

## ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ ΚΙΡΚΗΣ, ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ

Αρίκας Κ.<sup>1</sup>, Watzl V.<sup>1</sup>, και Goetz D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Mineralogisch-Petrographisches Institut, Universitaet Hamburg, Grindelallee 48, 20146, Hamburg, Germany, mi9a004@mineralogie.uni-hamburg.de*

<sup>2</sup> *Institut fuer Bodenkunde, Universitaet Hamburg, Allende-Platz 2, 20146, Hamburg, Germany, g.goetz@ifb.uni-hamburg.de*

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα Μεταλλεία Κίρκης είχαν δραματικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά το σχετικά μικρό χρονικό διάστημα λειτουργίας τους μεταξύ 1975-80 και 1990-96. Τα εγκαταλελειμμένα τέλματα γύρω από το εργοστάσιο επεξεργασίας συνεχίζουν να είναι πηγή εκπομπής τοξικών μετάλλων. Σωροί ακατέργαστου μεταλλεύματος, συμπυκνώματος και χημικών αντιδραστηρίων (μεταξύ άλλων και πλήθος κατεστραμμένων βαρελιών κυανιούχου νατρίου) είναι επίσης εκτεθειμένα στα βρόχινα νερά. Όλα αυτά μεταφέρονται στον παρακείμενο μικρό ποταμό „Ειρήνη“ που εκβάλλει μετά από 23 χιλιόμετρα στο Θρακικό Πέλαγος, στην ανατολική πλευρά της Αλεξανδρούπολης. Οι περιεκτικότητες των ιζημάτων του ποταμού Ειρήνης σε Pb, Cu, Zn, As και Cd είναι αντίστοιχα έως 1.140, 50, 290, 100 και 690 φορές υψηλότερες από τα επιτρεπτά όρια.

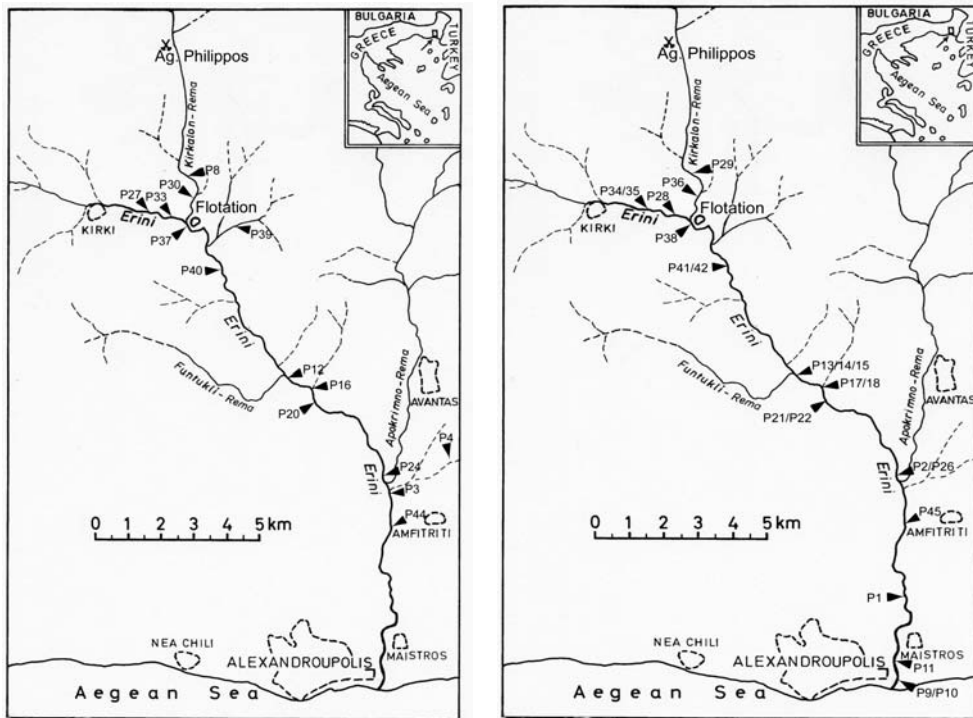
### 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το μεταλλείο «Άγιος Φίλιππος», που βρίσκεται 9 χιλιόμετρα βορειοανατολικά, και το εργοστάσιο της επεξεργασίας των μεταλλευμάτων, 3 χιλιόμετρα ανατολικά της Κίρκης (Σχ. 1), έχουν μεγάλη ιστορία ωστόσο η μελέτη αυτή περιορίζεται στην περιβαλλοντική καταστροφή που προκλήθηκε από τη μικρή «Εταιρεία Κυπριάδη» κατά τις πενταετίες 1975-80 και 1990-96.

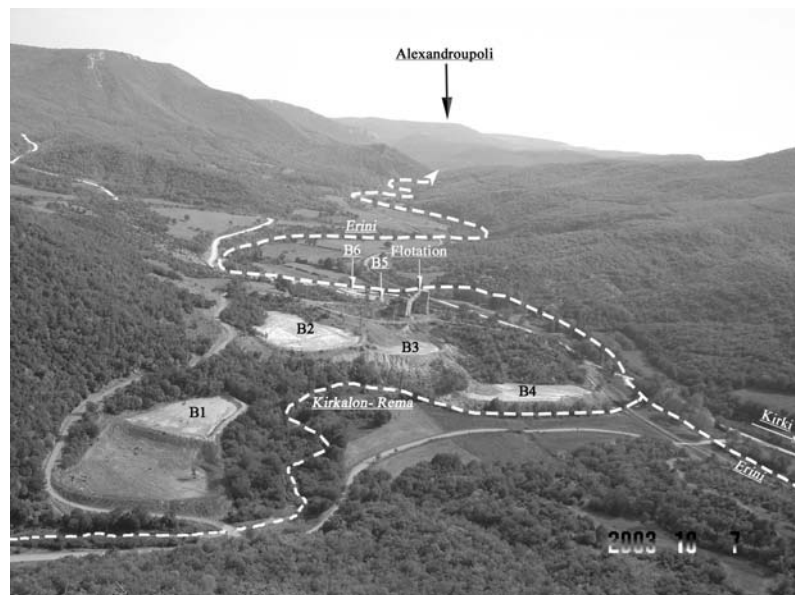
Η ληστρική υπόγεια εξόρυξη στο μεταλλείο Αγίου Φιλίππου οδήγησε το καλοκαίρι του 1977 σε μοιραία κατακρήμνιση του κεντρικού κόμβου των στοών, ενώ η εν συνεχεία απελπισμένη προσπάθεια επιφανειακής εξόρυξης οδήγησε με ανεξέλεγκτες εκσκαφές και συσσωρεύσεις μεταλλοφόρων μπαζών σε μια δραματική παραμόρφωση του φυσικού τοπίου. Όλα αυτά καταλαμβάνουν στον Άγιο Φίλιππο μια περιοχή περίπου 20.000 τετρ. μέτρων, ελεύθερη στις διαβρωτικές διεργασίες των ανέμων (μεταφορά τοξικής σκόνης) και των βρόχινων νερών, με επακόλουθες καταστροφικές επιπτώσεις την όξινη απορροή και την εκπομπή τοξικών μετάλλων όπως: μόλυβδο, ψευδάργυρο, χαλκό, κάδμιο, αρσενικό, βισμούθιο κ.ά. Τα υλικά αυτά και τα υπόγεια τοξικά νερά του μεταλλείου καταλήγουν στο Κιρκάλον Ρέμα (Σχ. 1), το οποίο εκβάλλει πλησίον του εργοστασίου στον ποταμό Ειρήνη.

Χειρότερη όμως ακόμη πηγή τοξικών μετάλλων και άκρως επικίνδυνων δηλητηρίων για την υγεία και τη ζωή ανθρώπων και ζώων, είναι αυτή που βρίσκεται στους χώρους του εργοστασίου εμπλουτισμού του μεταλλεύματος, 3 χιλιόμετρα ανατολικά της Κίρκης, δίπλα στη σιδηροδρομική γραμμή και το μικρό ποταμό Ειρήνη, που εκβάλλει μετά από διαδρομή 23 χιλιομέτρων στο Θρακικό Πέλαγος, στα ανατολικά της Αλεξανδρούπολης. Το μέταλλευμα μεταφερόταν εκεί από τον Άγιο Φίλιππο με εναέριο σιδηρόδρομο και αργότερα με φορτηγά οχήματα για εμπλουτισμό με τη μέθοδο της επίπλευσης. Στις διεργασίες εμπλουτισμού χρησιμοποιήθηκαν διάφορα, εν μέρει άκρως τοξικά χημικά αντιδραστήρια, όπως οι λεγόμενες «ξανθάτες» (οργανικές θειικές ενώσεις), καυστική σόδα, θειούχο νάτριο, το θανατηφόρο κυανιούχο νάτριο κ.ά.

Στην πρώτη περίοδο των εργασιών (1975-80) ο πολτός των μεταλλοφόρων αποβλήτων του εργοστασίου με τα συνοδεύοντα χημικά αντιδραστήρια διοχετεύονταν σε έναν επίπεδο χώρο περίπου 200 μέτρα νοτιοανατολικά του εργοστασίου, δίπλα στον ποταμό Ειρήνη. Παρατηρήθηκαν



Σχήμα 1. Γενική εικόνα της περιοχής μεταξύ Αλεξανδρούπολης, Κίρκης, μεταλλείου Αγίου Φιλίππου και του εργοστασίου επεξεργασίας του μεταλλεύματος (Flotation). Θέσεις δειματοληψίας κατά μήκος του ποταμού Ειρήνης και του Κιρκάλον Ρέματος. Αριστερά δειματοληψία ιζήματος μέσα στον ποταμό/ρέμα (P=θέση δείγματος) και δεξιά σε τομές εδαφών των παράπλευρων αναβαθμίδων (P=θέση τομής εδάφους, με δύο ή τρία ψηφία τομής εδάφους και στη 2<sup>η</sup> ή και 3<sup>η</sup> αναβαθμίδα).



Σχήμα 2. Πανοραμική εικόνα της περιοχής του εργοστασίου εμπλουτισμού μεταλλεύματος (Flotation). B1-B6: Λεκάνες τελμάτων 1 έως 6. Οι διακεκομμένες άσπρες γραμμές δείχνουν τη ροή του Κιρκάλον Ρέματος και του ποταμού Ειρήνης. Οι λεκάνες 5 (αριστερά από το εργοστάσιο) και 6 (δίπλα στον ποταμό Ειρήνη) δεν είναι ευδιάκριτες στην εικόνα αυτή (φωτογράφηση από το λόφο „Τίγρης“, από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά).

μάλιστα υπολείμματα καναλιού που προφανώς κατασκευάστηκε για διευκόλυνση της ροής του ποταμού στο ποτάμι.

Στη δεύτερη περίοδο της δραστηριότητας του «συγκροτήματος Κυπριάδη» (1990-96) ο πολτός των αποβλήτων διοχετεύονταν σε μικρές, πρόχειρα κατασκευασμένες «λεκάνες» διαμέτρου περίπου 50 μέχρι 100 μέτρων (Σχ. 2). Συνολικά υπάρχουν έξι τέτοιες λεκάνες μεταλλευτικών αποβλήτων. Τα τοιχώματα των λεκανών αποτελούνται από το αυτόχθονο υλικό της αναχωμάτωσης. Για τη στεγανότητά τους δεν έγινε καν η στοιχειωδέστερη λήψη μέτρων, όπως η χρήση στεγανών αργιλικών υλικών, πλαστικής μεμβράνης ή άλλων. Πρέπει να σημειωθεί ότι η περιοχή αποτελείται από κροκαλοπαγή πετρώματα με χαλαρή αδροκοκκώδη ψαμμιτική συνδετική ύλη. Δηλαδή δεν υφίσταται στεγανότητα των τοιχωμάτων και του πυθμένα των λεκανών.

Τα τοιχώματα τριών λεκανών στην εξωτερική τους πλευρά πέφτουν με μεγάλη κλίση προς το Κιρκάλον Ρέμα (Σχ. 2) και παρουσιάζουν εμφανείς αυλακώσεις διάβρωσης και άλλα αδύναμα σημεία που διευκολύνουν τη διαρροή των μεταλλοφόρων τοξικών αποβλήτων. Επίσης παρατηρήθηκαν θραύσεις (Σχ. 5) και ολισθήσεις (Σχ. 6) των τοιχωμάτων και τελμάτων.

Μετά την τελική παύση της μεταλλευτικής δραστηριότητας εγκαταλείφθηκαν στο εργοστάσιο και στους γύρω χώρους μεγάλες ποσότητες των παραπάνω αναφερόμενων επικίνδυνων χημικών αντιδραστηρίων, χωρίς να ληφθούν οποιαδήποτε στοιχειώδη μέτρα ασφάλειας, έτσι ώστε όλα αυτά τα υλικά να είναι προσιτά σε οποιονδήποτε έρθει σε επαφή μαζί τους διακινδυνεύοντας την υγεία και τη ζωή του. Στο εσωτερικό του εργοστασίου (οι καταστραμμένες πόρτες επιτρέπουν ελεύθερη είσοδο) διαπιστώθηκε πληθώρα αποσπασμένων βαρελιών κυανιούχου νατρίου (NaCN), πλαστικών σάκων θειούχου νατρίου και άλλων χημικών αντιδραστηρίων, τα οποία εν μέρει είναι χυμένα στα πατώματα του εργοστασίου. Δραματική είναι επίσης και η κατάσταση στους γύρω εξωτερικούς χώρους και σε μία „αποθήκη“ πλησίον του εργοστασίου.

Η επικρατούσα αυτή κατάσταση έγινε αφορμή για την εκπόνηση δύο μελετών από επιστημονική ομάδα εργασίας των Ινστιτούτων Ορυκτολογίας-Πετρογραφίας και Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Αμβούργου Γερμανίας. Στα πλαίσια της πρώτης μελέτης αναλύθηκαν τα ιζήματα κατά μήκος του ποταμού Ειρήνης μέχρι την εκβολή του στο Θρακικό Πέλαγος. Συγκεκριμένα αναλύθηκαν 70 δείγματα από τα ιζήματα του ποταμού (χαλαρά ιζήματα) και των παράπλευρων αναβαθμίδων (Σχ. 1). Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής αποτελούν το επίκεντρο της παρούσας ανακοίνωσης. Συμπληρωματικά αναφέρονται και ορισμένα στοιχεία από την τρέχουσα ορυκτολογική και γεωχημική μελέτη των μεταλλευτικών τελμάτων, συμπυκνωμάτων και διαφόρων επιφανειακών δειγμάτων της περιοχής του εργοστασίου.

## 2 ΤΟ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑ ΚΑΙ ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΑ ΤΕΛΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 1 παρατίθεται η ορυκτολογική σύσταση του πολυμεταλλικού κοιτάσματος του Αγίου Φιλίππου και διασαφινίζει ποια μεταλλικά ορυκτά και τοξικά χημικά στοιχεία μεταφέρονται από το μεταλλείο στο Κιρκάλον Ρέμα και από τα μεταλλευτικά τέλματα του εργοστασίου μέχρι την Αλεξανδρούπολη στο Θρακικό Πέλαγος.

Πίν. 1. Τα μεταλλικά ορυκτά του κοιτάσματος Αγίου Φιλίππου (κατά Δήμου 1987)

Κύρια μεταλλικά ορυκτά		Δευτερεύοντα μεταλλικά ορυκτά	
σιδηροπυρίτης	FeS <sub>2</sub>	κοστερίτης	Cu <sub>2</sub> ZnSnS <sub>4</sub>
σφαλερίτης	ZnS	χαλκοπυρίτης	CuFeS <sub>2</sub>
βουρσίτης	ZnS	μαρκασίτης	FeS <sub>2</sub>
γαληνίτης	PbS	βισμούθινίτης	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
κιρκιήτης	Pb <sub>10</sub> Bi <sub>3</sub> As <sub>3</sub> S <sub>19</sub>	κοζαλίτης	PbBi <sub>2</sub> S <sub>5</sub>
ιορδανίτης	Pb <sub>14</sub> As <sub>6</sub> S <sub>23</sub>	εναργίτης	Cu <sub>3</sub> AsS <sub>4</sub>
Bi-ιορδανίτης	Pb <sub>14</sub> BiAs <sub>5</sub> S <sub>23</sub>	λουζονίτης	Cu <sub>3</sub> SbS <sub>4</sub>
τενναντίτης	Cu <sub>12</sub> As <sub>4</sub> S <sub>13</sub>	σελιγμανίτης	CuPbAsS <sub>3</sub>

Ο Πίνακας 1 περιέχει αριστερά τα κύρια και δεξιά τα δευτερεύοντα μεταλλικά ορυκτά του κοιτάσματος Αγίου Φιλίππου. Από τα ορυκτά αυτά πηγάζουν τα εξής, εν μέρει υπερτοξικά χημικά στοιχεία: Fe, Zn, Pb, Cu, As, Cd, Sb, Bi και φυσικά άφθονο θείο (S). Πρέπει να σημειωθεί ότι το αρσενίο

κό (As) συμμετέχει σε πολλά μεταλλικά ορυκτά και ανήκει έτσι μαζί με τον ψευδάργυρο, μόλυβδο και χαλκό στα κύρια χημικά στοιχεία του κοιτάσματος και των μεταλλευτικών συμπυκνωμάτων και τελμάτων. Αναλύσεις που έγιναν από τον Skarpelis (1995) κατά τη διάρκεια λειτουργίας του εργοστασίου εμπλουτισμού, έδειξαν μάλιστα σε ένα χαλκούχο συμπύκνωμα μέχρι 11,3 (!) % κ.β αρσενικό. Το δεύτερο υπερτοξικό στοιχείο, το κάδμιο (Cd), συμμετέχει στο χημισμό των κύριων μεταλλικών ορυκτών, του σφαλερίτη και ιδιαίτερα του βουρτσίτη. Από βιβλιογραφικά δεδομένα διαφόρων μεταλλοφοριών της Θράκης προκύπτουν περιεκτικότητες σφαλερίτη σε κάδμιο συνήθως μέχρι και πάνω από 0,5 % κ.β. Το κάδμιο ανέρχεται στον βουρτσίτη του Αγίου Φιλίππου κατά Arikas (1981) μέχρι 1,3 % κ.β. και στο συμπύκνωμα ψευδαργύρου του εργοστασίου εμπλουτισμού κατά Skarpelis (1995) μέχρι 5.400 mg/kg = 0,54 % κ.β.

Τα τέλματα είναι πλούσια σε μέταλλα διότι το κοίτασμα του Αγίου Φιλίππου είναι πολυμεταλλικό (Πιν. 1) και γι' αυτό προβληματικό και δυσκατέργαστο και επιπλέον η τεχνολογία εμπλουτισμού του μεταλλεύματος με τη μέθοδο της επίπλευσης ήταν χαμηλού επιπέδου με αποτέλεσμα να διοχετεύονται σχετικά μεγάλες ποσότητες μεταλλεύματος στα τέλματα. Εκείνο που έχει ιδιαίτερη σημασία είναι ότι από τη διάβρωση και εξαλλοίωση των τελμάτων σχηματίζονται λευκά θειικά ορυκτά άλατα (Σχ. 3) της ομάδας αλοτριχίτη-διετριχίτη (Halotrichite-Dietrichite)  $(Fe, Mn, Zn, \dots) Al_2[SO_4]_4 \cdot 22H_2O$  και ροζενίτη-μπούλεϊτη (Rozenite-Boyleite):  $(Zn, Fe, Mn, \dots)[SO_4] \cdot 4H_2O$ , τα οποία δεσμεύουν μεγάλες ποσότητες χαλκού (Cu), μόλυβδου (Pb) και ιδιαίτερα ψευδαργύρου (Zn) και καδμίου (Cd). Ο Πίνακας 2 δείχνει τη χημική σύσταση δύο δειγμάτων των εν λόγω λευκών θειικών ορυκτών αλάτων από την επιφάνεια μιας λεκάνης τελμάτων και ενός σωρού συμπυκνώματος (πολυάριθμες αναλύσεις τελμάτων της νέας μελέτης θα ανακοινωθούν σύντομα).

Τα ορυκτά αυτά άλατα σε περιόδους υγρασίας αναδύονται και συγκεντρώνονται στην επιφάνεια και δημιουργούν σε περιόδους ξηρασίας ένα εντυπωσιακό ξασπρισμένο τοπίο (Σχ. 4). Πρέπει να σημειωθεί ότι τα θειικά αυτά προϊόντα είναι ευδιάλυτα στο νερό, γεγονός που έχει δραματικές επιπτώσεις στην εκπομπή τοξικών μετάλλων από το ξέπλυμα των βρόχινων νερών ενώπιον των εκπληκτικά υψηλών τιμών που δείχνει ο Πίνακας 2. Θραύσεις και ολισθήσεις των τοιχωμάτων και τελμάτων των λεκανών (Σχ. 5 και 6) επιδεινώνουν βέβαια τη δραματική αυτή κατάσταση.



Σχήμα 3. Λευκά θειικά ορυκτά άλατα στην αποστεγνωμένη περιφέρεια λιμνάζοντος νερού στη λεκάνη τελμάτων 3. (φωτογράφιση: Μάιος 2001).

Σχήμα 4. Λεκάνη τελμάτων 4 με εντυπωσιακά ξασπρισμένη επιφάνεια από τα θειικά ορυκτά άλατα σε περίοδο ξηρασίας (φωτογράφιση: Σεπτέμβριος 2003).

Σχήμα 5. Θραύση τοιχώματος της λεκάνης τελμάτων 4, δίπλα στο Κιρκάλον Ρέμα (φωτογράφιση: Σεπτέμβριος 2003).

Σχήμα 6. Ολίσθηση των τελμάτων της λεκάνης 3 προς το Κιρκάλον Ρέμα. Χαρακτηριστική είναι και εδώ η ξασπρισμένη επιφάνειά τους (φωτογράφηση: Σεπτέμβριος 2003).

Πίνακας 2. Χημικές αναλύσεις θειικών ορυκτών αλάτων (mg/kg). B4-35: από την επιφάνεια της λεκάνης 4 (κυρίως αλοτριχίτης και ροζενίτης), K8a: από την επιφάνεια μεταλλευτικού συμπυκνώματος (κυρίως μπουλέιτης)

Δείγμα	Fe	Mn	Pb	Zn	Cu	As	Cd
B4-35	15.790	36.830	1.380	182.360	2.050	30	2.253
K8a	20.820	1.197	23.950	254.860	2.460	410	2.550

### 3 Η ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΞΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΙΡΗΝΗΣ

Συνολικά έγιναν πάνω από 70 αναλύσεις σε κύρια στοιχεία και σε πολλά ιχνοστοιχεία στο Ινστιτούτο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Αμβούργο με τις μεθόδους ICP - AES (Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry) και AAS (Atomic Absorption Spectrometry). Στη σύντομη όμως αυτή έκθεση οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν μόνο τα μεταλλικά στοιχεία τα οποία θεωρούνται τοξικά: Pb, Zn, Cu, As, Cd, Ga, Co, Cr και Ni. Από αυτά τα στοιχεία τα τελευταία τέσσερα δεν έχουν μεγάλη γεωχημική σημασία στα κοιτάσματα του Αγίου Φιλίππου και της ευρύτερης περιοχής και όπως αναμένεται οι περιεκτικότητες τους (Πίν. 4 έως 7) στα περισσότερα δείγματα κυμαίνονται γύρω από τα επιτρεπτά όρια. Για λόγους συντομίας λοιπόν δεν θα γίνουν άλλα σχόλια σχετικά με τα στοιχεία αυτά.

Παρακάτω συγκρίνονται οι τιμές των μετάλλων Pb, Zn, Cu, As και Cd με τις επιτρεπτές οριακές τιμές (οριακά στάνταρ) που καθορίστηκαν βάση βιβλιογραφικών δεδομένων και κυρίως βάση 7 αναλύσεων από το μη επιβαρυνόμενο τμήμα του ποταμού Ειρήνης (Watzl 1998), 1 – 2 χιλιόμετρα ανατολικά της Κίρκης (Πιν. 3), από τις οποίες προκύπτουν τα εξής οριακά στάνταρ: Pb 20 mg/kg, Zn 73 mg/kg, Cu 21 mg/kg, As 17 mg/kg και Cd 0,2 mg/kg.

Στα χαλαρά ιζήματα του ποταμού (Πιν. 4) οι περιεκτικότητες του ψευδαργύρου είναι έως 85, του μολύβδου έως 40, του χαλκού έως 8 και του αρσενικού έως 3 φορές υψηλότερες των οριακών στάνταρ. Με περιεκτικότητες 50 έως 100 φορές υψηλότερες από την προτεινόμενη οριακή τιμή πρωτεύει ουσιαστικά το κάδμιο στην επιβάρυνση των ιζημάτων αυτών. Οι τιμές των τοξικών αυτών μετάλλων διπλασιάζονται ή τριπλασιάζονται στο αργιλικό κλάσμα των ίδιων δειγμάτων (Πιν. 5). Οι ιδιαίτερα υψηλές αυτές περιεκτικότητες στο αργιλικό κλάσμα των ιζημάτων έχουν ιδιαίτερη σημασία εάν ληφθεί υπόψη ότι τα λεπτόκοκκα αυτά υλικά αιωρούνται, κινούνται και μεταναστεύουν ευκολότερα στο νερό του ποταμού.

Ορισμένα από τα μέταλλα αυτά παρουσιάζουν στα ιζήματα της παράπλευρης 1<sup>ης</sup> αναβαθμίδας του ποταμού εκπληκτικά υψηλές τιμές (Πιν. 6). Ειδικά ο μόλυβδος απαντάται σε υψηλές ποσότητες που ανέρχονται σε 9.000 mg/kg. Σε μία περίπτωση φτάνει τα 22.830(!) mg/kg (=2.3 % κ.β.), δηλαδή τα περιθώρια κοιτάσματος. Στο αργιλικό κλάσμα (Πιν. 7) ενός άλλου δείγματος μετρήθηκαν μάλιστα 37800(!) mg/kg (=3.8% κ.β.). Οι παραπάνω αναφερόμενες τρεις τιμές του μολύβδου είναι αντίστοιχα 450, 1.140, και 1.890 φορές υψηλότερες της προτεινόμενης οριακής τιμής.

Πίν. 3. Περιεκτικότητες μη επιβαρυνμένων εδαφών και ιζημάτων (mg/kg). A1-A2: κατώτερες – ανώτερες και A-3: μέσες τιμές από 7 αναλύσεις ιζημάτων από το μη επιβαρυνόμενο τμήμα του ποταμού Ειρήνης μεταξύ Κίρκης και του σημείου εκβολής του Κιρκάλον Ρέματος που χρησιμοποιήθηκαν σαν οριακά „στάνταρ“ στην παρούσα εργασία. B: οριακά „στάνταρ“ μη επιβαρυνμένων αργιλικών ιζημάτων κατά TUREKIAN & WEDEPOHL (1961).

	Pb	Zn	Cu	As	Cd	Ga	Co	Cr	Ni
A1 - A2	14-30	59-93	18-25	14-21	0,1-0,3	14-17	29-76	63-82	29-42
A3	20	73	21	17	0,2	16	40	68	35
B	20	95	45	13	0,3	-	-	-	68

Το αρσενικό είναι το δεύτερο χημικό στοιχείο με πολύ υψηλές περιεκτικότητες στο έδαφος της πρώτης αναβαθμίδας. Στα ολικά δείγματα κυμαίνεται συχνά μεταξύ 50 και 310 mg/kg (3-18 φορές υψηλότερες τιμές του οριακού στάνταρ) και σε ένα δείγμα ανέρχεται στα 1.700(!) mg/kg (100 φορές υψηλότερη τιμή του οριακού στάνταρ). Στο αργιλικό κλάσμα απαντώνται συχνότερα οι περιεκτικότητες άνω των 100 mg/kg και ανέρχονται μέχρι 1.020(!) mg/kg.

Πίνακας 4. Χημικές αναλύσεις των χαλαρών ιζημάτων του ποταμού Ειρήνης και του Κιρκάλων-Ρέματος (Pf 8+3). Για τους παρακάτω πίνακες σημαίνουν: P = θέση / τομή δειγματοληψίας, βλ. Σχ. 1), Sa = δείγμα, De = βάθος δείγματος (cm) σε τομή εδάφους, km = απόσταση από την εκβολή του ποταμού Ειρήνη στη θάλασσα ανατολικά της Αλεξανδρούπολης. Οι περιεκτικότητες των χημικών στοιχείων εκφράζονται σε mg/kg.

P	Sa	km	Pb	Zn	Cu	As	Cd	Ga	Co	Cr	Ni
44	72	7,0	134,9	1204,1	43,4	27,9	17,8	12,5	44,5	55,6	36,1
3	5	8,0	423,6	1749,7	76,1	58,3	14,6	16,5	39,7	44,9	32,2
24	37	13,0	563,6	2146,9	105,1	51,8	26,2	21,9	39,3	45,6	34,5
20	32	16,0	505,2	2262,2	87,7	34,8	31,0	19,7	40,3	42,5	34,4
16	25	17,0	779,9	3114,4	110,7	57,9	42,0	20,1	42,8	54,4	40,9
12	20	18,0	585,8	3318,7	93,8	42,1	30,1	16,8	48,6	40,8	35,5
40	65	21,5	307,4	2615,2	75,7	35,7	20,6	20,0	63,4	37,3	37,8
37	58	23,0	439,2	5126,3	147,2	39,9	37,1	21,9	47,8	49,7	65,2
30	46	23,5	647,5	6209,9	170,9	53,2	47,2	20,2	46,5	48,4	82,4
8	11	24,0	178,3	5518,0	113,9	34,3	39,4	23,7	44,1	63,0	72,2

Πίνακας 5. Χημικές αναλύσεις του αργιλικού κλάσματος (κοκκίωση <65 μm) από τα ίδια δείγματα που αναφέρει ο παραπάνω Πιν. 5.

P	Sa	Km	Pb	Zn	Cu	As	Cd	Ga	Co	Cr	Ni
44	72	7,0	244,4	3008,5	69,7	18,9	63,2	n.d.	14,9	68,7	64,3
3	5	8,0	8499,9	5335,4	142,5	46,0	70,6	n.d.	17,6	70,1	63,4
24	37	13,0	1488,5	5115,1	218,1	71,5	76,0	n.d.	23,8	60,3	68,3
20	32	16,0	1380,6	6965,0	220,8	57,9	73,7	n.d.	28,9	91,2	79,5
16	25	17,0	2411,7	6507,6	287,5	62,2	55,2	n.d.	15,4	74,4	53,4
12	20	18,0	2642,2	11419,9	359,7	93,4	97,6	n.d.	32,7	88,2	96,5
40	65	21,5	694,5	6127,6	184,9	47,1	44,9	n.d.	20,3	84,0	80,3
37	58	23,0	1321,7	11770,6	339,8	81,3	92,8	n.d.	31,7	89,3	117,3
30	46	23,5	2271,6	15276,7	359,9	112,4	138,1	n.d.	30,7	71,3	143,6
8	11	24,0	267,4	21550,1	468,2	31,7	117,3	n.d.	29,2	76,4	179,9

Πίνακας 6. Χημικές αναλύσεις των εδαφών της 1ης αναβαθμίδας του ποταμού Ειρήνη. Θέσεις των τομών (P), βλ. Σχ. 1). \* Πρόσθετη ανάλυση του αργιλικού κλάσματος, βλ. Πίν 7.

P	Sa	De	km	Pb	Zn	Cu	As	Cd	Ga	Co	Cr	Ni
9	14	0-30	0,3	131,2	265,3	75,4	28,2	0,7	14,1	24,0	65,7	41,1
*9	13	30-70	0,3	21,1	75,4	15,5	13,4	0,2	15,9	34,7	62,0	33,1
11	19	0-20	0,5	291,2	617,1	43,4	32,6	5,3	16,7	25,1	65,4	46,0
*11	18	20-45	0,5	128,6	272,3	23,0	25,4	3,1	12,4	39,2	42,3	24,7
*11	17	45-80	0,5	743,6	1441,1	137,6	66,7	16,8	20,4	27,9	69,4	49,1
1	2	0-35	3,0	184,9	513,5	34,3	26,0	5,2	16,5	28,8	68,4	41,2
*1	1	35-40	3,0	44,7	138,3	19,8	24,1	1,0	14,7	31,9	57,7	41,4
22	4	0-10	10,0	617,4	2200,6	81,5	48,0	15,2	19,9	44,4	51,7	33,4
2	3	10-25	10,0	719,4	2102,1	99,6	36,5	23,4	19,2	46,5	51,7	33,2
21	33	0-05	16,0	716,7	2050,2	84,6	38,6	32,7	24,6	48,4	56,6	33,7
17	26	0-15	17,0	779,9	3114,4	110,6	51,9	38,7	20,4	42,8	54,4	40,9
*17	27	15-60	17,0	975,2	2482,8	126,4	62,5	24,3	21,1	39,8	57,6	33,5
*17	28	60-80	17,0	9479,9	4482,6	294,5	309,6	38,0	43,6	22,1	63,8	19,1
13	22	0-15	18,0	4376,6	6044,2	298,2	196,3	51,7	32,6	38,5	55,3	40,6
13	21	15-35	18,0	47,4	153,3	18,5	20,7	0,7	17,8	37,4	62,8	26,8
41	67	0-10	21,5	953,7	1769,5	85,3	42,5	19,6	26,0	36,3	48,2	30,6
41	66	11-25	21,5	2091,7	835,5	192,0	124,1	6,2	31,3	31,2	59,2	21,7
*38	63	0-15	23,0	1892,7	1131,9	198,8	68,5	11,0	30,5	34,7	62,4	29,9
*38	62	15-55	23,0	22828,3	2653,8	757,0	1697,0	19,6	129,5	29,6	122,0	8,1
*38	61	55-65	23,0	645,1	1335,6	156,2	68,0	8,3	26,4	42,8	59,1	35,6
*38	60	65-75	23,0	7754,4	1335,5	126,7	198,1	13,6	67,2	14,2	128,7	18,3
*38	59	75-95	23,0	505,4	3220,6	90,5	47,4	31,2	24,7	50,0	59,1	50,1

Πίνακας 7. Χημικές αναλύσεις του αργιλικού κλάσματος (κοκκίωση <65µm) από δείγματα ορισμένων τομών (στον Πίνακα 6 με \*) της πρώτης αναβαθμίδα

P	Sa	De	km	Pb	Zn	Cu	As	Cd	Ga	Co	Cr	Ni
9	13	30-70	0,3	26,9	102,8	39,8	25,9	0,3	n.d.	21,0	100,1	68,9
11	18	20-45	0,5	728,8	1155,2	106,1	44,0	13,0	n.d.	18,4	106,6	71,8
11	17	45-80	0,5	1666,9	2300,9	200,6	102,9	29,5	n.d.	17,3	96,9	76,2
1	1	35-40	3,0	619,7	675,7	60,1	27,4	8,8	n.d.	18,2	101,8	72,7
17	27	15-60	17,0	1909,3	4110,3	199,6	108,7	75,4	n.d.	17,5	85,9	57,2
17	28	60-80	17,0	37800,5	3505,3	1029,0	579,2	26,4	n.d.	6,1	101,9	22,4
38	62	15-55	23,0	22594,8	2127,7	845,5	1023,9	10,6	n.d.	12,2	154,5	9,8
38	61	55-65	23,0	3135,3	2304,4	499,1	105,0	10,0	n.d.	40,0	107,4	54,5
38	60	65-75	23,0	9741,3	1271,5	123,6	237,7	7,6	n.d.	12,4	150,7	12,3
38	59	75-95	23,0	2177,0	9471,4	298,7	133,3	133,1	n.d.	34,5	123,8	131,7

Οι περιεκτικότητες του χαλκού είναι στην πρώτη αναβαθμίδα σε γενικές γραμμές επίσης υψηλότερες από αυτές των ιζημάτων μέσα στον ποταμό και παρουσιάζουν σαν ακραίες τιμές στο ολικό δείγμα 760 mg/kg (35 φορές υψηλότερες του οριακού σάνταρ) και στο αργιλικό κλάσμα 1030 mg/kg. Ο ψευδάργυρος και το κάδμιο παραμένουν σε γενικές γραμμές στα ίδια επίπεδα, όπως και στα προαναφερθέντα χαλαρά ιζήματα του ποταμού.

Για λόγους χώρου παραλείπονται εδώ οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων της 2<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> αναβαθμίδα. Εδώ παρατηρείται γενικά αισθητή πτώση των περιεκτικότητας σε τοξικά μέταλλα. Στα περισσότερα όμως δείγματα οι τιμές των προαναφερθέντων μετάλλων είναι 2 έως 6 και στο κάδμιο έως 20 φορές υψηλότερες των οριακών σάνταρ.

#### 4 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

Η άθλια και άκρως επικίνδυνη κατάσταση που επικρατεί στο εργοστάσιο και στη γύρω περιοχή δείχνουν όχι μόνο την ανεύθυνη διαχείριση του έργου από τον μεταλλειοκτήτη, αλλά και την αδυναμία της πολιτείας να ασκήσει τον απαιτούμενο έλεγχο και να διαφυλάξει το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

Το εργοστάσιο και οι λεκάνες των τελμάτων βρίσκονται σε σχετικά υψηλό μορφολογικό επίπεδο και τα τοξικά προϊόντα που ξεπλένονται από τα βρόχινα νερά καταλήγουν αναπόφευκτα στον ποταμό Ειρήνη. Δίπλα στο κτήριο του εργοστασίου παρέμειναν συσσωρευμένες αρκετές ποσότητες ακατέργαστου μεταλλεύματος (Σχ. 7) και στο χώρο μεταξύ εργοστασίου και του ποταμού Ειρήνης είναι διασκορπισμένα μεταλλευτικά συμπτκνώματα και άλλα απροσδιόριστα απόβλητα. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα συμπτκνώματα παρουσιάζουν επιφανειακά εξαλλοιώσεις σε λευκά θειικά άλατα (Σχ. 8), παρόμοια με αυτά που αναφέρθηκαν για τις λεκάνες των τελμάτων. Εδώ επικρατούν τα θειικά ορυκτά της ομάδας Μπούλεϊτη (Boyleite). Ενώπιον των εκπληκτικά υψηλών περιεκτικότητων των θειικών αυτών προϊόντων σε μέταλλα (Πιν. 2: Zn 25,5 % κ.β., Pb 2,4 % κ.β., Cd 2.550 mg/kg) και του γεγονότος ότι ο Μπούλεϊτης είναι ευδιάλυτος στο νερό, μπορεί κανείς εύκολα να υπολογίσει την εκπομπή τοξικών μετάλλων στο περιβάλλον από το ξεπλύσιμο των βρόχινων νερών.

Το εργοστάσιο είναι σήμερα ένα εγκαταλελειμμένο ερείπιο με θρυμματισμένα παράθυρα και κατεστραμμένες πόρτες που επιτρέπουν στον κάθε περαστικό να εισέλθει στο εσωτερικό του, ένα χώρο που είναι κυριολεκτικά κορεσμένος σε τοξικά συμπτκνώματα μετάλλων και σε διάφορα δηλητηριώδη χημικά αντιδραστήρια, όπως κυανιούχο νάτριο (Σχ. 9 και 10), θειούχο νάτριο κ.ά.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι κίνδυνοι αυξάνονται όταν αυτές οι ουσίες έρθουν σε επαφή με νερό (από το κυανιούχο νάτριο σχηματίζεται υδροκυάνιο και από το θειούχο νάτριο υδρόθειο). Για τις συνέπειες περιπεύουν άλλα σχόλια εάν αναφερθεί ότι η σκεπή του εργοστασίου είναι κατεστραμμένη και τα νερά των βροχών ξεπλένουν διαρκώς τις τοξικές ουσίες των μεταλλικών συμπτκνωμάτων και τις σκόνες των κυανιδίων και των άλλων αντιδραστηρίων που είναι διασκορπισμένες στα πατώματα του εργοστασίου.



7



8



9



10



11



12

Σχήμα 7. Τα δύο κτήρια του εργοστασίου. Μπροστά από το δεξιό κτίριο σωροί ακατέργαστου μεταλλεύματος.

Σχήμα 8. Υπολείμματα σωρών μεταλλευτικών συμπυκνωμάτων, επιφανειακά ξασπρισμένα, λόγω σχηματισμού θεικών ορυκτών αλάτων.

Σχήμα 9. Ένα από τα κατεστραμμένα βαρέλια με ξεχυμένο το κυανιούχο νάτριο στο πάτωμα του εργοστασίου (στην πινακίδα είναι ευανάγνωστη η επιγραφή „sodium cyanide“), όπως είχε πριν τη μυστηριώδη απομάκρυνσή τους γύρω στις 26-28 Σεπτεμβρίου 2001. Διερωτάται κανείς, πως μετακινήθηκαν τα σαθρά αυτά βαρέλια των κυανιδίων σε αυτή την κατάσταση που δείχνει η φωτογραφία (φωτογράφιση: 18 Σεπτεμβρίου 2001).

Σχήμα 10. Η κατάσταση 8 μήνες μετά την απομάκρυνση του παραπάνω εικονιζόμενου βαρελιού (τα βέλη δείχνουν την ακριβή θέση του βαρελιού). Η γύρω διασκορπισμένη άσπρη σκόνη των κυανιδίων παρέμεινε βέβαια όπως είχε στο πάτωμα του εργοστασίου (φωτογράφιση: 25 Μαΐου 2002).

Σχήμα 11. Κατεστραμμένα βαρέλια με ξεχυμένα κυανίδια στο έδαφος, σε απόσταση περίπου 30 μέτρων δυτικά του εργοστασίου (φωτογράφιση 21 Σεπτεμβρίου 2003).

Σχήμα 12. Η κατάσταση στο εσωτερικό της «αποθήκης»: η εικόνα δείχνει μόνο ένα μέρος από τα περίπου 60 κατεστραμμένα βαρέλια με ξεχυμένα τα χημικά αντιδραστήρια που παρατηρούνται από τα επίσης κατεστραμμένα παράθυρα της «αποθήκης» (φωτογράφιση: 23 Σεπτεμβρίου 2003)

Οι εικόνες των σχημάτων 9 και 10 δείχνουν αντιπροσωπευτικά την δραματική κατάσταση στο εσωτερικό του εργοστασίου, η οποία ουσιαστικά δεν άλλαξε ύστερα από μία μυστηριώδη απομάκρυνση μερικών βαρελιών κυανιδίων τον Σεπτέμβριο 2001 και την μετέπειτα „αποθήκευσή“ τους σε παραπλήσιο κτίριο από συνεργείο της Νομαρχίας Έβρου. Έξω από το εργοστάσιο υπάρχουν και άλλα βαρέλια με ξεχυμένα κυανίδια στο έδαφος (Σχ. 11) και στο εν λόγω κτίριο της «αποθήκης», κάτω από την κατεστραμμένη σκεπή του βρίσκονται ειδικά εκεί σε άθλια κατάσταση πολυάριθμα ανοιχτά βαρέλια με ξεχυμένα τα χημικά αντιδραστήρια στο πάτωμα (Σχ. 12). Η εικόνα του σχήματος 12 δείχνει μόνο ένα μέρος των περίπου 60 βαρελιών που μετρήθηκαν από τα επίσης κατεστραμμένα παράθυρα της «αποθήκης» αυτής.



## 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παραμόρφωση του φυσικού τοπίου στο μεταλλείο Άγιος Φίλιππος, η άθλια κατάσταση στους χώρους του εργοστασίου εμπλουτισμού και η ακραία επιβάρυνση σε τοξικά μέταλλα και σε διάφορα δηλητηριώδη χημικά αντιδραστήρια αποτελούν μια μεγάλη περιβαλλοντική πληγή στην ευρύτερη περιοχή. Βέβαια δεν έγινε ποτέ μέχρι τώρα λόγος για την αποκατάσταση του φυσικού τοπίου και τον περιορισμό κινδύνων στη δημόσια υγεία.

Την μεγαλύτερη περιβαλλοντική πληγή αποτελούν τα απόβλητα από την επεξεργασία του κοιτάσματος του μεταλλείου του Αγ. Φιλίππου και γενικά η τραγική κατάσταση που επικρατεί στην περιοχή του εργοστασίου εμπλουτισμού μεταλλευμάτων, 3 χιλιόμετρα ανατολικά της Κίρκης.

Είναι γνωστό, ότι κατά τη διάρκεια λειτουργίας του μεταλλείου ο ποταμός Ειρήνη είχε κυριολεκτικά νεκρωθεί. Δεν είναι βέβαια δυνατόν να υπολογισθούν οι επιπτώσεις που είχε στη δημόσια υγεία η μεταφορά των τοξικών μετάλλων και των χημικών αντιδραστηρίων, μεταξύ άλλων και των υπερτοξικών κυανιδίων μέχρι την Αλεξανδρούπολη σ' αυτό το χρονικό διάστημα. Γεγονός είναι ότι ο μικρός αυτός ποταμός δέχεται και τώρα συνεχώς μεγάλες ποσότητες τοξικών ουσιών. Εκτός αυτών παραμένουν και άλλα ερωτήματα, όπως: ποιες είναι οι επιπτώσεις από τις διεργασίες των ανέμων (μεταφορά τοξικής σκόνης), την δημιουργία όξινης απορροής και από τις διαρροές τοξικών διαλυμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα;

Οι πρόχειρες λεκάνες τελμάτων και οι άλλοι δηλητηριασμένοι χώροι μέσα και γύρω από το εργοστάσιο αποτελούν μια διαρκή πηγή τοξικών μετάλλων και δηλητηρίων τα οποία μεταφέρονται κατά μήκος του ποταμού Ειρήνης μέχρι την Αλεξανδρούπολη. Εκτός αυτού είναι θέμα χρόνου τότε μια καταρακτώδης βροχόπτωση θα παρασύρει μαζί τα τοιχώματα και το περιεχόμενο των λεκανών.

Οι χημικές παράμετροι των χαλαρών ιζημάτων του ποταμού Ειρήνης αντιπροσωπεύουν ασφαλώς τον χημισμό που επικρατεί κατά το χρονικό διάστημα της δειγματοληψίας. Ο χημισμός των ιζημάτων αυτών είναι μεταβλητός ανάλογα με την ποσότητα και ταχύτητα του ρέοντος νερού και με την τροφοδότηση των μεταφερόμενων υλικών. Με μια ραγδαία βροχή μπορούν σε διάστημα μερικών ωρών να ξεπλυθούν και να παρασυρθούν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων από την περιοχή του εργοστασίου και να ανυψώσουν έτσι τις περιεκτικότητες των τοξικών μετάλλων σε όλο το μήκος του ποταμού.

Οι υψηλές περιεκτικότητες μετάλλων στις παράπλευρες αναβαθμίδες (ιδίως στην πρώτη αναβαθμίδα) χαρακτηρίζουν υλικό παλαιότερων μεταφορών και εναποθέσεων τοξικών αποβλήτων λαμβάνοντας υπ' όψη την τελείως ανεξέλεγκτη τροφοδοσία των αποβλήτων στον ποταμό Ειρήνη στα πρώτα χρόνια της μεταλλευτικής δραστηριότητας (1975-80). Τα αποταμιευμένα αυτά υλικά, παράπλευρα του ποταμού αποτελούν μια συμπληρωματική πηγή διαρκούς τροφοδοσίας τοξικών μετάλλων.

Ιδιαίτερα υψηλές περιεκτικότητες σε μέταλλα διαπιστώθηκαν στο 17<sup>ο</sup>-18<sup>ο</sup> χιλιόμετρο πριν την εκβολή του ποταμού, δηλαδή πλησίον της γνωστής τοποθεσίας „Άγιοι Θεόδωροι“. Αυτό οφείλεται μάλλον στις ιδιόζουσες συνθήκες εναπόθεσης των ιζημάτων στο νοτιοανατολικό άκρο του μορφολογικού ανοίγματος και πριν το στένωμα της κοίτης του ποταμού που ακολουθεί αμέσως μετά από τους Αγίους Θεοδώρους. Σύμφωνα με παλαιότερες πληροφορίες υπήρχαν στην κοίτη του ποταμού Ειρήνης, πλησίον των Αγίων Θεοδώρων γεωτρήσεις τροφοδοσίας νερού για την Αλεξανδρούπολη. Στα ερωτήματα εάν υπάρχουν ακόμη εκεί τέτοιες γεωτρήσεις και ποιες είναι οι επιβαρύνσεις στα νερά από τα τοξικά νερά του μεταλλείου και τα απόβλητα του εργοστασίου εμπλουτισμού, ας δώσουν απάντηση οι τοπικές υδρολογικές ή άλλες αρμόδιες υπηρεσίες για τον έλεγχο και τη διαφύλαξη της δημόσιας υγείας.

Δεν είναι γνωστό ποια ή πόσα νέα ορυκτά και τι ενδιάμεσες χημικές ενώσεις σχηματίστηκαν και συνεχίζεται να σχηματίζονται στις λεκάνες των μεταλλευτικών αποβλήτων και στα εγκαταλελειμμένα συμπυκνώματα. Τα εδώ ανακοινωθέντα θειικά ορυκτά άλατα με υψηλές περιεκτικότητες σε ψευδάργυρο, κάδμιο, μόλυβδο κ.ά. αποτελούν οπωσδήποτε μόνο ένα μέρος του πολύπλοκου συστήματος των νεοσχηματισθέντων προϊόντων στα „χημικά καζάνια“ των μεταλλευτικών τελμάτων και συμπυκνωμάτων. Ας σημειωθεί πάλι ότι τα ευδιάλυτα σε νερό αυτά θειικά προϊόντα αποτελούν την πιο επικίνδυνη πηγή εκπομπής τοξικών μετάλλων στο περιβάλλον.

Η άθλια και άκρως επικίνδυνη κατάσταση που παρουσιάζουν τα θανατηφόρα κυανίδια και άλλα τοξικά χημικά αντιδραστήρια στο ερειπωμένο εργοστάσιο, στους γύρω εξωτερικούς χώρους και

στην πλησίον ευρισκόμενη «αποθήκη» είναι τέλος ακόμη ένα παράδειγμα της τότε ανεύθυνης διαχείρισης του έργου από τον μεταλλιοκτήτη και της αδυναμίας της πολιτείας να ασκήσει τον απαιτούμενο έλεγχο και να διαφυλάξει το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Δήμου Ε. 1987. Η ορυκτολογική σύσταση του μεταλλεύματος της Κίρκης (Μεταλλείο Αγ. Φίλιππος). Συνέπειες στον εμπλουτισμό του μεταλλεύματος.- Έκθεση ΙΓΜΕ, 55σ.
- Arikas K. 1981. Subvulkanisch-hydrothermale Mo-Cu-Zn-Pb-Vererzungen, S.E. Rhodopen, Nordgriechen-land: Petrographie und Geochemie.-Tschermarks Min. Petr. Mitt., 28, 189-205
- Skarpelis N. 1995. Minor elements in the base metal part of an epithermal system: the Kirki (St. Phillipe) mine, Thrace, Northern Greece.-Terra Abstracts supplement No.1, Terra Nova, 7, 293.
- Turekian K.K. & Wedepohl K.H. 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust.-Bull. Geol. Soc. Am., 72, 175-192
- Watzl V. 1998. Untersuchung der von Bergbau und Erzaufbereitung verursachten Schwermetall-belastungen entlang des Flusses Erini (Thrakien, Griechenland).-Diplomarbeit, Miner.-Petrogr. Institut, Univers. Hamburg, 110p.

## ABSTRACT

### **THE ENVIRONMENTAL POLLUTION FROM MINING ACTIVITIES IN KIRKI, ALEXANDROUPOLIS AREA**

Arikas K.<sup>1</sup>, Watzl V.<sup>1</sup> and Goetz D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Mineralogisch-Petrographisches Institut, Universitaet Hamburg, Grindelallee 48, 20146, Hamburg, Germany, mi9a004@mineralogie.uni-hamburg.de*

<sup>2</sup> *Institut fuer Bodenkunde, Universitaet Hamburg, Allende-Platz 2, 20146, Hamburg, Germany, g.goetz@ifb.uni-hamburg.de*

Mining activities in Kirki ore deposit took place for a short period, from 1975 to 1980 and 1990 to 1995. However, the waste piles and the remaining material of the floatation plant have become a significant source of large amount of toxic metals dispersed in the surrounding area. The dangerous wastes contain large amount of unexploited metal-concentrate and toxic chemicals from the former floatation plant (also a number of containers with unused sodium cyanide). All this toxic material is continuously transferred by the rainwater to the river Erini. This river discharges into Aegean sea at a distance of 23 km, on the east coast of Alexandroupolis town. The concentration level of the toxic metals such as Pb, Cu, Zn, As and Cd in the sediments of the river bed is 1140, 50, 290, 100 and 690 times over the stipulated standards.