

Zeitschrift: Bollettino della Società ticinese di scienze naturali
Herausgeber: Società ticinese di scienze naturali
Band: 73 (1985)

Artikel: La geologia del sottoceneri come esemplificazione della deriva dei continenti
Autor: Bernoulli, Daniele
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1003416>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

LA GEOLOGIA DEL SOTTOCENERI COME ESEMPLIFICAZIONE DELLA DERIVA DEI CONTINENTI

DANIELE BERNOULLI

ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA DELL'UNIVERSITÀ DI BASILEA

Summary: In the context of plate tectonics and continental drift, Alpine-type mountain ranges are the result of deformation and elimination of ancient ocean basins and continental margins. In the Alps, ultramafic and mafic rocks (ophiolites), sandwiched between overthrust nappes of continental margin origin confirm the former existence of an ancient, Jurassic to Early Cretaceous ocean between Africa and Eurasia, the Tethys. The paleotectonic evolution of its southern continental margin is well documented in the Southern Alps of Ticino, where early Liassic rifting, subsequent subsidence of the margin during opening of the ocean and the beginning Alpine orogeny can be reconstructed from the sedimentary record.

La deriva dei continenti (WEGENER, 1915) e la teoria della tettonica a placche, sviluppata negli anni '60 (DIETZ e HOLDEN, 1971; HEIRTZLER, 1969; HURLEY, 1968) costituiscono un quadro di riferimento quasi universalmente accettato per la comprensione dello sviluppo della Terra. In questo contesto le catene alpine sono interpretate come il risultato della collisione di masse continentali con conseguente deformazione ed eliminazione dei loro margini e dei bacini oceanici interposti. Alla base di ciò sta la constatazione che la crosta oceanica è qualitativamente diversa da quella continentale: mentre la prima è costituita da materiale in parte cristallino ed in parte magmatico, proveniente dal mantello terrestre (astenosfera) e risalito alla superficie in corrispondenza delle dorsali medio-oceaniche andando ad occupare lo spazio determinatosi tra i continenti in allontanamento, la crosta continentale è formata da rocce cristalline di composizione granitica accresciutesi nell'arco di centinaia e migliaia di milioni di anni attorno ad un nucleo centrale (Fig.1).

D'altra parte, poiché il volume della Terra non è aumentato sensibilmente negli ultimi miliardi di anni, affinché si mantenga uno stato di equilibrio e venga rispettata la conservazione delle masse, è necessario che una quantità di crosta oceanica analoga a quella formatasi lungo le dorsali, venga eliminata; ciò è quanto si verifica nelle fosse abissali lungo i margini continentali in compressione (bordo occidentale dell'America del Sud, Giappone etc., Fig.1) o nelle suture tra continenti in collisione (Himalaya tra Eurasia ed India), dove la crosta oceanica viene quasi totalmente subdotta e torna nel mantello. A causa di questo movimen-

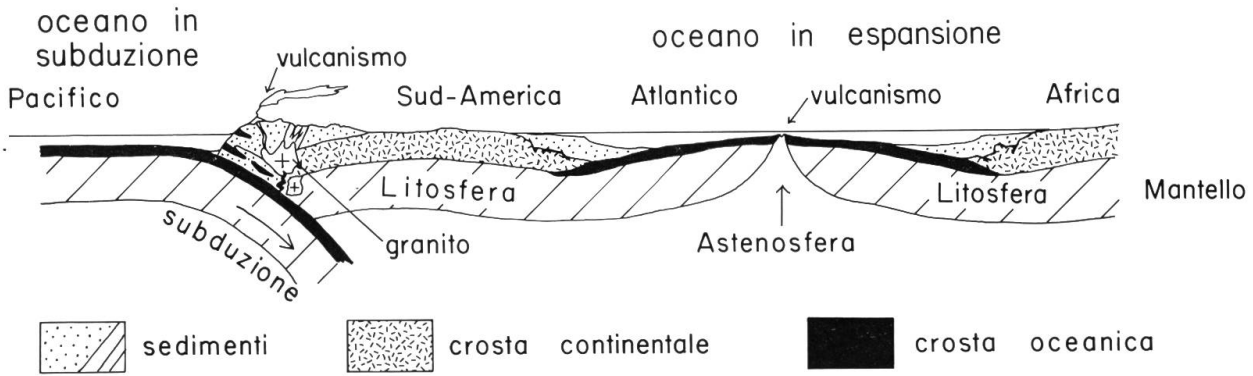


Fig. 1. - Sezione schematica attraverso l'Atlantico meridionale e l'America del Sud. Lo spazio formatosi per l'allontanamento reciproco dei continenti sud-americano ed africano viene riempito da materiali provenienti dall'astenosfera che formano una nuova crosta oceanica. Sul lato occidentale del Sudamerica la subduzione della placca oceanica del Pacifico compensa più o meno l'espansione che avviene in corrispondenza della dorsale medio-atlantica.

to continuo, dalle dorsali fino alle zone di subduzione, non esiste attualmente una crosta oceanica più antica del Giurassico (ca. 150 milioni di anni).

I brandelli di crosta oceanica con i sedimenti ad essa associati sfuggiti alla subduzione possono a volte trovarsi nelle catene montuose costituendo così una testimonianza, l'unica spesso, dell'oceano scomparso (Fig.2).

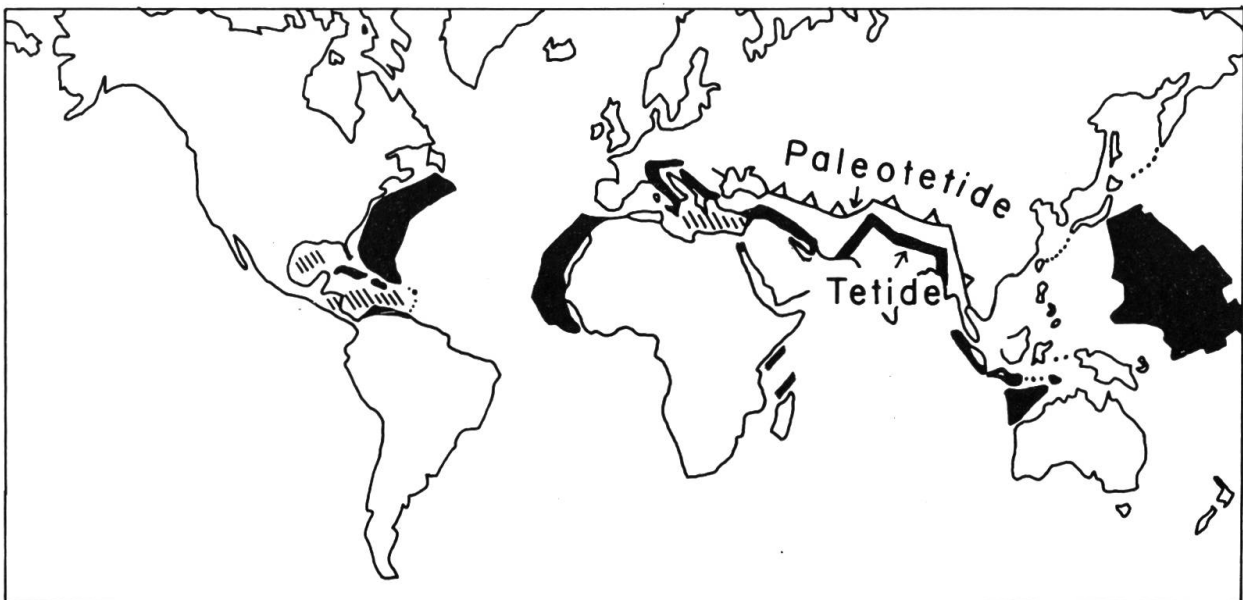


Fig. 2. - Distribuzione attuale delle aree oceaniche giurassiche (in nero) e delle suture della Paleotetide e della Tetide. Le aree tratteggiate (Golfo del Messico, Mar dei Caraibi, Mediterraneo orientale) sono possibili resti di oceani del Giurassico-Cretaceo inferiore.

E' questo il caso delle "ofioliti", rocce cristalline ultrabasiche e basiche con peridotiti, serpentiniti, gabbri e basalti, presenti in tutto l'arco delle Alpi dai Grigioni all'Appennino settentrionale: esse testimoniano l'esistenza di un oceano (che prende il nome di Tetide) formatosi durante il Giurassico ed il Cretaceo inferiore tra i continenti europeo ed africano, e successivamente eliminato durante il Cretaceo superiore ed il Terziario. Non a caso quindi la fascia ofiolitica separa le falde penniniche ed elvetiche - derivate dal margine Nord dell'oceano - da quelle austroalpine e sudalpine che ne costituivano il margine meridionale (Fig. 3; cf. LAUBSCHER, 1974).

Il settore del margine Nord del continente africano che costituisce attualmente il bordo Sud delle Alpi è rimasto ben preservato essendo stato relativamente poco deformato, e rappresenta forse il miglior esempio in tutto il sistema alpino di un margine continentale fossile. Le località del M. Generoso, delle cave di Arzo, della gola della Breggia tra Morbio superiore e Balerna, costituiscono dei documenti geologici unici di primaria importanza per la conoscenza dell'evoluzione dei margini continentali e per questo motivo meriterebbero un'attenta protezione.

Alla fine dell'orogenesi ercinica, avvenuta nel Paleozoico superiore (\pm 300 milioni di anni) l'intera regione dell'Atlantico centrale e del Mediterraneo occidentale, era occupata da un grande super-continente, la Pangea (Fig. 4). La crosta di questa massa continentale costituisce oggi in parte il basamento profondo delle Alpi meridionali ed in parte le falde cristalline presenti in varie parti delle Alpi. Durante il Carbonifero superiore ed il Permiano si depositano nelle Alpi meridionali rocce vulcaniche (vulcaniti di Lugano e della bassa Val Sesia) e sedimenti continentali derivati dall'erosione della catena ercinica. Alla fine del Permiano essa non costituisce oramai più un rilievo morfologico importante e la zona viene, alla fine del Trias inferiore, invasa dal mare (Formazione del Servino); la trasgressione marina proveniva da oriente dove si trovava la Paleotetide (Fig. 4), un oceano presente durante il Paleozoico superiore ed il Mesozoico inferiore ed eliminato successivamente nel Mesozoico (Fig. 2). Nel Trias medio il margine continentale africano è sottoposto ad una forte subsidenza - dell'ordine di chilometri - risultato della combinazione di movimenti di distensione e traslazione con compressioni locali: sono i segni dell'inizio del "rifting", cioè della disintegrazione del continente ercinico. Il risultato di questa tettonica, durante la quale continua la sedimentazione, è la frammentazione del bacino sudalpino in blocchi caratterizzati da velocità di subsidenza differenti: in alcuni essa era equilibrata dalla costruzione di piattaforme recifali (Dolomia del S. Salvatore, di Esino) con sedimenti "lagunari" (Calcari di Meride), in altri invece i depositi sono di mare profondo - oltre che vulcanici - (BOSELLINI e ROSSI, 1974). Durante il Trias superiore l'attività vulcanica diminuisce mentre persistono le diversità di velocità di subsidenza nei vari blocchi come testimoniato dalla notevole variabilità degli spessori di Dolomia Principale (Norico) e del Retico.

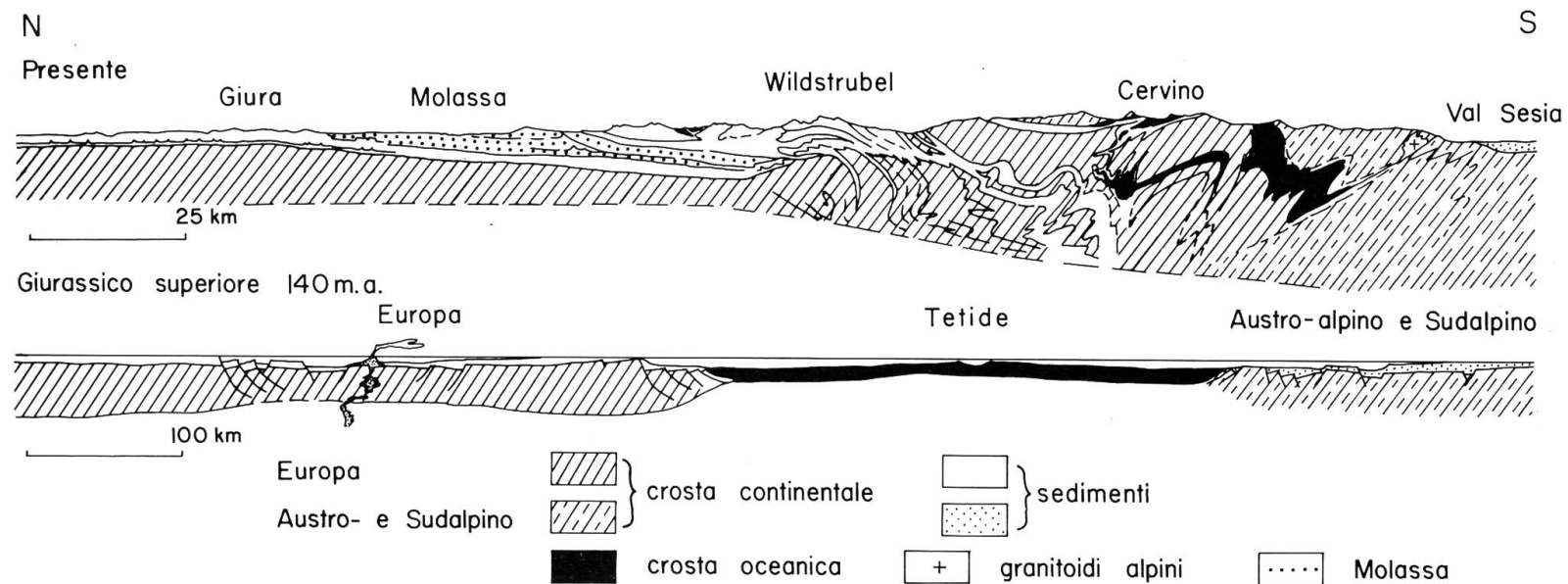


Fig. 3. - Il dominio alpino nel Giurassico ed oggi. Le ofioliti (crosta oceanica in nero), resti dell'oceano apertosi tra Eurasia ed Africa, si trovano attualmente tra le falde penniniche ed elvetiche, appartenenti al continente settentrionale, e quelle austroalpina e sudalpine, derivate dal margine continentale africano. Da LAUBSCHER (1974), modificato.

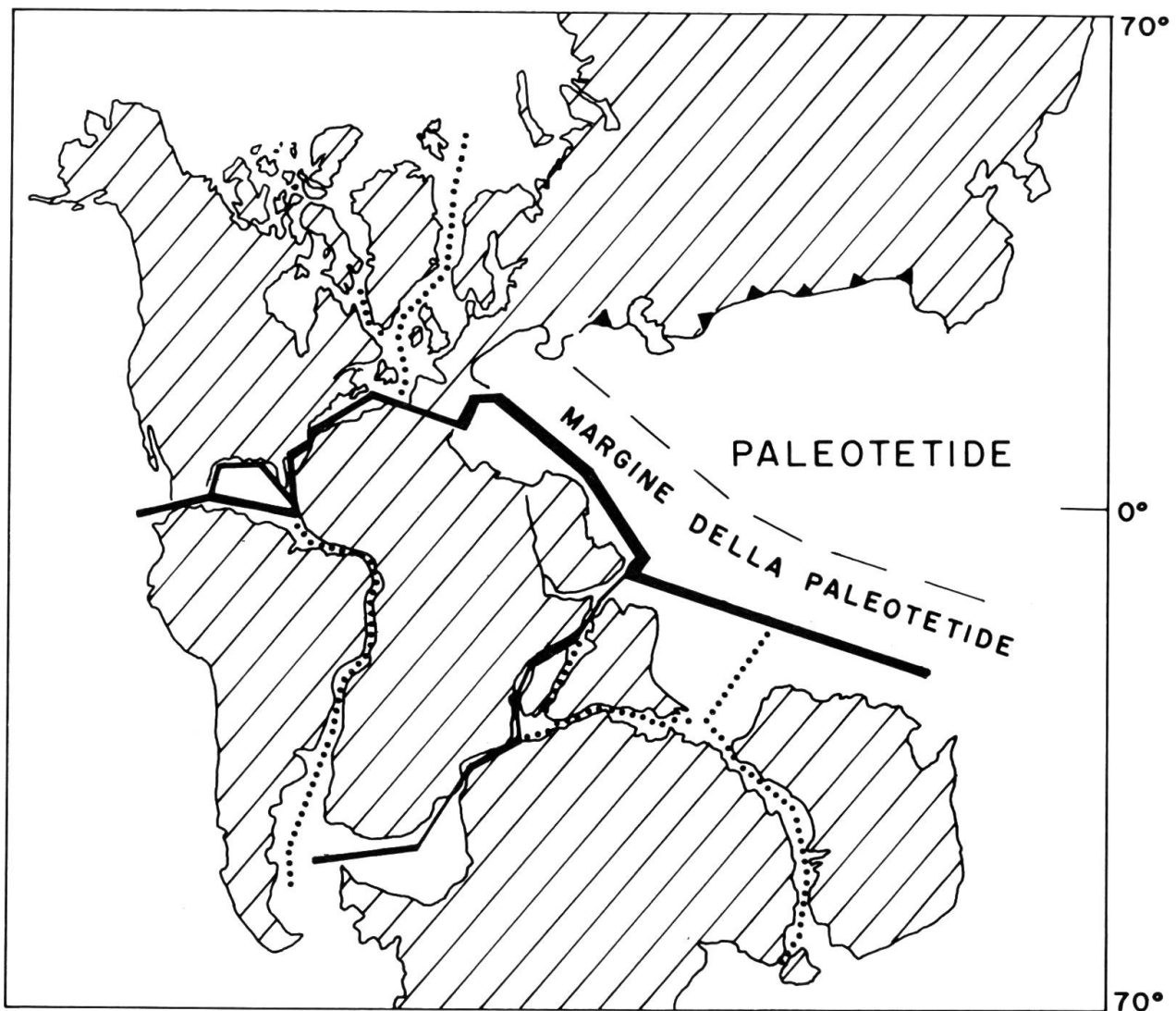


Fig. 4. - Il grande supercontinente della Pangea come doveva presentarsi nel Paleozoico superiore (circa 200 milioni di anni fa); verso Est il grande golfo della Paleotetide. La linea nera spessa indica la successiva fratturazione giurassica E-W della Pangea; la linea con triangoli, la posizione approssimativa delle zone di subduzione mesozoiche e quella punteggiata altre zone di espansione oceanica nel Cretacico-Terziario. Da LAUBSCHER e BERNOULLI (1977).

Tra la fine del Triassico e l'inizio del Giurassico avviene un cambiamento sostanziale nella cinematica delle placche: lungo tutto il futuro oceano Atlantico, dagli Stati Uniti orientali al Canada, dal Marocco al Mediterraneo occidentale, si apre un "rift" associato ad attività vulcanica e formazione di graben distensivi con depositi continentali ed evaporitici. Questo rift preannuncia l'apertura dell'oceano Atlantico centrale tra America del Nord ed Africa e, parallelamente, quella della Tetide tra Eurasia ed Africa, che si verificheranno tra il Giurassico (inferiore?-) medio ed il Cretacico inferiore (Fig. 5; BERNOULLI e LEMOINE, 1980).

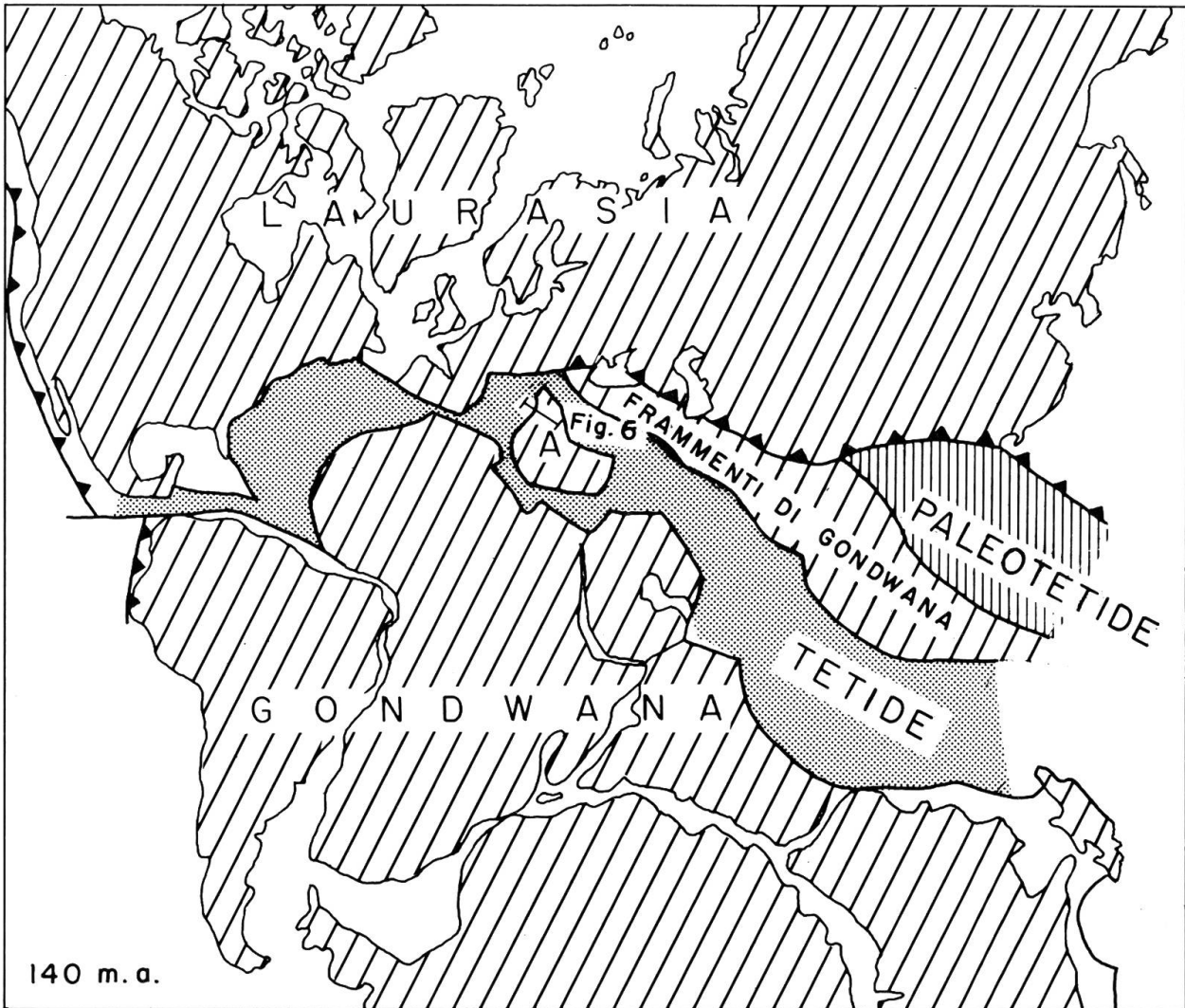


Fig. 5. - Disgregazione della Pangea circa 140 milioni di anni fa. Due grandi continenti si individuano: a Nord Laurasia e a Sud Gondwana separati dalla Paleotetide in chiusura, frammenti di Gondwana in movimento verso Nord e dalla Tetide, in stadio avanzato di formazione. A: Blocco adriatico, dal quale sono derivate le falde austro-alpine ed il sudalpino.

La storia delle Alpi meridionali, che con le regioni periadriatiche ed austroalpine (oggi in falda di ricoprimento nelle Alpi orientali) si trovavano sul lato africano dell'oceano a formare il margine di un microcontinente chiamato Adria od Apulia, tra il Giurassico ed il Terziario, è la storia della formazione del nuovo oceano e della sua successiva eliminazione (Fig. 3). Anche durante il Giurassico inferiore l'area che formerà il margine meridionale della Tetide, è interessato da un'intensa tettonica sinsedimentaria. La piattaforma sulla quale si erano deposti calcari e dolomie di acqua bassa, viene trovarsi in condizioni di mare profondo con la formazione di un complesso sistema di rughe e bacini (BERNOULLI, 1964; KÄLIN e TRUEMPY, 1977).

Le importanti zone N-S di faglia che così profondamente influenzano la geologia delle Alpi meridionali, ed in particolare la faglia che corre lungo il lago Maggiore e quella di Lugano, sono nate essenzialmente nel Lias inferiore per venire poi riattivate durante l'orogenesi alpina. Ciò è chiaramente dimostrato dall'enorme differenza dello spessore dei sedimenti sui due lati della faglia di Lugano: mentre ad Arzo i depositi del Lias hanno una potenza di solo qualche decina di metri, nella zona del Monte Generoso essi hanno uno spessore di quasi 4 chilometri (Calcari selciferi lombardi, sedimenti contemporanei al rift della Fig. 6). La presenza di faglie sinsedimentarie attive è mostrata anche dai frequenti depositi dovuti a frane sottomarine intercalati nei sedimenti di mare profondo del Monte Generoso, in maniera del tutto analoga a quanto si rileva nelle scarpate continentali attuali (BERNOULLI, 1964). Anche ad Ovest della faglia di Lugano esistono chiari segni di faglie sinsedimentarie: il substrato triassico è qui interessato da sistemi di stretti grabens, zone di faglia e fratture riempite da sedimenti liassici ("filoni sedimentari"), tutti con direzione N-S; in alcuni casi estremi la sovrapposizione di più generazioni di fratture ad andamento differente ha portato alla formazione di complesse brecce come quelle esposte nelle cave di Arzo (Macchia Vecchia; WIEDENMAYER, 1963).

Questa evoluzione paleotettonica è del tutto inquadrabile nello stadio di rifting dei margini continentali. La geometria dei sedimenti depositatisi durante la formazione del rift e quella delle faglie che delimitano i bacini portano ad ipotizzare una distensione ed un assottigliamento crostale come osservato nei margini continentali prima della formazione dell'oceano. Le sezioni del margine delle Alpi meridionali nel Giurassico e quella di un margine attuale non deformato dell'Atlantico studiato con i profili sismici, hanno molti aspetti in comune (Fig. 6): blocchi ruotati nei sedimenti precedenti al rift (triassici nelle Alpi meridionali), bacini asimmetrici riempiti da potenti sequenze di sedimenti contemporanei alla formazione del rift (liassici) cui segue una coltre di sedimenti di mare profondo posteriore al rift (dal Giurassico medio al Cretacico medio).

Con il prosieguo dell'espansione e quindi con l'inizio della formazione di nuova crosta oceanica, avvenuto durante il Giurassico medio, la subsidenza e la tettonica distensiva nel margine continentale tendono a diminuire; la profondità del mare tra il Giurassico ed il Cretacico inferiore invece aumenta a causa del diminuito apporto di sedimenti. Le acque profonde oceaniche, sottosature in carbonati, hanno un maggiore potere di dissoluzione condizionando il contenuto in carbonati dei sedimenti. I calcari del Rosso Ammonitico (Lias medio-Dogger inferiore) contengono ancora tracce dei gusci aragonitici delle ammoniti; nei termini superiori della serie essi scompaiono lasciando il posto ai fossili di calcite (meno solubile dell'aragonite).

E' durante il Giurassico superiore, con la deposizione di sedimenti del tutto privi di carbonati - le radiolariti -, che la dissoluzione dei carbonati raggiunge il suo massimo. I calcari bianchi del Cretacico inferiore (Maiolica), composti da frammenti di nannoplancton calcareo, testimoniano da un lato un aumento della produzione di carbonati pelagici (planctonici), e dall'altro la diminuita sottosaturazione delle acque del fondo nonostan-

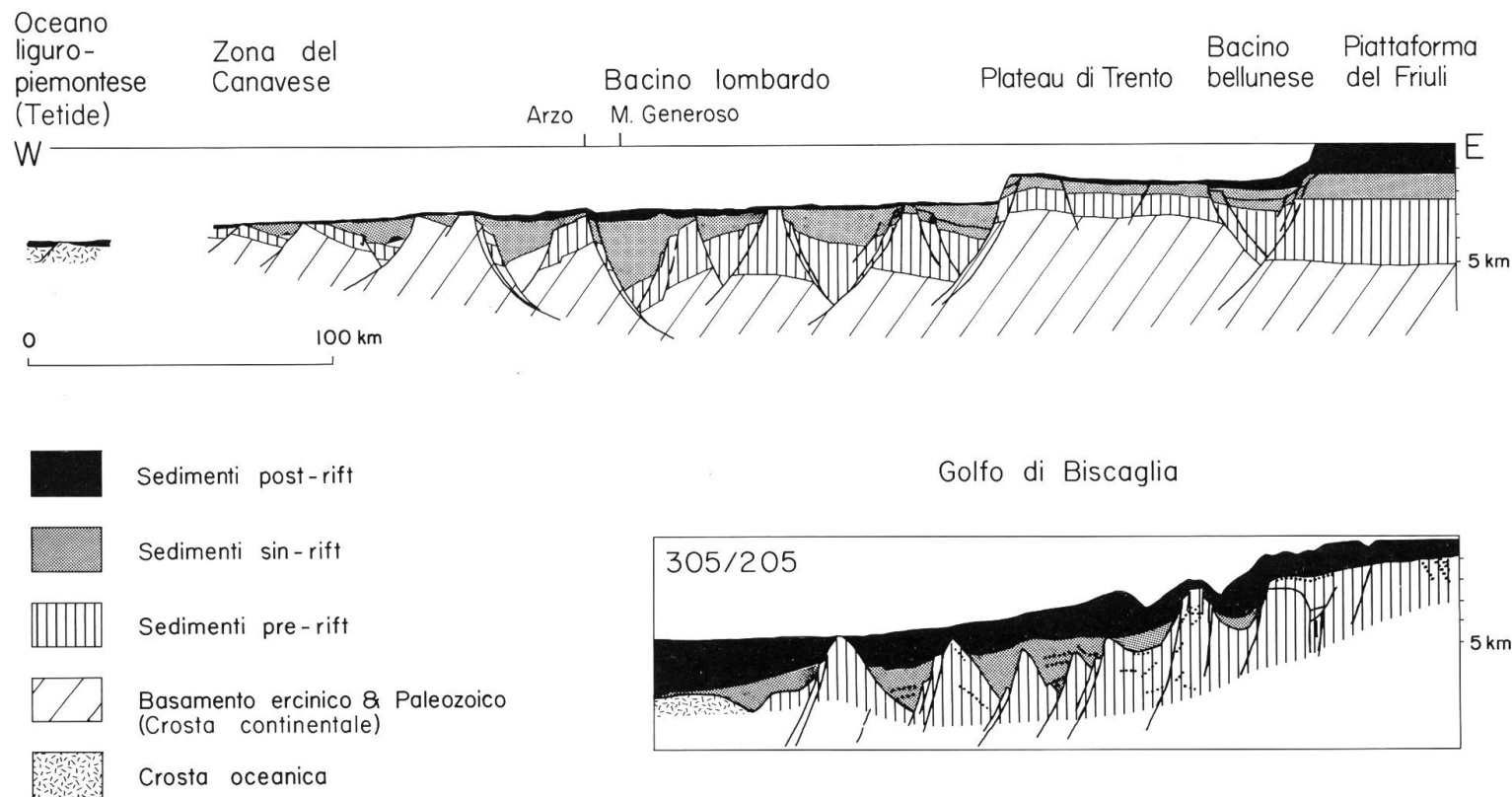


Fig. 6. - Sezione del margine settentrionale del microcontinente Adria (o Apulia) dedotta dalla geologia delle Alpi meridionali, e del margine continentale atlantico attuale come ricavato dalle indagini sismiche. Fenomeni tipici nell'evoluzione dei margini continentali sono la formazione di bacini asimmetrici sopra blocchi ruotati lungo faglie distensive listriche e la deposizione di sequenze di mare profondo nella successiva fase di sprofondamento. Da BALLY et al. (1981).

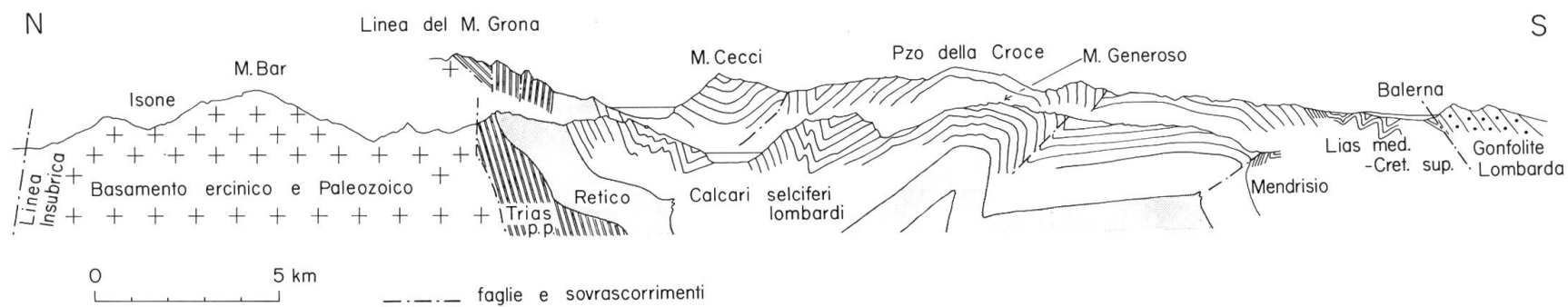


Fig. 7. - Sezione geologica delle Alpi meridionali ticinesi ad Est della faglia di Lugano.
Da LEHNER (1952) e BERNOUILLI (1964), modificato.

te una profondità del mare ancora maggiore. Tutte queste facies sedimentarie mesozoiche sono state recuperate nei margini continentali e/o nei bacini oceanici dell'Atlantico centrale dalla nave "Glomar Challenger" del Deep Sea Drilling Project (BERNOULLI, 1972).

Nel Cretacico medio il moto delle placche nel sistema Atlantico-Tetide, cambia drasticamente. Con la formazione di nuovi confini di placca e l'apertura di nuovi oceani (Fig.4; Atlantico meridionale, Oceano Indiano), avvenuta durante il Cretacico superiore ed il Terziario, i movimenti relativi tra Eurasia ed Africa diventano compressivi portando infine alla collisione delle masse continentali che si verifica nel Terziario inferiore.

Pure non essendosi verificata nelle Alpi meridionali alcuna orogenesi vera e propria tra il Cretacico medio ed il Terziario inferiore, la deposizione dei calcari di mare profondo e delle marne viene più volte interrotta dall'arrivo di "detriti" provenienti dalle catene montuose che stavano nascendo più a Nord lungo il margine meridionale della Tetide. Queste sequenze si depositarono per mezzo di correnti di densità in grado di trasportare il materiale detritico nei bacini profondi (flysch; BICHSEL e HAERING, 1981). La deformazione e il piegamento delle Alpi meridionali avvengono successivamente in più fasi: soprattutto durante l'Oligocene inferiore e, dopo la deposizione dei conglomerati oligo-miocenici della Gonfolite Lombarda (GUNZENHAUSER, 1985), nel Miocene. E' quest'ultima fase tettonica assieme al disseccamento del Mediterraneo avvenuto durante il Miocene superiore ed alle glaciazioni del Pleistocene, ad aver determinato la morfologia attuale delle Alpi meridionali.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il Pr.Dr. G.Losa e la Società Ticinese di Scienze Naturali per il loro gentile invito ed il Dr. Giovanni Bertotti per la traduzione del testo.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- BALLY, A.W., BERNOULLI, D., DAVIS, G.A., MONTADERT, L., 1981 - *Listric normal faults - Oceanol. Acta, No. SP. Proc. 26th Intern. Geol. Congr., Geology of continental margins symp., Paris, p. 87-101.*
- BERNOULLI, D., 1964 - *Zur Geologie des Monte Generoso - Mater. Carta geol. Svizz., N.F. 118, 134 p.*
- , 1972 - *North Atlantic and Mediterranean Mesozoic Facies: A Comparison - In: HOLLISTER, C.D., EWING, J.I. et al., Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj., 11, p. 801-871, Washington.*

- BERNOULLI, D., LEMOINE, M., 1980 - Birth and early evolution of the Tethys: the overall situation - 26e Congr. Géol. Intern., Géologie des chaînes alpines issues de la Téthys, Paris, p. 168-179.
- BICHSEL, M., HAERING, M.O.- 1981 - Facies evolution of Late Cretaceous Flysch in Lombardy (northern Italy) - *Eclogae geol. Helv.*, 74:383-420.
- BOSELLINI, A., ROSSI, D., 1971 - Triassic carbonate buildups of the Dolomites (Northern Italy) - *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Mineral.*, 18:209-233.
- BOSELLINI, A., WINTERER, E.L., 1981 - Subsidence and sedimentation on Jurassic passive continental margin, Southern Alps, Italy - *Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geol.*, 65:394-421.
- DIETZ, R.S., HOLDEN, J.C., 1971 - La scissione di Pangea - *Le Scienze*, 29.
- GUNZENHAUSER, B.A., 1985 - Zur Sedimentologie und Paläogeographie der oligo-miocänen Gonfolite Lombardia zwischen Lago Maggiore und der Brianza (Südtessin, Lombardei) - *Mater. Carta geol. Svizz.*, N.F. 159, 114 p.
- HEIRTZLER, J.R., 1969 - L'espansione dei fondi oceanici - *Le Scienze*, 7.
- HURLEY, P.M., 1968 - La conferma della deriva dei continenti - *Le Scienze*, 3.
- KÄELIN, O., TRUEMPY, D.M., 1977 - Sedimentation und Paläotektonik in den westlichen Südalpen: Zur triasisch-jurassischen Geschichte des Monte Nudo-Beckens - *Eclogae geol. Helv.*, 70:295-350.
- LAUBSCHER, H.P., 1974 - Evoluzione e struttura delle Alpi - *Le Scienze*, 72:48-59.
- LAUBSCHER, H., BERNOULLI, D., 1977 - Mediterranean and Tethys - In: NAIRN, A.E.M. et al. (Ed.), *The Ocean Basins and Margins*, V. 4A, p. 1-28, Plenum, New York.
- , , 1980 - Cross-section from the Rhine Graben to the Po Plain - In: *Geology of Switzerland: a guide book*. Schweiz. Geol. Komm. (Ed.), Wepf, Basel.
- LEHNER, P., 1952 - Zur Geologie des Gebietes der Denti della Vecchia, des M. Boglia, des M. Brè und des M. San Salvatore bei Lugano - *Eclogae geol. Helv.*, 45:85-159.
- WEGENER, A., 1915 - Die Entstehung der Kontinente und Ozeane - Sammlung Vieweg, Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und Technik, 23, Braunschweig, 94 p.

WIEDENMAYER, F., 1963 - Obere Trias bis mittlerer Lias zwischen Saltrio und Tremona - *Eclogae geol. Helv.*, 56:529-640.