

Πρακτικά		4ου Συνεδρίου	Μάιος 1988
Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XXIII/3	σελ. 37-47	Αθήνα 1989
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΛΟΥΤΡΩΝ ΚΥΛΛΗΝΗΣ (Δ. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ)

Γ. ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΥ, Δ. ΠΑΤΡΑ*

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Στα Λουτρά Κυλλήνης στη ΔΒΔ Πελοπόννησο και σε απόσταση 800 μέτρα από τη θάλασσα αναβλύζουν μέσα από λιμνοθαλάσσια αργιλικά και αργιλοαμμώδη ιζήματα οι θερμές πηγές της Κυλλήνης. Πρόκειται για πηγές του τύπου Na-Cl, Na-Cl-HCO₃ και Na-Cl-Ca-HCO₃. Η δημιουργία τους οφείλεται στην παρουσία των Β, ΒΔ και ΒΑ ρηγμάτων στην περιδιάχη, που έχουν καταβυθίσει τον Ιουρασικό-Κρητιδικό ασβεστόλιθο της Αδριατικοϊόνιας ζώνης, που εμφανίζεται Βόρεια των Λουτρών. Η υδροχημική συμπεριφορά των νερών των πηγών Κυλλήνης, σε συνδυασμό με τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής δείχνουν ότι πρόκειται για γλυκά γεωθερμικά ρευστά, που όμως έρχονται σε επαφή με αντίστοιχα αλμυρά θαλάσσια. Η άνοδος και έξοδος των θερμών νερών γίνεται μέσα από κανονικά ρήγματα του Πλειοτεταρτογενούς.

A B S T R A C T

The Killini hot springs are located WNW of Peloponnese, 800 m away from the seaside. They gush up through lagoon clayey and clayey sandy sediments and they are of Na-Cl, Na-Cl-HCO₃ and Na-Cl-Ca-HCO₃ types. Their creation is due to the presence of faults trending NNW-SSE and NE-SW which have submerged the Jurassic-Cretaceous limestones of the Adriatic-Ionian zone. Outcrops of the last are observed North from the springs. The hydrochemical behavior of the Killinis spring waters, in correlation with the geological evidences of the area, show that they are mild geothermic liquids which come in contact with the corresponding salty sea waters. The uplifting and exit of the hot waters is taking place through normal Pliouaternary faults.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην περιοχή Λουτρά Κυλλήνης στη ΔΒΔ-Πελοπόννησο και σε απόσταση 800 περίπου μέτρων από την ακτή αναβλύζουν σε υψόμετρο 16 μέτρων οι υπόθερμες ιαματικές πηγές της Κυλλήνης. Εξέρχονται σε επίπεδη περιοχή μέσα από λιμνοθαλάσσια αργιλικά και αργιλοαμμώδη ιζήματα του Νεογενούς. Η ιαματική πηγή χαρακτηρίστηκε κατά καιρούς ως υδροθειούχος-χλωριονατρίουχος και έχει θερμοκρασία 25,0° C. Το γεωθερμικό πεδίο που αναπτύσσεται στην περιοχή δε φαίνεται να έχει μεγάλη έκταση και θερμοκρασία και δημιουργήθηκε, πιθανόν, εξαιτίας της παρουσίας στην περιοχή Β-ΒΔ και ΒΑ ρηγμάτων, τα οποία έχουν καταβυθίσει υπό μορφήν τεκτονικών τάφρων τον Ιουρασικό-Κρητιδικό ασβεστόλιθο της Αδριατικοϊόνιας ζώνης.

Εκτός από την κύρια πηγή (Μαρία) συναντάμε και άλλες πλευρικές αναβλύσεις, που αποτελούν κατά πάσα πιθανότητα υπεδάφειες διαφυγές του θερμού νερού της κύριας πηγής. Κοντά στην κύρια ιαματική πηγή και σε απόσταση 35 μέτρων απ' αυτήν εκτελέστηκε το 1938-39 από τον οίκο ΧΕΛΗ γεώτρηση για ανεύρεση πετρελαίου που συνάντησε τον ίδιο θερμό υδροφόρα της πηγής. Σήμερα είναι κατεστραμμένη και δεν χρησιμοποιείται.

Εκτός από τις παραπάνω εμφανίσεις υπάρχει σε απόσταση 500 περίπου μέτρων βόρεια από την πηγή η ιδιωτική γεώτρηση Ι.ΠΑΝΤΑΖΗ με αρτεσιανή παροχή 10-15 m³/h που χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς. Η χημική σύσταση των νερών της γεώτρησης Ι.ΠΑΝΤΑΖΗ διαφέρει από τη χημική σύσταση των πηγών και της γεώτρησης ΧΕΛΗ.

G.DIMOPOULOS and D.PATRAS - Hydrogeological and hydrochemical research in the area of Illinis curative springs (W Peloponnese).

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

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

είναι τόσο θαλάσσια, όσο και ποταμοχειμάρια και λιμναία.

3. Η ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στο χώρο της Πελοποννήσου οι Εξωτερικές ζώνες παρουσιάζουν πολύπλοκη τεκτονική εικόνα, σχηματίζοντας αλληπάλληλα τεκτονικά καλύμματα και λείπα τα οποία επωθούνται το ένα πάνω στο άλλο από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά. Ειδικότερα πάνω στην Αδριατικοϊόνιο ζώνη έχει επωθηθεί με διεύθυνση από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά η ζώνη Γαββρόβου-Τριπόλεως.

Αποτέλεσμα της παραπάνω τεκτονικής δομής των καλυμμάτων στην Πελοπόννησο είναι η σε πολλές θέσεις αποκάλυψη της Αδριατικοϊόνιο ζώνης ως τεκτονικού παράθυρου, μέσα στο χώρο των υπολοίπων εξωτερικών ζωνών που βρίσκονται προς τα ανατολικά της (Fleury, J., 1980, Thiebault, F., 1982).

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

Γενικά τα στρώματα της Αδριατικοϊόνιο ζώνης εμφανίζονται πτυχωμένα σε ανοιχτές πτυχές με άζονες γενικής διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ και λεπιωμένα κατά την ίδια ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνση. Στη λεπίωση συνέβαλε ένας μεγάλος αναστροφών ρηγματών που ήταν παράλληλα γενικά στην αξονική διεύθυνση των πτυχών και χαρακτηρίζονται ως επιμήκη ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ και κλίσης ΒΑ.

Κατά τη διάρκεια Πλειοκαίνου-Τεταρτογενούς αφού είχαν ολοκληρωθεί οι επωθητικές κινήσεις και οι λεπιώσεις των Εξωτερικών ζωνών έλαβε χώρα η περίοδος εφελκυσμού του ευρύτερου Ελληνικού χώρου με αποτέλεσμα τον τεμαχισμό των αλπικών στρωμάτων του συνόλου των ζωνών (Πλονού-Πίνδου, Γαββρόβου-Τριπόλεως και Αδριατικοϊόνιο) από ρήγματα κανονικά που ακολούθησαν κυρίως την ίδια ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση.

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

4. ΟΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΛΟΥΤΡΩΝ ΚΥΛΛΗΝΗΣ

Η εγγύτερη περιοχή των λουτρών Κυλλήνης δομείται τόσο από αλπικούς σχηματισμούς της Αδριατικοϊόνιο ζώνης, όσο και από μεταλπικά ιζημάτα. Συγκεκριμένα από όλους τους αλπικούς σχηματισμούς της ζώνης που περιγράφηκαν σε προηγούμενη παράγραφο στο χώρο των λουτρών εμφανίζονται οι παρακάτω (σχ. 2):

1. Γύψος Τριαδικής ηλικίας, λεπτοκρυσταλλική, λευκή, μερικές φορές όμως και φαιά έως μελανή λόγω εμπλουτισμού της από βιτούμινια. Τα κοιτάσματα γύψου εκτός από την κανονική τους στρωματογραφική θέση στη βάση των αλπικών ιζημάτων βρίσκονται συχνά και ενδιάμεσα στα νεώτερα στρώματα της ζώνης (Κρητιδικά, που περιγράφονται παρακάτω) όπου έχουν ανέλθει διαπυρικά, διαμέσου ρηγμάτων.

2. Ασβεστόλιθοι λεπτοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις.

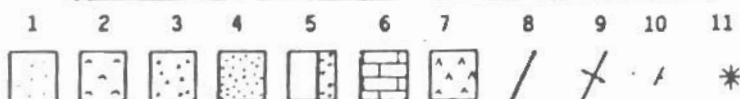
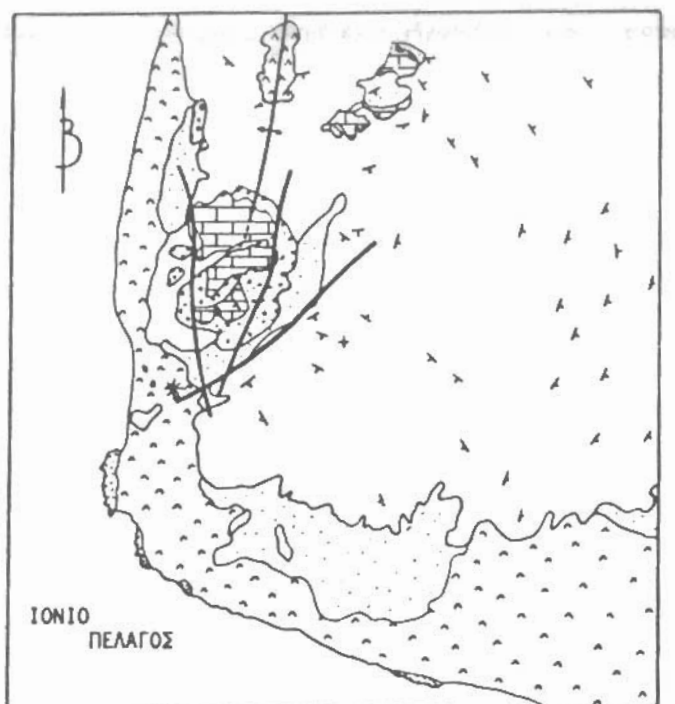
Μέσου Ιουρασικού έως Ανώτερου Κρητιδικού, που κατά θέσεις περιλαμβάνουν κερατολιθικές ενστρώσεις.

Τα στρώματα των παραπάνω αλπικών σχηματισμών των ζωνών καλύπτονται στο μεγαλύτερο μέρος τους στην περιοχή από τα μεταλπικά ιζημάτα, τα οποία από τους νεώτερους σχηματισμούς προς τους παλιότερους είναι τα εξής:

- Σύγχρονες προσχώσεις, ολοκαινικής ηλικίας.
- Θίνες, ολοκαινικής ηλικίας.
- Πλευρικά κορήματα, ολοκαινικής ηλικίας.
- Χονδροκοκκώδεις ασβεστιτικοί ψαμίτες, Πλειοκαινικής ηλικίας.
- Αποθέσεις θαλάσσιες, υφάλμυρες και λιμναίες, πλειοκαινικής ηλικίας, που αποτελούνται από εναλασοόμενα στρώματα μαργών, ανθρακούχων αργίλων, άμμων, αδρομερών και λεπτόκοκκων ψαμιτών και κροκαλοπαγών. Κατά θέσεις περιλαμβάνουν μαργαϊκούς ασβεστόλιθους.

5. Η ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΛΟΥΤΡΩΝ ΚΥΛΛΗΝΗΣ

Σύμφωνα με τους ερευνητές που έκαναν τη γεωλογική χαρτογράφηση της ευρύτερης περιοχής (Ι.Γ.Μ.Ε., φύλλο 1:50.000 Βαρθολωμιά) τα στρώματα των αλπικών σχηματισμών εμφανίζονται στην περιοχή των λουτρών πτυχωμένα σχηματίζοντας ανοιχτή



Σχ. 2.: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής λουτρών Κυλλήνης, από ΙΓΜΕ γεωλογικό φύλλο "Βαρθολωμιού" κλ. 1:50.000. 1: Σύγχρονες προχωάσεις, Ολοκαίνου, 2: Θίνες Ολοκαίνου, 3: Πλευρικά κορήματα Ολοκαίνου, 4: Χονδροκοκκώδεις ασβεστιτικοί ψαμμίτες Πλειστοκαίνου, 5: Μάργες, άργιλοι, άμμοι Πλειοκαίνου, 6: Ασβεστόλιθοι Μέσου Ιουρασικού - Ανώτερου Κρητιδικού, 7: Γύψος Τριαδικού, 8: Ρήγμα, 9: Άξω αντικλίνου, 10: Κλίση και παράταξη σχηματισμών, 11: Θέση πηγών.

Fig.2.: Geological map of the wider area of Killinis springs taken from geological map of IGME, sheet "BARTHOLOMION", scale 1:50.000. 1: Recent alluvial deposits, Holocene, 2: Dunes, Holocene, 3: Colluvial deposits, Holocene, 4: Coarse calcareous sandstones, Pleistocene, 5: marls, clays, sands, Pleistocene, 6: Limestone of Middle Jurassic-Upper Cretaceous, 7: Trias Gypsum, 8: fault, 9: axis of anticline, 10: strike and dip of the rocks, 11: location of the curatine springs.

μεγαπυχή. Η πτύχωση έχει προέλθει εξαιτίας του διαπυρισμού της Τριαδικής γύψου σε συνδιασμό με την επενέργεια των ρηγμάτων που έχουν δράσει στη δυτική ακτή της Κυλλήνης (B διεύθυνσης) και έχει πτυχώσει τα Πλειοκαινικά στρώματα της περιοχής σχηματίζοντας ασύμμετρο αντίκλινο, ο άξονας του οποίου έχει Β-Ν διεύθυνση.

Εκτός από τα πιθανά ρήγματα που οριοθετούν τη δυτική ακτή της Κυλλήνης, όπως προαναφέρθηκε παραπάνω και τα ρήγματα που οριοθετούν το τεκτονικό κέρασ του Άνω-Κρητιδικού ασβεστόλιθου, άλλα ρήγματα δεν διαπιστώθηκαν στη θέση των πηγών και δεν αναφέρονται στην περιοχή από τους αντίστοιχους επίσημους χάρτες, πιθανώς γιατί τα τεκτονικά επεισόδια καλύπτονται από πλειοτεταρτογενείς αποθέσεις και οι συνθήκες παρατήρησης στους χαλαρούς αυτούς σχηματισμούς δεν είναι καλές.

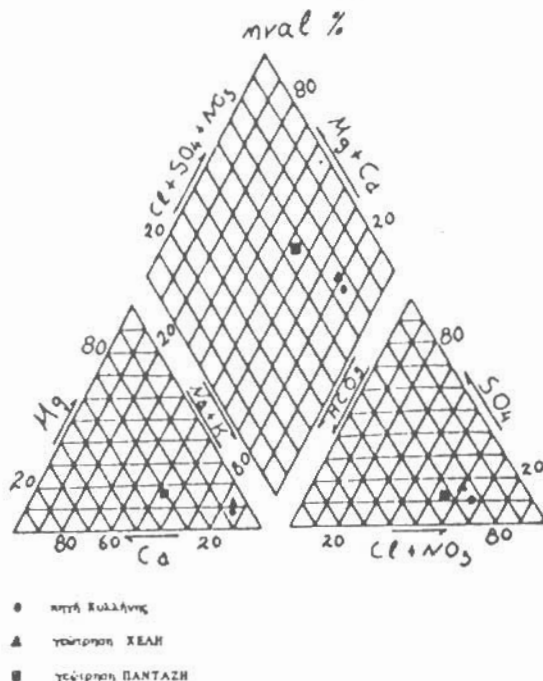
6. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Όπως φαίνεται από το γεωλογικό χάρτη της περιοχής, οι ασβεστόλιθοι της Αδριατικοϋόνιας ζώνης ηλικίας Α.Ιουρασικού - Α.Κρητιδικού κατέχουν μικρή σχετικά έκταση και παρουσιάζονται πτυχωμένοι με άξονα Β-Ν. Έτσι η δυτική πτέρυγα αυτής της μεταπτυχίας παρουσιάζεται με διεύθυνση κλίσης Δυτική. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί παρουσιάζονται με πλακώδη μορφή, έτσι ώστε δια μέσου των ανοιχτών δομών κατά τη διεύθυνση κλίσης των επιφανειών στρώσης τους να παρουσιάζεται η δυνατότητα υδατοαπορροφητικότητας και υδατοκινητικότητας αυτών. Η μικρή όμως έκταση αυτών των ασβεστολίθων δεν επιτρέπει τη δημιουργία ψυχρού καρστικού υπόγειου υδροφορέα μεγάλης δυναμικότητας.

Οι υπερκείμενοι των ασβεστολίθων μεταλικοί σχηματισμοί ακολουθούν την πτύχωση αυτών, που προκλήθηκε σύμφωνα με τους ερευνητές σύνταξης του χάρτη, εξαιτίας του διαπυριισμού των κοιτασμάτων της γύψου. Εξαιτίας αυτής της πτύχωσης που δίνει στους σχηματισμούς αυτούς διευθύνσεις κλίσεων προς τα δυτικά και ανατολικά και της επαλληλίας που παρουσιάζουν σε υδροπερατούς (άμμοι-κροκαλοπαγή-ψαμμίτες) και αδιαπέρατους σχηματισμούς (μάργες, άργιλοι, μαργαίκοι ασβεστόλιθοι) παρουσιάζεται η δυνατότητα ανάπτυξης επάλληλων υδροφόρων στρωμάτων άγνωστων, τουλάχιστο μέχρι στιγμής, αγωγιμοτήτων. Έτσι η παρουσία τέτοιων σχηματισμών στη θέση των πηγών Κυλλήνης, ταυτόχρονα με τη ρηξιγενή τεκτονική της περιοχής, μπορεί να δημιουργεί επάλληλους ψυχρούς υδροφόρους ορίζοντες που μπορούν να επηρεάζουν τους ψυσοκοχημικούς χαρακτήρες του θερμού νερού.

7. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΩΝ ΙΑΜΑΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΥΛΛΗΝΗΣ

Η επιτόπου μετάβασή μας στο χώρο των πηγών Κυλλήνης στις 20/7/87 μας έδωσε τη δυνατότητα να μετρήσουμε ορισμένες από τις φυσικοχημικές σταθερές όλων των αναβλύσεων των πηγών Κυλλήνης (πίνακας 1) (Ορφανός, Γ. 1976).



Σχ. 3.: Απεικόνιση των χημικών αναλύσεων των θερμών ιαματικών πηγών Κυλλήνης σε τριγωνικό διάγραμμα κατά Devis & De Wiest.

Fig.3.: Diagrammes Davis & De Wiest for the waters of Killinis springs.

Πίνακας 1. Τιμές φυσικοχημικών σταθερών ιαματικών πηγών Κυλλήνης (20/7/87).

Όνομασία Πηγών	Ταέρος °C	Τνερού °C	Ηλεκτρική αγωγιμότητα $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Παροχή m^3/h	Παρατηρήσεις
ΠΗΓΗ "ΜΑΡΙΑΣ" (Κύρια Πηγή)	35,2	25	3700	7,56	-	Ελαφρά υδροθειούχος
ΔΙΑΦΥΓΗ Ν° 1	35,2	22	3560	7,44	0,0	Δεν έχουν αρτεσιανή παροχή, επίχρημα πετρελαιοειδών, οργανική μαύρη ιλύς.
ΔΙΑΦΥΓΗ Ν° 2	35,2	22	3310	7,49	0,0	
ΔΙΑΦΥΓΗ Ν° 3	35,2	22	3260	7,52	0,0	
ΧΑΒΟΥΖΑ Ν° 5	35,2	21,2	3730	7,79	0,0	Προέρχεται από διαφυγή και από Πηγή Μαρίας.
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΧΕΛΗ Ν° 9	35,2	24,3	4500	7,06	-	
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΧΕΛΗ Ν° 8	35,2	-	2200	7,24	-	
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΧΕΛΗ Ν° 7	35,2	-	2170	7,56	-	
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΧΕΛΗ (ανάμεσα στα σημεία 8 & 9)	35,2	-	2260	7,26	Πολύ μικρή	Εκρέει ελεύθερα ανάμεσα στα σημεία 8 και 9 Υδροθειούχος
ΩΡΑΙΑ ΕΛΕΝΗ	35,2	-	3300	7,56	6,0	Ελεύθερη εκροή από γεώτρηση Χέλη υδροθειούχος

Κατά την απεικόνιση των τιμών του πίνακα 2 (Ορφανός, Γ., 1976) σε τριγωνικό διάγραμμα κατά Davis & De Wiest (σχ. 3) πρόκυψαν τρεις κατηγορίες νερών, χωρίς όμως σημαντικά μεγάλες διαφοροποιήσεις:

- Na-Clούχα νερά. Νερά αυτού του τύπου είναι τα νερά των πηγών Κυλλήνης.
- Na-Cl-HCO₃⁻ νερά. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα νερά της γεώτρησης Χέλη.
- Na-Cl-Ca-HCO₃ νερά. Εδώ ανήκουν τα νερά της γεώτρησης Πανταζή.

Η ταξινόμηση των νερών των πηγών Κυλλήνης στις παραπάνω κατηγορίες που έγινε σύμφωνα με την περιεκτικότητα των κύριων ανιόντων και κατιόντων του (Δημόπουλος, Γ. 1983) θα μας επέτρεπε να δεχτούμε, ότι πρόκειται για θαλασσινό νερό που έχει υποστεί κάποια αραίωση εξαιτίας της αραίωσης του με άλλα γλυκά νερά. Μια όμως προσεχτική παρατήρηση των σχέσεων ισοδυναμίας και των δεικτών ανταλλαγής ιόντων στα ιαματικά νερά της Κυλλήνης και στο θαλασσινό νερό (πίνακας 3) μας οδηγεί σε διαφορετικά συμπεράσματα.

Όλοι οι δείκτες που χρησιμοποιήσαμε στον πίνακα 3 για να πιστοποιήσουμε κοινές σχέσεις ανάμεσα στη μέση σύσταση του θαλασσινού νερού και των ιαματικών νερών της Κυλλήνης γενικότερα, μας έδωσαν διαφορετικές τιμές με πολύ μεγάλες αποκλίσεις. Το γεγονός αυτό πιστοποιεί μια διαφοροποίηση των νερών των πηγών Κυλλήνης από το θαλασσινό νερό. Επιπλέον παρατηρείται μια σχεδόν ταύτιση στις τιμές των δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν ανάμεσα στα νερά των ιαματικών νερών της Κυλλήνης και εκείνων της γεώτρησης Χέλη, που μας επιτρέπει να τα εντάξουμε στην ίδια κατηγορία με αυξημένη μόνο την περιεκτικότητα σε HCO₃⁻ ιόντα. Μια παραπέρα διαφοροποίηση παρατηρείται στα νερά της γεώτρησης Πανταζή, που έτσι εντάσσονται σε μια άλλη κατηγορία.

Σύμφωνα με τον Γ. Ορφανό (1976), όταν έχουμε ελεύθερη εκροή νερού από τις πηγές της Κυλλήνης, τότε έχουμε παρουσία και ταυτόχρονη εκροή πετρελαίου. Επίσης από προσωπικές παρατηρήσεις διαπιστώθηκε η παρουσία οργανικής μαύρης ιλύος, η οποία μάλιστα χρησιμοποιείται από τους λουόμενους για ηηλοθεραπεία. Οι παραπάνω διαπιστώσεις μας επιτρέπουν να θεωρήσουμε πως, τόσο η παρουσία αυξημένων HCO₃⁻, καθώς και SO₄⁻ ιόντων προέρχονται εν μέρει από βιολογικές αιτίες.

Γνωρίζουμε πως τα HCO₃⁻ ιόντα αυξάνονται γενικά με το βάθος, ενώ σε μακρές περιόδους βροχοπτώσεων αυξάνονται στους ανώτερους ορίζοντες εξαιτίας βιολογικών αντιδράσεων παραγωγής ελεύθερου CO₂. Επίσης σε αναερόβιες συνθήκες η μικροβιακή διάσπαση μπορεί να προκύψει είτε με μεθανική ζύμωση είτε με αναγωγή των θειικών

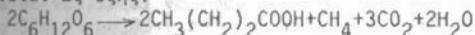
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Χημικές αναλύσεις ιαματικών νερών Κυλλάνης (Ι.Γ.Μ.Ε. 1976)

ΙΟΝΤΑ	Π. ΚΥΛΛΗΝΗΣ		Π. ΚΥΛΛΗΝΗΣ		Π. ΚΥΛΛΗΝΗΣ		Π. ΚΥΛΛΗΝΗΣ		Π. ΚΥΛΛΗΝΗΣ		Π. ΚΥΛΛΗΝΗΣ		Π. ΚΥΛΛΗΝΗΣ		Π. ΚΥΛΛΗΝΗΣ		Π. ΚΥΛΛΗΝΗΣ			
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l		
Cl ⁻	939,69	939,69	948,55	936,14	975,15	968,06	975,15	968,06	487,57	487,57	774,66	774,66	735,79	735,79	751,75	751,75	21,00	20,75	62,10	62,88
	26,50	26,50	26,75	26,40	27,50	27,30	27,50	27,30	13,75	13,75	21,00	21,00	20,75	20,75	21,20	21,20	55,48	55,48	61,52	61,52
	66,26	66,26	66,32	66,56	67,90	67,84	67,90	67,84	67,90	67,84	67,90	67,84	67,90	67,84	67,90	67,84	536,80	536,80	527,04	527,04
HCO ₃ ⁻	608,51	608,51	568,52	533,14	600,24	561,20	600,24	561,20	486,78	486,78	536,80	536,80	527,04	527,04	500,20	500,20	8,80	8,64	25,82	24,32
	9,32	9,32	8,74	8,74	9,84	9,20	9,84	9,20	7,98	7,98	8,80	8,80	8,64	8,64	8,20	8,20	3,20	3,20	25,35	25,35
	24,85	24,85	23,10	22,03	24,84	22,86	24,84	22,86	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	197,41	197,41	195,00	195,00
SO ₄ ⁻²	170,51	204,61	217,09	151,77	179,63	146,49	179,63	146,49	4,11	4,11	4,31	4,31	4,06	4,06	4,31	4,31	12,30	12,30	12,12	12,12
	3,55	4,26	4,52	3,16	3,74	3,05	3,74	3,05	12,30	12,30	12,12	12,12	12,12	12,12	12,12	12,12	0,00	0,00	0,00	0,00
	8,87	10,56	11,39	7,80	9,29	9,29	9,29	9,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO ₃ ⁻	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	1716,71	1721,68	1686,37	1727,16	1708,89	1120,84	1708,89	1120,84	1508,87	1508,87	1457,83	1457,83	1457,83	1457,83	1458,95	1458,95	99,98	99,98	99,98	99,98
	39,99	40,33	39,66	40,50	40,24	24,78	40,24	24,78	33,91	33,91	33,45	33,45	33,45	33,45	33,71	33,71	99,99	99,99	99,99	99,99
	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98
Ca ⁺⁺	68,94	69,74	67,33	68,14	60,12	152,30	60,12	152,30	80,16	80,16	84,17	84,17	84,17	84,17	74,95	74,95	3,44	3,44	4,20	4,20
	3,44	3,48	3,36	3,40	3,04	7,60	3,04	7,60	4,00	4,00	4,20	4,20	4,20	4,20	3,84	3,84	8,40	8,40	11,80	11,80
	8,57	8,56	8,40	8,33	7,50	30,49	7,50	30,49	11,80	11,80	12,44	12,44	12,44	12,44	11,31	11,31	34,53	34,53	35,99	35,99
Mg ⁺⁺	2,84	2,92	3,04	3,20	2,88	4,00	2,88	4,00	2,96	2,96	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	7,07	7,18	7,60	7,60
	7,07	7,18	7,60	7,84	7,10	16,05	7,10	16,05	8,73	8,73	8,29	8,29	8,29	8,29	8,24	8,24	765,90	777,40	776,25	788,90
	7,07	7,18	7,60	7,84	7,10	16,05	7,10	16,05	8,73	8,73	8,29	8,29	8,29	8,29	8,24	8,24	33,30	33,80	33,75	34,30
Na ⁺	82,95	83,14	83,25	82,72	84,64	52,16	84,64	52,16	78,21	78,21	78,21	78,21	78,21	79,55	79,55	21,90	17,59	11,73	17,59	
	21,90	17,59	11,73	17,59	11,73	12,51	11,73	12,51	16,42	16,42	13,68	13,68	13,68	13,73	13,73	0,56	0,30	0,32	0,30	
	1,39	1,10	0,75	1,10	0,74	1,28	0,74	1,28	1,23	1,23	1,03	1,03	1,03	1,03	0,88	0,20	0,15	0,15	0,15	
NH ₄ ⁺	0,20	0,15	0,10	0,15	0,15	0,05	0,15	0,05	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Τιτρώσιμ	891,47	900,39	882,03	901,04	896,72	512,50	896,72	512,50	742,27	742,27	739,15	739,15	739,15	739,15	743,78	743,78	40,14	40,65	40,00	40,52
	40,14	40,65	40,00	40,52	40,52	24,92	40,52	24,92	33,88	33,88	33,75	33,75	33,75	33,75	33,94	33,94	99,98	99,98	99,98	99,98
	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98
H ₂ S	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54
	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54
	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54
Ολ. Σκληρ.	9,6	9,7	9,4	9,5	8,5	21,3	8,5	21,3	11,2	11,2	11,7	11,7	11,7	11,7	10,7	10,7	3100	3600	4200	3780
Ηλ. Αγωγ.	7,9	7,8	7,7	8,0	7,8	7,4	7,8	7,4	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,6	7,6	24,1/	24,1/	25/	24,1/
Τυρπ./	24,1/	24,1/	25/	24,1/	25/	19,8/	25/	19,8/	22/	22/	24,1/	24,1/	24,1/	24,1/	24,1/	24,1/	24,1/	24,1/	24,1/	24,1/
Τοσπ.	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0

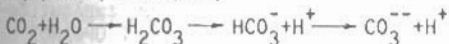
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Σχέσεις ισοδυναμίας και δείκτες ανταλλαγής ιόντων των νερών των λαματικών πηγών Κυλλήνης

Δείκτες (mval/l)	Na/ Cl	Mg Ca	SO ₄ Cl	Na Ca + Mg	Na Mg	$I_{BA} = \frac{Cl - (Na + K)}{Cl}$	$I_{BA} = \frac{Cl - (Na + K)}{SO_4 + HCO_3 + NO_3}$
ΔΕΙΞΕΙΣ CIVÉC	1						
ΠΑΡΑΣΙΝΟ ΝΕΡΟ	0,86 : 1	5 : 1	0,1 : 1	3,7 : 1	4,4 : 1	+ 0,12	+ 1,15
ΚΥΛΛΗΝΗΣ (13/8/76)	1 : 1,26	0,9 : 1	0,18 : 1	5,2 : 1	11,1 : 1	- 0,27	- 0,54
ΕΟΤΡΗΣΗ ΧΕΛΗ (13/8/76)	1 : 1,27	0,73 : 1	0,2 : 1	4,06 : 1	19,7 : 1	- 0,28	- 0,49
ΕΟΤΡΗΣΗ ΠΑΝΤΑΖΗ (24/4/76)	0,94 : 1	0,52 : 1	0,22 : 1	1,12 : 1	3,25 : 1	+ 0,031	+ 0,039

και νιτρικών. Έτσι σύμφωνα με τον Häusler (1969) η διάσπαση ενός υδρογονάνθρακα γίνεται ως εξής:



με τη βοήθεια μεθανοβακτηριδίων. Στη συνέχεια το CO_2 μαζί με το νερό και σύμφωνα με τη γνωστή αντίδραση



μας δίνει HCO_3^- ιόντα.

Τη σχετικά αυξημένη περιεκτικότητα σε SO_4^{--} ιόντα θα μπορούσαμε να την αποδώσουμε στη γύψο, με την οποία, εξαιτίας της παρουσίας της στην εγγύτερη περιοχή των λουτρών, θα μπορούσε να έρχεται σε άμεση επαφή το θερμό υπόγειο νερό. Αν όμως συνέβαινε κάτι τέτοιο, τότε θα έπρεπε τα ιαματικά νερά της περιοχής να παρουσιάζουν συγκεντρώσεις SO_4^{--} ιόντων, οι οποίες τελικά θα έπρεπε να φτάνουν τις συγκεντρώσεις κορεσμού της γύψου (σε $10^\circ C$ στα $1925 \text{ mgCaSO}_4/1$ αντιστοιχούν περίπου $1360 \text{ mg SO}_4^{--}/1$) (Matthss, 1973), συγκεντρώσεις που σε καμιά περίπτωση δεν παρατηρήθηκαν στην περιοχή μας. Αντίθετα παρατηρήθηκαν μικρές περιεκτικότητες H_2S . Κατά τον Sarles et al. (1956) μια χαρακτηριστική αντίδραση που γίνεται στην περιοχή του υπόγειου νερού είναι η μικροβιακή θειοαναγωγή με τη βοήθεια του αναερόβιου γένους *Desulfonivbri*, το οποίο παραλαμβάνει την απαραίτητη ζωική ενέργεια του από την αναγωγή του απαραίτητου H_2S από μια οργανική ουσία π.χ. $2(C_3H_5O_3)Na$ Νατριολακτάζη και το επίσης απαραίτητο οξυγόνο από ένα θειικό άλας π.χ.



Τα ντεσουλφοβίμπρια, στα οποία ανήκει κυρίως ο τύπος *Desulfonivbri desulfuricans*, είναι αυτά που προσαρμόζονται σε ειδικές περιεκτικότητες αλάτων και θερμοκρασιών μέσα σε υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες.

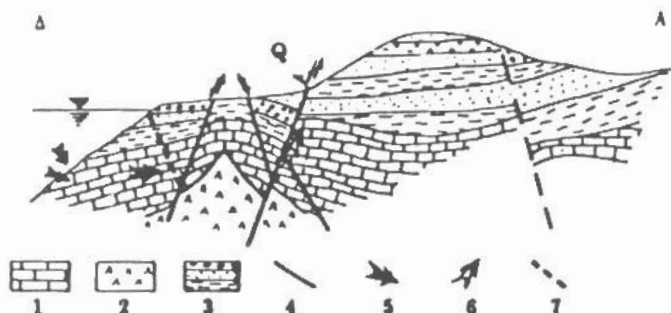
Έτσι η προέλευση των ιόντων SO_4 μόνο από το θαλασσινό νερό θα πρέπει να αποκλειστεί, αφού μάλιστα ο δείκτης SO_4/Cl (πίνακας 3) στα νερά των πηγών είναι διπλάσιος (0,18-0,2:1) από ότι στο θαλασσινό νερό. Τα ιόντα Na^+ και Cl^- είναι αυτά για τα οποία πιστεύουμε πως οι μεγάλες συγκεντρώσεις τους οφείλονται κατά το πλείστον σε επαφή του θαλασσινού νερού με το θερμό υδροφόρο ορίζοντα των πηγών. Ο δείκτης $Na:Cl = 0,86:1$ είναι καθοριστικός για το θαλασσινό νερό. Παρατηρούμε όμως πως ο δείκτης αυτός στα θερμά νερά των πηγών της Κυλλήνης παίρνει τιμές πολύ υψηλότερες (1,26, 1,27:1). Την περίσσεια των ιόντων Na^+ στα νερά των πηγών θα πρέπει να την αποδώσουμε στην παρουσία Na^+ ως συστατικό στοιχείο αργιλλικών πετρωμάτων συνέπεια της μεγάλης διαλυτότητας των νατριούχων αλάτων της μικρής διαπερατότητας αυτών των σχηματισμών και της περιορισμένης ικανότητας σύνδεσης του νατρίου σε ορυκτά της αργίλου. Τα άλατα του Νατρίου απελευθερώνονται κατά την αποσάθρωση των αργιλλικών πετρωμάτων και μπορούν στη συνέχεια να φαινόμενα ανταλλαγής ιόντων να φτάσουν στο νερό, όταν αυτά αντικατασταθούν π.χ. από Ca^{++} .

Κατά το δείκτη ανταλλαγής των βάσεων του Schoeller (1951, 1962) σε ενώσεις $NaCl$ και KCl , υπάρχει αρχικά μια ισορροπία όπου $Na^+ + K^+ = Cl^-$. Όταν τώρα στο νερό γίνει μια ανταλλαγή των αλκαλίων από γεωαλκάλια, τότε η παραπάνω ισορροπία διαταράσσεται καθότι μέρος των Na^+ και K^+ αντικαταστάθηκε από ιόντα Ca^{++} και Mg^{++} . Έτσι η ισορροπία γίνεται $Na^+ + K^+ < Cl^-$ και ο συντελεστής I_{BA} (πίνακας 3) γίνεται θετικός. Τέτοια κατάσταση παρουσιάζεται κυρίως στο θαλασσινό νερό (πίνακας 3), ενώ αντίθετα στα νερά των πηγών Κυλλήνης και στη γέωτρηση Χέλη έχουμε αρνητικό δείκτη I_{BA} . Σ' αυτήν την περίπτωση θα πρέπει μια αρχική ισορροπία ιόντων $Ca^{++} + Mg^{++} = SO_4^{--} + HCO_3^- + NO_3^-$ νερών που δεν προέρχονται από τη θάλασσα, να διαταραχτεί με την ανταλλαγή των γεωαλκαλίων από αλκάλια που προέρχονται από τα πετρώματα και το άβροιομα ισοδυναμίας ($Na^+ + K^+$) θα γίνει μεγαλύτερο του Cl^- ($Na^+ + K^+ > Cl^-$). Τότε ο δείκτης I_{BA} θα γίνει αρνητικός. Τέτοια περίπτωση παρουσιάζεται στα νερά των πηγών της Κυλλήνης.

Όλα τα στοιχεία που αναφέραμε παραπάνω μας κάνουν να πιστεύουμε πως τα νερά των πηγών της Κυλλήνης μπορεί να είναι εντελώς ανεξάρτητα από το θαλασσινό νερό, μπορεί όμως και να υπάρχει άμεση υδραυλική επαφή με το θαλασσινό νερό, που όμως αυτή δεν είναι δυναμική και επηρεάζει ελάχιστα την ποιότητα των νερών των πηγών Κυλλήνης.

8. Η ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΤΩΝ ΙΑΜΑΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΥΛΛΗΝΗΣ

Όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα θερμά νερά των ιαματικών πηγών της Κυλλήνης είναι γλυκά νερά που σχηματίζουν στην περιοχή ένα γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθολπίας που πρέπει να έρχεται όμως σε άμεση επαφή με το νερό της θάλασσας. Από τη γεωλογική εικόνα της περιοχής φαίνεται πως μια τέτοια εκδοχή είναι πιθανή. Το πρόβλημα όμως που τίθεται είναι πώς σχηματίζεται και πώς εμπλουτίζεται ο θερμός αυτός υδροφορέας; Όπως αναφέρουν οι Α.ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ και Γ.ΟΡΦΑΝΟΣ σε εκθέσεις του ΙΓΜΕ για εργασίες που πραγματοποιήθηκαν αντίστοιχα κατά τα έτη 1971 και 1976 στα Λουτρά της Κυλλήνης, η συνολική ποσότητα του θερμού ιαματικού νερού που προέρχεται από τις πηγαίες θναβλύσεις και από τη γεωθέρση ΧΕΛΗ ανέρχεται σε 750 m³ την ημέρα δηλ. 2,7·10⁶ m³ το χρόνο. Μια τέτοια αρτεσιανή παροχή που απαιτεί μια αντίστοιχη επιφάνεια τροφοδοσίας τουλάχιστο 2,0 Km² δε θα μπορούσε να προέλθει από τους ασβεστόλιθους που βρίσκονται σε μικρή απόσταση βόρεια των πηγών και οι οποίες δεν καλύπτονται έκταση μεγαλύτερη από 0,25 Km². Για να καλυφθεί η παραπάνω αρτεσιανή παροχή των πηγών, θα πρέπει ο εμπλουτισμός του θερμού υδροφορέα να καλυφτεί με νερό που προέρχεται από τους πορώδεις υδροφόρους ορίζοντες που σχηματίζονται μέσα στα νεογενή σε σχετικά όχι πολύ μεγάλα βάθη. Ο θερμός υδροφορέας που σχηματίζεται έτσι στα βαθύτερα στρώματα έρχεται σε επαφή με αντίστοιχο υδροφορέα θαλασσινού νερού που σχηματίζεται στα ίδια στρώματα των ασβεστόλιθων της Αδριατικοϊόνιου ζώνης, που προσδίδει στο γεωθερμικό ρευστό μεταλλικότητα (σχ. 4).



Σχ. 4.: Σκαρίφημα της περιοχής Κυλλήνης που δείχνει τη δημιουργία και τροφοδοσία των θερμών πηγών Κυλλήνης. 1: Ιουρασικοί-Κρητιδικό ασβεστόλιθοι Αδριατικοϊόνιου ζώνης. 2: Κοιτάσματα Γύψου. 3: Νεογενή ιζημάτα. 4: Ρήγμα. 5: Θαλασσινό νερό. 6: Θερμό νερό. 7: Διαχωριστική επιφάνεια αλμυρού και γλυκού νερού.

Fig.4.: Schematic cross section of Killinis area showing the creation and supply of Killinis hot springs. 1: Jurassic-Cretaceous limestones of Adriaticio-ionio Zone, 2: Gypsum deposits, 3: Neogene sediments, 4: fault, 5: Sea water, 6: Hot water, 7: Separation surface between salty and mild water.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ, Γ. 1983: Εφαρμοσμένη Γεωλογία, Τόμος Ι, Υδρογεωλογία. Θεσ/νίκη Α.Π.Θ.
- ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ, Α. 1971: Έκθεσις υδρογεωλογικής αναγνωρίσεως εις την ιαματικήν πηγήν Κυλλήνης. Ι.Γ.Μ.Ε., έκθεση αδημοσίευτη, σελ. 1-5.
- FLEURY, J. 1980: Les Zone, du Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos. Evolution d' une plate-forme et d' un bassin dans leur cadre alpin. Soc.geol.Nord.,4, 648 p.
- HÄUSLER, J. 1969: The succesion of microbial processes in the anaerobic decomposition of organic compounds. In: Jenkins, S.H.; Advances in water pollu-

tion research. S. 407-415, Oxford (Pergamon).

ΟΡΦΑΝΟΣ, Γ. 1976. Υδρογεωλογική αναγνώρισις θερμομεταλλικής πηγής Κυλλήνης και προγραμματισμός ερευνητικών εργασιών δια την μελέτην αυτής. Ι.Γ.Μ.Ε., έκθεση δημοσίευτη, σελ. 1-4.

SARLES, et al. 1956: Microbiology. 2.Aufl., 491 S., New York (Harper & Brothers).

SCHOELLER, H. 1951: Relation entre la concentration en chlore des eaux souterraines et les échanges de bases avec les terrains qui les referment. C.R. Acad.Sci., 232, 1432-1434, Paris.

SCHOELLER, H. 1962: Les eaux souterraines. 642 S., Paris (Masson).

THIEBAULT, F. 1982: Evolution geodynamique des Heïllenides externes eu Peloponnèse meridional (Grèce). Soc.géol.du Nord., 6, 574 p.