

Συμβολή στη Διερεύνηση των Μηχανισμών Γένεσης της Αλμυρότητας των Νερών της Πικρολίμνης, Κεντρική Μακεδονία

Γ. Δημόπουλος, Χ. Μυριούνης, Χ. Μάττας

*Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας,
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, 54124 Θεσσαλονίκη*

Περίληψη

Στην εργασία αυτή εξετάζονται αρχικά τα γεωλογικά και τεκτονικά αίτια που διαμόρφωσαν την εικόνα της Πικρολίμνης. Τα στοιχεία αυτά συσχετίζονται με την ποιότητα των νερών της Πικρολίμνης, αλλά και των υπογείων νερών της εγγύτερης περιοχής. Από το συσχετισμό αυτόν προκύπτει, ότι τόσο ο πηλός, όσο και το αλμυρό νερό της λίμνης δεν οφείλονται σε εγκλωβισμό θαλασσινού νερού κατά τη διάρκεια της ιζηματογένεσης αλλά σε αποθέσεις αλάτων σε περιόδους έντονης εξάτμισης σε περιβάλλον υγρό και θερμό κατά την περίοδο του Νεογενούς, που αναφέρεται ως «κρίση αλατότητας του Μεσσηνίου». Στην περίοδο αυτή σε απομονωμένες αβαθείς εσωτερικές λεκάνες είχαμε και το σχηματισμό εβαποριτών σε περίοδο υγρού και θερμού κλίματος, που ευνοούσε την ταχεία εξάτμιση.

Contribution to the Investigation of the Origin of Salinity in Pikrolimni Lake, Central Macedonia

G. Dimopoulos, Ch. Myriounis, Ch. Mattas

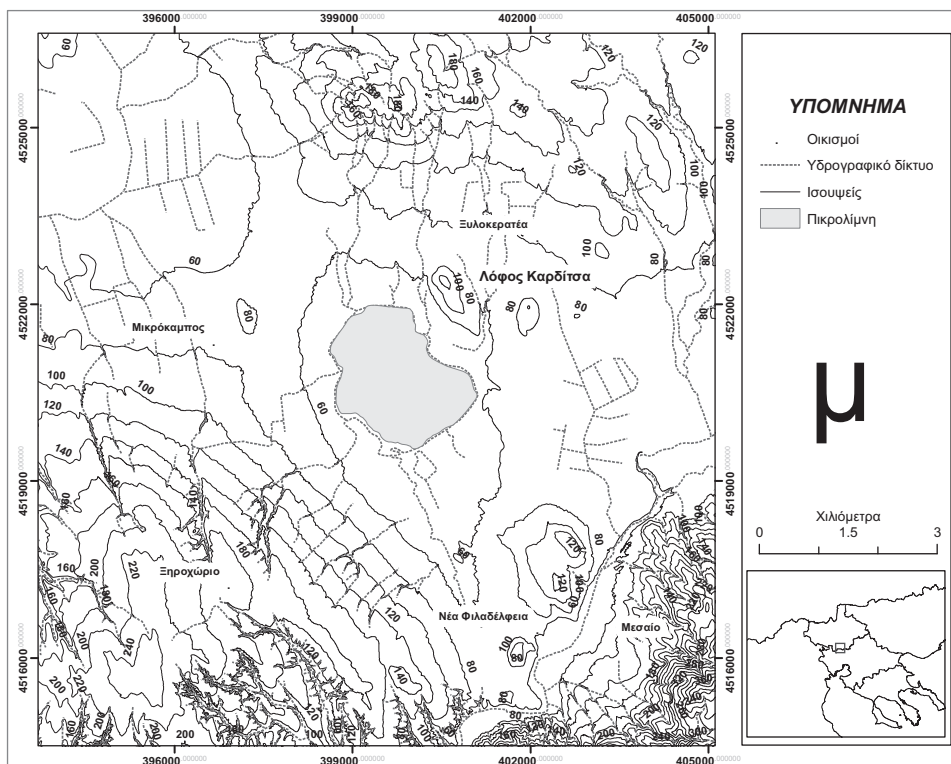
Aristotle University of Thessaloniki, Dep. of Geology, Laboratory of Engineering Geology and Hydrogeology, 54124 Thessaloniki, Greece

Abstract

In this paper the geological and tectonic factors, that formed the Pikrolimni lake, prefecture of Kilkis, are mainly examined. These data are correlated to the quality of surface water of Pikrolimni lake, as well as to groundwater quality of the wider area. Based on results, it is concluded that, both the loam and the salty water of lake could be not associated with sedimentation, but with deposits of salts during prolonged dry period in humid and warm environment at the period of Neogene, that is known as "Messinian salinity crisis". In this salinity crisis, in isolated shallow internal basins, evaporites were formed, during a period of humid and warm climate, favouring the rapid evaporation.

1. Εισαγωγή

Η περιοχή της «Πικρολίμνης», υπάγεται διοικητικά στο Ν. Κιλκίς. Βρίσκεται σε απόσταση 40 περίπου χιλιομέτρων ΒΔ της Θεσσαλονίκης και οριοθετείται από τα χωριά Πικρολίμνη, Ξυλοκρατέα, Μικρόκαμπος και Ν. Φιλαδέλφεια (Σχ.1). Η λίμνη έχει έκταση 3,2 km² και περίμετρο 5,1 km. Κατά τη δεκαετία του '50 η λίμνη εκτεινόταν σε ακτίνα 150-200 m μεγαλύτερη από τη σημερινή. Η έκτασή της ελαττώθηκε σημαντικά κατά το διάστημα 1965-1975. Μετά από τους σεισμούς του 1978, άρχισε βαθμιαία η αύξηση της επιφάνειάς της, χωρίς όμως ποτέ να φτάσει την αρχική της έκταση (Αγγελίδης, 1982).



Σχήμα 1. Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής της λίμνης «Πικρολίμνης».

2. Μορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης

Η λεκάνη απορροής της λίμνης καταλαμβάνει έκταση 42,5 km² με διεύθυνση μέγιστης ανάπτυξης ΒΒΔ-ΝΝΑ και ελάχιστης Α-Δ, διευθύνσεις κατά τις οποίες αναπτύσσονται και οι κύριες ρηξιγενείς τεκτονικές δομές της περιοχής. Το ανάγλυφο είναι ομαλό με μοναδική εδαφική έξαρση στην περιοχή το λόφο Καρδίτσα με υψόμετρο 106 m στα ΒΔ της λίμνης. Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης αναπτύσσεται μόνο βόρεια και νότια της λίμνης με ρέματα που παρουσιάζουν παράλληλη ανάπτυξη και διευθύνσεις Β-Ν (Σχ. 1). Οι κλίσεις τους είναι τόσο μικρές που τους θερινούς μήνες οι ροές τους έχουν τόσο μικρές ταχύτητες, που οι κοίτες τους μοιάζουν περισσότερο με επιμήκη έλη.

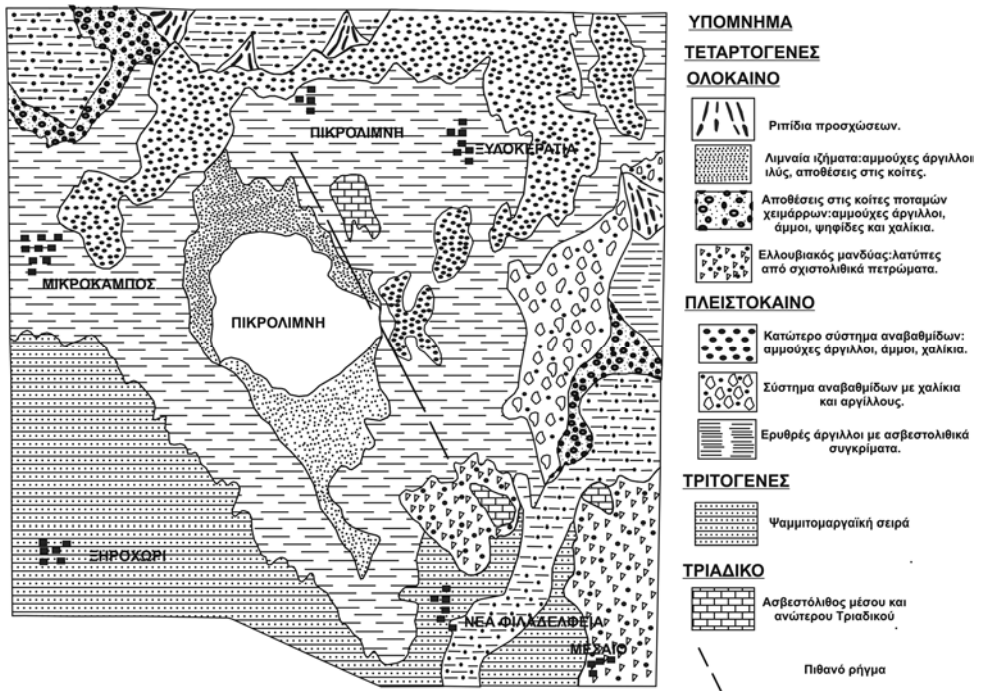
3. Γεωλογικοί σχηματισμοί και τεκτονική κατάσταση της εγγύτερης περιοχής της Πικρολίμνης

Τα ανώτερα και νεώτερα στρώματα της περιοχής με τα οποία έρχεται σε άμεση επαφή η λίμνη είναι τα λιμναία ολοκαινικά ιζήματα, που αποτελούνται από αμμούχες αργίλους, ιλύες και άμμους και απλώνονται σε μεγάλη έκταση ΒΔ και ΝΑ της λίμνης (Σχ.2). Κάτω από τους ολοκαινικούς αυτούς σχηματισμούς βρίσκονται οι ερυθρές άργιλοι με ασβεστιτικά συγκρίματα Πλειστοκαινικής ηλικίας που εναλλάσσονται με πάγκους ασβεστιτικών συγκριμάτων και ορίζοντες χαλικιών.

Αναπτύσσονται οριζόντια και καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο χώρο γύρω από την λίμνη. Πάνω από τις ερυθρές αργίλους εντοπίζονται, κατά θέσεις, ένα σύστημα αναβαθμίδων από χαλίκια κυρίως, Πλειστοκαινικής ηλικίας. Ο παλαιότερος μεταλπικός ιζηματογενής σχηματισμός της λίμνης είναι μια οριζόντια μαργαϊκή σειρά Πόντιας ηλικίας, με ψαμμίτες που εναλλάσσονται με κροκαλοπαγή και ορίζοντες αμμούχων μαργών.

Το μόνο αλπικό σχηματισμό που συναντάμε στο εγγύτερο περιβάλλον της λίμνης είναι ο κρυσταλλικός ασβεστόλιθος στο λόφο Καρδίτσα ΒΑ της λίμνης. Πρόκειται για έναν λευκότεφρο έως τεφρό λεπτοστρωματώδη ασβεστόλιθο με ανάπτυξη ΒΔ-ΝΑ και μικρή κλίση προς τα ΒΑ. Πιθανόν η ασβεστολιθική αυτή μάζα να αποτελεί και το υπόβαθρο της λίμνης, όπως ακόμη και ο καρστικός υδροφορέας που αναπτύσσεται σ' αυτόν το σχηματισμό να συνδέεται υδραυλικά με τον ταμιευτήρα της λίμνης.

Κυρίαρχο τεκτονικό συμβάν που εντοπίζεται στην εγγύτερη περιοχή της λίμνης είναι ένα κανονικό ρήγμα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης που οριοθετεί το ΝΔ όριο του ασβεστόλιθου με τα τεταρτογενή ιζήματα (Kelepertzis, 1985). Η κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος δεν παρουσιάζεται ενιαία αλλά διερηγμένη σε μικρότερα τεμάχια που



Σχήμα 2. Γεωλογικός χάρτης της εγγύτερης περιοχής της Πικρολίμνης

δημιουργήθηκαν από νεότερες τεκτονικές δράσεις που επηρέασαν τον ασβεστόλιθο και αποτυπώθηκαν πάνω σ' αυτόν με διακλάσεις BA-NΔ και ANA-ΔΒΔ διευθύνσεων. Πάνω στην κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος εντοπίστηκε γράμμωση ολίστησης με διεύθυνση 40° Β.

4. Υδρογεωλογικές συνθήκες

Η περιοχή της Πικρολίμνης καλύπτεται από ιζήματα το πάχος των οποίων ξεπερνά και τα 200 m. Το σύνολο των ιζημάτων της λεκάνης αποτελεί τη φάση των ερυθροστρωμάτων, η οποία συνδέεται με την απουσία της θάλασσας και την παρουσία τεκτονικών τάφρων. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι όταν οι τάφροι που σχηματίζονται στη φάση αυτή απομονωθούν από τις υπόλοιπες λεκάνες και μειωθεί η τροφοδοσία τους, σε λιμναίο περιβάλλον και κλίμα υγρό (Humid) σχηματίζονται μαύρα αργιλικά στρώματα ενώ σε ξηρά κλίματα (Arid) σχηματίζονται εβαπορίτες. Οι δύο αυτές φάσεις γίνονται ταυτόχρονα όταν οι φυσικοχημικές συνθήκες το επιτρέπουν (Ψιλοβίκος, 1982).

Στην περιοχή της Πικρολίμνης φαίνεται να έχουμε μειωμένη τροφοδοσία υλικού. Η πολύ χαμηλή υδρογραφική πυκνότητα και οι μικρές κλίσεις του αναγλύφου δεν επιτρέπουν την έντονη διάβρωση και μεταφορική δράση των ρεμάτων. Ακόμη η μεγάλη εξάτμιση κατά τους θερινούς μήνες και οι έντονες βροχοπτώσεις και χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα φαίνεται να επιτρέπουν τη συνύπαρξη των δύο φυσικοχημικών συνθηκών, ώστε οι δύο ιζηματολογικές φάσεις των εβαποριτών και της μαύρης αργίλου να εναλλάσσονται μεταξύ τους.

Η λιθολογία των σχηματισμών προέκυψε από την αξιολόγηση των γεωλογικών τομών των γεωτρήσεων που ανοίχτηκαν στις θέσεις B1 έως B6 (Σχ. 3). Στα πρώτα 15 m βάθος από την επιφάνεια συναντάμε εναλλαγές λεπτόκοκκων άμμων και αργίλων με τιμές του συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας αντίστοιχα $k_{αμ} = 2 \cdot 10^{-5}$ m/sec και $k_{αρ} = 2 \cdot 10^{-9}$ m/sec. Κάτω από τα 15 m εμφανίζονται χονδρόκοκκα ιζήματα αποτελούμενα από χονδρόκοκκους άμμους, χαλίκια και αργιλώδη χαλίκια, με συντελεστές υδραυλικής αγωγιμότητας αντίστοιχα $k_{χα} = 5 \cdot 10^{-4}$ m/sec, $k_{χ} = 3 \cdot 10^{-3}$ m/sec. Οι συχνές εναλλαγές στρωμάτων μικρού πάχους από άμμους και χαλίκια σε αργιλικά και μαργαϊκά στρώματα πιθανολογούν τη δημιουργία εγκλωβισμένων υδροφόρων στρωμάτων.

Η παρουσία της ασβεστολιθικής μάζας ΒΑ της Πικρολίμνης, με τον έντονο κερματισμό και την βαθιά καρστικοποίηση, που βυθίζεται στην άμεση γειτονία της λίμνης και εξαφανίζεται κάτω από τα νεώτερα ιζήματα της λεκάνης, σηματοδοτεί την παρουσία ενός καρστικού υδροφόρου ορίζοντα που το χαμηλό πιεζομετρικό του φορτίο και οι διακυμάνσεις της ελεύθερης στάθμης του επηρεάζει και το επίπεδο της επιφάνειας του νερού στην Πικρολίμνη. Στη βόρεια κύρια όχθη της λίμνης και νότια από το Δ.Δ. της Πικρολίμνης αναπτύσσεται ο σχηματισμός της μαύρης ιλύος (οργανικός πηλός). Πρόκειται για μίγμα αποτελούμενο από νερό κατά 42% και οργανικές ουσίες κατά 58%, με άλατα διαλυτά στο νερό και ορυκτά της αργίλου σε κατάσταση ρευστοποίησης.

5. Ποιότητα των νερών της περιοχής

Για την αξιολόγηση της ποιότητας των υπογείων νερών της περιοχής έρευνας αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων σε δείγματα που πάρθηκαν από γεωτρήσεις και από τη λίμνη (Πίνακας 1). Από τις τιμές του Πίνακα 1 και χρησιμοποιώντας το διάγραμμα Piper (Σχ. 3) τα νερά της περιοχής κατατάσσονται στους παρακάτω υδροχημικούς τύπους.

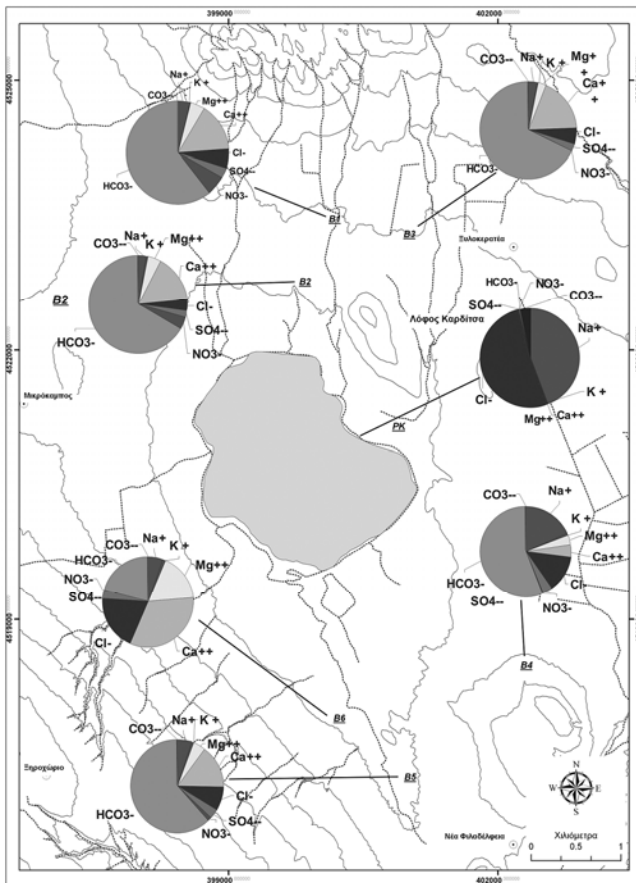
B-Na-Cl νερά:

Πρόκειται κύρια για τα νερά της Πικρολίμνης όπου παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση αλάτων (NaCl 6%, Na₂CO₃ 0,55%, NaHCO₃ 0,45%, Na₂SO₄ 0,55%). Η μεγάλη συγκέντρωση ιόντων Na⁺ (15831 mg/l) και Cl⁻ (18980 mg/l) που παρατηρείται,

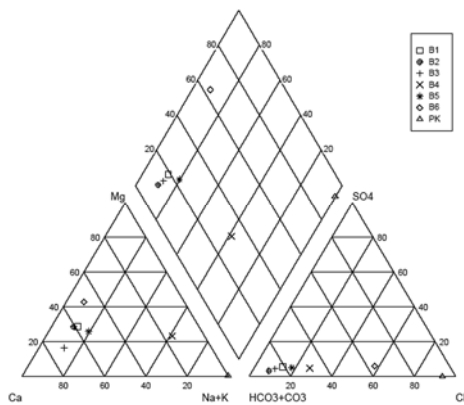
θεωρείται ότι έλκει πιθανόν την προέλευσή του από τη θάλασσα. Συγκρίνοντας τις συγκεντρώσεις των βασικών ιόντων σε νερά της θάλασσας και της Πικρολίμνης (Πίνακας 1) παρατηρούμε σημαντικές διαφορές, που μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι δε σημειώνεται καμία σχέση ανάμεσα στο νερό της θάλασσας και της Πικρολίμνης, γεγονός που πιστοποιείται και από το λόγο των συγκεντρώσεων ιόντων Cl^- προς τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις ιόντων Na^+ ($C_{Cl^-}/C_{Na^+} \ll 1,78$). Τα παραπάνω στοιχεία μας οδηγούν στο συμπέρασμα πως τα αλμυρά νερά της Πικρολίμνης δεν προέρχονται από τη θάλασσα αλλά έχουν διαφορετική προέλευση και δημιουργία. Επισημαίνουμε ακόμη τη μικρή περιεκτικότητα σε ιόντα Ca^{++} και Mg^{++} στα νερά της λίμνης σε σχέση με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις τους που παρατηρούμε στα γλυκά υπόγεια νερά της περιοχής. Συνδιάζοντας το γεγονός αυτό με την έλλειψη αερίου CO_2 δεχόμαστε ότι οι μικρές αυτές συγκεντρώσεις των ιόντων Ca^{++} και Mg^{++} οφείλονται στην καθίζηση αλάτων $CaCO_3$ και $MgCO_3$. Το παραπάνω συμπέρασμα ενισχύεται και από την αυξημένη συγκέντρωση θεικών ιόντων που ελαττώνει κατά πολύ τη διαλυτότητα του νερού και επιτρέπει την καθίζηση των αλάτων. Τέλος στα νερά της λίμνης παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις ιόντων B^- και F^- , που αιτιολογούνται σε υδροφορείς που αναπτύσσονται σε ηφαιστειακούς ή ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμούς σε αποθετικά περιβάλλοντα με $pH > 8,2$ (Hem, 1970), όπου επικρατεί έντονη εξάτμιση.

Πίνακας 1. Χημικές αναλύσεις νερών (mg/l) από γεωτρήσεις της περιοχής και από την Πικρολίμνη (Μήτρακας, 1987) και σύγκριση με το θαλασσίνο νερό (Turekiah, 1969).

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	PK	Sea
Na	25	16	58.88	706.62	46	21	15831	10800
K	1.26	3	5.86	22.68	7.43	4	44	392
Mg	31	25	44.51	144.95	35.51	62	30	1290
Ca	105	88	320	159.72	124.25	116	4.5	411
Cl^-	40	19	83.33	489.35	70.92	71.8	18980	19400
SO_4	21.5	10.5	47.55	113.83	26.9	10	2.096	2001
NO_3	40.8	22.6	–	3.72	4.34	-	150	
HCO_3	410	366	1171.2	2128.9	519.72	77.3	8.536	145
CO_3	–	–	–	–	–	–	1110	
Fe	–	–	7.43	22.68	0.5	4	0.6	
Mn	–	–	0.5	–	–	9.7	0.05	
PO_4	0.03	0.17	–	–	–	–	3.3	
F	0.32	0.17	–	–	–	0.35	5.5	1.4
B	–	–	–	–	–	–	91.2	4.45
pH							9.3	7.7



(α)



(β)

Σχήμα 3.
Υδροχημικός χάρτης της περιοχής της Πικρολίμνης (α) και διάγραμμα Piper (β)

Ca-Mg-HCO₃ νερά

Στην ομάδα αυτή ανήκουν δείγματα γλυκού νερού που πάρθηκαν από πηγές βόρεια του Δ.Δ. της Πικρολίμνης στα σημεία B₁, B₂, B₃, και από τη γεώτρηση B₇ ΒΔ της λίμνης (Σχ. 1). Στα νερά αυτά παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις Ca⁺⁺ και HCO₃⁻ ιόντων, ενώ οι συγκεντρώσεις των άλλων βασικών ανιόντων και κατιόντων κυμαίνονται σε φυσιολογικά όρια. Οι θερμοκρασίες των νερών είναι σχετικά ανεβασμένες (18,3 °C), δείκτης πιθανής γεωθερμικής ανωμαλίας στα περιθώρια της λίμνης (Δημόπουλος, 2005).

Na-K-HCO₃-Cl νερά

Εντοπίζονται στη θέση B₄ στην περιοχή της Ξυλοκερατιάς κοντά στη λίμνη. Η χημική τους σύσταση είναι ενδιάμεση των δύο παραπάνω τύπων που περιγράψαμε που πιθανόν προκύπτει από ανάμιξη αυτών.

6. Χημική σύσταση της μαύρης ιλύος

Ο μαύρος πηλός, όπως αναφέρθηκε εντοπίζεται στη βόρεια όχθη της Πικρολίμνης και αποτελεί μίγμα νερού κατά 42% και οργανικών ουσιών κατά 58% με άλατα διαλυτά στο νερό και ορυκτά της αργίλου σε ρευστή κατάσταση (Πίνακας 2).

Τα οργανικά συστατικά του πηλού (Humus) προέρχονται από μερική και βραδεία αποσύνθεση φυτικών και ζωικών οργανισμών. Έχουν όξινη αντίδραση και αναγωγικές ιδιότητες. Σε υγρό και θερμό περιβάλλον αποσυντίθενται εντελώς με τελικά προϊόντα CO₂, H₂O και άζωτο N. Η παρουσία του νερού αυξάνει την ταχύτητα συσσώρευσης οργανικών ουσιών με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ανοξικές συνθήκες και προϊόντα αποσύνθεσης. Οι ανόργανες ενώσεις του πηλού είναι αργιλοπυριτικές με αστρίους, μοσχοβίτη, βιοτίτη, μοντμοριλονίτη, καολίνη και ελεύθερο SiO₂, που παρουσιάζουν ελεύθερους ιοντικούς δεσμούς και εύκολη ανταλλαγή ιόντων. Συχνά διαβρώνονται τα πρωτογενή αυτά ορυκτά και σχηματίζουν μίγματα ένυδρων και άμορφων οξειδίων του πυριτίου και της αργίλου ή χημικές ενώσεις αυτών, τα αλοφάνη. Στα επιφανειακά στρώματα τα αλοφάνη συνδέονται με την οργανική ουσία και προσδίδουν σε αυτά το σκοτεινό χρωματισμό (Πολυζόπουλος, 1976). Τα διαλυτά άλατα του πηλού είναι NaCl (7,75%), Na₂CO₃ (2,8%), Na₂SO₄ (2,5%) και K₂SO₄ (1%). Η αναγωγή της συγκέντρωσης αυτών επί της υγρής φάσης τους μας δίνει 33,4% συνολικά διαλυμένα άλατα, που σηματοδοτεί την τεράστια ωσμωτική πίεση του πηλού.

Πίνακας 2. Χημική σύσταση του αφυδατωμένου πηλού της Πικρολίμνης.

Διαλυτά άλατα στο νερό	Διαλυτά άλατα στο HCl	Άργιλοι	Οργανικά
Na ⁺ = 5,00%	Ca ⁺⁺ = 2,10%	Na ₂ O = 2,95%	1,8%
K ⁺ = 0,48%	Mg ⁺⁺ = 1,35%	K ₂ O = 2,95%	
Cl ⁻ = 4,70%	Fe ₂ O ₃ = 3,76%	MgO = 1,02%	
SO ₄ ⁻² = 2,40%	CO ₃ ⁻² = 4,60%	CaO = 0,45%	
CO ₃ ⁻² = 1,58%		Al ₂ O ₃ = 16,05%	
		Fe ₂ O ₃ = 2,80%	
		SiO ₂ = 37,90%	
Σύνολο = 14,16%	11,81%	71,27%	1,8%

7. Διερεύνηση των διαδικασιών σχηματισμού συνθηκών αλατότητας στο νερό της Πικρολίμνης

Το νερό της Πικρολίμνης με τις μεγάλες συγκεντρώσεις σε ιόντα Cl⁻ και Na⁺ που παρουσιάζει, μας οδηγεί αρχικά στο να δεχθούμε ότι έχει την ίδια προέλευση με το νερό της θάλασσας. Μια παραπέρα όμως λεπτομερέστερη εξέταση των σχέσεων που παρουσιάζονται μας οδηγεί σε διαφορετικά συμπεράσματα. Ειδικότερα:

- Το νερό της Πικρολίμνης μπορεί να παρουσιάζει αυξημένες συγκεντρώσεις σε ιόντα Cl⁻ και Na⁺, όμως έχει μια εντελώς διαφορετική χημική σύσταση από το νερό της θάλασσας με μικρές περιεκτικότητες σε ιόντα Ca⁺⁺ και Mg⁺⁺ ενώ η περιεκτικότητα σε HCO₃⁻ είναι αυξημένη.
- Στο νερό της θάλασσας ο λόγος της συγκέντρωσης των ιόντων Cl⁻ προς την αντίστοιχη συγκέντρωση των ιόντων Na⁺ σε mg/lit είναι ίση με 1,78 περίπου. Αντίθετα στο νερό της Πικρολίμνης ο λόγος αυτός είναι πολύ μικρότερος (περίπου 1,19 mg/lit).
- Το νερό της θάλασσας παρουσιάζει θετικό δείκτη ανταλλαγής ιόντων κατά Schoeller δηλαδή η σχέση:

$$I_{BA} = \frac{Cl^- - (Na^+ + K^+)}{Cl^-} > 0 \quad (7.1)$$

όπου Cl⁻, Na⁺, K⁺ οι συγκεντρώσεις των αντιστοίχων ιόντων σε mval/lit.

Η αρχική ισορροπία $\text{Na}^+ + \text{K}^+ = \text{Cl}^-$ διαταράσσεται από φαινόμενα ανταλλαγής ιόντων μεταξύ Na^+ και K^+ με ιόντα Ca^{++} και Mg^{++} και δημιουργείται η ανισότητα $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Cl}^-$.

Στο νερό της Πικρολίμνης ο δείκτης ανταλλαγής ιόντων I_{AB} (κατά Schoeller) είναι αρνητικός, δηλαδή $I_{AB} < 0$. Τέτοιους αρνητικούς δείκτες παρουσιάζουν τα υπόγεια νερά που προέρχονται από εκρηξιγενή πετρώματα και κρυσταλλικούς σχιστόλιθους, γενικά από πετρώματα με αυξημένη περιεκτικότητα σε πυριτικά ορυκτά, επειδή κατά τη διάσπαση απελευθερώνονται ιόντα Na^+ και K^+ από ότι ιόντα Cl^- .

Όλα αυτά που αναφέραμε μαζί με την υψηλή τιμή του $\text{pH} = 9,3$, που έχει το νερό της λίμνης μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το νερό αυτό δεν έχει καμία σχέση με το θαλασσίνο. Πως μπορούμε να εξηγήσουμε τις μεγάλες περιεκτικότητες των ιόντων Cl^- , Na^+ , HCO_3^- και B^+ που παρουσιάζονται μέσα στο νερό της Πικρολίμνης; Ξεκινώντας από το γεγονός ότι μεγάλες περιεκτικότητες HCO_3^- και B^+ μπορούν να παρουσιαστούν σε ηφαιστειακές περιοχές σαν συστατικό ηφαιστειακών αερίων, θα πρέπει να αναζητήσουμε τέτοιου είδους πετρώματα στην περιοχή της Πικρολίμνης.

Πράγματι η παρουσία ηφαιστειακών ιζηματογενών που παρουσιάζονται (Μεταλλικό και Πυργωτό Κιλκίς) στην ευρύτερη περιοχή της Πικρολίμνης μπορεί να αποτελέσει πηγή τροφοδοσίας HCO_3^- και B^+ του νερού της λίμνης. Μια δεύτερη πηγή B^+ και φθορίου παρουσιάζεται σε περιοχές ηπειρωτικών κοιτασμάτων που προέρχονται από εξάτμιση δηλαδή εβαπορίτες και κοιτάσματα πετρελαίου. Μια τέτοια περίοδος με έντονη εξάτμιση ευνοεί τις μεγάλες συγκεντρώσεις σε ιόντα Na^+ και Cl^- , γεγονός που παρατηρείται στην περιοχή μας. Η παραπέρα αύξηση των ιόντων Na^+ επέρχεται εξαιτίας της ευκολότερης διάσπασης των πυριτικών ορυκτών των ηφαιστειοιζηματογενών πετρωμάτων της περιοχής και τη μετακίνηση του δείκτη I_{AB} ανταλλαγής ιόντων προς την αρνητική περιοχή.

Πράγματι κατά την περίοδο του Νεογενούς στον ευρύτερο χώρο της Μεσογείου είχαμε την εκδήλωση φαινομένου γνωστού σαν «Κρίση Αλμυρότητας του Μεσσηνίου», που προκλήθηκε από απομόνωση της Μεσόγειας θάλασσας εξαιτίας διαφόρων γεωλογικών και τεκτονικών αιτιών. Η απομόνωση αυτή είχε σαν αποτέλεσμα τη φτωχή ανανέωση των θαλασσινών νερών της Μεσογείου, που δημιούργησε το θερμό και ψυχρό κλίμα που επικρατούσε αυτήν την περίοδο και που σε συνδυασμό με τη μεγάλη εξάτμιση, επέτρεψε σημαντική απόθεση εβαποριτών. Παρόμοια γεγονότα θα πρέπει να έλαβαν χώρα και στην περιοχή της Πικρολίμνης, σε θέσεις δημιουργίας κλειστών και αβαθών λεκανών. Με την έντονη εξάτμιση δημιουργήθηκαν κατά την περίοδο αυτή αποθέσεις άλατος, τις οποίες επικάλυπταν νέα ιζήματα (αργιλικά κατά το πλείστο) εξαιτίας της ταυτόχρονης βύθισης της λεκάνης που συνέβαινε κατά την ίδια περίοδο και της έντονης μεταφορικότητας των χειμάρων που προκαλούσαν ταυτόχρονα οι υψηλές βροχοπτώσεις. Η περίσσεια του Na^+ κατά τα φαινόμενα ανταλλα-

γής ιόντων αντικαθιστά τα ιόντα Ca^{++} και Mg^{++} στις ανθρακικές ενώσεις, έτσι ώστε να σχηματίζεται Na_2CO_3 που ανεβάζει τις τιμές του pH πάνω από την τιμή του 8,5. Ταυτόχρονα δημιουργείται ίζημα CaCO_3 και MgCO_3 .

Συνοψίζοντας τα παραπάνω αναφέρουμε ότι η αλμυρότητα του νερού της λίμνης δεν οφείλεται σε εγκλωβισμό θαλασσινού νερού, αλλά στην παρουσία ηφαιστειοϊζηματογενών πετρωμάτων στην περιοχή και ηπειρωτικών αποθέσεων αλάτων σε περιόδους έντονης εξάτμισης κατά την περίοδο του Νεογενούς, σε υγρό και θερμό περιβάλλον με ταυτόχρονη βύθιση του πυθμένα της λίμνης και τη δημιουργία εβαποριτών και πιθανόν κοιτασμάτων πετρελαίου στην περιοχή.

Βιβλιογραφία

1. Αγγελίδης, Ζ., 1982. Προκαταρκτική Αναγνωριστική μελέτη για την αξιοποίηση μεταλλικών νερών Πικρολίμνης Ν. Κιλκίς. Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Ιαματικών Πηγών και Λουτροπόλεων Ελλάδος (Θεσ/νίκη).
2. Δημόπουλος, Γ., 2005. Συμβολή στην διερεύνηση του σχηματισμού των γεωθερμικών πεδίων στην Κεντρική Μακεδονία. Πρακτικά 7ου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, Τ.Δ. σελ 147-151.
3. Hem, J.D., 1970. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: 2 Aufl. Geol. Surv. Water. Supply pap.1473.
4. Kelepertzis, A.E., 1985. Geology, Geochemistry and Tectonic Setting of the Volcanosedimentary series. Kilkis-Central Macedonia Greece Department of Geology A.U.T.H.
5. Mercier, J., 1966. Etude geologique des zones internes des Hellenides en Macedoine centrale. Ann. Geol. Des Pays Hell., 20,1968B.
6. Πολυζόπουλος, Ν., 1976. Εδαφολογία, Εκδ. Οίκος Αφοι Σάκκουλα Θεσ/νίκη-Αθήνα.
7. Trugdill, St., 1985. Limestone Geomorphology. Geomorphology Texts. Department of Geography University of Sheffield. Longman-London and N. York.