

Basamento ercinico

1 - INTRODUZIONE

Le conoscenze sulla stratigrafia e la struttura del basamento paleozoico sardo hanno subito un incremento notevole a partire dalla seconda metà degli anni '70. Precedentemente, i pur numerosi studi in tutti i campi delle Scienze della Terra (per una esauriva bibliografia vedi: CARTISANO *et alii*, 1922; TARICCO & SOTGIA, 1922; MAXIA, 1941; SEGRE, 1964; MARCELLO, 1968; NICOSIA, 1968; COCOZZA *et alii*, 1974; COCOZZA & LEONE, 1977; BARCA *et alii*, 1984a) non erano riusciti a produrre una sintesi dell'evoluzione sedimentaria e tettono-metamorfica di tale basamento. La principale causa di questo ritardo, che è perdurato fino agli anni '80, derivava dal diverso grado delle conoscenze geologiche nelle varie parti dell'Isola. Solo la geologia del basamento dell'Iglesiente-Sulcis (fig. 3) è sufficientemente nota da oltre mezzo secolo (HAVRE, 1932; CADISCH, 1938; SCHWARTZBACH, 1939; VARDABASSO, 1939, ecc.). In quest'area, la successione stratigrafica ben differenziabile, il basso grado metamorfico e soprattutto le importanti attività minerarie hanno sempre stimolato le ricerche geologiche, per cui numerosi sono gli studi d'impostazione moderna, anche accompagnati da una dettagliata cartografia geologica, fin quasi dall'inizio del secolo (NOVARESE *et alii*, 1919b; NOVARESE *et alii*, 1919a; TARICCO, 1927; NOVARESE *et alii*, 1933; NOVARESE *et alii*, 1938).

Nel resto della Sardegna le conoscenze geologiche sul basamento sono invece progredite molto più lentamente. I fogli della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 generalmente si limitano a distinguere, in seno alle metamorfiti, solo i metacalcari e parte degli ortoderivati da una massa indifferenziata di metasedimenti; inoltre, spesso gran parte del basamento metamorfico viene attribuito genericamente al Siluriano. I pur notevoli contributi paleontologici e petrografici accumulati in più di un secolo non potevano essere coordinati in una

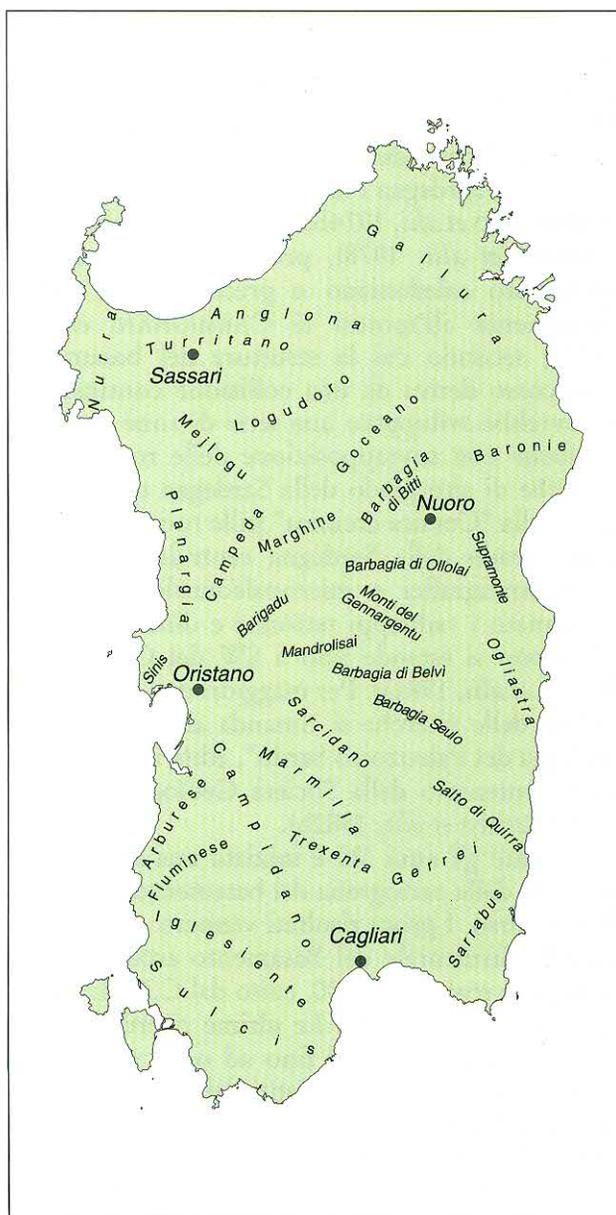


Fig. 3 - Principali regioni della Sardegna citate nel testo.
- Main geographic regions of Sardinia cited in this work.

sintesi unitaria per la mancanza di una cartografia geologica adeguata alla complessità tettonica della regione. Una concezione autoctonista ha inoltre prevalso nella maggior parte dei ricercatori, pur con notevoli eccezioni (BOSELLINI & OGNIBEN, 1968), fino alla fine degli anni '70. A partire da quel periodo, grandi traslazioni tettoniche di età ercinica sono state riconosciute in tutto il basamento a NE del Campidano, prima nelle zone con metamorfismo di basso grado (CARMIGNANI & PERTUSATI, 1977; 1978a; 1979a), e poi anche nelle zone a più alto grado metamorfico (CARMIGNANI *et alii*, 1979b; NAUD, 1979b). Questi progressi furono principalmente dovuti ai nuovi metodi di analisi strutturale: la scistosità, la più importante superficie in affioramento, fino ad allora era stata generalmente trascurata o confusa con la stratificazione. L'evidenza di una serie di falde messe in posto da NE verso SW e l'età ercinica del metamorfismo delle migmatiti e del basamento di medio ed alto grado della Sardegna NE (DEL MORO *et alii*, 1972; DI SIMPLICIO *et alii*, 1974b; DEL MORO *et alii*, 1975; FERRARA *et alii*, 1978), precedentemente spesso considerato caledoniano o precambriano, portò rapidamente all'ipotesi di CARMIGNANI *et alii* (1979a) secondo cui la struttura del basamento sardo-corso deriva da una collisione continentale che avrebbe sviluppato una serie di zone di taglio ensialiche con sovrapposizione delle rocce metamorfiche di alto grado della Sardegna nord-orientale e della "Corsica ercinica" sulle rocce di basso e medio grado della Sardegna centrale. Successivi lavori stratigrafici e micropaleontologici hanno confermato i raddoppi tettonici e dimostrato che l'alloctono si estende fino a SW del Campidano (BARCA *et alii*, 1981a). Per maggiori dettagli su questa fase delle ricerche si rimanda alla "Guida alla Geologia del Paleozoico Sardo", edita in occasione del I Centenario della Società Geologica Italiana (CARMIGNANI *et alii*, 1982b).

Durante gli anni '80 è iniziata una sistematica revisione della cartografia del basamento che è tuttora in corso. I primi risultati vennero raccolti nel Modello Strutturale del Basamento ercinico della Sardegna a scala 1:500.000, edito dal C.N.R. (CARMIGNANI *et alii*, 1987b). Le ultime ricerche svolte dalla fine degli anni '80 fino ad oggi, anche nell'ambito dei nuovi rilevamenti della Carta Geologica d'Italia promossi dal Servizio Geologico Nazionale e dalla Regione Autonoma della Sardegna (Progetto CARG), hanno confermato l'interpretazione alloctonista del basamento sardo e definito meglio la sua struttura tettonica e la sua stratigrafia. Queste conoscenze sono rappresentate nella

nuova Carta Geologica della Sardegna a scala 1:200.000 allegata, edita dal Servizio Geologico Nazionale e dalla Regione Autonoma della Sardegna, che consente una visione abbastanza dettagliata e completa non solo di tutto il basamento metamorfico, ma anche delle sue coperture sedimentarie e vulcaniche da tardo-paleozoiche a quaternarie. Le stesse informazioni sono riportate nella Carta Geologica e Strutturale della Corsica e della Sardegna edita in collaborazione tra il Servizio Geologico Nazionale e il Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) francese.

2 - PRINCIPALI LINEAMENTI

Il basamento sardo è un segmento della Catena ercinica sud-europea, separatosi dall'Europa solo nel Miocene inferiore (Burdigaliano). Restaurando il Blocco sardo-corso nella posizione pre-deriva miocenica, le strutture fondamentali del basamento delle due isole trovano la loro prosecuzione in Provenza e Catalogna (ARTHAUD & MATTE, 1966; WESTPHAL *et alii*, 1976; ARTHAUD & MATTE, 1977; RICCI & SABATINI, 1978; EDEL *et alii*, 1981; CHERCHI & MONTADERT, 1982; CHERCHI & TRÉMOLIÈRES, 1984).

Le diverse ricostruzioni della geometria pre-mesozoica di questa catena (MATTE, 1986; VAI & COCOZZA, 1986) sono generalmente concordi nel delineare una cintura orogenica arcuata che dalla Spagna giunge al Massiccio centrale francese (Arco iberico-armoricano) (fig. 4). La catena è biliminare, con al centro un'ampia fascia di metamorfiti di medio e alto grado esumate da livelli medio-crosta-li prima del Carbonifero superiore; infatti, i depositi di questa età la ricoprono in discordanza. La catena nord-vergente prosegue a N delle Alpi attraverso le Ardenne, fino in Boemia. Il basamento della Sardegna è l'elemento più orientale ancora facilmente raccordabile con la catena sud-vergente. Più a E, la formazione e l'evoluzione degli oceani mesozoici e terziari ed i raccorciamenti alpini ed appenninici hanno frammentato la Catena ercinica. Dati paleomagnetici, strutturali e affinità litologiche e stratigrafiche indicano che il basamento sardo-corso era unito al basamento sud-europeo (ARTHAUD & MATTE, 1966; WESTPHAL *et alii*, 1976; RICCI & SABATINI, 1978) ed ha condiviso con la Provenza e la Catalogna l'evoluzione strutturale e sedimentaria almeno fino all'Oligocene (CHERCHI & MONTADERT, 1982; CHERCHI & TRÉMOLIÈRES, 1984), prima di staccarsi dal continente europeo e giungere nella sua attuale posizione (EDEL *et alii*,

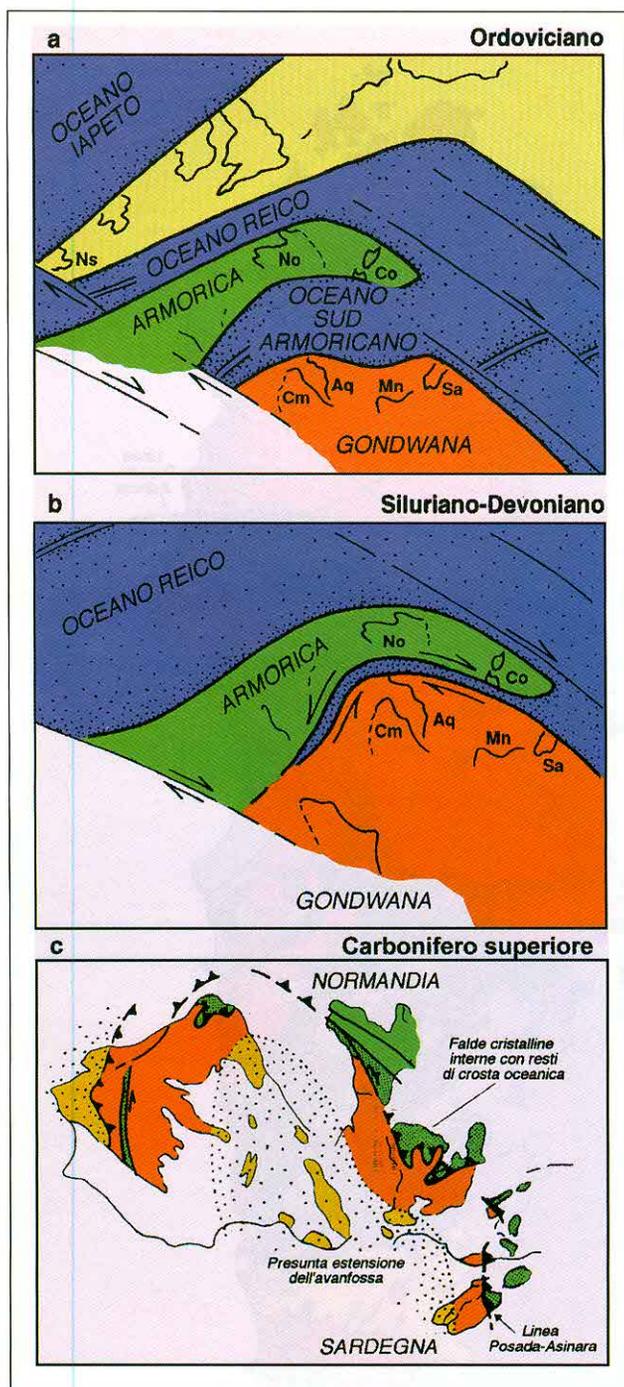


Fig. 4 - Ricostruzioni paleogeografiche della Catena ercinica sud-europea: (a) ricostruzione all'Ordoviciano (da VAI & COCOZZA, 1986; PARIS & ROBARDET, 1990, modificato); (b) ricostruzione al Siluriano-Devoniano; (c) ricostruzione al Carbonifero superiore (da MATTE, 1986; FRANKE, 1989, modificato). Sa: Sardegna centrale e meridionale; Co: Sardegna settentrionale e Corsica; No: Normandia; Cm: Catena cantabrica; Aq: Aquitania; Mn: Montagna Nera; Ns: Nuova Scozia.

- Paleogeographic reconstruction of the Hercynian chain of south Europe: (a) Ordovician paleogeography (after VAI & COCOZZA, 1986; PARIS & ROBARDET, 1990, modified); (b) Silurian-Devonian paleogeography; Late Carboniferous paleogeography (after MATTE, 1986; FRANKE, 1989, modified). Sa: Sardinia: central and southern Sardinia; CO: Corsica and northern Sardinia; No: Normand; Cm: Cantabrian chain; Aq: Aquitaine; Mn: Montagne Noire; Ns: Nova Scotia.

1981; WESTPHAL *et alii*, 1986; VIGLIOTTI & LANGENHEIM, 1995).

L'orogenesi ercinica ha interessato tutto il basamento della Sardegna con intense deformazioni, un metamorfismo sin-cinematico e un importante magmatismo post-collisionale. L'età ercinica della deformazione è ben definita sia su basi stratigrafiche che radiometriche in quanto:

a) nelle zone meridionali con metamorfismo di basso e bassissimo grado, i terreni dal Cambriano fino al Carbonifero inferiore (OLIVIERI, 1969; SPALLETTA & VAI, 1982; MAXIA, 1983; BARCA & OLIVIERI, 1991) sono deformati, debolmente metamorfici e ricoperti in discordanza dai sedimenti del (?) Westfaliano D-Stefaniano, non deformati e non affetti da metamorfismo regionale (COCOZZA, 1967b; DEL RIO, 1973; FONDI, 1979);

b) nelle zone settentrionali l'età di chiusura isotopica delle bande delle migmatiti della Gallura è di 344 ± 7 Ma e l'età radiometrica dei minerali metamorfici è compresa tra 350 e 284 Ma (FERRARA *et alii*, 1978; DEL MORO *et alii*, 1991);

c) il complesso intrusivo, diffuso in tutta l'Isola ha età variabile da 307 a 274 Ma (DEL MORO *et alii*, 1972; DEL MORO *et alii*, 1975; COCHERIE, 1978; GHEZZO & ORSINI, 1982; COCHERIE, 1985).

In Sardegna affiora una sezione completa della Catena ercinica: dalle zone esterne che affiorano nella Sardegna SW, fino alle zone interne, che affiorano nel settore nord-orientale dell'Isola. La catena ha direzione NW-SE ed è caratterizzata da raccorciamenti e da una zonazione tettono-metamorfica tipica delle orogenesi da collisione continentale (CARMIGNANI *et alii*, 1978a; ARTHAUD & SAUNIAC, 1981). La polarità metamorfica varia con continuità dall'anchizona nella Sardegna SW (PALMERINI *et alii*, 1979), alla facies anfibolitica nella parte NE dell'Isola (DI SIMPLICIO *et alii*, 1974a), e da un'altrettanto netta variazione dello stile strutturale (CARMIGNANI *et alii*, 1982c).

Il basamento sardo è caratterizzato da falde erciniche vergenti verso SW ("Zona a falde" di CARMIGNANI *et alii*, 1987b), interposte tra il Complesso metamorfico prevalentemente in facies anfibolitica della Sardegna settentrionale e una Zona esterna a *thrust* e pieghe ("Zona esterna" di CARMIGNANI *et alii*, 1987b) intensamente deformata, ma sostanzialmente autoctona, che affiora nella parte SW dell'Isola (fig. 5). Il mancato riconoscimento di resti di crosta oceanica coinvolta nell'orogene ha portato per lungo tempo ad interpretazioni completamente ensialiche dell'evoluzione della catena: inversione di zone di *rifting* continentale (CARMIGNANI *et alii*, 1979a) o grandi movimenti trascorrenti attivi dal Cambria-

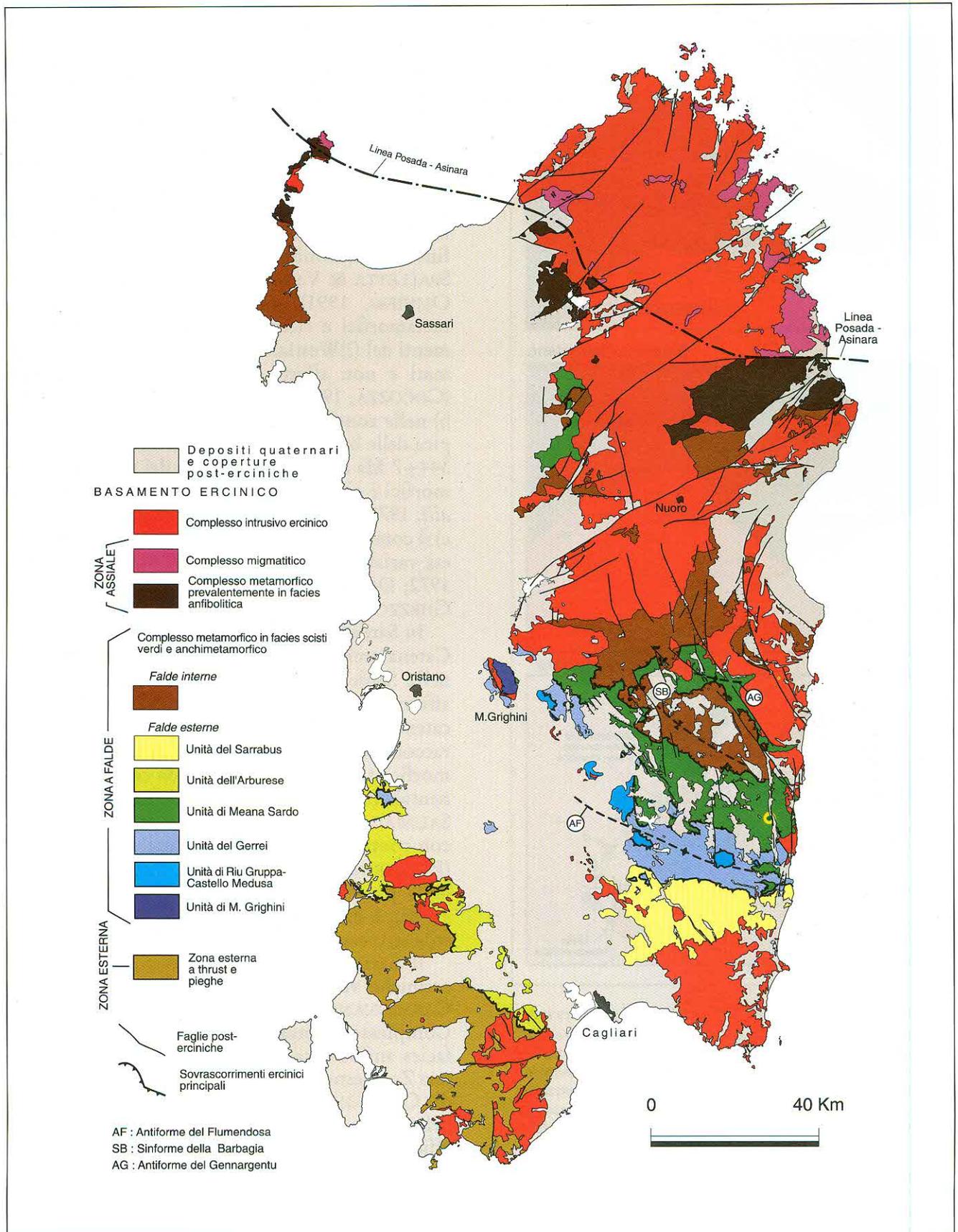


Fig. 5 - Principali elementi strutturali del Basamento ercinico sardo.
- Tectonic sketch map of the Hercynian basement of Sardinia.

no superiore al Carbonifero (VAI & COCOZZA, 1986). Queste interpretazioni erano sostenute anche dall'opinione, allora ampiamente diffusa, che l'orogene ercinico europeo fosse privo di importanti "falde cristalline" e di associazioni ofiolitiche con metamorfismo di alta pressione (ZWART, 1967; KREBS & WACHENDORF, 1973; BADHAM, 1982), cosicchè le concezioni mobilistiche della tettonica a placche hanno tardato molto ad affermarsi. Quasi un trentennio di ricerche ha invece dimostrato che molti caratteri degli orogeni "alpinotipi" e "ercinotipi" non sono così contrastanti. Secondo CAPPELLI *et alii* (1992) e CARMIGNANI *et alii* (1994b) in Sardegna tracce del paleo-oceano sud-armoricano, che separava i continenti di Armorica e di Gondwana, affiorano nella Sardegna settentrionale lungo la Linea Posada-Asinara (fig. 5), che separa il Complesso migmatitico ercinico dal Complesso metamorfico ercinico prevalentemente in facies anfibolitica (entrambi compresi nella "Zona assiale" di CARMIGNANI *et alii*, 1987b).

La Linea Posada-Asinara è una fascia fortemente deformata, caratterizzata dalla presenza di corpi di limitata estensione di anfiboliti con relitti di paragenesi granulitica (GHEZZO & ORSINI, 1982), eclogitica (OGGIANO & DI PISA, 1992) e relitti di tessiture milonitiche tipiche di condizioni metamorfiche di alto grado (ELTER *et alii*, 1990). Dati geochimici e geocronologici indicano un'origine MORB e un'età di circa 950 Ma per i protoliti delle anfiboliti (CAPPELLI *et alii*, 1992). Questa età potrebbe suggerire:

- a) un bacino oceanico di lunga durata tra le Placche di Gondwana e di Armorica (PERROUD & BONHOMMET, 1981), un bacino, cioè, che iniziò ad aprirsi nel Precambriano e fu subdotto definitivamente nel Devoniano;
- b) una crosta oceanica precambriana obdotta durante cicli orogenici precambriani o del Paleozoico inferiore (BERNARD-GRIFFITH & CORNICHE, 1985; PAQUETTE *et alii*, 1985) e metamorfosata in condizioni eclogitiche durante l'orogenesi ercinica.

Secondo CAPPELLI *et alii* (1992) la Linea Posada-Asinara divide due *terrane* saldati assieme durante l'orogenesi ercinica e rappresenta una paleo-sutura oceanica compresa tra un basamento cristallino precambriano appartenente alla Placca di Armorica (rappresentato dal Complesso migmatitico ercinico), e le coperture del margine continentale di Gondwana, metamorfosate durante l'orogenesi ercinica e impilate nella Zona a falde della catena (fig. 5).

Abbandonando quindi l'interpretazione completamente ensialica dell'evoluzione della catena

formulata negli anni '70, CAPPELLI *et alii* (1992) propongono un'ipotesi che prevede la chiusura di un bacino oceanico, come già ipotizzato per altre regioni da diversi autori a partire dagli anni '80 (PIN, 1990). In questo modello, l'evoluzione del basamento sardo, con i suoi caratteri di catena poli-deformata e polimetamorfica, trova riscontro in un completo ciclo di Wilson che, a partire dal Cambriano, prevede:

- a) *espansione* di un fondo oceanico tra i margini continentali passivi del Gondwana e dell'Armorica dal (?)Precambriano fino all'Ordoviciano inferiore (fig. 6a);
- b) un lungo periodo di convergenza tra il Gondwana e l'Armorica (fig. 6b), con *subduzione di tipo B* diretta al di sotto del margine del Gondwana e testimoniata dalla diffusione di prodotti vulcanici con chimismo da intermedio-basico ad acido dell'Ordoviciano (DI PISA *et alii*, 1992; TOMMASINI *et alii*, 1995), riconducibili ad un arco vulcanico su crosta continentale (tipo andino) (fig. 6c); quindi una subduzione oceanica al di sotto della Placca armoricana, a partire dal Siluriano, mentre il margine della Placca del Gondwana rimane passivo fino a tutto il Devoniano (fig. 6d);
- c) *collisione continentale* al Carbonifero inferiore tra il margine di tipo andino del Gondwana e la crosta della Placca armoricana, in seguito alla chiusura dello spazio oceanico e impilamento crostale in diverse unità tettoniche (fig. 6e);
- d) *collasso gravitativo del cuneo orogenico* così realizzato, con risalita dei nuclei metamorfici più profondi (fig. 6f) (CARMIGNANI *et alii*, 1994b). Alla distensione crostale è associata la messa in posto dei granitoidi calcocalini, che dal Westfaliano sono contemporanei alla formazione di bacini molassici continentali ed al vulcanismo tardo-paleozoico.

3 - EVOLUZIONE STRATIGRAFICA PALEOZOICA PRE-COLLISIONE ERCINICA

Una dettagliata ricostruzione della successione stratigrafica paleozoica è realizzabile solo nel Complesso metamorfico ercinico in facies degli scisti verdi e anchimetamorfico della Sardegna centrale e meridionale. In queste aree è possibile definire la successione del margine passivo cambriano, il ciclo magmatico ordoviciano e l'evoluzione del margine passivo siluriano-devoniano. Le formazioni del Complesso migmatitico ercinico e del Complesso metamorfico ercinico prevalentemente in facies anfibolitica, che affiorano nella Sardegna settentrionale, per le quali è incerta