

DANIELA ESU * e TASSOS KOTSAKIS **

* Istituto di Geologia e Paleontologia, Città Universitaria, Roma

** Centro di Studio per la Geologia dell'Italia Centrale, C.N.R.

c/o Istituto di Geologia e Paleontologia, Città Universitaria, Roma

Paleobiogeografia dei vertebrati e dei molluschi continentali del Terziario e del Quaternario della Sardegna

Scopo della presente nota è di dare un quadro d'insieme delle faune a molluschi e vertebrati continentali del Terziario e del Quaternario sardo e specialmente cercare di rispondere al problema del popolamento dell'isola. Le malacofaune continentali fossili del massiccio sardo-corso sono purtroppo ancora mal conosciute mentre per i vertebrati gli studi sono andati parzialmente avanti nei tempi più recenti. Anche per questi ultimi, tuttavia, esistono dati relativamente abbondanti solamente per il Quaternario.

Studi di sintesi delle faune continentali sarde, limitati ai soli mammiferi (o tutt'al più ai vertebrati) sono stati intrapresi da Comaschi Caria (1948) e più recentemente da Azzaroli (1977, 1980), Azzaroli e Guazzone (1979) e, per il solo Neogene, da Kotsakis e Palombo (1979). Le considerazioni che seguiranno si basano in parte su dati bibliografici e in parte su osservazioni dirette degli Autori.

PALEOCENE

Non si conoscono resti di molluschi continentali o di vertebrati sardi riferibili al Paleocene. Le analisi palinologiche (Pittau, 1974) dimostrano una stretta affinità della flora sarda con le coeve flore europee (Vedi Osserv. n. 1).

EOCENE (Fig. 1)

Le più vecchie segnalazioni di molluschi continentali cenozoici riguardano le formazioni lacustri intercalate a quelle salmastre del bacino di Gonnese, contenenti gasteropodi dei generi *Planorbis*,

«*Paludina*», e frammenti di Melanie, fra cui Meneghini (1857) ha riconosciuto tre specie, *Melania fragilis* Lamarck, *Melania* cf. *lactea*

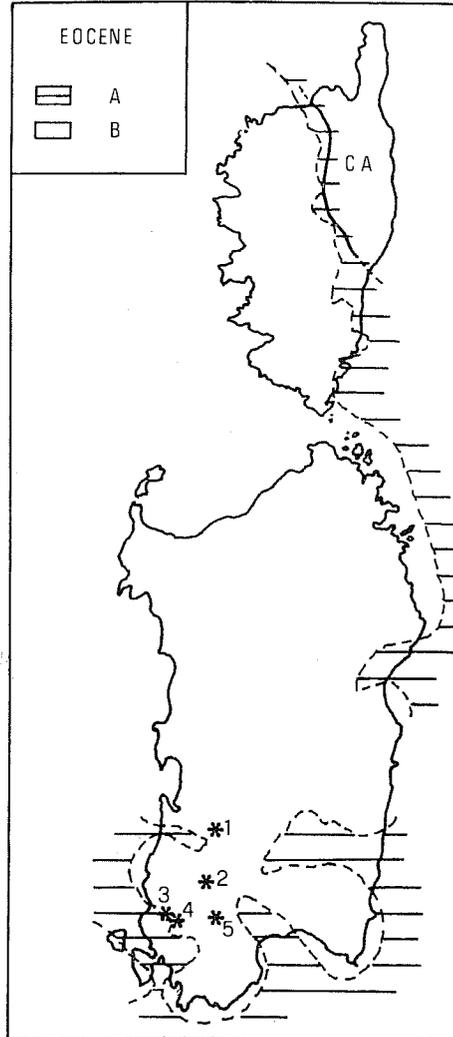


FIG. 1 - Località eoceniche menzionate nel testo. (Da Coccozza *et alii*, 1974).

A = Mare. B = Terra emersa.

1) Sardara; 2) Vallermosa; 3) Terras de Collu; 4) Bacu Abis;
5) Cixerri.

Lamarck e *Melania* sp. La posizione sistematica di questi fossili è da riesaminare. Anche la presenza di «*Cyrena*» *semistriata* Deshayes segnalata negli stessi livelli è estremamente improbabile.

TABELLA I

Correlazione dei piani continentali e marini del Terziario

Villafranchiano inferiore	Piacenziano
Rusciniano	Tabianiano
Turoliano	Messiniano
Vallesiano	Tortoniano
Astaraciano	Serravalliano
Orleaniano	Langhiano
Ageniano	Burdigaliano
Arverniano	Aquitano
Suabiano	Chattiano
Headoniano	Rupeliano
Rhenaniano	Priaboniano
Neustriano	Luteziano
	Cuisiano
	Sparnaciano
	Thanetiano

Anche i terreni eocenici di Sardara e Vallermosa nel Campidano, contengono gasteropodi dei generi *Physa* e *Planorbis* e oogoni di characee (Cocozza e Jacobacci, 1975). Questa fauna non è stata mai studiata. Al contrario i rari resti di mammiferi eocenici, tutti provenienti dalle marne di Terras de Collu (Gonnesa, Igliesiente), sono stati oggetto di studi particolareggiati (Bosco, 1902; Monterin, 1923; Dal Piaz, 1929; Altichieri, 1980). Gli Autori precedenti hanno individuato due specie di perissodattili, *Lophiodon sardus* Bosco e *Atalanodon monterini* Gb. Dal Piaz, entrambe appartenenti alla famiglia Lophiodontidae. Il genere *Atalanodon* è conosciuto esclu-

sivamente in Sardegna e non è di molta utilità per una attribuzione stratigrafica del giacimento. Al contrario lo stadio evolutivo di *Lophiodon sardus* rispetto alle altre specie del genere ci fa dedurre un'età eocenica inferiore o media per le marne (Dal Piaz, 1929). Il ritrovamento di resti di questa famiglia, esclusivamente europea, fa supporre uno stretto legame dell'isola con l'Europa occidentale (Francia e Spagna) durante questo periodo (Vedi Osserv. n. 2).

Un secondo ritrovamento di vertebrati è stato effettuato recentemente nei depositi marnoso-lignitici di Bacu Abis (Gonnesa) (Cappetta e Thaler, 1973). Si tratta di denti di pesci dulcicoli della famiglia Characidae (cf. *Alestes*). L'origine della famiglia è gondwaniana; durante l'Eocene inferiore e medio inferiore tuttavia, i suoi rappresentanti hanno colonizzato l'Europa occidentale; dall'Europa occidentale sono penetrati in Sardegna che a quel tempo era unita al continente (Alvarez, Coccozza e Wezel, 1974; Boccaletti, Guazzone e Manetti, 1974).

In recenti lavori palinologici (Pittau, 1974, 1977) si delimita la serie lignitifera del Sulcis dal Montiano (?) all'Eocene medio. Essendo la comparsa della famiglia Lophiodontidae posteriore al Paleocene possiamo attribuire i vertebrati di Gonnesa al Neustriano o, visto lo stadio evolutivo, più probabilmente al Rhenaniano.

La flora fossile raccolta in varie occasioni a Gonnesa e le analisi polliniche confermano le affinità europee della fauna (Comaschi Caria, 1959a; Pittau, 1974, 1977). Pittau (1977) esprime l'idea che forse si era differenziata una provincia biogeografica mediterranea dell'Europa, diversa da quelle dell'Europa occidentale e orientale (Vedi Osserv. n. 3).

Ugualmente di affinità europee, pur con qualche carattere atipico, è l'associazione pollinica di età luteziana (= Rhenaniano superiore della stratigrafia continentale) di Tanca Aru (Vallermosa) (Pittau Demelia, 1979).

OLIGOCENE (Fig. 2)

Durante l'Oligocene non sono noti resti di vertebrati continentali in Sardegna. Sono invece segnalate varie formazioni fluvio-lacustri che contengono molluschi continentali fossili. La prima di queste è la Formazione di Cixerri (Pecorini e Pomesano Cherchi,

1969). L'età della Formazione non è esclusivamente oligocenica. I sedimenti, che coprono un periodo che va dal Luteziano medio

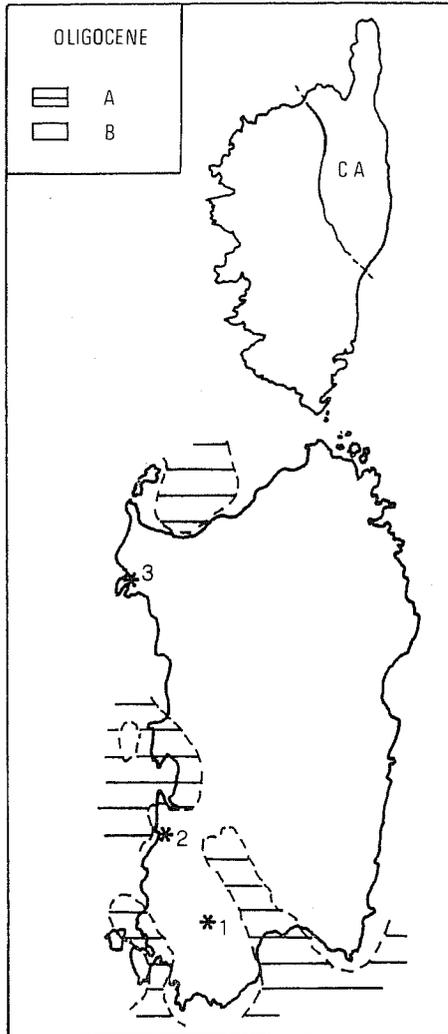


FIG. 2 - Località oligoceniche menzionate nel testo. (Da Coccozza *et alii*, 1974).

A = Mare. B = Terra emersa.

1) Cixerri; 2) Funtanazza; 3) Porto Conte.

all'Oligocene medio compreso (com. pers. Prof. Cherchi), contengono un'abbondante malacofauna a lamellibranchi (*Pisidium*) e gasteropodi. Questa fauna non è stata studiata all'infuori di una breve nota di Maxia (1959). Questo Autore ha individuato un esemplare di *Lymnaea* costituito da un modello interno piritizzato e lo ha attribuito con dubbio a *Lymnaea orelongo* Boubée¹, specie diffusa nell'Eocene medio-superiore dell'Ungheria, dell'Inghilterra e della Francia e nell'Oligocene inferiore della Francia (Wenz, 1923; Jodot e Rey, 1956). Barca (1973) segnala gasteropodi (*Lymnaea*, *Physa*, *Planorbis*) non studiati nella Formazione di Funtanazza (Guspini, Sardegna sud-occidentale) (Vedi Osserv. n. 4).

Più indicativo è l'affioramento di età oligocenica di Porto Conte (Alghero) ricco di molluschi continentali in cattivo stato di conservazione (Pecorini, 1961), fra cui prevalgono lamellibranchi di minute dimensioni e *Planorbis* mentre meno frequenti sono *Ancylus*, *Lymnaea* e (?) *Helix*. Pecorini (1961) trova affinità fra *Planorbis declivis* Braun e *Lymnaea pachygaster* Thomae², ampiamente diffusi nell'Oligocene e Miocene inferiore europeo e i rappresentanti degli stessi generi presenti nell'affioramento. Si può quindi supporre che queste malacofaune siano entrate in Sardegna, mentre era ancora affiancata al continente (zone spagnole e francesi), durante la prolungata fase di continentalità eocenica e basso-oligocenica; la traslazione-rotazione del massiccio sardo-corso è infatti iniziata circa 28 m.a. fa (Bellon, Coulon e Edel, 1977).

Anche per l'Oligocene così come per l'Eocene notiamo che la flora (Porto Conte) è di carattere chiaramente europeo (Pecorini, 1961) (Vedi Osserv. n. 5).

MIOCENE (Fig. 3)

Le faune a molluschi continentali del Miocene della Sardegna sono quasi del tutto sconosciute. Redini (1940) menziona nei bacini di Perfugas e Oschiri (Anglona, Sardegna settentrionale) tracce

(1) Secondo Wenz (1923, p. 1385) *orelongo* è sottospecie di *Lymnaea longiscata* Brongniart che ha la stessa distribuzione.

(2) Secondo Wenz (1923, p. 1579) *declivis* e *exiguus* sono sinonimi di *Gyraulus trochiformis applanatus* (Thomae) dell'Oligocene superiore e Miocene inferiore dell'Europa centro-occidentale; *pachygaster*, sempre secondo Wenz (1923, p. 1291), è sinonimo di *Lymnaea subovata* von Zieten.

di *Helix* e numerose forme di *Planorbis* e *Lymnaea* in pessimo stato di conservazione che egli riconduce con dubbio a *Planorbis*

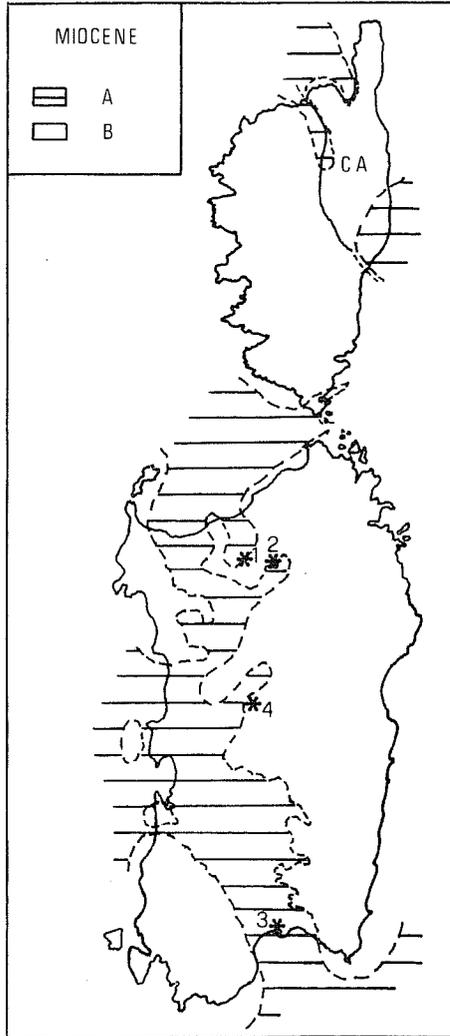


FIG. 3 - Località mioceniche menzionate nel testo. (Da Coccozza *et alii*, 1974).

A = Mare. B = Terra emersa.

1) Perfugas; 2) Oschiri; 3) Is Mirionis; 4) Zuri.

declivis Braun e a *Lymnaea pachygaster* Thomae. Nei calcari lacustri di Martis (Anglona), associati a resti di piante, si rinvennero secondo Meneghini (1857) *Planorbis exiguus* Dunkler & Meyer e «*Lymnaea vulgaris*» Pfeiffer (per le sinonimie di queste specie vedi nota n. 2), mentre Bruijn e Rümke (1974) segnalano molluschi continentali non determinati a Oschiri (Sardegna settentrionale). Redini (1940) considerava oligocenici gli strati a *Planorbis* e *Lymnaea*. Secondo Pecorini (1961) tali strati poggiano sulle «trachiti antiche» in parte mioceniche e di conseguenza anch'essi devono essere riferiti al Miocene inferiore.

Bruijn e Rümke (1974) hanno studiato l'unica mammalo-fauna nota nel Miocene sardo (Oschiri). Essa è composta dalle seguenti specie: *Crocidosorex antiquus* (Pomel), *Geotrypus oschiriensis* Rümke, *Nuragha schreuderae* Rümke, *Sardomys dawsonae* Bruijn, *Sardomys antoniettae* Bruijn, *Pireddamys ray* Bruijn, *Myomimus* sp., *Microdyromys* aff. *koenigswaldi* Bruijn e *Glis major* Bruijn; inoltre da resti indeterminati di lucertole, anuri e urodeli. (Vedi Osserv. n. 6).

La composizione della fauna, assolutamente non equilibrata (un soricide, due talpidi, tre ctenodactilidi e tre gliridi), e la tendenza al gigantismo dei ctenodactilidi testimoniano a favore di condizioni di insularità mentre si depositavano i sedimenti lacustri di Oschiri. Dal punto di vista paleogeografico la fauna, estremamente interessante, permette di fare parecchie osservazioni. I ctenodactilidi sono roditori di origine asiatica, che in seguito, hanno invaso l'Africa. Essi sono sconosciuti nell'Europa continentale. Le uniche segnalazioni europee riguardano il Villafranchiano di Monte Pellegrino (Sicilia) e l'Oligocene medio-superiore di Paguera I (Mallorca, Baleari); in quest'ultimo giacimento elementi di provenienza africana (Phiomyidae, Ctenodactylidae) si trovano associati ad elementi di origine europea (Gliridae, Cricetidae) (Adrover e Huguenev, 1975; Adrover, Huguenev e Mein, 1977). Secondo Kotsakis e Palombo (1979) la via migratoria seguita da questi roditori per arrivare in Sardegna sarebbe quella di Maghreb - Betica - Baleari - Sardegna. L'ingresso in Sardegna dovrebbe collocarsi dopo la separazione della placca sardo-corsa dall'Europa (inizio dell'Oligocene superiore) e prima della trasgressione aquitaniana. Anche Azzaroli

e Guazzone (1979) ipotizzano un ingresso dei ctenodactilidi sardi dall'Africa via Mallorca³.

Contrariamente alla fauna di origine africana quella di origine europea non presenta marcati caratteri di gigantismo e sembra di introduzione più recente. Infatti *Myomimus* compare nell'Ageniano superiore mentre *Microdyromys* sembrerebbe leggermente più recente. Ageniana è l'età di *Crocidosorex antiquus* e fino all'Ageniano arriva anche il genere *Geotrypus* prima di estinguersi. Diventa dunque necessario ipotizzare un collegamento con il continente europeo nell'Ageniano. L'età del giacimento dovrebbe dunque essere considerata ageniana.

Fra i mammiferi presenti a Oschiri il talpide del genere *Nuragba* non sembra affine a nessuna forma dell'Oligocene superiore o del Miocene inferiore-medio. Kotsakis e Palombo (1979) hanno avanzato l'ipotesi che esso rappresenti un relitto della fauna che popolava l'isola prima della separazione dal continente europeo, evoluto in seguito localmente. Tuttavia questa tesi resta una semplice ipotesi di lavoro.

La presenza di un altro mammifero, *Amphitragulus boulengeri* (Pomel), è segnalata in depositi miocenici di Sardara da Comaschi Caria (1953). Non si può essere certi sull'età del reperto, verosimilmente miocenica. D'altra parte la conformazione dei molari fa pensare che si tratti di un cervide primitivo piuttosto che di un paleomericide, famiglia alla quale è stato finora assegnato.

Vari resti di rettili sono segnalati in depositi marini di età «elveziana» (Capellini, 1889; Portis, 1901a, 1901b; Comaschi Caria 1959b). Si tratta di un coccodrillo, *Tomistoma calaritanum* Capellini, di due trionici, *Trionyx sardus* (Portis) e *Trionyx burdigalensis* Bergounioux e di uno squamato, «*Palaeopython*» *sardus* Portis. La validità specifica di *Trionyx sardus* è stata messa in dubbio da Kotsakis e Palombo (1979) mentre le tartarughe descritte da Comaschi Caria (1959b) non sembrano permettere nessuna attribuzione oltre il livello generico. Secondo Kotsakis e Palombo

(3) La famiglia Ctenodactilidae compare in Africa solamente nel Miocene. Tuttavia, considerata l'esiguità dei ritrovamenti di vertebrati fossili nell'Oligocene medio e superiore dell'Africa, tale mancanza è da addebitarsi quasi sicuramente alla mancanza di reperti e non alla mancanza della famiglia dalla fauna.

(1979) anche «*Palaeopython*» *sardus* non può essere messo in relazione con i *Palaeopython* di Quercy (Francia meridionale). Il genere *Tomistoma* ha una distribuzione circum-mediterranea durante il Miocene. Purtroppo nessuno di questi rettili può aiutarci per ricostruzioni paleogeografiche.

L'età di questi fossili (specialmente quelli trovati a Cagliari) dovrà essere riesaminata. Il «tramezzario» di Is Mirionis (Cagliari) dove furono scoperti i resti, poggia sopra la «pietra cantone» di età tortoniana (Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969). L'età di questi resti dunque è tortoniana o messiniana.

Al pari della fauna anche la flora del Miocene dimostra una duplice origine. Da una parte esistono numerose specie di origine europea (Comaschi Caria, 1959a) mentre d'altra parte nel Miocene inferiore di Zurri (Valle del Tirso) Chiarugi (1929, 1931) e Charrier e Maxia (1970) hanno descritto resti di legni appartenenti a specie africane. Bisogna segnalare che anche qualcuna delle specie europee testimonia un clima caldo di tipo savana (Biondi, 1979) (Vedi Osserv. n. 7).

PLIOCENE (Fig. 4)

Immediatamente dopo la crisi di salinità che ha interessato quasi tutta l'area mediterranea e quindi anche l'area sarda, si sono depositi i sedimenti a vertebrati e molluschi dulcicoli e terrestri di Mandriola (Capo Mannu, Penisola del Sinis) individuati da Pecorini, Rage e Thaler (1973). Poco posteriori sono i sedimenti continentali a *Helix* e *Planorbis* della Formazione di Samassi, nel Campidano (Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969).

Parte della malacofauna di Capo Mannu, che peraltro necessita di ulteriori campionature, è attualmente in studio da uno degli scriventi; ad un esame preliminare si riconoscono le seguenti specie e generi: ?*Islamia* aff. *schlosseri* (Royo Gomez), (Tav. I, figg. 1-2), *Vertigo diversidens* (Sandberger) (Tav. I, fig. 4), *Anisus spirorbis* (Linnaeus) (Tav. I, figg. 7-8), *Planorbis* cf. *moquini* Requier (= *P. agraulus* Bourguignat) (*sensu* Giusti, 1976), *Vitrea subrimata* (Reinhardt), *Tudorella* sp., *Lymnaea* sp.

Se gli ulteriori studi confermeranno la validità delle prime due specie si potrà affermare che il giacimento fornisce una significativa

indicazione paleogeografica e stratigrafica; infatti *?Islamia schlosseri* e *Vertigo diversidens* sono rinvenute finora solamente nel Miocene

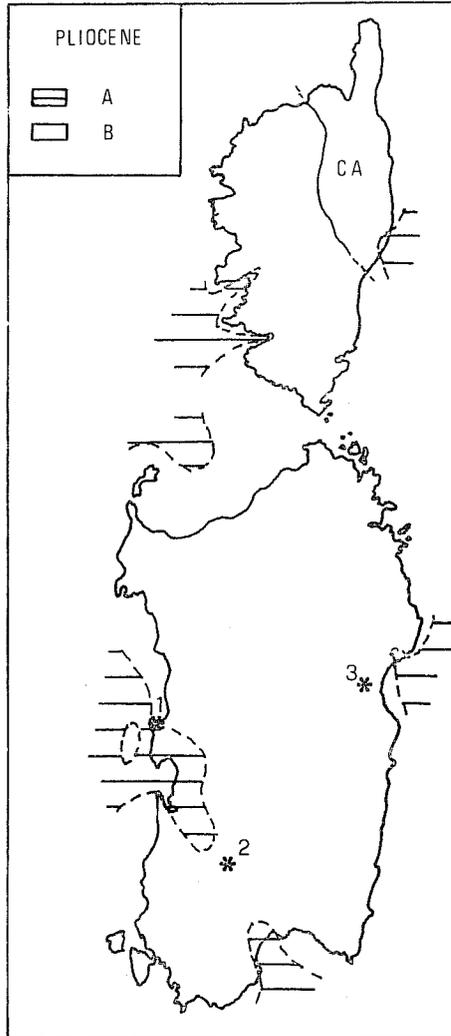


FIG. 4 - Località plioceniche menzionate nel testo. (Da Coccozza *et alii*, 1974).

A = Mare. B = Terra emersa.

1) Mandriola; 2) Samassi; 3) Nuraghe Su Casteddu.

spagnolo, francese e tedesco e precisamente ?*Islamia schlosseri* è citata nel Miocene superiore della conca di Terul (Concud) in Spagna orientale dove si trova in popolazioni numerose (Royo Gomez, 1922; Jodot, 1958), mentre *Vertigo diversidens* si rinviene nel Miocene medio di Sansan (Gers, Francia) (Sandberger, 1875), nel Miocene superiore di Cuenca (Spagna) (Royo Gomez, 1922) ecc. E' molto probabile quindi che queste malacofaune si siano diffuse in Sardegna durante la regressione messiniana. (Vedi Osserv. n. 8).

Tra le altre specie riconosciute, *Planorbis* cf. *moquini*, *Vitrea subrimata* e i generi *Tudorella* e *Lymnaea* sono comuni al giacimento villafranchiano inferiore di Su Casteddu (Nuoro) (Esu, 1978) per il quale si può affermare che l'antichità già ipotizzata, dell'insediamento faunistico risale per lo meno alla fase del «disseccamento» subita dal bacino mediterraneo nel Messiniano superiore. Indicativa al riguardo è la distribuzione stratigrafica del genere *Tudorella*, di limitata valenza ecologica, il quale è presente attualmente solo nelle isole Baleari, dove si riscontra anche fossile nel Quaternario, e in (?) Algeria. Questo genere è presente nel Neogene della Francia, nel Miocene medio del Portogallo, nel Miocene superiore della Spagna, a Concud, e nel Miocene superiore della Germania; dall'Europa occidentale si sarebbe quindi diffuso in Sardegna nel Miocene superiore. Per le altre specie questo è il rinvenimento più antico in Italia.

La fauna vertebratologica del giacimento di Mandriola (Capo Mannu) non ha costituito oggetto di uno studio completo. In una nota preliminare Pecorini, Rage e Thaler (1973) menzionano la presenza delle seguenti famiglie: Urodeli (non determinati), Anuri delle famiglie Discoglossidae, Bufonidae e ?Ranidae, Sauri delle famiglie Gekkonidae, Lacertidae e Anguidae, Amfisbeni (non determinati), serpenti delle famiglie Boidae (Erycinae), Viperidae e Colubridae (Colubrinae e Natricinae) e mammiferi delle famiglie Erinaceidae, Talpidae, Vespertilionidae, Bovidae, Gliridae (*Eliomys* cf. *truci* Mein e Michaux), Muridae (*Apodemus mannu* Thaler e *Rhagapodemus hautimagnensis* Mein e Michaux ssp.) e Ochotonidae (*Prolagus* cf. *figaro* Lopez). A questa lista si dovrebbero aggiungere i Cheloni, frammenti dei quali sono stati raccolti dagli scriventi. (Vedi Osserv. n. 9).

A parte l'erinaceide che sembrerebbe di origine africana e potrebbe rappresentare un discendente di una forma entrata in Sardegna nel pre-messiniano (Kotsakis e Palombo, 1979) tutti gli altri vertebrati sono di origine europea e devono essere entrati nell'isola durante la crisi di salinità del Mediterraneo. La presenza di una forma endemica di taglia gigante, *Apodemus mannu*, fa pensare ad un isolamento già avvenuto, dovuto all'inizio della trasgressione pliocenica che ha di nuovo separato la Sardegna dal continente. L'età del giacimento dovrebbe corrispondere (presenza di *Rhagapodemus hautimagnensis*) alla zona MN 14 di Mein (1975) (= Rusciniano inferiore). D'altra parte i fossili continentali si trovano dentro un deposito pliocenico marino costiero che potrebbe rappresentare il Pliocene inferiore che si ritrova trasgressivo nella zona.

La seguente tappa nell'evoluzione della fauna continentale della Sardegna è rappresentata dal giacimento del Villafranchiano inferiore di Nuraghe Su Casteddu (Nuoro). La malacofauna di questo giacimento (Esu, 1978) è costituita prevalentemente da gasteropodi terrestri e poche specie d'acqua dolce: *Cochlostoma sardoum* Westerlund, *Tudorella ferruginea* (Lamarck) (Tav. I, fig. 3), *Lymnaea truncatula* (Müller), *Planorbis* cf. *moquini* Requier (= *P. agraulus* Bourguignat) (Tav. I, figg. 5-6), *Planorbarius thiollieri* (Michaud), *Hypnophila* aff. *bisacchii* Giusti, *Hypnophila girottii* Esu, *Truncatellina callicratis* (Scacchi), *Negulus villafranchianus* (Sacco), *Chondrina avenacea* (Bruguière), *Lauria cylindracea* (Da Costa), *Vallonia pulchella* (Müller), *Chondrula (Mastus) pupa* (Linnaeus), *Punctum pygmaeum* (Draparnaud), *Discus ruderatus* (Studer), *Vitrea subrimata* (Reinhardt), *Oxychilus* sp. n.?, *Testacella gestroi* Issel, *Oestophora* aff. *kuiperi* Gasull, Clausiliidae gen. et spec. indet., Sphaeriidae gen. et spec. indet.

Oltre alla presenza di cinque specie endemiche, *C. sardoum*, *H.* aff. *bisacchii*, *H. girottii*, *T. gestroi* e forse *Oxychilus* sp.n.? (Esu, 1978), si ravvisano nella fauna di Su Casteddu due componenti delle quali la prima di chiara origine occidentale e mediterranea rappresentata dalle seguenti specie: *T. ferruginea*, *P.* cf. *moquini*, *P. thiollieri*, *O.* aff. *kuiperi*, *C. (Mastus) pupa* quest'ultima di probabile origine africana, il cui più antico rinvenimento è del

Pliocene dell'Algeria, e dal genere *Hypnophila*, attualmente presente nel Maghreb, nei Pirenei, in Sardegna, nell'Arcipelago Toscano e in Sicilia e isole Eolie (Giusti, 1976). L'altra componente invece ha affinità centro-europea ed è rappresentata da *N. villafranchianus*, ora estinto, *V. pulchella* *L. cylindracea*, *T. callicratis*, *C. avenacea*, *P. pygmaeum*, *D. ruderatus*. Delle specie rinvenute a Su Casteddu dieci o forse undici sono ancora viventi in Sardegna. La possibilità di origine di queste malacofaune, se si esclude un collegamento con l'Europa nel Pliocene e se si tiene conto che alcune specie erano già presenti in Sardegna nel Pliocene basale a Mandriola (Capo Mannu), è che si siano diffuse nell'isola durante il Messiniano superiore, per varie vie, dall'Europa occidentale e centrale, oppure che la loro presenza nell'area sarda (di qualcuna almeno di queste) risalga ad un periodo precedente.

I vertebrati di Su Casteddu comprendono le seguenti specie e generi: *Rana* sp., ?*Coluber* sp., *Episoriculus* cf. *gibberodon* (Petenyi), *Talpa* sp., *Hypnomys* sp. e inoltre Emydidae gen. et spec. indet. e Chiroptera (Esu e Kotsakis, 1979, 1980). Questa fauna è ben differente da quella presente nei giacimenti più recenti. La rana, segnalata dubitativamente a Capo Mannu, è assente dalla fauna quaternaria e attuale dell'isola. Ugualmente *Hypnomys*, gliride fino a questo momento ritenuto esclusivo delle Baleari, non si conosce nei giacimenti più tardi (Vedi Osserv. n. 10). Due altri elementi, sembrano invece gli antenati di specie quaternarie; *Talpa* sp. potrebbe essere l'antenato di *Talpa tyrrhenica* Bate del Pleistocene e discendere dal talpide di Mandriola. *Episoriculus* cfr. *gibberodon* d'altra parte potrebbe essere in realtà un *Nesiotites* di piccole dimensioni, antenato dei grandi *Nesiotites* pleistocenici. L'insieme faunistico sembra essere entrato nell'isola durante il Turoliano terminale e aver continuato la propria evoluzione localmente. La presenza di due elementi comuni fra la fauna sarda e quella balearica ci porta a pensare che durante la crisi di salinità del Mediterraneo esistevano limitati collegamenti fra Sardegna e le Baleari. Infatti due dei generi della fauna oligotipica del Plio-Pleistocene delle Baleari sono presenti in Sardegna (del caprino si parlerà più avanti, nell'esposizione della fauna quaternaria).

PLEISTOCENE (Fig. 5)

Numerose specie di molluschi continentali del Quaternario sardo, provenienti da brecce ossifere, arenarie eoliche e travertini di età post-tirreniana della zona di Alghero sono citate da Malatesta e Settepassi (1954) e per altri luoghi pre- e post-tirreniani della Sardegna da Comaschi Caria (1968). Queste specie vengono qui elencate nella Tab. II, in cui si evidenzia la loro distribuzione attuale. Da questa si vede che la maggior parte vive ancora in Sardegna, e che alcune significativamente si rinvencono anche in Corsica, nell'Arcipelago Toscano, in Piemonte e in Liguria (secondo Alzona, 1971 e Giusti, 1976).

L'affinità faunistica fra le malacofaune viventi nel massiccio sardo-corso e l'Arcipelago Toscano è stata più volte evidenziata da Giusti (1976, 1977a, 1977b). Poichè delle 92 specie viventi nell'Arcipelago Toscano (Giusti, 1977b) 14 risultano essere anche fossili plioceniche o quaternarie in Sardegna, se si esclude, come è verosimile, un collegamento con la penisola nel Pliocene, si può dedurre che siano avvenuti degli scambi faunistici nel Quaternario con certe aree circumtirreniche.

Nel Tirreniano di Porto Torres (Sassari) è stata segnalata da Segre (1951) la presenza di *Melanopsis maroccana* Bourguignat, sinonimo di *M. praemorsa* Linnaeus. Il genere *Melanopsis* è assente attualmente dall'isola.

I vertebrati fossili pleistocenici sono abbastanza noti da molto tempo (vedi Vaufray, 1929). La fauna è composta principalmente da soricidi (Bate, 1944), canidi (Malatesta, 1970), cervidi (Azzaroli, 1961, 1979; Comaschi Caria, 1968; Caloi e Malatesta, 1974), arvicolidi e muridi (Brandy, 1978) e ochotonidi (Tobien, 1935; Dawson, 1969; Lopez Martinez e Thaler, 1975). Più rari sono i talpidi, i cercopithecidi (Azzaroli, 1946; Comaschi Caria, 1970), i mustelidi (Ficcarelli e Torre, 1967; Malatesta, 1977, 1978), gli elefantidi (Malatesta, 1954; Ambrosetti, 1972), i suidi, gli ippopotamidi, i bovini e i gliridi (Engesser, 1976). Occasionalmente si trovano resti di uccelli (Malatesta e Suriano, 1970), anfibi e rettili (Kotsakis, 1980a; Sanchiz, 1979).

Azzaroli (1971, 1977, 1980) sottolinea le differenze delle mammalofaune quaternarie del massiccio sardo-corso da quelle delle

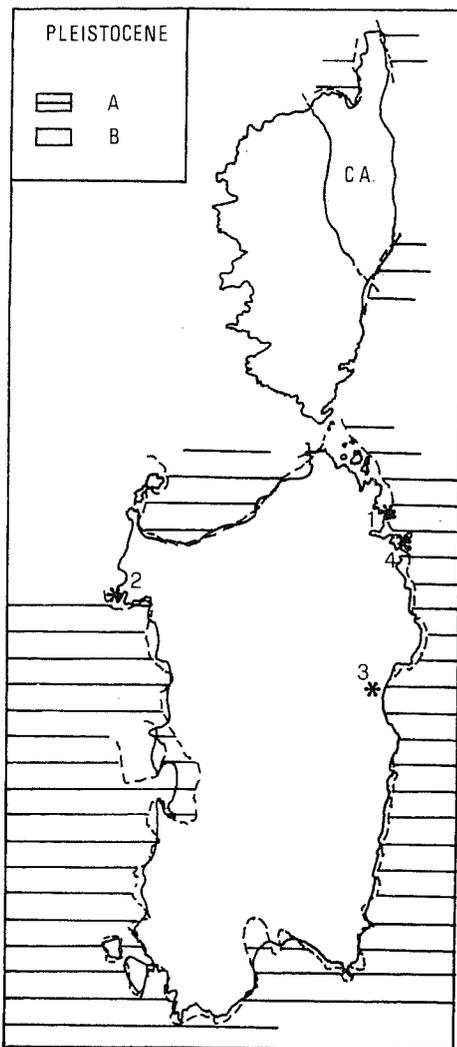


FIG. 5 - Località pleistoceniche e oloceniche menzionate nel testo. (Da Cocozza *et alii*, 1974).

A = Mare. B = Terra emersa.

1) Capo Figari; 2) Dragonara; 3) Su Guano; 4) Tavolara.

altre isole del Mediterraneo. Secondo il paleontologo fiorentino questo è dovuto al momento differente del popolamento di ogni isola. La fauna quaternaria di tutte le isole mediterranee (e non solo di esse) presenta caratteri di nanismo per gli animali di grande taglia e di gigantismo per quelli di piccola mole. Azzaroli (1971, 1977), Thaler (1973), Sondaar (1977) hanno discusso le cause di questo fenomeno. Gli scriventi sono d'accordo con l'opinione espressa da Azzaroli secondo la quale le modificazioni della statura sono dovute al differente equilibrio faunistico che si instaura all'interno di faune alquanto oligotipiche (mancanza di pressione selettiva).

Ultimamente uno degli scriventi ha presentato un'analisi delle faune quaternarie sarde (Kotsakis, 1980b). In base a questo lavoro possiamo individuare due tappe faunistiche che corrispondono a due momenti differenti del Pleistocene. La prima, quella di Capo Figari (Olbia), è di età medio-pleistocenica mentre la seconda, quella della grotta di Dragonara (Capo Caccia, Alghero), è di età alto-pleistocenica (post-tirreniana).

Nel giacimento di Capo Figari sono presenti le seguenti specie: *Nesiotites* aff. *corsicanus* Bate, *Talpa tyrrhenica* Bate, *Macaca majori* Azzaroli, *Enhydrictis galictoides* Major, *Sus* sp., *Megaceros* sp., *Nesogoral melonii* (Dehaut), *Tyrrhenoglis majori* Engesser, *Tyrrhenicola* sp.n., *Rhagamys minor* Brandy, *Prolagus figaro* Lopez e *Prolagus sardus* (Wagner). (Vedi Osserv. n. 11).

In questa fauna si possono individuare tre componenti faunistiche. La prima è composta dai discendenti degli invasori del Turoliano terminale. Essi sono *Rhagamys minor* che discende da *Rhagapodemus hautimagnensis* di Mandriola (Fig. 6), *P. figaro* anch'esso rappresentato da *P. cf. figaro* a Mandriola (Pecorini, Rage e Thaler, 1973; Lopez Martinez e Thaler, 1975) e molto probabilmente *T. tyrrhenica*, un talpide meno specializzato di *Talpa europea* Linnaeus che presumibilmente discende dal talpide di Mandriola attraverso *Talpa* sp. di Su Casteddu ed infine *N. corsicanus* e *N. melonii*, forme con antenato comune con la fauna plio-pleistocenica delle Baleari (per il *Nesiotites* vedi Reumer, 1979). L'antenato del primo potrebbe essere il soricide di Su Casteddu mentre il caprino endemico sardo, pur essendo molto meno specializzato del

Myotragus delle Baleari mostra le maggiori affinità con questo genere. Il piccolo bovino presente a Mandriola potrebbe essere il suo antenato (Gliozzi e Malatesta, 1980).

TABELLA II

Specie rinvenute in affioramenti pre-tirreniani (*) e post-tirreniani in Sardegna	Viventi in									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Lymnaea palustris</i> (Müller)	X									X
<i>Lymnaea peregra ovata</i> Draparnaud (= <i>L. sa</i> Linnaeus)	X									X
<i>Lymnaea buccinea</i> Meneghini	?									
<i>Gyraulus albus</i> (Müller)										X
<i>Armiger crista</i> (Linnaeus) (= <i>P. nautilus</i> (L.) <i>sensu</i> Comaschi Caria)	X									X
<i>Planorbis</i> cf. <i>moquini</i> Requier (= <i>P. agraulus</i> Bourguignat) (<i>sensu</i> Giusti)	X	X	X							X
<i>Hypnophila dobrni</i> (Paulucci)	X	X	X							
<i>Retinella incerta oblivia</i> Settepassi	?									
<i>Oxychilus hydatinus</i> (Rossmäessler)	X		X	X	?	X	X			X
<i>Oxychilus oppressus</i> (Shuttleworth) (= <i>balmei</i> , <i>nec</i> Pfeiffer)	X									
<i>Oxychilus</i> cf. <i>cellarius</i> (Müller) (<i>sensu</i> Comaschi Caria, 1968)	?	X			X	X			X	
<i>Rumina decollata</i> (Linnaeus)	X	X	X	X	X	X	?			X
<i>Cochlodina kuesteri</i> Rossmäessler (= <i>C. meis-</i> <i>neriana</i> Shuttleworth <i>sensu</i> Comaschi Caria)	X	X	X							
<i>Cerņuella</i> (<i>Xerocincta</i>) cf. <i>neglecta</i> (Drap.) (= <i>trepidula</i> , <i>sensu</i> Comaschi Caria)	X	X	X	X						X
<i>Cerņuella</i> (<i>Xeromagna</i>) cf. <i>cespitem</i> (Drap.) (= <i>terveri</i> , <i>sensu</i> Comaschi Caria)	X	X	X			X			X	
(*) <i>Cerņuella?</i> (<i>Xerolaeta</i>) <i>tuta</i> Paulucci	X				X					
(*) <i>Cerņuella</i> (?) <i>hyllierizna</i> Paulucci	X									
<i>Cerņuella</i> (?) <i>augustiniana</i> Bourguignat	?			X						X
<i>Cerņuella</i> (?) <i>herbicola</i> Shuttleworth	X	X								
(*) <i>Cyrnotbeba corsica?</i> (Shuttleworth)		X								
<i>Marmorana serpentina serpentina</i> (Férussac)	X	X								
<i>Marmorana serpentina adjacensis</i> (Paulucci)	X	X								
<i>Marmorana serpentina carae</i> (Cantraine)	X									
<i>Marmorana serpentina hospitans</i> (Rossmäessler)	X	X								
(*) <i>Marmorana serpentina isarae</i> (Paulucci)	X									
<i>Marmorana serpentina isilensis</i> (Mabille)	X									
<i>Eobania vermiculata</i> (Müller)	X	X	X		X	X				X
<i>Otala punctata</i> cf. <i>apalolena</i> (Bourguignat)	X	X						X	X	

La seconda componente faunistica è composta dai discendenti degli animali che hanno raggiunto l'isola durante il Quaternario. Gli antenati di *M. majori* e *E. galictoides* dovrebbero essere ricercati nel Villafranchiano superiore della Toscana (*Macaca florentina* (Cocchi) e *Enhydriactis ardea* (Bravard)) rispettivamente (Azzaroli, 1977b). Mentre per gli antenati di *Sus* sp., *Megaceros* sp., *Tyrrhenicola* sp.n. e *P. sardus* si dovrebbe guardare nella fauna del Pleistocene medio basale del continente europeo (*Sus scrofa* Linnaeus, *Megaceros verticornis* (Dawkins), *Allophaiomys* sp. e *P. sardus* (Wagner) rispettivamente). L'invasione che ha portato sull'isola i rappresentanti di questa fauna dovrebbe corrispondere grosso modo all'epoca della regressione Cassia, circa 1 m.a. fa (Ambrosetti *et alii*, 1972), cioè in un periodo che vede l'arrivo in Europa dei megaceri e degli arvicolidi con molari a crescita continua e prima dell'estinzione totale della fauna tardo-villafranchiana.

Il terzo gruppo è costituito da una sola specie, *T. majori*, che dovrebbe rappresentare un relitto di una fauna risalente ad una epoca forse anteriore al Turoliano finale. Infatti Engesser (1976) segnala la presenza di una forma molto simile nei livelli V₁ e V₂ di Baccinello (Toscana) di età rispettivamente turoliana inferiore o media e turoliana superiore (Hürzeler e Engesser, 1976).

TABELLA II

Tabella di distribuzione attuale delle specie fossili quaternarie della Sardegna citate da Malatesta & Settepassi (1954) e Comaschi Caria (1968). Le attribuzioni generiche e specifiche sono state aggiornate bibliograficamente secondo Alzona (1971) e Giusti (1976 e com. pers.).

Le seguenti specie: *Trochoidea trochoides* (Poiret), *Oxychilus majori* (Westerlund) (= *Hyalinia libysonis* Paulucci *sensu* Comaschi Caria, 1954), *Vertigo antivertigo* Draparnaud, *Vertigo pygmaea* Draparnaud (= *V. cylindrica* Ferussac *sensu* Comaschi Caria, 1954) e *Xeroplexa (Xeroclausa) meda* (Porro) (= *Helix meda* Porro *sensu* Comaschi Caria, 1954) sono menzionate da Comaschi Caria (1954) per il Quaternario continentale sardo, non sono però riportate nell'elenco di tutte le faune quaternarie della stessa Autrice (Comaschi Caria, 1968). Si preferisce dunque non inserirle nella tabella.

Dalla figura 4 della tav. H di Meneghini (1857) sembra che la specie *Lymnaea buccinea* Meneghini sia sinonimo di *Lymnaea truncatula* (Müller), vivente in Sardegna. 1) Sardegna; 2) Corsica; 3) Arcipelago Toscano, Toscana; 4) Liguria, Piemonte; 5) Sicilia; 6) Altre zone italiane; 7) Penisola iberica; 8) Francia; 9) Geonemia mediterranea; 10) Geonemia olartica.

Il gliride simile a *Tyrrhenoglis* manca invece nello strato V₃ di Baccinello. Si potrebbe dunque supporre che *T. majori* discende da un invasore che ha raggiunto la Sardegna durante il Turoliano medio o superiore. Una seconda soluzione sarebbe quella che ammette una sopravvivenza della fauna del livello V₂ di Baccinello fino alla crisi messiniana e il passaggio dell'antenato di *Tyrrhenoglis* in Sardegna durante il Turoliano terminale.

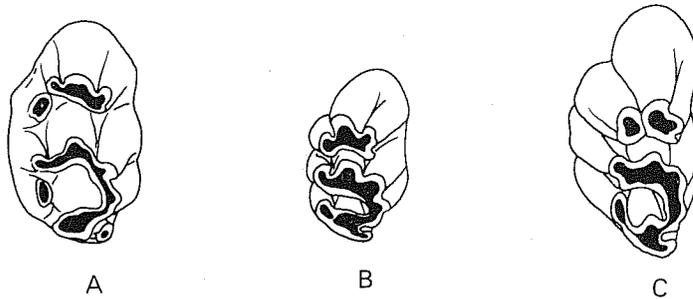


FIG. 6 - Evoluzione di M₁ superiore nei muridi della linea filetica *Rbagapodemus* - *Rbagamys* del Plio-Pleistocene della Sardegna (da Pecorini, Rage & Thaler, 1973 e Brandy, 1978).

- A = *Rbagapodemus hautimagnensis* Mein & Michaux ssp.
 B = *Rbagamys minor* Brandy.
 C = *Rbagamys orthodon* (Hensel).

Due altre specie, assenti dalla breccia di Capo Figari ma presenti in giacimenti più tardi, sono *Cynotherium sardoum* Studiati e *Mammuthus lamarmorae* (Major). Il primo discenderebbe da un *Canis* del Villafranchiano superiore della Toscana mentre il secondo sarebbe probabilmente il risultato di una linea evolutiva locale di *Mammuthus trogontherii* (Pohlig). Anche gli antenati di queste due specie sarebbero dunque immigrati durante la regressione Cassia.

La tappa successiva nell'evoluzione dei vertebrati della Sardegna si ha nel giacimento di Dragonara. Qui sono presenti le seguenti specie: *Discoglossus* cf. *sardus* Tschudi, *Bufo viridis* Laurenti, *Hyla* cf. *arborea* (Linnaeus), *Coluber* sp., *Natrix* sp., *Nesiotites similis* (Hensel), *Nesiotites* sp., *Talpa tyrrhenica* Bate (?), *Myotis nattereri* (Kuhl), *Vulpes* cf. *vulpes* (Linnaeus) (?), *Cynotherium sardoum*

Studiati, *Cyrraonyx majori* Malatesta, *Sus* sp. (?), *Megaceros* sp. (di taglia ridotta rispetto al megacerino di Capo Figari), *Tyrrhenicola henseli* Major, *Rhagamys orthodon* (Hensel), *Prolagus sardus* (Wagner) e molte specie di uccelli (vedi Malatesta e Suriano, 1970).

I mammiferi di Dragonara sono identici a quelli di Capo Figari (*Talpa*, *Sus* (?), *Prolagus*) oppure sono rappresentati dai loro diretti discendenti (*Megaceros*, *Tyrrhenicola*, *Rhagamys*). Alcune specie non mostrano chiari rapporti filogenetici come *N. similis* che dovrebbe discendere da *N. corsicanus* il quale però continua a prosperare in Corsica durante lo stesso periodo (post-tirreniano). I rapporti di *Cyrraonyx* con gli aonicoidi pleistocenici europei non sono chiari. Infine la presenza del genere *Vulpes* a Dragonara non è sicura. Ad ogni modo è chiaro che nessuna invasione è venuta a disturbare l'evoluzione locale della fauna endemica sarda durante il Pleistocene medio e superiore.

Prima di chiudere la discussione sulle faune quaternarie bisogna ricordare la dubbia presenza di *Hippopotamus* sp. e di due forme marine, un mustelide, *Nesolutra ichnusae* Malatesta e un focide, *Monachus monachus* (Hermann). Le due ultime provengono dal Pleistocene terminale o dall'Olocene.

I rapporti della fauna a vertebrati della Sardegna con quella dell'isola di Corsica non possono essere tracciati con chiarezza. I giacimenti quaternari corsi sono tutti di età pleistocenica superiore e contengono una fauna quasi uguale a quella sarda (*Nesiotites corsicanus* Bate, *Cyrraonyx majori* Malatesta, *Megaceros cazioti* (Dépéret), *Prolagus sardus* (Wagner) ecc.).

OLOCENE (Fig. 5)

La fauna olocenica sarda non è molto ben conosciuta. In varie località è stato segnalato *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus). Si conoscono ugualmente resti di *Mus musculus* Linnaeus e *Rattus rattus* (Linnaeus) (vedi Comaschi Caria, 1968). Nella grotta di Su Guanu (Oliena, Nuoro) sono stati trovati resti di *Discoglossus sardus* Tschudi, *Bufo bufo* (Linnaeus), *Bufo viridis* Laurenti, *Emys orbicularis* Linnaeus, *Chalcides ocellatus* Forskal, *Podarcis tilliguerta*, un colubride e molti mammiferi, sia di origine pleistocenica sia

introdotti dall'uomo (Sanchiz, 1979; Kotsakis, 1982; Alcover, com. personale).

La fauna attuale della Sardegna non comprende nessuna specie quaternaria dell'isola, ad eccezione forse di *Vulpes vulpes* segnalata fossile a Dragonara. *Prolagus sardus* è vissuto invece fino a tempi recenti, specialmente nell'isola di Tavolara (Sardegna nord-orientale).

CONCLUSIONI

In base alle conoscenze sui molluschi continentali e sui vertebrati fossili ritrovati in Sardegna possiamo avanzare le seguenti ipotesi:

1) Durante l'Eocene e l'Oligocene inferiore e medio (presumibilmente anche durante il Paleocene) la Sardegna fa parte del continente europeo. La sua fauna è molto simile a quella dell'Europa durante lo stesso periodo.

2) All'inizio dell'Oligocene superiore comincia lo stacco della placca (o placche) sardo-corsa dall'Europa.

3) In un certo momento dell'Oligocene superiore, prima della trasgressione aquitaniana, si crea un passaggio fra le Baleari e la Sardegna. Questo passaggio permette a elementi di origine africana di entrare nell'Isola.

4) Durante il Miocene inferiore i rapporti con le Baleari vengono interrotti. Durante questo periodo si instaura un collegamento che permette a certi elementi della fauna ageniana dell'Europa di raggiungere l'isola.

5) Nel Miocene medio si instaurano condizioni di insularità che durano fino alla fine del Miocene.

6) Forse durante il Miocene superiore qualche scambio faunistico è possibile fra Sardegna e Toscana (Baccinello) anch'essa isola.

7) Nel Miocene terminale, durante la «crisi di salinità» del Mediterraneo, si instaurano ampie comunicazioni che permettono alla fauna europea di raggiungere l'isola. Durante questo periodo esisteva senz'altro un limitato collegamento con le Baleari.

8) Nel Pliocene tornano le condizioni di insularità che perdurano anche durante il Pleistocene inferiore.

9) Nel momento del passaggio Pleistocene inferiore-Pleistocene medio l'isola entra in comunicazione con la penisola italiana (via Corsica, Arcipelago Toscano). Faune continentali di questo periodo raggiungono il massiccio sardo-corso.

10) Durante il Pleistocene medio e il Pleistocene superiore si torna nuovamente a condizioni di insularità.

11) Nell'Olocene l'uomo neolitico arriva sull'isola portando con sé vari mammiferi. Altri saranno introdotti in tempi storici.

OSSERVAZIONI

Dopo la consegna del manoscritto alle stampe, gli scriventi hanno preso visione di un certo numero di lavori che permettono di integrare i dati raccolti in precedenza.

1) Il problema della data d'inizio della sedimentazione continentale nel bacino del Sulcis è rimesso in discussione vista la presenza di depositi marini dell'Eocene inferiore (Ilerdiano) sotto gli strati continentali (Cherchi, 1979).

2) L'appartenenza della specie *sardus* al genere *Lophiodon* è molto dubbia. Tale specie potrebbe appartenere al genere europeo occidentale *Paralophiodon*, unico rappresentante della sottofamiglia *Paralophiodontinae* (Famiglia *Isectolophidae*).

3) La presenza di alcuni elementi africani nella flora del Sulcis è molto probabilmente dovuta ad un ingresso anteriore di queste piante in Europa occidentale e di là un loro ingresso in Sardegna.

4) L'età della Formazione di Funtanazza potrebbe in realtà essere un poco più recente (?Ageniano) (Barberi e Cherchi, 1980).

5) Secondo Boccaletti, Guazzone e Manetti (1974) la Calabria «alpina» faceva parte del massiccio sardo-corso durante l'Oligocene. La presenza del genere *Anthracotherium* ad Agnana (Reggio Calabria) conferma tale ipotesi.

6) Secondo Daams (1981) il *Myomimus* sp. di Oschiri dovrebbe essere classificato come *Peridyromys* aff. *murinus* (Pomel).

Sanchiz e Mlynarski (1979) segnalano la presenza di *Salamandrina terdigitata* (Lacépède) nello stesso giacimento.

7) Secondo Antunes (1979) la presenza della fauna basso- e medio-miocenica ad *Hispanotherium* nella penisola iberica, fauna caratterizzata da rinoceronti ad affinità orientali, è spiegabile con una migrazione di certi elementi attraverso la via Balcani-Alpi-Corsica-Sardegna-Baleari-Penisola iberica. Tale teoria rimane per il momento un'ipotesi di lavoro.

8) Per il rappresentante sardo del genere ?*Islamia* si potrebbe ipotizzare anche un ingresso in Sardegna molto più remoto poichè una forma simile, «*Valvata*» *indecisa* Cossmann, è stata segnalata nell'Eocene dei Pirenei (Villatte, 1979).

9) Secondo Zammit Maempel e Bruijn (1982), che hanno revisionato i gliridi del Plio-Pleistocene delle isole mediterranee, il gliride di Mandriola dovrebbe essere classificato come *Eliomys* (*Tyrrhenoglis*) aff. *figariensis*. Infatti essi considerano *Tyrrhenoglis* e *Hypnomys* (ed anche *Maltamys* di Sicilia e Malta) come sottogeneri del genere *Eliomys*.

10) Secondo Zammit Maempel e Bruijn (1982), *Eliomys* (*Hypnomys*) sp. di Su Casteddu dovrebbe essere classificato come *Eliomys* (*Tyrrhenoglis*) cf. *majori* (Engesser). Il Dr. H. de Bruijn ha esaminato il gliride di Su Casteddu ed ha espresso l'opinione (com. pers.) che la morfologia di questo roditore è più vicina a quella di *Eliomys* (*Hypnomys*); si tratterebbe tuttavia di resti molto parziali per poter trarre delle conclusioni definitive.

11) Le brecce di Capo Figari dove è stato scoperto un nuovo gliride, *Eliomys* (*Tyrrhenoglis*) *figariensis* Zammit Maempel & Bruijn, potrebbero appartenere ad età differenti (Zammit Maempel e Bruijn, 1982).

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano i Proff. A. Azzaroli dell'Università di Firenze e F. Giusti dell'Università di Siena per i loro suggerimenti.

SUMMARY

In this work Tertiary and Quaternary continental molluscs and vertebrates of Sardinia are examined. On the ground of this investigation we can draw the following hypothesis about population of the island:

1) During Eocene and Lower-Middle Oligocene (presumably also during Paleocene) Sardinia belongs to European mainland. Its fauna is very similar to the European coeval ones.

2) At the beginning of Upper Oligocene the detachment of the Sardo-Corse microplate (or microplates) starts.

3) At a certain moment of Upper Oligocene, before the Aquitanian transgression, a land-connection between Balears and Sardinia established. This connection allows Sardinia to be invaded by faunistic elements of African origin.

4) During Lower Miocene the connection with Balears is broken while a new land connection between Sardinia and European mainland established; this allows a few elements of Agenian fauna of Europe to enter the island.

5) During Middle Miocene insular conditions established; they persisted until the end of Miocene.

6) Perhaps during Upper Miocene some faunistic interchange was possible between Sardinia and Tuscany (Baccinello).

7) During Uppermost Miocene, at the end of Mediterranean salinity crisis, large connections allowing the European faunas to reach the island established. In the same period there was also a limited connection with Balears.

8) During Pliocene insular conditions established again and persisted also during Lower Pleistocene.

9) At the end of Lower Pleistocene - beginning of Middle Pleistocene the island was connected to the Italian peninsula (through Corsica, Tuscan archipelago). Continental faunas of this period invaded the Sardo-Corso massif.

10) During Middle and Upper Pleistocene insular conditions established again.

11) During Holocene, Neolithic Man reached the island introducing some mammals. Other ones (also reptiles) have been introduced in historical times.

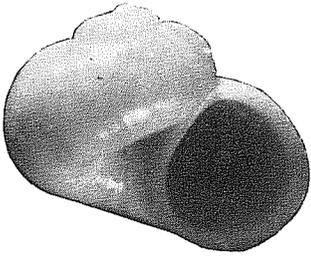
BIBLIOGRAFIA

- ADROVER R. e HUGUENEY M., 1975 - Des rongeurs (Mammalia) africains dans une faune de l'Oligocène élevé de Majorque (Baléares, Espagne). *Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat. Lyon*, **13** (Suppl.), pp. 11-13, Lyon.
- ADROVER R., HUGUENEY M. e MEIN P., 1977 - Fauna africana oligocena y nuevas formas endémicas entre los micromamíferos de Mallorca (Nota preliminar). *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, **22**, pp. 137-149, Palma de Mallorca.
- ALTICHERI L., 1980 - I perissodattili dell'Eocene della Sardegna. - In «Vertebr. Foss. Ital.», p. 145, Verona.

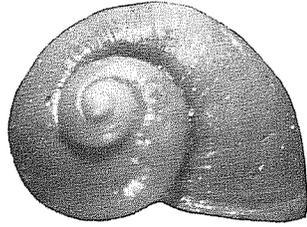
- ALVAREZ W., COCOZZA T. e WEZEL F.C., 1974 - Fragmentation of the Alpine orogenic belt by microplate dispersal. *Nature*, **248**, pp. 309-314, London.
- ALZONA C., 1971 - Malacofauna italiana. Catalogo e bibliografia dei molluschi viventi, terrestri e d'acqua dolce. *Atti Soc. Ital. Sci. Nat.*, **111**, pp. 5-433, Milano.
- AMBROSETTI P., 1972 - L'elefante fossile della Sardegna. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **91**, pp. 127-131, Roma.
- AMBROSETTI P., AZZAROLI A., BONADONNA F.P. e FOLLIERI M., 1972 - A scheme of Pleistocene chronology for the Tyrrhenian side of Central Italy. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **91**, pp. 169-184, Roma.
- AMBROSETTI P., AZZAROLI A. e KOTSAKIS T., 1980 - Mammiferi del Plio-Pleistocene delle isole italiane. In «Vertebr. Foss. Ital.», pp. 243-248, Verona.
- ANTUNES M.T., 1979 - «*Hispanotherium fauna*» in Iberian middle Miocene, its importance and paleogeographical meaning. *Ann. Géol. Pays Hellén.*, H.S., VII Intern. Congr. Mediterr. Neogene, **1**, pp. 19-26, Athinae.
- AZZAROLI A., 1946 - La scimmia fossile della Sardegna. *Riv. Sci. Preist.*, **1**, pp. 68-76, Firenze.
- AZZAROLI A., 1961 - Il nanismo nei cervi insulari. *Palaeontogr. Ital.*, **56**, pp. 1-32, Pisa.
- AZZAROLI A., 1971 - Il significato delle faune insulari quaternarie. *Le Scienze*, **30**, pp. 84-93, Milano.
- AZZAROLI A., 1977a - Considerazioni sui mammiferi fossili delle isole mediterranee. *Boll. Zool.*, **44**, pp. 201-211, Padova.
- AZZAROLI A., 1977b - The Villafranchian stage in Italy and the Plio-Pleistocene boundary. *Giorn. Geol.*, **41**, pp. 61-79, Bologna.
- AZZAROLI A., 1979 - Critical remarks of some giant deer (genus *Megaceros* OWEN) from the Pleistocene of Europe. *Palaeontogr. Ital.*, **71**, pp. 5-16, Pisa.
- AZZAROLI A., 1980 - I mammiferi del Terziario e del Quaternario della Sardegna. *Lav. Soc. Ital. Biogeogr.*, **8**, Forlì (in corso di stampa).
- AZZAROLI A. e GUAZZONE G., 1979 - Terrestrial mammals and land connections in the Mediterranean before and during the Messinian. *Palaeogeogr. Palaeoclim.: Palaeoecol.*, **29**, pp. 155-167, Amsterdam.
- BARBERI F. e CHERCHI A., 1980 - Excursion sur le Mésozoïque et le Tertiaire de la Sardaigne occidentale. Livret-Guide XXVII Congr. Comm. Intern. Explor. Scient. Mer Méditerr., 127 pp., Roma.
- BARCA S., 1973 - Sedimentologia e paleogeografia della formazione continentale oligocenica di Funtanazza (Sardegna sud-occidentale). *Boll. Soc. Nat. Napoli*, **82**, pp. 107-125, Napoli.
- BATE D.M.A., 1944 - Pleistocene shrews from the larger western Mediterranean islands. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, s. 11, **11**, pp. 738-769, London.
- BELLON H., COULON G. e EDEL J.B., 1977 - Le déplacement de la Sardaigne. Synthèse des données géochronologiques, magmatiques et paléomagnétiques. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, s. 7, **19**, pp. 825-831, Paris (1978).
- BIONDI E., 1979 - *Tetraclinoxylon anglonae* nuova specie di legno fossile della Sardegna del Nord. *Boll. Soc. Sarda Sci. Nat.*, **19**, pp. 203-215, Sassari.
- BOCCALETTI M., GUAZZONE G. e MANETTI P., 1974 - Evoluzione paleogeografica e geodinamica del Mediterraneo: i bacini marginali. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, **13** (Suppl. 2), pp. 162-199, Pisa.
- BOSCO C., 1902 - *Lophiodon sardus* (n.sp.) delle ligniti di Terras de Collu (Sardegna). *Rend. Accad. Naz. Lincei*, s. 5, **11**, pp. 178-182, Roma.
- BRANDY L.D., 1978 - Données nouvelles sur l'évolution du rongeur endémique fossile corso-sarde *Rbagamys* F. MAJOR (1905). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, s. 7, **27**, pp. 831-835, Paris.
- BRUIJN H. DE e RÜMKE C.G., 1974 - On a peculiar mammalian association from the Miocene of Oschiri (Sardinia) I-II. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch.*, s. B, **77**, pp. 44-49, Amsterdam.
- CALOI L. e MALATESTA A., 1974 - Il cervo pleistocenico di Sardegna. *Mem. Ist. Ital. Paleont. Um.*, **2**, pp. 163-247, Roma.

- CAPELLINI G., 1889 - Sul coccodrilliano gavialoide (*Tomistoma calaritanus*) scoperto nella collina di Cagliari nel MDCCCCLXVIII. *Mem. Accad. Naz. Lincei*, s. 4, **6**, pp. 507-533, Roma (1890).
- CAPPETTA H. e THALER L., 1973 - Présence de poissons Characidae, caractéristiques de l'Eocène inférieur européen, dans la formation lignitifère de Sardaigne. *Rend. Sem. Fac. Sci. Univ. Cagliari*, **43** (Suppl.), pp. 69-71, Bologna (1974).
- CHARRIER G. e MAXIA C., 1970 - Nuovi reperti di foresta pietrificata a Zuri - Soddi entro la formazione dei tuffi eomiocenici (Lago del Tirso, Sardegna centrale). *Atti. Soc. Ital. Sci. Nat.*, **110**, pp. 224-250, Milano.
- CHERCHI A., 1979 - Presenza dell'Ilterdiano a macroforaminiferi nella Sardegna sud-occidentale. *Pubbl. Ist. Geol. Paleont. Univ. Cagliari*, **301**, pp. 1-11, Cagliari.
- CHIARUGI A., 1929 - La presenza in Sardegna di elementi paleoecologici sahariani. *Nuovo Giorn. Bot. Ital.*, **36**, pp. 254-258, Firenze.
- CHIARUGI A., 1931 - «*Palmoxylon tyrrhenicum*» CHIARUGI n.sp. e «*Palmoxylon lacunosum*» (UNGER) FELIX, nuovo elemento paleoecologico sahariano della Sardegna. *Nuovo Giorn. Bot. Ital.*, **38**, pp. 475-478, Firenze.
- COCOZZA T. e JACOBACCI A., 1975 - Geological outline of Sardinia. In SQUYRES C. (Ed.): *Geology of Italy*, **2**, pp. 49-81, Tripoli.
- COCOZZA T., JACOBACCI A., NARDI R. e SALVADORI I., 1974 - Schema stratigrafico-strutturale del Massiccio Sardo-corso e minerogenesi della Sardegna. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, **13**, pp. 85-186, Pisa.
- COMASCHI CARIA I., 1948 - I mammiferi fossili della Sardegna con particolare riguardo alla paleogeografia dell'isola. *Rend. Sem. Fac. Sci. Univ. Cagliari*, **18**, pp. 135-146, Cagliari (1949).
- COMASCHI CARIA I., 1953 - L'*Amphitragulus boulangeri* POMEL, primo mammifero terrestre segnalato nel Miocene della Sardegna. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **59**, pp. 91-98, Milano.
- COMASCHI CARIA I., 1954 - Nuovi lembi di Quaternario in Sardegna. *Rend. Sem. Fac. Sci. Univ. Cagliari*, **24**, pp. 205-217, Cagliari (1955).
- COMASCHI CARIA I., 1959a - Le piante fossili della Sardegna. *Mem. Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **6**, pp. 1-122, Milano.
- COMASCHI CARIA I., 1959b - Nuovi resti di Chelonii nel Miocene della Sardegna. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **78**, pp. 37-44, Roma.
- COMASCHI CARIA I., 1968 - Fossili marini e continentali del Quaternario della Sardegna. *Atti X Congr. Intern. St. Sardi*, pp. 140-229, Cagliari.
- COMASCHI CARIA I., 1970 - Nuova segnalazione di resti di scimmia nel Quaternario della Sardegna. *Pubbl. Ist. Geol. Paleont. Univ. Cagliari*, **8** (83), pp. 1-7, Cagliari.
- DAAMS R., 1981 - The dental pattern of the dormice *Dryomys*, *Myomimus*, *Microdryomys* and *Peridyromys*. *Utrecht Micropal. Bull.*, Spec. Publ., **3**, pp. 1-115, Utrecht.
- DAL PIAZ G.B., 1929 - *Atalanodon*, nuovo genere di perissodattilo dell'Eocene di Gonnese (Sardegna). *Mem. Ist. Geol. R. Univ. Padova*, **8**, pp. 1-9, Padova.
- DAWSON M.R., 1969 - Osteology of *Prolagus sardus*, a Quaternary ochotonid. *Palaeovertebrata*, **2**, pp. 157-190, Montpellier.
- ENGESSER B., 1976 - *Tyrrhenoglis majori*, ein neuer fossiler Gliridae (Rodentia, Mammalia) aus Sardinien. *Eclogae Geol. Helv.*, **69**, pp. 783-793, Basel.
- ESU D., 1978 - La malacofauna continentale plio-pleistocenica della formazione fluvio-lacustre di Nuraghe Su Casteddu (Sardegna orientale) e sue implicazioni paleogeografiche. *Geol. Romana*, **17**, pp. 1-33, Roma.
- ESU D. e KOTSAKIS T., 1979 - Restes de vertébrés et de mollusques continentaux dans le Villafranchien de la Sardaigne. *Géobios*, **12**, pp. 101-106, Lyon.
- ESU D. e KOTSAKIS T., 1980 - Presenza di *Hypnomys* BATE (Gliridae, Rodentia) nel Villafranchiano di Nuraghe Su Casteddu (Nuoro, Sardegna). *Rend. Accad. Naz. Lincei*, s. 8, **68**, pp. 123-127, Roma.
- FICCARELLI G. e TORRE D., 1967 - Il mustelide *Enhydriactis galictoides* del Pleistocene della Sardegna. *Palaeontogr. Ital.*, **63**, pp. 130-160, Pisa.

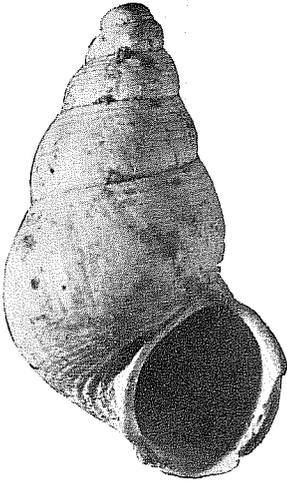
- GIUSTI F., 1976 - Notulae Malacologicae XXIII. I molluschi terrestri, salmastri e di acqua dolce dell'Elba, Giannutri e scogli minori dell'Arcipelago Toscano. *Lav. Soc. Ital. Biogeogr.*, **5**, pp. 99-355, Forlì.
- GIUSTI F., 1977a - Biogeographical data on the malacofauna of Sardinia. *Malacologia*, **16**, pp. 125-129, Philadelphia.
- GIUSTI F., 1977b - Sull'origine del popolamento malacologico dell'Arcipelago Toscano. *Atti Soc. Ital. Sci. Nat.*, **118**, pp. 281-284, Milano.
- GLIOZZI E. e MALATESTA A., 1980 - The Quaternary Goat of Capo Figari (North-eastern Sardinia). *Geol. Romana*, **19**, pp. 295-347, Roma.
- HÜRZELER J. e ENGESSER B., 1976 - Les faunes de mammifères néogènes du bassin de Baccinello (Grosseto, Italie). *C. R. Accad. Sci. Paris*, s. D, **283**, pp. 333-336, Paris.
- JODOT P., 1958 - Les faunes des mollusques continentaux reparties dans le sud-est de l'Espagne entre le Miocène supérieur et le Quaternaire. *Mem. Commun. Instit. Geol. Barcelona*, **17**, pp. 5-133, Barcelona.
- JODOT P. e REY E., 1956 - Observations stratigraphiques et malacologiques sur les bassins lacustres de St. Alban - Limagnole (Lozère) et de Massiac (Cantal). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, s. 6, **6**, pp. 937-968, Paris.
- KOTSAKIS T., 1980a - I resti di anfibi e rettili pleistocenici della grotta di Dragonara (Capo Caccia, Sardegna). *Geol. Romana*, **19**, pp. 85-90, Roma.
- KOTSAKIS T., 1980b - Osservazioni sui vertebrati quaternari della Sardegna. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **99**, pp. 151-165, Roma.
- KOTSAKIS T., 1982 - I resti dei rettili olocenici di Su Guanu (Oliena, Sardegna). *Boll. Soc. Sarda Sci. Nat.*, Sassari. (In corso di stampa).
- KOTSAKIS T. e PALOMBO M.R., 1979 - Vertebrati continentali e paleogeografia della Sardegna durante il Neogene. *Ann. Géol. Pays Hellèn.*, H.S., VII Intern. Congr. Méditerran. Neogene, **2**, pp. 621-630, Athinae.
- LOPEZ MARTINEZ N. e THALER L., 1975 - Biogéographie, évolution et compléments à la systématique du groupe d'Ochotonidés *Piezodus-Prolagus* (Mammalia, Lagomorfa). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, s. 7, **17**, pp. 850-866, Paris.
- MALATESTA A., 1954 - Primo dente di elefante fossile rinvenuto in Sardegna. *Quaternaria*, **1**, pp. 97-105, Roma.
- MALATESTA A., 1970 - *Cynotherium sardous* STUDIATI, an extinct canid from the Pleistocene of Sardinia. *Mem. Ist. Ital. Paleont. Um.*, **1**, pp. 1-72, Roma.
- MALATESTA A., 1977 - The skeleton of *Nesolutra ichnusae* sp.n., a Quaternary otter discovered in Sardinia. *Geol. Romana*, **16**, pp. 173-209, Roma (1978).
- MALATESTA A., 1978 - On the genus *Cyrynaonyx* HELBIG, 1935 (Mustelidae, Lutrinae) and its type-species. *Quaternaria*, **20**, pp. 109-116, Roma.
- MALATESTA A. e SETTEPASSI F., 1954 - Risultati del rilevamento 192 (Alghero - Isola di Sardegna). III. Fossili delle formazioni continentali quaternarie. *Boll. Serv. Geol. Ital.*, **76**, pp. 31-39, Roma.
- MALATESTA A. e SURIANO F., 1970 - Avifauna pleistocenica di Alghero (Sardegna). *Boll. Serv. Geol. Ital.*, **91**, pp. 149-158, Roma (1971).
- MAXIA C., 1959 - Malacofauna oligotipica di età paleogenica della Valle di Cixerri (Iglesiente - Sardegna sud-occidentale). *Pubbl. Ist. Geol. Paleont. Univ. Roma*, **35**, pp. 1-18, Roma.
- MEIN P., 1975 - Biozonation du Néogène méditerranéen à partir des mammifères. *Rep. Activ. R. C. M. N. S. Work. groups*, pp. 78-81, Bratislava.
- MENEGHINI C.J., 1857 - Paléontologie de l'île de Sardaigne ou description des fossiles recueillis dans cette contrée par le general Albert de la Marmorosa pour faire suite à la troisième partie du Voyage en Sardaigne. VIII + 584 pp., Torino.
- MONTERIN U., 1923 - Nuove osservazioni sul «*Lophiodon*» di Gonnessa (Sardegna). *Palaontogr. Ital.*, **29**, pp. 31-39, Pisa.
- PECORINI G., 1961 - Su un deposito lacustre oligocenico nella Nurra di Alghero (Sardegna nord-occidentale). *Rend. Accad. Naz. Lincei*, s. 8, **30**, pp. 67-73, Roma.



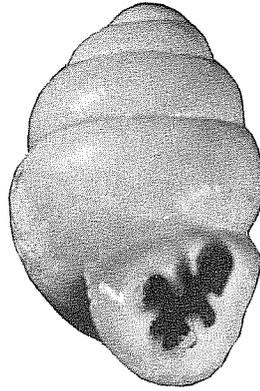
1



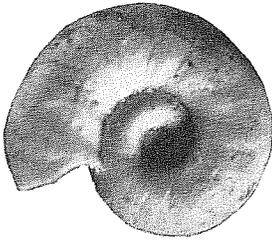
2



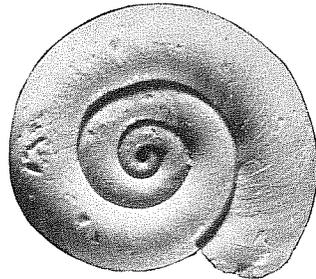
3



4



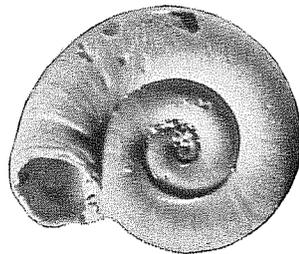
5



7



6



8

- PECORINI G. e POMESANO CHERCHI A., 1969 - Ricerche geologiche e biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna). *Mem. Soc. Geol. Ital.*, **8**, pp. 421-451, Pisa.
- PECORINI G., RAGE J.C. e THALER L., 1973 - La formation continentale de Capo Mannu, sa faune de vertébrés pliocènes et la question du Messinien en Sardaigne. *Rend. Sem. Fac. Sci. Univ. Cagliari*, **43** (Suppl.), pp. 305-319, Bologna (1974).
- PITTAU P. 1974 - Studio palinologico - stratigrafico di un foro di sonda perforato nel bacino lignifero del Sulcis (Sardegna sud-occidentale). Nota I. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **93**, pp. 937-943, Roma (1975).
- PITTAU P., 1977 - Palynological investigation of the Lower Tertiary Sardinia coal layers. *Boll. Soc. Pal. It.*, **16**, pp. 3-14, Modena.
- PITTAU DEMELIA P., 1979 - Palinologia e datazione della sezione di Tanca Aru nella valle di Cixerri (Sardegna sud-occidentale). *Boll. Soc. Pal. It.*, **18**, pp. 303-314, Modena.
- PORTIS A., 1901a - Il *Procyclanorbis sardus* PORT. nuovo trionichide fossile della Sardegna. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **20**, pp. 51-79, Roma.
- PORTIS A., 1901b - Il *Palaeopython sardus* PORT. nuovo pitonide del Miocene medio della Sardegna. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **20**, pp. 247-253, Roma.
- REDINI R., 1940 - Sul wolframio connesso a minerali manganiferi e sull'età di talune formazioni terziarie della Sardegna settentrionale. *Boll. R. Uff. Geol. Ital.*, **65** (3), pp. 1-44, Roma.
- REUMER J.W.F., 1979 - On two new micromammals from the Pleistocene of Mallorca. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch.*, s. B, **82**, pp. 473-482, Amsterdam.
- ROYO GOMEZ J., 1922 - El Mioceno continental Iberico y su fauna malacologica. *Mem. Com. Invest. Paleont. Prehist.*, s. pal., **5**, pp. 7-230, Madrid.
- SANCHIZ F.B., 1979 - Notas sobre la batracofauna cuaternaria de Cerdeña. *Estud. Geol.*, **36**, pp. 437-441, Madrid.
- SANCHIZ F.B. e MLYNARSKI M., 1979 - Pliocene Salamandrids (Amphibia, Caudata) from Poland. *Acta Zool. Cracov.*, **24**, pp. 175-188, Kraków.
- SANDBERGER C.L.F., 1870-75 - Die Land- und Süßwasser-Conchylien der Vorwelt. VIII+1000 pp., Wiesbaden.
- SEGRE A.G., 1951 - Molluschi del Tirreniano di Porto Torres e di Golfo Aranci (Sardegna). *Boll. Serv. Geol. Ital.*, **73** (2), pp. 267-290, Roma.
- SONDAAR P.Y., 1977 - Insularity and its effect on mammal evolution. In HECHT M.K., GOODY P.C. & HECHT B.M.: Major Patterns in Vertebrate Evolution, pp. 671-707, New York.
- THALER L., 1973 - Nanisme et gigantisme insulaires. *Recherche*, **37**, pp. 741-750, Paris.
- TOBIEN H., 1935 - Über die pleistozänen und postpleistozänen *Prolagus* - formen Korsikas und Sardiens. *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.*, **34**, pp. 253-344, Freiburg i. Br.
- VAUFREY R., 1929 - Les éléphants nains des îles méditerranéennes et la question des isthmes pléistocènes. *Arch. Inst. Paléont. Hum.*, **6**, pp. 1-220, Paris.
- VILLATTE J., 1979 - Nouvelles données sur les mollusques continentaux du Thanétien inférieur sous-pyrénéen. Interprétation stratigraphique et paléocologique. *Géobios*, **12**, pp. 513-533, Lyon.
- WENZ W., 1923-30 - Gastropoda extramarina Tertiaria. *Fossilium Catalogus*, I Animalia, **17**, **18**, **20-23**, **32**, **38**, **40**, **43**, **46**, 3387 pp., Berlin.
- ZAMMIT MAEMPEL G. e BRUIJN H.DE, 1982 - The Plio Pleistocene Gliroidae from the Mediterranean Islands reconsidered. *Proc. K. Ned. Akad. Wetensch.*, s. B, **85**, pp. 113-128, Amsterdam.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA

TAV. I

- FIGG. 1-2 - ?*Islamia* aff. *schlosseri* (Royo Gomez), Mandriola (Sinis), Pliocene basale (40 x).
- FIG. 3 - *Tudorella ferruginea* (Lamarck), Nuraghe Su Casteddu (Nuoro), Villafranchiano inferiore (4 x).
- FIG. 4 - *Vertigo diversidens* (Sandberger), Mandriola (Sinis), Pliocene basale (25,5 x).
- FIGG. 5-6 - *Planorbis* cf. *moquini* Requier, Nuraghe Su Casteddu (Nuoro), Villafranchiano inferiore (17,5 x).
- FIGG. 7-8 - *Anisus spirorbis* (Linnaeus), Mandriola (Sinis), Pliocene basale (13,5 x).