

ΜΕΛΕΤΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΔΑΠΕΔΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΣΠΗΛΑΙΟ ΑΓΙΑΣΜΑΤΟΣ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ ΠΕΛΛΑΣ (ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ)*

Α. ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ[†]

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το μικρό μέγεθος των κλαστικών κόκκων των ιζημάτων του δαπέδου του σπηλαίου Αγιάσματος Λουτρακίου σημαίνει χαμηλή ταχύτητα ροής του νερού στο χώρο απόθεσης, γεγονός που οφείλεται στην αύξηση της επιφάνειας της υδάτινης μάζας που έρεε στα έγκοιλα του σπηλαίου, αλλά και σε πιθανή μεταβολή του κλίματος προς το ξηρότερο. Η υψηλή συμμετοχή ανθρακικών αλάτων, οργανικής ύλης, οξειδίων του Fe και υδροξειδίων του Fe και Al στα ιζήματα του δαπέδου, δείχνουν περιβάλλον χαμηλού δυναμικού οξειδωσης (Eh) κατά τη διάρκεια των διεργασιών μεταφοράς και απόθεσης. Η ευρύτερη περιοχή που διαρρέεται από χειμάρρους αποτελείται από μεγάλη ποικιλία πετρογραφικών σχηματισμών όπως ασβεστολίθους, δολομίτες, μάρμαρα, σχιστολίθους, φυλλίτες, φλύσχη, οφειολίθους, καθώς και κλαστικά ιζήματα ποικίλης κοκκομετρικής και ορυκτολογικής σύστασης. Η εκτεταμένη παρουσία Ca-Mg-ούχων ορυκτών (κλινοζοϊσίτης, τρεμολίτης, τάλκης, χλωρίτης, χλωρίτης/βερμικουλίτης) στα λεπτομερή ιζήματα του δαπέδου είναι ενδεικτική της σύστασης των μητρικών πετρωμάτων της ευρύτερης λεκάνης απορροής που έχουν αποσάθωθεί και υλικά της αποσάθρωσής τους έχουν μεταφερθεί και αποτεθεί μέσα στο σπήλαιο.

ABSTRACT

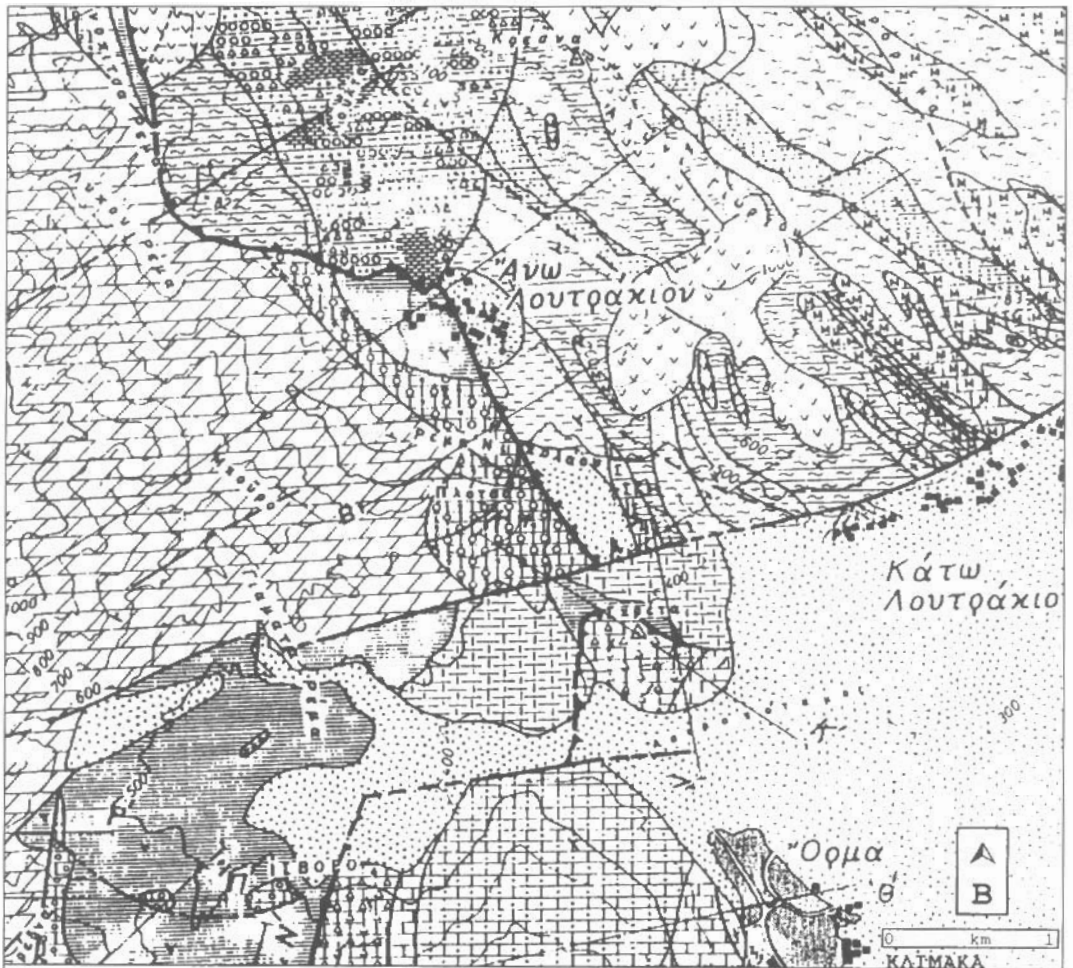
The small grain size of the clastic sediments in the floor of Agiasma (Loutraki-Macedonia) cave is an evidence of slow water flow in the deposition site, which is the result of the increase of water mass surface flowing inside the cave, as well as of probable climate change from wet to dry. The filling of floor cavities with claysilt material indicates that these holes were formed before the deposition of fluvial-terrestrial sediments from the adjacent area during Pleistocene. The great participation of carbonate salts, organic matter, Fe oxides and Fe and Al hydroxides in the floor sediments, indicates an environment of low oxidation potential (Eh) during the processes of transportation and deposition. The broader area which is flowed through by streams, is constituted from a great variety of lithological formations such as limestones, dolomites, marbles, schists, phyllites, flysch, ophiolites, as well as clastic sediments with various granulometric and mineralogic composition. The extended presence of Ca-Mg rich primary and secondary minerals (clinozoisite, tremolite, talc, chlorite, chlorite/vermiculite) in the fine-grained sediments of the cave floor is indicative of the composition of the parent rocks of the broader drainage basin, which have been weathered. The absence of the discrete minerals smectite and kaolinite from the examined sediments, means action of weathering factors of limited time duration, as well as small distance of transportation from the adjacent environment to the interior of the cave.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ :Σπήλαια, κλίμα, τραβερτίνες, κλαστικά ιζήματα, αργιλοίλους, Ca-Mg ορυκτά, Αγίασμα, Λουτρακί, Μακεδονία.

KEY WORDS: Caves, climate, travertines, clastic sediments, claysilt, Ca-Mg minerals, Agiasma, Loutraki, Macedonia.

* STUDY OF FLOOR SEDIMENTS FROM THE AGIASMA CAVE OF LOUTRAKI PELLA (MACEDONIA).

[†] Aristotle University of Thessaloniki, Department of Geology, A.P.O.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

	Προσχάσεις		Φυλλίτες	ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ	
	Πλευρικά κορήματα		Χλωριτικοί-επιδο- τικοί σχιστόλιθοι		
	Λιμναίοι ασβεστόλιθοι		Σερικιτικοί σχιστόλιθοι		Ασβεστόλιθος Μαιστριχτίου
ΖΩΝΗ ΑΞΙΟΥ			Μάρμαρα		Μάρμαρα-δολομίτες
	Κλαστικός σχηματισμός του Μαριάμ		Σιπολίτες		Ρήγματα
	Οφειόλιθοι		Ασβεστόλιθος Σενωνίου		Εφιππεύσεις
	Πρασινολιθικά πετρώματα		Λατυποπαγής ασβεστόλιθος		

Σχ: 1: Γεωλογικό σκαρίφημα περιοχής Λουτρών Λουτράχιο (Μουντράης, 1976).

Fig. 1: Geologic sketch map of the Loutra Loutraia region (Moutraiis, 1976).

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

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κοντά στα Λουτρά Λουτρακίου Πέλλας και μέσα στους καρστικοποιημένους ασβεστολίθους της περιοχής, εντοπίζεται ένα σύνολο καρστικών μορφών. Πρόκειται για 6 σπήλαια, 4 σπηλαιοκαταφύγια, 2 βράθρα και πολλά ανοίγματα και μικρές σπηλαιομορφές (αδημοσίευτες εκθέσεις Σπηλαιολογικής Ομάδας Καβάλας, 1990, Τσαμαντουρίδη, 1991). Τα σπήλαια εντοπίζονται και στις δύο όχθες του ρέματος Νικολάου (Σχ. 1). Τα προανασκαφικά ευρήματα που σχετίζονται με ανθρώπινη δραστηριότητα, ήταν:

- Υπολείμματα κεραμικής.
- Επιγραφές του 1813 και 1894, κάποιες απροσδιόριστες συμβολικές χαραξίες, καθώς και βυζαντινά όστρακα.
- Νεολιθικά εργαλεία και βραχογραφίες.
- Αναθηματικά λαξεύματα και ρωμαϊκά νομίσματα.
- Ένας πρόσφατης ηλικίας ανθρώπινος σκελετός (από την περίοδο του Β' παγκοσμίου πολέμου ή του εμφυλίου όπως πιθανολογείται).

Τα αντίστοιχα προανασκαφικά ευρήματα παλαιοντολογικού-ζωολογικού χαρακτήρα, ήταν (αδημοσίευτες εκθέσεις Σπηλαιολογικής Ομάδας Καβάλας, 1990, Τσουκαλά, 1990):

- Οστά και δόντια *Ursus spelaeus* στο σπήλαιο Αγιάσματος. Τα ευρήματα αυτά ήταν που προσανατόλισαν την ανασκαφική έρευνα σ' αυτόν τον χώρο.
- Μία απολιθωμένη άνω γνάθος *Ursus cf. arctos* σε σπηλαιοκαταφύγιο.
- Λείψανα αρτίγων βοοειδών, τρωκτικών και μικρών σαρκοφάγων σε σπήλαιο.

Το σπήλαιο Αγιάσματος βρίσκεται στην ανατολική όχθη του ρέματος Νικολάου σε υψόμετρο 540 m και έχει συνολική επιφάνεια περίπου 875 m². Ο αρχικός σχηματισμός του σπηλαίου έγινε στη φρεάτια ζώνη, κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα όπως υποδεικνύουν οι διαλυσιγενείς κοιλότητες των τοιχωμάτων και της οροφής, καθώς και η εμφανής σύμπτωση των τεκτονικών διευθύνσεων με τις διευθύνσεις καρστικής διάβρωσης. Ως αποτέλεσμα της πτώσης του υδροφόρου ορίζοντα το ήδη σχηματισμένο σπήλαιο πέρασε στη ζώνη αερισμού. Σε αυτό το μεταγενέστερο στάδιο σπηλαιογένεσης ενδέχεται να εντάθηκε η κατακόρυφη καρστική διάβρωση όπως γενικά συμβαίνει κατά τη μετάβαση ενός σπηλαίου από τη φρεάτια ζώνη στη ζώνη αερισμού (Forti et al., 1978). Από το στάδιο αυτό και έπειτα το σπήλαιο αρχίζει να δέχεται ιζημάτα τόσο χημικής όσο και κλαστικής προέλευσης. Αυτή η αλλαγή των συνθηκών σπηλαιογένεσης θα μπορούσε ενδεχομένως να συσχετιστεί με εξωτερικές γεωμορφολογικές αλλαγές, καθώς και με τη νεοτεκτονική δραστηριότητα.

Τα ιζημάτα που βρίσκονται στα έγκοιλα των καρστικών σπηλαίων, αποτελούν σημαντικούς μάρτυρες της εξελικτικής τους πορείας σε σχέση με τον ευρύτερο χώρο εμφάνισής τους. Η δημιουργία των εγκοίλων είναι αποτέλεσμα καρστικής διάβρωσης ανθρακικών πετρωμάτων από τα νερά της βροχής που κατεισδύουν κατά μήκος ρηγμάτων, κατακλάσεων αλλά και στρώσεων. Τη γένεση των εγκοίλων ακολουθεί πάντα η απόθεση κλαστικών και χημικών ιζημάτων κάτω όμως από διαφορετικές συνθήκες και προϋποθέσεις. Οι Βαβλιάνης κ.ά. (1995) εξετάζοντας την κοκκομετρική διαβάθμιση και ορυκτολογική σύσταση των ιζημάτων των εγκοίλων του σπηλαίου Επταμύλων Σερρών, διαπίστωσαν ότι επηρεάζονται σημαντικά από τις αυξομειώσεις της ταχύτητας ροής του νερού στο χώρο απόθεσης.

Στην εργασία αυτή με βάση τις κοκκομετρικές και ορυκτολογικές αναλύσεις σειράς ιζημάτων από το δάπεδο του σπηλαίου Αγιάσματος, γίνεται προσπάθεια να προσδιοριστούν οι συνθήκες και το περιβάλλον απόθεσής τους.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή του Λουτρακίου Πέλλας βρίσκεται στο ΒΔ άκρο της λεκάνης της Αλμωπίας όπου εμφανίζονται πετρογραφικοί σχηματισμοί που ανήκουν τόσο στη ζώνη Αλμωπίας όσο και στην Πελαγονική ζώνη (Σχ. 1).

Η ζώνη της Αλμωπίας διασφρατίζεται στις ανώτερες Μορφές (Μουραόπουλος, 1976 & 1985):

α. Λουτρών. Από τους βαθύτερους προς τους ανώτερους ορίζοντες αποτελείται από τους παρακάτω

σηματισμούς:

- α₁. Μεταμορφωμένο Σύστημα: Συνεχείς εναλλαγές μεταμορφωμένων πετρωμάτων (φυλλίτες, σερικιτικοί και ακτινολιθικοί σχιστόλιθοι, γνεύσιοι, μάγμαρα-σιπολίτες). Το πάχος κάθε μέλους κυμαίνεται από 50 έως 400 m.
- α₂. Οφειόλιθοι: Πρόκειται για μια μεγάλη οφειολιθική μάζα τοξοειδούς σχήματος και κάποιες άλλες απομονωμένες εμφανίσεις. Εδώ εντάσσονται και όλα τα βασικά-υπερβασικά πυριγενή.
- α₃. Ασβεστόλιθος του Διασέλου: Είναι πράσινος, συμπαγής, χωρίς στρώση, με εμφανή ανακρυστάλλωση, όχι όμως τόσο προχωρημένη ώστε να έχει καταστρέψει τα άφθονα απολιθώματά του.
- α₄. Κλαστικός σχηματισμός του Μαριάμι: Πρόκειται για μια έντονα τεκτονισμένη και ελαφρά μεταμορφωμένη εξαιτίας πίεσης ιζηματογενή σειρά. Αποτελείται από εναλλαγές λεπτόκοκκων και αδρόκοκκων μελών. Τα κλαστικά αυτά υλικά είναι χερσαίας προέλευσης με κροκάλες γνευσιακές, σχιστολιθικές ή οφειολιθικές μεγθους από 2-3 mm έως 7 cm.

β. Κεραιάδες. Η μέσο-ανωκρητιδική ιζηματογένεση της ενότητας αυτής εκδηλώνεται με τους ακόλουθους λιθολογικούς τύπους:

- β₁. Ιζηματογένεση Αλβίου-Κενομανίου: Χαρακτηρίζεται από ένα ανακρυσταλλωμένο ασβεστολιθικό λατυποπαγές με ερυθρωπό, πρασινωπό ή τεφρό χρώμα και συνολικό πάχος 80 m.
- β₂. Ιζηματογένεση Τουρανίου: Άμεσα επικείμενος των προηγούμενων σχηματισμών βρίσκεται ένας μαύρος πλακώδης ασβεστόλιθος, έντονα διαποτισμένος με σιδηροξειδία. Έχει πάχος 50-60 m.
- β₃. Ιζηματογένεση Σαντωνίου: Τεφρός, συμπαγής ασβεστόλιθος σε συμφωνία με τους υποκείμενους σχηματισμούς.
- β₄. Φλύσχης Παλαιοκαίνου: Χαρακτηρίζεται από εναλλαγές κιτρινωπού ασβεστολίθου με λεπτά στρώματα φαιότεφρων αργιλικών σχιστολίθων και χαλαζιακών ψαμμιτών. Αυτές οι εμφανίσεις είναι έντονα αποσαθρωμένες.

Η Πελαγονική ζώνη στην περιοχή μελέτης εμφανίζεται με τους παρακάτω σχηματισμούς (Μουντράκης, 1976 & 1985):

- α. Ιζηματογένεση Άνω Σαντωνίου-Καμπανίου: Ανοικτότεφρος, λίγο λατυποπαγής ασβεστόλιθος, με κάποιες ενδείξεις ανακρυστάλλωσης.
- β. Ιζηματογένεση Μαιστριχτίου: Σκοτεινότεφρος ομοιογενής ασβεστόλιθος που αποτελεί προς τα πάνω συνέχεια του προηγούμενου σχηματισμού. Έχει πάχος μεγαλύτερο από 100 m.
- γ. Φλύσχης Α. Μαιστριχτίου-Κ. Παλαιοκαίνου. Στην περιοχή του Λουτρακίου εμφανίζεται περισσότερο ασβεστιτικός και εντονότερα τεκτονισμένος.

Η περιοχή της Αλμωπίας είναι μία τεκτονισμένη ενδοορεινή λεκάνη που η έναρξη δημιουργίας της οριοθετείται στο Άνω Πλειόκαινο. Η τάφος της Αλμωπίας ανήκει στη ζώνη των πεδιάδων της Κεντρικής Μακεδονίας (Ψιλοβίκος, 1990). Σύγχρονη με την έναρξη της δημιουργίας της ήταν και η μαγματική άνοδος με την συνακόλουθη ηφαιστειότητα της Αλμωπίας (Σολδάτος, 1955, Μουντράκης, 1976, Ελευθεριάδης, 1977). Η ανωπλειοκαινική χρονολόγησή της προκύπτει από παλαιοβοτανικές και παλαιομαγνητικές έρευνες (Ελευθεριάδης, 1977).

Τέλος, στη λεκάνη της Αλμωπίας εμφανίζονται τα παρακάτω πρόσφατα ιζήματα (Μουντράκης, 1976, Πάτρας κ.ά., 1988, αδημοσίεστη έκθεση Τσαμαντουρίδη, 1991):

- α. Τοφωδείς ασβεστόλιθοι. Παρουσιάζονται με διάφορες αποχρώσεις, είναι έντονα καρστικοποιημένοι και πλούσιοι σε απολιθώματα του γαστερόποδου *Planorbis*, χαρακτηριστικά λιμναίας ιζηματοπόθεσης Πλειστοκαινικής ηλικίας.
- β. Τραβερτινικοί σχηματισμοί. Εντοπίζονται κοντά στα Λουτρά Λουτρακίου, έχουν πάχος 5 m, διατηρούν ίχνη απαβεστωμένων οπτικών λειψάνων, περιέχουν γινώδη θραύσματα γειτονικών πετρωμάτων και οφείλουν τη δημιουργία τους στην παρουσία θερμών πηγών.

γ. Αποθέσεις αναβαθμίδας. Στην ανατολική όχθη του ρέματος Νικολάου και σε υψόμετρο 540 m, εντοπίστηκαν αποθέσεις μιας παλαιότερης αναβαθμίδας. Πρόκειται για κροκαλοπαγή και άμμιους που είναι συνεκτικές εξαιτίας του μεταποθετικού διαποτισμού τους με CaCO_3 . Το συνολικό πάχος της εμφάνισης είναι περίπου 3-4 m.

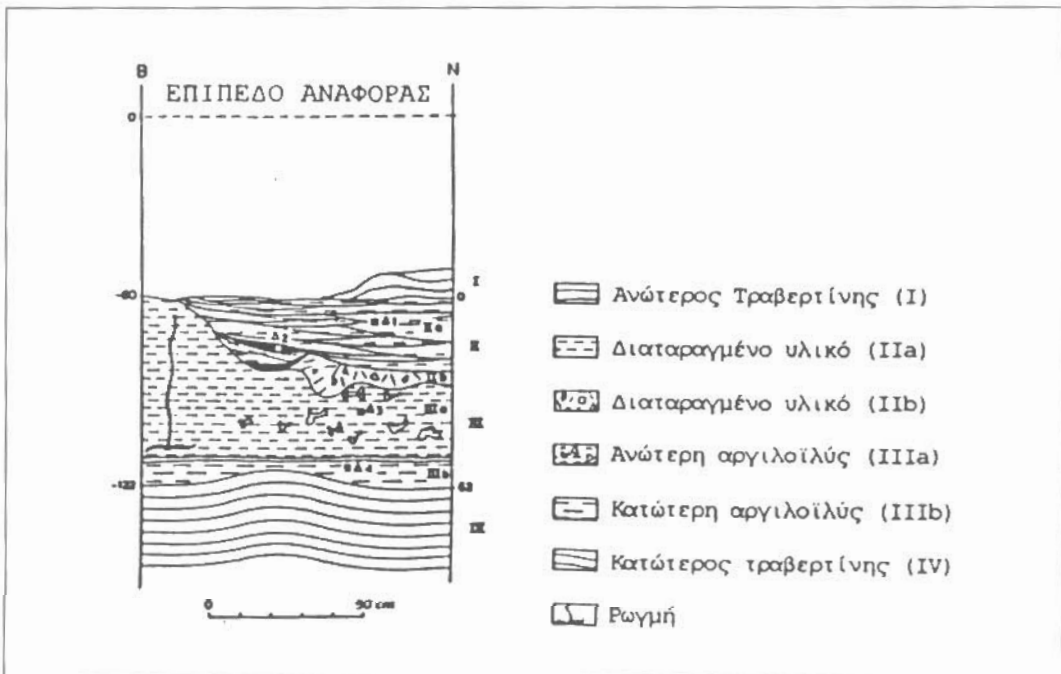
δ. Αλλουβιακές αποθέσεις. Εξαιτίας του εντόνου ανάγλυφου και της ισχυρής μεταφορικής ενέργειας των χειμάρρων, οι προσχώσεις στη λεκάνη της Αλωπιάς είναι εκτεταμένες. Κυριαρχούν τα δολομιτικά υλικά με κοκκομετρία κυμαινόμενη από διαστάσεις λεπτής σκόνης έως όγκους διαμέτρου πάνω από 1 m.

ε. Εκτός από τις προσχώσεις, άξια αναφοράς είναι και τα πλευρικά κορήματα που συναντώνται σε όλες τις κλιτείες. Οι σύγχρονες αποθέσεις του Θερμοποτάμου (του ποταμού που διαρρέει το ρέμα Νικολάου) είναι κυρίως χοντρόκοκκες άμμοι και κροκάλες που καταλαμβάνουν σημαντικές εκτάσεις στις όχθες του.

Οι Ψιλοβίκος και Κανέτση (1989) εντόπισαν και μελέτησαν στους ορεινούς όγκους της Πελαγονικής μάζας τρεις επιφάνειες τύπου απογύμνωσης και δύο επιφάνειες τύπου προπόδων. Οι πρώτες σχηματίστηκαν σε κλιματικές συνθήκες υγρές-θερμές και περιόδους έντονων εξωγενών επιδράσεων, πριν και κατά τη διάρκεια του Νεογενούς. Οι δεύτερες σχηματίστηκαν σε κλιματικές συνθήκες θερμές-ημίξηρες κατά το Βιλαφράγκιο-Βιλλάνιο ή κατά τη διάρκεια εναλλασσόμενων παγετωδών-μεσοπαγετωδών περιόδων κατά το Πλειστόκαινο. Παλαιοντολογικά στοιχεία επιβεβαιώνουν την ύπαρξη των παραπάνω παλαιοπεριβαλλόντων στην ευρύτερη περιοχή κατά το Νεογενές και Τεταρτογενές (Psilovikos και Karystineos, 1986, Psilovikos et al., 1987).

3. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η ανασκαφή των ιζηματογενών στρωμάτων του δαπέδου του σπηλαίου, πάχους περίπου 60 cm, οδήγησε στην κατασκευή της στρωματογραφικής στήλης του Σχήματος 2.



Σχ. 2: Στρωματογραφική στήλη δαπέδου σπηλαίου Αγιάσματος. • Θέσεις δειγματοληψίας.
Fig. 2: Stratigraphic cross section of the floor of the Aghasma cave. • Sampling sites.

Στη στήλη διακρίνονται τα βάθη και τα στρώματα απ' όπου πάρθηκαν τα δείγματα. Από την ανάλυση αυτών προέκυψαν οι εξής στρωματογραφικές ενότητες (Αποστόλου κ.ά., 1995):

- Ανώτερο τρραβερίνικο κάλυμμα (I). Πρόκειται για τρραβερίνικη κρούστα με σημαντική επιφανειακή έκταση και με πάχος κυμαινόμενο από 2 έως 7 cm. Προέκυψε από χημική ιζηματογένεση η οποία συνδέεται με εύκρατο-θερμό κλίμα, με σημαντικό ύψος βροχής και με βλάστηση στην επιφάνεια του εδάφους πάνω από το σπήλαιο. Η παρουσία βλάστησης στο έδαφος έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της οξύτητας του νερού και της περιεκτικότητάς του σε CO_2 . Έτσι, σιγά-σιγά το νερό δημιουργεί διακλάσεις στο ανθρακικό πέτρωμα ώσπου φτάνει στην οροφή του σπηλαίου από όπου ρέει ως το δάπεδό του και αποθέτει τα διαλυμένα σ' αυτό άλατα. Η καθίζηση αυτών εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες όπως η θερμοκρασία και η υγρασία στο εσωτερικό του σπηλαίου, ο αερισμός και η περιεκτικότητα του αέρα του σπηλαίου σε CO_2 κ.ά. (Butzer, 1964).
- Διαταραγμένο υλικό (II). Πρόκειται για στρώμα που στο ανώτερο τμήμα του περιέχει διαδοχικούς φακούς με περισσότερες ή λιγότερες αδρόκοκκες προσμίξεις αργίλων (IIa). Σε ορισμένα σημεία η άργιλος εμφανίζεται συμπαγοποιημένη εξαιτίας του διαποτισμού της με CaCO_3 . Οι φακοί συχνά οριοθετούνται από μαύρες στρώσεις, μεγίστου πάχους 1 cm, και με όρια που δύσκολα διακρίνονται. Οι φακοειδείς εμφανίσεις είναι εξανθρακωμένη οργανική ύλη. Το κάτω τμήμα του στρώματος αυτού (IIb) είναι περισσότερο αδρόκοκκο, με καστανόμαυρο χρώμα και πάχος που κυμαίνεται από 5 έως 37 cm. Περιέχει διάσπαρτα θραύσματα ανθρακικών πετρωμάτων καλού βαθμού στρογγυλότητας. Τα όρια του στρώματος τόσο με τον υπερκείμενο (IIa) όσο και με τον υποκείμενο σχηματισμό (IIIa) είναι ασύμφωνα.
- Αδιατάρακτο ομογενές αργιλοϊλυώδες υλικό (III). Αυτό χωρίζεται σε ανώτερη αργιλοϊλύ (IIIa) και κατώτερη αργιλοϊλύ (IIIb). Η ανώτερη αργιλοϊλύς είναι πλαστική, έχει ανοικτό καστανό χρώμα και πάχος που κυμαίνεται από 25 έως 60 cm. Πρόκειται για κυρίως απολιθωματοφόρο στρώμα με αύξηση του αριθμού των απολιθωμάτων παράλληλα με την αύξηση του βάθους. Επάλληλοι μαύροι οριζόντιες πάχους 5 mm (πιθανά παλαιοεπιπέδα) σε πολλές θέσεις αποτελούσαν το άμεσα υποκείμενο των οστών υλικό, σχετιζόμενοι σαφώς με όλες τις εμφανίσεις αρθρωμένων μελών. Το μαύρο χρώμα τους οφείλεται σε οργανικά υπολείμματα των νιχτερίδων. Η παρουσία των παλαιοεπιπέδων ενδεχομένως υποδηλώνει περιοδική διακοπή της ιζηματογένεσης. Η κατώτερη αργιλοϊλύς είναι επίσης πλαστική, έχει πιο σκούρο καστανό χρώμα αλλά είναι και πιο αδρόκοκκη, με μεγαλύτερα κλαστικά θραύσματα από την ανώτερή της. Το πάχος της έχει μέγιστη τιμή τα 15 cm. Γενικά τα όρια του σχηματισμού III τόσο με τον υπερκείμενο όσο και με τον υποκείμενο σχηματισμό IV είναι ασύμφωνα, ενώ τόσο ο σχηματισμός IIIa όσο και οι σχηματισμοί IIb και IIa είναι αποτέλεσμα κυρίως κλαστικής ιζηματογένεσης.
- Κατώτερο τρραβερίνικο στρώμα (IV). Αποτελείται από ελαφρώς πτυχωμένα διαδοχικά μπεζ και λευκά στρώματα μικρότερου πάχους από τα στρώματα του ανώτερου τρραβερίνη. Η εναλλαγή του χρώματος οφείλεται πιθανόν σε εναλλαγή του υλικού απόθεσης το οποίο με τη σειρά του πιθανόν να οφείλεται σε εποχιακές εναλλαγές. Όπως και το ανώτερο τρραβερίνικο στρώμα έτσι και ο κατώτερος τρραβερίνης είναι πιθανόν αποτέλεσμα χημικής ιζηματογένεσης η οποία σχετίζεται με εύκρατο θερμό κλίμα, με σημαντικό ύψος βροχής και με βλάστηση στην επιφάνεια του εδάφους πάνω από το σπήλαιο (Butzer, 1964). Αυτός ο τρραβερίνης συνεχίζεται και κάτω από τα -150 cm στα οποία σταμάτησε η ανασκαφή.

4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η ιζηματολογική ανάλυση έγινε σε τέσσερα δείγματα τα οποία προέρχονται από διαφορετικά βάθη και στρώματα (Σχ. 2): Το δείγμα Δ₁ από βάθος 70-83 cm και από το στρώμα IIa, το Δ₂ από βάθος 83-86 cm και από το στρώμα IIa, το Δ₃ από βάθος 93-104 cm και από το στρώμα IIIa, και το Δ₄ από βάθος 117-122 cm και από το στρώμα IIIb.

Τα τέσσερα καστανά αργιλοϊλυώδη δείγματα υποβλήθηκαν σε ξήρανση (<100°C) και κονιοποίηση

σε αχάτινο γουδί. Πάρθηκαν 20 g του <2 mm κλάσματος κάθε δείγματος και στη συνέχεια εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικές χημικές κατεργασίες (Jackson, 1974) με στόχο την απομάκρυνση όλων των ανεπιθύμητων υλικών, την αποσυσσωμάτωση και ομογενοποίησή τους.

Για την αφαίρεση των ανθρακικών και διαλυτών αλάτων χρησιμοποιήθηκε ρυθμιστικό διάλυμα 1N οξικού νατρίου (NaOAc) - οξικού οξέος (HOAc) με pH=5,0. Η διαλυτοποίηση έγινε σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 80°C για 30 λεπτά περίπου με συνεχείς αναδεύσεις. Ακολούθησαν τρεις φυγοκεντρικές πλύσεις με το ίδιο ρυθμιστικό διάλυμα.

Ακολούθησε η κατεργασία με peridrol H₂O₂ 30% για την αφαίρεση της οργανικής ύλης και του MnO₂. Η διαλυτοποίηση έγινε σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 80°C για 3 ώρες, με περιοδικές αναδεύσεις. Ακολούθησαν δύο φυγοκεντρικές πλύσεις με ρυθμιστικό διάλυμα με pH=5,0.

Η τρίτη κατεργασία είχε σκοπό την αφαίρεση των άμορφων χιτώνων ή κρυστάλλων που είναι κυρίως οξειδία του σιδήρου και υδροξείδια του σιδήρου και του αργιλίου. Πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ρυθμιστικού διαλύματος 0,3M κιτρικού νατρίου (Na₃C₆H₅O₇·2H₂O)-1M διττανθρακικού νατρίου (NaHCO₃) με pH=7,3 και περιοδική προσθήκη 1g (μέχρι 3g) διθειονικού νατρίου (Na₂S₂O₄) κατά την πεπτοποίηση σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 75-80°C για 15 λεπτά περίπου. Ακολούθησαν τρεις φυγοκεντρικές πλύσεις με το ίδιο ρυθμιστικό διάλυμα, απιονισμένο νερό και μεθανόλη.

Η εκλεκτική διάλυση και απομάκρυνση πολλών ανεπιθύμητων υλικών βοηθάει στο διαμερισμό και στον αξιόπιστο διαχωρισμό των ορυκτών συστατικών ενός ιζήματος σε διαφορετικά μεγέθη κόκκων.

Ακολούθησε η κλασματοποίηση των καθαρών δειγμάτων με καθίζηση των κόκκων εξαιτίας της βαρρύτητας από αιώρημα σε απιονισμένο νερό ή με φυγοκεντρική πλύση κάτω από ειδικές συνθήκες. Προσδιορίστηκε η κατανομή του μεγέθους των κόκκων.

Για την ακτινογραφική ανάλυση ετοιμάστηκαν παρασκευάσματα από ακατέργαστο ολικό δείγμα με τυχαίο προσανατολισμό, καθώς και αντίστοιχα από κατεργασμένα κλάσματα κάθε δείγματος με παράλληλο προσανατολισμό των κόκκων τους ή μετά από διαπύση με ατμούς αιθυλενογλυκόλης. Χρησιμοποιήθηκε ακτινοβολία ακτίνων-X χαλκού με μήκος κύματος CuKα=1,54184 Å και φίλτρο Ni=0,0170 mm σε περιθλασίμετρο τύπου PHILIPS PW1011 με περιοχή σάρωσης 3-43° 2θ. Η ορυκτολογική ταυτοποίηση έγινε σε διαγράμματα περιθλασης ακατέργαστων ολικών δειγμάτων, αλλά και αντίστοιχων παρασκευασμάτων από κατεργασμένα παράλληλα προσανατολισμένα (20-2 μm) και διαπυσιωμένα με αιθυλενογλυκόλη (<2 μm). Για τον ημιποσοτικό προσδιορισμό των ορυκτών συστατικών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Klug και Alexander (1974).

Από ένα αποσκληρωμένο δείγμα (επιφλοίωση δαπέδου) ετοιμάστηκε λεπτή τομή που μελετήθηκε μικροσκοπικά.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η μικροσκοπική εξέταση λεπτής τομής από επιφλοίωση του δαπέδου του σπηλαιού αποκαλύπτει ότι οι κηματοειδείς φλοιοί αποτελούνται κυρίως από επιμήκεις κρυστάλλους ασβεσίτη με ακτινωτή διάταξη και μέγεθος μέχρι 1 mm. Στην υπόλοιπη μάζα επικρατούν σπαρτικοί κρυστάλλοι ασβεσίτη (μέγεθος μέχρι 0,2 mm), καθώς και αρκετοί λεπτομερείς μικριτικοί κρυστάλλοι ασβεσίτη (μέγεθος μικρότερο από 4 μm). Αξιοσημείωτη είναι και η παρουσία κρυστάλλων δολομίτη.

Μεταξύ των μη ανθρακικών ορυκτών επικρατούν, σε μικρά όμως ποσοστά, γωνιώδεις κρυστάλλοι χαλαζία, βελονοειδείς κρυστάλλοι μοσχοβίτη (με μήκος <0,2 mm), καθώς και λεπτομερή συσσωματώματα κρυστάλλων μεταλλικών ορυκτών. Τα τελευταία δίνουν σε ορισμένες ζώνες φλοιών ερυθροκαστανή απόχρωση.

Από τα δεδομένα του Πίνακα 1 συμπεραίνεται ότι το συνολικό ποσοστό των ανεπιθύμητων υλικών είναι αρκετά σημαντικό, γιατί είναι αναμενόμενο στο περιβάλλον του σπηλαιού. Τόσο τα ανθρακικά άλατα, όσο και η οργανική ύλη, καθώς επίσης και τα οξειδία του Fe και υδροξείδια του Fe και Al αφθονούν, εξαιτίας της εύκολης μεταφοράς και συναπόθεσης με τα λοιπά λεπτομερή ιζήματα στο χώρο του σπηλαιού.

Τα δείγματα Δ₂ και Δ₃ παρασκευάζονται παρόμοια με τα Δ₁ και Δ₂ και το Δ₃ χαρακτηρίζεται ως

αργιλικό εξαιτίας της υψηλής συμμετοχής κόκκων μεγέθους <2 μm .

Πίv. 1: Βάθος (cm) από το δάπεδο του σπηλαίου και εκατοστιαία κατανομή μεγέθους κόκκων (μm) των δειγμάτων που αναλύθηκαν.

Table 1: Depth (cm) from the cave floor and grain size distribution (μm) of the samples analyzed.

Δείγμα ¹	Βάθος	C.O.I. ²	>20	20-2	<2
Δ_1	70-83	36	30	11	23
Δ_2	83-86	21	46	12	21
Δ_3	93-104	15	29	17	39
Δ_4	117-122	19	56	14	11

¹ Οι δείκτες στα δείγματα από το δάπεδο του σπηλαίου (Δ) δηλώνουν την τοποθεσία τους.

² Συνολικό ποσοστό ανεπιθύμητων υλικών (ανθρακικά + οργανικά + οξειδία και υδροξείδια σιδήρου).

Πίv. 2: Ορυκτολογική σύσταση των κλασμάτων (μm) των δειγμάτων που αναλύθηκαν.

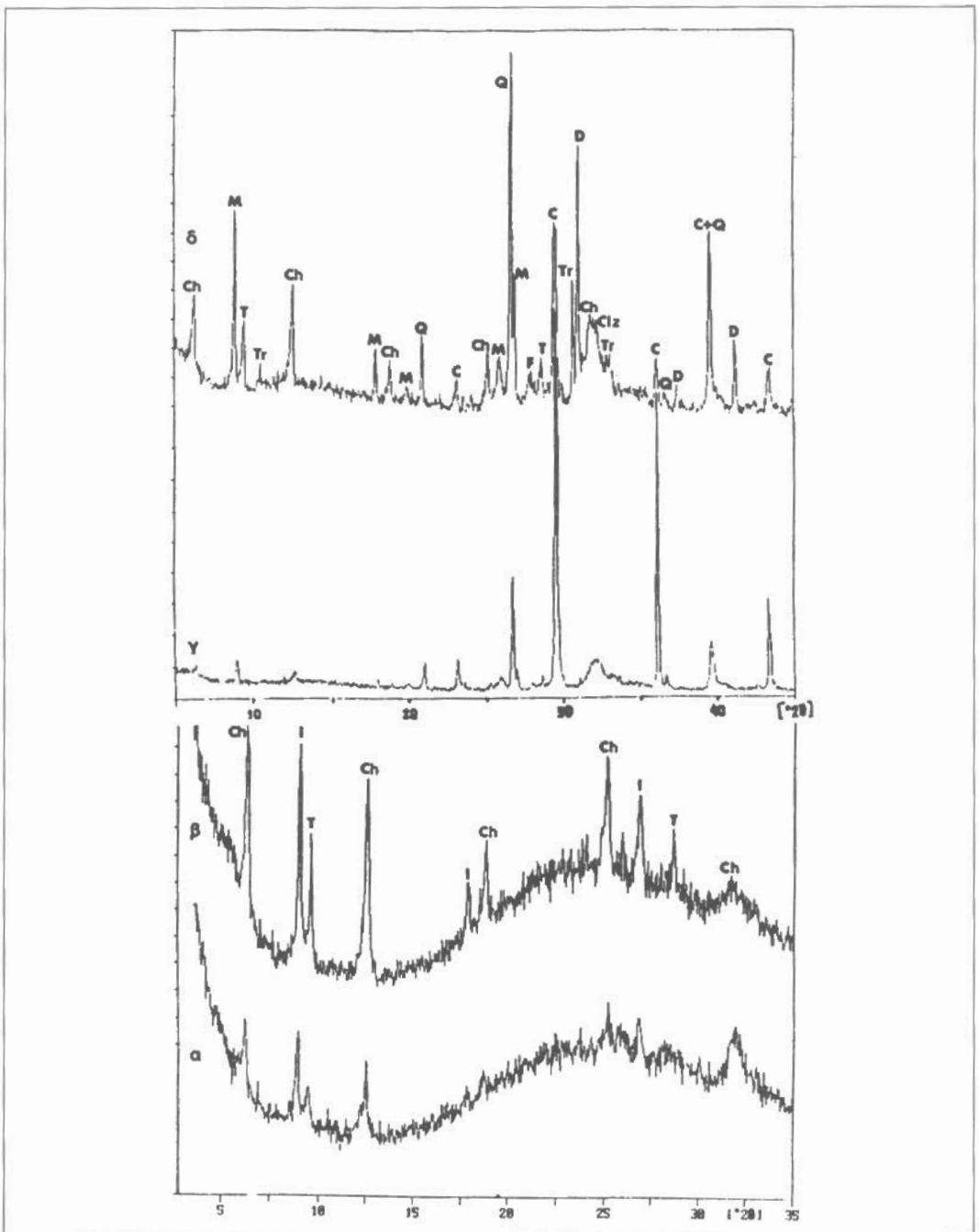
Table 2: Mineralogical composition of separated size fractions (μm) of the samples analyzed.

Δείγμα	Μέγεθος	Q	F	M	Tr	Clz	Ch	T	C	D
Δ_1	ολικό	E	X	E	X	E	E	E	E	E
	20-2	X	X	E	X	X	E	E	-	-
	<2	-	-	E	X	-	E	E	-	-
Δ_2	ολικό	E	E	E	X	E	E	X	X	X
	20-2	E	E	E	E	X	E	E	-	-
	<2	-	-	E	X	-	E	E	-	-
Δ_3	ολικό	Y	X	E	X	E	E	X	E	E
	20-2	E	X	E	E	X	E	E	-	-
	<2	-	-	E	E	-	E	E	-	-
Δ_4	ολικό	E	X	E	X	X	X	X	Y	X
	20-2	E	E	X	E	X	E	E	-	-
	<2	-	-	E	E	-	E	E	-	-

Y: >40%. E: 40-10%, X: <10%. Q=χαλαζιάς, F=άστριοι, M=μαρμαρυγιάς (ιλλίτης στα <2 μm), Tr=τρεμολίτης, Clz=κλινοζοϊσίτης, Ch=χλωρίτης (+ βερμικουλίτης + μικτή φάση χλωρίτη / βερμικουλίτη), T=τάλκης, C=ασβεστίτης, D=δολομίτης.

Τα αποτελέσματα της ακτινογραφικής ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 και στο Σχήμα 3. Στα ακατέργαστα ολικά δείγματα τα πιο σημαντικά μη ανθρακικά ορυκτά είναι: Χαλαζιάς, μαρμαρυγιάς με μορφή σερικίτη, κλινοζοϊσίτης και χλωρίτης (+ βερμικουλίτης + μικτός χλωρίτης/βερμικουλίτης). Άστριοι (κυρίως πλαγιόκλαστα), τρεμολίτης και τάλκης ακολουθούν σε αφθονία. Ο ασβεστίτης είναι το επικρατέστερο ανθρακικό ορυκτό με δεύτερο το δολομίτη. Στο δείγμα Δ_2 η συμμετοχή και των δύο αυτών ορυκτών είναι περιορισμένη. Στα κλάσματα 20-2 και <2 μm που πάρθηκαν μετά από χημικές κατεργασίες για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων συγκολλητικών ουσιών, απουσιάζουν ο ασβεστίτης και ο δολομίτης εξαιτίας της διαλυτοποίησής τους. Στα δύο αυτά κλάσματα επικρατέστερα ορυκτά είναι τα αργιλικά. Ειδικότερα, στο λεπτομερέστερο κλάσμα (<2 μm) επικρατούν ο ιλλίτης (λεπτομερής μοσχοβίτης), ο χλωρίτης και ο τάλκης. Η παρουσία του βερμικουλίτη μαζί με την ενδοσφραματωμένη φάση χλωρίτη/βερμικουλίτη σε όλα τα δείγματα επιβεβαιώνεται από την ακτινογραφική εξέταση ειδικών παρασκευασμάτων.

Αξιοσημείωτη είναι η απουσία των αργιλικών ορυκτών κλινοζοϊσίτη και μαρμαρυγιάς.



Σχ. 3: Περιθλασιογράμματα δειγμάτων Δ_1 ($\beta = < 2 \mu\text{m}, \delta = \text{ολικό}$) και Δ_4 ($\alpha = < 2 \mu\text{m}, \gamma = \text{ολικό}$).
 (α, β) = Διαποτισμένα με αιθυλενογλυκόλη (κατεργασμένα). (γ, δ) = Τυχαία προσανατολισμένα (ακατέργαστα).
 Q=χαλαζίας, F=άστριοι, M=μασμαρυγίας ή σερικίτης, Tr=τρεμολίτης, Clz=κλινο-ζιοίτης, T=τάλκης, C=ασβεστίτης,
 D=δολομίτης, Ch=χλωρίτης (+ βερμικουλίτης + χλωρίτης/βερμικουλίτης), I=ιλλίτης.
Fig. 3: X-ray diffraction diagrams of samples Δ_1 ($\beta = < 2 \mu\text{m}, \delta = \text{whole rock}$) and Δ_4 ($\alpha = < 2 \mu\text{m}, \gamma = \text{whole rock}$). (α, β) =
 Glycolated (treated). (γ, δ) = Randomly oriented (untreated).
 Q=quartz, F=feldspars, M=micas or sericite, Tr=tremolite, Clz=clinozoisite, T=talc, C=calcite, D=dolomite, Ch=chlorite
 (+ vermiculite + chlorite/vermiculite)

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κοκκομετρική ανάλυση δείχνει διακυμάνσεις στη διάμετρο των κλαστικών κόκκων με μεγάλη λεπτόκοκκως άμμοι μέχρι αργίλου. Πρόκειται για αποθέσεις υδάτινου περιβάλλοντος και το μικρό μέγεθος των κόκκων τους σημαίνει χαμηλή ταχύτητα ροής στο χώρο απόθεσης, γεγονός που οφείλεται στην αύξηση της επιφάνειας της υδάτινης μάζας που έρεε στα έγκοιλα του σπηλαιίου, αλλά και σε πιθανή μεταβολή του κλίματος προς το ξηρότερο.

Συνήθως οι σκουρόχρωμες ζώνες αποτελούνται από λεπτομερείς κόκκους (περιέχουν κυρίως αργιλικά ορυκτά και οργανική ύλη) και αντιπροσωπεύουν περιόδους υψηλής υγρασίας. Οι ανοικτόχρωμες ζώνες αποτελούνται από αδρομερέστερους κόκκους και αντιπροσωπεύουν περιόδους παρατεταμένης ξηρασίας.

Η πλήρωση των εγκοίλων του σπηλαιίου από υλικό αργιλοϊλύος αποδεικνύει ότι αυτά τα έγκοιλα είχαν σχηματιστεί πριν την απόθεση των χερσοποτάμιων πλειστοκαινικών ιζημάτων που μεταφέρθηκαν από τη γειτονική περιοχή. Η μεγάλη συνεκτικότητα που παρουσιάζουν είναι δευτερογενής και οφείλεται στην απόθεση σιγκολλητικής ύλης (ασβεστιτίης) κατά ή μετά την απόθεση αυτού του υλικού.

Η υψηλή συμμετοχή των ανθρακικών αλάτων, της οργανικής ύλης και των οξειδίων του Fe και υδροξειδίων του Fe και Al στα ιζήματα του δαπέδου του σπηλαιίου σημαίνει περιβάλλον χαμηλού δυναμικού οξειδωσης (Degens, 1967) κατά την διάρκεια των διεργασιών αποσάθρωσης, μεταφοράς και απόθεσης.

Οι πετρογραφικοί σχηματισμοί της ευρύτερης περιοχής Λουτρακίου που διαρρέονται από χειμάρρους αποτελούνται από ασβεστολίθους, δολομίτες, μάρμαρα, σχιστολίθους (χλωριτικούς, επιδοτιτικούς, σερικιτικούς), φυλλίτες, φλύσχη, οφειολίθους και κλαστικά ιζήματα ποικίλης κοκκομετρικής και ορυκτολογικής σύστασης. Τα υλικά αποσάθρωσης αυτών των πετρωμάτων είναι και συστατικά των λεπτομερών ιζημάτων που έχουν μεταφερθεί και αποτεθεί μέσα στα σπήλαια της περιοχής.

Η επικράτηση πρωτογενών ή δευτερογενών Ca-Mg-ούχων ορυκτών στα λεπτομερή ιζήματα που εξετάζονται είναι ενδεικτική της σύστασης των μητρικών πετρωμάτων που έχουν αποσάθρωθεί στην ευρύτερη λεκάνη απορροής. Όπως διαπιστώνεται και από το γεωλογικό σκαρίφημα της περιοχής μελέτης τα πετρώματα αυτά είναι πλούσια σε ασβεστιούχα και μαγνησιούχα ορυκτά. Η επικράτηση Mg-ούχου χλωρίτη έναντι του Fe-ούχου επιβεβαιώνεται από τις μεγαλύτερες κορυφές ανάκλασης περιττής τάξης αυτού του ορυκτού στα περιθλασιογράμματα που λάβθηκαν.

Η απουσία των αργιλικών ορυκτών каолинίτη και σιεκτίτη από τα εξεταζόμενα ιζήματα σημαίνει επίδραση αποσάθρωτικών παραγόντων μικρής χρονικής διάρκειας, καθώς και μικρή απόσταση μεταφοράς από το γειτονικό περιβάλλον στο εσωτερικό του σπηλαιίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ, Κ., ΚΟΥΡΟΥΜΠΙΑ, Ν., ΜΑΝΤΖΙΑΡΗ, Ε-Φ. και ΦΥΤΙΚΑ, Α. 1995. Σπήλαια Λουτρών Ν. Πέλλας, Ανασκαφική έρευνα, Διπλωματική Εργασία, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 234 σελ.
- ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ, Ε., ΤΡΩΝΤΣΙΟΣ, Γ. και ΧΑΤΖΗΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Μ. 1995. Η σημασία των κλαστικών και χημικών ιζημάτων στον προσδιορισμό της εξελικτικής πορείας καρστικών εγκοίλων (η περίπτωση του σπηλαιίου Επταμύλων Σερρών, Α. Μακεδονία, Β. Ελλάδα). Διεθνές Συνέδριο Σπηλαιολογίας, Αθήνα (υπό δημοσίευση), 12 σελ.
- BUTZER, K.W. 1964. Environment and archaeology. An Introduction to Pleistocene Geography. Methuen & Co. Limited, London, 524 pp.
- DEGENS, E.T. 1967. Diagenesis of organic matter. In: G. Larsen and G. Chilingar (Editors), Diagenesis in Sediments. Elsevier, New York, 420 pp.
- ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΗΣ, Γ. 1977. Συμβολή εις την μελέτην των προαιστογενών πετρωμάτων της Νοτίας Αλμωπίας. Διατριβή επί διδασκαλία, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 173 σελ.

- FORTI, P., PERMA, G., CIGNA, A.A., LICITRA, G., and MAIFREDI, P. 1978. Grotte e fenomeni carsici. *Manuale di Speleologia*, a cura della Società Speleologica Italiana, Longanes I E.C., Milano, 95-178.
- JACKSON, M.L. 1974. Soil chemical analysis. Adv. course. Madison, Wisconsin, 690 pp.
- KLUG, H.P. and ALEXANDER, L.E. 1974. X-ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials. 2nd ed. J. Wiley & Sons, New York, 966 pp.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. 1976. Συμβολή εις την γνώσιν της γεωλογίας του Βορείου ορίου των ζωνών Αξιού και Πελαγονικής εις την Περιοχήν Κ. Λουτρακίου-Ορμας (Αλμωπίας). Διατριβή επί Διδακτορία, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 164 σελ.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 207 σελ.
- PSILOVIKOS, A. and KARISTINEOS, N. 1986. A depositional sedimentary model for the Neogene uraniferous lignites of the Serres graben, Greece. 3 *Palaeo*, 56: 1-16.
- PSILOVIKOS, A., KOUFOS, G., and SYRIDES, G. 1987. The problem of red-beds in Northern Greece. *Ann. Inst. Geol. Publ., Hungary*, LXX: 509-516.
- ΠΑΤΡΑΣ, Δ., ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. και ΚΥΡΤΣΑΝΗΣ, Α. 1988. Υδρογεωλογικές και υδροχημικές έρευνες στην περιοχή των θερμομεταλλικών πηγών Λουτρακίου Αριδαίας. 2ο Συνέδριο για τα θερμομεταλλικά νερά, Θεσσαλονίκη, 4-17.
- ΣΟΛΛΑΤΟΣ, Κ. 1955. Οι ηφαιστεία της Αλμωπίας. Διατριβή επί διδακτορία, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 48 σελ.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. 1990. Μεταβολές στους Ελληνικούς υδροτόπους κατά τον εικοστό αιώνα: Οι περιπτώσεις των εσωτερικών υδάτων της Μακεδονίας και των ποτάμων δέλτα των ακτών του Αιγαίου και του Ιονίου Πελάγους. Συνάντηση Εργασίας για τους Ελληνικούς Υδροτόπους, Θεσσαλονίκη, 179-208.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. και ΚΑΝΕΤΣΗ, Ε. 1989. Εξάπλωση και παλαιογεωγραφική σημασία των επιφανειών επιπέδωσης στους ορεινούς όγκους της Πελαγονικής μάζας. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, 23(1): 279-287.