

SERGIO HAUSER*, GAETANO DONGARRÀ*,
ROCCO FAVARA*, ANTONIO LONGINELLI**

COMPOSIZIONE ISOTOPICA DELLE PIOGGE IN SICILIA. RIFERIMENTI DI BASE PER STUDI IDROGEOLOGICI E RELAZIONI CON ALTRE AREE MEDITERRANEE**

RIASSUNTO. — Scopo di questa ricerca è l'acquisizione di dati da utilizzare come informazioni di base per studi di idrogeologia isotopica e di geochimica delle acque in Sicilia. Sono state eseguite misure di composizione isotopica dell'ossigeno su campioni medi mensili di precipitazioni atmosferiche raccolte nell'arco degli anni 1976-1979, utilizzando pluviometri situati a quote diverse. Vengono riportate le curve relative alle variazioni isotopiche stagionali (medie ponderate) riferite alle variazioni delle temperature medie al suolo. Sulla base di tali dati sono stati calcolati i gradienti verticali di composizione isotopica utilizzabili come valori di base per le diverse quote delle aree di alimentazione di falde acquifere. È adesso possibile, quindi, procedere a studi di idrologia isotopica interpretando quantitativamente i risultati già ottenuti e quelli in corso di determinazione. Un confronto fra la composizione isotopica delle piogge in Sicilia e quella delle piogge studiate da altri autori nell'area mediterranea consente di rilevare strette analogie tra le diverse località ponendo altresì in evidenza rilevanti anomalie rispetto all'andamento teorico, riscontrabile in diverse stazioni sui bordi di bacini oceanici.

ABSTRACT. — Oxygen isotope measurements were carried out on monthly average samples of rain water collected in Sicily at Palermo (sea level), Scillato (400 m. a.s.l.) and Piano Battaglia (1600 m. a.s.l.) during different periods between 1976 and 1979. The purpose of these measurements was to obtain informations about the vertical isotopic gradients in precipitation in Sicily, to use these data for research work on hydrology. The results obtained are reported graphically, along with available data on the amount of precipitation and the monthly average temperature. The overall vertical isotopic gradient is about 0.2 ‰/100 meters or 0.3 ‰/°C. These values are rather small when compared with similar values obtained for other areas in Europe. However, the geographic position of Sicily and the local climatic conditions clearly affect the vertical isotopic gradients. The results obtained are compared with other data obtained all over the Mediterranean basins. It is apparent as proposed by DANSGAARD (1964). They would rather follow the relationship proposed by ERIKSSON (1965 and 1966) showing a slope of about 0.39 instead of 0.69.

Introduzione

Le ricerche di idrogeologia sono state sempre più frequentemente orientate, nel corso degli ultimi anni, verso l'utilizzazione delle tecniche isotopiche. Le acque sotterranee infatti mostrano in generale variazioni isotopiche stagionali che ripetono, pur se con ampiezza ridotta e talvolta con sfasamenti cronologici, le variazioni

* Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università, via Archirafi 36, 90123 Palermo. ** Ricerca eseguita con il contributo finanziario del C.N.R..

stagionali delle precipitazioni che le hanno alimentate. La composizione isotopica media di tali acque risulta ovviamente dipendente dalla quota media del bacino di alimentazione. Inoltre, acque provenienti da falde poco profonde mostrano normalmente variazioni isotopiche stagionali dello stesso ordine di grandezza di quelle delle precipitazioni atmosferiche della zona mentre acque provenienti essenzialmente dalla zona saturata mostrano variazioni stagionali ridotte rispetto a quelle delle precipitazioni. Tali informazioni sono quindi una premessa preziosa e non sostituibile con altre per l'interpretazione dei circuiti idrologici. Per poter utilizzare queste tecniche di studio è però indispensabile disporre di dati di base ai quali riferire le misure effettuate su campioni dei diversi acquiferi. È cioè necessario conoscere la composizione isotopica media annua nonché i valori minimi e massimi stagionali delle precipitazioni atmosferiche alle diverse quote nell'area in esame. Ciò implica un lavoro preliminare piuttosto impegnativo (quando già non si disponga di tali dati o di dati in aree limitrofe che possano venire ragionevolmente estrapolati) per la raccolta di campioni medi mensili e la loro analisi isotopica lungo un arco di tempo di almeno 1-2 anni. Naturalmente si deve aver cura che la raccolta dei campioni abbia luogo senza che si determinino fenomeni di evaporazione che inevitabilmente causerebbero una variazione della composizione isotopica originale. In Sicilia esistono condizioni tali da far ritenere che uno studio idrogeologico basato su misure isotopiche dell'acqua potrebbe essere di estrema utilità anche dal punto di vista pratico e di elevato interesse scientifico tenendo conto delle peculiari caratteristiche geologiche delle formazioni siciliane.

Per interpretare quantitativamente i dati ottenibili da un tale studio si è ritenuto opportuno effettuare una ricerca di base per determinare i gradienti isotopici verticali ed i valori medi al livello del mare in quanto non si è a conoscenza di dati utilizzabili in tal senso neppure per zone adiacenti. La posizione geografica particolare della Sicilia non consente l'utilizzazione di dati relativi ad aree continentali anche limitrofe in quanto il regime meteorologico e climatico dell'isola potrebbe falsarne l'interpretazione.

Per la raccolta dei campioni sono stati utilizzati tre pluviometri ubicati rispettivamente a Palermo (livello del mare), a Scillato (a 15 km in linea d'aria dalla costa settentrionale, 400 m sul livello del mare) ed a Piano Battaglia (a 15 km in linea d'aria dalla costa settentrionale, 1600 m sul livello del mare). Entrambe queste località si trovano a pochi km a SE di Palermo. Il pluviometro a quota maggiore ha creato diversi problemi pratici per la raccolta delle precipitazioni nevose in quanto il raccoglitore rimaneva ovviamente bloccato da forti nevicate limitando quindi la raccolta alla prima frazione di neve che risulta abitualmente la meno negativa. Inoltre viene in tal modo falsato per difetto il calcolo delle precipitazioni totali nei mesi freddi, che, comunque, sono state valutate nel modo migliore possibile interpolando dati relativi ad altre stazioni in quota nella stessa zona. Ciò comporta ovviamente un certo spostamento delle medie ponderate verso valori meno negativi.

Malgrado ciò si ritengono ugualmente utili i dati ottenuti in quanto, comunque,

si commette sempre un errore statistico nel caso di studi limitati a brevi periodi, associato alle variazioni di intensità delle precipitazioni o alla maggiore rigidità della stagione invernale.

Tecniche di raccolta e di misura

I campioni sono stati raccolti, come già accennato, utilizzando due pluviometri appositamente allestiti ed un terzo già in uso da tempo presso la stazione pluviometrica di Scillato. Si è avuto cura di mantenere, all'interno dei contenitori, un sottile strato di olio di vasellina per impedire l'evaporazione dell'acqua. Fenomeni di evaporazione, anche limitati, possono infatti determinare frazionamenti isotopici piuttosto rilevanti e tali comunque da falsare totalmente il significato dei risultati. I campioni venivano prelevati con una frequenza quindicinale o mensile a seconda dell'entità delle precipitazioni e la misura veniva effettuata poi su una piccola porzione che rappresentava, evidentemente, la media ponderata delle precipitazioni raccolte.

Le determinazioni dei rapporti isotopici $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ nei campioni di acqua sono state effettuate seguendo il metodo ormai classico proposto da EPSTEIN e MAYEDA (1953) che prevede l'equilibratura isotopica a temperatura costante ($25,2^\circ\text{C}$) di un campione di alcuni millilitri dell'acqua in esame con CO_2 di composizione isotopica nota. Avvenuta l'equilibratura, si estrae una porzione della CO_2 , la si purifica opportunamente e la si introduce poi per la misura nello spettrometro di massa. Nel nostro caso è stato utilizzato uno spettrometro Varian 250 a tre collettori completamente automatico.

I risultati isotopici sono riportati in unità $\delta\%$ essendo il δ definito dalla seguente relazione:

$$\delta\% = \frac{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O} \text{ camp.} - {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O} \text{ stand.}}{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O} \text{ stand.}} \times 1000.$$

Lo standard di riferimento è lo SMOW-Vienna come definito da GONFIANTINI (1978).

Risultati ottenuti e discussione

I dati isotopici vengono riportati in tabella 1 ed, in forma grafica, in fig. 1. L'andamento generale delle curve è, in sostanza, quello che ci si può aspettare normalmente, con valori più negativi nel periodo invernale e valori più positivi nel periodo estivo. Ciò è essenzialmente dovuto alle variazioni delle temperature di condensazione del vapor d'acqua atmosferico, con conseguente variazione del fattore di frazionamento H_2O liquida/ H_2O vapore. Vi sono tuttavia alcuni particolari che vale la pena di commentare anche se brevemente. Come ci si poteva aspettare a causa della differente posizione in quota dei tre pluviometri, i valori più

positivi raggiunti nel periodo estivo e quelli più negativi raggiunti nel periodo invernale differiscono abbastanza sensibilmente da una stazione all'altra. Le differenze più vistose sono forse quelle relative al periodo estivo durante il quale a Palermo (quota zero) si raggiungono valori di $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$ dell'ordine di $+1\text{‰}$ mentre a Scillato (quota 400) si raggiungono valori di circa $-3,5\text{‰}$ ed a Piano Battaglia (quota 1600) il valore massimo è solo -6‰ . Inoltre, molto chiaramente, varia da zona a zona l'andamento della curva, stretta e ripida a Palermo a causa

TABELLA 1
Dati relativi alle precipitazioni raccolte in Sicilia

Palermo				Scillato				P. Battaglia						
Periodo	T_1	T_2	Q	$\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$	Periodo	T_1	T_2	Q	$\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$	Periodo	T_1	T_2	Q	$\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$
Giugno 1976	21.3	20.8	26.6	-1.48	Novembre 1977	14.3	11.1	114	-4.60	Novembre 1977	--	--	234	-7.19
Luglio	24.1	21.9	47.4	-3.46	Dicembre	10.0	9.5	97	-9.73	Dicembre	--	--	304	-10.87
Agosto	23.5	20.8			Gennaio 1978	8.8	7.3	101	-7.03	Gennaio 1978	--	--	304	-11.57
Settembre	21.7	19.7	5.1	-5.18	Febbraio	11.7	11.3	125	-7.33	Febbraio	--	--	140	-8.96
Ottobre	19.6	18.1	111	-5.94	Marzo	11.2	9.2	66	-10.40	Marzo	--	--	304	-8.54
Novembre	14.4	13.7	203	-5.93	Aprile	12.3	10.1	133	-7.82	Aprile	--	--	175	-6.34
Dicembre	13.3	12.6	54	-6.13	Maggio	17.3	16.4	29	-7.90	Maggio	--	--	82	-7.20
Gennaio 1977	13.1	11.0	33	-4.14	Giugno	22.1	--	--	-3.72	Giugno	--	--	35	-5.96
Febbraio	14.8	12.3	30	-4.26	Luglio	23.8	--	--	--	Luglio	--	--	--	--
Marzo	14.0	13.3			Agosto	23.7	21.0	14	-3.55	Agosto	--	--	12	-6.96
Aprile	14.7	11.1	81	-6.15	Settembre	20.3	19.4	37	-3.58	Settembre	--	--	81	-6.76
Maggio	18.9	21.1	15	-3.41	Ottobre	16.4	17.4	107	-4.67	Ottobre	--	--	200	-7.13
Giugno	20.7	18.9	22	+0.82	Novembre	13.6	7.4	49	-5.01	Novembre	--	--	175	-8.67
Luglio	24.8	24.3	1	+0.98	Dicembre	12.2	9.0	91	-9.85	Dicembre	--	--	175	-9.50
Agosto	24.2	23.3	7	-2.64	Gennaio 1979	10.3	7.7	95	-8.73	Gennaio 1979	--	--	304	-10.35
Settembre	21.9	20.8	9	-3.72	Febbraio	11.9	11.4	63	-10.86	Febbraio	--	--	304	-9.32
Ottobre	19.8	19.6	19	-2.92	Marzo	13.3	11.2	66	-8.18	Marzo	--	--	140	-9.00
Novembre	16.6	13.2	54	-5.14										
Dicembre	13.2	--	--	--										
Gennaio 1978	11.2	11.2	122	-6.67										
Febbraio	13.3	10.1	43.3	-7.53										
Marzo	12.7	11.9	90.8	-6.98										
Aprile	14.7	12.1	126	-5.42										
Maggio	17.8	16.4	15.3	-1.99										

Q = entità delle precipitazioni in mm; T_1 = temperatura media mensile; T_2 = temperatura media ponderata mensile definita dalla seguente relazione: $T_2 = \frac{\sum Qi \cdot Ti}{\sum Qi}$
essendo: Qi = quantità di acqua piovuta in ogni giorno considerato; Ti = temperatura media delle medesime giornate.

delle elevate temperature dei mesi estivi e della piovosità pressochè nulla in tale periodo (fig. 2), tondeggianti e senza brusche variazioni di pendenza a Piano Battaglia dove le variazioni medie della temperatura sono più omogenee e difficilmente implicano valori assai elevati. Una peculiarità delle curve di Palermo e Scillato è rappresentata da un'anomalia che si riscontra rispettivamente nei mesi di gennaio e febbraio 1977 e 1978. Gennaio, in generale, alle nostre latitudini è il mese durante il quale i $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$ delle precipitazioni raggiungono i valori minimi. In questo caso invece, nel bimestre considerato si ha una brusca e marcata inversione di tendenza che comporta una positivizzazione dei $\delta^{18}\text{O}$ dell'ordine di 2-3 per mille rispetto ai valori minimi. Tale anomalia si è verificata in due anni diversi (1977 e 1978) in località vicine, tuttavia nei primi mesi del 1978

a Palermo il fenomeno non si è ripetuto. In tale periodo dell'anno, i giorni di pioggia sono, nella maggior parte dei casi, determinati da venti provenienti dai quadranti meridionali che comportano quindi il trasporto di masse d'aria a temperatura relativamente elevata rispetto ai valori medi stagionali. La quota di Piano Battaglia è troppo elevata perchè si possa risentire in maniera sensibile di un tale effetto che forse contribuisce solo a ridurre l'entità della vistosa negativizzazione che dovrebbe determinarsi nei mesi più freddi dell'inverno. Il fatto potrebbe avere uno

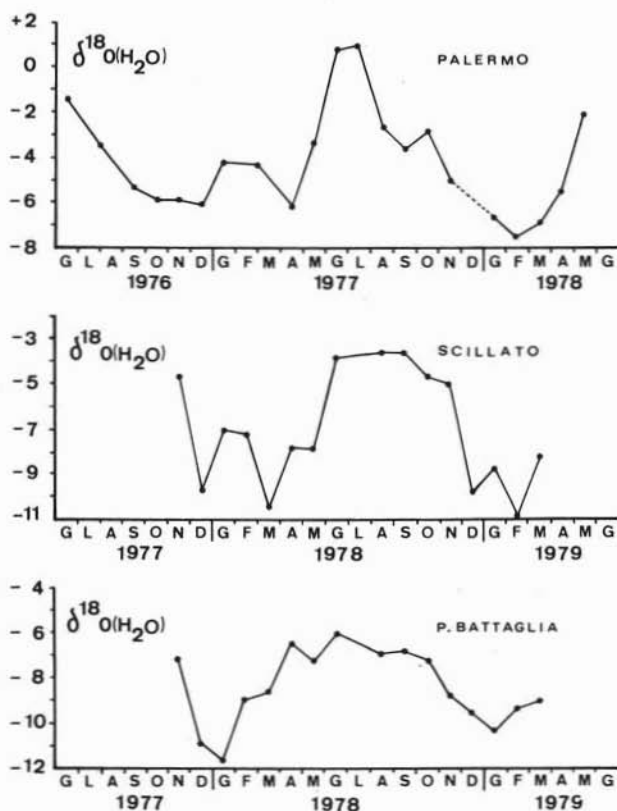


Fig. 1. — Composizione isotopica dei campioni medi mensili delle precipitazioni raccolte nelle tre località indicate.

spiccato interesse regionale anche dal punto di vista del tracciamento isotopico delle acque freatiche, senonchè la sua assenza a Palermo all'inizio del 1978 indica che per trarre conclusioni di questo tipo sarebbe opportuno disporre di una statistica adeguata prolungando le misure per diversi anni. Ciò rientra nei programmi futuri in quanto, data la posizione di Palermo, al centro del Mediterraneo, contiamo di inserire stabilmente questa città tra le stazioni di controllo della rete mondiale dell'IAEA.

Passando a considerare i valori delle medie ponderate annuali della composizione isotopica nelle tre località studiate, essi variano, pur se entro i limiti abituali,

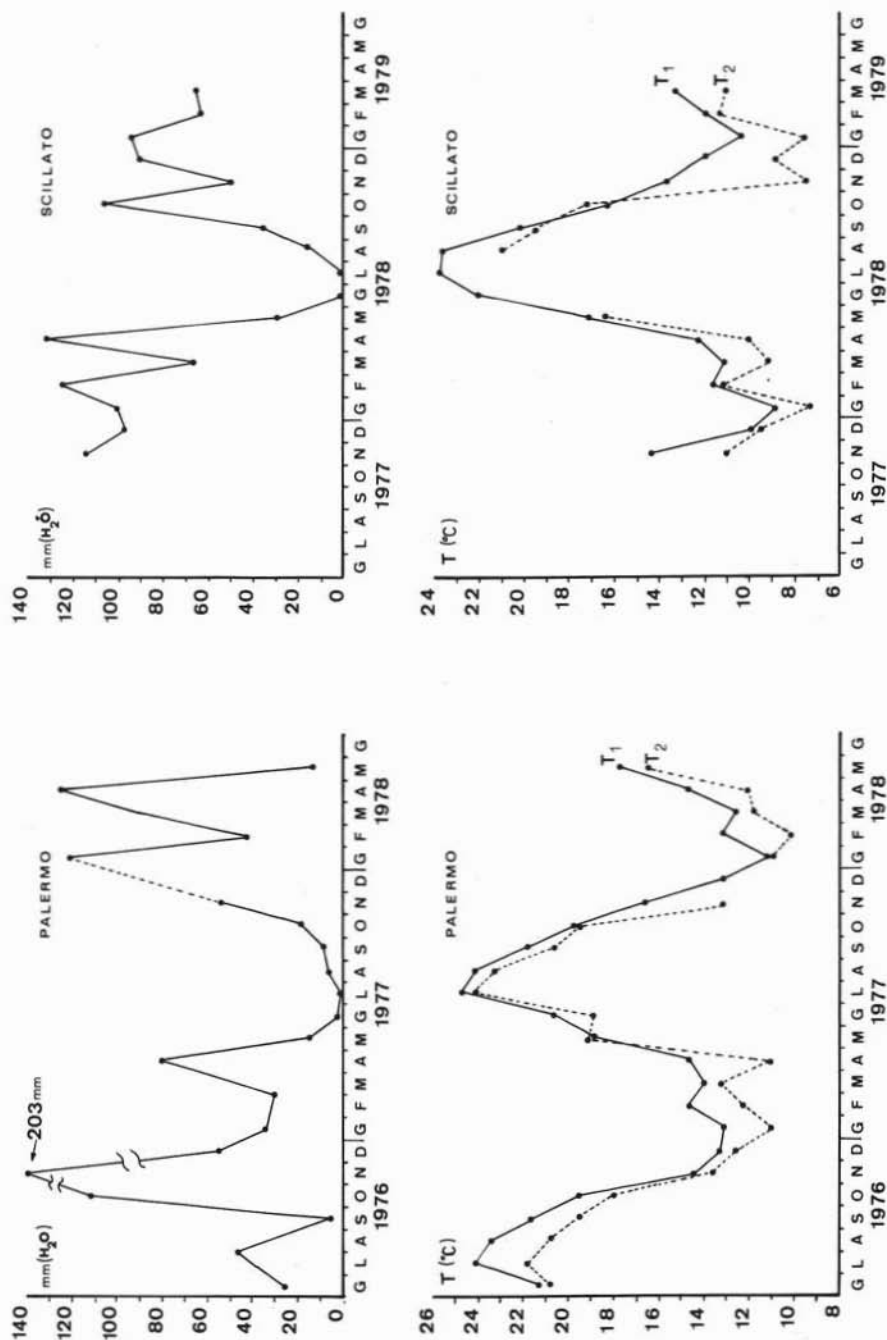


Fig. 2. --- Temperature e piovosità medie mensili a Palermo e Scillato. (I simboli sono definiti in Tab. I. - V. didascalia alla pagina precedente).

al variare dei periodi considerati. Comunque, in periodi analoghi, essi sono i seguenti: Palermo $-5,5\text{‰}$, Scillato $-7,0\text{‰}$, Piano Battaglia $-8,7\text{‰}$. Da tali valori si possono facilmente calcolare i gradienti verticali che risultano: circa $0,4\text{‰}/100$ metri tra Palermo e Scillato, valore questo un po' maggiore rispetto a quelli abituali alle nostre latitudini che oscillano di solito tra $0,2$ e $0,3\text{‰}/100$ m; circa $0,2\text{‰}/100$ m tra Scillato e Piano Battaglia, entro la norma sopra accennata; circa $0,2\text{‰}/100$ m tra Palermo e Piano Battaglia. È subito evidente la discontinuità che si riscontra tra la parte a quota inferiore e la parte a quota più elevata, ma questo non è nè anomalo, nè sorprendente. Infatti Scillato si trova ai piedi del

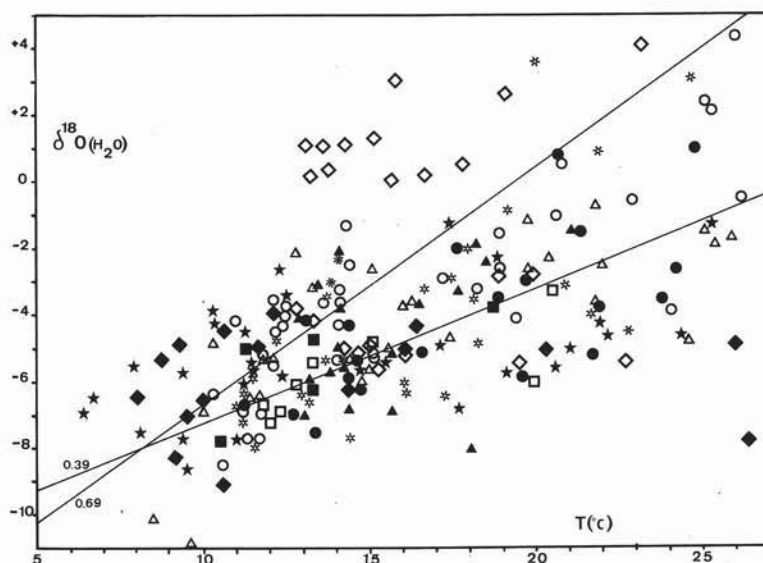


Fig. 3. — Composizione isotopica di campioni medi mensili delle precipitazioni sul bacino del Mediterraneo in funzione delle temperature medie mensili per le seguenti stazioni: ○ Tunisi, ▲ Gibilterra, □ Creta, ■ Rodi, △ Antalya, ◇ Alessandria d'Egitto, ◆ Atene, * Bet Dogan (Israele), ★ Genova, ● Palermo.

massiccio montuoso delle Madonie e tale situazione determina una sensibile negativizzazione dei valori medi delle precipitazioni. Il gradiente verticale medio complessivo dal livello del mare a quota 1600 m ($0,2\text{‰}/100$ m) si può considerare entro il campo normale di variabilità. Prendendo uguale a $18,1^{\circ}\text{C}$ la temperatura media annuale al livello del mare (Palermo) ed uguale a $13,5^{\circ}\text{C}$ la temperatura media annuale a quota 950 m (questo dato è stato calcolato estrapolando i valori di temperatura registrati in alcune stazioni a quota 950 ± 30 metri) si ricava un gradiente verticale di circa $0,5^{\circ}\text{C}/100$ m. Di conseguenza, il gradiente isotopico verticale risulta di circa $0,3\text{‰}/^{\circ}\text{C}$, abbastanza lontano da valori di questo tipo misurati in altre zone; tuttavia la particolare posizione della Sicilia e le sue condizioni climatiche e meteorologiche sono tali da giustificare ragionevolmente questo risultato.

In prima ipotesi quindi, e salvo ritocchi di minore entità che potranno essere eventualmente determinati da un ampliamento nel tempo di questo tipo di studio, tale valore può costituire il dato di base al quale fare riferimento per l'interpretazione dei dati idrologici.

È opportuno a questo punto, data anche la posizione geografica della Sicilia, confrontare i dati da noi ottenuti con quelli disponibili nel Mediterraneo per altre stazioni. Ciò non solamente per stabilire un eventuale parallelismo tra la nostra zona e le altre ma anche per fare il punto della situazione per quanto concerne alcune delle leggi fondamentali in questo campo (o, comunque, ritenute tali) e la loro applicabilità alle nostre latitudini ed all'ambiente Mediterraneo. A tale scopo abbiamo riportato in un grafico $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$ contro $T^\circ\text{C}$ (fig. 3) (DANSGAARD, 1964), i dati relativi a Palermo insieme ai valori ottenuti dallo studio delle precipitazioni atmosferiche in diverse stazioni del Mediterraneo (IAEA, 1979). È evidente una impressionante dispersione dei punti (si tratta qui dei valori medi ponderati mensili) che si riduce un po' limitatamente al periodo invernale (temperature $\leq 14^\circ\text{C}$). È pur vero che sarebbe in parte arbitrario riportare in tale grafico i valori medi mensili in quanto DANSGAARD aveva costruito la relazione tra temperature e $\delta^{18}\text{O}$ solo limitatamente ai valori medi ponderati annuali. Si vedrà però, più avanti, che in tal caso non solo non si ha un miglioramento della situazione ma, semmai, un netto peggioramento.

I dati isotopici, comunque, dovrebbero obbedire alla relazione visualizzata dalla retta con coefficiente angolare 0,69 (relazione verificata valida nel caso di numerose stazioni, lungo le coste dei bacini oceanici). I valori relativi al Mediterraneo sono, per temperature $> 14^\circ\text{C}$, quasi tutti al di sotto di tale retta. La retta di regressione calcolata per questi ultimi, ha un coefficiente angolare di 0,39, poco più della metà rispetto al valore teorico. Per quanto l'ampiezza di tali deviazioni possa sembrare sorprendente, ciò corrisponde esattamente alle previsioni di ERIKSSON (1967) che in base a calcoli teorici, prevede la possibilità di anomalie di questo tipo in aree circondate da rilevanti masse continentali, come appunto si verifica nel caso del Mediterraneo. Tale autore spiega una così vistosa negativizzazione della composizione isotopica dell'ossigeno nelle precipitazioni con un trasporto per diffusione turbolenta delle masse di vapore atmosferico in presenza di continenti. Nel caso delle zone litoranee oceaniche, invece, le masse d'aria si trasferirebbero dall'oceano alla costa essenzialmente per flusso laminare. La diffusione turbolenta ed il trasporto in quota determinano necessariamente una negativizzazione del vapore atmosferico, conseguenza diretta di condensazioni frazionate causate dall'espansione adiabatica delle masse d'aria. Alternativamente, si potrebbe anche proporre, come causa o concausa, una permanenza prolungata delle gocce di acqua condensata a contatto con il vapore residuo sensibilmente negativizzato. Questo fenomeno potrebbe essere favorito dalla diffusione turbolenta con conseguente scambio isotopico liquido/vapore e negativizzazione della fase liquida. Che tale fenomeno non sia occasionale e limitato a periodi particolari è dimostrato dal grafico di fig. 4 nel quale sono state riportate le medie annuali ponderate del $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$. Il coeffi-

ciente angolare della retta di regressione risulta in questo caso di 0,45, quindi molto vicino a quello calcolato nel caso dei valori mensili di fig. 3.

I risultati ottenuti a Palermo e Scillato (medie ponderate mensili, fig. 5) (nel caso di Piano Battaglia non si dispone di dati sicuri relativi alla temperatura ambientale) non si discostano sostanzialmente da quelli ottenuti in altre aree

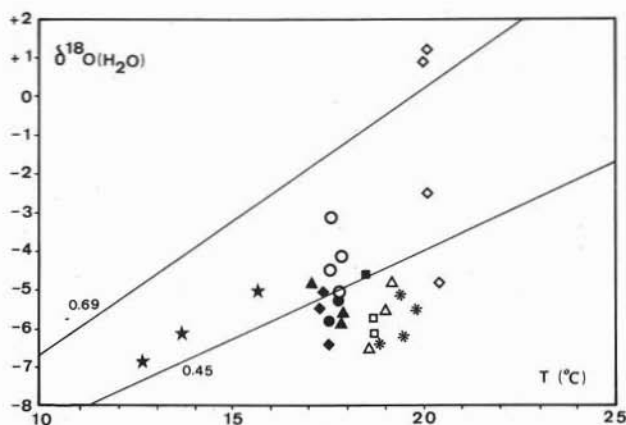


Fig. 4. — Medie ponderate annuali della composizione isotopica delle precipitazioni in funzione delle temperature medie annuali per le stazioni riportate in fig. 3.

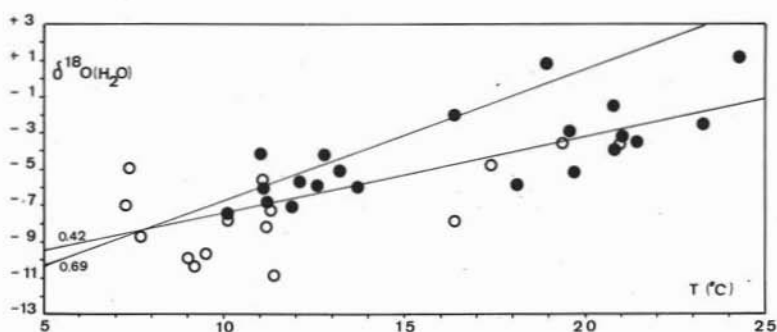


Fig. 5. — Composizione isotopica di campioni medi mensili delle precipitazioni raccolte a Palermo ● e Scillato ○ in funzione delle temperature medie ponderali mensili (vedi Tab. 1).

mediterranee. Infatti, il coefficiente angolare della retta di regressione è di 0,42, pressochè identico al valore di 0,39 calcolato per tutte le stazioni utilizzate.

L'anomalia dei dati relativi ad Alessandria d'Egitto (alcuni dati isolati di Tunisi sono analoghi) può essere in relazione con fenomeni di intensa evaporazione delle gocce di pioggia durante la loro caduta con conseguente marcata positivizzazione.

Conclusioni

Il gradiente verticale medio della composizione isotopica dell'ossigeno nelle piogge nella zona studiata (Sicilia occidentale) si può valutare a circa 0,2‰/100 m di quota. Tale valore, che rientra tra quelli normalmente riscontrabili alle nostre latitudini, può ora venir utilizzato per ricerche di idrogeologia. Ciò anche se le precipitazioni sulla Sicilia (come del resto su tutta l'area mediterranea) risultano decisamente anomale rispetto alle relazioni generali dimostrate da DANSGAARD per altre zone della terra. Tuttavia, essendo tale anomalia un fatto generalizzato in una vastissima area, non viene ad inficiare l'utilizzabilità dei principi generali. Anche se la relazione tra temperatura e $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$ risulta assai diversa rispetto a quella teorica, è corretto utilizzare dal punto di vista pratico tale relazione con la sola limitazione di tenerne il dovuto conto nel caso di un confronto tra risultati ottenuti nelle nostre zone e risultati ottenuti in aree diverse per le quali è valida la relazione fondamentale.

BIBLIOGRAFIA

- DANSGAARD W. (1964) - *Stable isotopes in precipitation*. Tellus XVI, 4, 436-468.
- EPSTEIN S., MAYEDA T. (1953) - *Variation of O^{18} content of waters from natural sources*. Geochim. Cosmochim. Acta, 4, 213-224.
- ERIKSSON E. (1965) - *Deuterium and oxygen-18 in precipitation and other natural waters. Some theoretical considerations*. Tellus XVII, 4, 498-512.
- ERIKSSON E. (1966) - *Isotopes in hydrometeorology*. In *Isotopes Hydrology, Proc. Symp.*, Vienna 1966, IAEA 1967.
- GONFIANTINI R. (1978) - *Standards for stable isotope measurements in natural compounds*. Nature, 271, 5645, 534-536.
- IAEA (1979) - *Environmental Isotope Data n. 6*. In *Technical Reports Series n. 192*.