forma allungata, con estensioni anche di migliaia di chilometri e possono essere larghe anche 100 chilometri.

Sono situate presso alcuni bordi continentali (ad esempio le coste sud e centro americane) o presso archi insulari (Antille, Aleutine, arcipelago nipponico) e ne seguono l'andamento.

In corrispondenza delle fosse si trovano **epicentri sismici, anomalie della gravità** e di altri parametri geofisici.

Secondo la teoria della tettonica a zolle le fosse rappresentano le zone dove avviene la dissipazione della litosfera, che affonda sotto i blocchi continentali, mentre in corrispondenza delle dorsali oceaniche si ha la formazione di nuova litosfera.

# Le dorsali

Le *dorsali oceaniche* sono immensi sollevamenti irregolari più o meno continui (sistema delle dorsali medio-oceaniche), tormentati da formazioni secondarie (creste, pinnacoli, solchi, etc.).

Si prolungano per migliaia o decine di migliaia di chilometri, con larghezze di varie centinaia di chilometri.

Giungono ad elevazioni medie di 2.000-3.000 metri e possono dar luogo a emersioni. Dalla dorsale medio-atlantica (esempio isole Azzorre e isole dell'Ascensione) si elevano per altezze di oltre 5.000 metri.

Le dorsali si suddividono in:

➤ **dorsali sismiche.** Il loro stato di attività viene rilevato attraverso la presenza di epicentri sismici in seno alla dorsale stessa. Presentano anomali flussi di calore e anomalie magnetiche distribuite in maniera particolare ai lati di essa. Danno luogo a fuoriuscita di materiale litosferico dalla spaccatura centrale della dorsale (rift-valley); nel caso della dorsale medio-atlantica la velocità è dell'ordine di 2 cm all'anno, ed ha impiegato 130 milioni di anni a formarsi

➤ **dorsali asismiche.** Sono corrugamenti inattivi; talora si dipartono da una dorsale medio-oceanica attiva e si congiungono al continente; in altri casi possono essere residui di continenti, come provato dalla presenza di formazioni granitiche e da un ispessimento della crosta.



## Montagne, guyot e colline sottomarine

*Montagne e colline sottomarine:* sollevamenti isolati del fondo marino, aventi forma più o meno conica, che possono emergere dando luogo a isole (es. Hawaii) oppure ospitare formazioni coralline sulla propria sommità.

Vengono denominate montagne se si ergono dal fondo per più di 700 metri e colline se si elevano per meno di 700 metri.

La vetta del rilievo può avere una piccolissima superficie oppure può essere molto ampia e piatta. In quest'ultimo caso il rilievo è chiamato montagna tabulare o *guyot* (dal nome di un geologo del XIX secolo). Nella quasi totalità dei casi queste montagne sono di origine vulcanica. Sono note all'incirca 1800 tra montagne sottomarine e guyots; queste ultime formazioni sono particolarmente abbondanti nell'Oceano Pacifico.

I fianchi delle montagne sottomarine hanno inclinazioni attorno ai  $12^{\circ}$ - $14^{\circ}$  e in alcuni casi raggiungono i  $35^{\circ}$ . In corrispondenza delle montagne subacquee si possono rilevare forti anomalie del campo magnetico terrestre.

# Soglie

Le *soglie* sono delle brevi dorsali o selle che separano due bacini o fosse o avvallamenti.

Vengono caratterizzate dalla “profondità di soglia” che rappresenta il valore minimo dei fondali.

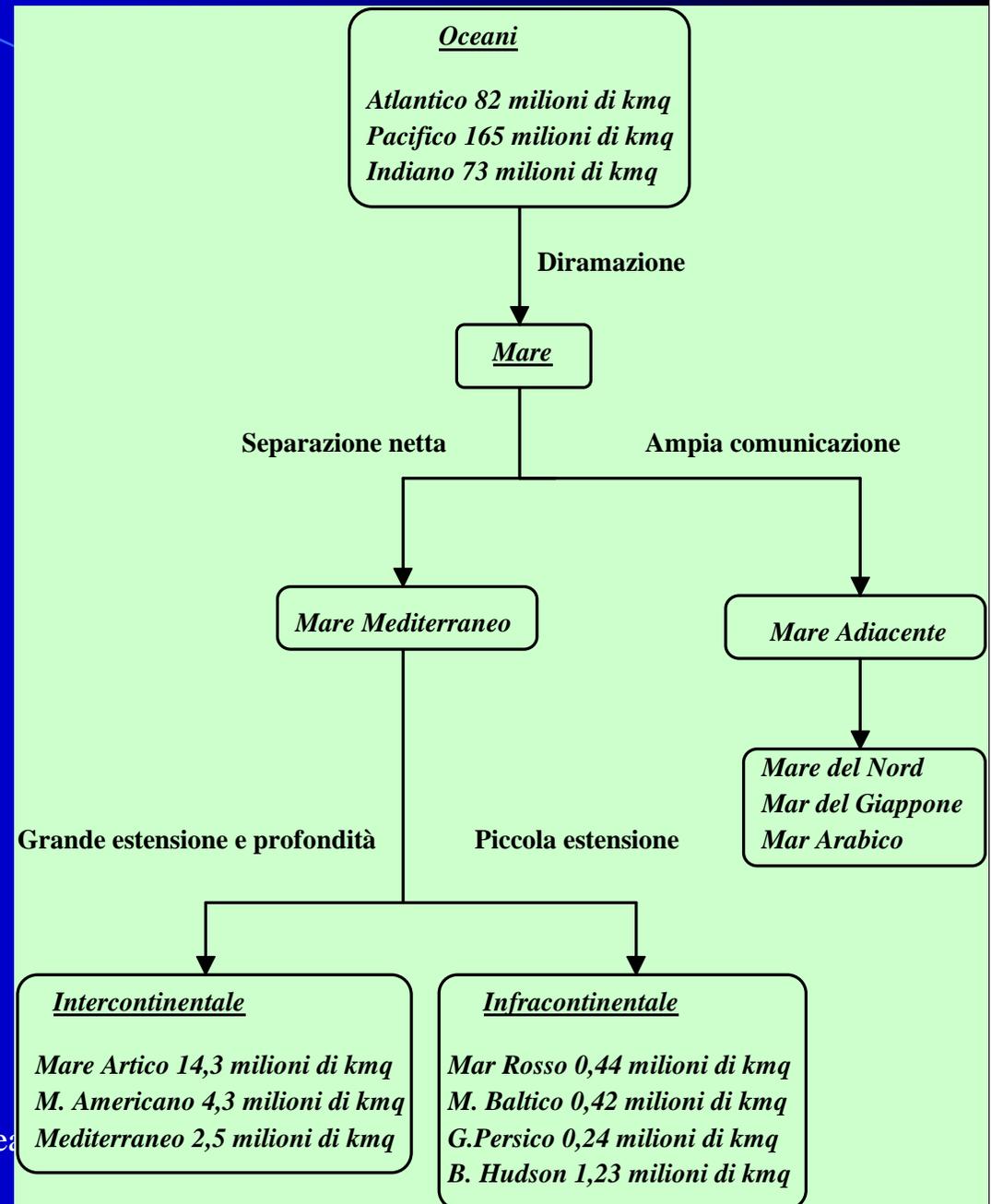
Esistono soglie di separazione tra mari mediterranei ed oceano (es. Stretto di Gibilterra).

La presenza di una soglia può essere determinante per la struttura termica del mare mediterraneo (isotermie nel Mar Mediterraneo e nel Mar Rosso a profondità maggiori di quelle di soglia), per il tipo di flusso idrodinamico tra i due bacini e per l'innescarsi del fenomeno delle onde interne.

# Forme geografiche principali: oceani e mari

Gli **oceani** sono caratterizzati dall'occupare vaste superfici e dall'essere contenuti in depressioni ampie, profonde e geologicamente stabili; inoltre i loro margini costieri sono derivati da situazioni geologiche recenti e le loro acque hanno delle specifiche caratteristiche fisiche e dinamiche.

I **mari** sono delle diramazioni o appendici degli oceani. Hanno acque con caratteristiche fisiche e dinamiche dipendenti dagli oceani con cui sono in contatto e sono influenzati da acque di origine terrestre; risentono più o meno dell'effetto climatico delle vicine terre emerse. Si suddividono in mari **mediterranei** allorquando vi è una separazione netta tra mare ed oceano, ed in mari **adiacenti** se vi è ampia comunicazione con le acque oceaniche. I mari mediterranei si dividono a loro volta in **intercontinentali** ed **infracontinentali**; i secondi sono più piccoli e quindi più soggetti all'influenza continentale



**Forme del secondo ordine:** i golfi, i seni, gli stretti e i canali. Queste forme sono di varia origine e assumono spesso nomenclature locali o convenzionali; la loro suddivisione, che comunque è di modesto significato, riesce abbastanza difficile.

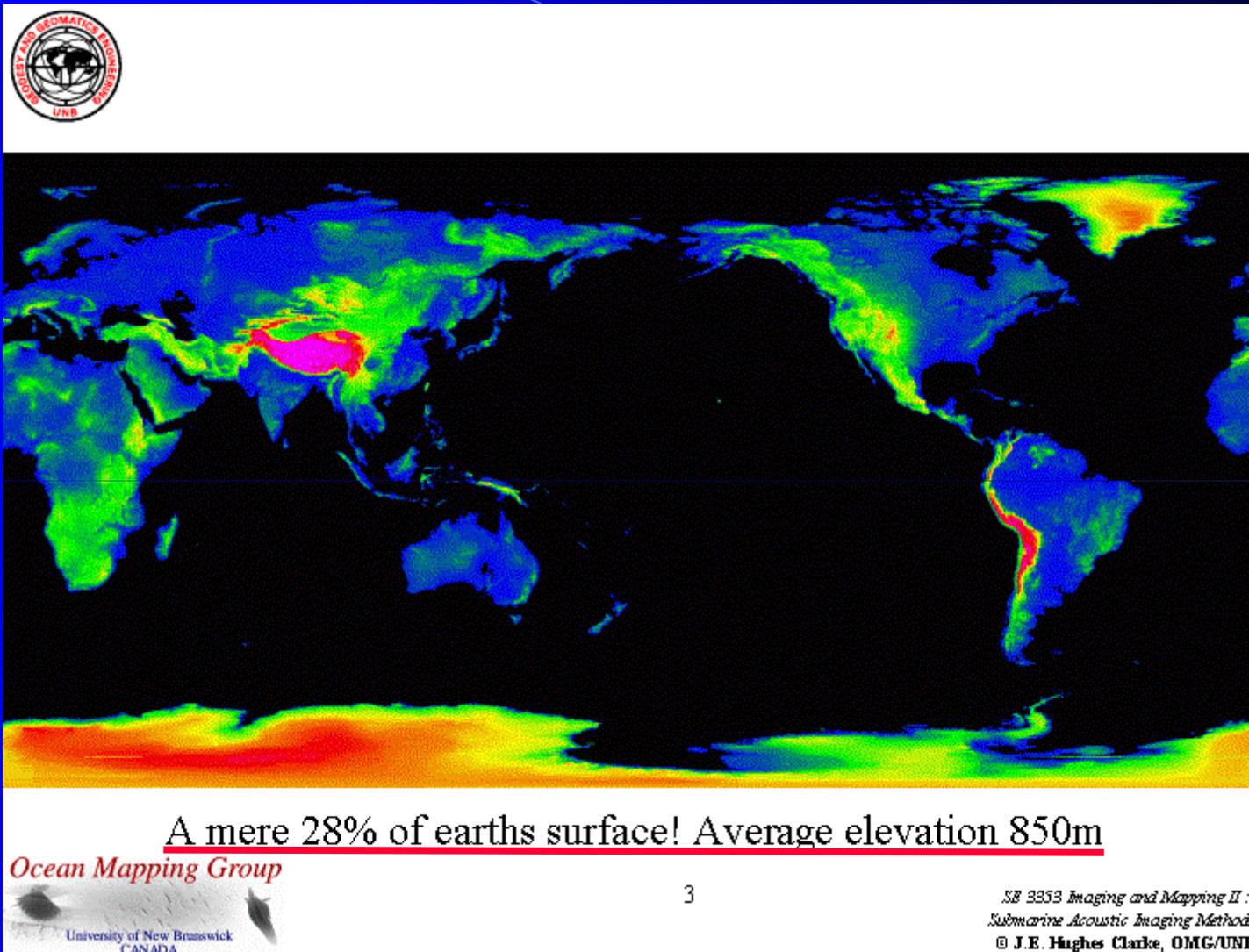
Al limite con le acque interne si possono ancora distinguere le **forme geografiche del terzo ordine:** lagune e i laghi costieri. Le lagune a loro volta si differenziano in lagune in senso stretto se rimangono sempre sommerse, lagune vive se sono sommerse solo con l'alta marea e barene se sono sommerse solo in casi eccezionali.

---

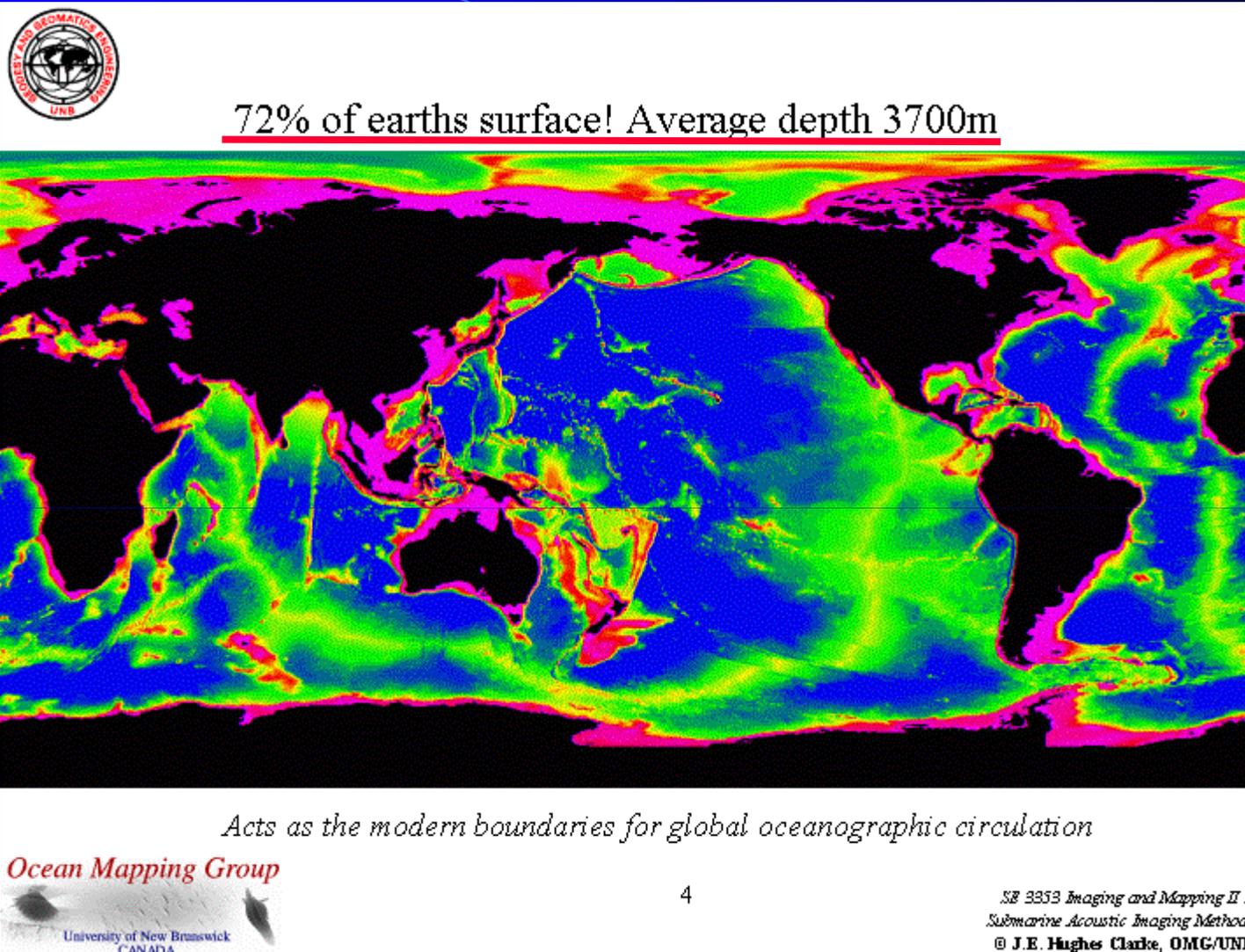
La ripartizione degli oceani non è uniforme nei due emisferi del pianeta; i due terzi delle terre emerse giacciono nell'emisfero Nord e un terzo in quello sud.

	<b>Emisfero Nord</b>	<b>Emisfero Sud</b>
<b>Superficie marina</b>	<b>60.7%</b>	<b>80.9%</b>
<b>Superficie terrestre</b>	<b>39.3%</b>	<b>19.1%</b>

# Le terre emerse



# I fondali marini



**Il livello medio dell'intero pianeta, considerando cioè sia gli oceani che le terre emerse, è di -2.440 metri.**

<b>Profondità</b>	<b>Superficie occupata in percentuale della superficie totale degli oceani</b>	<b>Zona</b>
<b>0-200</b>	<b>7,6</b>	<b>Piattaforma continentale</b>
<b>200-1.000</b>	<b>4,3</b>	<b>Scarpata</b>
<b>1.000-2.000</b>	<b>4,2</b>	
<b>2.000-3.000</b>	<b>6,8</b>	
<b>3.000-4.000</b>	<b>19,6</b>	<b>Piane abissali</b>
<b>4.000-5.000</b>	<b>33,0</b>	
<b>5.000-6.000</b>	<b>23,3</b>	
<b>6.000-7.000</b>	<b>1,1</b>	
<b>&gt;7.000</b>	<b>0,1</b>	<b>Fosse oceaniche</b>

# L'indagine batimetrica

L'attività di scandagliamento, svolta da oltre un secolo con apparecchiature sempre più efficienti e precise, ha permesso di rappresentare la forma del fondo marino in molti mari e in gran parte delle estensioni oceaniche di interesse navale. Sono state redatte le seguenti carte:

- batimetriche generali (scala inferiore a 1 : 1.000.000) e particolari (scala superiore a 1 : 500.000)
- carte fisiografiche (scala ~ 1 : 5.000.000)
- oltre 10.000 carte nautiche

La rappresentazione topografica del fondo marino attraverso curve di livello (isobate), tracciate in base ai piani quotati dello scandagliamento sistematico ha reso possibile evidenziare rilievi e depressioni di varie forme e dimensioni. La caratteristica peculiare dei fondi marini é la piccola pendenza dei rilievi, anche se si elevano di centinaia o migliaia di metri sul fondale pianeggiante circostante. Esistono tuttavia casi particolari con pendenze maggiori di 45°, ma si tratta di formazioni vulcaniche sommerse o di aree magmatiche di recente sommersione o frattura.

**L'indagine batimetrica è svolta dagli Istituti Idrografici. L'International Hydrographic Organization (IHO), dal 1921, indica agli Istituti nazionali gli standard e le metodologie di lavoro da impiegare per effettuare l'indagine batimetrica.**

L'Istituto Idrografico della Marina è stato istituito con regio decreto del 1872.

Sede provvisoria dell'Istituto: Genova, Forte San Giorgio.

È tuttora nella stessa sede.



Forte S. Giorgio: sede dell'I.I.M.

VITTORIO EMANUELE II

PER GLORIA DI DIO E PER VIRTÙ DELLA NAZIONE

RE D'ITALIA

Visto il R. decreto 27 Aprile 1872, concernente Regio Decreto del Senato  
Scientifico.  
Visto il R. decreto 17. Maggio 1872, che stabilisce una Commissione  
Scientifica.  
Visto il R. decreto 1. Maggio 1872 che abolisce l'Ufficio Centrale  
Visto il R. decreto 18. Agosto 1872 che istituisce un altro Ufficio  
fornendo al Regio Decreto la denominazione degli Uffici Scientifici.  
4.  
L'Ufficio Centrale del Senato Scientifico di Anversa.  
L'Ufficio Centrale del Senato Scientifico di Anversa.  
Altrimenti accettato e discusso.  
Act. 1.  
L'Ufficio Centrale del Senato Scientifico che fu abolito col Regio  
Decreto 1. Maggio 1872 viene ristabilito a termini del R. decreto 27. Aprile  
1872, con la denominazione di Ufficio Centrale del Senato Scientifico, ed sotto  
questo titolo di Ufficio Scientifico della R. Marina.  
Act. 2.  
OMISSIS  
Act. 3.  
Rimangono abrogati i R. decreti 1. Maggio 1872 e 18. Agosto  
1872.  
Ordiniamo che il presente decreto, munito del sigillo dello  
Stato, sia inserito nella Raccolta degli Acti della Regia e del Senato  
del Regno d'Italia, mandando a chiunque spetti di osservarlo e di  
farlo osservare.  
Dato a Napoli li 26. Ottobre 1872

.... ieri ....



La Regia Nave Washington, in origine Helvetie della Marina Sarda, entrò nella Regia Marina nel 1861 e fu adibita al servizio idrografico fino al disarmo, nel 1904.

Campagna Idrografica 1910  
© IIM 2001

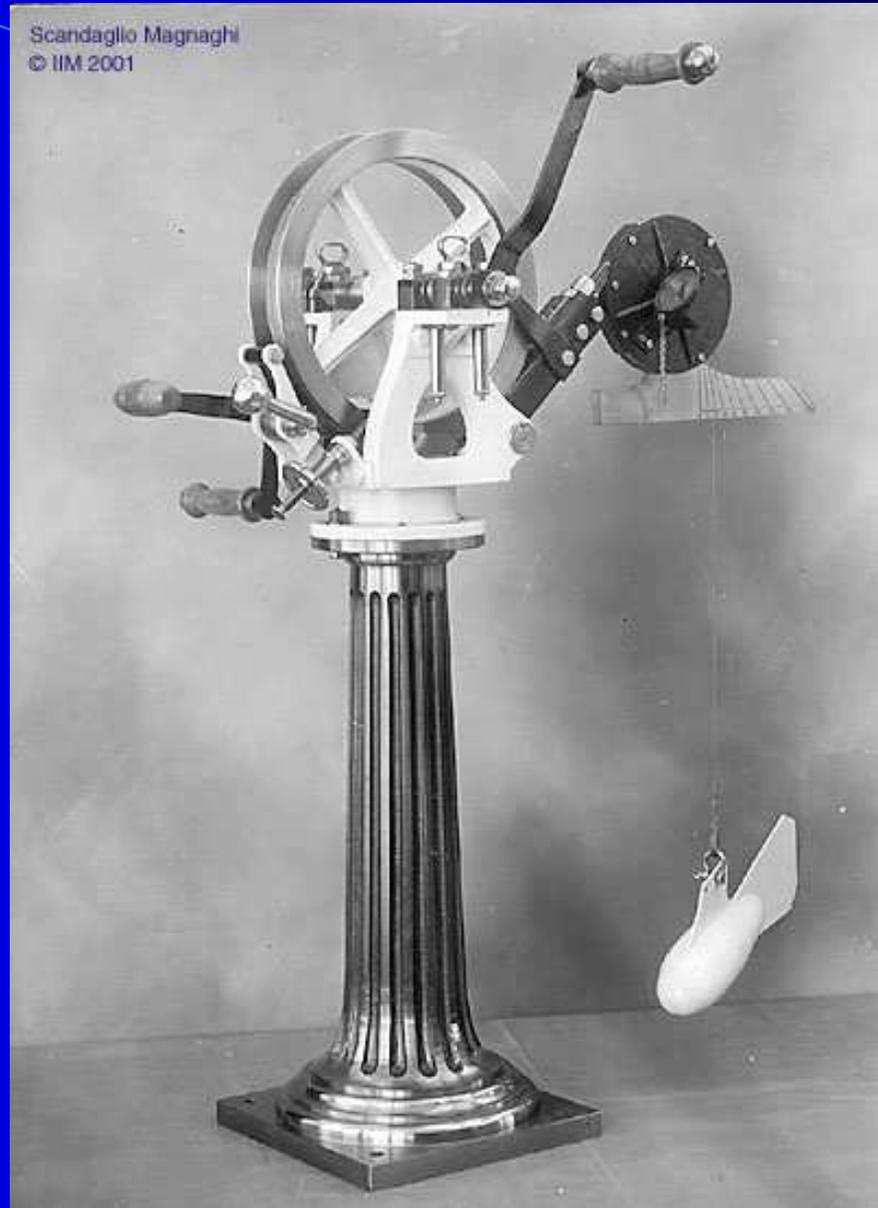
Campagna idrografica di nave "Stafetta" in Mar Rosso, 1910-11: rilievi topografici





Campagna idrografica di nave "Staffetta" in Mar Rosso, 1910-11: si "fila" lo scandaglio

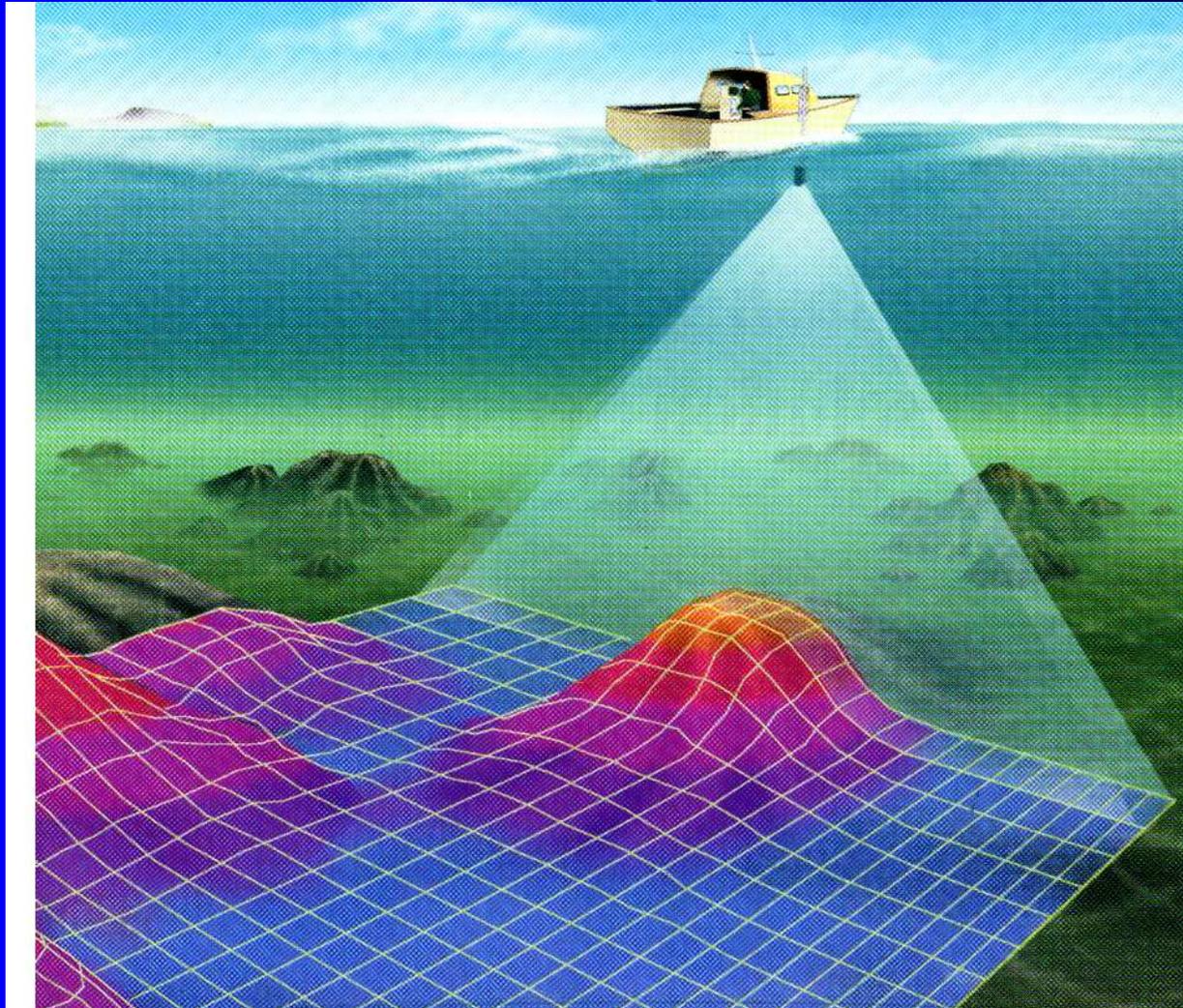
Lo scandaglio Magnaghi, particolarmente idoneo a misurazioni di profondità non superiori a 100 metri, sostanzialmente si compone di una ruota di bronzo che ospita il filo di acciaio zincato, munito di peso in ferro di chili 4 , in funzione delle profondità da scandagliare; tale ruota è corredata di freno e di contatore, che permette di registrare i giri compiuti dalla ruota, pari al numero di metri di filo messo a mare; lo strumento era montato su sostegno in ghisa, atto a essere inchiodato a poppa della nave.





Oceano Indiano, 1924: operazioni di scandagliamento a bordo di nave Magnaghi

... oggi





# *History of Hydrography*

- First recorded Sailing Directions 510 B.C.
- Oldest known Navigational Chart 1270 A.D.
- First National Hydrographic Office 1720
- International Congress of Navigation 1908
- International Maritime Conference 1912
- Hydrographic Conference 1919
- International Hydrographic Bureau 1921
- International Convention 1970



Montecarlo

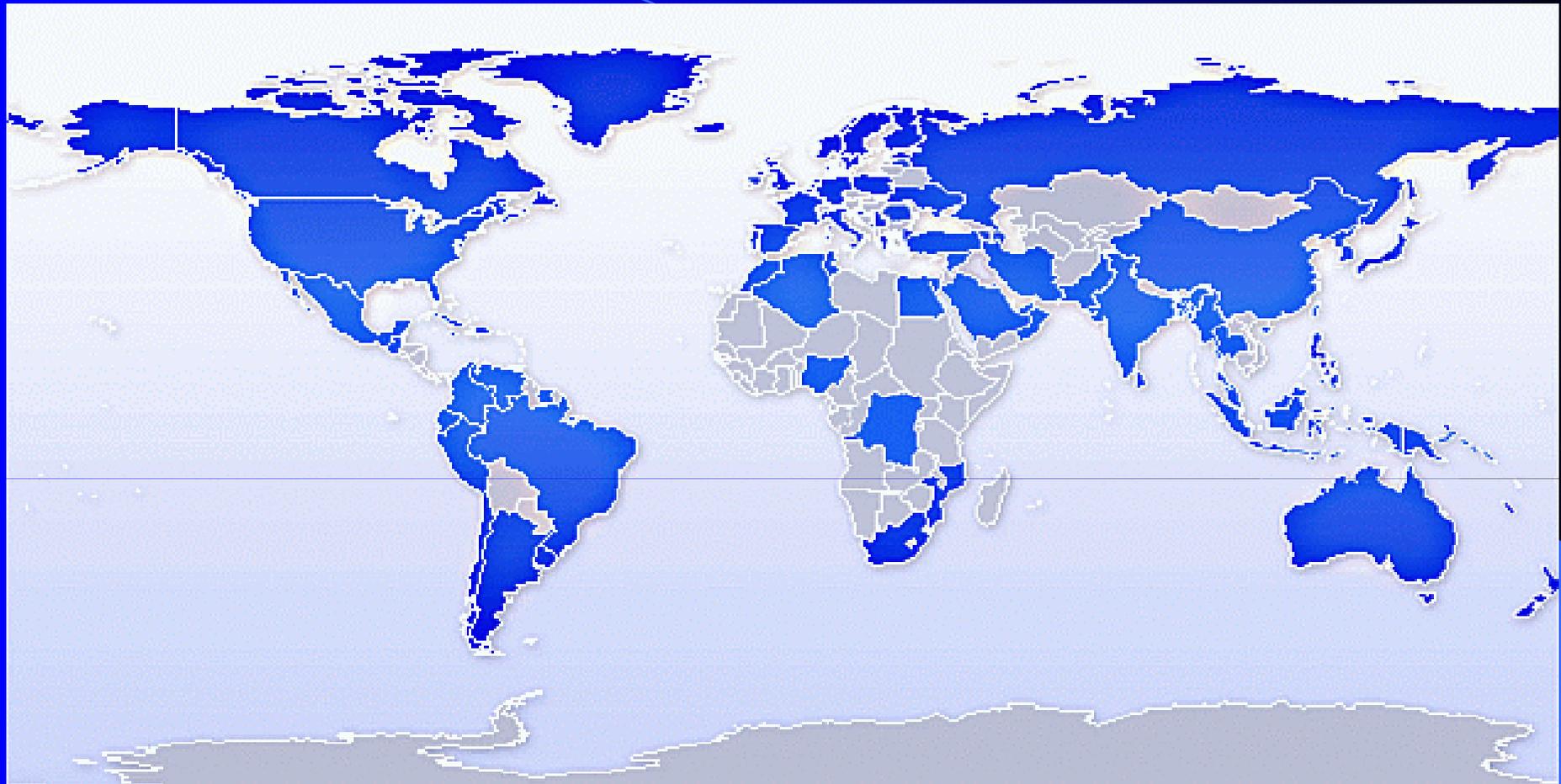
## THE INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION

The International Hydrographic Organization (IHO) is an *intergovernmental, consultative* and technical organisation established in 1921 to support the safety-of-navigation, and the protection of the marine environment.



# The object of the IHO

- The coordination of the activities of the national hydrographic offices
- The greatest possible uniformity in nautical charts and documents
- The adoption of reliable and efficient methods of carrying out and exploiting hydrographic surveys
- The development of the sciences in the field of hydrography and the techniques employed in descriptive oceanography



## 81 Member States (2014)

2014

Oceanografia per PAS

85

# CONSEQUENCES OF POOR CHARTING AND NAVIGATION



- Loss of vessels, crews,
- environmental damage





# Recreational Boating





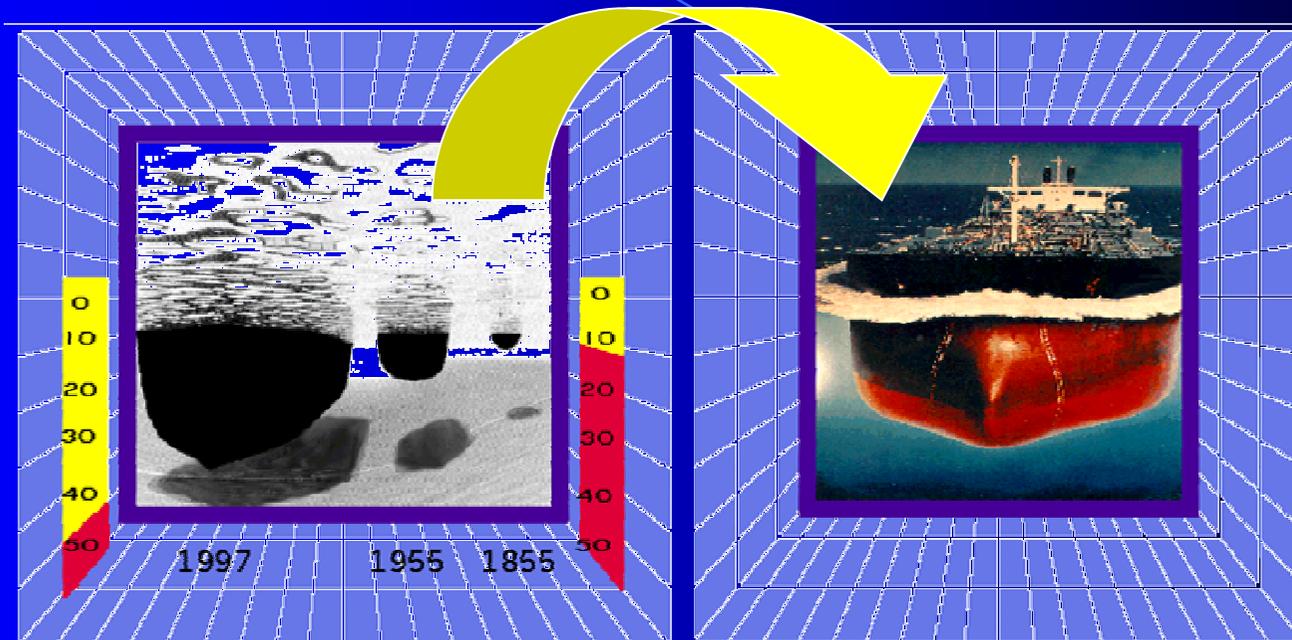
# GRAND PRINCESS®



*U.S. Capitol Building and Grand Princess shown same scale.*



# Historical Perspective



- **98% by tonnage of all U.S. commerce**
- **45% by value (about \$500 billion)**
- **50% is hazardous materials**