

Università di Trieste
Corso di Laurea Geologia
A.A. 2022/23

Paleontologia
con elementi di micropaleontologia
Prof. Carlo Corradini

PRINCIPI DI STRATIGRAFIA

STRATIGRAFIA

La **stratigrafia** (dal latino **stratum** e dal greco **γραφία**) 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.

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

Per ricostruire le successioni stratigrafiche della Terra e le loro relazioni temporali, la stratigrafia si avvale della documentazione stratigrafica, cioè di tutti i segnali registrati nelle rocce, relativi alle proprietà paleontologiche, sedimentologiche e litologiche, geofisiche e geochimiche degli strati rocciosi.

CORRELAZIONE STRATIGRAFICA

Il materiale di base della stratigrafia è rappresentato dalle successioni di rocce esposte in superficie (quindi direttamente accessibili) o perforate da sondaggi.

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

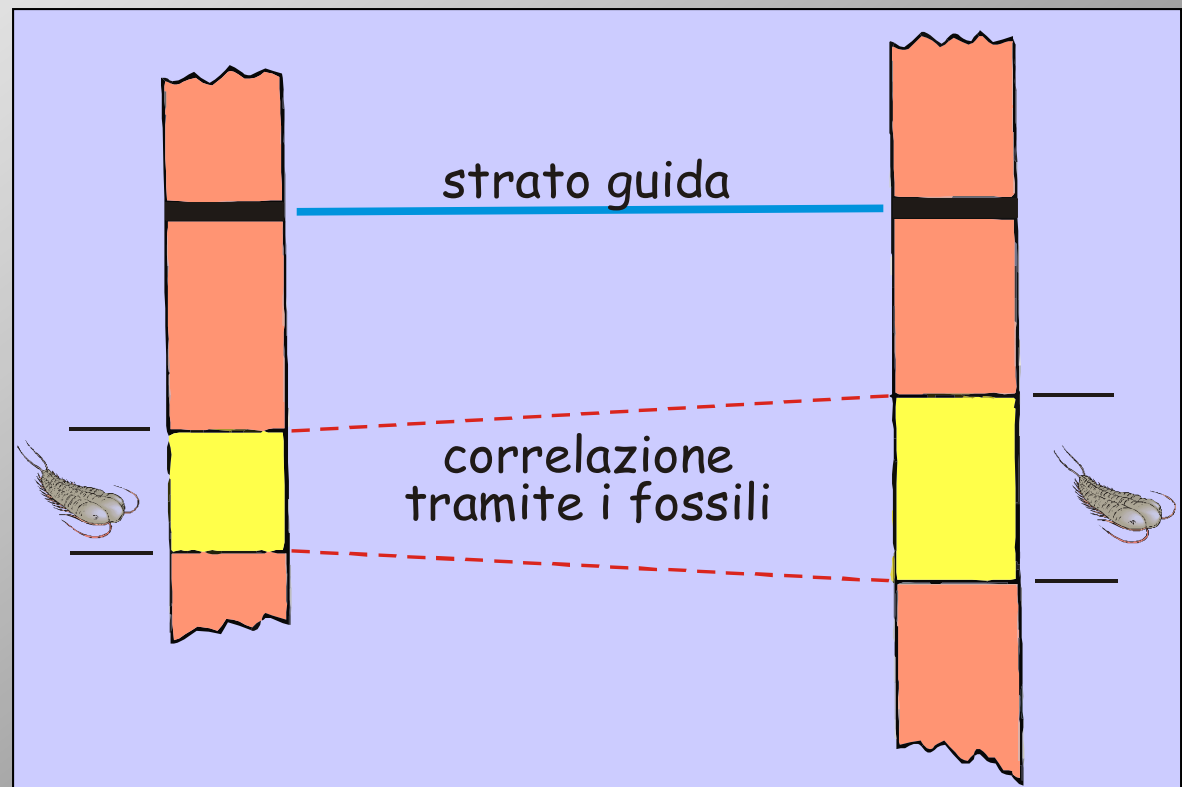
CORRELAZIONE STRATIGRAFICA

Esistono vari tipi di **correlazione stratigrafica**, secondo le proprietà e le caratteristiche che vengono esaminate (caratteri litologici, contenuto fossilifero, paleomagnetismo, ecc.).

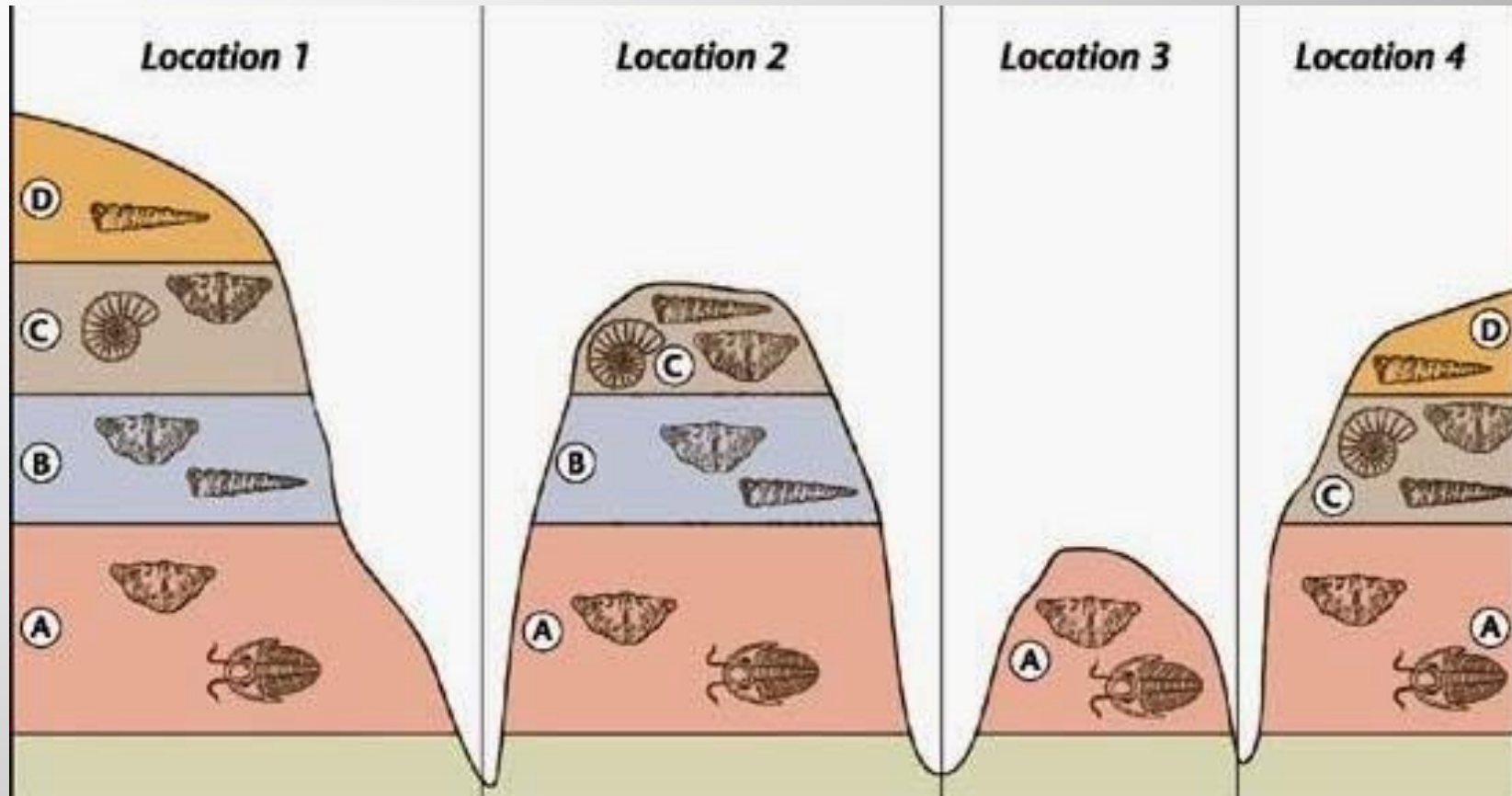
I diversi tipi di correlazione stratigrafica sono il mezzo con cui si tenta di approssimare la **cronocorrelazione**, cioè le relazioni temporali delle successioni sedimentarie.

I segnali ideali utilizzabili per le correlazioni sono fondati su caratteri e proprietà degli strati che variano nel tempo in modo quanto più possibile sincrono, continuo e irreversibile.

Per la natura stessa dell'evoluzione biologica, le faune fossili, caratterizzate dal succedersi nel tempo di gruppi e specie diverse e irripetibili, forniscono il "segnale" più prossimo a questo ideale.



CORRELAZIONE STRATIGRAFICA



CLASSIFICAZIONE STRATIGRAFICA

E' una delle strutture portanti della procedura formale che regola lo studio delle successioni stratigrafiche.

E' basata sulle diverse categorie di proprietà delle rocce (litologia, contenuto fossilifero, paleomagnetismo, ...).

Le unità stratigrafiche fondamentali sono regolamentate da codici internazionali, quali l'International Stratigraphic Code (2° ed. 1994).

Le principali categorie sono:

UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE	Basate sulle proprietà litologiche dei corpi rocciosi
UNITA' BIOSTRATIGRAFICHE	Basate sul contenuto fossilifero dei corpi rocciosi
UNITA' GEOCRONOLOGICHE	Caratterizzate dall'essersi formate in uno specifico intervallo del tempo geologico.

UNITA' STRATIGRAFICHE

In ognuna delle varie categorie di unità stratigrafiche sono stati stabiliti dei termini ben precisi per indicare le singole unità:

CATEGORIE STRATIGRAFICHE	UNITA' STRATIGRAFICHE	UNITA' GEOCRONOLOGICHE
LITOSTRATIGRAFIA	Gruppo Formazione Membro Strato, Orizzonte	
BIOSTRATIGRAFIA	Biozona Zona di distribuzione Zona di associazione Zona intervallo Zona filetica Zona di abbondanza altri tipi di biozona	
CRONOSTRATIGRAFIA	Eonotema Eratema Sistema Serie Piano Cronozona	Eone Era Periodo Epoca Età Crono

STRATOTIPO

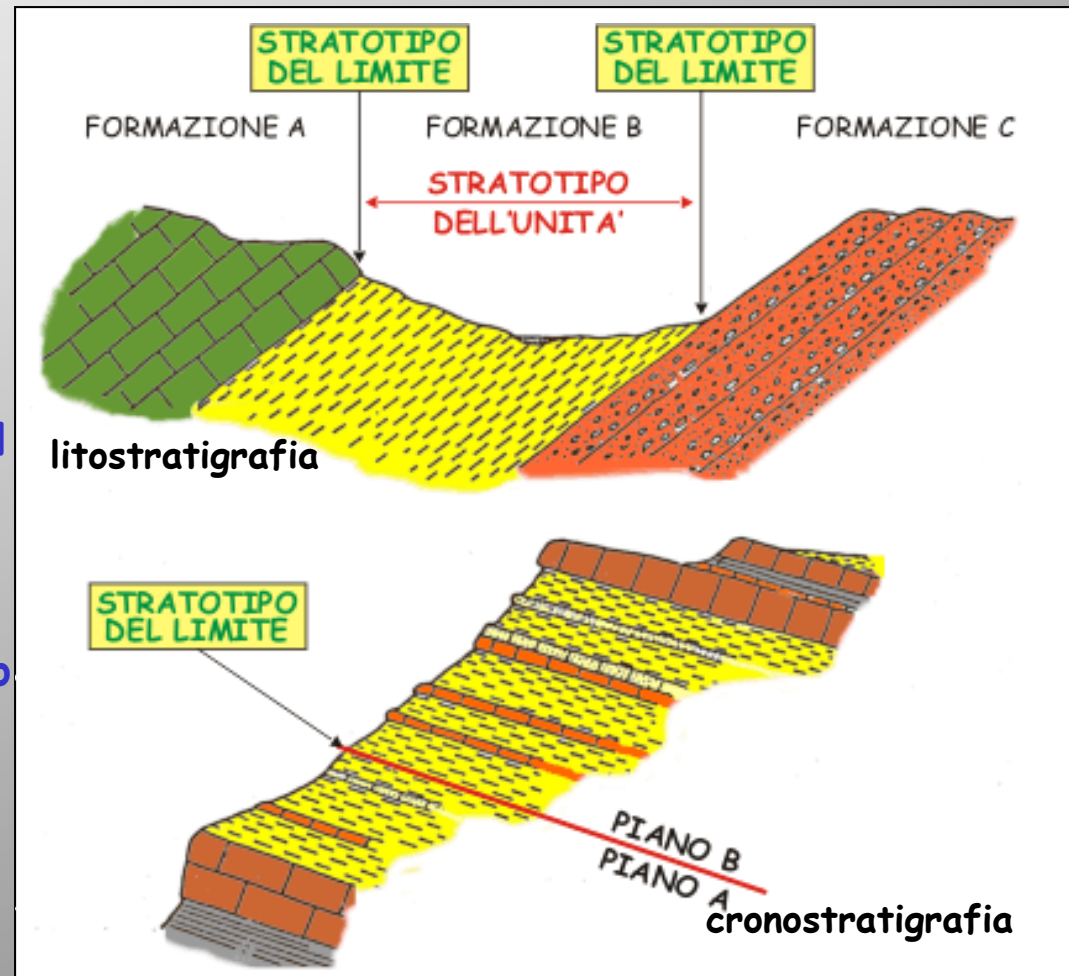
Lo **stratotipo** è l'affioramento tipico di una unità stratigrafica o di un limite stratigrafico, che ha funzione di riferimento standard per l'unità in questione. Lo stratotipo è la sequenza usata per la definizione e/o la caratterizzazione dell'unità stratigrafica o del limite che vi è definito (ISC, 1994).

Stratotipo di un unità stratigrafica. E' la sezione tipo che serve come riferimento standard per la definizione e la caratterizzazione dell'unità.

Stratotipo di un limite. E' la sequenza di strati che contiene il punto specifico che definisce il limite tra due unità stratigrafiche.

Località tipo. Il luogo dove scelto lo stratotipo.

Area tipo. La regione in cui si trova lo stratotipo.



STRATOTIPI

Siluriano-Devoniano

Ludlow-Fridshii (Sol-Fraamensupn) (Devoniano Sup.)



Pozary quarry, Repubblica Ceca

Monograptus ultimus - graptolite
Penninograptus triangularis - conodont

Klonk, Repubblica Ceca

Monograptus uniformis - graptolite

UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE

Le **unità litostratigrafiche** sono corpi rocciosi, sia stratificati, sia non stratificati, definiti e caratterizzati sulla base delle loro proprietà litologiche e delle loro relazioni stratigrafiche.

Nella loro definizione non vengono considerati gli aspetti genetici e la storia geologica dei corpi rocciosi.

L'unità litostratigrafica di base è la **Formazione**.

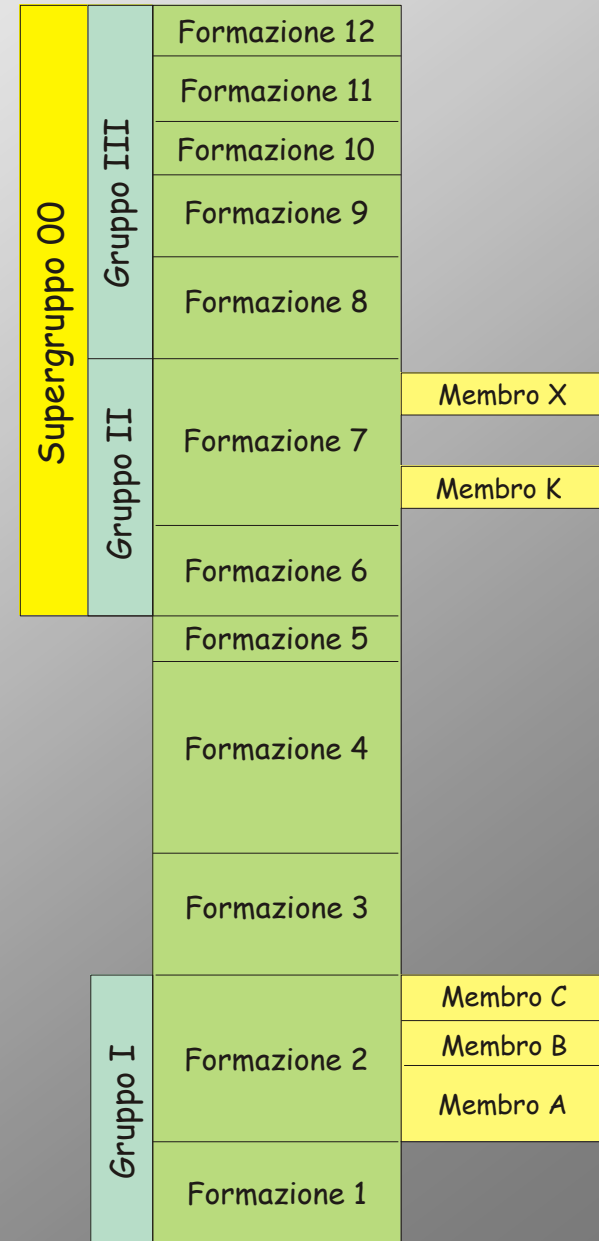


UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE

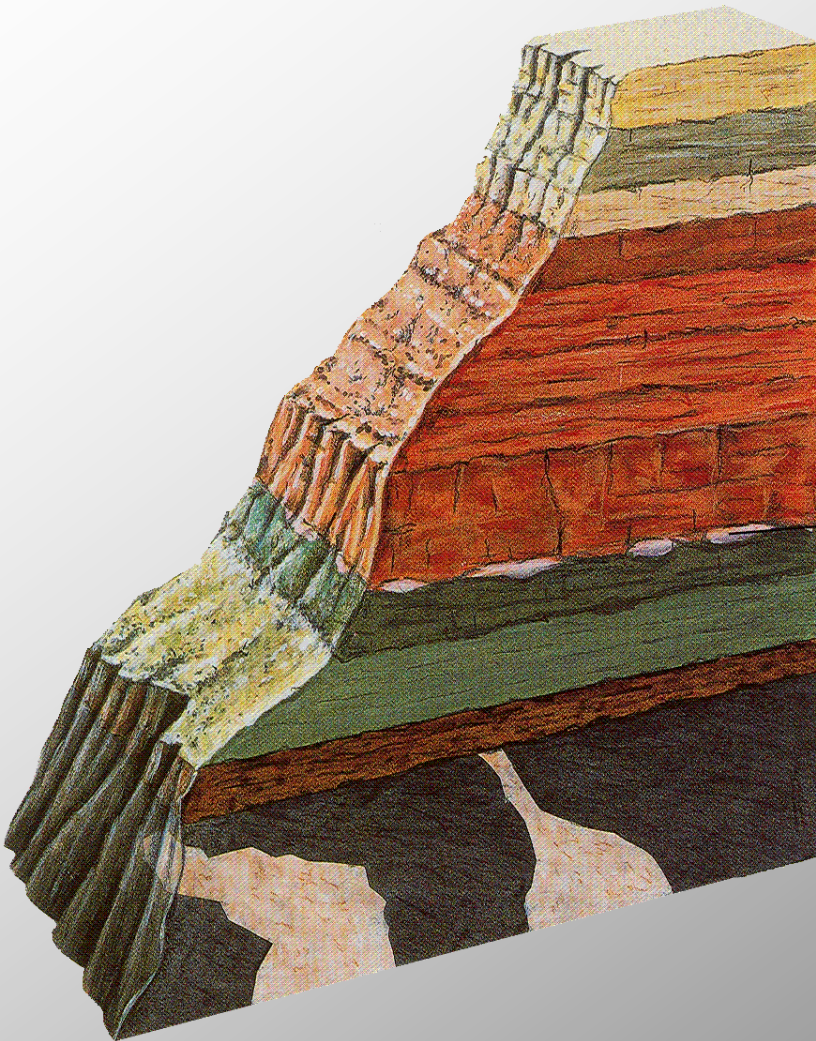
Le **unità litostratigrafiche** sono corpi rocciosi, sia stratificati, sia non stratificati, definiti e caratterizzati sulla base delle loro proprietà litologiche e delle loro relazioni stratigrafiche.

Nella loro definizione non vengono considerati gli aspetti genetici e la storia geologica dei corpi rocciosi.

L'unità litostratigrafica di base è la **Formazione**.



UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE



Kaibab Formation

Toroweap Formation

Coconino Sandstone

Hermit Shale

Supai Group

Redwall Limestone

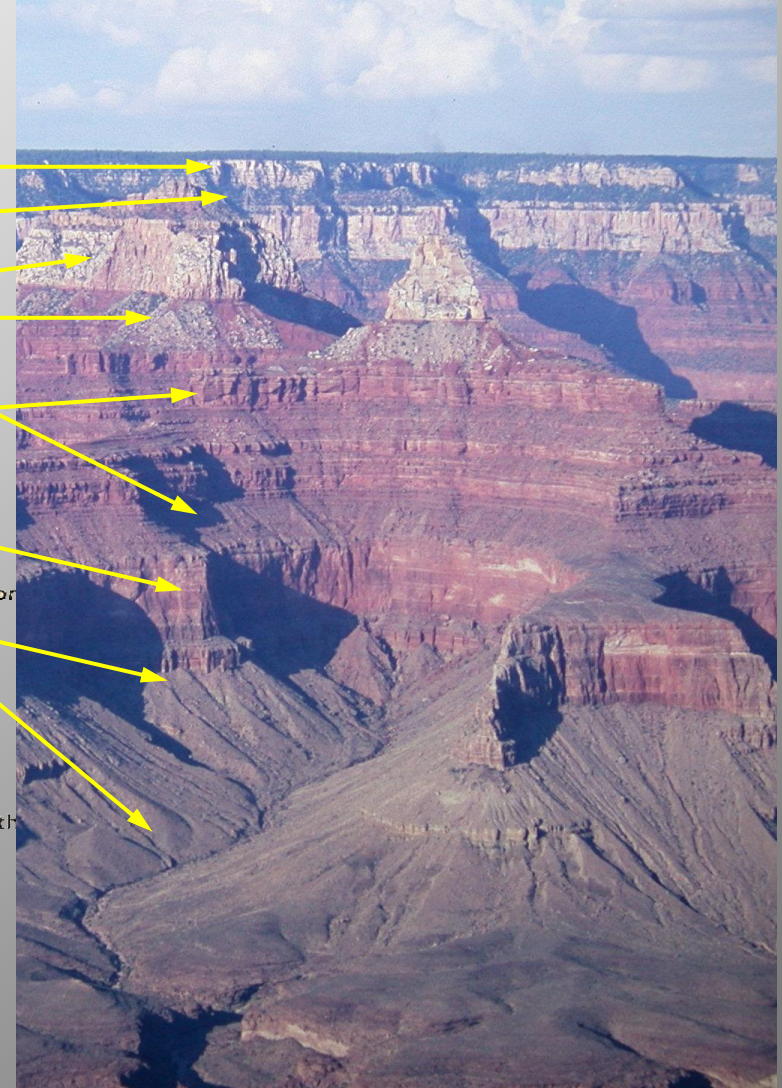
Temple Butte Formation

Muav Limestone

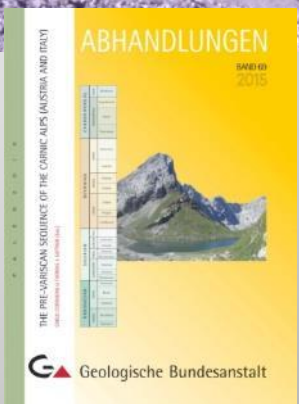
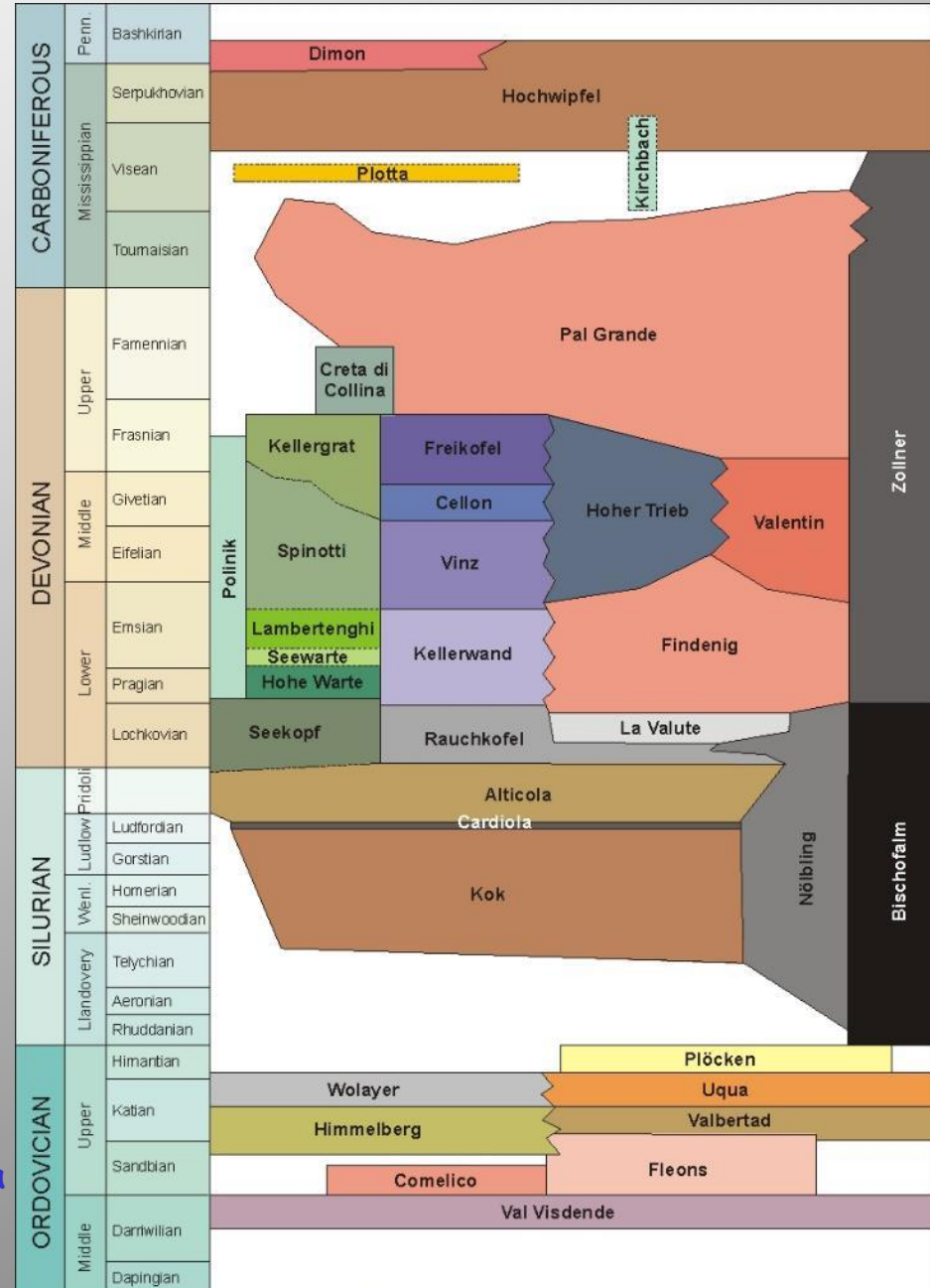
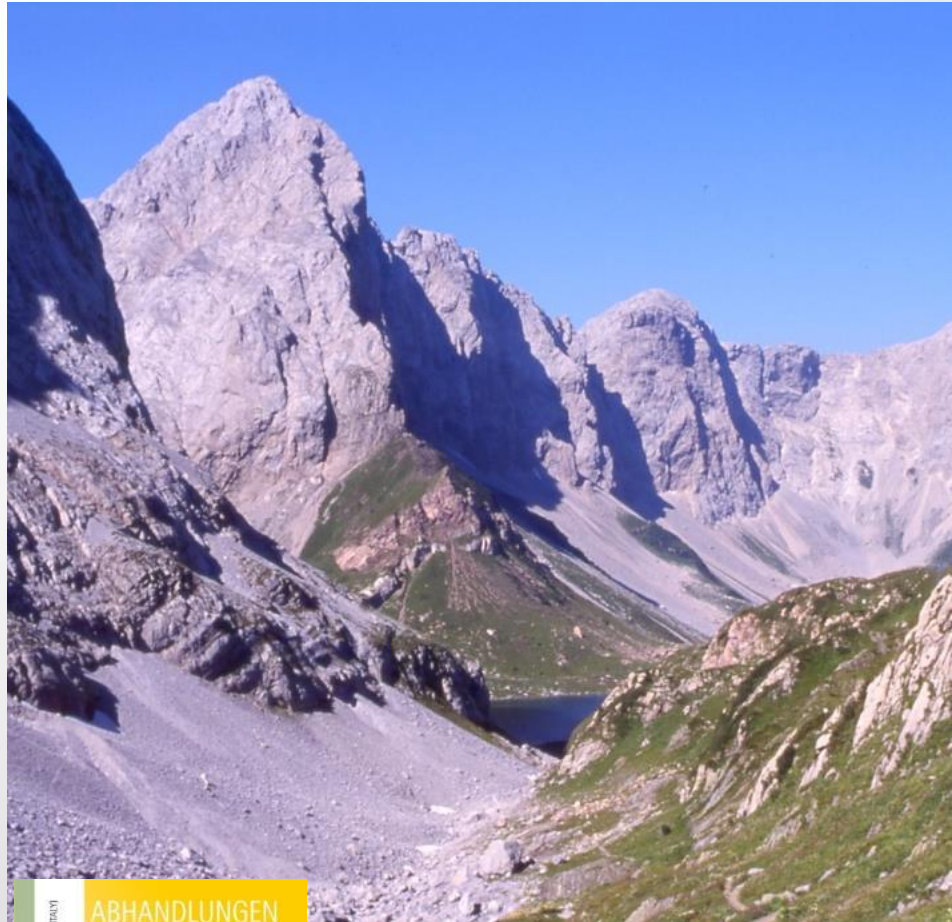
Bright Angel Shale

Tapeats Sandstone

Precambrian Rocks of the Inner Gorge



UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE



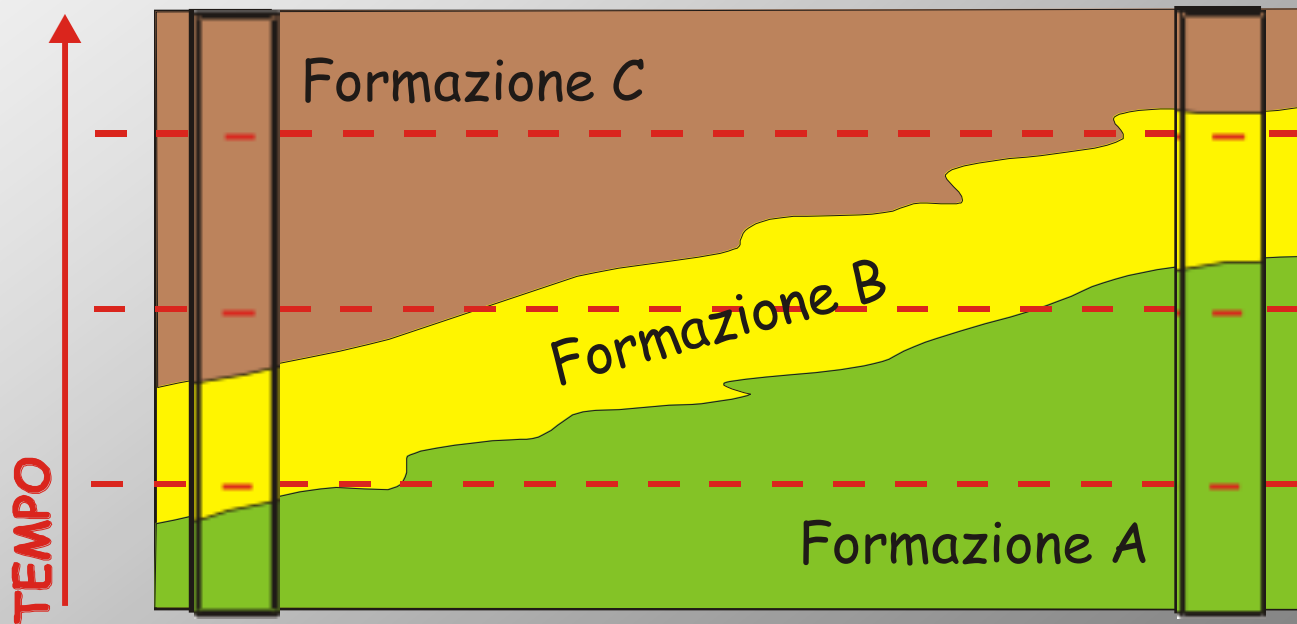
Le unità litostatigrafiche della sequenza Pre-Varisica delle Alpi Carniche

CORRELAZIONI LITOSTRATIGRAFICHE

Le caratteristiche litologiche sono influenzate più dalle condizioni di origine che dal tempo di origine.

La somiglianza litologica è più un indizio di genesi simile che un indicatore di contemporaneità.

La litocorrelazione collega unità di litologia e posizione stratigrafica simile.



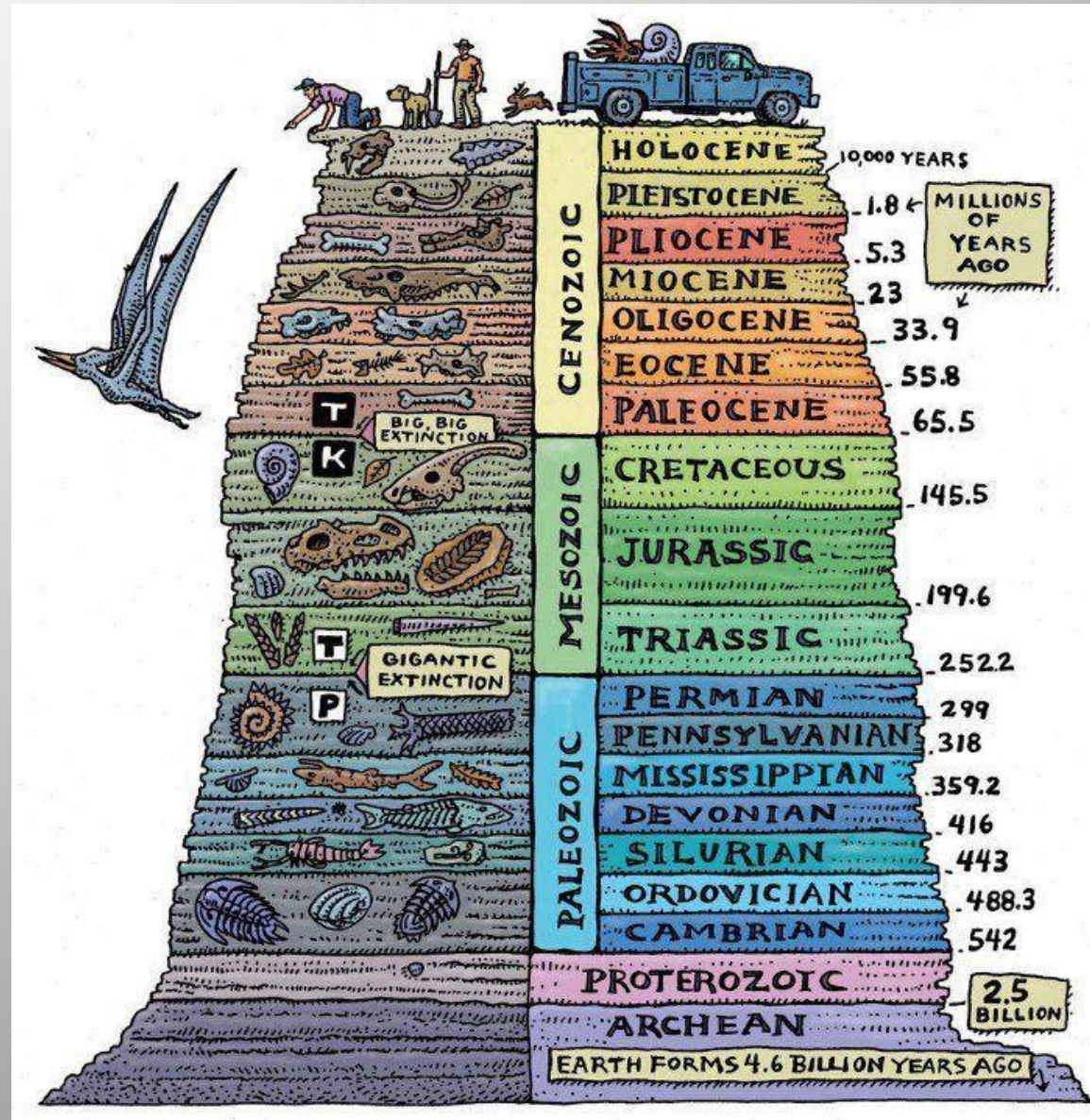
I limiti delle unità litostratigrafiche sono in genere diacroni.

BIOSTRATIGRAFIA

La biostratigrafia è lo studio della distribuzione stratigrafica dei fossili.

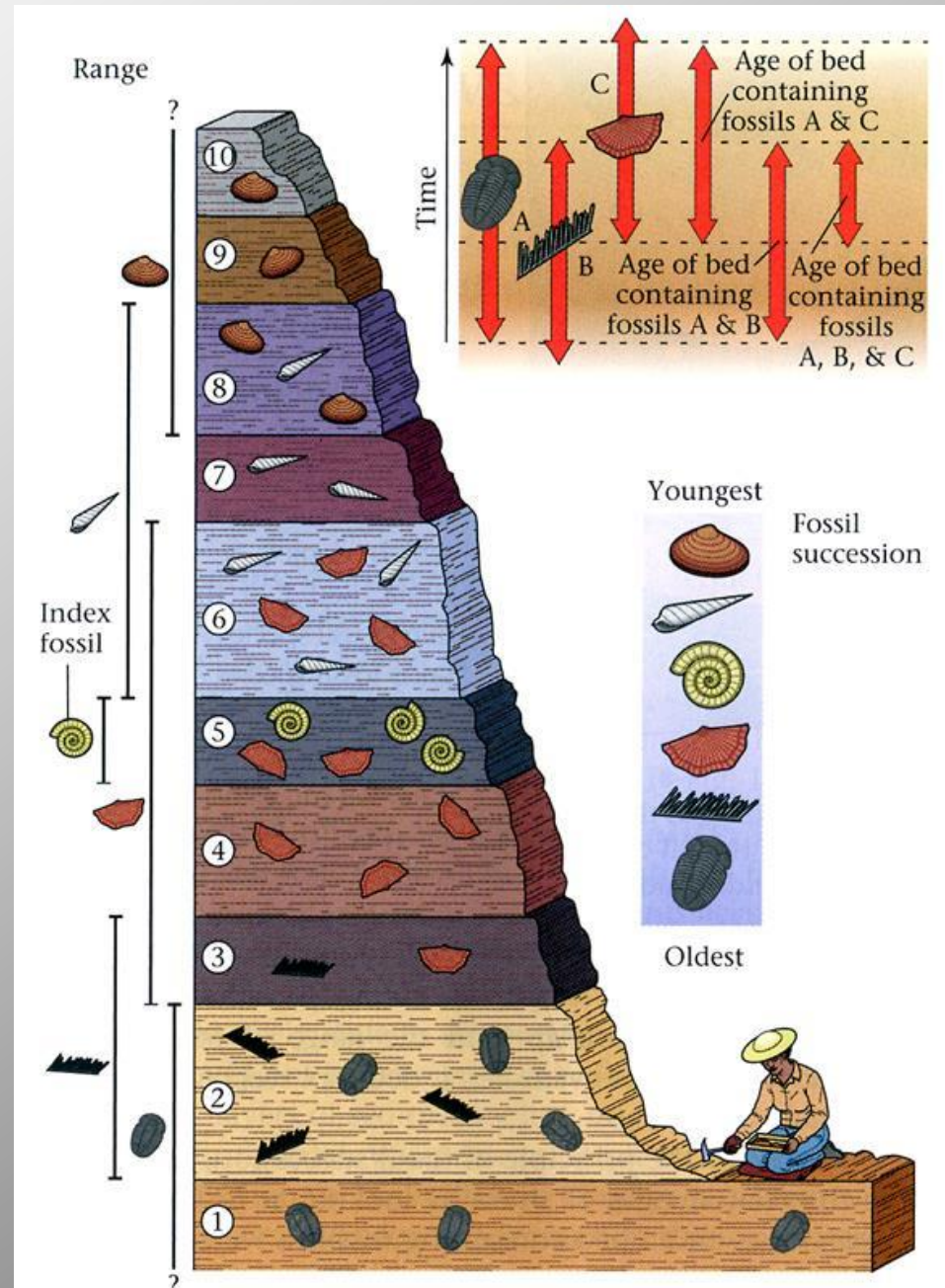
Lo scopo della biostratigrafia è quello di organizzare gli strati in unità basate sul loro contenuto in fossili.

I fossili sono documenti oggettivi dell'evoluzione biologica, fenomeno progressivo e irreversibile. Quindi la documentazione paleontologica varia nel tempo in modo irreversibile e irripetibile.



BIOSTRATIGRAFIA

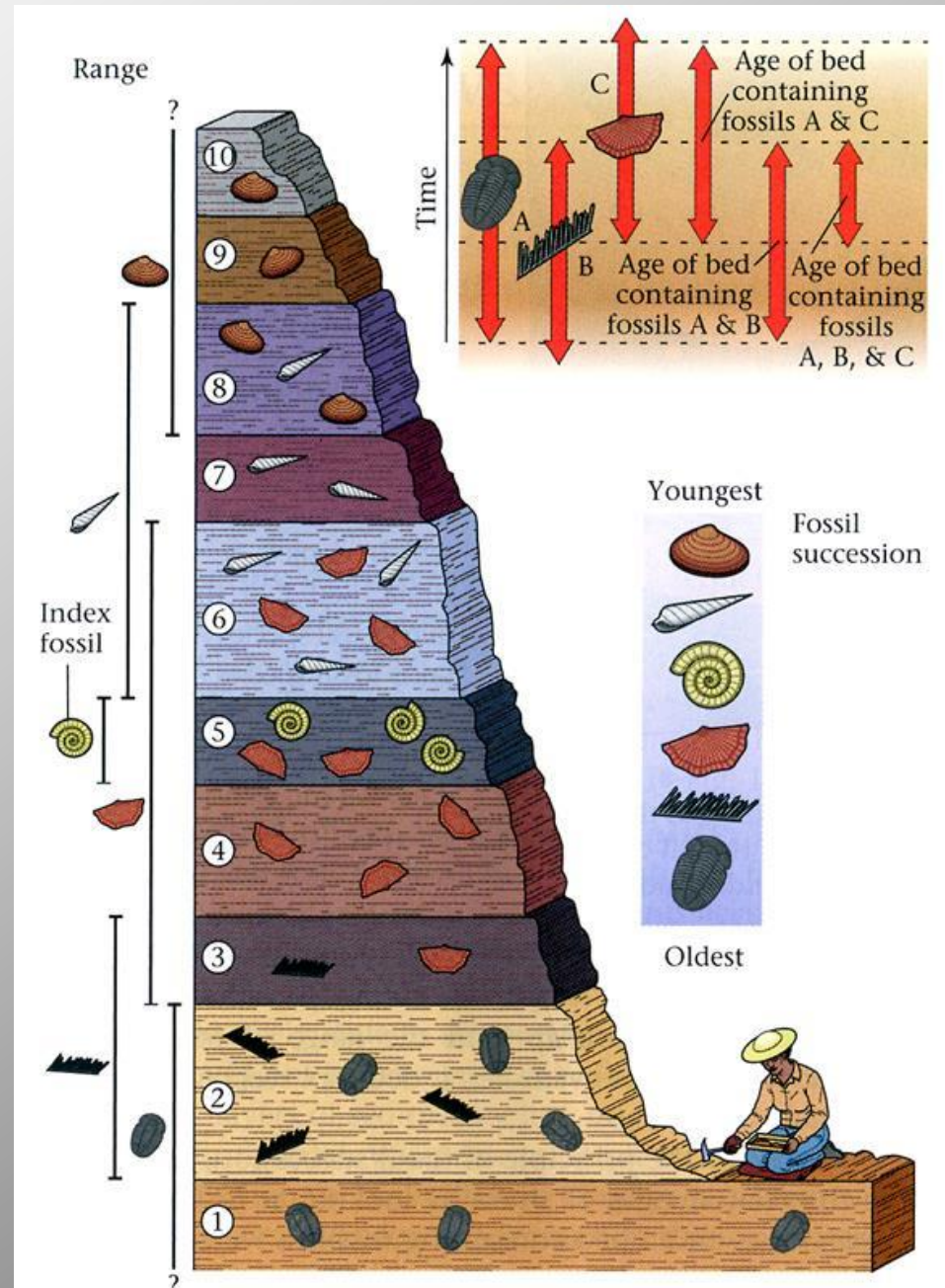
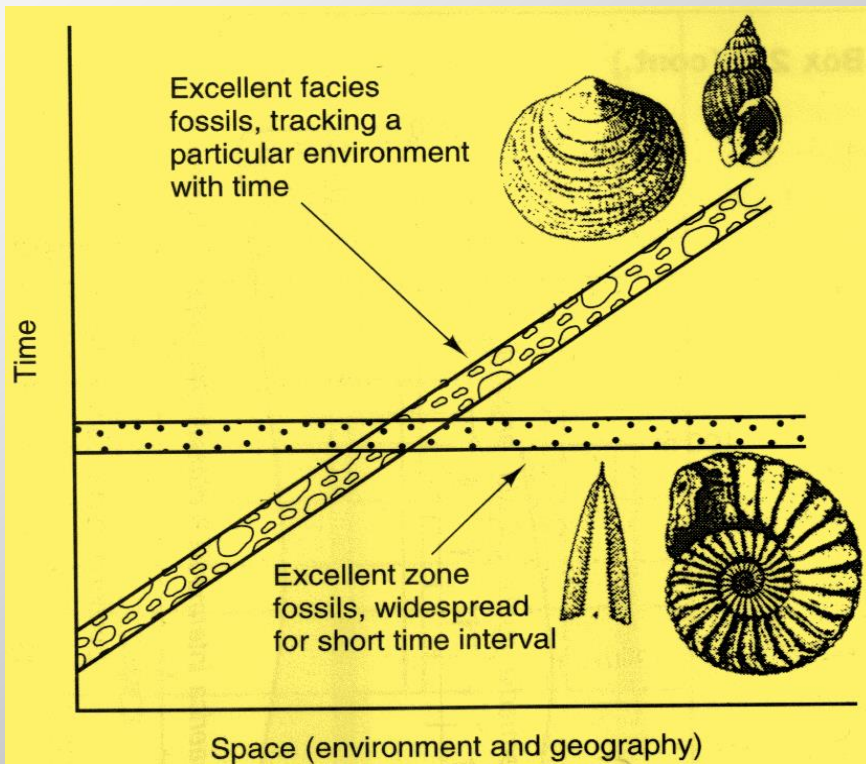
Ogni taxon fossile presenta dei precisi limiti di distribuzione stratigrafica, cioè è esclusivo di un ben determinato intervallo di tempo.



BIOSTRATIGRAFIA

Ogni taxon fossile presenta dei precisi limiti di distribuzione stratigrafica, cioè è esclusivo di un ben determinato intervallo di tempo.

Non tutti i fossili sono utili in biostratigrafia allo stesso modo



BIOSTRATIGRAFIA

Problemi nell'applicazione del metodo biostratigrafico:

- **differenti interpretazioni tassonomiche**
- **soggettività delle determinazioni**
- **limitata distribuzione geografica dei taxa**
- **difficoltà di stabilire con precisione l'esatta distribuzione nel tempo dei taxa**

BIOZONA

L'unità fondamentale in biostratigrafia è la biozona.

Una **biozona** è una parte di una successione stratigrafica caratterizzata da un particolare contenuto in fossili, che consente in una determinata area di differenziarlo dagli intervalli stratigrafici adiacenti.

Una biozona può estendersi ad una sola strato, ad una sua parte o a successioni potenti migliaia di metri.

Una biozona può estendersi ad un'area molto limitata, o avere estensione regionale o anche globale.

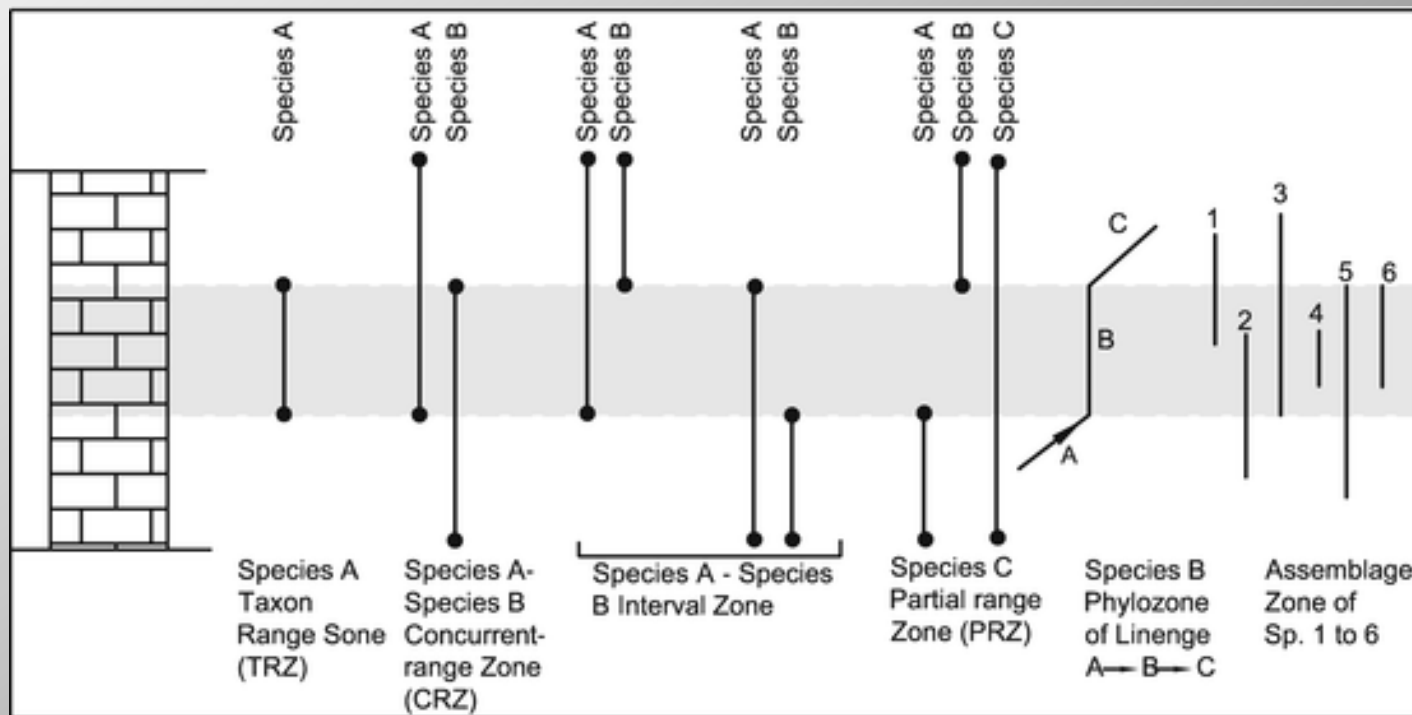
Una biozona può essere basata su un singolo taxon, su una combinazione di taxa, sull'abbondanza relativa, ecc.

BIOZONA

Tipi di biozone:

- Zona di distribuzione
- Zona a intervallo
- Zona di associazione (cenozona)
- Zona di acme (o di abbondanza)
- Zona filetiche

I diversi tipi di biozona non si escludono a vicenda, ma una successione stratigrafica può essere suddivisa contemporaneamente con diversi tipi di biozona.



ZONA DI DISTRIBUZIONE - Range Zone

E' la successione di strati caratterizzati dalla distribuzione stratigrafica e geografica di uno o più taxa.

Limiti di distribuzione
di un taxon

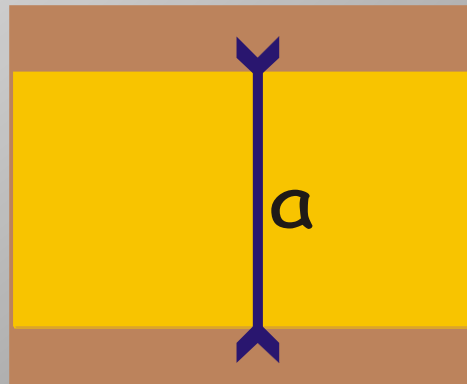


ZONA DI DISTRIBUZIONE DI UN TAXON (Taxon Range Zone)

E' la successione di strati caratterizzati dalla distribuzione stratigrafica e geografica di un taxon.

I limiti della biozona sono gli orizzonti che marcano la prima comparsa e la scomparsa di un dato taxon.

Il nome è dato dal nome del taxon usato per definire i limiti.



ZONA DI DISTRIBUZIONE - Range Zone

E' la successione di strati caratterizzati dalla distribuzione stratigrafica e geografica di uno o più taxa.

Limiti di distribuzione di un taxon

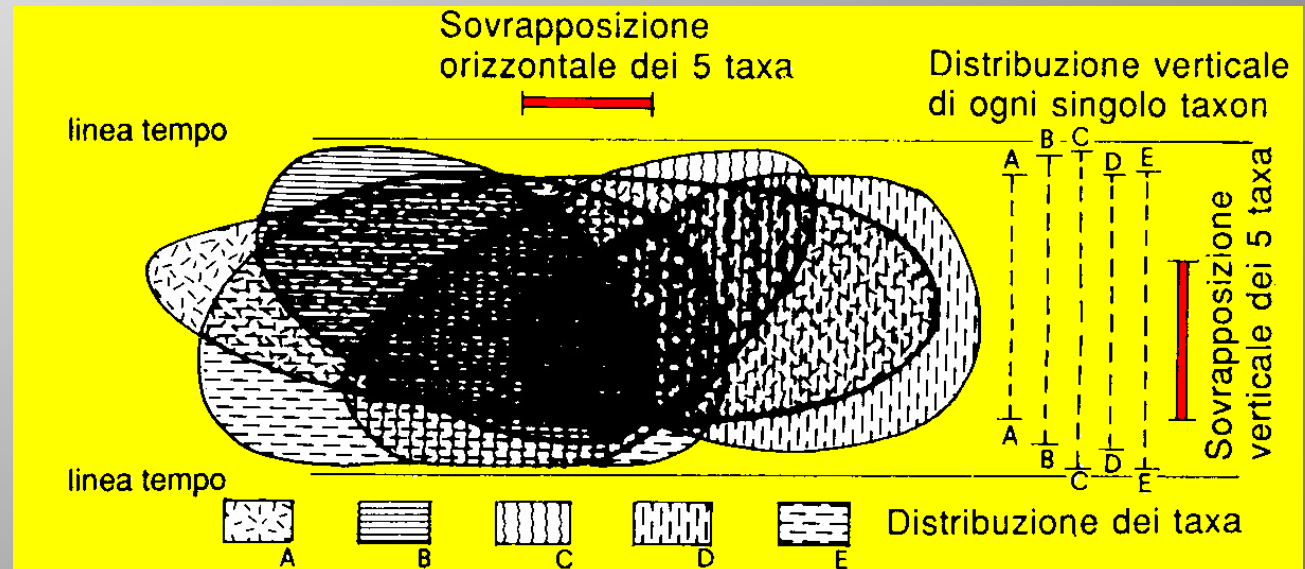
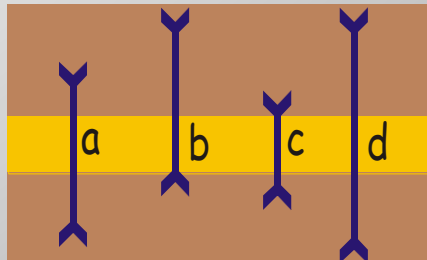
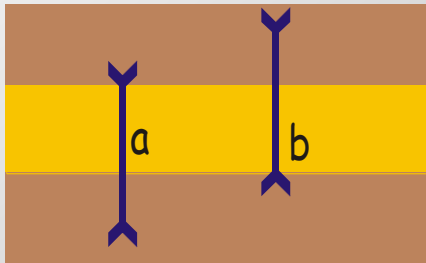


ZONA DI DISTRIBUZIONE CONCOMITANTE (Concurrent Range Zone)

E' la successione di strati dalla parte coincidente delle zone di distribuzione di due o più taxa.

I limiti della biozona sono gli orizzonti che marciano l'ultima comparsa e la prima scomparsa tra quelle dei taxa considerati.

Il nome è dato dai nomi di entrambi i taxa che ne definiscono i limiti.



ZONA DI INTERVALLO - Interval Zone

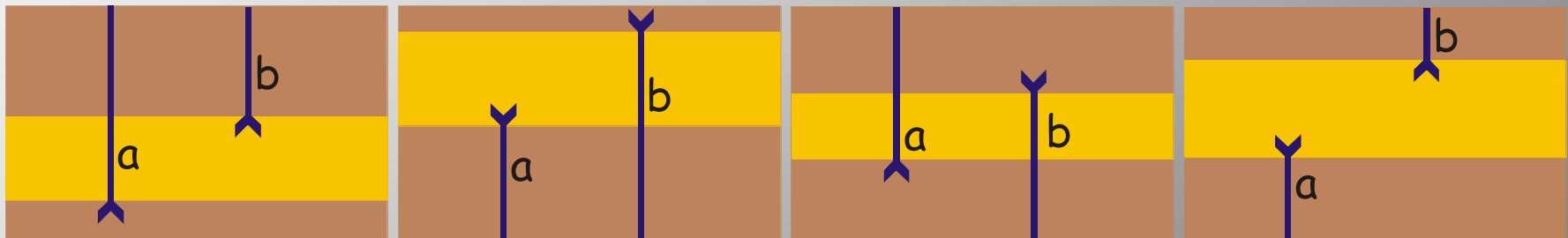
E' la successione di strati compresi tra due distinti orizzonti biostratigrafici.

Limiti di distribuzione di un taxon

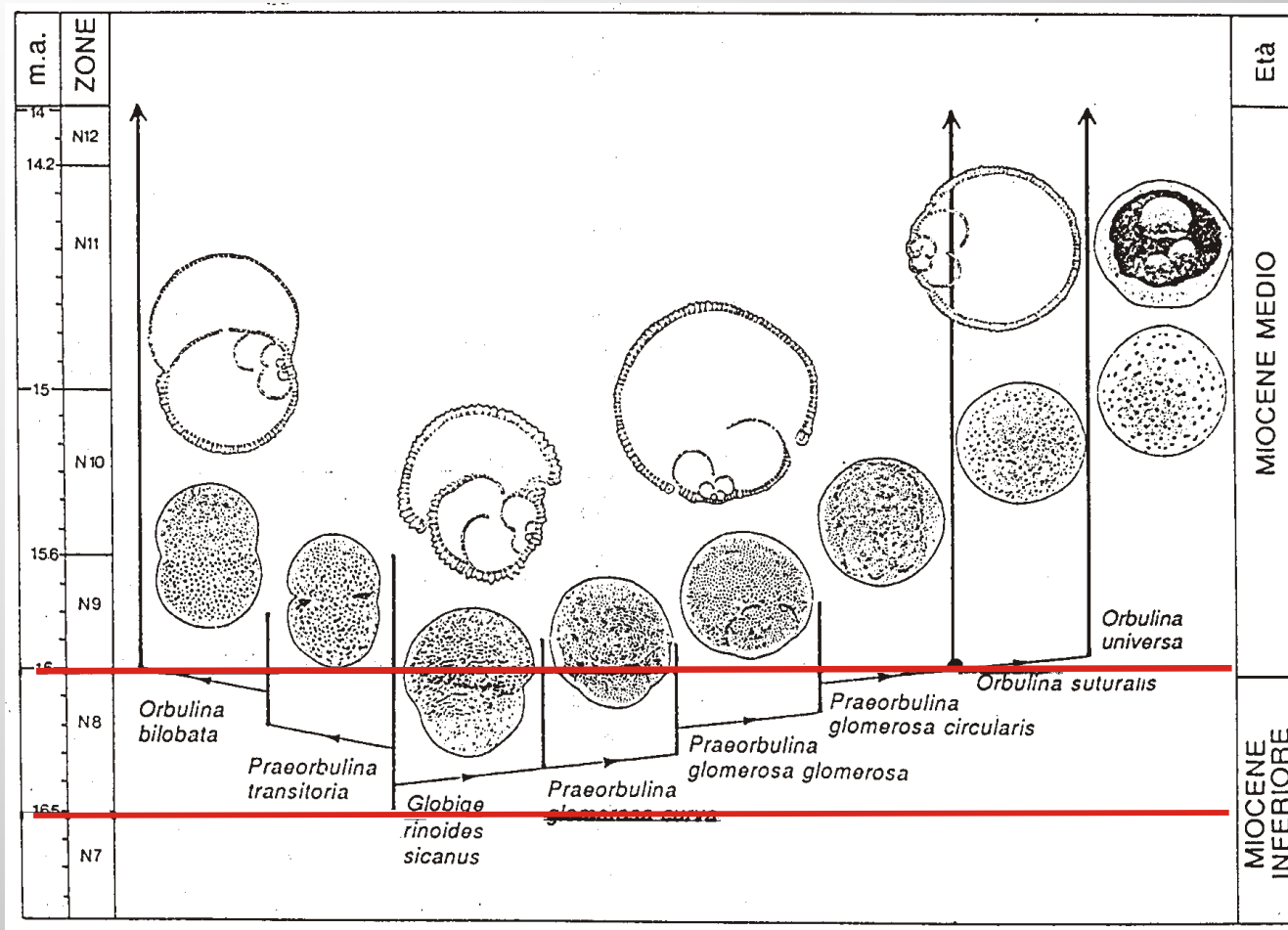


I bio-orizzonti che ne marcano i limiti possono essere definiti indifferentemente dall'estinzione o dalla comparsa di un taxon.

Il nome è dato dai nomi dei due taxa usati per definire i limiti (es. Biozona di intervallo a *Globigerinoides sicanus*/*Orbulina suturalis*). Alternativamente si può usare il nome di un taxon tipico, ma non esclusivo, della biozona (es. Biozona di intervallo a *Ozarkidina snajdri*).



ZONA DI INTERVALLO - Interval Zone



Biozona di intervallo *Globigerinoides sicanus*/*Orbulina suturalis*

ZONA DI FILETICA - Lineage Zone

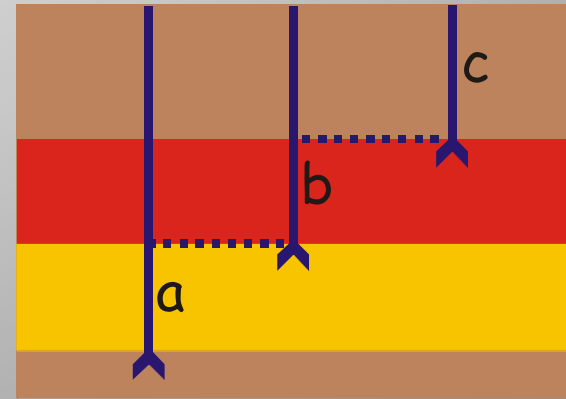
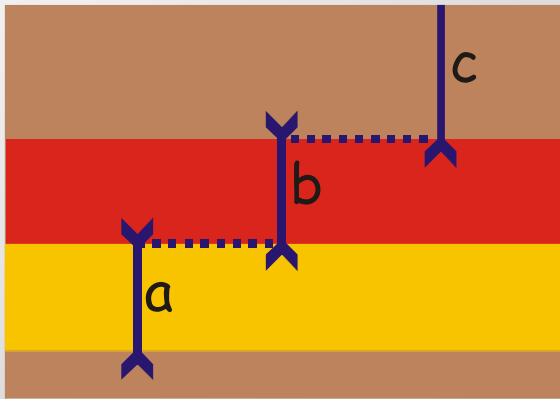
E' la successione di strati che comprende gli esemplari che rappresentano il segmento di una linea evolutiva.

Limiti di distribuzione
di un taxon

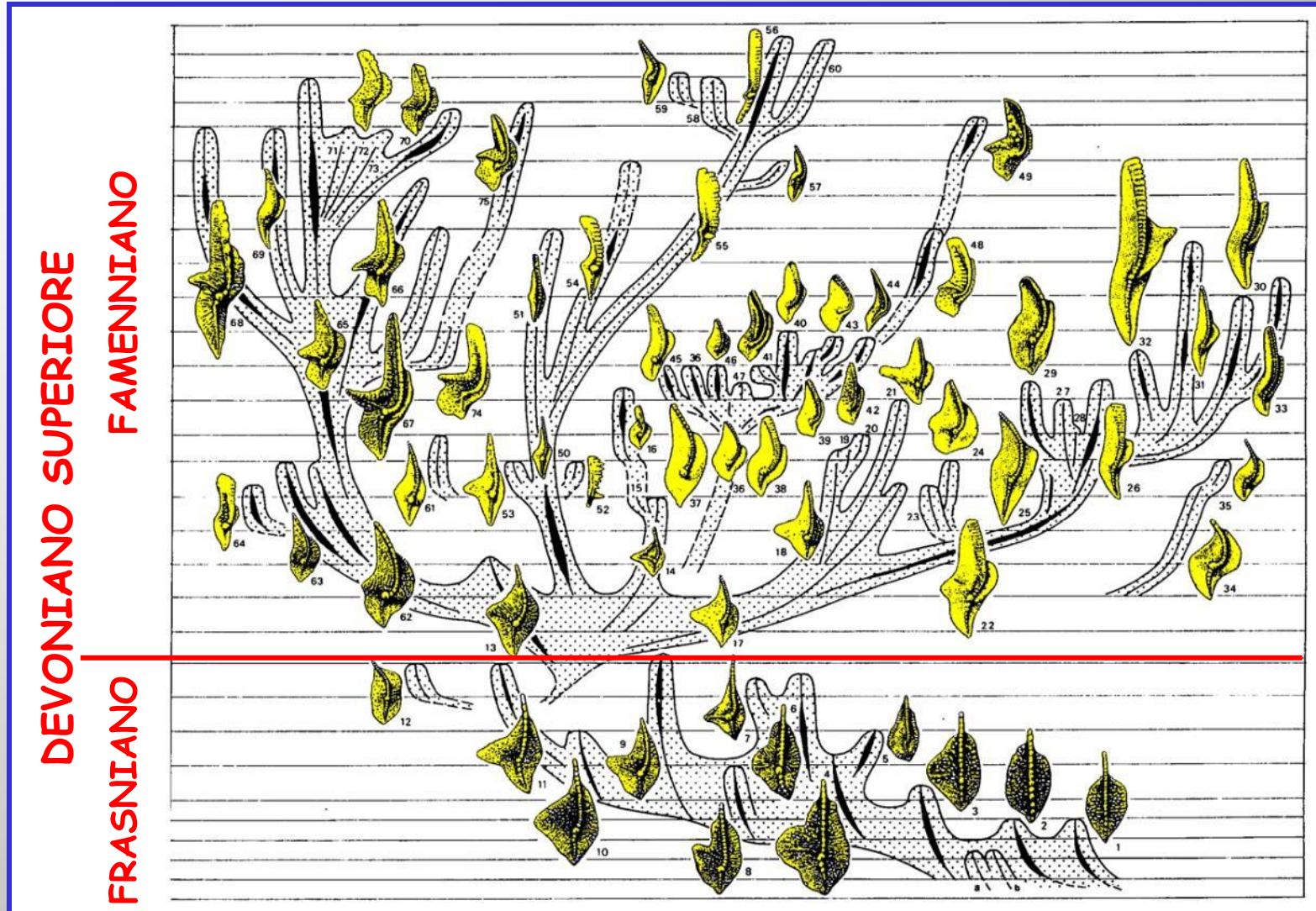


I limiti sono definiti dalle comparse di due taxa successivi all'interno di una linea evolutiva.

Il nome è dato dal nome del taxon che ne definisce il limite inferiore.



ZONA DI FILETICA - Lineage Zone



ZONA DI ACME - Abundance Zone

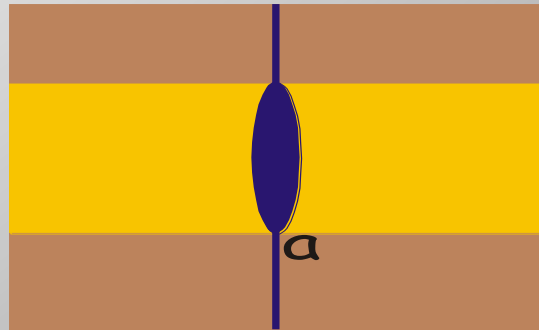
E' la successione di strati caratterizzati da una grande abbondanza di un taxon rispetto a quelli immediatamente sottostanti e sovrastanti.

Limiti di distribuzione
di un taxon



I limiti sono definiti dagli orizzonti in cui è osservabile una netta variazione nell'abbondanza del taxon.

Il nome è dato dal nome del taxon usato per definirla.



ZONA DI ASSOCIAZIONE (Cenozona)

Assemblage Zone

E' la successione di strati distinti da quelli adiacenti per il loro contenuto in fossili, che, considerato nel suo complesso, costituisce una associazione naturale.

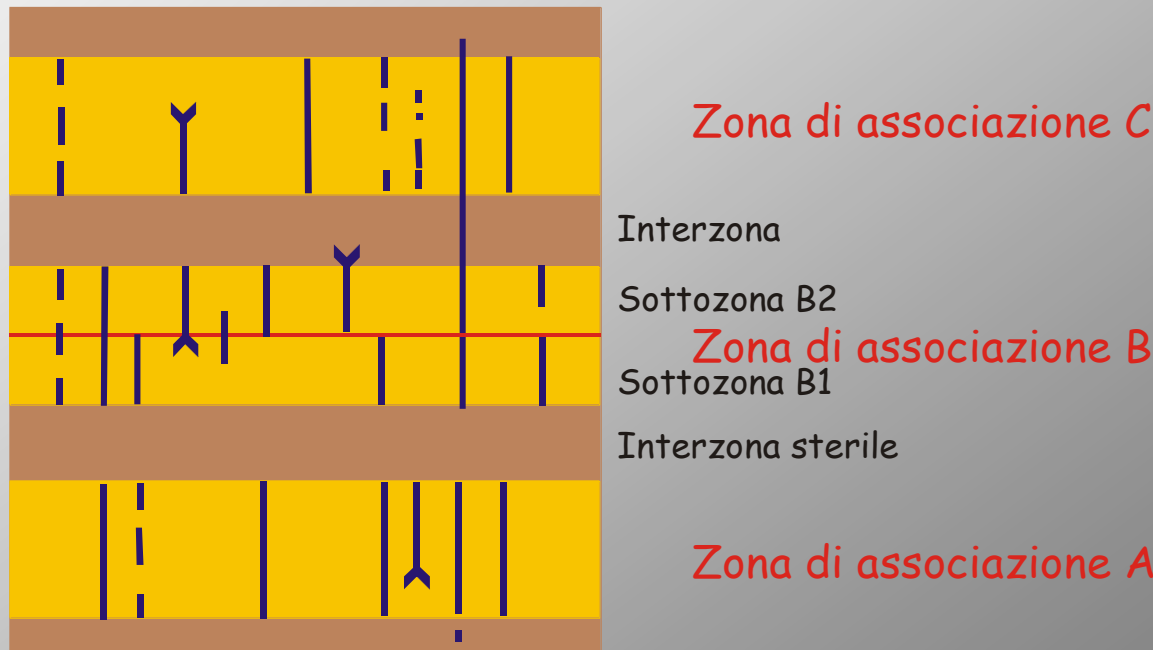
Limiti di distribuzione di un taxon



I **limiti** sono i bio-orizzonti che marcano l'inizio e la fine della presenza dell'associazione diagnostica. Non è necessario che tutti i membri dell'associazione siano sempre presenti perchè una successione sia attribuita a una zona di associazione. Inoltre, la distribuzione di ognuno dei componenti si può estendere oltre i limiti della zona di associazione.

Il **nome** è dato dal nome del taxon (o dei taxa) più significativi.

La Biozona di associazione ha significato soprattutto ambientale.



ZONA DI ASSOCIAZIONE (Cenozona)

Assemblage Zone

E' la successione di strati distinti da quelli adiacenti per il loro contenuto in fossili, che, considerato nel suo complesso, costituisce una associazione naturale.

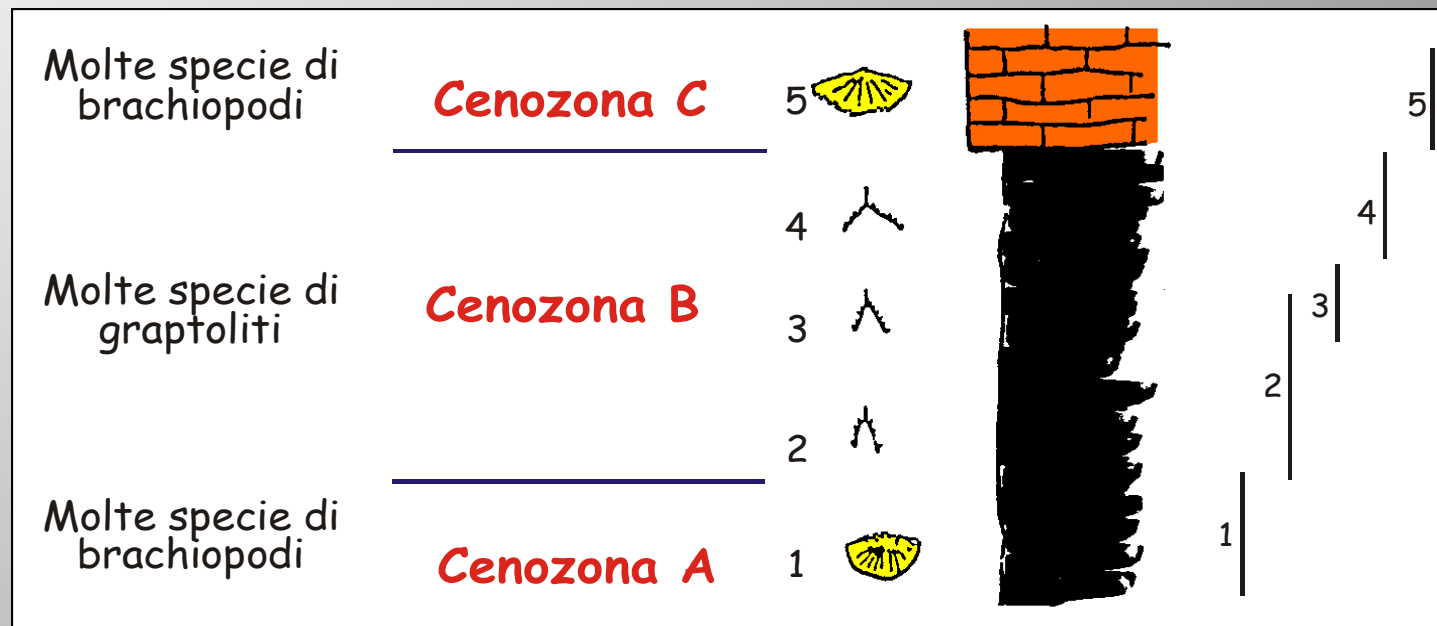
Limiti di distribuzione di un taxon



I **limiti** sono i bio-orizzonti che marcano l'inizio e la fine della presenza dell'associazione diagnostica. Non è necessario che tutti i membri dell'associazione siano sempre presenti perchè una successione sia attribuita a una zona di associazione. Inoltre, la distribuzione di ognuno dei componenti si può estendere oltre i limiti della zona di associazione.

Il **nome** è dato dal nome del taxon (o dei taxa) più significativi.

La Biozona di associazione ha significato soprattutto ambientale.

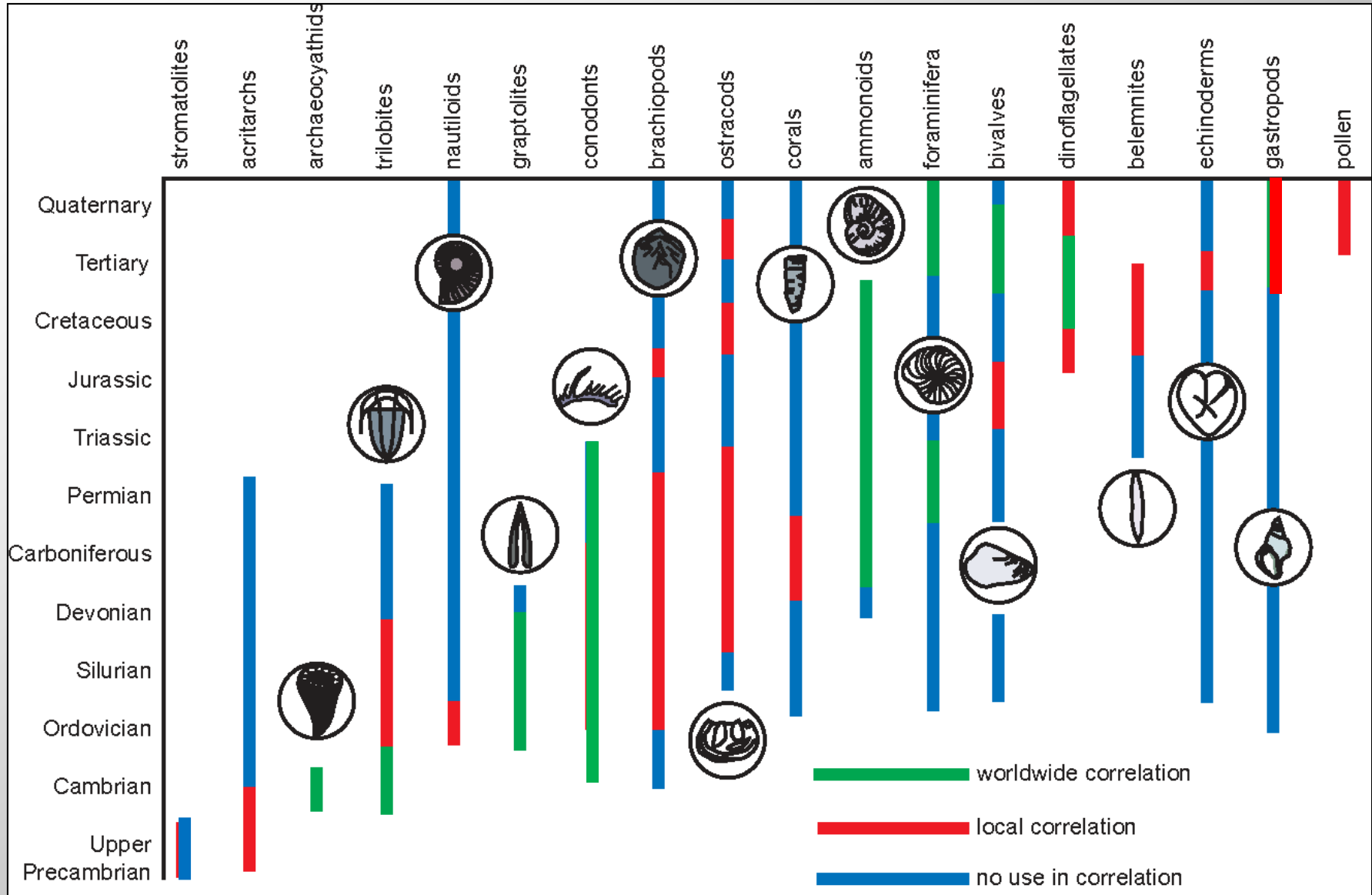


FOSSILE GUIDA

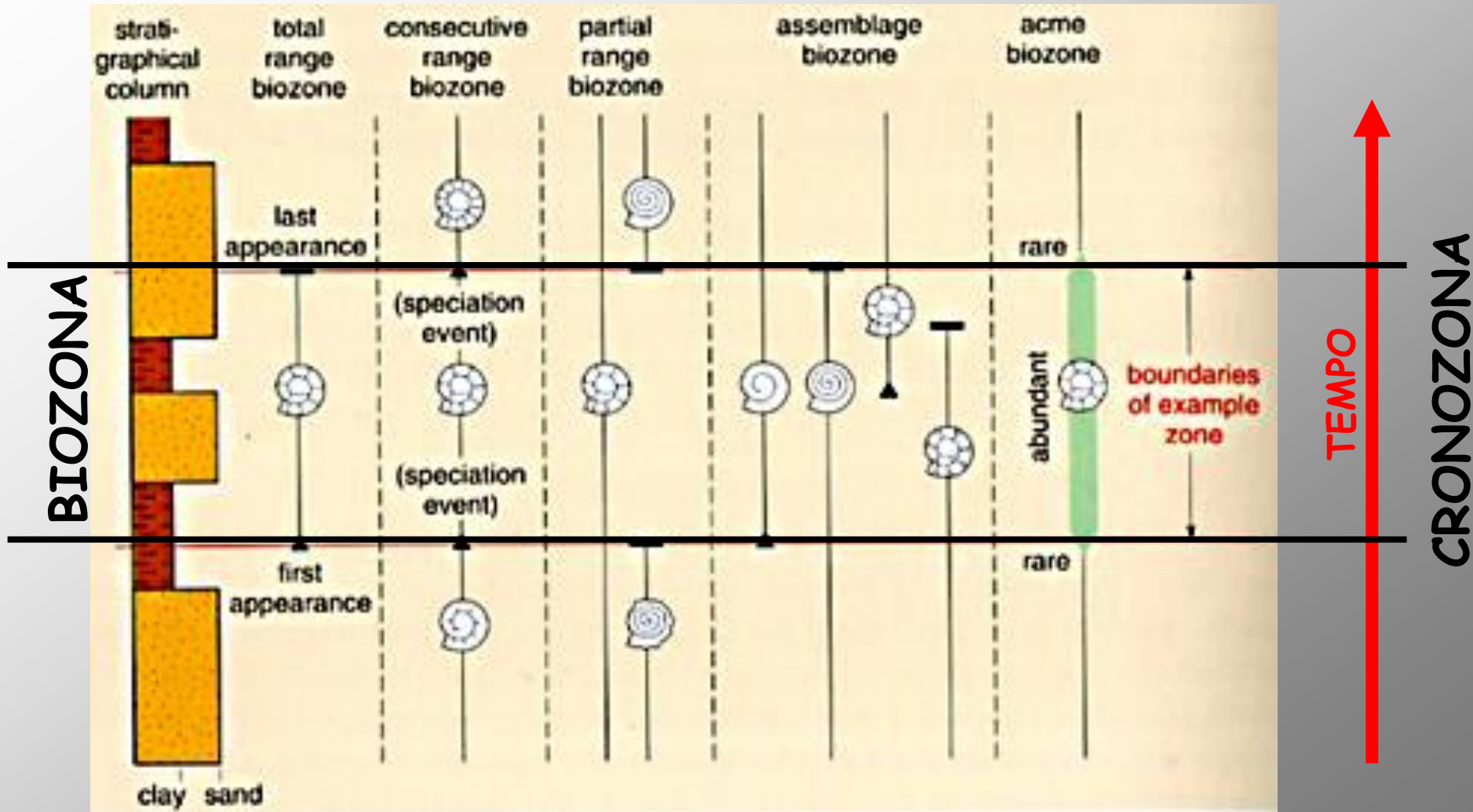
I fossili guida devono presentare contemporaneamente le seguenti caratteristiche:

- 1) Distribuzione temporale molto limitata
- 2) Ampia distribuzione geografica
- 3) Indipendenza dai fattori edafici e batimetrici
- 4) Grande velocità di diffusione
- 5) Abbondanza e facilità di ritrovamento
- 6) Riconoscimento agevole

FOSSILE GUIDA



Dalla ROCCIA al TEMPO



CRONOSTRATIGRAFIA

E' la parte della stratigrafia che studia l'età degli strati e le loro relazioni temporali.

La **classificazione cronostratigrafica** è la suddivisione delle rocce sulla base della loro età (cioè di quando si sono formate).

Nasce dall'esigenza di disporre di una classificazione stratigrafica globale e stabile (SCALA CRONOSTRATIGRAFICA STANDARD).

L'obiettivo è l'organizzazione di tutta la successione stratigrafica in unità definite in modo convenzionale (Unità cronostratigrafiche), corrispondenti a intervalli del tempo geologico (unità geocronologiche), perché servano come base per una correlazione temporale e come sistema di riferimento per registrare gli eventi della storia geologica.

UNITA' CRONOSTRATIGRAFICHE

Un'Unità cronostratigrafica è una successione di strati caratterizzata dall'essersi formata in uno specifico intervallo del tempo geologico.

Rappresenta quindi tutte le rocce (e solo quelle) formatesi in un certo intervallo della storia della Terra.

Le unità cronostratigrafiche sono limitate da superfici sincrone.

Il corpo di strati che corrisponde a un'Unità cronostratigrafica, definisce un'Unità geocronologica.

Le unità cronostratigrafiche dello stesso rango non sono sovrapponibili, e il tetto di una coincide con la base di quella successiva.

L'unità cronostratigrafica fondamentale è il **PIANO**. E' considerato funzionale per correlazioni intracontinentali, ma è potenzialmente utilizzabile anche su scala globale.

L'unità geocronologica corrispondente al piano è l'**ETA'**.

UNITA' CRONOSTRATIGRAFICHE

Un'Unità cronostratigrafica è una successione di strati caratterizzata dall'essersi formata in uno specifico intervallo del tempo geologico.

Rappresenta quindi tutte le rocce (e solo quelle) formatesi in un certo intervallo della storia della Terra.

UNITA' CRONOSTRATIGRAFICHE		UNITA' GEOCRONOLOGICHE	Esempio
Eonotema	Eone	Fanerozoico	
Eratema	Era	Paleozoico	
Sistema	Periodo	Siluriano	
Serie	Epoca	Llandovery	
Piano	Età	Telychiano	
Cronozona	Crono	Spirograptus turriculatus	

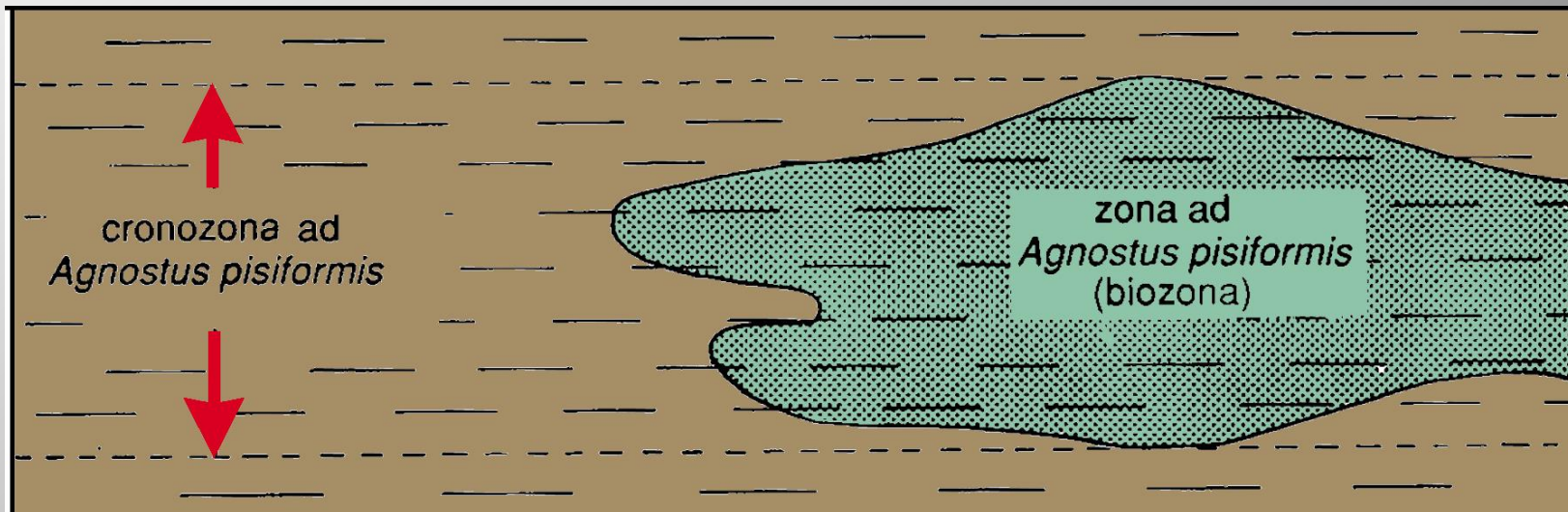
CRONOZONA

La Cronozona è una unità cronostratigrafica formale di rango non definito. E' definita come **l'insieme delle rocce formati in ogni luogo in un determinato intervallo di tempo definito da un'unità stratigrafica.**
Il corrispondente geocronologico è il **CRONO.**

Una cronozona deve essere riferita ad una unità stratigrafica precedentemente definita.

In teoria, l'estensione geografica di una cronozona è globale, ma la sua applicabilità è limitata alle aree in cui il suo intervallo di tempo può essere identificato.

Una cronozona prende il nome dall'unità stratigrafica sulla quale è basata.



SCHEMI DI BIOZONAZIONE

		GRAPTOLITES	CONODONTS	CHITINOZOANS		
SILURIAN	PRIDOLI	transgrediens	Oul. el. detortus	U. urna		
		bouceki				
		branikensis-lochkoviensis	O. eosteinhornensis i.Z.			
		parultimus-ultimus				
	LUDLOW	LUDFORDIAN	fragmentalis	O. crispa	A. cf. elongata	
			kozlowskii	O. snajdri		
			inexpectatus	Pe. latialata		
		GORST.	bohemicus	P. siluricus		
			linearis-leintwardinensis	A. ploeckensis		
			chimaera	O. e. hamata		
	WENLOCK	HOMERIAN	nilssoni-colonus	K. v. variabilis i.Z.	C. pachycephala	
			ludensis-gerhardi	K. crassa		
			praedeubeli-deubeli	O. bohémica	C. serpaqii C. goniensis	
			parvus-nassa			
		lundgreni-testis	O. s. sagitta			
		SHEINWOODIAN	ramosus-ellesae	O. s. rhenana		C. subcyatha
			belophorus-rigidus			
			riccartonensis	K. ranuliformis i.z.		
			murchisoni			
		LLANDOVERY	TELYCHIAN	centrifugus	Pt. am. amorphognathoides	C. emmastensis
				insectus		
				lapworthi		
	spiralis					
	"tullbergi"			Pt. celloni		
	griestonensis					
	AERONIAN		turriculatus-crispus	P. tenuis - D. staurognathoides		
			linnei			
			sedgwickii			
leptotheca - convolutus						
triangulatus-pectinatus						
RHUDDANIAN	cyphus	D. kentuckyiensis				
	vesiculosus					
	ascensus - acuminatus	O. ? nathani				

SCHEMI DI BIOZONAZIONE

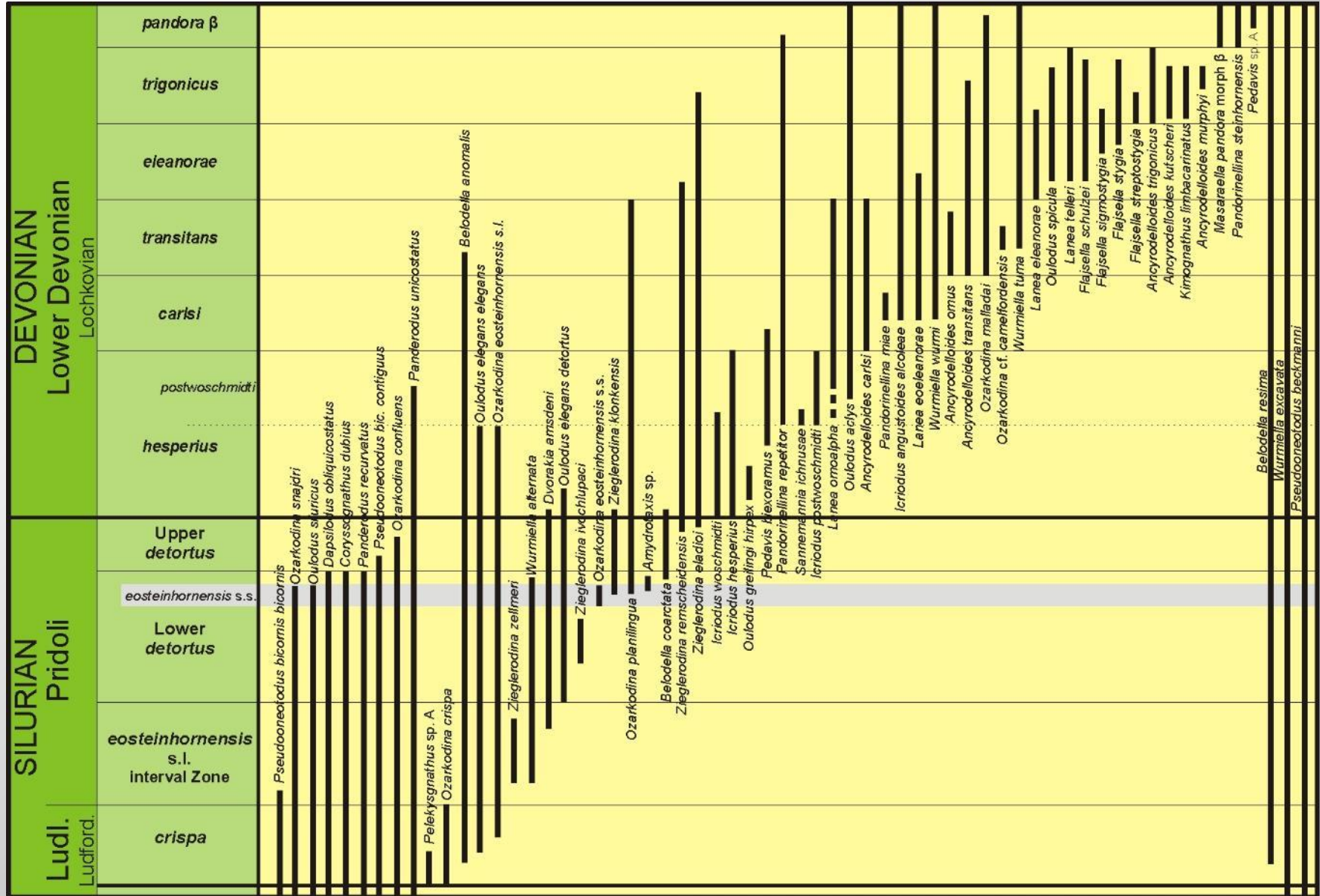
CARBONIFEROUS

	Ziegler (1962, 1969)	Sandberg et al. (1978)	Ziegler & Sandberg (1990)	Corradini (2003)	Kaiser et al. (2009)	Hartenfels (2011)	THIS WORK	selected events
CARBONIFEROUS	<i>S. duplicata</i> - <i>Ps. triangulus</i> <i>inequalis</i>	Upper <i>duplicata</i>		Upper <i>duplicata</i>	<i>hassi</i>		<i>Si. hassi</i>	← FAD <i>Si. hassi</i> , <i>Si. cooperi</i> M1
		Lower <i>duplicata</i>		Lower <i>duplicata</i>	<i>duplicata</i>		<i>Si. duplicata</i>	← FAD <i>Si. duplicata</i>
	<i>S. sulcata</i> - <i>Pr. kockeli</i>	<i>sulcata</i>	<i>sulcata</i>	<i>sulcata</i>	<i>sulcata/kuehni</i>		<i>Pr. kockeli</i>	← FAD <i>Si. bransoni</i> ← FAD <i>Pr. kuehni</i> ▲ FAD <i>Pr. kockeli</i>
DEVONIAN	Lower <i>Prot. fauna</i>	<i>praesulcata</i>	Up. <i>praesulcata</i>	Up. <i>praesulcata</i>	<i>kockeli</i>			
	Upper <i>costatus</i>		Mid. <i>praesulcata</i>		<i>cost.-kock. int.</i>			
			Low. <i>praesulcata</i>	Low. <i>praesulcata</i>	<i>praesulcata</i>			
	Middle <i>costatus</i>		Upper <i>expansa</i>	Upper <i>expansa</i>	Upper <i>expansa</i>		<i>Bi. ultimus</i>	▲ FAD <i>Pr. collinsoni</i> ▲ ? FAD <i>Siphonodella</i> ▲ FAD <i>Pr. meischneri</i>
	Lower <i>costatus</i>							← FAD <i>Bi. ultimus</i>
			Middle <i>expansa</i>	Middle <i>expansa</i>	Middle <i>expansa</i>	<i>Bi. ac. aculeatus</i>	<i>Bi. costatus</i>	← FAD <i>Bi. costatus</i>
	Upper <i>styriacus</i>						<i>Bi. ac. aculeatus</i>	← FAD <i>Bi. ac. aculeatus</i>
Middle <i>styriacus</i>		Lower <i>expansa</i>	Lower <i>expansa</i>	Lower <i>expansa</i>	<i>Bi. st. stabilis</i>		← FAD <i>Bi. jugosus</i>	

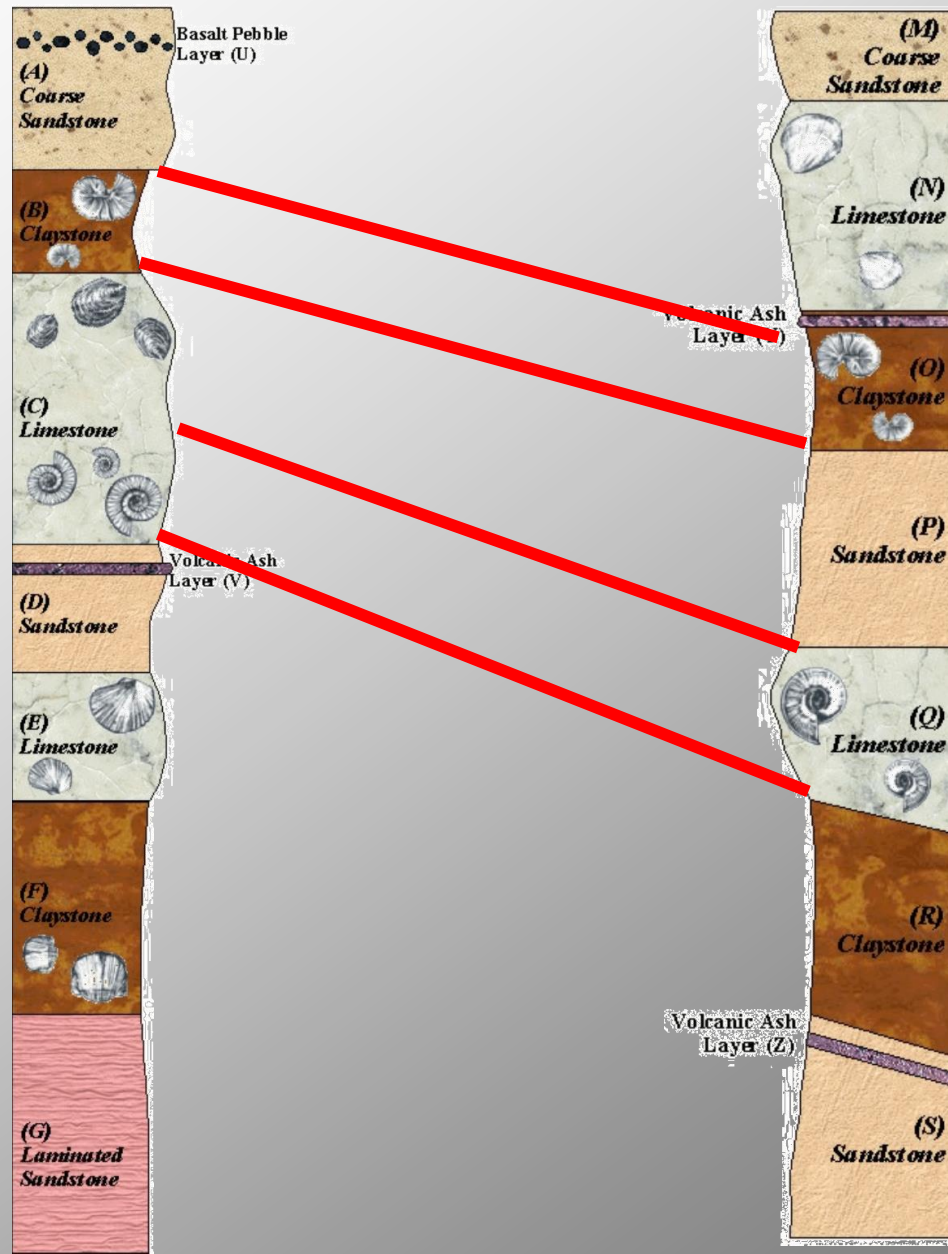
SCHEMI DI BIOZONAZIONE

	Murphy & Valenzuela-Ríos (1999)	Ogg et al. (2008)	Cramer et al. (2011)	Corradini & Corrìga 2012	
DEVONIAN LOWER DEVONIAN Lochkovian	pandora beta	pesavis		pandora β	FAD <i>M. pandora</i> β
	trigonicus	delta		trigonicus	FAD <i>Ad. trigonicus</i>
	eleanorae			eleanorae	FAD <i>Ad. eleanorae</i>
	transitans			transitans	FAD <i>Ad. transitans</i>
	omoalpha			carlsi	
	eurekaensis	eurekaensis		postwoschmidti	FAD <i>Ad. carlsi</i>
	hesperius	postwoschmidti woschmidti		hesperius	
SILURIAN PRIDOLI		elegans detortus	detortus	Upper detortus	FAD <i>Icr. hesperius</i> LAD <i>D. obliquicostatus</i>
		remscheidensis <i>i. Z.</i>	eosteinhornensis s.l. <i>i. Z.</i>	Lower detortus	FAD <i>Oul. el. detortus</i>
		crispa	crispa	eosteinhornensis s.l. <i>i. Z.</i>	LAD <i>Oz. crispa</i>
L:		crispa	crispa	crispa	

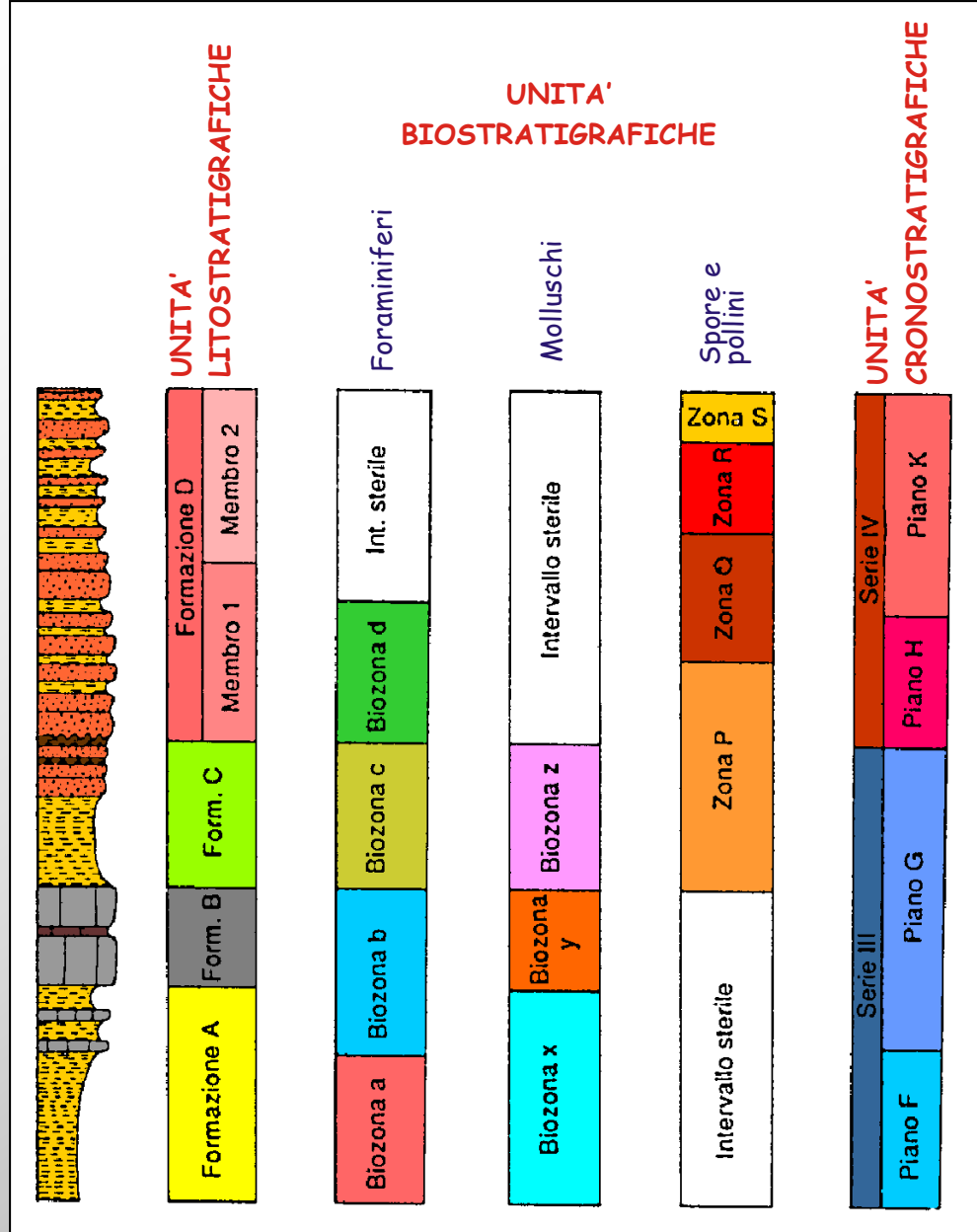
SCHEMI DI BIOZONAZIONE



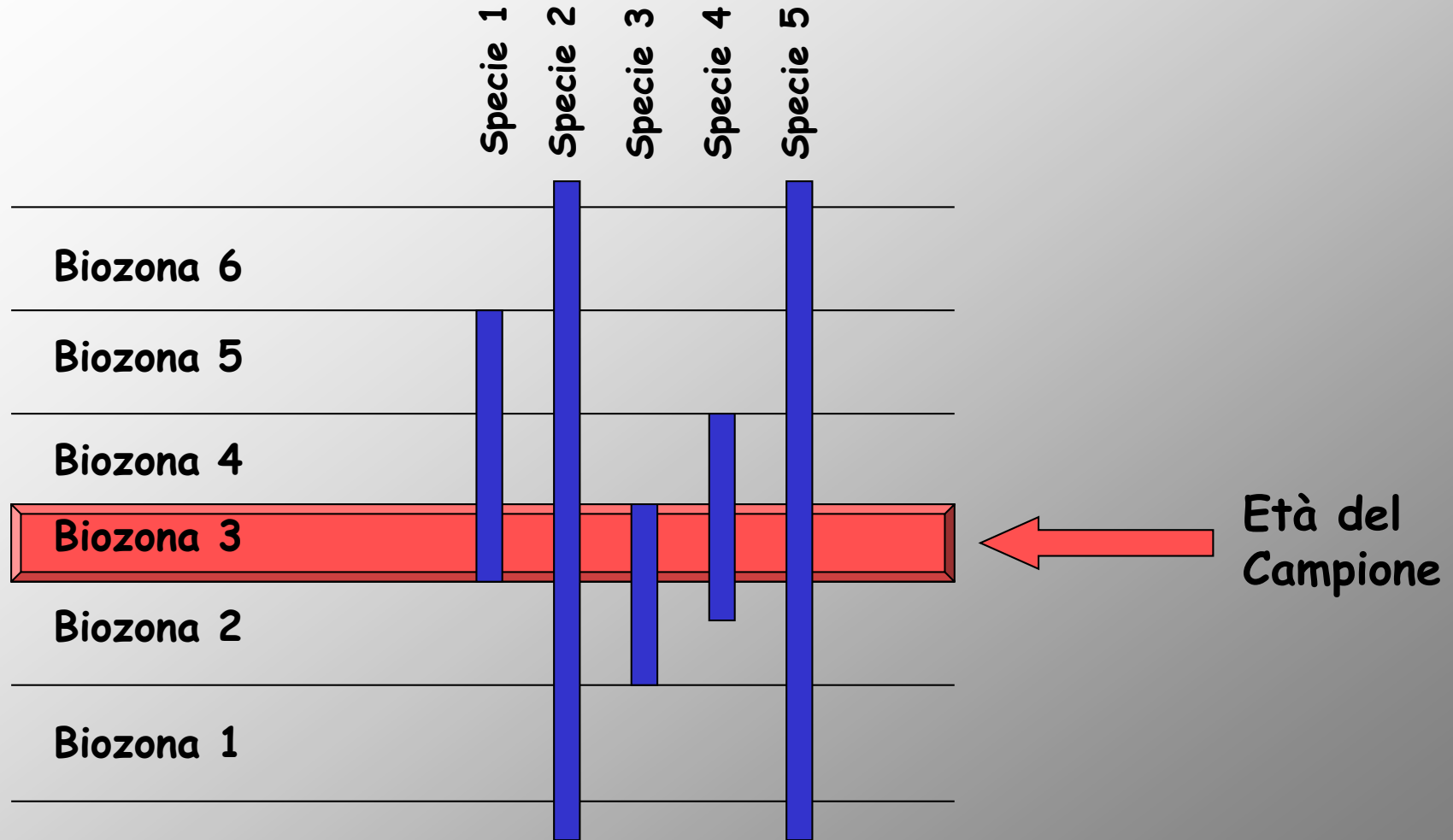
CORRELAZIONE TRAMITE FOSSILI



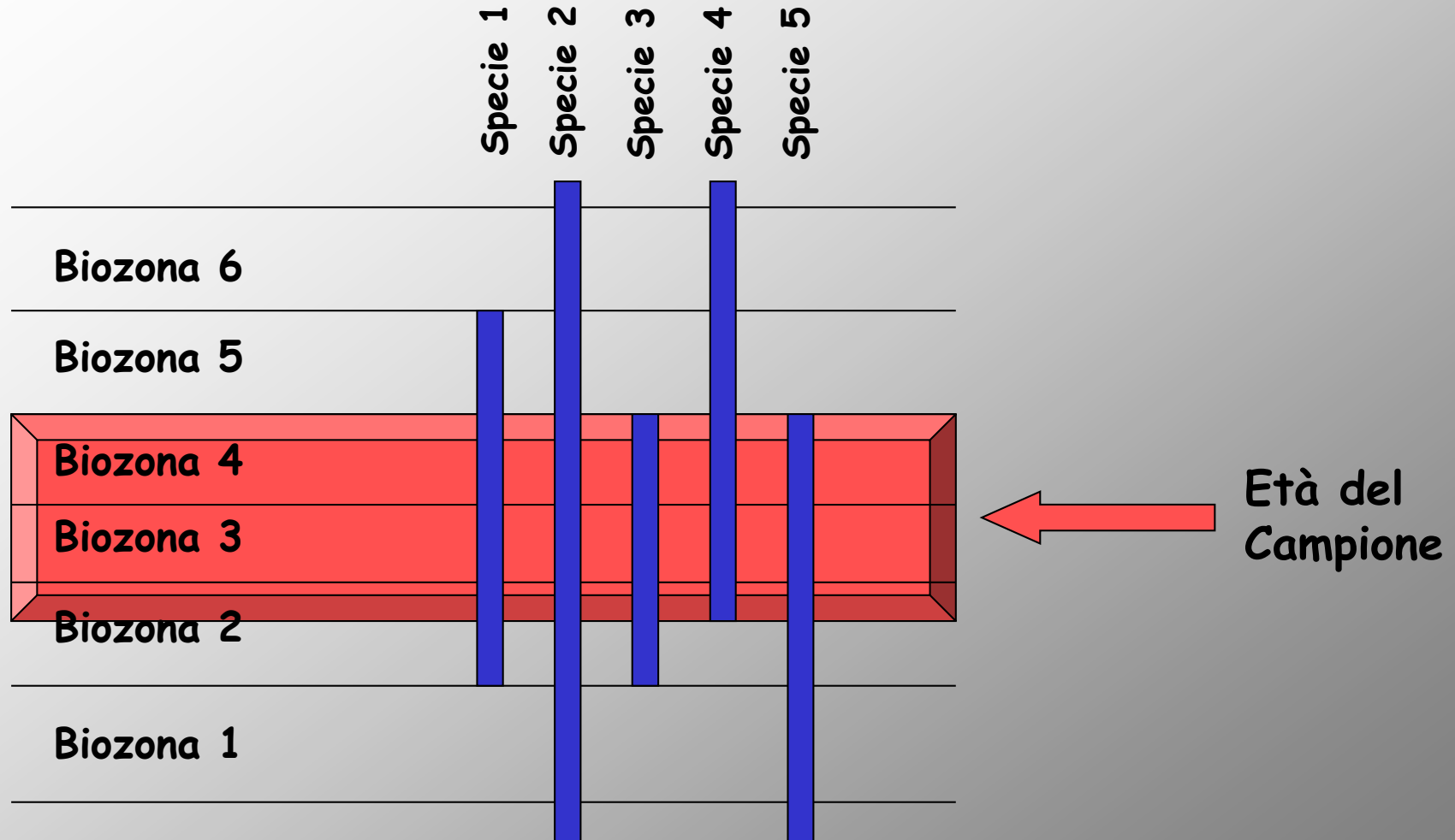
RAPPORTI TRA UNITA' STRATIGRAFICHE



DATAZIONE DI UN CAMPIONE



DATAZIONE DI UN CAMPIONE



DATAZIONE DI UN CAMPIONE

