

3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

3.1. Εισαγωγή - Ορισμοί

Από τη θερμότητα που βρίσκεται σε τεράστιες ποσότητες στο εσωτερικό της Γης και που οι πιο φανερές εκδηλώσεις της είναι οι ηφαιστειακές εκρήξεις, που φέρνουν στο φως πυρωμένα υλικά με θερμοκρασία μέχρι και 1000°C , ελάχιστο μόνο μέρος προσφέρεται για άμεση και οικονομικά συμφέρουσα εκμετάλλευση.

Γεωθερμική ενέργεια καλείται η φυσική πηγή με γήινη προέλευση που με τη μορφή θερμών ρευστών ατμού, νερού, αερίων είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμη. Γεωθερμική είναι και η ενέργεια των θερμών ξερών πετρωμάτων ή λειωμένων μαγματικών υλικών.

Η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας είναι πολύ πιθανή σε εκείνες τις περιοχές της Γης όπου μάζες ρευστών (νερό, ατμός και διάφορα άλλα αέρια) ανεβαίνουν προς την επιφάνεια μέσα από ρήγματα, από βαθύτερα και θερμότερα σημεία του φλοιού της Γης και μεταφέρουν έτσι σημαντικές ποσότητες θερμότητας. Τέτοιες περιοχές συνδέονται πολύ συχνά με γεωλογικά πολύ πρόσφατη ή και ενεργό ηφαιστειότητα (Σχ. 1).

~~Οι διαφορές στην~~ είναι θεωρητικά εκείνες που για ~~διαφορετικές αιτίες διαδίδουν θερμική ροή και επομένως γεωθερμική~~ βαθμίδα ανώτερη από τις μέσες τιμές (η μέση ροή είναι περίπου $1,2 \text{ kcal/cm}^2 \cdot \text{sec}$ και η μέση βαθμίδα $30^{\circ}\text{C}/1000 \text{ m}$). Οι περισσότερες από τις παραπάνω περιοχές βρίσκονται κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, όπως αναφέραμε στην εισαγωγή (Κεφ. 1).

Δεν αρκεί όμως μόνον η θερμική ανωμαλία για τη δημιουργία γεωθερμικών κοιτασμάτων ή πεδίων όπως πιο κοινά λέγονται. Χρειάζονται και άλλες ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες (τις οποίες θα εξετάσουμε πιο κάτω) ώστε να έχουμε γεωθερμικά ρευστά σε όχι πολύ μεγάλα βάθη, με ικανοποιητική θερμοκρασία, με καλά έως αποδεκτά φυσικο-χημικά χαρακτηριστικά κ.λπ. και οπωσδήποτε αξιόλογη ποσότητα. Η θερμική ενέργεια των φυσικών ρευστών εξαρτάται ως γνωστό από την ποσότητα και την θερμοκρασία τους, ενώ η οικονομικότητά της είναι συνάρτηση τόσο των χημικών χαρακτηριστικών της που προκαλούν ή όχι προβλήματα διάβρωσης ή και απόθεσης όσον και του βάθους, αφού οι γεωτρήσεις ανόρυξης των ρευστών απαιτούν πολύ σημαντικές δαπάνες και το κόστος τους ανεβαίνει με σχεδόν γεωμετρικό ρυθμό με το βάθος.

Ο WHITE υπολόγισε ότι η ολική ποσότητα θερμότητας ($= 3 \cdot 10^{26}$ θερμίδες) που περιέχεται στα ανώτερα 10 χλμ. του φλοιού της Γης, που είναι και από τα μεγαλύτερα βάθη που έφτασαν μέχρι σήμερα τα γεωτρήματα, είναι 2000 φορές μεγαλύτερη από την ποσότητα της θερμότητας, που θα μπορούσαν να δώσουν όλα τα αποθέματα καυσίμων της Γης.

Θα πρέπει όμως να αναφέρουμε ότι, όπως συμβαίνει και με την ηλιακή ενέργεια, τέτοια ποσότητα θερμότητας δεν είναι ολόκληρη εκμεταλλεύσιμη. Εξαρτάται από το πόσο συγκεντρωμένη είναι. Τέτοια ποσότητα δημιουργεί αξιόλογη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην αρχική της πηγή και την ατμοσφαιρική. Η θερμική ενέργεια θα πρέπει να είναι αποθηκευμένη μέσα στα στερεά πετρώματα, που βρίσκονται σε μικρά σχετικά βάθη, αλλά και μέσα στο νερό και στον ατμό, που γεμίζουν τους πόρους και τις ρωγμές των πετρωμάτων που αναφέραμε. Υπολογίστηκε ότι η ηλιακή ενέργεια αντιστοιχεί σε ισχύ $15 \cdot 10^{13} \text{ kW}$ για ολόκληρη την επιφάνεια της Γης, ενώ η ισχύ της θερμικής ροής είναι μόνο $3 \cdot 10^{10} \text{ Kw}$.

3.2. Πρότυπα (μοντέλλα) γεωθερμικών πεδίων υψηλής ενθαλπίας

Ένα κέντρο που βρίσκεται σε μικρό σχετικά βάθος μέσα στο φλοιό της Γης κι έχει υψηλή θερμοκρασία αποτελεί τη βάση όλων των προτύπων των γεωθερμικών πεδίων υψηλής ενθαλπίας. Συνήθως μια τέτοια εστία αποτελείται από μαγματικές μάζες ποικίλων διαστάσεων, που ανέβηκαν στο φλοιό από μεγαλύτερα βάθη και είτε παρέμειναν μέσα σ'αυτόν είτε βγήκαν στην επιφάνεια.

3.2.1. Γεωθερμικά ρευστά

Όταν στις μάζες αυτές δεν κυκλοφορούν ρευστά, η μεταφορά θερμότητας στο φλοιό πραγματοποιείται μόνο με την αγωγιμότητα (που για τα πετρώματα είναι γενικά πολύ περιορισμένη), γιατί δεν είναι δυνατός ο σχηματισμός ρευμάτων μεταφοράς.

Κοντά στην επιφάνεια της Γης η κάπως μεγαλύτερη υδατοπερατότητα των πετρωμάτων επιτρέπει την κατείσδυση των ρευστών, που θερμαίνονται στο βάθος από την επαφή τους με τα θερμά πετρώματα. Έτσι γίνονται ελαφρότερα και ανεβαίνουν, ενώ νέα ψυχρότερα και, επομένως, βαρύτερα ρευστά παίρνουν τη θέση τους. Σχηματίζεται έτσι ένα σύστημα κυκλοφορίας, που έχει σαν πρακτικό αποτέλεσμα τη μεταφορά θερμότητας από το βάθος στην επιφάνεια.

Για πετρώματα με την ίδια περατότητα η σπουδαιότητα ενός μεταφορικού συστήματος είναι συνάρτηση της διαφοράς των θερμοκρασιών και της απόστασης ανάμεσα στην εστία θερμότητας και στην επιφάνεια της Γης. Έτσι, όσο θερμότερη και όσο πιο κοντά στην επιφάνεια είναι η εστία, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενθαλπία των ρευστών που κυκλοφορούν ανάμεσα στην επιφάνεια και την εστία.

Τα νερά που κυκλοφορούν μέσα στο φλοιό της Γης έχουν, κατά κύριο λόγο, επιφανειακή προέλευση. Ο GOGUEL υποστήριξε από το 1953 με θερμοδυναμικά επιχειρήματα, ότι το μεγαλύτερο μέρος του ατμού του Larderello δεν είναι δυνατό να έχει μαγματική προέλευση και δεν μπορεί να είναι νεαρό ή νεηλυδον (juvenile). Ο MARINELLI παραδέχτηκε την άποψη του Goguel και προσθέτει το παρακάτω γεωλογικό επιχειρήμα: Η υδατοπερατότητα των πετρωμάτων σε ένα γεωθερμικό πεδίο μικραίνει όσο μεγαλώνει το βάθος και κοντά στο μαγματικό θάλαμο είναι πολύ μικρή. Έτσι, στην περιοχή αυτή κυκλοφορεί μικρή ποσότητα νερού με κυρίαρχο το νεαρό. Αντίθετα, όσο απομακρυνόμαστε από τον μαγματικό θάλαμο, προστίθεται όλο και περισσότερο νερό επιφανειακής προέλευσης και η αναλογία σε νεαρό μικραίνει μέχρι να γίνει αμελητέα. Με τις σκέψεις αυτές καταλήγει ότι τα γεωθερμικά πεδία τροφοδοτούνται κυρίως από νερά επιφάνειας. Η άποψη αυτή αποδείχτηκε στην πράξη από ισοτοπικές κυρίως αναλύσεις των γεωθερμικών ρευστών που προέρχονται από διάφορα πεδία του κόσμου: σε όλες τις περιπτώσεις και σε μέγιστο ποσοστό που υπερβαίνει την ακρίβεια των εργαστηριακών προσδιορισμών

Το μοντέλλο που στηρίζεται στην εστία θερμότητας και στη μεταφορική κυκλοφορία των ρευστών προσδιορίστηκε από τον GOGUEL στην κλασική για τη γεωθερμία εργασία του. Το μοντέλλο αυτό χρησιμοποιείται και σήμερα για να καθοριστούν οι αναγκαίες συνθήκες δημιουργίας ενός πεδίου, που μπορεί να δώσει εκμεταλλεύσιμο, με τα σημερινά οικονομοτεχνικά δεδομένα, ατμό.

Θα εξετάσουμε με λίγες λέξεις τις αναγκαίες αυτές συνθήκες: Πάνω από την εστία θερμότητας, που βρίσκεται σε βάθος από 3 μέχρι 10 χλμ., θα πρέπει να υπάρχει σειρά πετρωμάτων, συνήθως μεταμορφωμένων, που να διαθέτει κάθετα ή σχεδόν κάθετα συστήματα διαρρήξεων ή ρηγμάτων, που να επιτρέπουν την κυκλοφορία

ρευστών και επομένως τη μεταφορά θερμότητας προς την επιφάνεια. Με την κυκλοφορία αυτή, εκτός από τη θέρμανση των πετρωμάτων που βρέχουν τα θερμά ρευστά, γίνεται και απόθεση ορυκτών. Τα ορυκτά αυτά φράζουν τις ρωγμές εμποδίζοντας έτσι προοδευτικά την κυκλοφορία. Η σεισμική δράση δημιουργεί νέα ρήγματα και διαρρήξεις κάτι που γίνεται σε μεγάλη έκταση σ'όλες τις σεισμοπαθείς περιοχές.

Πάνω από τη σειρά των μεταμορφωμένων πετρωμάτων και σε βάθος που κυμαίνεται από 300 μέχρι 3000 μέτρα θα πρέπει να αναπτύσσεται σχηματισμός, ακόμα και σε μικρό πάχος, που να χαρακτηρίζεται από μεγάλη πρωτογενή ή δευτερογενή περατότητα. Ο σχηματισμός, που μέσα σ'αυτό κυκλοφορούν τα ζεστά νερά, ονομάζεται συλλέκτης (ρεζερβουάρ) από τον αντίστοιχο όρο που χρησιμοποιούν στην κοιτασματολογία των πετρελαίων. Ο συλλέκτης θα πρέπει να προστατεύεται από ένα στεγανό κάλυμμα που εμποδίζει την διάχυση της θερμικής ενέργειας στην ατμόσφαιρα. Η στεγανότητα του καλύμματος μπορεί να είναι πρωτογενής, να οφείλεται δηλ. στη φύση του σχηματισμού από τότε που αυτός δημιουργήθηκε, μπορεί όμως να προέκυψε δευτερογενώς εξ αιτίας των ειδικών τοπικών συνθηκών (αυτο-στεγανοποίηση ή Self Sealing). Το φαινόμενο αυτό είναι σύνηθες σε πολλές φαισειακές περιοχές εξ αιτίας κυρίως της υδροθερμικής εξαλλοίωσης των αρχικών πετρωμάτων και τον σχηματισμό αργιλικών ορυκτών (π.χ. μπεντονίτη, καολίνη) όπως έγινε στη Μήλο και τη Νίουρο.

3.2.2. Διεργασίες μέσα στα γεωθερμικά μοντέλλα

Οι διεργασίες που πραγματοποιούνται μέσα σε μια τέτοια στρωματογραφική σειρά είναι οι παρακάτω: Νερό μετεωρικής γενικά προέλευσης κατεβαίνει (Σχ. 2), θερμαίνεται, πλουτίζεται με άλατα και αέρια και μπαίνει στον κύκλο της θερμικής μεταφοράς. Μέσα στο συλλέκτη, όπου η κυκλοφορία είναι πιο εύκολη και γρήγορη, υπάρχει νερό (σπάνια με ατμό) κάτω από συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που βρίσκονται κοντά στο σημείο βρασμού.

Οι παραγωγικές γεωτρήσεις, μόλις φτάσουν στο συλλέκτη, προκαλούν βρασμό του νερού, γιατί ελαττώνεται δραστικά η πίεση. Αν η υδροστατική πίεση μέσα στο συλλέκτη είναι περίπου ίση με την πίεση βρασμού που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του υγρού, έχουμε τις καλύτερες προϋποθέσεις για εκμετάλλευση, γιατί στην περίπτωση αυτή σχηματίζεται ατμός μέσα στο συλλέκτη και με την γεώτρηση ανεβαίνει στην επιφάνεια ξερός και συχνά ελαφρά υπέρθερμος. Αυτό συμβαίνει, γιατί καταλήγει να έρθει σε επαφή με θερμότερα πετρώματα (περίπτωση Α).

Αν, αντίθετα, συμβαίνει να απομακρυνόμαστε από τις ιδανικές αυτές συνθήκες, το ρευστό ανεβαίνει μέσα στη γεώτρηση σαν μέσα σε αρτεσιανό σύστημα, ο μερικός διαχωρισμός των φάσεων πραγματοποιείται κατά την άνοδο μέσα στη γεώτρηση και ο ατμός καταλήγει να είναι υγρός και να περιβάλλεται από ψυχρότερο, αλμυρό και με διασβρωτικές ιδιότητες νερό (περίπτωση Β).

Μετά την εκτέλεση της γεώτρησης η ποσότητα του ρευστού που ανεβαίνει στην επιφάνεια εξαρτάται από τη διάμετρο της γεώτρησης και από την περατότητα του συλλέκτη. Η ποιότητα του ρευστού που παράγεται εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία του ρευστού μέσα στο συλλέκτη, το βάθος του (που έχει σχέση με την υδροστατική πίεση), η αλμυρότητα του νερού, ο βαθμός περατότητας των στρωμάτων, που μέσα σ'αυτά πραγματοποιείται η εξάτμιση του νερού, και τέλος, η διάμετρος της γεώτρησης.

Οι πολυάριθμοι παράγοντες που παίζουν ρόλο σε κάθε περίπτωση

είναι δύσκολο ή και αδύνατο να ερευνηθούν. Για το λόγο αυτό γενικά περιπλέκεται η θερμοδυναμική μελέτη των γεωθερμικών πεδίων. Αν εξετάσει κανείς το διάγραμμα του Mollier (Σχ. 3), διαπιστώνει ότι η τιμή των 670 cal/gm αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη ενέργεια που είναι σε θέση να έχει μέσα του ο κορεσμένος ατμός και τέτοια πολύ μεγάλη τιμή περιμένουμε στην πίεση των 30 ατμοσφαιρών περίπου. Ο ατμός υπερθερμαίνεται, όταν, διατηρώντας τέτοια τιμή ενθαλπίας, συμβαίνει να βρεθεί σε πίεση κατώτερη από τις 30 ατμόσφαιρες.

Η χημική σύνθεση των γεωθερμικών ρευστών έχει μεγάλη σημασία γιατί απ'αυτή εξαρτιούνται πολλές φορές οι ισορροπίες στο βάθος, αλλά και ο πιο σωστός τρόπος εκμετάλλευσης κάθε γεωθερμικού πεδίου. Η αλμυρότητα του νερού που μένει στο συλλέκτη, ανεβαίνει με εντυπωσιακό τρόπο μετά τη μετατροπή μέρους του ρευστού σε αέριο. Όταν το νερό αυτό παρασύρεται προς τα πάνω από τον ατμό, δημιουργεί συνήθως σοβαρά προβλήματα περιλίθωσης, αλλά και διάβρωσης των σωλήνων. Τα αλμυρά νερά, όταν είναι και ζεστά γίνονται περισσότερο διαβρωτικά και μερικές φορές δημιουργούν και προβλήματα μόλυνσης του περιβάλλοντος. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται μια κατάλληλη γεώτρηση και γίνεται επανέγχυση (re-injection) του γεωθερμικού ρευστού στον συλλέκτη και έτσι, όχι μόνον δεν υπάρχει καμία επίπτωση στο περιβάλλον, αλλά επανατροφοδοτείται και το ρεζερβουάρ και διατηρείται συνεχώς υπό πίεση.

3.3. Πρότυπα μοντέλλα πεδίων χαμηλής ενθαλπίας

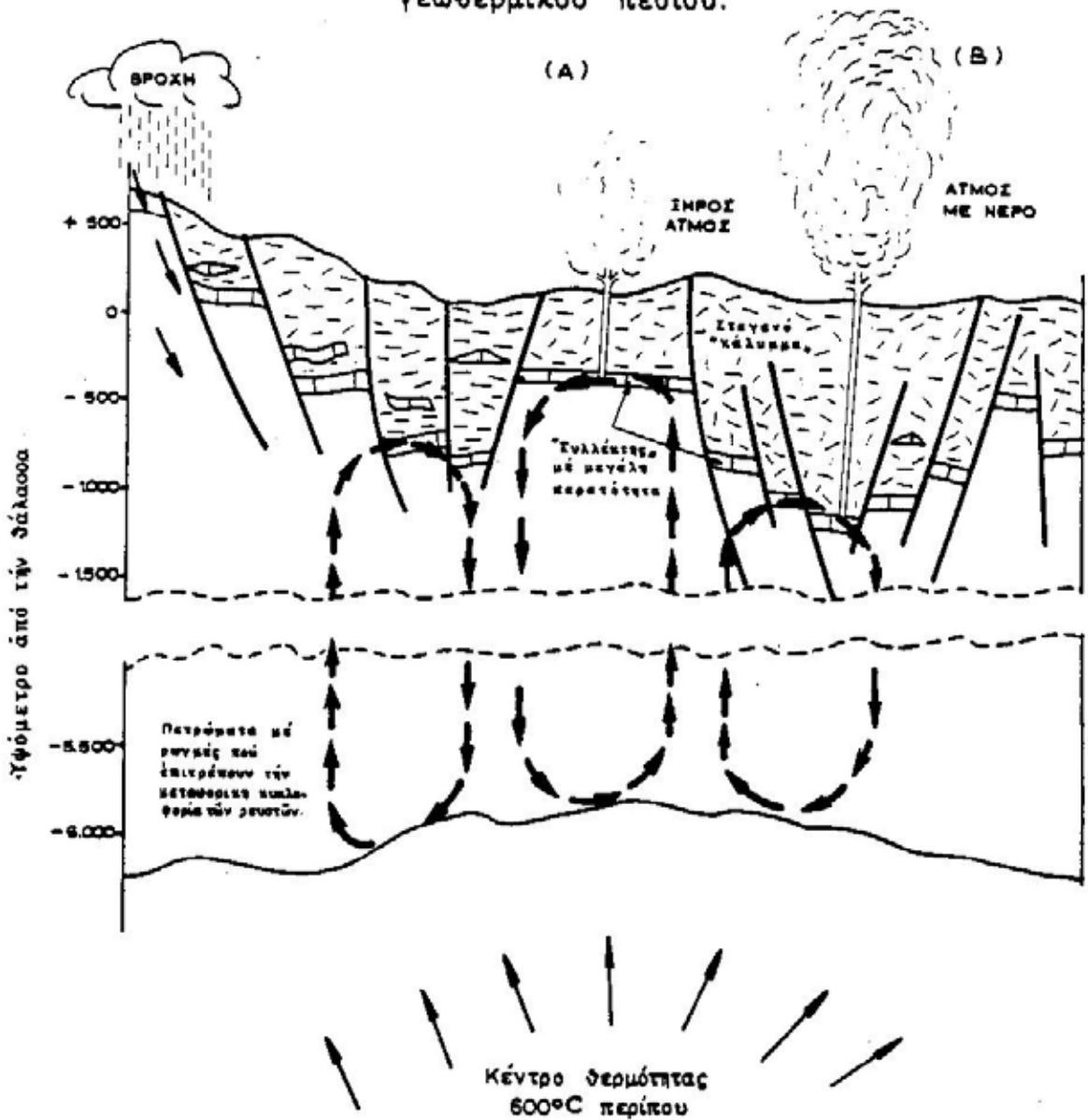
Όταν από τις προηγούμενες συνθήκες λείπει η εστία θερμότητας με τη μορφή λειωμένου μάγματος, τότε η θερμική ανωμαλία είναι πολύ μικρότερη ή και ανύπαρκτη. Έτσι, σε περιοχές π.χ. με εφελκυστικού τύπου τεκτονική που δημιουργούν πρόσφατης ηλικίας λεκάνες, έχουμε μικρή θερμική ανωμαλία εξ αιτίας των "ανοικτών" ρηγμάτων που επιτρέπουν τη σύντομη άνοδο βαθύτερης προέλευσης θερμών ρευστών και τη μεταφορά σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας. Δημιουργούνται έτσι ευνοϊκές σχετικά συνθήκες και εφόσον συντρέχουν και οι υπόλοιποι παράγοντες (κατάλληλος ταμιευτήρας, στεγανό κάλυμμα κ.λπ.) έχουμε γεωθερμικά πεδία χαμηλής και πολλές φορές μέσης ενθαλπίας.

Σε παλλότερες λεκάνες ή άλλες γεωλογικές περιοχές, γεωτεκτονικά σταθερές, με γεωθερμική βαθμίδα κανονική και ανάλογες λοιπές συνθήκες, μπορεί επίσης να εντοπισθούν ταμιευτήρες χαμηλής ενθαλπίας (π.χ. 75° C σε βάθος 1.5-2 Km). Είναι η περίπτωση της λεκάνης των Παρισίων.

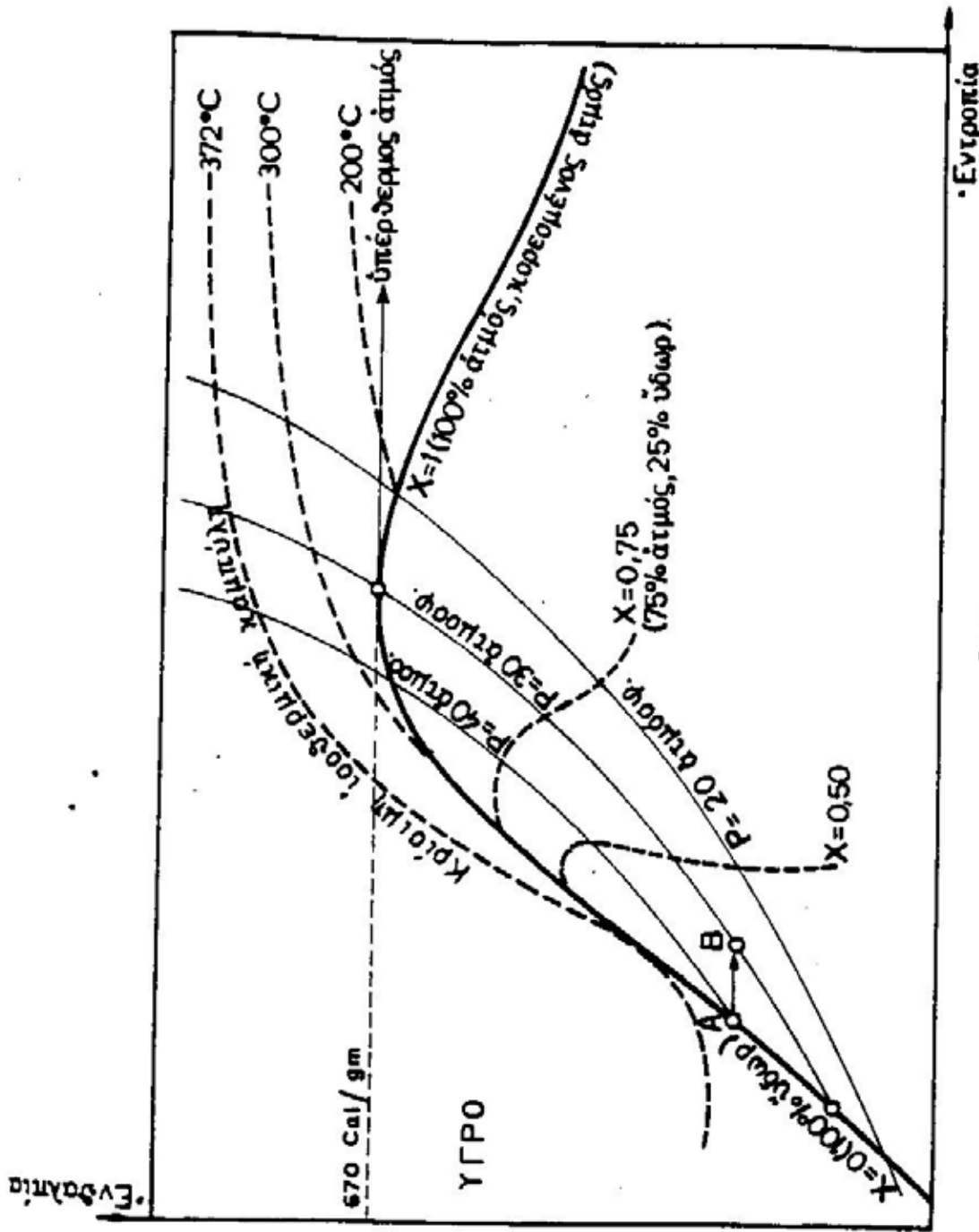
3.4. Περιοχές με υψηλή θερμική ροή στον κόσμο και την Ελλάδα

Όπως αναφέραμε στην εισαγωγή, οι σημαντικότερες περιοχές μεγάλων επαρχιακών θερμικών ανωμαλιών είναι οι περιοχές με πρόσφατη (καινοζωϊκή) ηφαιστειότητα, ουσιαστικά δηλ. οι περιοχές που βρίσκονται στα ηπειρωτικά περιθώρια και τις ωκεάνιες απομακρύνσεις. Οι τελευταίες από τις παραπάνω περιοχές δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για πρακτική εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας, γιατί βρίσκονται συνήθως κάτω από τους ωκεανούς. Αποτελούν εξαίρεση το μεγάλο ηφαιστειακό νησί της Ισλανδίας, που βρίσκεται πάνω στην ωκεάνια ράχη του βόρειου Ατλαντικού και η ταπεινή περιοχή της Δανκαλίας στην ανατολική Αφρική, που αποτελεί τμήμα της ωκεάνιας απομάκρυνσης της Ερυθράς θάλασσας και του Κόλπου του Άντεν. Στην Ισλανδία είναι γνωστό

Σχηματική παράσταση ενός πρότυπου
γεωθερμικού πεδίου.



Σ χ. 2



Σχ. 3

Διάγραμμα Mollier, που συσχετίζει την ένθαλπια και την έντροπία του ύδατος.

Παρατηρείται ότι η εξέλιξη του ρευστού προς την υπέρθερη φάση εξαρτάται από την πίεση (συνεχώς καμπύλες) και την θερμοκρασία (διακεκομμένες καμπύλες). Τα χ έμφερζουν το ποσοστό ατμού σε σχέση με το άλλο βέρος του μίγματος.

ότι εκμεταλλεύονται πολύπλευρα και εντατικά τη γεωθερμική ενέργεια εδώ και πολλά χρόνια (από το 1930) και στη Δανκαλία οι έρευνες βρίσκονται σε προχωρημένο στάδιο με σοβαρότατες πιθανότητες τελικής επιτυχίας.

Το σύνολο σχεδόν των γεωθερμικών περιοχών υψηλής ενθαλπίας της Γης, που η εκμετάλλευσή τους ή η έρευνα βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο, ξαπλώνονται σε περιοχές νησιώτικων τόξων ή πτυχωσιγενών οροσειρών. Οι περιοχές της κατηγορίας αυτής, που χαρακτηρίζονται από υψηλή θερμική ροή, θα μας απασχολήσουν παρακάτω ιδιαίτερα:

Εκτός από τις δυο γενικές περιπτώσεις, που αναφέραμε, υπάρχουν άλλες δυο, που παρουσιάζουν συχνά ενδιαφέρουσα θετική θερμική ανωμαλία: Είναι οι περιοχές των "διογκώσεων" (Swellings) στο εσωτερικό ηπειρωτικών περιοχών και οι περιοχές των ηπειρωτικών βυθισμάτων (Grabens). Στην πρώτη από τις δυο αυτές περιπτώσεις ανήκουν τα γεωθερμικά πεδία της Τοσκάνης - Ιταλίας (Larderello και Monte Amiata) και το πεδίο της κοιλάδας του Μαιάνδρου (περιοχή Kizildere) στη Μ. Ασία. Στην τελευταία, τέλος, περίπτωση ανήκει το γεωθερμικό πεδίο της Ουγγρικής (Παννονικής) ταπεινής περιοχής (λεκάνης).

Από τις παραπάνω τέσσερις περιπτώσεις περιοχών που παρουσιάζουν υψηλή θερμική ροή, θα εξετάσουμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια την περίπτωση των ηφαιστειακών νησιώτικων τόξων, γιατί είναι εκείνη που ενδιαφέρει ιδιαίτερα τον ελληνικό χώρο, αφού εκεί σχηματίζονται πεδία υψηλής ενθαλπίας. Η περίπτωση των εσωτερικών - ηπειρωτικών βυθισμάτων είναι και αυτή θεωρητικά ενδιαφέρουσα για τη χώρα μας, αλλά από γεωθερμική σκοπιά αφορά τη μέση και χαμηλή ενθαλπία.

3.4.1. Θερμική ανωμαλία των νησιώτικων τόξων

Αν και δεν διαθέτουμε ακριβείς και λεπτομερείς μετρήσεις θερμικής ροής για το μεγαλύτερο μέρος των πρόσφατων τόξων του κόσμου, θα επιχειρήσουμε με βάση τις μετρήσεις που έχουμε από μερικά τέτοια τόξα να εξηγήσουμε τις αιτίες που δημιουργούν τις θετικές θερμικές ανωμαλίες.

Όπως αναφέραμε, η κυριότερη διεργασία στις περιοχές πλακών που συγκλίνουν είναι η ολίσηση της ωκεάνιας λιθόσφαιρας κάτω από το νησιώτικο τόξο κατά μήκος του επιπέδου Benioff, που αρχίζει από την ωκεάνια τάφρο. Σε ένα ορισμένο βάθος γίνεται τήξη, που έχει σαν τελικό αποτέλεσμα τη μαζική μετανάστευση θερμότητας προς την επιφάνεια, που διευκολύνεται από την άνοδο μαγμάτων που δημιουργούνται και τις μαγματικές μεταφορικές κινήσεις. Έτσι είναι δυνατό να ξεχωρίσουν τρεις θερμικές ζώνες με τα στοιχεία (α), (β) και (γ) αντίστοιχα, από την τάφρο προς το τόξο. Η πρώτη ζώνη (α) έχει χαμηλή θερμική ροή, γιατί υπάρχουν εκεί πολλά ψυχρά ακόμη ωκεάνια ιζήματα. Η δεύτερη ζώνη (β) έχει ενδιάμεση τιμή θερμικής ροής και αποτελείται ή από ιζήματα, που είχαν συγκεντρωθεί εκεί προηγουμένα, ή από παλιό φλοιό. Η τρίτη ζώνη (γ) χαρακτηρίζεται από υψηλή θερμική ροή, γιατί βρίσκεται πάνω από τις περιοχές που γίνεται η τήξη και δημιουργούνται μάγματα που ανεβαίνουν και φτάνουν σύντομα κοντά ή και πάνω στην επιφάνεια. Έτσι σχηματίζονται τα ηφαιστειακά τόξα και διαδίδεται και στις δύο περιπτώσεις θερμότητα από μεταφορά.

Το πλάτος των τριών ζωνών, που αναφέραμε, δεν είναι σταθερό, γιατί εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από την ταχύτητα της βύθισης. Όταν η ταχύτητα αυτή είναι μεγάλη (της τάξης δηλ. των 8-10 cm το χρόνο), τότε στη ζώνη (α) δημιουργούνται οι συνθήκες που χρειάζονται για να γίνει μεταμόρφωση υψηλής πίεσης και χαμηλής

θερμοκρασίας. Πρόκειται για την περίπτωση των γαλάζιων σχιστολίθων με γλαυκοφανή. Στη ζώνη (β) δεν υπάρχουν πολύ πρόσφατα ωκεάνια ιζήματα και η θερμική ροή είναι κανονική, γιατί αυτή εξαρτάται κύρια από τη ροή, που προέρχεται από βαθύτερα σημεία και κατά δεύτερο λόγο από την κατανομή των ραδιενεργών στοιχείων. Η θερμική ροή μέσα στη ζώνη (β) κυμαίνεται ανάμεσα σε 1 και 2 $\mu\text{cal}/\text{cm}^2.\text{sec}$, ανάλογα με την ποσότητα των ραδιενεργών στοιχείων.

Από τη μερική κυρίως τήξη η θερμική ροή στη ζώνη (γ) είναι υψηλή και ξεπερνά κατά μέσο όρο τα 2,5 $\mu\text{cal}/\text{cm}^2.\text{sec}$. Στη ζώνη αυτή επικρατούν ιδανικές συνθήκες για την πραγματοποίηση μεταμόρφωσης υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής πίεσης (του τύπου ανδολουσίτη - σιλλιμανίτη).

Με βάση πραγματικές μετρήσεις και θεωρητικές σκέψεις οι OXBURGH και TURCOTTE κατασκεύασαν διαγράμματα ροής και βαθμίδας για τις τρεις παραπάνω ζώνες (Σχ. 4) για δύο διαφορετικές τιμές θερμοκρασίας στη βάση του φλοιού και για θερμότητες, που προέρχονται από τη ραδιενέργεια (600 και 850° C και 10^{-7} και 5.25×10^{-6} cal/g. έτος) αντίστοιχα. Στα διαγράμματα αυτά δεν υπολογίστηκε η θερμική αγωγιμότητα των πετρωμάτων. Η κάμψη προς τα πάνω των καμπυλών πραγματοποιείται στη ζώνη (γ), που μέσα της τα μάγματα κρυσταλλώνονται, χάνουν θερμότητα και σταματούν να ανεβαίνουν.

Για να ανακεφαλαιώσουμε: Στην περίπτωση καταβύθισης λιθωσφαιρικής πλάκας δημιουργείται υψηλή, ανώμαλη θερμική ροή (στοιχείο απαραίτητο για τη δημιουργία των γεωθερμικών πεδίων υψηλής ενθαλπίας) μέσα στη ζώνη (γ), σε απόσταση 200-300 χιλιομέτρων από την τάφρο και στην αντίθετη από τον ωκεανό πλευρά. Η απόσταση της ζώνης (γ) από την τάφρο, το βάθος, η ένταση της θερμικής ροής, η σύσταση των μαγμάτων κ.λπ. εξαρτιούνται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η ταχύτητα και η κλίση της βύθισης, η σύσταση των υλικών που λειώνουν, η ραδιενέργεια του φλοιού, η θερμική αγωγιμότητα των υπερκειμένων πετρωμάτων κ.λπ..

3.4.1.1. Η θερμική ανωμαλία της Μήλου και Νισύρου.

Θα επιχειρήσουμε να εφαρμόσουμε τις θέσεις του προηγούμενου κεφαλαίου στη συγκεκριμένη περίπτωση της Μήλου και της Νισύρου.

Όπως αναφέραμε, τα νησιά αυτά ανήκουν στο ηφαιστειακό τόξο (μέτωπο) της μικρής πλάκας του Αιγαίου. Κάτω από την πλάκα αυτή, που κινείται τελευταία με πολύ μικρή ταχύτητα (περίπου 1,6 cm το χρόνο) προς νοτιοδυτικά, βυθίζεται η μεγάλη αφρικανική πλάκα κατά μήκος των σημείων που αντιστοιχούν στην ελληνική τάφρο. Το φαινόμενο αυτό, που έχει ουσιαστικά συμπληρωθεί και έτσι, πολύ πιθανόν, τελειώνει, δημιούργησε εκτός από τα άλλα και το ενεργό ηφαιστειακό τόξο του νότιου Αιγαίου, που τμήματά του είναι και τα νησιώτικα συμπλέγματα Μήλου και Νισύρου, που περιλαμβάνουν αντίστοιχα: Μήλο, Κίμωλο, Πολύαιγο, Αντίμηλο κ.λπ. και τη Νίσυρο, Γυαλί, Παχειά, Στρογγυλή, Περιγούσα και άλλες νησίδες.

Τα νησιά Μήλος και Νίσυρος ανήκουν σήμερα, με βεβαιότητα, στη ζώνη (γ), δηλ. στη ζώνη υψηλής θερμικής ροής. Στο παρελθόν η σημερινή θέση τους πιθανότατα αντιστοιχούσε διαδοχικά στις ζώνες (α) και (β). Η αυξημένη θερμική ροή κατά μήκος του τόξου φαίνεται στο Σχ. 5.

3.4.1.2. Αίτια της θερμικής ανωμαλίας της Μήλου και Νισύρου

Ο κύριος λόγος της υψηλής θερμικής ροής, που παρατηρείται στα νησιά Μήλος και Νίσυρος και πιθανότατα σε άλλα νησιά των

συμπλεγμάτων, αλλά και του τόξου, είναι η ύπαρξη σε μικρά σχετικά βάθη μεγάλων ποσοτήτων μαγμάτων σε κατάσταση κρυστάλλωσης. Τα μάγματα αυτά δημιουργήθηκαν από τη μερική τήξη υλικών σε βάθος μέχρι 180 χιλιόμετρα, που είναι το μεγαλύτερο βάθος του τόπου των σεισμικών εστιών μεγάλου βάθους. Δεν αποκλείεται φυσικά η υψηλή αυτή θερμική ροή να ενισχύεται και από τη ραδιενέργεια του ηπειρωτικού φλοιού.

Η σε μεγάλη έκταση σχετικά υψηλή θερμική ροή, που περιμένει κανείς να συναντήσει στο ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου, δεν είναι ίσως ικανή από μόνη της να δικαιολογήσει την πολύ υψηλή θερμική ροή που πιστεύουμε ότι υπάρχει σε μερικά σημεία του τόξου (όπως π.χ. στην Κεντρική Μήλο και στην καλδέρα της Νισύρου).

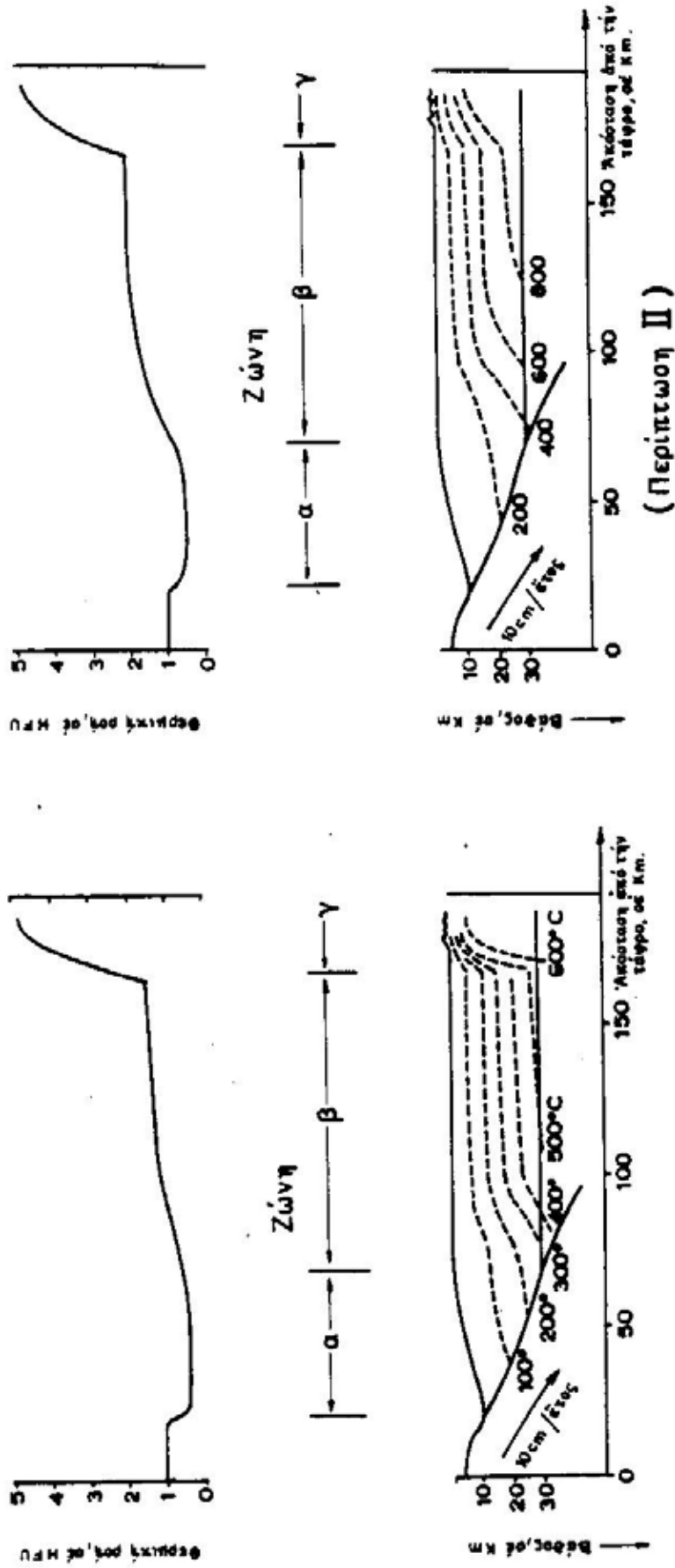
Μια προσεκτική μελέτη των διάφορων τύπων ηφαιστειακών προϊόντων που βρίσκονται σε μια περιοχή είναι ικανή να επιτρέψει τον εντοπισμό του βάθους που παρέμεινε το μάγμα για μεγάλο χρονικό διάστημα και με την παραμονή του αυτή εκεί την παροχή θερμότητας όχι μόνο στα γύρω πετρώματα αλλά και στα ρευστά που κυκλοφορούσαν μέσα σ'αυτά.

Αξιολόγη και σημαντική επιβεβαίωση της υψηλής θερμικής ροής στη Μήλο και Νίσυρο αποτελούν οι πολύ υψηλές τιμές της γεωθερμικής βαθμίδας (Σχ. 6) σε πολυάριθμα σημεία και η παρουσία των φρεατικών κρατήρων που είναι πολύ εντυπωσιακοί, πολύ πρόσφατοι έως ιστορικοί και με διάμετρο που φτάνει μέχρι και τα 600 μέτρα.

3.4.1.3. Συνέπειες της θερμικής ανωμαλίας.

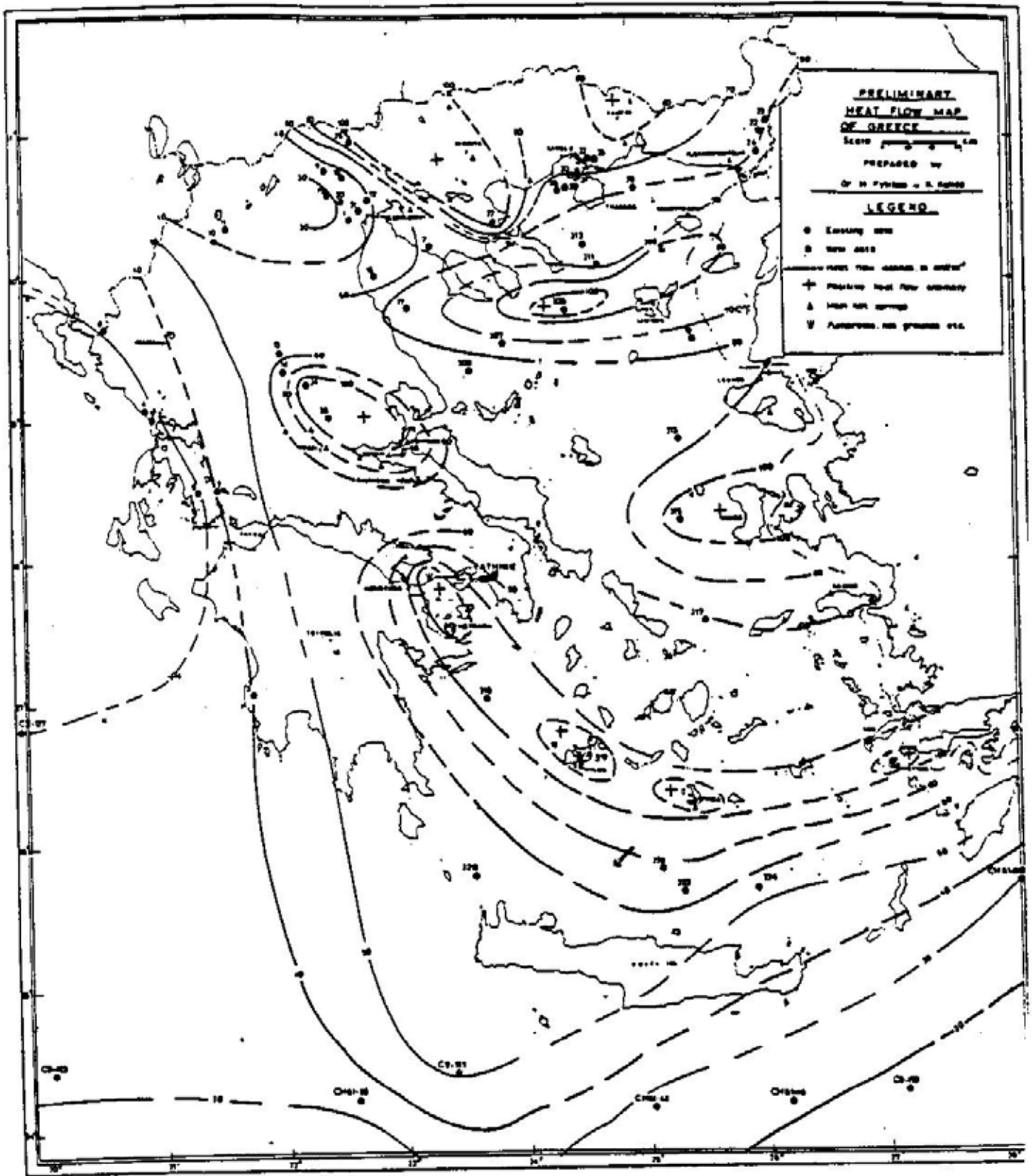
Η άνοδος των μαγμάτων από το μανδύα στις επιφανειακές θέσεις του φλοιού προξένησε, εκτός από την πρόσφατη ηφαιστειότητα στα νησιωτικά συμπλέγματα Μήλου και Νισύρου και διάφορα πρόσφατα και αυτά, φαινόμενα, που οφείλονται στην υδροθερμική δράση των θερμών ρευστών. Τα ρευστά αυτά θερμάνθηκαν κατά κύριο λόγο από την άμεση επαφή του νερού, που έχει μετεωρική ή θαλασσινή προέλευση, με τα πετρώματα μέσα στα οποία κυκλοφορεί και που βρίσκονται πάνω από το μαγματικό θάλαμο.

Τα φαινόμενα, που πραγματοποιήθηκαν σαν αποτέλεσμα της δραστηριότητας των υδροθερμικών ρευστών είναι πολυάριθμες φρεατικές εκρήξεις, μεγάλης έκτασης μπεντονιτίωση και καολινιτίωση των ηφαιστιτών, σχηματισμός υδροθερμικών ορυκτών (βαρύτη, θείου, πυριτικών, αλουμίτη, μαγγανίου, γαληνίτη κ.λπ.). Είναι φανερό ότι η μελέτη των υδροθερμικών φαινομένων, που είναι σύγχρονα ή μεταγενέστερα από την ηφαιστειακή δράση, παρουσιάζει ενδιαφέρον για τη γεωθερμική έρευνα.



Σχ. 4.

Κατανομή των θερμοκρασιών μέσα στο φλοιό και επιφανειακή θερμική ροή για χαμηλή (περίπτωση Ι) και υψηλή (περίπτωση ΙΙ) περιεκτικότητα σε ραδιενεργά στοιχεία (10^{-7} cal/g. έτος) και φηλή (περίπτωση ΙΙ) περιεκτικότητα σε ραδιενεργά στοιχεία (5.25×10^{-6} cal/g. έτος). (OXBOURGH et al., 1971).



Σχ. 5. Προκαταρκτικός χάρτης θερμικής ροής Ελλάδας, σε mWm^{-2} .

3.4.2. Οπισθότοξες περιοχές.

Όταν απομακρυνθούμε από την περιοχή του ηφαιστειακού νησιωτικού τόξου, που έχει ένα εύρος 30-40 Km, και με κατεύθυνση προς τα πίσω (δηλ. προς το Κεντρικό Αιγαίο), έχουμε διαφορετικές τεκτονικές συνθήκες.

Η εφελκυστικού τύπου τεκτονική κυριαρχεί, πιθανόν σαν αντίδραση της συμπιεστικής τεκτονικής της περιοχής κοντά στη σύγκλιση των πλακών (περιοχή νότιας Κρήτης και Λυβικού) και αυτό δημιουργεί ευνοϊκές γεωθερμικές συνθήκες.

Ως γνωστό, η εφελκυστική τεκτονική προκαλεί τη δημιουργία μεγάλων και βαθειών ρηγμάτων που είναι συνήθως φορείς ανερχομένων θερμών ρευστών, τα οποία έτσι μεταφέρουν στην επιφάνεια ή κοντά σ'αυτή μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας και δημιουργούν αξιόλογες γεωθερμικές ανωμαλίες.

Τα βαθειά αυτά ρήγματα προκαλούν καταβυθίσεις και δημιουργούν συνήθως τεκτονικά βυθίσματα (grabens) που ευνοούν τη δημιουργία γεωθερμικών πεδίων όταν δεν βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η ύπαρξη θερμικής ανωμαλίας στην περιοχή του Κεντρικού και Βόρειου Αιγαίου ως και τις πλησίον ηπειρωτικές περιοχές διαπιστώθηκε και από μετρήσεις της θερμικής ροής κάτω από το βυθό της θάλασσας, αλλά και σε κοντινές ηπειρωτικές ή νησιωτικές περιοχές.

Η ανωμαλία αυτή δικαιολογείται και από την πιθανή εκλέπτυνση του φλοιού της Γης που πιθανολογείται από σχετικές βαρυτομετρικές μετρήσεις που έγιναν στον ευρύτερο χώρο.

Οι θερμικές ανωμαλίες φαίνεται να είναι τονισμένες και κατά μήκος μεγάλων ρηγμάτων σαν αυτό π.χ. που αποτελεί την προέκταση του τεράστιου ρήγματος της Ανατολίας που διασχίζει όλη τη βόρεια Τουρκία, εισέρχεται στο Αιγαίο στον κόλπο της Ταρσού και περνώντας μεταξύ Σαμοθράκης και Λήμνου καταλήγει στην κοιλάδα του Σπερχειού.

Οι περιοχές των τριτογενών και τέταρτογενών τεκτονικών βυθισμάτων με έντονη και συνήθως ενεργό τεκτονική εφελκυστικού τύπου έχουν ιδιαίτερο γεωθερμικό ενδιαφέρον. Η συνήθης γεωθερμική ανωμαλία που παρατηρείται σ αυτές, σε συνδυασμό με την ύπαρξη καλών υδροφόρων οριζόντων κυρίως στη βάση των νεότερων ιζημάτων και το επάνω τμήμα του μεταμορφωμένου ή μεσοζωϊκής ηλικίας υποβάθρου, ως επίσης και καλών στεγανών σχηματισμών πάνω από αυτούς, έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία γεωθερμικών πεδίων χαμηλής και μέσης ενθαλπίας με πολύ καλούς οικονομικούς όρους.

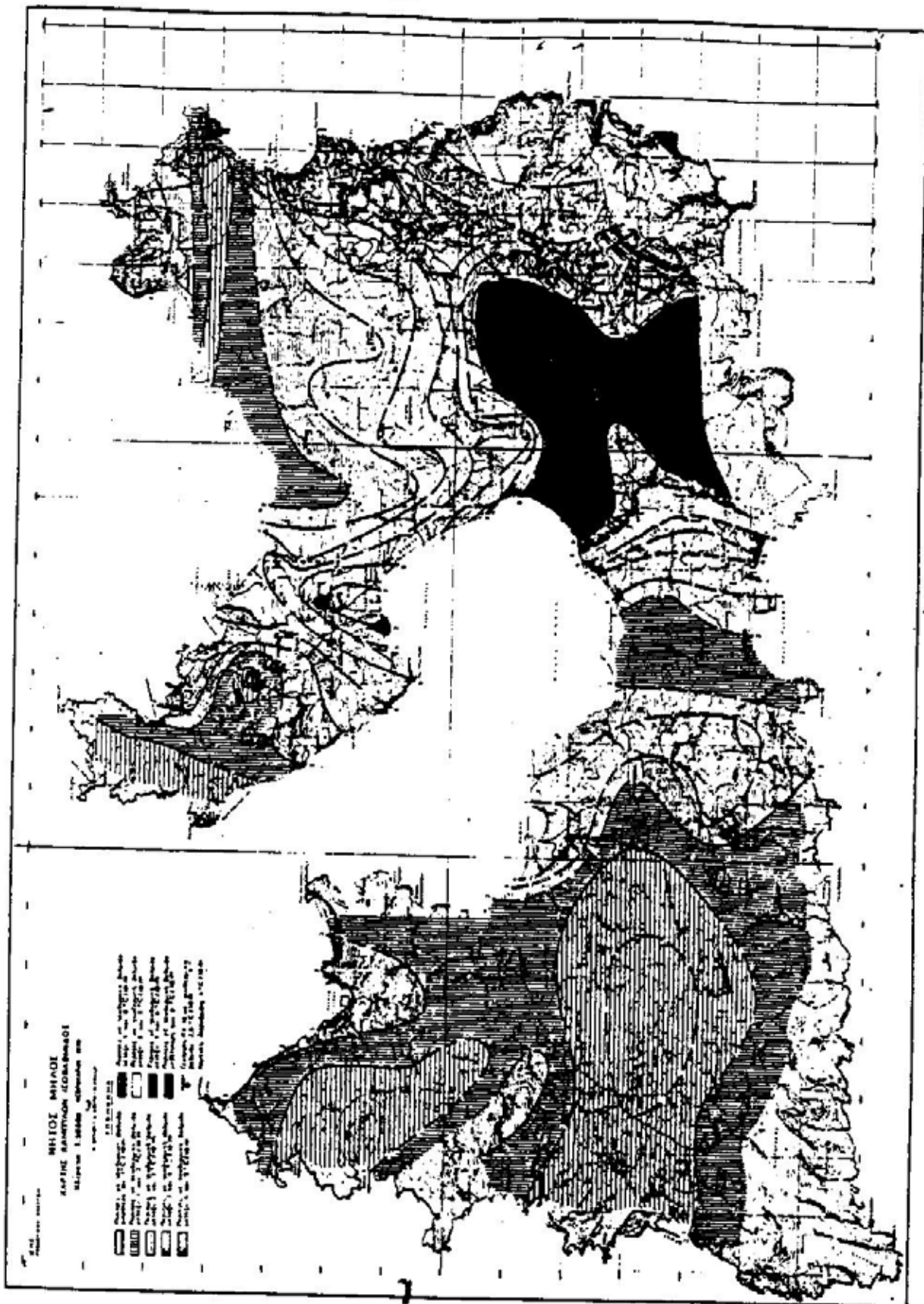
Τέτοια βυθίσματα, με εντοπισμένα γεωθερμικά πεδία στη χώρα μας υπάρχουν ήδη στη Θράκη, Ανατολική και Κεντρική Μακεδονία, Θεσσαλία, αλλά και σε νησιωτικές περιοχές, όπως στη Λέσβο, Χίο, Σαμοθράκη κ.ά..

3.4.3. Περιοχές με όξινο πλουτώνιο μαγματισμό.

Οι περιοχές με επιφανειακό ή υπόγειο όξινο πλουτώνιο μαγματισμό, οποιασδήποτε ηλικίας, παρουσιάζουν γενικά κάποια θερμική ανωμαλία, εξ αιτίας της αυξημένης παρουσίας ραδιενεργών ορυκτών στη σύσταση των πετρωμάτων.

Όταν υπάρχουν πάνω από τα πλουτώνια πετρώματα οι υπόλοιπες ευνοϊκές συνθήκες (σχηματισμός με καλή υδροφορία και στεγανό κάλυμμα πάνω από αυτόν) δημιουργούνται ενδιαφέροντα γεωθερμικά πεδία χαμηλής και μέσης πιθανόν ενθαλπίας.

Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν οι παραπάνω συνθήκες, τα όξινα πλουτώνια μπορεί μελλοντικά να αποτελέσουν στόχους γεωθερμικών γεωτρήσεων του τύπου "θερμών ξηρών πετρωμάτων" (Σχ. 7).



Σχ. 6. Χάρτης καμπυλών ισοβαθμίδας μήλου και θέσεις βαθειών παραγωγικών γεωτρήσεων. Οι τιμές της γεωθερμικής βαθμίδας δίνονται σε $^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ (η μέση γήινη είναι $0,3^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$).

3.4.4. Περιοχές με ευνοϊκές "καλυμμένες" τεκτονικές δομές.

Στις ζώνες με έντονη τεκτονική ρημάτων, όπως συμβαίνει σε πολλές ελληνικές περιοχές, είναι πολλές φορές δυνατόν να βρεθούν ευνοϊκές, σχετικά ανυψωμένες δομές μεσοζωικών ή παλαιοζωικών σχηματισμών που σήμερα καλύπτονται από νεογενή ή τεταρτογενή ιζήματα. Τα τελευταία έχουν συνήθως σημαντικού πάχους στεγανά στρώματα και αποτελούν έτσι πολύ καλό "καπάκι" των γεωθερμικών ρευστών.

Σε σχηματισμούς καλής υδροπερατότητας, όπως είναι οι καρστικοποιημένοι και διαρρηγμένοι ασβεστόλιθοι κ.λπ., σχηματίζονται με την ευκολία κυκλοφορίας των υπόγειων ρευστών, συνήθως ρεύματα μεταφοράς θερμότητας που εξισώνουν ουσιαστικά τις θερμοκρασίες μέσα σ'αυτούς. Έτσι, τα "υψηλά" σημεία των σχηματισμών αυτών αποτελούν ευνοϊκές περιοχές σχηματισμού γεωθερμικών πεδίων, αφού τα ρευστά έχουν σχετικά μεγάλες θερμοκρασίες σε μικρά βάθη (Σχ. 8).

Είναι δύσκολο βέβαια να προσδιοριστούν από την επιφάνεια τέτοιες δομές και ευνοϊκές συνθήκες χωρίς την συνδρομή βαθειών γεωτρήσεων που γίνονται πολλές φορές για αναζήτηση πετρελαίου, νερών ή για μεταλλευτικούς λόγους. Στον εντοπισμό τους επίσης μπορεί να συμβάλλουν αποφασιστικά τα γεωφυσικά στοιχεία, μετρήσεις θερμικής ροής ή θερμοκρασιών κ.λπ..

Στον ελληνικό χώρο έχουν εντοπισθεί τέτοιες περιοχές. Η πιο χαρακτηριστική είναι αυτή στη λεκάνη του Δέλτα Νέστου, όπου προσδιορίσθηκε ένα πολύ ενδιαφέρον γεωθερμικό πεδίο κοντά στο Ερατεινό Καβάλας.

3.4.5. Περιοχές μεγάλων ρημάτων ή ευνοϊκών σημείων.

Τα μεγάλα και βαθιά κανονικά ρήγματα που αφορούν σχηματισμούς μάλλον άκαμπτους (όχι πλαστικούς) κόβουν πολλές φορές βαθείς και επομένως θερμούς υδροφόρους.

Τα ρευστά εκεί εξ αιτίας της υδροστατικής πίεσης, αλλά κυρίως της θερμοκρασίας τους που τα κάνει ελαφρύτερα και των αερίων που περιέχουν, τείνουν να ανέβουν προς την επιφάνεια. Εάν η τεκτονική, αλλά και η όλη γεωμετρία του ρήματος και των δορυφόρων του αφήνουν ανοικτή τη δίοδο, επιτρέπουν την άνοδο των γεωθερμικών ρευστών, που πολλές φορές σχηματίζουν θερμές πηγές. Τις περισσότερες όμως φορές τα ρευστά δεν καταφέρνουν να φθάσουν μέχρι την επιφάνεια, εγκλωβίζονται κοντά σ'αυτήν και σχηματίζουν γεωθερμικά πεδία στην περιοχή των ρημάτων ή πολύ κοντά σ'αυτή.

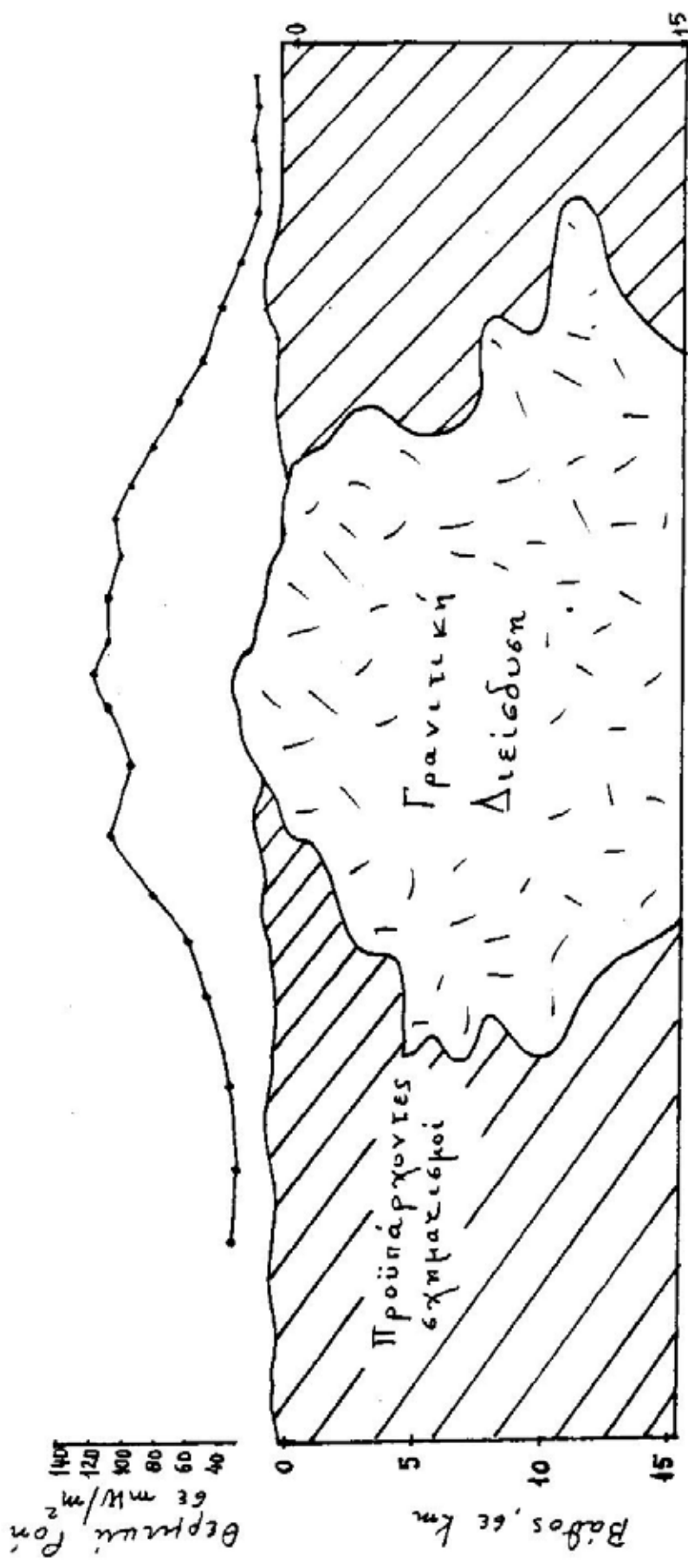
Υπάρχουν πολλά γεωθερμικά πεδία αυτού του είδους με πιο χαρακτηριστικά αυτά που συνδέονται με το ενεργό ρήγμα των λιμνών Λαγκαδά και Βόλβης.

Τα "σημεία" στα οποία υπάρχουν διασταυρώσεις ρημάτων ή άλλες ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες επιτρέπουν επίσης την άνοδο σημαντικών ποσοτήτων θερμών ρευστών και μπορεί να αποτελέσουν περιορισμένης έκτασης, αλλά ικανοποιητικής καμιά φορά παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας σε μικρά βάθη.

3.5. Περιοχές λιγότερο ευνοϊκές

Οι περιοχές με χαμηλές τιμές θερμικής ροής, όπως είναι π.χ. αυτές της δυτικής Ελλάδας, είναι λιγότερο ευνοϊκές από γεωθερμική άποψη.

Δεν αποκλείεται βέβαια ούτε σ'αυτές να βρεθούν επί μέρους περιοχές με ευνοϊκές γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες (ήδη έχουν εντοπισθεί κάποιες τέτοιες περιοχές) οπωσδήποτε όμως οι



Σχ. 7. Γρανιτική διείσδυση και θερμική ροή, που φθάνει μέχρι και 120 αντε της κανονικής τιμής των 50 μWm^{-2} .

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