

ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ-ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΜΙΑ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΟΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Γ. ΚΟΥΤΙΝΑΣ, Μετ/χος Μηχ. ΕΜΠ & ENSPM/IFP

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η γεωθερμική ενέργεια σαν ήπια και ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, παρουσιάζει σημαντικές ιδιαιτερότητες. Επιπλέον, ένα γεωθερμικό έργο απο τη φάση της αρχικής έρευνας μέχρι την εκμετάλλευση περιλαμβάνει σημαντικά ρίσκα οικονομικής και τεχνικής φύσεως. Κατα συνέπεια, για μια ορθολογική αξιοποίηση του υφιστάμενου Γεωθερμικού Δυναμικού (ΓΔ) μιας περιοχής, είναι απαραίτητη η εφαρμογή της διεθνώς ισχύουσας πρακτικής και τεχνολογίας σε ο,τι αφορά τη μεθοδολογία, τις τεχνικές προδιαγραφές και διαδικασίες σε κάθε στάδιο του έργου.

Στην εισήγηση, δίνοντας κάποια έμφαση στην περίπτωση ΓΔ υψηλής ενθαλπίας, επισημαίνονται οι ιδιαιτερότητες και τα διάφορα ρίσκα της γεωθερμίας. Τέλος, αναφέρονται οι βασικές δραστηριότητες σε ένα γεωθερμικό έργο κατά τα στάδια έρευνας, προμελέτης, μελέτης, ανάπτυξης και εκμετάλλευσης, που έχουν σαν στόχο τη βέλτιστη αξιοποίηση του εκάστοτε διαθέσιμου και απολήψιμου ΓΔ μιας περιοχής.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ : Γεωθερμική ενέργεια, υψηλή ενθαλπία, γεωθερμικό πρόγραμμα, στάδια έρευνας-ανάπτυξης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωθερμία, όπως και όλες οι εναλλακτικές μορφές ενέργειας αναπτύχθηκε μετά την κρίση του πετρελαίου (1973) και έχει φθάσει σήμερα σε σημαντικό επίπεδο ανάπτυξης. Σύμφωνα με στοιχεία του GEOTHERMAL RESSOURCES COUNCIL, το 1984, η ισοδύναμη εγκατεστημένη ισχύς από εκμετάλλευση Γεωθερμικού Δυναμικού (ΓΔ) χαμηλής ενθαλπίας (ζεστό νερό) ήταν της τάξεως των 7000 MW και η αντιστοιχη ισχύς από το ΓΔ υψηλής ενθαλπίας, το 1985, ανερχόταν σε 5000 MW περίπου. Δυστυχώς στη χώρα μας η προσπάθεια για την ανάπτυξη και αξιοποίηση της γεωθερμίας δεν απέδωσε μέχρι στιγμής κάτι το ουσιαστικό, μολονότι η μέχρι τώρα βασική έρευνα έχει εμφανίσει πολύ ευνοϊκές προοπτικές τόσο για τη χαμηλή όσο και την υψηλή ενθαλπία. Στην παρούσα εισήγηση, χωρίς να γίνεται οποιαδήποτε αναφορά ή κριτική για τα μέχρι τώρα πεπραγμένα στο χώρο της γεωθερμίας επιχειρείται μια προσπάθεια αποσαφήνισης των ιδιαιτεροτήτων της γεωθερμίας καθώς και των παραμέτρων εκείνων που διέπουν τα προγράμματα αξιοποίησης του γεωθερμικού δυναμικού. Βασικός στόχος είναι η κατα το δυνατόν θετική συμβολή στη λήψη αποφάσεων για ένα τεκμηριωμένο και ορθολογικό προγραμματισμό της έρευνας και ανάπτυξης των διαφόρων γεωθερμικών εφαρμογών. Έμφαση δίνεται στη περίπτωση ΓΔ υψηλής ενθαλπίας όπου οι τεχνικές δυσκολίες είναι εντονότερες και επιπλέον πέρα από την ηλεκτροπαραγωγή υπάρχει και δυνατότητα για "παράλληλη" ή και "κάθετη" αξιοποίηση της ενέργειας με πολλαπλές χρήσεις και εφαρμογές.

ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

Η γεωθερμία είναι ένας "φυσικός πόρος" που σχετίζεται με την ηφίστειοτητα και τη γενικότερη γεωδυναμική κατάσταση μιας ευρύτερης περιοχής. Αναφέρεται σε ένα κώτασμα που ονομάζεται ταμειυτήρας (RESERVOIR) η δε έρευνα, προσέγγιση-πιστοποίηση, μελέτη και αξιοποίηση του μπορεί να παραλληλισθεί με τις αντίστοιχες διαδικασίες σε ένα κώτασμα υδρο/κων. Διευκρινίζεται πάντως, ότι ένας γεωθ. ταμειυτήρας δεν είναι όπως ένα πετρελαιοκώτασμα ή μεταλλευτικό κώτασμα, που μπορεί να παραμείνει μετά τον εντοπισμό του ανεκμετάλλευτο και να αξιοποιηθεί όταν οι πολιτικές και τεχνικοοικονομικές συνθήκες το επιτρέψουν. Απεναντίας, η αξιοποίηση ενός γεωθ. ταμειυτήρα επιβάλλεται να γίνει αμέσως μετά τον εντοπισμό του και την απόδειξη της τεχνικοοικονομικής αποληψιμότητάς του.

Η γεωθερμία θα μπορούσε ίσως μακροχρόνια να θεωρηθεί κατά κάποιο τρόπο σαν ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Συγκεκριμένα, λαμβάνοντας υπόψη ότι ένας γεωθερμικός ταμειυτήρας περιέχει μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας, σε συνθήκες εκμετάλλευσης ψύχεται πολύ αργά. Επιπλέον, όπως συνήθως συμβαίνει, επαναρφοδοτείται εκ του φυσικού, με την κυκλοφορία δηλαδή υπόγειων νερών, ή τεχνικά, με επανεισαγωγή παραγόμενου νερού ή αλμοολόπου ή συμπυκνώματος ατμού, με παράλληλη αντιστάθμιση της απώλειας της πίεσης του ταμειυτήρα σε συνθήκες εντατικής εκμετάλλευσής του.

Η αξιοποίηση ενός γεωθερμικού πεδίου αποδίδει μακροχρόνια, βελτιστοποιείται συνεχώς και προχωρεί παράλληλα με την ολοκλήρωση της έρευνας του πεδίου, η οποία σχετίζεται πάντα με την ωριμότητα εκμετάλλευσής του (βλ. σχήμα 1).

Δηλαδή ανάλογα με τη θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού του πεδίου, σε ένα πεδίο υψηλής ενθαλπίας ($T > 170^{\circ}\text{C}$) έχουμε ηλεκτροπαραγωγή με σταδιακή εγκατάσταση γεωθερμοηλεκτρικών μονάδων παραγωγής (π.χ. με ένα ρυθμό όπως 1-5 MW, 30 MW, 60 MW, 120 MW) ενώ σε ένα πεδίο μέσης ($100^{\circ}\text{C} < T < 170^{\circ}\text{C}$) ή χαμηλής ενθαλπίας ($T < 100^{\circ}\text{C}$) μπορούμε να έχουμε ηλεκτροπαραγωγή σε μικρή κλίμακα, γεωργικές ή βιομηχανικές εφαρμογές, ιχθυοκαλλιέργειες, θερμάνσεις χώρων κλπ.

Μια γεωθερμοηλεκτρική μονάδα στις βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας της παράγει ηλεκτρικό φορτίο βάσεως, έχει μικρό λειτουργικό κόστος και μικρό κόστος συντήρησης. Εμφανίζει δε μεγάλη διαθεσιμότητα που συνήθως κυμαίνεται από 85 μέχρι και 95 %. Αντίστοιχα στην περίπτωση εκμετάλλευσης ΓΑ χαμηλής ή μέσης ενθαλπίας ή διαθεσιμότητα μπορεί να είναι πολύ μεγάλη, θεωρώντας φυσικά ότι η ζήτηση φορτίου δηλαδή της θερμικής ενέργειας που μεταφέρεται με το ζεστό νερό είναι συνεχής. Κατά βάση η διαθεσιμότητα ενός τέτοιου συστήματος ελέγχεται από αυτή του μηχανολογικού συστήματος εκμετάλλευσής (αντλίες εναλλάκτες, δίκτυα σωληνώσεων κλπ.) και όχι από αυτό καθαυτό το γεωθ. ταμειυτήρα, εφόσον φυσικά έχει προηγηθεί ολοκληρωμένη μελέτη του και κάποιος ορθολογικός σχεδιασμός αξιοποίησής του.

Συγκρίνοντας τη γεωθερμική ενέργεια με τις κλασικές ήπιες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας θα μπορούσε να λεχθεί ότι πέρα από τη μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση, βασικά διαφέρει στο ότι δεν είναι διαλλείπουσα σε τοπική και χρονική κλίμακα αλλά εκεί που εμφανίζεται, η παρουσία της, είναι "δυναμική" και συνεχής. Η αξιοποίησή της δε, συντελεί ουσιαστικά στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη των εκάστοτε περιοχών, οι οποίες συνήθως είναι απομακρυσμένες από κέντρα παραγωγής και ως εκ τούτου συχνά λιγότερο αναπτυγμένες.

ΡΙΣΚΑ ΕΝΟΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥΣ

α. Οι δυσκολίες-εμπόδια στην αξιοποίηση της γεωθερμίας, που δρουν ανασταλτικά στην έρευνα και ανάπτυξη ενός γεωθερμικού πεδίου είναι βασικά τα διάφορα ρίσκα που είναι συνυφασμένα με τη φύση ενός γεωθ. προγράμματος και τα οποία είναι:

- Το ρίσκο κεφαλαίου ή επενδυτικό ρίσκο. Δηλαδή ανάγκη για μεγάλες αρχικές

επενδύσεις για έρευνα και ανάπτυξη ενός γεωθ. πεδίου. Οι επενδύσεις αυτές αρχούν σημαντικά να αποσβεσθούν και αρχίζουν να αποδίδουν ουσιαστικά μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα (τουλάχιστον μετά από 5 χρόνια για την υψηλή ενθαλπία και μετά από 3 χρόνια για την περίπτωση της χαμηλής ενθαλπίας). Έτσι, το αρχικό κεφάλαιο υπόκειται στη φθοροποιό δοκιμασία του χρόνου και σε μια χώρα με πολιτικοοικονομική αστάθεια και εντονες πληθωριστικές τάσεις είναι δύσκολο να διατεθεί από τον οποιονδήποτε όταν μάλιστα δεν υπάρχουν σημαντικά περιθώρια κέρδους.

- Το γεωλογικό ρίσκο. Δηλαδή η πιθανότητα ενός ερευνητικού προγράμματος, με εξασφαλισμένη χρηματοδότηση, να μην αποδώσει θετικά αποτελέσματα ακόμη και σε μια ελπιδοφόρα περιοχή. Σαν παράδειγμα αναφέρεται η περίπτωση να γίνουν βαθείες γεωτρήσεις σε μία ηφαιστειακή περιοχή με πολύ υψηλές θερμοκρασίες και να μην βρεθεί παραγωγικός ταμιευτήρας, δηλαδή γεωλογικός σχηματισμός με ικανοποιητικά διαπερατότητα ή αντίθετα να εντοπισθεί ένας τέτοιος σχηματισμός αλλά με μη εκμεταλλεύσιμα ζεστά ρευστά.

- Το μεταλλευτικό ρίσκο. Αναφέρεται στην περίπτωση που ένα πρόγραμμα εκμετάλλευσης του γεωθ. δυναμικού μιας περιοχής έπειτα από ικανή χρηματοδότηση για ανάπτυξη ενός γεωθερμικού πεδίου όπου η έρευνα ήταν επιτυχής, καταλήγει σε υπερβάσεις ή δεν αποδίδει την αναμενόμενη ηλεκτρική ισχύ με το αναμενόμενο κόστος. Αυτό μπορεί να αποδοθεί σε τεχνολογικές αστοχίες, σε λανθασμένη επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης, του τρόπου διαχείρισης του πεδίου ή ακόμη και σε απρόβλεπτες καταστάσεις στην όλη διάρκεια ζωής του γεωθερμικού πεδίου (20-30 χρόνια).

β. Για την αντιμετώπιση των παραπάνω δυσκολιών και για μία ορθολογική ανάπτυξη-εκμετάλλευση ενός γεωθερμικού δυναμικού απαιτούνται:

- Επενδυτική κάλυψη του έργου από διάφορους παράλληλους φορείς (Πολιτεία, Τράπεζες, Διεθνείς Οργανισμοί, Ιδιωτικοί φορείς κλπ.). Δηλαδή συνεισφορά στην επένδυση για την κάλυψη-μόλρασμα του ρίσκου κεφαλαίου.

- Άλληπάληλα βήματα έρευνας και εφαρμογή τεχνολογικά σύγχρονων μεθόδων με τεκμηριωμένες διαδικασίες. Τότε μόνον πετυχαίνεται καλύτερα ο στόχος που είναι ο εντοπισμός του γεωθερμικού ταμιευτήρα και προσδιορίζονται με μεγαλύτερη αξιοπιστία οι παράμετροί του, που αποτελούν πληροφορικά στοιχεία, εισερχόμενα σε μια τεχνικοοικονομική μελέτη. Δηλαδή, με τη σωστή έρευνα αντιμετωπίζεται το λεγόμενο γεωλογικό ρίσκο.

- Εφαρμογή προηγμένης και δοκιμασμένης τεχνολογίας (πληροφορική κλπ) και σύγχρονων μεθόδων εκμετάλλευσης κατά την όλη διάρκεια ζωής ενός γεωθερμικού πεδίου. Τότε μόνο και με γνώμονα την υφιστάμενη εμπειρία των άλλων χωρών σε παρόμοιες καταστάσεις, μπορεί να περιορισθεί το λεγόμενο μεταλλευτικό ρίσκο και να πετύχει με παραδεκτό τεχνικοοικονομικό τρόπο ένα γεωθερμικό πρόγραμμα.

- Παρακολούθηση και διοικητική διαχείριση ενός γεωθερμικού έργου με τις μεθόδους του σύγχρονου "MANAGEMENT". Στη γεωθερμία, όπως και στην υπόθεση των πετρελαίων, συνηθίζεται να λέγεται πως δεν ισχύει η περίπτωση του "ONE MAN SHOW", δηλαδή υπόθεση ενός λαμπρού επιχειρηματία ή μεγάλου επιστήμονα. Είναι έργο που απαιτεί τη συμβολή πολλών παραγόντων και την ουσιαστική συνεργασία διαφόρων επιστημονικών ειδικοτήτων, όπως του γεωλόγου, ηφαιστειολόγου, υδρογεωλόγου, γεωχημικού, γεωφυσικού, μηχανικού γεωτρήσεων, μηχανικού μελέτης ταμιευτήρων (RESERVOIR ENGINEER), μηχανολόγου, ηλεκτρολόγου, οικονομολόγου, αναλυτή συστημάτων κλπ.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

α. Στην περίπτωση που σε μία περιοχή εμφανίζεται να υπάρχει ένα ευνοϊκό γεωθερμικό δυναμικό και επιπλέον ευρύτερα πολιτικοκοινωνικά και οικονομικά κριτήρια συγκλίνουν στην ανάπτυξη της εν λόγω περιοχής, τότε, για την αξιοποίηση του παραπάνω διαθέσιμου φυσικού ενεργειακού πόρου, είναι απαραίτητη η χάραξη και εφαρμογή μιας συγκεκριμένης μεθοδολογίας.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται σε ένα γεωθ. πρόγραμμα συνίσταται κατά βάση στα παρακάτω στάδια:

- Αναζήτηση με διάφορες έμμεσες μεθόδους επιφανειακής έρευνας του στόχου που είναι ο γεωθερμικός ταμειυτήρας.
- Ανακάλυψη του γεωθερμικού ταμειυτήρα με βαθείες γεωτρήσεις και αναθεώρηση της προηγούμενης έρευνας με συμπληρωματική γεωφυσική έρευνα στη στενή περιοχή των γεωτρήσεων.
- Σύνταξη προμελέτης σκοπιμότητας βάσει των παραπάνω διαθέσιμων προκαταρκτικών στοιχείων έρευνας.
- Μελέτη του εντοπισθέντος γεωθ. ταμειυτήρα σε "δυναμικές συνθήκες" με τη χρήση μικρής απλής πειραματικής μονάδος εκμετάλλευσης (PILOT PLANT).
- Πιστοποίηση-περιχάραξη του γεωθ.ταμειυτήρα με ειδικές γεωτρήσεις που σχεδιάζονται βάσει της παραπάνω προμελέτης σκοπιμότητας και των στοιχείων λειτουργίας της πειραματικής μονάδας.
- Συστηματική μελέτη του γεωθερμικού ταμειυτήρα (RESERVOIR ASSESSMENT) και εκτίμηση του υφιστάμενου βέβαιου, πιθανού και δυνατού γεωθ.δυναμικού του πεδίου. Η μελέτη αυτή γνωστή και με τον όρο RESERVOIR ENGINEERING αποτελεί καθοριστικό μοχλό στο όλο πρόγραμμα αξιοποίησης του γεωθ.πεδίου, συμβάλλοντας αποφασιστικά τόσο στον αντικειμενικό προσδιορισμό όσο και στη βέλτιστη εκμετάλλευση του διαθέσιμου-απολήψιμου γεωθ.δυναμικού του.
- Σύνταξη τεχνικοοικονομικής μελέτης σκοπιμότητας (FEASIBILITY STUDY). Επισμαίνεται ότι μια τέτοια μελέτη είναι ιδιαίτερα σημαντική και απαραίτητη για την προσέλευση των αναγκαίων χρηματοδοτήσεων κατα το μετέπειτα στάδιο της πλήρους ανάπτυξης του γεωθ.πεδίου.
- Γρήγορη και συστηματική ανάπτυξη του πεδίου με τη διάνοιξη βέλτιστων γεωτρήσεων παραγωγής και με την εγκατάσταση καλά προδιαγραμμένων γεωθ.συστημάτων εκμετάλλευσης (γεωθερμοηλεκτρικές μονάδες, θερμοκήπια κλπ).

β. Τα διαδοχικά στάδια με τις διάφορες επιστημονικής και τεχνικής φύσεως δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στην περίπτωση αξιοποίησης ενός γεωθ.πεδίου υψηλής ενθαλπίας, με στόχο την ηλεκτροπαραγωγή, εμφανίζονται στον ΠΙΝΑΚΑ Ι. Το λογικό δε διάγραμμα ροής διαδικασιών και αλληλοσυσχέτισης των διαφόρων δραστηριοτήτων, θα μπορούσε να απεικονισθεί όπως στο σχήμα 2.

Οι διάφορες διαδικασίες και τεχνικοί παράγοντες που συνθέτουν ένα πρόγραμμα αξιοποίησης ενός ΓΑ χαμηλής ενθαλπίας θα μπορούσαν να απεικονισθούν αντίστοιχα σε ένα λογικό διάγραμμα όπως το σχήμα 3. Διευκρινίζεται ότι, ένα τέτοιο πρόγραμμα αναφέρεται σε ένα αξιολόγου μεγέθους ταμειυτήρα ζεστού νερού, που βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο από 500 μ. και έχει θερμοδυναμικά-υδραυλικά χαρακτηριστικά ικανά να στηρίξουν μια σημαντική και βιώσιμη εκμετάλλευση (π.χ.θερμοκήπια συνολικής έκτασης τουλάχιστον 100 στρεμ.).

γ. Βασικά κριτήρια για την οικονομική αξιολόγηση ενός γεωθ.προγράμματος εκμετάλλευσης, αφού προηγουμένως έχουν αποσαφηνισθεί τα χαρακτηριστικά του γεωθ.ρευστού και έχει γίνει εκτίμηση του γεωθ.ταμειυτήρα, θα πρέπει να είναι:

- Η προβλεπόμενη εξέλιξη της ενεργειακής ζήτησης στην περιοχή καταρχήν που εμφανίζεται το συγκεκριμένο γεωθ.δυναμικό.
- Η ποσότητα του ενεργειακά ισοδύναμου πετρελαίου (TIP) που εξοικονομείται με την εκμετάλλευση του συγκεκριμένου γεωθ. συστήματος λαμβάνοντας υπόψη την αναμενόμενη διαμόρφωση της τιμής των συμβατικών καυσίμων και του ηλεκτρικού ρεύματος.
- Το ύψος της επένδυσης και η αναμενόμενη χρονική διάρκεια απόδοσης του γεωθ. συστήματος εκμετάλλευσης.
- Το ετήσιο αναμενόμενο κόστος λειτουργίας και συντήρησής του. -Το μέγεθος της ισχύος του γεωθ. συστήματος εκμετάλλευσης και ο εκτιμώμενος συντελεστής διαθεσιμότητάς του.
- Το ύψος των χρηματοδοτήσεων και τα αντίστοιχα Επιτόκια εξυπηρέτησης Κεφαλαίου.

-Ο χρόνος και ο ρυθμός απόσβεσης του επενδυθέντος κεφαλαίου.
Τα παραπάνω κριτήρια αποτελούν στοιχεία της οικονομικής ανάλυσης που γίνεται για την εξασφάλιση της απαραίτητης χρηματοδότησης.

"ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ" ΕΡΕΥΝΑΣ-ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Ο στόχος στη γεωθερμία είναι η με οικονομικό τρόπο ενεργειακή αξιοποίηση του απολήψιμου δυναμικού ενός γεωθ. ταμειυτήρα. Η έρευνα και η μελέτη αυτού του ταμειυτήρα, που εντοπίζεται συνήθως σε βάθη μεγαλύτερα από 800-1000 μ., γίνεται έμμεσα και με μεθόδους που έχουν κάποιο βαθμό αβεβαιότητας. Είναι επομένως λογικό να απαιτείται κάποιος βαθμός ευελιξίας ως προς τις επενδύσεις, ανοχή ως προς την αξιολογία των αποτελεσμάτων των διαφόρων μετρήσεων και τέλος δυνατότητες για άμεση αντιμετώπιση προβλημάτων και αστάθμητων παραγόντων που περιλαμβάνει η γεωθ. έρευνα. Τότε μόνο μπορούν να υπάρξουν οι προϋποθέσεις για κάποια επιτυχή εκμετάλλευση.

Υλοποιώντας ένα πρόγραμμα γεωθ. έρευνας θα πρέπει οπωσδήποτε να λαμβάνει κανείς υπόψη και το γεγονός ότι όλα τα υπό έρευνα γεωθερμικά πεδία δεν είναι βέβαιο πως είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμα. Προκειμένου δε να αποδειχθεί κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο να δαπανηθούν σημαντικά ποσά για την έρευνα (γεωφυσικά, γεωτρήσεις κ.λ.π.), συνήθως μεταφραζόμενα κατά το μέγιστο ποσοστό σε συνάλλαγμα. Αν τελικά τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας είναι θετικά, τότε όλο το αντίστοιχο κόστος είναι απόλυτα δικαιολογημένο, αφού στη συνέχεια θα αποσβεσθεί. Στην αντίθετη όμως περίπτωση (αρνητικά αποτελέσματα) η σχετική δαπάνη για το συγκεκριμένο πρόγραμμα έρευνας θα αποτελέσει απλώς συνεισφορά στην καθαρή έρευνα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η αρκετά σημαντικού κόστους γεωθ. έρευνα μπορεί να χαρακτηριστεί σαν "εντάσεως" και ρίσκου κεφαλαίου. Παρόμοια μορφή είναι και η έρευνα υδρογονανθράκων. Διευκρινίζεται όμως ότι στην έρευνα για υδρογονάνθρακες εάν υπάρξει επιτυχία, βρεθεί δηλαδή πετρέλαιο ή φυσικό αέριο, τότε αυτό θα μπορεί να φορτωθεί και να μεταφερθεί με πλοία η αγωγούς οπουδήποτε, άσχετα με την τοποθεσία του παραγωγικού πεδίου. Στην περίπτωση όμως ενός επιτυχούς γεωθ. πεδίου η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί επί τόπου ή κοντά στο πεδίο, αφού η μεταφορά της συνήθως αντιπροσωπεύει ένα πρόσθετο πρόβλημα και κόστος. Επιπλέον η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να γίνει και με τις συμβατικές μεθόδους που δεν περικλείουν σε παρόμοιο βαθμό τα διάφορα ρίσκα της γεωθερμίας που αναφέρθηκαν προηγουμένως και ιδιαίτερα το ρίσκο κεφαλαίου. Δεδομένου μάλιστα ότι οι φορείς της ηλεκτρικής ενέργειας είναι συνήθως Δημόσιες Επιχειρήσεις, δηλαδή οργανισμοί χωρίς το κίνητρο του κέρδους, είναι λογικό να μην υπάρχει η απαιτούμενη προθυμία για επέκταση σε έργα σαν αυτά της γεωθ. έρευνας, όταν μάλιστα ανάπτυξη για ηλεκτροπαραγωγή μπορεί να γίνει εναλλακτικά και με πλέον ασφαλή τρόπο. Η απροθυμία επομένως να εμπλέκεται μια τέτοια Επιχείρηση σε αρκετά δαπανηρά προγράμματα έρευνας για τη γεωθερμία, μπορεί κάλλιστα να αποδοθεί στο χάσμα μεταξύ των "φιλοσοφιών" του ρίσκου κεφαλαίου και της ασφαλούς ανάπτυξης από την άλλη μεριά.

Ανεξάρτητα όμως από αυτό, λαμβάνοντας υπόψη το μεγάλο όφελος και μάλιστα σε εθνική κλίμακα, που μπορεί να προκύψει από την ενεργειακή εκμετάλλευση ενός ευνοϊκού γεωθ. δυναμικού, προκύπτει έντονη η τάση για το γεφύρωμα αυτού του χάσματος. Αυτό εξάλλου διαπιστώνεται και από το γεγονός ότι παρά τις προαναφερθείσες δυσκολίες, η γεωθερμία, οπουδήποτε ανά τον κόσμο βρίσκεται σε εκμετάλλευση, είναι αποδεδειγμένα συμφέρουσα και πλεονεκτική μορφή ενέργειας. Ανάλογα δε με το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε διαθέσιμου γεωθ. δυναμικού καθώς και με το υφιστάμενο τεχνολογικό επίπεδο και πολιτικοοικονομικό καθεστώς στην εκάστοτε χώρα, η ανά τον κόσμο σύγχρονη ανάπτυξη της γεωθερμίας ακολούθησε τα παρακάτω μοντέλα:

α. Αυτοδύναμη έρευνα και ανάπτυξη με αποκλειστικότητα στην εκμετάλλευση (

π.χ. Ιταλία, Ελλάδα, Τουρκία)

β. Παραχώρηση γεωθερμικών περιοχών για έρευνα και ανάπτυξη με δυναμική απόσβεση των εκάστοτε δαπανών κατά το στάδιο της εκμετάλλευσης (π.χ. Η.Π.Α, Φιλιππίνες). Πρόκειται βασικά για μεταφορά ισχύουσας νοσοτροπίας από το χώρο των υδρογονανθράκων, όπου ευνοϊκή περιοχή παραχωρείται για έρευνα και ανάπτυξη σε κάποια μεγάλη Εταιρεία ή Κοινοπραξία Εταιρειών με υψηλής στάθμης επιστημονικοτεχνικό προσωπικό, προηγμένη τεχνολογία και δυνατότητα αυτοχρηματοδότησης.

γ. Ανάθεση έρευνας και ανάπτυξη γεωθερμικών περιοχών σε Κοινοπραξία μεταξύ εξειδικευμένων οίκων όπως παραπάνω ή παράλληλων επιστημονικών-τεχνικών εγχώριων και ξένων φορέων (π.χ. Ζηλανδία, Μεξικό, Κένυα, Γαλλία, Ιταλία). Στην ουσία είναι μια ενδιάμεση σύγχρονη εξέλιξη των προηγούμενων μοντέλων ανάπτυξης, όπου ιδιοκτήτης του έργου παραμένει σε όλες τις φάσεις του ο έχων την αρχική παραχώρηση. Εφαρμόζεται με επιτυχία σε χώρες με ευνοϊκό γεωθ. δυναμικό και στις οποίες υπάρχει η δυνατότητα για επαρκή χρηματοδότηση καθώς και η βασική τεχνολογική υποδομή για τη μεταφορά της σχετικής τεχνογνωσίας. Προς την κατεύθυνση αυτή ίσως είναι σκόπιμο να στραφεί και το ελληνικό ενδιαφέρον για μια γρήγορη και ουσιαστική αξιοποίηση των διαφόρων ελπιδοφόρων περιοχών της χώρας.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η πολυδιάστατη διεθνής εμπειρία των τελευταίων 15 χρόνων, στο χώρο της έρευνας-εκμετάλλευσης της γεωθερμίας, έχει καταστήσει σαφείς τόσο τις ιδιαιτεροτητές της όσο και τα βασικά κριτήρια για τη βέλτιστη αξιοποίησή της. Λέξεις-κλειδιά όπως μεθοδική έρευνα, "ένταση κεφαλαίου", χρηματοδότηση, προηγμένη τεχνολογία, σύγχρονο MANAGEMENT κλπ. θα πρέπει απαραίτητα να προβληματίσουν και να αποσαφηνισθούν παράλληλα με την οποία προσπάθεια για αξιοποίηση της γεωθερμίας. Η επιτυχία της γεωθερμίας, εκεί βεβαίως που έχει αξιοποιηθεί ουσιαστικά, θα μπορούσε να αποδοθεί, αν όχι στην ιδιωτική πρωτοβουλία (δυνατότητα ανάληψης υψηλών ρίσκων με κίνητρο το κέρδος), τουλάχιστον στην ορθολογική πολιτική από ένα δημόσιο οργανισμό η οποία εκφράζεται με μια "ελαστική και ανοικτή" διαχείριση των εντατικών σταδίων της έρευνας και της ανάπτυξης του εκάστοτε γεωθ. πεδίου.

Οι διάφορες ανά τον κόσμο τεχνικοοικονομικά συμφέρουσες εφαρμογές, σε συνδυασμό με τη γνωστή έκφραση "LEARNING BY DOING", επιβάλλουν την αναγκαιότητα αξιοποίησής της εκεί όπου εμφανίζεται με ευνοϊκές προϋποθέσεις.

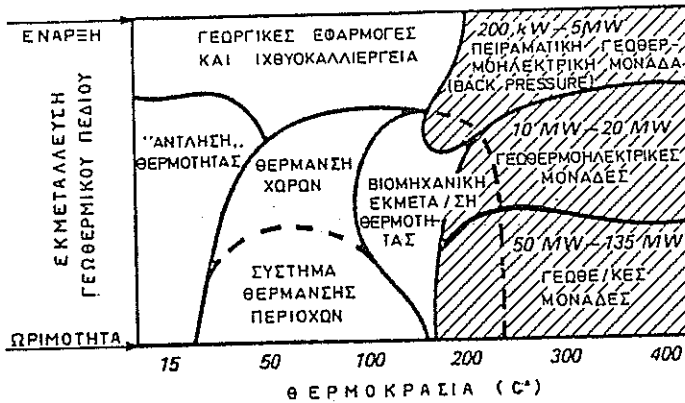
Η ανάπτυξη της γεωθερμίας, μοιραία υπό κρατικό έλεγχο, ανάγεται κατ'αρχήν σε πολιτική επιλογή στα πλαίσια ενός φιλόδοξου ενεργειακού προγράμματος. Στη συνέχεια δε πρέπει να βασίζεται τα μέγιστα στη θετική διάθεση των ατόμων ή φορέων που εμπλέκονται στα διάφορα στάδια απόφασης και δράσης, όπως Δημόσια Διοίκηση, Δημόσιες Υπηρεσίες, Τράπεζες, Πανεπιστημιακά Ιδρύματα, Ιδιωτικές μελετητικές και κατασκευαστικές Εταιρείες καθώς επίσης Βιομηχανία και Τοπική Αυτοδιοίκηση που είναι και οι τελικοί χρήστες. Τα σχετικά ωφέλη που θα μπορούσαν να προκύψουν είναι σίγουρα σημαντικά για όλους σε βαθμό ώστε κάθε προσπάθεια για την αξιοποίηση της γεωθερμίας να είναι απόλυτα δικαιολογημένη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. G.GUELLAR : "Methodology of geothermal exploration and development", UNITED NATIONS WORKSHOP ON GEOTHERMAL ENERGY, ICELAND 1986.
2. R.C.SCHROEDER: "Geothermal exploration and field management" U.N. WORKSHOP ON GEOTHERMAL ENERGY, ICELAND, 1986

3. M.MARZUAN : "Methodology of geothermal exploration and development in Indonesia" U.N. WORKSHOP ON GEOTHERMAL ENERGY, ICELAND, 1986
- 4.H.PROVOST : "La conduite des projets industriels" ENSPM-IFP, 1984
5. AFME : "Guide du maitre d'ouvrage en geothermie", Edition BRGM, Mamuels & Methodes No 8, 1983.
6. GEOTHERMAL RESSOURCES COUNCIL, VOL. 9, 1985

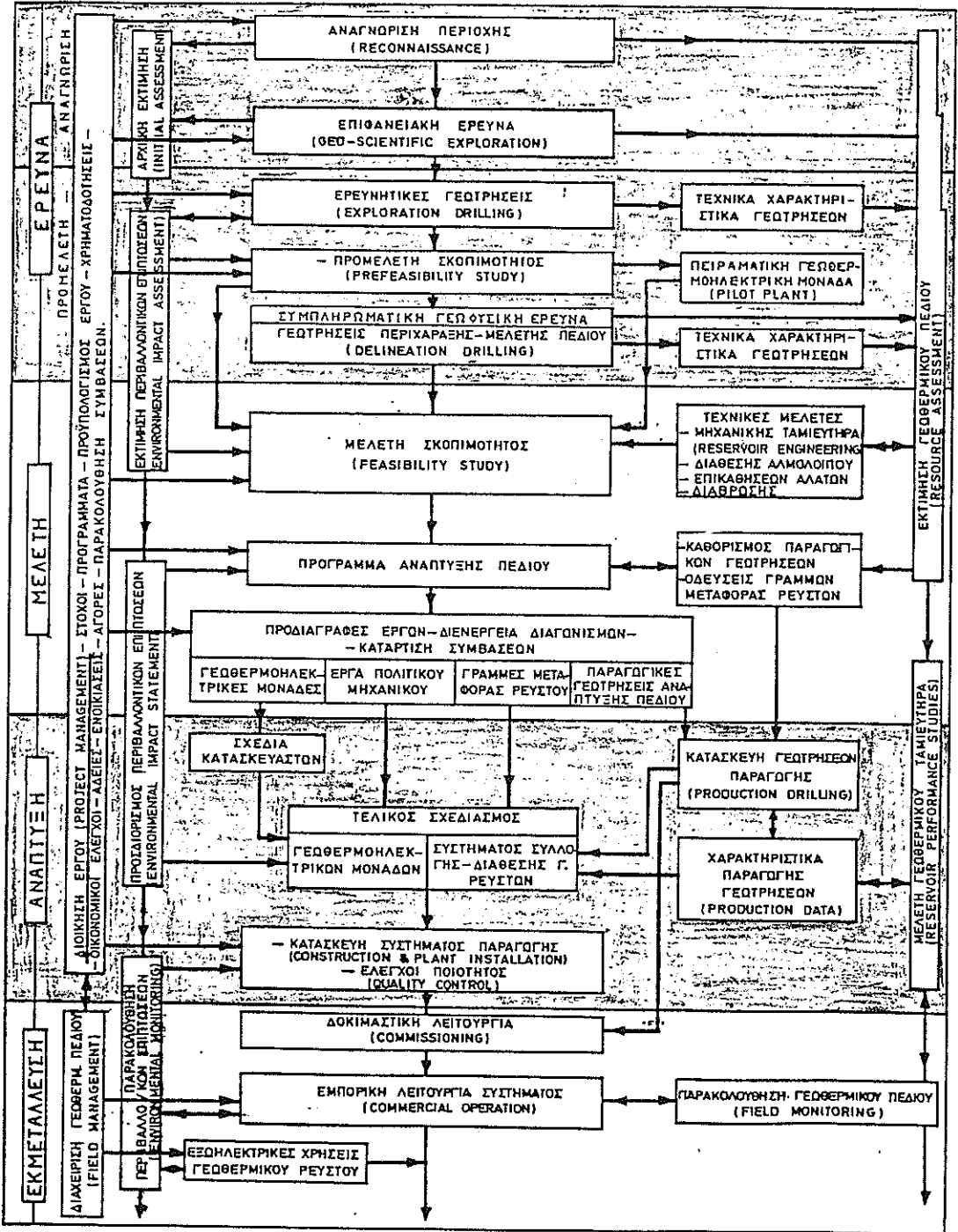
ΣΧ.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΓΕΩΘ. ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΕΩΘ. ΡΕΥΣΤΟΥ ΤΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ



**ΠΙΝΑΚΑΣ Ι. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ**

| ΦΑΣΗ | I ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ | II ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ - ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΕΚΠΟΙΜΟΤΗΤΑΣ | III ΠΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ - ΜΕΛΕΤΗ ΕΚΠΟΙΜΟΤΗΤΑΣ | IV ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΒΑΣΕΙΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ ΓΕΩΘ. ΜΟΝΑΔΕΣ | V ΕΡΜΕΤΑΛΛΕΥΤΗ - ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΣΘΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΧΡΗΣΕΩΣ |
|------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ΚΥΡΙΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ | • ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΦΥΣΙΟΓΕΩΛΟΓΙΑ | • 1-3 ΒΑΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ | • 3-6 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ | • ΚΑΤΑΚΕΥΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ - ΕΠΙΣΤΕΙΛΑΓΩΓΗΣ ΓΕΩΘ. ΡΕΥΣΤΟΥ | • ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ |
| | • ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΕΙΑ | • ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (R. JAMES) | • ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ | • ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ | • ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ |
| | • ΗΘΑΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ | • ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ | • ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΩΘ. ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ (RESERVOIR ENGINEERING) | • ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ - ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΙΜΟΥ | • ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ (MONITORING) ΓΕΩΘ. ΠΕΔΙΟΥ |
| | • ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ - ΥΑΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ | • ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ | • ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΙΜΟΥ | • ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΛΜΟΛΟΙΠΟΥ - ΓΕΩΘ. ΜΟΝΑΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ | • ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΑ ΕΠΙΣΤΕΙΛΕΣ (WORKOVER) - Η ΔΙΕΓΕΙΡΣΗ (SIMULATION) ΠΥΡΚΑΝΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ |
| | • ΜΕΛΕΤΗ ΥΑΡΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΕΞΑΛΛΟΙΩΣΕΩΝ | • ΣΥΝΤΑΞΗ ΠΡΟΜΕΛΕΤΗΣ ΕΚΠΟΙΜΟΤΗΤΑΣ | • ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΕΩΘ. ΜΟΝΑΔΩΝ | • ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ | • ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΙΡΝΗΣ ΕΦΕΔΡΙΚΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ - ΕΠΙΣΤΕΙΛΑΓΩΓΗΣ |
| | • ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ | • ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΦΟΡΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ BACK-PRESSURE (250 - 2000 KW) | • ΠΕΡΙΒΑΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ | • ΣΥΝΤΑΞΗ ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΚΠΟΙΜΟΤΗΤΑΣ | • ΕΣΘΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ |
| • ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ | | | • ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ | | |
| • ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΜΙΚΡΟΥ ΒΑΘΟΥΣ | | | | | |
| • ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΡΟΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΒΑΘΜΙΑΣ | | | | | |
| ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ (ΣΕ ΕΤΗ) | 1 - 2,5 | 1,5 - 2,5 | 2 - 3 | 3 - 5 | 20 - 30 |

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ
(ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ)



Σχ.3

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΕΥΝΑΣ-ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ

