

RICERCHE E STUDI SUI FENOMENI ESALATIVO - IDRO- TERMALI E IL PROBLEMA DELLE «FORZE ENDOGENE» (*)

FRANCESCO PENTA

I. PREMESSA.

Ringrazio il signor Presidente ed il Consiglio Direttivo della nostra Associazione per il gradito incarico affidatomi di riferire sullo stato delle ricerche eseguite e che si eseguono allo scopo di captare il vapore acqueo e le acque termali del sottosuolo utilizzabili per ricavarne « forza motrice ».

Spero che i colleghi intervenuti non restino delusi se udranno parlare molto di difficoltà e di problemi incontrati e, per alcune regioni, meno di risultati concreti industriali.

Limitiamo questa relazione alle aree italiane (v. fig. 1) e più specialmente a quelle nelle quali maggiore è stato il numero delle osservazioni prolungate nel tempo. I campi esalativo-idrotermali (a fumarole, a geyser, ecc.) oggetto d'indagini e ricerche all'estero nell'ultimo trentennio saranno richiamati soltanto per qualche confronto o riferimento. Una rassegna schematica l'ha preparata il dott. ing. M. Sappa che riferirà subito in proposito.

2. FORZE ENDOGENE E LORO UTILIZZAZIONE INDUSTRIALE.

FORZE ENDOGENE IN GENERALE.

La dizione « forze endogene » è diventata d'uso comune in Italia per indicare il vapore acqueo e le acque termali del sottosuolo suscettibili di utilizzazione, diretta o indiretta, allo scopo di ricavarne energia.

Fra le forze endogene si annovera anche il calore detraibile dal sottosuolo per riscaldare portate — industrialmente significative — di liquidi da immettere dall'esterno e da rendere, così, equivalenti ai fluidi ⁽¹⁾ naturali caldi.

(*) Relazione presentata al Convegno dell'Associazione Geofisica Italiana, tenuto a Roma il 28-29 maggio 1954.

(1) Fluidi va inteso qui nel senso generico di liquidi e aeriformi.

UBICAZIONE DELLE PRINCIPALI ZONE ITALIANE DI RICERCA DI FORZE ENDOGENE



Fig. 1

Utilizzazione delle forze endogene per energia elettrica. — Il vapore acqueo naturale captato mediante sondaggi, più o meno profondi, può essere immesso direttamente nelle turbine; in altri casi è preferibile destinarlo a fornire il calore necessario per evaporare acqua dolce o altri fluidi motori « intermedi ».

A Larderello, per es., sono impiegati ambedue i tipi di utilizzazione: 1) diretta, con consumi specifici che arrivano ad essere inferiori a 10 kg di vapore per Kwh prodotto, essendo il vapore all'entrata in turbina a temperatura di circa 200 °C e con pressione sulle 5 Ata, ed all'uscita a circa 45 °C e 0,1 Ata; e 2) indiretta, con consumi specifici che si aggirano sui 15 kg di vapore primario per Kwh prodotto, essendo il vapore secondario a circa 120 °C e con circa 2 Ata all'entrata in turbina ed a circa 45 °C a 0,1 Ata all'uscita.

Consumi specifici notevolmente maggiori si hanno quando lo scarico dalla turbina si realizza all'atmosfera e cioè con temperatura e pressioni di poco superiori a 100 °C e ad 1 Ata. Quivi la scelta è legata anche alla convenienza economica della estrazione dell'acido borico, sali di ammonio ecc. preventivamente dal vapore naturale o, in un secondo tempo, dall'acqua di condensa (²).

Quando il fluido caldo rinvenuto nel sottosuolo è acqua allo stato liquido, vi sono due possibilità d'impiego: dell'acqua termale a temperatura superiore ai 100 °C si utilizza la percentuale di vapore che essa può fornire alla pressione scelta d'esercizio; oppure, impedendone la ebollizione, se ne utilizza il contenuto di calore per riscaldare ed evaporare un fluido motore intermedio che può essere egualmente acqua.

La scelta è dettata da criteri tecnico-economici legati, a loro volta, principalmente alle caratteristiche intrinseche dell'acqua (specialmente contenuto e quantità di sostanze disciolte) ed a caratteristiche estrinseche di natura varia, fra cui la distanza alla quale si rinviene l'acqua fredda da impiegare come refrigerante, quando ciò è necessario.

Osservazioni sull'utilizzabilità del calore del sottosuolo (del cosiddetto « gradino geotermico »). — A proposito di quest'ultima fonte energetica (« termica terrestre » da utilizzarsi direttamente), la esperienza indiretta acquisita con centinaia di perforazioni eseguite sia a Larderello, che nei Campi Flegrei non giustifica eccessivi ottimismo. Durante queste perforazioni (con \varnothing di 20-60 cm e profondità di poche centinaia di metri), infatti, l'acqua (od il fango) di circolazione della

(²) Per maggiori dettagli vedi P. e G. Ginori Conti, A. Mazzoni e E. Casò.

sonda, pur arrivando a contatto con formazioni contenenti fluidi (acqua o vapore), aventi temperature superiori ai 200 °C e potenti anche centinaia di metri, non ha mai realizzato, con portate sui 10÷20 l/sec. a ciclo aperto, un salto termico superiore ad alcune decine di gradi centigradi, fra entrata e uscita dal foro. Ciò principalmente a causa del limitato tempo di contatto: con portate relativamente grandi, l'acqua di circolazione non raggiunge la temperatura delle formazioni lambite che, intanto, si raffreddano. C'è anche da considerare il raffreddamento del fluido che si verifica durante la sua ascesa nel pozzo. A tale proposito, può valere come esempio il caso di un sondaggio profondo 1600 m con diametro della tubazione circa 14 cm nella regione Flegrea: dalla massima profondità raggiunta ascende spontaneamente acqua gassata con una portata di circa 300-400 l/ora. Tale acqua parte, in profondità, con una temperatura di circa 170 °C ed arriva in superficie con appena 30-40 °C. Soltanto una piccola parte del raffreddamento può attribuirsi alla espansione dei gas contenuti nell'acqua. In ogni modo, l'esempio è istruttivo per quanto riguarda le perdite di calore durante l'ascesa nel caso di bassi valori delle portate.

Un esempio in senso opposto, mostrante cioè come l'abbassamento di temperatura durante l'ascesa diventi relativamente trascurabile quando le portate sono molto elevate, è dato da un foro profondo un migliaio di metri eseguito di recente nella pianura pontina (Lazio, prov. di Latina). Il foro è tubato soltanto fino a m 400 circa con ϕ 18 cm circa. Dal fondo (rocce lapidee fessurate) ascende spontaneamente acqua con gas con portate rispettivamente di 400 mc/h e 4000 mc/h. La temperatura in partenza (al fondo) è di circa 60 °C; allo sbocco è di 56 °C (vedi figg. 2 e 3).

Da questi esempi scaturisce come, volendo utilizzare tale sorgente di energia ⁽³⁾, bisogna caso per caso stabilire se un giusto compromesso fra portata e salto termico realizzabile abbia interesse industriale; in ogni caso si deve ricorrere a schemi di installazione che rendano minimi gli scambi di calore fra corrente ascendente e pareti del foro, laddove queste sono molto più fredde.

Nelle regioni italiane attualmente in fase di ricerca l'importanza di questa fonte di energia appare di molto subordinata rispetto a quel-

⁽³⁾ Per cui vedi, per es., le varie note di G. e A. G. CLAUDE, in *Génie Civil* (15 marzo, 15 maggio e 15 giugno del 1949; 1 marzo, 15 dicembre del 1952 e 15 marzo, 1 luglio del 1953), O. Vocca (1951) e A. Asta (1953). Per il gradiente geotermico in generale, vedi, per es., O. H. Gish (1932-47), B. Gutenberg (1929, pag. 470-86 e 613), L. R. Ingersoll (1932-47), C. E. v. Orstrand (1934-47).



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 2 - Località: Pianura Pontina (Latina) al lago di Fogliano. Portata totale (Q): 368 ton/h (acqua + H₂S, CO₂, ecc.); temperatura all'uscita 56°C; rapporto gas/acqua (in volume): ca. 11; profondità della zona in erogazione: ca. 900 m con $t = \approx 60^\circ$.
 Notare l'aspetto e la forma del getto propri del caso di sola acqua. Data: ottobre 1953

Fig. 3 - Particolare della fig. 2

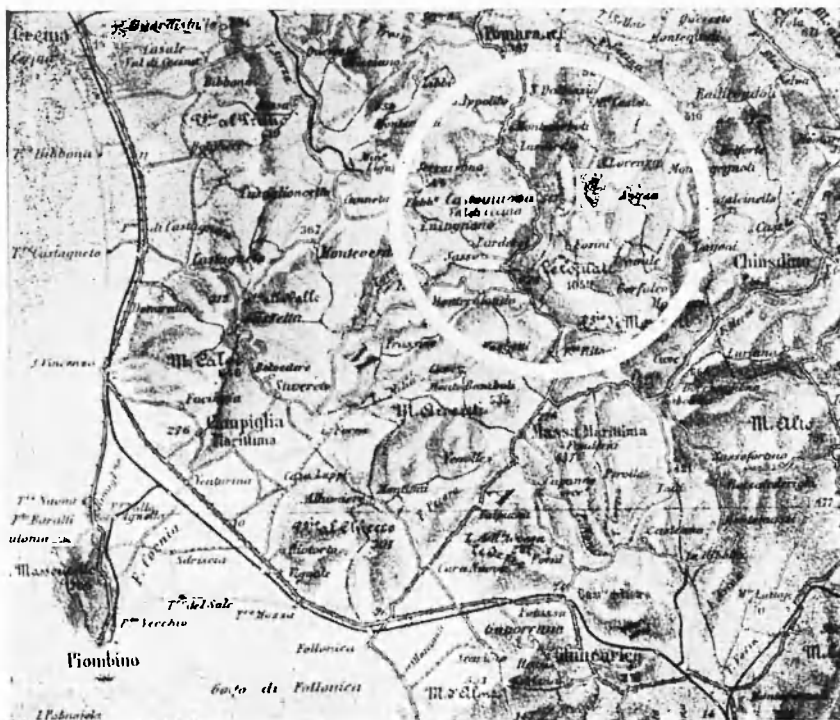


Fig. 4 - Zona di Larderello in produzione

la rappresentata dalla utilizzazione dei fluidi che si rinvergono, nonostante le difficoltà delle quali si dirà appresso.

In regioni ricche di combustibili si potrebbe pensare anche ad un ulteriore riscaldamento, a valle bocca pozzo, del fluido fatto riscaldare in profondità; la convenienza potrebbe esservi qualora i fori trirellati già esistessero.

3. AVVERTENZE SULLA TERMINOLOGIA ADOPERATA.

Nella esposizione che segue cercheremo di attenerci alla terminologia relativa ai fluidi del sottosuolo proposta da R. A. Daly (1917 e 1933) e, con i significati precisati dallo stesso Daly, alla terminologia di F. v. Wolff (1913) per i *gas vulcanici* (vedi tab. 1).

Poiché le due classifiche relative dei fluidi « endogeni » ⁽⁴⁾ (dei volatile agents e dei vulkanische flüchtige Bestandteile), per la parte che si riferisce al magma, prescindono dalla sua origine prima e dalle cause che ne hanno determinato la « messa in posto », le terminologie assunte restano valide (agli effetti della presente esposizione) anche quando ciò che chiamiamo « magma » è dovuto ai processi di rifusione (granitizzazione ecc.) in posto, dei quali trattano le teorie attualmente in fase di sviluppo ⁽⁵⁾.

Sempre agli effetti della presente trattazione, poco o nessun ausilio apporta la terminologia con relativa classifica dei fenomeni esalativi termali (« solfathermal Erscheinungen nach Aggregatzustand des Wassers ») proposta da R. A. Sonder (1941) a causa principalmente della poca aderenza al significato più diffuso con cui sono stati impie-

(4) Nel senso che i fluidi risalgono, ascendono dal sottosuolo verso la superficie esterna, per cui vedi specialmente i numerosi lavori di P. Nigli. È ovvio che resta esclusa dal gruppo degli endogeni l'*H₂O* di semplice ascensione capillare.

(5) D'altronde le nuove idee sulla « rigenerazione » dei giacimenti minerari (v. H. Schneiderhölm, 1952) e quelle delle mineralizzazioni minerarie connesse a fenomeni di rifusione (migmi, palingeni, ibridi, ecc.) non hanno introdotto termini nuovi e significativi relativamente ai fluidi sotterranei caldi che annullino o riducano il carattere di generalità di quelli di Daly e di v. Wolff.

Per i particolari riguardanti la terminologia seguita, vedi E. T. Allen (1922); H. Cloos e A. Rittmann (1939); C. A. Cotton (1944); W. H. Emmons, G. A. Thiel, C. R. Stauffer e I. S. Allison (2^a ediz. 1938, pp. 67-91); F. Falini (1947-48); M. Gortani (1947 e 1948); R. Kampe (1929, pp. 558-663 di Frölich, Terzaghi, Kampe); G. Imbò (lavori vari sulle fumarole); K. F. Mather e S. L. Mason (1939); F. Penta (1939 e 1940); E. Raguin (1946); U. Sborgi (1939); H. Schmitt (1954); S. J. Shand (1949); H. Stille (1950 e 1952); J. Stini (1951, '53 e '54); C. J. Sullivan (1948, pp. 471-498); A. Born (1929); T. A. Jaggard (1931); V. Poeschl (1932); K. Sapper (1927 e 1931); K. Sapper e F. v. Wolff (1935); F. v. Wolff (1930).

TABELLA I — *Classifica dei fluidi sotterranei (1) basata sulle origini immediate (2) secondo DALY (1917) con la distinzione del modo di manifestarsi all'esterno.*

| Classifica genetica (secondo l'origine più immediata) | Modo esteriore di manifestarsi |
|--|--|
| A - MAGMATICI o IPOGENI (compresi i fluidi vulcanici e plutonici) | |
| I. JUVENILI (primitivi, vergini, magmatici originali, nuovi") | |
| a) nel magma liquido | |
| b) nelle rocce e nei minerali ignei cristallizzati, come occlusioni, soluzioni solide e neocomposti (chimici) | |
| c) <i>espulsi</i> dal magma o dalle rocce ignee per cristallizzazione o calore: liberi o passati in soluzioni sol. o in neocomposti | endogeni* o primari* quelli liberi ascendenti* (risalienti") |
| II. RISORGENTI (dovuti all'assorbimento o assimilazione di sostanze delle rocce del contatto da parte del magma, magmatico-secondari (3) o magmatico-risorgenti) | |
| a) nel magma liquido | |
| b) in rocce e minerali ignei cristallizzati, come occlusioni, soluzioni solide e composti chimici | |
| c) <i>espulsi</i> dal magma o dalle rocce ignee per cristallizzazione o calore: liberi o passati in soluzioni sol. o in neocomposti | endogeni, se ascendenti |
| B - EPIGENI o EPIGEALI (compresi l'acqua sotterranea d'origine meteorica atmosferica, di pioggia, superficiale ecc. lacustre, marina ecc. e i gas associati) | |
| I. ACQUE DI INFILTRAZIONE dolci o marine e fluidi (o sostanze facilmente volatili) associati | |
| 1) <i>vadosi</i> (al di sopra del pelo libero della prima falda idrica sotterranea freatica) | esogeni" |
| 2) <i>freatici</i> (al disotto del pelo libero della falda idrica di cui al n. 1) (4) | |
| a) <i>fermi</i> (liberi, occlusi, in soluzioni solide o in combinazione chimica) | esogeni |
| b) <i>circolanti</i> a causa della gravità, del calore generale terrestre, del calore delle spinte orogeniche o del calore delle intrusioni ignee | endogeni quelli risalienti dopo riscaldamento in profondità |
| II. FLUIDI CONNATI (acque dolci e marine sepolte con i sedimenti o con i prodotti vulcanici superficiali) (fossili", singenetici") | |
| a) <i>stagnanti</i> , liberi, occlusi, in soluzione solida o in combinazione chimica | esogeni |
| b) <i>espulsi</i> per effetto della diagenesi, della cristallizzazione durante il metamorfismo, delle pressioni orogeniche, del calore generale della crosta terrestre, del calore delle spinte orogeniche o dei fenomeni del metamorfismo o del calore delle intrusioni ignee | endogeni quelli risalienti dopo riscaldamento in profondità |
| C - TIPI MISTI | endogeni, se risalienti |

(1) H₂O liquida, vaporiforme o gassosa e gas associati (H₂S, SO₂, CO₂, Cl, F, B, As, ecc.) o manifestandosi indipendentemente, fluidi tutti corrispondenti ai « volatile agents » (o sostanze facilmente *volatili*) di DALY (1917).

(2) Nel senso di « proximate » di DALY (1917).

(3) Qui il termine *secondario* è assunto con criterio analogo a quello che distingue le *fumarole primarie* (esalanti, emergenti dal condotto craterico) da quelle *secondarie* (esalanti dalle lave e dai prodotti piroclastici secondo la terminologia di DALY, PERRET, ecc.) siano o no, queste ultime, accentuate dall'evaporazione o ebollizione delle acque del suolo e sottosuolo venute in contatto con la lava rovente o con le piroclastiti calde (*fumarole senza radici* di A. LACROIX). *Fumarole secondarie* o *fumarole freatiche* (in analogia con le *eruzioni freatiche* di A. RITTMANN, 1936) sono dette, però, anche le esalazioni di vapore (con gas associati) provenienti da ebollizione o evaporazione di falde freatiche idrotermali.

(4) Il freatico comprende acqua *freatica prop. detta* o a pelo libero (non in pressione), *tasche pensili* (« perched water ») ed *acqua in pressione*.

(5) Con questo segno sono indicati i termini non previsti dalla tabella di DALY, ma d'uso frequente nella letteratura tecnica e scientifica.

gati termini ormai classici, quali solfatare, fumarole, soffioni, per i quali l'intervallo di variazione della temperatura è ben diverso da quello imposto convenzionalmente dall'Autore.

4. MANIFESTAZIONI SUPERFICIALI CHE HANNO SUGGERITO LA RICERCA DI VAPORE ENDOGENO A SCOPO INDUSTRIALE.

In tutte le aree nelle quali si sono svolte le ricerche, si è partiti dalle esalazioni naturali di vapore acqueo.

Alcune di queste esalazioni non ricadevano in aree schiettamente vulcaniche o postvulcaniche ed erano a base di vapore acqueo surriscaldato ⁽⁶⁾ sprigionantesi direttamente nell'atmosfera (« soffioni ») ⁽⁷⁾ o sfociante in stagni o laghetti di acqua (« lagoni »): era questo il quadro della « regione boracifera » toscana detta, per brevità, di Larderello.

In altre aree le manifestazioni consistevano egualmente in esalazioni di vapore acqueo ⁽⁸⁾, ma questo era più spesso saturo e le manifestazioni stesse erano connesse più o meno palesemente ad acque sotterranee calde; i campi delle esalazioni (« fumarole », « mofete calde », « bullicame » ecc. con gas vari) ricadevano in distretti vulcanici che sono stati attivi « storicamente » o, tutto al più, durante il Pliocene e il Pleistocene ⁽⁹⁾.

A queste manifestazioni esterne, apparentemente simili fra di loro, non sono corrisposte eguali situazioni sotterranee; ciò vale, per lo meno, per le profondità finora esplorate.

Nella regione boracifera toscana, salvo qualche eccezione, nel sottosuolo si rinviene e si utilizza vapore surriscaldato con le stesse caratteristiche di quello che una volta esalava liberamente nell'atmosfera.

Nei Campi Flegrei ed all'Isola d'Ischia le fumarole « di partenza » si sono rivelate, di regola, prodotto di evaporazione di acqua sotterranea molto calda ⁽¹⁰⁾.

⁽⁶⁾ Con sensibili quantitativi di composti del boro e di gas vari.

⁽⁷⁾ Oggi questi sono chiamati « soffioni naturali », mentre il termine « soffione » sta ad indicare il foro trivellato erogante vapore acqueo. « Soffionissimi » sono stati chiamati i soffioni con portate molto elevate (di 200 ton/h e più).

⁽⁸⁾ Con H_2S o CO_2 o con ambedue direttamente percepibili.

⁽⁹⁾ Per le classifiche delle fumarole, vedi anche G. Imbò (1927-32-34), G. Mercalli (lavori vari), F. Parona (1924), K. Sapper (1931).

⁽¹⁰⁾ Sarebbe molto utile un confronto con le aree del Katmai in Alaska, della Coastrange e Lassen Park in California, dello Yellowstone Park nello Wyoming e di altre regioni (Nevada, Islanda, Nuova Zelanda, Giappone, Indonesia ecc.) attualmente investigate, partendo dalle stesse premesse, e nelle quali, nonostante

Nel Viterbese le manifestazioni esalative sono connesse egualmente ad acque sotterranee, poco profonde; ma, quivi, è emerso, pure, che le acque calde risalgono, a loro volta, da maggiori profondità rispetto al livello freatico (prop. detto).

5. REALIZZAZIONI NELLA REGIONE TOSCANA DEI SOFFIONI BORACIFERI (figure 1, 4 e 5).

Sulle realizzazioni effettuate nella regione toscana detta dei « soffi-
fioni boraciferi » non è il caso di soffermarsi (figure 6, 7, 8 e 9).
Esse sono note da tempo e divulgate dalla diffusione di numerose
pubblicazioni (11).

Produzione. - Ci limitiamo a riportare nella tabella 2 un quadro
riassuntivo ed aggiornato al 1953 della produzione.

TABELLA 2 — *Produzione del centro di Larderello nel 1953.*

| | | |
|----------------------|-----|-------------------|
| Energia elettrica | Kwh | 1.860.000.000 (*) |
| Prodotti borici | Ton | 4415 |
| Prodotti ammoniacali | Ton | 619 |

(*) La potenza installata è di kw 265.000, di cui kw. 24.000 di riserva.

Ricordiamo anche che attualmente è in fase avanzata di studio a
Larderello un impianto per estrazione di S dall' H_2S associato al vapore.

Con detto impianto si prevede una produzione annua di Ton
8.760 di S.

Problemi. - Nello sguardo sommario al territorio vaporifero to-
scano possiamo soltanto accennare a qualcuno dei diversi problemi
particolari tuttora in osservazione ed in studio, quali quelli riguar-

la presenza di acqua sotterranea, si rinviene vapore surriscaldato anche a profon-
dità modeste.

Per queste regioni in generale ed in particolare, vedi, per es. W. H. Emmons
(1939), A. Rittmann (1928 e 1937), P. Vinassa de Regny (1933) e poi i lavori vari
di E. T. Allen, T. F. W. Barth e collaboratori, D. E. White e collaboratori,
A. Steiner (1953), ecc., la recente rassegna schematica di M. Sappa (1954), W. C.
Beckmann (1928), A. L. Day e E. T. Allen (1925), L. Dybowski (1923), I. Fried-
laender (1924), P. Ginori Conti (1928) R. F. Griggs (1928), E. Narici (1931), U. Neu-
mann v. Padang (1933), R. L. Nichols (1934), Ch. E. Stehn (1927), Th. Thoroddsen
(1925), H. Williams (1934).

(11) Vedi in proposito E. Casò (1953), A. Mazzoni (1951), N. Gennai (1952),
M. Gortani (1953), R. Burgassi (1953) e le numerose precedenti pubblicazioni
di P. e G. Ginori-Conti con relative letterature, per cui vedi specialmente U. Sborgi
(1940) e H. Reck (1935).

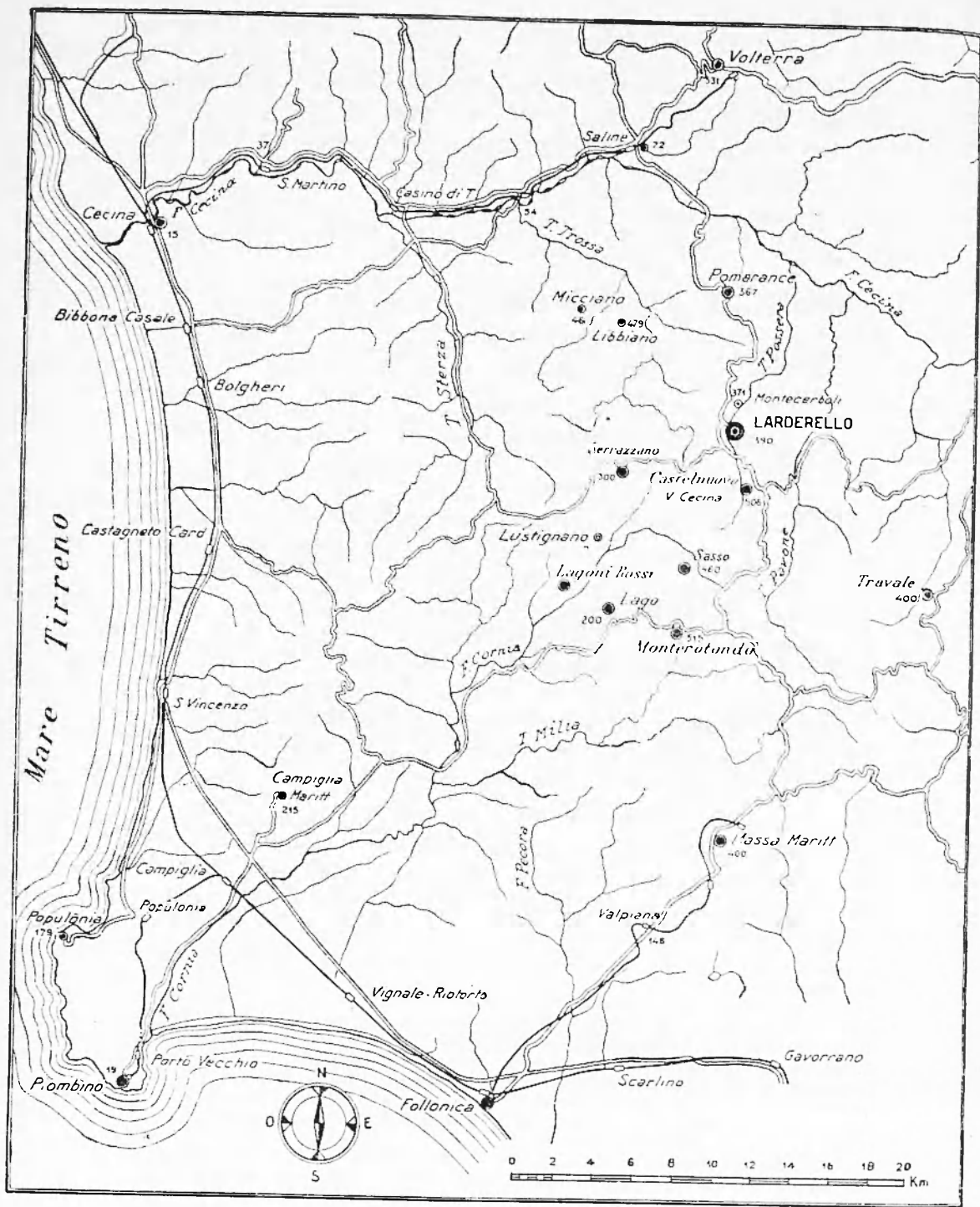


Fig. 5 - Regione boracifera toscana (da A. MAZZONI, 1951)

danti l'esistenza o meno di sismi, microsismi e tremolii locali connessi alla circolazione sotterranea dei fluidi ⁽¹²⁾, la distinguibilità o meno di campi vaporiferi distinti, il decremento della portata dei pozzi, l'influenza reciproca dei pozzi, il grado effettivo dell'influenza delle incrostazioni saline sulle portate dei singoli pozzi, l'estensione degli spazi interessati dalle incrostazioni stesse, l'influenza delle acque esogene sul regime di erogazione e sulle caratteristiche del fluido ⁽¹³⁾ di qualche centro, il grado di influenza del « regime d'esercizio » sulle caratteristiche termodinamiche dei singoli fori produttivi, la natura e il rapporto delle sostanze disciolte nel vapore, la variabilità spaziale e temporale dei rapporti gas/vapore, delle sostanze disciolte e delle caratteristiche in genere dei fluidi erogati ⁽¹⁴⁾, la distribuzione degli isotopi dell'*H*, dell'*O*, e dell'*Ar* ⁽¹⁵⁾, del *C* ecc., la radioattività ⁽¹⁶⁾ ed, in conseguenza, l'origine e lo stato più probabile in cui si trova l'*H₂O* ⁽¹⁷⁾ da cui deriva il vapore surriscaldato, l'esistenza attuale di un equilibrio termico fra fluidi circolanti e terreni da essi attraversati, l'esistenza o meno di contatti litologici sedi di fenomeni elettrochimici degni di rilievo, i rapporti fra le acque fredde sotterranee vadose, freatiche ed eventualmente in pressione e le sedi di accumuli e circolazione di vapore con gas associati ed, infine, l'attribuzione del « bacino vaporifero » tutto ai giacimenti minerali (in senso lato) esauribili (d'accumulo cioè in tempi geologici) o a quelli, praticamente ⁽¹⁸⁾, in continua « ricostituzione ».

Decrementi. - Osserviamo soltanto che il decremento delle portate per unità di tempo si osserva in misura più o meno accentuata in tutti i pozzi della regione produttiva toscana.

(12) C. de Stefani (1897) accusava tremolii leggerissimi, ma continui; P. Gironi-Conti (1936, p. 65) escludeva ogni effetto sismico; stando alle affermazioni dei locali gli scuotimenti del suolo connessi alla circolazione sotterranea poco profonda del vapore non sembrano da escludersi.

(13) I soffioni naturali erano variabili e risentivano delle piogge sia nelle portate, che nel contenuto di sali disciolti, secondo C. de Stefani (1897 pp. 410-435).

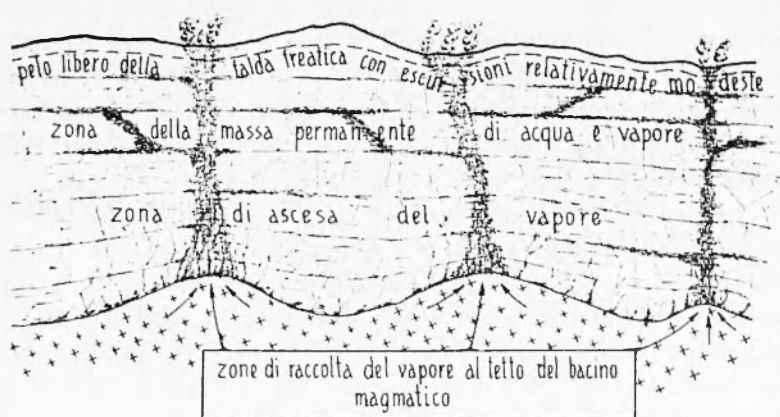
(14) Secondo alcuni (1928 e 1936), le caratteristiche del vapore e le portate erano costanti nel tempo. Le osservazioni prolungate per tempi lunghi mettono in vista variazioni apprezzabili delle caratteristiche e talvolta molto accentuate delle portate.

(15) Vedi R. Nasini (1928), U. Sborgi (1938), G. Boato (1954) e G. Boato ed altri (1951-52).

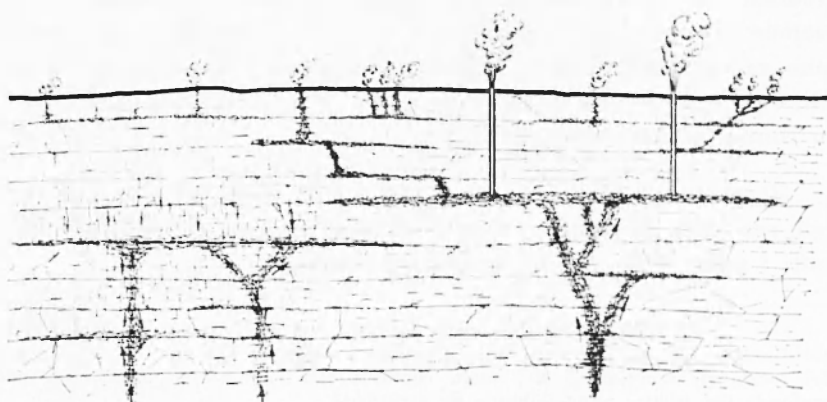
(16) Per i gas rari, i loro rapporti confrontati con quelli dell'aria e per la radioattività, vedi R. Nasini (1928), U. Sborgi (1938-39), L. Solaini (1950).

(17) Vedi per es. U. Sborgi (1939) e J. Coguel (1953). Per la solubilità in generale dei gas nei liquidi, vedi anche K. Frölich, E. J. Tauch, J. J. Hogan e A. A. Peer (1931), F. v. Wolff (1940).

(18) Dal punto di vista umano e non geologico.



Rappresentazione schematica dello sviluppo dei soffioni sopra le zone più alte del tetto del bacino magmatico dalle quali si liberano gli aeriformi. (da Reck, 1934)



Schizzo schematico della posizione e della funzione della massa delle acque sotterranee e dei vapori come regolatori dell'afflusso di vapore dalla profondità e del suo efflusso in superficie. (da Reck, 1934)

Fig. 6 - Schema, secondo RECK (1934), del bacino vaporifero di Larderello

In « campi vaporiferi » intensamente sfruttati esso ha valori molto variabili da pozzo a pozzo e spesso, per ciascun pozzo, variabili con discontinuità nel tempo, sicché i diagrammi relativi non sono facilmente interpretabili (v. fig. 10).

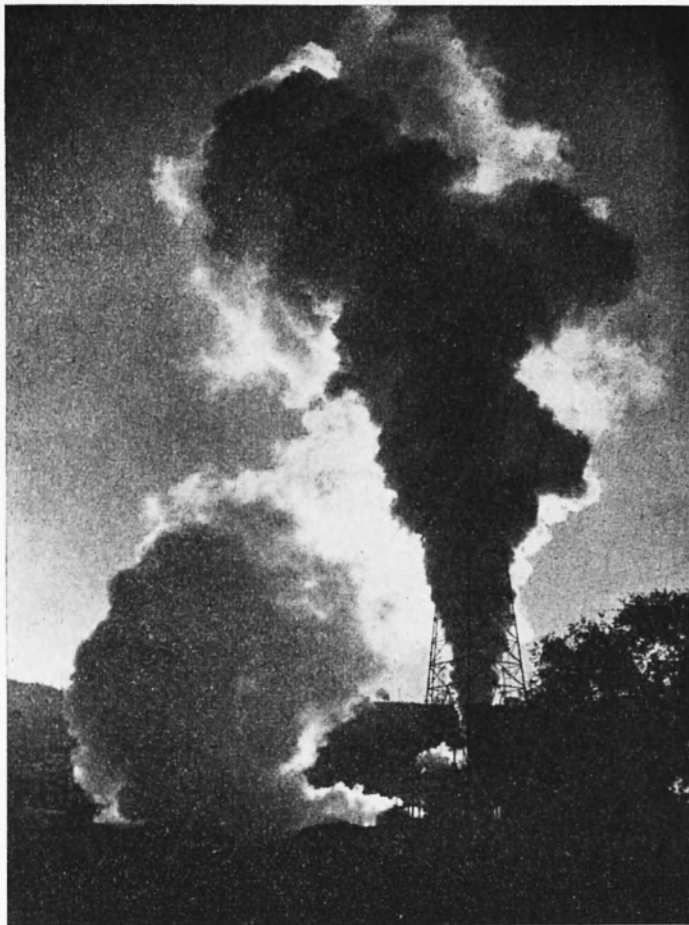


Fig. 7 - Soffione in libera erogazione nell'atmosfera (1953)

Le variazioni discontinue sono attribuibili al fatto che in questi campi il decremento di ciascun pozzo è accentuato dalle perforazioni successive che, aprendo nuove vie di uscita, modificano il regime del fluido nel sottosuolo ⁽¹⁹⁾.

⁽¹⁹⁾ Mentre sulla scomparsa delle manifestazioni naturali per effetto dell'apertura dei fori trivellati B. Lotti e M. Taricco nel 1928 e C. de Stefani nel 1897

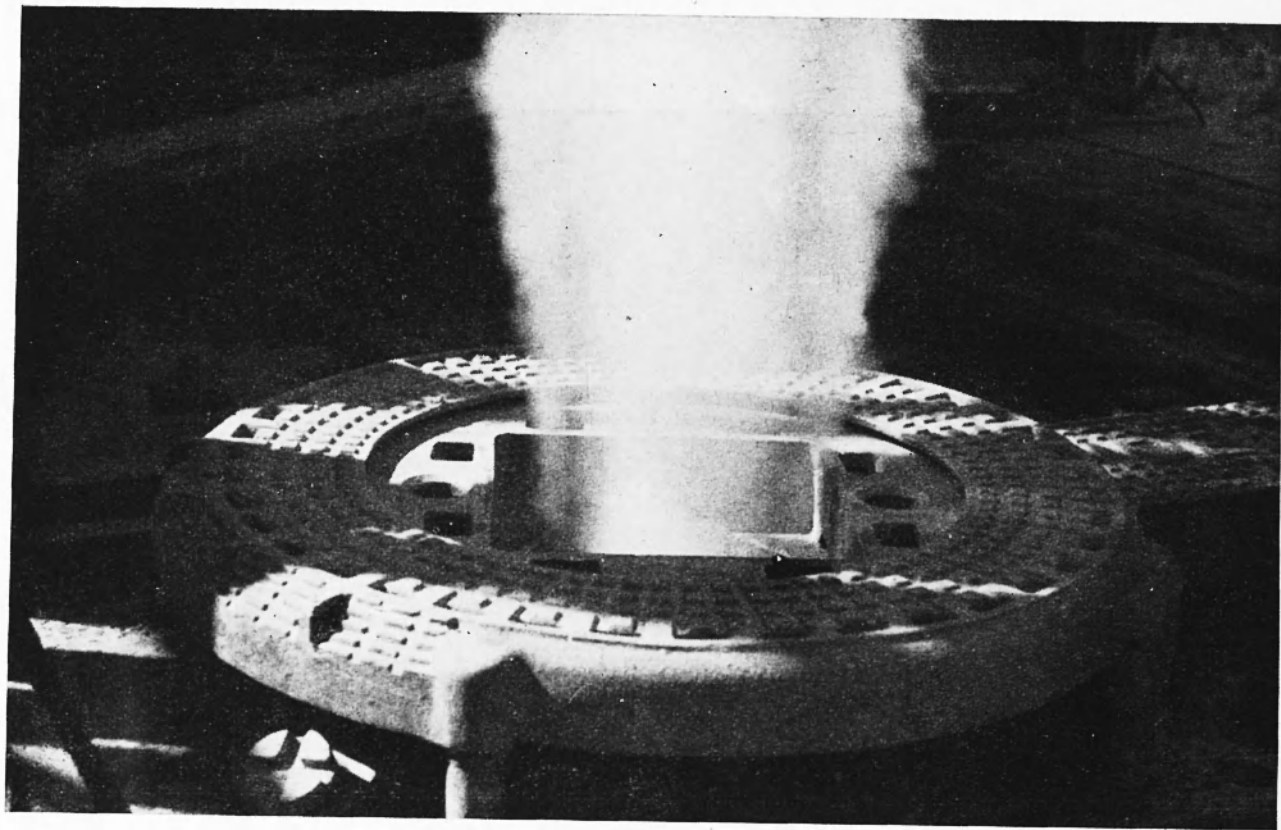


Fig. 8 - Conformazione del getto del vapore surriscaldato di un soffione a circa 1 metro dalla bocca del pozzo (ancora quasi tutto trasparente). All'inizio della erogazione, fine settembre 1952, con $Q =$ circa 220 ton/h con $p =$ ca. 5 Ata;
 $T =$ ca. 170°C

In «campi vaporiferi» nei quali da tempo non sono state eseguite nuove perforazioni, l'andamento nel tempo del decremento è abbastanza regolare (fig. 11). Dalla osservazione dei relativi diagrammi portata-tempo, sembra ammissibile l'ipotesi che in questi «campi»

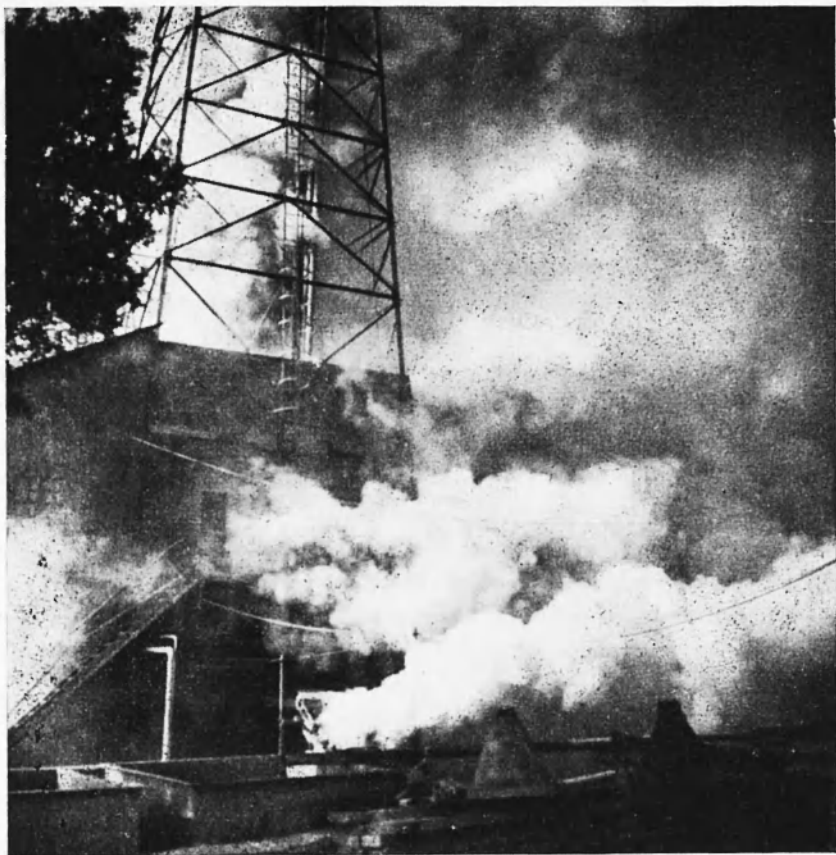


Fig. 9 - Larderello, Valle del Secolo. Soffione appena dopo l'esplosione. Portata circa 110 ton/h; pressione a 4,5 Ata; temperatura del vapore all'uscita 218°. Giugno, 1954

il valore del decremento nell'unità di tempo possa scindersi in due parti di cui una fortemente decrescente e tendente asintoticamente a zero e l'altra pressoché costante.

erano d'accordo, la letteratura posteriore ha insistito per qualche tempo sulla inesistenza di risentimenti reciproci (come quantità e qualità dei fluidi) dei fori e si è parlato, per es., di costanza di portate dei singoli fori dopo l'esaurimento del parossismo iniziale. Le osservazioni posteriori prolungate nel tempo hanno dimostrato diversi comportamenti dei fori.

La prima, tanto più pronunziata quanto più elevata è la portata iniziale e quanto più intensamente sfruttato il relativo « campo », è da attribuire al turbamento del regime del fluido sotterraneo provocato dalla nuova via di uscita offerta al fluido stesso ⁽²⁰⁾; la seconda può essere dovuta in gran parte alle occlusioni provocate dalle incrostazioni saline (prevalentemente di carbonati, borati e silice). Il valore di quest'ultima parte è molto variabile da pozzo a pozzo e da campo a campo, forse in dipendenza della natura delle formazioni interessate, del contenuto in sali del fluido incrostante ecc.

Estensione delle incrostazioni nel sottosuolo ed esaurimento della produzione di gruppi di fori vicini. - Le incrostazioni che si formano nell'interno dei pozzi, come si è avuto modo di constatare ripulendo alcuni pozzi pressoché esauriti, si pensò potessero estendersi dal pozzo nel terreno circostante fino ad influenzare la portata dei pozzi vicini ed a provocare il totale tamponamento delle vie di circolazione della formazione vaporifera interessata fino a ragguardevole distanza.

Un sondaggio, appositamente ubicato di recente al centro di un triangolo del quale i vertici erano occupati da sondaggi in forte declino, ha rinvenuto vapore nella stessa formazione nella quale era stato ritrovato con i fori vicini, pur essendo le distanze dai vecchi sondaggi dell'ordine di qualche diecina di metri appena.

Pur non intendendo di generalizzare, si può affermare che detto sondaggio ha dimostrato come le incrostazioni non si estendano nel sottosuolo forato, e in ogni caso, come l'esaurimento dei fori non significhi l'esaurimento delle vene vaporifere principali alimentanti il corpo di terreno da cui attingevano i fori stessi.

Natura dei terreni vaporiferi produttivi, loro profondità (e quote rispetto al mare). - Senza entrare in particolari, accenneremo qui che i terreni affioranti nella regione dei soffioni si possono suddividere in tre gruppi distinti: 1) Autoctono (Permiano-Oligocene); 2) Alloctono (formazione delle argille scagliose appenniniche); 3) Neoautoctono (Miocene-Pliocene-Quaternario).

In tutti e tre questi gruppi di terreni esistono formazioni o masse per loro natura idonee (formazioni fratturate ecc.) a drenare il va-

⁽²⁰⁾ La prima fase d'erogazione, quella che Ginori-Conti chiamava il « parossismo esplosivo iniziale » si esaurisce rapidamente: dopo poche settimane dalle portate iniziali, per es., di 300-200 ton/h si scende infatti a portate dell'ordine di 250-160 ton/h che vanno poi gradualmente, ma molto più lentamente decrescendo.

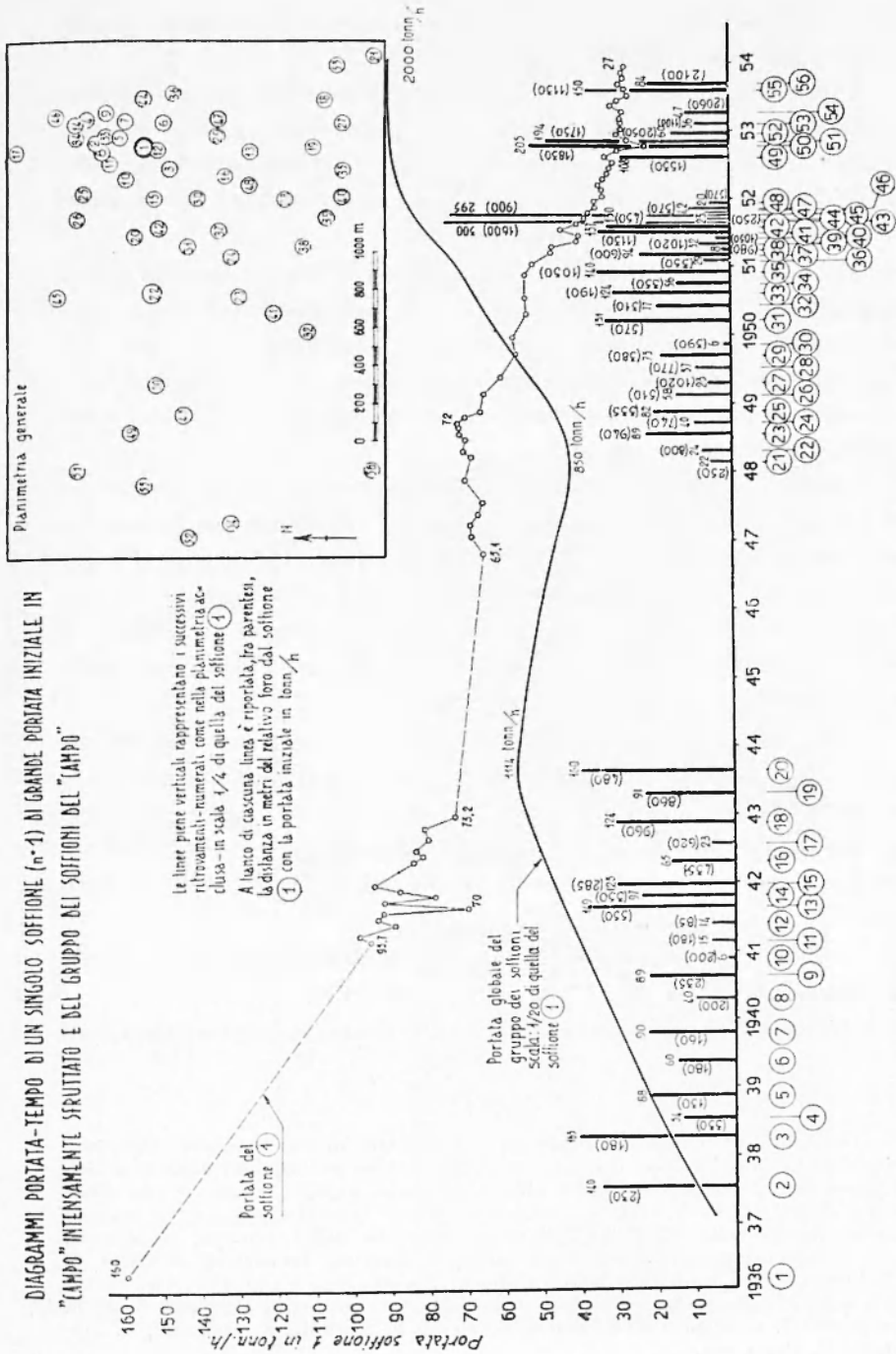


Fig. 10 - Diagrammi portata-tempo di un singolo soffione di grande portata iniziale in un « campo » intensamente sfruttato e del gruppo dei soffioni del « campo »

pore che ascende lungo faglie: pertanto il vapore è ritrovabile in tutti e tre i gruppi di terreni suddetti (v. tab. 9).

Data però la funzione di copertura impermeabile che nell'insieme l'alloctono ⁽²¹⁾, per la forte percentuale di materiali argillosi che esso contiene, esercita nel complesso rispetto al sottostante autoctono, molto più frequenti sono i casi di ritrovamenti nell'autoctono che non nei soprastanti alloctono e neoautoctono.

Formazioni dell'autoctono favorevoli per il ritrovamento in esse di vapore sono le quarziti permiche associate agli scisti dello stesso sistema, la serie « retica » calcareo-dolomitico-anidritica (la quale, ove è stata trasformata nel cosiddetto « calcare cavernoso », è indubbiamente la formazione più favorevole che si riscontra), i diaspri del Lias e l'arenaria oligocenica (« macigno »).

Nell'alloctono favorevoli sono i grossi blocchi lapidei detti « esotici », ove questi sono in comunicazione col sottostante autoctono. Anche nel neoautoctono poi, nel caso che il vapore abbia potuto ascendere fino ad esso perché localmente l'alloctono o è mancante o è prevalentemente costituito da terreni lapidei, permeabili in grande, si sono avuti casi di ritrovamenti utili nei conglomerati basali della serie miopliocenica.

Non stupisce, perciò, che si abbiano ritrovamenti a profondità anche molto modeste, pur spingendosi in genere i sondaggi fino ad alcune centinaia di metri (in genere tra i 200 ed i 600 metri). Eccezionalmente alcuni sondaggi hanno oltrepassato il migliaio di metri. I maggiori approfondimenti, però, hanno avuto scopo puramente esplorativo (vedi figg. 15, 16 e tabelle 8, 11 e 12).

La superficie topografica si presenta molto accidentata ed il suo livello sul mare varia tra i 200 ed i 500 metri circa.

Nella grande maggioranza dei casi i terreni vaporiferi sono stati

(21) Con « alloctono » si intende qui la formazione di *argille scagliose alloctone rimaneggiate fra il Cretacico Superiore e l'Eomiocene* e ricoprenti vaste aree dell'Appennino, il complesso, cioè, argilloso, scaglioso, spesso variegato e con « esotici » diversi, di varia età (Giura-Miocene) che si trova trasgressivo (o incluso) tettonicamente sulle (o nelle) formazioni autoctone dell'Appennino. Il termine, così inteso, comprende e sostituisce quelli di *liguride*, formazione ofiolitica ed ofiolitifera, *flysch caotico eomiocenico*, *flysch alloctono ecc.*, e con senso così restrittivo esso è stato anche trasportato nella letteratura geologica straniera. Vedi in proposito: I. C. Migliorini, E. Beneo, G. Merla, F. Scarsella, R. Signorini, L. Trevisan, F. Penta ecc.

DIAGRAMMI PORTATA-TEMPO DI DUE SOFFIONI DI PICCOLA PORTATA INIZIALE IN "CAMPO" POCO SFRUTTATO.

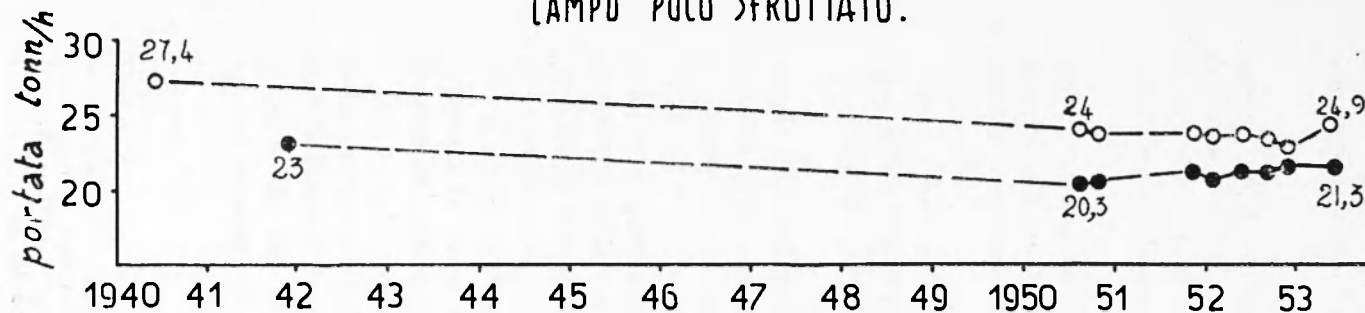


Fig. 11 - Diagrammi portata-tempo di due soffioni di piccola portata iniziale in « campo » poco sfruttato



Fig. 12 - Località: Travale (Regione dei Soffioni boraciferi toscani); portata totale: ca. 40 ton/h (vapore acqueo ricco di gas); temperatura all'uscita: 108°C (1 Ata); rapporto gas/vapore: 42 l/kg; profondità della zona in erogazione: ca. 70 m. Notare l'aspetto e la forma del getto. Data: 1953



Fig. 13 - Particolare della fig. 12. Data: 1953

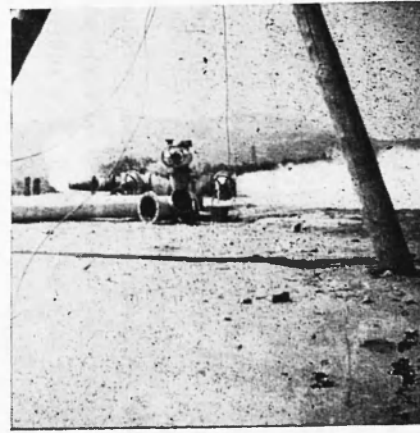


Fig. 14 - Località: Travale (Regione dei soffioni boraciferi toscani). Foro erogante acqua e vapore acqueo di ebollizione. Portata totale: ca. 75 ton/h (acqua + vapore); temperatura al separatore: 138°C (2 Ata); rapporto acqua/vapore: ca. 1,2; profondità della zona in erogazione: m 350-500. Notare l'aspetto e la forma del getto

incontrati a quote superiori a quella del livello del mare, ma non mancano i casi in cui essi si trovano sotto il livello del mare, al massimo di poche centinaia di metri.

Differenze spaziali delle caratteristiche dei gruppi di fori produttivi. - Il fluido che si ritrova nel sottosuolo della regione boracifera toscana è composto di una miscelanza di vapore, in genere surriscaldato, e di gas vari, tra cui di gran lunga predominante è la CO_2 , per cui vedi tabelle 3 e 4.

Di detto fluido temperatura, pressione, contenuto in gas e composizione del gas stesso non sono rigorosamente costanti, ma variabili, entro limiti ristretti, da soffione a soffione e, per uno stesso soffione, sono variabili nel tempo.

I limiti entro cui variano dette caratteristiche nei vari « campi » attualmente in sfruttamento non presentano differenze tali da poter giustificare una definizione dei « campi » stessi come « gruppi » geologicamente o geofisicamente distinti ⁽²²⁾.

Le suddette differenze spaziali delle caratteristiche dei soffioni sono attribuibili a differenti vicende termodinamiche e chimiche attraverso le quali il fluido è passato dal momento del suo « sviluppo » a quello della sua venuta a giorno.

Per quanto riguarda le caratteristiche temporali, dai dati finora raccolti si è potuto osservare che la temperatura del fluido del singolo soffione tende in generale a diminuire (di alcune decine di gradi C.) col decremento di portata del soffione stesso, per alcuni soffioni; per altri la temperatura dapprima aumenta e poi prende a diminuire.

Si è notato anche che il rapporto gas/vapore tende ad aumentare nei soffioni appartenenti a « campi » intensamente sfruttati, mentre vario è il suo andamento nei « campi » poco sfruttati.

In quanto al contenuto in H_3BO_3 del fluido, esso tende generalmente a diminuire. Ciò potrebbe essere dovuto al fatto che, allorchando si apre una nuova via di uscita al fluido, esso in un primo tempo ridiscioglie i sali del boro precedentemente depositati nel terreno dai fluidi che sono « filtrati » in passato.

(22) La distinzione che attualmente si fa di campi diversi è nata, dalle vicende industriali per cui, per es., non sempre i fluidi dei fori sono convogliati alle centrali elettriche con relativi impianti chimici più vicini. Un'efficace dimostrazione è data dal quadro riportato da A. Mazzoni nella tabella 5.

TABELLA 3 — *Composizione media attuale dei fluidi dei soffioni*
(da A. Mazzoni, 1951).

| Su un Kg di fluido (*) | | Su un m ³ di gas (incondensabile) | |
|----------------------------------|-------------------|--|----------------------|
| Vapore d'acqua | g. 955,52 | — | — |
| CO ₂ | » 42,65 | | litri 942,20 |
| CH ₄ , H ₂ | » 0,19 | } CH ₄ | » 9,40 |
| | | | } H ₂ |
| H ₂ S | » 0,88 | | |
| N ₂ | » 0,16 | | » 5,50 |
| H ₃ BO ₃ | » 0,30 | | » — |
| NH ₂ | » 0,30 | | » — |
| He, Ar, Ne | cm ³ 1 | | cm ³ 25 — |

(*) Con le seguenti caratteristiche medie all'uscita dal foro: $t = 140^{\circ}\text{-}230^{\circ}$;
 $p = 3\text{-}6$ Ata; velocità media 125-170 metri/secondo.

In quanto agli altri componenti del gas, sicure tendenze non pare si siano finora accertate.

I dati finora raccolti sono troppo poco estesi nel tempo per poterne trarre deduzioni di portata generale. La raccolta sistematica e continua di dati per un lungo periodo di tempo potrà notevolmente contribuire ad una giusta interpretazione del fenomeno tutto. Tuttavia una prima idea delle variazioni nel tempo di qualche caratteristica dei fori produttivi è data dalla tabella 6 acclusa e dalla tavola 4 della fig. 15.

TABELLA 4 — *Limiti di variabilità dei componenti dei soffioni convogliati nei diversi stabilimenti.*

| Stabilimento | rapporto gas/vapore l/Kg. | H ₃ BO ₃ | NH ₃ |
|--------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| | | nell'acqua di condensa % | |
| Larderello | 5 - 25 | 0,4 - 0,15 | 0,6 - 0,15 |
| Castelnuovo | 5 - 40 | 0,7 - 0,15 | 0,7 - 0,35 |
| Monterotondo | 10 - 15 | 0,44 | 0,07 - 0,05 |
| Serrazzano | 18 - 20 | 0,4 - 0,3 | 0,13 - 0,10 |
| Sasso | 15 - 22 | 0,43 - 0,14 | 0,13 - 0,08 |
| Travale | 40 - 110 | 0,2 - 0,1 | 0,2 - 0,04 |
| Lago | 8 - 20 | 0,6 - 0,15 | 0,5 - 0,05 |
| Lagoni Rossi | 18 | 0,58 - 0,29 | 0,13 - 0,07 |

TABELLA 5 — *Contenuti dei componenti dei soffici di diverse fabbriche (da A. Mazzoni, 1951).*

| LOCALITÀ | H ₃ BO ₃ ‰ sull'acqua di condensa | NH ₃ ‰ sull'acqua di condensa | Rapporto gas vapore Litri p. Kg. | CO ₂ % sul gas naturale | H ₂ S % sul gas naturale | Gas resid. % sul gas naturale | H ₂ % sul gas residuo | CH ₄ % sul gas residuo | N ₂ % sul gas residuo | Radioattiv. millicurie 10 ⁻⁶ |
|--------------|---|--|--|--|---|-------------------------------------|--|---|--|---|
| Larderello | 0,30 | 0,26 | 23,40 | 93,82 | 2,56 | 3,62 | 51,69 | 30,45 | 17,86 | 2,92 |
| Castelluovo | 0,24 | 0,35 | 30,20 | 95,98 | 1,75 | 2,27 | 47,72 | 32,19 | 20,09 | 3,96 |
| Sasso | 0,34 | 0,10 | 18,80 | 91,77 | 2,77 | 5,46 | 46,97 | 39,19 | 13,84 | 5,60 |
| Monterotondo | 0,42 | 0,054 | 16,00 | 89,30 | 2,20 | 8,50 | 42,- | 44,- | 14,- | 2,- |
| Serrazzano | 0,31 | 0,11 | 18,40 | 91,32 | 3,03 | 5,65 | 62,55 | 26,61 | 11,84 | 2,48 |
| Lago | 0,32 | 0,054 | 14,29 | 89,48 | 3,02 | 7,50 | 60,- | 26,- | 14,- | 9,- |
| Lagani Rossi | 0,29 | 0,07 | 18,- | 88,60 | 4,00 | 7,40 | 69,90 | 18,- | 12,10 | 8,- |
| Travale | 0,072 | 0,20 | 108,- | 94,18 | 0,72 | 5,10 | 5,30 | 60,80 | 33,00 | 0,55 |

TABELLA 6

Alcune caratteristiche dei fori produttivi in un sessantennio (1).

| Anno | Portata massima (t/h) | Pressioni (ata) foro | | Temperature (intervallo o massima in °C) | Autore |
|---------|-----------------------|----------------------|---------------|--|-------------------|
| | | chiuso | in erogazione | | |
| 1897 | — | — | — | 175 | C. DE STEFANI |
| 1928 | 63 | 4 - 14 | 3,6 | 130 - 196 | B. LOTTI-D. LENZI |
| 1931 | 200 | — | 3,5 | 205 | — |
| 1936 | — | — | — | 140 - 208 | P. GINORI-CONTI |
| 1938 | — | 11 - 17 | 2-6 | 120 - 210 | » » |
| 1953-54 | 300 | — | 3-6 | 241 | — |

(1) Da R. Nasini (1930) si ricavano i seguenti valori massimi delle temperature: anni 1817-27, Lagoni circa $87\frac{1}{2}$, soffioni naturali 150° - 185° ; anno 1904, Larderello 186° , Castelnuovo 160° , Serrazzano 158° , Lago 157° , Lagoni Rossi (Lustignano) 146° , Monterotondo 170° , Sasso 190° , Travale 120° ; anni 1904-1907, relativamente ad alcuni soffioni soltanto, 100° - 165° (con profondità produttive 120-160 m. pressione a foro chiuso $2\text{-}9\frac{1}{2}$ ata e a foro aperto $1\text{-}2\frac{1}{2}$, portata massima 13,5 ton/h).

TABELLA 7 --- *Risultati dei sondaggi eseguiti nel centro produttivo vaporifero toscano dal 1926 al 1953.*

| C a m p o | Tuttora produttivi | Esauriti | Sterili | Totale | % produttivi | % tuttora produttivi |
|------------------|--------------------|----------|---------|--------|--------------|----------------------|
| Larderello | 50 | 17 | 6 | 73 | 91,7 | 68,5 |
| Valle del Secolo | 6 | — | — | 6 | 100 | 100 |
| Castelnuovo | 42 | 11 | 17 | 70 | 75,7 | 60 |
| Serrazzano | 8 | — | 6 | 14 | 57 | 57 |
| Sasso | 11 | 2 | 6 | 19 | 68,5 | 58 |
| Monterotondo | 9 | — | 6 | 15 | 60 | 60 |
| Lago | 11 | — | 3 | 14 | 78,8 | 78,8 |
| Lagoni Rossi | 11 | — | 4 | 15 | 73,5 | 73,5 |
| Carboli | — | — | 3 | 3 | — | — |
| Travale | 5 | 3 | 9 | 17 | 47 | 29,5 |
| TOTALE | 153 | 33 | 60 | 246 | 75,5 | 62,2 |

TABELLA 8 — Numero dei pozzi per intervalli di profondità raggiunta.

| Campo | Profondità (m) | | | 0 - 100 | | | 100 - 200 | | | 200 - 300 | | | 300 - 400 | | | 400 - 500 | | | 500 - 600 | | | 600 - 700 | | |
|------------------|----------------|------|------|---------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|------|-----------|-------|------|-----------|---|---|
| | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T |
| Larderello | | 1 | 1 | 5 | | 5 | 10 | 1 | 11 | 15 | | 15 | 16 | | 16 | 10 | 1 | 11 | 4 | 1 | 5 | | | |
| Valle del Secolo | | | | | | | | | | | | | 2 | | 2 | 2 | | 2 | | | | | | |
| Castelnuovo | | | | 14 | 2 | 16 | 23 | 7 | 30 | 5 | 4 | 9 | 8 | | 8 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | | |
| Serrazzano | | | | 6 | 1 | 7 | 1 | 3 | 4 | | 2 | 2 | | | | | | | 1 | | | | | |
| Sasso | | 1 | 1 | 4 | 1 | 5 | 5 | 1 | 6 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Monterotondo | | | | 3 | 2 | 5 | 4 | | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | | | 2 | | 2 | | | | |
| Lago | 3 | 1 | 4 | 3 | | 3 | 4 | | 4 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | 1 | 1 | |
| Lagoni Rossi | 4 | 1 | 5 | 4 | 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | | | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 | 1 | |
| Carboli | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Travale | 3 | | 3 | 1 | 2 | 3 | | | | 2 | | 2 | 1 | | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TOTALI | 10 | 5 | 15 | 40 | 10 | 50 | 49 | 14 | 63 | 24 | 9 | 33 | 30 | 2 | 32 | 15 | 4 | 19 | 6 | 6 | 12 | | | |
| Percentuali | 5,38 | 8,34 | 6,10 | 21,50 | 16,68 | 20,80 | 25,30 | 23,30 | 25,60 | 12,90 | 15,00 | 13,82 | 16,13 | 3,34 | 13,00 | 8,06 | 6,67 | 7,72 | 3,23 | 10,00 | 4,88 | | | |
| Rapporto P/S | 2 | | | 4 | | | 3,5 | | | 2,67 | | | 15 | | | 3,75 | | | 1 | | | | | |

segue tabella 8

| 700 - 800 | | | 800 - 900 | | | 900 - 1000 | | | 1000 - 1100 | | | 1100 - 1200 | | | 1200 - 1300 | | | 1300 - 1400 | | | 1400 - 1500 | | | 1500 - 1600 | | |
|-----------|------|------|-----------|------|------|------------|------|------|-------------|------|------|-------------|---|------|-------------|---|---|-------------|---|---|-------------|------|------|-------------|--|--|
| P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T | | | |
| 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 5 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | |
| 1 | | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 2 | 1 | | 1 | | | 1 | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 1 | | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | 1 | | |
| 3 | 3 | 6 | 6 | 2 | 8 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | | | 2 | 2 | | | | | | | 1 | 1 | 2 | | |
| 1,62 | 5,00 | 2,44 | 3,23 | 3,34 | 3,25 | 0,54 | 1,67 | 0,81 | 0,54 | 1,67 | 0,81 | | | 3,34 | 0,81 | | | | | | | 0,54 | 1,67 | 0,81 | | |
| 1 | | | 3 | | | 1 | | | 1 | | | 0 | | | | | | | | | 1 | | | | | |

P = produttivi; S = sterili; T = totale

TABELLA 9 — « Larderello » - Terreni raggiunti dai sondaggi (1).

| Terreno Campo | Miocene | | | Argille Scagliose | | | Macigno | | | Cretacico | | | Lias | | | Retico | | | Permico | | |
|------------------|---------|------|------|-------------------|-------|-------|---------|------|------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|---------|-------|----|
| | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T | P | S | T |
| Larderello | | | | 23 | 2 | 25 | | | | | | | | | | 12 | | 12 | 32 | 4 | 36 |
| Valle del Secolo | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | 3 | | 3 | 2 | | 2 |
| Castelnuovo | | | | 1 | | 1 | 2 | 1 | 3 | | | | | | | 7 | 2 | 9 | 43 | 14 | 57 |
| Serrazzano | | | | 2 | 1 | 3 | | | | | | | | | | 5 | 2 | 7 | 1 | 3 | 4 |
| Sasso | | | | | | | | | | 1 | 1 | 11 | 4 | 15 | 2 | 1 | 3 | | | | |
| Monterotondo | | | | | 2 | 2 | | | | | | 9 | 4 | 13 | | | | | | | |
| Lago | 2 | 1 | 3 | 3 | | 3 | | | | | | 6 | 1 | 7 | | 1 | 1 | | | | |
| Lagoni Rossi | | | | | | | | | | | | 6 | 1 | 7 | 5 | 2 | 7 | | | 1 | 1 |
| Carboli | | | | | 1 | 1 | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | |
| Travale | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 2 | 9 | 1 | 7 | 8 | |
| TOTALI | 2 | 1 | 3 | 30 | 6 | 36 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 32 | 11 | 43 | 41 | 11 | 52 | 79 | 29 | 108 | |
| Percentuali | 1,07 | 1,72 | 1,22 | 16,04 | 10,35 | 14,71 | 1,07 | 1,72 | 1,22 | 1,72 | 0,41 | 17,11 | 18,98 | 17,55 | 22,45 | 15,50 | 20,80 | 42,20 | 50,00 | 44,00 | |
| Rapporto P/S | 2 | | | 5 | | | 2 | | | 0 | | | 2,91 | | | 4,66 | | | 2,73 | | |

P = produttivi; S = sterili; T = totale

(1) Non sempre il terreno raggiunto è il produttivo.

TABELLA 10 — « Larderello » - *Variazioni delle temperature massime nel tempo (dal 1927 ad oggi).*

| Anno Campo | 1927 | 1928 | 1929 | 1930 | 1931 | 1932 | 1933 | 1934 | 1935 | 1936 | 1937 | 1938 | 1939 | 1940 |
|------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Larderello | 143° | 177° | 185° | 179° | 185° | 118° | 182° | | 185° | 208° | 215° | 183° | 183° |
| Valle del Secolo | | | | | | | | | | | | | | |
| Castelnuovo | | | 177° | | 188° | | | 168° | | 164° | 160° | | 202° | 203° |
| Serrazzano | | | | | | | | | | 160° | | | | 149° |
| Sasso | | | | | | | 135° | 180° | | 170° | | | | |
| Monterotondo | | | | 172° | | | 193° | | | 180° | | | | |
| Lago | 158° | | | | | | | 125° | | | | | | |
| Lagoni Rossi | | | | | | | | 126° | | 142° | | | | |
| Carboli | | | | | | | | | | | | | | |
| Travale | | | | | | | | | | | | | | |
| MASSIMA | 158° | 177° | 185° | 179° | 188° | 118° | 193° | 180° | 185° | 208° | 215° | 183° | 202° | 203° |

segue tabella 10

| Anno Campo | 1941 | 1942 | 1943 | 1944 | 1945 | 1946 | 1947 | 1948 | 1949 | 1950 | 1951 | 1952 | 1953 | 1954 |
|------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Larderello | 211° | 217° | 202° | | | 223° | 227° | 225° | 227° | 229° | 233° | 240° | 241° |
| Valle del Secolo | | | | | | | | | | | | 234° | 236° | 231° |
| Castelnuovo | 194° | 208° | | | | 200° | 193° | 204° | 206° | 204° | 203° | 207° | 211° | 222° |
| Serrazzano | 160° | | | | | | | | | 182° | 178° | 180° | 185° | |
| Sasso | | | | | | 162° | 208° | 206° | 208° | 205° | 204° | 206° | 206° | 206° |
| Monterotondo | | 191° | | | | | 164° | | | 175° | | | 176° | 180° |
| Lago | | | | | | | | | | | | | | |
| Lagoni Rossi | | | | | | | | | | | | | | |
| Carboli | | | | | | | | | | | | | | |
| Travale | | | | | | | 136° | | | 148° | 136° | 185° | 147° | |
| MASSIMA | 211° | 217° | 202° | | | 223° | 227° | 225° | 227° | 229° | 233° | 240° | 241° | 238° |

TABELLA 11 — « Larderello » - Temperatura massima dei pozzi in rapporto alle profondità raggiunte.

| Profondità m. | 0/ | | 100/ | 200/ | 300/ | 400/ | 500/ | 600/ | 700/ | 800/ | 900/ | 1000/ | 1100/ | 1200/ | 1300/ | 1400/ | 1500/ |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | |
| Larderello | 185° | 239° | 239° | 229° | 241° | 239° | 222° | 222° | 222° | 222° | | | | | | | 174° |
| Valle del Secolo | | | | | 230° | 236° | | 216° | 207° | | | | | | | | |
| Castelnuovo | 193° | 208° | 184° | | 222° | 195° | | 194° | | | | 141° | | | | | |
| Serrazzano | 185° | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sasso | 184° | 208° | 206° | | 200° | 137° | | | | | | | | | | | |
| Monterotondo | 193° | 182° | 180° | | 191° | | | | | | | | | | | | |
| Lago | | 158° | | | | | | | | | | | | | | | |
| Laghi Rossi | 142° | 126° | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carboli | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Travale | 136° | 148° | | 185° | | | | 142° | | | | | | | | | |
| MASSIMA | 136° | 193° | 239° | 229° | 241° | 239° | 222° | 222° | 222° | 222° | | 141° | | | | | 174° |

TABELLA 12 — « Larderello » - Temperature massime in rapporto alle quote sul mare raggiunte con i fori.

| Campo \ Quota m. | - 1100/ | - 1000/ | - 900/ | - 800/ | - 700/ | - 600/ | - 500/ | - 400/ | - 300/ | - 200/ | - 100/ | 0/ | 100/ | 200/ | 300/ | 400/ | |
|---------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|------|------|------|------|
| | - 1000 | - 900 | - 800 | - 700 | - 600 | - 500 | - 400 | - 300 | - 200 | - 100 | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | |
| Larderello | 174° | | | | | | 221° | 222° | 222° | 239° | 241° | 239° | 229° | 190° | | | |
| Valle del Secolo | | | | | | | | 216° | | | | 236° | 230° | | | | |
| Castelnuovo | | | | | | | 141° | | 194° | | | | 190° | 222° | 202° | 207° | 192° |
| Serrazzano | | | | | | | | | | | | | 182° | | | | |
| Sasso | | | | | | | | | | 137° | | | 206° | 196° | 208° | 188° | |
| Monterotondo | | | | | | | | | | | | | 191° | | | 193° | |
| Lago | | | | | | | | | | | | 158° | | | | | |
| Lagoni Rossi | | | | | | | | | | | | 126° | 142° | | | | |
| Carboli | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Travale | | | | | | | | 142° | | | | | 185° | | | 148° | |
| MASSIMA | 174° | | | | | | 221° | 222° | 222° | 239° | 241° | 239° | 229° | 208° | 207° | 192° | |

Caratteristiche geologiche. - I rilievi geologici più recenti ⁽²³⁾ e gli studi di Giovanni Merla e Carlo I. Migliorini, sulla base delle aggiornate vedute della Geologia dell'Appennino ⁽²⁴⁾, hanno dimostrata la corrispondenza fra la distribuzione delle manifestazioni (vaporifere, idrotermali, di gas associati ecc.) ed alcune caratteristiche geologiche regionali e locali. Le manifestazioni naturali ed i fori produttivi si allineano di regola lungo, o meglio, nelle adiacenze delle fratture ⁽²⁵⁾ intersecanti il « basamento » retico-paleozoico, dove questo, pur rimanendo sepolto e, nell'insieme, sufficientemente protetto ad opera dei terreni più giovani poco o niente permeabili, forma dei dossi (« culminazioni », « rughe », ecc.) sollevati con sviluppo approssimativamente NO-SE; dossi, questi, che sono spezzettati in zolle minori per effetto di fratture trasversali.

Sembra inoltre che tali fratture siano « vaporifere » soltanto se « ringiovanite » in tempi geologici relativamente recenti e ricadenti in spazi attualmente in istato non compresso.

Le fratture, attraverso le quali ascende il vapore per accumularsi ed eventualmente circolare nelle formazioni idonee per permeabilità, si possono individuare quando sono accompagnate da sensibili rigetti, alla cui ricerca, di regola, ha risposto bene il metodo geofisico elettrico ⁽²⁶⁾.

Tali caratteristiche tettoniche, definibili nell'insieme necessarie e sufficienti nelle zone produttive, sono assunte come condizioni soltanto

⁽²³⁾ Per le precedenti idee sulla Geologia della regione, vedi G. Bonarelli (1928), R. Fabiani (1928), B. Lotti (1928), F. Sacco (1928), M. Taricco (1928) e H. Reck (1935) la cui accurata disamina geologica presupponeva una regolarità tettonica dei terreni terziari dimostrata parzialmente inesistente dagli studi posteriori (per cui vedi n. 21).

⁽²⁴⁾ Vedi lavori vari di G. Merla, C. I. Migliorini, L. Trevisan, E. Beneo, R. Signorini ecc. dell'ultimo quinquennio.

⁽²⁵⁾ La relazione fra fratture e sedi di soffioni naturali era stata notata da B. Lotti, F. Sacco ecc. (1928). Alcune pubblicazioni posteriori davano minore peso a questa relazione. L'accertamento di tale relazione si deve a G. Merla (1950-51) il quale ha anche precisato che le fratture sono molto meglio sviluppate nella formazione paleozoica che non nel « retico » sovrastante, forse più deformabile.

⁽²⁶⁾ G. Ginori Conti (1936, pp. 63-64) a proposito delle ricerche geofisiche, così si esprimeva: «... Inoltre furono effettuati importanti rilievi gravimetrici dal prof. Cicconetti, col pendolo Sterneck, e dai professori Soler e Boaga, con la bilancia di Eötvös e indagini magnetometriche dal prof. Palazzo e dall'ing. Tocchi. Dopo questi primi studi geofisici indicativi sono state iniziate recentemente, sotto la guida del prof. Belluigi, ricerche e indagini geoelettriche. Le prime esperienze effettuate con il metodo di Wenner hanno dato interessanti risultati. Gli studi continuano tuttora e non appena si saranno ottenuti dei dati più conclusivi, questi saranno resi noti con apposita pubblicazione.

« Sono state inoltre operate indagini sismologiche e per queste è stata costruita ed impiantata una speciale stazione sismica, dotata di un apparecchio Agamennone a doppia componente, di un apparecchio Alfani orizzontale a doppia componente

necessarie quando nell'*ambito della stessa unità geologica* (2), si estende la ricerca al di fuori delle aree attualmente produttive o in plaghe intermedie, nelle quali non è ancora accertata l'esistenza del vapore sotterraneo.

(di sensibilità molto elevata) e di un apparecchio Alfani verticale pure esso molto sensibile.

« Detta stazione è stata installata per poter controllare i movimenti sismici generali e particolari della regione, anche di minima entità, ed inoltre per vedere se si riscontrassero particolari vibrazioni del suolo in correlazione con le vibrazioni provocate dalle esplosioni dei fori.

« Per il momento lo studio attento e continuo dei sismogrammi non ha rivelato particolari caratteristiche degne di nota.

« Altri studi effettuati sulla ionizzazione dell'aria e sulla dispersione radioattiva, hanno dimostrato che queste condizioni fisiche esistono nella zona degli stabilimenti in rapporto quasi doppio del normale ».

I risultati di alcune di queste ricerche già sintetizzati da Ginori Conti possono riassumersi brevemente, ricordando che, con circa 70 misure eseguite in 30 stazioni con apparecchio di Ebert nell'estate del 1926 da A. Palagi, la ionizzazione atmosferica media della intera Regione Boracifera risultò normale anche in prossimità di vapore uscente da qualche foro isolato.

La ionizzazione atmosferica media relativa alle zone centrali della Regione Boracifera, in cui maggiormente si svolgono i vapori dei soffioni naturali, risultò quasi sempre maggiore del normale con carattere notevolmente unipolare (positiva) nelle immediate prossimità del suolo. In definitiva, l'influenza dei soffioni sulla ionizzazione generale della atmosfera della intera regione non apparve di sensibile rilievo.

Nel 1927 C. Cicconetti eseguì tre stazioni pendolari di gravità con apparato di Sternek a Montecerboli, Lustignano e Buca di Paladino e riscontrò sensibili anomalie.

Nel 1928, a cura di E. Soler e G. Boaga, con la Bilancia di Eötvös furono eseguite 32 stazioni lungo la strada Lustignano, Serrazzano, Montecerboli, Castelnuovo, Monterotondo, Lago.

Secondo G. Boaga, in parecchie stazioni sulla strada Montecerboli-Monterotondo si ebbero oscillazioni denotanti continui disturbi dovuti alla circolazione del vapore. La direzione dei gradienti determinata fece pensare alla esistenza di un banco sotterraneo di materiale pesante e posto entro la regione segnata dalla strada da Lustignano per Serrazzano e Bagno alla Perla a Castelnuovo, e che poi, pur interrompendosi, continua verso SE in direzione della catena metallifera.

Nel 1926 furono misurati i valori di intensità magnetica orizzontale in 8 stazioni (Larderello, Castelnuovo (2), Serrazzano, Sasso, Lagoni Rossi, Lago, Monterotondo, Sasso Pelaghi).

$I \Delta H$ variano tra -1γ e -12γ .

Nel periodo 4-21 settembre 1935 C. Contini con il variometro Askania-Werke eseguì 343 misure, su un'area di circa 100 Km², con approssimazione minima di circa $\pm 5 \gamma$ e media di $\pm 3 \gamma$. Mancava la stazione di registrazione delle variazioni del campo magnetico terrestre. Interessanti piccole anomalie furono riscontrate a Lagoni Rossi, a Sasso e ad Ovest di Castelnuovo. Anomalie maggiori si ebbero a Montecerboli, Serrazzano e Lustignano, imputabili probabilmente alla presenza di rocce ofiolitiche affioranti.

Per le altre ricerche e prospezioni geofisiche, vedi E. Soler (1930), L. Solaini (1950) e A. Mazzoni e J. J. Breusse (1952).

(2) Seconda «ruca» del Merla (per cui vedi vol. 70 del Boll. Soc. Geol. It. del 1951).

Il problema della scelta dei criteri da assumere nella ricerca di altre zone vaporifere nell'ambito della *medesima unità geologica produttiva*, appare, così, abbastanza definito nei suoi termini e nei suoi limiti.

Il quadro su delineato costituisce, perciò, lo schema in base al quale si svolgono le ricerche al di fuori del gruppo dei centri produttivi e delle aree intermedie; insieme con i problemi relativi esso fornisce pure elementi di orientamento nella condotta delle ricerche e nell'impostazione degli studi in corso nelle altre regioni delle quali si dirà appresso.

Ipotesi sulle origini del vapore di Larderello. - Nei « campi produttivi » non sembra perciò necessario, agli *effetti pratici immediati ed attuali*, complicare il problema con l'aggiunta di nuove incognite, quali sono tuttora quelle riguardanti l'origine prima del vapore e la massa, se una ve n'è, dalla quale esso bollirebbe « retrogradamente », distillerebbe o comunque si libererebbe per migrare verso le zone di minore resistenza al moto ⁽²⁸⁾.

Né è detto, d'altra parte, che con l'avvicinarsi alla sede di sviluppo il vapore debba trovarsi necessariamente concentrato in misura eguale o maggiore di quella dei livelli attualmente in fase di coltivazione. Anzi, ammessa lecita l'analogia, la distribuzione spaziale dei giacimenti minerali di origine ignea, connessi alla fase pneumatolitica ed idrotermale dell'intero ciclo differenziativo magmatico, indurrebbe a ricercare ad una discreta distanza dai focolari ignei le sedi di maggiori concentrazioni delle correnti fluide vaporifere dotate di sufficiente mobilità ⁽²⁹⁾.

Comunque, le alte temperature con le elevate pressioni e gli inevitabili fenomeni di termochemiocontatto insieme con i probabili processi di impermeabilizzazione diffusa non debbono trascurarsi nella progettazione di sondaggi profondi condotti addirittura allo scopo di avvicinarsi al tetto delle eventuali camere « magmatiche » ancora « liquide » ⁽³⁰⁾.

(28) Ciò va detto a proposito dell'idea comune che a maggiori profondità si debbano ritrovare più forti concentrazioni utili, qui, del vapore ed, in altri casi, di minerali metalliferi, idrocarburi ecc.

(29) A proposito della « distillazione diffusa » alla periferia del corpo magmatico, vedi P. Niggli (1919 e lavori posteriori).

(30) Per la distribuzione delle temperature nello spazio e nel tempo dopo la messa in posto di una massa ignea (fusa), vedi Ingersoll e Zobel (1913), H. Schneiderhorn (1934 e lavori posteriori), R. H. B. Jones (1934) e F. Falini (1918).

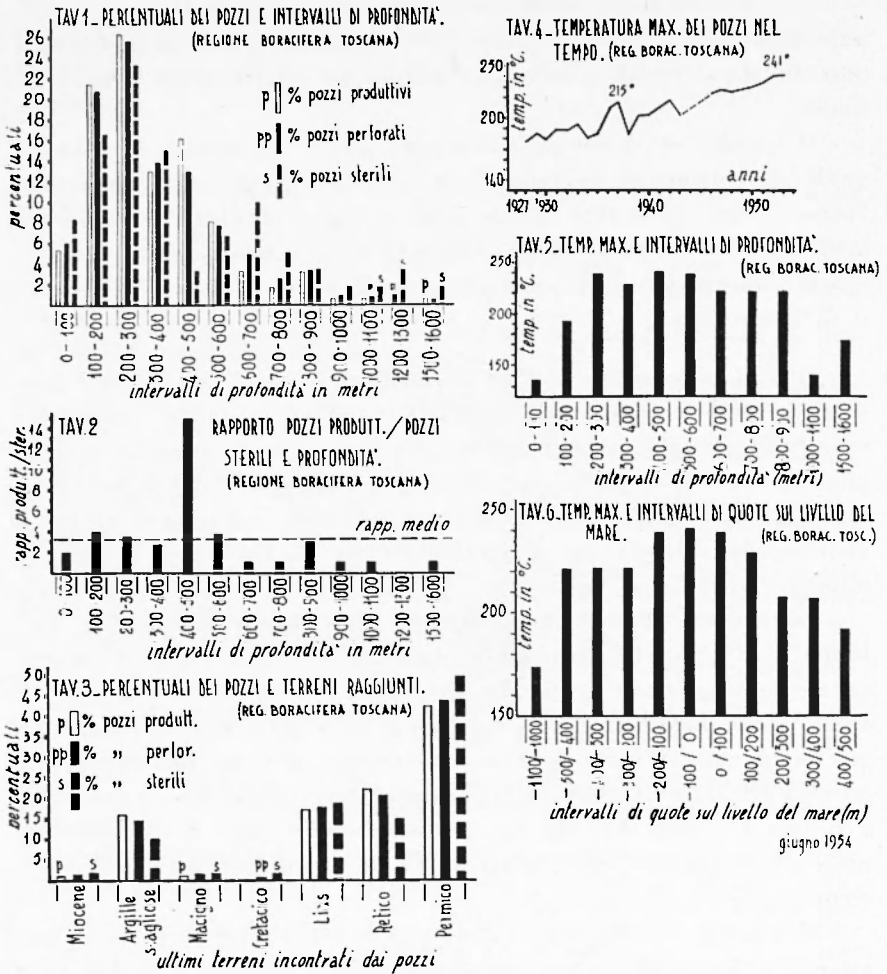


Fig. 15 - Regione boracifera toscana. Diagrammi vari. Le temperature sono quelle del vapore all'uscita dalla bocca del foro

Tutto ciò non significa che il problema della « origine » del vapore di Larderello vada accantonato. Invero, tale problema non soltanto si presenta suggestivo dal punto di vista scientifico, ma è divenuto anche addirittura pressante agli effetti pratici sia per le aree limitrofe a quelle di « Larderello produttivo », sia per le altre regioni italiane ed estere rivelanti carattere di alta esalatività idrotermale. Anzi, agli effetti della previsione per il futuro, sia pure non molto prossimo, la conoscenza dell'origine del vapore si rende neces-

saria anche nell'area attualmente produttiva: quivi, infatti, ancora non si sa se il bacino, diciamo così, vaporifero o forse « vaporigeno », si ricostituisca o si vada esaurendo con il prolungamento e l'aumento dell'attingimento. Ricostituzione ed esaurimento si intendono riferiti non solo ai quantitativi di H_2O , ma anche e specialmente alla sua temperatura.

Delle ipotesi che, in proposito, si sono emesse finora, alcune lascerebbero tranquilli in quanto implicano un « apporto profondo » endogeno in misura superiore a quello attualmente utilizzato.

Altre ipotesi vedono nelle erogazioni attuali l'attingimento da una riserva (di energia termica) accumulata nell' H_2O durante i tempi passati (anche geologici) e che non sarebbe rifornita a sufficienza da nuovi apporti endogeni.

Come si vede dalle tabelle 6 e seg. completate dalle figure 15 e 16, non sembra però che le temperature siano andate diminuendo col tempo nonostante il sempre più intenso sfruttamento: anzi, pur essendo rimasti praticamente gli stessi i terreni con le profondità donde si attinge, si riscontra piuttosto un aumento delle temperature.

Le ipotesi emesse ⁽³¹⁾ sostanzialmente possono ridursi a quelle del seguente schema:

- | | | |
|----|--|--|
| a) | volatili magmatici (o di plutoni diapirici ecc.) | { 1°) diretti (juвениli) { 2°) risorgenti |
| b) | acque esogene riscaldate dal contatto con terreni o corpi geologici a più alta temperatura | { 1°) praticamente stagnanti (nell'assie- me, con o senza moti di vene sin- gole a ciclo chiuso per effetto con- vettivo) { 2°) in lento movimento, di infiltrazione locale (con o senza i moti di cui al n. 1°) { 3°) in lento movimento, ma di infiltra- zione lontana (in pressione, con o senza i moti di cui al n. 1°) |
| c) | H_2O d'origine mista: acque esogene in cui si condensa anche vapore (per un esempio vedi fig. 6). | |

⁽³¹⁾ A proposito delle ipotesi partenti dall'idea dell'origine diretta juvenile del vapore, ci si limita qui a ricordare che B. Lotti (1928) fu fra i primi a sostenere l'origine juvenile dei fluidi di Larderello che immaginava esalanti da un bacino magmatico granitico col tetto profondo fra i 2000 e i 6000 metri. F. Sacco

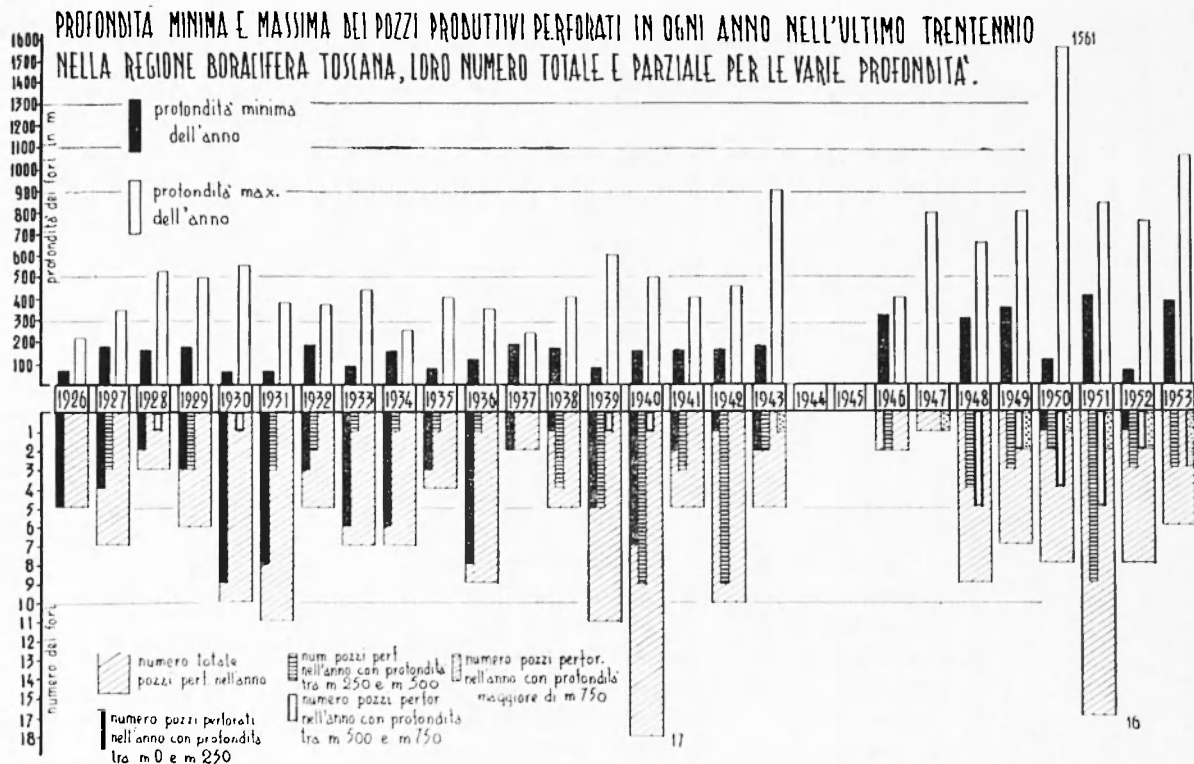


Fig. 16 - Regione boracifera toscana. Profondità e fori produttivi durante l'ultimo trentennio. È da avvertire che: a) non sempre il livello produttivo è il più profondo raggiunto dal singolo foro; b) dopo il 1915 si sono impiegate sonde capaci di raggiungere più facilmente maggiori profondità; c) col progredire del tempo i sondaggi sono ricaduti anche in aree discoste dall'apice delle culminazioni sepolte del basamento retico-permico.

Per dire quale delle ipotesi sia la più attendibile ⁽³²⁾, più in accordo cioè, con i dati geologici e geofisici obbiettivi disponibili, bisognerebbe conoscere molto di più di quanto si conosce anzitutto dal punto di vista generale (sulle caratteristiche dei volatili puri endogeni juvenili) e poi dal punto di vista specifico locale. Numerosi sono gli studi in corso sui fluidi endogeni in molte parti del mondo; essi utilizzano i moderni mezzi di indagine sui gas ⁽³³⁾, sulle caratteristiche dell'*H₂O* nei suoi vari stati ⁽³⁴⁾, sulla radioattività ⁽³⁵⁾, sui gas rari ⁽³⁶⁾, sugli isotopi ⁽³⁷⁾ ecc. I risultati di questi studi forniranno elementi di confronto più adeguati per la risoluzione del problema in cui il numero delle incognite supera tuttora di gran lunga quello delle relazioni obbiettivamente riconosciute fra le incognite stesse.

Comunque, allo stato delle conoscenze schematizzate nelle tabelle e figure riportate, non sembra per ora profilarsi un depauperamento del contenuto energetico nel bacino vaporifero toscano, osservato nel suo complesso per oltre un cinquantennio.

ed altri più o meno hanno seguito questa idea. P. Ginori Conti (1938) immaginava che la massa magmatica attraversi la fase pneumatolitica.

A. Rittmann in un primo tempo pensava ad un magna granitico in normale processo di consolidamento e che abbia già oltrepassato lo stadio di massima pressione interna perdendo, così, la capacità di «erompere» e di dar luogo a fenomeni vulcanici effusivi ed esplosivi. In un secondo tempo lo stesso studioso ha collegato le manifestazioni di vapore della regione toscana alla esistenza nel sottosuolo di «plutoni granitici di rifusione».

Fra le ipotesi di un'origine connessa a bacini idrici che con la loro evaporazione o ebollizione liberano il vapore utilizzato, vanno segnalate quelle di U. Shorgi (1939), e di J. Coguel (1953) con gli studi e raccolte di L. R. e A. C. Ingersoll e O. J. Zobel (1913 e 1948) e di L. Prandl (1952).

Sotto un certo aspetto è riportabile all'ipotesi della origine mista l'idea di H. Reck (1935) che vede nelle «acque permanenti» sotterranee un'azione tampone efficace ad impedire la perdita diffusa nell'atmosfera del vapore endogeno (juvenile, magmatico sec. l'A.), per cui vedi fig. 6.

⁽³²⁾ Per le ipotesi in genere sulla origine e classifica dei vapori endogeni, vedi letteratura citata a proposito della *terminologia* e dei *Campi Flegrei*, e anche W. H. Emmons, G. A. Thiel, C. R. Stauffer e I. S. Allison (1938, pag. 67-91), F. Falini (1947 e 1948), F. Penta (1939 e 1940), Arrenius, Brun, De Lorenzo ecc.

⁽³³⁾ Vedi le citazioni a proposito della terminologia, nonché E. T. Allen (1922), E. S. Sheperd (1925).

⁽³⁴⁾ Per queste caratteristiche in generale vedi G. C. Kennedy (1950); R. Mosebach (1952); R. Nacken (1950); F. G. Smith (1953); G. Tammann e A. Rùhenbech (1932); L. Prandl (1952) e J. Coguel (1953).

⁽³⁵⁾ Per Larderello, vedi L. Solaini (1950).

⁽³⁶⁾ Per Larderello, vedi specialmente i vari lavori di U. Shorgi.

⁽³⁷⁾ Vedi N. Parravano e B. Pesce (1938), G. Boato (1951-52), H. Craig (1953), M. L. Jensen (1953), J. Noetzelin (1952), H. Schwander (1953), R. Rankama (1954), F. S. Grant (1954), M. Santangelo (1954).

6. INDAGINI E RICERCHE NEL NAPOLETANO (38).

Lavori precedenti. - Nel 1951 furono riprese le ricerche per lo sfruttamento della energia vulcanica nella zona napoletana (v. figure 17-32, 34-44 e tavole fuori testo). Questa energia è connessa a masse magmatiche di cui sono prodotti visibili gli edifici vulcanici del Somma-Vesuvio e della regione delle Isole e dei Campi Flegrei, con le relative manifestazioni solfatariche, fumaroliche ed idrotermali (39).

A differenza, dunque, della ricerca nell'area toscana, già nota come *vaporifera*, ove si parte dal dato di fatto della esistenza di un vapore sotterraneo surriscaldato ed utilizzabile, nei Campi Flegrei si parte da manifestazioni idrotermali ed esalative, dimostratesi « secondarie » (40). Quivi cioè, la esistenza del vapore acqueo surriscaldato è soltanto presupposta in base alla esistenza, altrimenti rivelata, di bacini magmatici ancora attivi.

Le ricerche erano state iniziate nel 1939 e si erano protratte fino al settembre del '43, quando i lavori furono interrotti a causa degli eventi bellici. In questo periodo era stata eseguita una campagna sistematica di trivellazioni con una settantina di sondaggi profondi da poche decine di metri fino a circa 700 metri con relative prove prolungate di erogazione e connesse misure di natura varia.

Le ricerche, miranti al ritrovamento di vapore surriscaldato, per necessità di cose furono condotte contemporaneamente a quelle dirette ad accertare i quantitativi di acqua calda necessari agli impianti di cui si dirà appresso.

Durante i lavori si ebbero erogazioni, talvolta spontanee, dai fori trivellati: ma si aveva un miscuglio di acqua e vapore a basso titolo proveniente dall'ebollizione parziale delle acque termali sotterranee. Queste, a loro volta, furono interpretate come prodotti del mescolamento di fluidi di origine più profonda con acque esogene costituenti falde idriche relativamente superficiali, più o meno in comunicazione col mare.

(38) Per le precedenti pubblicazioni sull'argomento, si rimanda alle note di F. PENTA ne *L'Industria Mineraria* del 1941, 1942, 1952 e 1954, al *Bollettino della Soc. Geologica Italiana* (69, 1950) con relativa letteratura ed agli *Annali di Geofisica* (2, 1949; 4, 1951) ecc. ed a G. Malquori (1953).

(39) Vedi in proposito le rassegne bibliografiche di A. Pochettino (1939), A. Rittmann e F. Ippolito in « Pompeiana » (1950), F. Signore (1953).

(40) Secondario qui va inteso nel senso che il vapore acqueo delle fumarole proviene dall'ebollizione o dall'evaporazione delle acque calde sotterranee in corrispondenza di depressioni naturali o artificialmente provocate mediante la perforazione di pozzi con o senza manovre di « alleggerimento ».

Le erogazioni avevano talora carattere esplosivo geiseriforme ⁽⁴¹⁾; più spesso si ebbero « produzioni » continuative per ore, mesi e anche per più di un anno.

L'esplosività geiseriforme o l'erogazione continua erano regolate, oltre che da fattori intrinseci idrogeologici-termali del sottosuolo, anche da caratteristiche morfologiche esterne (quota della bocca del foro rispetto al livello dell'acqua sotterranea, vicinanza del mare ecc.).

Per giungere ad una utilizzazione, sia pure provvisoria, della energia termica resasi disponibile con le perforazioni, si installarono ad Ischia due piccoli impianti termoelettrici in uno dei quali (di circa 300 Kw) l'acqua termale era utilizzata per provocare la ebollizione di un fluido motore intermedio (cloruro di etile); nell'altro (di circa 500 Kw) si prevedeva l'impiego diretto del vapore saturo separato a bassa pressione.

Tale utilizzazione si rendeva allora indispensabile per l'Isola di Ischia, anche per procurare la energia necessaria al proseguimento delle « ricerche » vere e proprie di vapore.

Lavori attualmente in corso di esecuzione. - Dopo l'interruzione bellica e postbellica il problema venne riesaminato alla luce delle conoscenze acquisite ed in vista delle nuove disponibilità di mezzi. Si provvide anzitutto all'esecuzione del rilievo geologico dettagliato della regione da investigare ⁽⁴²⁾.

Così, su basi più ampie, nel giugno 1951 furono ripresi i lavori di ricerca con la mira di individuare gli accumuli ⁽⁴³⁾, le vene o le falde di vapore acqueo: sia esso stagnante, che risaliente o comunque circolante nei terreni sufficientemente isolati rispetto alle acque di origine esterna.

Si è fatto precedere la campagna di perforazioni da ricerche geofisiche aventi lo scopo precipuo di fornire, nei limiti delle possibilità,

⁽⁴¹⁾ Per i confronti con i geysers di altre regioni, vedi T. F. W. Barth (1912, 17, 19 e 52) e T. F. W. Barth, F. D. Bloss (1949), R. A. Sonder (1941). Per i geysers dell'Isola d'Ischia, vedi recente nota di M. Sappa (1954).

⁽⁴²⁾ Vedi nel Boll. Soc. Geol. It. (69, 1950) i risultati del rilievo eseguito da A. Rittmann, F. Falini, P. Nicotera, U. Ventriglia e L. Vigbi.

Per le isole di Ischia e di Procida, vedi A. Rittmann (1930 e 1953) e B. Santi (1954).

⁽⁴³⁾ Conviene qui ricordare la differenza di comportamento fra il caso del fluido H_2O ad alte temperature circolante sotto basse pressioni e quello di accumuli stagnanti sotto elevate pressioni; per questo secondo caso, in un sistema praticamente chiuso, le caratteristiche di stato dell' H_2O possono essere, infatti, confrontabili con quelle in un autoclave e dipendono essenzialmente dal « grado di riempimento »; per cui vedi, per es., G. Tammann e A. Rühlbeck (1932), R. Moebach (1952), G. C. Kennedy (1950), J. Coguel (1953) e C. W. Correns (1953).

i primi ragguagli sulla struttura del sottosuolo flegreo alle profondità non ancora direttamente investigate con i sondaggi del 1939-43.

Ma il frequente prevalere delle « variazioni orizzontali » della natura dei terreni, del loro contenuto di acque e di sali e della temperatura, su quelle verticali, ha reso, per esempio, meno agevole del solito l'interpretazione geologica e idrogeologica dei risultati ottenuti con la prospezione geoelettrica.

Con i lavori di perforazione in corso, accompagnati da carotaggio meccanico ed elettrico e dal microlog, si procede, perciò, anche a stabilire i significati geologici e idraulici delle caratteristiche elettriche rilevate dalla superficie, complicate dalla coesistenza di acque salate marine ed acque termominerali.

Dopo qualche assaggio, risultato non soddisfacente, con la tecnica normale della « sismica » a riflessione, si sta operando con la « sismica » a rifrazione nelle aree meno accidentate morfologicamente nell'intento di raccordare questa area flegrea con la restante pianura del Volturno, già « prospettata » per via sismica ed integrata da rilievi geoelettrici e gravimetrici ⁽⁴⁴⁾.

Intanto, è avanzata la campagna di perforazione con sonde Rotary. Dal 1951 sono stati eseguiti 3 fori nei Campi Flegrei (da 1200 a oltre 1800 metri), e 6 all'Isola d'Ischia (il più profondo circa 1000 metri).

Con tale sistema di perforazione, accompagnato da tutte le ricerche, indagini ed osservazioni che esso permette, si sono potute raggiungere in pochi mesi profondità che con i sistemi precedentemente impiegati richiedevano qualche anno di lavoro. In cambio però si è resa più difficile e delicata l'opera di assistenza in campo petrografico, geologico ed idrogeologico, nonostante l'ausilio continuo dei carotaggi elettrici, delle altre rilevazioni e dei mezzi della tecnica petrolifera, largamente utilizzati in questa nuova fase di attività, e, mano a mano adattati al nuovo ambiente di impiego.

Risultati delle ricerche. - Dal punto di vista geologico ⁽⁴⁵⁾ si è dimostrato che il tetto del bacino magmatico che ha alimentato il

⁽⁴⁴⁾ I risultati di tale ultimo complesso di prospezioni condotte allo scopo di ricerca di idrocarburi, ed alle quali sono seguiti già dei sondaggi meccanici profondi, hanno avuto già conferma da una perforazione eseguita sulle pendici della Solfatara.

⁽⁴⁵⁾ Dal punto di vista geologico le ricerche hanno permesso di maturare alquanto le idee sulla diffusione del « tufo verde tipo Epomeo » e delle marne fossilifere tipo « tufiti » ischitane nel sottosuolo flegreo, sullo spessore delle vulcaniti alcalitracitiche flegree, sulle eruzioni laviche precedenti al tufo verde Epomeo, sui considerevoli abbassamenti della regione Fusaro-Licola durante il vulcanismo e

vulcanismo locale non è concepibile più alla profondità dell'ordine di uno o due chilometri al massimo, come si pensava prima delle ricerche (46). In tutta la regione si deve immaginare una intrusione magmatica spinta (direttamente o, più verosimilmente, mediante apofisi) fin sotto il Pliocene, il Calabriano e i propri prodotti vulcanici nella zona ischitano-flegrea e, di regola, ristagnante invece sotto il Mesozoico nella regione somma vesuviana e in quella aurunca (47).

A tutta una serie di eruzioni è dovuto il riempimento graduale dell'antico e molto ampio golfo campano, nonostante che parzialmente il fondo intanto si abbassasse in zolle fagliate distinte (mentre in altri punti, come per es. a Ischia, si sollevava). Depositi marini ed anche lagumari hanno, a loro volta, contribuito a colmare le fosse più di una volta ricostituitesi per effetto di faglia nuove o ringiovanite.

Ciò, agli effetti pratici immediati, indica che la ricerca non può dirsi limitata al migliaio di metri di profondità.

Comunque, il complesso vulcanitico-sedimentario supera i 1800 m sulle pendici esterne della Solfatara: quivi esso è stagno, rispetto alle acque esterne più vicine, a cominciare da circa 1400 m di profondità. Non si sono raccolti elementi che lascino prevedere prossimo l'inizio degli effetti della metamorfosi di contatto sui sedimenti e specialmente su quelli argillosi o argillo-marnosi: si è ancora ben lontani da una zona paragonabile a quelle dette delle « aureole » metamorfiche di termochemiocontatto.

Dal punto di vista idrogeologico, si possono sciogliere le riserve un tempo (48) avanzate, in quanto le acque sono presenti anche a maggiore profondità e sono più o meno salate.

Nel sottosuolo della *regione flegrea (di terra ferma)* investigata, anzi, si profila la coesistenza di più falde, accumuli o livelli distinti di acque calde e mineralizzate; per qualche acqua più profonda può escludersi la comunicazione col mare attuale.

sulle relative faglie, sulla grande dislocazione fra l'Isola d'Ischia e la terraferma più prossima, sugli spostamenti nel tempo delle bocche eruttive e sulla storia in genere del vulcanismo campano dal Pliocene ad oggi.

(46) Vedi lavori di C. De Stefani, G. De Lorenzo, A. Rittmann ecc.

(47) I rivimenti di scorie, di breccie vulcaniche e di vulcaniti in genere in punti isolati e periferici rispetto al centro più attivo flegreo, e di cui qualcuno è da attribuirsi con ogni probabilità a manifestazioni locali, indicherebbero una maggiore estensione della intrusione in profondità ed un inizio del vulcanismo alquanto più remoto di quanto era lecito supporre in base ai dati geologici rilevabili dalla superficie esterna.

(48) Vedi *Boll. Soc. Geol. It.*, 69 del 1950 ed *Ann. Geof.* (1949 e 1951), in cui si insisteva sul dubbio che, a causa di difetto di cementazione, non fossero state isolate le varie acque incontrate con i sondaggi.

In un foro ai Campi Flegrei, in base al livello statico dell'acqua calda che si incontra al disotto dei 1400 metri di profondità, si ha ragione, infatti, di credere di aver oltrepassato finalmente la zona impregnata di acqua marina attuale. Nello stesso foro le prove eseguite hanno indicato che il fluido incontrato al disotto della zona invasa dalle acque del mare potrebbe anche essere allo stato aeriforme.

Prove in corso, rese difficili dalla temperatura (fino a circa 300°) e forse anche dall'azione disturbatrice dei fluidi incontrati, mirano in questo momento a confermare o meno tale interpretazione.

All'Isola d'Ischia, i fori, considerati nel loro assieme, hanno permesso di intravedere molto verosimile un quadro idrologico riportabile a quello schematizzato da T. W. Barth per l'Islanda ⁽⁴⁹⁾: sotto una « falda » freatica di spessore crescente dalla periferia verso l'interno, l'acqua marina impregnante il sottosuolo è limitata da una superficie con concavità verso l'alto molto accentuata. Entro questo bacino sotterraneo sembrano rivelarsi qua e là zone di alta termalità. La delimitazione di tali zone forma appunto uno scopo precipuo della ricerca sistematicamente condotta.

Dal punto di vista della ricerca di vapore, resta, perciò, abbastanza avvalorata la prima ipotesi di lavoro, dell'esistenza, cioè, di spiragli sepolti di vapore acqueo che riscaldano le falde o gli accumuli d'acqua del sottosuolo. Si manifesta però la necessità di una indagine più approfondita e più completa sul significato del complesso tutto delle acque sotterranee e della loro funzione nella fenomenologia esalativa e termale della regione investigata.

In ogni caso, non ancora è possibile decidere se il problema della ricerca di vapore *industrialmente utile* sia per risolversi nello spazio già investigato, cioè, nel complesso vulcanico-sedimentario quaternario (e forse pliocenico).

Mancano, comunque, fino ad oggi, elementi positivi per affermare la « sterilità industriale » di questo complesso e la necessità di rivolgersi soltanto ad orizzonti molto più profondi e più ricchi di incognite di ogni tipo.

Il quadro geologico della regione tutta, della pianura campana con i relativi centri vulcanici flegreo e somma-vesuviano (e sotto certi riguardi anche aurunco) va riveduto in base ai risultati dei sondaggi

⁽⁴⁹⁾ T. W. Barth (1942). A mostrare che non sempre sia così, basti l'esempio recentemente segnalato dell'isola di Pianosa, ove a poca profondità s'incontra acqua dolce in pressione di infiltrazione lontana, vedi R. Masini (1953). Vedi anche R. Stappenbeck (1933).

più profondi eseguiti negli ultimi 2-3 anni; qualche sondaggio profondo nel centro dei Campi Flegrei e all'Isola d'Ischia si rende indispensabile per completare questo quadro nel quale hanno sede i fluidi che si ricercano.

Nelle condizioni così riconosciute grazie ai lavori effettuati, non può dirsi più che il problema della ricerca del vapore surriscaldato sia adeguatamente impostato, nel senso che i limiti appaiono molto più estesi e meno definiti di quanto si prevedesse in passato.

Comunque, le osservazioni sistematiche, freaticometriche ed idrauliche in genere e quelle relative a salinità ⁽⁵⁰⁾ delle acque e contenuto di gas, temperature, radioattività ⁽⁵¹⁾, isotopi ⁽⁵²⁾ presenti degli elementi fondamentali, rapporti acqua vapore alla bocca dei pozzi, incrostazioni ecc. e variazioni (spaziali e temporali) di queste caratteristiche, mirano a stabilire, con l'origine delle varie acque e della loro termalità, la sede nella quale converrà concentrare le ulteriori ricerche.

Difficoltà incontrate nel campo interpretativo ed agli effetti della utilizzazione immediata dei fluidi rinvenuti. Stato delle conoscenze sul problema della esistenza di vapore acqueo nel sottosuolo « flegreo ». - Varie difficoltà si sono incontrate nello sviluppo dei lavori di prospezione e di ricerca vera e propria, non solo agli effetti di una utilizzazione, sia pure provvisoria, dei fluidi rinvenuti, ma anche agli effetti della interpretazione dei fenomeni.

Per ora si è avuto da fare di regola con acque termali, anche se talune di alta termalità.

Tali acque, sempre salate, nel risalire nei fori, spontaneamente o dopo « pistonaggio », bollono, producendo vapore con rapporto vapore/acqua di regola corrispondente alla temperatura d'origine.

⁽⁵⁰⁾ Sulle influenze che le caratteristiche (quantità e profondità) delle acque esterne alimentanti il bacino idrologico, entro cui sfociano volatili iuvenili (magnetici), hanno sui caratteri delle incrostazioni all'esterno (silice, carbonati, minerali argillosi e sul contenuto salino delle acque sorgive, vedi E. T. Allen (1934), che si basa sulle osservazioni al Yellowstone Park (e Mammoth Springs).

Per la variabile solubilità di diversi sali nelle acque con la temperatura, cui è dovuta la difficoltà di interpretare l'origine delle acque che si incontrano nei fori, vedi T. E. Gillingham (1948), Ph. H. Kuenen (1950), H. Neumann (1948), H. S. Booth e R. M. Bildwell (1950), R. Nacken (1950), R. Mosebach (1952), D. Marsal (1952), F. S. Smith (1953), K. Jasmund (1953) e gli autori che si citano a proposito delle differenze delle caratteristiche fisico chimiche dell'H₂O (pag. 69-70).

⁽⁵¹⁾ Vedi ricerche di G. Imbo'.

⁽⁵²⁾ Vedi in proposito quanto accennato per Larderello.

Esse per lo più sono molto incrostanti ⁽⁵³⁾.

Il processo di incrostazione è spesso così rapido che già dopo qualche settimana il foro si ostruisce ed ogni erogazione cessa (v. figg. 31 e 32). Ciò, dal punto di vista applicativo, ha non lieve importanza; in campo interpretativo, impedisce di mantenere in osservazione il fenomeno per tempi sufficienti a scorgere eventuali tendenze nelle variazioni dei caratteri chimici e fisici del fluido erogato. Tendenze che, già per loro conto, difficilmente si rivelano quando le portate erogate sono esigue in rapporto alla entità dei bacini che le alimentano.

In tali condizioni non si sono potute ancora trarre conclusioni dalle osservazioni miranti a stabilire se in qualche foro è possibile richiamare, con la depressione creata, il presumibile vapore che, a distanza, sfocia e si condensa nella falda acquifera o, comunque, richiamare fluido a più alta temperatura.

Le alte temperature con altre caratteristiche delle acque e dei fluidi in genere e la necessità di isolare le falde riscontrate, senza occludere con la cementazione le discontinuità (fratture e giunti) delle formazioni lapidee (permeabili, cioè, soltanto in grande), complicano inoltre e di molto la sperimentazione.

Quasi tutti gli stessi fattori (specialmente temperatura ed alta salinità delle acque) aggiungono altre incognite, per esempio, al problema della interpretazione dei carotaggi elettrici e dei microlog.

Anche la misura con registrazione continua delle temperature, quando si superino i 200°, ha costituito problema di non trascurabile importanza.

Molte altre operazioni normali della tecnica dei sondaggi profondi per idrocarburi trovano difficoltà d'impiego quando le temperature superano i 150°-200°.

E per tutto ciò che l'esistenza di vapore acqueo « primario » surriscaldato nel sottosuolo « Flegreo », a stretto rigore di logica, non si può dire si sia ancora rivelata per via diretta.

Le più alte temperature rinvenute, con il continuare del loro incremento e con la persistenza di acque separate dal mare, lasciano

⁽⁵³⁾ Le incrostazioni, mentre nei Campi Flegrei sono essenzialmente a base di carbonato di calcio, nell'Isola d'Ischia sono risultate prevalentemente siliceo-manganesifere. D. E. White e collaboratori comunicano che nei sondaggi eseguiti nel campo idrotermale di Steamboat Springs nel Nevada si sono avute sia incrostazioni carbonatiche, che depositi silicei; in proposito gli stessi autori ricercano la spiegazione delle differenze ed esaminano i mezzi idonei per ovviare o ridurre gli inconvenienti che agli effetti pratici ne derivano. Vedi perciò i lavori di D. E. White, W. Brannock, Ph. F. Fix, V. P. Giannella, C. H. Sandberl (1948-1950).

prevedere non lontano lo stato critico o sopra critico dell' H_2O con le relative conseguenze.

Sulla funzione dell'acqua sotterranea nella fenomenologia idrotermale esalativa e vulcanica in genere della Regione Flegrea. - I dati di osservazione finora raccolti non permettono ancora di decidere fra le due seguenti ipotesi egualmente ammissibili: 1°) le acque sotterranee più o meno distinguibili fra di loro costituiscono soltanto una specie di « filtro » per le correnti di vapore ascendente; 2°) la fenomenologia idrotermale sotterranea della regione esiste soltanto in quanto esistono queste acque, di modo che, anche procedendo verso maggiori profondità, verso cioè la sorgente prima del calore, l'ambiente resta sempre lo stesso.

Nella seconda ipotesi non avrebbe senso distinguere fra H_2O (gas, poi vapore surriscaldato, ecc. ed infine acqua liquida) endogena ascendente ed H_2O di origine esogena.

Questa seconda ipotesi non è in contrasto con la disuniforme distribuzione della temperatura del sottosuolo investigato per cui vedi fig. 22-28; anzi, se le acque più profonde non circolano, ma stagnano, l'ipotesi non è neanche in contrasto con la fenomenologia vulcanica flegrea ed ischitana e specialmente con quella meno remota. La stessa ipotesi non esclude l'apporto di vapore « iuvenile magmatico » anche se tale apporto sia inteso in misura limitata (pochi per cento o al massimo 10-15% della massa totale di H_2O) (54) come concludono alla fine delle loro considerazioni sullo stesso problema in altre regioni Allen, White ecc., E. S. Sheperd (1927), Zies (1927), ecc.

In altri termini, la più immediata spiegazione porterebbe ad ammettere che le acque rinvenute traggano il calore dal vapore (con gas) proveniente dalle maggiori profondità e che, prima di sboccare nella libera atmosfera, incontri le acque sotterranee stesse ed in esse si condensano, riscaldandole a spese principalmente del proprio calore di evaporazione. Altre spiegazioni potrebbero, però, esaminarsi, ma non è qui il caso di discuterle tutte (55).

(54) In base ai lavori citati da T. F. W. Barth (in Barth, Correns ed Eskola, 1939) si tende ad ammettere che i magmi giacenti in profondità contengano dal 4% all'8% di H_2O a seconda che siano di natura basaltica o granitica rispettivamente.

Su questo argomento molta luce apportano le ricerche di R. W. Goranson (1931 e 1932).

(55) Vedi per ulteriori considerazioni in proposito: P. Niggli (1919, 1932, 1937), che illustra la storia dello sviluppo delle conoscenze sull'argomento; F. A. Perret (1950); G. W. Correns (1949); H. Cloos (1936, pag. 123-136); G. A. Cotton (1944, pag. 1-27); S. J. Shand (1949, pag. 34-51); T. W. Barth (1910 e 1912, pagg. 131-147);

Così, per es., non si può escludere di norma, che acque esogene fredde penetrino nel sottosuolo e risalgano poi verso la superficie dopo avere attraversato zone del sottosuolo più profonde e più calde; queste ultime sarebbero divenute calde per solo effetto di conduzione termica da parte di corpi geologici a più elevata temperatura. Le forti disuniformità fin'ora riscontrate in direzione orizzontale del « gradiente geotermico » (inteso in senso molto generale) rendono meno probabile tale eventualità in alcune delle aree vulcaniche e fino alle profondità finora investigate. Tali disuniformità perderebbero molto del loro significato qualora in un vasto bacino idrico sotterraneo costituito da una rete di fratture ed altre discontinuità e nel complesso stagnante si generassero moti riportabili ai cosiddetti « effetti di termosifone ».

Sussiste, tuttavia, la possibilità che il vapore acqueo, riscaldante le acque sotterranee meno profonde, provenga, a sua volta, da acque d'infiltrazione lontana e che con circuiti più profondi si siano evaporate per avere lambito corpi geologici ad elevata temperatura ⁽⁵⁶⁾.

Ricerche nell'area Somma-Vesuviana (v. fig. 17). Da anni è in programma una campagna geofisica e di trivellazioni nell'ambito del centro vulcanico *somma-vesuviano* e precisamente nelle aree meno minacciate dalle eventuali distruzioni, sempre da temersi durante i parossismi vesuviani che, più o meno ritmicamente, si ripetono ogni 30-50 anni circa. Le aree prescelte sono indirettamente indiziate (in corrispondenza cioè di eruzioni storiche o preistoriche eccentriche rispetto all'asse eruttivo attuale) e dovrebbero evitare al massimo le

G. N. Fenner (1931); A. De Lapparent (1912, pag. 147); H. Neumann (1948); H. Boeke e W. Eitel (1923, pag. 306-325); H. P. Cornelius (1953, pag. 223); S. Arrenius (1900); G. De Lorenzo (lavori vari); G. Ponte (1931), F. Signore (1925); A. Brun (1911-1914, 1924); R. A. Daly (1933); I. Haysaka (1940); F. v. Wolff (1914-1931); le critiche alle idee di J. E. Hilsch (1936), W. Klupfel (1937), M. Neumann van Padang (1937); V. Piatti (1939), R. Sonder (1937), J. Verhoogen (1936) elaborate da A. Rittmann nel *Geol. Jahresb.* del 1938 e del 1941, nonché i vari lavori dello stesso Rittmann e: E. T. Allen (1934), Th. Dahlblom (1933), A. L. Day (1925 e 1931), G. B. Escher (1931), I. Friedlaender (1916, 1925), A. Holmes (1932), J. E. A. Kania (1929), K. Keilhack (1935), W. Kliipfel (1933), J. R. Jefremow (1953), W. Maier (1933), A. Malladra (1933), J. Quirke (1931), K. Sapper (1915, 1917, 1928, 1934, 1937), R. Schwihner (1920), Ch. E. Stelm (1933), F. Stella-Starabba (1925), H. S. Whashington (1925), E. Willmann (1934), A. Wurm (1935), E. G. Zies (1932, 1934).

⁽⁵⁶⁾ Vedi in proposito per es., P. Ramdohr (1937) quando mette in rilievo le elevate profondità alle quali l'acqua esogena può infiltrarsi e le forti pressioni (di molto superiori a quelle idrostatiche locali) sotto cui possono trovarsi i fluidi sotterranei purché contenuti da tetti controspingenti non soltanto col loro peso.

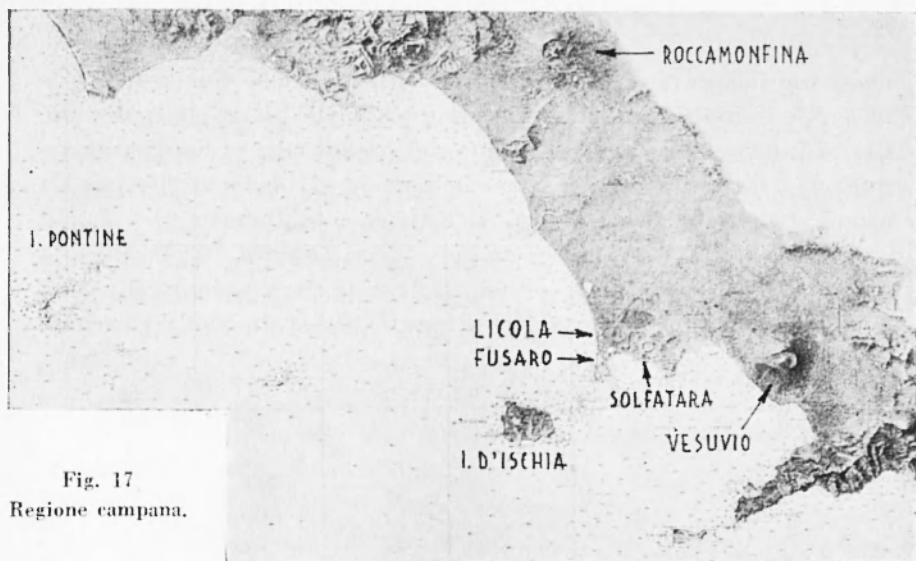


Fig. 17
Regione campana.

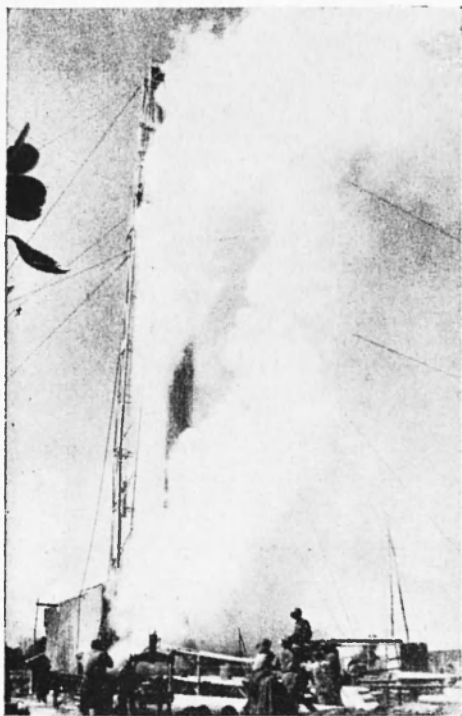


Fig. 18 - Fusaro (Campi Flegrei, Napoli)
Pozzo con erogazione di acqua e vapore.



Fig. 19 - Particolare del pozzo della
fig. 18. Erogazione del vapore dopo il
separator. Portata totale: 30-50 ton/h
(acqua+vapore); temperatura al separa-
tore: 105° C; rapporto acqua/vapore:
4-5; profondità della zona in erogazio-
ne: variabile fra m 590 e m 900; tem-
perature delle zone provate, prima e
dopo le prove, a pozzo pieno di acqua:
da 195°C a 210°C. Data: Maggio 1953.

numerose incognite connesse alla vicinanza di masse fuse a temperatura presumibilmente dell'ordine di un migliaio di gradi centigradi. Ciò, si intende, nel caso che il tetto del bacino magmatico giaccia veramente alla profondità di quattro o cinque chilometri prevista da alcuni studiosi (G. De Lorenzo, A. Rittmann, G. Imbò).

Previsione, questa, che potrebbe essere soltanto largamente approssimata — e per difetto — nel caso che la successione stratigrafica neogenica del sottosuolo vesuviano fosse la stessa di quella rinvenuta

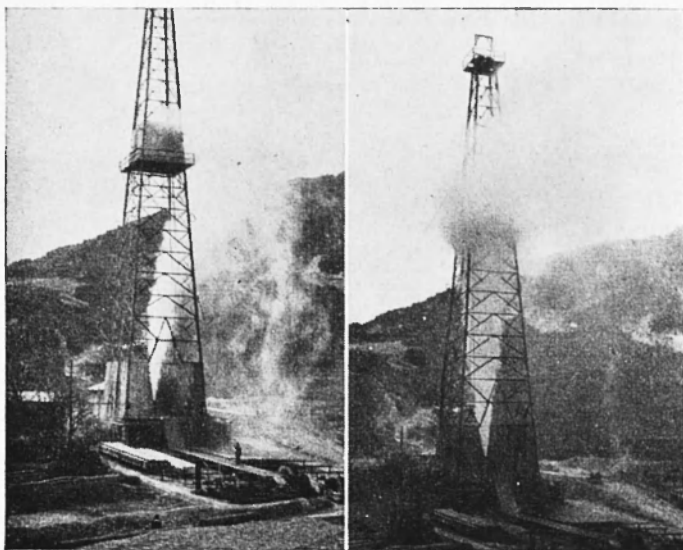


Fig. 20 - Agnano, Solfatara (campi Flegrei, Napoli). Pozzo in due fasi successive dell'esplosione nella libera atmosfera (profondità erogante fra ≈ 1100 e ≈ 1800 m).

con sondaggi profondi eseguiti di recente a qualche decina di chilometri più a NO, nella pianura del Volturno.

Molto più lontano dal vero sarebbe allora il valore di un paio di chilometri calcolato da F. v. Wolf (1947) in base a considerazioni del tutto diverse da quelle dei precedenti studiosi (57).

(57) Vedi in proposito L. v. Buch (1809), A. Scacchi (1845), J. Roth (1852-53), G. Guiscard (1856), Casoria (1887 e 1888), A. Lacroix (1893), A. Malladra (1926), G. De Lorenzo (1896, 1897, 1931, 1937), C. De Stefani (1907), F. Zambonini (1935), A. Rittmann (1933 e lavori posteriori), G. Imbò (1950), alcuni dei quali trattano specialmente dei frammenti sedimentari rigettati e della loro datazione.

7. INDAGINI E RICERCHE NEL VITERBESE (fig. 33).

Nella pianura dei dintorni di Viterbo, fra il centro vulcanico Vulturno e quello Cimino, esistono alcune sorgenti termominerali ⁽⁵⁸⁾ che erogano acque calde gassate (per CO_2 e H_2S) ed alcune manifestazioni fredde di CO_2 ⁽⁵⁹⁾. Le sorgenti termominerali si trovano allineate secondo la direzione NS in una fascia di circa 11 km di lunghezza e di poche centinaia di metri di larghezza. Entro detta fascia scarsissime sono le acque fredde, mentre tutto intorno e soprattutto a S-SE esistono numerose sorgenti fredde. Tutte le acque fredde hanno caratteristiche chimico-fisiche diverse da quelle delle acque termali.

Le sorgenti termominerali sono collegate a grandi placche di travertino; queste ricoprono le vulcaniti, a loro volta, sovrastanti ai sedimenti costituiti da calcari marnosi, arenarie, scisti argillosi e argille. Tali terreni sedimentari hanno nell'insieme un andamento sconvolto. Il complesso sarebbe riferibile a quello delle « Argille scagliose Appenniniche ». Ad *W* affiorano le argille plioceniche.

Da questo quadro si trasse l'ipotesi che le manifestazioni termominerali siano fenomeni post-vulcanici, che la temperatura alquanto elevata delle acque all'emergenza (oltre 60°) debba attribuirsi al riscaldamento di acque esogene dovuto a correnti ascendenti di vapori e gas di origine magmatica e che le vie di circolazione di tali fluidi



Fig. 21 - Particolare del pozzo della fig. 20. Erogazione del vapore dopo il separatore. Portata totale: ca. 10 ton/h (acqua + vapore); temperature al separatore: 105°C, rapporto acqua/vapore: da 1,65 a 1,24; profondità della zona in erogazione: da 1440 m a 1728 m; temperatura della zona provata, prima e dopo la prova, col pozzo pieno di acqua: da 225°C a oltre 295°C. Data: 1953

(58) F. I. cui il celebre « bullicame » ricordato anche da Dante Alighieri nella *Divina Commedia*.

(59) Vedi U. Sborgi (1937) per i gas rari nel Viterbese.

SCIZZO D'ASSIEME DELLA DISTRIBUZIONE DELLA TEMPERATURA DELLE ACQUE SOTTERRANEE NELLA REGIONE DETTA DELLE "MOFFETE" NEI CAMPI FLEGREI (tra il L. FUSARDO e il L. LUCRINO). Notare la spicata "inclinazione" termica ($t=294^{\circ}+235^{\circ}$) alle profondità di -441 e -533 m s.l.m. nei fori 7 e 17 cui corrisponde in alto una fascia stretta ma alquanto lunga di maggiore "armatura" (per es. v. sul piano di q. -27 m le temperature 141° e 116°)

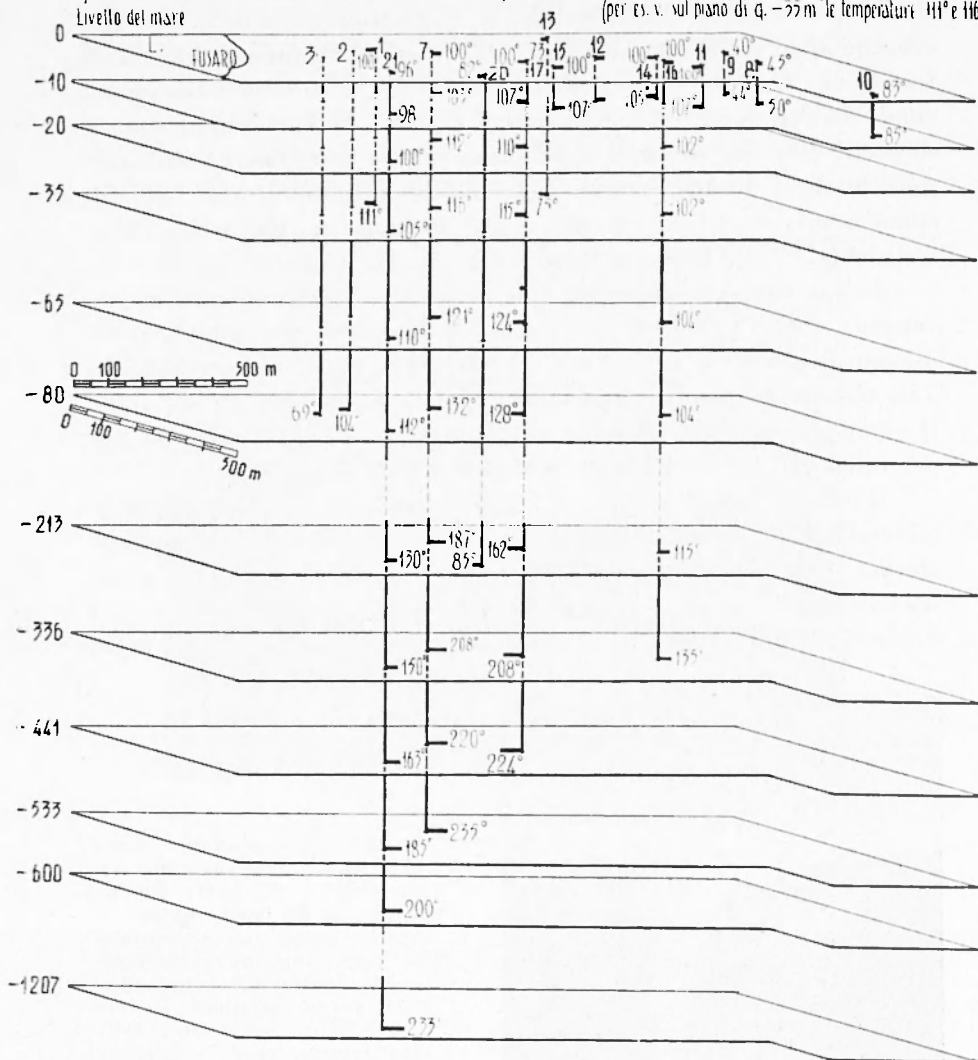


Fig. 22 - Campi Flegrei (Napoli)

trovino la loro sede in formazioni permeabili, in fratture e in contatti stratigrafici e tettonici sepolti sotto la coltre piroclastica.

Sono stati eseguiti già cinque sondaggi (da poco più di 100 metri fino a circa seicento metri), una campagna di sondaggi elettrici ed alcuni profili sismici a rifrazione ⁽⁶⁰⁾.

Sondaggi con relative prove di erogazione ed analisi dei fluidi, rilievo geologico ed idrologico della regione e prospezioni geofisiche hanno permesso di stabilire che, se pure le manifestazioni superficiali debbono intendersi secondarie, tuttavia nel loro complesso costituiscono segni tangibili di un considerevole contenuto energetico di quel sottosuolo.

Si è potuto formulare, altresì, l'ipotesi abbastanza fondata che attraverso discontinuità d'origine tettonica risalga verso l'immediato sottosuolo l'acqua resa già termale a maggiore profondità. Le nuove perforazioni, da ubicare perciò in prossimità dell'incrocio di due faglie riconosciute con le indagini e prospezioni espletate, dovranno esplorare profondità maggiori e più precisamente la zona nella quale le acque stesse assumono la loro termalità da presumibili spiragli di vapori sepolti.

8. ACCENNO A QUALCHE STUDIO ESEGUITO AD ABANO E IN SICILIA; RICERCHE ALL'ISOLA VULCANO (v. fig. 1).

Circa un quindicennio fa si iniziarono delle ricerche e fu suggerito qualche sondaggio profondo ai piedi degli *Euganei* nell'area delle manifestazioni idrotermali note in campo terapeutico di Abano, Montegrotto, Battaglia ecc.

I lavori previsti per la ricerca del vapore miravano a individuare le zone nelle quali il vapore acqueo, connesso a postumi di attività vulcanica, risale per riscaldare le falde acquifere sotterranee; falde che, giusta gli studi di Giorgio Dal Piaz (1938 e 1948), attingono la termalità e le altre loro caratteristiche particolari appunto nell'attraversare il sottosuolo vulcanico euganeo. Non si sono avute più notizie su questa iniziativa ⁽⁶¹⁾.

Nel periodo 1940-1942 anche in Sicilia si iniziarono studi e ricerche per esplorare i sottosuoli delle aree sedi di manifestazioni idro-

⁽⁶⁰⁾ Per una più particolareggiata trattazione dell'argomento si rimanda alle note pubblicate da Bruno Conforto nel fascicolo di dicembre 1952 de *l'Industria Mineraria* e nei fascicoli di aprile e maggio 1954 de *l'Ingegnere*.

⁽⁶¹⁾ Vedi P. Collina (1950-1953).

DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE^(*) NEI FORI PIÙ PROFONDI PERFORATI NEI CAMPI FLEGREI
DAL 1939 AL 1953.

(*) stabilizzate e misurate nei fori pieni di acqua.

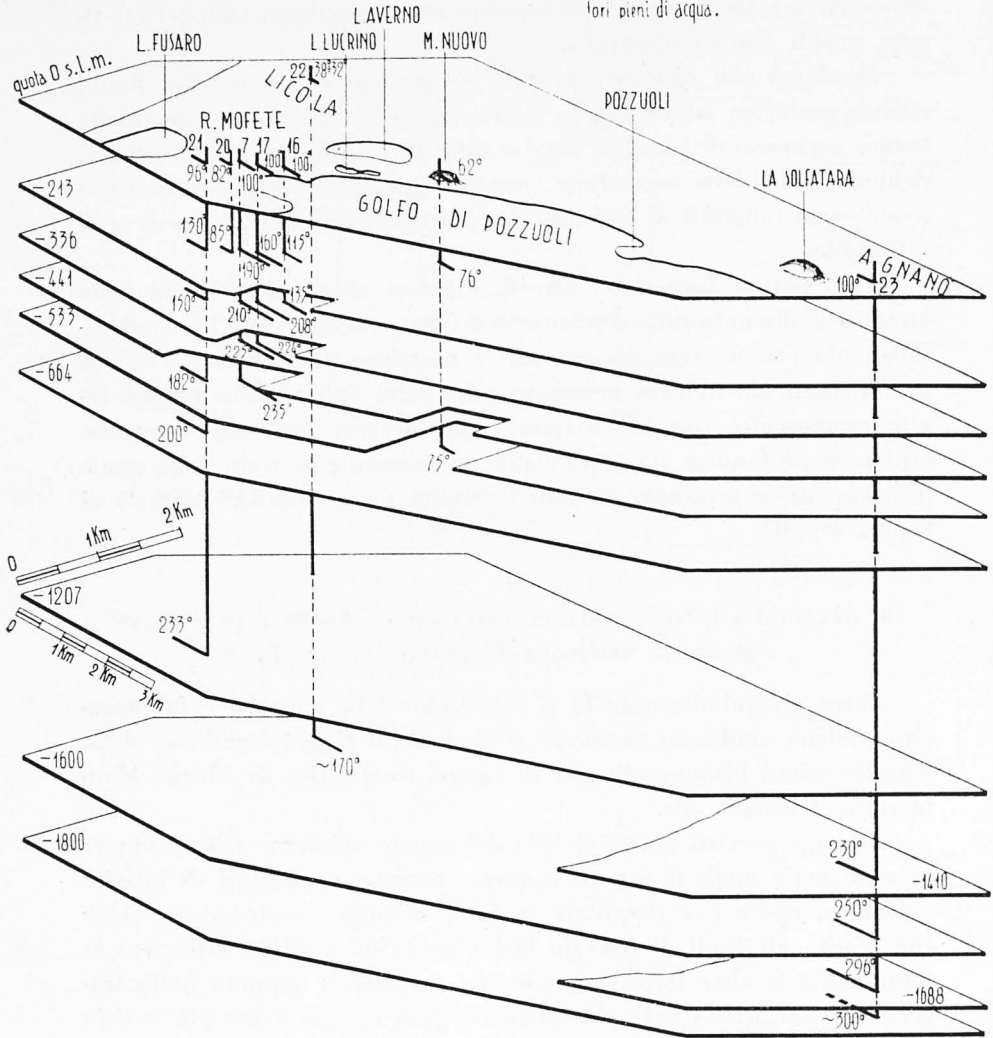


Fig. 23 - Campi Flegrei (Napoli)

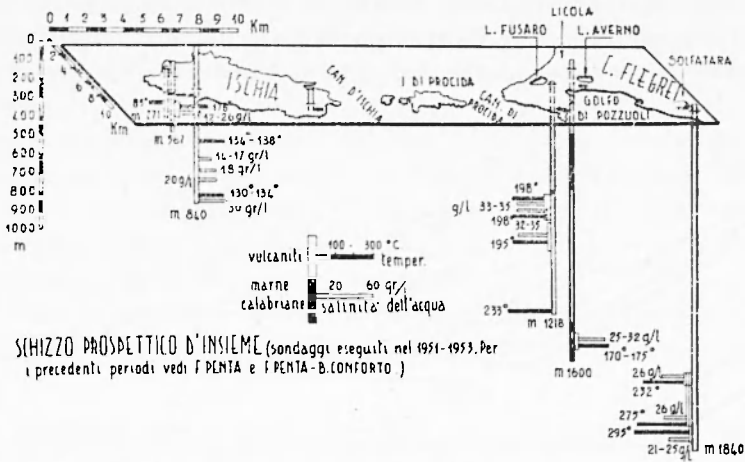


Fig. 24 - Isole e Campi Flegrei (Napoli). Schizzo prospettico d'insieme della distribuzione di alcuni sondaggi

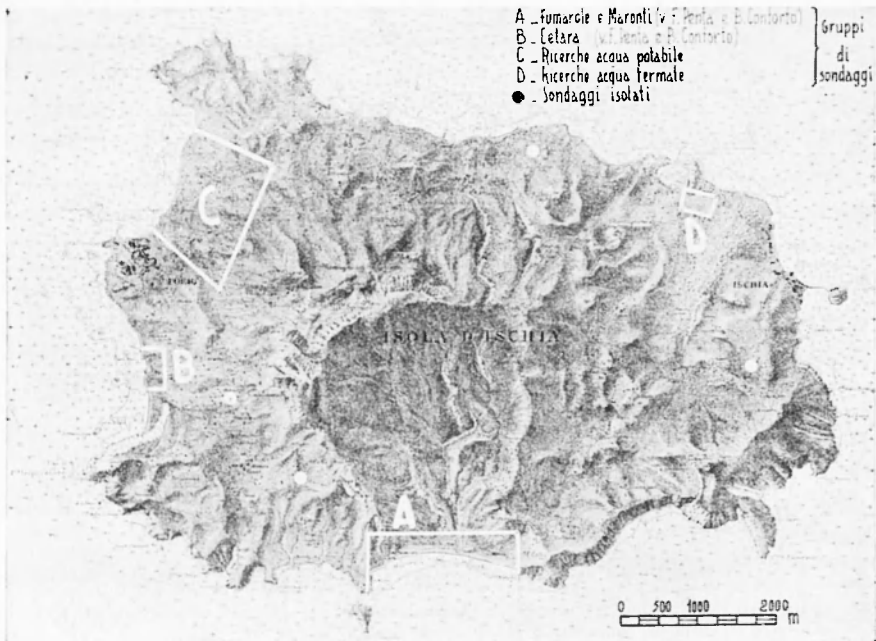


Fig. 25 - Isola d'Ischia con l'ubicazione dei fori eseguiti negli anni 1939-1954. I sondaggi isolati profondi fino ad un migliaio di metri sono indicati con cerchietti pieni di colore bianco

termali. Scopo immediato era allora quello di realizzare al più presto degli impianti con piccoli salti termici e con fluido motore il cloruro di etile. Delle molte plaghe indiziate si erano prescelte, grazie alle

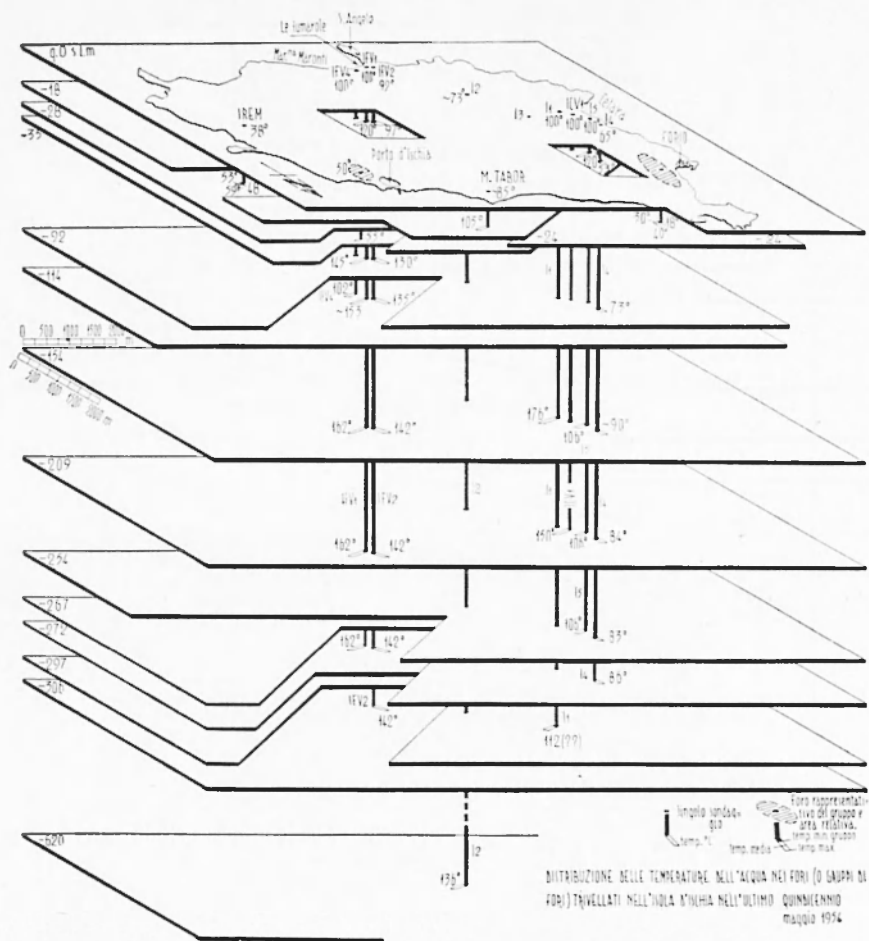


Fig. 26 - Isola d'Ischia

loro caratteristiche estrinseche favorevoli, quelle di *Sciucca* e di *Alcamo*.

I programmi che si erano tracciati non poterono neppure iniziarsi a causa del precipitare degli eventi bellici.

ALL'Isola *Vulcano* ⁽⁶²⁾ sono stati di nuovo ripresi, mediante son-

(62) Vedi anche G. Imbò (1935) e lavori vari di O. De Fiore, nonché F. Behrend (1934), F. Bernauer (1931, 1932, 1933, 1934 e 1935), O. v. Deines (1934), R. Ewald

daggi, i lavori di ricerca iniziati circa un ventennio fa da Gabor Dessau (1934). Sembra che anche in questa località le acque del mare influiscano decisamente sui fenomeni e ne complichino notevolmente la interpretazione, pur restando il quadro generale oltremodo interessante specialmente in considerazione delle elevate temperature che sono in gioco già a profondità relativamente modeste. Le difficoltà sembrano paragonabili a quelle incontrate all'Isola d'Ischia, nell'area fumarolica ad elevata termalità sulla spiaggia del mare e nell'immediato retroterra di S. Angelo-Maronti ⁽⁶³⁾.

Attualmente sono riprese in considerazione varie aree siciliane; in alcune di queste è in corso l'inizio dei lavori di ricerca ⁽⁶⁴⁾.

9. CONFRONTO FRA LE AREE FINORA INVESTIGATE, COMPRESA LA REGIONE BORACIFERA TOSCANA.

L'attuale stato delle conoscenze sull'origine prima del vapore dei « soffioni del Larderello », nonostante che la loro fenomenologia sia palese da tempo, consiglia cautele nel formulare confronti teoretici. In campo operativo, nella mira di dominare forze naturali analoghe, le deduzioni pratiche potrebbero essere addirittura dannose.

Non è sufficientemente giustificata, intanto, l'affermazione che le differenze qualitative e quantitative, che si sogliono mettere in rilievo fra i centri di Larderello e Flegreo, siano effettive. Anche se ciò fosse, sarebbe prematuro attribuirle a diversità d'origine delle masse ignee alimentanti direttamente o indirettamente le manifestazioni più superficiali anziché a differenti caratteri ambientali geologici ed idrogeologici e specialmente a quelli delle formazioni sovrastanti alle masse ancora totalmente o parzialmente fuse. Tanto meno è lecito, per ora, escludere l'influenza delle distanze dal mare su alcuni fenomeni visibili.

Differenze fenomenologiche. - Tuttavia, fermandosi al solo aspetto fenomenologico direttamente rilevabile ⁽⁶⁵⁾, si possono, provviso-

(1927), P. Preusse (1926 e 1927), A. Roccati (1925), W. Salomon (1927) e gli Zt. f.v. del 1933 e 1937 (ove sono riportate le variazioni delle temperature massime negli anni 1933-36 che da 127° minimo raggiunsero i 495° circa).

⁽⁶³⁾ L. Sicardi (1941), G. Barragato (1951), E. Occella (1951).

⁽⁶⁴⁾ G. F. Gino e C. Sommaruga (1953), V. Famularo (1953).

⁽⁶⁵⁾ Così per es. va ricordato che E. B. Branson e W. A. Tarr (1935 pag. 42) notano che in Alaska il vapore endogeno a 647°C è affatto invisibile, ma fa bruciare un pezzo di legno che gli si avvicina.

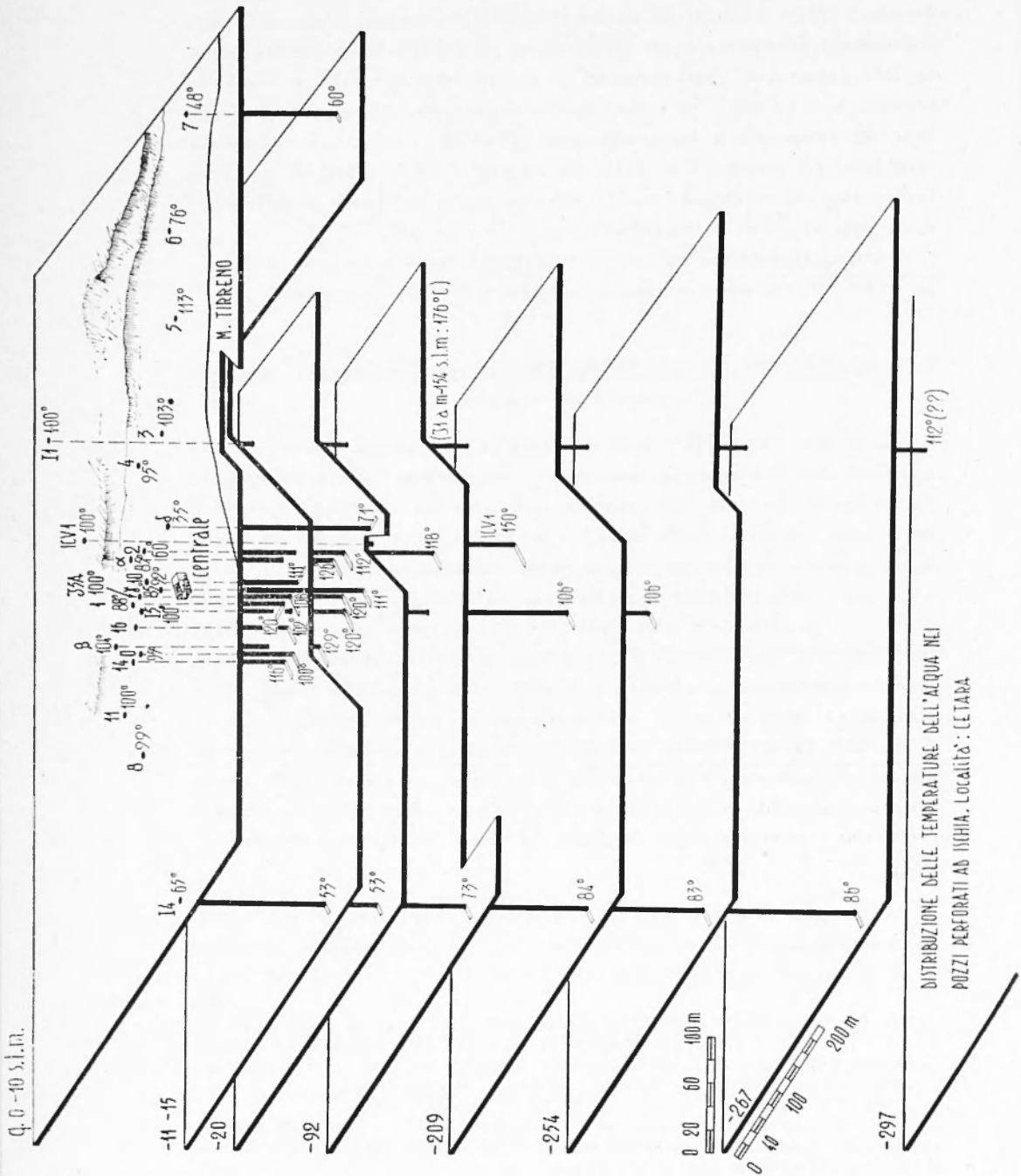


Fig. 27 - Ichia

riamente ⁽⁶⁶⁾, distinguere due tipi « regionali » di manifestazioni di vapore acqueo: regioni tipo Larderello e regioni vulcaniche con « vulcanismo centrale e misto ». Acque termali con fumarole (in s. l.) di regola « secondarie » ⁽⁶⁷⁾ caratterizzano oggi il gruppo flegreo: vulcanismo attivo è proprio del Vesuvio; vapore per lo più surriscaldato,

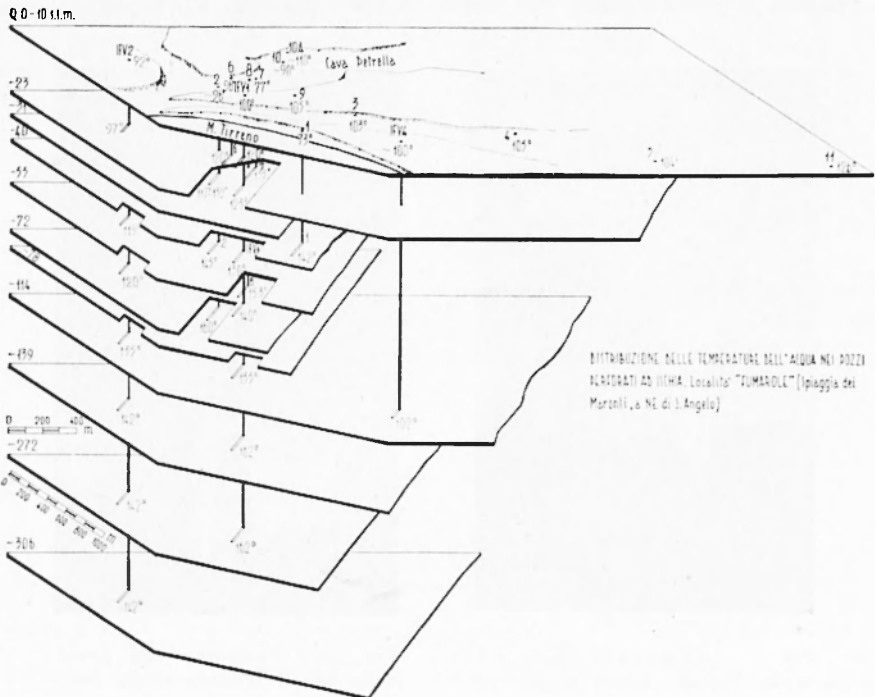


Fig. 23

ma senza manifestazioni vulcaniche vere e proprie, locali ed attuali, è la peculiarità dell'area dei « soffioni » toscani.

Nelle *regioni tipo Larderello* gli sprigionamenti di vapore dal sottosuolo ricadono, cioè, in aree non « vulcaniche »: il vapore risale dalle maggiori profondità attraverso le formazioni sedimentarie e compare alla superficie, sia direttamente, che dopo aver riscaldato acque esterne.

⁽⁶⁶⁾ Secondo gli studi di E. T. Allen (1927), sembra che le regioni del Katmai (Alaska), del Coast Range e Lassen Park in California e dello Yellowstone Park nello Wyoming sarebbero riportabili più al tipo Larderello che non a quello dei Campi Flegrei.

⁽⁶⁷⁾ Nel senso già indicato nelle pagine precedenti.

Si è detto non vulcaniche per specificare che fino a distanze relativamente grandi dalle manifestazioni e fino alle profondità direttamente esplorate (oltre il migliaio di metri) non si rinvengono rocce ignee « radicate » e tanto meno vulcaniche.

In queste aree le caratteristiche del vapore e dei gas associati esalanti spontaneamente dal suolo (soffioni naturali e « lagoni ») non



Fig. 29 - Cetara Alta (Isola d'Ischia, Napoli). Pozzo in fase di erogazione di acqua e vapore nella libera atmosfera. Portata: circa 100 ton/h (acqua + vapore) a bocca libera



Fig. 30 - Particolare del pozzo della fig. 29. Portata totale dopo il separatore e strozzatura: ca. 50 ton/h (acqua + vapore); temperatura al separatore: 138°C; rapporto acqua/vapore: 6,9; profondità della zona in erogazione: m 240; temperatura della zona provata, prima e dopo la prova, a pozzo pieno d'acqua: 176°C.
Data: 1953

differiscono di regola e sostanzialmente, da quelle che si ritrovano nel vapore sotterraneo raggiunto e liberato mediante sondaggi.

Sensibili possono essere, invece, le differenze da zona a zona, quando l'influenza delle acque sotterranee sull'ascesa o sul manifestarsi degli aeriformi diventa predominante: i nuovi equilibri termodinamici che si generano possono trasformare gradualmente il quadro in quello più diffuso nelle regioni vulcaniche italiane finora esplora-

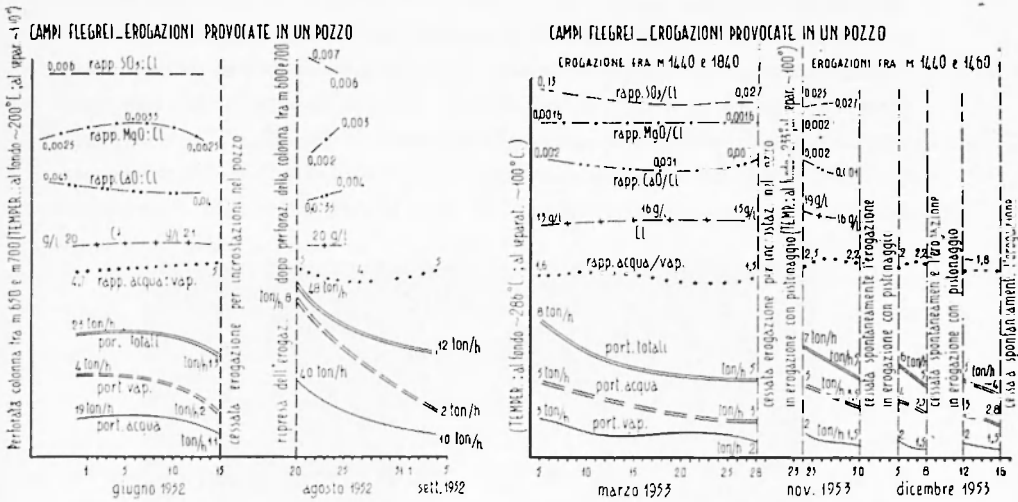


Fig. 31 - Diagrammi di erogazione di pozzi nei Campi Flegrei

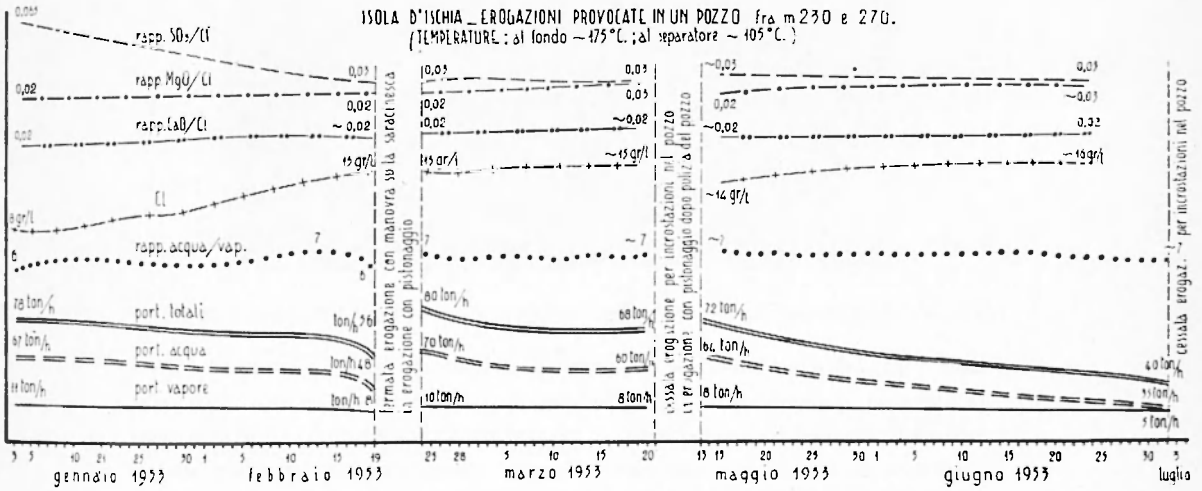


Fig. 32 - Diagrammi di erogazione di un pozzo nell'Isola d'Ischia

te ⁽⁶⁸⁾. In qualche zona del bacino vaporifero di Larderello, infatti, i fori trivellati incontrano acque molto calde; alcuni pozzi erogano vapore saturo con titolo variabile sotto la pressione di poche atmosfere ⁽⁶⁹⁾, per cui vedi, per es., fig. 14. Per il caso inverso, ricchezza di gas rispetto al vapore surriscaldato, vedi le fig. 12 e 13.

Nelle *regioni tipo Campi Flegrei ed Isola d'Ischia*, le manifestazioni di vapore acqueo ricadono in aree il cui sottosuolo è costituito



Fig. 33 - Regione del Viterbese. Fascia investigata con sondaggi meccanici esplorativi

fino a profondità variabili da terreni vulcanici. Quivi il vapore spontaneamente esalante si è rivelato di regola saturo e manifestamente proveniente dall'evaporazione e talora dall'ebollizione di acque sotterranee. Ciò non esclude che in aree vulcaniche, e specialmente in quelle storicamente attive, fumarole sulle pendici dei monti vulcanici

⁽⁶⁸⁾ A proposito delle ragioni per cui in uno stesso bacino si hanno geysers e sorgenti termali, vedi E. T. Allen (1935) e i precedenti lavori dello stesso Allen con A. L. Day (1927, 1928 e 1934).

⁽⁶⁹⁾ Vedi la tabella di A. Mazzoni (1951), già riportata, a proposito di Travale.

con vapore surriscaldato possano essere dovute a vapore primario che, durante l'ascesa, abbia « prevalso » sull'effetto raffreddante e condensante delle eventuali acque sotterranee di origine meteorica incontrate. Ma il surriscaldamento (inteso come valore della temperatura superiore a quello dell'equilibrio liquido-vapore alla pressione esterna atmosferica) potrebbe essere dovuto anche ad una evaporazione sotterranea del pelo libero della falda idrotermale a pressione superiore a quella atmosferica e temperatura molto superiore a 100 °C. (70).

Nel territorio flegreo-ischitano i pozzi trivellati hanno incontrato finora soltanto acque più o meno salate (71) con temperature diverse spesso superiori ai 200°C e in un foro anche superiore ai 290°.

Differenze geologiche. - Una differenza, sostanziale ai fini della ricerca, fra i due tipi regionali sussiste ed è dovuta alla circostanza che nei territori sedimentari, siano pure i più dislocati tettonicamente, le grandi potenze e le ancora più grandi estensioni delle singole formazioni rendono meno complicata la circolazione dei fluidi sotterranei di quanto non sia nel sottosuolo di una regione di vulcanismo « centrale composito » con predominanza di prodotti esplosivi, con numerose bocche eruttive sovrapposte e con i centri più o meno spostati (v. figg. 34-40).

In un apparato vulcanico « misto », dovuto cioè ad accumulo di materiali piroclastici ed a effusioni ed intrusioni laviche, le lave, e specialmente quelle intruse come dicchi e dicchi-strati, costituiscono una specie di ossatura dei materiali sciolti piroclastici trasformati, in parte, col tempo in « tufi » più o meno lapidei. Se a questa struttura di base si aggiungono le lave effuse sotto forma di cupole di tipo vario, banchi, vene, correnti, lingue ecc., con le relative scorie e poi i prodotti accumulati durante i periodi di stasi o d'inattività e derivati dalla disgregazione delle pareti dell'apparato e dal dilavamento dei relativi prodotti, si ha un quadro della struttura geologica dell'interno di un siffatto monte vulcanico.

(70) Su questo punto E. T. Allen e A. L. Day (1934, n. 864 pag. 2276) pensano diversamente. Essi infatti così si esprimono:

...«Some of these fumaroles exhale superheated steam, which clearly could not be in equilibrium with ground water. Its superheated condition can, however, be explained if the steam originates in a magma...».

(71) Con caratteri chimici variabili e differenti da quelli dell'acqua marina in misura molto varia: si passa, cioè, da acqua di composizione prossima a quella del mare ad acque di composizioni affatto diverse: temperature e conseguenti variazioni della solubilità e dell'equilibrio dei diversi sali rendono difficile risalire con sicurezza all'origine delle acque incontrate.

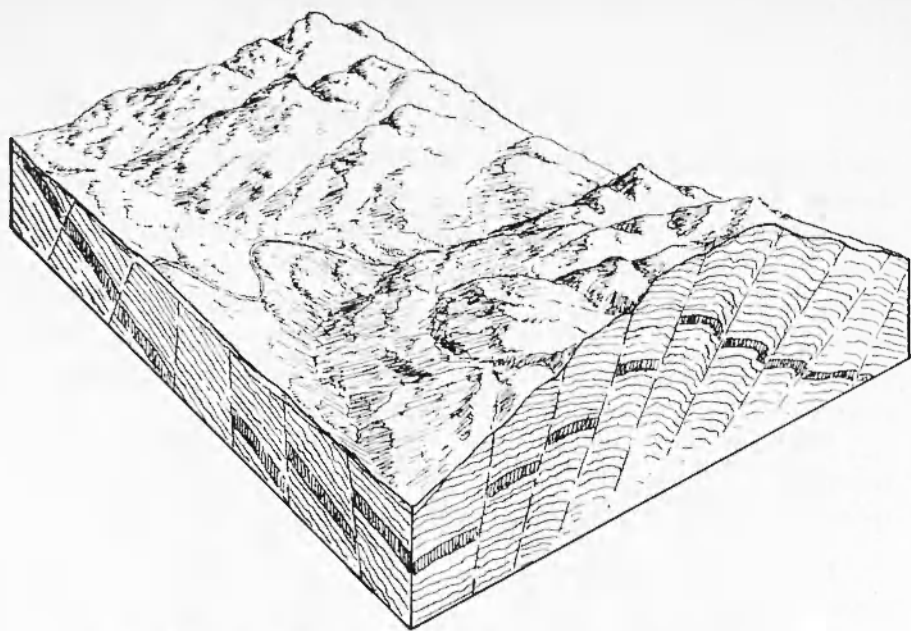


Fig. 34 - Schema di regione sedimentaria con tettonica a fratture e faglie

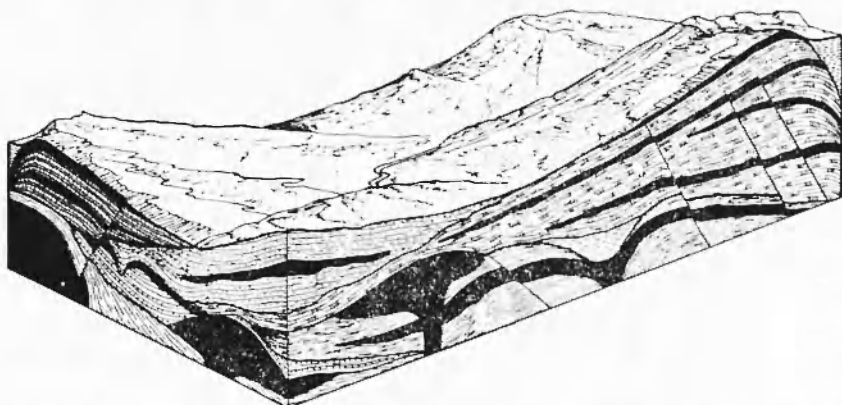


Fig. 35 - Schema di regione vulcanica di tipo «misto» (con prodotti sciolti e lave)

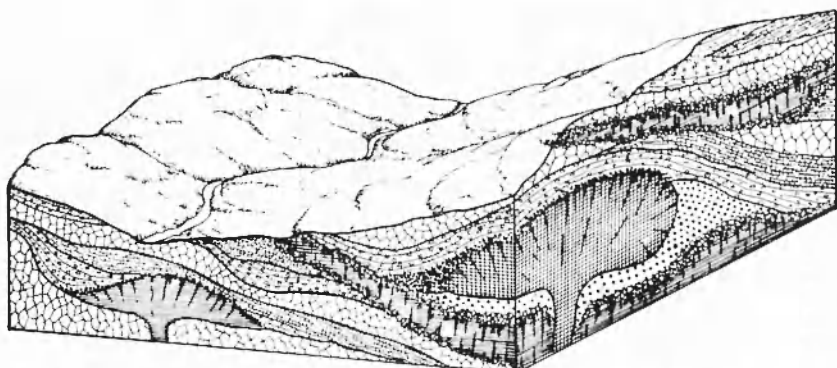


Fig. 36 - Particolare schematico del sottosuolo di una regione vulcanica tipo Isole e Campi Flegrei

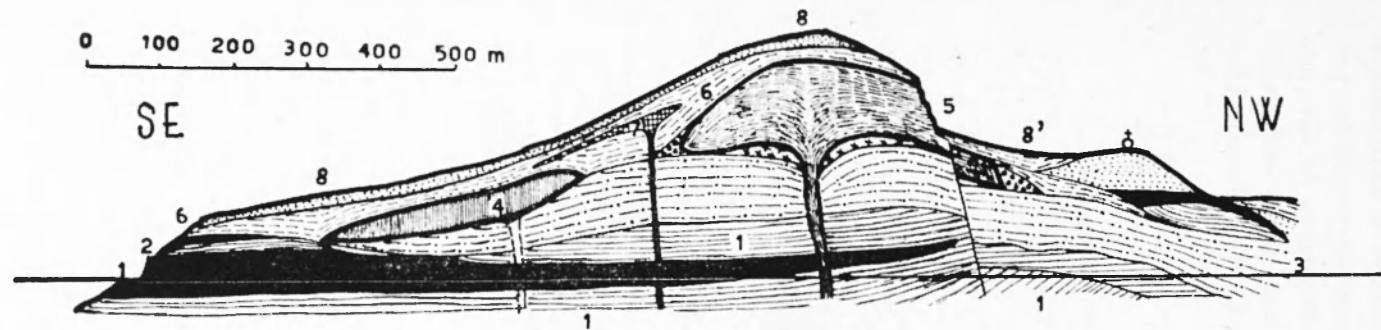


Fig. 37 - Motivo vulcano-tettonico: Sezione attraverso il M. Campagnano ad Ischia. 1 - tufi e lave (sodalitetrachitici) del vulcano Secca d'Ischia; 2 - lava trachibasaltica del dicco Grotta di Terra; 3 - tufi di origine incerta; 4 - trachite sodalitica del tipo del Porticello-Grotta di Terra; 5 - cupola sodalitetrachitica fonolitoide sopra Campagnano; 6 - tufi più giovani; 7 - scorie di lancio e filoncelli trachiandesitici dell'Olummo; 8 - pozzolana; 8' - pozzolana rimaneggiata (da A. RITTMANN, 1930)

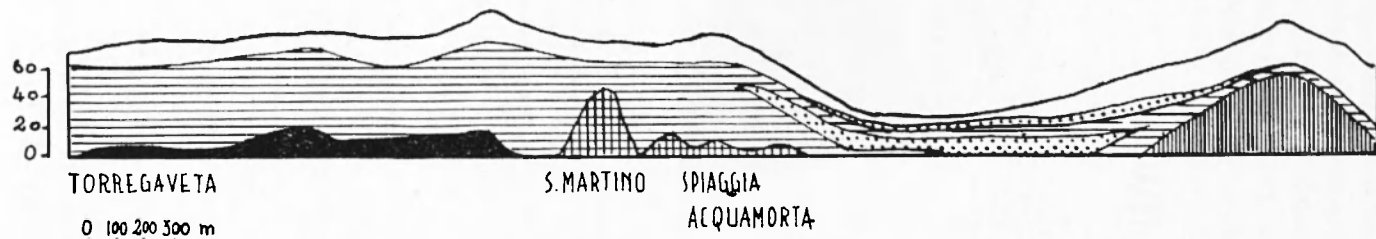


Fig. 38 - Motivi vulcano-tettonici dei Campi Flegrei tra Torregaveta e Miliscola. Profilo sviluppato dei terreni affioranti lungo la costa. Tratteggio verticale = prodotti del vulcano di Miliscola. Tratteggio orizzontale = prodotti del vulcano di Torregaveta. In nero = colata sottostante ai precedenti anch'essa, probabilmente, proveniente dallo stesso vulcano. Quadrettato = affioramenti di alcalitrachite della cupola lavica di S. Martino. Punteggiato = prodotti del vulcano di Torre Fumo. Bianco = prodotti incoerenti del « III periodo flegreo » (da L. VICINI, 1950)

Se si tiene conto, infine, che le bocche eruttive si spostano nel tempo e che possono essere attive contemporaneamente anche più bocche eruttive, si può risalire all'idea di quelle che, in un determinato momento della sua vita, siano la morfologia esterna e la struttura interna di un intero centro eruttivo del tipo vulcani laziali, saba-

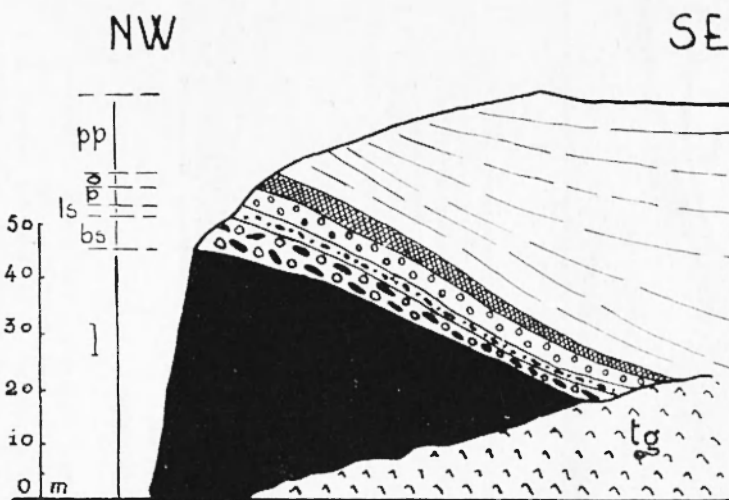


Fig. 39 - Motivo vulcano-tettonico dei Campi Flegrei; Sezione schematica attraverso il vulcano di Cuma. *l* = cupola lavica trachitica; *bs* = banco di breccia (frammenti tufacei e lavici) e di scorie di lancio; *ls* = banco di lapilli lapidei e scorie (grana più fine del precedente); *p* = banco di pomici; *o* = banco di brandelli lavici lanciati e risaldati (ossidianici) a tessitura pipernoide; *pp* = prodotti piroclastici sciolti, stratificati, in massima parte lapilli (lapidei e pumicei) e ceneri; *tg* = materiale sciolto addossato al rilievo (da F. FALANI, 1950)

tini, cimini, vulsini, ernici, aurunci, flegrei, sommavesuviano, del Vulture, della Sicilia ed isole minori, Euganei, ecc.

Ancora ulteriori complicazioni nella tettonica vulcanica si generano quando, in seguito a svuotamenti parziali del bacino magmatico alimentante il centro, grandi masse del tetto crollano e l'apparato si frattura, suddividendosi in blocchi fagliati con formazione di caldere, faglie a vanga ecc. Ulteriori disturbi strutturali possono aggiungersi per effetto di dislocazioni tettoniche a carattere regionale.

Può immaginarsi, in conseguenza, l'elevata complessità dell'idrologia sotterranea di una regione vulcanica cosiffatta, nella quale si alternano, pertanto, in tutte le direzioni ed a brevi intervalli, forma-

zioni di differente grado di permeabilità in grande ed in piccolo ⁽⁷²⁾.

Una idea della complessa distribuzione delle acque circolanti nel sottosuolo di una regione vulcanica del tipo considerato la si può realizzare osservando la attuale idrografia superficiale di una di queste regioni ⁽⁷³⁾ ed immaginando che il territorio tutto venga ricoperto poi dai prodotti di nuove eruzioni esplosive e di nuove effusioni lavi-

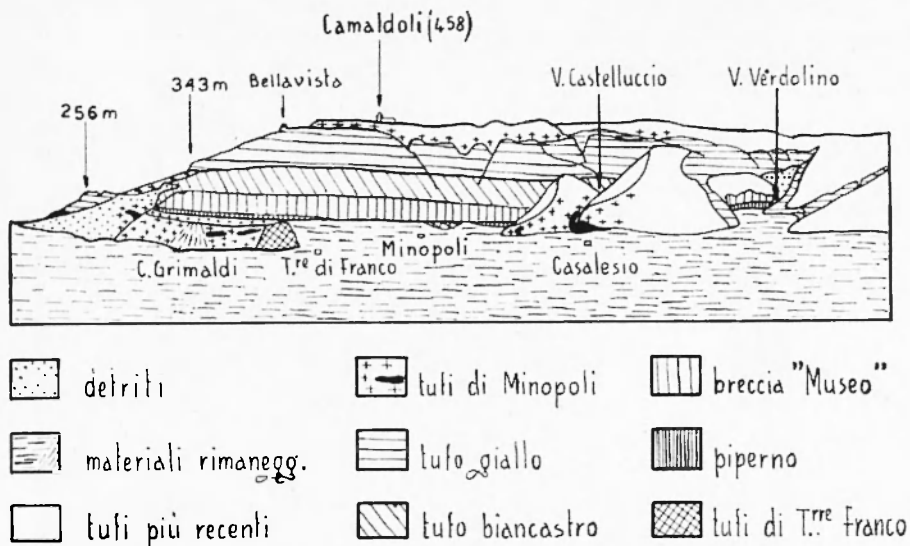


Fig. 40 - Motivo strutturale vulcano-tettonico: la Collina dei Camaldoli vista dal « Vomero vecchio » (Napoli) (da A. RITTMANN 1950)

che. Le acque sono suddivise in numerose falde, vene e venule che si intersecano o meno; una stessa vena circola successivamente per filtrazione e per « percolazione » o viceversa ⁽⁷⁴⁾; nella stessa verticale

⁽⁷²⁾ Anche prescindendo dalla influenza, talora decisiva, dello stato dei fluidi e delle loro caratteristiche (temperatura, salinità, ecc.), per es. sul campo elettrico generato con l'immissione di corrente, tali intrecciate strutture sepolte rendono oltremodo difficile la interpretazione dei risultati delle prospezioni geofisiche in genere; i cui metodi, di regola, sono stati messi a punto col presupposto della prevalenza di variazioni verticali dei terreni e delle caratteristiche fisiche da rilevare.

⁽⁷³⁾ Basta dare uno sguardo ai plastici geologici delle regioni di questo tipo per trarre un'idea dell'idrografia superficiale attuale; si immagini quale dovesse essere la superficie topografica degli stessi monti vulcanici in un momento qualsiasi della loro storia passata e si comprenderà quale possa essere l'idrologia sotterranea di questo momento.

Una efficace idea si può avere anche percorrendo, via mare, il contorno di una delle nostre isole vulcaniche e specialmente l'Isola d'Ischia.

⁽⁷⁴⁾ Per la differente permeabilità di una stessa roccia rispetto a liquidi diversi ed in funzione del loro contenuto salino, vedi W. v. Engellardt e W. Tunn (1954).

possono succedersi più vene: il percorso di ciascuna di esse sarà più o meno capriccioso, ecc. In poche parole, la idrologia del sottosuolo di tali regioni sarà oltremodo complicata e ricca di particolari ed avrà caratteri tutti propri e ben diversi da quelli offerti, per esempio, da una regione sedimentaria d'origine marina comunque disturbata poi tettonicamente (17).

Lo stesso quadro si ha quando alle acque si mescolino vapore acqueo e gas caldi ascendenti dal sottosuolo.

Tale validità sussiste anche al limite, quando cioè gli aeriformi



Fig. 41 - Centrale (C) sulla spiaggia di Cetara (Isola d'Ischia, Napoli) 1953

penetrine, s'accumulino o circolino senza incontrare acqua oppure quando essi possiedano portate, pressioni e temperature tali da vaporizzare le vene o falde acquifere sotterranee che incontrano.

A questo tipo deve riportarsi, per lo meno fino alle profondità direttamente investigate con sondaggi, la regione flegrea col suo sottosuolo anche se, per discreti spessori, in qualche foro si sono rinvenuti sedimenti marini, sempre però associati a prodotti vulcanici.

Si potrebbe però obiettare: perché, per superare le difficoltà, non si sviluppano le ricerche soltanto nei sedimenti, più idonei, sottostanti alle formazioni vulcaniche, abbandonando queste ultime, anche se presumibilmente vaporifere?

(17) A meno che non si voglia pensare alle potenti coltri di «cargille scagliose alloctone con grossi esotici» dell'Appennino, per cui vedi, per es. G. Merla già citato.

Ma, laddove il tetto del bacino magmatico ha già raggiunto i prodotti delle sue eruzioni più antiche, come si è pensato finora per il gruppo flegreo-ischitano ⁽⁷⁶⁾, lo spazio da investigare resta necessariamente racchiuso nella formazione vulcanica.

Se a raggiungere le vulcaniti più antiche non fosse stato, però,



Fig. 12 - Particolare della fig. 11

il tetto del bacino, ma soltanto la serie delle singole apofisi che localmente hanno dato luogo alle bocche eruttive, converrebbe indubbiamente abbandonare le vulcaniti e ricercare nel basamento.

Le indagini, prospezioni ed i lavori in corso, dovranno risolvere anche questo dubbio di considerevole importanza pratica ai Campi Flegrei ed all'Isola d'Ischia ⁽⁷⁷⁾.

(76) Ma su tale opinione le ricerche fin qui effettuate lasciano adito a qualche riserva.

(77) Per la forma dei condotti vulcanici, delle apofisi magmatiche e per le masse magmatiche alimentanti singole eruzioni in rapporto ai bacini «tridimensionali» di provenienza, vedi specialmente H. Becker (1939), H. Cloos (1936), A. Rittmann (1937, Nat. u. Volk, 6).

Nell'area del Viterbese, invece, e precisamente nella zona pianeggiante investigata, le condizioni del sottosuolo, a cominciare da profondità di solo un centinaio di metri, possono riferirsi ad un ambiente geologico sedimentario, sicché lo sviluppo delle ricerche più profonde dovrebbe presentare minori difficoltà, per lo meno dal punto di vista

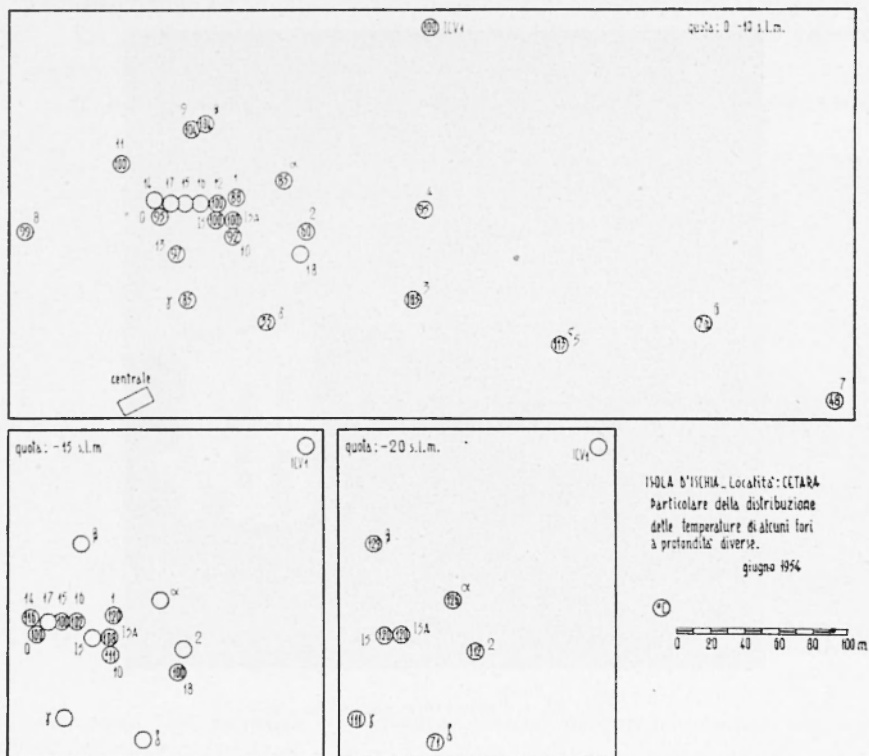
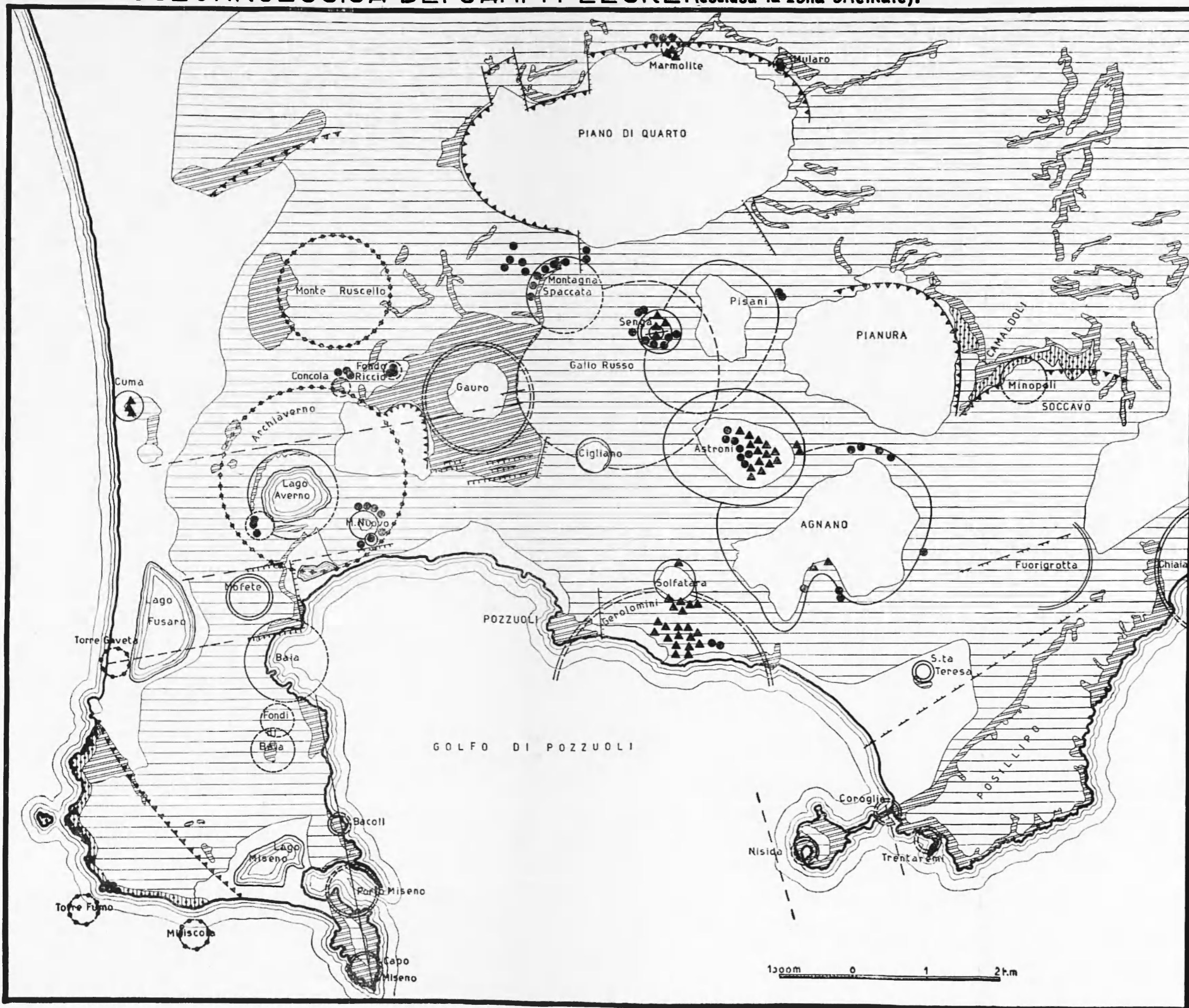


Fig. 43

interpretativo. Ciò può attribuirsi al fatto che quivi si è al margine del centro vulcanico, anzi al margine tra due centri vulcanici: il ciminio ed il vulsino.

Differenza delle caratteristiche fisico-chimiche dell'H.O. — Altra differenza è dovuta alla circostanza che il vapore acqueo saturo, prevalente nei campi fumarolici, possiede, un potere alterativo e dissolutivo delle rocce silicatiche diverso da quello del vapore surriscaldato o allo « stato sopracritico »; onde diversa è la rapidità di occlusione delle vie di circolazione dei fluidi, per lo meno nelle parti più prossime alle pareti dei fori.

CARTA-VULCANOLOGICA-DEI-CAMPI-FLEGREI (esclusa la zona orientale).



LEGGENDA

- ▲ orli di caldere
- ▲ orli di probabili caldere
- / fratture
- /- fratture probabili
- faglie
- /- faglie probabili

ORLI CRATERICI

- anteriori al "tufo giallo"
- id. probabili
- di "tufo giallo"
- id. probabili
- posteriori al "tufo giallo"
- id. probabili

TERRENI

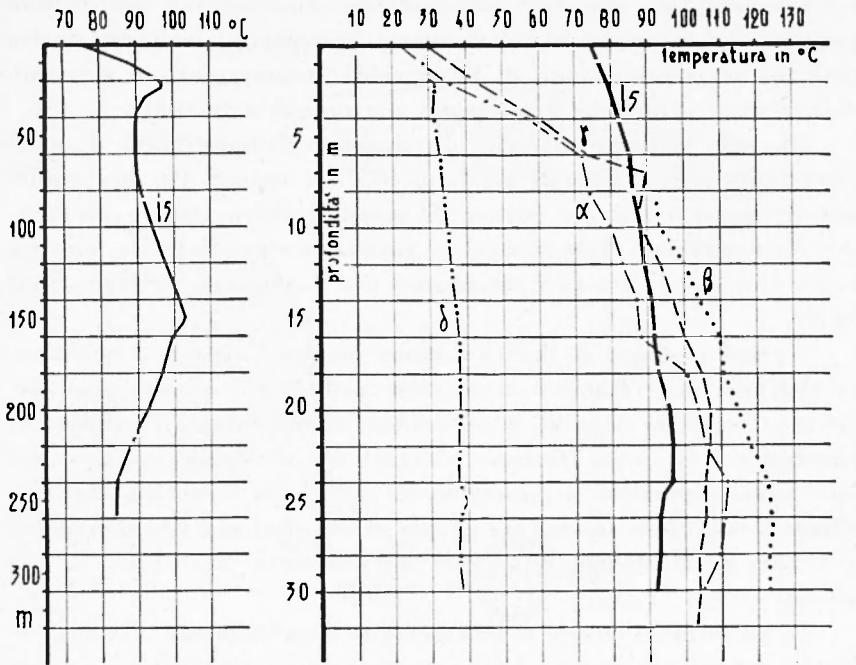
- ▨ anteriori al "tufo giallo"
- ▨ del "tufo giallo"
- posteriori al "tufo giallo"
- scorie laviche
- ▲ lave

(Dai rilievi di A. Rittmann, F. Falini, U. Ventriglia, L. Vighi, P. Nicolera.)



Carta fuori testo n. 1 - Carta vulcano tettonica dei Campi Flegrei

ISOLA D'ISCHIA - Località: CETARA. Particolare della distribuzione delle temperature lungo la verticale di alcuni fori.



- Pozzo 15 - termometria 16 ore dopo la sostituzione del tango con acqua.
 - - - - - Pozzo γ - termometria 16 ore dopo il termine della circolazione. Pozzo pieno di fango.
 - · - · - Pozzo α - termometria 22 ore dopo il termine della circolazione. Pozzo pieno di fango.
 ······ Pozzo δ - termometria 3 ore dopo il termine della circolazione. Pozzo pieno di fango.
 ······ Pozzo β - termometria 20 ore dopo il termine della circolazione. Pozzo pieno di fango.

Fig. 44 (vedi fig. 43)

Per questo argomento e specialmente per il complesso andamento della solubilità della silice, dei silicati e di altri sali in H_2O in funzione di t , p e v , si rimanda ai lavori di R. Mosebach (1952), D. Marsal (1952), K. Jasmund (1953), F. G. Smith (1953), R. W. Goranson (1931, n. 764), G. W. Morey (1932, n. 786), M. N. Bramlette e E. Posniak (1933, n. 814), C. N. Fenner (1934, n. 850), E. T. Allen (1935, n. 859), I. L. Linder e J. W. Gruner (1939), T. F. W. Barth (1940), A. Steiner (1953), J. E. Lamar e R. S. Shrode (1953), P. Ramdohr (testo di Min.),

W. v. Engelhardt (1945), W. Eitel (1941 e 1951), A. Muir (1954), R. Züncke (1914).

Criteri di ricerca. — Da quanto finora detto appare chiara la difficoltà di assegnare, allo stato attuale delle conoscenze, un ben definito posto nel quadro generale dei giacimenti minerali ai fenomeni da cui derivano le manifestazioni di fluidi caldi (vapori saturi o surriscaldati, o acque calde) che si osservano alla superficie terrestre.

Da tale difficoltà consegue direttamente l'impossibilità di assumere rigidi criteri generali per la ricerca del vapore. Per ora quindi una ricerca non può che partire da manifestazioni, dirette o indirette (78), superficiali. Tale ricerca va gradualmente sviluppata, mano a mano che con i lavori si raccolgono nuovi elementi di conoscenza locale.

I primi sondaggi di ricerca saranno perforati, perciò, o nell'interno dell'area delle manifestazioni stesse nei luoghi, quando possibile, nei quali geologia o geofisica permettono di individuare l'esistenza di possibili vie di ascesa (fratture e faglie) per il vapore, oppure, qualora le manifestazioni si presentino in gruppi tra loro distanziati ma allineati, nelle zone interne tra gruppi di manifestazioni in prossimità, s'intende, della discontinuità che l'allineamento stesso per lo più accusa.

In un secondo tempo, si perforeranno eventualmente sondaggi, in luoghi sempre più lontani dalle manifestazioni e scelti in base a soli criteri indiretti.

Quanto sopra vale per ricerche sia in regioni tipo Larderello, che in regioni vulcaniche.

Nell'uno e nell'altro caso esistono le seguenti favorevoli possibilità: che la perforazione di ricerca incontri vapore surriscaldato, oppure che essa incontri acqua calda a temperatura maggiore di 100 °C, ma inferiore alla temperatura di ebollizione corrispondente alla pressione esistente alla profondità del ritrovamento.

In questo secondo caso si presentano due eventualità: che dopo un certo periodo di erogazione di acqua calda il pozzo eroghi solo vapore; oppure che il pozzo continui ad erogare acqua calda con caratteristiche chimico-fisiche costanti.

Pertanto, quando i sondaggi esplorativi incontrano acqua calda in

(78) Indiretta è, per es., l'esistenza di bocche vulcaniche esplosive quiescenti o che comunque sono state attive in tempi non troppo remoti.

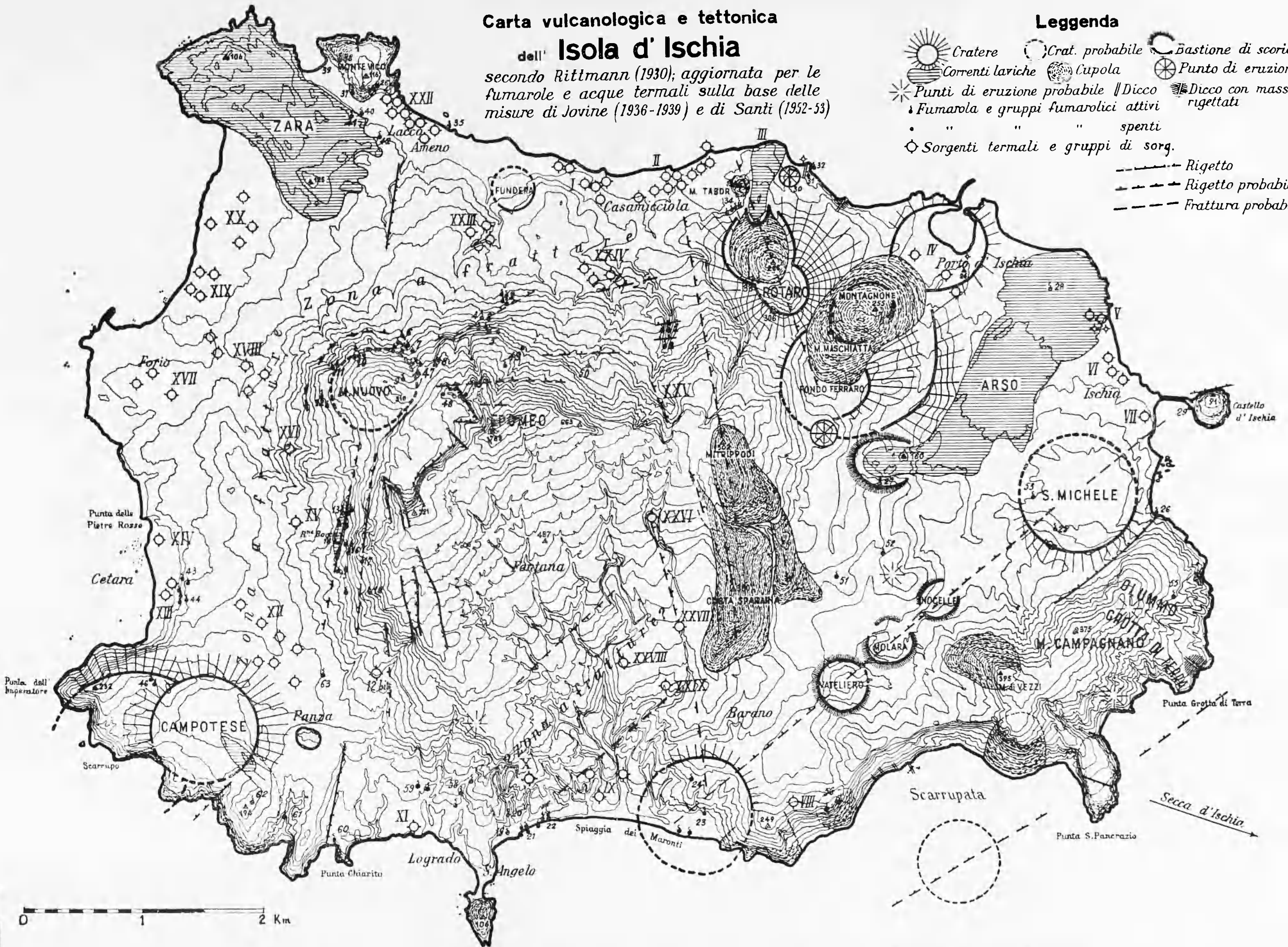
Carta vulcanologica e tettonica

dell' Isola d' Ischia

secondo Rittmann (1930); aggiornata per le fumarole e acque termali sulla base delle misure di Jovine (1936-1939) e di Santi (1952-53)

Leggenda

- Cratere
- Crat. probabile
- Bastione di scorie
- Correnti laviche
- Cupola
- Punto di eruzione
- Punti di eruzione probabile
- Dicco
- Dicco con massi rigettati
- Fumarola e gruppi fumarolici attivi
- " " " " spenti
- Sorgenti termali e gruppi di sorg.
- Rigetto
- Rigetto probabile
- Frattura probabile



Carta fuori testo n. 2 - Carta vulcano-tettonica dell'Isola d'Ischia. Per la descrizione delle singole manifestazioni esterne, v. B. SANTI (1954, in corso di stampa).

zone nelle quali l'esistenza di vapore ascendente dal sottosuolo non è ancora provata (e tanto meno localizzata), i criteri che si assumono per rendere meno incerta ed aleatoria la condotta dei lavori di ricerca prima e di captazione poi sono i seguenti.

Le acque incontrate occorre isolarle; in un secondo tempo, dopo aver esaurito la massima profondità del sondaggio senza aver incontrato vapore, si passa alla fase di prove tendenti a stabilire la possibilità della loro utilizzazione.

Si provvede cioè al loro emungimento onde verificare anzitutto se, eliminata la contropressione dell'acqua, o « prosciugato l'orizzonte », il vapore vero e proprio venga richiamato nel foro.

Condizione favorevole a questo effetto è l'impossibilità che nel sottosuolo arrivino acque del mare o di bacini idrologici di estensione regionale.

Anche le plaghe con manifestazioni superficiali idrotermali, solfatariche, ecc. poste in differenti posizioni degli apparati vulcanici attivi, quiescenti o estinti, e nelle quali si rinvencono nell'immediato sottosuolo acque calde, presentano dunque interesse.

All'interno ed all'intorno, e specialmente a monte, di queste aree la ricerca dell' H_2O calda va fatta tenendo conto della seguente considerazione: le venute di vapore primario nel sottosuolo possono verificarsi anche a distanze forti dai punti nei quali l'acqua calda (cui sono legate le fumarole) si avvicina al piano di campagna e si rivela, direttamente, con sorgenti di acque termali o indirettamente, mediante getti o esalazioni di vapore per lo più umido.

Occorre quindi sondare allo scopo di richiamare il vapore mediante eduazione dell'acqua, o per esaminare, subordinatamente, la possibilità di utilizzare l'acqua calda stessa nelle migliori condizioni termodinamiche.

Non è escluso che in qualche punto l'acqua sotterranea non abbia alcun ruolo e che le manifestazioni di vapore siano esalazioni dirette. In questo ultimo caso i sondaggi a poca distanza possono incontrare o richiamare quantitativi discreti di vapore dotato di maggior temperatura e pressione.

10. CONCLUSIONI A CARATTERE GENERALE SULLO STATO DELLE RICERCHE PER FORZE ENDOGENE IN ITALIA.

In riguardo al vapore si può, dunque, riassumere, notando che nella *regione boracifera toscana* i criteri geologici, dedotti dagli studi

più recenti ed applicati per interpolazione a qualche area vicina a quelle produttive, si sono dimostrati validi e, grazie all'ausilio appor- tato dalla ricerca geofisica, hanno già permesso di ampliare le zone produttive. Sono in corso indagini ed un primo sondaggio per provare la validità degli stessi criteri estrapolati gradualmente ad aree che si presume facciano parte della stessa unità geologica riconosciuta pro- duttiva, ma esterna ai centri vaporiferi noti.

Rilievi geologici e geofisici sempre più estesi sono intanto in corso per riconoscere i limiti della unità geologica riconosciuta o indiziata e per studiare « per confronto » le simili ed adiacenti.

Nel *Napoletano* e nel *Viterbese*, ancora non si è accertata diretta- mente l'esistenza di H_2O allo stato di vapore surriscaldato o, comun- que, di fluido in condizioni e con caratteristiche paragonabili a quelle delle aree vaporifere produttive della Toscana.

I più recenti risultati di determinazioni termiche e prove idrauliche nei Campi Flegrei mostrano che non si è troppo lontani dal rea- lizzare ritrovamenti di vapore vero e proprio: comunque, col progredire della temperatura e persistendo le acque anche a grandi profon- dità è da prevedere, se non altro, il graduale approssimarsi alle tem- perature critica e sopra critica dell' H_2O stessa.

L'ambiente geologico del Viterbese nel quale si dovrà ulterior- mente indagare è riportabile al tipo toscano piuttosto che al tipo fle- greo. Perforazioni più profonde già previste al disotto della coltre vulcanica, sede, quest'ultima, di manifestazioni soltanto secondarie, si rendono indispensabili.

Per quanto riguarda l'utilizzazione delle acque termali i quanti- tativi orari di energia ritraibili finora accertati incominciano ad essere più che degni di considerazione. Oltre al problema della valutazione del miglior sistema di utilizzazione e delle relative caratteristiche da fissare, resta però quello della garanzia di continuità di portata dei singoli fori, a causa principalmente, della rapidità di incrostazioni nelle tubazioni e nei riscaldatori. Sono in corso sperimentazioni per ovviare o ridurre l'inconveniente. Sembra per ora consigliabile il ri- corso a coppie di fori vicini (« fori gemelli »).

All'Isola d'Ischia qualcuno degli impianti già costruiti ed in fase di adattamento fra non molto potrà entrare in azione, sia pure a titolo sperimentale (fig. 41 e 42).

In Sicilia varie aree idrotermali sono state riprese in considera- zione nei riguardi del vapore.

In conclusione, dunque, anche al di fuori della regione dei soffioni horaciferi di Larderello, le ricerche effettuate ed i risultati raccolti legittimano le previsioni ottimistiche con le quali si era partiti.

In un modo o nell'altro, le regioni esplorate costituiranno tra qualche anno nuove « fonti di energie ».

Per risolvere però il problema nel modo definitivo ed economicamente più vantaggioso occorrerà persistere nelle indagini sistematiche e procedere con metodo: anzitutto debbono essere chiariti il significato e la funzione delle acque termali che si rinvencono in alcune regioni anche alle maggiori profondità finora raggiunte.

Mai come in questo caso il successo resta affidato unicamente alla sistematicità ed alla continuità della condotta delle indagini.

In proposito, infatti, nulla di positivo è stato ed è insegnato se non direttamente e gradualmente dalla Natura, interpretata, però, su basi geologiche e senza prescindere dai principi della Termodinamica dell'Idraulica e di molti altri rami della Fisica, nonché della Chimica.

Progresso delle conoscenze e realizzazioni pratiche avanzeranno certamente anche in questo campo, se saranno superati i preconetti più o meno semplicistici che ancora regnano e che deviano da una scelta obbiettiva dei criteri da seguire nelle indagini e nelle ricerche.

Nel chiudere porgo vivi ringraziamenti ai dott. ingg. Giorgio Bartolucci, Bruno Conforto, Roberto Lupino, Beniamino Santi e Mercurino Sappa per l'affettuosa ed efficace collaborazione datami nella raccolta, elaborazione e rappresentazione grafica dei dati sperimentali qui utilizzati.

Ringrazio inoltre gli amministratori ed i tecnici della Soc. LARDERELLO, della SAFEN e della TERNI per la possibilità offerta di raccogliere ed utilizzare i dati stessi.

Roma (S. Pietro in Vincoli) — Istituto di Geologia Applicata e Giacimenti Minerari dell'Università (Facoltà d'Ingegneria) — 28 Maggio 1954.

RIASSUNTO

Si aggiorna e si sviluppa l'argomento dell'utilizzazione e delle « ricerche » del vapore acqueo naturale sotterraneo e delle acque termali per forza motrice, trattato in precedenti relazioni (III Convegno Naz. degli Ingegneri Ital. di Milano del novembre 1953 e Riunione della Soc. Geologica Tedesca in Hannover dell'aprile 1954).

Definito il termine « forze endogene » adoperato allo scopo, sono indicate le modalità in uso (dirette ed indirette) per la trasformazione dell'energia termica del vapore e delle acque termali in energia elettrica.

Con esempi tratti dalle trivellazioni eseguite si mostra come l'utilizzazione diretta del « calore del sottosuolo » presenti in Italia minore interesse rispetto a quella delle acque termali naturali; dall'esperienza indiretta acquisita si trae qualche suggerimento di applicazione pratica in proposito.

Assunte in linea di massima la terminologia proposta da R. A. Daly e, in parte, quella di F. v. Wolff, si constata come le caratteristiche dei fluidi termali esalanti liberamente nell'atmosfera (fumarole, soffioni, ecc.), dai quali si trae spesso motivo di « ricerche », non sempre coincidano con quelle dei fluidi caldi sotterranei.

Si passano in rassegna i campi esalativo-idrotermali investigati in Italia (Larderello, Napoletano, Viterbese, Isola Vulcano), riassumendo i risultati ottenuti e rimandando per gli studi e le ricerche sviluppate in altre parti del mondo alla comunicazione di M. Sappa presentata alla stessa riunione.

Con l'ausilio di tabelle, fotografie e diagrammi, si tratteggia schematicamente la fenomenologia della regione boracifera toscana (« di Larderello ») inquadrata nel suo ambiente geologico, accennando alle produzioni varie (oltre l'energia elettrica) ed ai numerosi problemi che ancora sono in studio.

Si esaminano alcuni di questi problemi: decrementi delle portate dei fori produttivi, incrostazioni dei fori, differenze spaziali e temporali del contenuto relativo di gas e sostanze associate al vapore surriscaldato, caratteristiche del fluido in rapporto alle acque sotterranee.

Si delinea il problema dell'origine del vapore della regione, rilevando le conseguenze pratiche che deriverebbero dal realizzarsi di una, anziché dell'altra, delle relative ipotesi emesse: esauribilità o ricostituzione continua del giacimento di vapore surriscaldato. A tal proposito, si constata che il livello termico del « bacino vaporifero o vaporigeno » in coltivazione nell'ultimo sessantennio sembra sia andato sensibilmente aumentando, nonostante i sempre più considerevoli attingimenti.

Riassunta brevemente la storia delle ricerche all'Isola d'Ischia ed ai Campi Flegrei (Napoli) gradualmente sviluppate dal 1939 ad oggi mediante rilievo geologico, prospezioni geofisiche (elettrica e sismica)

e numerose trivellazioni profonde da pochi metri ad oltre 1800 m, si espongono i risultati ottenuti in campo geologico (per cui il quadro geologico della regione s'è abbastanza ampliato), in campo idrogeologico e dal punto di vista di vapore acqueo nonché i problemi incontrati.

Le difficoltà riscontrate, sia dal punto di vista applicativo, che da quello interpretativo, sono dovute principalmente alla rapidità delle incrostazioni nei fori, alla salinità delle acque, alla complessa distribuzione delle loro temperature, pressioni e caratteristiche chimiche (illustrate da grafici e figure) ed al non ancora chiarito significato funzionale delle acque calde più o meno salate sotterranee.

Le stesse cause insieme con la complessa struttura vulcanica del sottosuolo rendono poco agevole l'interpretazione dei risultati delle prospezioni geofisiche e difficile l'impiego della usuale tecnica delle perforazioni e dei servizi connessi.

Tutto ciò impedisce tuttora di concludere sull'esistenza o meno di vapore acqueo surriscaldato industrialmente utile fino alle profondità finora esplorate.

Le riserve di energia termica accertate nelle acque calde sotterranee (a temperature da 100° a oltre 295°) sono, però, già cospicue, tanto che è prossima l'utilizzazione di alcune di esse.

Nella regione somma-vesuviana sono da tempo previsti lavori di prospezioni geofisiche e sondaggi in zone prescelte in base a criteri di massima dei quali si dà qualche accenno.

Le ricerche preliminari effettuate nel Viterbese (geologiche, geofisiche, con sondaggi e misure varie) hanno confermato l'interesse della regione, nella quale le manifestazioni esterne e dell'immediato sottosuolo sono apparse ricollegabili a risalienza di acque calde; queste attingerebbero il loro calore a maggiori profondità ancora da esplorare.

Le prime ricerche effettuate all'Isola Vulcano con qualche sondaggio di alcune centinaia di metri hanno riconosciuto un ambiente sotterraneo di alta termalità, nel quale però l'acqua del mare attuale sembra giocare, fino alle profondità esplorate, ruolo non trascurabile.

Non si sono più avute notizie di altre ricerche previste in Sicilia (per l'utilizzazione delle acque termali) ed ai piedi degli Euganei (Abano, prov. di Padova); è in corso un sondaggio esplorativo a Sciacca in Sicilia.

Confrontando fra di loro le aree con manifestazioni esalativo-idrotermali più investigate, si nota l'influenza che l'ambiente geologico ha sulla circolazione dei fluidi sotterranei di modo che le mag-

giori complicazioni si rinvencono nelle regioni di vulcanismo misto; si pongono in vista le differenze fenomenologiche esterne fra i due tipi regionali principali (Larderello « sedimentario » e territori vulcanici) in funzione anche delle acque d'origine esogena e in « rapporto allo stato dell'H₂O ».

Si riportano i criteri seguiti comunemente nella « ricerca », quando, partendo da manifestazioni esterne, non è accertata ancora l'esistenza di « bacini vaporiferi » veri e propri.

Si conclude prevedendo prossime le prime realizzazioni nelle altre aree attualmente investigate oltre quella boracifera toscana.

SUMMARY

The subject on the researches and utilization of underground natural water vapour and thermal waters, treated in previous papers (III National Convention of the Italian Engineers of Milan, November 1953; and Convention of the German Geological Society of Hannover April 1954), is here adjourned and developed.

Defined the expression « forze endogene » (endogenous power) used for the purpose the (direct or indirect) modalities in use for the transformation into electric energy of the vapour and thermal waters termic energy are indicated.

With examples taken from the borings performed, it is shown how the direct utilization of the underground heat, presents in Italy less interest respect to the utilization of natural thermal waters; from the indirect experience acquired are taken some suggestions of practical application on the subject.

Having assumed in general the terminology proposed by K. A. Daly and in part the one by F. v. Wolff, it is noted how the characteristics of the thermal fluids exhaling freely into the atmosphere (fumaroles, steam-jets, etc.), which are often motive of researches, not always agree with the characteristics of the hot underground fluids.

The exhalative-hydrothermal fields investigated in Italy (Larderello, Napoletano, Viterbese, Isola Vulcano) are reviewed summarizing the results obtained and sending back to the paper presented to the same Convention by M. Sappa for the studies and researches developed in other parts of the world.

With the help of tables, pictures and diagrams the boric acid steam jets phenomenology of the Tuscan region of « Larderello » is outlined

and pictured in its geological surroundings, pointing out the various productions (besides the electric energy) and the numerous problems still at a stage of study.

Some of the following problems are examined: decrements of the productive boreholes capacities, boreholes incrustations, differences in space and time of the relative gas content and substances associated to the superheated steam, fluid characteristics in relation to the underground waters.

It is pointed out to the problem of the steam origin of the region, with the practical consequences that could derive from the realisation of one instead of the other of the relative hypothesis issued: i. e. exhaustibility or reconstitution of the superheated steam basin. On this regard it is noted that the thermic level of the « vapouriferous or vapourigenous basin » in the last sixty years seems to have sensibly increased, although the considerably increasing drawing up.

Having briefly summarized the history of the researches at the Island of Ischia and Phlegrean Fields (Neaples), gradually developed from 1939 up to day through geological surveys, geophysical prospections (electric and seismic) and several deep borings from few meters up to 1800 m, the results obtained both in the geological (for which the geological picture of the region is much more enlarged) and hydrogeological field are outlined taking into account the water vapour stand point and not excluding the encountered problems.

The difficulties met either from the application point of view or from the interpretation one, are chiefly due to the quick boreholes incrustation, to the water salinity, to the complex distribution of its temperatures, pressures and chemical characteristics (shown by the diagrams and pictures) and to the not yet clear functional meaning of the more or less salty hot underground waters.

The same causes together with the complex volcanic structure of the subsoil make the interpretation of the geophysical prospections results not easy, and quite difficult the use of the common drilling technique.

All of this up to now does not permit to draw up conclusions on the existence or not of industrially available superheated water vapour up to the depths until to now investigated.

The thermic energy reserves up to now ascertained in hot underground waters (temperatures ranging from 100° to 295°), are, for that, so conspicuous, that is near the utilization of some of them.

In the Somma-Vesuvio District geophysical prospectings and soundings are already foreseen in chosen zones, based on criteria which are also pointed out.

The preliminary researches performed in the Viterbese District (geological, geophysical, with numerous soundings) have confirmed the interest of the region, where the external manifestations and those of the immediate subsoil seem to be in relation with hot rising waters: these waters would get their heat from not yet investigated depths.

Preliminary research work performed in the Vulcano Island, with some sounding of few hundred meters have recognised underground surroundings of high thermality, in which at the same time, the present sea water seems to have for the investigated depth, an important role.

There were no further news on the other researches foreseen in Sicily (for the utilization of thermal water) and at the base of the Euganei (Abano, near Padova); presently there is an investigating sounding going on at Sciacca in Sicily.

Comparing the areas with exhalative-hydrothermal manifestations more investigated the influence that the geological surrounding has on the circulation of the underground fluids is noted, so that the major difficulties are met in the regions of composite volcanism; the differences of the external phenomenology between the two principal regional types (Larderello « sedimentary » and volcanic territories grounds) are taken in consideration relating also to the waters of esogenous origin and to the H₂O state ».

The criteria commonly followed in the « research », when, starting from the external manifestations, it is not ascertained the existence of « steam basins » in the real sense of the word, are reported.

It is concluded foreseeing the first realisations for the immediate future in the other areas presently investigated besides the Tuscan District of the boric acid steam-jets.

BIBLIOGRAFIA

Per abbreviare si è posto: A = Papers from the Geophysical Laboratory Carnegie Institution of Washington; B = La Ricerca Scientifica; C = Bulletin Volcanologie S. II; D = Zeitschrift für Vulkanologie; E = Annali di Geofisica; F = Il Nuovo Cimento; G = Bollettino Società Geologica Italiana; H = Bollettino della Società dei Naturalisti in Napoli; I = L'Ingegnere; K = L'Industria Mineraria (ecc.); L = Geologische Rundschau; M = Geochimica et Cosmochimica Acta; N = Economic Geology; O = (R) Accademia delle Scienze Fische

e Matematiche di Napoli; P = (R) Accademia dei Lincei; Classe Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali; Q = Chemie der Erde; R = Annali dell'Osservatorio Vesuviano; S = Periodico di Mineralogia; T = Bollettino della Società Sismologica Italiana; U = Geologie; V = Bollettino della Società Svizzera di Mineralogia e Petrografia.

ALFANO G. B. e FRIEDLAENDER J., *La storia del Vesuvio*. Ed. K. Höhn; Ulm a. D., 1929.

ALIMENTI C., *Situazione attuale e prospettive delle forze endogene*. Azione delle Camere di Commercio per la valorizzazione delle forze endogene e del metano; 1952.

ALLEN E. T., *Chemical aspects of Volcanism with a collection of the analyses of volcanic gases*, A, n. 440, 1922.

—, *The Work of the Geophysical Laboratory on the hot Springs*, A, n. 650, 1927.

—, *Neglected Factors in the development of thermal springs*, A, n. 852, 1934.

—, *Geysir Basins and Igneous Emanations*, A, n. 859, 1935.

ALLEN E. T. e DAY A. L., *Steam wells and other thermal Activity at the Geysers California*, A, n. 378, 1927.

—, *Natural Steam Power in California*, Nature, 122, 1928.

—, *Hot Springs of the Yellowstone National Park*, A, n. 864, 1934.

AQUILINA C., *Temperatura della lava del Vesuvio in rapporto al tipo di attività ed alla petrografia del prodotto solido durante l'eruzione effusiva del mese di novembre 1949*, B, n. 12, 6, 1941.

—, *Studio di una presunta corrente verticale ascendente di acqua juvenile*. Riv. Geomin. n. 2, 1942.

ARRIENIUS S., *Zur Physik des Vulkansims*, Geologiska Föreningens I Stockholm Förhandlingar. B, n. 22, H. 5, n. 201, pp. 395-419; 1900.

ASTA A., *Fonti diverse per la produzione di energia elettrica*, III Conv. Naz. Ing. Italiani in Milano. Coll. Ing. di Milano, Novembre 1953.

AUTORI VARI, *Pompeiana*. Raccolta di studi per il secondo centenario degli scavi di Pompei. Ed. G. Macchiarelli; Napoli, 1950.

BACKLUND H. G., *Zum Werdegang der Erze*, Geol. Rdsch. 32, pp. 60-66, 1941.

BARRAGATO G., *Forze endogene in Sicilia e loro valorizzazione*, Riv. Min. Sic., 2, 8, 1951.

BARTH T. F. W., *Pristine and contaminated Rock Magma and thermal Water*, C, 6, p. 83-89, 1910.

—, *Craters and fissure eruptions at Myvatn in Iceland*, Særtrykk av Norsk Geografisk Tidsskrift; 9, 2, 1942 (Oslo).

—, *Some unusual Ground-water phenomena in Iceland*, Særtrykk av Norsk Geografisk Tidsskrift; 9, 4, 1944 (Oslo).

—, *Geysers of Iceland*, Transactions Amer. Geoph. Unione; n. 28, 6, 1947.

—, *Vulkanologie und Geochemie der Geysire und heissen Quellen Islands*, Verhandlungen der Schweizer. Naturforschenden Gesellschaft; Bern 1952, (pp. 51-60).

—, *Theoretical Petrology*, Ed. J. Wiley e S. (New York) e Chapman e Hall (Londra), 1952.

— e BLOSS F. D., *Observations on some Yellowstone Geysers*, Bull. of the Geol. Soc. of America; n. 60, pp. 861-886, 1919.

- , CORRENS C. W. e ESKOLA P., *Die Entstehung der Gesteine*. Ed. Springer; Berlino, 1939.
- BECKER H., *Gebirgsbildung und Vulkanismus*. Ed. Bornträger; Berlino, 1939.
- BEEKMANN W. C., in *Waterstaats-Ingenieur Weltvrede*, Jan. 1928.
- BEHREND F., in *Zt. d. Deutsch. Geol. Gesellsch.* 86, 1934.
- BERNAUER F., in *Zt. d. Deutsch. Geol. Gesellsch.* 84, 1932; *Fortschr. Min. Krist. u. Petr.* 17, 1932; *Die Gasmasken* 4, 1932 e 5, 1933; *N. Jhrb. f. Min. Geol. u. Pal.* 64, 1931 e 69, 1934; *Zbl. f. Min. Geol. u. Pal. A.* 11, 1935.
- BIEBER O., *Die Ponza-Inseln im Tyrrhenischen Meer*. D, *Ergänzungsband V*, 1924.
- BLYTH F. G. H., *The Nomenclature of pyroclastic deposits*. C, n. 6, 145-156, 1940.
- BOAGA G., *Determinazioni di gravità eseguite nel 1934 tra Padova Portici ed Ottaiano*. *Atti R. Ist. Ven.*, XCIV, 1935.
- BOATO G., CARERI G., NENCINI G., *Sulla composizione isotopica dell'Argon nei gas naturali*. E, n. 4, 1, 1951.
- , — e SANTANGELO M., *Argon isotopes in natural gases*. F., n. 9, 1, 1952.
- , —, *Hydrogen Isotopes in steam Wells*. F, 9, 6, 1952.
- BOEKE H. E. e EITEL W., *Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie*. Ed. Borntraeger; Berlino, 1923.
- BONARELLI G., G, pp. LIII, 1928.
- BOOTH H. S. and BIDWELL R. M., *Solubilities of salts in water at high temperatures*. *Jourf. Amer. Chem. Soc.*; n. 72, pp. 2567-2575, 1950.
- BORN A. in B. GUTENBERG, *Lehrbuch der Geophysik*. Ed. Borntraeger, 1929.
- BOSCOWITZ A., *Les Volcans*. Ed. P. Ducrocq; Parigi, 1884.
- BOUT P., *Études de Géomorphologie dynamique en Islande*. Ed. Hermann & C.; Parigi, 1953.
- BRAMLETTE M. N. e POSNJAK E., *Zeolitic Alteration of Pyroclastics*. A, n. 814, 1933.
- BRANNOCK W. W., FIX Ph. F., CIANELLA V. P. e WHITE D. E., *Preliminary geochemical Results at Steamboat Springs, Nevada*. *Transactions, Amer. Geophys. Union*; n. 29, 2, 1948.
- BRANSON E. B. e TARR W. A., *Introduction to Geology*, McGraw-Hill New York-Londra, 1935.
- BREGLIA R., *Sull'energia ricavabile dalle sorgenti termali*. *Il Calore*. Aprile 1940. n. 6.
- , *Sul calcolo di un ciclo a miscela di vapori di liquidi immiscibili*. *Rendiconti dell'A.E.I.*, Firenze, 1942.
- BREISLAK S., *Essais mineralogiques sur la Solfatore de Pouzzole*. Ed. J. Giaccio, Napoli, 1792.
- BRUN A., *Les recherches modernes sur le Volcanisme*. *Verhandl. der Schweiz. naturforsch. Gesellsch. Jahresversammlung 1911*, B. 1, pp. 162-171.
- , *Recherches sur l'exhalation volcanique*. *Libr. Kündig*, Ginevra, 1911.
- , *Les recherches modernes sur le volcanisme*. *Verhandlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaftn Jahresversammlung*, B. 1, pp. 162-171, 1911.
- , *Examen de quelques phénomènes post-vulcaniques*. *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, T. 33, pp. 176-180.
- , *A propos d'une recente publication de Mr. Jean Mascart sur les volcans des îles Canaries*. *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, T. 33, pp. 181-182.

- , *Considerations sur le magma granitique*. D. 1. 1, pp. 3-9, 1914.
- , in *Mat. por l'etude des calamités*, n. 3 ott.-dec. 1924 Ginevra - Società di Geogr.
- , in *Arch. d. Sc. Ph. et Nat.*, 5° S., 6, 1924.
- BUCH (VON) L., *Geognostische Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien*. Berlino, 1809.
- BI ONASSISI V., *Gli ingegneri a Congresso per il 1963*. Rivista Pirelli; 6, 6, 1953.
- BURGASSI R., *Alcune parole sulla ricerca delle Forze Endogene in Italia e nel Mondo*.
In: «*Un trentennio*», Numero Unico per il primo Convegno dei Periti Minerari della Scuola di Massa Marittima; sett. 1953.
- CARLEVARO E., *Un impianto di riscaldamento naturale per lo sfruttamento del calore dell'aria umida*. L'Industria; 42, 1928.
- , *Prime esperienze eseguite sul sudatorio del Pio Monte della Misericordia in Casamiciola*. Annali d'Ingegneria; 5, n. 11-12, 1931.
- , *Utilizzazione dei cascami di energia termica*. L'elettrotecnica, 26, 1939.
- , *Energia delle acque termali e dell'irradiazione solare per l'Africa Italiana*. Atti del 1° Congresso Regionale di Studi Coloniali, Napoli, 13-18 novembre 1939.
- , *Sfruttamento di sorgenti termali e di calore residuo da industrie*. Il Convegno Nazionale di studi autarchici, 1941.
- , *Il decisivo contributo italiano allo sfruttamento delle acque termali*. Geofisica Pura e Applicata, 4, 1942.
- CASO E., *Le ricerche del vapore endogeno e la «Larderello»*. Ingegneria Ferroviaria; n. 2, febbraio 1953.
- , *Impianti geotermici*. III Conv. Naz. degli Ingegneri Italiani in Milano. Coll. Ing. di Milano, novembre 1953.
- CASORIA E., *Sopra due varietà di calcari magnesiferi del Somma*. H, 1, fasc. 1, 1887.
- , *Composizione chimica di alcuni calcari magnesiferi del Monte Somma*. Ibid. A. II, 1888.
- , *Sulla presenza del calcare nei terreni vesuviani*. Ibid. A. II, 1888.
- CLAUDE G. e A. G., *Note varie sull'utilizzazione del calore del sottosuolo e dell'HI₂O di grandi profondità*. Genie Civil; 15.3, 15.5, 15.6 del 1949; 1.3, 15.12 del 1952 e 15.3 e 1.7 del 1953.
- CLOOS H., *Einführung in die Geologie*. Ed. Bornträger; Berlino, 1936.
- e RITTMANN A., *Zur Einteilung und Benennung der Plutone*. L, 30, 1939.
- COGUEL J., *Le régime thermique de l'eau souterraine*. Ann. d. Min.; 142, n. 10, 1953.
- COLEMAN S. N., *Volcanoes new and old*. Museum Press. Lim.: Londra, 1949.
- COLLURA P., *Il termalismo naturale studiato sulla base dello schema euganeo*. I, n. 11-12, 1949; n. 1, 1950.
- , *Sulla soluzione mineraria per la utilizzazione della radioattività del termalismo naturale in correlazione alle depressioni energetiche nell'antropobiologia*. Il Monitore Tecnico, n. 7, II Serie, 1950.
- , *Note e conoscenze sulla riserva potenziale di energie endogene nel bacino euganeo e relativi problemi industriali*. K. 4, pag. 437-47, 1953.
- CONTINI R., *Problemi della perforazione in presenza di elevate temperature*. Atti VII Conv. Naz. del Metano e del Petrolio, 1952.
- CORNELIUS H. P., *Grundzüge der allgemeinen Geologie*. Ed.: Springer; Vienna, 1953.

- CORRENS C. W., *Einführung in die Mineralogie (Kristallographie und Petrologie)*. Ed. Springer, Berlino ecc., 1949.
- , *Flüssigkeitseinschlüsse mit Gasblasen als Geologische Thermometer*. L, 42, 1, 1953.
- COTTON C. A., *Volcanoes and Landscape Forms*. Ed. Whitcombe e Tombs; Londra, 1944.
- CRAIG H., *The Geochemistry of the stable carbon isotopes*. M, 3, n. 2-3, 1953.
- DAINELLI G., *Guida della Escursione ai Campi Flegrei*. Atti XI Congresso Geogr. It., in Napoli 1930. Vol. 4^o, 1930.
- DAHLBLOM TH., *Volcanic Events, when magma is considered to be a Solution*. C, 15-18, 1928.
- DAL PIAZ G., *I Colli Euganei e le loro sorgenti termali*. In « Abano Terme », op. a cura dell'Azienda Autonoma di cura di Abano Terme; 1938.
- , *On the mineral hot springs of the Euganean Hills and particularly of Abano (Padova)*. Procès verbaux des séances de l'Ass. Gén. d'Oslo (12-28 août 1948) de l'Union Géodésique et Geophysique Internationale.
- DAL PIAZ G. B., *Il problema dell'origine dei magmi. Rapporti fra cicli magmatici e cicli orogenetici (a proposito di una recente pubblicazione di IL STILLE)*. Rend. della Soc. Miner. Ital.; 1, p. 49, 1941.
- DALY R. A., *Genetic classification of underground volatile agents*. N, 12, n. 6, 1917.
- , *Igneous Rocks and the Depths of the Earth*. Ed. MacGraw-Hill C., New York e Londra 1933.
- D'AMELIO L., *Utilizzazione dei cascami di energia termica. Centrali termiche azionate da acqua calda*. Rendiconti dell'A.E.I., Firenze, 1942.
- DAY A. L., in C, 5-6, 1925.
- , in A, n. 763, 1931.
- , *The hot-spring problem*. Bull. Geol. Soc. Amer. 50. 1939.
- e ALLEN E. T., in A, 1925.
- DE CINDIO AN., *Analisi dell'acqua e dei gas di un foro profondo in erogazione spontanea al Fusaro (CLV 7) in F. PENTA. — Studi geominerari e geotecnici dal 1941 al 1944*. Atti Fondazione Politecnica del Mezzogiorno. Vol. III (1947).
- DE FIORE O., *Studi eseguiti sui vulcani dell'Italia meridionale durante il 1913*. D, 1, 3, pp. 206-218; 1914.
- , in D, 2, 1915.
- , *Bibliografia delle isole eolie*. C, 3-4, pp. 113-161; 1925.
- DEINES O., in Die Naturwissenschaften 22, 1934.
- DE LAPPARENT A., *Volcans et tremblements de terre*. Ed. Bloud e C.; Parigi. 1912.
- DE LORENZO G., *Studi di Geologia nell'Appennino Meridionale*. O, Atti, 8, n. 7, 1896.
- , *Der Vesuv in der zweiten Hälfte des sechszehnten Jahrhunderts*. Zt. d. Deutsch. Geol. Gesellsch.; 1897.
- , *Sulla probabile causa dell'attuale aumentata attività del Vesuvio*. O. Rend. 1900.
- , *Studio geologico del Monte Future*. O, Atti. 10, 1900.
- , *La pioggia ed il Vesuvio*. O, Rend., 1901.
- , *I crateri di Miseno nei Campi Flegrei*. O, Atti, 13, 1905.
- , *L'attività vulcanica dei Campi Flegrei*. O, Rend. Napoli, 1904.
- , *The eruption of Vesuvius in April 1906*. Quart. Journ. Geol., 42, 1906.

- , *Le basi dei vulcani Vulturne ed Etna*. Rend. del X Congresso Geologico Internaz. nel Messico, 1906.
- , *Il Vesuvio*. Coll. Mon. Illustrate. S. Italia Artistica. Ist. Arti Graf., Bergamo, 1931.
- , *Geologia dell'Italia Meridionale*. E.P.S.A. Ed. Politecn., Napoli, 1937.
- e RIVA C., *Il cratere di Vivara nelle Isole Flegree*. O, Atti S. II, 10, 1900.
- , —, *Il cratere di Astroni nei Campi Flegrei*. O, Atti, 11, 1902.
- D'ERASMO G., *Su di un preteso centro eruttivo nella pianura campana ad Ovest di Aversa*. O, Rend., 1923.
- , *Cenni geologici sui Campi Flegrei*. Atti XIX Congr. Ass. Naz. di Idr. Clim. Terapia Fisica e Dietetica, Napoli 1928.
- , *Studio geologico dei pozzi profondi della Campania*. H, 43, 1931.
- , *I crateri delle pozzolane nei Campi Flegrei*. O, Atti, 19, 1931.
- DESSAU G., *Nuovi studi su Vulcano*. B, 5, Roma, 1934.
- DE STEFANI C., *I soffioni boraciferi della Toscana*. Boll. Soc. Geogr. It., 6, pp. 410-435; 1897.
- , *I proietti di leucotefrite nei Campi Flegrei*. P, Rend. 14, 1905.
- , *Die Phlegräuschen Felder bei Neapel*. Dr. A. Petermanns Mitteilungen; n. 156, 1907.
- DYBOWSKY L., in Comptes Rendus, marzo 1923 (cit. da F. NARICI).
- EITEL W., *Physikalische Chemie der Silikate*. Ed. J. A. Barth, Leipzig, 1911 (rist. in Ann. Arbor, 1943).
- , *Thermochemical Methods in Silicate Investigation*. Rutgers Univ. Pr., New Brunswick, New Jersey, 1951.
- EMMONS W. H., THIEL G. A., STAUFFER C. R. and ALLISON I. S., *Geology*. Ed. McGraw-Hill Book C. New York, 1939 (pag. 67, e seg. e p. 303).
- V. ENGELHARDT W., *Zur Bildung von Gips aus Anhydrit*. Q, 15, pp. 424-428, 1915.
- e TUNN W., *Über das Strömen von Flüssigkeiten durch Sandsteine*. Heidelberger Beiträge zur Mineralogie und Petrographie; 4. pp. 12-25, 1954.
- ESCHER B. G., in De Ingenieur 46, 1931.
- EWALD R., in D. 10, 1927.
- FABIANI R., in G, pp. LII, 1928.
- , *Soffioni e soffionissimi*. Rassegna di Cultura e Vita Scolastica, anno III, n. 5, maggio 1949.
- FALINI F., *Sui criteri di ricerca per energia geotermica*. P, Rend., vol. III, fasc. 3-4, 1947.
- , *Sulla distribuzione delle temperature nella genesi dei giacimenti di origine magmatica*. S, 17, n. 1-3, novembre 1918.
- FAMULARO V., *Osservatori vulcanologici nelle Isole Eolie*. Stromboli, 1953.
- FENNER C. N., *The residual liquids of crystallizing magmas*. A, n. 762; 1931.
- , *Hydrothermal metamorphism in Geyser-Basins of Yellowstone Park, as shown by deep drilling*. A, 850, 1934.
- FLORIDIA G. B., *Notizie e considerazioni sul basamento sedimentario etneo nei dintorni di Vena e di Presa Piedimonte Etneo*. Plinia; 4, 1953.
- FOCACCIA B., *Sulle risorse energetiche nazionali e mondiali*. Ingegneria Ferroviaria, n. 12, dicembre 1952.

- FRIEDLAENDER J., in D., 3, 1916; 7, 1924; 9, 1925; 10, 1925.
- FROLICH K., TAUGH E. J., HOGAN J. J. e PEER A. A., *Solubility of gases in liquids at high pressure*. Ind. a. engin. chemistry; 23, n. 5, 1931.
- FURCHHEIM F., *Bibliografia del Vesuvio*, Vol. I della Bibl. della Campania. Ed. F. Furchheim; Napoli, 1897.
- GENNAI N., *Le risorser geotermiche della Toscana e loro applicazione*. Conf. all'A.E.I. Sez. di Roma; 24 gennaio 1952.
- GEORGALAS H. C., *Die postvulkanische Fumarolentatigkeit und Warmehaushalt des Santorin-Vulkans*, C. S. II, 6, pp. 237-242, 1940.
- GILLINGHAM T. E., *The solubility and transfer of silica and other nonvolatiles in steam*, N. 43, pp. 241-272, 1918.
- GINO G. F. e SOMMARUGA C., *Le manifestazioni idrominerali della Sicilia*, Riv. Min. Sic., 22-23, pp. 172-179, 1953.
- GINORI CONTI P., in Atti 19^o Congr. Naz. d. Campi Flegrei, 6, 1928.
- , *L'attività endogena quale fonte di energia*, P. Rend., 3 aprile 1938.
- GISH O. H., *Early Geophysical Papers of the Society of Exploration Geophysicists*. Ed. Soc. of Explor. Geophysicists, Tulsa, Oklahoma, 1947.
- GOLDSCHMIDT V. M., *Geochemistry*, A cura di MUM A. Ed. At the Clarendon Press; Oxford, 1954.
- GORANSON R. W., *The solubility of water in granite magmas*, A, n. 764, 1931.
- , *Some notes on the melting of granite*, Am. Journ. Sc. 23, pp. 227-236, 1932.
- GORTANI M., *Tentativo di classificazione genetica delle sorgenti termali italiane*. Mem. Acc. Sc. dell'Ist. di Bologna S. X, 5, 1947-1948.
- , *Dell'Ente Nazionale Idrocarburi, dei soffioni di Larderello e dei vapori vulcanici*. Discorso al Senato del 14 gennaio 1953.
- , *Proposal to classify genetically the thermal italian Springs*, Procèdes verbaux des séances de l'Assemblée Générale d'Oslo (19-28 août 1948) de l'Union Géodésique et Géophysique International.
- GRANT F. S., *The Geological significance of variations in the abundances of the isotopes of silicon in rocks*, M. 5, n. 5, pp. 225-242, 1954.
- GRIGGS R. F., *Das Tal der Zehntausend Dämpfe*. Brockhaus, Lipsia, 1928.
- GUISCARDI G., *Fauna fossile vesuviana*. Napoli. Stamperia del Fibreno, 1856.
- GUTENBERG B., *Lehrbuch der Geophysik*, Ed. Borntraeger, 1929.
- e RICHTER C. F., *Seismicity of the Earth and associated Phenomena*. Princeton University Press, Princeton (New Jersey), 1949.
- HAYASAKA I., *On some Thermal Springs of Taicuan, Japan*, C., 6, pp. 227-236, 1940.
- HEALY J. e FOSTER R. W., *Utilization of natural thermal resources at Retorua*. Rep. n. 5. Auckland Industrial Development Laboratories, Dep. of Scientific and Industrial Research. New Zeland. Giugno 1947 (cit. da WHITE).
- HEMPEL W., *Über die vulkanische Tätigkeit*, D, 1, 3, pp. 150-167, 1914.
- HIBSH J. E., in H. Jahrb. f. Min. ecc. B.B. 70 A, 1936 (cit. da A. RITTMANN).
- HOLMES A., in Geol. Mag. 69, 1932.
- KAISER E., *Lehrbuch der Geologie*. Vol. I, 1923, p. 434.
- KAMPE R., *Das Wasser*, in K. A. Redlich, K. v. Terzaghi e R. Kampe *Ingenieur-geologie*. Ed. Springer, 1929 (pagg. 588-633).
- KANIA J. E. A., in Amer. Journ. of Sc. S. V, 18, 1929.

- KEILHACK K., in *Medizin. Welt*, 17, 1935.
- KENNEDY G. C., *Pressure-Volume-Temperature Relations in Water at elevated Temperatures and Pressures*, Journ. of Sc. 248, 1950.
- KENNEDY W. Q. e RICHEY J. E., *Catalogue of the Active Volcanoes of the World*. Supplemento al C, 7. Edimburgo 1947.
- KLÜPPEL W., in *L*, 24, 1933.
- , in *Zbl. f. Min. ecc.* 1937 B, 1, 1937 (cit. da A. RITTMANN).
- KUENEN Ph. H., *Marine Geology*. Ed. J. Wiley e S., New York, 1950.
- IMBÒ G., *Studio termico di fumarole vesuviane*. C, 11 e 12, pp. 69-83, 1927.
- , *Fumarole vulcaniche a vapore acqueo*. Boll. d. Com. Naz. It. per la Geod. e Geof. S. II. A. II, 1932.
- , *Vapore acqueo nelle esalazioni vulcaniche*. C, n. 23-26, 1934.
- , *Sulle osservazioni termiche di fumarole nell'isola di Vulcano*. C, 27-30, 1935.
- , *Misure della radioattività di alcune acque dell'Isola d'Ischia*. B, 10, n. 6, giugno 1939.
- , *Misure di ionizzazione dell'aria a Lacco Ameno (Isola d'Ischia)*. B, 10, n. 7-8, luglio-agosto 1939.
- , *Saggio radiometrico in Lacco Ameno (Isola d'Ischia)*. B, 10, n. 10, ottobre 1939.
- , *Ulteriori misure di radioattività delle acque di Lacco Ameno e di Cetaro*. B, 10, n. 11, novembre 1939.
- , *Il parossismo vesuviano del marzo 1944*. O, Rend., 13, 1942-45.
- , *Considerazioni ed osservazioni comprovanti che l'eruzione del 1944 fu terminale*. H, 56, 1947.
- , *Osservazioni condotte al Vesuvio nell'anno corrente (1948)*. H, 57, 1948.
- , *Una discesa nel cratere del Vesuvio*. Le Vie d'Italia, n. 10, ott. 1949.
- , *Considerazioni sulla presente attività del Vesuvio*. C, 8, 1949.
- , *Le recenti manifestazioni eruttive vesuviane*. C, 8, 1949.
- , *Carattere fondamentale sull'andamento delle variazioni annue nell'inclinazione del suolo all'Osservatorio vesuviano*. C, 8, 1949.
- , *Manifestazioni effusive subterminali della primavera del 1942 e fenomeni termici attuali interessanti la medesima zona del versante meridionale vesuviano*. O, Rend., 17, 1950.
- , *L'osservatorio vesuviano e la sua attività nel primo secolo di vita*. R, 5^a Serie, vol. unico, 1950.
- , *L'osservatorio vesuviano e le sue vicende durante il periodo bellico (1940-1945)*. R, 5^a Serie, vol. unico, 1950.
- , *Tempi di percorso per moti sismici nella regione flegreo-vesuviana*. R, 5^a Serie, vol. unico, 1950.
- , *Successione e spessori delle formazioni geologiche nel basamento del Somma-Vesuvio*. R, 5^a Serie, vol. unico, 1950.
- INGERSOLL L. R., in *Early Geoph. Papers ecc.*, 1947 per cui vedi GISH O. H.
- e ZOBEL O. J., *Mathematical Theory of Heat Conduction*. Ginn, a. c. Boston, 1913.
- , — e INGERSOLL A. C., *Heat conduction - With Engineering and geological applications*. Ed. McGraw-Hill, New York, 1948.
- IOVENE F., *Studio termico sull'isola d'Ischia*. H, 50, 1938 (1939).

- , *Osservazioni sulle mofete vesuviane apparse in occasione dell'ultimo parossismo vulcanico*. H, 55, 1944-46.
- IPPOLITO F., *Un « geyser » in miniatura nell'Isola d'Ischia*. Il Mattino, 8 agosto 1939, Napoli.
- , *Segnalazione di un pozzo esistente nell'antica città di Pompei*. H, 49, 1937.
- , *Su alcuni pozzi profondi del Napoletano*. H, 53, 1942.
- , *Sulla sistematica dell'attività vesuviana*. Atti Acc. Pont. Sc., 9, 18, 1944.
- , *Intorno ai criteri di ricerca per energia geotermica*. P, Rend., vol. 2, fasc. 6, 1947.
- , *Segnalazione di una roccia vulcanica nel sottosuolo campano a nord del Lago di Patria*. H, 56, 1947.
- , *Energia geotermica per usi industriali: criteri di ricerca e orientamento in Italia*. Riv. Geomineraria, 8, n. 1, 1947.
- JAGGAR T. A., *Physics of the Earth, 1 Volcanology*. Bull. Nat. Research Council, 77, 1931.
- JASMUND K., *Loslichkeit von KCl in der Gasphase von überkritisch erhitzten Wasser*. Heidelb. Beitr. z. u. Petr., 3, pp. 380-405, 1953.
- JEFREMOV J. K., *In Lande der Vulkane*. Ed. Neues Leben, Berlino, 1953.
- JENSEN M. L., *Geologic importance of variations in stable isotopic abundance*. N, 48, pp. 161-176, 1953.
- JOHNSTON-LAVIS H. J., *Monograph of the Earthquakes of Ischia*. Ed. Dulan e C., Londra. F. Furcheim, Napoli, 1885.
- JONES R. H. B., *Temperature relations to ore deposition*. N, 29, pp. 711-724; 1934.
- LACROIX A., *Les enclaves des roches volcaniques*. Ann. de l'Acad. de Macon, 10, 1893.
- , *Etude mineralogique des produits silicatés de l'éruption du Vesuve (avril 1906) ecc.* Nouv. Archiv. du Museum, S. IV, 9, Parigi, 1907.
- LAMAR J. E. e SHRODE R. S., *Water-soluble salts in limestones and dolomites*. N, 48, pp. 97-113, 1953.
- LENZI D., in G, 47, pp. LXXXII-LXXXVI, 1928.
- LINDER I. L. and GRUNER J. W., *Action of alkali sulphide solution on minerals at elevated temperatures*. N, 34, pp. 357-566, 1939.
- LO SURDO A., *La condensazione del vapor d'acqua nelle emanazioni della Solfatara di Pozzuoli*. Nuovo Cimento, S. V, 15, 1908.
- LOTTI B., in G, 47, pp. XXXVII-XCVI, 1928.
- MADDALENA L., *Valorizzazione delle forze endogene nazionali*. Rendiconti dell'A. E. I. Torino, 21-26 sett. 1947.
- MAIER W., in Zt. d. Deutsch. Geol. Gesellsch., 85, 1933.
- MALLADRA A., *Sul graduale riempimento del cratere del Vesuvio*. Atti dell'8° Congr. Geogr. Ital. (in Firenze) 1921, vol. II, pag. 67-75.
- , *Recenti studi sul vulcanismo*. Att. Soc. Ital. Progr. Sc. 15ª Riun. Bologna, 1926.
- , *Guida alla escursione al Vesuvio*. Atti XI Congr. Geogr. It. in Napoli, 1930, vol. 4, 1930.
- , in C, 6, 1933.
- MALQUORI G., *Relazione sulle ricerche per idrocarburi e per forze endogene nell'Italia centro-meridionale*. Atti del Convegno sulle ricerche degli idrocarburi e delle forze endogene nell'Italia Centro-meridionale in Napoli presso la Camera di Commercio, Industria e Agricoltura, 9 aprile 1953.

- MARSAL D., *Der Einfluss des Druckes auf das System $\text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$* . Heidelb. Beitr. z. Min. u. Petr., 3, pp. 289-296, 1952.
- MASINI R., *Note geoidrologiche sui nuovi pozzi dell'Isola di Pianosa dell'arcipelago toscano*. Atti Soc. Tosc. di Sc. Nat., Mem., vol. 60, S. A, 1953.
- MATHER K. F. e MASON S. L., *A Source Book in Geology*. Ed. McGraw-Hill C., New York e Londra, 1939.
- MAZZONI A., *I soffioni boraciferi toscani e gli impianti della Larderello*. An. Arti Grafiche, Bologna, 1948 e 2^a Ed., 1951.
- e BREUSSE J. J., *Application de la prospection électrique à la tectonique pour la recherche de vapeur naturelle à Larderello (Italie)*. Com. alla XV Sez. del XIX Congresso Geologico Internazionale in Algeri nel 1952.
- MERCALLI G., *I vulcani attivi della Terra*. Ed. Hoepli, Milano, 1907.
- , *Vulcani e fenomeni vulcanici*. Geologia d'Italia, pag. 163-170, 1883.
- MERLA G., *Geologia dell'Appennino Settentrionale*. G, 70, 1951.
- MINIERI, *La terrazza della Starza nei Campi Flegrei*. O, Rend., vol. 17, 1950.
- MINUCCI E., *Il mare pliocenico nella Campania*. Memorie geologiche e geografiche di Giotto Dainelli, 3, 1933.
- MORÉT L., *Les sources thermominérales - Hydrogéologie - Géochimie - Biologie*. Ed. Masson e C., Parigi, 1946.
- MOREY G. W., *The volatility of silica with steam*. A, n. 786, 1932.
- MOSEBACH R., *Zur Kenntnis und petrologische Bedeutung des Systems $\text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$* . U, I, n. 6, pp. 415-435, 1952.
- MUIR A., GOLDSCHMIDT V. M., *Geochemistry*. Ed. At the Clarendon Press, Oxford, 1954.
- NACKEN R., *Hydrothermale Mineralsynthese zur Züchtung von Quarzkristallen*. Chemiker-Zeitung, 74, 50, 1950.
- NARICI E., in K, 5, 1931.
- NASINI R., in G, p. LXXVIII, 1928.
- NEUMANN V. PADANG M., in De Mijning, Bandoeng, 1933.
- NEUMANN H., *On hydrothermal Differentiation*. N, 43, pp. 77-83, 1948.
- , in De Mijningingenieur 4, 1937 e 6, 1939 (cit. da A. RITTMANN 1941).
- , *Catalogue of the Active Volcanoes of Indonesia*. Int. Voc. Assoc., Napoli, 1953.
- , *Philippine Islands and Cochin China*. Parte II del *Catalogue of the active volcanoes of the world including Solfataria Fields*. Int. Volc. Ass. Napoli, 1953.
- NICHOLS R. L., in Journ. Geol. Chicago, 42, 1934.
- NICOTERA P., *Sulle rocce laviche adoperate nell'antica Pompei* in «Pompeiana». Ed. Maccbiaroli. Napoli, 1950.
- NIGGLI P., in D, 5, 61, 1919.
- , in Rec. Trav. Chim. Pays-Bas, 51, 1932.
- , *Das Magma und seine Produkte*. Akad. Verlagsgesellsch. M.B.H., Lipsia, 1937.
- NOETZLIN J., *La mesure des rapports isotopiques et ses applications possible à la volcanologie*. C. 12, B. V. pp. 115-129; 1952.
- OCCELLA E., *L'utilizzazione delle energie endogene dell'Isola di Vulcano*. K, 2, sett. 1951.
- , *Sull'espansione del vapore ricavabile da sorgenti naturali*. Atti e Rass. d. Soc. Ing. e Arch. in Torino, agosto 1951.
- ORSTRAND (VAN) C. E., in Early Geophysical Pap. ecc., per cui vedi GISH O. H.

- PANICHI U., *Ricerche petrografiche su la regione aurunca (Vulcano di Roccamonfina)*. Mem. d. Soc. It. delle Scienze (detta dei XL) S. III, 22, 1922.
- PARASCANDOLA A., *L'eruzione vesuviana del marzo 1944*, O, Rend., 13, 1942-45.
- , *Il Monte Nuovo ed il Lago Lucrino*, II, 55, 1944-16.
- , *Notizie vesuviane. L'attuale fase solfatarica del Vesuvio*, H, 55, 1944-16.
- , *I fenomeni bradisismici del Serapeo di Pozzuoli*, Tip. G. Genovese, Napoli, 1947.
- , *Se sia stato esclusivamente terminale l'efflusso lavico nell'eruzione vesuviana del marzo 1944*, II, 56, 1947.
- , *Notizie vesuviane: Lo stato del Vesuvio nel 18 e 25 marzo 1947. Notizie vesuviane: Lo stato del Vesuvio il 20 luglio 1947*, H, 56, 1947.
- , *Sulla presenza dell'acido solforico libero al Vesuvio e nei Campi Flegrei (Solfatarata ed Agnano)*, H, 56, 1947.
- , *Notizie Vesuviane. Lo stato del Vesuvio dal 9 novembre 1947 al 15 febb. 1948*, H, 57, 1948.
- , *Notizie Vesuviane. Osservazioni sullo stato attuale del Vesuvio (20 dicembre 1949)*, H, 58, 1949.
- PARONA F., *Trattato di Geologia*. Ed. Vallardi, pp. 216-217, 1924.
- PARRAVANO N. e PESCE, *Atti Congr. Int. di Chim.*, vol. II, 1938.
- PENTA F., *Le lave vesuviane - Marmi, Pietre e Graniti*. Carrara, 1932.
- , *Qualche notizia sulle applicazioni delle lave vesuviane*. Lo Scultore e il Marmo, n. 13, aprile 1933.
- , *Su una cupola trachionolitica ed un banco di breccia vulcanica del cratere di Quarto - Campi Flegrei*, O, Rend., 3, 1933.
- , *Studio petrografico sulla trachionolite cupolare e sul banco di breccia di Quarto - Campi Flegrei*, R, 2, 1933.
- , *Le lave vesuviane e pavimentazioni stradali*. Conferenza tenuta al Sind. Ing. della Prov. di Napoli il 7 giugno 1933. Racc. di Studi e Conf. del Com. di Studi di Economia presso l'Unione Industr. della Prov. di Napoli, n. 2, Napoli, 1933.
- , *Osservazioni petrografiche su di una pozzolana del Vesuvio*, C, 7, n. 23-26 del 1930 (pubbl. nel 1934).
- , *Lave vesuviane e pavimentazioni stradali*. Riass. della Conferenza in Ann. d'Ing., n. 5, A. VII, Napoli, 1933.
- , *Confronto fra lava vesuviana ed altre rocce ignee adoperate per pavimentazione stradale di Napoli*, C, 7, n. 23-26 del 1930, Napoli, 1931.
- , *Un probabile affioramento di roccia lavica a Tripergola (Montenuovo-Pozzuoli)*, H, 46, 1934 (pubbl. 1935).
- , *Sull'impiego avuto in passato dalle lave vesuviane come pietra da taglio*, H, 47, Napoli, 1935.
- , *Sul confronto fra le caratteristiche meccaniche delle lave vesuviane e di altre rocce ignee adoperate per pavimentazione stradale di Napoli*, II, 47, Napoli, 1935.
- , *I materiali da costruzione dell'Italia Meridionale*. Ed. Fond. Polit. del Mezzogiorno, Napoli, 1935.
- , *Osservazioni sulla evoluzione e la differenziazione del magma somma-vesuviano secondo le vedute del Rittmann. Le loro basi e le loro conseguenze nella interpretazione della geologia del territorio fra i Campi Flegrei e Pesto*, H, 49, 1937.

- , *Su uno studio delle pozzolane flegree*. B, 8, vol. I, 3-4, 1937.
- , *Sguardo minerario sull'Italia Meridionale*. Atti R. Ist. d'Incoragg. di Napoli, 1938.
- , *Studi geominerari e geotecnici - L'attività svolta dal Centro Studi delle Risorse Naturali dell'Italia Meridionale*. H, 50, 1939.
- , *Le recenti idee del Rittmann sul magma originale e sulla origine del Sial*. T, 37, fasc. 3-4, 1939.
- , *Le recenti idee su magmatismo, vulcanismo e migmatismo in rapporto anche alle profondità degli ipocentri di terremoti vulcanici o magmatici in genere*. T, 37, fasc. 5-6, 1939.
- , *Studi geominerari e geotecnici - L'attività svolta dal Centro Studi delle Risorse Naturali dell'Italia Meridionale*. H, 51, 1940.
- , *Studi e ricerche in corso nei Campi ed Isole Flegrei condotti allo scopo di utilizzare le energie del sottosuolo*. H, 51, 1940 (fino al nov. 1940).
- , *Plutonismo e vulcanismo e la « differenziazione petrografico-metallifera »*. S, 11, n. 1, 1940.
- , *Studi e ricerche in corso nei Campi ed Isole Flegrei*. K, fasc. 4, Roma, 1941.
- , *Studi geominerari e geotecnici. L'attività svolta dal Centro Studi delle Risorse naturali dell'Italia Meridionale dal 31 agosto al 28 ottobre 1941*. (3^a Rel.). Atti del R. Ist. d'Incoraggiamento; 84, Napoli, 1941.
- , *Pozzolane, sabbie e pietrischi della provincia di Napoli per malte e calcestruzzi*. K, n. 7, 1941.
- , *Studi geominerari e geotecnici dal 1937 al 1941*. Atti della Fondazione Politecnica del Mezzogiorno, 2, 1942.
- , *Gli studi geominerari e geotecnici eseguiti nell'anno 1940-1941 presso il Centro di Studi delle Risorse Naturali dell'Italia Meridionale*. K, n. 1, 1942.
- , *Studi geominerari e geotecnici dal 1941 al 1944*. Atti Fondaz. Politecnica del Mezzogiorno, 3, 1947.
- , *Temperature nel sottosuolo della regione « Flegrea »*. E, 2, pp. 328-346, 1949.
- , *Sulle argille scagliose*. B, 19, n. 11-12, 1949.
- , *Sulle argille scagliose*. Atti della Soc. It. per il Progresso delle Scienze, XLII Riunione, 1949.
- , *Risultati dei sondaggi nelle pianure del Volturno e del Garigliano*. G, 69, 1950.
- , *Attività svolta nel triennio 1947-1949*. B, 20, n. 3, 1950.
- , *Sulle temperature del sottosuolo in rapporto agli scavi di gallerie o pozzi, alla cementazione di fori trivellati, alle malte dei rivestimenti*. Boll. Tecnico del Circolo Culturale Ingegneri ed Architetti Sardi, 3, 1, 1950.
- , *Ricerche per forze endogene nel Napoletano*. B, 20, n. 11, novembre 1950.
- , *Mezzo secolo di Ingegneria - Geologia Applicata*. I, n. 8, 1952.
- , *Sulle possibilità offerte dal territorio della Repubblica di El Salvador nell'America Centrale nel campo delle « forze endogene »*. E, 6, n. 3, 1953.
- , *Nuove forze endogene di prevedibile utilizzazione*. Relaz. al III Convegno Naz. degli Ingegneri Italiani in Milano, novembre 1953.
- , *Sulle ricerche per forze endogene in Italia*. K, 5, 1, 1954.
- , *Der Entwicklungszustand des Aufsuchens heisser Grundwasser und natürlichen Dampfes in Italien*. Comunicazione alla Soc. Geol. Ted. in Hannover, 21 aprile 1954.

- e CONFORTO B., *Sulle misure di temperatura del sottosuolo nei fori trivellati in presenza di acqua e sui relativi rilievi freaticometrici in regioni idrotermali*. E, 4, 1951.
- , —, *Sulle trivellazioni in aree idrotermali per ricerche di vapore*. I, fasc. 3, 1951.
- , —, *Risultati di sondaggi e di ricerche geominerarie nell'Isola d'Ischia dal 1939 al 1943 nel campo del vapore, delle acque termali e delle forze endogene in generale*. E, 4, 1951.
- , —, *Risultati di sondaggi e di ricerche geominerarie nei «Campi Flegrei» (prov. di Napoli) nel campo del vapore, delle acque termali e delle «forze endogene» in generale*. E, 4, 1951.
- e DEL VECCHIO G., *Lave vesuviane dei principali centri estrattivi*. Ed. Fondazione Politecnica del Mezzogiorno, Napoli, 1936.
- e IPPOLITO F., *Considerazioni idrogeologiche sulle acque minerali di Castellammare di Stabia*. In G. BISOGNI, *Le sorgenti Vatacore delle Terme Stabiane*. Ed. a cura del Municipio di Castellammare di Stabia nel 1940.
- PEROZZI A., *Ritrovamento dei resti dell'Eneolitico in provincia di Napoli*. B, 19, 1949.
- , *Su alcune manifestazioni fumaroliche e solfatariche nel Salvador (Centro America)*. E, 6, n. 3, 1953.
- PERRET F. A., *Volcanological Observations*. A, n. 549, 1950.
- PESCIONE A., *I materiali da costruzione nell'antica Pompei*. Atti Acc. Pont., n. Serie, 3, 1950.
- PIATTI V., in *Urania*, 28, 1939.
- PIERUCCINI R., *Sul significato geochimico della presenza di elementi in tracce (elementi guida) entro le rocce sedimentarie, metamorfiche ed ignee*. Stromboli, 1953.
- POCHETTINO A., *Geofisica*. «Un secolo di Progresso Scientifico Ital.» 1839-1939. Sez. di Geof. e Meteorologia, vol. VII, S.I.P.S., 1939.
- PONTE G., *Meccanismo delle eruzioni etnee*. D, 1, 1 pp. 9-20, 1914.
- , in *Boll. Com. Naz. It. per la Geod. e Geof.*, 2^a S., 1, 1931.
- , in *E, 1*, n. 2, 1948.
- , *Riassunto delle principali osservazioni e ricerche fatte sull'Etna*. C, 9, 1949.
- , IMBÒ G., STELLA STARABBA F., TAZIEFF H., FAMULARO V., *Stromboli*. A cura dell'Ass. Intern. dei Vulcanologi, 1952.
- PRANDTL L., *Essentials of fluid Dynamics*. Hafner Publ. Company, New York, 1952.
- PREUSSE P., in *D*, 10, 1926 e 1927.
- QUIRKE J., in *Trans. Roy. Soc. Canada*, 25, 1931.
- RAGUIN E., *Géologie du Granite*. Ed. Masson, Parigi, 1946.
- RAMDORF P., *Fortschritte auf dem Gebiet der Lagerstättenkunde*. Fortschr. d. Min., Krist. u. Petr.; 22, pp. 105-184, 1937.
- , *Lehrbuch der Mineralogie*. Ed. Enke, Stuttgart, pag. 245, 1936.
- RANKAMA K., *The isotopic constitution of carbon in ancient rocks as an indicator of biogenic origin*. M, 5, pp. 142-152, 1954.
- RECK H., *Die Soffionenfelder Toskanas in ihrer vulkanologischen Bedeutung*. D, 16, 3, pp. 161-179, 1935.
- REICH H., v. ZWINGER R., *Taschenbuch der angewandten Geophysik*. Akad. Verlag. Becker e Erler Kom. Ges., Lipsia, 1943.

- RICKEY J. E., *Association of explosive Brecciation and plutonic Intrusion in the British Tertiary igneous Province*. C, 6, pp. 157-176, 1940.
- RITTMANN A., *Die Nutzbarmachung Vulkanischer Kräfte*. Die Naturwissenschaften, 16, ott. 1928.
- , *Geologie der Insel Ischia*. D, Erg. B. 6, 1930.
- , *Das Vesuvmagma und seine Entwicklung*. Die Naturwissenschaften, 20, 1932.
- , *Die geologische bedingte Evolution und Differentiation des Somma-Vesuvmagmas*. D, 15, 1933.
- , *Die Dienstbarmachung Vulkanischer Kräfte*. Natur. u. Volk, 67, 1937.
- , *Le temperature nella crosta terrestre e l'orogenesi*. O, Rend., 13, 1942-45.
- , *Vulcani, attività e genesi*. EPSEA ed. polit. S.A. Napoli, 1944.
- , *Origine e differenziazione del magma ischiitano*. V, 28, 1948.
- , *Guida alle escursioni al Vesuvio, ai Campi Flegrei, ad Ischia allo Stromboli ed in Irpinia*. Op. inedita del 1949.
- , *L'eruzione vesuviana del 79 - Studio magmalogico e vulcanologico*. In «Pompeiana» ed. Macchiaroli, Napoli, 1950.
- , *Orogénese et Volcanisme*. Archives de Sciences, 4, fasc. 5, 1951.
- , *Cenni sulla Geologia di Procida*. G, 70, 1953.
- e BUCHNER G., *Origine e passato dell'isola d'Ischia*. Opuscolo illustrativo del Museo d'Ischia. Ed. G. Macchiaroli, Napoli, 1948.
- e IPPOLITO F., *Sulla stratigrafia del Somma-Vesuvio*. Atti Fondaz. Politecn. del Mezzogiorno, 3, 1947.
- ROCCATI A., in G, 44, 1925.
- ROTH J., *Analysen: I^o Dolomitischer Kalkstein, sogenannter Auswürfling von Rio della Quaglia von der Somma - II^o Dolomitischer Kalkstein von der Punta dei Cognoli an der Somma*. Zt. d. Geol. Gesellsch., 4, Berlino, 1852 Journ. of prakt. Chemie, 58, Lipsia, 1853.
- SACCO F., in G, p. 67, 1928.
- SALOMON W., in D, 10, 1927.
- SANTANGELO M., *Su alcune variazioni del rapporto isotopico A^{40}/A^{26} nei gas naturali*. Comunic. al III Conv. (28 maggio 1954) dell'Assoc. Geofis. Ital.
- SANTI B., *Manifestazioni esalativo-idrotermali dell'isola d'Ischia*. Comunicazione alla X Assemblea Generale dell'Associazione Geodetica e Geofisica Internazionale, sett. 1954.
- SAPPA M., *Fenomeni geysiriformi dell'Isola d'Ischia*. Comunicazione alla X Assemblea Generale dell'Associazione Geodetica e Geofisica Internazionale, sett. 1954.
- , *Prospetto delle ricerche per «forze endogene» in varie regioni del mondo durante l'ultimo trentennio*. Comunicazione al III Convegno (28 maggio 1954) dell'Ass. Geofis. Ital.
- SAPPER K., in D, 2, 1915 e 3, 1917.
- , *Vulkankunde*. Biblioth. Geograph. Handbücher, Stoccarda, 1927.
- , in D, 11, 1928.
- , *Volcanology* in «Physics of the Earth». The Nat. Res. Council of the Nat. Ac. of Sc., Washington; pp. 12-13, 1931.
- , in Petermanns Geogr. Mittlg. Gotha, 1934.
- , in D, 17, 1937.
- , *Vulkanismus*. Handwörterbuch d. Naturwissensch. 10, 1935.

- SBORGI U., *Analisi dei gas del Viterbese della zona « Bullicame » con particolare riguardo ai gas nobili*. B. B., vol. II, pp. 323-328, 1937.
- , *Il significato geochimico dei gas nobili nei gas naturali ed in particolare nei gas vulcanici*. Atti X Congr. Int. Chim., vol. III, pag. 796 e seg., 1938.
- , *Considerazioni chimiche e chimico-fisiche sui gas vulcanici e magmatici. Ipotesi di una fase idrotermale intermedia*. C, 5, 1939.
- , *Pietro Ginori Conti* (Necrologia). C, 7, pag. 211-228, 1940.
- , *Sul significato dell'elio nei gas naturali e sulla importanza della sua determinazione nelle acque minerali*. Ann. d. Chim. Appl., 38, 1948.
- , *Sulla radioattività postemanazione*. La Chim. e l'Ind., 33, pag. 218 e seg., 1951.
- , *Sui rapporti tra radioattività ed elio nelle acque minerali constatati in un'acqua solfato-calcica*. «La Clinica Termale» Il S., 5, n. 4 pp. 426-428, 1952.
- SCACCHI A., *Campi ed isole flegree. Il Vesuvio*. In «Napoli e sue vicinanze», vol. II, pag. 361-413, Napoli, 1845.
- SCHERILLO A., *Le lave vesuviane e le scorie dell'eruzione vesuviana del marzo 1944*. R., 1950.
- , *Le ricerche petrografiche sui prodotti attuali del Vesuvio compiute nell'Istituto di Mineralogia della Università di Napoli*. C, 10, Napoli, 1950.
- , *Petrografia dei tufi flegrei: Il tufo giallo*. Nota prima. O, Rend., 17, Napoli, 1950.
- , *La differenziazione nei Vulcani Sabatini (Lazio)*. V, 28, 1948.
- SCHLÖEMER A., *Zur geologischen Bedeutung thermophiler Bakterien*. Q, 10, pp. 667-670, 1935-36.
- SCHMITT H., *Certain terms of mining geology as defined and used*. N, 49, pp. 198-204, 1954.
- SCHNEIDERHÖHN H., *Time-temperature curves in relations to mineral associations in cooling intrusions*. N, 29, pp. 471-480, 1934.
- , *Genetische Lagerstättengliederung auf geotektonischer Grundlage*. Neues Jh. Mineral. Mh. pp. 47-89, 1952.
- SCHWANDER H., *Bestimmung des relativen Sauerstoffsotopen-Verhältnisses in Silikatgesteinen und Mineralien*. M, 4, n. 6, pp. 261-291, 1953.
- SCHWINNER R., in D, 5, 1920.
- SHAND S. J., *Eruptive Rocks*. Ed. T. Murby, London e J. Wiley, New York, 1949.
- SHEPHERD E. S., *The analysis of gases obtained from volcanoes and from rocks*. A, 564, 1925.
- , *The present Status of the Volcano-gas Problem*. A, 650, 1927.
- , *Notes on Fluorine*. C, 6, 189-198, 1940.
- SICARDI L., *Sulle manifestazioni dell'attività fumarolica della Solfatarà di Pozzuoli nell'ultimo ottantennio (1856-1939)*. Natura, 32, 1941.
- , *Il recente ciclo dell'attività fumarolica dell'isola di Vulcano*. C, 7, 1940.
- , *L'attività della Solfatarà di Pozzuoli attraverso la documentazione storica avanti l'ultimo ottantennio*. Atti Soc. It. di Sc. Nat., 83, 1944.
- SIEBERG A., *Einführung in die Erdbeben und Vulkankunde Südtaliens*. Jena, 1913.
- SIGNORE F., *La probabile influenza della pioggia sull'attività della Solfatarà di Pozzuoli*. R, 2, 1925.
- , *Contributo allo studio geofisico della Solfatarà e del Rione Mofete-Stufe di Nerone*. R, 1, 1925.

- , *Rapporto sull'attività del «Bureau International de Volcanologie»*. C, 6, pp. 67-81, 1940.
- , *Le ricerche vulcanologiche in Italia nel triennio 1948-1950*. C, 14, 1953.
- SMITH F. G., *Review of physico-Chemical Data on the State of Supercritical Fluids*. N. 48, pp. 14-38, 1953.
- SOLAINI L., *Ricerche radioattive a Larderello*. Geof. Appl., 11, 1, 1950.
- SOLER E., *Comunicazioni sui lavori eseguiti dall'Istituto di Geodesia di Padova nella regione dei soffioni boraciferi di Larderello con la bilancia di Eötvös*. Atti della Soc. It. per il Progr. delle Scienze, Pavia, 1930.
- , *Lavori geofisici eseguiti dall'Istituto di Geodesia della R. Univ. di Padova nella regione vesuviana nel 1934-35*. P. Rend., XXIV.
- SONDER R. A., in L, 28, 1937 (citato da A. RITTMANN).
- , *Studien über heisse Quellen und Tektonik in Island*. Publ. dell'Ist. Vulc. J. Friedlaender, n. 2, Zurigo, 1941.
- STAPPENBECK R., in Das Gas- und Wasserfach, 42-14, 1933.
- STEHN CH. E., in D, 11, 1927.
- , in Natuurk. Tijdschr. voor Nederl.-Indie, 84, 1934.
- STEINER A., *Hydrothermal Rock Alteration at Fairakei, New Zealand*. N. 48, 1, 1953.
- STELLA STARABBA F., in C, 5-6, 1925.
- STILLE H., *Palingene Siatschmelzen*. Atti 19° Congr. Geol. Int. Sez. XV, Algeri, 1952.
- , *Der «subsequente» Magmatismus*. Abh. z. Geotektonik, n. 3, Geotekt. Inst. d. Akademie. Akadem.-Verl., Berlino, 1950.
- STINI J., *Zur Kenntnis der Herkunft der Badner Heilquellen*. Kober-Festschrift, Univ. di Vienna, 1953.
- , *Beiträge zur Frage der Bildung der Gasteiner Heilquellen*, Bad. Gasteiner Baderblatt, n. 36, St. Johann im Pongau, 1951.
- , in Geologie u. Bauwesen, 20 (del 1953), 1954.
- SULLIVAN C. J., *Ore and Granitization*, N. 43, pp. 471-198, 1948.
- TAMMANN G., RÜHENBECK A., *Die spezifischen Volumen des Wassers zwischen 20° und 650°, die des Äthyläthers und des Äthylalkohols zwischen 20° und 400° bei Drucken von 1-2500 Kg/cm²*. Ann. d. Phys., 13, pp. 63-79, 1932.
- TARICCO M., *Escursioni del XII Congresso della Soc. Geol. Italiana*, G, 47, pag. CXVI, 1928.
- THORODDSEN TH., in D. K.G.L. Danske Vidensk., Selsk. Skrift, 9, 1925.
- VERHOOGEN J., in Ann. Soc. Géol. de Belgique, 62, 1933 e Amer. Journ. Sci., 237, 1939 (cit. da A. RITTMANN).
- VIGHI L., *Segnalazione di taluni edifici vulcanici nella zona costiera tra Torregaveta e Miliscola nei Campi Flegrei (Napoli)*. H, 58, 1945.
- VINASSA DE REGNY P., *La Terra*, Ed. I.T.E.T., 1933.
- VOCCA O., *Sulle possibili fonti di energia nei prossimi decenni*. B, 21, 1951.
- WASHINGTON H. S., *La costituzione della terra*. (Vedi riass. in C, 5-6, 1925).
- WARD W. H., SEWELL E. C., *Protection of the ground from thermal effects of industrial plant*. Géotechnique, 2, 1950.
- WHITE D. E., BRANNOCK W. W., *The Sources of Heat and Water Supply of thermal Springs, with particular Reference to Steamboat Springs, Nevada*. Trans Americ. Geophys. Union, 31, 4, 1950.
- , SANDBERG C. H., BRANNOCK W. W., *Geochemical and geophysical approaches to*

- the problem of utilization of hot spring Water and Heat.* Proceedings of third Nevada Water Conference del 1948, pp. 112-125, Carson City, Nevada, 1949.
- WILLIAMS H., in Un. of Cal. Publ. 21, 1934 (v. riassunto in D. 16, 1935).
- WILLMANN (VON) E., *Vulkane. Hypothetische Betrachtungen über den Zusammenhang zwischen Schwerkraft und Wärme.* Ed. J. C. Huber, Diessen v. München, 1934.
- v. WOLFF F., *Der Vulkanismus.* Ed. F. Enke, Stoccarda, 1913-31.
- , in Handbuch der Geophysik, 3, 1930.
- , *Das Gesetz des Vulkanismus.* in Nova Acta Leopoldina, ed. E. Abderhalden, nuova serie, vol. 8, n. 55, Deutsche Akademie der Naturforscher, Halle-Saale, 1910.
- , *Der grosse Vesuviusbruch des Jahres 1906.* Forsch. d. Min. 26 (del 1947), pp. 131-134, 1950.
- WURM A., in D. 16, 1935.
- YAMAMOTO KATSURO, *On the Flow of natural Steam of a Fumarole.* Journal of Mechanical Laboratory, 5, Tokyo, 1953.
- ZAMBONINI F., *Mineralogia vesuviana.* 2^a ed. a cura di E. QUERCIGH; O, Suppl. Atti, 20, 1935.
- ZIES E. G., *The Concentration of metallic Constituents by volcanic Emanations.* A, n. 650, 1927.
- , in Journ. Wash. Acad. Sc., 18, 511-12, 1931 (o 1932) per cui v. D, 14, 1932.
- , in A, n. 851, 1934.
- ZÜNCKER R., in Zl. f. angew. Chemie, 29, 1914.