

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΚΟΝΙΤΣΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ (ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΚΔΗΛΩΣΗΣ ΘΕΡΜΩΝ ΑΤΜΩΝ ΑΜΑΡΑΝΤΟΥ)

Γ. Δημόπουλος, Ν. Ζούρος και Στ. Δαφνής

ΣΥΝΟΨΗ

Στον Αμάραντο στο βόρειο τμήμα της Ηπείρου, κοντά στα Ελληνοαλβανικά σύνορα και σε 126m αναβλύζουν θερμοί ατμοί μέσα από μια μάζα αποκαρστωμένου Κρητιδικού ασβεστόλιθου της ζώνης Πίνδου. Η εκδήλωση των θερμών ατμών στην επιφάνεια γίνεται μέσα από έγκοιλα στην επαφή των ασβεστόλιθων του φλύσχη. Οι θερμοί ατμοί Αμαράντου αποτελούν μια από τις εκδηλώσεις του ενιαίου γεωθερμικού πεδίου της περιοχής Κόνιτσας που αναπτύσσεται στους ασβεστόλιθους της Ιονίου ζώνης. Στην περίπτωση του Αμαράντου, έχουμε μεταφορά θερμών αερίων και υδρατμών από τα γεωθερμικά ρευστά, τα οποία αναμειγνύμενα στη συνέχεια με τον ψυχρό αέρα που φθάνει βαθύτερα μέσα από καρστικούς αγωγούς, εκδηλώνονται με τη μορφή ατμίδων.

ABSTRACT

The fumaroles of Amarantos are located in Epirus, Greece, close to the Greek-Albanian border. They rise up through a mass of Cretaceous carstic limestone of the Pindus zone. They occur through cavities in the contact of the limestones and the Pindus flysch. They consist one of the thermal manifestations of the Konitsa geothermic field, which is developed inside the limestones of the Ionian zone. In the case of Amarantos, there is transportation of the hot gasses and vapours from the geothermic fluids, that mix with cool air reaching deeper through carstic passages and rise up as fumaroles.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα λουτρά Αμαράντου βρίσκονται κοντά στην εθνική οδό Ιωαννίνων-Κοζάνης, 5 Km βόρεια του χωριού Αμάραντος, απέναντι από τα Ελληνοαλβανικά σύνορα. Απέχουν 27 Km από την Κόνιτσα και 70 Km από τα Ιωάννινα. Η προσπέλαση στα λουτρά γίνεται με αμαξιτή οδό (χωματόδρομο) από το χωριό Αμάραντος.

Πρόκειται για το μοναδικό σημείο ανάβλυσης θερμού αέρα και υδρατμών στον ελληνικό χώρο. Η ανάβλυση γίνεται διαμέσου σχισμών και αγωγών από ασβεστολιθικά πετρώματα σε υψόμετρο 1260 m.

Υπάρχουν πολλά σημεία εξόδου θερμού αέρα και υδρατμών, καθένα από τα οποία παρουσιάζει και διαφορετική παροχή.

Με βάση αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών διαπιστώνεται ότι οι ατμοί περιέχουν ίχνη ραδιενέργειας, (5-6 μονάδες MACHE) που οφείλονται στο ραδόνιο (RN), μικρές ποσότητες CO₂ και η μέγιστη υγρασία είναι 97-100%. Υπολογίζεται ότι η συνολική παροχή των αγωγών είναι 11500

G.DIMOPOULOS, N.ZOUIROS, S.DAFNIS: Contribution in the geological study of the geothermic field of Konitsa-Epirus-Notern Greece. (Area of the Amarantos fumaroles occurrence).

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τομέας Γεωλογίας-Φυσικής Γεωγραφίας, 54006 Θεσσαλονίκη



Σχ. 1: Χάρτης της ΒΔ Ελλάδας στον οποίο φαίνεται η περιοχή μελέτης
 Fig. 1: Map of NW Greece showing the studied area

m^3/h σ' ολόκληρη την περιοχή.

Το 1986 εκτελέστηκαν από το ΙΓΜΕ δύο ερευνητικές γεωτρήσεις (Γκιώνη Γ. 1987) στο χώρο δίπλα στο κτίριο του υδροθεραπευτηρίου για την διερεύνηση του συστήματος των ρηγμάτων και των διακλάσεων από τις οποίες γίνεται η έξοδος του θερμού αέρα.

Η πρώτη ΓΑ1 εκτελέστηκε με κλίση 65° και έφτασε σε βάθος 172,50 m ενώ η δεύτερη ΓΑ2 εκτελέστηκε υπό κλίση 85° και έφτασε σε βάθος 235 m.

Στην ΓΑ1 έγινε άντληση, με αεροτουρμπίνα, θερμού αέρα, διαρκείας 108 ωρών και με παροχή $15m^3/h$ δηλαδή με παροχή 12πλάσια της φυσικής παροχής της κάθε γεώτρησης.

2. ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

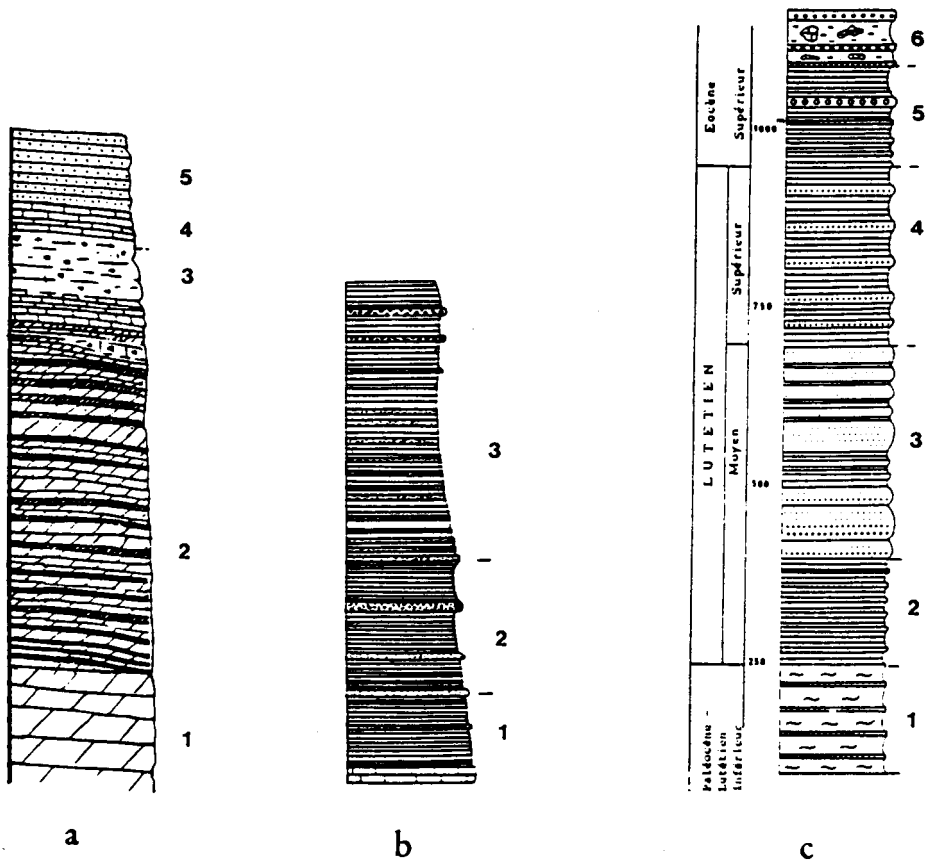
Η ευρύτερη περιοχή των Λουτρών Αμαράντου τοποθετείται γεωλογικά στο χώρο των Εξωτερικών γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα στην περιοχή συναντώνται σχηματισμοί που ανήκουν σε τρεις διαφορετικές ζώνες: Ιόνιο, Πίνδου και Υποπελαγονική.

Αυτόχθονη ζώνη θεωρείται η Ιόνιος, πάνω στους σχηματισμούς της οποίας επωθούνται από τα ανατολικά οι σχηματισμοί της ζώνης Πίνδου. Οι σχηματισμοί της Υποπελαγονικής αποτελούν ένα αποκομμένο τεκτονικό κάλυμμα, πάνω από τους σχηματισμούς της ζώνης Πίνδου και καλύπτουν το βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής.

Η Ιόνιος ζώνη αντιπροσωπεύει μια αύλακα με πελαγική - ημιπελαγική ιζηματογένεση. Στην περιοχή που μελετήθηκε εμφανίζονται σχηματισμοί που ανήκουν στο ανατολικότερο της τμήμα (Εσωτερική Ιόνια ζώνη). Η ανθρακική ιζηματογένεση σ' αυτήν έχει χαρακτήρα που υποδηλώνει περισσότερες ομοιότητες με το ύψωμα του Γαβρόβου σε σύγκριση με την πελαγικό χαρακτήρα της Ιόνιας αύλακα. Οι σχηματισμοί της Εσωτερικής Ιόνιας ζώνης στην Ήπειρο και ειδικότερα στο ανατολικό περιθώριο της, που περιλαμβάνει τις περιοχές της Ανατολικής Τύμφης καθώς και τις Λεκάνες Κόνιτσας και Ζαγορίων, είναι από τους κατώτερους ορίζοντες προς τους ανώτερους οι εξής (σχ 2 α,β):

- Δολομίτες γκριζοί ή μαύροι, μαζώδεις, με γωνιώδη τεμάχια κερατολίθων οι οποίοι στη συνέχεια εξελίσσονται σε στρωμένους με ενστρώσεις και κονδύλους κερατολίθων. Το πάχος του σχηματισμού ξεπερνά τα 1200 m και η ηλικία του υπολογίζεται από Ανωτ. Ιουραϊκό έως Κατ. Σενώνιο.
- Ασβεστόλιθοι μικρολατυποπαγείς, μαζώδεις, που περιέχουν θραύσματα Ρουδιστών και Πολυπόδων. Το πάχος του σχηματισμού υπερβαίνει τα 100m. Ηλικία Ανωτ. Σενώνιο.
- Ασβεστόλιθοι άστρωτοι, λατυποπαγείς με πανίδα από Ρουδιστές και Νερινέες, οι οποίοι εξελίσσονται σε υπολιθογραφικούς, και μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με Νουμουλίτες. Ηλικία: Παλαιόκαινο - Ανωτ. Ηώκαινο.
- Φλύσχης. Αποτελείται από τρεις ενότητες (Σχ. 2b).

α) Κατώτερη ενότητα, αποτελούμενη από εναλλαγές λεπτόκοκκων έως χονδρόκοκκων ψαμμιτών και αργιλούχων ιλυωδών μαργών. Το πάχος του σχηματισμού είναι κατά προσέγγιση 1000m.



Σχ. 2: Σχηματικές λιθοστρωματογραφικές στήλες
 α) **Εσωτερική Ιόνια ζώνη (Ανατολικό περιθώριο):** 1. Μαζώδεις δολομίτες 2. Γκριζοί δολομίτες με ενστρώσεις κερατολίθων 3. Ασβεστόλιθοι μικρολατυποπαγείς 4. Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι 5. Φλύσχη
 β) **Φλύσχη λεκάνης Ζαγοριών:** 1. Κατώτερη ενότητα 2. Σχηματισμός Διστρατού 3. Ανώτερη σειρά Ζαγοριών
 γ) **Φλύσχη Πίνδου (DESPRAIRIES, 1979):** 1. Κόκκινος φλύσχη 2. Κατώτερος ψαμμιτοπηλιτικός φλύσχη 3. Ψαμμιτικός φλύσχη 4. Ανώτερος ψαμμιτοπηλιτικός φλύσχη 5. Πηλιτικός φλύσχη 6. Αγριος φλύσχη (Wild Fysch)

Fig. 2: Schematic lithostratigraphic columns
 a) **Internal Ionian zone (eastern margin)** 1. Massive dolomites 2. Gray dolomites with cherts 3. Microconglomeratic limestones 4. Eocenic limestones 5. Flysch
 b) **Zagoria Flysch:** 1. Lower unit 2. Distratos formation 3. Upper Zagoria serie
 c) **Pindus Flysch (DESPRAIRIES, 1979):** 1. Red flysch 2. Lower sand-pelitic flysch 3. Sandstone flysch 4. Upper sand-pelitic flysch 5. Pelitic flysch 6. Wild flysch

β) Σχηματισμός Διστρατού. Πρόκειται για ρυθμική σειρά μαργαϊκού φλύσχη στην οποία παρεμβάλλονται δύο ψαμμιτικές ζώνες, οι ψαμίτες του Αγ. Χριστόφορου και οι ψαμίτες του Διπόταμου. Το πάχος του σχηματισμού είναι 800m. Ηλικία: Ολιγόκαινο.

γ) Ανώτερη σειρά Ζαγοριών. Αποτελείται από ρυθμικές εναλλαγές κυανών ιλυωδών μαργών και χονδρόκοκκων ψαμιτών. Το πάχος του σχηματισμού προσεγγίζει τα 2000m. Ηλικία: Ακουϊτάνιο.

Οι σχηματισμοί της ζώνης Πίνδου που εμφανίζονται στο βόρειο τμήμα της ηπείρου είναι σχεδόν αποκλειστικά οι σχηματισμοί του φλύσχη. Η ανθρακική σειρά εμφανίζεται στο ύψος του Μετσοβίτικου, επωθείται προς τα δυτικά σαν ανεξάρτητο τεκτονικό κάλυμμα. Κατά την επώθηση και λεπίωση

του αποσπά μεγάλα και μικρά ασβεστολιθικά τεμάχια που βρίσκονται σήμερα τεκτονικά τοποθετημένα στη μάζα του.

Η στρωματογραφία του πινδικού φλύσχη είναι η ακόλουθη (σχ.2c):

- Κόκκινος φλύσχος. Αποτελείται από ασβεστοπηλίτες κόκκινους ή και πράσινους με ενστρώσεις αργιλικών ασβεστολίθων. (60m)
- Ψαμμιτοπηλιτικός φλύσχος. Εναλλαγές ψαμμιτών και ιλυολίθων. Πάχος 60m.
- Ψαμμιτικός φλύσχος. Αποτελείται από παχυστρωματώδεις συμπαγείς γκριζούς ψαμμίτες συνολικού πάχους 300m.
- Τελικός φλύσχος. Στη βάση του (250 m) πρόκειται για ψαμμιτοπηλιτικό φλύσχη που αποτελείται από εναλλαγές ψαμμιτών και ιλυολίθων, στη συνέχεια γίνεται ηλιτικός (150 m) και στην οροφή του παίρνει τη μορφή του άγριου φλύσχη. (wild flysch) (100 m).

Οι σχηματισμοί της Υποπελαγονικής ζώνης σχηματίζουν ένα αποκομμένο τεκτονικό κάλυμμα στα Βορειοδυτικά. Το κάλυμμα αυτό αποτελείται από τους εξής σχηματισμούς:

- Ασβεστόλιθοι γκριζοί, λατυποπαγείς με εμφανή ίχνη ανακρυστάλωσης. Ηλικία Κάτω Ιουραϊκό.
- Σχιστοκερατολιθική διάπλαση. Ημιμεταμορφωμένα πετρώματα που συνοδεύουν τους οφειόλιθους.
- Οφειολιθική ακολουθία. Αποτελείται από σερπετινίτες, περιδοτίτες, δουνίτες, δολερίτες κλπ.

3. Η ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Ο χώρος της Ηπείρου παρουσιάζει μια πολύπλοκη τεκτονική εικόνα με το σχηματισμό αλληπάλλων τεκτονικών καλυμμάτων και λεπίων, τα οποία επωθούνται το ένα πάνω στο άλλο από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά. Ειδικότερα, όπως προαναφέρθηκε, η ζώνη Πίνδου επωθείται πάνω στην Ιόνιο ζώνη, με τη μορφή ενός λεπιωμένου τεκτονικού καλύμματος.

Τα τεκτονικά λέπια εμφανίζονται επωθούμενα το ένα πάνω στο άλλο με διεύθυνση Β-Ν έως ΒΔ-ΝΑ και δημιουργούν ένα αυξημένο φαινομενικό πάχος των στρωμάτων του φλύσχη.

Στο μέτωπο της επώθησης, η διάβρωση έχει αποκόψει μεγάλα τεμάχια που εμφανίζονται στον Ιόνιο φλύσχη με τη μορφή μεμονωμένων καλυμμάτων, όπως το κάλυμμα του Σάνοβου.

Τέλος οι σχηματισμοί της Υποπελαγονικής σχηματίζουν ένα αποκομμένο τεκτονικό κάλυμμα που βρίσκεται τοποθετημένο πάνω στους σχηματισμούς του Πινδικού φλύσχη.

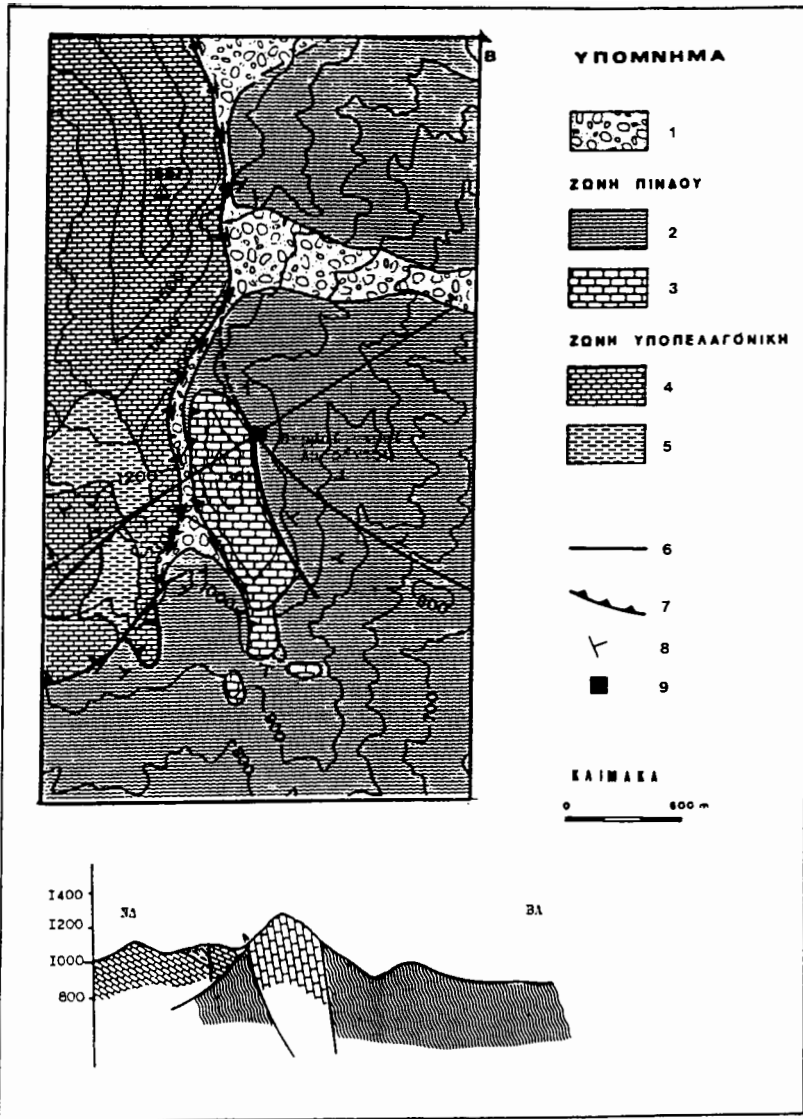
Ο έντονος τεκτονισμός που δημιούργησε τη σημερινή πολύπλοκη τεκτονική δομή προκλήθηκε στο Τριτογενές, πριν από το Κάτω Μειόκαινο, οπότε και έγινε σταδιακά η οριστική ανάδυση των ζωνών με την τελική ορογένεση.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της τεκτονικής δομής της Ιονίου ζώνης στην Ήπειρο είναι μια σειρά από επάλληλα μεγασύκλινα και μεγααντίκλινα, τα οποία με βασική αξονική διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ έως ΒΔ-ΝΑ, επωθούνται ή επιπτεύουν το ένα πάνω στο άλλο προς τα Δυτικά. Τόσο οι μεγαπτυχές αυτές όσο και οι πτυχές μικρότερης κλίμακας είναι ασύμμετρες με σταθερή απόκλιση προς ΔΝΔ. Κυριότερες αντίκλινες δομές στην περιοχή ενδιαφέροντος είναι το αντίκλινο της Κόνιτσας και το αντίκλινο της γέφυρας Σκορδύλη.

Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της τεκτονικής δομής της ευρύτερης περιοχής έχει επίσης η ρηξιγενής τεκτονική. Οι κύριες διευθύνσεις των ρηγμάτων είναι δύο και διασταυρώνονται περίπου ορθογώνια.

- Ρήγματα με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ (δυναμική διεύθυνση), με σημαντικότερο το ρήγμα της Γκαμήλας.
- Ρήγματα με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ με σημαντικότερα το ρήγμα της Κόνιτσας και τα ρήγματα που δημιουργούν το βύθισμα του ποταμού Σαραντάπορου.

Τα ρήγματα με δυναμική διεύθυνση συνδέονται με τις αντικλινικές δομές που προαναφέρθηκαν και έχουν την ίδια διεύθυνση αξόνων, ενώ τα μεγάλα ρήγματα με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση καταλήγουν συνήθως σε οικογένειες κανονικών ρηγμάτων με κλιμακωτή διάταξη.



Σχ. 3: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Αμαράντου: 1. Πλευρικά Κορήματα 2. Φλύσχης Πίνδου (Παλαιόκαινο-Ηώκαινο) 3. Ασβεστόλιθοι Πίνδου (Α. Κρητιδικό) 4. Ασβεστόλιθοι Υποπελαγονικής (Κατ. Ιουρασικό) 5. Σχιστοκερατολιθική διάπλαση (Ιουρασικό) 6. Ρήγμα κανονικό 7. Επώθηση 8. Κλίση και παράταξη σχηματισμών 9. Θέση ατμίδων

Fig. 3: Geological map of the Amarantos area: 1. Colluvia; deposits (Holocene) 2. Pindus flysch (Paleocene - Eocene) 3. Pindus Limestones (U. Cretaceous) 4. Subpelagonian limestones (L. Jurassic) 5. Cherts, sandstones and schists (Jurassic) 6. Normal fault 7. Thrust 8. Dip and strike of the rocks 9. Location of the fumaroles

Το ρήγμα της Γκαμήλας είναι ένα τεράστιο ρήγμα που ξεκινάει από την περιοχή Μετσοβίτικου, οριοθετεί τον Πινδικό φλύσχη και το ασβεστολιθικό συγκρότημα της Τύμφης και επεκτείνεται βόρεια μέχρι το Σαραντάπορο, όπου διακρίνεται στον Πινδικό φλύσχη, καθώς το μέτωπο της επώθησης του καλύμματος της Πίνδου επεκτείνεται προς τα δυτικά.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η τεκτονική δομή των ασβεστόλιθων του υποβάθρου της λεκάνης της Κόνιτσας παρουσιάζει αναλογίες με αυτή του συγκροτήματος της μάζας της Τύμφης. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, γιατί μας βοηθά στην κατανόηση της λειτουργίας και εμφάνισης του γεωθερμικού πεδίου στην περιοχή.

4. ΟΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΛΟΥΤΡΩΝ ΑΜΑΡΑΝΤΟΥ

Η εγγύτερη περιοχή των λουτρών Αμαράντου δομείται τόσο από Αλπικούς σχηματισμούς των ζωνών Πίνδου και Υποπελαγονικής όσο και από μεταλικά ιζημάτα. Συγκεκριμένα από τους αλπικούς σχηματισμούς της ζώνης Πίνδου που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, στην περιοχή των λουτρών εμφανίζονται οι παρακάτω:

Λόγω των λεπίσσεων και της έντονης τεκτονικής παραμόρφωσης δε διακρίνεται ολόκληρη η στρωματογραφική ακολουθία του φλύσχη. Στην περιοχή αποτελείται από εναλλαγές λεπτόκοκκων έως χονδροκοκκων ψαμμιτών, μικροκαλοπαγών και ιλυολίθων. Άλλοτε επικρατεί το ηλιτικό και άλλοτε το ψαμμιτικό στοιχείο.

- Κατά θέσεις παρατηρούνται οριζόντες κόκκινων μαργών που είναι πολύ χαρακτηριστικές και συναντώνται νοτιότερα στη βάση των λεπίων της Πέτρας - Χρυσοβίτσας. Μέσα στον ηλιτικό φλύσχη συχνά συναντώνται μπλοκ ασβεστολιθικά, μεγάλων διαστάσεων με πανίδα ηλικίας Ηωκαίνου. Ακόμη συναντώνται μπλοκ μικρολατυποπαγούς ασβεστόλιθου με θραυσματoασβεστολίθων ανάλογων με αυτούς του Γάβροβου και μικρά τεμάχια χαλαζία. Ο φλύσχος στο σύνολο του μπορεί να χαρακτηριστεί σαν "άγριος φλύσχος" (wild flysch).
- Ασβεστόλιθοι. πρόκειται για μια μάζα γκριζων μαζωδών ασβεστολίθων με ίχνη ανακρυστάλλωσης, που βρίσκεται τεκτονικά τοποθετημένα μέσα στο φλύσχη. Η ηλικία του σχηματισμού θεωρείται Κρητιδική. Η μάζα αυτή, μικρών σχετικά διαστάσεων παρουσιάζεται έντονα καρστικοποιημένη. Ο τεκτονισμός και η καρστικοποίηση δημιουργούν τις οδούς κυκλοφορίας και ανάβλυσσης των θερμών ατμών. Οι καρστικοί αγωγοί φαίνεται να διατρέχουν ολόκληρη τη μάζα και να προχωρούν σε μεγάλο βάθος.

Οι σχηματισμοί της Υποπελαγονικής που εμφανίζονται με τη μορφή τεκτονικού καλύμματος στα βορειοδυτικά είναι οι ακόλουθοι:

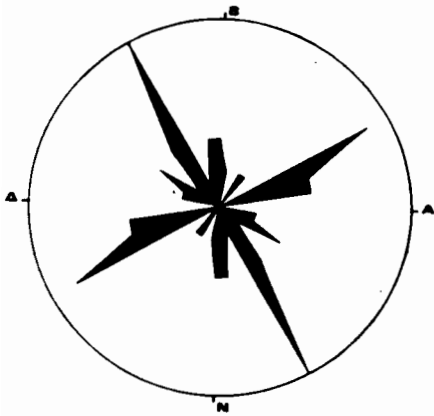
- Ασβεστόλιθοι: Γκριζοί έως λευκόγκριζοι, λατυποπαγείς κατά θέσεις, υπολιθογραφικοί. Λεπτοστρωματώδεις έως στρωματώδεις με εμφανή ίχνη ανακρυστάλλωσης. Η ηλικία του σχηματισμού θεωρείται Κάτω Ιουρασική.
- Σχιστοκερατολιθική διάπλαση: Αποτελείται από ημιμεταμορφωμένα πετρώματα που συνοδεύουν τους οφειόλιθους και συνιστούν μια παλαιά ιζηματογενή σειρά. Τα μέλη της είναι ψαμμίτες - μεταψαμμίτες, κερατόλιθοι και σχιστόλιθοι. Στην περιοχή της μελέτης επικρατούν κερατόλιθοι που εμφανίζονται σε στρώματα πάχους αρκετών εκατοστών με χρώματα καφέ, κόκκινα. Υπολείμματα της διάπλασης αυτής βρίσκονται σήμερα τεκτονικά τοποθετημένα πάνω στους ασβεστόλιθους του Κ. Ιουρασικού.

Οι μεταλικοί σχηματισμοί καλύπτουν τους σχηματισμούς της ζώνης Πίνδου και καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση στην περιοχή και αποτελούνται κυρίως από κορρήματα.

5. Η ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΛΟΥΤΡΩΝ ΑΜΑΡΑΝΤΟΥ

Στους ασβεστόλιθους της ζώνης Πίνδου από τους οποίους αναβλύζουν οι θερμοί ατμοί Αμαράντου μετρήθηκαν δύο κύρια συστήματα διακλάσεων και ρηγμάτων, τα οποία συμπίπτουν με τις κύριες διευθύνσεις των μεγάλων ρηγμάτων της περιοχής (Σχ. 4).

Τα ρήγματα που οριοθετούν την επαφή των ασβεστολίθων με τον Πινδικό φλύσχη έχουν διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ έως ΒΔ-ΝΑ. Πιο συγκεκριμένα δύο μεγάλα κανονικά ρήγματα οριοθετούν το ανατολικό όριο ασβεστολίθων - φλύσχη. Το πρώτο έχει επιφανειακό μήκος περίπου 800m και το δεύτερο



Σχ. 4: Ροδοδιάγραμμα παρατάξεων των διακλάσεων και ρηγμάτων στους ασβεστόλιθους της ζώνης Πίνδου.

Fig. 4: Rosediagram of the strike of joints and faults of the Pindus limestones

πολύ μεγαλύτερο πάνω από 6Km, φτάνει δε μέχρι τον ποταμό Σαραντάπορο. Στο σημείο που διασταυρώνονται τα δύο αυτά ρήγματα έχουμε την έκλυση των θερμών ατμών Αμαράντου.

Τέλος στην περιοχή υπάρχουν και ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης.

6. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΠΙΚΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντούν στην ευρύτερη περιοχή του γεωθερμικού πεδίου διακρίνονται σε στεγανούς, ημιπερατούς και διαπερατούς σχηματισμούς ανάλογα με τις τιμές διαπερατότητας που παρουσιάζουν.

Οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται έντονα τεκτονισμένοι και καρστικοποιημένοι. Κατά θέσεις και κατά μήκος των μεγάλων ρηγμάτων παρουσιάζονται ζώνες ισχυρής μολυντικότητας, ενώ σε άλλες θέσεις υπάρχουν εκτεταμένοι ανοιχτοί καρστικοί αγωγοί και έγκοιλα.

Παρουσιάζουν επομένως υψηλές τιμές δευτερογενούς διαπερατότητας και υδατοκινητικότητα και χαρακτηρίζονται ως ισχυρά διαπερατοί. Οι σχηματισμοί του φλύσχη εμφανίζουν αντίθετα πολύ μικρές τιμές διαπερατότητας, που οφείλονται στους αλλεπάλληλους αργιλικούς και αργιλομαργαϊκούς οριζόντες που συναντώνται σε εναλλαγές με λεπτούς οριζόντες λεπτόκοκκων ψαμμιτών. Γενικά θεωρούνται στεγανοί σχηματισμοί. Εξάλλου χαμηλές τιμές διαπερατότητας παρουσιάζουν οι σχηματισμοί της οφειολιθικής ακολουθίας και των συνοδών ιζημάτων. Επομένως οι ασβεστόλιθοι είναι τα μοναδικά πετρώματα στην περιοχή που μπορούν να αποτελέσουν τους υπόγειους ταμιευτήρες των ρευστών του τοπικού γεωθερμικού πεδίου.

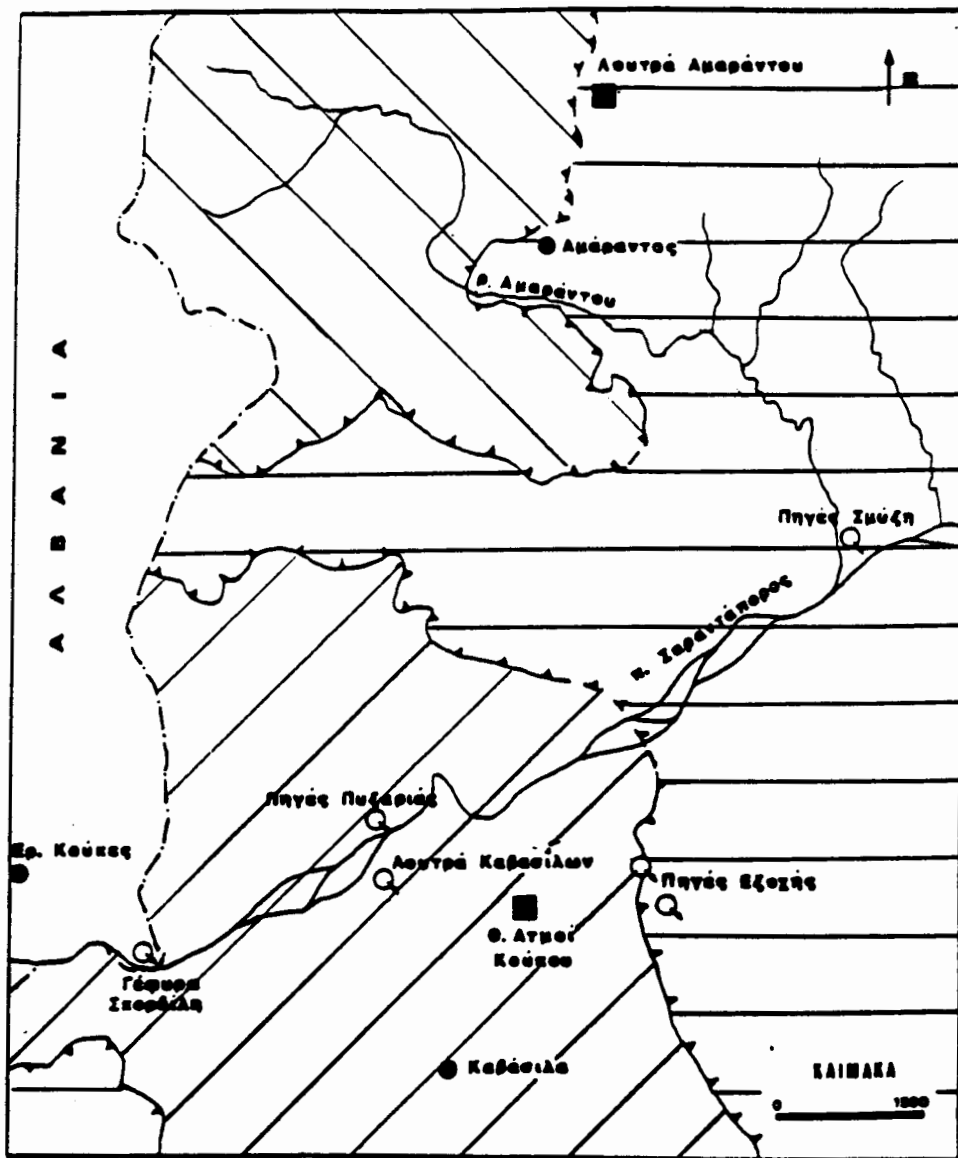
Οι ασβεστόλιθοι της Υποπελαγονικής ζώνης βρίσκονται επωθημένοι πάνω στους σχηματισμούς του Πινδικού Φλύσχη και εκφορτίζονται από μεγάλες πηγές, που τροφοδοτούν το ρέμα Αμαράντου που καταλήγει στον ποταμό Σαραντάπορο.

Η ανάβλυση των θερμών ατμών Αμαράντου γίνεται σε υψόμετρο 1260m μέσα από έγκοιλα των ασβεστολίθων της ζώνης Πίνδου στην επαφή τους με το φλύσχη. Η επαφή των δύο σχηματισμών γίνεται με ρήγματα διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ έως ΒΔ-ΝΑ.

Τα έγκοιλα που αποτελούν τους αγωγούς για την κυκλοφορία των θερμών ατμών φαίνεται να έχουν δημιουργηθεί πάνω σε τεκτονικές επιφάνειες ρηγμάτων ή διακλάσεων, γιατί διατηρούν στο χώρο παρόμοια διάταξη. Σημεία ανάβλυσης ατμών υπάρχουν πολλά στην ανατολική πλευρά της μάζας των ασβεστόλιθων, γύρω από το κτίσμα του υδροθεραπευτηρίου. (Μετρήθηκαν πάνω από 25 τέτοια σημεία). Ανάλογα σημεία υπάρχουν και στη δυτική πλευρά, αλλά με ελάχιστες αναβλύσεις.

Σε χαμηλότερο υψόμετρο στα 1140m παρατηρούμε εισόδο ψυχρού αέρα από παρόμοια έγκοιλα. Η εισόδος του ψυχρού αέρα γίνεται με χαρακτηριστική βοή.

Είναι προφανές ότι υπάρχει επικοινωνία ανάμεσα στις οπές εισόδου του ψυχρού αέρα και στις θέσεις εξόδου των θερμών ατμών. Ο ψυχρός αέρας κυκλοφορεί μέσα στους καρστικούς αγωγούς που υπάρχουν στη μάζα ασβεστόλιθων, θερμαίνεται και εμπλουτίζεται σε διαφορά ιχνοστοιχεία και στη συνέχεια εξέρχεται στο υψόμετρο των 1260m. Η θερμοκρασία των θερμών ατμών είναι περίπου 32° C. Μέγιστη θερμοκρασία που έχει μετρηθεί είναι 38,5° C. Η θερμοκρασία του αέρα στις οπές εισόδου είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος. Διαπιστώσαμε ανεπαίσθητη οσμή υδροθείου, στα σημεία ανάβλυσης των θερμών ατμών, ωστόσο είναι πιθανό να υπάρχουν μεγαλύτερες ποσότητες υδροθείου στη σύσταση των θερμών ατμών, το οποίο όμως να οξειδώνεται προς θείο, που είναι άοσμο, μέσα στους καρστικούς αγωγούς των ασβεστόλιθων λόγω της παρουσίας οξυγόνου. Το οξυγόνο



Σχ. 5: Χάρτης της ευρύτερης περιοχής Αμαράντου όπου σημειώνονται οι εμφανίσεις θερμών πηγών και θερμών ατμών: 1. Υποελαγονική ζώνη 2. Ζώνη Πίνδου 3. Ιόνιος ζώνη 4. Θερμοί ατμοί 5. Θερμή πηγή 6. Επώθηση.
 Fig. 5: Map of the Amarantos wider area with the locations of hot springs and fumaroles: 1. Subelagonian zone 2. Pindus zone 3. Ionian zone 4. Fumaroles 5. Hot springs 6. Thrust

εισέρχεται σε μεγάλες ποσότητες με τον ατμοσφαιρικό αέρα στους καρστικούς αγωγούς από τις οπές που βρίσκονται στο υψόμετρο 1140 m.

Οι θερμοί ατμοί Αμαράντου δεν αποτελούν την μοναδική επιφανειακή εκδήλωση του γεωθερμικού πεδίου της περιοχής. Σε αρκετές θέσεις εκατέρωθεν του ποταμού Σαρανταπόρου έχουμε ανάβλυση θερμομεταλλικών πηγών και θερμών ατμών. Συγκεκριμένα εντοπίζονται στις: α) Θερμές πηγές Καβασιλών, β) Θερμές πηγές Πυξαριάς, γ) Θερμές πηγές Εξοχής, δ) Θερμές πηγές Σμύξη, ε) Θερμοί ατμοί Κούκου.

Επίσης σύμφωνα με πληροφορίες στο Αλβανικό έδαφος παρατηρείται ανάβλυση ανάλογων θερμομεταλλικών πηγών (Μπαντζι-ντι-κούκες) στις όχθες του Σαρανταπόρου, μετά τη γέφυρα Σκορδύλη. Ακόμη κοντά στο χωριό Ποστενάν, στα ΒΔ του Λέσκοβικ παρατηρείται ανάβλυση θερμών ατμών ανάλογων με τους θερμούς ατμούς Αμαράντου.

Απ' αυτές, οι πηγές Καβασιλών και Πυξαριάς καθώς και εκείνες που βρίσκονται σε Αλβανικό έδαφος, εκδηλώνονται σε σχηματισμούς της Ιόνιας ζώνης, ενώ οι υπόλοιπες, σε περιοχές που καλύπτονται από σχηματισμούς της ζώνης Πίνδου.

Όλες οι παραπάνω ενδείξεις, πιστοποιούν την ανάπτυξη στην περιοχή ενός κοινού τοπικού γεωθερμικού πεδίου, στην ευρύτερη περιοχή Κόνιτσας, που καλύπτει αρκετά μεγάλη έκταση και εκδηλώνεται στην επιφάνεια είτε με μορφή θερμών πηγών είτε με μορφή αερίων αναβλύσεων.

Η δημιουργία αυτού του γεωθερμικού πεδίου αποκλειστικά στους σχηματισμούς της ζώνης Πίνδου φαίνεται να αποκλείεται από το γεγονός ότι βρισκόμαστε πολύ κοντά στο μέτωπο της ελώθησης και το πάχος των επωθημένων σχηματισμών του Πινδικού φλύσχη δεν είναι μεγάλο. Επομένως δεν μπορεί να δικαιολογηθεί η δημιουργία γεωθερμικών ρευστών με αρκετά αυξημένες θερμοκρασίες. Έτσι οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η ανάπτυξη και η κυκλοφορία των γεωθερμικών ρευστών γίνεται στους υποκείμενους σχηματισμούς της ιονίου ζώνης.

Οι θερμοί ατμοί Κούκου αποτελούν μαζί με τους θερμούς ατμούς Αμαράντου τις μοναδικές γνωστές εκδηλώσεις θερμών ατμών στην ευρύτερη περιοχή του γεωθερμικού πεδίου Κόνιτσας. Σύμφωνα με τους Σφέτσο - Γκιώνη (1984) στο ύψωμα Κούκος, δυτικά της κοινότητας Εξοχής και σε υψόμετρο 720m, εντοπίστηκαν πολλές οπές εξόδου αέρα μέσα από ηωκαινικούς ασβεστόλιθους της ιονίου ζώνης. Οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν κυμαίνονται μεταξύ 22-25^ο C. Στα σημεία εξόδου γίνεται αισθητή η ύπαρξη υδροθείου και προσδιορίστηκαν ίχνη ραδιενέργειας. Τα στοιχεία αυτά συσχετιζόμενα με τα όσα αναφέρθηκαν για τους θερμούς ατμούς Αμαράντου, ενισχύουν την άποψή μας για πιθανή κοινή προέλευση των θερμών ατμών Κούκου και Αμαράντου από τους ασβεστόλιθους της Ιονίου ζώνης.

Εξάλλου γεωφυσική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή (Θανασούλας Κ. 1985) απέδειξε, ότι οι Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι της Ιονίου ζώνης στην περιοχή του γεωθερμικού πεδίου της Κόνιτσας παρουσιάζουν θετική γεωθερμική ανωμαλία, επιβεβαιώθηκαν επίσης τα δύο κύρια συστήματα διάρρηξης των ασβεστολίθων (ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ) καθώς και η άμεση σύνδεση των θερμών πηγών με την παρουσία ρηγμάτων στην ίδια θέση στο υπόβαθρο και εντοπίστηκαν περιοχές με ευνοϊκές συνθήκες κυκλοφορίας θερμού νερού (τεκτονικά κέρατα-ρήγματα) (Καβάσιλα, Γέφυρα Σκορδύλη).

Η επιφανειακή εκδήλωση του ενιαίου γεωθερμικού πεδίου της περιοχής με εκδηλώσεις διαφορετικής μορφής (θερμές πηγές, θερμά αέρια) οφείλεται κατά τη γνώμη μας στο διαφορετικό πιεζομετρικό φορτίο των αναβλύσεων και στην απόλυτη υψομετρική τους θέση, στοιχεία που έχουν σαν αποτέλεσμα, τα ίδια γεωθερμικά ρευστά να εκδηλώνονται άλλοτε με τη μια και άλλοτε με την άλλη μορφή.

Για να σχηματίσουμε μια πιο ολοκληρωμένη άποψη σχετικά με το γεωθερμικό πεδίο της περιοχής, αξιολογήσαμε τα στοιχεία που αφορούν το χημισμό και τα χαρακτηριστικά των θερμών νερών των πηγών Καβασιλών (βλέπε Πίνακας 1, Σφέτσος Κ. Γκιώνη - Σταυροπούλου Γ., 1984).

Από τα στοιχεία αυτά βλέπουμε ότι παρουσιάζεται υψηλή περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο και σε θειικά ιόντα, παρά το γεγονός ότι η παρουσία του H₂S θα έπρεπε να έχει αναγάγει ένα μεγάλο μέρος τους.

Στο σχήμα 6 γίνεται προσπάθεια να αποδοθεί σχηματικά η πορεία και τρόπος ανάβλυσης των θερμών πηγών Αμαράντου. οι Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι της Ιόνιας ζώνης αποτελούν, σύμφωνα με όλες τις ενδείξεις μας, του ταμειυτήρα της θερμής υδροφορίας.

Η εμφάνιση θετικής γεωθερμικής ανωμαλίας στους ασβεστόλιθους αυτούς μπορεί να οφείλεται στη συσσώρευση μεγάλου πάχους ιζημάτων (4000 m είναι το πάχος των ιζημάτων στην ανάλογη με αυτή της Κόνιτσας, λεκάνη Ζαγοριών) σε συνδυασμό με την έντονη τεκτονική της περιοχής και την

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των πηγών Καβασιλών Ηπείρου (Σφέτσος Κ. - Γκιώνη-Σταυροπούλου Γ., 1984)

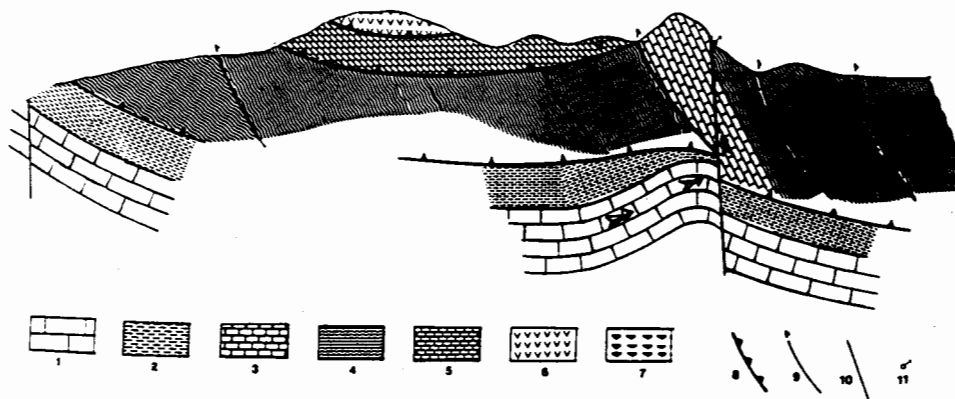
ΚΑΤΙΟΝΤΑ (p.p.m)		ΑΝΙΟΝΤΑ (p.p.m)	
Ca ⁺⁺	: 118.64	CO ₃ ⁼	: 0.00
Mg ⁺⁺	: 25.29	HCO ₃ ⁻	: 242.78
Na ⁺	: 218.50	Cl ⁻	: 386.51
K ⁺	: 17.20	SO ₄ ⁼	: 145.92
Fe ⁺⁺	: 0,05	NO ₃ ⁻	: 0.00
Str ⁺⁺	: 4.00	F ⁻	: 1.30
Ba ⁺⁺	: 0,19	J ⁻	: 0.12
		B ⁻	: 0.50

Θερμοκρασία αέρα : T° = 28.1°C
 Θερμοκρασία νερού : T° = 31°C
 pH : 7.4
 H₂ : 10.92 p.p.m.
 Σύνολο διαλυμένων αλάτων (p.p.m.) : 1161.00
 Αγωγιμότητα (στους 27° C) (μMhos/cm) : 2.100
 Σκληρότητα ολική : 40.0
 " παροδική : 19.9
 " μόνιμη : 20.1
 SiO₂ (p.p.m.): 23.4
 NO₂ : αντίδραση αρνητική
 NH₄ : αντίδραση θετική

παρουσία μεγάλων ρηγμάτων που προχωρούν σε μεγάλο βάθος.

Ο επωθημένος Πινδικός φλύσχος δημιουργεί ένα κάλυμμα που εμποδίζει την επιφανειακή εκδήλωση του γεωθερμικού πεδίου. Ωστόσο στις περιπτώσεις που η πιο πρόσφατη τεκτονική δημιουργεί νέες οδούς κυκλοφορίας για την άνοδο των γεωθερμικών ρευστών (όπως η ρηξιγενής ζώνη της κοίτης του Σαρανταπόρου) έχουμε επιφανειακή εκδήλωση των γεωθερμικών ρευστών.

Στην περίπτωση των θερμών ατμών Αμαράντου το υδραυλικό φορτίο των γεωθερμικών ρευστών δεν επαρκεί για την επιφανειακή τους εκδήλωση μέσα από τους καρστικούς αγωγούς. Αντίθετα μεταφέρονται θερμά αέρια, τα οποία αναμειγνύονται με τον ψυχρότερο αέρα που φτάνει βαθύτερα, έτσι ώστε να θερμαίνεται από αυτά, να εμπλουτίζεται σε ιχνοστοιχεία και στη συνέχεια να εξέρχεται μαζί μ' αυτά στο υψόμετρο των 1260 m με τη μορφή θερμών ατμίδων.



Σχ.6: Σχηματική γεωλογική τομή της ευρύτερης περιοχής ανάβλυσης των θερμών ατμών Αμαράντου. 1. Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι Ιονίου ζώνης. 2. Φλύσχος Ιονίου ζώνης. 3. Ασβεστόλιθοι Πίνδου. 4. Φλύσχος Πίνδου. 5. Ασβεστόλιθοι Υποπελαγονικής. 6. Οφειόλιθοι. 7. Σχιστοκερατολιθική διάπλωση. 8.Επώθηση. 9. Εφίπλευση. 10. Ρήγμα κανονικό. 11. Θέση ατμίδων.

Fig. 6: Schematic geological section of the wider area of Amarantos hot steam appearances. 1. Ionian eocene limestone. 2. Ionian flysch. 3. Pindus limestone. 4. Pindus flysch. 5. Subpelagonian limestone. 6. Ophiolites. 7. Cherts, sandstones and schists. 8.Thrust. 9. Reverse fault. 10. Normal fault. 11. Location of the hot steam appearances.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της μελέτης των γεωλογικών και γεωθερμικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή Αμαράντου έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

1. Οι θερμοί ατμοί Αμαράντου αναβλύζουν σε υψόμετρο 1260m και σε απόσταση 37 Km βόρεια της Κόνιτσας, από σχηματισμούς της ζώνης Πίνδου.
2. Κύριο χαρακτηριστικό της ευρύτερης περιοχής είναι η τεκτονική των καλυμμάτων και των επωθήσεων. οι σχηματισμοί της ζώνης Πίνδου βρίσκονται επωθημένοι πάνω στους σχηματισμούς της Ιόνιας ζώνης. Επάνω στη ζώνη Πίνδου επωθούνται οι σχηματισμοί της Υποπελαγονικής. Στην περιοχή εμφανίζονται δύο κύρια συστήματα διαρρήξεων BBA-NNA και BA-NA διεύθυνσης.
3. Η ανάβλυση των ατμών γίνεται μέσα από έγκοιλα και διακλάσεις των ασβεστόλιθων της ζώνης Πίνδου που δημιουργήθηκαν από τον έντονο τεκτονισμό και την καρστική διάβρωση. Σε υψόμετρο 1140m υπάρχουν οπές ψυχρού αέρα. Η θερμοκρασία των ατμών είναι περίπου 32°C.
4. Οι θερμοί ατμοί Αμαράντου αποτελούν μια επιφανειακή εκδήλωση του γεωθερμικού πεδίου της ευρύτερης περιοχής Κόνιτσας. Στην ίδια περιοχή παρατηρούνται πολλές άλλες θέσεις ανάβλυσης θερμομεταλλικών πηγών και θερμών ατμών.
5. Πιστεύεται ότι οι θερμοί ατμοί Αμαράντου προέρχονται από τους Ηωκαινικούς ασβεστόλιθους της Ιονίου ζώνης, κυκλοφορούν μέσα από ρήγματα και καρστικούς αγωγούς και αναβλύζουν τελικά σε σχηματισμούς της ζώνης Πίνδου, με τη βοήθεια νέων ρηγμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BRUNN, J.H. (1950). Contribution a l' etude geologique du Pinde septentrionale et d' une partie de la Macedoine occidentale. Ann. geol. d. Pays Hellen., t. 7, p. 1-358, Athens.
- ΓΚΙΩΝΗ-ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΥ, Γ. (1986). Συνοπτική έκθεση πεπραγμένων και πρόγραμμα δραστηριοτήτων 1987 για την υδρογεωλογική έρευνα των θερμομεταλλικών νερών Κόνιτσας. έκθεση ΙΓΜΕ, σελ. 1-6, Αθήνα.
- DESPRAIRIES, A. (1979). Etude sedimentologique de formations a caractere flysch et molasse, Macedoine, Epire (Grece) Memoires de la Societe Geologique de France, No 136, p. 1-77.
- FLEURY, J. (1980). Les zones du Gavrovo-Tripolitza ed du Pinde-Olonos. Evolution d' une plate-forme et d' un bassin dans leur cadre alpin. Publ.Soc.Geol. Nord, 4, 648 p.
- ΘΑΝΑΣΟΥΛΑΣ, Κ. (1985). Γεωηλεκτρική μελέτη θερμομεταλλικών νερών Κόνιτσας. Έκθεση ΙΓΜΕ, σελ. 1-20, Αθήνα.
- ΙΓΕΥ (1970). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας: Φύλλο χάρτη Τσεπέλοβο. Κλίμ. 1:50.000.
- ΙΓΜΕ (1973).: Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας: Φύλλο χάρτη Βασιλικό-Παγωνιανή. Κλίμ. 1:50.000.
- ΙΓΕΥ-ΙΦΡ (1966). Etude geologique de l' Epire. ed Technip. Paris.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ (1985). Γεωλογία της Ελλάδας, σελ. 208, Θεσ/νίκη.
- ΣΦΕΤΣΟΣ, Κ.-ΓΚΙΩΝΗ-ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΥ, Γ. (1984). Υδρογεωλογική έρευνα θερμομεταλλικών - ιαματικών νερών Κόνιτσας. Έκθεση ΙΓΜΕ σελ 1-13, Αθήνα.