

# PROSPETTO DELLE RICERCHE PER «FORZE ENDOGENE» IN VARIE REGIONI DEL MONDO DURANTE L'ULTIMO TRENTENNIO (\*)

MERCURINO SAPPÀ

In due memorie pubblicate nel 1928 e nel 1937. A. Rittmann dava notizie sui lavori eseguiti, per ricerche di forze endogene, in Italia, negli Stati Uniti e nelle Indie Olandesi. In questi due ultimi Paesi le ricerche, che si svolsero in aree vulcaniche, dettero risultati soddisfacenti. In Italia, nella Regione Boracifera Toscana, lo sfruttamento del vapore endogeno aveva già raggiunto, allora, un alto livello industriale.

Dal 1928 ad oggi le ricerche di energia endogena sono state intensificate ed estese a molte altre regioni del mondo, con particolare riguardo alle aree vulcaniche.

Nella tabella acclusa abbiamo cercato di riassumere quanto, nell'ultimo trentennio, è stato fatto, nelle varie parti del mondo, sia per la ricerca che per l'utilizzazione dell'energia geotermica. Purtroppo i dati a disposizione, attinti dalla letteratura consultata e riassunta in appendice, non sono sempre risultati sufficienti ad inquadrare la fenomenologia esalativo-idrotermale (con geysers, fumarole ecc.) della regione nel proprio ambiente geologico-geofisico.

Come risulta dalla tabella, la più alta temperatura finora incontrata nel mondo con le perforazioni è quella che è stata misurata nel sottosuolo dei Campi Flegrei (circa 300° a 1700 m in acqua).

Dai lavori consultati appare evidente come, in quasi tutti i campi finora esplorati, siano state incontrate notevoli difficoltà nell'interpretazione dei risultati. Per alcuni Campi si ha notizia di ritrovamenti di vapore surriscaldato, ma sembra che la presenza dell'acqua sotterranea complichino notevolmente sia la sua ricerca che il suo sfruttamento. Nella maggior parte delle aree finora investigate il fluido rinvenuto è risultato essere acqua, in alcuni casi ad elevata temperatura. L'utilizzazione di tale acqua a scopo industriale è stata resa dif-

---

(\*) Comunicazione presentata all'Assemblea dell'Associazione Geofisica Italiana, tenuto a Roma il 28-29 maggio 1954.

ficile dalla formazione, durante l'erogazione per ebollizione, di incrostazioni (principalmente carbonatiche e silicee) che in brevissimo tempo hanno ostruito i pozzi. Tale inconveniente ha anche notevolmente complicato le osservazioni necessarie per la ricerca, impedendo di tenere in erogazione i pozzi per tempi sufficientemente lunghi.

Nonostante i buoni risultati raggiunti in alcuni campi esalativi, non sembra che, finora, siano state ottenute realizzazioni pratiche paragonabili a quelle della Regione Boracifera Toscana (detta di Larderello), la quale conserva tuttora incontrastato dominio in questo campo.

*Roma (S. Pietro in Vincoli), Istituto di Geologia Applicata e di Giacimenti Minerari dell'Università (Facoltà Ingegneria).*

*28 maggio 1954.*

### RIASSUNTO

*Si schematizzano i metodi ed i risultati delle indagini e ricerche eseguite nell'ultimo trentennio, in varie regioni del mondo, per captare ed utilizzare il vapore naturale sotterraneo per scopi industriali (termoelettrici). Si osserva, fra l'altro, come, quasi dovunque, le acque sotterranee complichino non solo la utilizzazione, ma anche l'esatta interpretazione dei fenomeni riscontrati.*

*In alcuni campi fumarolici i pozzi trivellati hanno rinvenuto vapore surriscaldato anche dove, nello stesso sottosuolo, si incontrano pure acque termali.*

*Nonostante i buoni risultati ottenuti in qualche campo esalativo, non sembra che, finora, siano state ottenute realizzazioni pratiche paragonabili a quelle della Regione Boracifera Toscana (detta di Larderello), la quale conserva tuttora incontrastato dominio in questo campo.*

*Dalla letteratura consultata non sempre risulta possibile inquadrare la fenomenologia esalativo-idrotermale (con geyser, fumarole ecc.) della regione nel proprio ambiente geologico-geofisico. Resta, perciò, ancora alquanto problematica la classifica delle manifestazioni stesse sia dal punto di vista scientifico, che da quello applicativo.*

### SUMMARY

*In this paper the A. outlines the methods and the results on the investigations and researches made in the last thirty years in various*

*parts of the world for the exploitation and utilization of natural underground steam for industrial purposes (thermoelectrical).*

*Among other things it was observed that almost everywhere the underground waters complicate not only the utilization, but also the exact interpretation of the encountered phenomenons.*

*In some fumarole-fields the drilled wells have found superheated steam even where, in the same subsoil, are also found thermomineral-waters. Although the good results accomplished in some exhalation field, does not look up to now to have reached practical results comparable to those of the boric-acid steam-jet district of Larderello (Toscana), which still maintains indisputed superiority in this field.*

*From the consulted literature, does not seem possible to fit the exhalative-hydrothermal phenomenology of the region in its own geological-geophysycal surrounding.*

*Hence, remains still quite problematic the classification of the same manifestations either from a scientific point of view or from a point of view of application.*

#### BIBLIOGRAFIA

Si riassumono, qui di seguito, i lavori utilizzati per redigere la tabella dello stato delle ricerche per forze endogene nei vari paesi.

Per le altre pubblicazioni in proposito, si rimanda alla letteratura riportata nella nota di F. PENTA (*Ricerche e studi sui fenomeni esalativo-idrotermali ed il problema delle forze endogene*, contenuta nello stesso fascicolo di questi *Annali di Geofisica*).

(1) ALLEN E. T., *Neglected factors in the development of thermal springs*. Pap. from the Geophysical Carnegie Institution of Washington, n. 852, 1934.

Mentre le cause fondamentali delle sorgenti termali (acqua sotterranea circolante riscaldata da vapore magmatico) sembrano essere dovunque le medesime, condizioni accidentali possono totalmente cambiare il tipo di sviluppo idrotermale. Così, per esempio, la presenza di calcari, nel bacino, darà luogo a sorgenti che precipitano esclusivamente carbonato di calcio (formazione di travertino) come si verifica a Mammoth Springs.

Nel Parco di Yellowstone, invece, le sorgenti termali precipitano insieme carbonato di calcio e silice, senza che il primo predomini sulla seconda. Le acque di tali sorgenti sembra che prendano calcio dalle vicine rocce dioritiche per un processo di attacco.

Si fa osservare che la deposizione del carbonato di calcio è legata alla facilità di liberazione di  $CO_2$  e quindi alla velocità dell'acqua, allo stato dell'alveo (liscio o scabroso) alla presenza o meno di cascate e di ristagni.

Dove non si trovano calcari, le aree termali aventi più piccoli bacini idrici

sepoliti sono nettamente distinte dalle aree aventi bacini più estesi. Le acque delle prime contengono prevalentemente silice, solfati metallici e  $H_2SO_4$  e precipitano opale e materiali argillosi. Quelle delle seconde contengono silice, bicarbonato e cloruro di sodio e depositano silice.

Alle prime appartengono le aree solfatiche, il cui carattere è dovuto all'ossidazione dell' $H_2S$  da parte dell'ossigeno atmosferico. Alle seconde appartengono i bacini a geysers, nei quali le acque esogene, penetrando a maggiori profondità, acquistano un contenuto minerale nettamente diverso dalle precedenti.

I cloruri alcalini, che rappresentano la maggior parte delle sostanze minerali disciolte nelle acque di tipo alcalino, si ritiene che siano volatilizzati direttamente dal magma.

(2) ALLEN E. T., *Geyser basins and igneous emanations*. Pap. f. the Geoph. Lab. Carnegie Inst. of Washington, n. 859, 1935.

*Definizione di «hot springs area»*. — Si definisce area a sorgenti termali l'insieme costituito dalle sorgenti stesse, con le loro caratteristiche di attività termale, dalle acque con i loro minerali disciolti e con i gas che da esse gorgogliano, dalle rocce dalle quali sgorgano le sorgenti e dai depositi che si formano.

*Tipi di aree termali*. — Si analizza il carattere delle «emanazioni» magmatiche dei bacini a geysers a Yellowstone e si ammette che tutte queste «emanazioni» siano allo stato acriforme quando lasciano il magma. Le acque dei bacini a geysers, considerate per l'85,90% di origine esogena, si ritiene che scendano in profondità fin dove l'evaporazione di esse viene compensata dalla condensazione del vapore magmatico. A questa profondità le acque disciolgono i sali e successivamente li portano in superficie. Le rocce costituenti i bacini giocano un ruolo importante nello sviluppo delle sorgenti alcaline, cedendo all'acqua la silice.

(3) ALLEN E. T. e DAY A. L., *Steam wells and other thermal activity at the Geysers, California*. Pap. f. the Geoph. Lab., Carnegie Inst. of Washington n. 378, 1927.

Si danno notizie del Campo di Coast Range in California. In tale campo si hanno, come manifestazioni superficiali, fumarole con gas caldi, geysers e sorgenti termominerali. Furono perforati n. 8 pozzi con profondità variabile fra m 67 e m 215. In uno di essi fu trovata la temperatura di 232° C.

Vengono descritti i metodi e gli apparecchi impiegati per le misure e per la captazione ed analisi dei gas.

(4) ALLEN E. T. e DAY A. L., *Hot springs of the Yellowstone National Park*. Pap. the Geoph. Lab., Carnegie Inst. of Washington n. 864, 1934.

Le sorgenti termali vengono considerate come manifestazioni dell'ultima fase del vulcanesimo e sembrano connesse a fratture. In terreni aridi le sorgenti termali si trovano associate con fumarole, alcune delle quali esalano vapore surriscaldato. Nel Parco di Yellowstone esiste circa una dozzina di getti di vapore surriscaldato, con un massimo di temperatura di 138° C.

La condizione di surriscaldamento viene spiegata attribuendo al vapore origine magmatica, pur ammettendo una possibile «contaminazione» da parte di vapore proveniente dall'evaporazione di acque sotterranee.

Si dà notizia di due fori perforati nel parco di Yellowstone, in uno dei quali, nel bacino di Norris, ad una profondità di m 70 è stato incontrato vapore a 205° C. e 21 Kg/cm<sup>2</sup> a pozzo chiuso. L'erogazione di tali fori continua da lungo tempo con portata pressappoco costante.

La presenza di vapore surriscaldato a piccola profondità ha fatto pensare che le acque superficiali, a causa della temperatura, penetrino poco nel sottosuolo e che al di sotto delle acque freatiche giaccia una zona di vapore surriscaldato che giunge fino al magma. Secondo le osservazioni eseguite, risulta che lo spessore delle acque superficiali varia da un'area all'altra, e, in una medesima area, da punto a punto.

Le aree termali del Parco di Yellowstone vengono suddivise in tre tipi: 1) aree solfatiche; 2) aree alcaline, con un sottotipo di aree miste; 3) aree a travertino.

Da misure di portata abbinate ad analisi chimiche, risulta che da tutte le sorgenti del Parco di Yellowstone le acque termali portano via, ogni giorno, 390 ton. di minerali disciolti. La quantità di calore emessa al secondo è di 200.000 kilocalorie.

A proposito dell'evoluzione delle sorgenti termali, sembra che le sorgenti solfatiche precedano, nel tempo, quelle alcaline.

Viene data, sommariamente, una spiegazione dell'attività geysieriana, basandosi sulle osservazioni eseguite sui 200 geysers del Parco. Un carattere notevole di molti geysers di Yellowstone risulta essere la presenza, in superficie, di acqua surriscaldata, cioè di acqua che si trova a 2°-3° C al di sopra del punto di ebollizione a quella pressione. Di questo fenomeno viene data un'interpretazione. Si dà infine notizia delle fluttuazioni ed estinzioni di geysers del Parco, cercando di spiegare il fenomeno.

(5) BARTH T. F. W., *Pristine and Contaminated Rock Magma and Thermal Water*. Bull. Volc.: S. II, VI, 1940.

Si dà notizia di misure di *pH*, effettuate nelle acque di alcune sorgenti calde in un'area vulcanica del SW dell'Islanda, secondo le quali risulta che il *pH* aumenta con l'allontanarsi delle sorgenti dalla zona delle grandi fratture. Viene inoltre data una spiegazione di tale fenomeno.

(6) BARTH T. F. W., *Craters and fissure eruptions at Myvatn in Iceland*. Saertzykk ov Norsk Geografisk Tidsskrift, 9, 2, 1942.

Dopo una discussione generale riguardante le cause del vulcanesimo nell'Islanda, viene descritta la regione del lago Myvatn nell'Islanda settentrionale.

Speciale considerazione è data al raggruppamento dei piccoli crateri di Myvatn, alla depressione di Dimmuhorgir, al Hverfjall, che è il più importante cono piroclastico dell'Islanda e al Ludent e Hraunbunga, entrambi coni vulcanici.

Segue una descrizione del grande sistema di fratture che si estende per 35 km dal Blafjall nel sud a Leirhunukur del nord. La tettonica mostra che in certe località il magma, anziché fuoriuscire, ha spinto in alto zolle del tetto.

È dato un resoconto della catastrofica eruzione per fratture che ebbe luogo intorno al Myvatn nel periodo 1724-29 e si cerca infine di spiegarne il meccanismo.

(7) BARTH T. F. W., *Some unusual groundwater Phenomena in Iceland*. Saertzykk ov Norsk Geografisk Tidsskrift; 9, 4, 1944, Oslo.

Viene descritta la geologia dell'Islanda e più dettagliatamente è discussa l'idrologia sotterranea dell'Isola.

Gli studi eseguiti hanno permesso di stabilire l'andamento della superficie di separazione fra acqua marina e acqua freatica nel sottosuolo dell'Isola. A tale scopo viene applicata la formula mediante la quale è possibile calcolare la profondità della superficie di separazione fra le due acque in funzione della quota sul mare del pelo libero della falda.

Si dà notizia di una sorgente di acqua marina bollente, succeduta ad un geyser. Tale geyser, essendo alimentato da acqua marina, è stato considerato un fenomeno unico al mondo.

L'ebollizione è considerata la causa del manifestarsi delle suddette sorgenti. La formazione di bollicine di vapore in seno all'acqua ne fa diminuire la densità, per cui l'acqua marina raggiunge la superficie attraversando la sovrastante falda freatica dolce.

(8) FENNER C. N., *Hydrothermal Metamorphism in Geyser-Basins of Yellowstone Park, as shown by deep drilling*. Pap. f. the Geoph. Lab. Carnegie Inst. of Washington, Transaction of the Ann. Geoph. Un. Fifteenth Ann. Meeting, 1934.

Si dà notizia di due pozzi perforati nel Parco di Yellowstone, uno nel Upper Geyser Basin, che ha raggiunto m 122 incontrando una temperatura di 180° C, e l'altro nel Norris Basin, che ha raggiunto m 62 incontrando una temperatura di 205° C. Sui campioni prelevati in questi due pozzi sono state eseguite analisi chimiche e petrografiche mediante le quali è stato possibile stabilire la trasformazione subita dalle rocce e le cause che l'hanno prodotta.

Fluidi endogeni ricchi di Si, K, Cl (silice, cloruri e bicarbonati di K) risalgono da zone più profonde di quelle esplorate con i sondaggi. Giunti nelle daciti e rioliti depositano silice e ne sostituiscono il Na con K nei silico-alluminati. La silice eccedente ed i sali di Na vengono portati alla superficie e depositati.

Non è sempre possibile distinguere i neoprodotti di sostituzione idrotermale nelle vulcaniti.

(9) RITTMANN A., *Die Natzbarmachung Vulkanischer Kräfte*. Die Naturwissenschaften, 16, ott., 1928.

Il contenuto della nota è stato utilizzato nella tabella.

(10) RITTMANN A., *Die Dienstbarmachung Vulkanischer Kräfte*. Natur und Volk: 67, 1937.

Il contenuto della nota è stato utilizzato nella tabella.

(11) SONDER R. A., *Studien über heisse Quellen und tektonik in Island*. Ist. Vulc. J. Friedlaender: n. 2, Zurigo, 1941.

Si dà notizia, fra l'altro, dell'utilizzazione delle acque termali per riscaldamento di serre.

(12) STEINER A., *Hydrothermal rock alteration at Wairakei, New Zeland*. Ec. Geol.: 1, 1953.

Mediante un accurato studio petrografico e chimico, eseguito su campioni di rocce prelevati nei pozzi perforati, è stato possibile accertare la presenza, nel sottosuolo dell'area termale di Wairakei, di quattro zone di alterazione che, in ordine di profondità, sono le seguenti:

- 1) zona di alterazione per acido solforico;
- 2) zona di argillificazione;
- 3) zona di zeolitizzazione;
- 4) zona di feldspatizzazione.

(13) WHITE D. E., BRANNOCK W. W., FIX Ph. F., GIANELLA V. P., *Preliminary geochemical results at Steamboat Springs, Nevada*. Transactions Amer. Geophysical Union; 29, 2, 1948.

Le rocce affioranti presso le sorgenti di Steamboat sono di origine vulcanica e sedimentario-metamorfica di età ignota; in esse si è intrusa una granodiorite

probabilmente associata al batolite della Sierra Nevada. Le rocce più recenti vanno dal Terziario all'Attuale.

Le sorgenti della zona (circa 50) sembrano connesse a fratture recenti e geneticamente associate alle rioliti, pure esse recenti. Molte sorgenti si trovano alla temperatura di ebollizione corrispondente alla loro quota sul mare (m 1130-1250). Il gradiente geotermico è di circa 2,22°C per metro. Esso è stato misurato nei pozzi perforati (n. 29 fra m 30 e m 50). In questi pozzi si sono formate, durante l'erogazione, incrostazioni carbonatiche. In un pozzo è stato trovato un massimo di temperatura di 138° a 50 metri di profondità.

L'analisi chimica rivela un'acqua madre salina diluita da acque a più bassa concentrazione, forse di origine meteorica. Il contenuto di sostanze minerali è di 2000÷2500 p.p.m., in massima parte  $Na$ ,  $Cl$ ,  $CO_2$ ,  $HCO_3$ ,  $SiO_2$ ,  $SO_4$ ,  $B$ . I depositi sono silicei con piccole quantità di  $Ca CO_3$ .

Le forti piogge fanno sentire i loro effetti sulla portata, sulla salinità e sulla temperatura delle sorgenti. La portata risente anche della pressione atmosferica. La temperatura, in genere, aumenta con la portata. I gas presenti sono principalmente  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $N_2$  e, in quantità minori, ossigeno, idrogeno ed argon.

Nei vapori più caldi è presente mercurio. Cinabro, stibina, pirite ed altri solfuri si formano a pochi metri di profondità. Alcuni fanghi silicei, depositati dalle acque delle sorgenti, contengono oro, argento, mercurio, rame ed arsenico.

L'acidità e l'alcalinità delle acque sembrano essere in stretta relazione con la temperatura, verificandosi una maggiore alcalinità nelle acque a temperatura più elevata.

È attualmente in corso una alterazione di tipo acido delle rocce comprese tra la superficie ed il pelo libero della falda freatica; si ritiene che essa sia causata da acido solforico proveniente dall'ossidazione dell' $H_2S$  da parte dell'ossigeno atmosferico. Probabilmente un altro tipo di alterazione è in corso al disotto del pelo libero dell'acqua, dove le rocce sono in contatto con acque neutre o alcaline.

(11) WHITE D. E., 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, 1948, pp. 112-125, Carson City, Nevada, 1949.

Si dà notizia di possibili impieghi del calore naturale.

Per la ricerca di aree termali si propongono il metodo dei potenziali naturali, il metodo resistivimetrico, il metodo magnetometrico e quello areomagnetometrico.

Si espongono i problemi geochimici che si presentano nella utilizzazione del vapore e delle acque delle sorgenti calde e si propongono i metodi per la loro soluzione.

Le sorgenti «normali» vulcaniche depositano quarzo fibroso quando la loro temperatura è prossima o coincide con quella di ebollizione, non depositano quasi niente a temperatura inferiore. Nei pozzi in eruzione, invece, è stata constatata la formazione di incrostazioni di  $Ca CO_3$ . Il differente comportamento fra sorgenti in erogazione e pozzi in eruzione viene spiegata con il fatto che in un pozzo in eruzione la pressione e la temperatura si abbassano rapidamente e la liberazione di  $CO_2$  viene quindi favorita. Per evitare le incrostazioni che ne derivano, l'erogazione di un pozzo dovrebbe avvenire sotto pressione in modo da evitare la

liberazione di  $CO_2$ ; le acque, però, diverrebbero molto aggressive. Se, così facendo, si elimina la deposizione di  $CaCO_3$ , si può però verificare la precipitazione della silice. Anche se si riesce a impedire la precipitazione della silice, si incontra l'inconveniente della corrosione prodotta da  $H_2S$  e  $CO_2$  in soluzione. Secondo gli Autori, il metodo migliore per evitare quest'ultimo inconveniente sarebbe quello di aumentare il  $pH$  dell'acqua con aggiunta di alcali, localizzando la precipitazione del  $CaCO_3$  in vasche di stabilizzazione e convertendo l' $H_2S$  in solfuro alcalino e il bicarbonato in carbonato. Si propone anche l'uso di scambiatori di calore in modo da far circolare entro i tubi della rete di distribuzione acqua pura che non genera incrostazioni.

Contro l'attacco da parte dell' $H_2SO_4$  si propone l'impiego di tubi di acciaio inossidabile.



Prospetto delle ricerche per « forze endogene » in varie regioni del mondo durante l'ultimo trentennio.  
M. SAPPÀ - 28 maggio 1954

NAZIONE Campo Regione	Terreno affiorante	Manifesta- zioni su- perficiali	Ricerche geofisiche	Sondaggi n. (prof. min- max in m)	Fluidi rinvenuti	Temperature max		Pressione max in Kg/cm <sup>2</sup>	Portate (massime) per un singolo pozzo	Impieghi	Autore
						in sup.	in prof.				
ITALIA Viterbese (Lazio)	Vulcanico e sedimen- tario	Sorgenti termomi- nerali e manife- stazioni di gas	Elettrica, Sismica (a rifrazione)	n° 5 (m 135-590)	Acqua calda risaliente con CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	68°	78°	—	100 l/sec	—	B. CONFORTO F. PENTA
Campi Fle- grei ed Iso- la d'Ischia (Campania)	Vulcanico	Fumarole (alcune a vapore surriscal- dato), Sor- genti ter- momi- nerali.	Elettrica, Sismica (a rifrazione)	n° 86 (m 10-1840)	Acqua calda con CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub>	175°-148°	296°	—	100 ton/h (acqua + vapore)	In esperi- mento ad Ischia una Centrale geotermi- ca a Clo- ruro di E- tile (300 Kw)	F. PENTA F. PENTA e B. CONFORTO
Isola di Vulcano (Sicilia)	Vulcanico	Fumarole	—	n° 3 (m 230)	Acqua calda con CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	110°	—	—	1 ton/h	—	G. DESSAU L. SICARDI
Sciacca (Sicilia)	Sedimen- tario	Sorgenti termomi- nerali e fumarole	—	n° 1 (in corso)	—	—	—	—	—	—	G. F. GINO e C. SOMMARUGA C. ALIMENTI

Prospetto delle ricerche per « forze endogene » in varie regioni del mondo durante l'ultimo trentennio.  
M. SAPPÀ - 28 maggio 1954

NAZIONE Campo Regione	Terreno affiorante	Manifesta- zioni su- perficiali	Ricerche geofisiche	Sondaggi n (prof. min- max in m)	Fluidi rinvenuti	Temperature max		Pressione max in Kg/cm <sup>2</sup>	Portate (massime) per un singolo pozzo	Impieghi	Autore
						in sup.	in prof.				
Larderello (Toscana)	Sedimen- tario	« Soffioni » (getti di vapore surriscal- dato)	Elettrica ; assaggi si- smologici, gravime- trici, ma- gnetome- trici, ra- dioattivi	n° 250 (di produ- zione)	Vapore surri- scaldato con CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , He, Ar, Ne, H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	184°-241°	—	17 a pozzo chiuso 3,6 a pozzo aperto	300 ton/h	Produzio- ne di ener- gia elet- trica. Due miliardi di Kwh al- l'anno	SOLER, BOAGA. G. GINORI CONTI F. PENTA A. MAZZONI C. DE STEFANI D. LENZI B. LOTTI
NUOVA ZE- LANDA Wairakei Taupo	Vulcanico	Sorgenti termomi- nerali, Geysers	Gravime- tria, Magne- tometria, Elettrica, Si- smica (a rifrazione)	n° 13 (m 300-400)	Acqua calda con H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub>	—	234°	—	90 ton/h (acqua + vapore)	Centrale da 10.000 Kw	J. HEALY e R. W. FOSTER A. STEINER
STATI UNITI Coast Range (California)	Vulcanico e Sedi- mentario	Fumarole Geysers, Sorgenti termomi- nerali	—	n° 8 (m 66-215)	Vapore satu- ro e surri- scaldato con CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	189° a 12,6 Kg/cm <sup>2</sup> a pozzo chiuso	232°	21 a pozzo chiuso	62 ton/h di vapore	—	E. T. ALLEN e A. L. DAY
Lassen Park (California)	Vulcanico	Sorgenti termomi- nerali, Geysers, Fumarole a vapore satturo e surriscald.	—	—	—	—	—	—	—	—	E. T. ALLEN

Prospetto delle ricerche per « forze endogene » in varie regioni del mondo durante l'ultimo trentennio.  
M. SAPPÀ - 28 maggio 1954

NAZIONE Campo Regione	Terreno affiorante	Manifesta- zioni su- perficiali	Ricerche geofisiche	Sondaggi n. (prof. min- max in m)	Fluidi rinvenuti	Temperature max		Pressione max in Kg/cm <sup>2</sup>	Portate (massime) per un singolo pozzo	Impieghi	Autore
						in sup.	in prof.				
Yellow- stone Park (Wyoming)	Vulcanico	Sorgenti termomi- nerali, Geysers, Fumarole a vapore surriscal- dato	—	n° 2 (m 62-122)	Vapore surri- scaldato	138°	205°	—	—	—	E. T. ALLEN E. T. ALLEN e A. L. DAY C. N. FENNER T. F. W. BARTH e F. D. BLOSS
Steamboat Springs (Nevada)	Vulcanico e sedimen- tario me- tamorfico	Sorgenti termomi- nerali con CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , Ar, Fumarole a vapore satturo e surriscal- dato	—	n° 29 (m 32-50)	Acqua calda con CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	100°	138°	—	—	Riscalda- mento di fabbricati	D. E. WHITE W. W. BRANNOCK PH. F. FIX V. P. GIANFLLA C. H. SANDBERG
Katmai (Alaska)	Vulcanico	Fumarole a vapore surriscal- dato	—	—	—	—	—	—	—	—	E. T. ALLEN
GIAPPONE Kyushu, Beppu	Vulcanico	Fumarole	Geoter- miche	n° 4 (m 110)	Acqua calda	139° a 3,9 Kg/cm <sup>2</sup>	159°	—	—	Centralina speriment. (30 Kw) Nel 1954 è stata pro- gettata una centrale da 3000 Kw	I. HAYASAKA

Prospetto delle ricerche per « forze endogene » in varie regioni del mondo durante l'ultimo trentennio.  
M. SAPPÀ - 28 maggio 1954

NAZIONE Campo Regione	Terreno affiorante	Manifesta- zioni su- perficiali	Ricerche geofisiche	Sondaggi n. (prof. min- max in m)	Fluidi rinvenuti	Temperature max		Pressione max in Kg/cm <sup>2</sup>	Portate (massime) per un singolo pozzo	Impieghi	Autore
						in sup.	in prof.				
INDIE OLAN- DESI Kawah Kamodijag (Giava)	Vulcanico	—	—	n° 4 (max in 128)	Vapore satu- ro nei pozzi meno profondi. Vapore surri- scaldato nei pozzi più pro- fondi, Ambe- due con H <sub>2</sub> S	—	—	2 a pozzo aperto	—	—	A. RITTMANN J. R. VAN BEMMELEN
ISLANDA	Vulcanico	Geysers, Sorgenti ter- momi- nerali, Fumarole	—	—	—	—	—	—	—	Riscalda- mento di fabbricati	T. F. W. BARTH R. A. SONDER
EL SAL- VADOR (°)	Vulcanico	Fumarole a vapore satturo e surriscal- dato	—	—	—	—	—	—	—	—	F. PENTA A. PEROZZI H. MAYER-ABICH B. A. STIRTON e W. K. GEALEY
UGANDA (°) Toro	Sedimen- tario	Sorgenti termomi- nerali	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ANTILLE (°) S. Lucia	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NICA- RAGUA (°)	Vulcanico	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CILE (°)	Vulcanico	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(°) Sono stati programmati lavori di ricerca.