

## COMPOSIZIONE ISOTOPICA DELL'ACQUA CORPOREA E DEL FOSFATO DI OSSA DI MAMMIFERI: IMPLICAZIONI E STUDI PALEOCLIMATICI

ANTONIO LONGINELLI e ALESSANDRO TRIGLIA

Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università di Palermo

**RIASSUNTO.** — È stato sviluppato ed ampliato lo studio già iniziato da qualche tempo per tentare di realizzare scale di temperature isotopiche su specie di mammiferi viventi. Scopo di questo studio, una volta provata la possibilità di costruire e tarare tali scale su organismi viventi, è di arrivare a disporre di una serie di scale di temperature isotopiche per studi paleoclimatici e paleoidrologici quantitativi. I dati ottenuti fino ad ora hanno posto in evidenza quanto segue:

— animali della stessa specie (daini) vissuti in condizioni climatiche identiche mostrano valori di composizione isotopica dell'ossigeno nell'acqua corporea e nel fosfato delle ossa pressochè identici da un individuo all'altro. Ciò conferma che individui della stessa specie, che vivono in condizioni climatiche uguali, determinano uguali frazionamenti isotopici. Misure di  $\delta^{18}\text{O}$  nell'acqua corporea di cinghiali hanno confermato in pieno tali conclusioni;

— gruppi di uomini viventi in aree diverse hanno fornito valori della composizione isotopica dell'ossigeno nell'acqua corporea e nel fosfato delle ossa che evidenziano una relazione quantitativa con la composizione isotopica media dell'acqua meteorica locale e quindi con le temperature medie annue al suolo;

— misure effettuate su maiali domestici, provenienti pure da aree climaticamente diverse, confermano tale conclusione;

— i risultati ottenuti da bovini vissuti in zone climaticamente diverse, non solo non evidenziano una relazione analoga ma mostrano risultati apparentemente senza alcuna possibilità di correlazione. Si ritiene che ciò sia il risultato di alimentazioni diverse alle quali sono stati sottoposti gli animali in questione, alimentazioni che possono variare da regimi assolutamente « naturali » (erba ed acqua) a regimi del tutto artificiali come quando vengono utilizzate per l'alimentazione proteine sintetiche, farina di pesce, mangimi composti, ecc. Per questa, e numerose altre specie, sono previsti ulteriori studi su materiali più idonei.

**ABSTRACT.** — The purpose of this study is to try to establish quantitative relationships between the average oxygen isotopic composition of local meteoric water, the oxygen isotopic composition of

mammal body water and the oxygen isotopic composition of phosphate in mammal bones. These relationships, after calibration of the method on living specimens, would allow quantitative paleoclimatological research based on the measurement of  $\delta^{18}\text{O}(\text{PO}_4^{3-})$  of fossil mammal bones. We report here some of the results obtained which can be summarized as follows:

— 9 specimens of fallow deers from the same area (Pisa) show  $\delta^{18}\text{O}$  values of their body water which are almost identical to one another (within the experimental reproducibility of these measurements). Samples of body water from 10 different specimens of wild bores from the same area yield  $\delta^{18}\text{O}$  values which, again, are within the experimental reproducibility. The  $\delta^{18}\text{O}$  of bones' phosphate from the same 9 specimens of fallow deers are again very close to one another. These data strongly indicate that different specimens of the same species, living under the same climatic conditions, show the same fractionation effects;

— the  $\delta^{18}\text{O}$  of body water and of bones' phosphate of groups of human beings from different climatic areas show well defined, quantitative relationships, with the average  $\delta^{18}\text{O}$  of local meteoric water;

— similar isotopic measurements, carried out on pigs from different climatic areas, suggest similar conclusions;

— on the contrary, the data obtained from 37 specimens of cattle coming from 8 different areas show no relationship between the  $\delta^{18}\text{O}$  of their body water and the  $\delta^{18}\text{O}$  of local meteoric water. Moreover, the isotopic values are widely scattered even in the case of specimens coming from the same area. In the case of samples from Thonon-les-Bains and Grosseto, it is apparent that the most positive isotopic values refer to specimens grown under « natural conditions » and the most negative isotopic values refer to specimens grown in the stable. We suggest that the scattering of the isotopic data is related to the use of different fodders (fresh or dry grass, synthetic proteins, fish flower, cereals and mais integrated fodder, etc.) which cause the production of widely different metabolic waters. The results obtained are considered encouraging for the development of this research and several more species of mammals are now being studied.

## Introduzione

Qualche tempo fa LONGINELLI e PERETTI PADALINO (1980), sviluppando una proposta di LONGINELLI (1973), iniziavano uno studio preliminare sulla realizzabilità di scale di temperature isotopiche basate sulla determinazione della composizione isotopica dell'ossigeno nel fosfato di ossa di mammiferi. La realizzazione di tali scale isotopiche implicava l'esistenza di una relazione quantitativa tra la temperatura media annua al suolo, la composizione isotopica media annua delle precipitazioni atmosferiche, la composizione isotopica dell'ossigeno nell'acqua corporea dei mammiferi e la composizione isotopica dell'ossigeno del fosfato delle loro ossa. Nella loro nota LONGINELLI e PERETTI PADALINO (1980) presentavano i primi risultati ottenuti misurando la composizione isotopica ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) dell'acqua corporea di ratti da laboratorio allevati in condizioni controllate ed evidenziando l'esistenza di una relazione quantitativa tra composizione isotopica dell'acqua ingerita e composizione isotopica dell'acqua corporea. Successivamente, è stata iniziata la raccolta e la misura di campioni di acqua corporea e di campioni di ossa di individui appartenenti a diverse specie di mammiferi viventi.

Scopo di tali misure era provare la eventuale esistenza delle relazioni quantitative sopra ricordate, nel caso di organismi della stessa specie viventi in condizioni climatiche diverse. Sono stati prelevati campioni a latitudini ed a quote diverse, cercando di utilizzare, per tale campionatura, aree nelle quali fosse abbastanza ben conosciuta la composizione isotopica media delle precipitazioni atmosferiche. Attualmente sono in studio nove specie diverse. Per alcune di esse esiste già una documentazione analitica abbastanza significativa mentre per altre sono stati ottenuti solamente i primi risultati, anche a causa delle obiettive difficoltà di campionamento e della necessità di disporre di individui provenienti da aree significativamente distanti una dall'altra.

In questa nota viene riportato un gruppo di dati relativi al daino, al cinghiale, all'uomo, al maiale ed al bue. Si tratta, complessivamente, di circa 140 misure di composizione isotopica dell'ossigeno nell'acqua cor-

porea e di circa 40 misure di composizione isotopica dell'ossigeno nel fosfato delle ossa.

## Metodologia

La misura della composizione isotopica dell'ossigeno dell'acqua corporea è stata effettuata su campioni di sangue prelevati immediatamente dopo la morte dell'animale o, nel caso dell'uomo, prelevati direttamente in vena con siringa ipodermica. Sono stati utilizzati campioni di circa 5 ml che sono stati sottoposti a distillazione sotto vuoto fino a secchezza per separare quantitativamente l'acqua dal residuo solido. Tale acqua è stata successivamente equilibrata a 25° C con  $\text{CO}_2$  purificata, secondo il metodo a suo tempo descritto da EPSTEIN e MAYEDA (1953). La  $\text{CO}_2$ , estratta e nuovamente purificata, è stata poi misurata (determinazione dei rapporti  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) per mezzo di uno spettrometro di massa Varian 250. I campioni di ossa, prelevati pure da animali appena uccisi o, nel caso dell'uomo, ottenuti da reperti relativamente recenti, attribuibili tutti agli ultimi decenni, vengono accuratamente puliti da qualsiasi materiale estraneo, portati in soluzione con 10 M  $\text{HNO}_3$  e successivamente purificati con una serie di precipitazioni e ridissoluzioni. Essi vengono infine precipitati come  $\text{BiPO}_4$ , secondo la procedura descritta da LONGINELLI (1965, 1966). Il  $\text{BiPO}_4$  viene successivamente attaccato con  $\text{BrF}_3$  sotto vuoto spinto, ad una temperatura di circa 500° C per liberare quantitativamente l'ossigeno che, convertito a  $\text{CO}_2$ , viene poi misurato allo spettrometro di massa. La riproducibilità standard di tali misure è dell'ordine di  $\pm 0,1$  a  $0,15\%$  ( $1\sigma$ ) nel caso dell'acqua corporea (comprensiva sia della riproducibilità della misura isotopica, sia della riproducibilità del processo di distillazione) e di  $\pm 0,15$  a  $0,20\%$  ( $1\sigma$ ) nel caso delle ossa (comprensiva di tutto il complesso trattamento di purificazione chimica e della misura isotopica come tale). Tutti i risultati vengono qui riportati in termini di unità  $\delta$  per mille contro lo standard internazionale SMOW-Vienna, come definito da GONFIANTINI (1978).

## Risultati ottenuti

È logico che uno dei primi punti sul quale era necessario ottenere informazioni dirette

era la variabilità dei valori del  $\delta^{18}\text{O}$  dell'acqua corporea di individui della stessa specie viventi nelle stesse condizioni ambientali e climatiche. Nel caso di attendibilità delle ipotesi proposte tale composizione isotopica dovrebbe risultare costante. Per un controllo di questo tipo si è preferito scegliere animali che vivessero liberi ed in condizioni « naturali » per poterli avvicinare, per quanto possibile, alle condizioni di vita degli animali fossili sui quali, in ultima analisi, dovrà essere applicato questo metodo qualora esso risulti utilizzabile.

Sono stati scelti a tale scopo il daino ed il cinghiale. È stato possibile ottenere un certo numero di tali animali, viventi in completa libertà nella tenuta presidenziale di S. Rosore (Pisa). I risultati ottenuti (ogni risultato si riferisce ad un singolo individuo) sono i seguenti:

*Daino*: -5,0, -4,8, -4,9, -5,1, -3,9, -4,5, -4,6, -4,7, -4,8. Il valore medio è di -4,70 e la deviazione standard calcolabile è 0,35, dell'ordine di  $\pm 3$  unità  $\sigma$ . La formula utilizzata per il calcolo della deviazione standard è la seguente:

$$d_s = \frac{\Sigma x^2 - 1/n (\Sigma x)^2}{n - 1}$$

Nel caso dei cinghiali i risultati ottenuti sono i seguenti:

*Cinghiale*: -8,5, -8,5, -8,7, -8,4, -8,1, -8,4, -8,5, -8,2, -8,7, -8,4. Il valore medio calcolato è -8,45 e la riproducibilità standard è eccellente (0,19), addirittura inferiore a  $\pm 2$  unità  $\sigma$ .

È evidente che, pur non trattandosi di un numero di individui particolarmente elevato, si può concludere che, almeno nel caso delle specie in questione, i dati ottenuti confermano che:

1) la variabilità della composizione isotopica dell'ossigeno nell'acqua corporea di individui della stessa specie che vivono nelle stesse condizioni ambientali è pressochè nulla e rientra, con ogni probabilità, nel puro e semplice errore di misura;

2) specie diverse viventi nelle medesime condizioni ambientali mostrano valori del  $\delta^{18}\text{O}$  dell'acqua corporea nettamente diversi l'una rispetto all'altra. Tale differenza deve

TABELLA 1  
 $\delta^{18}\text{O}$  dell'acqua corporea in gruppi di uomini di diversa origine

Località	n. indiv.	$\bar{\delta}^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$		deviaz. stand.
		locale	corporea	
Cagliari	6	-5,5	-2,60	0,27
Palermo	10	-5,5	-2,68	0,38
Pisa	10	-6,3	-3,04	0,24
Parigi	6	-7,2	-3,50	0,37
Orsay <sup>+</sup>	15	-7,2	-3,87	0,74
Petralia <sup>++</sup>	12	-8,0	-4,20	0,42
Thonon-les-B. <sup>-</sup>	5	-9,5	-4,96	0,38

<sup>+</sup> Circa 20 km a S di Parigi. <sup>++</sup> Provincia di Palermo, oltre mille metri s.l.d.m. <sup>-</sup> Alta Savoia, sulle sponde del Lago di Ginevra.

essere essenzialmente legata ai processi metabolici caratteristici di ogni specie, oltre che, naturalmente, alle differenze di alimentazione. È probabilmente dominante, in questo caso, l'effetto della composizione isotopica dell'acqua metabolica anche se sembra assai difficile poter arrivare a dimostrare sperimentalmente tale assunto.

Per poter ottenere informazioni sulla variabilità del  $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$  nel caso di animali che vivono in condizioni « artificiali », o comunque non naturali, abbiamo scelto l'uomo, il maiale ed il bue. Sembrava logico ammettere, a priori, che la maggiore variabilità sarebbe stata ottenuta nel caso dell'uomo, a causa dell'enorme varietà di cibi e bevande utilizzate, cibi e bevande che spesso non hanno alcuna relazione con la zona nella quale vive una certa persona o una certa comunità. In questo caso sono stati prelevati campioni a latitudini ed a quote assai variabili. I valori medi di composizione isotopica delle piogge sono abbastanza ben conosciuti in queste zone e l'errore possibile non dovrebbe superare qualche decimo di unità delta in più o in meno. I dati ottenuti vengono riportati in Tabella 1.

Da tali dati si può rilevare che, con la sola eccezione di Orsay, dove non è stato possibile controllare la provenienza dei singoli donatori, la deviazione standard rimane entro i limiti di una riproducibilità di  $\pm 3 \sigma$  e quindi perfettamente accettabile. La vistosa dispersione dei valori che era lecito attendersi non si è verificata, forse a causa della relativa omogeneizzazione dei criteri alimen-

TABELLA 2

$\delta^{18}\text{O}$  dell'acqua corporea in gruppi di maiali domestici di diversa origine

Località	n. indiv.	$\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$		deviaz. stand.
		locale	corporea	
Pisa	3	-6,3	-3,60	
Etampes <sup>+</sup>	7	-7,2	-3,94	0,17
Petralia <sup>++</sup>	10	-7,5	-4,24	0,13
Verdun <sup>-</sup>	5	-8,2	-5,40	0,25
Thonon-les-B. <sup>--</sup>	5	-10,0	-6,64	0,11

<sup>+</sup> Circa 60 km a S di Parigi. <sup>++</sup> Provincia di Palermo; gli animali in questione provengono da una zona a circa 750-800 m s.l.d.m.. <sup>-</sup> La zona di allevamento non è conosciuta in dettaglio ma si trova entro i confini della Lorena. <sup>--</sup> La zona di allevamento si trova ad una quota maggiore di circa 200 m rispetto a quella di Thonon-les-Baines.

tari e di una certa compensazione tra prodotti ad alto contenuto in  $^{18}\text{O}$  e prodotti a basso contenuto in  $^{18}\text{O}$ . I valori medi ottenuti vengono riportati nel grafico di fig. 1 ed è possibile rilevare l'ottimo allineamento dei relativi punti lungo la retta di equazione

$$y = 0,60 x + 0,68.$$

Si deve quindi concludere che, nonostante le condizioni « artificiali » di vita dell'uomo, esiste una precisa relazione tra  $\delta^{18}\text{O}$  dell'acqua meteorica locale e  $\delta^{18}\text{O}$  dell'acqua corporea.

Passiamo ora a prendere in considerazione i risultati ottenuti per il maiale domestico. Sono stati studiati individui provenienti da cinque diverse località ed i dati relativi vengono sintetizzati in Tabella 2.

Anche in questo caso, pur se con un numero assai limitato di campioni, esiste una chiara correlazione tra  $\delta^{18}\text{O}$  dell'acqua meteorica locale e  $\delta^{18}\text{O}$  dell'acqua corporea, con una deviazione standard dei dati particolarmente ridotta. Tale correlazione è evidente nel grafico di fig. 2 nel quale i punti rappresentativi sono ragionevolmente allineati lungo la retta di equazione

$$y = 0,88 x + 2,14.$$

Passiamo ora a considerare i risultati ottenuti misurando la composizione isotopica dell'acqua corporea di bovini provenienti da località molto diverse tra di loro. Le previsioni pessimistiche avanzate (e non verifi-

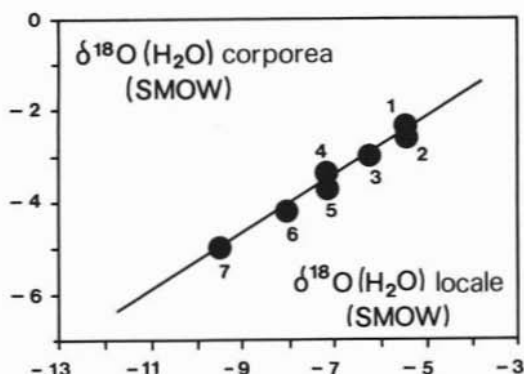


Fig. 1. — Composizione isotopica media dell'ossigeno nell'acqua meteorica locale di aree diverse contro composizione isotopica dell'ossigeno nell'acqua corporea (valori medi) di gruppi di uomini provenienti da tali aree. I numeri si riferiscono, nell'ordine, alle aree prese in considerazione in Tabella 1.

cate) nel caso dell'uomo si sono invece realizzate in questo caso. I risultati ottenuti sono quanto di meno regolare ed omogeneo sia stato finora ottenuto in questo tipo di studio. Per dare un'idea più diretta della situazione i risultati ottenuti vengono riportati, uno per uno, in maniera grafica in fig. 3. A parte il fatto che non sembra esistere alcuna relazione tra la composizione isotopica dell'acqua corporea e la composizione isotopica dell'acqua meteorica, all'interno di ogni singolo gruppo, e quindi per individui provenienti dalla stessa area, esiste una incredibile varietà, anche superiore a tre unità delta.

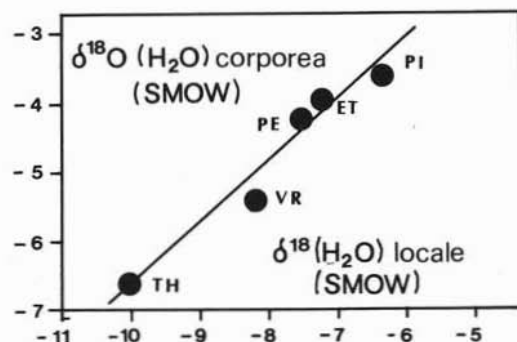


Fig. 2. —  $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$  media locale riportata contro il valore medio della composizione isotopica dell'ossigeno nell'acqua corporea di gruppi di maiali domestici di diversa provenienza. Le sigle si riferiscono alle zone di provenienza riportate in Tabella 2.

Tale distribuzione dei valori può suggerire, a nostro avviso, le sole due interpretazioni seguenti: 1) gli animali di questa specie hanno un comportamento anomalo dal punto di vista fisiologico e non obbediscono alla stessa legge osservata nel caso dei gruppi precedentemente citati; 2) alternativamente, questi animali sono soggetti a regimi alimentari variabilissimi e, di conseguenza, all'interno di ogni gruppo, valori diversi corrispondono a diversi regimi alimentari con diversa composizione isotopica dell'acqua che entra e diversa composizione isotopica dell'acqua metabolica prodotta.

La nostra preferenza va alla seconda ipotesi sulla base delle seguenti considerazioni:

— non si vede una plausibile ragione per la quale il comportamento di questi animali dovrebbe essere anomalo rispetto a quello di altri mammiferi. Anche il fatto di essere ruminanti non dovrebbe interferire in alcun modo al di fuori di una possibile variazione del fattore di frazionamento biologico di questa specie;

— nel caso dei bovini provenienti da Thonon-les-Bains è stato possibile appurare che i risultati più negativi ottenuti (intorno a  $-4\text{‰}$ ) si riferiscono ad individui di pochi mesi allevati con soluzioni di latte in polvere in acqua locale. I risultati più positivi (intorno a  $-2\text{‰}$ ) si riferiscono invece ad individui di età superiore a un anno che, preferenzialmente, erano lasciati liberi di pascolare con la sola eccezione dei mesi più freddi dell'anno. Anche nel caso dei bovini provenienti da Grosseto, l'individuo che ha fornito il risultato più positivo era un animale cresciuto praticamente in libertà mentre gli altri due erano animali di allevamento. È abbastanza logico riferire ad un'alimentazione principale a base di erba i valori isotopici più positivi essendo ben noto che l'acqua contenuta nell'erba è sensibilmente arricchita in  $^{18}\text{O}$  rispetto all'acqua meteorica locale a causa degli ovvii processi di evaporazione che hanno luogo attraverso la pellicola esterna di tutti i vegetali. Sembra quindi ragionevole pensare che ogni tipo di alimentazione, erba fresca o fieno, mangimi derivati da mais o cereali in genere, farina di pesce, proteine sintetiche, ecc. comporti non solo l'ingestione di maggiori o minori quantità di acqua, ma anche la produzione di

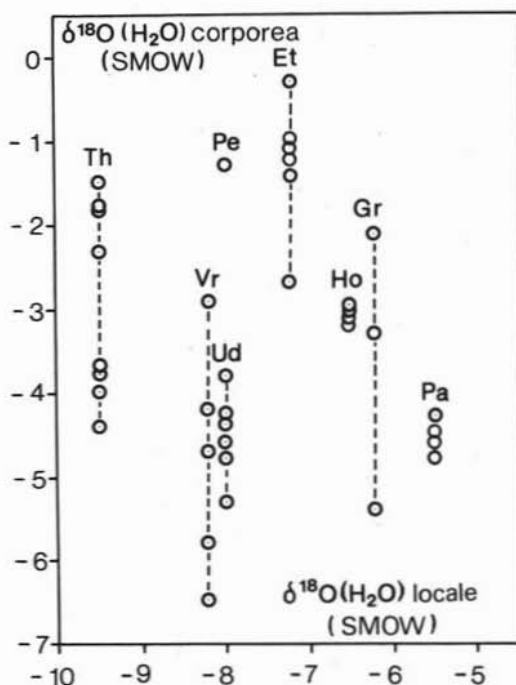


Fig. 3. —  $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$  media locale riportata contro la composizione isotopica dell'ossigeno nell'acqua corporea di singoli bovini di diversa provenienza. Le sigle in figura si identificano come segue: Th = Thonon-les-Bains; Vr = Verdun; Pe = Petralia (PA); Ud = Udine; Et = Etampes; Ho = Honfleur (Normandia); Gr = Grosseto; Pa = Palermo.

acqua metabolica (per esempio nel corso della sintesi organica delle sostanze proteiche) assai diversa da un caso all'altro, con conseguente variabilità del  $\delta^{18}\text{O}$  dell'acqua corporea. L'attendibilità di queste ipotesi deve però essere dimostrata sperimentalmente. A tale scopo si ritiene che gli allevamenti della Nuova Zelanda siano forse gli unici al mondo a poter fornire esemplari che, nel corso di tutta la loro vita, hanno ingerito solamente erba fresca ed acqua. Sono in corso contatti con aziende neo-zelandesi per effettuare una campionatura dettagliata *in loco*, potendo essere assolutamente certi delle condizioni nelle quali il bovino è stato allevato. Ciò è tanto più necessario in quanto l'eventuale utilizzazione di fossili per studi paleoclimatici implica che gli animali in questione erano cresciuti in analoghe condizioni.

Per quanto si riferisce invece alla composizione isotopica delle ossa, sono stati analizzati reperti di daino quasi tutti provenienti

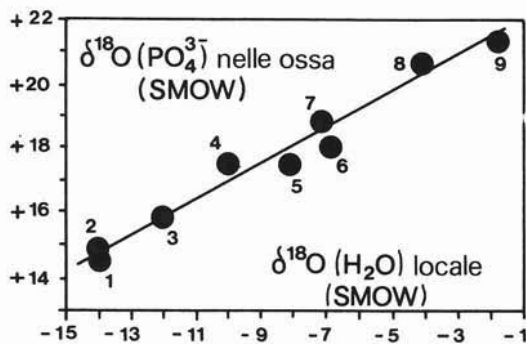


Fig. 4. —  $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$  media locale riportata contro il  $\delta^{18}\text{O}(\text{PO}_4^{3-})$  in gruppi di ossa umane di diversa provenienza. I numeri si riferiscono alle seguenti aree: 1 e 2 = Groenlandia; 3 = Finlandia; 4 = Terra del Fuoco; 5 = N. Italia; 6 = Sicilia; 7 = Firenze; 8 = Tunisi; 9 = Mogadiscio.

dagli stessi animali dai quali era stato prelevato anche il sangue, vissuti nella tenuta di S. Rossore (Pisa). I risultati fin qui ottenuti (alcuni reperti devono ancora essere misurati) sono i seguenti:

*Daino*,  $\delta^{18}\text{O}(\text{PO}_4^{3-})$ : 18,1, 18,5, 18,2, 18,4, 18,4, 18,6, 18,6, 18,2. Il valore medio è 18,38 e la deviazione standard è assai contenuta (0,19).

I dati in questione confermano ulteriormente le ipotesi di base a partire dalle quali è stata sviluppata questa ricerca e ci permettono di calcolare il fattore di frazionamento fosfato-acqua alla temperatura corporea dei daini ( $\alpha$ ) risultando esso uguale a circa 1,023.

Nel caso degli uomini abbiamo fino ad ora ottenuto pochi risultati anche se, a tutt'oggi, è stata effettuata una campionatura di oltre una settantina di campioni la cui preparazione è attualmente in corso. I dati disponibili sono riportati nel grafico di fig. 4.

In fig. 5 sono invece riportati i primi valori di  $\delta^{18}\text{O}(\text{PO}_4^{3-})$  ottenuti da ossa di maiali domestici. In entrambi i casi, pur con le necessarie riserve, dovute principalmente al numero limitato di campioni fin qui esaminati e quindi all'attendibilità statistica dei risultati stessi, questi sembrano assai confortanti e stimolano a proseguire ed ampliare la ricerca per cercare di giungere effettivamente alla costruzione di scale di temperature isotopiche.

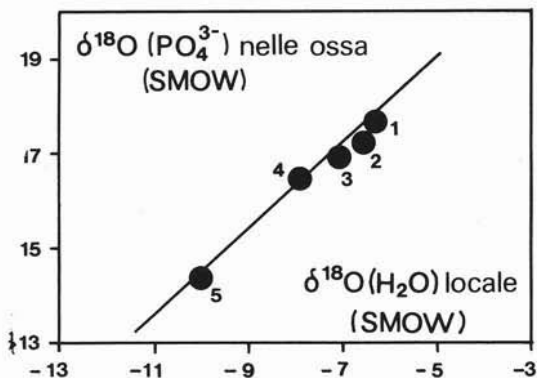


Fig. 5. —  $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$  media locale riportata contro il  $\delta^{18}\text{O}(\text{PO}_4^{3-})$  di ossa di piccoli gruppi di maiali domestici di diversa provenienza. I numeri si riferiscono alle seguenti aree: 1 = Pisa; 2 = Sardegna; 3 = Etampes; 4 = Petralia (PA); 5 = Thonon-les-Bains.

## Conclusioni

Sulla base dell'attuale situazione della ricerca in questa direzione si ritiene ragionevole considerare probanti i risultati fin qui ottenuti e parzialmente riportati in questa nota. Almeno nel caso di alcune specie sembra che esistano fondati motivi per affermare l'esistenza delle relazioni quantitative tra  $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$  locale (e quindi  $t$  media annua) da una parte e  $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$  corporea e  $\delta^{18}\text{O}(\text{PO}_4^{3-})$  nelle ossa dall'altra. Resta da chiarire il comportamento anomalo dei bovini, allo scopo di poter provare se animali « bradi » possono o no costituire il materiale necessario per l'istituzione della relativa scala isotopica. Sono attualmente in corso le misure isotopiche sui reperti ossei dei bovini fin qui studiati e sarà particolarmente interessante controllare se le variazioni osservate nel  $\delta^{18}\text{O}$  dell'acqua corporea per individui di una stessa zona si traducono o meno in analoghe variazioni del  $\delta^{18}\text{O}(\text{PO}_4^{3-})$ . Si cerca anche di estendere l'indagine ad altre specie scelte tra quelle che più comunemente si ritrovano fossili, almeno nel Quaternario recente, con la speranza di poter alla fine disporre di un metodo della massima flessibilità ed affidabilità.

*Ringraziamenti.* — Questa ricerca ha potuto essere effettuata grazie al supporto finanziario del C.N.R. e dell'International Atomic Energy Agency di Vienna, Contratto no. 2832/RB. Si ringraziano vivamente: il Prof. J. LABEYRIE, Direttore del Centre

des Faibles Radioactivités di Gif-sur-Yvette (Francia) e tutto il personale del Centro medesimo presso il quale è stata effettuata una parte di questo studio, nel corso di un periodo sabatico utilizzato in tale sede da A. LONGINELLI; il Musée de l'Homme di Parigi ed il Museo di Antropologia dell'Università di Firenze nella persona dei rispettivi Direttori, i Proff. V. MUTOLO e M. VALENZA dell'Università di Palermo, la Direzione della Tenuta Presidenziale di S. Rossore (Pisa) ed il personale della sezione caccia della Tenuta stessa per aver cortesemente fornito numerosi campioni utilizzati in que-

sta ricerca; il Centre de Transfusion Sanguine di Orsay (Parigi), nonché le Direzioni dei mattatoi di Étampes (Ile-de-France), Grosseto, Honfleur (Normandie), Palermo, Pisa, Thonon-les-Bains (H. Savoie), Udine e Verdun (Lorraine) per aver cortesemente collaborato alla raccolta dei campioni richiesti. Un sentito ringraziamento al Prof. P. OLIVE della Sezione staccata di Thonon-les-Bains dell'Université P. et M. Curie di Parigi per la cortese ospitalità ed il supporto logistico ed al Dr. P. CENSI per la collaborazione prestata in Laboratorio.

## BIBLIOGRAFIA

- EPSTEIN S. e MAYEDA T. (1953) - *Variation of  $^{18}\text{O}$  content of waters from natural sources*. Geochim. Cosmochim. Acta, 4, 213-224.
- GONFIANTINI R. (1978) - *Standards for stable isotope measurements in natural compounds*. Nature, 271, 534-536.
- LONGINELLI A. (1965) - *Oxygen isotopic composition of orthophosphate from shells of living marine organisms*. Nature, 207, 716-719.
- LONGINELLI A. (1966) - *Ratios of oxygen-18: oxygen-16 in phosphate and carbonate from living and fossil marine organisms*. Nature, 211, 923-927.
- LONGINELLI A. (1973) - *Preliminary oxygen-isotope measurements of phosphate from mammal teeth and bones*. Colloques Intern. du CNRS, n. 219, 267-271.
- LONGINELLI A. e PERETTI PADALINO A. (1980) - *Utilizzazione di reperti ossei di mammiferi per studi quantitativi paleoclimatici: primi dati sperimentali*. Rend. SIMP, 36, 695-702.