

πιθανότητες και η θερμοκρασιακή κατάσταση δεν είναι υψηλές.

#### 4. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Τα γεωθερμικά ρευστά αποτελούν ως γνωστό ενεργειακή ορυκτή ύλη που βρίσκεται στο υπέδαφος και για όλο το φάσμα, από τον εντοπισμό μέχρι την αξιοποίηση, ακολουθείται μια μεθοδολογία έρευνας, 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 κάθε γεωθερμικού πεδίου - Γεωτρήσεις έρευνας - παραγωγής.
  - Μελέτη των χαρακτηριστικών παραγωγής του πεδίου - Εκμετάλλευση.
- Ας εξετάσουμε όμως πιο αναλυτικά τα στάδια αυτά

##### 4.1. Γεωθερμική επισκόπηση σε μεγάλη κλίμακα

Στην 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.

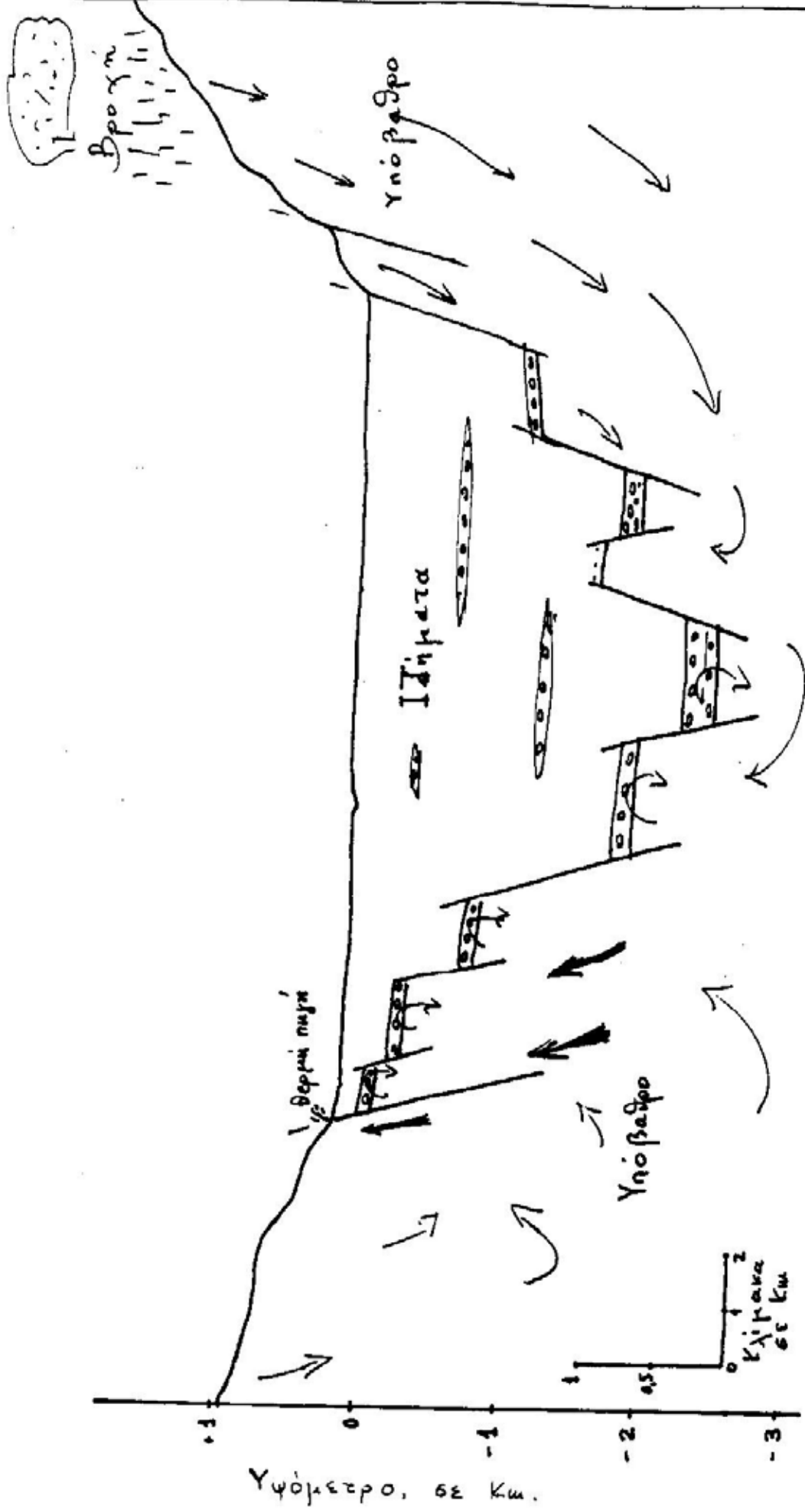
Η άμεση επαφή με τις ευρύτερες περιοχές, η επαλήθευση μερικών σκέψεων που είχαν γίνει στην αμέσως προηγούμενη φάση, τα αποτελέσματα των εργαστηριακών ή επιτόπιων προσδιορισμών κ.λπ. οδηγούν στην επιλογή μερικών περιοχών μικρότερης έκτασης και στην κατάταξή τους σε κατηγορίες και σειρά προτεραιότητας. 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 πλατειά γνώση σε περισσότερους τομείς, αφού θα πρέπει να συνεκτιμηθούν όλα τα κάθε είδους υπάρχοντα στοιχεία και να προσδιορισθούν μερικά απαραίτητα και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

##### 4.2. Συστηματική έρευνα των πιθανών γεωθερμικών περιοχών.

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



Σχ.8. Σχηματική παράσταση γεωθερμικού μοντέλλου χαμηλής ενθαλπίας σε λεκάνη απο βύθισμ. Τα θερμά ρευστά βρίσκονται ή κυκλοφορούν σε κροκαλοπαγή της λεκάνης, στην οροφή του υποβάθρου ή κοντά σε ρήγματα. Τα βέλη δείχνουν την υπόγειο κυκλοφορία και τα ρεύματα μεταφοράς θερμότητας.

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 και ακόμα περισσότερο. Αν συγκρίνει όμως κανείς το τελικό προϊόν, που δεν είναι τόσο πολύ μεγάλης αξίας, 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:

- Λεπτομερής και ειδική γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:10.000 ή 1:20.000 και προσδιορισμό της ακριβούς στρωματογραφικής σειράς.

- Ηφαιστειολογική μελέτη, όταν πρόκειται για περιοχή με σχετικά πρόσφατη ηφαιστειακή δράση, καθόσο 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 σε γενικές γραμμές, αλλά και λεπτομερειακά, γιατί η τεκτονική και κυρίως η νεοτεκτονική συμβάλλει στον εντοπισμό των κύριων γραμμών κυκλοφορίας των ρευστών, στον προσδιορισμό των "υψηλών σημείων" του σχηματισμού - ταμειυτήρα των γεωθερμικών ρευστών, στον προσδιορισμό των συστημάτων ρηγμάτων και των αιτίων 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 την 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, ατμίδων 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 στο ταμειυτήρα. Η περιεκτικότητα των σχετικά 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  $\text{SiO}_2$  (Σχ. 9), ομοίως με το λόγο  $\text{Na}:\text{K}$ , τους λόγους  $\text{Na}:\text{K}:\text{Ca}$ , με την περιεκτικότητα σε  $\text{NH}_4$ , ή με την περιεκτικότητα σε μερικά ευαίσθητα στη θερμοκρασία αέρια κ.λπ.. Τα γεωχημικά θερμοόμετρα, 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 την 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 οριζόντων κ.λπ. δίνουν χρήσιμες πληροφορίες στη γεωθερμική έρευνα.

- Γεωχημική έρευνα υδροθερμικά εξαλλοιωμένων πετρωμάτων, υδροθερμικών αποθέσεων κ.λπ.. Έχει σαν αποτέλεσμα τη συλλογή πολύτιμων πληροφοριών σχετικών με τον χημισμό των ρευστών που τις δημιουργήσαν 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 απόκτηση 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 οι γεωηλεκτρική, η βαρυτομετρική, η μαγνητική, η μαγνητοτελλουρική, σπανιότερα, λόγω κόστους, η 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 βαθιές παραγωγικές γεωτρήσεις.

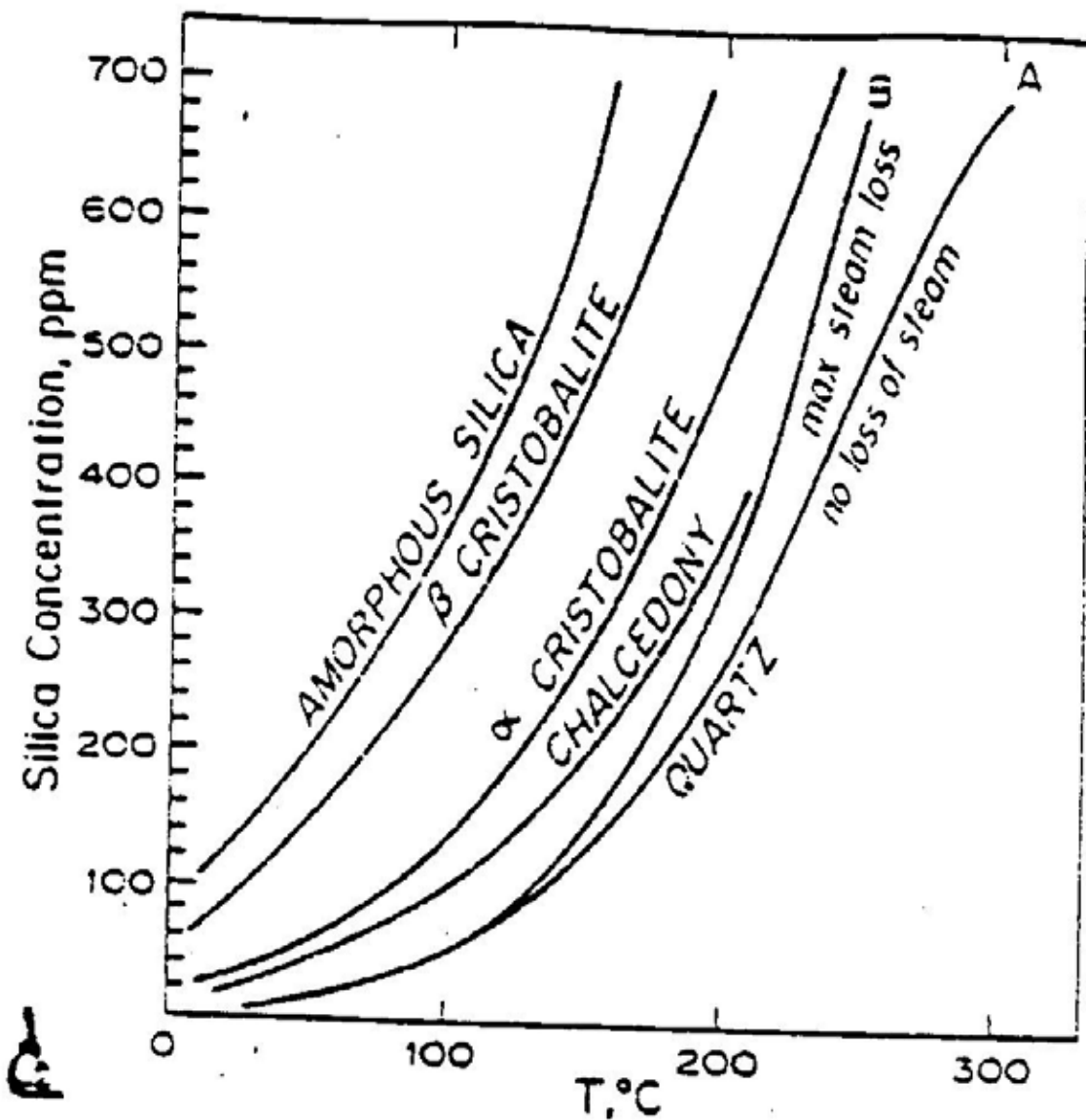
- Μετρήσεις γεωθερμικής βαθμίδας και θερμικής ροής που γίνονται μέσα σε γεωτρήσεις μικρής διαμέτρου και όχι μεγάλου βάθους (50 - 400 μ.), κατά προτίμηση σε στεγανούς σχηματισμούς. Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται ποιά τμήματα της περιοχής έχουν μεγαλύτερη θερμική ροή, υπολογίζεται προσεγγιστικά η θερμοκρασία σε μεγαλύτερα βάθη και διευκολύνεται η επιλογή των καλύτερων θέσεων για παραγωγικές γεωτρήσεις. Η μέθοδος 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 η απαιτούμενη εξειδίκευση του καθενός στις διάφορες μεθόδους. Πρόκειται για γεωλόγους, πηλαστοειολόγους, τεκτονικούς, γεωμορφολόγους, πετρογράφους, υδρογεωλόγους, γεωφυσικούς, γεωχημικούς, γεωλόγους γεωτρήσεων κ.λπ..

#### 4.3. Εντοπισμός - περιχάραξη πεδίου με γεωτρήσεις έρευνας - παραγωγής.

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



Σχ. 9. Διαγράμματα διαλυτότητας των διαφόρων ειδών του  $SiO_2$  που είναι διαλυμένα σε θερμά νερά.

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

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

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

Σφάλματα από λανθασμένη εκτίμηση της γεωλογικής και θερμικής κατάστασης της γεώτρησης μπορούν να στοιχίσουν πολλά εκατομμύρια δραχμών, να χαθούν αξιόλογες υδροφορίες και καμμιά 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 βαθείας κυκλοφορίας, του ρυθμού ανανέωσης των ρευστών, τον τρόπο λειτουργίας του ταμειυτήρα και επιτρέπει να κατασκευαστεί με αρκετή προσέγγιση το μοντέλλο του γεωθερμικού πεδίου.

#### 4.4. Εκμετάλλευση του γεωθερμικού πεδίου.

Ύστερα από τις πρώτες ερευνητικές - παραγωγικές γεωτρήσεις και την 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 βαθείες γεωτρήσεις στο στάδιο αυτό έχουν συνήθως λιγότερα προβλήματα αφού αποκτήθηκαν ήδη αρκετές γνώσεις του πεδίου.

Στα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας, με θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 180° C, τα ρευστά χρησιμοποιούνται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρισμού με πολύ ευνοϊκές οικονομικές συνθήκες. Ο ατμός και το νερό μετά τη χρήση στη στροβιλογεννήτρια έχουν πάρα πολλές ακόμα θερμίδες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αλυσιδωτή 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, θερμάνσεις χώρων, οικιών, θερμοκηπίων, ιχθυο-δεξαμενών, πισίνων και πολλές άλλες.

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

#### 4.5. Γενικές παρατηρήσεις

Η επιτυχία των ερευνών για εντοπισμό γεωθερμικών ρευστών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ικανότητα και εμπειρία των ερευνητών, διάθεση των απαραίτητων μέσων, πλήρης και αρμονική συνεργασία των διαφόρων ειδικοτήτων επιστημόνων που παίρνουν μέρος σ' αυτές.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας, κυρίως στη μέση και χαμηλή ενθαλπία, είναι η καλή και σωστή επιλογή των περιοχών έρευνας, που γίνεται σε συνδυασμό των γεωθερμικών με τις τοπικές συνθήκες, αφού η ενέργεια αυτού του είδους δεν μεταφέρεται μακριά και πρέπει η χρήση της να αναπτυχθεί επί τόπου.

Κατά τον προγραμματισμό και επιλογή των προτεραιοτήτων συνεκτιμούνται οι γεωλογικές συνθήκες, το μέγεθος του "κοιτάσματος", το βάθος του, τα φυσικο-χημικά χαρακτηριστικά των ρευστών, η οικιστική κατάσταση, οικονομική δραστηριότητα, γεωγραφική θέση, κλίμα, μορφολογία κ.λπ..

Το συνολικό κόστος των εργασιών για αναζήτηση και εντοπισμό των γεωθερμικών ρευστών ισοδυναμεί συνήθως με ένα πολύ μικρό ποσοστό της όλης επένδυσης του έργου, που μεγαλώνει μετά, με τις δαπάνες των γεωτρήσεων και των εγκαταστάσεων επιφανείας.

Επειδή οι γεωτρήσεις παραγωγής απαιτούν μεγάλα ποσά, της τάξης των δεκάδων και συνήθως εκατοντάδων εκατομμυρίων δραχμών, χρειάζεται να ελαχιστοποιηθεί το "μεταλλευτικό ρίσκο", δηλ. η πιθανότητα αποτυχίας. Αυτό πετυχαίνεται με τις συστηματικές, συνήθως χρονοβόρες, αλλά οπωσδήποτε απαραίτητες και σχετικά φθηνές επιφανειακές έρευνες που προηγούνται.

Στην περίπτωση της γεωθερμίας υψηλής ενθαλπίας το "μεταλλευτικό ρίσκο" των τελικών γεωτρήσεων έρευνας-παραγωγής κατά μέσο όρο στον κόσμο είναι χαμηλότερο του 50% (πολύ κατώτερο από εκείνο των γεωτρήσεων πετρελαίου). Στη χαμηλή ενθαλπία, όταν προπαντός πρόκειται για μη ανανεώσιμα κοιτάσματα, επιβάλλεται να ελαχιστοποιηθεί αυτό το ρίσκο, αφού το τελικό προϊόν δεν έχει μεγάλο ποσοστιαία αριθμητικό κέρδος.

Θα πρέπει γενικά στη γεωθερμική έρευνα να βρεθεί η χρυσή τομή μεταξύ κόστους και ρίσκου, δηλ. να συμπιέζεται το πρώτο αλλά όχι πολύ, για να μην αποβεί σε βάρος του δεύτερου.

#### 5. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ - ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Η υλοποίηση της γεωθερμικής έρευνας σε όλο το φάσμα της απαιτεί την χρησιμοποίηση διαφόρων μηχανικών μέσων, οργάνων μετρήσεων και συσκευών στο ύπαιθρο και το εργαστήριο, ανάλογα με την εφαρμοζόμενη μέθοδο.

##### 5.1. Γεωτρύπανα έρευνας (μικρής διαμέτρου)

Για τον προσδιορισμό της θερμικής ροής, της γεωθερμικής βαθμίδας και των θερμοκρασιών σε διάφορα βάθη χρειάζονται γεωτρήσεις μικρής συνήθως (για λόγους οικονομίας) διαμέτρου. Χρησιμοποιούνται γιαυτό κοινά γεωτρύπανα (μεταλλευτικά ή υδρογεωτρύπανα), περιστροφικά και χωρίς ιδιαίτερες τεχνικές διαφοροποιήσεις στη γεωθερμία, αφού μας χρειάζονται πληροφορίες κυρίως για τη λιθολογία και θερμοκρασία. Σε μικρά συνήθως βάθη (μέχρι 400 μ.) δεν έχουμε συνήθως ιδιαίτερα δύσκολες συνθήκες θερμοκρασιών και πίεσης, αν και το γεωτρύπανο πρέπει να είναι