

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Από

Μ.Δ. Φύτικα¹

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωθερμική ενέργεια κατατάσσεται στις ήπιες και ανανεώσιμες μορφές και είναι η φυσική πηγή, με γήινη προέλευση, που στη μορφή ζεστού ατμού ή νερού ή μίγματος αυτών είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμη για πολλούς και διάφορους χρήσιμους σκοπούς.

Με τον όρο «γεωθερμία» αναφερόμαστε σε ένα εφαρμοσμένο γεωεπιστημονικό κλάδο που περιλαμβάνει όλο το φάσμα της έρευνας από τη μελέτη της γήινης ροής θερμότητας, τις συνθήκες κατανομής των θερμοκρασιών στο υπέδαφος, το μηχανισμό κυκλοφορίας σε συνδυασμό με τις γεωλογικές συνθήκες των θερμών ρευστών, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους κ.λπ. μέχρι τον εντοπισμό των γεωθερμικών πεδίων με κατάλληλες βαθειές γεωτρήσεις παραγωγής.

Ο όρος αυτός επεκτείνεται βέβαια και στην εκμετάλλευση, με διάφορους κατά περίπτωση τρόπους και τεχνολογίες, οπότε ξεφεύγει από τις γεωεπιστήμες και εμπλέκει άλλους τεχνικο-οικονομικούς κλάδους.

Η γη είναι πολύ ζεστή στο εσωτερικό της και η θερμοκρασία της, ως γνωστό, αυξάνεται με το βάθος σε ρυθμό 25 - 30°C/Km κατά μέσο όρο. Ο ρυθμός αύξησης δεν είναι παντού σταθερός και υπάρχουν περιοχές όπου είναι ταχύτερος μέχρι και πολλαπλάσιος. Αυτές οι περιοχές, σε συνδυασμό με μερικές άλλες ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες, δημιουργούν τις προϋποθέσεις γεωθερμικών πεδίων με οικονομικούς όρους, από συμφέροντες μέχρι πολύ ελκυστικούς.

Στη τελευταία δεκαετία μερικές χώρες, και κυρίως η Γαλλία, μας απέδειξε ότι η «γεωθερμία» είναι οικονομικά ενδιαφέρουσα και σε περιοχές χωρίς καθόλου αυξημένη γεωθερμική βαθμίδα.

Η ενέργεια των γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας (που ξεπερνούν σε θερμοκρασία τους 150°C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρισμού με πολύ συμφέροντες οικονομικούς όρους, ενώ εκείνη των ρευστών χαμηλής (25 - 100°C) και μέσης (100 - 150°C) ενθαλπίας χρησιμοποιείται για διάφορες εφαρμογές, με λιγότερο συμφέροντες αλλά οπωσδήποτε οικονομικά ενδιαφέροντες όρους.

1. Ι.Γ.Μ.Ε.

2. ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

Η γεωθερμική ενέργεια είναι, όπως είπαμε, ενεργειακή ορυκτή ύλη που βρίσκεται στο υπέδαφος και για όλο το φάσμα, από τον εντοπισμό μέχρι την αξιοποίηση, ακολουθείται μια μεθοδολογία, που, αν και διαφέρει από χώρα σε χώρα και από περίπτωση σε περίπτωση, μπορούμε να πούμε ότι ακολουθεί σε γενικές γραμμές τα εξής τέσσερα βασικά στάδια:

- Γενική αναγνωριστική γεωθερμική επισκόπηση σε μεγάλη κλίμακα.
 - Λεπτομερής και συστηματική έρευνα των πιθανότερων περιοχών με διάφορες γεωεπιστημονικές μεθόδους.
 - Εντοπισμός και περιχάραξη του γεωθερμικού πεδίου - Γεωτρήσεις έρευνας - παραγωγής.
 - Μελέτη των χαρακτηριστικών παραγωγής του πεδίου - Εκμετάλλευση.
- Ας εξετάσουμε όμως πιο αναλυτικά τα στάδια αυτά:

2.1. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΣΕ ΜΕΓΑΛΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

Στη προκαταρκτική αυτή φάση γίνεται συγκέντρωση των απαραίτητων στοιχείων που αφορούν τα γενικά γεωλογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής, τις κύριες τεκτονικές γραμμές, τα δεδομένα (αν υπάρχουν) των χαρτών θερμικής ροής, τις πληροφορίες για ύπαρξη επιφανειακών εκδηλώσεων θερμότητας (ζεστές πηγές, ατμίδες κ.λπ), τα δεδομένα γεωφυσικών εργασιών μεγάλης κλίμακας κ.λπ.:

Η αρχική επεξεργασία των στοιχείων αυτών οδηγεί στον αποκλεισμό μερικών και στην επιλογή των γεωθερμοπιθανών περιοχών.

Ακολουθεί, στο ίδιο στάδιο, η αναγνωριστική επίσκεψη των γεωθερμο-πιθανών περιοχών, που συνοδεύεται και από μερικές δειγματοληψίες πετρωμάτων και θερμών ρευστών ως και επί τόπου προσδιορισμούς και παρατηρήσεις.

Η άμεση επαφή με τις ευρύτερες περιοχές, η επαλήθευση μερικών σκέψεων που είχαν γίνει στην αμέσως προηγούμενη φάση, τα αποτελέσματα των εργαστηριακών ή επιτόπιων προσδιορισμών κ.λπ. οδηγούν στην επιλογή μερικών περιοχών μικρότερης έκτασης και στη κατάταξή τους σε κατηγορίες και σειρά προτεραιότητας. Η προτεραιότητα αναφέρεται στις περισσότερο ή λιγότερο ελπιδοφόρες, ενώ η κατηγορία αφορά το είδος των ρευστών που αναμένεται να υπάρχουν σε οικονομικά βάθη (δηλ. ρευστά υψηλής, μέσης ή χαμηλής ενθαλπίας).

Στο εξεταζόμενο στάδιο έρευνας χρησιμοποιούνται γεωεπιστήμονες με αρκετά μεγάλη εμπειρία στη γεωθερμία αλλά και πλατεία γνώση σε περισσότερους τομείς, αφού θα πρέπει να συνεκτιμηθούν όλα τα κάθε είδους υπάρχοντα στοιχεία και να προσδιορισθούν μερικά απαραίτητα και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

2.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΩΝ ΠΙΘΑΝΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Το στάδιο αυτό της έρευνας είναι το πιο σημαντικό και το πιο χρονοβόρο, έχει δε σκοπό να εξετάσει μεθοδικά και συστηματικά όλα εκείνα τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται για να δοθούν απαντήσεις στα ερωτήματα:

- Ποιές περιοχές έχουν τις περισσότερες πιθανότητες ανεύρεσης γεωθερμικών ρευστών σε μικρά σχετικά βάθη.

- Ποιό το γεωλογικό - στρωματογραφικό και τεκτονικό μοντέλλο της κάθε περιοχής.
- Ποιά η υδρογεωλογική και θερμοδυναμική κατάσταση των ρευστών, το βάθος τους κ.λπ.
- Ποιές θέσεις, με σειρά προτεραιότητας, προτείνονται για βαθειές γεωτρήσεις.

Οι βαθειές γεωτρήσεις στη γεωθερμία είναι πολύ δαπανηρές, όπως εκείνες του πετρελαίου. Αν συγκρίνει όμως κανείς το τελικό προϊόν, που δεν είναι τόσο πολύ μεγάλης αξίας, προκύπτει ότι θα πρέπει οι γεωτρήσεις αυτές να γίνονται με όσο γίνεται πιο μικρό μεταλλευτικό ρίσκο. Γι' αυτό, οι έρευνες του στάδιου αυτού επιβάλλεται να είναι και λεπτομερείς αλλά και όσο γίνεται πιο σωστές.

Η συστηματική γεωθερμική έρευνα μιας περιοχής περιλαμβάνει συνήθως (αν και διαφέρει στις λεπτομέρειες από περιοχή σε περιοχή) τις παρακάτω εργασίες:

- Λεπτομερή και ειδική γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:10.000 ή 1:20.000 ηφαιστειακή δράση, καθόσον η δράση αυτή είναι δεμένη και με τη θερμική
 - Ηφαιστειολογική μελέτη, όταν πρόκειται για περιοχή με σχετικά πρόσφατη ηφαιστειακή δράση, καθόσον η δράση αυτή είναι δεμένη και με τη θερμική κατάσταση στην περιοχή. Η εξακρίβωση της εξέλιξης των ηφαιστειακών δραστηριοτήτων και των προϊόντων τους βοηθάει συχνά στη διαπίστωση ύπαρξης, σε όχι μεγάλο βάθος, μαγματικών θαλάμων που τροφοδοτούν την ηφαιστειότητα αλλά και δημιουργούν στους υπερκείμενους σχηματισμούς μια πολύ μεγάλη θερμική ανωμαλία που παίζει βασικό ρόλο στη δημιουργία γεωθερμικών πεδίων.
 - Τεκτονική μελέτη, που σε γενικές γραμμές αλλά και λεπτομερειακά, συμβάλλει στον εντοπισμό των κύριων διόδων κυκλοφορίας των ρευστών, στον προσδιορισμό των «υψηλών δομών» του σχηματισμού - ταμειυτήρα των γεωθερμικών ρευστών, στον προσδιορισμό των συστημάτων ρηγμάτων και των αιτιών που τα δημιούργησαν κ.λπ. Οι εφελκυστικές τάσεις σε ορισμένες εποχές που εκδηλώθηκαν με συγκεκριμένες διευθύνσεις, έχουν μεγάλη σημασία στη γεωθερμική έρευνα γιατί είναι αυτές που διευκολύνουν αποφασιστικά τη κυκλοφορία των θερμών ρευστών στο υπέδαφος και τη μεταφορά, με τα σχετικά ρεύματα, της θερμότητας προς τα πάνω.
 - Φωτογεωλογική μελέτη για παρατηρήσεις πάνω στους γεωλογικούς σχηματισμούς, τη γενική τεκτονική, γεωμορφολογία, υδρογραφικό δίκτυο, τις ζώνες υδροθερμικών εξαλλοιώσεων, το μηχανισμό τροφοδοσίας του πιθανού γεωθερμικού ταμειυτήρα ρευστών κ.λπ.
 - Συστηματική γεωχημική έρευνα των επιφανειακών ρευστών (κυρίως θερμών πηγών, ατιμίδων κ.λπ.) και των ρευστών που υπάρχουν σε αβαθείς γεωτρήσεις και πηγάδια.
- Έτσι παίρνουμε πληροφορίες σχετικά με την υπόγεια κυκλοφορία των ρευστών, το είδος αυτών, τις χημικές τους ισορροπίες και κυρίως πληροφορίες σχετικά με την αρχική θερμοκρασία των ρευστών στο βάθος, ενδεχομένως στον ταμειυτήρα. Η περιεκτικότητα των «επιφανειακών» ρευστών σε μερικά στοιχεία είναι αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων στο βάθος: ο εμπλουτισμός σε μερικά ή η μείωση σε άλλα χημικά στοιχεία σχετίζεται πολλές φορές με τη θερμοκρασία τους

εκεί. Έτσι, προέκυψαν μερικά εμπειρικά χημικά γεωθερμόμετρα, π.χ. σχέση θερμοκρασίας με περιεκτικότητα σε SiO_2 , ομοίως με το λόγο $\text{Na}:\text{K}$, τους λόγους $\text{Na}:\text{K}:\text{Ca}$, με την περιεκτικότητα σε NH_4 , **B** ή με την περιεκτικότητα σε μερικά ευαίσθητα στη θερμοκρασία αέρια κ.λπ.

Τα γεωχημικά θερμόμετρα, όταν χρησιμοποιηθούν και ερμηνευθούν σωστά, παίρνοντας υπόψη και τις άλλες γεωλογικές συνθήκες, δίνουν πολλές φορές πολύτιμες πληροφορίες για τις πραγματικές θερμοκρασίες των ρευστών στο βάθος.

- Υδρολογική και υδρογεωλογική έρευνα που μελετά τη τροφοδοσία σε νερό και την υπόγεια κυκλοφορία των γεωθερμικών ρευστών, που ως γνωστό είναι αρχικής μετεωρικής ή επιφανειακής προέλευσης.

Ισοτοπικοί προσδιορισμοί, μετρήσεις στην επιφάνεια και τις πηγές, μελέτη των σημείων νερού και των αβαθών υδροφόρων οριζώντων κ.λπ. δίνουν χρήσιμες πληροφορίες στη γεωθερμική έρευνα.

- Γεωχημική έρευνα των υδροθερμικά εξαλλοιωμένων πετρωμάτων, υδροθερμικών αποθέσεων κ.λπ. έχει σαν αποτέλεσμα τη συλλογή πολύτιμων πληροφοριών σχετικών με το χημισμό των ρευστών που τις δημιούργησαν και κυρίως με τη θερμοκρασία που αυτά είχαν κατά τη στιγμή απόθεσης ή εξαλλοίωσης.

Η έρευνα αυτή προσδιορίζει επίσης τις περιοχές όπου, αρχικά υδροπερατά πετρώματα, εξαλλοιώνονται υδροθερμικά και στεγανοποιούνται με self-sealing και δημιουργούν ιδανικό κάλυμμα των γεωθερμικών ρευστών.

- Γεωφυσική έρευνα, που χρησιμοποιεί διάφορες μεθόδους ή συνδυασμό αυτών, ανάλογα με τις γεωλογικές και τοπογραφικές συνθήκες και τα κατά περίπτωση προς επίλυση προβλήματα.

Η έρευνα αυτού του είδους επιδιώκει την εξαγωγή στοιχείων πάνω στη βαθειά τεκτονική, τις ζώνες εξαλλοιώσεων, περιοχές κυκλοφορίας ρευστών, τη θέση και το βάθος του ενδεχόμενου ταμιευτήρα κ.λπ.

Οι γεωφυσικές μέθοδοι στη γεωθερμία είναι ποικίλες: οι πιο συνήθεις είναι η γεωηλεκτρική, βαρυτομετρική, μαγνητική, μαγνητοτελλουρική, σπανιότερα λόγω κόστους σεισμική κ.λπ.

Η καλή επιλογή της ή των μεθόδων και η σωστή ερμηνεία τους, που παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες, λόγω των ειδικών και πολύπλοκων συνθηκών ενός γεωθερμικού πεδίου, δίνει πολύτιμα στοιχεία και έχει σημαντική βαρύτητα στην όλη επιτυχία της γεωθερμικής έρευνας και τον προσδιορισμό των θέσεων για βαθειές παραγωγικές γεωτρήσεις.

- Μετρήσεις γεωθερμικής βαθμίδας και θερμικής ροής που γίνονται μέσα σε γεωτρήσεις μικρής διαμέτρου και όχι μεγάλου βάθους (50 - 200μ.) κατά προτίμηση σε στεγανούς σχηματισμούς.

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται ποιά τμήματα της περιοχής έχουν μεγαλύτερη θερμική ροή, υπολογίζεται προσεγγιστικά η θερμοκρασία σε μεγαλύτερα βάθη και διευκολύνεται η επιλογή των καλύτερων θέσεων για παραγωγικές γεωτρήσεις.

Η μέθοδος αυτή έχει επίσης ιδιαίτερη βαρύτητα στη γεωθερμική έρευνα.

Είναι νομίζουμε περιττό να τονίσουμε το πλήθος των γεωεπιστημόνων που εμπλέκονται στις εργασίες του εξεταζόμενου στάδιου έρευνας, όπως και την απαιτού-

μενη εξειδίκευση του καθενός στις διάφορες μεθόδους. Πρόκειται για γεωλόγους, ηφαιστειολόγους, τεκτονικούς, γεωμορφολόγους, πετρογράφους, υδρογεωλόγους, γεωφυσικούς, γεωχημικούς, γεωλόγους γεωτρήσεων κ.λπ.

2.3. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ - ΠΕΡΙΧΑΡΑΞΗ ΠΕΔΙΟΥ ΜΕ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΑΣ - ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.

Οι συστηματικές έρευνες του προηγούμενου στάδιου και η συνθετική ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους καταλήγει στον προσδιορισμό των πιθανότερων γεωθερμικών περιοχών αλλά και των θέσεων στις οποίες προτείνεται η εκτέλεση των πρώτων βαθειών ερευνητικών και παραγωγικών μαζί γεωτρήσεων.

Στη συνέχεια καταρτίζεται το πρόγραμμα γεωτρήσεων στο οποίο προσδιορίζονται, κατά προσέγγιση βέβαια, οι αναμενόμενοι γεωλογικοί σχηματισμοί στη γεώτρηση, οι θερμοκρασίες, τα πιθανά ρευστά και το βάθος του ή των ταμιευτήρων (δηλ. των υδροπερατών οριζόντων που έχουν θερμά και εκμεταλλεύσιμα ρευστά).

Σε συνεργασία με τους μηχανικούς γεωτρήσεων και άλλους τεχνικούς παράγοντες προσδιορίζεται το λεπτομερές πρόγραμμα, τα μέσα που θα χρησιμοποιηθούν (γεωτρώπανο, κοπτικά, σωλήνες, τσιμέντα, λάσπη διάτρησης κ.λπ.), ο απαιτούμενος χρόνος, ο προϋπολογισμός δαπανών, τα τέρστ και οι μετρήσεις κατά και μετά τη διάτρηση.

Για τη καλή εκτέλεση των βαθειών και τεχνικά δύσκολων αυτών γεωτρήσεων συνεργάζονται διάφοροι τεχνικοί. Η συμμετοχή των γεωεπιστημόνων συνίσταται στην παρακολούθηση της γεώτρησης, τον προσδιορισμό των διατρινομένων σχηματισμών με πετρογραφικές και παλαιοντολογικές μεθόδους, τον προσδιορισμό του χημισμού των συναντομένων ρευστών, των θερμοκρασιών, πιέσεων, στις αποφάσεις εκτέλεσης διαφόρων επιχειρήσεων και φάσεων κ.λπ. Επίσης στη μελέτη των αποτελεσμάτων των γεωτρήσεων (παροχή, ενθαλία, χημισμός ρευστών κ.λπ.).

Η συμμετοχή των γεωεπιστημόνων στη παρακολούθηση των γεωτρήσεων παραγωγής προσφέρει σημαντικές υπηρεσίες στη σωστή εκτέλεσή τους, τη καλύτερη τελική επιτυχία τους και σε τελευταία ανάλυση στην εξοικονόμηση δαπανών.

Σφάλματα από λανθασμένη εκτίμηση της γεωλογικής και θερμικής κατάστασης μπορούν να στοιχίσουν πολλά εκατομμύρια δραχμές, να χαθούν αξιόλογες υδροφορίες και καμιά φορά ολόκληρη η γεώτρηση.

Οι δοκιμές παραγωγής για σχετικά μακρύ χρονικό διάστημα, σε συνδυασμό με τα γεωλογικά κ.λπ. στοιχεία κάθε γεώτρησης, βοηθούν στην κατανόηση της βαθειάς κυκλοφορίας, του ρυθμού ανανέωσης των ρευστών, τον τρόπο λειτουργίας του ταμιευτήρα και επιτρέπει να κατασκευαστεί με αρκετή προσέγγιση το μοντέλλο του γεωθερμικού πεδίου.

2.4. ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Υστερα από τις πρώτες ερευνητικές - παραγωγικές γεωτρήσεις και τη κατασκευή του γεωθερμικού μοντέλλου του πεδίου, ακολουθεί το στάδιο της περιχάραξης του, της κατασκευής πλήρους δικτύου παραγωγικών γεωτρήσεων και της συστηματικής εκμετάλλευσης των ρευστών με κατάλληλες κατά περίπτωση εγκαταστάσεις επιφάνειας.

Οι βαθιές γεωτρήσεις στο στάδιο αυτό έχουν συνήθως λιγότερα προβλήματα αφού αποκτήθηκαν ήδη αρκετές γνώσεις του πεδίου.

Στο γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας (150°C) τα ρευστά χρησιμοποιούνται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρισμού με πολύ ευνοϊκές οικονομικές συνθήκες. Τα ρευστά μετά τη χρήση στη στροβιλογεννήτρια, έχουν πολλές ακόμα θερμίδες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν, σε κλιμακωτή χρήση, για άλλες εκμεταλλεύσεις (π.χ. θερμάνσεις οικοδομών, θερμοκηπίων, πισίνων κ.λπ.).

Τα πεδία που παράγουν ρευστά μέσης ενθαλπίας χρησιμοποιούνται είτε για παραγωγή ηλεκτρισμού, μέσω κλειστού κυκλώματος ειδικών ρευστών χαμηλού σημείου ζέσεως, είτε για ποικίλες άλλες χρήσεις (θερμάνσεις, βιομηχανικές εφαρμογές κ.λπ.).

Τέλος, τα πεδία με ρευστά χαμηλής ενθαλπίας (25 - 100°C) χρησιμοποιούνται επωφελώς και κατά περίπτωση σε διάφορες βιομηχανικές και γεωργικές εφαρμογές, ποικίλες θερμάνσεις χώρων, οικιών, θερμοκηπίων, ιχθυο-δεξαμενών, πισίνων και πολλές άλλες.

Το στάδιο αυτής καθεαυτής της εκμετάλλευσης εμπλέκει τεχνικούς άλλων ειδικοτήτων, ο συμβουλευτικός και βοηθητικός όμως ρόλος των γεωεπιστημόνων δεν παύει να είναι πάντα χρήσιμος.

3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ

Ο Ελληνικός χώρος έχει από γεωθερμική άποψη ιδιαίτερα ευνοηθεί. Η ύπαρξη ενός ενεργού ηφαιστειακού τόξου σε συνδυασμό με μερικές ευνοϊκές συνθήκες δημιουργεί προϋποθέσεις πεδίων υψηλής ενθαλπίας. Από την άλλη μεριά η ενεργός τεκτονική εφελκυστικού τύπου μαζί με άλλες ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες δημιουργεί σε πάρα πολλές περιοχές της χώρας προϋποθέσεις πεδίων μέσης και χαμηλής ενθαλπίας. Η περίπτωση αυτή έχει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον αφ' ενός λόγω της έκτασης και συχνότητας και αφ' ετέρου λόγω της πολύπλευρης πρακτικής χρησιμότητας που έχουν τα ρευστά μέσης και χαμηλής ενθαλπίας, έστω και αν οι οικονομικές συνθήκες τους δεν είναι τόσο καλές όσο εκείνες της υψηλής ενθαλπίας.

3.1. ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στη χώρα μας, παρόλο που παληότερα έγιναν μερικές προσπάθειες, η έρευνα άρχισε ουσιαστικά μόνο το 1971, με βασικό φορέα το Ι.Γ.Μ.Ε. και με συνεργασία μερικών ξένων εμπειρογνομώνων και διεθνών οργανισμών.

Κατά την εξέλιξη των ερευνών, η Δ.Ε.Η., σαν άμεσα ενδιαφερόμενη για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας υψηλής ενθαλπίας, βοήθησε στην εκτέλεση του προγράμματος.

Το πρώτο ερευνητικό πρόγραμμα περιέλαβε τις παρακάτω περιοχές: Μήλος, Νίσυρος, Λέσβος, Μέθανα, Σουσάκι - Κορινθίας, Καμμ. Βούρλα - Θερμοπύλες - Υπάτη, Αιδηψός.

Στην συνέχεια ερευνήθηκαν και άλλες περιοχές όπως η Κίμωλος και Πολύαιγος, η Σαντορίνη, η Κως, η Νότιος Θεσσαλία, η Αλμωπία, η περιοχή του Στρυμόνα, της Ξάνθης, της Σαμοθράκης και σε εντελώς αναγνωριστικό στάδιο η Πάτμος, Σάμος,

Χίος, Λήμνος, περιοχή Ν. Έβρου κλπ.

Παράλληλα συντάχθηκε ο προκαταρκτικός χάρτης θερμικής ροής της χώρας.

Η Μήλος φάνηκε από την αρχή ότι είχε τις πιο ενθαρρυντικές προϋποθέσεις και σ' αυτήν οι έρευνες προχώρησαν περισσότερο από τις άλλες περιοχές. Έγιναν πολύπλευρες, λεπτομερείς γεωλογικές κλπ. έρευνες που κράτησαν πάνω από δύο χρόνια. Ύστερα από τις δύο πρώτες βαθιές (1.100 μ.) γεωτρήσεις έρευνας - παραγωγής ακολούθησαν και άλλες τρεις γεωτρήσεις παραγωγής. Τα αποτελέσματά τους είναι πολύ ικανοποιητικά και παράγουν ρευστά υψηλής ευθαλπίας. Οι πέντε γεωτρήσεις βγάζουν συνολικά 200 τόννους/ώρα ατμού με 180-235°C στην κεφαλή και 280-320°C στον ταμιευτήρα, άλλο τόσο νερό, 10-20Kg/cm² πίεση και 350-550Kcal/Kg ενθαλπία. Από τις τρεις τελευταίες μπορούν να εγκατασταθούν 24 MW (για μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με συμπυκνωτή).

Στη Νίσυρο επίσης, μετά τις πολύπλευρες ερευνητικές εργασίες πρώτου και δεύτερου στάδιου, έγινε ήδη η πρώτη γεώτρηση έρευνας - παραγωγής με πολύ καλά αποτελέσματα (θερμοκρασίες 350°C σε βάθος 1500 μ. περίπου).

Στη Σαντορίνη διάφορες ερευνητικές εργασίες οδήγησαν στον εντοπισμό μιας μικρής περιοχής, στο Κεντρικό - Νότιο μέρος του νησιού, όπου οι γεωθερμικές συνθήκες φαίνονται πολύ ενθαρρυντικές. Η συμπλήρωση των ερευνών και σειρά βαθιών γεωτρήσεων έρευνας - παραγωγής θα επαληθεύσει, πιθανά, τις ελπίδες.

Σε μερικές άλλες ενθαρρυντικές για τη γεωθερμία υψηλής ενθαλπίας περιοχές, όπως στη Λέσβο. Σουσακί - Λουτράκι, Πλατύστομο, Αιδηψό και Πόρο-Μέθανα έχουν συμπληρωθεί πολύπλευρες συστηματικές έρευνες β' φάσης. Έχει ήδη αρχίσει η συνθετική ερμηνεία των στοιχείων από τις μέχρι τώρα έρευνες, μετά το πέρας της οποίας προβλέπεται να παρθεί οριστική απόφαση για την τοποθέτηση και εκτέλεση βαθιών γεωτρήσεων έρευνας - παραγωγής.

Στη Βόρεια Ελλάδα γίνονται από το Ι.Γ.Μ.Ε. τα τελευταία χρόνια εντατικές έρευνες και εντοπίστηκαν ήδη αξιόλογα γεωθερμικά πεδία με νερά χαμηλής ενθαλπίας, που προσφέρονται για διάφορες χρήσεις.

Στη περιοχή Θερμών Νιγρίτας εντοπίστηκε πεδίο έκτασης 12,5 Km² τουλάχιστον, που μπορεί να παράγει νερό 50-60°C από βάθος 120-450 μ. με πολύ καλή χημική σύσταση και πολλές φορές αρτεσιανό. Η γεώτρηση Θερμά-1 παράγει 60 m³/h νερού καλής ποιότητας σε 59°C, με πίεση 2,7 ατμοσφαιρών από μικρή ερευνητική διάμετρο (3''). Ήδη με τη συνεργασία της Α.Γ.Σ.Α. και της Α.Τ.Ε. προωθείται η κατασκευή πειραματικής θερμοκηπιακής μονάδας.

Στη λεκάνη Στρυμόνα έχουν προκύψει πολύ καλά στοιχεία και για την περιοχή Ηράκλειας.

Στη λεκάνη λιμνών Βόλβης - Λαγκαδά εντοπίστηκαν επίσης ενδιαφέρουσες γεωθερμικές περιοχές χαμηλής ενθαλπίας.

Τέλος στη περιοχή Ποταμιάς - Ν. Κεσσάνης Ξάνθης εντοπίστηκε σημαντικό γεωθερμικό πεδίο. Η γεώτρηση Ποταμιά - 3 παράγει 50 m³/h, σε θερμοκρασία 78°C, αρτεσιανό.

3.2. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΟΝΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Όπως είπαμε, η γεωθερμική έρευνα στην Ελλάδα άρχισε πριν 12 χρόνια περίπου,

δειλά - δειλά στη αρχή, πιο εντατικά αργότερα. Σήμερα έχουν δημιουργηθεί αξιολογες ομάδες ερευνητών - τεχνικών κυρίως στο Ι.Γ.Μ.Ε. και Δ.Ε.Η., αλλά οι σημερινές πραγματικές ανάγκες και οι προοπτικές για το άμεσο μέλλον είναι κατά τη γνώμη μας πολλαπλάσιες σε τέτοιο προσωπικό.

Στο Ι.Γ.Μ.Ε. δημιουργήθηκε ο πρώτος πυρήνας ερευνητών από γεωεπιστήμονες, που με μετεκπαίδευση και πρακτική εμπειρία απόκτησε αξιολογή εξειδίκευση στη γεωθερμική έρευνα.

Το Τμήμα Γεωθερμίας της Δ.Ε.Π.Υ./Ι.Γ.Μ.Ε. αποτελείται από 7 γεωλόγους διαφόρων ειδικοτήτων και ένα μηχανικό μεταλλείων, από μερικούς εργοδηγούς και βοηθητικό προσωπικό, ενώ σε διάφορες υπηρεσιακές μονάδες του Ι.Γ.Μ.Ε. υπάρχουν συνάδελφοι με μερική απασχόληση σε διάφορα γεωθερμικά προβλήματα και εργοτάξια. Μερικοί απ' αυτούς έχουν ήδη αποκτήσει αξιολογή εμπειρία στη γεωθερμική έρευνα.

Ένας σημαντικός αριθμός ερευνητών του Ι.Γ.Μ.Ε. πήρε μέρος σε λεπτομερείς γεωλογικές κλπ. εργασίες, σε διάφορες περιοχές και σε ορισμένα προγράμματα γεωθερμικής έρευνας για λογαριασμό της Δ.Ε.Η.

Η Δ.Ε.Η., που ενδιαφέρεται για την εκμετάλλευση της γεωθερμίας υψηλής ενθαλπίας, ανέπτυξε επίσης μια αξιολογή ομάδα τεχνικών από γεωεπιστήμονες, μηχανικούς κλπ.

Με τη γεωθερμία άρχισαν τελευταία να ασχολούνται και άλλοι ελληνικοί φορείς, κυρίως πάνω στα προβλήματα εφαρμογών και εκμετάλλευσης.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ —ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Οι ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες και οι αξιολογες και φιλότιμες προσπάθειες του ελληνικού ερευνητικού προσωπικού οδήγησαν στην ανακάλυψη αρκετών γεωθερμικών πεδίων υψηλής και χαμηλής ενθαλπίας ως και πολλών στοιχείων που θα αξιοποιηθούν μελλοντικά.

Επιβάλλεται οπωσδήποτε να διευρυνθεί ο κύκλος των ερευνητών και τεχνικών αλλά και των φορέων που θα ασχολούνται με τη γεωθερμία στη Χώρα μας γιατί το αντικείμενο είναι πολύ μεγάλο, εμπλέκει πολλές ειδικότητες επιστημόνων και έχει οικονομικό και πρακτικό ενδιαφέρον.

Η μέχρι τώρα σωστή δουλειά στη γεωθερμική έρευνα έδωσε αρκετές ικανοποιήσεις.

Η γεωθερμία προβλέπεται στο άμεσο μέλλον να αναπτύσσεται όλο και πιο πολύ γιατί αποτελεί ανανεώσιμη και εναλλακτική πηγή ενέργειας, με ιδιαίτερη σημασία για τη Χώρα που τη διαθέτει σε ευνοϊκούς οικονομικούς όρους.

Η ενεργειακή κρίση σε παγκόσμια κλίμακα δεν πέρασε και είναι πολύ πιθανό σύντομα να μας δημιουργήσει καινούργια προβλήματα. Θα πρέπει για πολλούς λόγους να εκμεταλλευτούμε όσο γίνεται περισσότερο τις εγχώριες και ανανεώσιμες πηγές.

Σε συντομία μπορούμε να κάνουμε μερικές προτάσεις και να πούμε ότι χρειάζεται:

- να συνεχιστούν και εντατικοποιηθούν οι έρευνες για αναζήτηση πηγών γεωθερμικής ενέργειας στον Ελληνικό χώρο,

- να αναπτυχθούν προγράμματα βαθειών παραγωγικών γεωτρήσεων στις περιοχές όπου έχουν γίνει οι άλλες έρευνες,
- να γίνει προσπάθεια ανάπτυξης εγχώριας τεχνολογίας για αυτοτέλεια.
- να μελετηθούν οι ενεργειακές ανάγκες και δυνατότητες ανάπτυξης νέων δραστηριοτήτων στις γεωθερμικές περιοχές,
- να διευρυνθεί ο κύκλος των ερευνητών και τεχνικών στο κύκλωμα αναζήτηση - μελέτη - εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας, για εθνική αυτοδυναμία και αύξηση απασχόλησης στο γεωεπιστημονικό κλάδο,
- να ρυθμιστεί το νομικό πλαίσιο, να δοθούν κίνητρα ανάπτυξης και να δοθεί δυνατότητα ανάληψης πρωτοβουλίας στους τοπικούς φορείς κλπ.

Η γεωθερμία έχει το πλεονέκτημα ότι δεν μολύνει ουσιαστικά το περιβάλλον, δημιουργεί ευκαιρίες για τοπική ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων, για καλλιτέρευση στην παραγωγή και νέα εξαγωγική δραστηριότητα, για καλλιτέρευση της ζωής των κατοίκων της περιοχής που διαθέτει την πηγή αυτή.

Η ανάπτυξή της αφ' ενός θα συμβάλλει στο ενεργειακό πρόβλημα της χώρας και αφ' ετέρου θα δώσει ευκαιρίες προβολής και απασχόλησης του γεωεπιστημονικού κλάδου.