



UN LIBRARY

JUN 15 1961

Distr.
LIMITED

E/CONF.35/G/65/SUMMARY
16 mai 1961
FRANCAIS/ANGLAIS
ORIGINAL: FRANCAIS

UNITED NATION COLLECTION
CONFERENCE
ON NEW SOURCES
OF ENERGY

CONFÉRENCE
DES NATIONS UNIES
SUR LES SOURCES NOUVELLES
D'ÉNERGIE

SOLAR ENERGY, WIND POWER AND GEOTHERMAL ENERGY

ÉNERGIE SOLAIRE, ÉNERGIE ÉOLIENNE ET ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE

Point de l'ordre du jour/Agenda item:

II.A.1

Prospection des champs géothermiques et recherches nécessaires pour évaluer la puissance utilisable

Prospection of geothermal fields and investigations necessary to evaluate their capacity

PROSPECTION DES CHAMPS GEOTHERMIQUES
ET RECHERCHES NECESSAIRES A LEUR VALORISATION,
EXECUTEES DANS LES DIVERSES REGIONS D'ITALIE

Par Renato BURGASSI

Chef du Service d'Etudes et de Recherches Minières
Larderello S. A., Pise, Italie

PROSPECTING OF GEOTHERMAL FIELDS AND EXPLORATION
NECESSARY FOR THEIR ADEQUATE EXPLOITATION,
PERFORMED IN VARIOUS REGIONS OF ITALY

By Renato BURGASSI

Chief, Prospecting and Exploration Service,
Larderello, S. p. A., Pisa, Italy

PAPERS HAVE BEEN CONTRIBUTED TO THE UNITED NATIONS CONFERENCE ON NEW SOURCES OF ENERGY BY INVITATION AND ARE FOR DISTRIBUTION AS WORKING PAPERS FOR THAT CONFERENCE. THEY ARE PUBLISHED AS PRESENTED BY THE AUTHORS, AND THE CONTENTS AND THE VIEWS EXPRESSED ARE THOSE OF THE AUTHORS.

(See notes overleaf)

LES AUTEURS ONT PRÉSENTE SUR INVITATION À LA CONFERENCE DES NATIONS UNIES SUR LES SOURCES NOUVELLES D'ÉNERGIE DES MEMOIRES QUI SERONT DISTRIBUÉS COMME DOCUMENTS DE TRAVAIL DE LA CONFERENCE. CES MEMOIRES SONT PUBLIÉS TELS QUE LES AUTEURS LES ONT RÉDIGÉS ET LES VUES QU'ILS CONTIENNENT SONT CELLES DES AUTEURS.

(Voir notes au verso)

N O T E S

1. The working languages of the Conference are English and French. All papers contributed are reproduced in one or other of these two languages. Where a paper has been reproduced in both working languages for the convenience of a rapporteur, both language versions are provided as part of the Conference documentation.

2. Where any paper has been contributed in one of the official languages of the UN other than English or French, then it has been made available to the conference in that language. A translation of such papers in either English or French (according to the request of the relevant rapporteur) is provided.

3. Summaries of all papers, as presented by the authors, will be available in both working languages—English and French. Summaries will not include diagrams and photographs and should be read in conjunction with the paper proper, which will bear the same reference number as the summary.

4. Papers and summaries will not be generally available for distribution to other than participants and contributors to the Conference until after the Conference, under publication arrangements to be announced.

1. Les langues de travail de la Conférence sont l'anglais et le français. Tous les mémoires présentés sont reproduits dans l'une ou l'autre de ces deux langues. Lorsqu'un mémoire est reproduit dans les deux langues de travail sur la demande d'un rapporteur, la version anglaise et la version française du mémoire font toutes deux parties de la documentation de la Conférence.

2. Lorsqu'un mémoire est présenté dans une langue officielle de l'ONU autre que l'anglais ou le français, il est publié dans cette langue. Les mémoires appartenant à cette catégorie sont en outre publiés en traduction anglaise ou française (selon la demande du rapporteur chargé du sujet considéré).

3. Des résumés de tous les mémoires, établis par les auteurs eux-mêmes, seront publiés dans les deux langues de travail: anglais et français. Les résumés ne contiendront ni diagrammes ni photographies, et il conviendra de les rapprocher du mémoire lui-même, qui portera le même numéro de référence que le résumé.

4. Les mémoires et les résumés ne pourront en général être distribués à des personnes autres que les participants et les auteurs qu'après la Conférence et selon des modalités de publication qui seront annoncées ultérieurement.

PROSPECTION DES CHAMPS GEOTHERMIQUES ET RECHERCHES
NECESSAIRES A LEUR VALORISATION, EXECUTEES DANS LES
DIVERSES REGIONS D'ITALIE

Renato Burgassi
"LARDERELLO" S. A., Italie

RESUME

Une brève introduction met en évidence le fait que la région de Larderello a un caractère d'antériorité par rapport aux autres régions d'Italie et du monde où des recherches d'énergies géothermiques ont été entreprises. Depuis un siècle déjà on y exécute ces recherches et on y traite industriellement les fluides endogènes trouvés. Les caractéristiques de cette région sont détrites en mettant en évidence avant tout sa position géographique au centre de l'Italie (Toscane) à faible distance de la côte tyrrhénienne (30 km. en moyenne).

Il s'agit d'une région vallonnée faisant partie d'une chaîne de hautes nommée "Monts Métallifères" à cause des minéraux métalliques qu'il recèle, minéraux probablement liés aux "magmatisme" Toscan et donc à mettre en relation avec le phénomène de Larderello.

Les premières recherches, consistant en de modestes travaux de forage, ont été guidées exclusivement par les manifestations naturelles constituées de vapeur d'eau et de gaz ($\text{CO}_2\text{-H}_2\text{S}$) en différentes localités de la ré

gion. Par la suite, grâce aux progrès de la connaissance des conditions locales et des outils de travail, des éléments nouveaux furent mis en évidence et ont servi de guide pour les recherches ultérieures.

A la lumière de ces connaissances, l'auteur illustre les caractéristiques géotectoniques et phénoménologiques de la région, en décrivant la série stratigraphique des terrains.

Cette série exclusivement sédimentaire est formée par un socle régional (schistes phylladiques et quartzites permo-triasiques), par une série évaporitique triasique et jurasicoliasique surtout calcaire, par quelques terrains du Crétacé-Eocène et de l'Oligocène (schistes argileux, calcaires et grès).

Toute cette série est en grande partie recouverte (à l'exclusion de petites zones) par une formation flyshoïde allochtone constituée de calcaires et schistes argileux d'âges variés (surtout Crétacé-Eocène) en dispositions irrégulières et chaotiques.

Cette dernière formation est elle-même accessoirement recouverte par des sédiments récents, miocènes et pliocènes (argiles, sables et conglomérats).

Pour illustrer la situation tectonique régionale, l'auteur se réfère aux effets structuraux de la formation des Apennins, qui ont déterminé, dans cette région la formation d'une série de plissements anticlinaux (rides) de direction apenninique, avec de grandes fractures (failles) et charriages.

En même temps que ces plissements de surface s'est, très probablement, formé un gonflement en profondeur avec, comme conséquence, la descente progressive des masses rocheuses vers des zones de plus en plus chaudes, jusqu'à l'établissement des conditions requises pour leur transformation en granite.

Pendant les phases successives de vieillissement des rides, avec les phénomènes de distension de la croûte terrestre, les amas magmatiques potentiellement mobiles ont trouvé les conditions pour une remontée vers la

surface, sinon pour en épandement en surface proprement dit (intrusions).

Dans ces nouvelles positions plus superficielles, le magma se consolide par dispersion de chaleur et extromission de ses parties volatiles.

L'auteur parle ensuite de l'âge probable de la formation des principales fractures qui intéressent les terrains autochtones. Elles sont d'âges différents selon les divers mouvements tectoniques qui ont intéressé la région. Il pense que la formation des fractures les plus récentes est aussi celle la plus favorable à la remontée du flux thermique.

De l'examen des caractéristiques géotectoniques ci-dessus illustrées, émergent les faits les plus importants qui sont :

- la très grande fracturation des terrains du socle ancien (permien) suivant des directrices bien déterminées;
- la présence, dans la série stratigraphique locale, de terrains hautement perméables (principalement la "série d'anhydrite triasique");
- l'existence de lacunes stratigraphiques qui mettent en contact direct la susdite formation avec la série argileuse de couverture;
- la grande imperméabilité de la formation de couverture qui sert de "grand couvercle" à tout le système géohydrothermique.

On fait remarquer que les manifestations naturelles (vapeurs d'eau et gaz sulfo-carbonique) se libéraient ou se libèrent toujours : en correspondance des zones où la couche argileuse est moins épaisse; dans les rares zones où les terrains plus perméables qui constituent leur substratum afflurent; et enfin, quelquefois, le long des contacts par faille entre terrains de nature différente.

L'auteur décrit en outre les prospections et les études géologiques et géophysiques effectuées dans la Région Boracifère, pour avoir de nouveaux éléments pouvant servir de guide à la recherche.

Ces études ont consisté en des prospections géotectoniques de détail et des prospections géophysiques variées. Parmi celles-ci, certaines se sont montrées plus adaptées que les autres aux exigences de cette recherche, comme la méthode électrique (résistivité), la méthode thermométrique et la gravimétrie.

On donne ensuite des nouvelles sur 380 forages exécutés dans cette région et la production totale de vapeur des 160 sondages actifs est de 2.850.000 kg/h.

Une fois décrite la région "Boracifère" on passe à la description de la Région du Mont Amiata située toujours en Toscane à 70 km environ au Sud-Est de la précédente.

Cette région, bien que la série stratigraphique sédimentaire soit semblable à celle de la région Boracifère, présente une différence substantielle due au fait qu'ici on trouve des effusions de roches volcaniques acides (ignimbrites).

On fait remarquer que dans cette zone la couche des "argiles scagliose" de couverture est très imperméable, si bien qu'on ne note en surface que de très modestes manifestations de gaz (surtout CO₂).

Les 11 sondages effectués dans cette région ont rencontré de grandes quantités de fluides constitués au début par 96% de gaz et 4% de vapeur d'eau, tandis que par la suite il y a eu une remarquable amélioration, jusqu'à obtenir maintenant un rapport de 23% de gaz et 77% de vapeur d'eau. La production totale des sondages actifs est de 160.000 kg/h avec une pression moyenne de production de 6 Ata.

La Société Larderello poursuit avec succès la recherche des fluides endogènes dans les régions "boracifères" et "Amiata" depuis plus d'un siècle sur la première, et depuis trois ans sur la seconde. Il y a en outre d'autres régions sur lesquelles la même Société commence des recherches de même nature :

- région de "Roccastrada" en Toscane, environ 30 km au S.E. de Larderello;

- région de "Montecatini-Orciatico" en Toscane, 25 km environ au Nord de Larderello;
- région de "La Tolfa" dans le Latium, 150 km au S. E. de la région boracifère.

Dans toutes ces régions, les séries sédimentaires sont semblables à celles de la région boracifère, mais, différence notable, on y note la présence d'effusions de roches volcaniques acides (ignimbrites) comme dans la région du Mont Amiata.

En outre, la Société Larderello est en train d'effectuer des recherches à un stade très préliminaire dans la région des Monts Berici dans l'Italie du Nord (Vénétie), où existent des produits volcaniques acides d'âge assez récent.

Dans les régions ci-dessus mentionnées ont été exécutées des prospections géotectoniques de détail et des prospections géophysiques par méthodes électrique (résistivité), gravimétrique, thermométrique. Dans la région de "La Tolfa" et de "Montecatini" les premiers forages ont déjà été commencés.

En conclusion de cet exposé, nous rappelons les diverses conditions, indices et caractères particuliers qui peuvent être utiles pour la préparation d'une recherche de fluides chauds sur des zones diverses :

- la présence dans la zone d'effusions de roches volcaniques n'est pas une condition indispensable pour le succès de la recherche. La région de Larderello en est un exemple classique;
- par contre, l'existence d'une anomalie thermique sensible est une condition indispensable;
- existence d'une couverture de terrains hautement imperméables;
- présence de niveaux très perméable à une profondeur économiquement accessible par forages;

- présence de fractures dans les terrains plus ou moins anciens qui constituent le socle régional.

Enfin, il est conseillé à ceux qui se proposent d'entreprendre une recherche de fluides chauds de prévoir une série d'études et de travaux préliminaires :

- prospections et études géologiques;
- prospections géophysiques (électrique, gravimétrique, thermique, etc.);
- quelques forages d'exploration.

PROSPECTING OF GEOTHERMAL FIELDS AND EXPLORATION NECESSARY FOR
THEIR ADEQUATE EXPLOITATION, PERFORMED IN VARIOUS REGIONS OF ITALY

courtesy of

RENATO BURGASSI

Chief, Prospecting and Exploration Service,
Lardarello Company, Ltd.

SUMMARY

In a brief introduction the author indicates that exploration for geothermal energy in the Larderello region antedated such work in other regions of Italy and of the world. Work of this kind has been going on for a century at Larderello, and the endogenous fluids discovered are being industrially exploited. The author describes the characteristics of this region, beginning with its geographical position in the central part of Italy (Tuscany), only a short distance (averaging 30 km) from the coast of the Tyrrhenian Sea.

It is a region dissected by small valleys, and forms part of a range of heights called "Metalliferous Hills" on account of the metallic minerals they contain. These minerals are probably due to the Tuscan "magmatism" and should thus be associated with the Larderello phenomenon.

The first prospecting consisted of modest drilling operations, guided exclusively by the natural showings of steam and gas (CO_2 - H_2S) at various points of the region. The subsequent advances in the knowledge of the local conditions and in the mastery of the tools of the art disclosed new elements which served as guides for subsequent exploration.

In the light of this knowledge, the author illustrates the geotectonic and phenomenological characteristics of the region by describing the stratigraphic sequence of the area.

This sequence is exclusively sedimentary, and is formed by a regional basement (phylladic schists and Permo-Triassic quartzites), by a Triassic and Liassic evaporitic series consisting mainly of limestones, and by several Cretaceous-Eocene and Oligocene formations (argillaceous schists, as well as limestones and sandstones).

All this sequence is covered (except for small zones) by an allochthonous flyschoid formation consisting of limestones and argillaceous schists of various ages (mainly Cretaceous-Eocene) in irregular and random arrangement.

The accessory cover of this formation consists of Miocene and Pliocene sediments (clays, sands and conglomerates).

To illustrate the regional tectonic situation, the author refers to the structural effects of the Apennineah orogenesis which have led, in this region, to the formation of a series of anticlinal folds in Apenninean direction, with great fractures (faults) and overthrusts.

Very probably a subsidence occurred simultaneously with the surface folding, leading to the consequent progressive descent of rock masses towards hotter and hotter zones, until the establishment of the conditions necessary for their metamorphosis into granite.

During the successive phases of aging of the folds, with the phenomena of crustal bulging, the potentially mobile magmatic accumulations found the conditions necessary for an ascent towards the surface, if not for effusion onto the surface itself (intrusions).

In these new and more superficial positions, the magma became consolidated by dissipation of heat and ejection of its volatile portions.

The author then discusses the probable age of the principal fractures associated with the autochthonous formations. They are of varying age, according to the various tectonic movements that have taken place in the region. He believes the formation of the most recent fractures was the most favourable to the ascent of the heat flux.

Examination of the above geotectonic characteristics discloses the following facts of major importance:

the very great faulting of the ancient basement formation (Permian) along very well determined directional lines;

the presence, in the local stratigraphic sequence, of highly permeable formations (mainly the "Triassic anhydrite series");

the existence of stratigraphic breaks putting this formation into direct contact with the argillaceous cover series;

the high impermeability of the cover formation, which serves as the "great lid for the entire geohydrothermal system".

The author notes that the natural showings (steam and sulfido-carbonic gas) were liberated, or are still being liberated, corresponding to the zones where the argillaceous cover is not so thick, in the rare zones where the more permeable underlying formations outcrop to the surface, and, finally, in occasional cases, along the faulting contacts between formations of different nature.

The author also describes the prospecting operations and the geological and geophysical exploration work conducted in the Boraciferous Region to obtain new elements that might serve to guide the exploration work.

This work consisted of detailed geotectonic studies, and of various types of geophysical exploration. Some of these geophysical methods proved to be more suitable than the others for the requirements of this work, such as the electrical (resistivity) method, the geothermal method, and the gravimetric method.

The paper then reports on 380 boreholes drilled in this region. The total steam flow of the 160 active boreholes is 2 850 000 kg/h.

After describing the "Boraciferous" region, the author passes to the description of the Mont Amiata region, still in Tuscany, but about 70 km SE of the former field.

Although the sedimentary stratigraphic series of this region resembles that of the Boraciferous region, there is nevertheless a substantial difference between the two regions, since here we find effusions of acid volcanic rocks (ignimbrites).

He points out that in this zone the layer of the "schistose clays" of the cover is highly impermeable, so that only very modest gas showings are found at the surface (mainly CO₂).

The 11 boreholes drilled in this region encountered large amounts of fluids, consisting at first of 96% gas and 4% steam. There was a remarkable improvement later, however; and the present ratio is 23% gas to 77% steam. The total production of the active holes is 160 000 kg/h at an average well-mouth pressure of 6 atm.

The Larderello Company has been successfully prospecting for endogeneous fluids in the "Boraciferous" and "Amiata" regions, for over a century in the former case, and for three years in the latter. There are also other regions on which the Company is now initiating similar exploration work:

the "Roccastrada" region of Tuscany, about 30 km SE of Larderello;
the "Montecatini-Orciatico" region of Tuscany, about 25 km N of Larderello;

the "La Tolfa" region of Latium, 150 km SE of the baraciferous region.

In all these regions, the sedimentary series resemble those of the boraciferous region, but there is an important difference. Effusions of acid volcanic rocks are noted in all of them, as in the region of Mont Amiata.

The Larderello Company is also doing exploration work, in a very preliminary stage, in the region of Monts Berici in Northern Italy (Venetia) where there are acid volcanic products of very recent origin.

In the above regions, detailed geotectonic studies have been performed, together with geophysical exploration by the electrical (resistivity), gravimetric and geothermal methods. In the "La Tolfa" and "Montecatini" regions, the first drilling has already commenced.

In concluding this report, we recall the varied conditions, indices and peculiar characteristics that may be of use in preparing an exploration project for hot fluids in various zones:

the presence of volcanic effusions in the zone is not an indispensable condition for the success of the prospecting operation. The Larderello region is a classical example;

on the other hand, the existence of an appreciable thermal anomaly does constitute an indispensable condition;

existence of a cover composed highly impermeable formations;

presence of highly permeable horizons at a depth economically accessible to drilling;

presence of faults in the more or less ancient formations that constitute the regional basement.

Finally, the author advises all who propose to undertake prospecting for hot fluids to provide for a series of preliminary studies and work including the following:

geological prospecting operations and studies;

geophysical exploration (electrical, gravimetric, geothermal, etc.);

drilling of several exploration boreholes.