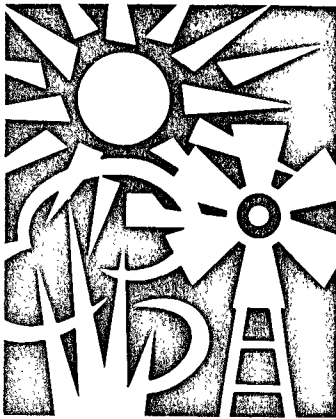




Distr.
LIMITED

E/CONF.35/G/16/Summary
10 April 1961
ENGLISH/FRENCH
ORIGINAL: ENGLISH



UNITED NATIONS
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

Agenda item - Point de l'ordre du jour:

II.A.2(a) - Harnessing of Geothermal Energy and Geothermal
Electricity Production: Methods and Equipment
for Harnessing Geothermal Energy

Exploitation de l'Énergie Géothermique et
Production d'Électricité au moyen de l'énergie
Géothermique: Procédés d'exploitation de
l'Énergie Géothermique; matériel nécessaire

THE DEVELOPMENT OF CASINGS
FOR GEOTHERMAL BOREHOLES
AT WAIRAKEI, NEW ZEALAND

By A. C. L. FOOKS, B. E. , A. M. I. C. E. ,
A. M. N. Z. I. E. , F. R. S. A.
(Project Engineer), Ministry of Works
New Zealand

MISE AU POINT DE TUBAGES DE PUIITS
POUR LES FORAGES GEOTHERMIQUES
DE WAIRAKEI, NOUVELLE-ZELANDE

Par A. C. L. FOOKS, B.E., A.M.I.C.E., A.M.N.Z.I.E., F.R.S.A.
Ingénieur chargé des projets,
Ministère des travaux publics, Nouvelle-Zélande

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

(See notes overleaf)

LES AUTEURS ONT PRESENTE SUR INVITATION A LA
CONFERENCE DES NATIONS UNIES SUR LES SOURCES
NOUVELLES D'ENERGIE DES MEMOIRES QUI SERONT
DISTRIBUES COMME DOCUMENTS DE TRAVAIL DE LA
CONFERENCE. CES MEMOIRES SONT PUBLIES TELS
QUE LES AUTEURS LES ONT REDIGES ET LES VUES
QU'ILS CONTIENNENT SONT CELLES DES AUTEURS.

(Voir notes au verso)

NOTES

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.

THE DEVELOPMENT OF CASINGS FOR GEOTHERMAL
BOREHOLES AT WAIRAKEI, NEW ZEALAND.

A.C.L. FOOKS, B.E., A.M.I.C.E., A.M.N.Z.I.E., F.R.S.A.
(PROJECT ENGINEER), MINISTRY OF WORKS, NEW ZEALAND.

SUMMARY.

1. The N.Z. Ministry of Works (Power Division) began drilling geothermal boreholes at Wairakei in 1950.
2. Earlier work was done with light drills, and casings generally consisted of three concentric strings of British Standard steam pipe, with the deepest casing of 4 inch diameter, being set to about depths of 400 to 700 feet.
3. Early shallow production bores of 1,000 feet depth used 6" steam pipe for casing to similar depths as the investigational boreholes.
4. Whilst these casings were reasonably successful for this work, it was found desirable to change to standard A.P.I. casing when heavier drills (of the light trailer mounted oilwell type) were introduced in 1952.
5. In the Wairakei production field three concentric cemented casing strings have been found to be the minimum safe number whenever the boreholes are drilled deeper than 1,000 feet.
6. To 4,000 feet depth, provided a casing string is set at 1,600 feet or deeper, no further cemented casings are necessary.
7. For investigational drillholes in geologically or thermally unknown ground, four cemented casing strings above 1,800 feet depth are desirable for safety against blowouts. A number of investigational boreholes have been drilled to 3,000 feet or deeper with only 3 cemented casing strings but occasional blowouts have occurred.
8. Although blowouts can theoretically occur with shallow casings if boiling point for depth conditions exist, no blowouts have occurred when setting the No. 1 (surface casing) to 100 feet depth or the No. 2 (anchor casing) to 400 feet depth. Reliance is placed on the cooling effect of the drilling fluids and the structural strength of the country to set these casings safely.

9. Normal practice is therefore to cement surface casing near 100 feet depth, anchor casing to 400 feet depth and production casing to 1,600 feet depth; uncemented slotted liners are used below the production casing.

10. The production casing is set to not less than 1,600 feet depth to minimise difficulties in removing the uncemented slotted liners. Heavy Mineral deposits occur above and below 1,400 feet depth where boiling of the well fluid begins.

11. From the mineral deposit viewpoint it would be better to set the production casings deeper, but this is not done because of cementing difficulties in the permeable formations.

12. Slotted production liners are generally used in the borehole below the production casings, to prevent the ejection of large sized rocks.

13. Casing sizes in current use are as follows:

Surface casing	16" - H40 x 65 lbs A.P.I. short thread or 18" - 73 lbs A.P.I. line pipe.
Anchor Casing	11 $\frac{3}{4}$ " - H40 x 42 lbs A.P.I. short thread or 13 $\frac{3}{8}$ " - H40 x 48 lbs A.P.I. short thread
Production Casing	8 $\frac{3}{8}$ " - J55 - 36 lbs A.P.I. long thread with extended sleeves welded to the couplings.
Slotted Liner	6 $\frac{3}{8}$ " - J55 - 24lbs two step thread, integral joint, flush casing, with 28 - 2 $\frac{5}{8}$ " x 3/16" undercut slots per foot.

14. Grade J55 casing is the highest grade casing in use due to the presence of H₂S gas, despite its strength limitations when heated and restrained from expanding longitudinally.

15. Short thread couplings have proved inadequate for the production casing, and longthread couplings are in use. Buttress thread high strength couplings are being tested.

16. It is considered mandatory to cement the main casings to the country, and to the outer casing, throughout their entire lengths.

17. Considerable difficulties in achieving this have been experienced due to the permeable formations in which the production casing is set. The trend through the years has

been to increase the annulus outside the production casing to at least 1 inch thick over couplings.

18. Plain cement slurries thicken rapidly at water cement ratios below .6 by weight corresponding to slurries of 106 lbs per cu. ft. Retarders are used with cement slurries of 110 lbs per cu. ft. density. Recent use of low water loss retarding additives has proved beneficial.

19. A plant to blend pozzolan with construction cement is in hand to produce lighter weight slurries, since blended cements are not normally available in New Zealand.

20. For cementing casing only low pump pressures are required and 12" x 7 $\frac{1}{4}$ " pumps (normally used for circulating the drilling mud) are used to pump slurry at a rate of 200 galls per minute when mixing 25 sacks of cement per minute.

21. Rapid placement is helpful in reducing the temperature rise in the borehole during cementing.

22. Various methods have been used to reduce the borehole temperature before cementing begins. Current practice is to circulate drilling mud until temperatures are as low as possible (down to 30°C where this can be achieved); a 500 gallon "slug" of water is separated from the mud by a bottom travelling plug in the casing and followed by a weak slurry (72 lbs per cu. ft.); main (110lbs/cu.ft.) slurry follows the weak slurry and a top travelling plug separates the slurry from the following mud. Mud is used to drive the travelling plug, since it is less prone to erupt (due to heating) during the time the wellhead is open when assembling the wellhead equipment.

23. Return slurry temperatures can exceed 60°C.

24. Corrosion of the deeper casings has been small, although appreciable external corrosion has occurred near the surface with the outer casings of a few bores.

25. From examination of samples suspended in nearly closed boreholes and from samples of grout recovered, it is concluded that the slurries used do not greatly deteriorate in geothermal waters.

MISE AU POINT DE TUBAGES DE PUIITS POUR LES FORAGES

GEOOTHERMIQUES DE WAIRAKEI, NOUVELLE-ZELANDE.

A.C.L. Fooks, B.E., A.M.I.C.E., A.M.N.Z.I.E., F.R.S.A.

Ingenieur charge des projets, Ministère des travaux public de
Nouvelle-Zelande.

Résumé

1. Le Ministère des Travaux Publics de Nouvelle Zélande (Division de l'Energie) a commencé les sondages et les forages de puits dans les champs géothermiques de Wairakei en 1950.
2. Il avait été fait des travaux antérieurs avec des petites perforatrices et le tubage était alors généralement constitué par trois colonnes concentriques d'éléments de conduite de vapeur du type conforme à la norme Britannique. Les plus profondément situés de ces éléments, de 4 pouces de diamètre (102 mm.) étaient posés à des niveaux compris entre 400 et 700 pieds (120 à 210 mètres).
3. Les premiers puits de production, d'ailleurs peu profonds, qui allaient jusqu'à un millier de pieds (300 mètres) avaient un tubage fait d'éléments de conduite de vapeur de 6 pouces (152 mm.) jusqu'à des profondeurs comparables à celles de premiers puits de sondage.
4. Bien que ce genre de tubage ait été satisfaisant pour le genre de travail dont il s'agissait, il sembla indiqué de passer aux normes de l'Institut Américain du Pétrole (abréviation anglaise A.P.I.) quand on fit usage de perforatrices de plus fort diamètre (du type employé dans les champs pétrolifères

et installé sur une remorque) en 1952.

5. Dans le champ de production de Wairakei, on a établi que trois colonnes concentriques d'éléments de tubage cimentés représentaient le minimum compatible avec la sécurité pour les puits qui descendent au-dessous de 1.000 pieds (300 mètres).

6. Jusqu'à une profondeur de 4.000 pieds (1.200 mètres), pourvu que le tubage soit convenablement posé jusqu'à 1.600 pieds (480 mètres) ou davantage, il n'est point besoin d'éléments de tubage cimentés.

7. Pour les sondages qui s'exécutent en terrain géologiquement et thermiquement inconnus, il est indiqué de faire usage de 4 colonnes d'éléments de tubage cimentés au-dessus de 1.800 pieds (540 mètres), à titre de protection contre les éruptions éventuelles. On a poussé un certain nombre de sondages jusqu'à 3.000 pieds (900 mètres) et même davantage avec 3 colonnes d'éléments cimentés seulement mais, à l'occasion, des éruptions se sont produites.

8. Bien que ces éruptions puissent se rencontrer théoriquement à de faibles profondeurs, si le point d'ébullition est atteint, compte tenu des conditions qui règnent en profondeur, nous n'en n'avons pas observé en mettant en place le tubage N°1 (tubage de surface) jusqu'à 100 pieds (30 mètres) ou le N°2 (tubage d'ancrage) jusqu'à 400 pieds (120 mètres). On compte sur les effets de refroidissement des liquides dont on se sert en perforant et sur la résistance structurale de la roche encaissante pour poser en toute sécurité ces éléments de tubage.

9. En conséquence, la pratique courante consiste à cimenter le tubage superficiel à partir d'une profondeur voisine de 100 pieds (30 mètres), puis de faire de même pour le tubage d'ancrage jusqu'à une profondeur de 400 pieds (120 mètres) et, finalement, pour le tubage dit "de production" jusqu'à 1.600 pieds (480 mètres). Au-delà de cette profondeur, on se sert d'éléments de garniture ou éléments de chemisage rainurés et cimentés.

10. Le tubage des puits en production est poussé jusqu'à 1.600 pieds au moins (480 mètres), pour réduire les difficultés auxquelles on se heurte quand on doit enlever les garnitures rainurées non cimentées. Il se produit des dépôts minéraux importants au-dessus et au-dessous de la cote 1.400 pieds (420 mètres), à laquelle commence l'ébullition du liquide rencontré dans le puits.

11. En ce qui concerne ces dépôts de minéraux, il serait préférable de pousser

le tubage de production plus loin mais on ne le fait pas, eu égard aux difficultés auxquelles on se heurte avec le cimentage quand on doit traverser des formations perméables.

12. Les garnitures ou éléments de chemisage du type rainuré s'utilisent généralement au-dessous du tubage de production, pour s'opposer à l'éjection de pierres d'une certaine grosseur.

13. Les gabarits des tubages d'emploi courant sont les suivants:

- Tubage de surface - Tube norme A.P.I. - H40 x 65 lbs (de 16" ou 406 mm.) à filetage court, ou tube pour pipeline norme A.P.I. x 73 lbs (de 18" ou 457mm.).
- Tubage d'ancrage - Tube norme A.P.I. - H 40 x 42 lbs (de 11 3/4" ou 298 mm.) à filetage court, ou tube norme A.P.I. - H40 x 48 lbs.) à filetage court.
- Tubage de production- Tube Norme A.P.I. - J 55 x 36 lbs (de 8 5/8" ou 219 mm.) à filetage long, avec manchons allongés soudés aux raccords
- Garniture rainurée - Tube J 55 x 24 lbs (de 6 5/8" ou 168 mm.) à filetage échelonné, avec raccord faisant partie intégrante de chaque élément, sans saillie, avec 28 fentes de 2 5/8" x 3/16".

14. Le tubage J 55 est celui de la plus haute qualité, qui est utilisé en raison de la présence de H₂S gazeux, malgré les limites de sa résistance à chaud et le fait qu'il ne peut pas se dilater longitudinalement.

15. Les accouplements à filetage court se sont avérés insuffisants pour le tubage de production et ce sont les accouplements à filetage long qui sont utilisés. On procède actuellement à des essais sur des accouplements à filetage renforcé et à haute résistance.

16. On estime qu'il est impératif de cimenter les éléments de tubage principaux à la roche encaissante et au tubage extérieur sur toute la longueur de la colonne.

17. On s'est heurté à des difficultés considérables dans l'exécution de ce programme, en raison des formations perméables dans lesquelles le tubage de production doit être posé. La tendance, au cours de ces dernières années, a été en faveur d'une augmentation de l'espace annulaire ménagé à l'extérieur du tubage de production, allant jusqu'à une épaisseur de 1 pouce (25 mm.) au moins sur les raccords.

18. Les mortiers ou coulis ordinaires qui sont destinés à la préparation du ciment s'épaississent rapidement lorsque le rapport eau/ciment tombe au-dessous de 0,6 en poids, ce qui correspond à des mélanges pesant 106 lbs par pied cube (densité 1,70). On utilise des agents retardateurs avec ces mortiers, dont la densité atteint alors 110 lbs par pied cube (densité 1,76). L'utilisation récente d'additifs retardateurs à faible perte d'eau a fait ses preuves.
19. Une installation destinée à mélanger de la pouzzolane au ciment du type "Bâtiment" est en cours d'établissement et elle produira des mortiers moins denses, pour autant que les ciments mélangés ne sont pas normalement disponibles en Nouvelle-Zélande.
20. Il suffit pour cimenter le tubage, de faibles pressions de pompage et des pompes de 12 pouces x 7 1/4 (305 x 184 mm.) (qui normalement s'utilisent pour faire circuler la boue de forage) sont mises en service pour pomper le mortier au régime de 200 gallons à la minute (environ 760 litres), pour une allure de mélange de 25 sacs de ciment à la minute.
21. On a fait appel à diverses méthodes pour réduire la température qui règne dans le puits avant le cimentage.
22. La technique actuelle consiste à faire circuler de la boue de forage jusqu'à ce que la température baisse le plus possible (30° C si possible.) On sépare alors une masse d'eau de 500 gallons (environ 1900 litres), de la boue au moyen d'un bouchon qui se déplace en bas de la colonne de tubage, suivi d'un mortier faible (72 lbs par pied cube). Le mortier principal (110 lbs par pied cube), le suit alors et on trouve enfin un bouchon au sommet de la colonne, pour séparer ce mortier de la boue qui le suit. Cette boue sert à chasser le bouchon mobile, car il est ainsi moins probable d'avoir une éruption (en raison du chauffage) pendant la période d'ouverture de l'orifice du puits pour l'installation du matériel.
23. -La température des mortiers qui remontent ainsi peut dépasser 60° C.
24. La corrosion des éléments de tubage profondément situés a été peu marquée, bien qu'une corrosion externe appréciable se soit manifestée, près de la surface, sur le tubage extérieur de certains puits.
25. Il ressort de l'examen d'échantillons suspendus dans des puits presque fermés, ainsi que de celui de morceaux de ciment recueillis après usage, que les mortiers dont on se sert ne sont pas gravement endommagés dans les eaux thermales.

