

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Μ. Γκούμας, Μηχανικός Μεταλλικών-Μεταλλουργός ΕΜΠ
Ι. Καλογήρου, Χημικός Μηχανικός, Οικονομολόγος, Μ. Sc.
Ε. Παπαγιαννάκης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Τμήμα Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, Τομέας ΙΙ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στην εργασία αυτή, αρχικά, παρουσιάζονται τα στάδια ενός γεωθερμικού προγράμματος.

Στη συνέχεια εξετάζεται το ζήτημα της μεγιστοποίησης της ελληνικής συμμετοχής στις εργασίες έρευνας ανάπτυξης και αξιοποίησης των γεωθερμικών πεδίων.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Γεωθερμική ενέργεια, Μεταφορά τεχνολογίας, Τεχνολογική πολιτική.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Στην εργασία αυτή επιχειρείται μια πρώτη διερεύνηση των δυνατοτήτων που υπάρχουν για την ανάπτυξη τεχνολογίας στον τομέα της γεωθερμίας στη χώρα μας.

Οι λόγοι που συνηγορούν υπέρ μιας προσπάθειας για την ανάπτυξη τεχνολογίας είναι:

- Το πλήθος των εντοπισμένων και των πιθανών γεωθερμικών πεδίων, το οποίο παρέχει το στοιχείο της επαναληψιμότητας για τα γεωθερμικά προγράμματα. Το γεγονός αυτό ευνοεί την ανάπτυξη τεχνολογίας από το εγχώριο επιστημονικό και τεχνικό δυναμικό.
- Η απαιτούμενη τεχνολογία, στο μεγαλύτερο μέρος της είναι "προσιτή" για χώρες με επίπεδο ανάπτυξης συγκρίσιμο με αυτό της Ελλάδας. Μαάλιστα χώρες όπως η Ισλανδία και η Ουγγαρία είναι από τις πρωτοπόρους στον τομέα.
- Έχει ξεκινήσει η προσπάθεια για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας σε χώρες της Αφρικής και της Ασίας, οι οποίες είναι δυνατόν, μελλοντικά να αποτελέσουν τους αγοραστές της εγχώριας τεχνολογίας.

Για τη διερεύνηση του ζητήματος αυτού, μετά τον προβληματισμό των συγγραφέων, παρουσιάζονται τα στάδια ενός γεωθερμικού προγράμματος. Στη συνέχεια εξετάζεται το θέμα της συμμετοχής του εγχώριου μελετητικού και κατασκευαστικού δυναμικού σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες δυνατότητες. Τέλος γίνεται αναφορά στο ρόλο του management στην όλη προσπάθεια.

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Με τον όρο τεχνολογία εννοούμε ένα σύστημα γνώσεων, επιδεξιότητων, πείρας και οργάνωσης που απαιτείται για την παραγωγή, χρήση και έλεγχο αγαθών και υπηρεσιών.

Η σκοπιμότητα ή μη της ανάπτυξης τεχνολογίας για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας, η οποία μπορεί να καλύψει ένα μικρό ποσοστό των εγχώριων ενεργειακών αναγκών είναι το πρωταρχικό ερώτημα στο θέμα που εξετάζεται.

Η απάντηση στο ερώτημα αυτό εξαρτάται στενά από τη σκοπιμότητα ή μη της αξιοποίησης των γεωθερμικών πόρων του ελληνικού χώρου. Για να αποφύγουμε μια μακροσκελή ανάλυση του ζητήματος αυτού, θα αναφέρουμε επιγραμματικά ότι η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει μια πρώτης τάξεως ευκαιρία για την ανάπτυξη νησιωτικών και απομακρυσμένων περιοχών όπου το κόστος της ενέργειας είναι υψηλό και δεν υπάρχουν επαρκείς πόροι.

Όπως είναι γνωστό η προσπάθεια για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα έχει ξεκινήσει από τη δεκαετία του '70 και μέχρι σήμερα δεν έχει αποδώσει τα αναμενόμενα, όσον αφορά τα πεδία υψηλής ενθαλπίας. Ένας από τους λόγους της καθυστέρησης αυτής είναι η ύπαρξη τεχνικών προβλημάτων, για την αντιμετώπιση των οποίων επιβάλλεται ανάπτυξη τεχνολογίας προσαρμοσμένης στις ιδιαιτερότητες των ελληνικών πεδίων.

Κατά τη γνώμη μας η προσπάθεια για την ανάπτυξη τεχνολογίας στον τομέα της γεωθερμίας πρέπει να θεωρηθεί ενταχμένη σε μια γενικότερη τεχνολογική πολιτική και να μην αποσκοπεί μόνο στην αντιμετώπιση των παραπάνω τεχνικών προβλημάτων αλλά στην χωρίς προβλήματα υλοποίηση όλων των φάσεων ενός γεωθερμικού προγράμματος (1). Για το σκοπό αυτό απαιτείται κατ' αρχήν η καταγραφή των υπάρχουσών αναγκών για εισαγωγή τεχνολογίας και η αξιολόγηση της συνεργασίας των αρμοδίων ελληνικών φορέων με τους ξένους οίκους υπό το πρίσμα της μεγιστοποίησης των τεχνολογικών ωφελειών. Επίσης απαιτείται η καταγραφή των δυνατοτήτων του ελληνικού επιστημονικού και τεχνικού δυναμικού με σκοπό την κατάρτιση ενός ολοκληρωμένου προγράμματος ανάπτυξης τεχνολογίας.

2. ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΕΝΟΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ (2,3)

Στο τμήμα αυτό της εργασίας παρουσιάζονται επιγραμματικά τα στάδια ενός γεωθερμικού προγράμματος που αφορά στην εκμετάλλευση πεδίου υψηλής ενθαλπίας. Επίσης δίνονται ενδεικτικές τιμές για το κόστος κάθε σταδίου. Οι τιμές είναι ενδεικτικές γιατί εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες που σχετίζονται με τις ιδιομορφίες κάθε πεδίου [4].

Στάδιο I (αναγνώριση): Σκοπός του σταδίου αυτού είναι:

- Η προκαταρκτική αξιολόγηση των γεωθερμικών δεδομένων μιας ευρύτερης περιοχής (έκτασης 10000-100000 km²).
- Επιλογή και καθορισμός προτεραιοτήτων μεταξύ των γεωθερμικά ελπιδοφόρων περιοχών.
- Εκπόνηση πλάνου εργασίας για τις επόμενες φάσεις.

Οι δραστηριότητες κατά το στάδιο αυτό είναι η συλλογή και η αξιολόγηση των δεδομένων που υπάρχουν για την υπό μελέτη περιοχή.

Επίσης διεξάγονται επιτόπιες έρευνες καθώς και εργαστηριακές αναλύσεις.

Το κόστος του σταδίου αυτού εκτιμάται σε $1,5 \times 10^6$ U.S \$ (1983).

Στάδιο II (προ-στάδιο σκοπιμότητας): Σκοπός του σταδίου αυτού είναι:

- Ο προσδιορισμός, με την βοήθεια γεωεπιστημονικών μεθόδων, του προκαταρκτικού γεωθερμικού μοντέλου μιας ελπιδοφόρας περιοχής (με έκταση 500-2000 km²).
- Ο εντοπισμός θέσεων για βαθειές γεωτρήσεις.
- Η εκπόνηση πλάνου εργασίας και η οικονομική εκτίμηση για τις επόμενες φάσεις.

Οι δραστηριότητες κατά το στάδιο αυτό είναι γεωλογικές, γεωχημικές, υδρογεωλογικές και γεωφυσικές έρευνες καθώς και η εκτέλεση ρηχών γεωτρήσεων (αν είναι αναγκαίο).

Το κόστος του σταδίου αυτού εκτιμάται σε $1-2 \times 10^6$ U.S \$ (1983).

Στάδιο III (στάδιο σκοπιμότητας): Σκοπός του σταδίου αυτού, που αφορά έκταση 10-100 km², είναι:

- Η αξιολόγηση του πόρου.
- Η αντιμετώπιση των τεχνικών προβλημάτων.
- Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Προκαταρκτικός σχεδιασμός της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής.
- Τεχνικοοικονομική μελέτη σκοπιμότητας.

Οι δραστηριότητες κατά το στάδιο αυτό είναι η διεξαγωγή περαιτέρω ερευνών, η εκτέλεση ερευνητικών γεωτρήσεων μεγάλου βάθους, η εκτέλεση μετρήσεων στις γεωτρήσεις, η εκτέλεση δοκιμών παραγωγής, η εκπόνηση ενός πρώτου μοντέλου του πεδίου και ο προκαταρκτικός σχεδιασμός της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής. Επίσης κατά το στάδιο αυτό γίνεται προσπάθεια για την αντιμετώπιση του προβλήματος των αποθέσεων και της διάβρωσης του εξοπλισμού καθώς και του προβλήματος της διάθεσης των αποβλήτων.

Το κόστος του σταδίου αυτού εκτιμάται σε 10×10^6 U.S \$ (1983).

Στάδιο IV (ανάπτυξη): Σκοπός του σταδίου αυτού είναι:

- Η παραγωγή του αναγκαίου για τη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής ατμού.
- Δοκιμές διάθεσης αποβλήτων.
- Εγκατάσταση μονάδας ηλεκτροπαραγωγής.
- Μελέτη ταμειωτήρα.

Οι δραστηριότητες κατά το στάδιο αυτό είναι η εκτέλεση των παραγωγικών γεωτρήσεων καθώς και των γεωτρήσεων επανέγχυσης, η εκτέλεση δοκιμών μεγάλου χρονικού ορίζοντα, η εκπόνηση λεπτομερούς μοντέλου για το πεδίο, ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής.

Το κόστος του σταδίου αυτού εκτιμάται σε $60-70 \times 10^6$ U.S. \$ (1983).

Στάδιο V (εκμετάλλευση): Κατά το στάδιο αυτό οι κύριες δραστηριότητες είναι η λειτουργία του πεδίου και της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής καθώς και οι αναγκαίες εργασίες συντήρησης και επισκευών.

3. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΟΙΓΜΑ ΤΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ (5)

Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί έντονος προβληματισμός για το άνοιγμα του τεχνολογικού πακέτου κατά την υλοποίηση βιομηχανικών επενδύσεων. Λόγω της φύσης των γεωθερμικών προγραμμάτων (διακεκριμένα στάδια και φάσεις) γίνεται ελκυστική η ιδέα του ανοίγματος του τεχνολογικού πακέτου για τα σχετικά έργα. Η ελκυστικότητα της ιδέας αυτής οφείλεται στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει αυτός ο τύπος υλοποίησης επενδυτικών σχεδίων, στα

οποία συμπεριλαμβάνεται η αφομοίωση τεχνολογίας και η ανάπτυξη ελληνικού know-how.

Στην επόμενη παράγραφο καταγράφονται ενδεικτικά οι δυνατότητες του ελληνικού ανθρώπινου δυναμικού για συμμετοχή στα γεωθερμικά προγράμματα με σκοπό να γίνει φανερό ότι έχει νόημα μια προσπάθεια για το άνοιγμα του τεχνολογικού πακέτου.

4. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΤΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

Πολλές από τις δραστηριότητες που περιέχονται σε ένα γεωθερμικό πρόγραμμα εκτελούνται ήδη ή είναι εφικτό να εκτελούνται από ελληνικούς φορείς.

Για παράδειγμα, για την εκτέλεση των σταδίων I και II δεν είναι απαραίτητη η συμμετοχή ξένων φορέων λόγω της εμπειρίας που έχει αποκτηθεί από το ΙΓΜΕ. Το κόστος των σταδίων αυτών όμως αποτελεί ένα μικρό ποσοστό του συνολικού κόστους του γεωθερμικού προγράμματος. Για το λόγο αυτό πρέπει να αναζητηθούν δραστηριότητες και από τα επόμενα στάδια, οι οποίες είναι δυνατόν να εκτελεστούν από ελληνικούς φορείς.

Από το στάδιο III η εκτέλεση βαθειών ερευνητικών γεωτρήσεων είναι δυνατόν να γίνει από το ΙΓΜΕ όπως και οι άλλες ερευνητικές εργασίες εδάφους που απαιτούνται. Για την εκτέλεση όμως των δοκιμών παραγωγής, την αξιολόγηση των σχετικών αποτελεσμάτων και την εκπόνηση της τεχνικοοικονομικής μελέτης σκοπιμότητας δεν υπάρχει προηγούμενη εμπειρία και για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η ξένη τεχνική βοήθεια. Η παροχή όμως της ξένης βοήθειας πρέπει να γίνεται με τέτοιους όρους ώστε συμβάλλει στην απόκτηση εμπειρίας από το εγχώριο επιστημονικό δυναμικό (π.χ. με συμμετοχή ελλήνων επιστημόνων και τεχνικών στις ομάδες εργασίας).

Αναφορικά με το ίδιο στάδιο θα πρέπει να σημειωθεί ότι για την αντιμετώπιση του προβλήματος των αποθέσεων υπάρχει πλούσια ερευνητική δραστηριότητα που διεξάγεται στο ΑΠΘ από ομάδα με επικεφαλής τον καθηγητή Καράμπελα. Επίσης το πρόβλημα της διάβρωσης του εξοπλισμού απαιτεί για την αντιμετώπισή του μεθόδους γνωστές από άλλους τομείς και για το λόγο αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί η εμπειρία των ελλήνων τεχνικών.

Η ανάπτυξη μοντέλων γεωθερμικών ταμειυτήρων είναι μια δραστηριότητα που η εγχώρια ανάπτυξή της μπορεί να βοηθήσει την αντίστοιχη εργασία για του ταμειυτήρες πετρελαίου καθώς και άλλους τομείς που έχουμε ροή σε παρόδη μέσα.

Από τις δραστηριότητες του σταδίου IV η εκτέλεση των παραγωγικών γεωτρήσεων και των γεωτρήσεων επανέγχυσης καθώς και η αξιολόγηση των δοκιμών παραγωγής και των γεωτρητικών στοιχείων μπορεί να ανατεθεί στη ΔΕΠ-ΕΚΥ, παρά τις διαφορές των γεωτρήσεων αυτών με τις πετρελαϊκές.

Τέλος το πρόβλημα του σχεδιασμού, της κατασκευής και της εγκατάστασης της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής θα πρέπει να αντιμετωπισθεί σε σχέση με την εμπειρία που έχει αποκτηθεί από τη ΔΕΗ σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής, αφού ληφθούν υπόψη οι ιδιαιτερότητες και τα προβλήματα που παρουσιάζουν οι γεωθερμοηλεκτρικοί σταθμοί.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Όπως αναπτύχθηκε στο δεύτερο τμήμα της εργασίας ένα γεωθερμικό πρόγραμμα αποτελεί ένα σύνολο δραστηριοτήτων κατάλληλα διαρθρωμένων με επίμερους στόχους και ένα τελικό σκοπό. Λόγω της φύσεως του έργου, σπουδαίο ρόλο για την επιτυχία του παίζει η σωστή διαίκηση, ο συντονισμός και γενικότερα η διαχείρησή του. Τα παραπάνω παίζουν σπουδαίο ρόλο για τη μεταφορά της ξένης τεχνολογίας στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα είναι καθοριστικής σημασίας η ικανότητα του υπεύθυνου για το έργο φορέα να χωρίσει το έργο σε επίμερους εργασίας, να μεγιστοποιήσει την ελληνική συμμετοχή και να συντονίσει την όλη προσπάθεια. Ο συντονισμός αυτός είναι απαραίτητος γιατί υπάρχει στενή αλληλεξάρτηση των επίμερους φάσεων ενός γεωθερμικού προγράμματος.

Ένα άλλο βασικό χαρακτηριστικό του φορέα πρέπει να είναι αφ' ενός η εστίαση του ενδιαφέροντός του σε προσπάθειες τοπικής κλίμακας για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας και αφ' ετέρου η ανάληψη ενός συντονιστικού ρόλου σε πανελλήνια κλίμακα για την ανάπτυξη της απαιτούμενης τεχνολογίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. Βερναρδάκης, Ν., Το τραίνο της Ανάπτυξης και η Ελλάδα του πέμπτου Kontratiev, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα, 1988.
2. Cuellar, G., Methodology of Geothermal Exploration and Development, United Nations Workshop on the Development and Exploitation of Geothermal Energy in Developing Countries, Reykjavic, Iceland, 15-20 September 1986, Pisa, Rome, Italy, 22-25 September 1986.
3. Aquater, Geothermal Energy: Availability and Conversion Techniques, San Lorenzo in Campo, July 1983.
4. Γκούμας, Μ., Καλογήρου, Ι., Κουμούτσος, Ν. και Ρωμυλιώτης, Ν., Κόστος και Απαιτούμενη Τεχνολογία για την Παραγωγή Γεωθερμικού Ατμού, ΤΕΕ 2^ο Συνέδριο για τον Ελληνικό Ορυκτό Πλούτο, Αθήνα 30 Μαρτίου-4 Απριλίου 1987.
5. Γκέκας, Α., Τεχνολογικά πακέτα στη χημική βιομηχανία και τρόποι αντιμετώπισής τους, Τεχνικά Χρονικά, Απρ.-Ιουν. 1984.