

A. BENCINI (\*), V. DUCHI (\*)

STUDIO GEOCHIMICO  
SU ALCUNE ACQUE DI PORRETТА TERME  
BOLOGNA (ITALIA)

**Riassunto** — Sono state studiate da un punto di vista geochimico tre sorgenti termominerali del gruppo di Porretta Terme (« Donzelle », « Puzzola » e « Porretta Nuova e Vecchia »).

La composizione di queste acque ha un carattere clorurato-alcalino, costante nel tempo, e la corrispondente salinità è di 5600 mg/l per la « Donzelle », 3400 mg/l per la « Puzzola » e 2500 mg/l per la « Porretta Nuova e Vecchia ». Correlando i tenori di Cl con i tenori di Na, K, Li, Rb si è evidenziato per queste acque un'origine comune da una stessa acqua madre profonda che, nel venire a giorno, si mescola in misura diversa con acque superficiali.

E' stato applicato a queste acque anche il geotermometro Na-K-Ca che si è dimostrato di scarsa validità per determinare la temperatura del reservoir, come già messo in evidenza da altri AA., quando trattasi di sorgenti che si mescolano con acque superficiali.

**Abstract** — *Geochemical studies on thermal waters from Porretta Terme - Bologna (Italy)*. Three thermal springs, pertaining to the group of Porretta Terme (« Donzelle », « Puzzola », « Porretta Nuova e Vecchia ») were studied.

The alkaline-chloride chemical character is constant and the salinity values are 5600 mg/l for « Donzelle », 3400 mg/l for « Puzzola », 2500 mg/l for « Porretta Nuova e Vecchia ». A common origin for the investigated waters was recognized by correlation between the concentrations of alkaline elements Na, K, Li, Rb and the Cl values. A differential mixing of a *parent-water*, deep solution with superficial waters was hypothesized.

Na-K-Ca geothermometer was applied to these waters, but it was unable to furnish reliable information about the temperature of the reservoir as shown by several authors for waters which undergo mixing with a superficial component.

**Key words** — Thermal waters - genetic model - geothermometer.

---

(\*) Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università di Firenze - CNR Centro di Studio per la Mineralogia e la Geochimica dei Sedimenti - Firenze. Pubblicazione effettuata nel quadro delle ricerche del Sottoprogetto « Energia geotermica » del Progetto « Energetica ».

## INTRODUZIONE

I Bagni di Porretta costituiscono un importante complesso termale dell'Appennino tosco-emiliano alimentato da numerose sorgenti calde note fin dai tempi dei Romani. Esso è andato via via acquistando una rilevanza sempre maggiore nel quadro degli stabilimenti idroterapici italiani.

Si tratta di due gruppi di sorgenti emergenti, uno lungo il torrente Rio Maggiore (Marte, Bovi, Donzelle, Leone) e l'altro sulla sinistra del fiume Reno (Puzzola, Porretta Nuova e Vecchia e Galleria della Madonna) a monte del centro abitato.

Scopo del presente lavoro è lo studio delle caratteristiche geochimiche di queste sorgenti basato su dati analitici recenti e compreso nel quadro di un'indagine sistematica sulle sorgenti termali dell'Appennino tosco-emiliano.

Recenti lavori di trasformazione del complesso termale non hanno permesso un campionamento completo al punto di emergenza di tutte le sorgenti riportate in letteratura, tuttavia trattandosi di acque a composizione assai simile anche le tre nuove analisi delle sorgenti « Donzelle », « Puzzola » e « Porretta Nuova e Vecchia », oggetto di questo lavoro, possono essere considerate significative ai fini della ricostruzione dei caratteri geochimici del complesso.

## CENNI GEOLOGICI

La zona di Porretta Terme geologicamente consiste in una piega anticlinalica, il cui nucleo è costituito dal macigno oligomiocenico, con il fianco settentrionale verticalizzato e quello meridionale, con immersione verso SW, interessato da una serie di pieghe-faglie di direzione appenninica ed altre subverticali quasi ortogonali alle prime. Dal lato settentrionale il « macigno » è sormontato da una coltre alloctona di marne grigie-nerastre (Formazione della Venturina), sulla quale poggia la « Formazione di Porretta » (arenarie, calcari marnosi e marne bianche), ancora più a nord e sovrastante ad essa, la « Formazione dei terreni ofiolitiferi » (terreni caotici, ofioliti e zolle inglobate di facies calcarea e marnosa).

Per ulteriori dettagli di natura geologica confrontare il lavoro di AMADESI (1964).

E' dai livelli arenacei della « Formazione di Porretta » (GASPERINI, 1922), incisi dall'erosione fluviale, che fuoriescono le sorgenti calde della « Donzelle », della « Puzzola » e della « Porretta Nuova e Vecchia ». A queste sorgenti sono associate emissioni variabili di  $H_2S$  (BONAMARTINI, 1922) e, alla sorgente della « Donzelle », anche emissioni di idrocarburi (GASPERINI, 1922).

#### ANALISI DEI RISULTATI

Oltre all'analisi fondamentale sono stati determinati alcuni costituenti minori quali Li, Rb, Sr,  $SiO_2$ , F, Br,  $H_3BO_3$  (per i metodi analitici impiegati si rimanda a BENCINI et al., 1977). I dati analitici ottenuti sono riportati in tabella I. Queste acque appartengono tutte ad uno stesso gruppo composizionale, come è evidente

TAB. I - Dati analitici di alcune sorgenti di Porretta Terme.

	« Donzelle »	« Puzzola »	« Porretta Nuova e Vecchia »
T° C	35	19	23
pH	7,35	7,50	7,60
Conducibilità $m\Omega^{-1} \cdot cm^{-1}$	8,1	5,51	3,4
Ca	1,3	2,1	0,72
Mg	0,68	0,70	0,42
Na	83	49	35
K	1,8	1,1	0,76
$HCO_3$	14	10	10
$SO_4$	0,04	0,21	0,16
Cl	74	44	28
Li	0,53	0,29	0,20
Rb	0,0024	0,0015	0,0010
Sr	0,18	0,12	0,086
F	0,20	0,15	0,16
Br	0,042	0,024	0,017
$SiO_2$	0,47	0,27	0,42
$H_3BO_3$	2,60	1,65	1,05

Concentrazioni espresse in milliequivalenti per litro eccetto per la  $SiO_2$  e  $H_3BO_3$  che sono espresse in millimoli per litro.

dal diagramma di Langelier-Ludwig (fig. 1), e mostrando carattere essenzialmente clorurato-alcantino. Considerando gli elementi alcalini presenti in queste acque, Na, Li, K, Rb e correlandoli con l'altro elemento caratterizzante, il Cl, le sorgenti delle Terme di Por-

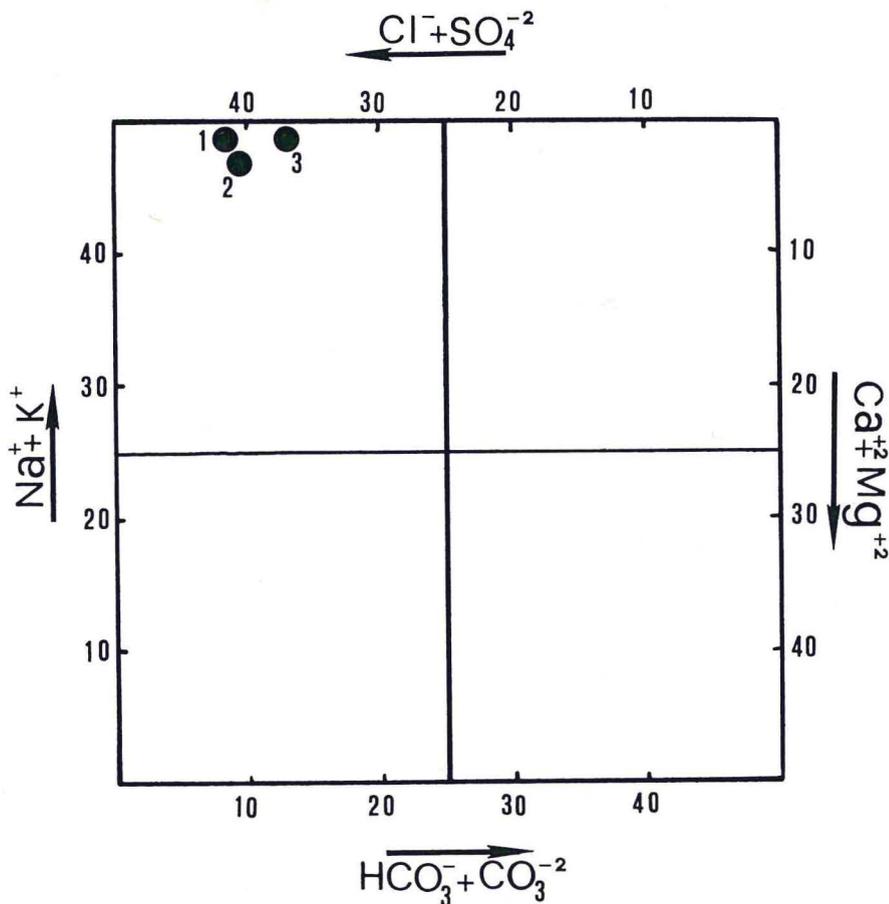


Fig. 1 - Diagramma quadrato di Langelier-Ludwig. I numeri 1, 2 e 3 rappresentano rispettivamente le sorgenti «Donzelle», «Puzzola» e «Porretta Nuova e Vecchia».

retta appaiono essere diluizioni di una stessa acqua madre (v. figg. 2, 3, 4 e 5) delle quali la sorgente «Donzelle» è quella a più alta salinità.

Dagli stessi diagrammi (figg. 2, 3, 4 e 5) si evidenzia come le sor-

genti di Porretta Terme siano relativamente arricchite, rispetto all'acqua di mare, in tutti gli elementi alcalini. E' dunque probabile che tali costituenti siano passati nell'acquifero profondo ad opera del dilavamento da parte di soluzioni circolanti su formazioni di natura prevalentemente evaporitica dove gli elementi alcalini tendono a concentrarsi; ipotesi avvalorata anche dalla presenza in queste acque di alti contenuti in boro.

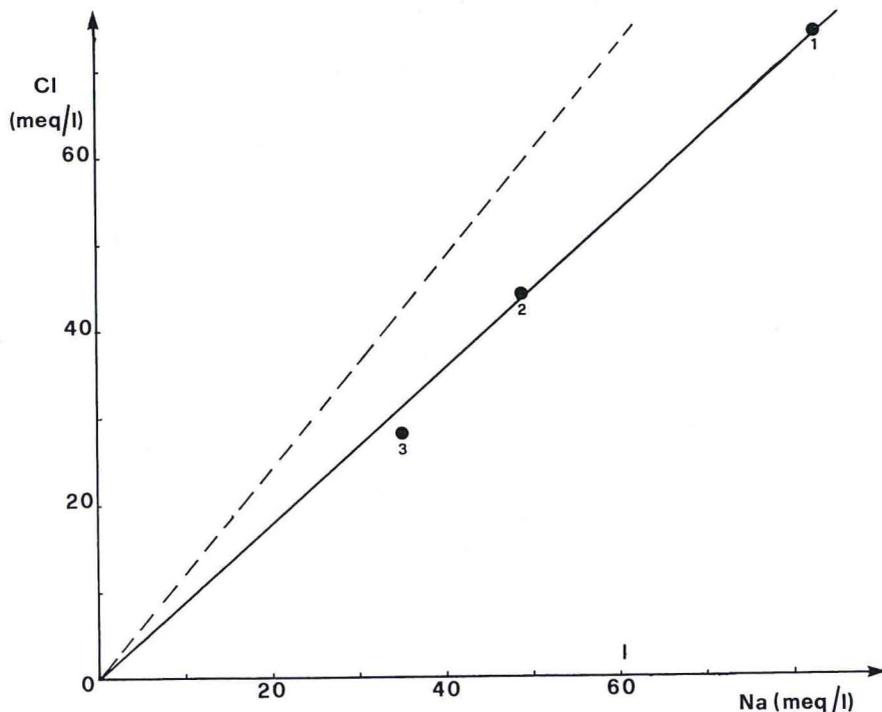


Fig. 2 - Diagramma di correlazione tra Cl e Na. La linea tratteggiata rappresenta l'acqua di mare. I numeri 1, 2 e 3 rappresentano rispettivamente le sorgenti « Donzelle », « Puzzola » e « Porretta Nuova e Vecchia ».

Acque profonde, dunque, che risalendo verso la superficie si diluiscono con acque superficiali per dare la composizione delle acque in emergenza.

La « Donzelle », sorgente a più alta salinità, e che pertanto

risente in misura minore del miscelamento con acque superficiali, è anche quella che conserva nel tempo una certa costanza nella temperatura (BONAMARTINI, 1922, riporta per questa sorgente una temperatura di 35,7°C contro i 35°C attuali), le altre due sorgenti diluite in misura maggiore hanno invece temperature più basse e variabili nel tempo (BONAMARTINI, 1922, riporta temperature di 24°C per la « Puzzola » e 32,5°C per la « Porretta Nuova e Vecchia » contro i 19°C e 23°C attuali rispettivamente).

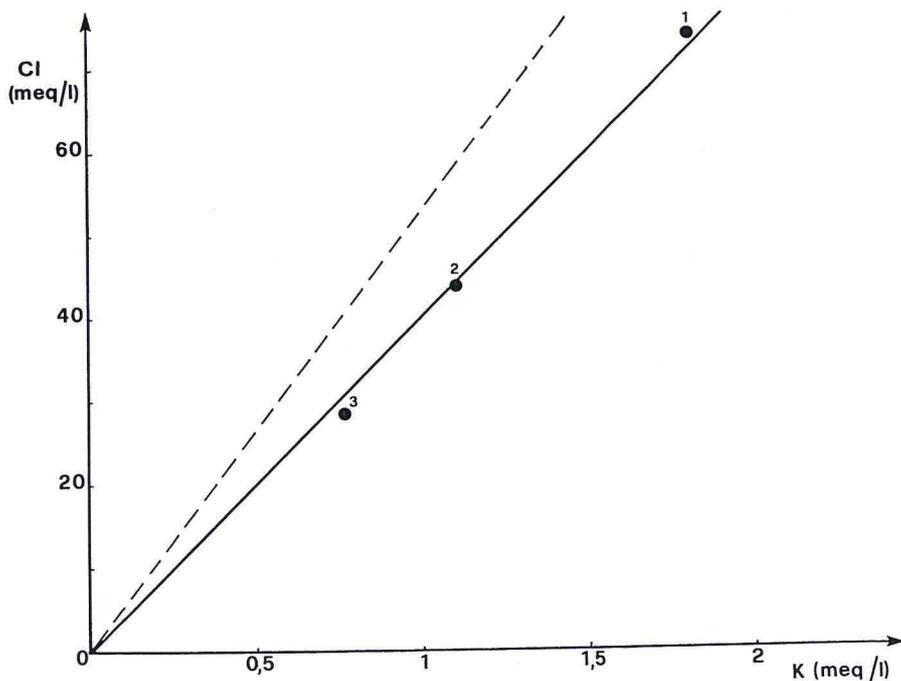


Fig. 3 - Diagramma di correlazione tra Cl e K (per la legenda vedi fig. 2).

Mettendo a confronto i tenori dei predetti elementi della sorgente « Donzelle » con quelli delle altre due sorgenti termali si ottengono rapporti di diluizione che per la « Puzzola » sono dell'ordine di 1,7 e per la « Porretta Nuova e Vecchia » di 2,5 (v. tab. II).

In base a questi rapporti si può tentare di risalire alle tem-

perature delle acque di diluizione che si miscelano con le sorgenti «Puzzola» e «Porretta Nuova e Vecchia» a partire da una ipotetica sorgente tipo «Donzelle». Si ottengono temperature di circa  $-4^{\circ}\text{C}$  per la «Puzzola» e di circa  $15^{\circ}\text{C}$  per la «Porretta Nuova e Vecchia». Temperature che possono essere giustificate dal fatto che il campionamento è stato effettuato in dicembre e quando la zona era ricoperta da una abbondante nevicata; inoltre, per la sorgente «Puzzola», fanno ipotizzare un miscelamento di acque

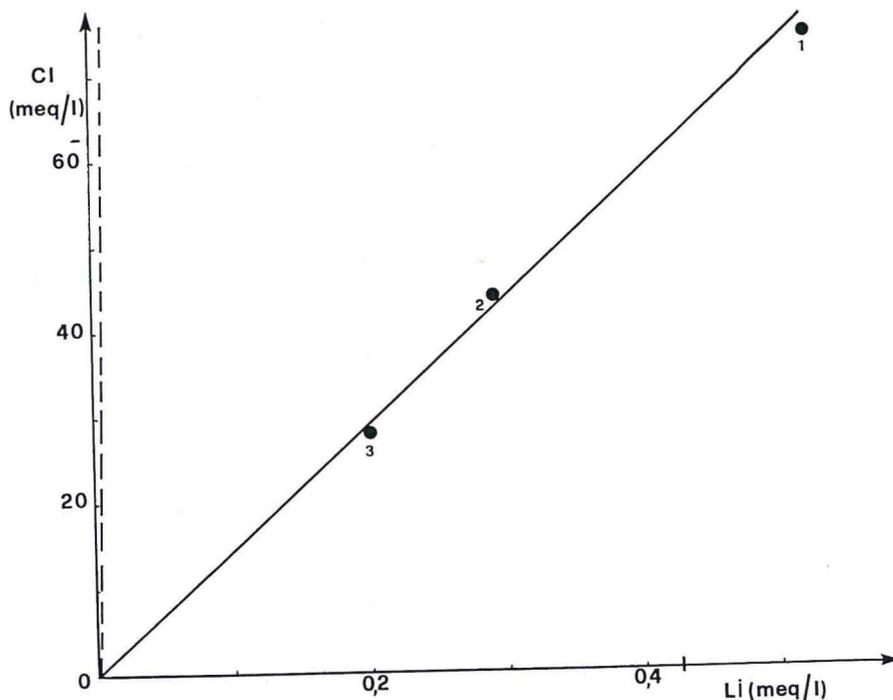


Fig. 4 - Diagramma di correlazione tra Cl e Li (per la legenda vedi fig. 2).

profonde con acque molto superficiali probabilmente di infiltrazione del fiume Reno (circostanza abbastanza plausibile data la vicinanza della sorgente al fiume). Il miscelamento delle acque profonde della «Porretta Nuova e Vecchia» con l'acquifero superficiale avverrebbe invece a profondità maggiori.

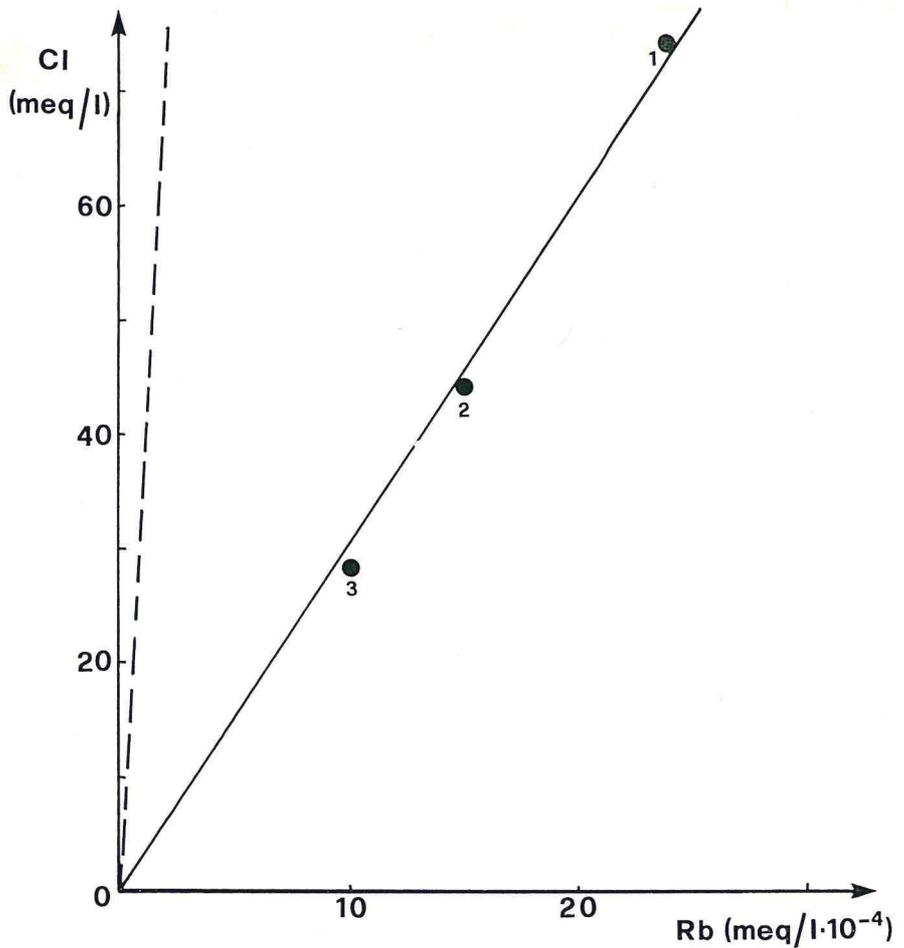


Fig. 5 - Diagramma di correlazione tra Cl e Rb (per la legenda vedi fig. 2).

TAB. II - Rapporti tra la concentrazione di alcuni elementi nelle tre sorgenti di Porretta prese in esame.

	Donzelle/Puzzola	Donzelle/ Porretta N. e V.
Cl	1,68	2,64
Na	1,69	2,37
K	1,64	2,37
Li	1,83	2,65
Rb	1,60	2,40
valore medio	1,69	2,49

## CONSIDERAZIONI SUL GEOTERMOMETRO Na-K-Ca

Applicando a questo gruppo di sorgenti il geotermometro Na-K-Ca secondo FOURNIER e TRUESDELL (1973), con le analisi da noi effettuate si ottengono temperature di un acquifero profondo dell'ordine di 168°C per la « Donzelle », di 157°C e 159°C rispettivamente per la « Puzzola » e la « Porretta Nuova e Vecchia ». Se applichiamo tale geotermometro alle stesse sorgenti sulle analisi effettuate da BONAMARTINI (1922) come applicato da FANCELLI et al., (1976), si ottengono temperature di circa 108°C per la « Donzelle », 90°C per la « Puzzola », 92°C per la « Porretta Nuova e Vecchia ».

La composizione chimica delle acque di Porretta Terme, in questo intervallo di tempo, è rimasta fondamentalmente la stessa (cfr. dati di BONAMARTINI, 1922) con una salinità semmai leggermente più bassa rispetto a quella del 1922; non essendosi verificati, fra l'altro, in questa area fenomeni di natura geologica tali da giustificare un incremento di temperatura così elevato in profondità, le considerazioni idrologiche sopra esposte porterebbero a pensare più ad una diminuzione di temperatura del reservoir piuttosto che ad un suo aumento.

Più che la composizione chimica fondamentale delle acque in oggetto, si sono venuti a modificare i rapporti tra Na, K e Ca che non dipendono soltanto dall'acquifero profondo ma anche da quello superficiale (la cui composizione e portata può variare in relazione a fattori stagionali e alla circolazione sotterranea) dando origine alla discrepanza osservata.

Si constata, dunque, ancora come l'applicazione del geotermometro non possa essere impiegata indiscriminatamente a tutti i sistemi geotermici naturali, ma che essa abbia validità solo quando si hanno a disposizione acque profonde non contaminate dalla circolazione di acque superficiali o scarsamente influenzate da essa (MEIDAV e TONANI, 1975; MICHARD e FOUILLAC, 1976; FOURNIER, 1977; ELLIS, 1979).

Pertanto nel caso di sorgenti termominerali spontanee ci sembra opportuno insistere sulla necessità di usare grande cautela nel calcolare la temperatura dell'acquifero profondo mediante il geotermometro Na-K-Ca.

## BIBLIOGRAFIA

- AMADESI E. (1964) - Nuove ricerche nei dintorni di Porretta Terme. *Boll. Soc. Geol. It.*, **83**, 213-224.
- BENCINI A., DUCHI V., MARTINI M. (1977) - Geochemistry of thermal springs of Tuscany (Italy). *Chem. Geol.*, **19**, 229-252.
- BONAMARTINI G. (1922) - Le acque minerali della Porretta. *Idrol. Climat. Terapia Fis.*, **33**, 286-308.
- ELLIS A. J. (1979) - Chemical geothermometry in geothermal areas. *Chem. Geol.*, **25**, 219-226.
- FANCELLI R., FANELLI M., NUTI S. (1976) - Study of thermal waters of north-west Tuscany. *Int. Congr. Thermal Waters, Geothermal Energy, Volcanism Mediterranean Area*, Athens, **2**, 152-169.
- FOURNIER R. O. (1977) - Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. *Geothermics*, **5**, 41-50.
- FOURNIER R. O., TRUESDELL A. H. (1973) - An empirical geothermometer for natural waters. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **37**, 1255-1275.
- GASPERINI G. (1922) - Brevi considerazioni idrologiche sulle Terme di Porretta. *Idrol. Climat. Terapia Fis.*, **33**, 309-314.
- MEIDAV T., TONANI F. (1975) - A critique of geothermal exploration techniques. *U.N. Symp. on Development and Use of Geothermal Resources*, San Francisco, Calif., **2**, 1143-1154.
- MICHARD G., FOUILLAC C. (1976) - Remarques sur le geothermometre Na-K-Ca. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **1**, 297-304.

(ms. pres. il 16 dicembre 1980; ult. bozze il 19 marzo 1981)