

UNA RECENTE AMINOCRONOLOGIA DEI DEPOSITI MARINI PLEISTOCENICI DELL'AREA DI MONTALTO DI CASTRO E TARQUINIA (VITERBO)

G. Belluomini⁽¹⁾ - L. Manfra⁽²⁾ - A. Proposito⁽¹⁾

⁽¹⁾CNR - Centro di Studio per il Quaternario e l'Evoluzione Ambientale,

Dip.to di Scienze della Terra - Università "La Sapienza", Roma

⁽²⁾Dip.to di Scienze della Terra - Università "La Sapienza", Roma

RIASSUNTO - *Una recente aminocronologia dei depositi marini pleistocenici dell'area di Montalto di Castro e Tarquinia (Viterbo).* - Il Quaternario, 6(2), 1993, p. 75-82 - E' stato determinato il grado di epimerizzazione aile/ile (aile = D-alloisoleucina, ile = L-isoleucina) in numerosi gusci di *Glycymeris* raccolti in 16 depositi marini pleistocenici emersi dell'area di Montalto di Castro e Tarquinia. Le località dove sono stati eseguiti i campionamenti sono: Prati di Santa Lucia, Hotel Vulci, Casale Carelli, km 104 SS1, Podere San Pietro, Lestra dell'Ospedale, Bandita San Pantaleo, Casale San Vincenzo, Sant'Agostino Nuovo e Casale il Giglio, già investigate in precedenti lavori, e km 110 SS1, Fosso dei 2 Ponti, Mandra Grande, Fosso Pian d'Arcione, Il Fossaccio e Casale Torrone qui studiate per la prima volta. I risultati ottenuti hanno permesso di identificare nell'area tre episodi marini riferibili agli stadi isotopici 5,7 e 9 della curva delle paleotemperature con una età di circa 120, 200 e 300 Ka, rispettivamente. L'episodio marino più antico (~ 300 Ka) si rinviene a Lestra dell'Ospedale, Bandita San Pantaleo e al km 104 SS1; quello di età intermedia (~ 200 Ka) a Prati di Santa Lucia, Hotel Vulci, km 110 SS1, Casale Carelli, Sant'Agostino Nuovo, Fosso Pian d'Arcione, Podere San Pietro (quote 18 e 25 m s.l.m.), Mandra Grande, Casale Torrone, Lestra dell'Ospedale, Bandita San Pantaleo e Casale il Giglio ed infine il più giovane è presente a Casale San Vincenzo, il Fossaccio, Fosso 2 Ponti, Podere San Pietro (quota 25 m s.l.m.) e Sant'Agostino Nuovo. Lo studio nel suo complesso ha indicato un buon accordo tra i nostri risultati e quelli ottenuti da altri Ricercatori con l'*Electron Spin Resonance* (ESR), il Torio-Uranio ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$) e la Racemizzazione-Epimerizzazione degli Aminoacidi (AAR). Inoltre, la reazione di racemizzazione-epimerizzazione degli aminoacidi, che si è rivelata utile nello studio di depositi fossiliferi di difficile interpretazione, ha indicato nei 4 depositi pleistocenici di Lestra dell'Ospedale, Bandita San Pantaleo, Sant'Agostino Nuovo e Podere San Pietro (quota 25 m s.l.m.), fossili appartenenti a due età diverse. La conferma della diversa età dei fossili dei 4 depositi di età mista qui segnalati, ci è giunta anche dall'applicazione di un nuovo metodo di indagine che permette di stimare la loro età dai contenuti dei tre aminoacidi guida Leucina, D-alloisoleucina e acido α -amino-N-butyrico determinati nella frazione proteica dei campioni.

ABSTRACT - *A recent aminochronology of marine Pleistocene deposits in Montalto di Castro and Tarquinia area (Latium, Italy)* - Il Quaternario, 6(2), 1993, p. 75-82 - Numerous samples of the mollusk genera *Glycymeris* from 16 raised marine deposits of Pleistocene age in the Montalto di Castro and Tarquinia areas (Latium, Central Italy) have been analysed using the D-alloisoleucine/L-isoleucine (aile/ile) method. Sampled sites are: 1) Prati di Santa Lucia; 2) Hotel Vulci area; 3) Casale Carelli; 4) Statal Route 1, km 104; 5) Podere San Pietro; 6) Lestra dell'Ospedale; 7) Bandita San Pantaleo; 8) Casale San Vincenzo; 9) Casale il Giglio; 10) Sant'Agostino Nuovo; 11) Statal Route 1, km 110; 12) Fosso dei Due Ponti; 13) Fosso Pian d'Arcione; 14) Mandra Grande; 15) Il Fossaccio and 16) Casale Torrone. Sites 1 to 10 have been the object of previous studies; sites 11 to 16 have been examined for the first time. On the basis of the age model developed (see Table 1), three marine horizons have been identified, dating to 120, 200 and 300 Ka, about. These are attributed to stages 5, 7 and 9 of Shackleton and Opdyke's palaeoclimatic curve. The oldest horizons (300 Ka) are those in the localities km 104 of the Statal Route 1, Lestra dell'Ospedale and Bandita San Pantaleo. These deposits have been attributed to stage 9. The 200 Ka old marine horizons (stage 7) are found at Prati di Santa Lucia, in the area of Hotel Vulci, along the Statal Route 1 at km 110, and in the localities Casale Carelli, Sant'Agostino Nuovo, Fosso Pian d'Arcione, Podere San Pietro (at elevations of 18 and 25 m a. s. l.), Mandra Grande, Casale Torrone, Lestra dell'Ospedale, Bandita San Pantaleo and Casale il Giglio. The youngest horizons (120 ka) are located in the localities Casale San Vincenzo, Il Fossaccio, Fosso dei Due Ponti, Podere San Pietro (at the elevation of 25 m a. s. l.), and Sant'Agostino Nuovo. Dates obtained are in good agreement with those obtained for the same sediments using other techniques, $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ and ESR (Electron Spin Resonance), and, by other Authors, Amino Acid Racemization-Epimerization Reaction (AAR). Finally, in order to identify the chronology of "mixed age" deposits, the paper uses two different applications of AAR, a technique commonly used to date and correlate marine units of Pleistocene age, to mollusk shells: a) aile/ile epimerization ratios; b) the use of a kinetic analysis which involves the utilization of three components: the stable amino acid leucine and the products of 2 diagenetic amino acid reactions, D-alloisoleucine from the L-isoleucine epimerization and α -amino-N-butyric acid from the dehydration of L-threonine. For bivalve mollusk shells from raised marine deposits from temperate environments, the three component analysis yields a linear relationship. Although the shells come from widely dispersed localities and thus their average exposure temperatures may be different, as are environmental parameters (e. g. soil pH, humidity), these factors apparently do not greatly the position of similar age samples on the plot. Based on the estimated ages of the samples, we have made a preliminary age assignment of the zones on the diagram. The age zones indicate that the three component technique can be used to directly estimate the ages of Holocene to Pleistocene mollusks.

Parole chiave: Racemizzazione-epimerizzazione, aminocronologia, Quaternario, depositi marini, geocronologia.

Key-words: Racemization-epimerization reaction, aminochronology, Quaternary, raised marine deposits, geochronology.

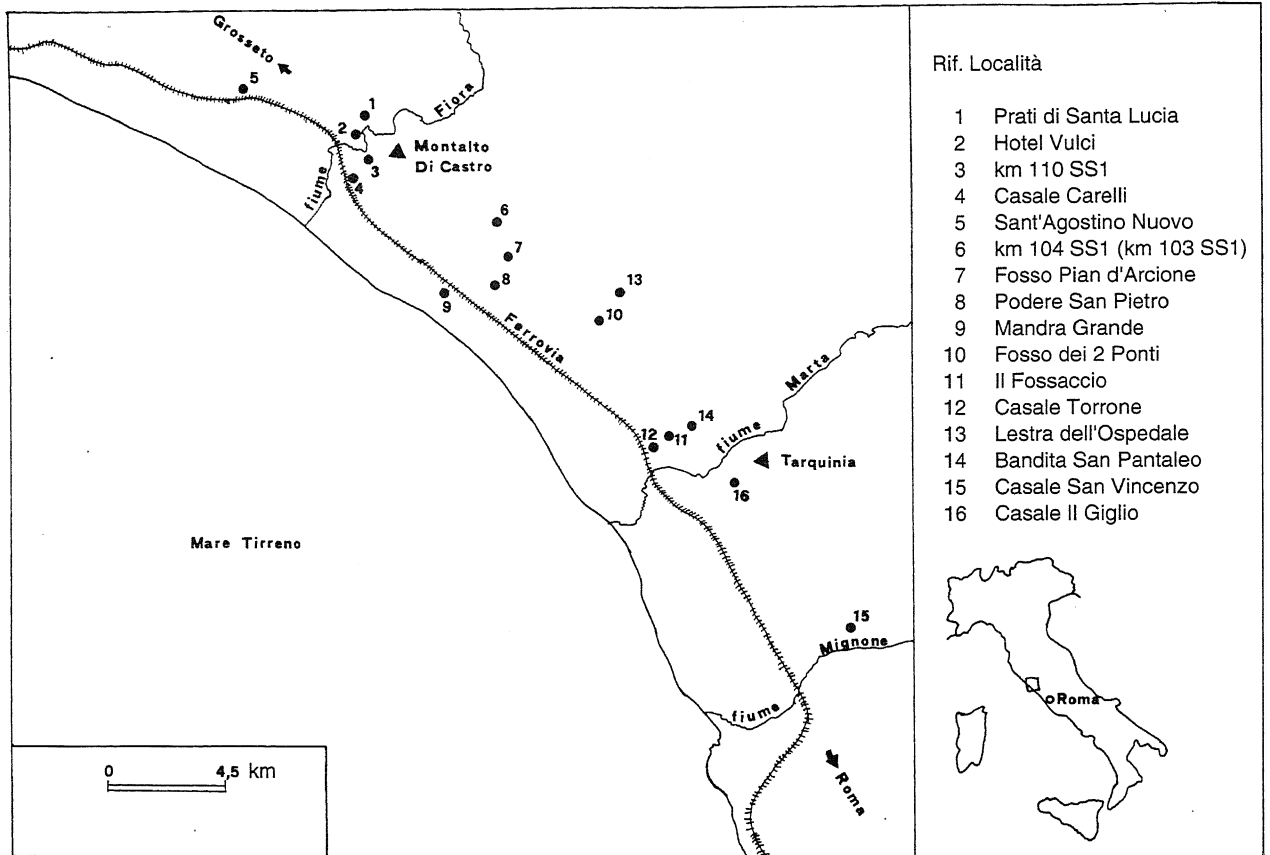


Fig. 1 - Localizzazione dei siti studiati.
Location map of study sites.

1. INTRODUZIONE

La reazione di racemizzazione-epimerizzazione degli aminoacidi può essere usata per fornire età relative di depositi fossiliferi sia marini che continentali oppure, se "calibrata" (Belluomini, 1985) con altri metodi di datazione come, ad esempio, ^{14}C , $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$, ESR, K/Ar ecc. può dare stime di età assolute.

In questi ultimi anni, lo studio di questa reazione è stato utilizzato fondamentalmente e con successo per correlare e datare i depositi marini delle coste del Nord America sia del Pacifico (Lajoie *et al.*, 1980; Kennedy *et al.*, 1982; Wehmiller *et al.*, 1977; Karrow & Bada 1980; Masters & Bada, 1977) che dell'Atlantico (Belknap, 1979; Wehmiller & Belknap, 1982), delle zone artiche del Canada (Miller *et al.*, 1977), delle Isole Britanniche (Miller *et al.*, 1979), delle coste di Norvegia e Svezia (Miller *et al.*, 1983; Sejrup *et al.*, 1987), e di gran parte del bacino del Mediterraneo (Bartolini *et al.*, 1984; Belluomini *et al.*, 1986; Belluomini *et al.*, 1988; Hearty *et al.*, 1986; Hearty & Dai Prà, 1987). In particolare, il metodo è stato utilizzato per studiare la cronologia di depositi fossiliferi di età mista di complessa interpretazione (Belluomini *et al.*, 1986; Hearty & Dai Prà, 1987; Goodfriend, 1989; Goodfriend & Mitterer, 1993).

In questo studio è stato misurato il valore del rapporto

aile/ile fra l'aminoacido non proteico D-alloisoleucina (aile) ed il suo diastereoisomero proteico L-isoleucina (ile) in numerosi esemplari del genere *Glycymeris* raccolti in unità marine pleistoceniche dell'area di Montalto di Castro e Tarquinia. Si è selezionato questo mollusco sia per la notevole riproducibilità del rapporto aile/ile che per la facilità di rinvenimento nei depositi marini emersi dell'area investigata.

Il presupposto fondamentale della geocronologia con gli aminoacidi è che la temperatura sia il parametro principale di controllo della velocità della reazione di racemizzazione-epimerizzazione. Ciò vuol dire che *Glycymeris* aventi la stessa età presenteranno gli stessi valori del rapporto aile/ile soltanto se essi avranno sperimentato storie termiche simili dopo la loro deposizione nel terreno. In questo lavoro i campioni sono stati accuratamente raccolti per minimizzare la possibilità di condizioni termiche diverse, campionando i molluschi in tagli freschi del terreno e ad una profondità generalmente superiore al metro. Si sottolinea, inoltre, che la ristretta area investigata è interessata dalla stessa temperatura media annua; quindi, appare senz'altro lecito confrontare direttamente i rapporti aile/ile dei diversi depositi fossiliferi studiati.

Gli scopi del presente lavoro sono quelli di definire cronologicamente i depositi marini dell'area e di confron-

Tabella 1 - Depositi marini pleistocenici dell'area di Montalto e Tarquinia.
Pleistocene marine deposits of the Montalto di Castro and Tarquinia area.

Località e Riferimento in Figura 1	Quota (m) s.l.m.	Alloisoleucina/isleucina: $X \pm s$ (n) ^o			Stadio Isotopico	AAR (Ka)	ESR (Ka)	Th/U (Ka)
		Questo lavoro	Bartolini <i>et al.</i> (1984)	Hearty <i>et al.</i> (1986)				
Sant'Agostino Nuovo -5 (La Ficonaccia)	14			0.39±0.02(2) ^d	5	~120		
Podere San Pietro -8	25	0.36±0.01(3)	0.40±0.02(3)		5	"	102-118 ^b	99 ^{+16^b} ₋₆ ; 115 ^{+15^b} ₋₁₃
Fosso dei Due Ponti -10	30	0.41(1)			5	"		
Il Fossaccio -11	30	0.38±0.01(2)			5	"		
Casale San Vincenzo -15	40		0.37±0.02(6)		5	"	92-119 ^a	94±9 ^a ; 105±6 ^a
Prati di Santa Lucia-1	25	0.52±0.01(2)	0.53±0.02(4)		7	~200		
Hotel Vulci-2	20	0.50±0.01(2)	0.53±0.02(3)		7	"		
km 110 SS1-3	25	0.53±0.03(6)			7	"		
Casale Carelli	20	0.50(1)		0.48±0.02(7)	7	"		
Sant'Agostino Nuovo -5	14		0.44±0.02(4)	0.051±0.01(8) ^d	7	"	163-178 ^c	156±12 ^c
Fosso Pian d'Arcione -7	18	0.52±0.01(4)			7	"		
Podere San Pietro -8	25	0.54±0.01(2)			7	"		
	18	0.53±0.02(3)			7	"		
Mandra Grande -9	15	0.45±0.01(2)			7	"		
Casale Torrone -12	22	0.46(1)			7	"		
Lestra dell'Ospedale -13	45	0.50±0.02(8)	0.45±0.03(5)		7	"	211±50 ^b	200 ^{+56^b}
Bandita San Pantaleo -14	55		0.45±0.04(4)		7	"	202-259 ^a	212±38 ^a
Casale il Giglio -16	27		0.47±0.02(5)		7	"		
km 104 SS1 (km 103 SS1) -6	20	0.55±0.01(2)	0.56±0.02(3)	0.56±0.03(3)	9	~300		
Lestra dell'Ospedale -13	45	0.59±0.02(3)	0.58±0.02(2) ^o	0.57±0.03(15)	9	"		
Bandita San Pantaleo -14	55	0.60±0.02(2)		0.59±0.04(11)	9	"		

^o) X = media aritmetica dei rapporti aile/ile; s = errore statistico; (n) = numero di conchiglie analizzate.

^o) campioni analizzati dopo la pubblicazione del lavoro di Bartolini *et al.* (1984).

a - Radtke *et al.* (1982); b - Radtke (1983); c - Radtke *et al.* (1983); d - Hearty & Dai Prà (1987).

tare tra loro, per le stesse unità pleistoceniche, i dati ottenuti da diversi Autori con i metodi dell'ESR, del ²³⁰Th/²³⁴U e della racemizzazione-epimerizzazione degli aminoacidi. In particolare, si segnala all'attenzione degli studiosi il problema della presenza di fossili di età diversa nel medesimo deposito, evidenziata in 4 dei 16 siti studiati.

L'aspetto teorico del metodo e la specifica procedura analitica qui usata, sono ampiamente descritti in Schroeder & Bada (1976), in Masters & Bada (1977, 1978) ed in Belluomini (1981).

Per quanto riguarda l'inquadramento geologico dell'area in esame, si vedano i lavori di Ambrosetti *et al.* (1981), Bartolini *et al.* (1984), Bosi *et al.* (1990), Conato & Dai Prà (1980), Hearty & Dai Prà (1986), Palieri & Sposato (1988).

2. RISULTATI E DISCUSSIONE

In uno studio preliminare effettuato su alcuni depositi marini dell'area di Montalto di Castro e Tarquinia (Bartolini *et al.*, 1984) erano stati identificati 3 episodi marini le cui età venivano riferite agli stadi isotopici 5, 7 e 9 della

curva delle paleotemperature di Shackleton & Opdyke (1973) cioè, rispettivamente, a circa 120, 200 e 300 Ka.

Con il presente lavoro integrato da altri studi basati sull'uso dei metodi di datazione con gli aminoacidi (Bartolini *et al.*, 1984; Hearty *et al.*, 1986; Hearty & Dai Prà, 1987), con l'ESR e con il Th/U (Radtke *et al.*, 1982; Radtke *et al.*, 1983; Radtke, 1983), si è inteso da una parte completare l'indagine cronologica dell'area estendendo lo studio a nuovi depositi fossiliferi e dall'altra mettere a confronto le eventuali discrepanze osservate tra i risultati fin'ora acquisiti.

Sono stati qui studiati per la prima volta (Tab.1) i siti di Mandra Grande, Fosso di Pian d'Arcione, km 110 SS1, il Fossaccio, Casale Torrone e Fosso dei 2 Ponti e successivamente investigati i depositi di Lestra dell'Ospedale, Bandita San Pantaleo, Podere San Pietro, km 104 SS1, Casale Carelli, Hotel Vulci e Prati di Santa Lucia.

Per quanto riguarda l'orizzonte di Lestra dell'Ospedale (Tab.1), i risultati di questo lavoro hanno messo in luce nel deposito fossili di età diversa, i cui rapporti epimerici, significativamente ben distinti, sono risultati 0,50±0,02 e 0,59±0,02; questo risultato è in eccellente

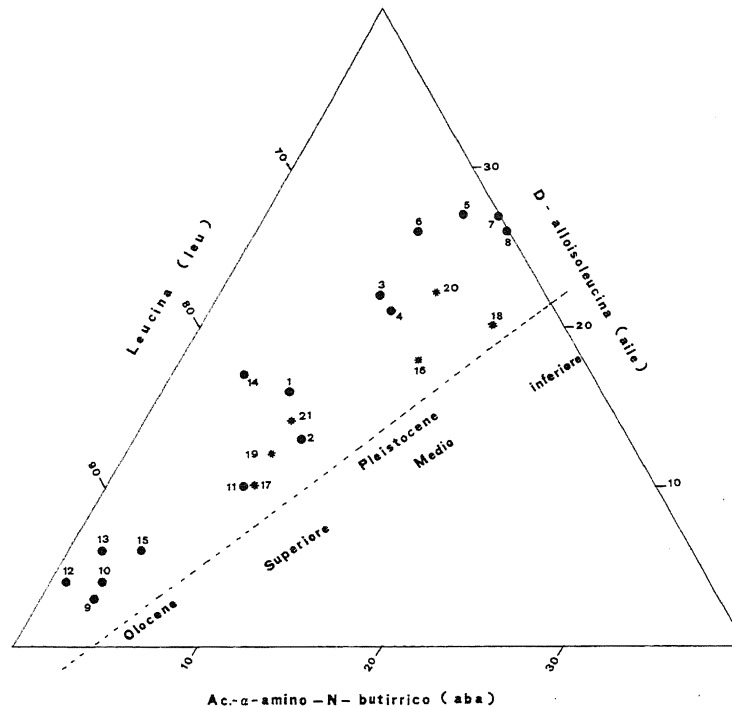


Figura 2 - Diagramma ternario (Leucina, D-alloisoleucina, acido α -amino-N-butirrico) relativo a campioni di conchiglie provenienti da depositi marini emersi del bacino del Mediterraneo.

Ternary diagram (Leucine, D-alloisoleucine, α -amino-N-butyric acid) concerning the fossil shell samples from raised marine deposits of the Mediterranean basin. Asterisks identify the three mixed-age deposits. Coupled points of same deposit (Podere San Pietro: 16-17; Lestra dell'Ospedale: 18-19; Bandita San Pantaleo: 20-21) belong to different age zones on the diagram. The three component values are in Table 2.

accordo con quello ottenuto da Bartolini *et al.* (1984), come appare in Tabella 1 ($0,45 \pm 0,03$ e $0,58 \pm 0,02$). Si tratta di due gruppi di fossili, riferibili agli stadi isotopici 7 e 9 con età di circa 200 e 300 Ka, rispettivamente. Sempre dall'osservazione della Tabella 1, si evince che mentre lo studio effettuato da Hearty *et al.* (1986), analizzando ben 15 campioni di *Glycymeris* raccolti nello stesso deposito, aveva indicato la presenza a Lestra di un solo episodio marino ($0,57 \pm 0,03$) riferibile allo stadio isotopico 9, quello di Radtke (1983), condotto con l'ESR e con il $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$, aveva fornito dei valori di età (211 ± 50 Ka; 200^{+56}_{-20} Ka) che evidenziavano l'esistenza di un episodio attribuibile più allo stadio 7 che al 9. Bosi *et al.* (1990), infine, hanno riconosciuto a Lestra soltanto un orizzonte, riferibile allo stadio isotopico 9 in accordo con Hearty *et al.* (1986).

A Bandita San Pantaleo l'indagine ha fornito, nel complesso, risultati molto simili a quelli ottenuti per il deposito di Lestra. Infatti, Bartolini *et al.* (1984) e Radtke *et al.* (1982) hanno qui evidenziato l'episodio più giovane (stadio 7), mentre Hearty *et al.* (1986) ed i risultati di questo lavoro, l'episodio più antico (stadio 9) in accordo con i risultati dell'indagine di Bosi *et al.* (1990) che, anche qui, propongono un solo orizzonte: il più antico.

In entrambe le località i nostri dati confermano sia i valori di Hearty *et al.* (1986) che quelli di Radtke (1983) e non sono in accordo con quanto affermato da Bosi *et al.* (1990) secondo cui esisterebbe sia a Lestra che a

Bandita San Pantaleo un solo orizzonte marino ascrivibile allo stadio isotopico 9. E' ovvio pertanto che il problema rimane aperto, anche se, fra tutte le località dell'area, a Lestra e a Bandita San Pantaleo è stata effettuata l'indagine cronologica più approfondita sia per numero di campioni analizzati che per tecniche di studio impiegate.

A Podere San Pietro, Radtke (1983) aveva datato il deposito fossilifero alla quota⁽¹⁾ di 25 m s.l.m. (Tab.1) sia con l'ESR (102-118 Ka) che con il $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ (99^{+16}_{-6} ; 115^{+15}_{-13} Ka). Bartolini *et al.* (1984), studiando fossili provenienti dalla stessa quota, avevano confermato questi risultati trovando nel sito un solo episodio marino da ascrivere allo stadio 5 ($0,40 \pm 0,02$). In questo lavoro il campionamento è stato effettuato alla quota di 18 e 25 m s.l.m. Alla quota più bassa si è trovato un solo episodio marino ($0,53 \pm 0,02$) ascrivibile allo stadio isotopico 7 (Tab.1), a quella più alta è stato posto in luce un deposito di età mista costituito da fossili che si sono depositati durante gli stadi 5 e 7. Si sottolinea che in questa località l'episodio più antico non era stato evidenziato nei lavori precedenti.

A Sant'Agostino Nuovo o La Ficonaccia, (Tab.1), non investigato in questo lavoro, la racemizzazione degli

(1) Nel presente lavoro le quote intendono fornire soltanto un riferimento topografico, senza alcuna implicazione stratigrafica.

Tabella 2 - Campioni di conchiglie provenienti da depositi marini emersi del bacino del Mediterraneo.
Shell samples from raised marine deposits of Mediterranean basin.

Località	N. Rif. in Fig.2	Specie	aile/ile (a)	Età (b)	α -aba %	aile %	leu %
Buca dei Corvi (Toscana)	1	glycymeris	0.36	0,1	7	16	76
Milazzo (Sicilia)	2	"	0.30	0,1	9	13	77
Stagno Sassu (Sardegna)	3	violascens	0.72	> 0,5	9	22	69
Scalea (Calabria)	4	glycymeris	0.58	0,3	10	21	69
Madonnella (Lazio)	5	violascens	1.06	> 1	11	27	62
Fontignano "	6	glycymeris	0.83	>>0.5	9	26	65
Madonnella "	7	"	1.04	> 1	13	27	60
Monte Mario "	8	"	1.05	> 1	14	26	60
Tenuta del Salto "	9	cerastoderma	0.09	7180 \pm 150 ^(c)	3	3	94
Pego (Valencia - SP.)	10	glycymeris	0.12	5710 \pm 100 ^(c)	3	4	93
Acqua durci (Sardegna)	11	violascens	0.20	0.07	8	10	82
Donana-D18 (Cadice-SP.)	12	glycymeris	0.05	10,130 \pm 65 ^(c)	1	4	95
Cadiz-C5 "	13	violascens	0.10	2270 \pm 50 ^(c)	2	6	92
Archi Nord (Calabria)	14	glycymeris	0.42	0.12	4	17	78
Donana 9 (Cadice-SP.)	15	violascens	0.08	1860 \pm 50 ^(c)	4	6	90
Podere S. Pietro (Lazio)	16	glycymeris	0.54	> 0.2	10	11	79
Podere S. Pietro "	17	"	0.36	0.1	13	18	68
Lestra dell'Ospedale "	18	"	0.59	0.3	8	10	88
Lestra dell'Ospedale "	19	glycymeris	0.50	0.2	16	20	64
Bandita S. Pantaleo "	20	violascens	0.60	0.3	12	18	72
Bandita S. Pantaleo "	21	glycymeris	0.45	0.2	8	12	80

(a) Alcuni dei rapporti aile/ile sono in Belluomini (1985).

(b) Le età sono approssimate ($\times 10^6$ anni), tranne i casi indicati.

(c) Età Carbonio -14, in anni BP.

aminoacidi ha individuato un deposito fossilifero di età mista. Infatti Hearty & Dai Prà (1987) in accordo con Bartolini *et al.* (1984) e Radtke *et al.* (1983) hanno evidenziato lo stadio isotopico 5 mentre Hearty *et al.* (1986) e Hearty & Dai Prà (1987) hanno scoperto nello stesso deposito fossili appartenenti allo stadio 7. Anche in questo caso, quindi, lo studio aminocronologico ha evidenziato fossili di età diversa nello stesso orizzonte.

E' interessante osservare che Hearty & Dai Prà (1987) avevano individuato nell'area di Montalto di Castro e Tarquinia ben 4 depositi "misti": Selvanera, Ponte Rotto, Km 115,5 e, come si è detto, Sant'Agostino Nuovo o La Ficonaccia. A Ponte Rotto inoltre, la diversa età dei fossili era stata posta in luce misurando il grado di epimerizzazione sia in esemplari di *Glycymeris* che di *Cerastoderma*.

Una ulteriore conferma della diversa età dei fossili che costituiscono i depositi "misti" di Lestra, Bandita San Pantaleo e Podere San Pietro (quota 25 m), dedotta fin'ora sulla base dei rapporti aile/ile, ci è offerta da uno studio basato sulla misura del contenuto nella proteina fossile del campione dei 3 aminoacidi guida⁽²⁾ leucina, D-alloisoleucina, acido α -amino-N-butyrico, i cui risultati sono riportati nel diagramma ternario di Figura 2.

(2) Si è scelta la leucina come aminoacido stabile e, come prodotti delle reazioni diagenetiche, D-alloisoleucina e acido α -amino-N-butyrico ottenuti, rispettivamente, per epimerizzazione della L-isoleucina e per disidratazione della L-treonina, in quanto hanno una energia di attivazione molto simile (Bada & Belluomini, 1987).

Il diagramma è stato realizzato utilizzando numerosi *Glycymeris*, provenienti dal bacino del Mediterraneo, e le età di questi molluschi sono state determinate con diversi metodi di datazione. Ognuno dei campioni esaminati risulta posizionato in funzione della sua percentuale rispetto alla somma dei tre aminoacidi riportata a 100. Come si osserva nella figura, la distribuzione dei punti individua aree corrispondenti a distinte fasce cronologiche che vanno dall'Olocene al Pleistocene inferiore coprendo, cioè, tutto il campo di indagine del metodo.

Questa procedura di indagine, che prescinde dalla conoscenza delle temperature medie di esposizione dei campioni e quindi delle costanti cinetiche, nonché dell'influenza dei parametri ambientali come, per esempio, il PH del suolo, il grado di umidità ecc., permette di stimare direttamente l'età dei fossili anche se provenienti da località molto disperse, purchè appartenenti alla stessa area climatica.

Riportando nel diagramma di Figura 2 i punti corrispondenti ai tre depositi "misti" citati, evidenziati con asterischi, è possibile osservare che le tre coppie di campioni (16-17; 18-19; 20-21) risultano appartenere a due aree cronologiche differenti, così come erano risultate significativamente ben distinte sulla base dei rapporti aile/ile (Tab. 2).

A Prati di Santa Lucia, Hotel Vulci, Casale Carelli, km 104 SS1, Casale San Vincenzo e Casale il Giglio, dove sono state effettuate indagini cronologiche in tempi diversi, i valori di età sono risultati in eccellente accordo (Tab. 1). Tutte le località, fatta eccezione per Casale il

Giglio e km 104 SS1, ascrivibili rispettivamente agli stadi 5 e 9, appartengono allo stadio intermedio 7.

Infine, sono stati studiati per la prima volta in questo lavoro i depositi di Mandra Grande, km 110 SS1, Fosso Pian d'Arcione, il Fossaccio, Fosso dei 2 Ponti e Casale Torrone (Tab. 1 e Fig. 1). In queste due ultime località, l'analisi è stata effettuata su di un solo campione a causa delle difficoltà riscontrate nel reperimento di esemplari di *glycymeris* non alterati. Allo stadio 7, con età di circa 200 Ka, sono ascrivibili i depositi di km 110 SS1, Fosso di Pian d'Arcione, Mandra Grande e Casale Torrone mentre al 5, con una età di 120 Ka circa, quelli di Fosso 2 Ponti ed il Fossaccio.

3. CONCLUSIONI

I risultati del presente lavoro, condotto studiando 16 depositi marini pleistocenici (di cui 6 per la prima volta) dell'area di Montalto di Castro e Tarquinia, hanno confermato l'esistenza di 3 episodi marini riferibili agli stadi isotopici 5, 7 e 9 della curva delle paleotemperature.

L'episodio marino più giovane (stadio 5), di 120 Ka circa, è stato identificato a: Il Fossaccio, Fosso dei 2 Ponti, Casale San Vincenzo, Podere San Pietro (quota 25 m s.l.m.) e Sant'Agostino Nuovo; quello di età intermedia (stadio 7), di 200 Ka circa, a: Prati di Santa Lucia, Hotel Vulci, km 110 SS1, Casale Carelli, Sant'Agostino Nuovo, Fosso Pian d'Arcione, Podere San Pietro (quota 18 m e 25 m s.l.m.), Mandra Grande, Casale Torrone, Lestra dell'Ospedale, Bandita San Pantaleo e Casale il Giglio e, infine, il terrazzo più antico (stadio 9), con una età probabilmente maggiore di 300 Ka, a Lestra dell'Ospedale, Bandita San Pantaleo e km 104 SS1.

Nel complesso, i risultati ottenuti con la AAR sono in eccellente accordo con quelli forniti dalle tecniche di cronologia assoluta ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$, ESR) in tutti i siti in cui tale confronto è stato possibile.

L'aspetto comunque più interessante del presente lavoro è senz'altro quello di aver portato un contributo, con la racemizzazione-epimerizzazione degli aminoacidi, allo studio della complessa cronologia di alcuni depositi dell'area (Lestra dell'Ospedale, Bandita San Pantaleo, Podere San Pietro) costituiti da gruppi di fossili di età diversa.

A questi risultati si è giunti sia con lo studio della reazione di racemizzazione-epimerizzazione degli aminoacidi, misurando il rapporto aile/ile, che sulla base della determinazione delle concentrazioni nella proteina fossile dei 3 aminoacidi guida: Leucina, D-alloisoleucina, acido α -amino-N-butyrico.

RINGRAZIAMENTI

Desideriamo ringraziare il Dr C. Bosi e i dott. L. Palieri e A. Sposato del Centro di Studio per la Geologia Tecnica del CNR per averci gentilmente fornito i campioni,

raccolti durante le loro campagne di studio nell'area. Si ringrazia inoltre il sig. G. Castelli per l'aiuto prestatoci durante lo svolgimento del presente lavoro.

LAVORI CITATI

- Ambrosetti P., Bartolini C. & Bosi C., 1981 - *L'evoluzione geologica e morfologica quaternaria dell'area adiacente la bassa valle del fiume Fiora*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **4**, 104-134.
- Bada J. L. & Belluomini G., 1987 - *The application of three component kinetic analysis to Amino Acid Diagenetic Reactions*. Proceedings of the Geological Society of America, Phoenix, Arizona.
- Bartolini C., Bosi C., Belluomini G. & Delitala L., 1984 - *Isoleucine epimerization as a tool for dating Northern Latium raised beaches*. Boll.Soc. Geol. It. **103**, 485-490.
- Belknap D.F., 1979 - *Application of amino acid geochronology to stratigraphy of late Cenozoic marine units of the Atlantic coastal plain*. Ph.D. dissert, Newark, Delaware, University of Delaware, Department of Geology, 532 p.
- Belluomini G., 1981 - *Direct Aspartic acid racemization dating of human bones from archaeological sites of Central Southern Italy*. Archaeometry **23**, 125-137.
- Belluomini G., 1985 - *Risultati e prospettive di un nuovo metodo di datazione basato sulla racemizzazione degli aminoacidi*. Contributi del Centro Linceo Interdisciplinare di Scienze Matematiche e Loro Applicazioni. Giornata di Studio sul Tema: Archeometria. **69**, 135-171.
- Belluomini G., Branca M., Delitala L., Pecorini G. & Spano C., 1986 - *Isoleucine Epimerization Dating of Quaternary Marine Deposits in Sardinia, Italy*. Z Geomorph. N.F., **62**, 109-117.
- Belluomini G., Gliozzi E., Ruggieri G., Branca M. & Delitala L., 1988 - *First dates on the terraces of the Crotone Peninsula (Calabria, Southern Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., **107**, 249-254.
- Bosi C., Palieri L. & Sposato A., 1990 - *Guida alla escursione sulle linee di costa del Lazio Settentrionale*. Esagrafica, Roma.
- Conato V. & Dai Prà G., 1980 - *Livelli marini pleistocenici e neotettonica fra Civitavecchia e Tarquinia (Italia Centrale)*. Geol. Rom., **19**.
- Goodfriend G.A., 1989 - *Complementary use of amino acid epimerization and radiocarbon analysis for dating of mixed-age fossil assemblages*. Radiocarbon, **31**, 1041-1047.
- Goodfriend G.A. & Mitterer R.M., 1993 - *A 45,000-yr record of a tropical lowland biota: the land snail fauna from cave sediments at Coco Ree, Jamaica*. Geological Society of America Bulletin, **105**, 18-29.
- Hearty P.J. & Dai Pra G., 1986 - *Aminostratigraphy of Quaternary Marine Deposits in the Lazio Region of*

- Central Italy. *Z. Geomorph. N.F.*, **62**, 131-140.
- Hearty P.J. & Dai Pra G., 1987 - *Ricostruzione paleogeografica degli ambienti litoranei quaternari della Toscana e del Lazio Settentrionale con l'impiego della aminostratigrafia*. *Boll. Serv. Geol. It.*, **CVI**, 189-224.
- Hearty P.J., Miller G.H., Stearns C.E. & Szabo B.J., 1986 - *Aminostratigraphy of Quaternary shorelines in the Mediterranean basin*. *Geological Society of America Bulletin*, **97**, 850-858.
- Karrow P.F. & Bada J.L., 1980 - *Amino acid racemization dating of Quaternary raised marine terraces in San Diego County, California*. *Geology*, **8**, 200-204.
- Kennedy G.L., Lajoie K.R. & Wehmiller J.F., 1982 - *Aminostratigraphy and faunal correlations of late Quaternary marine terraces, Pacific Coast, USA*. *Nature*, **299**, 545-547.
- Lajoie K.R., Wehmiller J.F. & Kennedy G.L., 1980 - *Inter- and intrageneric trends in apparent racemization kinetics of amino acids in Quaternary mollusks*. In: Hare P.E., Hoering T.C. & King K., Jr., eds., *Bio-geochemistry of amino acids*. New York, Wiley & Sons, 305-340.
- Masters P.M. & Bada J.L., 1977 - *Racemization of isoleucine in fossil mollusks from indian middens and interglacial terraces in Southern California*. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **37**, 173-183.
- Masters P.M. & Bada J.L., 1978 - *Amino acid racemization dating of bone and shell*. *Advances in Chemistry Series*, **171**, 117-138.
- Miller G.H., Andrews J.T. & Short S.K., 1977 - *The last interglacial-glacial cycle, Clyde foreland, Baffin Island, N.W.T.: Stratigraphy, biostratigraphy and chronology*. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **14**, 2824-2857.
- Miller G.H., Hollin J.T. & Andrews J.T., 1979 - *Aminostratigraphy of UK Pleistocene deposits*. *Nature*, **281**, 539-543.
- Miller G.H., Sejrup H.P., Mangerud J. & Andersen B.G., 1983 - *Amino acid ratios in Quaternary mollusks and foraminifera from western Norway: correlation, geochronology and paleotemperature estimates*. *Boreas*, **12(2)**, 107-124.
- Palieri L. & Sposato A., 1988 - *Segnalazione di fauna a Strombus Bubonius dell'area compresa tra Tarquinia e Montalto di Castro*. *Il Quaternario*, **1(2)**, 161-166.
- Radtke U., 1983 - *Genese und Altersstellung der marinen terrassen zwischen Civitavecchia und Monte Argentario (Mittelitalien) unter besonderer Berücksichtigung der Elektronenspin-Resonanz Altersbestimmungsmethod*. *Dusseldorfer Geographische Schriften*, **22**, 179-184.
- Radtke U., Hennig G.J. & Mangini A., 1982 - *Untersuchungen zur Chronostratigraphie mariner terrassen in Mittelitalien $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ und ESR Datierungen an fossilen Mollusken*. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **32**, 49-55.
- Radtke U., Henning G.J., Linke W. & Mungersdorf J., 1983 - *$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ and ESR dating problems on fossil shells in Pleistocene marine terraces (Northern Latium, Central Italy)*. *Quaternaria*, **23**, 37-50.
- Schroeder R.A. & Bada J.L., 1976 - *A review of the geochemical applications of the amino acid racemization reaction*. *Earth Science Reviews*, **12**, 347-391.
- Sejrup H.P., Aarseth I., Ellingsen K.L., Reither E., Jansen E., Løvlie R., Bent A., Brigham-Grette J., Larsen E. & Stoker M., 1987 - *Quaternary stratigraphy of the Fladen area, central North Sea: a multidisciplinary study*. *Journal of Quaternary Science*, **2**, 35-58.
- Shackleton N.J. & Opdyke N.D., 1973 - *Oxygen Isotope and Paleomagnetic Stratigraphy of Equatorial Pacific Core V 28-238: Oxygen Isotope Temperatures and Ice Volumes on a 10^5 Year and 10^6 Year Scale*. *Quaternary Research*, **3**, 39-55.
- Wehmiller J.F. & Belknap D.F., 1982 - *Amino acid age estimates, Quaternary Atlantic Coastal Plain: Comparison with U-series dates, biostratigraphy and paleomagnetic control*. *Quaternary Research*, **18**, 311-336.
- Wehmiller J.F., Lajoie K.R., Kvenvolden K.A., Peterson E., Belknap D.F., Kennedy G.L., Addicot W.O., Vedder J.G. & Wright R.W., 1977 - *Correlation and chronology of Pacific Coast marine terraces of continental United States by amino acid stereochemistry: technique evaluation, relative ages, kinetic model ages and geologic implications*. U.S. Geological Survey Open-File Report **77-680**, 106 p.

Manoscritto ricevuto il 26.4.1993

Inviato all'Autore per la revisione il 5.11.1993

Testo definitivo ricevuto il 17.11.1993