

Πρακτικά		4ου Συνεδρίου		Μάιος 1988	
Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XXIII/3	σελ. 49-60	Αθήνα 1989		
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens		

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΘΕΡΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΪΑΦΑ (Δ. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ)

Γ. ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΥ, Δ. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗ*

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Οι θερμές πηγές του Καΐφαφα βρίσκονται στο μέσο περίπου των ακτών της Δ. Πελοποννήσου. Πρόκειται για τις πηγές των "Ανιγρίδων Νυμφών" θερμοκρασίας 32° C και "Γεράνιο αυλάκι" 27,8° C. Οι πηγές αυτές είναι αποτέλεσμα της μεγάλης καρστικής διάβρωσης των ασβεστόλιθων της ζώνης Γαββρόβου-Τριπόλεως και του ισχυρού τεκτονισμού της δυτικής Πελοποννήσου, όπου με επωθήσεις και ανάστροφα ρήγματα οι παραπάνω ασβεστόλιθοι επωθούνται πάνω στο φλυσχη της Αδριατικοϊόνιας ζώνης. Το θαλασσινό νερό εισέρχεται από Ανω-Κρητιδικό-Ηνωκαινικό ασβεστόλιθο της Αδριατικοϊόνιου ζώνης, σε βαθειά αυτά παράκτια και με τη βοήθεια ρηγμάτων φτάνει στην επιφάνεια μέσα από τον ψυχρό ανώτερο καρστικό υδροφόρο ορίζοντα. Τα θερμά νερά των πηγών Καΐφαφα χαρακτηρίζονται ως Cl-Naούχα νερά με μικρή περιεκτικότητα H₂S.

A B S T R A C T

The Καΐφαφα's hot springs are located in about the middle of West Peloponnese coasts. They are "Anigrídon Nymphon" and "Geranio" springs, corresponding to temperatures of 32° C and 27,8° C. The hot springs are the result of the karstic erosion of the Gavrovo-Tripolis Upper Cretaceous limestones and the tectonic structure of West Peloponnese. These limestones with reverse faults thrust over the flysch of the Adriaticoionian zone. The sea water enters through the Upper Cretaceous-Eocene limestone of the Adriaticoionian zone into deeper levels and by the help of reverse and normal faults reaches the surface, mixed there with the cold upper karstic oxizon. The Καΐφαφα's hot waters are characterised as Cl-Na waters with low H₂S.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι θερμές ιαματικές πηγές Καΐφαφα βρίσκονται στο μέσο περίπου των δυτικών ακτών της Πελοποννήσου και ανήκουν στο Δήμο Ζαχάρως. Πρόκειται για σύστημα τριών πηγών που αναβλύζουν μέσα σε σπήλαια που δημιουργήθηκαν εξαιτίας της καρστικής διάβρωσης και διεύρυνσης των πυκνών τεκτονικών δομών που συναντιούνται στην περιοχή. Στα μεγάλα αυτά παράκτια ρήγματα της Δυτικής Πελοποννήσου, που στην περιοχή των λουτρών τέμνουν και βυθίζουν τους Ανω-Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ζώνης Γαββρόβου-Τριπόλεως, οφείλουν και οι πηγές το σχηματισμό τους.

Τις ιαματικές πηγές Καΐφαφα συναντάμε στη βάση μιας απόκρημνης ασβεστολιθικής πλαγιάς. Πρόκειται για τις δυο κύριες θερμές πηγές του Καΐφαφα τις πηγές των "Ανιγρίδων Νυμφών" που αναβλύζουν μέσα σε ειδικά διαμορφωμένα σπήλαια το μεγάλο και το μικρό σπήλαιο και σε απόσταση 200 μέτρων περίπου από τις πηγές των Ανυδρίδων Νυμφών, πάντα στην απόκρημνη πλευρά του βουνού την πηγή "Γεράνιο αυλάκι". Είναι ψυχρότερη πηγή και το νερό της χρησιμοποιείται μόνο για πόση. Εξέρχεται κι αυτό μέσα από ένα μικρό σπήλαιο αναδύοντας μια ελαφρά θειούχα οσμή. Δυτικά του χώρου των πηγών εκτείνεται η ομώνυμη λίμνη με μικρό τεχνητό δίαυλο επικοινωνίας με τον Κυπαρισιακό κόλπο που εκτείνεται ακόμη δυτικότερα. Ο δίαυλος αυτός πολλές φορές φράσσεται από τη δράση των κυμάτων που εναποθέτουν άμμους στην έξοδο της λίμνης. Τη συνέχεια των ακτών αποτελούν αιολικόι σχηματισμοί θινών.

D. DIMOPOULOS and D. MOUNTRAKIS - Hydrogeological and hydrochemical behavior of KAIÁFA'S hot springs (W. Peloponnese).

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

* Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τομέας Γεωλογίας-Φυσικής Γεωγραφίας, 54006, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ.

2. ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η ευρύτερη περιοχή των λουτρών Καΐψα τοποθετείται γεωλογικά στο χώρο των Εξωτερικών γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδας, που από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά είναι η ζώνη Ωλονού-Πίνδου, η ζώνη Γαββρόβου-Τριπόλεως και η Αδριατικοϊόνιος ζώνη.

Η ζώνη Ωλονού-Πίνδου αποτελείται από τους παλιότερους προς τους νεώτερους ορίζοντες από τους εξής σχηματισμούς (σχ. 1):

- ασβεστόλιθους πελαγικούς Τριαδικού,
- σχιστοκερατολίθικη διάπλωση Ιουρασικού, οι ανώτερες στάθμες της οποίας έχουν φλυσχοειδή ανάπτυξη και χαρακτηρίζονται ως ο 1ος φλύσχης της ζώνης, ηλικίας Κάτω Κρητιδικού,
- πελαγικούς ασβεστόλιθους Μέσου-Ανωκρητιδικού,
- φλύσχη ηλικίας Τριτογενούς.

Η ζώνη Γαββρόβου-Τριπόλεως αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από ασβεστόλιθους νηριτικούς η απόθεση των οποίων έλαβε χώρα από το Τριαδικό μέχρι το Άνω Ηώκαινο. Τελευταίο αλπικό ιζήμα της ζώνης είναι ο φλύσχης ηλικίας Ανωτέρου Ηωκαίνου-Ανωτέρου Ολιγοκαίνου (σχ. 1).

Η Αδριατικοϊόνιος ζώνη αποτελείται από κάτω προς τα πάνω από τους εξής σχηματισμούς (σχ. 1):

- κοιτάσματα εβαποριτών (γύψος κ.λπ.) ηλικίας Κάτω-Μέσου Τριαδικού,
- δολομίτες και ασβεστόλιθους νηριτικής φάσης, ηλικίας Άνω Τριαδικού-Λιασίου,
- αργιλικούς σχιστόλιθους και πελαγικούς κόκκινους ασβεστόλιθους της φάσης Αμμοπιτικό rosso ηλικίας Δογгерίου (Μέσου Ιουρασικού),
- πελαγικούς ασβεστόλιθους με ενωτρώσεις πυριτικές, Κρητιδικής ηλικίας,
- πελαγικούς ασβεστόλιθους Ηωκαίνου,
- φλύσχη ηλικίας Ολιγοκαίνου-Κάτω Μειοκαίνου.

Εκτός από τους παραπάνω αλπικούς σχηματισμούς των Εξωτερικών γεωτεκτονικών ζωνών στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Πελοποννήσου (περιοχή Ηλείας) μεγάλη εξάπλωση παρουσιάζουν τα μεταλπικά ιζήματα ηλικίας Νεογενούς-Τεταρτογενούς, τα οποία κυρίως πληρούν τη μεγάλη νεογενή λεκάνη Πύργου-Κυλλήνης που εκτείνεται με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ στο χώρο της Δυτικής Πελοποννήσου. Τα ιζήματα αυτά (άργιλοι, άμμοι, χαλίκια κ.λπ.) είναι τόσο θαλάσσια, όσο και ποταμοχειμάρια και λιμναία.

3. Η ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

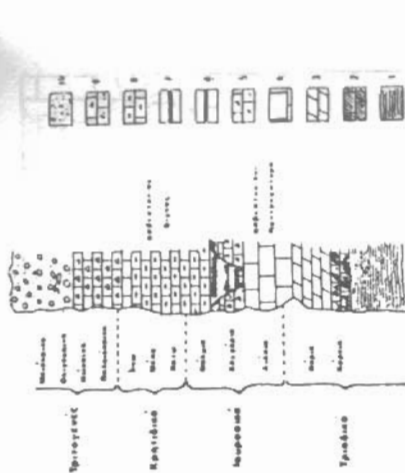
Στο χώρο της Πελοποννήσου οι Εξωτερικές ζώνες Ωλονού-Πίνδου, Γαββρόβου-Τριπόλεως και Αδριατικοϊόνιου παρουσιάζουν πολύπλοκη τεκτονική εικόνα σχηματίζοντας αλληπάλγητα τεκτονικά καλύμματα και λείπια, τα οποία επωθούνται το ένα πάνω στο άλλο από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά. Ιδιαίτερα η ζώνη Ωλονού-Πίνδου με τη συνεχή τεκτονικά της λείπια επωθείται πάνω στη ζώνη Γαββρόβου-Τριπόλεως την οποία σε πολλές θέσεις έχει υπερκαλύψει και με τη μορφή του γνωστού "τεκτονικού καλύμματος της Πίνδου" έχει επωθείται και πάνω στην Αδριατικοϊόνια ζώνη. Επίσης η ζώνη Γαββρόβου-Τριπόλεως κατά την ίδια διεύθυνση από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά, επωθείται πάνω στην Αδριατικοϊόνια ζώνη.

Αποτέλεσμα της παραπάνω τεκτονικής δομής των καλυμμάτων στην Πελοπόννησο είναι η σε πολλές θέσεις απόκλυση των ζωνών Γαββρόβου-Τριπόλεως και Αδριατικοϊόνιου ως απλών ή πολλαπλών τεκτονικών παραθύρων.

Ο τεκτονισμός των Εξωτερικών ζωνών που δημιούργησε την παραπάνω πολύπλοκη τεκτονική δομή προκλήθηκε στο Τριτογενές, μεταξύ Τέλους Ηωκαίνου και Κάτω Μειοκαίνου, οπότε και έγινε σταδιακά η οριστική ανάδυση των ζωνών με την τελική ορογένεση.

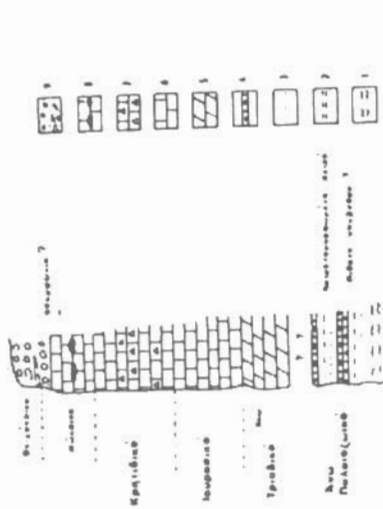
Γενικά τα στρώματα και των τριών ζωνών εμφανίζονται πτυχωμένα σε ανοιχτές πτυχές με άξονες γενικής διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ και λειπώμενα κατά την ίδια ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνση. Στη λείπωση συνέβαλε ένας μεγάλος αριθμός ανόστροφων ρηγάτων, που ήταν παράλληλα γενικά στην αξονική διεύθυνση των πτυχών και χαρακτηρίζονται ως τα επιμήκη ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ και κλίσης ΒΑ.

Κατά τη διάρκεια Πλειοκαίνου-Τεταρτογενούς αφού είχαν ολοκληρωθεί οι επωθητικές κινήσεις και οι λειπώσεις των Εξωτερικών ζωνών έλαβε χώρα η περίοδος εφελκυσμού του ευρύτερου Ελληνικού χώρου με αποτέλεσμα τον τεμαχισμό των αλπικών πετρωμάτων του συνόλου των ζωνών (Ωλονού-Πίνδου, Γαββρόβου-Τριπόλεως και Αδριατι-



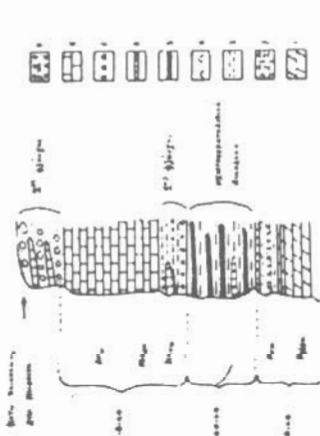
Σχηματική λιθοστρωματογραφική στήλη της Αδριατικής ζώνης. 1: γύψου, 2: πελαγικά ασβεστόλιθοι, 3: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 4: σχιστίτες με Posidonomyes, 5: ασβεστόλιθοι του "Pantocrator", 6: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 7: σχιστίτες με Posidonomyes, 8: ασβεστόλιθοι του "Ammonitic limestones", 9: ασβεστόλιθοι του "Ammonitic limestones", 10: φλύσχ.

Schematic lithostratigraphic column of Adriaticoionian zone. 1: gypsium, 2: black limestones, 3: dolomites, 4: micaceous limestones, 5: limestones of "Pantocrator", 6: schists with Posidonomyes, 7: cherts, 8: pelagic limestones, 9: flysch, 10: flysch.



Σχηματική λιθοστρωματογραφική στήλη της ζώνης Γαβροβού-Τριπόλης. 1: ασβεστόλιθοι, 2: φελλίτες, 3: ασβεστόλιθοι, 4: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 5: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 6: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 7: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 8: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 9: φλύσχ.

Schematic lithostratigraphic column of Gavrovo-Tripolis zone. 1: mica schists, 2: phyllites, 3: quartzites, 4: limestone interbeds, 5: dolomites, 6: black limestones, 7: calcareous breccia, 8: bauxites, 9: flysch.

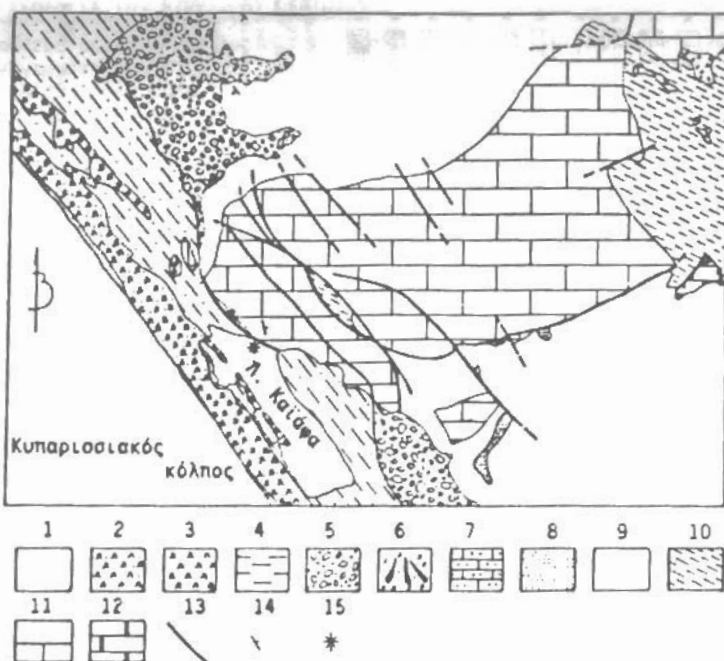


Σχηματική λιθοστρωματογραφική στήλη της ζώνης Πίνδου. 1: ασβεστόλιθοι, 2: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 3: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 4: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 5: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 6: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 7: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 8: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 9: ασβεστόλιθοι με Posidonomyes, 10: φλύσχ.

Schematic lithostratigraphic column representing Pindus zone. 1: dolomites, 2: clay limestones, 3: clay limestones, 4: volcanic sandstone, 5: cherts, 6: limestones with micritic interbeds, 7: breccia, 8: upper cretaceous limestone, 9: flysch formation.

Σχ. 1 Σχηματικές λιθοστρωματογραφικές στήλες, αντιπροσωπευτικές των ζωνών Πίνδου, Γαβροβού-Τριπόλης, Αδριατικής ζώνης.

Fig. 1 Schematic lithostratigraphic columns of Pindus, Gavrovo-Tripolis, Adriaticoionian zones.



Σχ. 2.: Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής λουτρών Καϊάφα από γεωλογικό φύλλο ΙΓΜΕ "ΟΛΥΜΠΙΑ" κλίμακας 1:50.000. 1: Άμμοι, χαλίκια και θαλάσσιες αποθέσεις Όλδικαίου, 2: Θίνες πάνω σε άμμους Ολοκαίνου, 3: Σύστημα φυσικών φραγμάτων Αγουλιντίτσας Ολοκαίνου, 4: Λιμνοθαλάσσια ιζήματα Ολοκαίνου, 5: Χαλίκια, άμμοι Ολοκαίνου, 6: Πλευρικά κορήματα Ολοκαίνου, 7: "BEACH ROCKS" Πλειστοκαίνου, 8: Κροκαλοπαγή ποτάμια προέλευσης Πλειστοκαίνου, 9: Άμμοι, αμμούχες αποθέσεις Πλειοκαίνου, 10: Φλύσχης Άνω Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου, 11: Ασβεστόλιθος Γαββρόβου-Τριπόλεως, Άνω Κρητιδικού, 12: Ασβεστόλιθοι Ολονού-Πίνδου, Σενώνιου-Μαιστρίχτιου, 13: Ρήγμα, 14: Κλίση και παράταξη σχηματισμών, 15: Θέση πηγών.

Fig.2.: Geological map of the area of Kaïafa's springs taken from geological map of IGME sheet "OLYMPIA" (Scale 1:50.000). 1: sand, gravel, marine deposits, (Holocene), 2: sand dunes above sand, (Holocene), 3: Agoulinitsa barrier system, (Holocene), 4: Lagoonal sediment, (Holocene), 5: Gravel sand and silty sand, (Holocene), 6: Detritus, (Holocene), 7: "Beach Rocks" (Pleistocene), 8: Conglomerates of fluvial origin, (Pleistocene), 9: sand sandy deposits, (Pliocene), 10: Flysch, (Upper Eocene-Oligocene), 11: Limestones of Gavrono-Tripolis zone, (Upper Cretaceous), 12: Limestones of Olonos-Pindos zone, (Senonian-Maestrichtian), 13: fault, 14: strike and dip of beds, 15: location of the hot springs.

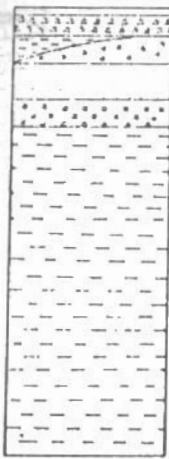
κοϊονίου) από ρήγματα κανονικά που ακολούθησαν κυρίως την ίδια ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση.

Στη δρᾶση των κανονικών αυτών ρηγμάτων ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση, που προκλήθηκαν στο Πλειοτεταρτογενές από το εφελκυστικό πεδίο των τάσεων, οφείλεται ο σχηματισμός της μεγάλης τεκτονικής λεκάνης της Δυτικής Πελοποννήσου μεταξύ Κυθήνης και Πύργου.

4. ΟΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΛΟΥΤΡΩΝ

Η εγγύτερη περιοχή των λουτρών Καϊάφα δομείται τόσο από αλπικούς σχηματισμούς των γεωτεκτονικών ζωνών, όσο και από μετααλπικά ιζήματα. Συγκεκριμένα από όλους τους αλπικούς σχηματισμούς των ζωνών που περιγράφηκαν σε προηγούμενη παράγραφο στο χώ-

ΥΠΟΜΟΦΩΑ



Σχ. 3.: Σχηματική λιθοστρωματογραφική στήλη Νεογενών-Τεταρτογενών ιζημάτων.

Fig.3.: Schematic lithostratigraphic section of the Neogene-Quaternary sediments.

ρο των λουτρών εμφανίζονται οι παρακάτω (σχ. 2):

1. Οι ασβεστόλιθοι Άνω Κρητιδικού της ζώνης Γαββρόβου-Τρίπολης. Πρόκειται για συμπαγείς σκοτεινόχρωμους, τεφρούς ως μαύρους, νηριτικούς ασβεστόλιθους, άλλοτε παχυστρωματώδεις, άλλοτε λεπτοστρωματώδεις με τις στρώσεις τους καθοριζόμενες από τη διαφοροποίηση του ασβεστιτικού υλικού και όχι από ενοτρώσεις αργιλικές ή πυριτικές. Φέρουν αρολιθώματα Ρουδιωτών. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί αποτελούν τον κύριο υδροφορέα των θερμών νερών των ιαματικών πηγών Καϊάφα, στο ύψωμα "Ελληνικόν".

2. Ο φλύσχος της ζώνης Γαββρόβου-Τρίπολης ηλικίας Ανωτέρου Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου αποτελούμενος από εναλλαγές φαμμιτών, αργιλικών σχιστολίθων και κροκαλοπαγών. Ο φλύσχος της ζώνης Γαββρόβου-Τρίπολης επικαθίζει στρωματογραφικά στον παραπάνω ασβεστόλιθο Άνω Κρητιδικής ηλικίας, στην περιοχή των υψωμάτων Λαφοκουμαριά περίπου 5 Km Ανατολικά των λουτρών Καϊάφα. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η μικρή εμφάνιση φλύσχη που εμφανίζεται τεκτονικά παρεμβαλλόμενη στους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους στη χαράδρα 800 m Ανατολικά των λουτρών αποτελεί ίσως φλύσχη της ζώνης Γαββρόβου-Τρίπολης λεπιοειδές παρεμβαλλόμενο, ίσως όμως αποτελεί τμήμα του φλύσχη της Αδριατικοϊόνιου ζώνης που αποκαλύπτεται υπό μορφή τεκτονικού παράθυρου. Η διάκριση των ιζημάτων του φλύσχη λόγω της μικρής εμφάνισης δεν είναι δυνατή.

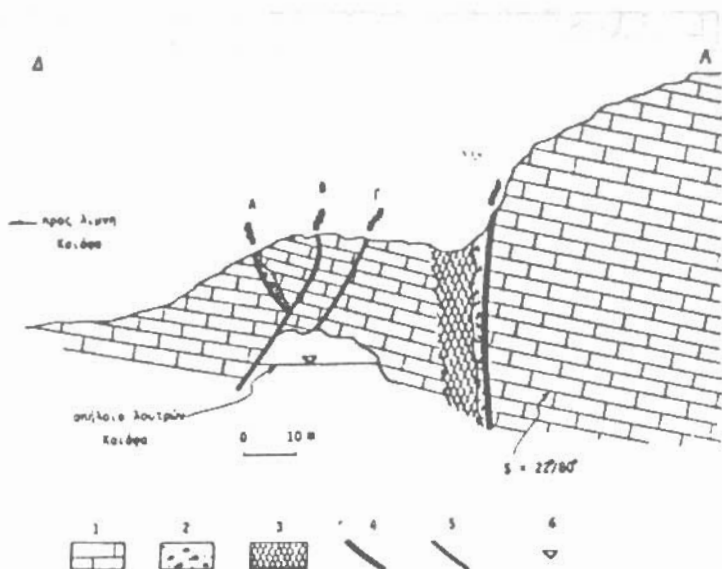
3. Σχηματισμοί του "τεκτονικού καλύμματος της Πίνδου" που βρίσκονται αρκετά μακριά προς τα Ανατολικά από τη θέση των λουτρών και οι οποίοι είναι φλύσχος Τριτογενούς, ασβεστόλιθοι Κρητιδικού, 1ος φλύσχος Κάτω Κρητιδικού και σχιστοκερατολιθική διάπλωση Τουρσικαίου.

Τα στρώματα των παραπάνω αλπικών σχηματισμών των ζωνών καλυπτονται στο μεγαλύτερο τμήμα τους στην περιοχή από τα μεταλπικά ιζήματα τα οποία από τους νεότερους σχηματισμούς προς τους παλιότερους αναφέρονται στο σχήμα 3.

5. Η ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΛΟΥΤΡΩΝ ΚΑΪΑΦΑ

Τα στρώματα των αλπικών σχηματισμών εμφανίζονται στην περιοχή με γενική παράταξη ΒΔ και κλίση ΒΑ. Συγκεκριμένα οι Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι της ζώνης Γαββρόβου-Τρίπολης στη θέση των λουτρών παρουσιάζουν επίπεδα στρώσης με κλίσεις 22° με διεύθυνση κλίσης 80°.

Μεγάλα επιμήκη ρήγματα (ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης) τόσο ανάστροφα όσο και κανονικά τέμαχίζουν τους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους του υψώματος "Ελληνικόν" στο χώρο των λουτρών. Ιδιαίτερης σημασίας για την υδρογεωλογία των ιαματικών πηγών είναι το μεγάλο κανονικό ρήγμα που οριοθετεί ουσιαστικά προς Δυσμάς τον ασβεστολιθικό όγκο,



Σχ. 4.: Σχηματική γεωλογική τομή της θέσεως των λουτρών Καϊάφα. 1: Ασβεστόλιθος Κρητιδικού ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως, 2: Τεκτονικό λατυποπαγές, 3: Ζώνη κατακερματισμού των ασβεστόλιθων, 4: Μεγάλο κύριο ρήγμα κανονικό, 5: Δευτερεύοντα κανονικά ρήγματα, 6: Στάθμη νερού (αναλυτική περιγραφή στο κείμενο).

Fig.4.: Schematic cross section in the area of Καϊάφα's public baths. 1: Cretaceous limestone of Gavrovo-Tripolis Zone, 2: Tectonic breccia, 3: Zone of intensive faulting of the limestones, 4: main normal fault, 5: Small secondary normal faults, 6: water level (Petaileo explanations into the text).

τοποθετείται παράλληλα στην ανατολική όχθη της λίμνης Καϊάφα και έχει διεύθυνση 140° , σχεδόν κατακόρυφο με ισχυρή μετάπτωση του νοτιοδυτικού τεμάχους που βύθισε τους ασβεστόλιθους στην παραλιακή ζώνη.

Το ορατό μήκος του ρήγματος είναι περίπου 1,5 Km, αλλά το πραγματικό συνολικό του μήκος υπολογίζεται σε πολλά χιλιόμετρα αφού αποτελεί ένα από τα βασικά ρήγματα που διαμόρφωσαν την παραλιακή ζώνη προς το Ιόνιο Πέλαγος.

Σε εγκάρσια διάταξη προς το μεγάλο αυτό ρήγμα εμφανίζονται να κόβουν τους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους και πολλά μικρότερα ρήγματα διεύθυνσης 80° .

Στο χώρο της κύρια ιαματικής πηγής και ιδιαίτερα στη θέση που αναπτύσσεται το σπλήαιο εξόδο του θερμού νερού παρουσιάζεται μια πολύπλοκη τεκτονική εικόνα που διαμορφώνεται από το κύριο ρήγμα διεύθυνσης 140° που προαναφέρθηκε και από τη δράση δευτερευόντων μικροτέρων ρηγμάτων που απεικονίζονται στο σχήμα 4.

Το κύριο ρήγμα έχει δημιουργήσει μια ζώνη πλάτους 1-2 μέτρων χαλαρού ερυθρού τεκτονικού λατυποπαγούς, καθώς και μια ζώνη έντονου κατακερματισμού των ασβεστόλιθων πλάτους 20 μέτρων. Σ' αυτή την τελευταία ζώνη οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται με κλίσεις στρώσεις 80° έως 90° λόγω ακριβώς του τεκτονισμού.

Από τα δευτερεύοντα ρήγματα, το ρήγμα (A) με διεύθυνση B-N και κλίση 50° προς Ανατολάς, εμφανίζει επίσης χαλαρό τεκτονικό λατυποπαγές πάχους 1 μέτρου και κόβεται από το ρήγμα (B) που έχει διεύθυνση 130° και κλίση μεταβαλλόμενη προς Δυσμάς.

Η χαλαρότητα του τεκτονικού λατυποπαγούς στην κατοπτρική επιφάνεια, τόσο του κυρίου ρήγματος, όσο και των δευτερευόντων δείχνει ότι πρόκειται για τεκτονικά επεισόδια πολύ πρόσφατα που η δράση τους θα μπορούσε να έφθανε μέχρι τους ιστορικούς χρόνους.

6. ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

Οι Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι της ζώνης Γαββρόβου-Τριπόλεως αποτελούν τον κύριο υδροφορέα της περιοχής. Πρόκειται για σχηματισμό με μεγάλη δευτερογενή διαπερατότητα, που έχει δημιουργήσει ένα σημαντικό ταμειυτήρα υπόγειου νερού. Παρουσιάζεται ισχυρά διαρρηγμένος και κατατμημένος, με αποτέλεσμα η μεγάλη διαλυτότητά του κατά μήκος των ανοιχτών αυτών δομών έχει δημιουργήσει εύκολους κατεύθυνσης του μετεωρικού νερού σε βαθύτερα σημεία του σώματός του. Η εικόνα που παρουσιάζει στην επιφάνεια και κοντά στα σημεία ανάβλυσης των θερμών πηγών χαρακτηρίζεται από μεγάλα καρστικά έγκοιλα (σπήλαια) και ανοιχτές χαίνουσες ρωγμές, καθώς και διυγραμένες ζώνες διατάραξης ρηγμάτων. Η διάρρηξη και η καρστικοποίηση του ανωκρητιδικού αυτού ασβεστόλιθου έχει σαν αποτέλεσμα να σχηματίζεται μέσα σ' αυτόν ένας καρστικός υδροφόρος ορίζοντας με μεγάλη αγωγιμότητα, που εκδηλώνεται τόσο με τις μεγάλες παροχές των πηγών του, όσο και με την ταχεία άνοδο της στάθμης του σε περίοδο έντονων βροχοπτώσεων. Ο φλύσχος της ζώνης Γαββρόβου-Τριπόλεως που κείται στρωματογραφικά πάνω στους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους της ίδιας ζώνης παρουσιάζει μικρές δυνατότητες υδατοαπορροφητικότητας και ακόμη μικρότερες δυνατότητες υδατοαγωγιμότητας. Έτσι οι ψαμίτες και οι αργιλλικοί σχιστόλιθοι του παραπάνω σχηματισμού αποτελούν καθαρά στεγανούς σχηματισμούς. Την ίδια συμπεριφορά παρουσιάζει και ο φλύσχος της Αδριατικοϊόνιας ζώνης, που εξαιτίας της προς Δυσμός επώθησης της ζώνης Γαββρόβου-Τριπόλεως πάνω στην Αδριατικοϊόνιο μπορεί να αποτελεί στεγανό υπόβαθρο των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων της ζώνης Γαββρόβου-Τριπόλεως.

Τα μεταλλικά ιζήματα που καλύπτουν, τόσο την ευρύτερη περιοχή, όσο και την εγγύτερη περιοχή των λουτρών είναι κυρίως χαλαροί σχηματισμοί άμμων, χαλικιών και αμμούχων αργίλλων με δυνατότητα ανάπτυξης φρεάτιων υδροφόρων οριζόντων, αφού παρουσιάζουν συντελεστές διηρηπερατότητα που μπορούν να κυμαίνονται από $Kf_{max} = 0,1:10^{-2}$ m/sec μέχρι $Kf_{min} = 0,7:10^{-5}$ m/sec.

7. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ

Η αξιολόγηση της ποιότητας των νερών των πηγών Καϊάφα έγινε τόσο με επιτόπου μετρήσεις των φυσικοχημικών τους σταθερών που μετρήθηκαν τόσο από εμάς, όσο και από το ΙΓΜΕ (Ορφανός Γ. (1976), Γεωργούλης (1985)) σε διάφορες χρονικές περιόδους (πίνακας 1) όσο και με χημικές αναλύσεις που διεξήχθησαν στο Εργαστήριο από το ΙΓΜΕ (πίνακας 2). Τα παλιότερα υδροχημικά στοιχεία (Μ.Περτέσης 1924 & 1951) συνεκτιμήθηκαν για την παρατήρηση της σταθερότητας των τιμών τους.

Πίνακας 1. Τιμές φυσικοχημικών σταθερών ιαματικών πηγών Καϊάφα Ζαχαρώς.

Πηγές	Ημερομην. μετρήσεων	Ταέ-ρος °C	Ταέρος πηγής °C	Τνερού °C	Ηλεκτρ. αγωγιμ. $\mu S/cm$	pH	Παροχή m^3/h	Παρατηρήσεις
ΓΕΡΑΝΙΟ	21/7/87 Σύνδεσμος	26,1	30,1	27,8	2.590	7,54	>250	Οσμή H_2S
ΑΥΛΑΚΙ	3/12/75 ΙΓΜΕ	16,6	26,5	26,5	2.440 13°C	7,6	-	Ελεύθερο CO_2 12,0 mg/l " H_2S 4,3 "
ΑΝΙΓΓΡΙΔΩΝ ΝΥΜΦΩΝ (Μεγάλο σπήλαιο)	21/7/87 Σύνδεσμος 3/12/75 ΙΓΜΕ	27,2	-	32,0	9.750	6,74	-	Σπήλαιο 25X6X3 με ελεύθερο CO_2 20 mg/l " H_2S 10 mg/l
ΑΝΙΓΓΡΙΔΩΝ ΝΥΜΦΩΝ (Μικρό Σπήλαιο)	21/7/87 Σύνδεσμος 3/12/75 ΙΓΜΕ	-	-	-	9.990	6,76	-	Μικρότερο σπήλαιο με Ελεύθερο CO_2 38 mg/l " H_2S 16,4

Η μεταφορά των τιμών των ανιόντων και κατιόντων των πηγών Καϊάφα πάνω σε διάγραμμα εκατοστιαίας αναλογίας (mvai%) κατά Davis & De Wiest (σχ. 5) έδειξε ότι τα θερμά νερά της περιοχής των Λουτρών Καϊάφα ανήκουν στον ίδιο τύπο νερών χαρακτηριζόμενα ως $Cl-Na$ ούχα θερμά νερά (Δημόπουλος Γ., 1983). Παρόλο που οι δύο, κάπως απομακρυσμένες, πηγές των Γερανίων και των Ανιγγριδών Νυμφών χαρακτηρίζονται

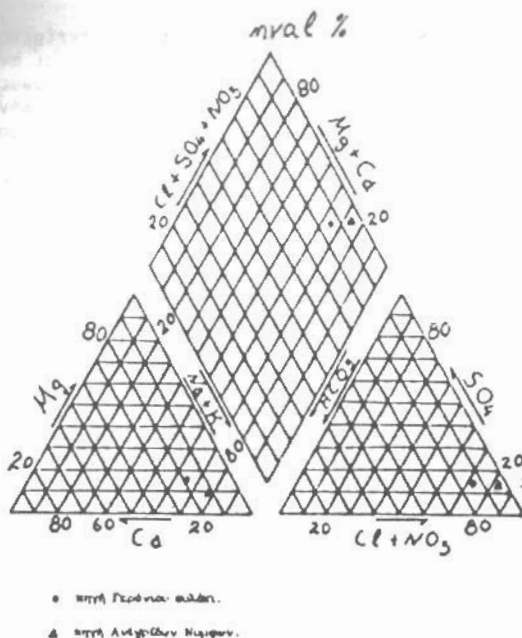
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Πίνακας 2. Χημικές αναλύσεις νερών λαματικών πηγών Καϊάφα Ζαχάρως (ΙΓΜΕ 1976).

IONTA	Συγκέντρωση λόντων	ΓΕΡΑΝΙΟ-ΑΥΛΑΚΙ (6/12/75)	ΓΕΡΑΝΙΟ-ΑΥΛΑΚΙ (4/8/76)	ΑΝΙΓΓΡΙΔΩΝ-ΝΥΜΦΩΝ (Μικρό σπήλαιο 4/8/76)
Cl ⁻	mg/l	765,94	794,30	7198,38
	mval/l	21,60	22,40	203,00
	mval%	71,83	71,61	81,00
HCO ₃ ⁻	mg/l	208,01	191,54	231,80
	mval/l	3,41	3,14	3,80
	mval%	11,34	10,03	1,51
SO ₄ ⁻⁻	mg/l	243,04	275,69	2104,19
	mval/l	5,06	5,74	43,81
	mval%	16,82	18,35	17,48
NO ₃ ⁻	mg/l	0,00	0,00	0,00
	mval/l	0,00	0,00	0,00
	mval%	0,00	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	mg/l	1216,99	1261,53	9533,19
	mval/l	30,07	31,28	250,61
	mval%	99,99	99,99	99,99
Ca ⁺⁺	mg/l	118,64	121,84	637,27
	mval/l	5,92	6,08	31,80
	mval%	18,99	19,48	12,61
Mg ⁺⁺	mg/l	51,56	42,80	282,11
	mval/l	4,24	3,52	23,20
	mval%	13,60	11,28	9,28
Na ⁺	mg/l	473,80	487,60	4462,00
	mval/l	20,60	21,20	194,00
	mval%	66,11	67,94	76,98
K ⁺	mg/l	15,64	15,64	117,30
	mval/l	0,40	0,40	3,00
	mval%	1,28	1,28	1,19
NH ₄ ⁺	mg/l	0,05	0,00	0,22
	mval/l	-	-	-
	mval%	-	-	-
ΣΥΝΟΛΟ	mg/l	659,69	667,88	5498,90
	mval/l	31,16	31,20	252,00
	mval%	99,98	99,98	100,00
SiO ₂	mg/l	-	7,5	8,7
ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	°dH	16,6	17,0	89,25
Ραδιενέργεια Χαριτάντης, 1942			0,66 mache	

απο μεγάλη διαφορά στην ολική συγκέντρωση των ιόντων, εντούτοις η σχεδόν ταυτόσημη θέση τους στο διάγραμμα (σχ. 5) πιστοποιεί την κοινή προέλευσή τους. Η διαφορετική συγκέντρωση που παρουσιάζουν οι δυο πηγές, πιστεύουμε πως οφείλεται στο διάφορο βαθμό ανάμειξης που δέχονται οι πηγές αυτές με τα νερά του ψυχρού καρστικού υδροφόρου ορίζοντα.

Η πολύ μεγάλη αγωγιμότητα των λαματικών νερών της πηγής των Ανιγγρίδων Νυμφών, η συγκέντρωση ιόντων SO₄ και η σχέση mgCl /mgNa⁺ 1,63 που παρουσιάζουν οι πηγές του Καϊάφα μας κάνουν να δεχτούμε πως πρόκειται για θαλασσινό θερμό νερό χωρίς άμεση υδραυλική επικοινωνία με το παρακείμενο ψυχρό θαλασσινό νερό.



Σχ. 5.: Απεικόνιση των χημικών αναλύσεων των θερμών ιαματικών πηγών Καϊάφα σε τριγωνικό διάγραμμα κατά Davis & De Wiest.

Fig.5.: Diagrams Davis & De Wiest for the waters of Kaifa's springs.

Τα διάφορα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του θερμού υδροφορέα των πηγών Καϊάφα παρουσιάζουν ισχυρές διακυμάνσεις στις απόλυτες τιμές τους εξαιτίας της μεγάλης ανάμειξης που μπορούν να υποστούν με τα ψυχρά νερά του μεγάλης αγωγιμότητας καρστικού υδροφόρου μέσα από τον οποίο εξέρχονται. Για να καταστεί, μία, όσο το δυνατόν, σταθερή κατάσταση στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του θερμού νερού των Λουτρών Καϊάφα θα πρέπει να εμποδίζεται με οποιοδήποτε τρόπο η ταχεία άνοδος της στάθμης του ψυχρού καρστικού υδροφόρου ορίζοντα που επηρεάζει άμεσα τις πηγές.

Β. ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΪΑΦΑ

Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο στην περιοχή των Λουτρών Καϊάφα αναπτύσσονται δύο κύρια και ανεξάρτητα υδροφόρα συστήματα. Ένα ψυχρό καρστικό υδροφόρο σύστημα που αναπτύσσεται μέσα στους ισχυρά καρστικοποιημένους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους και ένα δεύτερο θερμό υδροφόρο σύστημα που εκδηλώνεται στην περιοχή με τις επιφανειακές εμφανίσεις των θερμών ιαματικών πηγών των Λουτρών Καϊάφα. Τα δύο συστήματα επικοινωνούν μεταξύ τους διαμέσου κανονικών και ανάστροφων μεγάλων ρηγμάτων κατά τρόπο, ώστε ο θερμός υδροφορέας να διεισδύει μέσα στον αντίστοιχο ψυχρό υδροφορέα των Λουτρών.

Ο ψυχρός καρστικός υδροφόρος ορίζοντας αναπτύσσεται, όπως αναφέραμε και παραπάνω μέσα στους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους. Η παρουσία των μεγάλων ρηγμάτων και των άλλων ζωνών διατάραξης του ασβεστόλιθου, μαζί με τα καρστικά φαινόμενα που έχουν δημιουργηθεί μέσα σ' αυτόν έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πολύ μεγάλου καρστικού υδροφόρου ορίζοντα, η στάθμη του οποίου ισορροπείται περίπου ένα μέτρο πάνω από τη στάθμη της θάλασσας. Η ελεύθερη στάθμη αυτού του ψυχρού καρστικού υδροφόρου ορίζοντα μπορεί να μετρηθεί τόσο έξω, όσο και μέσα στα δύο καρστικά σπήλαια των πηγών των Ανιγυρίδων Νυμφών στην περιοχή των Λουτρών. Η στάθμη

αυτού του ορίζοντα συνδέεται υδραυλικά με τη στάθμη της παρακείμενης λίμνης Καϊάφα, με την οποία, σε περίοδο που ο δίαυλος προς τη θάλασσα είναι ανοιχτός παρουσιάζει σημαντική υδραυλική κλίση, ενώ αντίθετα όταν ο δίαυλος είναι κλειστός η υδραυλική αυτή κλίση σχεδόν μηδενίζεται. Το παραπάνω γεγονός μας κάνει να πιστεύουμε με πως η λίμνη Καϊάφα αποτελεί επιφανειακή εκδήλωση και συνέχεια του ψυχρού καρστικού υδροφόρου ορίζοντα. Από ίχνη που αφήνει η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στα οπήλαια των πηγών του Γεράνιου αυλάκι και των Ανιγρίδων Νυμφών μετρήσαμε άνοδο της στάθμης κατά 70 περίπου εκατοστά, σε περίοδο με ταυτόχρονο κλείσιμο του δίαυλου της λίμνης.

Η ταχεία αντίδραση του ψυχρού αυτού υδροφόρου στην τροφοδοσία του από υψηλά ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, που εκδηλώνεται με αντίστοιχη άνοδο της στάθμης του, έχει σαν αποτέλεσμα την αλλοίωση (ελάττωση τιμών) των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του θερμού υδροφόρου (ελάττωση θερμοκρασίας και ηλεκτρικής αγωγιμότητας). Το φαινόμενο αυτό που εκδηλώνεται εξαιτίας των μεγάλων ταχυτήτων του ψυχρού νερού και των αναδινήσεων που δημιουργούν οι στροβιλόμοι ροές μας κάνει επίσης να πιστεύουμε ότι ο θερμός υδροφόρος διαχωρίζεται από τον αντίστοιχο ψυχρό (αναπτύσσεται σε διαφορετικό καρστικό σύστημα) και εξέρχεται σφηνοειδώς μέσα απ' αυτόν.

Ο θερμός υδροφόρος ορίζοντας που τροφοδοτεί κατά κύριο λόγο τις θερμές πηγές του Καϊάφα, αποτελείται, όπως δείχνουν τα στοιχεία των χημικών αναλύσεων από θαλασσινό νερό. Πώς όμως αυτό το νερό φτάνει στην επιφάνεια θερμό και μάλιστα μέσα από έναν πολύ μεγάλο ψυχρό υδροφόρο ορίζοντα. Πάνω στο ερώτημα αυτό μπορούμε να δεχτούμε ότι, στην ευρύτερη περιοχή Καϊάφα και ανατολική των Λουτρών η ζώνη Πίνδου λεπινοειδώς επωθείται πάνω στη ζώνη Γαββρόβου-Τριπόλεως που εμφανίζεται στην περιοχή μας με τον ανωκρητιδικό σβεστόλιθο και τον Ηκκαινικό της φλύσχη. Η ζώνη Γαββρόβου-Τριπόλεως στην περιοχή των Λουτρών και σε θέση που δεν είναι ορατή στην επιφάνεια επωθείται με τη σειρά της πάνω στην Αδριατικοϊόνιο, γεγονός που έχει πιστοποιηθεί σε άλλες θέσεις της Πελοποννήσου. Έτσι ο ανωκρητιδικός σβεστόλιθος της ζώνης Γαββρόβου-Τριπόλεως επικάθεται ασύμφωτα πάνω στο φλύσχη της Αδριατικοϊόνιου ζώνης, που αποτελεί έτσι και το στεγανό υπόβαθρό του. Κάτω από αυτόν το φλύσχη αναπτύσσονται οι Ηκκαινικοί και Κρητιδικοί σβεστόλιθοι της ίδιας Αδριατικοϊόνιου ζώνης, οι οποίοι θα πρέπει να παρουσιάζονται διαρρηγμένοι και κατατμημένοι εξαιτίας της έντονης νεώτερης ρηξιγενούς τεκτονικής της περιοχής. Έτσι το θαλασσινό νερό έχει τη δυνατότητα να κινηθεί διαμέσου του σώματος των σβεστολίθων και να φθάσει σε βαθύτερους ορίζοντες, όπου εξαιτίας του υπερκείμενου φλύσχη δημιουργεί γωεθερμικό πεδίο. Στα βαθύτερα σημεία, όπου αυτό έχει αποκτήσει υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις μέσα από επιφάνειες επωθήσεων και ρηγμάτων αποκτά τη δυνατότητα να ανέλθει σε υψηλότερα επίπεδα ως θερμό οραίο και ελαφρό και στη συνέχεια διεισδύοντας μέσα από ζώνες διασταυρωμένων ρηγμάτων να φθάσει μέχρι την επιφάνεια. Κατά την άνοδό του συναντά τον ψυχρό καρστικό υδροφόρο του ανωκρητιδικού σβεστόλιθου του Καϊάφα, τον οποίο διαπερνά εξαιτίας του μικρότερου βάρους του και της πυκνότητάς του (σχ. 6) όμως αλλοιώνει τα φυσικοχημικά του χαρακτηριστικά από την επίδραση που υφίσταται απ' αυτόν.

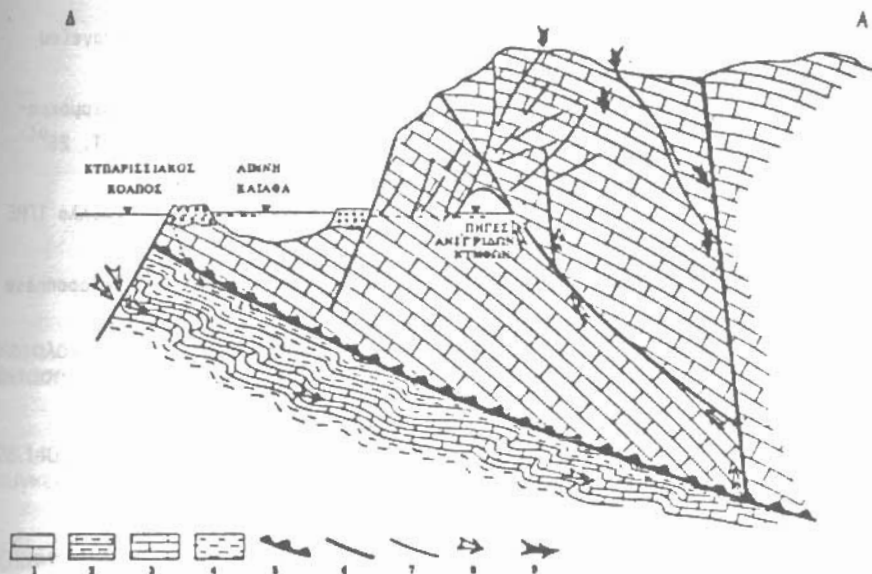
Η ερμηνεία της δημιουργίας και ανάπτυξης του θερμού υδροφόρου των πηγών Καϊάφα με το μοντέλο που δώσαμε νομίζουμε πως απαντά αρκετά ικανοποιητικά στο ερώτημα που θέσαμε παραπάνω. Δε μπορούμε βέβαια να είμαστε απόλυτα βέβαιοι γιαυτό, όμως η ερμηνεία μας στηρίζεται σε καθαρά επιστημονικά στοιχεία και παρατηρήσεις που κάναμε στο χώρο των Λουτρών του Καϊάφα.

Οι παροχές του θερμού νερού με τις οποίες τροφοδοτεί ο θερμός υδροφόρος τις πηγές Καϊάφα, εξαιτίας της μεγάλης ανάμιξης που υφίσταται από τον αντίστοιχο ψυχρό καρστικό υδροφόρο δεν είναι εύκολα να προσδιοριστούν. Στις περιπτώσεις αυτές αν γνωρίζουμε τις αρχικές θερμοκρασίες των αναμιγμένων νερών μπορούμε να κάνουμε μία πρόχειρη εκτίμηση των παροχών με τις οποίες τροφοδοτούν το καθένα ξεχωριστά την τελική παροχή. Έτσι αν με Q παραστήσουμε την τελική παροχή της πηγής των Γερανίων, την οποία εκτιμήσαμε περίπου στα $250 \text{ m}^3/\text{h}$, με θερμοκρασία $t=27^\circ$ με Q_1 την ποσότητα του νερού με την οποία τροφοδοτεί ο θερμός υδροφόρος την πηγή και τη θερμοκρασία του οποίου δεχόμαστε περίπου $t_1=70^\circ \text{ C}$ (αυθαίρετα) και $t_2=14^\circ \text{ C}$ τη θερμοκρασία του ψυχρού καρστικού υδροφόρου ορίζοντα, τότε η παροχή Q_1 δίνεται από τη σχέση Matthess, G. 1973)

$$Q_1 = \frac{Q(t-t_2)}{t_1-t_2} = 61,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Άρα $Q_1 = 61,6 \text{ m}^3/\text{h}$ και $Q_2 = 188,4 \text{ m}^3/\text{h}$

Στην περίπτωση που ο θερμός υδροφόρας του Καϊάφα έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από τους 70°C , τότε η τροφοδοσία του μπορεί να είναι ακόμη μικρότερη.



Σχ. 6.: Σκαρίφημα που δείχνει τη δημιουργία και την τροφοδοσία των δύο υδροφόρων συστημάτων που αναπτύσσονται στις πηγές των Λουτρών Καϊάφα. 1: Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι Ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως, 2: Φλύσχης Αδριατικοϊόνιου Ζώνης, 3: Ηωκαινικοί-Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι Αδριατικοϊόνιου, 4: Αργιλλικοί σχιστόλιθοι Αδριατικοϊόνιου, 5: Επώθηση Ζώνης Γαβρόβου πάνω στην Αδριατικοϊόνιου, 6: Μεγάλο ρήγμα, 7: Μικρό ρήγμα, 8: Θαλασσινό νερό, 9: Μετεωρικό νερό.

Fig.6.: Schematic cross section showing the water supply of both the bearing water systems developed in Καϊάφα's springs. 1: Upper Cretaceous limestones of Gavrovo-Tripolis zone, 2: flysch of Adriaticioionian zone, 3: Eocene-Cretaceous limestones of Adriaticioionian zone, 5: Thrusting of Gavrovo zone above Adriaticioionian, 6: Big fault, 7: small fault, 8: Sea water, 9: Meteoric water.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΓΕΩΡΓΟΥΛΗΣ, Ι. 1985: Έκθεση υδρογεωλογικής αναγνώρισης για λογαριασμό των Λουτρών Καϊάφα σε περιοχή του Δήμου Ζαχάρως Νομού Ηλείας. Ι.Γ.Μ.Ε., έκθεση αδημοσίευτη, σελ. 1-3.
- ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ, Γ. 1983: Εφαρμοσμένη Γεωλογία, Τόμος Ι, Υδρογεωλογία. Θεσ/νίκη Α.Π.Θ.
- FLEUTY, J. 1980: Les zones du Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos. Evolution d'une plate-Jorme et d'un bassin dans leur cadre alpin. Soc.geol.Nord, 4. 648 p.
- MATTHESS, G. 1973: Die Beschaffenheit des Grundwassers. Bd. 2 des Lehrbuch. d.

- Hydrogeologie. Verlag W. Richter, 320 S, (Borntraeger), Stuttgart.
- ΟΡΦΑΝΟΣ, Γ. 1976: Υδρογεωλογική αναγνώριση ιαματικών πηγών Καΐαφα και προγραμματισμός έρευνητικών εργασιών δια την μελέτην αυτών. Ι.Γ.Μ.Ε., έκθεση αδημοσίευτη, σελ. 1-4.
- ΠΕΡΤΕΣΗΣ, Μ. 1924: Τα μεταλλικά ύδατα Καΐαφα. Δημοσ. Γεωλ. Γραφείου Υπουργείου Εθνικής Οικονομίας, σελ. 1-15, Αθήνα.
- ΠΕΡΤΕΣΗΣ, Μ. 1951: Περί της σταθερότητος της χημικής συστάσεως και της θερμοκρασίας των ελληνικών μεταλλικών πηγών. Πρακτικά της Ακαδ. Αθηνών, Τ. 26^{ος} σελ. 25-38, Αθήνα.
- STREIF, Η. - ΠΕΡΙΣΟΡΑΤΗ, Κ. - ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ, Δ. 1982: Γεωλογικός χάρτης (Φύλλο ΙΓΜΕ "Ολυμπία", 1:50.000.
- THIEBAULT, F. 1982: Evolution geodynamique des Hellenides externes eu Peloponnèse meridional (Grèce). Soc. geol. du Nord, 6, 574 p.