

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΑ ΒΟΡΕΙΑ ΠΑΡΑΛΙΑ ΤΗΣ Ν. ΚΡΗΤΗΣ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ

Π. Ι. Τσόμπος*

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Οι θέσεις ανάβλυσης και εκροής γλυκών υδάτων στη θάλασσα των βορείων παραλίων της Ν. Κρήτης, καθώς και οι γραμμικές θερμικές ανωμαλίες που αναγνωρίστηκαν στα θερμογραφήματα της θερμικής υπέρυθρης αεροφωτογράφισης, συσχετιζόμενες με τις "ζώνες" τεκτονικών ασυνεχειών που προέρχονται από τη γραμμική ανάλυση των τεκτονικών δομών σε αεροφωτογραφίες κλίμακας 1 : 30.000, προσδιορίζουν διόδους μετακίνησης γλυκών υδάτων. Οι ζώνες αυτές, που πιστοποιήθηκαν και στο έδαφος, διασχίζουν σταθερά τις πετρολογικές ενότητες της περιοχής ερευνών και βοηθούν στην κατανόηση των υδρολογικών συνθηκών της.

Με την εφαρμογή της μεθόδου αυτής, δύνανται να καθοριστούν περιοχές για ειδικές υδρογεωλογικές έρευνες.

A B S T R A C T

The ground water outflow locations in sea coastal environment, of the Northern coastline on the Crete island, are compared with the linear thermal anomalies of the near coastline area, as well as the results of the lineaments analysis on airphotographs of 1:30,000 scale. The outflow locations, as well as, the linear thermal anomalies are determined with the aid of thermal infrared airphotos, in correlation with the zones of structural discontinuities, identify linear underground water channel movements. These zones are recognized as photolineaments on the airphotos and by field observations, and they are persistent in all petrological formations.

The application of this method can be employed in selecting favourable areas for hydrogeological investigations.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Την 5η και 6η Απριλίου έγινε η θερμική υπέρυθρη αεροφωτογράφιση των βορείων παραλίων της Ν. Κρήτης η οποία επανλήφθηκε το 1987, στα πλαίσια της υπέρυ-

Dr. P. I. TSOMBOS. Hydrogeological investigations at the north coast of the Crete island with the aid of thermal infrared airphotography.

*I.G.M.E., Direction of General Geology and Geological Mapping, Dpt. Photogeology and Remote Sensing, Messoghion str. 70, 11527, Athens GREECE

θρης αεροφωτογράφησης των παράλιων περιοχών ολόκληρου της νήσου. Τα στοιχεία που προέκυψαν από την ανάλυση των θερμογραφημάτων (ΤΣΟΜΠΟΣ 1987), συμπληρώθηκαν με τα στοιχεία της ανάλυσης των θερμογραφημάτων του 1987, για τη περιοχή μεταξύ των πόλεων Ρεθύμνης και Ηρακλείου. Η περιοχή αυτή επιλέχτηκε σαν πειραματική περιοχή εφαρμογής υδρογεωλογικών ερευνών με την υποστήριξη μεθόδων τηλεπισκόπησης, επειδή παρουσιάζει μεγάλο υδρολογικό ενδιαφέρον και επειδή υπάρχουν αρκετά υδρογεωλογικά στοιχεία από παρατηρήσεις προηγούμενων ερευνών. Επιπλέον η αραιή βλάστηση και φυτοκάλυψη των κατ'έξοχήν ασβεστολιθικών πετρωμάτων της περιοχής αυτής, δίνει την ευκαιρία για συγκριτικές μελέτες του επιφανειακού ρηξιγενούς τεκτονικού δικτύου, με σχετικά υπόγεια δίκτυα τα οποία χρησιμεύουν και για την μετακίνηση των υδάτινων μαζών.

Η εποχή της υπέρυθρης αεροφωτογράφησης καθορίστηκε για τους μήνες Απρίλιο-Μάιο, επειδή οι θερμικές πηγές γενικά, υποθαλάσσιες και μή, βρίσκονται στο μέγιστο της παροχής τους από γλυκά νερά που συλλέχθηκαν τους χειμερινούς μήνες. Επιπλέον διότι οι αμφίδρομες υποθαλάσσιες πηγές (εσταβέλλες) την εποχή αυτή εκφορτίζουν γλυκά νερά, λόγω της μεγαλύτερης υδροστατικής πίεσής τους και επειδή οι καιρικές συνθήκες την εποχή αυτή είναι καλές και σταθερές, συνθήκη που είναι απαραίτητη για όλη την διάρκεια της αεροφωτογράφησης. Στο σημείο αυτό αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω το Γενικό Επιτελείο Αεροπορίας, το οποίο πραγματοποίησε με ιδιαίτερη ευαισθησία και προσπάθεια τις νυκτερινές και πρωινές πτήσεις, τηρώντας όσο ήταν δυνατόν τους περιοριστικούς όρους χρόνου, ύψους και ταχύτητας των πτήσεων, καθώς και τους συναδέλφους του Παραρτήματος Ι.Γ.Μ.Ε. Κρήτης, για την επίπονη εκτέλεση του έργου των θερμομετρήσεων πηγαίων και θαλάσσιων υδάτων.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ-ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ-ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΩΝ

Η περιοχή εργασιών, περιορίζεται σε τμήμα της περιοχής που καλύφθηκε με τα θερμογραφήματα και βρίσκεται στα βόρεια παράλια της Ν. Κρήτης (Σχ. 1).

Μορφολογικά, η περιοχή ερευνών περιλαμβάνει το βόρειο τμήμα των Τάλεων ορέων, το οποίο αποτελείται από μία σειρά υψωμάτων που αναπτύσσονται απότομα κατά μήκος της ακτής και έχουν μέσο ύψος 500 περίπου μέτρα. Αμέσως νοτιότερα και πριν τη μεγάλη σειρά με τις καρστικές ουβάλες και πόλγιες που βρίσκονται στην νοητή γραμμή των πόλεων Πέραμα-Δραμαστά-Μάραθος-Ηράκλειο, υπάρχει μία δεύτερη σειρά ορεινών υψωμάτων με υψόμετρο που κυμαίνεται από 200-1000 μέτρα περίπου.

Γεωλογικά, όπως φαίνεται και στον ενδεικτικό Χάρτη του Σχ. 2., η περιοχή αποτελείται από φυλλιτικά, ασβεστολιθικά και νεογενή πετρώματα. Ο JACOBSSHAGEN (1986) αναλύει λεπτομερώς την γεωλογική δομή της νήσου και ειδικά των Τάλεων ορέων.



Σχ.1.: Περιοχή εργασιών
Fig.1.: Investigation area



Σχ.2.: Ενδεικτικός γεωλογικός Χάρτης της περιοχής ερευνών
Fig.2.: Simplified geological map of the investigation area

Η ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΩΝ

Ο κύριος στόχος των ερευνών ήταν ο εντοπισμός θέσεων ανάβλυσης γλυκών υδάτων σε θαλάσσιο περιβάλλον. Για το λόγο αυτό έγιναν θερμομετρήσεις με συμβατικά θερμόμετρα σε θαλάσσια και πηγαία ύδατα καθώς και γνωστές παράκτιες θέσεις ανάβλυσης. Έτσι έγινε δυνατή η συλλογή συγκριτικών θερμομετρήσεων των στοιχείων που επηρεάζονται διαφορετικά από τη θερμοκρασία και αποτυπώνονται με διαφορετικό τόνο

κατά την θερμική υπέρυθρη αεροφωτογράφιση. Ακόμα κατά τη διάρκεια της αεροφωτογράφισης θερμομετρήθηκε ο αέρας σε ύψος 1 μέτρο και το έδαφος σε βάθος 20 εκ. σε 9 διαφορετικές παράκτιες θέσεις.

Η μέση θερμοκρασία όλων των θέσεων είναι :

Αέρας 13,81° 10,47°

Έδαφος 20,00° 13,69°

Θάλασσα 16,37° την ημέρα 15,76° τη νύκτα

Οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες της θάλασσας οφείλονται στο γεγονός ότι οι θέσεις θερμομέτρησης είχαν επιλεγθεί κοντά σε γνωστές παράκτιες θέσεις ανάβλυσης. Έτσι οι θερμοκρασίες αυτές, πρέπει να είναι θερμοκρασίες γλυκών και θαλάσσιων υδάτων αμέσως μετά την πρόσμιξή τους. Μπορούμε λοιπόν να θεωρήσουμε ότι οι θερμοκρασίες των θαλάσσιων υδάτων είναι υψηλότερη από αυτή που αναφέρεται ως θερμοκρασία θαλάσσης κατά τη διάρκεια της υπέρυθρης αεροφωτογράφισης της περιοχής.

Το παράρτημα Ι.Γ.Μ.Ε. Κρήτης, στα πλαίσια των εργασιών του, απογράφει και τις θερμοκρασίες πηγών, γεωτρήσεων θάλασσας και γνωστών αναβλύσεων σε τακτά διαστήματα όλο τον χρόνο. Οι θέσεις, όπου καταμετρούνται οι θερμοκρασίες για τη περιοχή που καλύφθηκε από την αεροφωτογράφιση, φαίνονται στο (Σχ. 3). Έτσι έγινε δυνατή η σχεδίαση των καμπυλών θερμοκρασίας των πηγών (Π) και των καμπύλων της θερμοκρασίας των θαλάσσιων υδάτων (Θ) για την περιοχή αυτή όπως φαίνονται στο (Σχ.4).

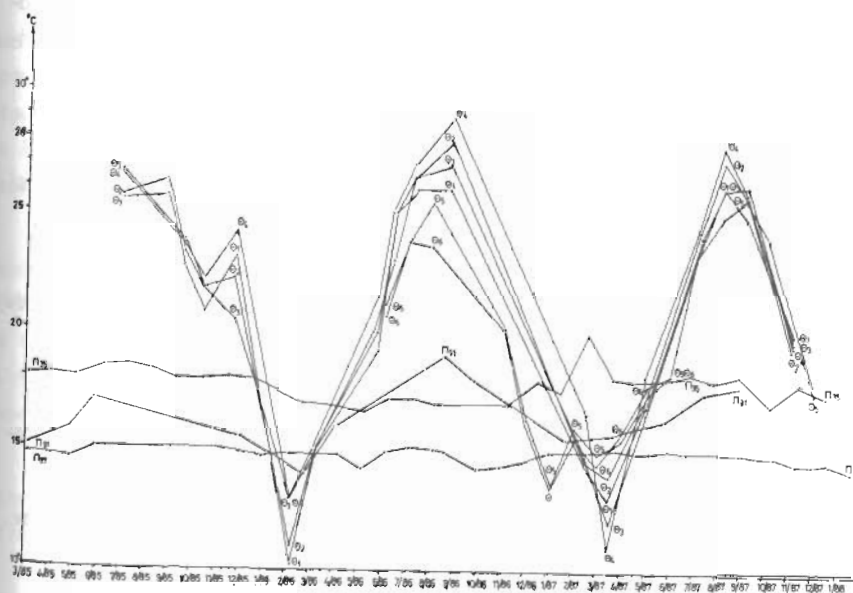
Από το Σχήμα 4 φαίνεται ότι οι θερμοκρασίες των πηγαίων υδάτων κυμαίνονται στη διάρκεια ενός έτους από 15°- 18°C και αυτές των θαλάσσιων υδάτων από 27° τους καλοκαιρινούς μήνες έως 10° τους χειμερινούς. Για το χρονικό διάστημα της άνοιξης, π.χ. τον Απρίλιο - που είναι και η εποχή της υπέρυθρης αεροφωτογράφισης, οι θερμοκρασίες των θαλάσσιων υδάτων κυμαίνονται από 18,5° έως 23°C με μέση θερμοκρασία τους 21°C.

ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Η μέθοδος της θερμογραφίας ή θερμικής σάρωσης (thermal scanning) εφαρμόζεται στην αποτύπωση γεωλογικών σχηματισμών και η λύση υδρογεωλογικών προβλημάτων με μεγάλη επιτυχία τα τελευταία χρόνια MILANOVIC, P. (1981). Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε ταχύτατα και η ανάπτυξη αυτή οφείλεται κυρίως στα πολύ καλά αποτελέσματά τους κατά την χρησιμοποίησή τους για στρατιωτικούς σκοπούς. Αυτή δύναται να εφαρμοστεί από αεροπλάνα και δορυφόρους και βασίζεται στην καταγραφή της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το έδαφος. Παρόλη τη δυσμενή επίδραση της εκλεκτικής απορρόφησης από την ατμόσφαιρα, ακτινοβολιών ορισμένου μή-



Σχ. 3.: Θέσεις μέτρησης θερμοκρασίας των Πηγών (Π) και θαλάσσιων υδάτων (Θ).
Fig.3.: Locations of Temperature measurements of Springs and Seawater.



Σχ. 4.: Καμπύλες θερμοκρασιών Πηγαίων (Π) και θαλάσσιων υδάτων (Θ).
Fig.4.: Temperature curves of Springs (Π) and Seawater (Θ).

κούς κύματος, έχουν εντοπιστεί ζώνες μήκους κύματος (ατμοσφαιρικά παράθυρα), που σε σχέση με τη διάδοση παρουσιάζουν μικρότερη απορρόφηση ακτινοβολίας και έτσι κάνουν δυνατή την τηλεκαταγραφή των υπέρυθρων ακτίνων που εκπέμπονται από το έδαφος.

Η θερμική υπέρυθη αεροφωτογράφιση των παραλίων της Ν. Κρήτης πραγματοποιήθηκε από ένα αεροσκάφος της Ελληνικής Αεροπορίας τύπου PHANTOM II της MCDONNELL. Ο θερμικός ανιχνευτής (Ir Scanner) που χρησιμοποιήθηκε για την υπέρυθη αεροφωτογράφιση των παραλίων της Ν. Κρήτης, είναι ο AN/AAO-5 της HONEYWELL. Αυτός ο θερμικός ανιχνευτής έχει θερμική διακριτικότητα 1° ανά 1.500 μέτρα ύψους πτήσης του αεροπλάνου και διακριτικότητα ανά διαστήματα 24 γραμμές ανά χιλιοστό. Το φίλμ στο οποίο έγινε καταγραφή είναι της KODAK-RAR-24-29 και η αεροφωτογράφιση έγινε με γωνία λήψης 60° . Η περιοχή ερευνών καλύφθηκε από παράλληλες πτήσεις, οι οποίες την "σάρωσαν" σε παράλληλες ζώνες.

Συγχρόνως με τα θερμογραφήματα έγινε και η αεροφωτογράφιση της περιοχής στο ορατό διάστημα του φάσματος την 5.4.85 και ώρα 9.00 - 10.00 π.μ. Η υπέρυθη αεροφωτογράφιση της πτήσης της 5.4.85 πραγματοποιήθηκε από 20.30 - 21.00 ώρα και αυτή της 6.4.85 από 5.30 - 6.00 ώρα. Και τις δύο ημέρες η αεροφωτογράφιση έγινε από ύψος 2.300 μέτρων (7.000 πόδια) η εδαφική κάλυψη κατά πλάτος ήταν 3.700 μέτρα και η κλίμακα των τελικών προϊόντων 1 : 20.000. Οι πτήσεις του 1987 έγιναν σε ύψος 7.500 πόδιών και γενικά η θερμική διακριτικότητα των θερμογραφημάτων κυμαίνεται από $1,5^\circ$ - $2,0^\circ$ C. Η διακριτικότητα αυτή φαίνεται να είναι οριακή για την αναγνώριση θερμικών ανωμαλιών του μεγέθους που απαιτεί η προκείμενη έρευνα.

Τα θερμογραφήματα που καλύπτουν την περιοχή ερευνών, ερμηνεύτηκαν οπτικά. Έτσι μπόρεσαν να αναγνωριστούν, να χαρακτηρισθούν και να τοποθετηθούν σε τοπογραφικά φύλλα κλίμακας 1 : 50.000 θέσεις θερμικών ανωμαλιών.

Οι θερμικές αυτές ανωμαλίες διακρίνονται :

- α) Σε παραθαλάσσιες ή υποθαλάσσιες εκφορτίσεις γλυκών υδάτων που προέρχονται από υδροφόρους ορίζοντες ή τεκτονικές ασυνέχειές τους.
- β) Σε εκχύσεις (εισροές) ποταμών ή παραποτάμων σε θαλάσσιο περιβάλλον.
- γ) Γραμμικές θερμικές ανωμαλίες στην ενδοχώρα που καλύπτεται από τα θερμογραφήματα.

Η θάλασσα παρουσιάζεται στα θερμογραφήματα ανοιχτόχρωμη σε σχέση με την επιφάνεια που καλύπτεται από τη γη. Η διαφορά στον τόνο του τεφρού χρώματος της

θάλασσας βρίσκεται σε σχέση με το μέγεθος της επιφάνειας που καλύπτει τη γη σε κάθε τμήμα της εικόνας. Αυτό οφείλεται πιθανόν στον αυτόματο ρυθμιστή κέρδους που είναι συνήθως ενσωματωμένος σε θερμικούς ανιχνευτές του τύπου AN/AAO5 της HONEYWELL. Το γεγονός αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την σύγκριση της θαλάσσιας θερμοκρασίας σε διαφορετικές θέσεις, που πρέπει να θεωρηθεί ομοιόμορφη.

Τα ενδεικτικά παραδείγματα των Εικόνων του Σχήματος 5 είναι τμήματα των θερμογραφημάτων της ημερήσιας Α και νυκτερινής Β πτήσης της περιοχής Μπαλί.

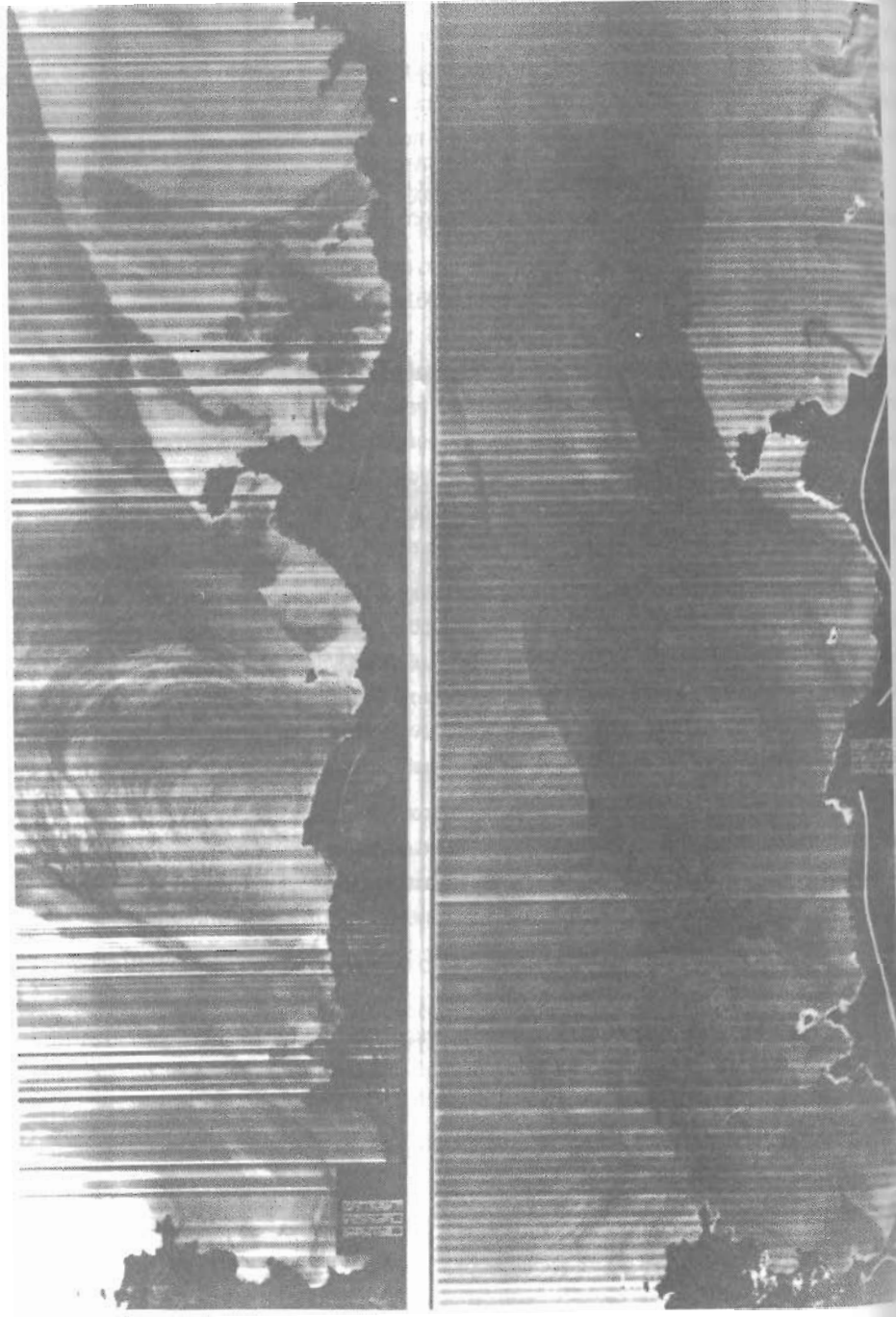
Οι εκχύσεις των ποταμών ή γενικά επιφανειακών γλυκών υδάτων στη θάλασσα διακρίνονται κατά την είσοδό τους στη θάλασσα από την διαφορά γκριζότητας των ψυχρότερων γλυκών υδάτων (σκουρόχρωμα) και των θερμότερων θαλάσσιων υδάτων (ανοιχτόχρωμα). Ο ρούς τους στην ενδοχώρα, διακρίνεται από τον ανοιχτό γκριζό τόνο τους σε σχέση με το σκουρόχρωμο ψυχρότερο περιβάλλον της γής ή τις ψυχρότερες συσσωρεύσεις στρωμάτων αέρα σε μορφολογικά έγκοιλα του υδρογραφικού δικτύου. Σε ορισμένες θέσεις όπου δεν ήταν δυνατό να αναγνωριστούν θερμικές διαφορές στην γήινη επιφάνεια έγινε σύγκριση των θέσεων αυτών με τους τοπογραφικούς χάρτες της περιοχής και εξετάστηκε η περίπτωση της σύμπτωσής τους με υποθαλάσσιες αναβλύσεις.

Οι παραθαλάσσιες ή υποθαλάσσιες εκφορτίσεις γλυκών υδάτων που προέρχονται από υδροφόρους ορίζοντες ή τεκτονικές ασυνέχειές τους, διακρίνονται στα θερμογραφήματα από τη διαφορά γκριζότητας των ψυχρότερων γλυκών υδάτων και των θερμότερων της θάλασσας. Όσες τέτοιες θέσεις ήταν δυνατόν να εντοπιστούν, δίνονται με διαφορετικό ίχνος από τις θέσεις εκχύσεων των επιφανειακών υδάτων στον Χάρτη θερμικών ανωμαλιών (Σχ. 6Α).

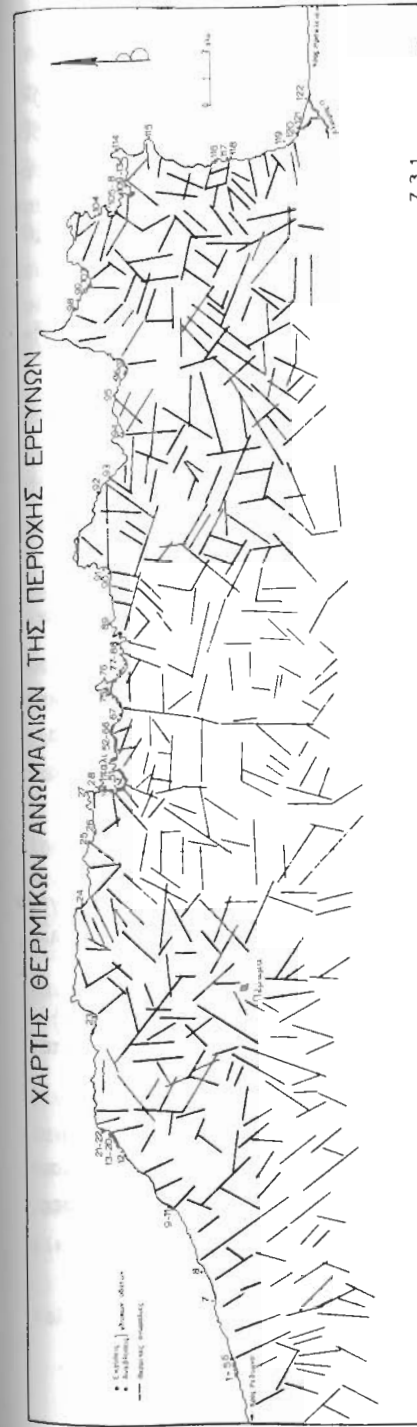
Επίσης είναι δυνατόν να διαχωριστούν περιοχές με μεγαλύτερη ή μικρότερη παροχή γλυκών υδάτων, από το μέγεθος της επιφάνειας που καταλαμβάνουν αυτά μετά την είσοδό τους στη θάλασσα. Στα παραδείγματα Α και Β Σχ. 5 τα οποία είναι τμήματα των θερμογραφημάτων της ημερήσιας και νυκτερινής πτήσης, και καλύπτουν την περιοχή "Μπαλί" φαίνονται οι θέσεις ανάβλυσης γλυκών υδάτων καθώς και διαφορετική παροχή τους από θέση σε θέση.

Από τις 122 διαφορετικές θέσεις θερμικών ανωμαλιών που εντοπίστηκαν στην παράκτια περιοχή που ερευνήθηκε, διακρίνονται ορισμένες "ομάδες" με σχετικά μεγάλη παροχή γλυκών υδάτων.

Έτσι ξεχωρίζουν οι ομάδες των θέσεων 12 - 22, 28 - 51, 52 - 66, 69 - 75, 77 - 88, 99 - 103, 109 - 113, 116 - 118 και 119 - 121. Εξ αυτών γνωστές ήταν οι θέσεις ανάβλυσης γλυκών υδάτων περιοχές του Γεροπόταμου όρμου Μπαλίου, όρμου Αλυκής και Αγ. Πελαγίας καθώς και ο Αλμυρός ποταμός.



Σχ. 5 :Υπέρυθρες αεροφωτογραφίες της περιοχής Μπαλί. **A** (ημέρας), **B** (νύχτας)
 Fig.5.:Infrared photos of Bali area. **A** (day), **B** (night)



Σχ.6Α.:Χάρτης θερμικών ανωμαλιών της περιοχής ερευνών
 Fig.6Α.:Thermal anomalies map of the investigation area



Σχ.6Β.:Χάρτης φωτογραμμώσεων από αεροφωτογραφίες κλίμακας 1:30.000
 Fig.6Β.:Photogramments map from 1:30.000 scale airphotos

Στη περιοχή της Ενδοχώρας που καλύπτεται από τα θερμογραφήματα διακρίνονται :

- α. Ευθύγραμμες θερμικές ανωμαλίες άλλοτε σκουρόχρωμες και άλλοτε ανοιχτόχρωμες. Σκουρόχρωμες εμφανίζονται όταν συμπίπτουν με το υδρογραφικό δίκτυο και ανοιχτόχρωμες όταν βρίσκονται σε επίπεδες περιοχές, χωρίς μορφολογικό ανάγλυφο ή πλευρές λόφων. Τα μορφολογικά έγκοιλα, εμφανίζονται με σκούρο τονισμό, τονίζουν τεκτονικές ασυνέχειες, οι οποίες διακρίνονται ακόμα και όταν έχουν μικρή γωνία κλίσης.
- β. Τα επίπεδα ή πλαγιές λόφων όπου συσσωρεύονται θερμότερα στρώματα αέρα, παρουσιάζονται ανοιχτόχρωμα σε σχέση με την Ανατολή ή Δύση του ηλίου στα πρωινά ή βραδυνά θερμογραφήματα της περιοχής.
- γ. Περιοχές με διαφορετικά είδη καλλιεργειών.
- δ. Το οδικό δίκτυο, δίνοντας τη δυνατότητα προσδιορισμού κάθε θέσης στα θερμογραφήματα της ενδοχώρας.
- ε. Περιοχές οικισμών ή μεμονωμένων αγροκατοικιών, καθώς και σε φυσικές θερμικές ανωμαλίες λόγω ανθρωπογενούς παρέμβασης όπως απόβλητα πόλεων, απομακρυσμένων ξενοδοχείων κ.λ.π.

Γενικά μπορεί κανείς να πεί ότι ο εντοπισμός της ρηξιγενούς τεκτονικής στα θερμογραφήματα, οφείλεται στις συσσωρεύσεις ψυχρών ή θερμών στρωμάτων αέρα σε μορφολογικά έγκοιλα ή το υδροφορικό δίκτυο και όχι σε μεταφορά θερμοκρασίας από το εσωτερικό στην επιφάνεια της γης.

Η ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Η περιοχή της νήσου Κρήτης που μελετήθηκε, χαρακτηρίζεται από πτυχογόνο και ρηματογόνο τεκτονική. Μεγάλες και μικρότερες πτυχές με διεύθυνση αξόνων Α-Δ, παρατηρήθηκαν σ'ολόκληρη την περιοχή που ερευνηθήκε. Επίσης παρατηρήθηκαν και μικρότερες πτυχές με διεύθυνση αξόνων Β-Ν. Ο ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ (1980), υποθέτει ότι οι πτυχές αυτές σχηματίστηκαν σε μία και την αυτή φάση, χωρίς αυτό να διαπιστώνεται με σαφή κριτήρια.

Η ρηξιγενής τεκτονική, που ακολούθησε την πτυχογόνο, δημιούργησε τη σημερινή μορφολογική εικόνα της νήσου. Οι κύριες διευθύνσεις των τεκτονικών ασυνεχειών της νήσου είναι Α - Δ και Β - Ν. Επίσης παρατηρήθηκαν και δευτερεύουσες τεκτονικές ασυνέχειες με ΒΑ - ΝΔ και ΒΔ - ΝΑ διευθύνσεις.

Οι κύριες αυτές διευθύνσεις, πρέπει σε κάθε περίπτωση ν'ανήκουν στη πύκνωση και ν'αποτελούν οι μεν Α-Δ διευθύνσεις της bc διακλάσεις οι Β-Ν τις ac και αυτές με ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση τα διατμητικά συστήματα ΗΚΟ (Sander 1956). Αυτό πρέπει να ισχύει ακόμα και αν οι τεκτονικές αυτές ασυνέχειες προϋπήρχαν της πύκνωσης και αφομοιώθηκαν από αυτή.

Οι φωτογραμμώσεις της περιοχής εργασιών ή συνώνυμα γραμμώσεις είναι ευθύγραμμα ή ελαφρά κυρτωμένα τμήματα ανωμαλιών που διακρίνονται στις αεροφωτογραφίες και προέρχονται κατά BLANCHET 1957 από "fractures" ή γενικά "τεκτονικές ασυνέχειες". Ο LATTMANN (1958) ομιλεί για "photogeologic fracture traces", οι οποίες διαχωρίζονται σε πολλές ομάδες από τον HENDERSON (1960).

Ο BRUNN (1961) χρησιμοποιεί την έκφραση "airphotolinears" για όλα τα γραμμικά στοιχεία και ο KRONBERG (1967) τον θεωρεί σαν περιγραφικό τίτλο όλων των τεκτονικών ασυνεχειών "photo impressions of joints and fractures with little or no displacement". Ο GÜDEMAN (1977) απέδειξε, ότι ακόμα και διακλάσεις μήκους > 10 cm είναι δυνατόν να συμπίπτουν με διευθύνσεις φωτογραμμώσεων.

Από αυτά μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η πληροφόρηση που μπορεί κανείς να πάρει από την ερμηνεία των φωτογραφιών είναι πολύπλευρη και ποικιλόμορφη. Έτσι για τον εντοπισμό της ρηξιγενούς τεκτονικής της περιοχής ερευνών, κατασκευάστηκε ο Χάρτης Φωτογραμμώσεων του Σχ. 6β. Οι Φωτογραμμώσεις του Σχ. 6β αναγνωρίστηκαν σε αεροφωτογραφίες κλίμακας 1 : 30.000 που καλύπτουν την περιοχή εργασιών, με τη βοήθεια των μεγενθυτικών φακών Χ3 ενός στερεοσκοπίου WILD, και η μεταφορά τους στα τοπογραφικά υπόβαθρα των φ.χ. "Πέραμα", "Ανώγεια", "Ηράκλειο", κλίμακας 1 : 50.000, με τη βοήθεια του μεταφορέα φωτογραμμετρικών στοιχείων "transferscop" της Zeiss-Jena. Παρατηρώντας τον Χάρτη Β του Σχ. 6, βλέπουμε ότι υπάρχουν Φωτ/σεις σε πολλές διευθύνσεις. Πολλές όμως απ'αυτές ακολουθούν σταθερές διευθύνσεις σχηματίζοντας "ζώνες" ή παράλληλα συστήματα. Επίσης παρατηρείται ότι υπάρχουν περιοχές με μεγαλύτερη πυκνότητα Φωτ/σεων, σε σχέση με άλλες. Οι περιοχές αυτές είναι, ως επί το πλείστον λεκάνες ή παράκτιες περιοχές που καλύπτονται με νεογενείς ή νεώτερους σχηματισμούς.

Ο έλεγχος της ρηξιγενούς τεκτονικής που αναγνωρίστηκε φωτογεωλογικά, έγινε με την οπτική αναγνώριση των Φωτ/σεων στο ύπαιθρο, καθώς και με τη συλλογή τεκτονικών στοιχείων από ρηξιγενείς επιφάνειες σε 30 διαφορετικά σημεία.

Τα Ροδογράμματα των τεκτονικών αυτών "μετρήσεων" που είναι ροδογράμματα συχνότητας/διεύθυνσης, σε διαστήματα 10°, δίνουν την εικόνα της ρηξιγενούς τεκτονικής στη περιοχή εργασιών.

Οι κύριες διευθύνσεις τους είναι Β-Ν και Ν-Δ όπως φαίνεται και στο ανατολικό ροδοδιάγραμμα τεκτονικών ασυνεχειών (Σχ. 7).



Συγκρίνοντας τις τεκτονικές ασυνέχειες που αναγνωρίστηκαν στις αεροφωτογραφίες της περιοχής ερευνών με τις γραμμικές θερμικές ανωμαλίες που αναγνωρίστηκαν στα θερμογράφημα, διαπιστώθηκε ένας μεγάλος αριθμός γραμμικών στοιχείων που εντάσσονται στα συστήματα Β-Ν, Α-Δ, ΒΑ-ΝΔ, και ΒΔ-ΝΑ (Σχ. 8Α).

Είναι γνωστό ότι οι ρηξιγενείς δομές (ρήγματα - διακλάσεις) έχουν βασική σημασία στην εξέλιξη της καρστικοποίησης μίας περιοχής. Έτσι πρέπει να δοθεί μεγάλο βάρος στην αναγνώριση και ακριβή αποτύπωσή τους, κατά τη διάρκεια της υδρογεωλογικής χαρτογράφησης. Επίσης σημαντικό είναι το γεγονός ότι ρήγματα και διακλάσεις μεγάλης συχνότητας, τεκτονικές λοιπόν, ζώνες, χαρακτηρίζουν τις κινήσεις των υπόγειων υδάτων ή δημιουργούν φράγματα σ'αυτά όταν είναι πληρωμένα

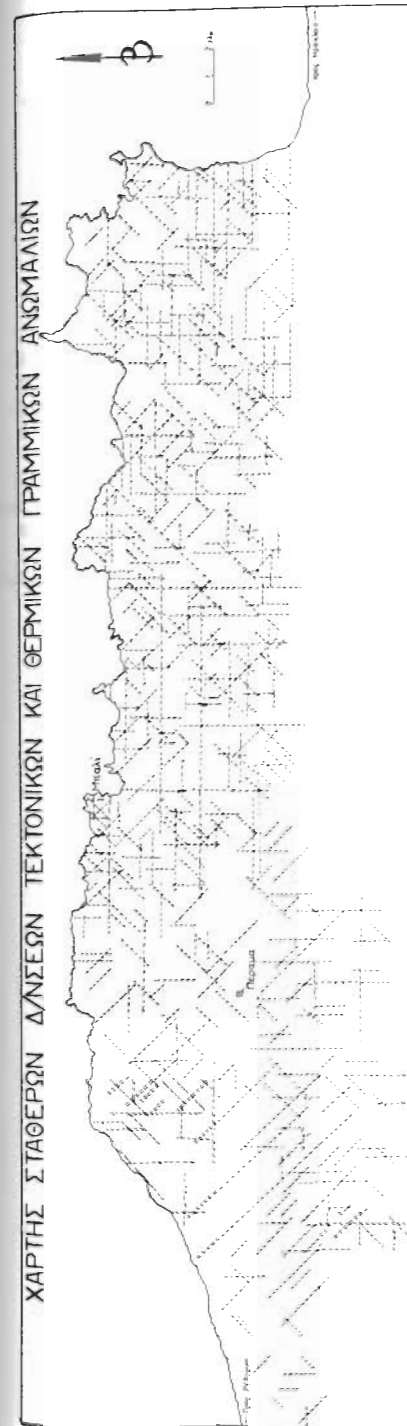
Σχ.7.: Ροδοδιαγράμματα συχνότητας/ διεύθυνσης σε διαστήματα 10°
Fig.7.:Density weighted rosedigram in 10° intervals.

π.χ. με αργιλικό υλικό. Από την περιοχή του κάρστ των Διναρίδων, γνωρίζουμε ότι οι μεγάλες κατευθύνσεις των υπόγειων τους υδάτων προκαθορίζονται από τις τεκτονικές τους ζώνες MILANOVIC, P. (1981).

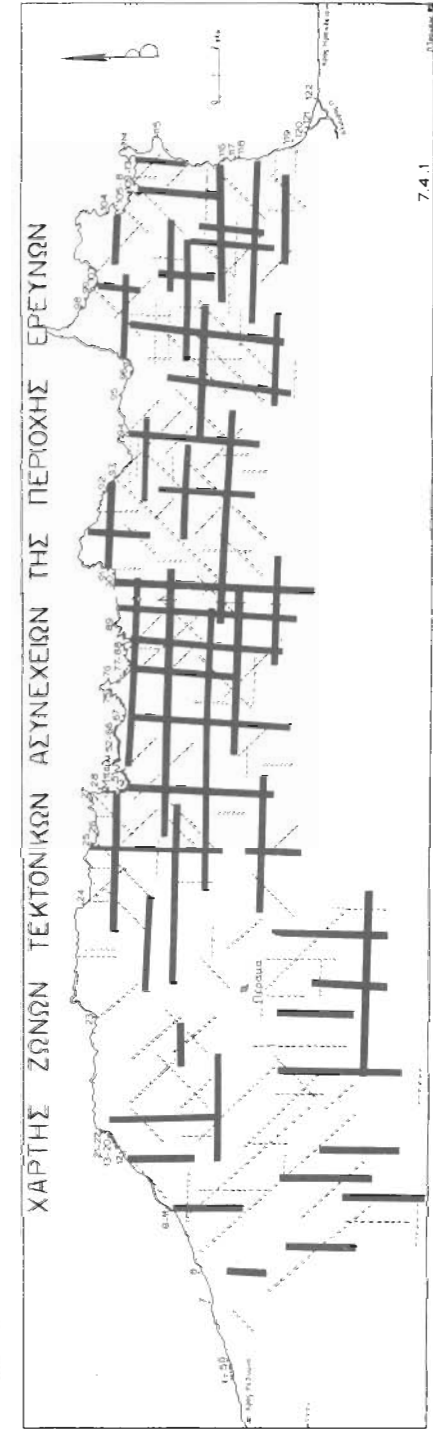
Η ερμηνεία των αεροφωτογραφιών κάνει δυνατή την άμεση αποτύπωση του ρηξιγενούς δικτύου μίας περιοχής που με τη σειρά του μπορεί να αποτυπώνει το σχετικό υπόγειο, το οποίο χρησιμοποιείται για τις μετακινήσεις των υδάτων.

ΣΥΝΤΙΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με τη βοήθεια των θερμικών εικόνων που καθόρισαν τις θέσεις ανάβλυσης γλυκών υδάτων και την αποτύπωση της ρηξιγενούς τεκτονικής στις αεροφωτογραφίες των βόρειων παραλίων της Ν. Κρήτης, κατασκευάστηκαν οι τεκτονικές ζώνες του Χάρτη Β (Σχ. 8), οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο για τις ροές των υπόγειων υδάτων της περιοχής. Οι ζώνες αυτές σε σχέση πάντα με την τοπογραφική τους θέση και νεωλογικό τους περιβάλλον, θα διευκολύνουν κάθε μελλοντική υδρογεωλογική έρευνα της περιοχής αυτής. Οι θέσεις ανάβλυσης που εντοπίστηκαν και σημειώθηκαν στον Χάρτη του Σχ. 6, και αφού καθοριστεί ο ρόλος τους στον υδρογεωλογικό κύκλο της περιοχής είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν με τεχνικά έργα και να δώσουν ποσότητες γλυκών υδάτων στην περιοχή.



Σχ.8Α.: Χάρτης Τεκτονικών και θερμικών γραμμικών ανωμαλιών με Δ/νσεις Β-Ν,Α-Δ,ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ.
Fig.8Α.:Tectonical and thermic linear anomalies in N-S, E-W, NW-SE and NE-SW directions.



Σχ.8Β.: Χάρτης Τεκτονικών "ζωνών" της περιοχής ερευνών.
Fig.8Β.:Tectonical zones map of the investigations area.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BLANCHET, P.H.(1957). Development of fracture analysis as exploration method.- *Bull.Amer.Ass.Petrol.Geologists*, 41 (8), 1749-1759, New York.
- BRUNN, C.W.(1961). Comparisons of joints, faults and airphotolinears.-*Bull.Amer.Ass.Petrol.Geologist*, 45/1, 1888-1892, New York.
- GÜDEMAN, R. (1977). Beziehungen zwischen Photoformationen und terrestrischen Trennflächen in Grossraum Bad Kreuznach (Rheinessen).- *Unveröffentliche Diplom arbeit*, 74S, 35Abb, 1 Tab, 2 Anl.Uni Mainz.
- HENDERSON, G. (1960). Air-photo lineaments in Mponda Area western province Tanganyika, Africa.- *Bull.Amer.Ass.Petrol.Geologists*, 44/1, 53-71, New York.
- JACOBSHAGEN, V. (1986). Geologie von Griechenland.*Gebrüder Bornträger*, Berlin, Stuttgart.
- KRONBERG, P. (1967). Photogeologie, *Clausthaler Tektonische Hefte*, 6, 235 S, 130 Abb., Clausthal-Zellerfeld.
- LATTMANN, L.H. (1958). Technique of mapping geologic fracture traces and lineaments on aerial photographs.- *Photogram Eng.* 24, 568-576, Mayasha.
- MILANOVIC, P.T. (1981). Karst Hydrogeology. *Water resources publications*, Littleton, Colorado 80161, U.S.A.
- SANDER, B. (1950). Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper I und II, Wien 715/4095.
- ΤΣΟΜΠΟΣ, Π.Ι. (1987). Πρόδρομη ανάλυση της υπέρυθρης αεροφωτογράφισης των Βόρειων Παράλιων της Ν.Κρήτης-Μεταξύ Ρεθύμνου και Αγ. Νικολάου. Δημοσίευτη Έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
- ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν.Α. (1980). Η Γεωλογική δομή της Κρήτης. Εκδόσεις Ορυκτ.-Πετρολ.-Γεωλογίας, Ε.Μ.Π., Αθήνα.