

ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΡΕΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΣΤΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΩΝΟΥ-ΣΑΠΩΝ, ΘΡΑΚΗ

Καρατάσου Ε., Βαβελίδης Μ., Μέλφος Β., Κορωναίος Α. και Σκλαβούνος Σ.
*Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. 541 24
Θεσσαλονίκη, ekaratas@geo.auth.gr, vavelidi@geo.auth.gr, melfosv@geo.auth.gr*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Θερμόρεμα βρίσκεται στη Θράκη, στο Νομό Ροδόπης, 5 km ανατολικά της πόλης των Σαπών. Στην περιοχή έγινε έρευνα βαρέων μετάλλων στα ιζήματα, προκειμένου να εξαχθούν πολύτιμα συμπεράσματα για την επιβάρυνσή της σε αυτά και την πιθανή προέλευσή τους. Ο προσδιορισμός των κύριων στοιχείων και των ιχνοστοιχείων στα ιζήματα έγινε με τη μέθοδο της Φασματοφωτομετρίας Ατομικής Απορρόφησης. Η ορυκτολογική σύσταση των ιζημάτων είναι σχεδόν όμοια με τη σύσταση των πετρωμάτων της περιοχής έρευνας. Η χημική σύσταση των ιζημάτων έδειξε ότι τα κύρια στοιχεία τους βρίσκονται εντός των επιτρεπτών ορίων, ενώ τα βαρέα μέταλλα σε ορισμένες περιπτώσεις τα ξεπερνούν, όπως στην περίπτωση του As και του Pb.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

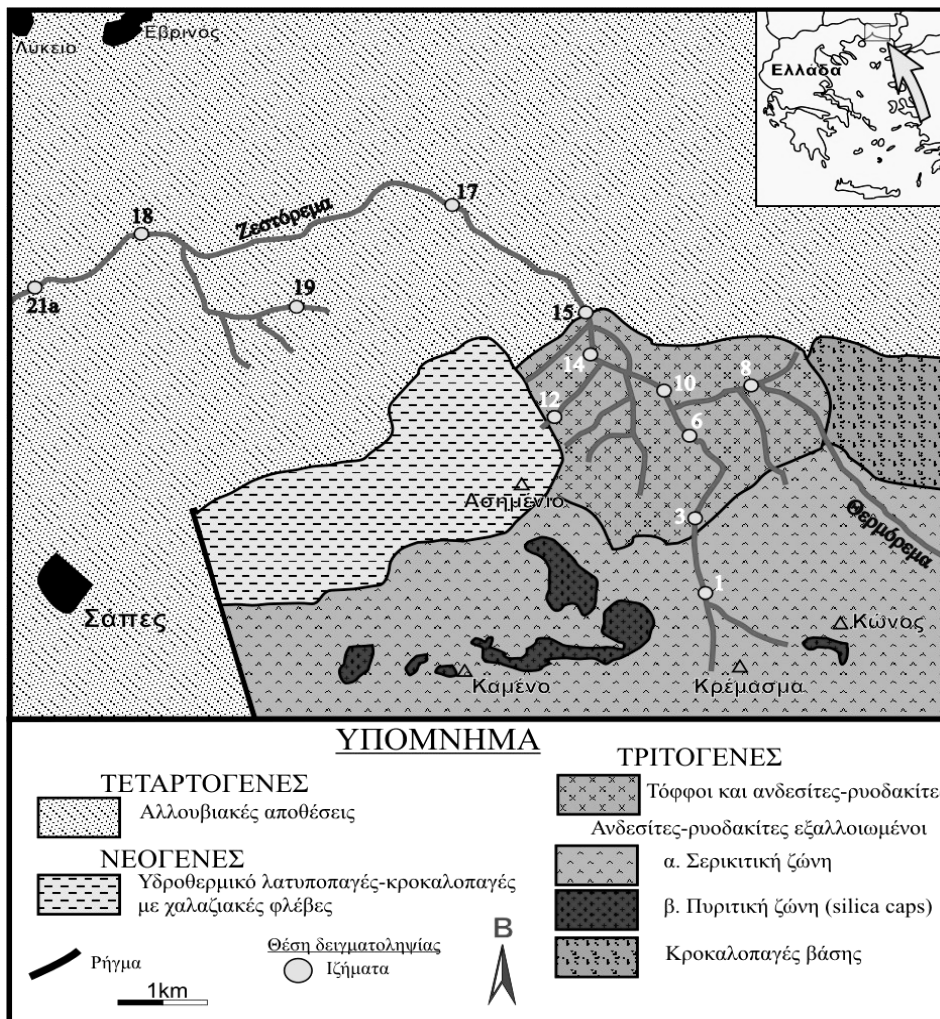
Η περιοχή Θερμορέματος βρίσκεται στη Θράκη, στο Νομό Ροδόπης, 5 km ανατολικά της πόλης των Σαπών (Σχ. 1). Τα ρέματα που ερευνήθηκαν ξεκινούν από το ύψωμα Κώνος, κατευθύνονται προς τα βορειοδυτικά και καταλήγουν βόρεια των Σαπών, στο Ζεστόρεμα, το οποίο συνεχίζει τη ροή του προς τα δυτικά (Καρατάσου κ.ά. 2004, Καρατάσου 2005).

Τα ηφαιστειακά πετρώματα της ευρύτερης περιοχής έρευνας είναι πλούσια σε μεταλλικά ορυκτά που περιέχουν βαρέα μέταλλα. Επιπλέον, στην περιοχή Κώνου έχουν εντοπιστεί τρία κοιτάσματα επιθερμικού χρυσού: ο Άγιος Δημήτριος, η Οχιά και το Scarp. Τα κοιτάσματα αυτά φαίνεται ότι ήταν γνωστά και κατά την αρχαιότητα, αφού σε ορισμένες θέσεις έχει γίνει εξόρυξη μικρής έκτασης (Βαβελίδης 1999). Σύγχρονη εκμετάλλευση δεν υπάρχει μέχρι τώρα, όμως τα κοιτάσματα έχουν επιλεγεί για μελλοντική εξόρυξη. Η κύρια γεωλογική έρευνα για λογαριασμό της εταιρίας ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΘΡΑΚΗΣ ΑΒΕΕ που έχει αναλάβει την εκμετάλλευση έχει ήδη ολοκληρωθεί, ενώ σε εξέλιξη βρίσκεται η περιβαλλοντική μελέτη (Shawh & Constantinides 2001).

Όπως είναι γνωστό, τα βαρέα μέταλλα αποτελούν επικίνδυνους ρύπους για το περιβάλλον επειδή ανακυκλώνονται με βραδείς ρυθμούς και παραμένουν σε αυτό για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα βαρέα μέταλλα διοχετεύονται στο περιβάλλον τόσο από ανθρωπογενείς, όσο και από φυσικές πηγές. Τις φυσικές πηγές αποτελούν η αποσάθρωση των πετρωμάτων, η ηφαιστειακή δραστηριότητα, ο καπνός από καιγόμενα δάση κ.ά.. Παράλληλα ο άνθρωπος, με τις διάφορες δραστηριότητές του, διοχετεύει στο περιβάλλον μια σειρά βαρέων μετάλλων, τα οποία πέρα από ορισμένα όρια είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για την υγεία του ανθρώπου.

Σκοπός αυτής της έρευνας είναι η μελέτη των βαρέων μετάλλων στα ιζήματα της περιοχής Θερμορέματος, προκειμένου να εξαχθούν πολύτιμα συμπεράσματα για την επιβάρυνσή της σε αυτά και την πιθανή προέλευσή τους είτε είναι φυσική, είτε ανθρωπογενής. Έτσι κρίθηκε σκόπιμο να γίνει γεωχημική έρευνα στην περιοχή αυτή ώστε να εκτιμηθεί η ισχύουσα κατάσταση. Επιπλέον, σε ενδεχόμενη μελλοντική εκμετάλλευση των επιθερμικών κοιτασμάτων η πιθανή επιβάρυνση των ιζημάτων της περιοχής σε τοξικά και βαρέα μέταλλα θα εκτιμηθεί ευκολότερα και θα οδηγήσει στην πρόληψη της ρύπανσης και τη λήψη περιβαλλοντικών μέτρων.

Παρόμοιες έρευνες έχουν γίνει ήδη στην ευρύτερη περιοχή κατά μήκος του ρέματος Ειρήνη το οποίο ρέει από την περιοχή της Κίρκης προς την Αλεξανδρούπολη (Watzl 1998), στην περιοχή των μεταλλείων Κίρκης (Αρίκας κ.ά. 2004) και κατά μήκος του Σαπορέματος και του Φιλιούρη ποταμού (Νταρλαγιάννης 2001, Νταρλαγιάννης κ.ά. 2002).



Σχήμα 1. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας (από Voudouris 1993, Bridges et al. 1997, Μιχαήλ κ.ά. 1988 και Shawh & Constantinides 2001 με τροποποιήσεις και συμπληρώσεις) με τις θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων.

2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Γεωτεκτονικά, η περιοχή έρευνας ανήκει στην Ενότητα Μάκρης της Περιοδοτικής Ζώνης, η οποία περιλαμβάνει μεταμορφωμένα πετρώματα (δολομίτες, μάρμαρα, ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, πρασινοσχιστόλιθους, φυλλίτες) Μεσοζωικής ηλικίας (Παπαδόπουλος 1982, Μαγκανάς 1988). Μέσα στα πετρώματα αυτά διεισδύουν Τριτογενή πλουτωνικά-υποηφαιστειακά και ηφαιστειακά πετρώματα. Το Θερμόρεμα πηγάζει από το ύψωμα Κώνος και με διεύθυνση βορειοδυτική-δυτική ενώνεται με τον ποταμό Λίσσο (Φιλιούρη). Όπως φαίνεται και στο γεωλογικό χάρτη (Σχ. 1), στην περιοχή κυριαρχούν ηφαιστειακά και πυροκλαστικά πετρώματα ανδεσιτικής και ρυοδακιτικής σύστασης ηλικίας Ολιγοκαίνου που έχουν υποστεί έντονη υδροθερμική εξαλλοίωση (Voudouris 1997, Voudouris et al. 2003. Οι κύριες ζώνες εξαλλοίωσης είναι η πυριτική, η αργιλική και η σερικιτική (Voudouris 1993, Michael et al. 1995). Η πυριτική εξαλλοίωση εμφανίζεται με τη μορφή πυριτικών καλυμμάτων (silica caps) που δεσπόζουν στις κορυφές των υψωμάτων της περιοχής. Οι συστηματικές έρευνες των τελευταίων ετών έχουν αναδείξει την περιοχή ως ένα μεταλλευτικό κέντρο, αφού εκεί έχουν εντοπιστεί τρία αξιόλογα κοιτάσματα επιθερμικής μεταλλοφορίας χρυσού: ο Άγιος Δημήτριος, η Οχιά και το Scarp (Michael et al. 1995, Bridges et al. 1997, Arikas & Voudouris 1998,

Shawh & Constantinides 2001). Τα συνολικά αποθέματα σύμφωνα με τους Shawh & Constantinides (2001) είναι 1.2 εκατομμύρια τόνοι (18.4 g/t Au και 9.4 g/t Ag) στην Οχιά και 264.000 τόνοι (3.5 g/t Au και 5.1 g/t Ag) στον Άγιο Δημήτριο και στο Scarp.

3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η υπαίθρια έρευνα και η συλλογή δειγμάτων έγινε κατά το μήνα Οκτώβριο 2003 κατά μήκος του Θερμορέματος και των μικρών παράπλευρων ρεμάτων. Συνολικά συλλέχθηκαν 25 δείγματα ιζημάτων (Σχήμα 1). Η δειγματοληψία των ιζημάτων έγινε μέσα από την κοίτη, καθώς και από τα πρηνή των ρεμάτων με δείγματα βάρους περίπου 500 g. Οι ρίζες που υπήρχαν σε ορισμένα από αυτά τα δείγματα δεν απομακρύνθηκαν, γιατί αποτελούν παγίδες βαρέων μετάλλων.

Η ορυκτολογική σύσταση των ιζημάτων προσδιορίστηκε με τις μεθόδους της μικροσκοπίας και της περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ. Για τη μικροσκοπική παρατήρηση χρησιμοποιήθηκαν μικροσκόπια ανακλώμενου και διερχόμενου φωτός, καθώς και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM), τύπου JEOL 840A με αναλυτικό σύστημα Oxford ISIS 300, ενώ η ακτινογράφιση έγινε στο εργαστήριο του τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας σε περιθλασίμετρο PHILIPS τύπου PW1011.

Ο προσδιορισμός των κύριων στοιχείων και των ιχνοστοιχείων για τα ιζήματα έγινε με τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας ατομικής απορρόφησης στο εργαστήριο του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης σύμφωνα με τη μέθοδο της Κόταλη (1999 & 2001). Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο Perkin Elmer 5000.

Ειδικότερα, για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης As στα ιζήματα, τα δείγματα αναλύθηκαν με τη μέθοδο απορρόφησης νετρονίων (INAA) στα εργαστήρια Activation Laboratories Ltd στο Οντάριο του Καναδά.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

4.1 Ορυκτολογική σύσταση

Η ορυκτολογική σύσταση των ιζημάτων αναφέρεται στον πίνακα 1, όπου τα ορυκτά παραθέτονται κατά σειρά αφθονίας.

Πίνακας 1. Ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων ιζήματος της περιοχής έρευνας.

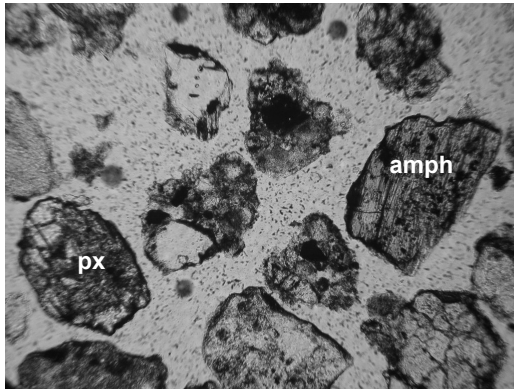
	q	m	chl*	pl	py	ka	ep	bi	mt	hem	lim	amph	kf	cord	gld	ds	gy	rph	al	px
KN1	■	■				■									■					
KN3	■	■	■		■	■														
KN4	■	■	■			■										■				
KN6	■	■															■			
KN8	■	■	■	■	■		■	■				■								
KN10	■	■	■	■		■	■	■	■				■							
KN11α	■	■												■						
KN12α	■	■						■						■	■				■	
KN12	■	■	■	■	■	■			■	■										
KN14	■	■	■	■	■	■	■	■		■		■								
KN15	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■							
KN17	■	■	■	■	■			■	■	■										■
KN18	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■							■
KN19	■	■		■	■		■	■	■	■	■									
KN21α	■	■	■	■	■		■	■	■	■										

q=χαλαζιάς, m=μοσχοβίτης ή σερικήτης, chl*=χλωρίτης/μοντμοριλονίτης, pl=πλαγιόκλαστο, py=σιδηροπυρίτης, ka=καολινίτης, ep=επίδοτο, bi=βιοτίτης, mt=μαγνητίτης, hem=αιματίτης, lim=λειμωνίτης, amph=αμφίβολος, kf=καλιούχος άστριος, cord=κορδιερίτης, gld=χρυσός, ds=διάσπορο, gy=γύψος, rph=πυροφυλλίτης, al=αλουνίτης, px=πυρόξενος.

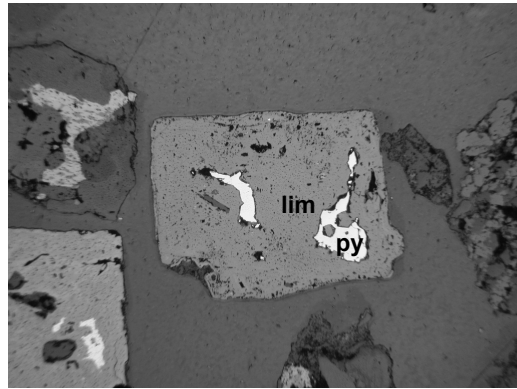
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ορυκτολογικής μελέτης, στη σύσταση των δειγμάτων προσδιορίστηκαν τα ορυκτά: χαλαζιάς, μοσχοβίτης ή σερικήτης, χλωρίτης/μοντμοριλονίτης, πλαγιόκλα-

στο, καολινίτης, επίδοτο, βιοτίτης, κορδιερίτης, διάσπορο, αμφίβολος (Σχ. 2), καλιούχος άστριος, πυροφυλλίτης, γύψος, πυρόξενος (Σχ. 2) και αλουνίτης. Επίσης, τα μεταλλικά ορυκτά που εντοπίστηκαν σε όλα σχεδόν τα δείγματα είναι σιδηροπυρίτης (Σχ. 3), μαγνητίτης, αιματίτης και λειμωνίτης και σε μία περίπτωση χρυσός.

Στην ορυκτολογική σύσταση των ιζημάτων τα δευτερογενή ορυκτά συμμετέχουν με αρκετά υψηλό ποσοστό ως αποτέλεσμα της υδροθερμικής εξαλλοίωσης πρωτογενών ορυκτών. Έτσι, ο καολινίτης και ο σερικήτης είναι αποτέλεσμα της αλλοίωσης των καλιούχων αστρίων και των πλαγιοκλάστων, ενώ ο χλωρίτης του βιοτίτη. Άλλα δευτερογενή ορυκτά είναι το επίδοτο και ο πυροφυλλίτης που αποτελούν προϊόντα εξαλλοίωσης κυρίως των αστρίων αλλά και του βιοτίτη και της κερυστίβης.



Σχήμα 2. Πυρόξενος (px) και αμφίβολος (amph). Πολωτικό μικροσκόπιο, //N. (μήκος φωτογραφίας: 1 mm).



Σχήμα 3. Σιδηροπυρίτης (py). Έχει αντικατασταθεί σχεδόν ολικώς από λειμωνίτη (lim), όμως διατηρεί το σχήμα του αρχικού κρυστάλλου. Μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N. (μήκος φωτογραφίας: 1 mm).

4.2 Γεωχημεία ιζημάτων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των ιζημάτων της περιοχής έρευνας (Πίν. 2) από τα κύρια στοιχεία, το SiO₂ παρουσιάζει την υψηλότερη περιεκτικότητα στην περιοχή και κυμαίνεται από 59.3% έως 71.4% κ.β., και μέση τιμή 66.5%. Ακολουθεί το Al₂O₃ με μέση περιεκτικότητα 13.8%, μέγιστη τιμή 17.2 και ελάχιστη τιμή 12.0%. Ο Fe₂O₃ έχει περιεκτικότητες που κυμαίνονται μεταξύ 4.0 και 7.0%. Όλα τα υπόλοιπα οξείδια συμμετέχουν σε πολύ χαμηλότερα ποσοστά. Το K₂O από 1.8 έως 2.8% και μέση περιεκτικότητα 2.4% και το MgO από 0.4 έως 2.5% με μέση περιεκτικότητα 1.2%. Το CaO βρίσκεται σε ακόμα χαμηλότερες ποσοότητες. Η ελάχιστη τιμή του είναι 0.2%, η μέγιστη 1.9% και η μέση τιμή 0.9%. Κατά μέσο όρο η περιεκτικότητα σε Na₂O στα δείγματα είναι 1.0%. Η ελάχιστη περιεκτικότητα είναι 0.3% και η μέγιστη 1.6%. Χαμηλές εμφανίζονται και οι περιεκτικότητες σε P₂O₅ και TiO₂. Κατά μέσο όρο οι περιεκτικότητές τους είναι 0.2% και 0.3% αντίστοιχα. Τέλος, πολύ χαμηλές είναι και οι περιεκτικότητες σε MnO, με μέγιστη τιμή το 0.1%. Η απώλεια πύρωσης κυμαίνεται από 15.9% έως 4.1% με μέση τιμή 7.6%.

Όσον αφορά τις περιεκτικότητες των ιχνοστοιχείων (Πίν. 2), το Ba παρουσιάζει διακυμάνσεις με κατώτατη τιμή τα 78 και ανώτατη τα 1120 ppm. Το Rb βρίσκεται σε περιεκτικότητες από 72 έως 166 ppm και η μέση τιμή είναι τα 99 ppm. Το Sr, κυμαίνεται από 29 έως 183 ppm εκτός του δείγματος ΣΑΠ3 που έχει πολύ χαμηλότερη τιμή (23 ppm). Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στις περιεκτικότητες των ιζημάτων σε βαρέα μέταλλα αφού από αυτά εξαρτάται κατά μεγάλο μέρος ο βαθμός ρύπανσης της ευρύτερης περιοχής Θερμορέματος. Έτσι, το Co στα ιζήματα έχει μέσο όρο 37 ppm, ενώ το Cr κυμαίνεται από 10 έως 49 ppm. Ο Cu παρουσιάζει μεγαλύτερες μεταβολές στην περιεκτικότητα, από 15 έως 165 ppm, με μέσο όρο 63 ppm. Κατά μέσο όρο η περιεκτικότητα του Ni είναι 30 ppm, ενώ η μέγιστη τιμή του δεν ξεπερνάει τα 43 ppm. Οι περιεκτικότητες του Pb παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση από 37 έως 254 ppm, κατά μέσο όρο 108 ppm. Ο Zn έχει μέγιστη περιεκτικότητα τα 263 ppm και ελάχιστη τα 19 ppm. Τέλος, η περιεκτικότητά του As είναι αρκετά υψηλή και κυμαίνεται από 12 έως 66 ppm με μέση τιμή τα 30 ppm.

Πίνακας 2. Χημικές αναλύσεις κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων των δειγμάτων ιζήματος στην περιοχή Κώνου (LOI=απώλεια πύρωσης επί ξηρού δείγματος).

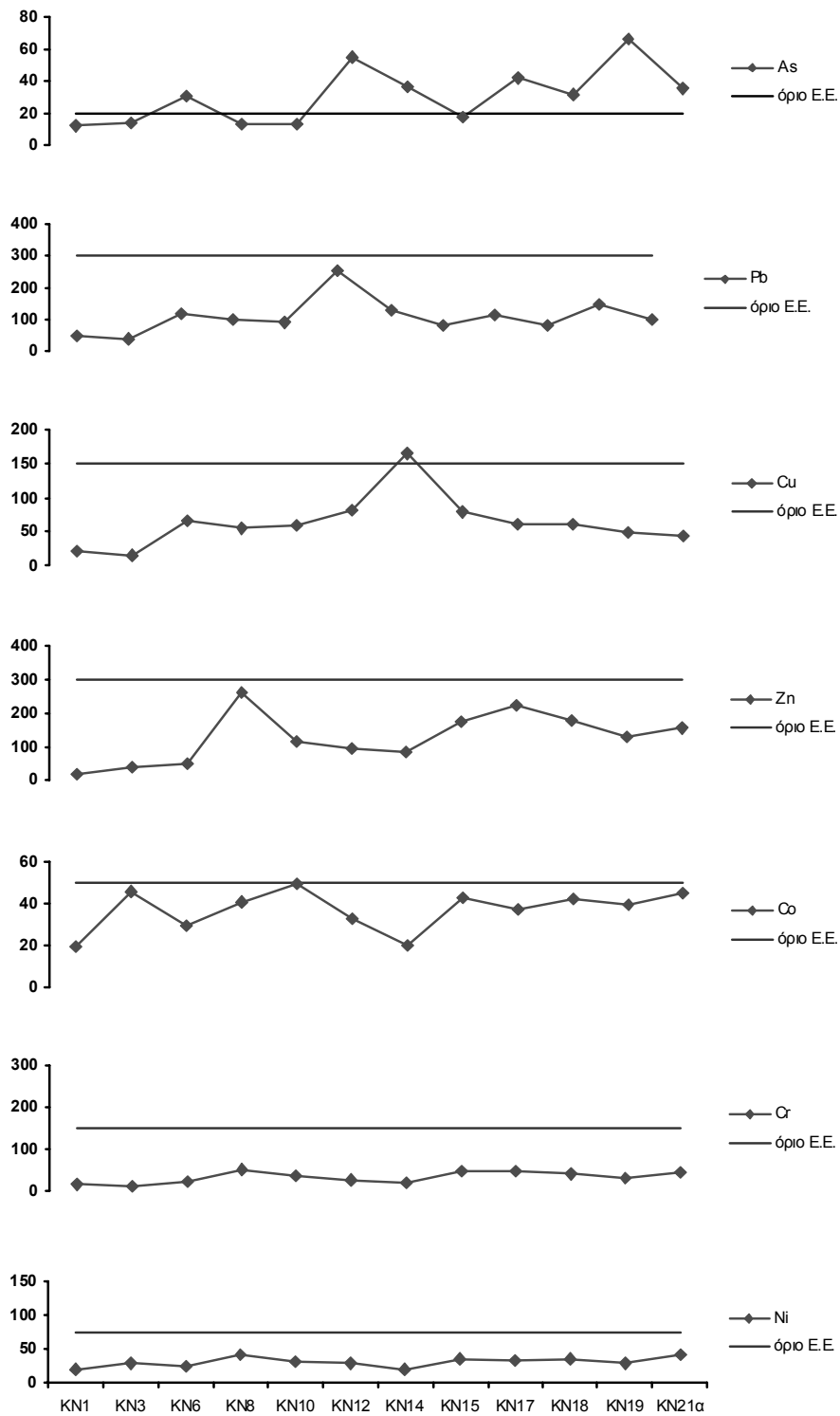
	KN1	KN3	KN6	KN8	KN10	KN12	KN14	KN15	KN17	KN18	KN19	KN21α
wt%												
SiO ₂	68.80	62.76	68.68	64.14	63.69	59.30	64.30	68.22	69.00	71.39	67.00	70.85
Al ₂ O ₃	14.79	17.20	12.37	14.56	14.35	15.62	14.73	12.86	12.14	12.70	12.20	12.00
Fe ₂ O ₃	5.42	3.90	7.00	6.43	6.06	6.73	6.10	6.65	6.17	6.08	6.13	5.46
MnO	0.00	0.01	0.02	0.10	0.20	0.05	0.06	0.10	0.13	0.10	0.14	0.15
MgO	0.42	0.66	0.66	2.48	1.72	1.23	1.20	1.78	1.11	0.49	1.54	0.72
CaO	0.25	0.21	0.81	1.24	1.36	0.79	0.86	1.94	0.92	0.63	1.23	0.83
Na ₂ O	0.43	0.33	0.77	1.53	1.25	1.04	0.97	1.43	1.17	0.75	1.59	1.07
K ₂ O	2.57	2.85	1.88	1.97	1.77	1.99	2.73	2.57	2.27	2.49	2.31	1.85
TiO ₂	0.27	0.09	0.09	0.27	0.34	0.29	0.35	0.32	0.36	0.29	0.33	0.38
P ₂ O ₅	0.21	0.15	0.18	0.23	0.22	0.24	0.19	0.22	0.23	0.22	0.21	0.25
total	99.80	99.56	99.91	99.67	99.82	99.80	99.60	99.93	99.91	99.92	99.88	99.78
LOI*	6.64	11.49	7.45	6.95	8.96	12.52	8.11	3.83	6.41	4.78	7.20	6.23
ppm												
Ba	323	78	85	505	545	705	1120	860	630	710	907	674
Co	19	46	29	41	49	33	20	43	37	42	39	45
Cr	15	10	22	49	35	25	18	47	48	39	29	42
Cu	21	15	65	55	59	81	165	80	61	62	48	45
Ni	19	29	25	41	30	28	19	36	32	36	29	43
Pb	47	37	118	100	90	254	126	82	114	82	148	98
Rb	100	102	72	88	76	92	100	96	102	92	106	166
Sr	118	29	135	148	183	158	153	163	153	163	85	155
Zn	19	42	49	263	114	94	85	174	222	180	128	157
As**	12	14	31	13	13	55	36	18	42	32	66	35

5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

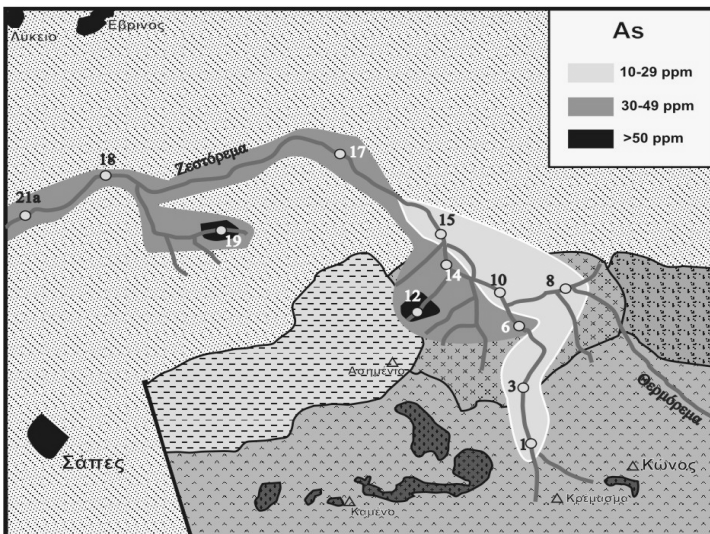
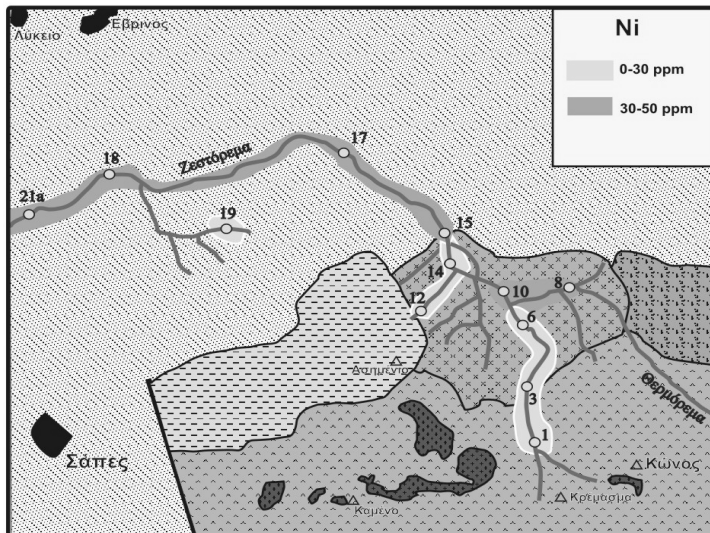
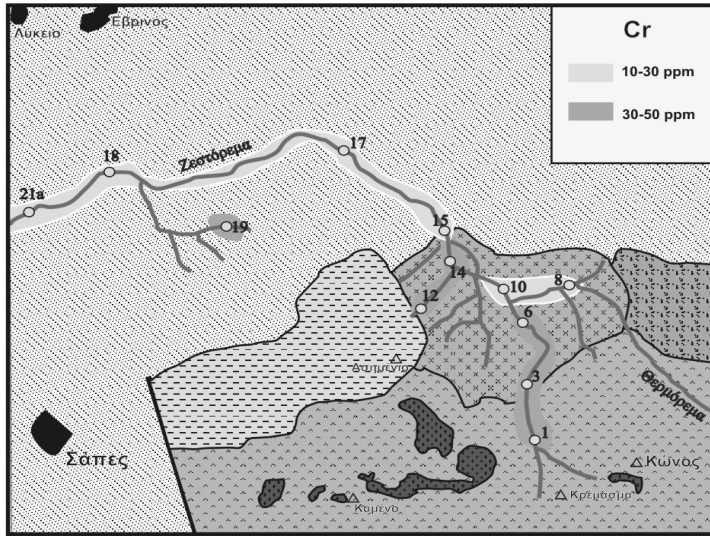
Από αυτή τη μελέτη προκύπτει ότι τα ιζήματα του Θερμορέματος στην περιοχή σαπών έχουν στη σύστασή τους πλαγιόκλαστο, βιοτίτη, αμφίβολο, μαγνητίτη και απατίτη, ορυκτά που δομούν τους ανδεσίτες και δακίτες που εμφανίζονται στους τόφφους και στα ηφαιστειακά λατυποπαγή στο νότιο τμήμα της περιοχής έρευνας. Το βόρειο τμήμα προς τον κάτω ρου των ρεμάτων, καλύπτεται από μια σειρά ιζημάτων, καθώς και ηφαιστειακών και πυροκλαστικών πετρωμάτων που έχουν υποστεί έντονη υδροθερμική εξαλλοίωση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα ιζήματα των ρεμάτων να έχουν στη σύστασή τους πολλά από τα ορυκτά των ζωνών εξαλλοίωσης και κυρίως τα πιο χαρακτηριστικά όπως είναι ο σερικήτης, ο καολινίτης, οι χλωρίτες, ο αλβίτης και ο σιδηροπυρίτης.

Συνεπώς, από την ορυκτολογική μελέτη των ιζημάτων της περιοχής έρευνας προκύπτει ότι η ορυκτολογική τους σύσταση είναι σχεδόν όμοια με τη σύσταση των πετρωμάτων της ευρύτερης περιοχής και των εξαλλοιώσεων τους και αποτέλεσμα της διάβρωσης που αυτά τα πετρώματα έχουν υποστεί, με μόνο ορισμένες τοπικές διαφοροποιήσεις στην ποσοστιαία συμμετοχή κάποιων ορυκτών.

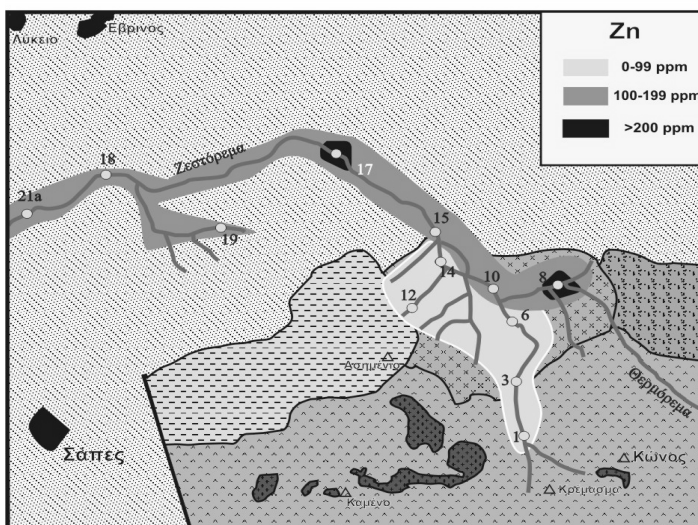
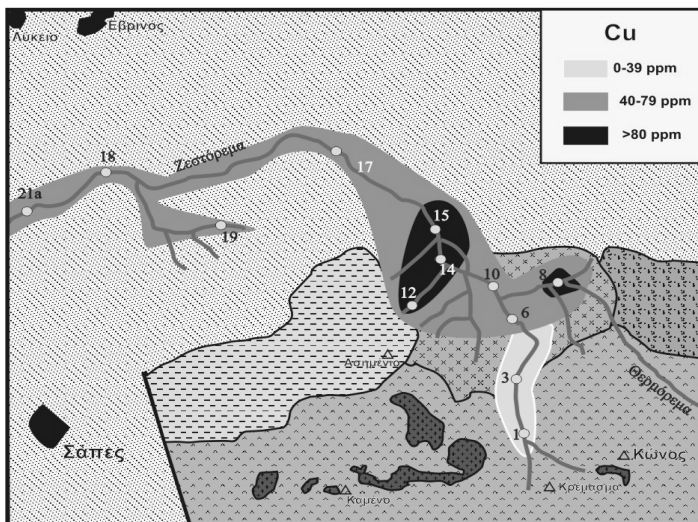
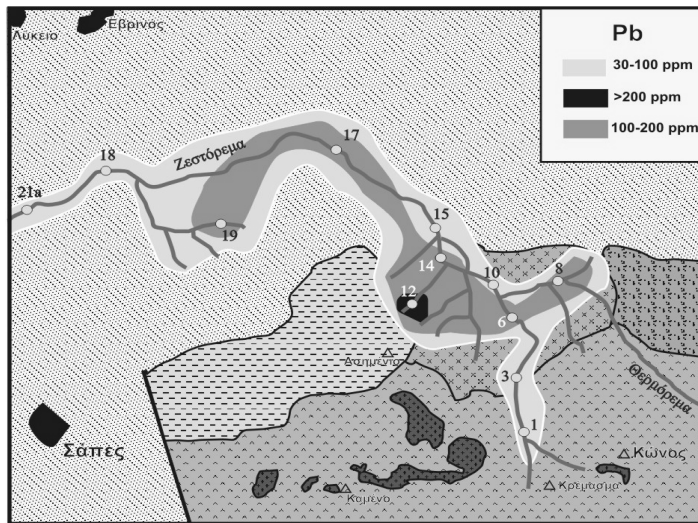
Από τη γεωχημική μελέτη που έγινε στα ιζήματα του Θερμορέματος προκύπτει ότι οι περιεκτικότητες των κύριων στοιχείων SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, MnO, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O και P₂O₅ βρίσκονται σε φυσιολογικά όρια και εξαρτώνται από τη χημική σύσταση των ηφαιστειακών και πυροκλαστικών πετρωμάτων της λεκάνης απορροής. Οι περιεκτικότητες των βαρέων μετάλλων που αναλύθηκαν στα ιζήματα βρίσκονται γενικά εντός των επιτρεπτών ορίων, όπως αυτά προσδιορίζονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τις Διεθνείς Συνθήκες (Kloke 1980, Merian 1991, Kabata-Pendias & Pendias 2001) και μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις τα ξεπερνούν, όπως στην περίπτωση του Cu (σε ένα δείγμα) και του As (Σχ. 4). Στα σχήματα 5 και 6 φαίνεται η κατανομή των βαρέων μετάλλων Cr, Ni, As, Pb, Cu και Zn στην περιοχή έρευνας. Σε 7 από τα 12 δείγματα που αναλύθηκαν, οι τιμές του As είναι ιδιαίτερα υψηλές και ξεπερνούν το επιτρεπτό όριο, που σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι 20 ppm (Kloke 1980).



Σχήμα 4. Περιεκτικότητες των δειγμάτων ιζήματος σε As, Pb, Cu, Zn, Co, Cr, Ni και σύγκριση τους με το όριο της Ε.Ε.



Σχήμα 5. Κατανομή του Cr, Ni και As στα ιζήματα της περιοχής έρευνας.



Σχήμα 6. Κατανομή του Pb, Cu και Zn στα ιζήματα της περιοχής έρευνας.

Οι περιεκτικότητες του Pb που κυμαίνονται από 37 έως 254 ppm, αν και είναι αρκετά υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητά του στο φλοιό της Γης (15 ppm), θεωρούνται ότι δεν ξεπερνούν τα όρια που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για τον Pb που είναι τα 300 ppm (Kabata-Pendias & Pendias 2001). Εδώ θα πρέπει να τονιστεί όμως, ότι σε κάποιες χώρες της Ε.Ε., όπως η Αυστρία και η Γερμανία, το όριο αυτό είναι πολύ χαμηλότερο και φτάνει τα 100 ppm. Επίσης, σύμφωνα με την Ολλανδική νομοθεσία για τα εδάφη όπου ο Pb ξεπερνάει τα 150 ppm προτείνεται περαιτέρω έρευνα για να διαπιστωθεί αν απαιτούνται μέτρα προστασίας (Ewers 1991). Ο Cu, το Co και ο Zn, βρίσκονται στα ιζήματα σε περιεκτικότητες πολύ κοντά στα επιτρεπτά όρια. Συγκεκριμένα ο Cu παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση από 15 έως 165 ppm, και μόλις ξεπερνάει τα επιτρεπτά όρια που είναι 50-140 ppm (Kabata-Pendias & Pendias 2001). Το ίδιο ισχύει και για το Co (19 έως 49 ppm) όπου το όριο για τα εδάφη είναι 50 ppm, ενώ ο Zn κυμαίνεται από 19 έως 263 ppm, με ανώτατο επιτρεπτό όριο για την Ε.Ε. τα 300 ppm. Οι περιεκτικότητες των ιζημάτων της περιοχής έρευνας σε Cr (έως 49 ppm) και σε Ni (έως 43 ppm), είναι αρκετά χαμηλότερες από τα επιτρεπτά όρια που ισχύουν για την Ε.Ε. (150 και 75 ppm αντίστοιχα).

Από την παρούσα μελέτη προκύπτει ότι τα ιζήματα του Θερμορέματος περιέχουν βαρέα μέταλλα, αφού το ρέμα διασχίζει την επιθερμική μεταλλοφορία της περιοχής Κώνου. Βρίσκονται όμως σε σχετικά χαμηλές περιεκτικότητες και γι' αυτό δεν εμπνέουν ιδιαίτερη ανησυχία. Εξαιρέση αποτελούν το As και ο Pb, των οποίων οι περιεκτικότητες στα ιζήματα είναι εξαιρετικά υψηλές και βρίσκονται πάνω από τα όρια ασφαλείας της Ε.Ε. ή ορισμένων ευρωπαϊκών χωρών.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η πρώτη συγγραφέας θα ήθελε να ευχαριστήσει το Ι.Κ.Υ. για την οικονομική υποστήριξη μέσω της υποτροφίας που δόθηκε για την εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής της. Θερμές ευχαριστίες οφείλονται επίσης στη Δρ. Ε. Κόταλη, χημικό, για τη συμβολή της στην πραγματοποίηση των χημικών αναλύσεων, στον Σ. Οικονομίδα για τη βοήθεια στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, καθώς και στον Γ. Μιχαηλίδη, παρασκευαστή, για την κατασκευή των λεπτών/στιλπνών τομών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Αρίκας Κ., Watzl V., Goetz D. 2004. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα μεταλλεία Κίρκης, περιοχή Αλεξανδρούπολης. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., 36/1, 140-149.
- Βαβελίδης Μ. 1999. Έκθεση ΠΕΝΕΔ 96-Α/Α 1163 της ΓΓΕΤ, Θεσσαλονίκη, 100σ.
- Καρατάσου Ε., Βαβελίδης Μ., Μέλφος Β., Κόταλη Ε. 2004. Γεωχημική έρευνα των επιφανειακών υδάτων και των ιζημάτων του Θερμορέματος στη μεταλλευτική περιοχή Κώνου Σαπών Ν. Ροδόπης. πρακτικά 7ου Συνεδρίου Χημείας Ελλάδας-Κύπρου, Θεσσαλονίκη (υπό εκτύπωση).
- Καρατάσου Ε. 2005. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε ρέματα της περιοχής Κώνου Σαπών Ν. Ροδόπης από μεταλλευτικές δραστηριότητες. Διατριβή ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 105σ.
- Κόταλη Ε. 1999. Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων σε πρότυπα πυριτικά πετρώματα. Πρακτικά 6ου Συνεδρίου Χημείας Ελλάδας-Κύπρου, Ρόδος, 1999, 547-551.
- Κόταλη Ε. 2001. Προσδιορισμός κύριων στοιχείων σε πυριτικά πετρώματα με φασματομετρία ατομικής απορρόφησης με φλόγα. Πρακτικά 18^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Χημείας, Πειραιάς, 487-490.
- Μαγκανάς Α. 1988. Μελέτη της ορυκτολογίας, πετρολογίας, γεωχημείας και των φαινομένων μεταμορφώσεως βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων της Περιοδοτικής ζώνης στην περιοχή της Θράκης. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 332σ.
- Μιχαήλ Κ., Παπαδόπουλος Π., Μαράντος Ι., Ευαγγέλου Ε. 1988. Επιθερμικές μεταλλοφορίες Au στην περιοχή Κώνου, Αν. Ροδόπης. Έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε., Ξάνθη, 28σ.
- Νταρλαγιάννης Δ. 2001. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε περιοχές Σαπορέματος και Φιλιούρη Θράκης ως αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών σε μεταλλοφόρες θέσεις. Διατριβή ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 96 σ.
- Νταρλαγιάννης Δ., Βαβελίδης Μ., Αρίκας Κ., Μέλφος Β. & Goetz D. 2002. Περιβαλλοντική γεωχημική μελέτη των ιζημάτων των ποταμών Σαπόρεμα και Φιλιούρη στην περιοχή Σαπών-Ξυλαγανής του Νομού Ροδόπης στη Θράκη. Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη, 445-452.
- Παπαδόπουλος Π. 1982. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος. , Ι.Γ.Μ.Ε., Φ.Χ. Μαρώνεια, 1:50.000, Αθήνα.
- Arikas K. & Voudouris P. 1998. Hydrothermal alterations and mineralizations of magmatic rocks in the south-eastern Rhodope massif. Acta Vulcanologica 10: 353-365.

- Bridges P., Gordon M., Michael C. & Abatzoglou M. 1997. Gold mineralization at Sappes, Northern Greece. "Europes Major Gold Deposits", Irish Association for Economic Geology, 95-107.
- Ewers U. 1991. VCH, Weinheim, 687-711.
- Kabata-Pendias A. & Pendias H. 2001. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Poland, 411p.
- Kloke A. 1980. Reichwerte '80, Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. Mitt.VDLUFA, H.2, 9-11.
- Merian E. 1991. Metals and their compounds in the Environment. Verlag chemie, Weinheim.
- Michael C., Perdikatsis V., Dimou E. & Marantos I. 1995. Hydrothermal alteration and ore deposition in epithermal precious metal deposit of Agios Demetrios, Konos area, Northern Greece. Proc. of the XV Carpatho-Balkan Congress, Geol. Ass., Athens, 778-782.
- Shawh A.J. & Constantinides D.C. 2001. The Sapes gold project. Bull. Geol. Soc. Greece, 34: 1073-1080.
- Voudouris P. 1993. Mineralogische, mikrothermometrische und geochemische Untersuchungen an epithermalen Au-Ag-Gangmineralisationen bei Kassiteres/Sape (Nordostgriechenland). Universität Hamburg, 218p.
- Voudouris P. 1997. Epithermal and porphyry type mineralizations in Kassiteres area, Thrace (Greece). Mineral Deposits, Papunen, 683-686.
- Voudouris P., Melfos V., Vavelidis M. & Arikas K. 2003. Genetic relation between the Tertiary Porphyry Cu (\pm Mo) and the epithermal Au (\pm Ag) deposits in the Rhodope metallogenic province, Thrace region, Northern Greece. Mineral Exploration and Sustainable Development, Eliopoulos et al., 541-544.
- Watzl V. 1998. Untersuchung der von Bergbau und Erzaufbereitung verursachten Schwermetallbelastungen entlang des Flusses Erini (Thrakien, Griechenland). Diplomarbeit im Studienfach Mineralogie, Mineralogisch-Petrologisches Institut, Universität Hamburg.

ABSTRACT

HEAVY METAL CONTAMINATION OF THE THERMOREMA STREAM SEDIMENTS AT THE KONOS-SAPES DISTRICT, THRACE, GREECE

Karatasou E., Vavelidis M., Melfos V., Koroneos A. and Sklavounos S.

Department of Mineralogy-Petrology-Economic Geology, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, 541 24, Thessaloniki, ekaratas@geo.auth.gr, vavelidi@geo.auth.gr, melfosv@geo.auth.gr

The Thermorema stream is located in Thrace, Rhodope County, 5 km east of the town of Sapes. In this area, three significant Au-epithermal ore deposits have been traced. The present research examines the possible origin and the prospective contamination by heavy metals in the sediments of Thermorema stream. Additionally, a gold mining company, Thrace Minerals S.A., has planned a future gold exploitation in Konos-Sapes area. Therefore, it is necessary to confirm the environmental conditions before the gold metallurgy is created, in order to evaluate the possible future contamination of the sediments. According to our study, mineralogically the sediments consist of quartz, white micas, chlorites, montmorillonite, plagioclase, kaolinite, epidote, biotite, diaspore, hornblende, K-feldspar, cordierite, pyrophyllite, gypsum, pyroxene and alunite. The main ore minerals are pyrite, magnetite, limonite, hematite and in one case gold has been found. The mineral composition of the sediments is comparable to the mineralogy of the parent rocks. The geochemical investigation of the sediments revealed that the concentration of the major elements is closely related to the geochemical features of the neighboring rocks and is below the allowable limits. Concerning the heavy metals, the present study showed that their concentrations are in general below the acceptable limits. However, As and Pb (in one sample) are exceptions, their content being higher than the acceptable limits.