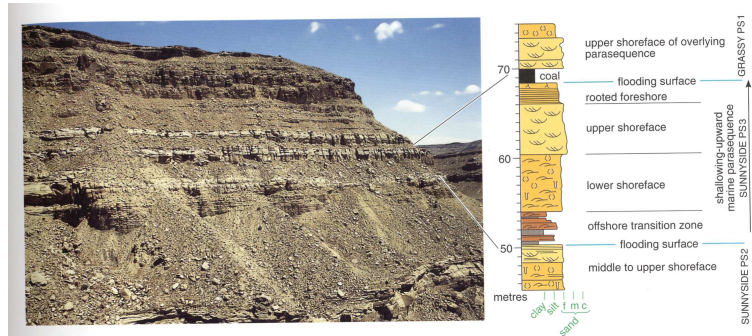
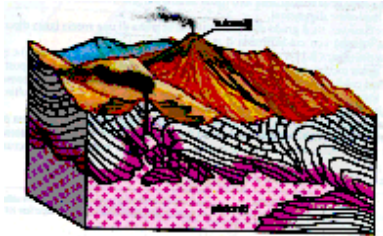


Geologia Stratigrafica

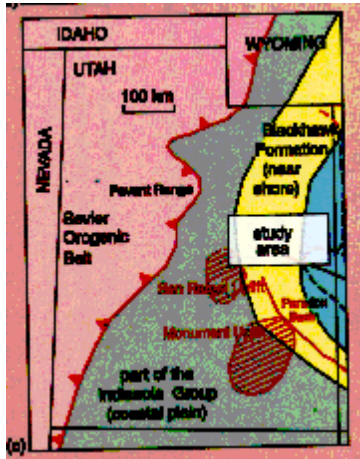
DEFINIZIONE E SCOPO

deriva dall'unione tra il termine latino "stratum" ed il greco "graphia"
quindi significa descrizione degli strati



La stratigrafia comprende lo studio di tutti i tipi di rocce sedimentarie, magmatiche e metamorfiche, sia stratificate che non stratificate che costituiscono la crosta terrestre allo scopo di ricostruire:

- **la loro disposizione nello spazio e nel tempo**
- **gli eventi che essi rappresentano**
- **la storia della Terra e la sua evoluzione.**



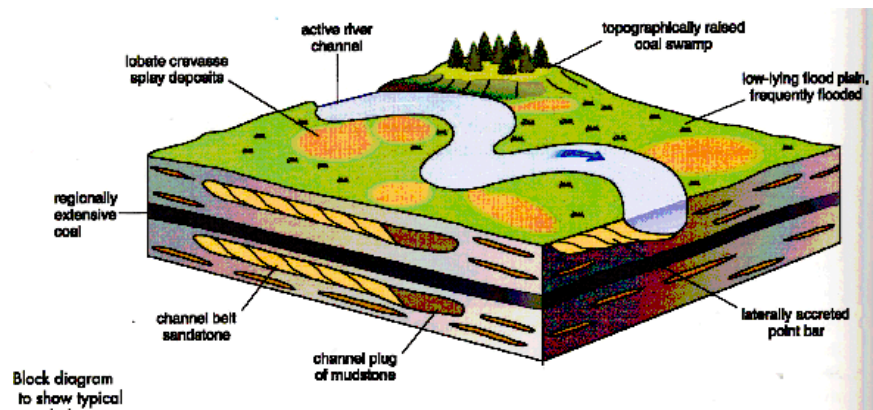
Una definizione che prende in considerazione gli aspetti più pratici della disciplina:

Scopo della stratigrafia è la descrizione di tutti i corpi rocciosi che formano la crosta terrestre e la loro organizzazione in unità distinte, utili e cartografabili, basate su proprietà loro intrinseche.

I metodi della stratigrafia comprendono quindi:

- descrizione,
 - classificazione,
 - nomenclatura e
 - correlazione
- delle unità con lo scopo finale di stabilire:

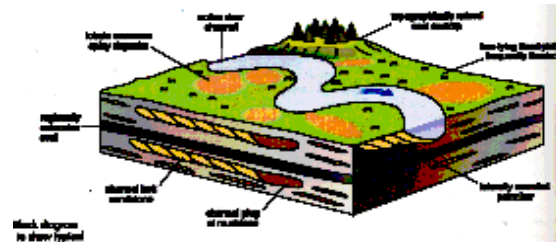
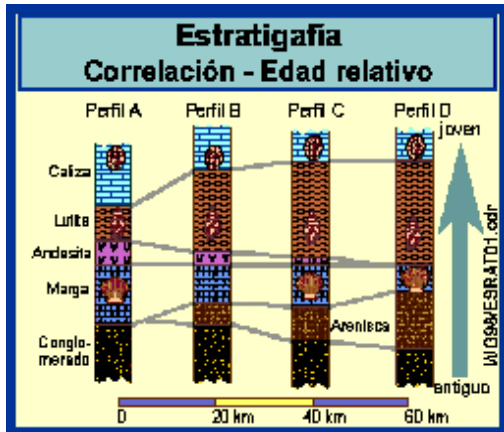
- a) le loro relazioni nello spazio e
- b) la loro successione nel tempo



La stratigrafia spazia in un vasto campo di indagine che comprende:

- una componente temporale (costruzione di una scala cronostratigrafica standard e determinazione delle relazioni temporali di corpi rocciosi a scala locale o regionale) e
- una componente spaziale (studio paleogeografico e paleoambientale).

la seconda si occupa della loro distribuzione nello spazio e delle loro caratteristiche litologiche, paleontologiche, geofisiche e geochimiche.



La componente temporale della stratigrafia prevede lo studio della successione e della cronologia dei corpi rocciosi;

Le due componenti sono strettamente legate e lo studio dell'una non può prescindere dall'analisi congiunta dell'altra.

La stratigrafia prende in esame lacune e discordanze che interrompono la continuità dei corpi rocciosi. Lo studio degli intervalli privi di registrazione costituisce infatti un aspetto fondamentale per la comprensione della storia della Terra.



Finalità **scientifiche** degli studi stratigrafici:

Ricostruzione della storia evolutiva del nostro pianeta:

riconoscimento dei paleoambienti che si sono succeduti sulla superficie terrestre dalla sua origine ad oggi mediante la ricostruzione della disposizione nello spazio e nel tempo delle unità litologiche che costituiscono la parte più superficiale della crosta terrestre.

Finalità **applicative** degli studi stratigrafici

- La ricostruzione dei caratteri stratigrafici di un'area hanno una notevole importanza da un punto di vista economico: da queste informazioni dipendono la posizione e l'estensione di livelli di rocce che contengono: particolari tipi di minerali, idrocarburi, risorse idriche ecc..; anche nel campo delle costruzioni civili la definizione della stratigrafia dell'area in cui è prevista la costruzione di un'opera è di fondamentale importanza.

Evoluzione e principi base della geologia stratigrafica

La geologia stratigrafica è una disciplina che è nata con la geologia e si fonda su alcuni principi introdotti sin dal 1700 ma che sono ancora validi

- **principio dell'uniformismo o dell'attualismo** (si osservò che molte strutture sedimentarie che si formavano lungo i fiumi, i tratti costieri, nei laghi ecc. erano simili a strutture sedimentarie presenti nelle rocce più antiche e se ne concluse che i processi e gli ambienti deposizionali presenti nel passato hanno dato luogo agli stessi prodotti che formano attualmente)
- B) **principio di orizzontalità** l'interfaccia sedimento acqua doveva essere essenzialmente orizzontale
- C) **principio di continuità laterale**: un corpo contrariamente a quanto si osserva in campagna doveva essere caratterizzato da continuità laterale e poteva terminare: contro i margini di un bacino; si poteva assottigliare o poteva passare ad un'altra unità gradualmente.
- D) **principio di sovrapposizione e cronologia relativa** (in una successione sedimentaria non deformata gli strati di rocce in posizione geometrica inferiore si sono formati prima di quelli in posizione geometrica superiore).

Un contributo fondamentale allo sviluppo della stratigrafia è stato apportato attraverso l'elaborazione di una scala geocronologica e/o cronostratigrafica come standard internazionale già dalla prima metà del 1800

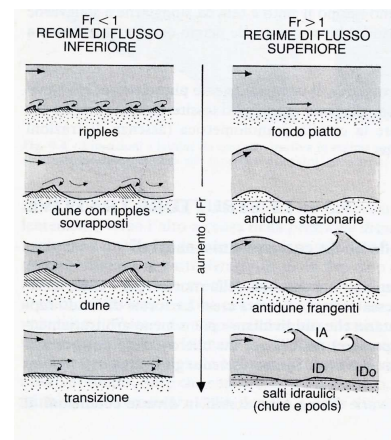
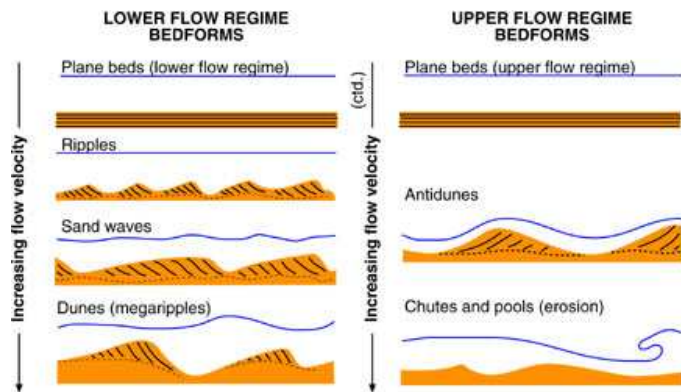
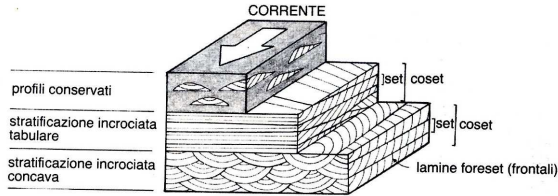
Sviluppo del concetto di facies (interpretazione delle rocce come prodotti di antichi processi)

Concetto di discordanza angolare (concetto di emersione seguita dal ritorno del mare)

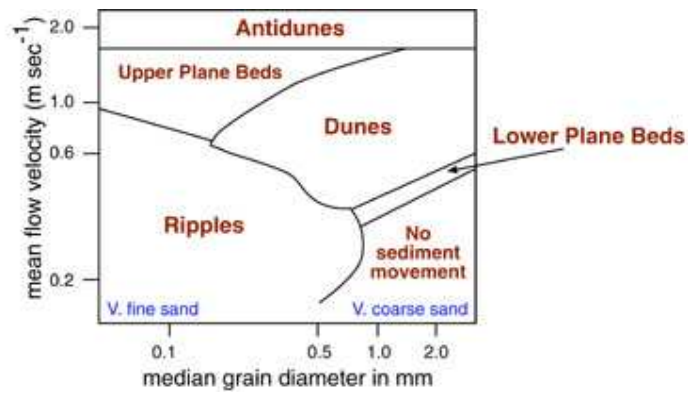


Trasporto e deposito particellare

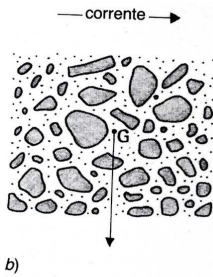
Avviene attraverso un **flusso** (idrico, eolico, gassoso) definito **normale**



Relationship between grain size, bedforms, and flow velocity



Modified from Ashley, G.M. et al. (1990). *Journal of Sedimentary Research*, vol. 60,



Trasporto e deposito in massa

Avviene attraverso un **flusso** (idrico, gassoso) definito **reologico**

Mancanza di smistamento
dai sedimenti

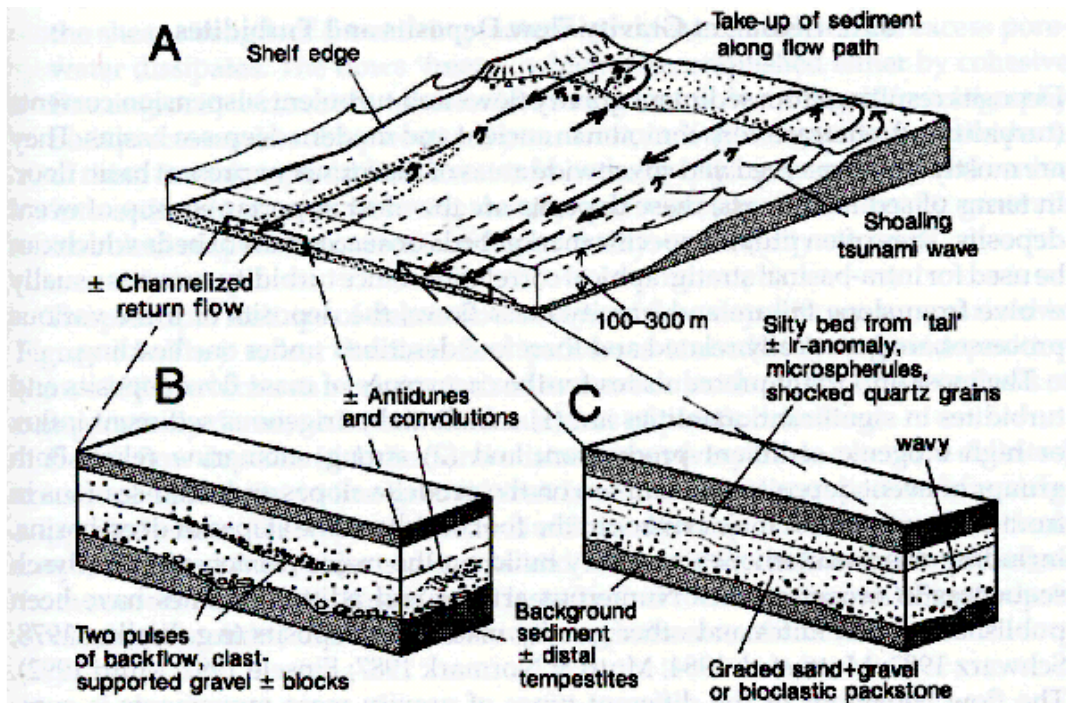
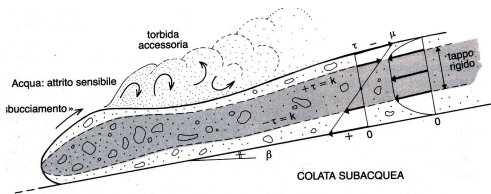
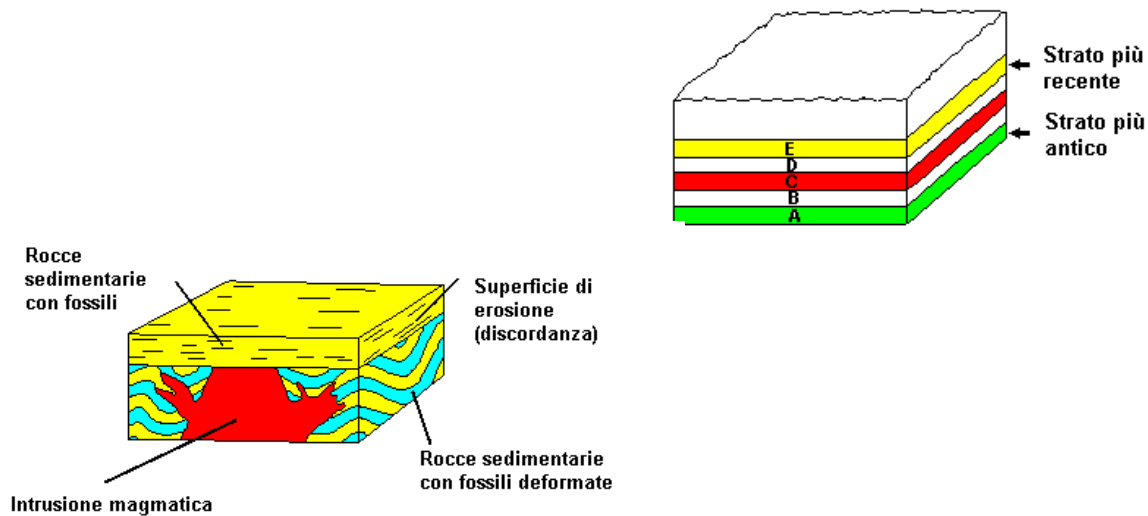


Figure 6.4 A. A tsunami wave approaching the shelf and flooding the coastal zone (based on Minoura & Nakaya 1991). Tsunami deposits may originate from both landward flow and backflow as well as from submarine slope failure (producing mud flows and turbidites). B. Coarse-grained channelized tsunami deposits showing two pulses of backflow. C. Meteorite-induced widespread tsunamiite on the outer shelf

Principio di sovrapposizione e Principio di intersezione



LA CLASSIFICAZIONE STRATIGRAFICA

La classificazione stratigrafica ha il compito di organizzare i corpi rocciosi in unità basate sulle loro proprietà, quali ad esempio:

- composizione litologica,
- contenuto in fossili,
- polarità magnetica,
- proprietà elettriche,
- risposta sismica,
- caratteristiche geochimiche

I limiti delle unità definite con proprietà diverse generalmente non coincidono (fig. 1) poiché la posizione stratigrafica del cambiamento di un attributo non necessariamente coincide con quella di un altro.

Le unità stratigrafiche devono essere materializzate da volumi di rocce, ma comprendono anche intervalli temporali privi di registrazione.

Unità formalizzabili secondo l'International Stratigraphic Guide (SALVADOR, 1994):

- unità litostratigrafiche: unità basate sulle proprietà litologiche dei corpi rocciosi; ad esempio Calcarea di Bari.
- unità biostratigrafiche: unità basate sul contenuto fossilifero dei corpi rocciosi; Biozona a Rotalipora appenninica.
- unità cronostatigrafiche/geocronologiche: unità basate sull'attribuzione cronologica del corpo roccioso; ad esempio Piano/Età Gelasiano.
- unità di polarità magnetostratigrafica: unità basate sulla polarità della magnetizzazione residua dei corpi rocciosi; ad esempio: Zona di Polarità Normale Gauss.
- unità a limiti inconformi (Unconformity-bounded Stratigraphic Units, UBSU): unità delimitate inferiormente e superiormente da discontinuità stratigrafiche significative; ad esempio Sistema di ...

Unità litostratigrafiche e Unità biostratigrafiche

- Queste unità sono conosciute come **unità osservabili** in quanto si individuano sulla base di osservazioni oggettive
- **Le unità litostratigrafiche** si individuano sulla base dei caratteri fisici e chimici delle rocce

UNITA' LITOLOGICHE		
	MEMBRI	FORMAZIONI
		FORMAZIONE PRAIRIE DU CHIEN
F. 2. a	Dolomie Oneota	ARENARIE JORDAN
F. 1. f		
F. 1. e		FORMAZIONE ST. LAWRENCE
	SIHITI Lodi Dolomie Black Earth	
F. 1. d	Arenarie Reno	FORMAZIONE FRANCONIA
	Arenarie Tomah	
	Arenarie Birkmose	
	Arenarie Woodhill	
F. 1. c	Arenarie Galesville	FORMAZIONE DRESBACH
F. 1. b	Arenarie Eau Claire	
F. 1. a	Arenarie Mt. Simon	
	100m	GRANITO ST. CLOUD

- Tipo di roccia, colore, caratteri mineralogici, granulometria
- Natura dei contatti con le unità adiacenti: graduali, bruschi, questi ultimi possono indicare sia continuità che discontinuità
- La definizione di una unità litostratigrafica si basa sull'individuazione di uno strato tipo o una sezione tipo ed è indipendente dai criteri

LITOSTRATIGRAFIA

- Si basa sulla suddivisione delle rocce sulla base dei caratteri litologici e fisici. L'unità di riferimento unità litostratigrafica è rappresentata dalla **formazione**.
- Lo studio litostratigrafico inizia in campagna con il rilevamento geologico e si sviluppa in laboratorio: il suo prodotto è rappresentato dalle carte geologiche, dalle sezioni geologiche e dagli schemi stratigrafici. La stratigrafia permette di dare la terza dimensione alle carte

-
- per la definizione delle formazioni sono state istituite delle commissioni internazionali
 - ISSC international subcommission on stratigraphic classification
 - ISST international subcommission on terminology
 - Sono state prodotte: una prima guida Hedberg (1976) e successivamente una seconda: Salvador (1994)
 - Sono state definite le unità litostratigrafiche standard:
 - Strati, Membri, Formazione, Gruppi, Supergruppi
 - Di queste la Formazione è l'unità fondamentale e rappresenta il mattone portante della classificazione stratigrafica
 - In uno studio stratigrafico si individuano prima le formazioni e poi le si suddividono in membri e le si raggruppa in Gruppi e Supergruppi.

DENOMINAZIONI delle unità litostratigrafiche:

Idealmente il nome di una formazione è costituito da tre componenti:

- Nome della località tipo di affioramento
 - Nome della litologia
 - Termine gerarchico

- Quando si deve istituire una formazione o eseguire la revisione di una formazione:
 - 1) si passano in rassegna le conoscenze di letteratura,
 - 2) si descrivono i caratteri litologici a scala regionale
 - 3) si descrive la sezione tipo e si confronta con tutte le altre sezioni presenti in letteratura;
 - 4) si descrivono i limiti con le formazioni adiacenti
 - 5) si effettuano le suddivisioni di rango inferiore nell'ambito della formazione
 - 6) si definisce lo spessore e la distribuzione areale
 - 7) l'età

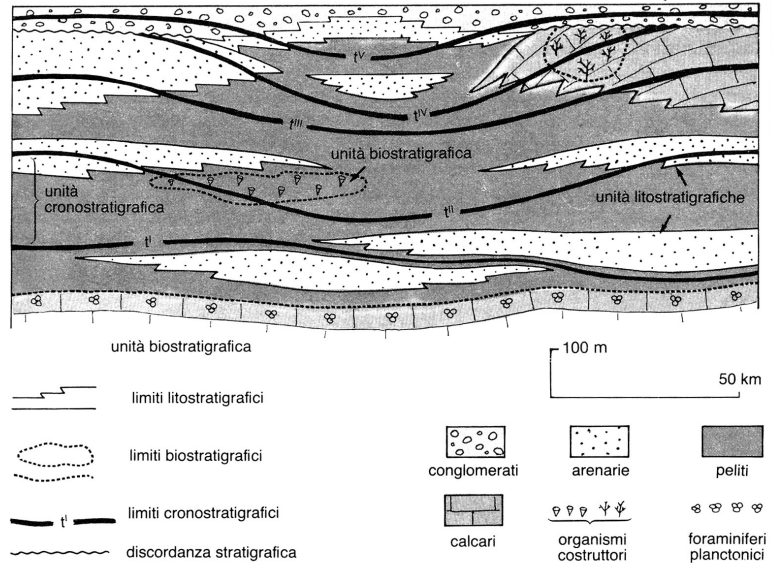
- I FOSSILI NELLA LITOSTRATIGRAFIA
- In linea generale i fossili non hanno un ruolo primario nella definizione della formazione; ma se sono abbondanti e caratterizzano fortemente un'unità litologica essi assumono una certa importanza.
- Generalmente i fossili si distribuiscono lungo superfici orizzontali e vanno a costituire i cosiddetti strato guida che sono molto importanti nelle correlazioni tra affioramenti distanti tra di loro.
 - I *marker beds* non sono esclusivi di una formazione ma si sviluppano in orizzontale caratterizzando più formazioni coeve.

UNITA' LITODEMICHE: rocce ignee, metamorfiche o estremamente deformate su cui non si può applicare il principio della sovrapposizione

- Le unità biostratigrafiche si individuano sulla base del contenuto fossilifero

UNITÀ BIOSTRATIGRAFICHE		UNITÀ LITOLOGICHE	
ZONE	MEMBRI	FORMAZIONI	
		FORMAZIONE PRAIRIE DU CHIEN	
Ophileta	Dolomie Oneota		
		ARENARIE JORDAN	
Saukia	Siltiti Lodi		
	Dolomie Black Earth	FORMAZIONE ST. LAWRENCE	
Prosaukia	Arenarie Reno		
Ptychaspis	Arenarie Tomah	FORMAZIONE FRANCONIA	
Conaspis	Arenarie Birkmose		
Elvinia	Arenarie Woodhill		
Aphelaspis	Arenarie Galesville		
Crepicephalus	Arenarie Eau Claire	FORMAZIONE DRESBACH	
Cedaria	Arenarie Mt. Simon		
		GRANITO ST. CLOUD	

- Dallo schema si osserva che le unità biostratigrafiche e litostratigrafiche non coincidono.



UNITÀ CRONOSTRATIGRAFICHE ED UNITÀ GEOCRONOLOGICHE

Un'unità cronostratigrafica è un corpo roccioso che si è formato in un certo intervallo di tempo.

Tale intervallo di tempo costituisce un'unità geocronologica, che non essendo rappresentata da un corpo tangibile, ma da unità di tempo geologico, non può essere considerata una categoria stratigrafica.

Le unità cronostratigrafiche (sistema, serie, piano) rappresentano quindi uno strumento tangibile (corpi rocciosi) per "misurare" la storia della Terra (ovvero suddividerla in Periodi, Epoche, Età, ecc.) e sono assimilabili ad unità di misura standard (come il "metro campione" di Parigi) le unità geocronologiche esprimono il tempo "in se stesso" di queste unità cronostratigrafiche.

Generalmente i rapporti tra unità cronostratigrafiche e geocronologiche vengono visualizzati tramite l'esempio della clessidra: le prime sono rappresentate dalla sabbia che scorre in un determinato intervallo di tempo, mentre le seconde misurano l'intervallo di tempo durante il quale la sabbia scorre. Si può dire che la durata del flusso di sabbia misura un certo intervallo di tempo (un'ora per esempio), ma non si può affermare che la sabbia stessa sia un'ora di tempo.

La scala cronostratigrafica, essendo materializzata da rocce che generalmente presentano lacune, può essere considerata realmente discontinua.

La continuità attiene solo ad unità astratte come quelle geocronologiche. Tuttavia, secondo alcuni, l'identificazione delle unità cronostratigrafiche tramite i loro limiti inferiori e superiori rende immateriale la differenza tra unità cronostratigrafiche ed unità geocronologiche.

Le unità in cui vengono distinti i corpi rocciosi vengono suddivise in termini gerarchici in funzione della loro importanza o durata relativa. La terminologia raccomandata per ciascuna unità definita è rappresentata in tabella.

A. Unità osservabili	
1. Unità litostratigrafiche	2. Unità biostratigrafiche
a. Unità litologiche formali	a. Zona d'associazione
Supergruppo	Subzona
Gruppo	Zonula
Subgruppo	b. Zona d'intervallo
Formazione	Zona d'intervallo locale
Membro, lingua, lente	c. Zona d'intervallo concordante
Strato	
b. Unità litologiche informali	
Sequenza	
Strato (sabbie petrolifere, strati mineralizzati, strati guida)	
Zona a log elettrico, zona radioattiva, zona di velocità	
Zona a minerali pesanti, zona a residuo insolubile	
Unità definita da un marker	
B. Unità deduttive	
1. Unità cronostratigrafiche	Unità cronologiche
.....	Periodo non misurabile
.....	Era
Sistema	Periodo
Serie	Epoca
Piano	Età

Le unità lito- e biostratigrafiche e le unità a limiti in conformi hanno estensione laterale limitata, mentre le unità di polarità magnetostratigrafica, pur avendo significato "globale", richiedono il contributo delle altre unità per il loro riconoscimento e la loro datazione.

Le unità cronostratigrafiche sono quindi state scelte per la comunicazione internazionale tra stratigrafi, per indicare la posizione di un corpo roccioso nella colonna stratigrafica.

A. Unità osservabili

1. *Unità litostratigrafiche*

- a. Unità litologiche formali
 - Supergruppo
 - Gruppo
 - Subgruppo
 - Formazione
 - Membro, lingua, lente
 - Strato

- b. Unità litologiche informali

- Sequenza
- Strato (sabbie petrolifere, strati mineralizzati, strati guida)
- Zona a log elettrico, zona radioattiva, zona di velocità
- Zona a minerali pesanti, zona a residuo insolubile
- Unità definita da un marker

2. *Unità biostratigrafiche*

- a. Zona d'associazione
 - Subzona
 - Zonula
- b. Zona d'intervallo
 - Zona d'intervallo locale
- c. Zona d'intervallo concordante

B. Unità deduttive

1. *Unità cronostatigrafiche*

.....	Unità cronologiche
.....	Periodo non misurabile
.....	Era
Sistema	Periodo
Serie	Epoca
Piano	Età

- La storia della terra in termini di milioni di anni è rappresentata nella **tabella geocronologica**
- Il tempo è stato suddiviso in unità gerarchiche (Eone; Era, Periodi, Epoche, Età); inoltre ogni unità geocronologica si divide in *early, middle, late*
- Nella stessa tabella sono suddivise le unità cronostatigrafiche, volumi di rocce corrispondenti, alle diverse unità geocronologiche (Sistema, Serie, Piano) si suddividono in *lower, middle and upper*.

INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES
1989 GLOBAL STRATIGRAPHIC CHART
with geochronometric and magnetostratigraphic calibration

Compiled by J.W.Cowie (University of Bristol, U.K.) and M.G.Bassett (National Museum of Wales, U.K.) Bureau of International Commission on Stratigraphy (ICS-IGUS)

EONOTHEM	ERA	SYSTEM	SERIES	STAGE	GEOCRON. IN MY.	MAGNETO-STRAT.		
PHANEROZOIC	PERMIAN	UPPER	TATARIAN	CHANDLINGHIAN	255	NORMALLY REVERSE		
			KAZANIAN	260				
		YUKONIAN	270					
		ARTINSKIAN	270					
	CARBONIFEROUS	UPPER SUBSYSTEM	WASSILIAN	ASSILIAN	280	MAGNETO-STRATIGRAPHICALLY UNRESOLVED		
				KANBERIAN	280			
			KAZANIAN	YUKONIAN	290			
				YUKONIAN	290			
			LOWER SUBSYSTEM	MOHAWKIAN	300			
		WASSILIAN		300				
		YUKONIAN		310				
		DEVONIAN	UPPER SUBSYSTEM	FRANCONIAN	FRANCONIAN		325	MAGNETO-STRATIGRAPHICALLY UNRESOLVED
					FRANCONIAN		325	
				WASSILIAN	WASSILIAN		330	
WASSILIAN	330							
LOWER SUBSYSTEM	FRANCONIAN			345				
	FRANCONIAN		355					
	FRANCONIAN		375					
SILURIAN	UPPER		FRANCONIAN	375	MAGNETO-STRATIGRAPHICALLY UNRESOLVED			
			FRANCONIAN	375				
	LOWER		FRANCONIAN	390				
		FRANCONIAN	410					
		FRANCONIAN	410					
ORDOVICIAN	UPPER	FRANCONIAN	410	MAGNETO-STRATIGRAPHICALLY UNRESOLVED				
		FRANCONIAN	410					
	LOWER	FRANCONIAN	424					
		FRANCONIAN	428					
		FRANCONIAN	438					
CAMBRIAN	UPPER	FRANCONIAN	438	MAGNETO-STRATIGRAPHICALLY UNRESOLVED				
		FRANCONIAN	438					
	LOWER	FRANCONIAN	444					
		FRANCONIAN	454					
		FRANCONIAN	510					
PROTEROZOIC	PALEOZOIC	UPPER	FRANCONIAN	510	MAGNETO-STRATIGRAPHICALLY UNRESOLVED			
			FRANCONIAN	510				
		LOWER	FRANCONIAN	523				
			FRANCONIAN	530				
			FRANCONIAN	550				
	MESOZOIC	UPPER	FRANCONIAN	550		MAGNETO-STRATIGRAPHICALLY UNRESOLVED		
			FRANCONIAN	550				
		LOWER	FRANCONIAN	570				
			FRANCONIAN	570				
			FRANCONIAN	570				

Supplement to *Geologica* 17 (3), June 1989

TABLE 18.3 The internationally accepted geologic systems and their type localities

System name	Type locality	Named or proposed by	Date proposed	Remarks
Cambrian	Western Wales	Adam Sedgwick	1835	Defined mainly on lithology
Ordovician	Western Wales	Charles Lapworth	1879	Set up as an intermediate unit between the Cambrian and Silurian to resolve boundary dispute; boundary defined by fossils
Silurian	Western Wales	Roderick I. Murchison	1835	Defined by lithology and fossils
Devonian	Devonshire, southern England	Roderick I. Murchison and Adam Sedgwick	1840	Boundaries based mainly on fossils
Carboniferous	Central England	William Conybeare and William Phillips	1822	Named for lithologically distinctive coal-bearing strata, but recognizable by distinctive fossils
Mississippian	Mississippi Valley, U.S.A.	Alexander Winchell	1870	The Mississippian and Pennsylvanian are subdivisions of the Carboniferous; not used outside the United States
Pennsylvanian	Pennsylvania, U.S.A.	Henry S. Williams	1891	
Permian	Province of Perm, Russia	Roderick I. Murchison	1841	Identified by distinctive fossils
Triassic	Southern Germany	Fredrick von Alberti	1843	Defined lithologically on the basis of a distinctive threefold division of strata; also defined by fossils
Jurassic	Jura Mountains, northern Switzerland	Alexander von Humboldt	1795	Defined originally on the basis of lithology
Cretaceous	Paris Basin	Omalius d'Halloy	1882	Defined initially on the basis of strata composed of distinctive chalk beds
Tertiary	Italy	Giovanni Arduino	1760	Originally defined by lithology; redefined with type section in France on the basis of distinctive fossils
Quaternary	France	Jules Desnoyers	1829	Defined by lithology, including some unconsolidated sediment

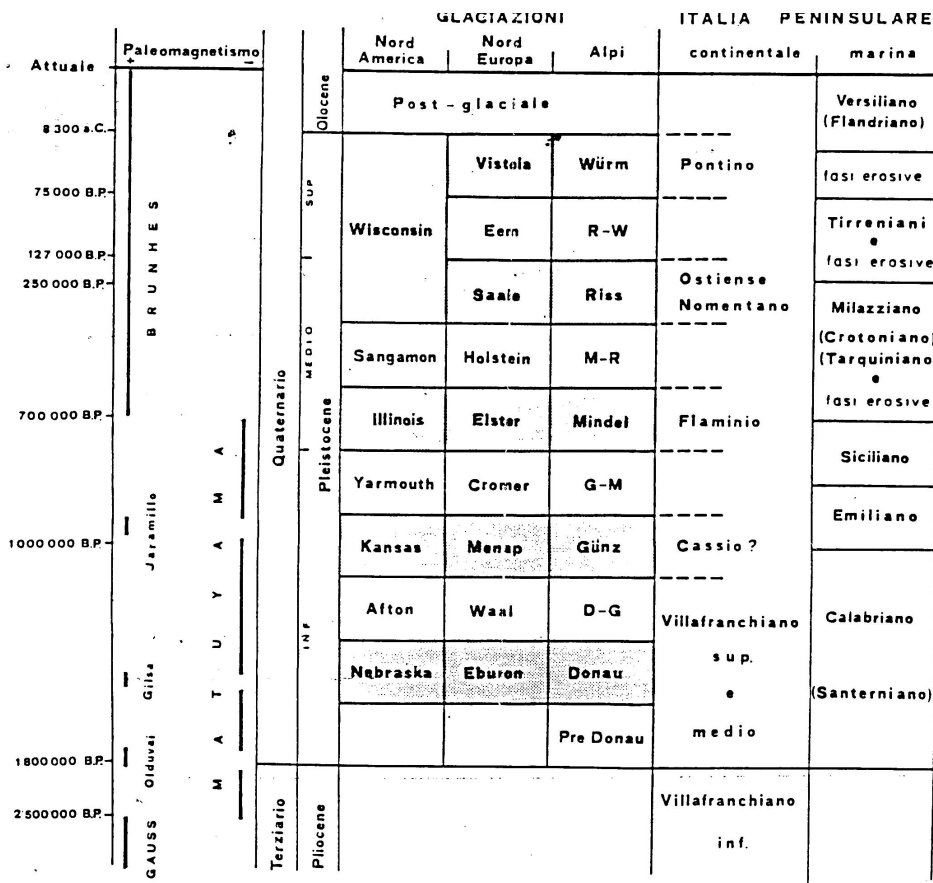


Fig. 1 - Schema cronologico del Quaternario.

Suddivisione del Quaternario, ormai in parte superata; alcuni termini però sono ancora utilizzati ed è utile sapere la loro collocazione stratigrafica

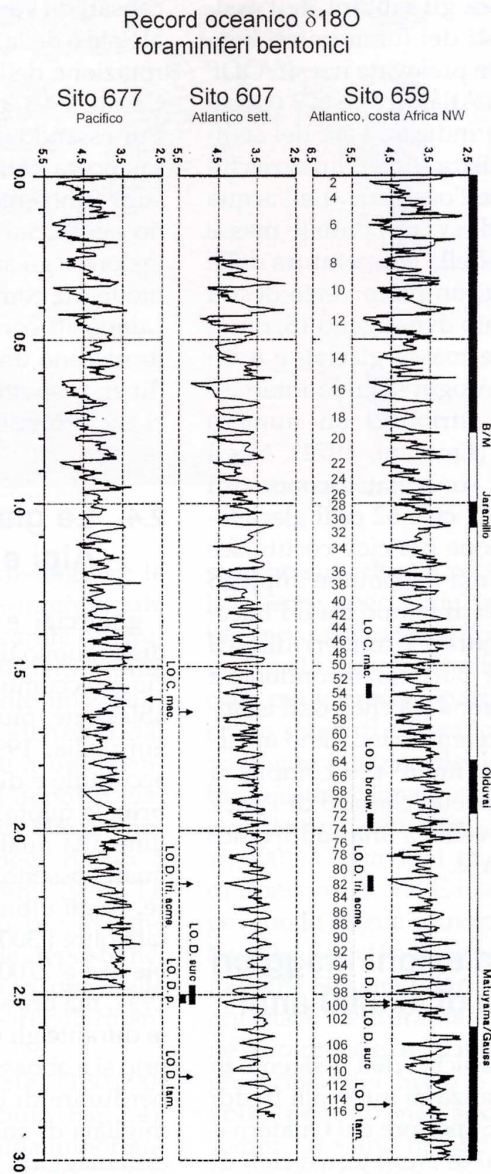
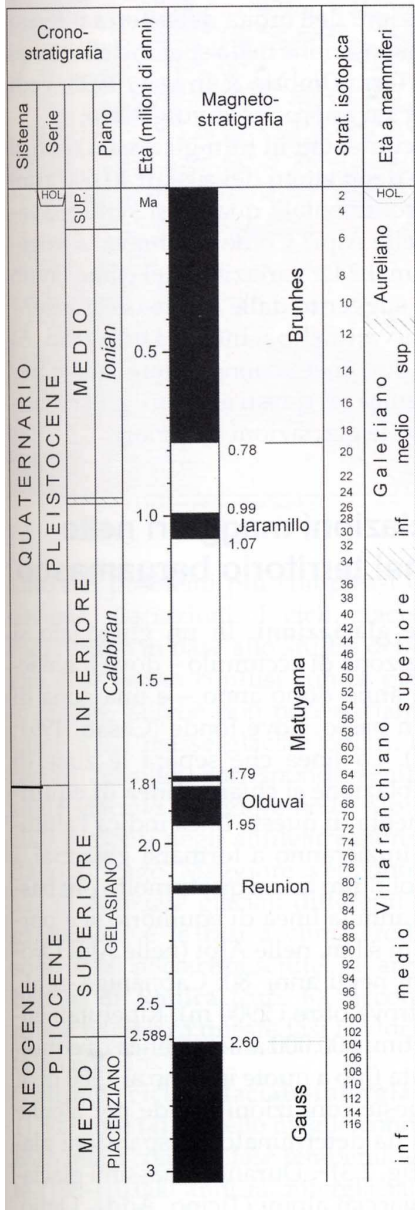
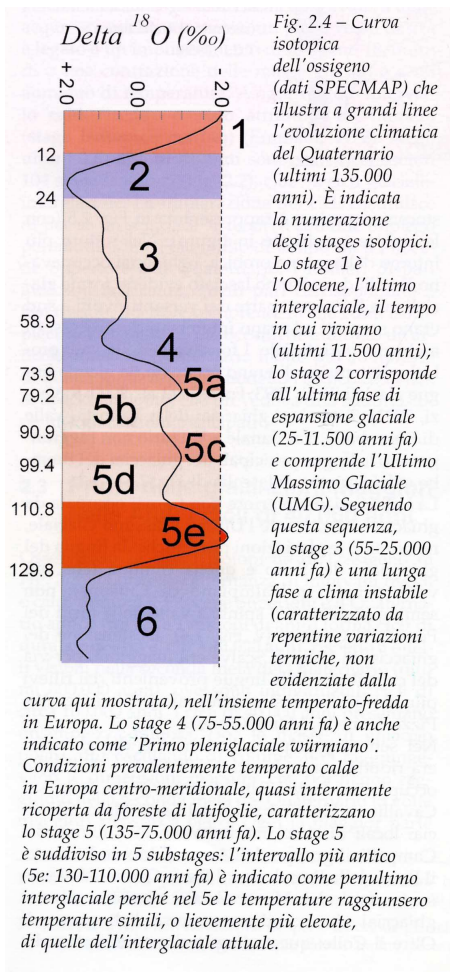


Fig. 2.2 – Schema stratigrafico degli ultimi 3 milioni di anni. Nella tabella a sinistra sono riportate le suddivisioni cronostatigrafiche ufficiali, la scala magnetostratigrafica (in nero gli intervalli a polarità normale; bianchi quelli a polarità inversa), la numerazione degli stages isotopici e le età dei limiti secondo recenti aggiornamenti (Hilgen et al., 1993; Tiedemann et al., 1994). Il tratteggio obliquo che separa le età a mammiferi indica che i limiti tra Villafranchiano, Galeriano e Aureliano non sono bene definiti. A destra sono indicate le curve isotopiche dell'ossigeno provenienti da tre perforazioni rispettivamente nel Pacifico e nell'Atlantico (curve isotopiche da Tiedemann et al., 1994).



•Oxygen isotopes - (n.)

Among the most commonly studied stable isotopes in climate research are those of oxygen, especially the ratio between oxygen-16 (the common atom) and oxygen-18 (the rarer form). Water containing oxygen-18 (or deuterium) enters the vapor phase less readily than normal water with an oxygen-16 atom and two hydrogen atoms. Also, the water with a heavier isotope condenses more easily from vapor during precipitation as rain or snow. Thus, the distribution of these isotopes in natural waters (including the ocean) reflects evaporation and precipitation processes (and, in the oceans, the motion and mixing of different water masses). The precipitation history of a parcel of air with its associated vapor is largely controlled by temperature changes. Thus, the ratio between heavy and light isotopes of hydrogen and of oxygen in polar ice can be used to reconstruct the temperature of the precipitation of snow on a given glacier. In the reconstruction of ice age cycles, the content of oxygen-18 within the shells of foraminifers (small one-celled organisms) has proved crucial. The ratio of ^{18}O to ^{16}O (expressed as the deviation δ from the ratio in a standard: $\delta^{18}\text{O} = [\text{sample ratio}]/[\text{standard ratio}] - 1$) changes in marine carbonate shells as a function of both the temperature of the water in which the shells (made of CaCO_3) are precipitated, and the amount of water that has been extracted from the ocean and locked up in polar ice. The polar ice is enriched in oxygen-16 relative to the ocean, and thus the ocean is enriched in oxygen-18 whenever ice shields are large. Maximum polar ice buildup during the last several hundred thousand years changes the ocean's delta value by about 1.2 ‰ (or 0.12 percent), corresponding to a change of 0.1 ‰ for each 10 m of sea level change. The portion of a change in isotope ratio that is due to temperature change follows the rule that 0.2 ‰ of change in the delta value corresponds to a change in temperature of 1°C. (‰ is the symbol for permil, in contrast to %, the symbol for percent.)