
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

FRANCESCO PENTA, GIORGIO BARTOLUCCI

Sullo stato delle «ricerche» e dell'utilizzazione industriale (termoelettrica) del vapore acqueo sotterraneo nei vari paesi del mondo

Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 32 (1962), n.4, p. 451-466.

Accademia Nazionale dei Lincei

http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1962_8_32_4_451_0

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Geologia. — *Sullo stato delle «ricerche» e dell'utilizzazione industriale (termoelettrica) del vapore acqueo sotterraneo nei vari paesi del mondo.* Nota di FRANCESCO PENTA e GIORGIO BARTOLUCCI, presentata (*) dal Corrisp. F. PENTA.

In occasione del Convegno di Vulcanologia Applicata, tenuto a Parigi nel settembre 1959, uno di noi presentò una Nota sullo stato delle ricerche per vapore acqueo naturale.

La Nota era corredata da una tabella (1) nella quale erano elencate le ricerche effettuate e le realizzazioni raggiunte nelle varie parti del mondo. Detta Nota fu successivamente pubblicata nel « Bollettino dell'Associazione Vulcanologica Internazionale » [64].

Intanto nel dicembre 1959, la tabella, ampliata ed aggiornata, fu di nuovo pubblicata in una Nota [63], apparsa in « La Ricerca Scientifica », nella quale, tra l'altro, si avvertiva che la tabella stessa doveva intendersi come del tutto provvisoria e che era intenzione dell'autore di perfezionarla e di completarla ulteriormente, sottoponendola anche per critiche ed aggiornamenti agli studiosi ed ai tecnici che si interessano del problema nelle varie parti del mondo.

In effetti nei primi mesi del 1960 copie tradotte in inglese della Nota apparsa in « La Ricerca Scientifica » furono spedite ad oltre un centinaio di persone con la preghiera di comunicare qualsiasi loro critica osservazione, specie nei riguardi dei distretti di ricerca dei quali ognuna di esse si era particolarmente interessata; ciò al fine di poter correggere la tabella, completandola ed aggiornandola.

Nel corso del 1960 le persone cui la Nota era stata inviata risposero (2) facendo pervenire osservazioni e numerosi dati che hanno permesso di preparare la presente nuova tabella, aggiornata al 1960, per la grande maggioranza delle località nelle quali sono state eseguite ricerche di vapore naturale utile agli effetti industriali.

(*) Nella seduta del 14 aprile 1962.

(1) Una tabella, molto sintetica, delle ricerche effettuate per vapori naturali e delle realizzazioni raggiunte, era stata presentata da M. Sappa, collaboratore di uno di noi, al Convegno Annuale dell'Associazione Geofisica Italiana nel 1954.

(2) A tutti, gli Autori esprimono i più sentiti ringraziamenti. In particolare ringraziano: C. Alimenti; E. Aubert de La Rue; F. W. Barth; C. Bodvarsson; G. Bozza; E. S. De Breuver; R. Burgassi; G. Burridge; A. Chierici; R. Contini; S. Cucuzza Silvestri; I. D. Dick; D. Doyle; F. Dürr; A. J. Ellis; A. B. Ferreira; N. Gennai; V. P. Giannella; J. Goguel; M. Gortani; D. R. Gregg; W. Hamilton; M. Hayakawa; G. Laclavère; L. R. C. Letheridge; L. Maddalena; G. Minucci; P. Nicotera; N. van Padang; G. Dal Piaz; G. B. Dal Piaz; P. M. Powers; M. Saito; J. Sol Castellanos; F. E. Studt; H. Tanaka; L. Trevisan; A. J. V. Underwood; V. I. Vlodayetz; D. E. White; R. E. Wilcox; B. Wood; I. Yokoyama; E. G. Zies.

TABELLA I. - *Prospetto delle ricerche di vapore*

(Dati aggiornati al 1960 a meno che

a) *Con esecuzione di sondaggi.*

Località	Terreni in superficie	Manifestazioni naturali	Studi eseguiti	Sondaggi perforati
<i>Cile</i>				
M. Tatio	Vulcanici	Acque bollenti e geysers	Geologici	1 (prof. < m 100)
<i>El Salvador</i>				
Ahuachapan	Vulcanici	Fumarole ed acque bollenti	Geologici - Geotermici - Magnetici	7 (prof. max.: m 370)
<i>Giappone</i>				
Kyushu-Beppu	Vulcanici	Fumarole ed acque calde	Geologici - Geotermici	2 (prof. max.: m 100)
Kyushu-Yunono	Vulcanici	Fumarole	Geologici - Geotermici - Geochimici	1 (prof.: m 84)
Kyushu-Ōtake	Vulcanici	Fumarole	Geologici - Geotermici - Geochimici	5 (prof. max.: m 900)
Onikōbe	Vulcanici e sedimentari	Fumarole e acque bollenti	Geologici	3 (prof. max.: m 250)
Matukawa	Vulcanici	Acqua a 78,5°C	Geologici - Elettrici - Sismici	7 (prof. max.: m 327)
<i>Giava</i>				
Kawah-Kamodijag	Vulcanici	Fumarole	Geologici	5 (prof. max.: m 128)

acquae naturale per produzione di energia.

non sia diversamente indicato)

Natura	FLUIDI OTTENUTI				Varie	Autori
	Temp. max. misurata (°C)		Press. max. alla superficie a pozzo chiuso (ata)	Portata massima singolo pozzo o sorgente (t/h)		
	Alla superficie in erogazione	A fondo pozzo non erogante				
Miscela acqua-vapore	98	?	?	?	Ricerca abbandonata. È in atto una iniziativa per riprenderla	Riv. Larderello
Miscela acqua-vapore	100	174	7	2	Ricerca in corso	Meyer Abich - Mc-Birney - Penta - Perozzi - Stirton - Gealey - Dürr
Vapore saturo e surriscaldato	120 ÷ 133	150	2,9	2,3	Impianto sperimentale da 30 kw. Ricerca in corso	Agency for Science and Technology of Japanese Gov.
Vapore saturo e surriscaldato	129	155	?	?	Ricerca in corso	Geol. Surv. Japan
Miscela acqua-vapore	100	182	6,7	?	Ricerca in corso	Kyushu Electric Co.
Miscela acqua-vapore	100	150	?	?	Ricerca in corso	Geol. Surv. Japan
Vapore saturo e surriscaldato	144 ÷ 153	189	7	~ 2	Ricerca in corso	Geol. Surv. Japan Azuma-Kako Co.
Vapore saturo e surriscaldato	148	?	5,35	8	Ricerca abbandonata. Dati aggiornati al 1956	Bulletin of the Netherlands East Indies - Volcanological Survey - Van Bemmelen - Rittmann - Neumann van Padang

Segue: TABELLA I.

Località	Terreni in superficie	Manifestazioni naturali	Studi eseguiti	Sondaggi perforati
<i>Islanda</i>				
Reykjavik Mosfellssveit Reykir Hengill Krysuvik ecc.	Vulcanici	Fumarole - Geysers - Acque bollenti	Geologici - Geotermici - Sismici - Elettrici - Gravimetrici - Magne- tometrici - Radioattivi	Varie decine per m 60.000 in totale (prof. max.: m 2.200)
<i>Italia</i>				
Acqui	Sedimentari	Acqua a 84° C	Geologici	Vari (prof. poche decine di m)
Colli Euganei	Sedimentari	Acqua a ~90° C	Geologi - Geofisici	Vari (prof. max.: ~ m 1200)
Isola d'Ischia e Campi Flegrei	Vulcanici	Fumarole ed acque bollenti	Geologici - Sismici - Elettrici - Geotermici	~ 100 (prof. max.: m 1840)
M. Amiata	Vulcanici e se- dimentari	Acqua a ~30° C	Geologici - Elettrici	10 (prof. max.: ~ m 800)
Rapolano	Sedimentari	Acqua a ~40° C	Geologici - Elettrici	1 (prof.: m 1018)
Reg. Bor. Toscana	Sedimentari	Vapore saturo e surriscaldato. Acque bollenti	Geologici - Elettrici - Sismici - Gravimetrici - Magnetometrici - Ra- dioattivi	~ 300 (prof. max.: m 1600)
Sciaccia	Sedimentari	Acqua a 56° C	Geologici - Geofisici	1 (prof.: m 2829)
Viterbo	Vulcanici e se- dimentari	Acqua a 61° C	Geologici - Elettrici - Sismici	5 (prof. max.: m 590)
Vulcano	Vulcanici	Fumarole	Geologici	3 (prof. max.: m 236)

Natura	FLUIDI OTTENUTI				Varie	Autori
	Temp. max. misurata (°C)		Press. max. alla superficie a pozzo chiuso (ata)	Portata massima singolo pozzo o sorgente (t/h)		
	Alla superficie in erogazione	A fondo pozzo non erogante				
Vapore saturo - Miscela acqua-vapore	150	220	11	400	In preparazione impianto da 15.000 kw. Ricerca in corso	Barth - Souder Thorarinsson - Bodvarsson - Guida Escurs. Congr. Geol. Int. 1960
Acqua	—	?	—	—	Ricerca abbandonata	—
Acqua	—	~120	—	—	Ricerca abbandonata. È in atto una iniziativa per riprenderla	—
Miscela acqua e vapore	175	296	?	100	1 impianto sperimentale da 300 kw. Ricerca sospesa	Penta - Penta e Conforto - Santi - Santi e Di Noi - Sappa
Vapore saturo e surriscaldato. Miscela acqua-vapore	155	165	21	300	2 impianti sperimentali per ~ 7000 kw. Ricerca in corso	Gennai - Riv. Larderello
Acqua	—	55	—	—	Ricerca abbandonata	Riv. Larderello
Vapore saturo e surriscaldato.	242	240 (non a fondo del pozzo erogante a 242)	32	303	8 impianti per circa 320.000 kw in totale	Boaga - Ginori Conti - Lenzi - Mazzoni - Penta - Soler - De Stefani - Goguel - Riv. Larderello
Acqua	—	86	—	—	Ricerca abbandonata	—
Acqua	70	78	—	~120	Ricerca abbandonata	Conforto - Penta
Miscela acqua - vapore	161	194	> 18	66	Ricerca abbandonata	Dessau - Sicardi

Segue: TABELLA I.

Località	Terreni in superficie	Manifestazioni naturali	Studi eseguiti	Sondaggi perforati
<i>Katanga</i> Kiabukwa	?	Acqua a 91°C	—	—
<i>Messico</i> Pathè Grande (Hidalgo)	Vulcanici	Acque bollenti	Geologici	3 (prof. max.: m 267)
<i>Nuova Zelanda</i> Helensville	Sedimentari	Acque calde	Geologi - Geofisici	59 (prof. max.: m 186)
Kawerau	Vulcanici	Acque bollenti	Geologici - Geofisici	10 (prof. max.: m 610)
Rotorua	Vulcanici	Acque bollenti Geysers	Geologici - Geofisici	300 (prof. max.: m 216)
Tokaanu	Vulcanici	Acque bollenti Geysers	Geologici - Geochimici - Magnetici	6 (prof. max.: m 107)
Waiotapu	Vulcanici	Fumarole - Geysers - Acque bollenti	Geologici - Geofisici - Geochimici	7 (prof. max.: m 1110)
Wairakei	Vulcanici	Fumarole - Geysers - Acque bollenti	Geologici - Geofisici - Geochimici	85 (prof. max.: m 1220)
<i>Stati Uniti</i> The Geysers (California)	Ignei e sedi- mentari	Fumarole - Acque bollenti	Geologici	19 (prof. max.: ~ m 300)

Natura	FLUIDI OTTENUTI				Varie	Autori
	Temp. max. misurata (°C)		Press. max. alla superficie a pozzo chiuso (ata)	Portata massima singolo pozzo o sorgente (t/h)		
	Alla superficie in erogazione	A fondo pozzo non erogante				
—	93	—	—	140	Impianto da 275 kw operante a pressione < 1 ata. Dati aggiornati al 1952	Engineering Nov. 1952
Miscela acqua-vapore	105	155	?	300	Ricerca in corso. Dati aggiornati al 1957. Sembra che in seguito siano stati perforati altri sondaggi e che sia stato installato un impianto sperimentale da 3000 kw	De Anda - Penta
Acqua	65,5	65,5	1	6,8	Ricerca abbandonata	Healy - Oslo
Miscela acqua-vapore	230	259	?	120	Impianto in costruzione	Studt
Miscela acqua-vapore	162	> 164	?	41	Ricerca in corso	Modriniak - Grange
Miscela acqua-vapore	?	152	?	78	Ricerca in corso	Healy - Modriniak
Miscela acqua-vapore	222	295	60	178	In studio un impianto. Ricerca in corso	Grindley - Lloyd - Modriniak - Studt
Miscela acqua-vapore	232	266	> 38	390	Impianto da 69.000 kw	Healy - Grindley - Studt - Banwell - Ellis - Wilson - Grange
Vapore surriscaldato	190	200	~ 13	60	Impianto da 12.000 kw	McNitt

Segue: TABELLA I.

Località	Terreni in superficie	Manifestazioni naturali	Studi eseguiti	Sondaggi perforati
<i>Stati Uniti</i>				
Casa Diablo (California)	Vulcanici	Fumarole	Geologici	5 (prof. max.: ~ m 270)
Surprise Valley (California)	Vulcanici e sedimentari	Acque calde	Geologici	2 (prof. max.: m 645)
Calistoga (California)	Sedimentari	Acque calde	Geologici preliminari	10 (prof. max.: m 300)
Randsbery (California)	Sedimentari	—	—	1 (prof. m 236)
Steamboat Springs (Nevada)	Vulcanici e sedimentari	Geysers - Acque bollenti	Geologici - Geofisici - Geochimici	30 (prof. max.: m 560)
Bradys Springs (Nevada)	Sedimentari	Acque bollenti	Geologici preliminari	3 (prof. max.: m 210)
Beowawe (Nevada)	Vulcanici e sedimentari	Geysers - Acque bollenti	Geologici	2 (prof. max.: m 210)
Wabuska (Nevada)	Sedimentari	Acque bollenti	Geologici preliminari	3 (prof. max.: m 680)
Orange Valley (Oregon)	Vulcanici e sedimentari	Acque calde	Geologici preliminari	2 (prof. max.: m 520)
Lake View (Oregon)	Vulcanici e sedimentari	Acque calde	Geologici preliminari	1 (prof. m 190)
Norris Basin (Wyoming-Yellowstone)	Vulcanici e sedimentari	Acque calde - Geysers	Geologici - Geochimici	1 (prof. m 80)
Upper Basin (Wyoming-Yellowstone)	Vulcanici e sedimentari	Acque calde - Geysers	Geologici - Geochimici	1 (prof. m 124)
<i>Uganda</i>				
Toro	Sedimentari	Acque calde	Geologici - Elettrici - Gravimetrici	9 (prof. max.: m 305)
<i>U.R.S.S.</i>				
Camciatca e Curili	Vulcanici	Acque bollenti	Geologici - Geofisici	1 (prof. m 650)

Natura	FLUIDI OTTENUTI				Varie	Autori
	Temp. max. misurata (°C)		Press. max. alla superficie a pozzo chiuso (ata)	Portata massima singolo pozzo o sorgente (t/h)		
	Alla superficie in erogazione	A fondo pozzo non erogante				
Miscela acqua-vapore	135	180	~ 4	~ 90	Ricerca in corso	—
Acqua	—	140	—	—	—	White
Miscela acqua-vapore	110	135	?	5	Ricerca in corso	—
Acqua calda	—	120	—	—	—	—
Miscela acqua-vapore	170	186	5	113	Ricerca in corso	White
Miscela acqua-vapore	160	170	4,4	180	Ricerca in corso	—
Miscela acqua-vapore	160	207	6	113	Ricerca in corso	Nolan - Anderam
Acqua calda	100	100	—	?	—	—
Miscela acqua-vapore	110	135	?	230	Ricerca in corso	—
Acqua calda	—	< 100	—	—	—	—
Miscela acqua-vapore	?	205	21	?	—	—
Miscela acqua-vapore	?	180	4	?	—	—
Acqua	96	?	—	?	Ricerca abbandonata. Dati aggiornati al 1957	Brown - Pallister - Sappa
Miscela acqua-vapore	100	190	?	?	Ricerca in corso	Sviathovskiy - Vladavetz - Averiev - Ivanov - Piip - Markhinin - Nekhoroshev

TABELLA II.

Prospetto delle ricerche di vapore acqueo naturale per produzione di energia.

(Dati aggiornati al 1960, a meno che non sia diversamente indicato).

b) *Senza esecuzione di sondaggi.*

Località	Terreni in superficie	Manifestazioni naturali	Studi eseguiti	Varie	Autori
<i>Algeria</i>					
Hamman Meskoutine	Sedimentari	Acqua a 96° C	Geologici	Dati aggiornati al 1956	Goguel
<i>Antille</i>					
Santa Lucia (Sulphur Springs)	Vulcanici	Fumarole - Acque bollenti	Geotermici preliminari	Proposto impianto da 2000 kw. Dati aggiornati al 1959	Sappa
<i>Argentina</i>					
Reg. Andina	Vulcanici	Acque bollenti	Geologici premilinari	Dati aggiornati al 1956	Bartolucci - Penta
Reg. Subandina	Sedimentari	Acque bollenti	Geologici preliminari	Dati aggiornati al 1956	Bartolucci - Penta
<i>Giava</i>					
Dung	Vulcanici	Fumarole	Geologici preliminari	—	—
<i>Italia</i>					
M. della Tolfa	Vulcanici - sedimentari	Acqua a 40° C	Geologici - Elettrici	Ricerca in corso	Riv. Larderello
<i>Kenia</i>					
Rift Valley	Vulcanici	Acque calde	Geologici preliminari	Ricerca abbandonata. Dati aggiornati al 1957	McCall - Scott (in Penta 1957)
<i>Messico</i>					
Ixtlán (Michoacán)	Vulcanici	Acque bollenti	Geologici	Ricerca in corso. Dati aggiornati al 1957	—
<i>Nicaragua</i>	Vulcanici	Acque bollenti	—	Dati aggiornati al 1954	Sappa
<i>Nuova Zelanda</i>					
Orakei - Korako	Vulcanici	Acque bollenti Geysers	Geologici - Geochimici	Studi in corso	Grange - Benseman
White Island	Vulcanici	Fumarole a 580° C	Geologici - Geochimici	Studi in corso	Wilson
<i>Stati Uniti</i>					
Katmai (Alaska)	Vulcanici	Fumarole	Geologici	Dati aggiornati al 1954	Allen e Zies
Lassen Park (California)	Vulcanici	Fumarole Geysers	Geologici	Dati aggiornati al 1954	Allen

Lo scopo della tabella fu dichiarato nei precedenti lavori già ricordati.

Con essa non si intendeva di sistemare dal punto di vista scientifico-tecnico le notizie raccolte. Agli effetti scientifici le caratteristiche considerate sono troppo poche, né le prescelte riflettono necessariamente gli aspetti essenziali delle manifestazioni esalative di vapore acqueo naturale vulcanico o di altre origini.

Ma, pur prescindendo da questa lacuna sostanziale, la tabella anche in campo applicativo è soltanto uno schema parziale rispetto alla multiformità fenomenologica delle manifestazioni di vapore che vanno dai soffioni, geysir, fumarole, sorgenti naturali ad alta temperatura, all'alta « termalità » della falda freatica sotterranea ecc.

Così, per esempio, le manifestazioni naturali, spontanee o artificialmente provocate, utilizzate in più forme (riscaldamento urbano, di serre, per forza motrice ecc.) in Islanda ⁽³⁾ e alcune di quelle giapponesi ⁽⁴⁾, quando sono direttamente osservate, presentano particolari che sfuggono in una tabella, per quanto grande possa essere il numero delle caratteristiche da essa considerate.

Tuttavia, la tabella che qui si riporta costituisce un primo quadro di assieme delle ricerche e delle utilizzazioni del vapore acqueo sotterraneo utilizzabile o utilizzato nelle varie parti del mondo per scopi termoelettrici. La letteratura riportata (in questa Nota e nelle due precedenti già ricordate) permette di documentarsi per realizzare idee meno sintetiche.

Ma, allo stato delle conoscenze scientifiche in proposito, soltanto la visita effettuata tenendo conto delle indagini e degli studi ivi già eseguiti, può rendere una buona idea della varia fenomenologia termodinamica e chimico-fisica inquadrata nel reale ambiente geomorfologico locale. Una idea utile agli effetti dei confronti fra aree distinte ed agli effetti delle previsioni (in località o in regioni nuove, non ancora investigate direttamente) non sembra, cioè, di norma ancora realizzabile senza una « visione » diretta delle sedi delle manifestazioni.

La stretta interdipendenza della fenomenologia esalativa con le caratteristiche locali e regionali geologiche (comprese quelle idrogeologiche) e geografiche può essere causa delle difficoltà che si incontrano nei tentativi di una schematizzazione utile: si presenta qui, difatti, il caso della più spinta inscindibilità dell'aspetto fisico (specialmente termodinamico e idraulico), del chimico (compreso quello delle trasformazioni radioattive) e di quello geologico del problema tutto da impostare per le indagini, le ricerche e l'utilizzazione. Si aggiunga, inoltre, che l'ultimo aspetto ricordato deve essere inteso anche nel senso delle mutue azioni fra H₂O caldo e terreni per-

(3) Vedi relazione PENTA sull'attività del Centro di Studio per la Geologia Tecnica del C.N.R. per il 1960, « La Ric. Sc. », 30, n. 12 (1960) e i vari Autori che si sono interessati del problema in Islanda e che sono elencati nella bibliografia acclusa alla presente Nota.

(4) Vedi *Guida Geologica del Giappone*, a cura del « Servizio Geologico Giapponese » [71].

meati, lambiti e comunque interessati da l'H₂O stesso (sia allo stato liquido, che di vapore o di miscuglio).

Per quanto riguarda la bibliografia sull'argomento, ormai molto ampia, si rimanda a quella pubblicata in « Annali di Geofisica » [62] ed al suo completamento apparso in « La Ricerca Scientifica » [63].

Ci si limita qui a riportare soltanto dei lavori sull'argomento posteriori al 1959 ed alcuni che erano sfuggiti nelle due precedenti raccolte.

Per le relazioni alla *Prima Conferenza dell'Energia*, tenuta in Roma dal 21 al 31 agosto del 1961, salvo gli studi di Contini e di Bozza, si rimanda agli Atti di quel Convegno ⁽⁵⁾.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] ALESSANDRI R., *Larderello: una giovane ed elegante città voluta e creata dal compianto Aldo Fascetti*, « Giornale del Mattino », 23 e 24 settembre, Firenze 1961.
- [2] ALLEN E. T. e ZIES E. G., *A chemical study of the fumaroles of the Katmai region*, « Nat. Geogr. Soc. », n° 2 (1923).
- [3] ANSON D., BELIN R. E. e HORLOR M. L., *Density measurements of steamwater mixtures in the throat of a critical flow nozzle*, « Dominion Physical Laboratory - Dep. of Scientific. a. Ind. Research, Rep. n° R. 239 », Lower Hutt (Nuova Zelanda); febbraio 1955.
- [4] ASKELSSON J., BODVARSSON G., EINARSSON T., KJARTANSSON G. e THORARINSSON S., *On the Geology and Geophysics of Iceland*. Guida all'escursione n° A2 del Congresso Geologico Internazionale (XXI Sessione nei paesi del Nord, 1960). Ed. da S. Thorarinsson, presidente del Comitato Organizzatore per l'Islanda.
- [5] ASTA A., *Studi e progressi degli impianti di produzione di energia elettrica diversi da quelli tradizionali e dall'energia nucleare*, « L'Elettrotecnica », 46-47 (1959-1960).
- [6] BANWELL C. J., *Flow sampling and discharge measurements in geothermal bores*, « Dominion Physical Laboratory - Dep. of scient. a. Ind. Research, Rep. n° R. 248 », Lower Hutt, New Zealand; giugno 1955.
- [7] BANWELL C. J., *The New Zealand thermal area and its development for power production*, « Ib. Rep. n° R. 249 »; giugno 1955.
- [8] BANWELL C. J., *The New Zealand thermal area and its development for power production*, « Transactions of the ASME »; febbraio 1957.
- [9] BELIN R. E., *Radon in the New Zealand geothermal regions*, « Geochimica a. Cosmochimica Acta », 16, 181-91 (1959).
- [10] BELIN R. E. e KNOX F. B., *A radioactivity survey of some of the geothermal areas of the North Island with Geiger counters*, « Dominion Physical Laboratory - Dep. of Scient. a. Ind. Research, Rep. n° R. 182 », Lower Hutt, New Zealand; ottobre 1952.
- [11] BEMMELEN R. W. (VAN), *Over de toekomst van een met vulkanische stoom gedreven centrale in Nederlandsch Indie*, « De Mijningenieur », Jg 9 (1928).
- [12] BENSEMAN R. F., *The calorimetry of steaming ground in thermal areas*, « Journ. of Geophysical Research », 64, n° 1 (1959).
- [13] BODVARSSON G., *Geofysiske metoder ved varmtvandsprospektering i Island*, « Timarit Verkfraedingaflags Island », 39, n° 1-2.

(5) A tale Convegno uno di noi aveva accettato l'invito di partecipare ed aveva anche inviato il riassunto della relazione (*Prospection of geothermal fields and researches on the available power*), ma poi non potette intervenire.

- [14] BODVARSSON G., *Geothermal effects of the pleistocene glaciation in Iceland*, «Jokull», 7 (1957).
- [15] BODVARSSON G., *Langarhitun og Rafhitun*, «Timarit Verkfraedingafélags Island», 39, n° 1-2.
- [16] BODVARSSON G., *Natural heat in Iceland*, «5° World Power Conference» (1956).
- [17] BODVARSSON G., *Skýrsla um rannðsoknir à jardhita à Hengli Hveragerdi og nàgrenni, àrin 1947-1949*, «Timarit Verkfraedingafélags Island», 39, n° 1-2.
- [18] BODVARSSON G., *Terrestrial heat balance in Iceland*, «Timarit Verkfraedingafélags Island», 39, n° 6.
- [19] BOUT P., *Etudes de Géomorphologie dynamique en Islande*, Ed. Hermann e C., Parigi (1953).
- [20] BOZZA G., *Regime statico delle acque sotterranee*, «La Termotecnica» (1959).
- [21] BOZZA G., *On the origin of thermality in underground waters and endogenous steam*, Larderello, Soc. p. A., Pisa (presentato alla Conferenza delle Nazioni Unite sulle Nuove Fonti di Energia tenuta in Roma nell'agosto 1961).
- [22] BRUCE A. W. e ALBRITTON B. C., *Power from geothermal stream at the Geyser power plant*, «Proc. ASCE», 85, n° P 06 (1959).
- [23] BURRIDGE G., *Geothermic stream*, «Jour. Brit. Soc. of Dowers», 15, n° 106 (1959).
- [24] BYERS F. M. Jr., *Volcanic activity on Akun and Akutan Islands*, «Proc. 7° Sc. Congr.», 2 (1953).
- [25] BYERS F. M. Jr. e BRANNOCK W. W., *Volcanic activity on Umnak and Great Sitk in Islands, 1946-1948*, «Trans. of the Amer. Geoph. Union», 30 (1949).
- [26] CONTINI R., *Methods of exploitation of geothermal energy and the equipment required*, Conferenza delle Nazioni Unite sulle Nuove Fonti di Energia, Roma, agosto 1961.
- [27] CONTINI R. e BURGASSI R., *Caratteristiche delle sorgenti di vapore naturale nella regione di Larderello*, «La Termotecnica», n° 1 (1960).
- [28] CONTINI R. e CIGNI U., *Air drilling in geothermal bores*, Conferenza delle Nazioni Unite sulle Nuove Fonti di Energia, Roma, agosto 1961.
- [29] CONTINI R., COSTANTINI E., DI MARIO P. e SESTINI G., *Sulla pressione più conveniente per la produzione di energia elettrica dal vapore endogeno nella zona boracifera della Larderello S. p. A.*, «La Termotecnica», n° 2 (1960).
- [30] CURIOTTI M. C. e PENTA A., *Sulle temperature delle manifestazioni esalative dell'Isola di Ischia*, «L'Ind. Min.», 12, nov. 1961.
- [31] EINARSSON T., *Ueber einer Beziehung swischen heissen Quellen und Gängen in der isländischen Basaltformation*, Societas Scientiarum Islandica (Visindafelag Islanding), Reykjavik, (1932).
- [32] EINARSSON T., *Ueber das Wesen der heissen Quellen Islands. Mit einer Uebersicht über die Tektonik des mittleren Nordislands*, Soc. Scient. Islandica, Akureyri (1942).
- [33] EINARSSON T., *Der Paläomagnetismus der isländischen Basalte und seine stratigraphische Bedeutung*, «Neues Ib. Paläontol. Mh.», 4, 159-75; Stoccarda (1957).
- [34] ELLIS A. J. e ANDERSON D. W., *The Geochemistry of bromine and iodine in New Zealand thermal Waters*, «New Zealand Journ. of Sc.», 4, n° 3, sett. 1961.
- [35] ELLIS A. J. e WILSON S. H., *Hot Spring areas with acid-sulphate-chloride waters*, «Nature», 191, n° 4789, pp. 696-7, agosto 1961.
- [36] ELLIS A. G. e WILSON S. H., *The geochemistry of alkali metal ions in the Wairakei hydrothermal system*, «N. Z. Jour. of Geol. and Geoph.», 3, n° 4 (1960).
- [37] EYTHORSSON J., JONSSON O. e PETURSSON H., *Icelandic Pictures*, Volumetto descrittivo illustrato in islandese con traduzione in inglese. 5ª Ediz. della Isafold Printing Press.
- [38] FERGURSSON G. J. e KNOX F. B., *The possibilities of natural radiocarbon as a ground water tracer in thermal areas*, «N. Z. Jour. of Sc.», 2, n° 3 (1959).
- [39] FOSTER P. K., *The thermodynamic stability of iron and its compounds in hydrothermal media*, «Bull. Volc.», serie II, tome XXII (1960).

- [40] FRANCALANCI G. P., *Contributo per la conoscenza delle manifestazioni idrotermali della Toscana*, «Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.», ser. A, fasc. II, vol. LXV, Pisa (1959).
- [41] GOLDING R. M. e SPEER M. G., *Alkali ion analysis of thermal waters in New Zealand*, «New Zealand Journ. of Sc.», 4, n° 2, giugno 1961.
- [42] GUNNARSSON G., THORARINSSON S. ed altri, *Island*, Descrizione ed illustrazione dell'Isola con tavole a colori e con cartine. Ed. Hanns Reich, Munich e stampato in Svizzera da Büchler e C., Berna (1955).
- [43] HALDANE T. G. N., WOOD B. e ARMSTEAD H. C. H., *The development of geothermal power generation*, «Wordl Power Conference» (1958).
- [44] HAMILTON W., *Yellowstone Park area, Wyoming: a possible modern lopolith*, «Bull. Geol. Soc. of Amer.», 70 (1959).
- [45] HANSSON O., *Facts about Iceland*, Ed. a cura del Dipartimento del Fondo culturale. Trad. in inglese di P. G. Foote; Reykjavik (1960). Opuscolo illustrato con notizie sintetiche aggiornate ed utili.
- [46] HAYAMI S., SENO K. e YUHARA K., *Geothermal structure of Otake hydrothermal area (Part 1)*, «Bull. Oita Balneol. Soc.», II, pp. 1-4, Oita (1960).
- [47] HEALY J., *The hot springs and geothermal resources of Fiji*, «N. Z. Dept. of Sc. an Ind. Res.», Bull. 136 (1960).
- [48] HEALY J., *The thermal springs of New Zealand* (1948).
- [49] IVANOV V. V., *Sull'origine e classificazione delle idroterme recenti* (in russo, con riassunto in inglese), «Acc. Sc. U.R.S.S.», n° 5 (1960).
- [50] IVANOV V. V., *Le condizioni genetiche e composizione delle acque termali nelle aree vulcaniche recenti*, «Acc. Sc. U.R.S.S. Geochimica», n° 5 (1960).
- [51] IVANOV V. V., OVCHINNIKOV A. M. e YAROTZKY L. A., *Map of underground mineral waters of the U.S.S.R.*, Ministero Pubblica Sanità dell'U.R.S.S., Mosca (1960). Carta a colori in due fogli in scala 1 : 7,5 milioni.
- [52] IVANOV V. V., OVCHINNIKOV A. M. e YAROTZKY L., *Quadro delle acque minerali sotterranee russe*, Ministero Pubblica Sanità dell'U.R.S.S., Istituto statale di ricerche scientifiche (cure e fisioterapie), Mosca (1960). Fascicolo illustrativo della carta 1 : 7,5 milioni e tabelle delle composizioni chimiche delle acque.
- [53] KJARTANSSON G., *Geological Map of Iceland - f. 3, parte sud-occidentale al 250.000*, Ed. dal Museo di Storia Naturale. Dipartimento di Geologia, Reykiavik (1960).
- [54] KRISTINSSON V., KJARTANSSON G., EINARSSON T., THORARINSSON S. e ASKELSSON J., *International geological excursion A 2. Roadlog II, South and West Iceland*, Ciclostilato in Reykjavik (1960) (II fascicolo).
- [55] LARDERELLO, *Rivista Larderello*, Pisa (1960-'61-'62).
- [56] MAZZEI G., *La prima conferenza mondiale dell'energia (Roma 21-31.VIII.1961)*, «Idrocarburi», 10, n° 9 (1961).
- [57] MÈRIEL Y., *L'énergie géothermique*, «La Nature», n° 3292 (1959).
- [58] MODRINJAK N. e STUDDT F. E., *Geological structure and volcanism of the Tampo-Tavarrera district*, «N. Z. Jour. of Geol. and Geoph.», 2, n° 4 (1959).
- [59] NEUMANN VAN PADANG M., *The steam borings in Kawah Kamodiang*, «Bull. Volc.», S. II, T. XXIII, pp. 251-255 (1960).
- [60] NEUMANN VAN PADANG M., *Measures taken by the authorities of the Volcanological Survey to safeguard the population from the consequences of volcanic outbursts*, «Bull. Volc.», S. II, T. XXIII, pp. 181-192 (1960).
- [61] PENTA F., *Relazioni sull'attività del Centro di Studio per la Geologia Tecnica del C.N.R. Dal 1954 al 1960*, «La Ricerca Scientifica» (1955-1960).
- [62] PENTA F., *Ricerche e studi sui fenomeni esalativo-idrotermali ed il problema delle «forze endogene»*, «Annali di Geofisica», 8, n° 3 (1954).
- [63] PENTA F., *Sulle origini del vapore acqueo naturale e sull'attuale stato delle relative ricerche (ricerche per «forze endogene»)*, «La Ricerca Scientifica», 29, n° 12 (1959).
- [64] PENTA F., *Vapori naturali («forze endogene»): stato delle ricerche e considerazioni*, «Bull. Volc.», S. II, T. XXII (1960).

- [65] RAFTER T. A., *Sulphur isotopic variations in nature. Part. 7: Sulphur isotopic measurements on sulphur and sulphates in New Zealand geothermal and volcanic areas*, «N. Z. Jour. of Sc.», 3, n° 2 (1960).
- [66] RITCHIE J. A., *Arsenic and antimony in some New Zealand thermal waters*, «New Zealand Journ. of Sc.», 4, n° 2, giugno 1961.
- [67] ROBSON G. R. e WILLMORE P. L., *Some heat measurements in West Indian soufrières*, «Bull. Volc.», S. II, T. XVII (1955).
- [68] SENO K. e YUHARA K., *Nitrogen and oxygen distribution in Beppu Hot Springs*, «Bull. Oita Balneol. Soc.», 9, pp. 1-10, Oita (1958).
- [69] SENO K. e YUHARA K., *The gas action in the geyser-like phenomena*, «Jap. J. Limnol.», 20, pp. 1-9, Otsu (1959).
- [70] SENO K. e YUHARA K., *Study of Fumarole. Part 1: Vertical temperature distribution in steam well*, «Jap. J. Volcanol.», 5, pp. 1-8, Tokyo (1960).
- [71] SERVIZIO GEOLOGICO DEL GIAPPONE, *Geology and mineral resources of Japan*, Editò a cura del Servizio Geologico Giapponese (dal «Dai-Nippon Printing»); Hisamoto-cho, Kaasaki-shi (1960).
- [72] SIGURDSSON H., *Reykjaviks Fiernopvarmning fra varme kilder*, «Hitaveita Reykjavikur», Reykjavik 1956. (Riscaldamento a distanza della città di Reykjavik a mezzo delle sorgenti). Opuscolo in danese con fotografie e disegni dell'impianto di Reykir di raccolta delle acque termali, della compressione e del trasporto con condotte isolate fino a Reykjavik da circa 17 km di distanza.
- [73] STEHN CH. E., *Kawah Kamadijang. Excursion guide*, 4° Pacific Sc. Congr., Batavia (1929).
- [74] STUDDT F. E., *Magnetic survey of the Wairakei Hydrothermal field*, «N. Z. Jour. of Geol. and Geoph.», 2, n° 4 (1959).
- [75] STUDDT F. E., *Preliminary survey of the hydrothermal field at Rabaul, New Britain*, «New Zealand Journ. of Geology and Geophysics», 4, n° 3, agosto 1961.
- [76] TER-STEPANIAN G. I., *Sulla determinazione del coefficiente di permeabilità dei terreni coerenti*, «Acc. Sc. dell'America, Sc. Geolog. e Geogr.», 13, n° 3-4 (1960).
- [77] THOMPSON G. E. K., *Recent variations of chloride content and spring activity at Wairakei Geyser Valley*, «N. Z. Journ. of Geol. and Geoph.», 3, n° 2 (1960).
- [78] THOMPSON G. E. K., *Shallow temperature surveying in the Wairakei-Taupo area*, «N. Z. Journ. of Geol. and Geoph.», 3, n° 4 (1960).
- [79] THORARINSSON S., *Cartina dei laghetti Geststavatn e Graenavatn*, «Geogr. Tidsskrift», 52 (1952-53).
- [80] THORARINSSON S., Foglietto illustrativo dei profili attraverso il F. Storagja e delle correnti laviche allo Storagja e a Ytri, Hofdi (al Mjvatn).
- [81] THORARINSSON S., *International geological excursion A 2. Roadlog I - West and North Iceland (Reykjavik, Akureyri, Myvatn, Asbyrgi, Akureyri, Bifrost)*, Ciclostilato in Reykjavik (1960) (I fascicolo).
- [82] THORARINSSON S., EINARSSON T. e KJARTANSSON G., *On the Geology and Geomorphology of Iceland*, «Museo di Storia Naturale, Rep. Geologia e Geografia di Reykjavik», Misc. Pap. n° 25; «Geografiska Annaler», n° 2-3, pp. 135-69 (1959).
- [83] TRYGGVASON T. e JONSSON J., *Carta geologica 1:40.000 dei dintorni di Reykjavik*, Reykjavik (1958).
- [84] WADIA D. N., *Geology of India*, Ed. McMillan e C., Londra (1957).
- [85] WILSON S. H., *Lithium and other minerals in geothermal waters*, 4° triennial Mineral Conference, School of Mines and Metallurgy - University of Otago, Dunedin - N. Z. (1959).
- [86] WILSON S. H., *Physical and chemical investigation of Ketetati hot springs*, «N. Z. Geol. Sur. Bull.», 40 (1960).
- [87] YUHARA K., *A model experiment for saline diffusion in flow of water through porous media*, «Tikyubuturi (Geophy.)», 9, pp. 127-135, Kyoto (1954).
- [88] YUHARA K., *Geothermal prospection of underground heat source*, «Soc. Expl. Geophy. Jap.», 8, pp. 27-33, Tokyo (1955).

- [89] YUHARA K., *The distribution of specific electric conductivity in some coastal lakes*, « Jap. J. Limnol. », 19, pp. 29–37, Otsu (1957).
- [90] YUHARA K., *On the pumping test in Dogo Spa*, « Jap. J. Balneol. Soc. », 10, pp. 53–59, Tokyo (1959).
- [91] YUHARA K., *On the Uchinomaki Hot Springs in Aso caldera*, « Jap. J. Balneol. Soc. », 11, pp. 61–71, Tokyo (1960).
- [92] YUHARA K., *Hydrological study of Atami Hot Springs*, « Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto », A-29, pp. 283–311, Kyoto (1961).
- [93] YUHARA K. e KOGA A., *Geothermal structure of Otake hydrothermal area (Part 2)*, « Bull. Oita Balneol. Soc. », 12, pp. 15–22, Oita (1961).
- [94] ZIES E. G., *Drilling for geothermal power at Buranga hot springs, Tore*, « Geol. Sur. of Uganda », Report n° JMB/17 (1954).
- [95] ZIES E. G., *New sources of energy and economic development*, « United Nations – Dept. of Ec. and Soc. Affairs », Report E/2997 (1957).
- [96] ZIES E. G., *The fumarolic incrustations in the Valley of Ten Thousand Smokes*, « Nat. Geogr. Soc. », 1, n° 3 (1924).
- [97] ZIES E. G., *The Valley of Ten Thousand Smokes*, « Nat. Geogr. Soc. », 1, n° 4 (1929).
- [98] ZIES E. G., *White Island*, « N. Z. Dept. of Sc. and Ind. Res. », Bull. 127 (1959).