

STRATI E STRATIFICAZIONE

Concetto di strato

Definizione Fisica:

uno STRATO rappresenta un corpo costituito da un accumulo di sedimenti, fisicamente delimitato alla base (letto) ed al tetto da superfici di discontinuità, dette superfici (o giunti) di strato.

Definizione Genetica:

uno STRATO rappresenta la registrazione di un evento di accumulo sedimentario, prodotta da un determinato processo. Può anche essere considerato come l'ultimo stadio del processo di erosione, trasporto e sedimentazione.

....e di stratificazione

.. “suddivisione di un corpo roccioso in letti che costituiscono gli strati (quindi gli strati sono il prodotto della stratificazione). La stratificazione sta anche ad indicare il processo attraverso il quale questa suddivisione viene acquisita durante la sedimentazione” (Bosellini, Mutti, R.Lucchi)

Le **superfici (o giunti) di stratificazione** sono il risultato di una NON deposizione o di cambiamenti improvvisi nelle condizioni di deposizione: in entrambi i casi vi può essere erosione. Una superficie di stratificazione così formata corrisponde alla superficie deposizionale sulla quale si accumula lo strato successivo. Le superfici di stratificazione naturalmente non hanno spessore ed il sedimento compreso fra due superfici successive è uno strato. Le sup. di strat. erosive sono sempre nette.

Quelle non erosionali sono nette quando la separazione fra 2 strati corrisponde a cambiamenti significativi nella litologia e nella tessitura.

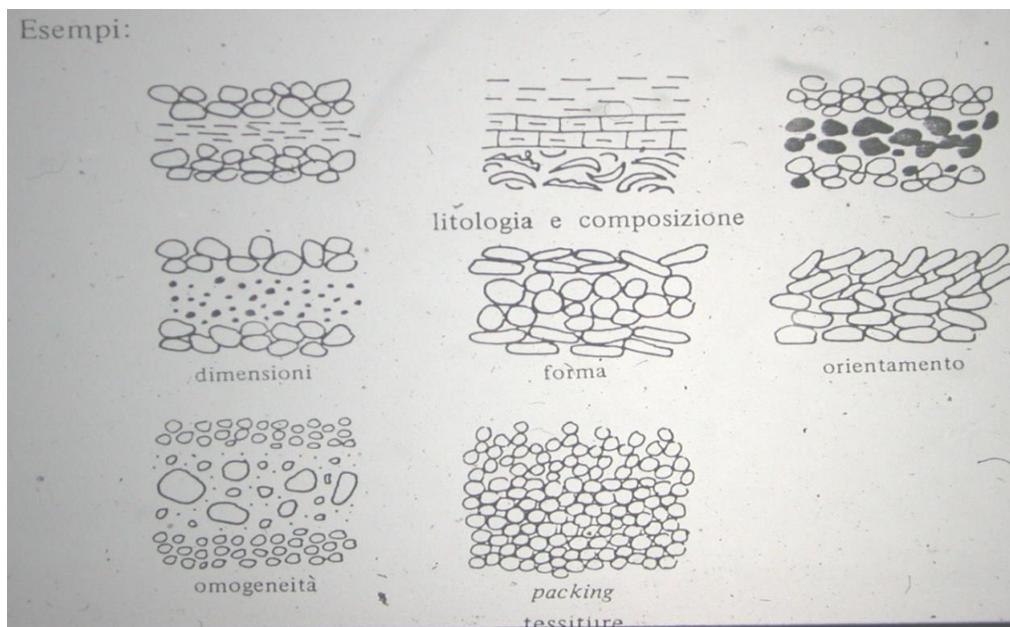
Come si forma una superficie di stratificazione. Le variazioni di:

- 1) Apporti
- 2) Processi
- 3) Meccanismi
- 4) Energia
- 5) Tasso di sedimentazione

Queste condizionano:

- 1) Litologia
- 2) Composizione
- 3) Tessiture

determinando così la formazione di GIUNTI di STRATIFICAZIONE (ogni S.S. è una superficie isocrona!!)



geometria degli strati

Tabulare



Lenticolare



concavo-convessa



piano-concava



piano-convessa



bi-convessa



bi-concava



sigmoidale

Cuneiforme



La **geometria degli strati** è dettata dalla configurazione delle superfici di stratificazione. Nello schema la classificazione delle principali **geometrie delle superfici di stratificazione**

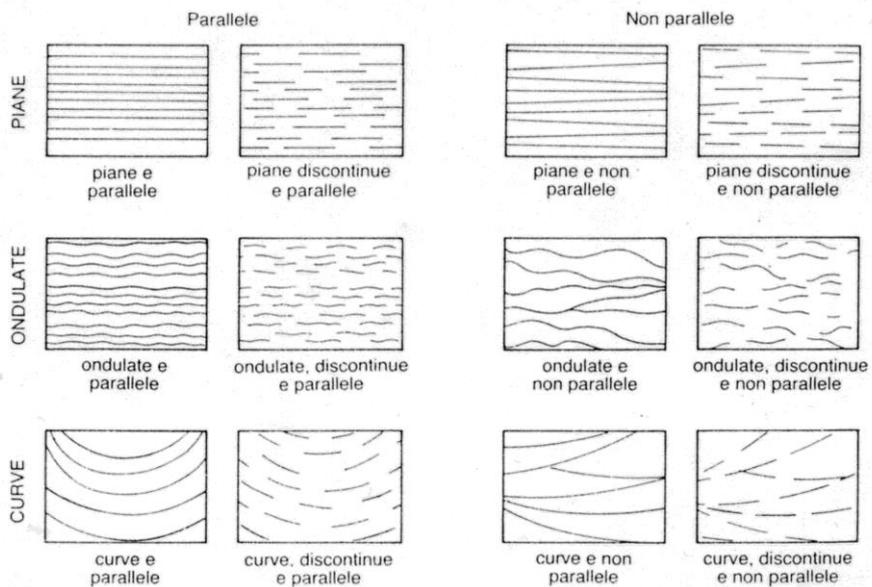


Fig. 13.22 - Classificazione schematica delle principali geometrie delle superfici di stratificazione. La stessa terminologia viene spesso utilizzata per descrivere gli strati che sono definiti da tali superfici. (Da Campbell, 1967.)

Distinzione degli strati su base genetica:

Strati semplici: prodotti da un unico evento.

Strati composti: prodotti da numerosi eventi tra loro sostanzialmente simili ma non separabili fisicamente in maniera oggettiva.

meccanismo genetico : lo strato è il prodotto di un evento sedimentario unico, quindi un unico meccanismo, chiaramente collocabile nel tempo (per es. un evento torbiditico).

Gli strati possono essere SEMPLICI (1 evento) o COMPOSTI (+ eventi amalgamati)

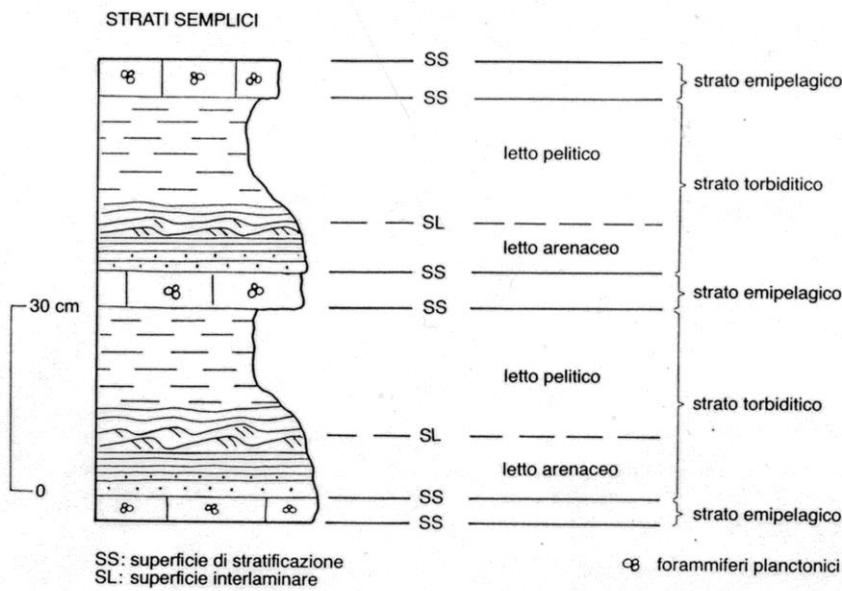
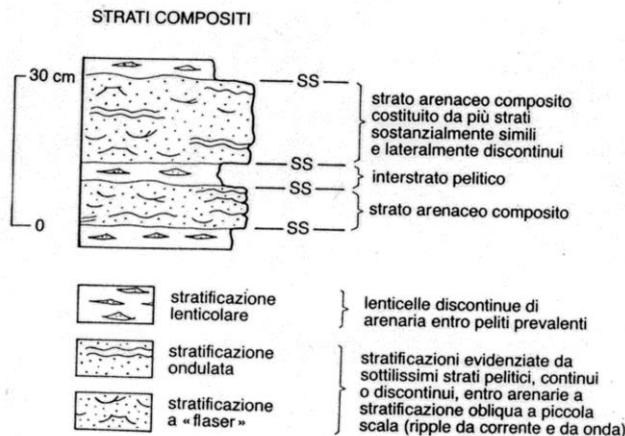


Fig. 13.5 - Esempi di strati semplici rappresentati da torbiditi bacinali alternanti con depositi emipelagici. Si noti la differenza tra strato e letto. Si veda il testo per il significato di questo tipo di strati.



Esempio di strati tidali.

organizzazione interna: internamente, uno strato può essere **OMOGENEO** → sempre monolitologico senza differenziazioni né nella struttura interna, né nella granulometria: questo fatto può essere dovuto sia a cause primarie (deposizione di massa), che secondarie (bioturbazione).

o **DISOMOGENEO** → **DISORGANIZZATO** → caotico: es. colata di detrito, accumulo da slumping
 → **ORGANIZZATO** → es. laminato, gradato

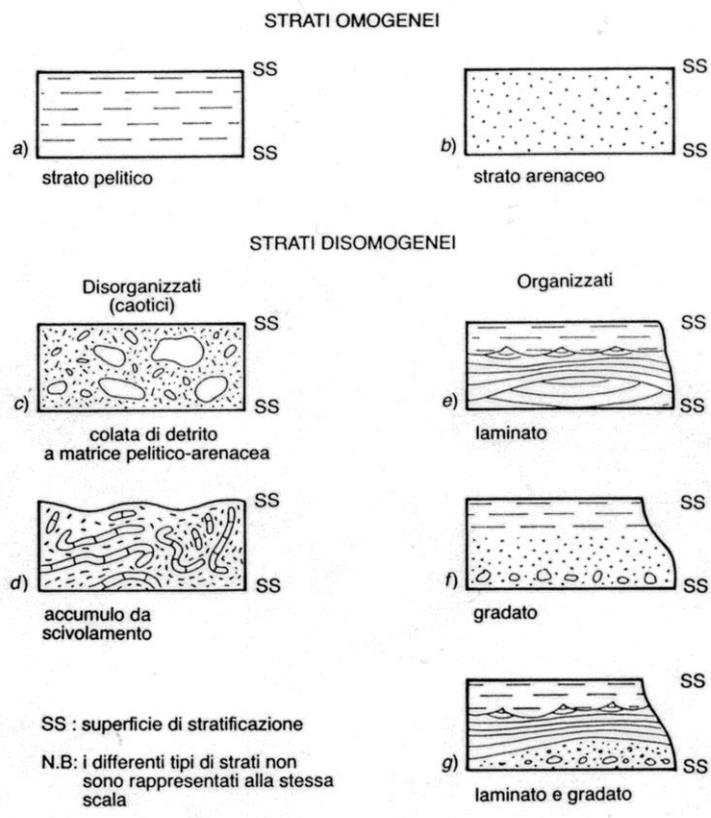
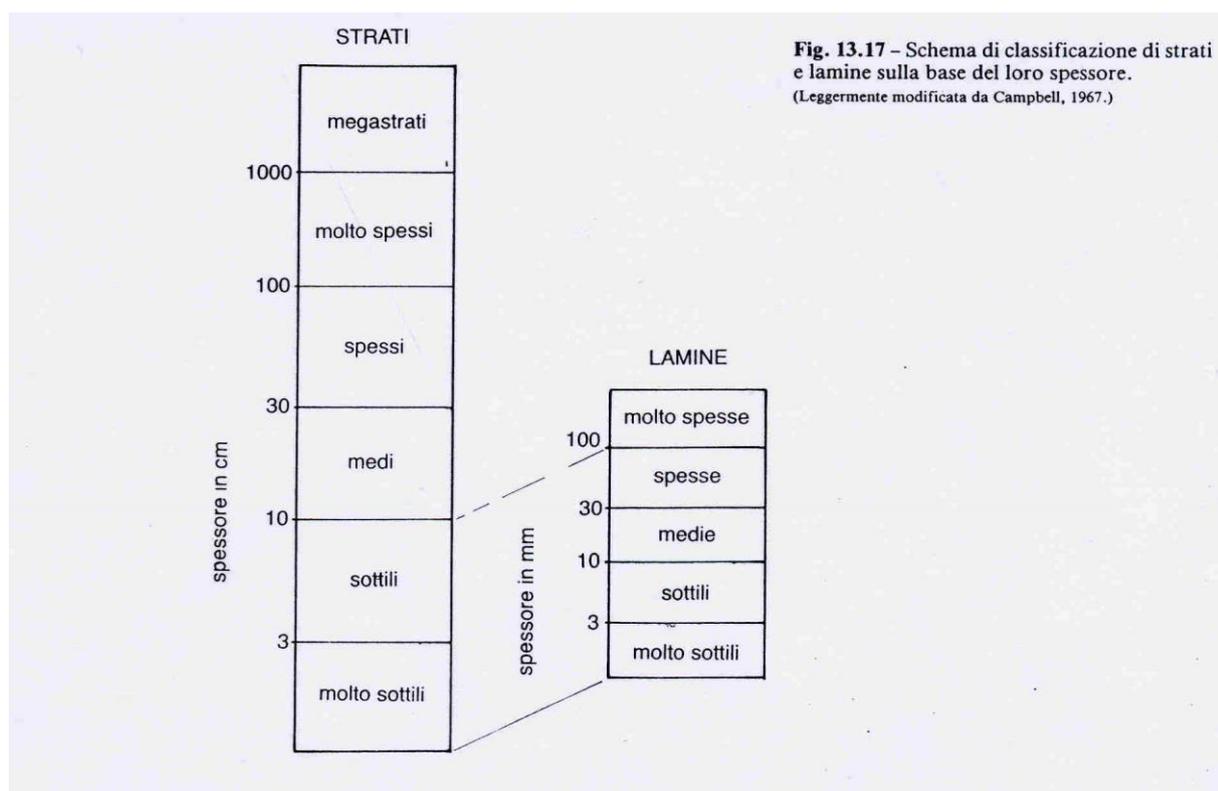


Fig. 13.10 – Strati omogenei e disomogenei. Questi ultimi, a loro volta, possono essere internamente disorganizzati o organizzati. Gli esempi (e) e (g) rappresentano strati da tempesta. Si veda il testo per maggiori dettagli.

Quindi → strato semplice o composto → significato genetico
 → strato omogeneo o disomogeneo → organizzazione interna

PS: la singola lamina non è uno strato, ma un elemento, una suddivisione dello strato.

Spessore di lamine e strati

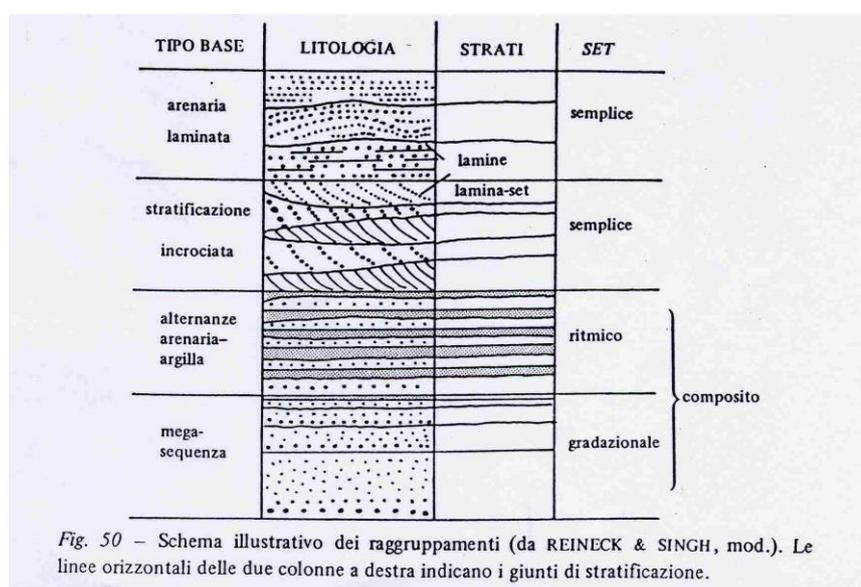


bisogna definire una **gerarchia** in cui lo strato ha un grado gerarchico maggiore delle lamine. Quindi la regola è : **prima definire lo strato, poi le lamine in esso contenute (se ci sono)**.

In pratica sull'affioramento cerchiamo di istituire una gerarchia per cui si definisce per primo lo strato. Fatto questo vediamo cosa c'è di rango inferiore (lamina o forma disorganizzata).

Esistono anche delle “entità” di rango superiore:

GRUPPO DI STRATI o STRATO SET è una definizione di rango superiore allo strato.



SET = gruppo di strati (lamine) concordanti; definisce il **tipo base** della stratificazione (laminazione). Può essere semplice o composto; scala: affioramento. In fig. 50 degli esempi di raggruppamenti.

CORPO SEDIMENTARIO: il riferimento che si prende è lo strato; generalmente però con corpo sedimentario si intende un'unità tridimensionale formata da più strati. Set, ritmi, cicli sono aspetti verticali dei corpi sedimentari. Per comodità, oggetti e geometrie più piccole o uguali allo strato vengono definite strutture sedimentarie.

Lo strato quindi è la più grande delle strutture ed il più piccolo dei corpi.

Quindi **riassumendo**

- 1) **Lamine e gruppi di lamine** sono elementi (unità di sedimentazione) di ordine gerarchico inferiore allo strato, perché contenute entro lo strato, ma non necessariamente definite da uno specifico spessore.
- 2) **Strato semplice**= unico evento; **strato composto**= più eventi amalgamati → p.v. genetico
- 3) **Organizzazione** interna degli strati → strato **omogeneo o massiccio** se è omogeneo dal p.v. litologico; **disomogeneo** se c'è diversità litologica, **disorganizzato** se è caotico; se sono presenti organizzazioni interne si parlerà di **lamine** : non si può più suddividere ulteriormente!
- 4) Strati fra loro simili e costituenti una successione continua formano un'entità gerarchicamente superiore allo strato → **gruppo di strati (strato set)** → gruppo di strati con affinità genetica.

Questi sono concetti base per la CICLOSTRATIGRAFIA.

PS: CICLOSTRATIGRAFIA = metodologia di indagine che ha come finalità la taratura cronologica e la correlazione di successioni sedimentarie, basandosi sul riconoscimento e sul conteggio dei vari ordini di ciclicità in esse contenute (Fisher, 1986).

La successione stratigrafica di tutto il mondo viene tarata attraverso cicli (**CICLO** = insieme di unità (ABC, dove A, B e C sono facies) che si ripetono. Il ciclo è una sequenza ripetitiva).

Quindi il fondamento della **ciclostratigrafia** è il conteggio di cicli a livello globale, cioè si contano le coppie (per es. micriti e marne) e si attribuisce ad ognuna di esse un certo periodo di formazione (per es. 20000 anni ogni coppia : cicli di precessione Milankoviani)

La ciclostratigrafia funziona bene nell'ambiente pelagico (per esempio alternanze – ritmi - di marne e calcari ⇒ carbonato + terrigeno).

Inoltre, **all'interno di uno strato set** si possono avere sequenze di strati i cui spessori diventano più fini verso l'alto (**THINNING UP (SEQUENZA POSITIVA)**) → **FINING** se tendono anche granulometricamente ad essere più fini) (tipica sequenza verticale di riempimenti di un canale per esempio) oppure sequenze di strato che tendono all'ispessimento verso l'alto (**THICKENING UP**

(SEQUENZA NEGATIVA) → COARSENING se anche granulometricamente sono più grossolani verso l'alto).

NOTE:

1: Molto spesso lo spessore di uno strato è in funzione della granulometria.

2 : la gradazione va riferita all'interno di uno strato (per es. la torbidite) e non in un gruppo di strati

3: SEQUENZA, senza prefissi, = variazione verticale dei caratteri entro uno strato: per es. sequenza torbiditica .. essa è composta da vari INTERVALLI. Ogni intervallo è caratterizzato da varie strutture (o dalla loro assenza)

LA STRATIGRAFIA

La Stratigrafia è la disciplina che descrive i corpi rocciosi studiandone le relazioni geometriche e temporali, l'origine, la storia, la composizione litologica e chimica, il contenuto paleontologico e quindi le relazioni con l'evoluzione del clima, della biosfera, delle idrosfera e dell'atmosfera.

Scopo della stratigrafia è quello di ordinare nel tempo e nello spazio i diversi corpi litologici che costituiscono la porzione accessibile della crosta terrestre.

La correlazione stratigrafica rappresenta l'insieme delle procedure e delle metodologie attraverso le quali si dimostra la corrispondenza di una o più unità geologiche di parti geograficamente separate

PRINCIPI BASE DELLA STRATIGRAFIA

1) Principio dell'Attualismo

I processi che si attuano oggi sono la chiave per l'interpretazione dei processi che sono avvenuti nel passato.

2) Principio di Sovrapposizione Stratigrafica

In una successione stratigrafica i livelli più alti sono via via più recenti di quelli più bassi.

3) Principio di Continuità

Ogni singolo corpo sedimentario o strato continuo lateralmente è coevo (ha la stessa età) in ogni suo punto.

4) Principio di Identità Paleontologica

Un insieme di strati caratterizzati dagli stessi fossili ha la stessa età, indipendentemente dalla litologia.

Inoltre, un corpo geologico deformato è indubbiamente più antico dell'evento che lo ha deformato (**Relazione trasversale**)

Le unità stratigrafiche tradizionali e fondamentali sono state discusse e fissate e quindi formalizzate nella International Stratigraphic guide (1976) ed in successivi aggiornamenti della stessa. E' stato deciso che le unità stratigrafiche fondamentali sono riconducibili a tre categorie:

1. **Unità LITOSTRATIGRAFICHE**
2. **Unità BIOSTRATIGRAFICHE**
3. **Unità CRONOSTRATIGRAFICHE**

Unità LITOSTRATIGRAFICHE

Sono unità caratterizzate da omogeneità litologica. Sono indipendenti dal concetto di tempo e sono quelle che in generale si vedono con chiarezza nel paesaggio. L'unità litologica fondamentale è la **FORMAZIONE**. E' quella oggettivamente più semplice da definire: la formazione deve essere cartografabile, quindi deve avere per lo meno 20-30 m di spessore (normalmente 100m).

Le unità gerarchiche sono:

- GRUPPO, FORMAZIONE, MEMBRO, STRATO (lente, lingua, orizzonte)

Unità BIOSTRATIGRAFICHE

Sono unità basate sul contenuto paleontologico degli strati: distribuzione verticale di determinati gruppi di fossili.

- BIOZONA, CENOZONA (ZONA DI ASSOCIAZIONE), ZONA DI DISTRIBUZIONE

La **BIOZONA** è l'unità fondamentale (corpo roccioso i cui limiti sono definiti da criteri paleontologici e non litologici)

Unità CRONOSTRATIGRAFICHE

Sono caratterizzate dal fatto che le rocce che le definiscono si sono depositate in un certo intervallo di tempo. Sono la materializzazione di un certo periodo geologico.

Le unità cronostratigrafiche rappresentano un pacco di sedimenti attribuibili a quel momento (rocce). Il loro equivalente geocronologico è il tempo (o meglio il corrispondente periodo di tempo è l'unità **geocronologica**).

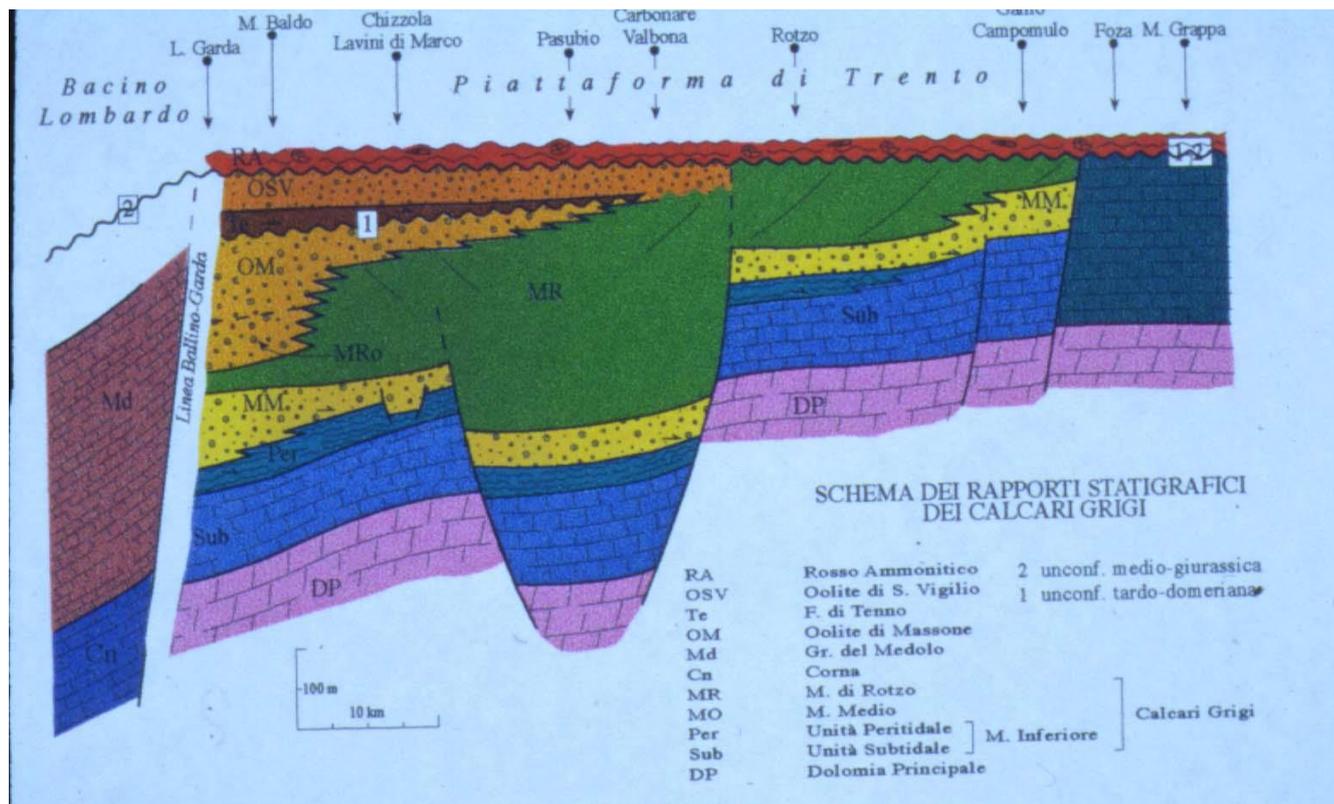
ATTENZIONE: le unità **geocronologiche** non si riferiscono a successioni rocciose ma solo al tempo corrispondente alla loro deposizione.

ROCCIA (unità crono)	TEMPO (unità geocrono)
EONOTEMA	EONE
ERATEMA	ERA
SISTEMA	PERIODO
SERIE	EPOCA
PIANO	ETA'
CRONOZONA	CRONO

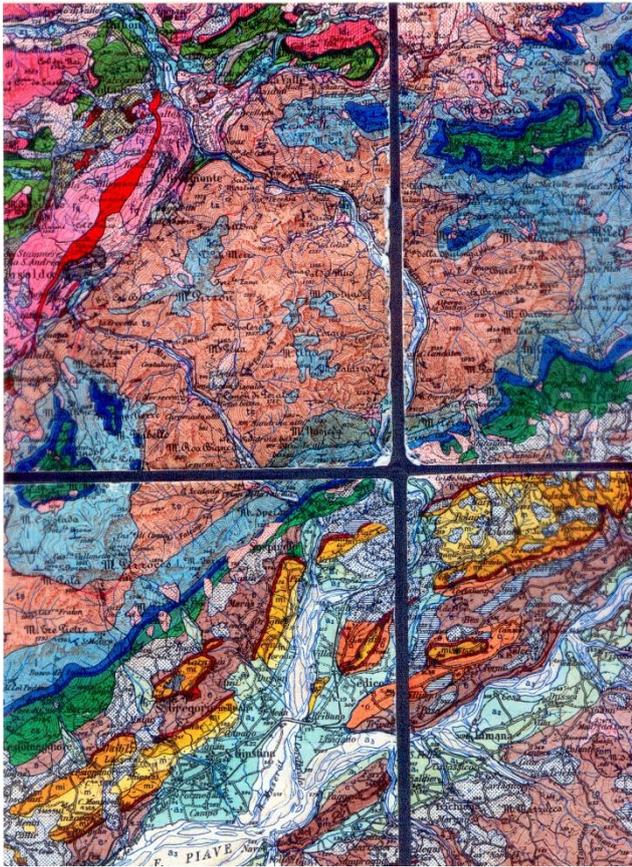
I due concetti vengono abbondantemente confusi!!!!!!!!!!

Attenzione quindi a cosa considero: tempo o spessori sono due cose diverse

SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI



Visualizza le relazioni fra le formazioni. E' il prodotto finale del confronto fra le varie formazioni presenti per evidenziare i rapporti fra le diverse unità stratigrafiche di diverso tipo affioranti in un'area



In planimetria questi rapporti vengono tradotti in **carte geologiche** dove i vari colori indicano diverse formazioni, membri ecc

Per istituire una nuova formazione vengono compilate delle SCHEDE.

Qui a lato un esempio di una parte di una scheda

Le schede vengono spesso arricchite con disegni e schemi (allegati)

ENCINITE DI FANES PICCOLA

A. NOMI: LA FORMAZIONE: Encrinite di Fanes Piccola (cfr. "Commenti")

Sigla: FAS

Formalizzazione: proposta.

Autore/i: MASETTI D. & BOTTONI A. (1978)

Riferimento bibliografico: MASETTI D. & BOTTONI A. (1978) - *L'Encrinite di Fanes incrociamento nella paleogeografia giurassica dell'area dolomitica*. Riv. It. Pal. Str. (1): 169-186, 5 f. fig., 1 tav., Milano (1).

Eventuali revisioni:

Altri lavori: [3], [5], [6].

Unità di rango superiore:

Unità di rango inferiore:

B. CARTA GEOLOGICA NELLA QUALE COMPARE: Carta geologica del Veneto (cfr. "CARTOGRAFIA GEOLOGICA DEL VENETO").

Autore/i della carta: ANTONELLI R., BARBIERI S., DAL PIAZ G.V., DAL PRA A., DE ZANNO G., GRONDESSO P., NALTO P., SEDEA R. & ZANFERRARI A. (1990)

Data di pubblicazione: 1990.

Scala della carta: 1:250.000.

Note illustrative di riferimento: [2].

Monografia allegata alla carta:

SINONIMIE E PRIORITÀ: Calcari grigi di Fanes p.p. [4].

C. SEZIONE-TIPO: Designata: Fanes Piccola.

Sezione-tipo: 12 IV NO, Alpe Fanes.

Coordinate della sezione-tipo:

Latitudine: 45,611°N **Longitudine:** 12,006°E

Sezioni stratigrafiche di supporto: Ra Stua, Lago di Limo, Piz Boè, Piz Sella.

Affioramenti: Altipiani Ampezzani: Fanes, Rifugio Sella, Piz Sella, Ra Stua.

ESTENSIONE DEGLI AFFIORAMENTI: meno di 10 kmq (desunti dall'area complessiva).

Regione: Trentino-Alto Adige, Veneto.

CARATTERI LITOLOGICI DI TERRENO: lenti metriche di calciruditi e calcari litici encrinite e calcitico-encrinitiche di color grigio e biancastro, localmente rossastro (M. Sella), con in maggior parte i frammenti di Crinoidi, subordinatamente i intraclasti e i calcari strati da 30 a 50 cm, spesso a stratificazione incrociata, presentano laminazioni da correnti, sia tidali che a lisca di pesce; oppure in strati di 5-10 cm, stratificazione parallela (Sella). Localmente è presente alla base un livello decimetrico (40 cm) di calcari micrissimi. Al Piz Boè, le encrinite, prive di stratificazione incrociata, sono immerse in matrice micritica a L. mellibranchi pelagici e piccole Ammoniti. Molto spesso l'unità è dolomitizzata. Localmente (Piz Boè, Lago di Limo) l'intera formazione è costituita da un orizzonte

RELAZIONI FRA I DIVERSI TIPI DI UNITA'

ESEMPIO:

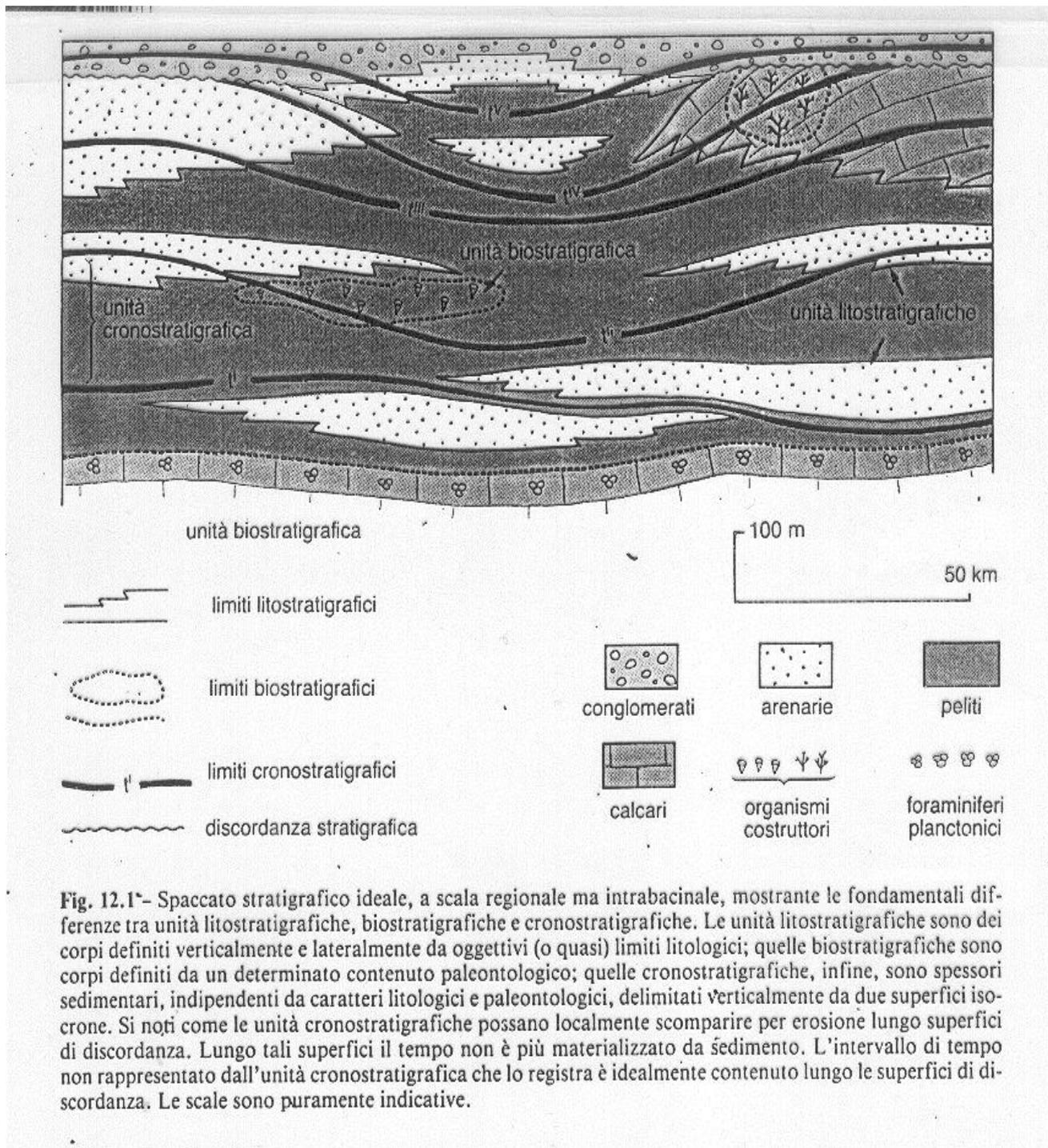


Fig. 12.1- Spaccato stratigrafico ideale, a scala regionale ma intrabacinale, mostrandole fondamentali differenze tra unità litostratigrafiche, biostratigrafiche e cronostratigrafiche. Le unità litostratigrafiche sono dei corpi definiti verticalmente e lateralmente da oggettivi (o quasi) limiti litologici; quelle biostratigrafiche sono corpi definiti da un determinato contenuto paleontologico; quelle cronostratigrafiche, infine, sono spessori sedimentari, indipendenti da caratteri litologici e paleontologici, delimitati verticalmente da due superfici isocrone. Si noti come le unità cronostratigrafiche possano localmente scomparire per erosione lungo superfici di discordanza. Lungo tali superfici il tempo non è più materializzato da sedimento. L'intervallo di tempo non rappresentato dall'unità cronostratigrafica che lo registra è idealmente contenuto lungo le superfici di discordanza. Le scale sono puramente indicative.

PROCEDURE DI CORRELAZIONE STRATIGRAFICA

- Schemi litostratigrafici
- Schemi cronostratigrafici

ESEMPI:

**correlazione
litostratigrafica**

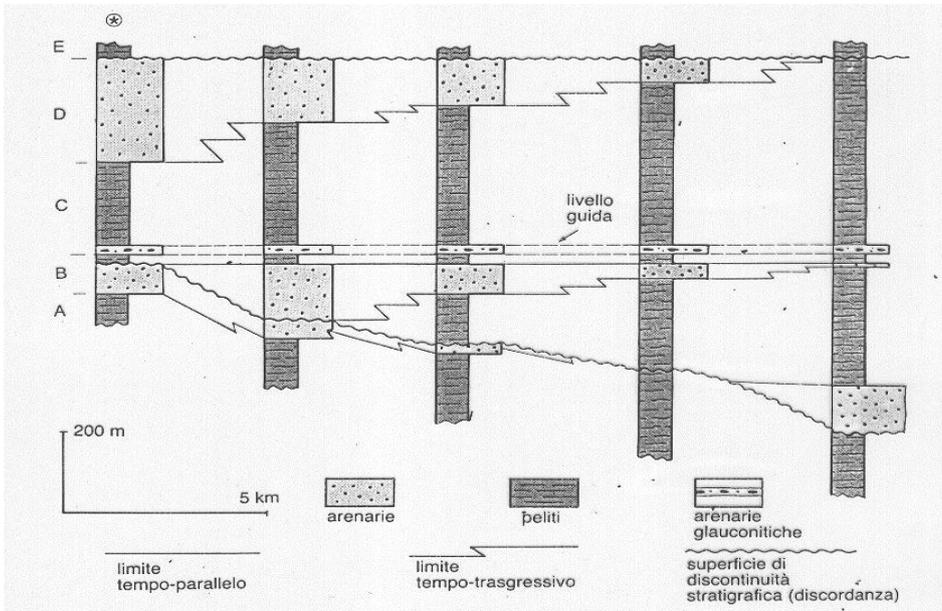
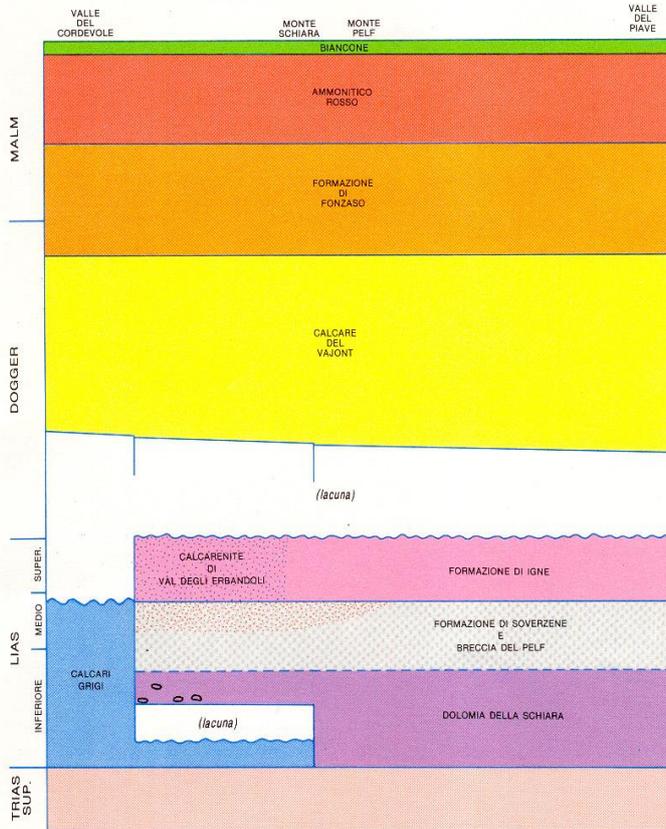


Fig. 12.5 - Sezioni stratigrafiche correlate (comunemente indicate come *stratigraphic cross-section* in lingua inglese). La prima sezione a sinistra, indicata con *, corrisponde alla sezione di fig. 12.4. Le sezioni sono state correlate usando come lito-orizzonte o *datum di riferimento* il limite tra le unità D ed E. Tale *datum* è arbitrariamente orizzontalizzato assumendo che la superficie corrispondente fosse originariamente orizzontale o quasi. Il livello ad arenarie glauconitiche dell'unità C mantiene identici i suoi caratteri in tutte le cinque sezioni correlate. Esso rappresenta un *livello guida*, ossia un lito-orizzonte facilmente riconoscibile e correlabile che permette un sicuro confronto stratigrafico tra sezioni adiacenti. Correlare tra loro più sezioni vuol dire stabilire equivalenze stratigrafiche tra le varie unità litologiche riconosciute. Ad esempio, nella parte alta della successione è evidente come l'unità D sia lateralmente equivalente a parte dell'unità C. Questo tipo di correlazioni è relativamente semplice ed è detto litostratigrafico, ossia riguarda corpi litologici senza tener conto della loro natura e dei loro rapporti deposizionali originari. Un quadro di correlazioni più complesso e significativo può essere ottenuto soltanto utilizzando i criteri delle sequenze e dei sistemi deposizionali discussi nelle pagine successive.

**SCHEMA DEI RAPPORTI CRONOSTRATIGRAFICI
DELLE FORMAZIONI GIURASSICHE**

Schema cronostratigrafico



LIMITI e RAPPORTI stratigrafici rapporti ossia relazioni geometriche-temporali che caratterizzano i limiti verticali e laterali di due unità litologiche a contatto fra loro.

Successioni concordanti e discordanti

Lungo le zone o superfici limite due unità stratigrafiche possono avere rapporti reciproci di concordanza o discordanza.

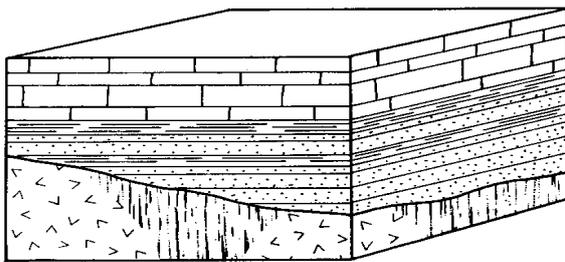
Concordanza: quando gli strati delle due unità sono fra loro paralleli, orizzontali o inclinati che siano.

Discordanza: quando non lo sono, quando formano degli angoli più o meno accentuati.

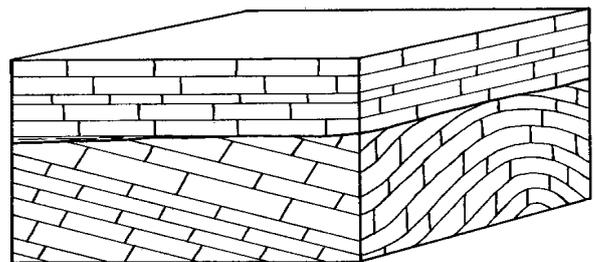
Discordanza (unconformity): è una superficie di separazione tra 2 unità litologiche che rappresenta una interruzione significativa nella sedimentazione e/o erosione; è un termine che indica una discontinuità stratigrafica in generale.

- **Discordanza basale (nonconformity):** in cui la successione sedimentaria indisturbata ricopre il basamento metamorfico cristallino (deformato).
- **Discordanza angolare (angular unconformity):** interruzione nella sedimentazione accompagnata da deformazione tettonica
- **Disconformità (disconformity) :** discontinuità prodotta attraverso una erosione subaerea.
- **Paraconcordanza (paraconformity):** successioni concordanti ma discontinue

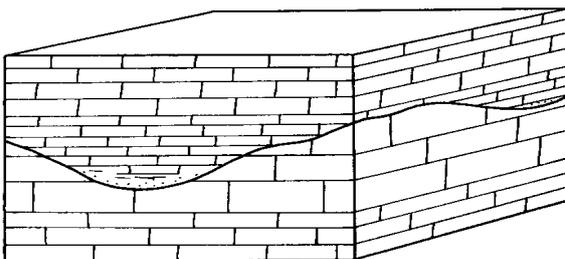
Breaks in the Record



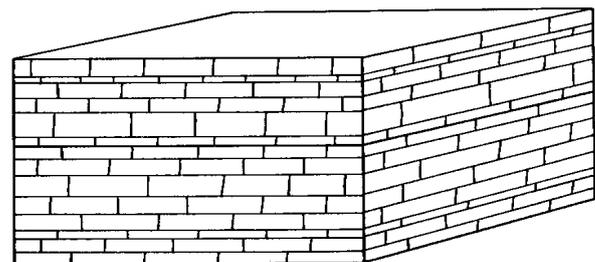
Nonconformity



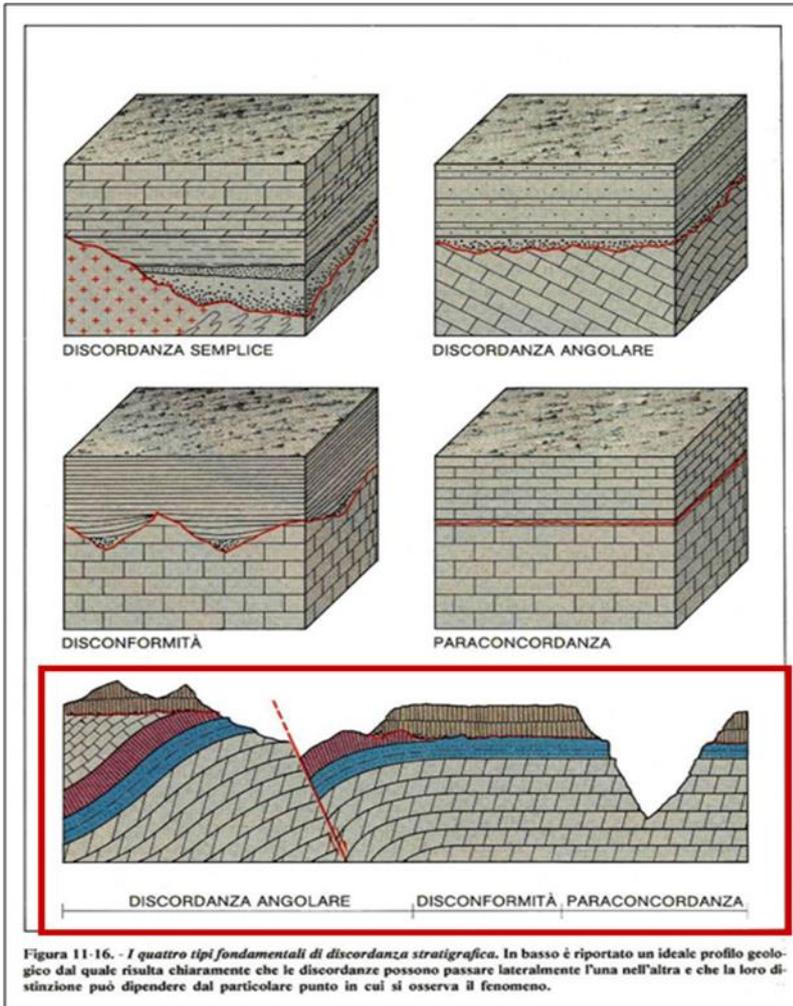
Angular unconformity



Disconformity



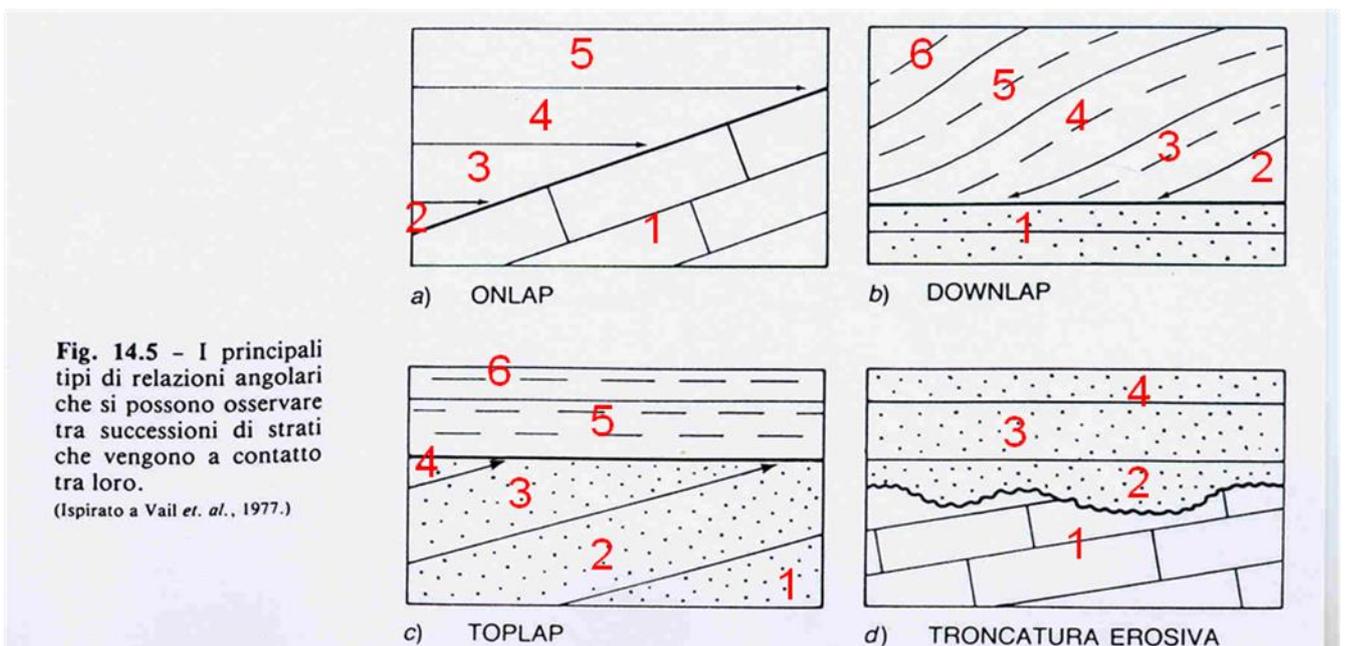
Paraconformity



CONCETTI DI DISCORDANZA E DISCONTINUITA'

In stratigrafia una superficie di discordanza presuppone una effettiva discordanza geometrica ed una discontinuità temporale

DISCORDANZA GEOMETRICA



DISCONTINUITA' TEMPORALE

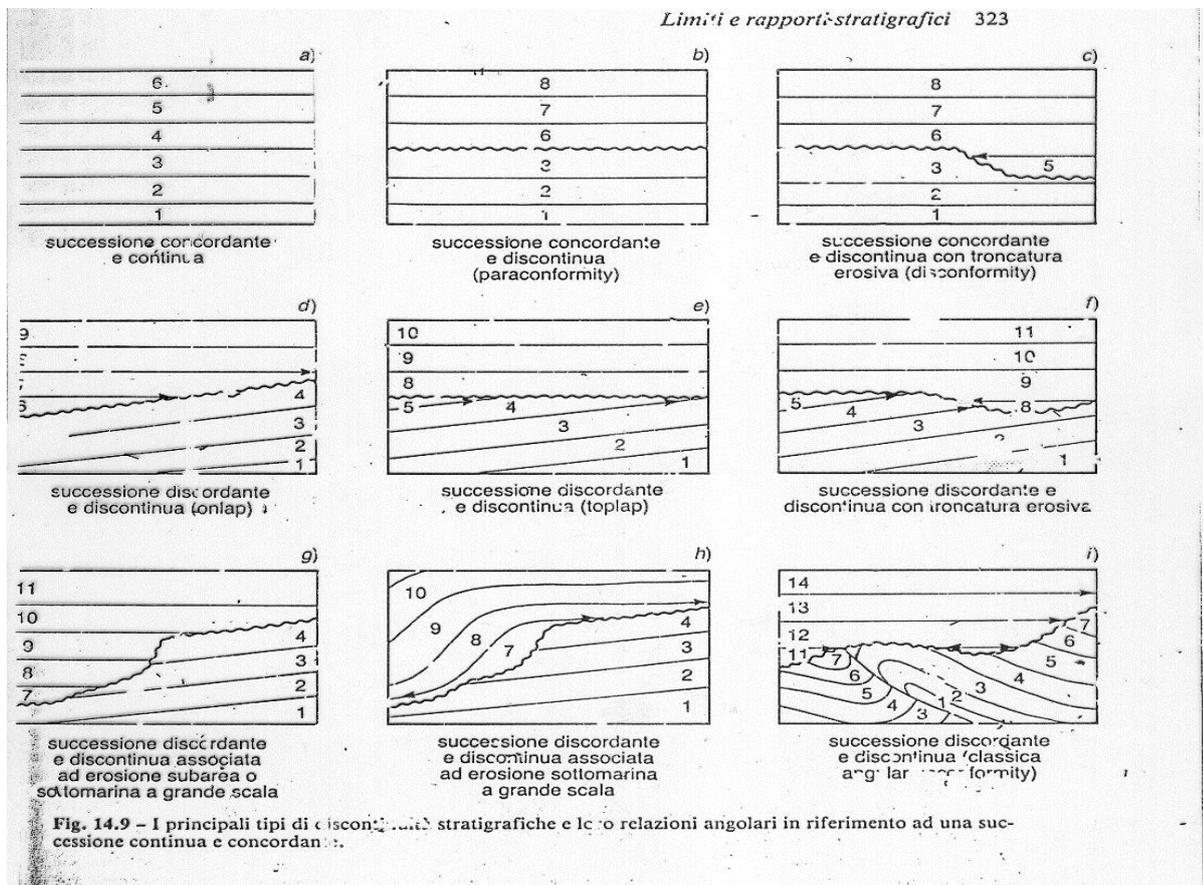
Discontinuità: intervallo di tempo significativo alla scala stratigrafica esprimibile in termini geocronologici e cronostratigrafici.

Lacuna stratigrafica: tempo geologico non rappresentato da sedimento lungo una superficie di discontinuità stratigrafica

Hiatus deposizionale: tempo non materializzato da sedimento per non deposizione.

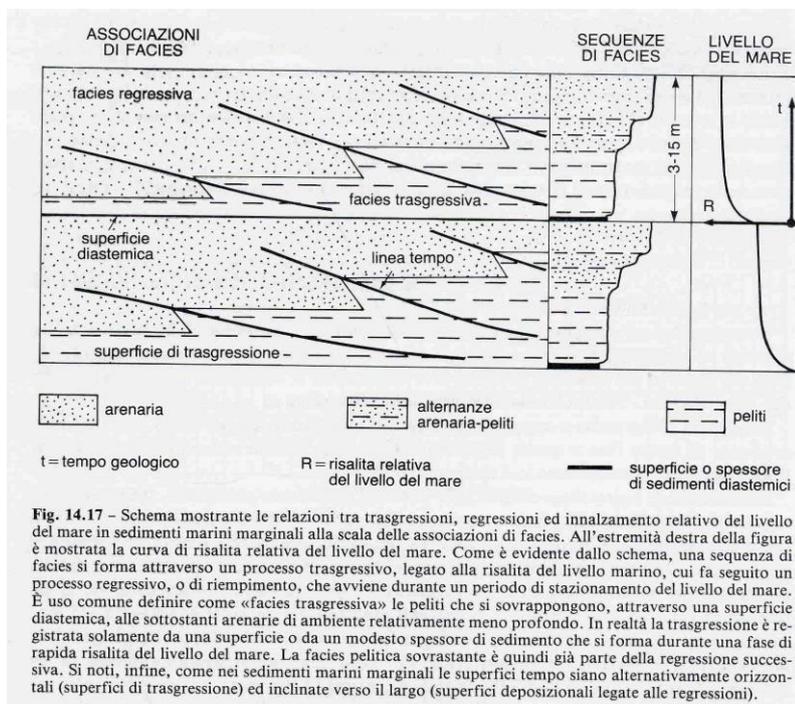
Vacuità erosiva: volume di roccia che, originariamente presente, è stato rimosso dall'erosione.

Diastema: lacuna insignificante corrispondente ad un momentaneo arresto della sedimentazione.



VARIAZIONI DEL LIVELLO DEL MARE

Gran parte delle relazioni geometriche e temporali osservabili fra le varie unità stratigrafiche sono riconducibili a variazioni relative del livello marino. Queste variazioni comportano innalzamenti o abbassamenti relativi delle superfici deposizionali rispetto ad una superficie di riferimento iniziale. Sono i sedimenti delle aree costiere a registrare meglio le variazioni relative del livello del mare. I movimenti orizzontali della linea di costa (sedimenti marini marginali) rispetto alla precedente situazione di riferimento prendono il nome di **trasgressioni** e **regressioni**.



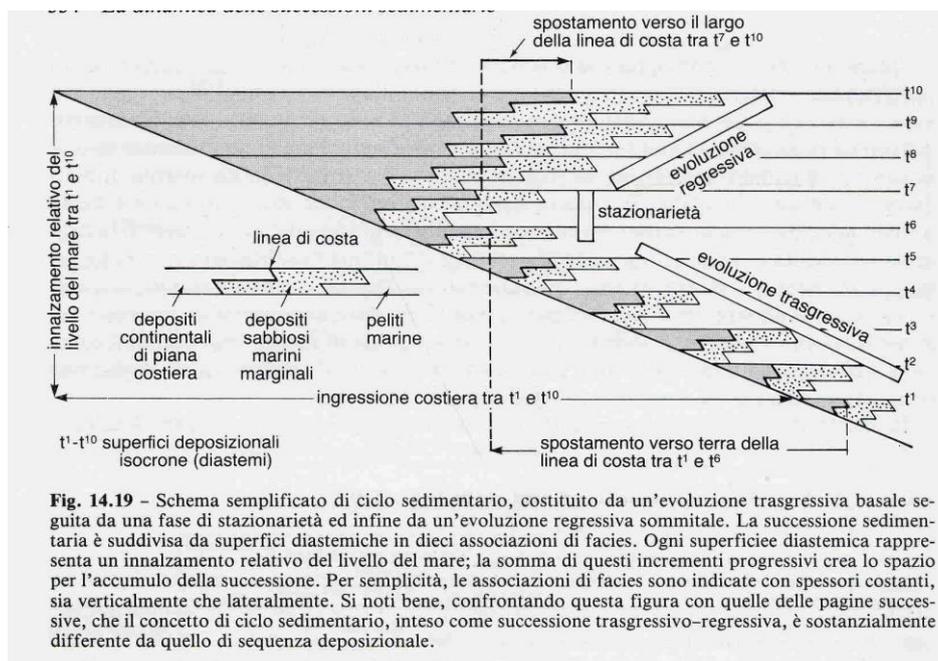
In verticale, le evoluzioni/tendenze trasgressive vengono rappresentate da associazioni di facies che esprimono un graduale approfondimento del bacino (peliti) rispetto alle condizioni iniziali (arenaria). Il contrario avviene per le evoluzioni/tendenze regressivo. Nel caso di una tendenza trasgressiva, un sistema costiero è sostituito da un sistema di piattaforma, nel caso opposto (tendenza regressiva) da un sistema alluvionale.

Le cause non sono solamente le oscillazioni del livello del mare, ma anche la mobilità verticale

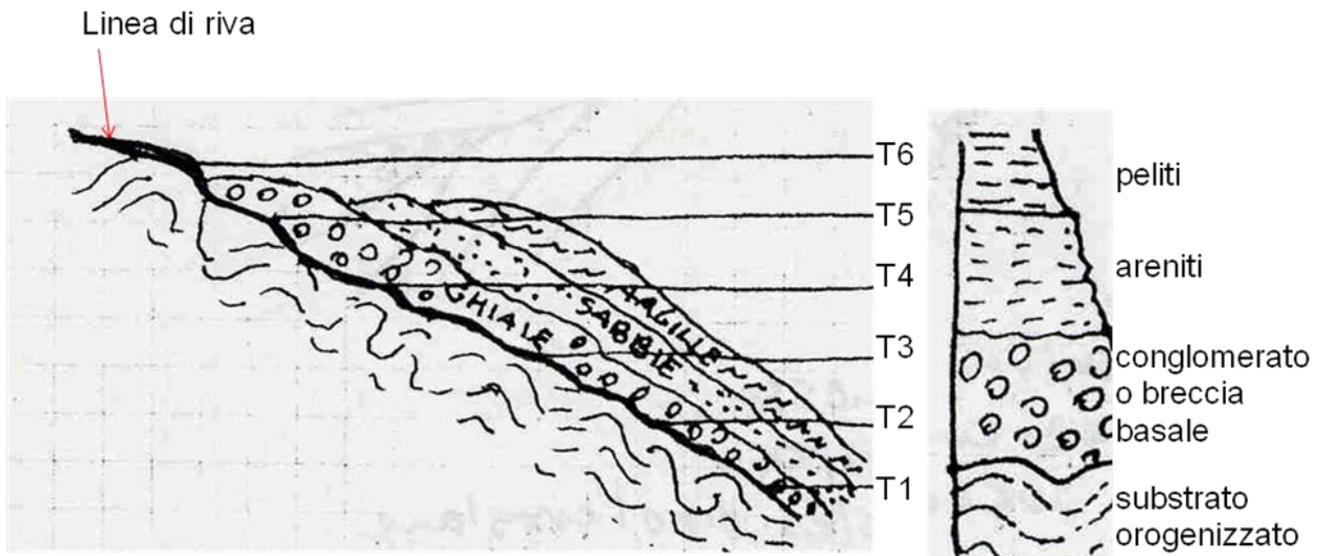
(tettonica) della costa (subsidenza e sollevamento), tipo e quantità di apporto sedimentario fluviale, intensità di dispersione e selezione dei processi marini lungo i litorali ecc

Ciclo sedimentario è una successione stratigrafica costituita da sedimenti ad evoluzione trasgressiva alla base e regressiva al tetto (in pratica complesso di strati compresi tra due regressioni, o due trasgressioni, successive)

Subsidenza = abbassamento della superficie del bacino di sedimentazione. È un processo MOLTO importante in quanto crea continuamente spazio per l'accumulo di nuovi sedimenti



Sequenza trasgressiva



VARIAZIONI EUSTATICHE DEL LIVELLO MARINO

Le fluttuazioni globali del livello marino furono chiamate EUSTATICHE dal geologo austriaco Suess (1906). La velocità con cui si attuano tali fluttuazioni si riflette sia sulla dinamica della sedimentazione che sulle risultanti successioni stratigrafiche

Le variazioni eustatiche sono causate essenzialmente da:

- variazioni del volume totale dell'acqua marina;
- variazioni geometriche (capacità volumetrica) dei bacini oceanici.

Diverse sono le cause invocate per giustificare le variazioni globali del livello marino, ma soltanto 4 fra esse sembrano produrre effetti geologici apprezzabili. In particolare

Variazioni di volume totale dell'acqua di mare

Le fluttuazioni di volume totale delle acque oceaniche sono principalmente dovute a:

- a) variazioni di volume del ghiaccio continentale (**glacioeustatismo**) (**cambiamenti climatici**);
- b) essiccamento di mari interni (per es l'essiccamento del Mediterraneo nel Messiniano – Miocene sup)

Variazioni di capacità volumetrica dei bacini oceanici

Può essere controllata da:

- a) variazioni di volume delle dorsali oceaniche (**eustatismo tettonico**);
- b) accumulo sedimentario negli oceani (erosione dei continenti??? Attenzione però all'annullamento dell'effetto a causa dell'isostasia – *isostasia= un fenomeno di equilibrio gravitazionale che si verifica quando lo spessore delle rocce della crosta aumenta. Questo comporta un aumento di peso e quindi le rocce sprofondano nell'astenosfera.*)

CAUSE	ENTITÀ DELLA VARIAZIONE	TASSO	
1 Variazioni di volume dei ghiacci terrestri	150 m	1 cm/anno	(veloce)
2 Variazioni di volume delle dorsali oceaniche	300–500 m	1 cm/1000 anni	(lenta)
3 Accumuli sedimentari	?	1 cm/1000 anni	(lenta)
4 Essiccamento di bacini oceanici isolati o di mari mediterranei	15 m	1 cm/anno	(veloce)

Vail et al nel 1977 proposero una curva delle oscillazioni relative del livello del mare su scala globale. A tale curva viene annessa una vera scala stratigrafica dei cicli eustatici globali, legata alla scala cronostratigrafica.

