

I MONTI PISANI: TESTIMONIANZE DI 450 MILIONI DI ANNI DI STORIA

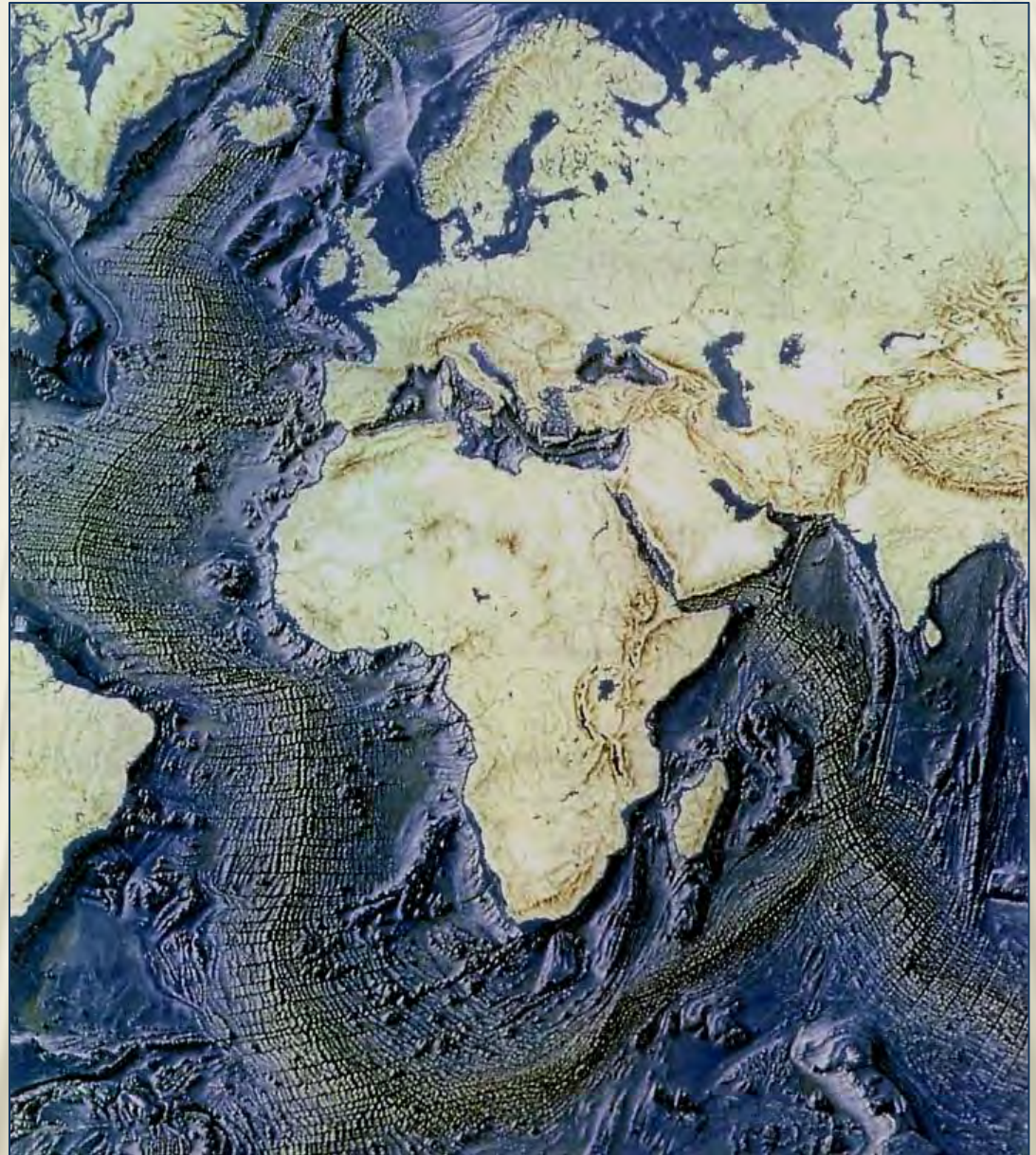


Marco Tongiorgi

Una necessaria premessa

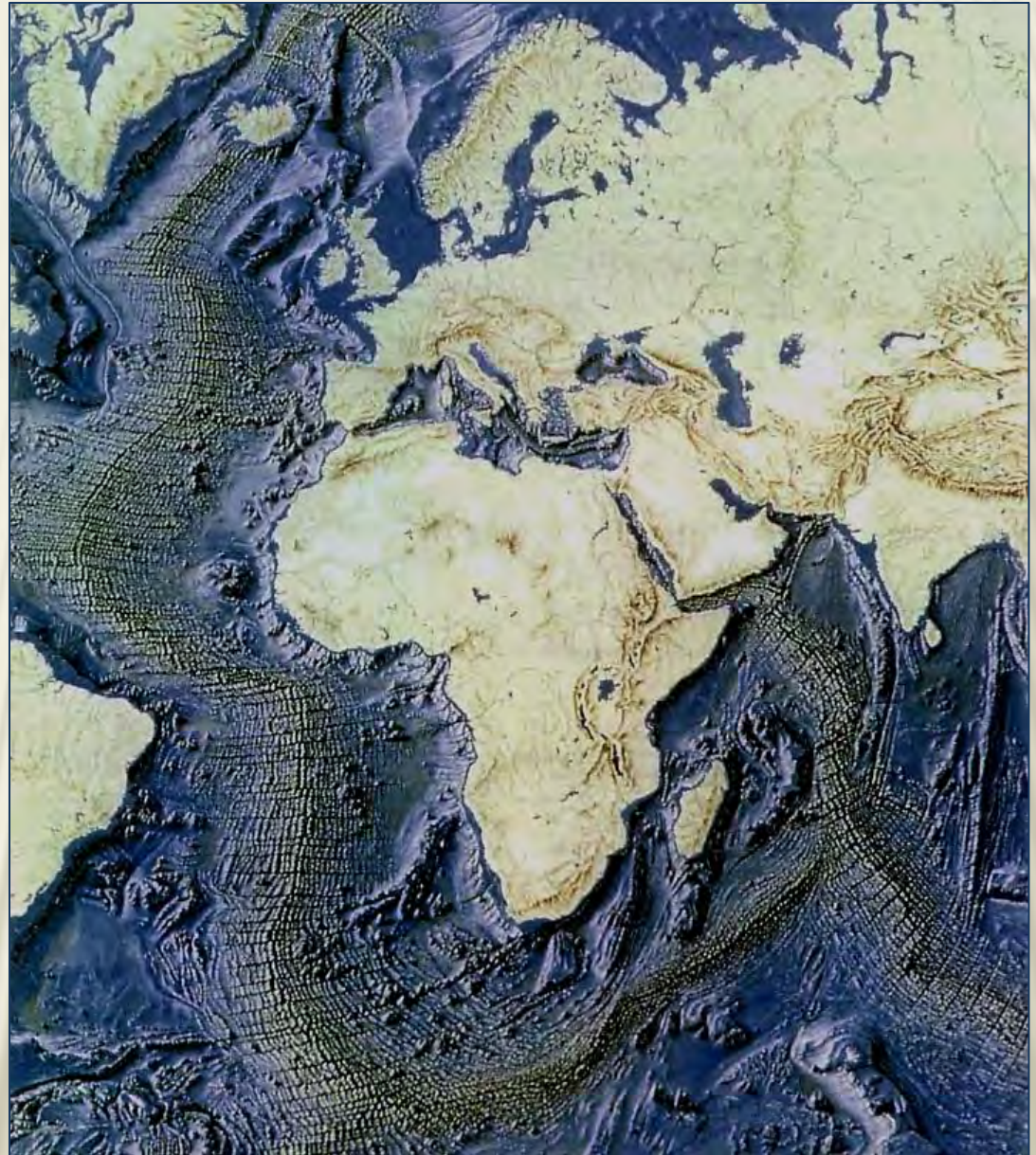
La scoperta, pochi anni dopo la 2° Guerra mondiale, della conformazione e della composizione degli oceani ha costituito la base per la "tettonica delle placche".

In sintesi: gli oceani si vanno allargando, a partire dalle dorsali oceaniche, a causa del continuo afflusso di nuovo materiale dalle profondità del "mantello".



Una necessaria premessa

Sui due lati opposti rispetto all'oceano, i due continenti giungono in collisione con altri continenti (in altre parole, mentre l'Atlantico si allarga, il Pacifico deve per forza restringersi: l'Asia e le due Americhe in futuro si congiungeranno). I margini sovrapposti e deformati dei continenti in collisione costituiscono le nuove catene montuose.



L'inizio della la storia di un Oceano



Ma come comincia tutta questa storia, cioè come inizia la formazione di un oceano?

Inizia con una spaccatura (in inglese "rift") di un continente (es. il "rift" che tende a separare il Corno d'Africa dal resto del continente): è lo *stadio di rift continentale*.

Poi la crosta continentale tende a lacerarsi: è lo *stadio di golfo proto-oceanico tipo Mar Rosso*.

Quando la crosta è lacerata, il sistema evolve fino allo *stadio di bacino oceanico di tipo Atlantico*.

Comincia la sedimentazione

Sia nello stadio di rift che in quelli successivi, i detriti provenienti dai bordi rialzati del continente cominceranno a produrre nuovi depositi sedimentari nella depressione.

Su cosa poggiano questi depositi? I primi a formarsi poggeranno sul sottostante basamento antico, deformato ed eroso, del continente. Tra i due mancano testimonianze di interi periodi geologici; questo indica che c'è stata una fase di erosione tra i due eventi. Questa erosione può aver causato lo smantellamento di una più antica catena montuosa.

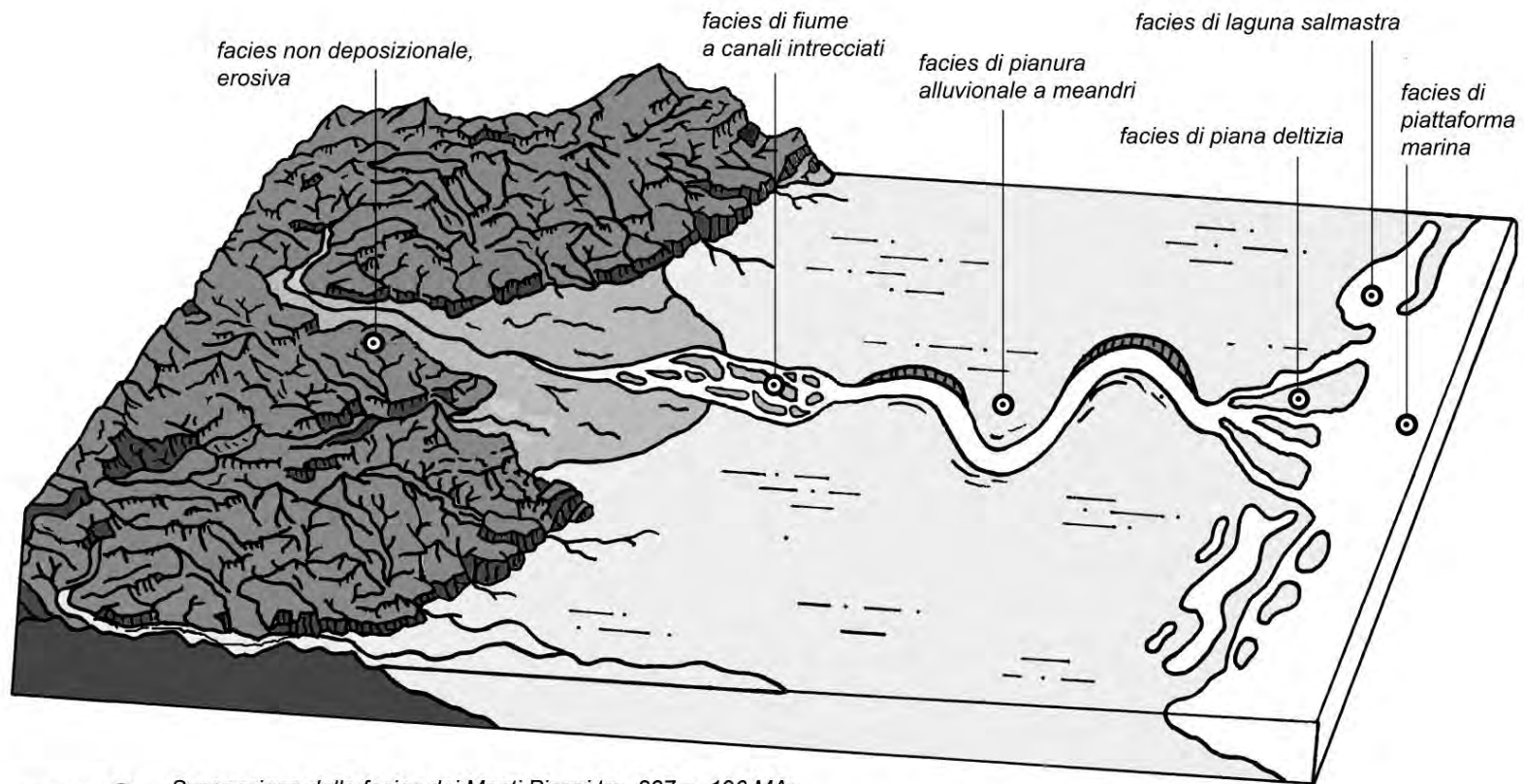


Entra il mare nel continente

Se in generale chiamiamo "*facies*" l'insieme delle caratteristiche dei depositi sedimentari di un determinato ambiente, i depositi successivi formeranno nel tempo una pila di sedimenti sovrapposti (una "sequenza sedimentaria") cioè una successione di facies sedimentarie.

Durante l'evoluzione di un "rift" verso la formazione di un oceano, quello che lega i diversi stadi di questo percorso è la progressiva entrata del mare all'interno di un continente. Questa successione di eventi si indica col nome di "*trasgressione*".





.....○..... Successione delle facies dei Monti Pisani tra -237 e -196 MA:
equivale ad un percorso dai monti al mare durante una trasgressione

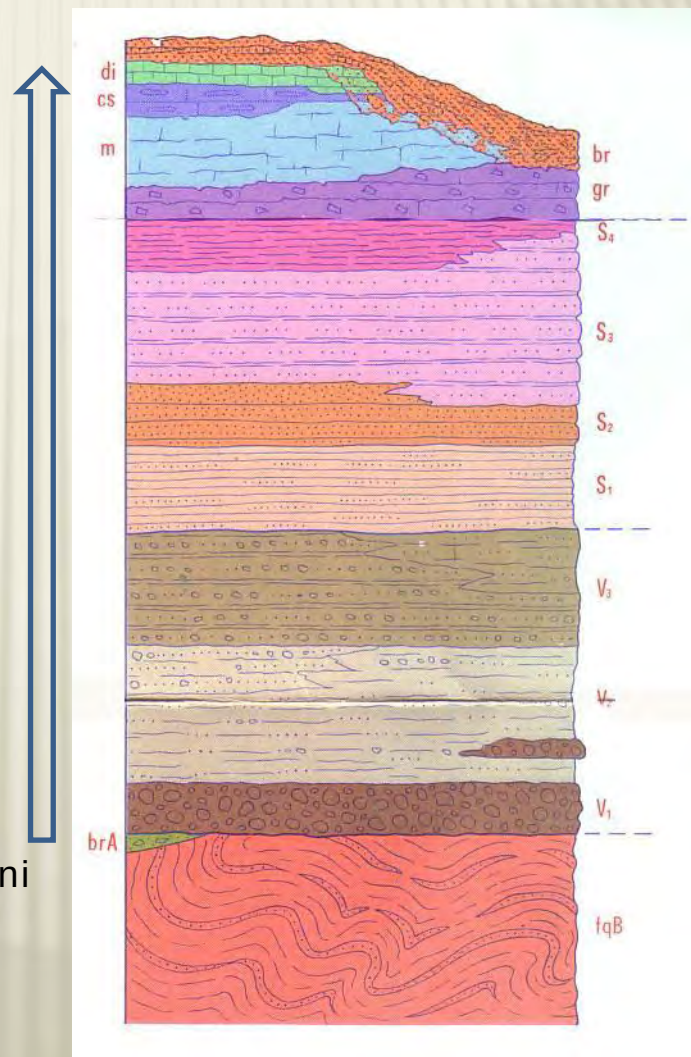
Dire che "il mare entra gradualmente nella fossa (il rift) mentre noi siamo fermi" ha lo stesso significato che dire "il mare sta fermo e noi avanziamo verso la costa". In questo percorso noi incontreremmo diverse facies sedimentarie, sempre più vicine al mare.

Un viaggio nel tempo

Una sequenza trasgressiva rappresenta dunque una serie di intervalli temporali sovrapposti (dal più antico al più recente). Percorrere l'intera sequenza dal basso verso l'alto equivale ad un viaggio nel tempo.

Ma, per quello che abbiamo visto, equivale anche ad un viaggio nello spazio (dagli ambienti più prossimali a quelli più distali, cioè quelli marini).

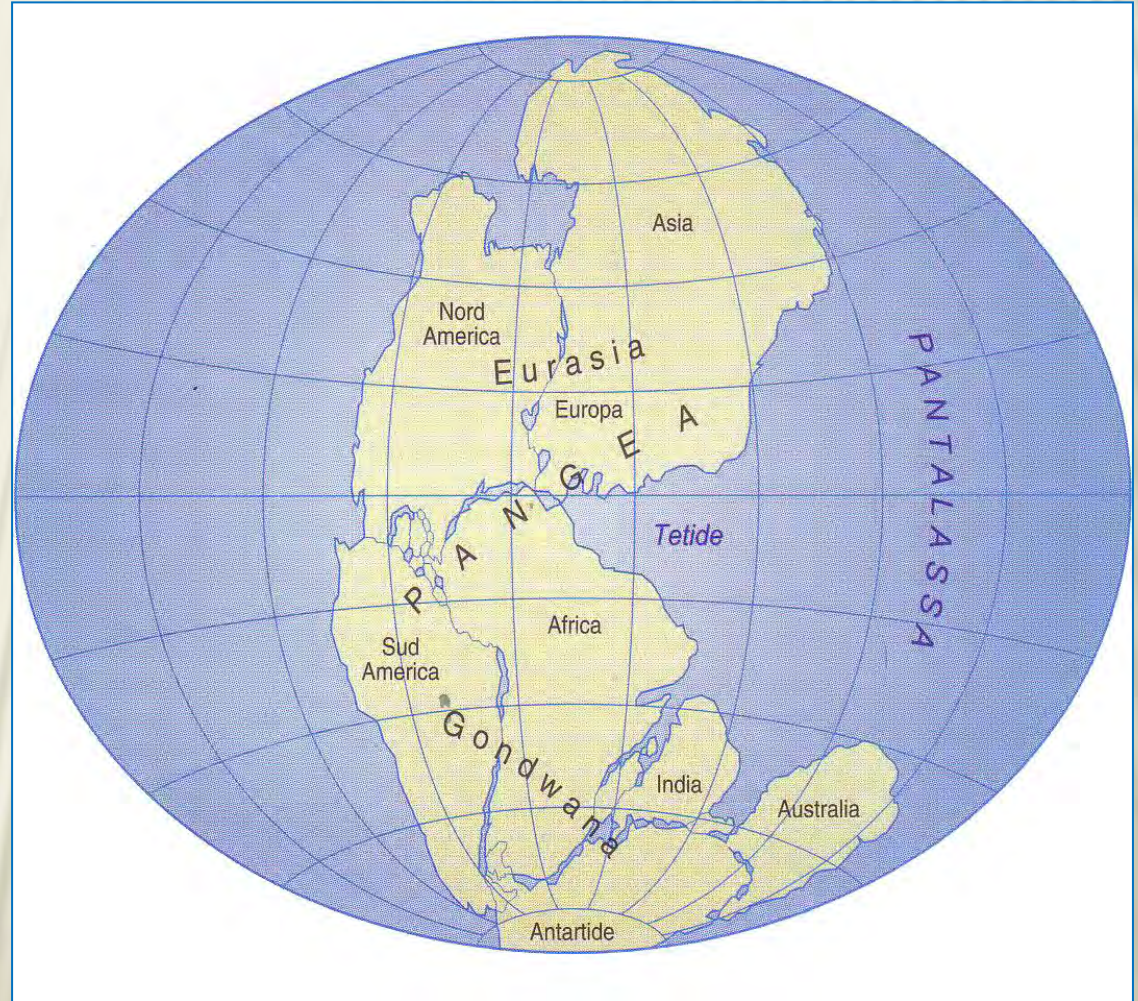
La sequenza trasgressiva dei Monti Pisani



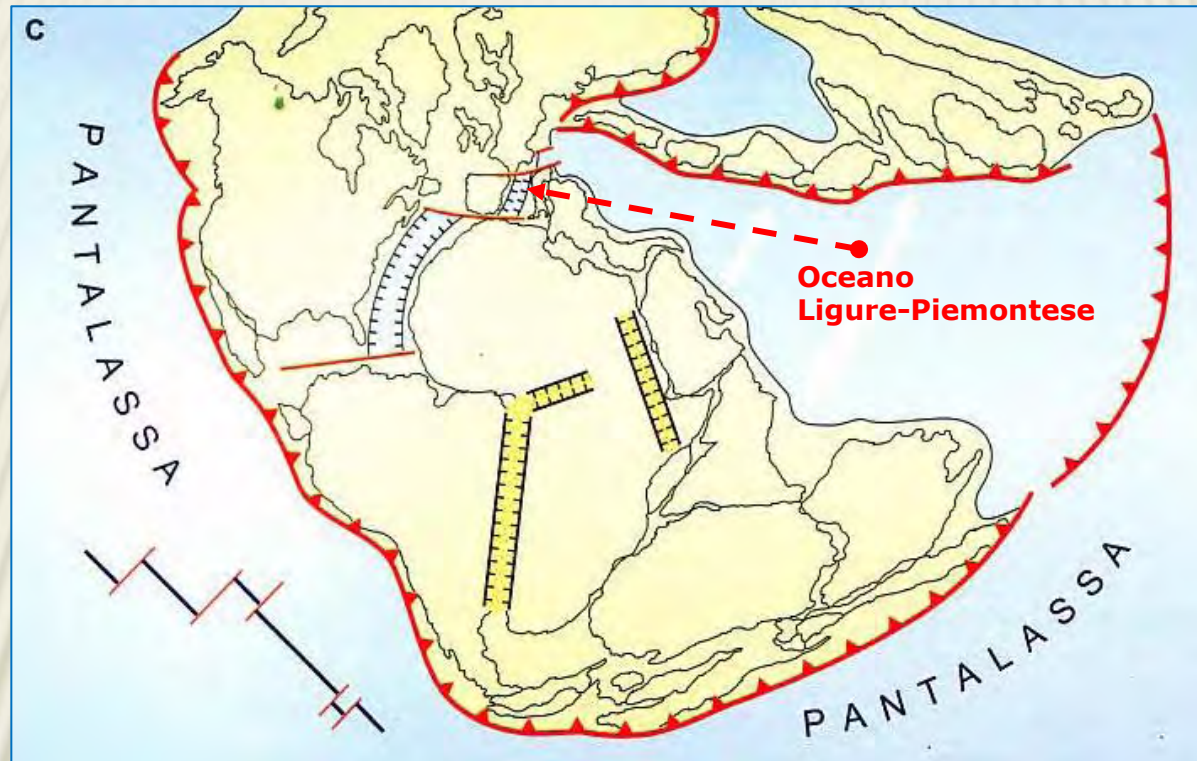
Un supercontinente (-251 MA)

Alla fine del Paleozoico (-251 MA) tutti gli attuali continenti erano confluiti a formare un unico supercontinente che è stato chiamato "Pangea".

L'Oceano Atlantico non esisteva ancora.



Nasce l'Atlantico(-200 MA)



Circa 200 Milioni di anni fa un piccolo oceano "satellite" dell'Atlantico settentrionale ("Oceano Ligure-Piemontese") si andava formando tra Italia ed Europa del Sud.

Nasce l'Atlantico(-237 MA)



A -237 eravamo ancora allo stadio di rift continentale all'inizio di una "trasgressione". La posizione dell'Appennino Settentrionale è qui indicata come "Toscana".

Il basamento antico



Nei Monti Pisani, subito sotto i primi depositi del "rift" (la base del "Verrucano": -237 MA) si trovano scisti antichi (datati a circa 450 MA) che si vedono a sinistra della foto (lungo la strada per il Serra, alle Grotte della Madonna, sopra a Buti). Il contatto è di tipo erosivo. Sono i resti, erosi e spianati di una antica catena, detta "Ercinica".

La foresta tropicale



Tra gli scisti antichi e il "Verrucano" (base del "rift"), vicino a S.Lorenzo a Vaccoli ("Via Pari") , ci sono localmente dei depositi, che abbiamo chiamato "Scisti di San Lorenzo", entro i quali si trovano piccoli banchi di carbon fossile, oggetto di sfruttamento durante la prima Guerra Mondiale.

La foresta tropicale



Negli "Scisti di San Lorenzo" sono abbondanti i fossili tipici della foresta Carbonifera (felci giganti, enormi equiseti...) datati a circa 300 MA. Testimoniano di depressioni palustri nelle montagne erciniche, già in gran parte smantellate. Foto alla "Via Pari", di fronte a S.Lorenzo a Vaccoli.

La foresta tropicale



Negli "Scisti di San Lorenzo" sono abbondanti i fossili tipici della foresta Carbonifera (felci giganti, enormi equiseti...) datati a circa 300 MA. Testimoniano di depressioni palustri nelle montagne erciniche, già in gran parte smantellate.

I depositi del rift continentale

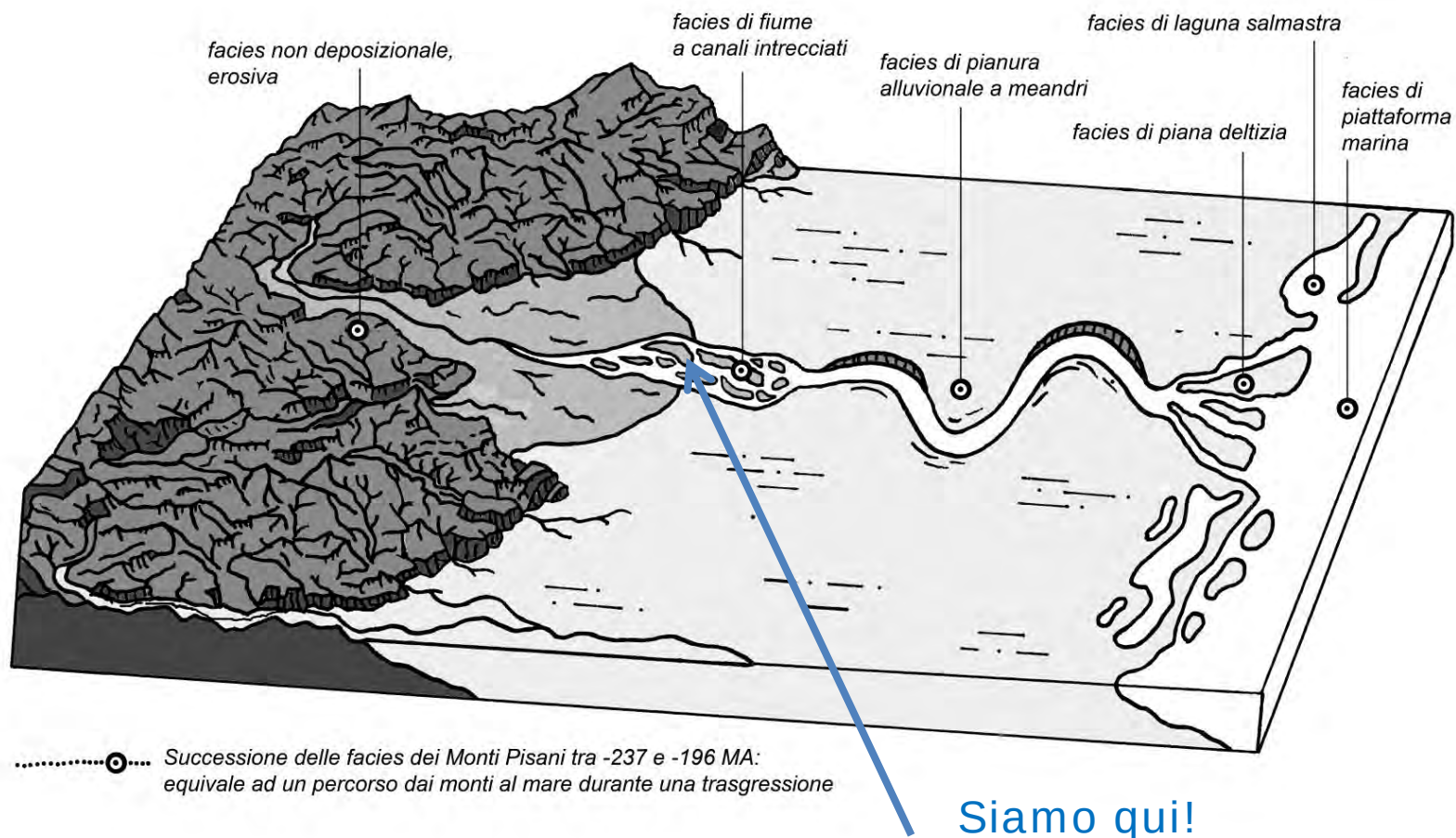


Siamo ora a -237 MA. Sul fondo del rift si trovano depositi grossolani (ciottolame) di facies fluviale prossimale (fiume a canali intrecciati). Si riconoscono bene nel paesaggio come spesse bancate (sulla Verruca, sotto il Faeta, nella Valle di Buti). "Anageniti": la Verruca vista da Noce.

I depositi del rift continentale



Anche da lontano si riconosce bene il ciottolame: ciottoli bianchi o talora macchiati di rosso violaceo. Foto alle Grotte della Madonna (sopra a Buti). Sono rocce ben conosciute dai valligiani dei nostri monti perché da queste si facevano le macine per i frantoi.

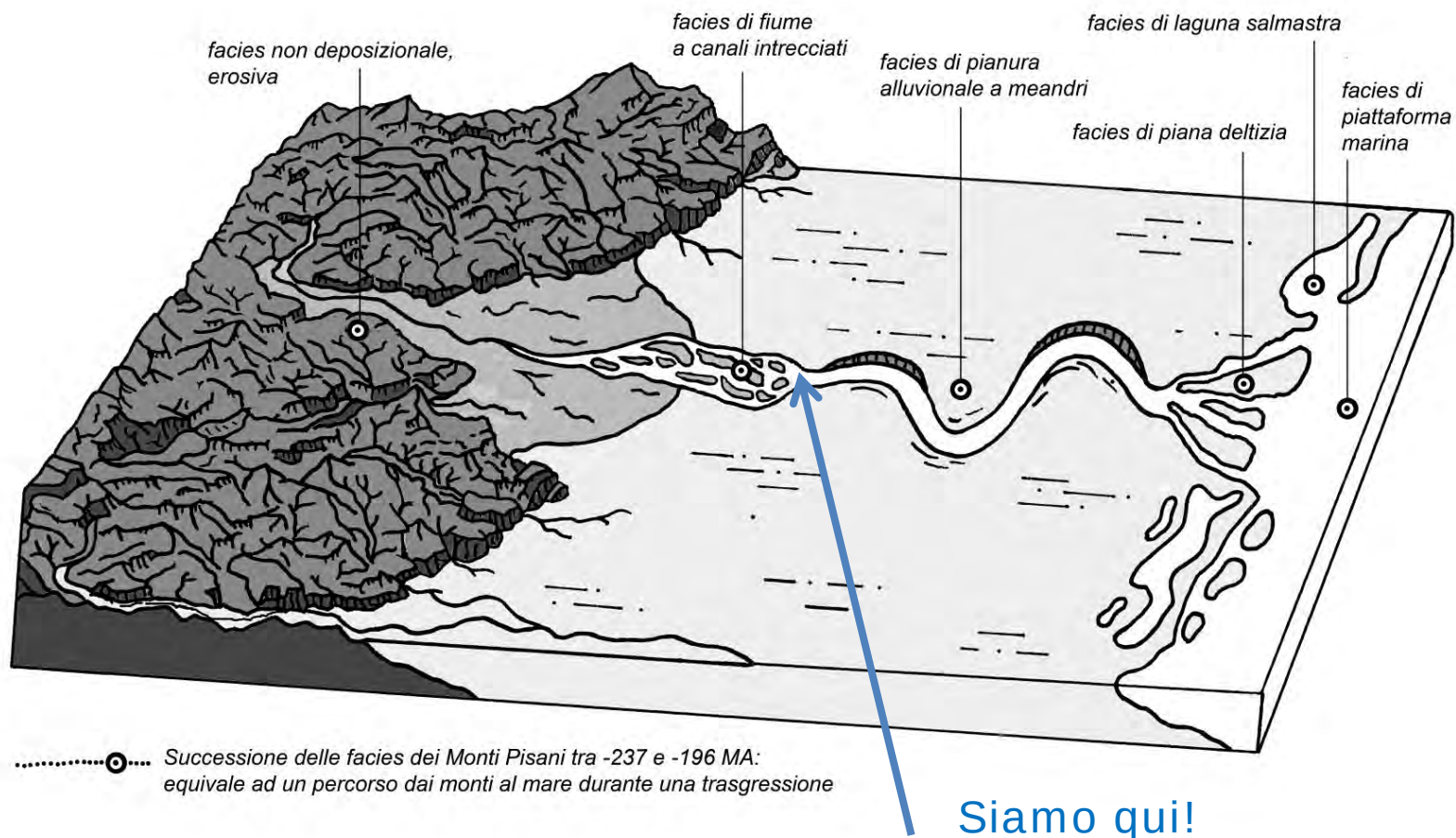


I depositi del rift continentale



Questo ciottolame diventa sempre più evidentemente stratificato verso l'alto: i singoli canali sono ben separati l'uno dall'altro da intercalazioni di materiale fine, di colore violaceo.

Siamo nell'alta pianura, dove i fiumi assumono gradualmente le caratteristiche di fiumi a meandri (Grotte della Madonna, sopra a Panicale)



I depositi del rift continentale



Salendo ancora, vediamo testimonianze ("Scisi viola") di una pianura inondabile, dominata dal fango depositato durante le esondazioni dei fiumi. Il clima è quello di una savana e i materiali fini della piana sono di colore rosso: appaiono violacei a causa di fenomeni (alte temperature ecc.) legati alla formazione dell'Appennino. Costa Moriglione, sotto lo Spuntone di Santallago.

I depositi del rift continentale



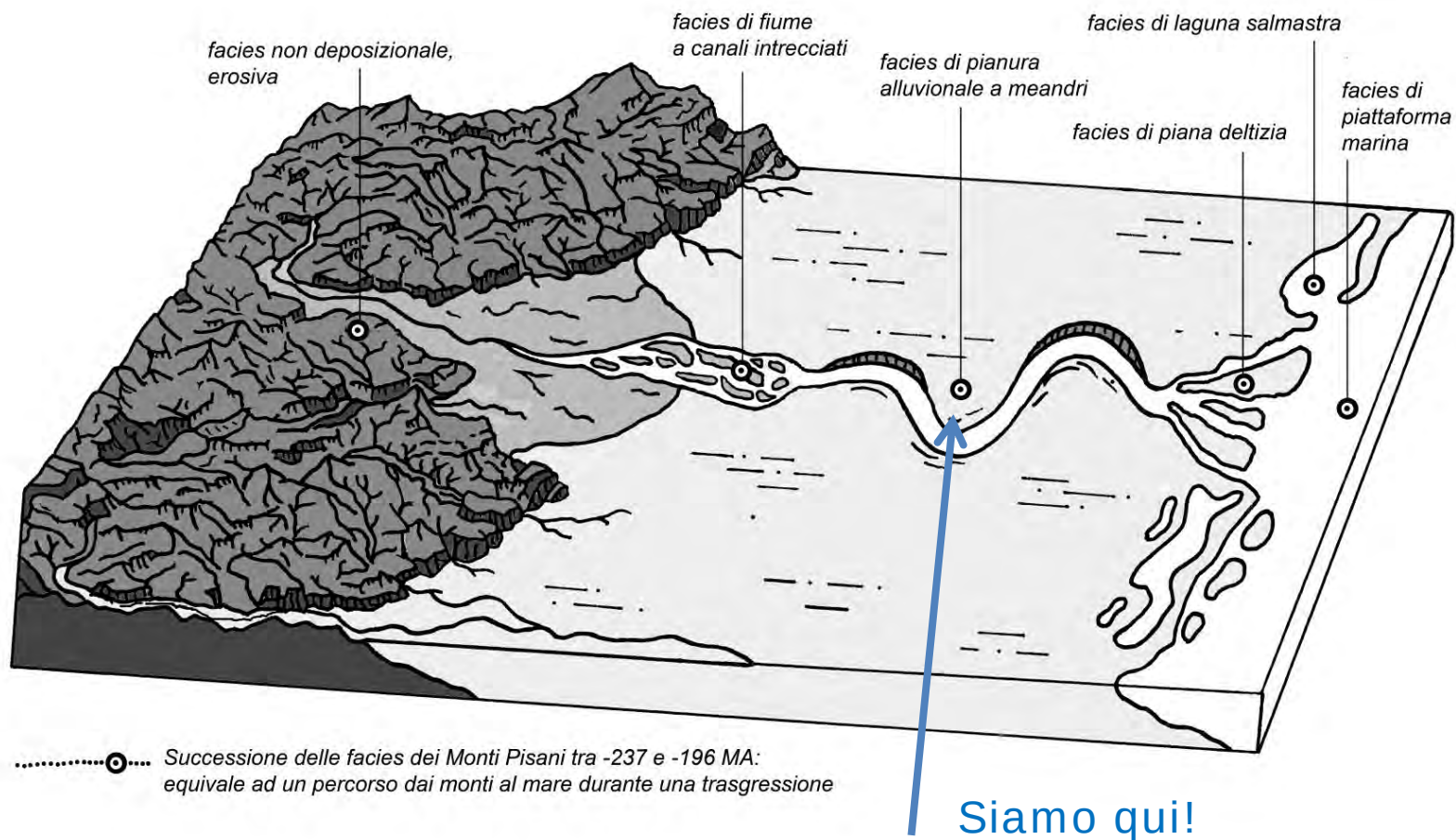
I fanghi violacei si alternano a banchi più grossolani (sabbie e ghiaie): le intercalazioni viola sono depositi di pianura, i banchi chiari corrispondono a materiali deposti nei canali fluviali. Alcuni hanno strutture sedimentarie tipiche degli attuali meandri. "Anageniti minute" sul fianco sud dello Spuntone di Santallago.

I depositi del rift continentale

In alcuni banchi si osservano strutture sedimentarie come quelle qui rappresentate: i piccoli canaletti (concavi) sono attualmente visibili nelle golene dei fiumi, al decadere della piena.

"Anageniti minute" alla Costa Moriglione, sotto lo Spuntone di Santallago.



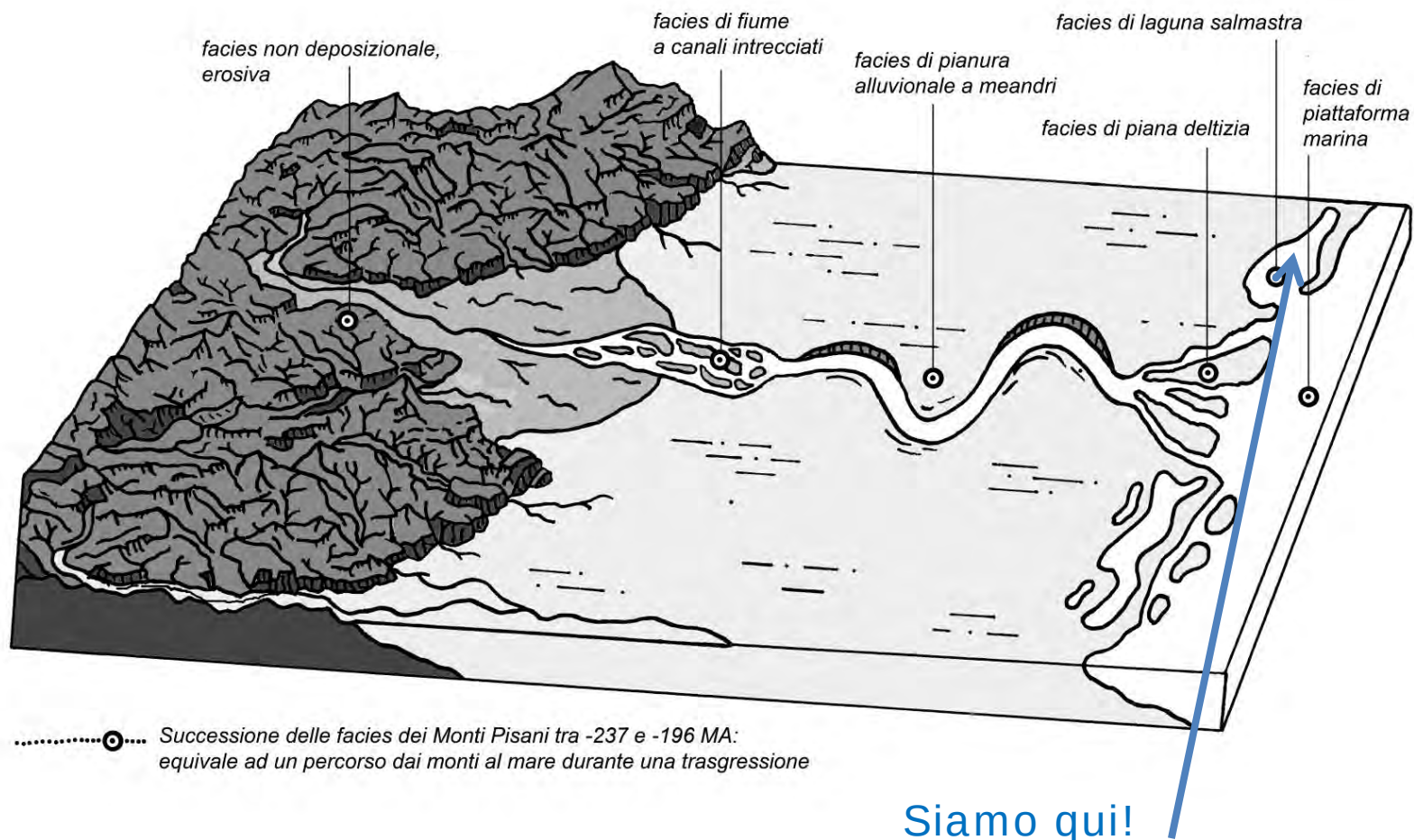


I depositi del rift continentale

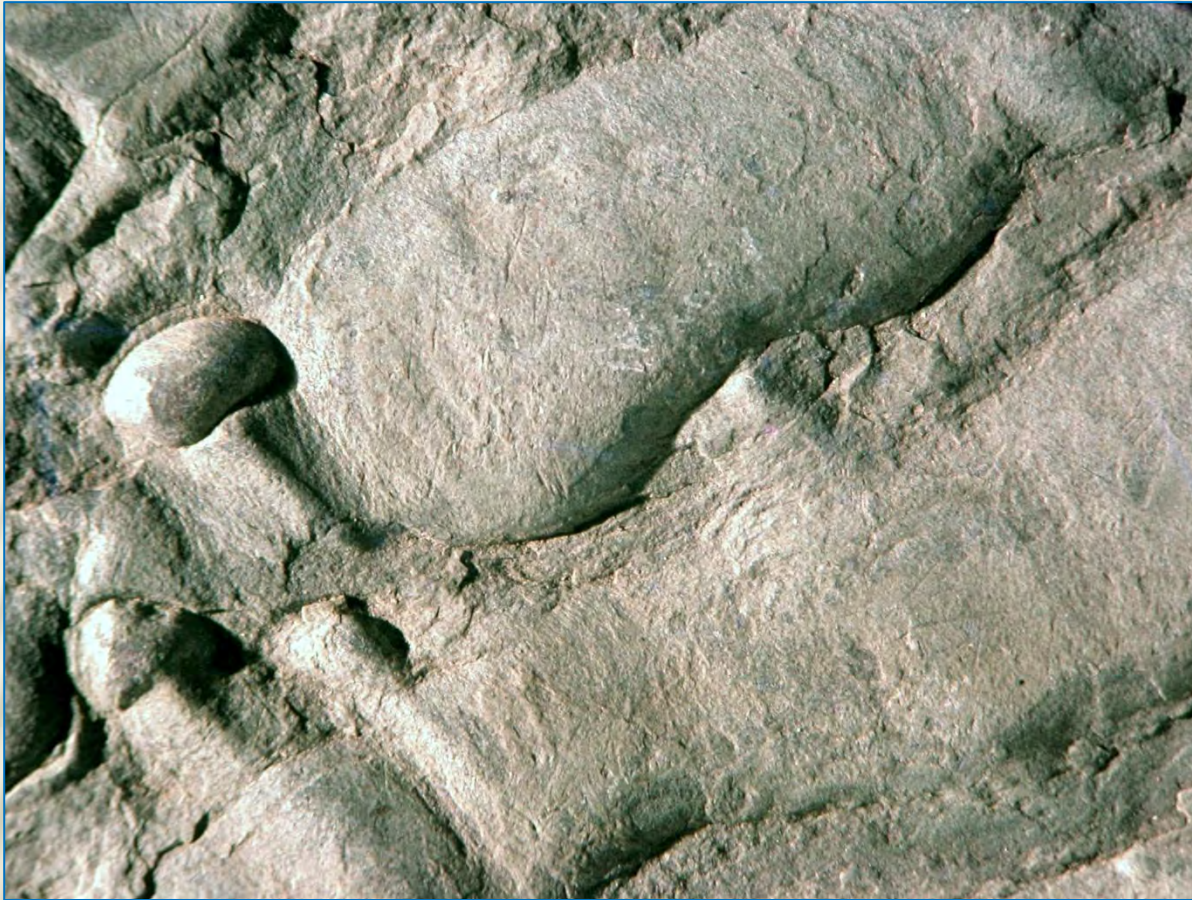
Bisogna renderci conto che i delta in breve tempo si spostano lateralmente, come del resto anche i canali fluviali.

Per questo non deve far meraviglia se, scendendo nella pianura fluviale verso il mare, non si incontra sui Monti Pisani subito il delta ma una laguna salmastra e talora sopra-salata (come oggi quelle ai margini del delta del Po), con conchiglie fossili di mare basso e piccole ondulazioni sul fondo melmoso (come si vedono anche oggi subito sotto alla battigia). "Scisti verdi", al Terminetto, sopra ad Agnano.





I depositi del rift continentale



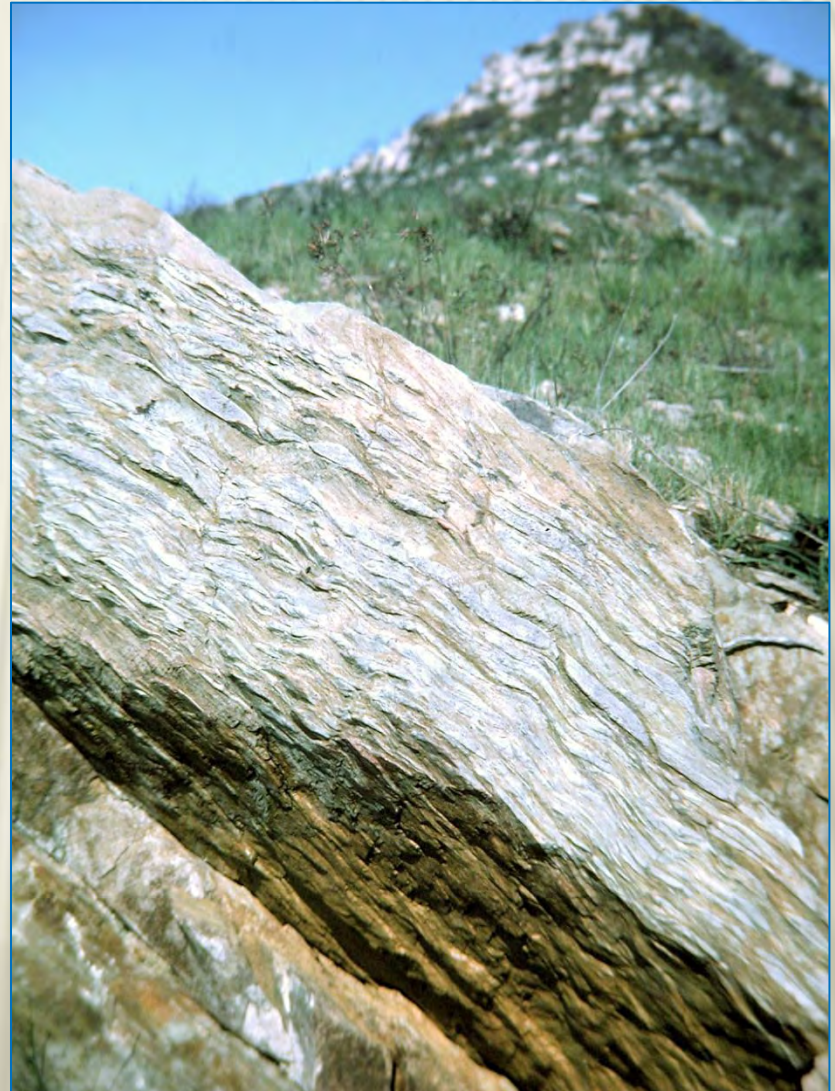
Nella laguna le ondulazioni sul fondo (impronte delle onde) sono quasi sempre asimmetriche, rivelando lo scorrere delle onde. Nella foto è evidente il movimento da sinistra in alto a destra in basso. Terminetto, sopra Agnano.

I depositi del rift continentale

Quando si guarda uno strato in sezione verticale, le ondulazioni sul fondo ("ripple marks") appaiono come piccolissime dune di sabbia: dalla inclinazione delle dune si può vedere la direzione del trasporto.

Le dunette sono sempre a coppie, avanti e indietro, rivelando il flusso e il riflusso delle onde di marea.

Nei pressi della strada provinciale del Monte Serra, poco sotto Prato a Ceragiola, verso Castelmaggiore.



I depositi del rift continentale



Qualche volta (alla Piavola, presso Buti, paese distrutto dai Tedeschi nel 1944) sulle superfici di strato si vedono impronte stellate: sono cristalli di gesso che indicano un fondo sovra-salato. Qualche volta la laguna evaporava e si depositavano sali marini.

I depositi del rift continentale



Al Terminetto (Agnano) sulle superfici di strato si vedono altre impronte stellate: sono stelle di mare, gettate nella laguna da qualche mareggiata. I fossili marini di Agnano sono stati datati a 222 MA.

I depositi del rift continentale

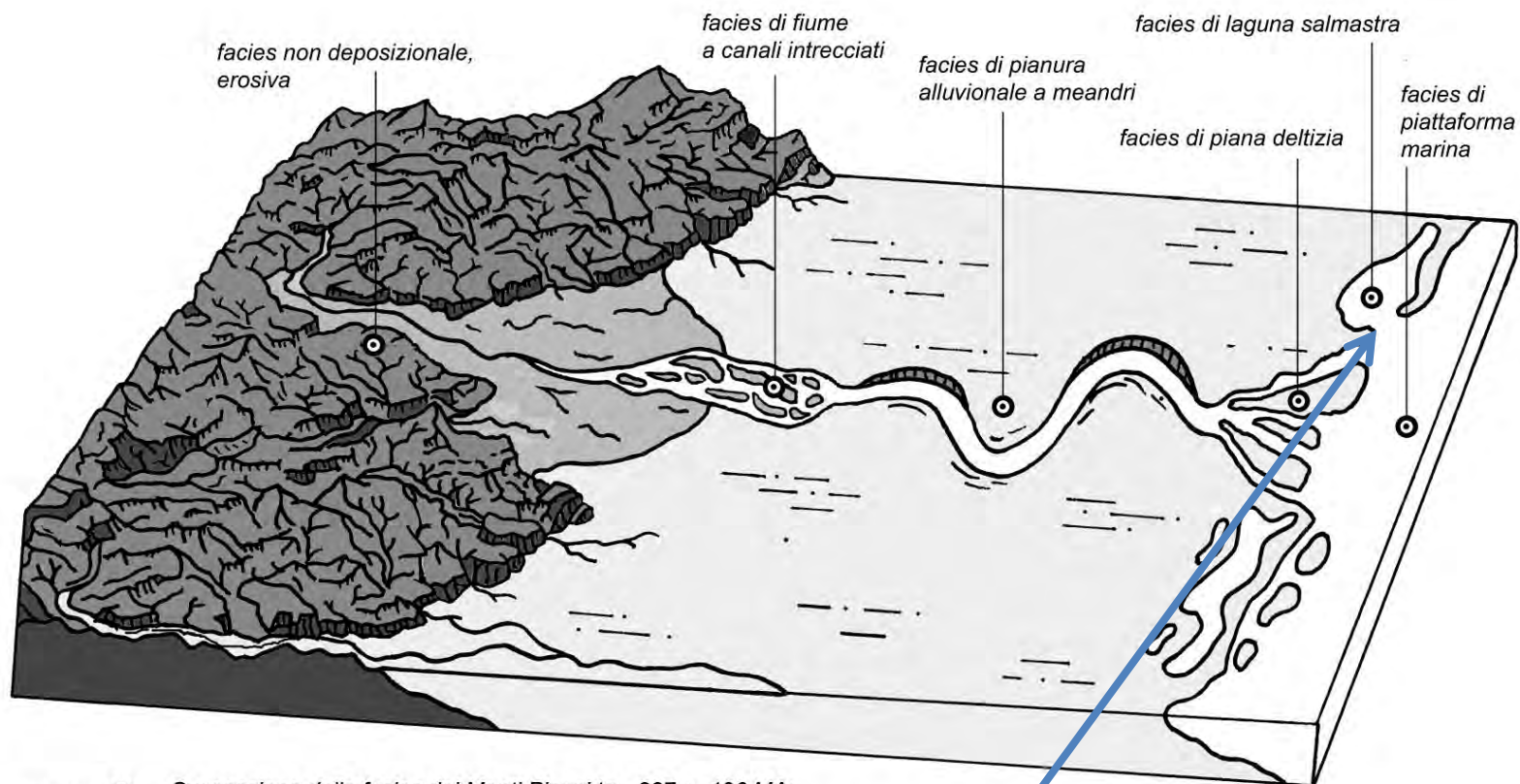


Sopra la laguna compaiono delle sabbie quarzose ("Quarziti verdi"). Il colore verde indica ambiente relativamente poco ossigenato, lo stesso della laguna. Sopra a Castelmaggiore, presso S.Bernardo.

I depositi del rift continentale



La stratificazione a festoni concavi indica bassi canali fluviali: è il delta che si espande verso valle e invade la laguna. Il delta sta ricevendo importanti afflussi di materiale terrigeno ...



.....○..... Successione delle facies dei Monti Pisani tra -237 e -196 MA:
equivale ad un percorso dai monti al mare durante una trasgressione

Siamo qui!

I depositi del rift continentale



Seguono depositi più grossolani: sabbie quarzose chiare e ciottoletti sul fondo di canali. Il materiale fine è di nuovo color viola: siamo quindi di nuovo in territorio subaereo. Verruca, sopra alla Focetta.

I depositi del rift continentale

I canali sono poco profondi (siamo nella piana deltizia emersa): infatti in alcuni di questi si osservano orme di piccoli dinosauri e grossi rettili.

Questa impronta è stata lasciata da un rettile bipede, probabilmente da un dinosauro simile a Errerasauro. Lo scheletro di Errerasauro è stato scoperto in Argentina in rocce antiche 228 MA. Si tratta di uno dei più antichi dinosauri noti fino ad oggi.

“Quarziti bianco-rosa”, Monte Verruca, circa 100 m sopra alla Focetta.



I depositi del rift continentale

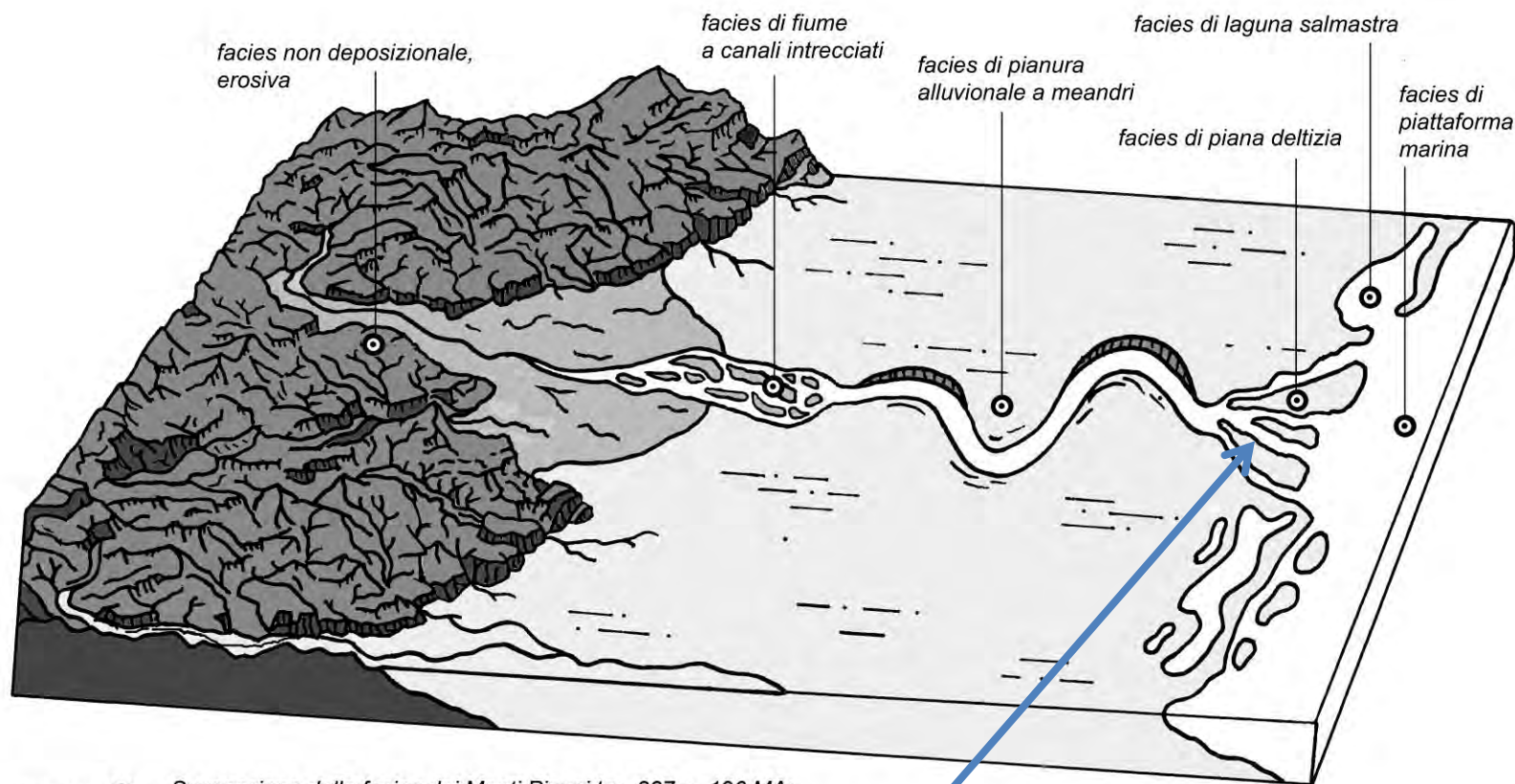
Grallator toscanus

Questa famosa orma di dinosauro è stata per molti anni l'unica testimonianza nota della presenza di dinosauri in Italia.

Solo recentemente è stata attribuita a *Grallator*.

Orma di piede. Agnano, cava nella Valle della Polla, sommità delle "Quarziti bianco-rosa". Museo di Geologia e Paleontologia Università di Firenze.





I depositi del rift continentale

Cessa l'apporto sedimentario grossolano e troviamo depositi molto fini di piana deltizia emersa o di stagno costiero, a sedimentazione molto lenta e regolare.

Sono le condizioni ottimali per registrare i più diversi eventi accaduti durante e subito dopo i singoli straterelli prodotti da questa tranquilla sedimentazione.

Ne vedremo diversi esempi nelle "Quarziti viola zonate" della Valle della Polla, sotto la Costia, Agnano



I depositi del rift continentale



Sommità delle “Quarziti bianco-rosa” o “Quarziti viola zonate” , Museo di Geologia e Paleontologia dell’Università di Firenze (quasi certamente da Agnano): mani e piedi di un piccolo rettile simile a una lucertola, con tracce della coda.

I depositi del rift continentale



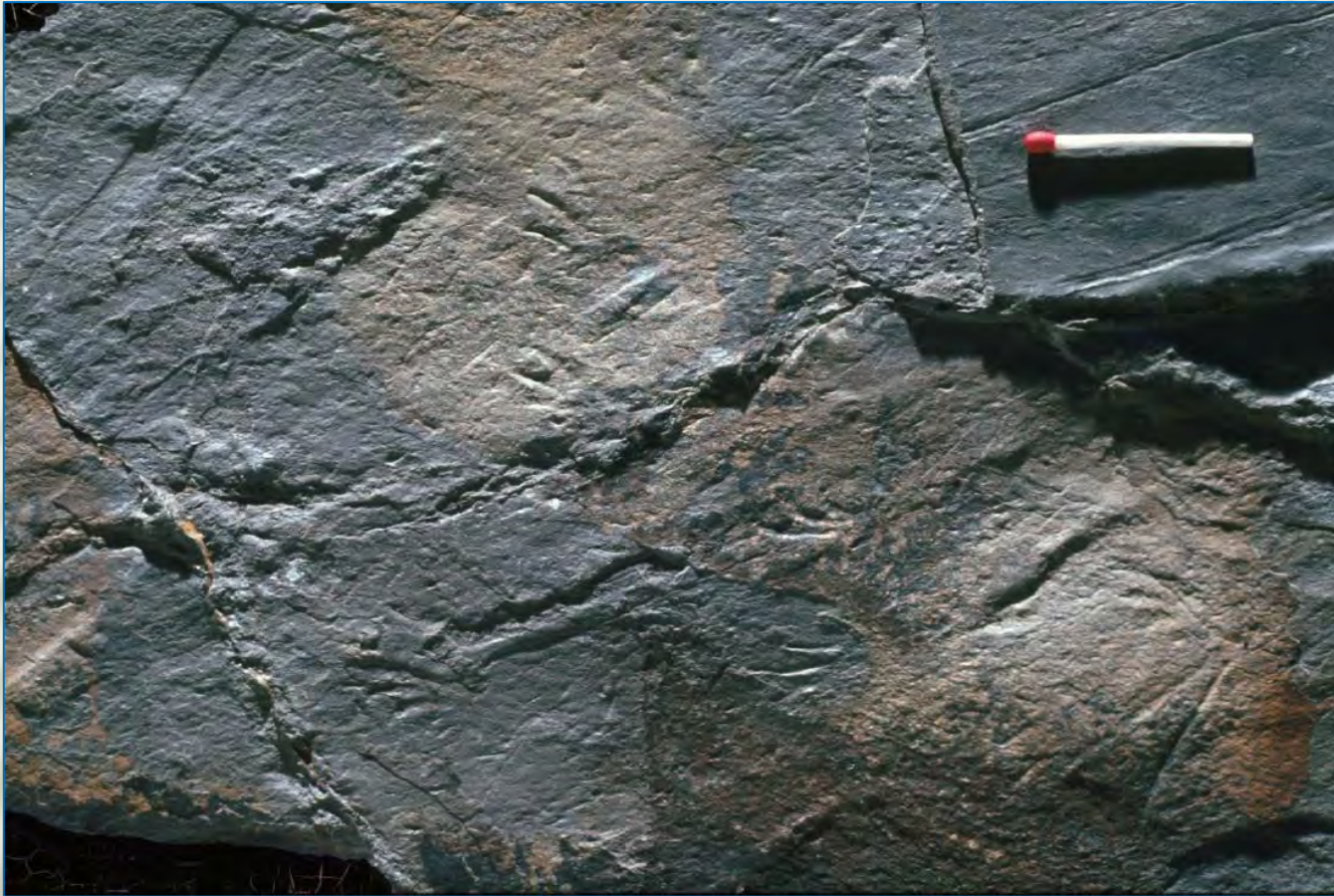
“Quarziti viola zonate” della Valle della Polla, sotto la Costia, Agnano:
impronte di gocce di pioggia sul fango non ancora consolidato.

I depositi del rift continentale



“Quarziti viola zonate” della Valle della Polla, sotto la Costia, Agnano: fessure di disseccamento del fango e impronte di piedi e mani di piccoli rettili, simili a lucertole.

I depositi del rift continentale



“Quarziti viola zonate” della Valle della Polla, sotto la Costia, Agnano: impronte di piedi e mani di piccoli rettili.

I depositi del rift continentale

Thecodontichnus verrucae

In queste bellissime impronte di mano e piede sono visibili le tracce delle scaglie della pelle. Le ha lasciate un rettile che è stato descritto per la prima volta da Tommasi alla fine del 1800.



“Quarziti viola zonate”, campione del Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università di Firenze (Agnano, La Costia).

I depositi del rift continentale



Piede di grosso rettile carnivoro (si vedono bene gli artigli): "Quarziti viola zonate", Agnano. Campione del Museo Geopaleontologico della Valdinievole, Pescia.

I depositi del rift continentale

Chirotherium

In questa grossa impronta di piede sono ben visibili le tracce delle cinque dita. E' stata lasciata da un rettile simile a un grosso coccodrillo con le zampe verticali.

Località non specificata dei Monti Pisani (Calco di un esemplare del Museo di Geologia e Paleontologia della Università di Firenze).



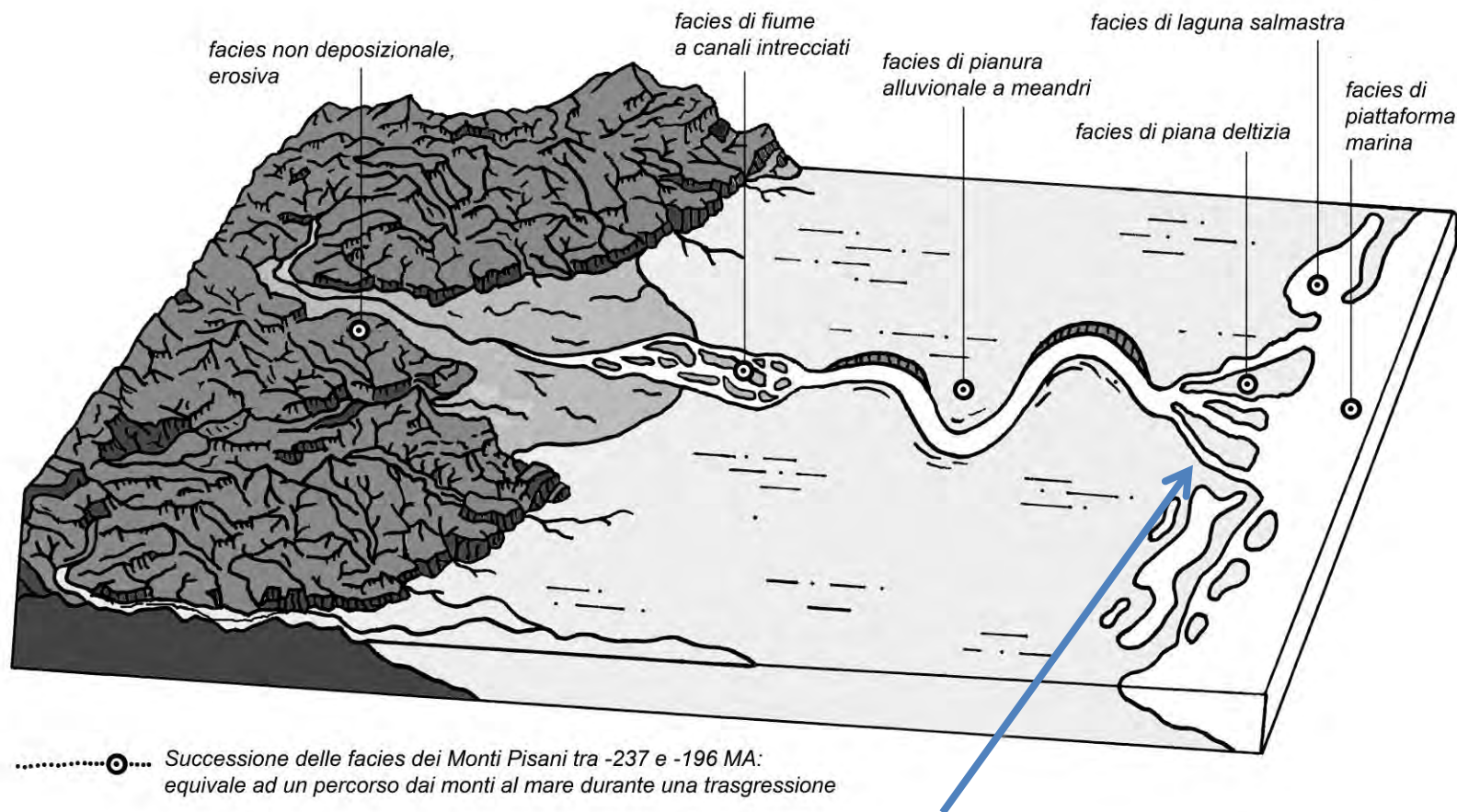
I depositi del rift continentale

?*Dicynodontipus* sp.

L'impronta conservata su questa superficie di strato è stata lasciata da un piccolo rettile mammaliano: sono i primi rettili che dettero origine ai mammiferi. Dei mammiferi avevano già alcuni caratteri esterni, come ad esempio il pelo invece delle squame.

Il Museo ne possedeva un solo esemplare (l'unico fin'ora trovato). Una seconda orma è stata trovata in settembre da un ragazzo, durante una visita guidata degli "Amici del Museo Naturalistico di Calci". Agnano, Lo Costia.





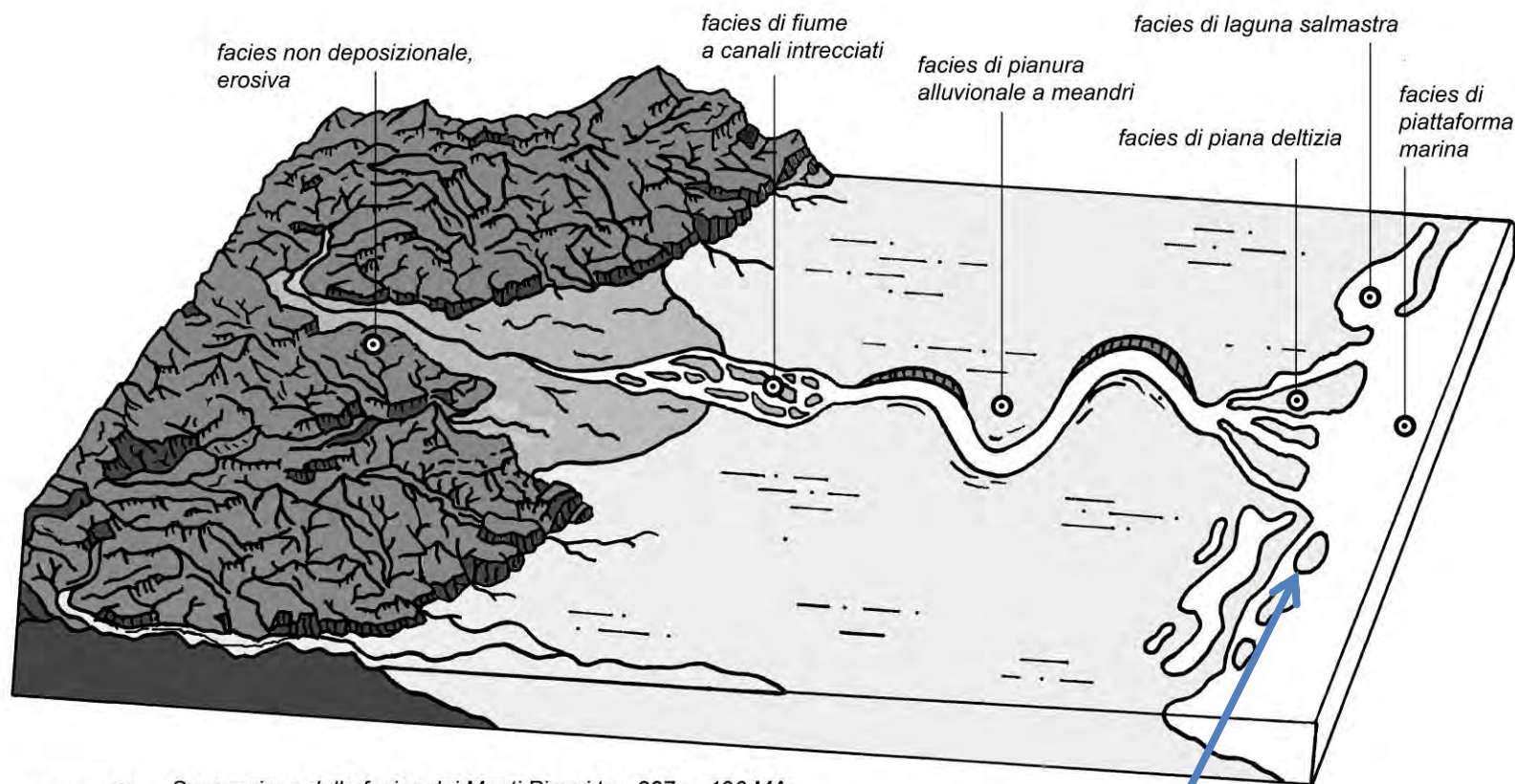
Siamo qui!

I depositi del golfo proto-oceanico

Si arriva ormai al mare, il rift continentale si è allargato a formare un golfo proto-oceanico. Troviamo i primi depositi della piattaforma carbonatica: i "Grezzoni", databili intorno a 200 MA.

I "Grezzoni" sono depositi dolomitici scuri (ricchi in sostanza organica), ancora "sporchi" per la presenza di sottili intercalazioni argillitiche). Siamo in un ambiente marino poco profondo, "ristretto", cioè poco ossigenato e ancora influenzato dagli ultimi apporti terrigeni. Strada di lungomonte, ai piedi del Castellare, presso la cava della Colombaia.





.....●..... Successione delle facies dei Monti Pisani tra -237 e -196 MA:
equivale ad un percorso dai monti al mare durante una trasgressione

Siamo qui!

I depositi del golfo proto-oceanico



Siamo ora nella piattaforma carbonatica, come se oggi ci spostassimo dal Golfo di Suez al Mar Rosso.

I depositi del golfo proto-oceanico

Salendo nella successione di strati, troviamo infatti depositi carbonatici bianchi di piattaforma aperta, ben ossigenata ("Calcare massiccio") della base del Lias. Sono i noti "Marmi di S.Giuliano".

L'aspetto cristallino e la mancanza di stratificazione aveva indotto i geologi dell'800 a pensare che si trattasse di lave ("rocce di trabocco"). Ma nel 1827 vi furono trovati fossili marini. Si trattava dunque di calcari fossiliferi, resi cristallini dal riscaldamento durante i fenomeni legati alla formazione della Catena Appenninica.



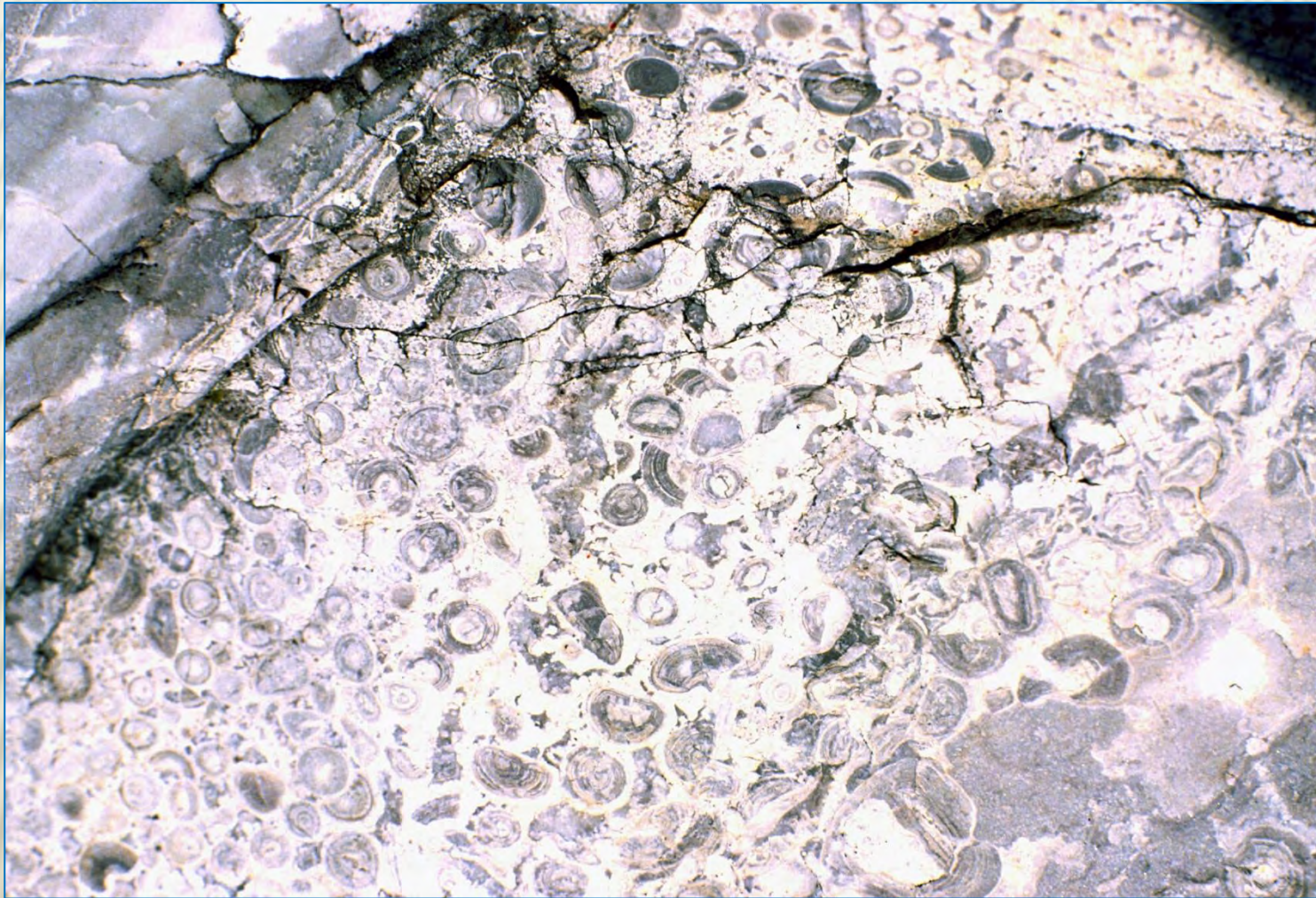
Salendo da S. Giuliano verso il confine con Asciano, proprio alla sommità della salita, Paolo Savi trovò nel 1827 i primi fossili marini nel marmo.

I depositi del golfo proto-oceanico



Il marmo è ricco in tutti i Monti Pisani di fossili come questi. Ritenuti da Savi dei Coralli, sono in realtà delle strutture algali che si formano intorno al limite inferiore di marea ("Stromatoliti") o poco sotto, fino a un metro circa di profondità ("Oncoliti"), in ambiente subtropicale. Oggi si trovano ancora in Australia o alle Bahamas. S.Giuliano, località di Savi ("Oncoliti").

I depositi del golfo proto-oceanico

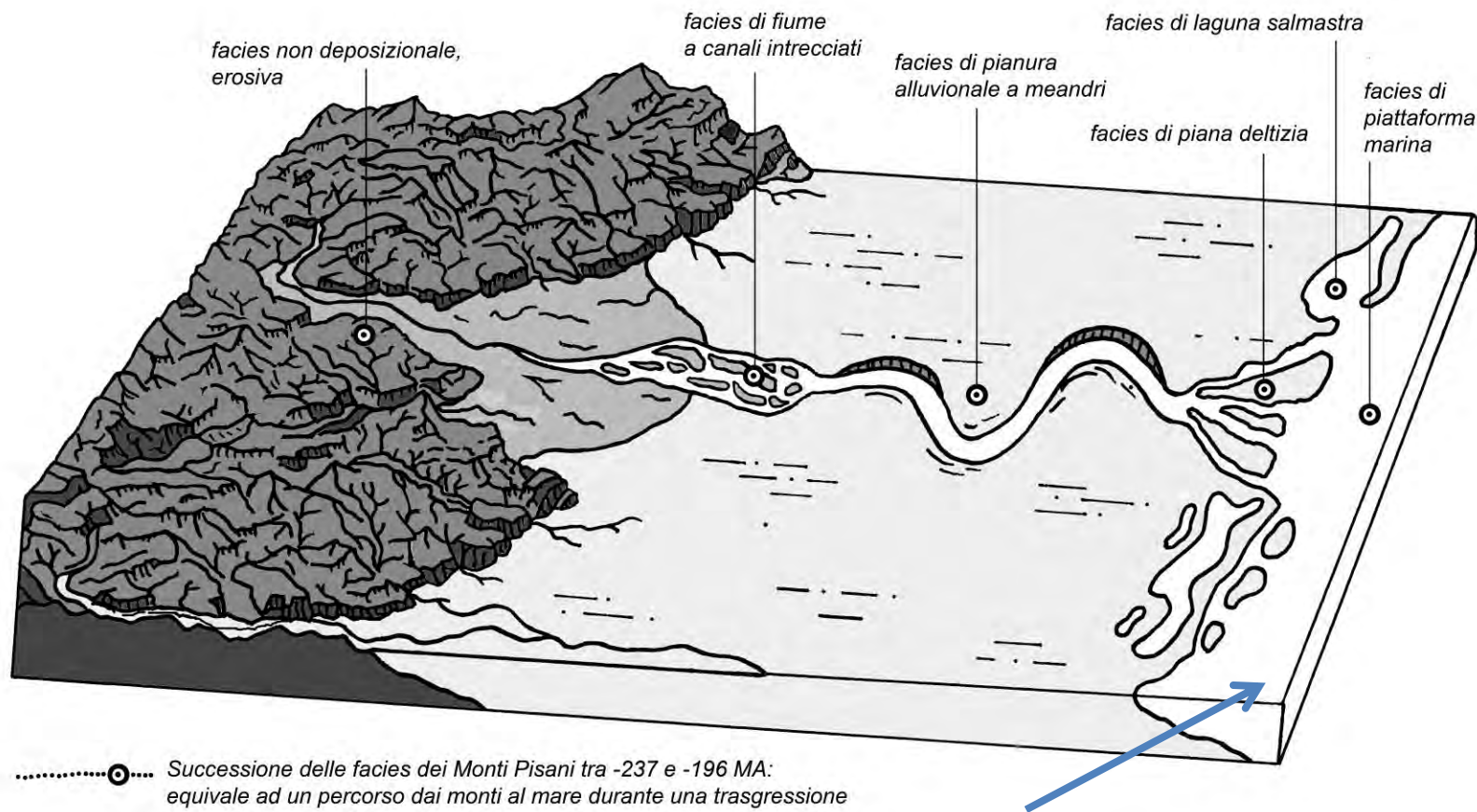


Oncoliti nei marmi, sopra a Caprona, poco sotto la Focetta.

I depositi del golfo proto-oceanico

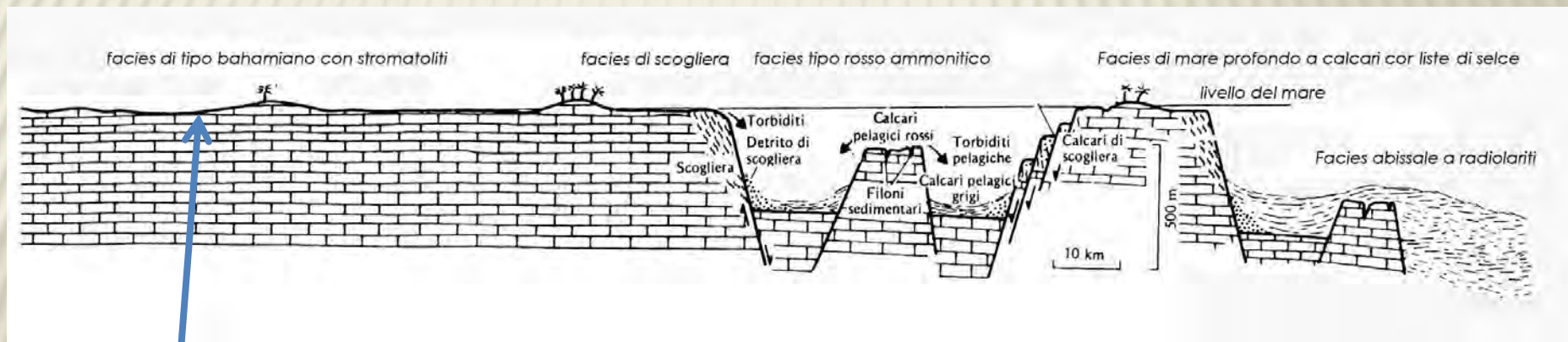


“Stromatoliti”, sopra a Caprona, poco sotto la Focetta.



Siamo qui!

I depositi del golfo proto-oceanico

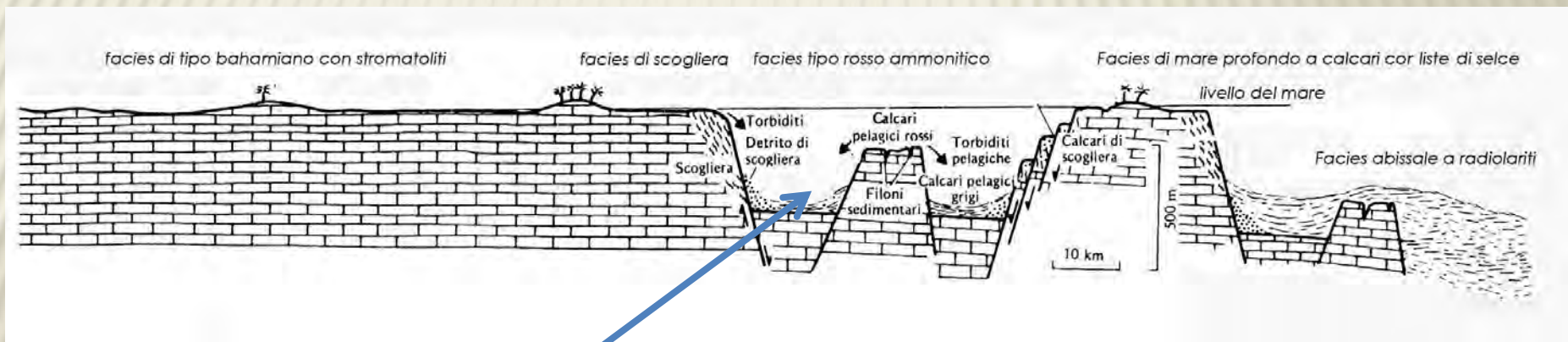


Siamo qui!

Se volessimo trovare ai tempi nostri un ambiente simile, dovremmo andare alle isole Bahamas: piccole isole a pelo d'acqua, lagune e scogliere in un mare caldo e poco profondo.

I depositi del golfo proto-oceanico

Il golfo proto-oceanico si allarga rapidamente: la piattaforma carbonatica si frantuma e si approfondisce.



Siamo qui!

La stessa crosta continentale comincia a lacerarsi. Si depositano calcari pelagici rossi (anche giallastri) ad Ammoniti di età compresa tra 196 e 189 MA. Accanto a questi, depositi di frana sottomarina.

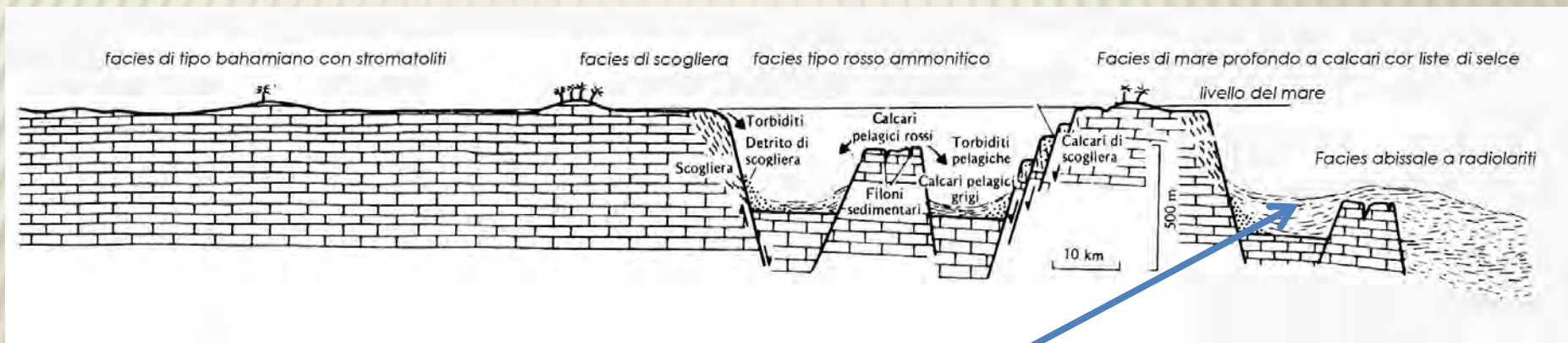
I depositi del golfo proto-oceanico



Fossili alla sommità dei marmi di S. Giuliano, deposito di frana sottomarina al passaggio a calcari pelagici ad Ammoniti.

I depositi del golfo proto-oceanico

Il golfo proto-oceanico si allarga ancora, i depositi sono sempre più profondi. La sedimentazione carbonatica dovrebbe cessare (scendendo in profondità i resti calcarei si sciolgono), sostituita da depositi formati dai resti di radiolari e altri organismi silicei



Siamo qui!

Ma dalla piattaforma calcarea arrivano ancora colate di fanghi carbonatici: il risultato sono i calcari grigi (torbiditi pelagiche) con liste di selce.

I depositi del golfo proto-oceanico



“Calcari grigi con liste di selce”, strada che sale dal Cisternone (S. Giuliano) verso C.sa La Croce. La selce è trasformata in quarzo.

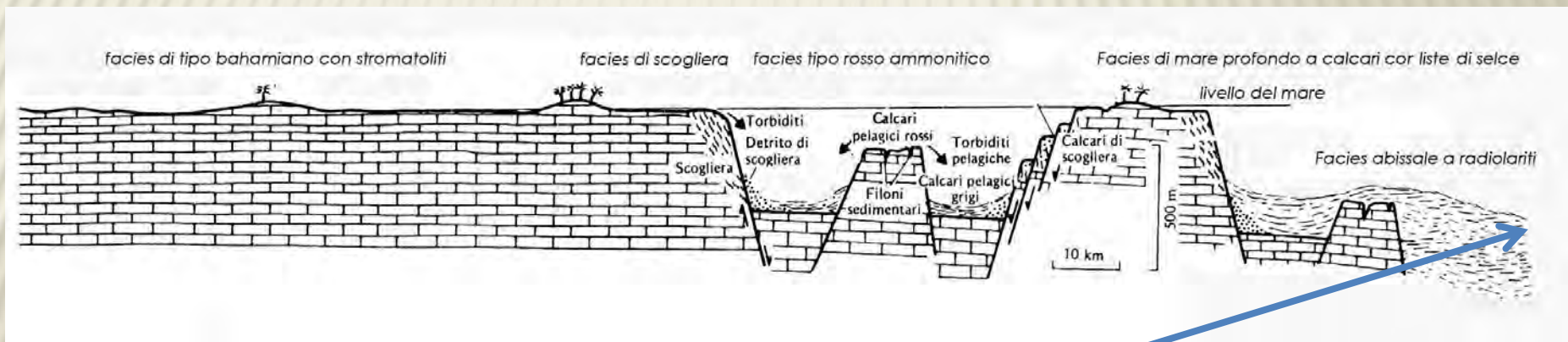
I depositi del golfo proto-oceanico



Dettaglio degli stessi calcari: si vede bene il detrito di frana alla base degli strati calcarei.

Depositi dell'oceano tipo Atlantico

Il passaggio alla fase di Oceano di tipo Atlantico è caratterizzato da una bassissima velocità di sedimentazione: dal continente non arriva più niente. Al centro dell'Oceano Ligure-Piemontese la crosta continentale si è strappata e si è formata una dorsale oceanica.



Siamo qui!

Depositi dell'oceano tipo Atlantico



Tra 150 e 145 MA, i depositi abissali tipici del fondo oceanico sono rossi, formati solamente dai resti di radiolari e altri organismi silicei ("Diaspri"). La sedimentazione è così ridotta che una componente non irrilevante dei Diaspri è data da micrometeoriti!

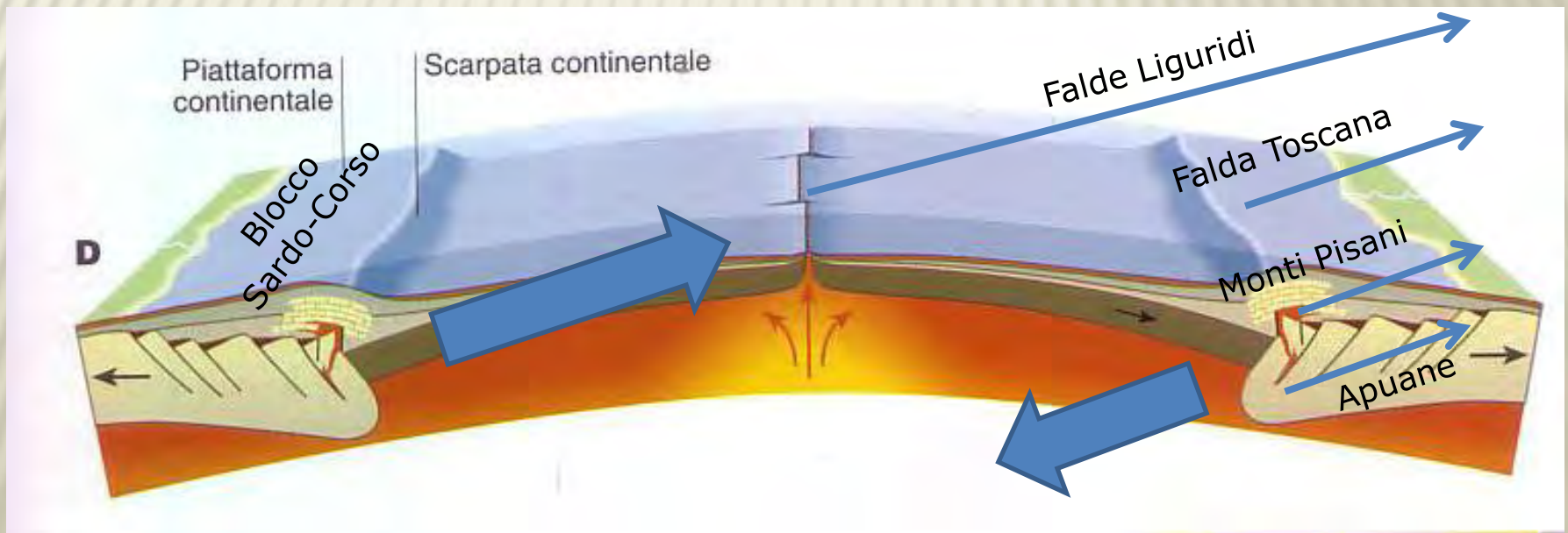
Depositi dell'oceano tipo Atlantico



Questa foto e la precedente sono state prese lungo strada che sale dal Cisternone (S. Giuliano) verso C.sa La Croce, vicino al Romitorio.

Chiusura dell'oceano tipo Atlantico

Uno potrebbe pensare che sopra i Diaspri dovessero comparire sui Monti Pisani le lave sottomarine della dorsale oceanica. Ma non è così: la dorsale è ormai lontanissima dal margine continentale di "Adria", dove si è formata tutta la successione di depositi che abbiamo visto fin'ora. Le rocce della dorsale si trovano in Toscana in un pacco di strati (una "Falda") che è stato spinto in testa ai depositi del margine continentale quando l'Oceano Ligure-Piemontese è stato "schiacciato" tra la Sardegna e "Adria" per formare l'Appennino.



Chiusura dell'oceano tipo Atlantico



Quello che si trova sopra ai "Diaspri" è ancora un deposito profondo, di colore rosso e verdastro. Ma stavolta è un deposito ricco in argilla.

Chiusura dell'oceano tipo Atlantico

La foto che ho mostrato è stata presa lungo la strada che da Molina di Quosa sale verso l'Eremo, vicino a Il Casone.

La presenza di argilla in questi depositi indica l'arrivo di materiale terrigeno proveniente da qualche parte, abbastanza lontana, lungo l'Oceano Ligure-Piemontese. Siamo ormai dopo i 145 MA, ma i microfossili che vi sono stati trovati indicano che questa sedimentazione si è protratta per molto tempo nella nostra zona, almeno fino a circa 40 MA.

Sappiamo che in questo intervallo di tempo si è progressivamente chiuso l'Oceano Ligure-Piemontese e si sono formate le Alpi. Da questa catena arrivava fino a noi il materiale terrigeno.

A partire da circa 40 MA, per circa 17 milioni di anni, il materiale diventa più grossolano, prevalentemente sabbioso.

Chiusura dell'oceano tipo Atlantico



Il materiale arenaceo tra 40 – 23 MA, presso Molina di Quosa. Dopo comincia la formazione dell'Appennino.

La fine della nostra storia (quasi)

Dopo, come si è detto, comincia a formarsi l'Appennino e la storia dei Monti Pisani si conclude. Tra 2 MA e 1 MA, i Monti Pisani cominciano ad avere la forma moderna, come un promontorio delle Apuane, circondato da un mare non troppo profondo dove nuotano grandi pescecani, balene, orche e delfini. È la nascita del Tirreno: un mare (non ancora un oceano) molto recente. Siamo ai tempi nostri

