

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΤΩΝ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ
ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΩΝ ΣΤΟ ΧΗΜΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ
ΠΟΤΑΜΟΧΕΙΜΑΡΡΙΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ¹**

Α. ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΣ², Σ. ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΥ³, Ν. ΚΟΝΙΣΠΟΛΙΑΤΗΣ⁴

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην περιοχή του χώρου απόθεσης απορριμμάτων Άνω Λιοσίων έγινε δειγματοληψία ιζημάτων από την κοίτη του ποταμοχειμάρρου που εξέρχεται από αυτή, από το όριο της χωματερής και σε μήκος ενός χιλιομέτρου. Στα ληφθέντα δείγματα έγιναν αναλύσεις προκειμένου να προσδιοριστεί ο χημισμός και η ορυκτολογική τους σύσταση με στόχο να εξεταστεί ο βαθμός συμμετοχής της χωματερής στη ρύπανση των περιβαλλόντων πετρωμάτων, για το λόγο αυτό προσδιορίστηκαν και τα επιβλαβή βαρέα μέταλλα Pb, Cu, Cd, Hg, As, Zn καθώς και Cl. Από τις αναλύσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν προέκυψε ότι δεν υπάρχει σοβαρή επιβάρυνση των ιζημάτων του ποταμοχειμάρρου με ρύπους που προέρχονται από τη χωματερή για το χρονικό τουλάχιστον διάστημα που έγινε η δειγματοληψία.

ABSTRACT

The landfill of A. Liossion constitutes the most important landfill of various wastes in Greece, accepting almost 3500 tones of wastes per day. The predominant wastes are of domestic origin. Other sources also include industrial and agricultural products.

In order to study the impact of the leakage of the sanitary landfill of A. Liossion on the composition of river sediments, grain size analyses and mineralogical and chemical analyses of river sediment samples were performed. A small river drains a large part of the sanitary landfill carrying products of erosion of the surrounding rocks plus any toxic material supplied from the landfill. The results show that the river sediments belong to the following sedimentary facies: <silty sand>, <muddy sand>, <sandy silt> and <sandy mud>. The main minerals present in the sediments are calcite and quartz and some secondary minerals exist like muscovite (illite), chamosite and montmorillonite. Since materials rich in calcite and quartz are used for the covering of the landfill it is possible that some calcite and quartz comes from it. The concentrations of the main chemical elements and the toxic heavy metals Zn, Cu, Pb, Cd show variations along the river route. However the amounts of the toxic metals are not particularly high as compared with the data of Sheffer and Schachtschabel (1992). It seems that the protection measures which were taken in the last years on the landfill prevent any major environmental pollution to the river sediments.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Χώρος υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, βαρέα μέταλλα, ιζήματα.

KEY WORDS: Sanitary landfill, heavy metals, sediments.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα βασικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μεγάλες πόλεις σήμερα είναι η υγειονομική ταφή των αστικών απορριμμάτων. Η χωματερή Άνω Λιοσίων στο νομό Αττικής αποτελεί το βασικότερο χώρο απόθεσης απορριμμάτων στην Ελλάδα, αφού καλύπτει έκταση 1732 στρεμμάτων και δέχεται περίπου 3500 τόνους αποβλήτων την ημέρα. Από αυτά το μεγαλύτερο ποσοστό

1:THE IMPACT OF THE LEAKAGE OF THE SANITARY LANDFILL OF A. LIOSSION ON THE CHEMICAL AND MINERALOGICAL COMPOSITION OF RIVER SEDIMENTS.

2:Ε.Μ.Π., Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.

3:Ε.Μ.Π., Γεωλόγος, Υποψήφια διδάκτορας, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.

4:Ε.Μ.Π., Αν. Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.

αποτελούν τα οικιακά απορρίμματα, ενώ το υπόλοιπο συνίσταται από απόβλητα μεταλλευτικών δραστηριοτήτων, σκουριές, τέφρες, λάσπες από εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού και βιομηχανικών αποβλήτων, υλικά εκσκαφών και κατεδαφίσεων, λάσπες από μονάδες βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων, γεωργικά και νοσοκομειακά απόβλητα, κ.λ.π. Η εναπόθεση των προαναφερθέντων ετερογενούς σύστασης και προέλευσης απορριμμάτων στους χώρους υγειονομικής ταφής προκαλούσε περιβαλλοντική επιβάρυνση της ευρύτερης περιοχής με τοξικά απόβλητα που προέρχονταν από τη διάλυση και αποσύνθεση των απορριμμάτων μέσω αλυσίδας αντιδράσεων ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες (αερόβιες – αναερόβιες) καθώς επίσης και τη φυσική και χημική τους εξαλλοίωση (Debra R. Reinhart, 1993). Τα τελευταία όμως χρόνια επεμβάσεις που έγιναν στα πλαίσια της υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων φαίνεται ότι βελτίωσαν την εικόνα της ρύπανσης. Έτσι π.χ. τα υγρά στραγγίσματα ενώ μέχρι πρότινος διοχετεύονταν επιφανειακά μέσω καναλιού στη θάλασσα σήμερα αυτό δεν συμβαίνει λόγω διευθέτησής τους. Προκειμένου να ελέγξουμε κατά πόσο οι τυχόν διαφυγές εμποτίζουν και σήμερα με τοξικά συστατικά τον περιβάλλοντα χώρο επιλέξαμε για δειγματοληψία τα ιζήματα της κοίτης του πρώην χειμάρρου απορροής των στραγγισμάτων για την παρούσα μελέτη.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΩΝ

Η έκταση των 1732 στρεμμάτων που καταλαμβάνει η χωματερή χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα όπου:

- Τα 350 περίπου στρέμματα που βρίσκονται στο κέντρο της χρησιμοποιούνται σήμερα για την ταφή των απορριμμάτων και πλασιώνονται από μια έκταση 427 στρεμμάτων στην οποία η απόθεση έχει σταματήσει.
- 100 περίπου στρέμματα αποτελούν παλιότερο χώρο υγειονομικής ταφής και
- 855 στρέμματα περιβάλλουν τις προηγούμενες περιοχές από τρεις πλευρές και στα οποία δεν πραγματοποιείται καμία δραστηριότητα.

Η χωματερή λειτουργεί από το 1973, όπου μέχρι το 1980 η διαχείριση γινόταν από εγκατεστημένο εργολάβο, ενώ από το 1981 έως και σήμερα η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων πραγματοποιείται από τον Ενιαίο Σύνδεσμο Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής (Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α.). Η αρχική κατασκευή της χωματερής δεν έχει γίνει σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές της μεθόδου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, γεγονός που σε συνδυασμό με την ανεξέλεγκτη χρήση της μέχρι το 1980 έχει σαν συνέπεια την έλλειψη στεγανοποίησης του πυθμένα της. Από το 1981 και μετά έχουν γίνει προσπάθειες προς την κατεύθυνση της αποκατάστασης και τα απορρίμματα στρωμάτων σε στρώσεις 2,5-3,0 μέτρων, συμπιέζονται και καλύπτονται με στρώμα συμπιεσμένων γαιωδών υλικών πάχους 0,2-0,5 μέτρων. Για τη συλλογή των πλευρικά διηθούμενων στραγγισμάτων δημιουργήθηκε δεξαμενή στο πιο χαμηλό σημείο της χωματερής και γίνεται ανακυκλοφορία τους μέσα στη μάζα των απορριμμάτων, (Βγενόπουλος και Κατσίνης, 1997).

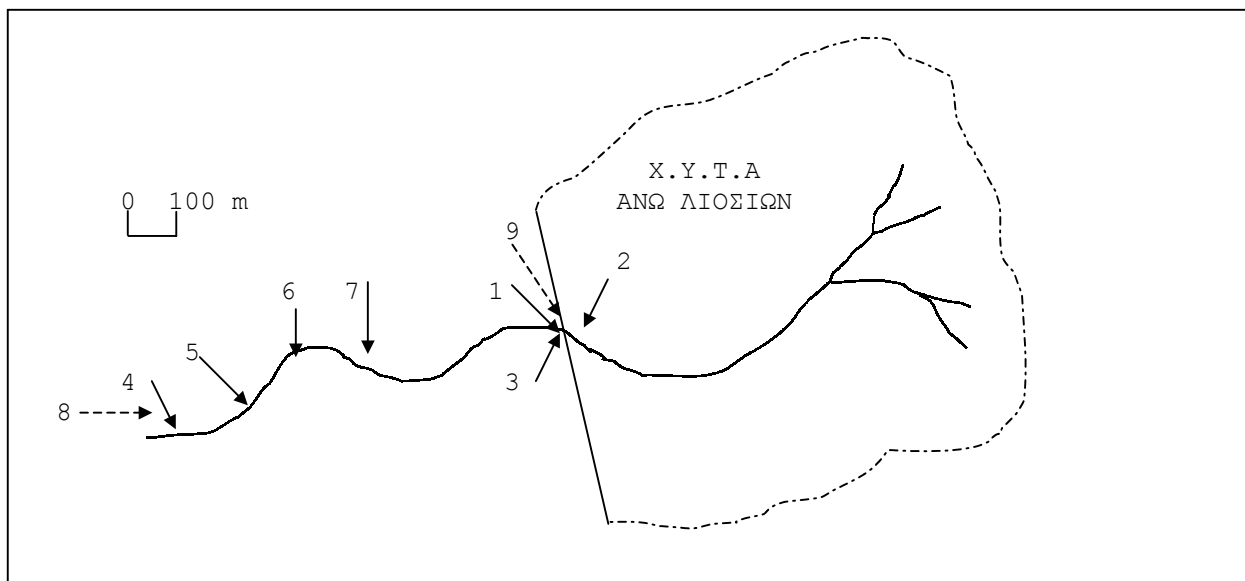
ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο χώρος διάθεσης απορριμμάτων Άνω Λιοσίων βρίσκεται στη θέση Σκαλιστήρι, σε γεωγραφικό μήκος 23,38° και σε γεωγραφικό πλάτος 38,05° μεταξύ του όρους Χασιά και του όρους Ποικίλου στο νομό Αττικής. Ο βασικότερος γεωλογικός σχηματισμός της περιοχής είναι τριαδικοί ασβεστόλιθοι της Αττικοκυκλαδικής ζώνης, έντονα διερρηγμένοι και καρστικοποιημένοι με συνέπεια τη μεγάλη τους διαπερατότητα. Το γεγονός αυτό καθώς και η έλλειψη στεγανοποίησης του πυθμένα της χωματερής επιτρέπουν τη διαφυγή υγρών απορροών στα γύρω πετρώματα και τους υδροφόρους ορίζοντες, πρόβλημα που αντιμετωπίζεται μερικώς με τις εργασίες συντήρησης από τον (Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α.), (Βγενόπουλος, 1996).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Προκειμένου να μελετηθεί ο βαθμός επιβάρυνσης των ποταμοχειμάρριων ιζημάτων από τοξικές ουσίες που προέρχονται από τα στραγγίσματα της χωματερής, ελήφθησαν επτά δείγματα κατά μήκος της κοίτης του ποταμοχειμάρρου που εξέρχεται από αυτή από την επαφή με τη χωματερή και σε απόσταση περίπου ενός χιλιομέτρου στις αρχές του 2002 (Σχ. 1). Σημειώνεται ότι το δείγμα 2 ελήφθηκε μέσα από το χώρο της χωματερής κοντά στο όριο ενώ τα δείγματα 1 και 3 σε ίσες αποστάσεις από το όριο με μόνη διαφορά ότι το δείγμα 1 λήφθηκε από την όχθη του χειμάρρου ενώ το δείγμα 3 από το μέσο της κοίτης του. Επίσης δείγματα πάρθηκαν σε απόσταση ενός μέτρου

από την κοίτη του ποταμοχειμάρρου προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την ορυκτολογική σύγκριση με τα ιζήματα της κοίτης (Σχ. 1, δείγματα 8,9).



Σχήμα 1. Σκαρίφημα περιοχής δειγματοληψίας.
Fig. 1. Map of the studied area.

Τα δείγματα αυτά μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Ορυκτολογίας - Πετρολογίας του Ε.Μ.Π. όπου ξηράθηκαν στους 107 °C και στα δείγματα της κοίτης πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις:

1. Προσδιορίστηκε η περιεχόμενη υγρασία και υπολογίστηκε το επί τοις εκατό ποσοστό της. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

| ΔΕΙΓΜΑ | ΥΓΡΑΣΙΑ % |
|--------|-----------|
| 1 | 25,73 |
| 2 | 32,13 |
| 3 | 69,22 |
| 4 | 34,03 |
| 5 | 37,35 |
| 6 | 58,76 |
| 7 | 56,03 |

Πίνακας 1. Περιεχόμενη υγρασία %
Table 1. Amounts of wetness in the sediments.

2. Μετρήθηκε το PH των ιζημάτων με πεχάμετρο τύπου HANNA αφού προηγουμένως ρυθμίστηκε το όργανο με διαλύματα γνωστού PH, (Πίν. 2).

| ΔΕΙΓΜΑ | PH |
|--------|-----|
| 1 | 7,7 |
| 2 | 8 |
| 3 | 7,6 |
| 4 | 7,6 |
| 5 | 8 |
| 6 | 8 |
| 7 | 7,6 |

Πίνακας 2. Αποτελέσματα μέτρησης PH.
Table 2. PH values.

3. Έγινε κοκκομετρική ανάλυση για τον προσδιορισμό των επί τοις εκατό ποσοστών της άμμου, ιλύος και αργίλου με τη μέθοδο του υδρομέτρου (Βουγούκος, 1962) και κατατάχθηκαν τα ιζήματα σε κατηγορίες σύμφωνα με το τριγωνικό διάγραμμα του Folk (1974), (Πίν. 3).

| ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ | | | | |
|------------------|---------|--------|-----------|---------------------------------|
| ΔΕΙΓΜΑ | ΑΜΜΟΣ % | ΙΛΥΣ % | ΑΡΓΙΛΟΣ % | ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ |
| 1 | 54,04 | 30 | 15,96 | Πηλώδης άμμος |
| 2 | 46,04 | 48 | 5,96 | Αμμώδης ιλύς |
| 3 | 47,04 | 31 | 21,96 | Αμμώδης πηλός |
| 4 | 50,04 | 39 | 10,96 | Ιλυώδης άμμος |
| 5 | 55,04 | 37 | 7,96 | Ιλυώδης άμμος |
| 6 | 31,04 | 38 | 30,96 | Αμμώδης πηλός |
| 7 | 35,04 | 48 | 16,96 | Αμμώδης ιλύς |

Πίνακας 3. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης.

Table 3. Results of the grain size analysis.

4. Προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα επί τοις εκατό των ιζημάτων σε οργανικό άνθρακα προσεγγιστικά με καύση στους 550 °C, (Πίν. 4).

| ΔΕΙΓΜΑ | ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ % (Corg %) |
|--------|-------------------------------|
| 1 | 6,5 |
| 2 | 2,0 |
| 3 | 5,0 |
| 4 | 4,5 |
| 5 | 2,5 |
| 6 | 5,0 |
| 7 | 3,0 |

Πίνακας 4. Ποσοστά οργανικού άνθρακα.

Table 4. Amounts of organic carbon.

5. Μετρήθηκε η απώλεια πύρωσης με καύση στους 1100 °C και υπολογίστηκε το επί τοις εκατό ποσοστό της, (Πίν. 5).

| ΔΕΙΓΜΑ | ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ % |
|--------|-------------------|
| 1 | 29,33 |
| 2 | 26,78 |
| 3 | 28,88 |
| 4 | 26,49 |
| 5 | 29,62 |
| 6 | 28,9 |
| 7 | 28,49 |

Πίνακας 5. Ποσοστά απώλειας πύρωσης.

Table 5. Amounts of ignition loss.

6. Πραγματοποιήθηκαν ορυκτολογικές αναλύσεις των δειγμάτων με τη βοήθεια της περίθλασης των ακτίνων X (X.R.D.), με περιθλασίμετρο Siemens D 5000 και ελήφθησαν ακτινοδιαγράμματα από τα οποία αναγνωρίστηκαν τα ορυκτά (Πίν.6).

7. Προσδιορίστηκε η ολική χημική σύσταση των δειγμάτων καθώς και η περιεκτικότητά τους σε Hg, Pb, As, Cd, Cu, Cl και Zn με τη βοήθεια ακτίνων X φθορισμού (XRF) και έγινε ημιποσοτικός προσδιορισμός τους (Πίν. 6). Στην ποσοστιαία χημική σύσταση των δειγμάτων δεν περιλαμβάνεται η υγρασία γιατί τα δείγματα αναλύθηκαν αφού στεγνώθηκαν σε θερμοκρασία 107 °C. Για τον προσδιορισμό των βαρέων μετάλλων με τη μέθοδο των ακτίνων X φθορισμού (XRF) χρησιμοποιήθηκαν συγκριτικά δείγματα (διεθνή standards) τόσο για τα κύρια στοιχεία όσο και για τα ιχνοστοιχεία (Flanagan, 1973), όπως τα PCC-1, CRPG-BR, CRPG-Mica-Fe, ZGI-KH, GSP-1 και SV-1.

Στα δείγματα που ελήφθησαν από τα παράπλευρα ιζήματα της κοίτης πραγματοποιήθηκαν ορυκτολογικές αναλύσεις με περίθλαση των ακτίνων X (XRD) από τις οποίες προκύπτει ότι παρουσιάζουν την ίδια ορυκτολογική σύσταση με τα ιζήματα της κοίτης, αλλά έχουν αυξημένη περιεκτικότητα σε χαλαζία.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο ποταμοχειμαρρος ο οποίος εξέρχεται από τη χωματερή των Άνω Λιοσίων μεταφέρει προϊόντα αποσάθρωσης των γύρω πετρωμάτων καθώς και στραγγίσματα και άλλα υλικά του χώρου της χωματερής. Τα μεταφερόμενα ιζήματα ανήκουν στις εξής

φάσεις ιζημάτων: <πηλώδης άμμος>, <ιλυώδης άμμος>, <αμμώδης πηλός> και <αμμώδης ιλύς>. Οι διακυμάνσεις στα ποσοστά άμμου και ιλύος δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες (31-55% και 30-48% αντίστοιχα), ενώ αντίθετα τα ποσοστά της αργίλου παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις (6-31%). Το τελευταίο έχει ιδιαίτερη σημασία γιατί στα σωματίδια της αργίλου (αργιλικά ορυκτά κ.λ.π.) όπως και στην οργανική ύλη των ιζημάτων προσροφώνται εν διαλύσει ιόντα των βαρέων μετάλλων από τα ρυπασμένα στραγγίσματα της χωματερής (Calace et al, 2001, Kugler et al, 2002, Tjerk, 1993). Τα ποσοστά του οργανικού άνθρακα κυμαίνονται από 2 έως 6,5%.

Από την εξέταση των ακτινοδιαγραμμάτων XRD και από τον πίνακα 6 προκύπτει ότι η κύρια ορυκτολογική σύσταση των ιζημάτων είναι ασβεστίτης με αρκετό χαλαζία και μερικά δευτερεύοντα ορυκτά όπως μοσχοβίτης (ιλλίτης) και χαμοσίτης. Ο ασβεστίτης προέρχεται προφανώς από την αποσάθρωση των τριαδικών ασβεστολίθων της περιοχής, αλλά και πιθανόν από ανθρωπογενείς επεμβάσεις στη χωματερή. Για την επικάλυψη των απορριμμάτων στο χώρο της υγειονομικής ταφής είναι γνωστό ότι χρησιμοποιούνται υλικά πλούσια σε ασβεστίτη και έτσι είναι πολύ πιθανό λόγω της έκπλυσης των υλικών αυτών με τα νερά της βροχής, τα ιζήματα του χειμάρρου να εμπλουτίζονται ακόμα περισσότερο σε ασβεστίτη. Από την ορυκτολογική σύσταση των ιζημάτων παραπλεύρως της κοίτης διαπιστώνεται σε αυτά αυξημένο ποσοστό χαλαζία σε σχέση με τα αναλυθέντα δείγματα του χειμάρρου. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο αυξημένο PH των στραγγισμάτων που έχει σαν αποτέλεσμα την απομάκρυνση του SiO₂ μέσω των στραγγισμάτων σε μορφή πυριτικού οξέος, (Correns, 1963).

Οι συγκεντρώσεις των κύριων στοιχείων (σε οξειδιακή μορφή), αλλά και των βαρέων μετάλλων (Pb, Cu, Zn και As) καθώς και του χλωρίου στα ιζήματα του ποταμοχειμάρρου παρουσιάζουν ευδιάκριτες διακυμάνσεις όπως φαίνεται στον πίνακα 6 και στο σχήμα 2. Οι διακυμάνσεις αυτές έχουν άμεση σχέση, εκτός των άλλων, και με την ανομοιογένεια των ιζημάτων όσον αφορά τη λιθολογική τους σύσταση και συγκεκριμένα στις διακυμάνσεις στα ποσοστά άμμου, ιλύος και ιδιαίτερα της αργίλου. Έτσι π.χ. το δείγμα 6 που παρουσιάζει τα υψηλότερα ποσοστά αργίλου (31%) παρουσιάζει συγχρόνως και τα υψηλότερα ποσοστά σε Zn (107 ppm), As (17 ppm) και πολύ υψηλά ποσοστά Cu και Cd λόγω πιθανόν της προσρόφησης των βαρέων αυτών μετάλλων στα σωματίδια της αργίλου.

Τονίζεται εν τούτοις ότι τα ποσοστά των βαρέων μετάλλων Pb, As, Zn, Cu και Cd στα ιζήματα του ποταμοχειμάρρου δεν είναι ιδιαίτερα υψηλά. Σύμφωνα με τους Sheffer and Schachtschabel (1992), τα αποδεκτά όρια των βλαβερών στοιχείων στα εδάφη είναι:

- As - 20 mg/Kg,
- Cu - 100 mg/Kg,
- Pb - 100 mg/Kg,
- Hg - 2 mg/Kg και
- Cd - 3 mg/Kg,
- Zn - 300 mg/Kg.

ενώ σε λάσπες αποβλήτων απαλλαγμένων υγρασίας οι περιεκτικότητες σε οργανική ύλη, κάλιο, μαγνήσιο και ασβέστιο κυμαίνονται ως εξής:

- οργανική ύλη 5 - 75 % (μέση τιμή 45 %),
- κάλιο 0,03 - 7 % (μέση τιμή 0,35 %),
- μαγνήσιο 0,05 - 3,5 % (μέση τιμή 0,6 %) και
- ασβέστιο 0,1 - 35 % (μέση τιμή 5,3 %).

Η χημική σύσταση των στραγγισμάτων της χωματερής δεν αναλύθηκε στην παρούσα εργασία, αλλά σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία (Kinman and Nutini, 1992) οι τιμές των στραγγισμάτων κυμαίνονται ως εξής: Pb 0,077-3,15 mg/lt, Cd 0,005-0,89 mg/lt, Cu 0,03-0,12 mg/lt, Zn 46-298 mg/lt. Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου οι μέσες τιμές των στραγγισμάτων της χωματερής Άνω Λιοσίων είναι οι εξής: Pb 0,10-0,94 mg/lt, Cd 0,02-0,04 mg/lt, Cu 0,16-0,42 mg/lt, Zn 0,40-7,15 mg/lt.

Έτσι όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων και για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο που έγινε η δειγματοληψία δεν φαίνεται να υπάρχει σοβαρή επιβάρυνση των ιζημάτων από τα τοξικά βαρέα μέταλλα Pb, As, Zn, Cu και Cd. Εξάλλου το αλκαλικό PH που επικρατεί στην υπό εξέταση περιοχή δεν επιτρέπει τη γρήγορη διαλυτοποίηση των τοξικών μετάλλων της χωματερής (Muñoz-Meléndez et al, 2000). Τα μέτρα προστασίας που λαμβάνονται τα τελευταία έτη φαίνεται ότι παρεμπόδισαν σε μεγάλο βαθμό τη διαρροή τοξικών βαρέων μετάλλων από τη χωματερή.

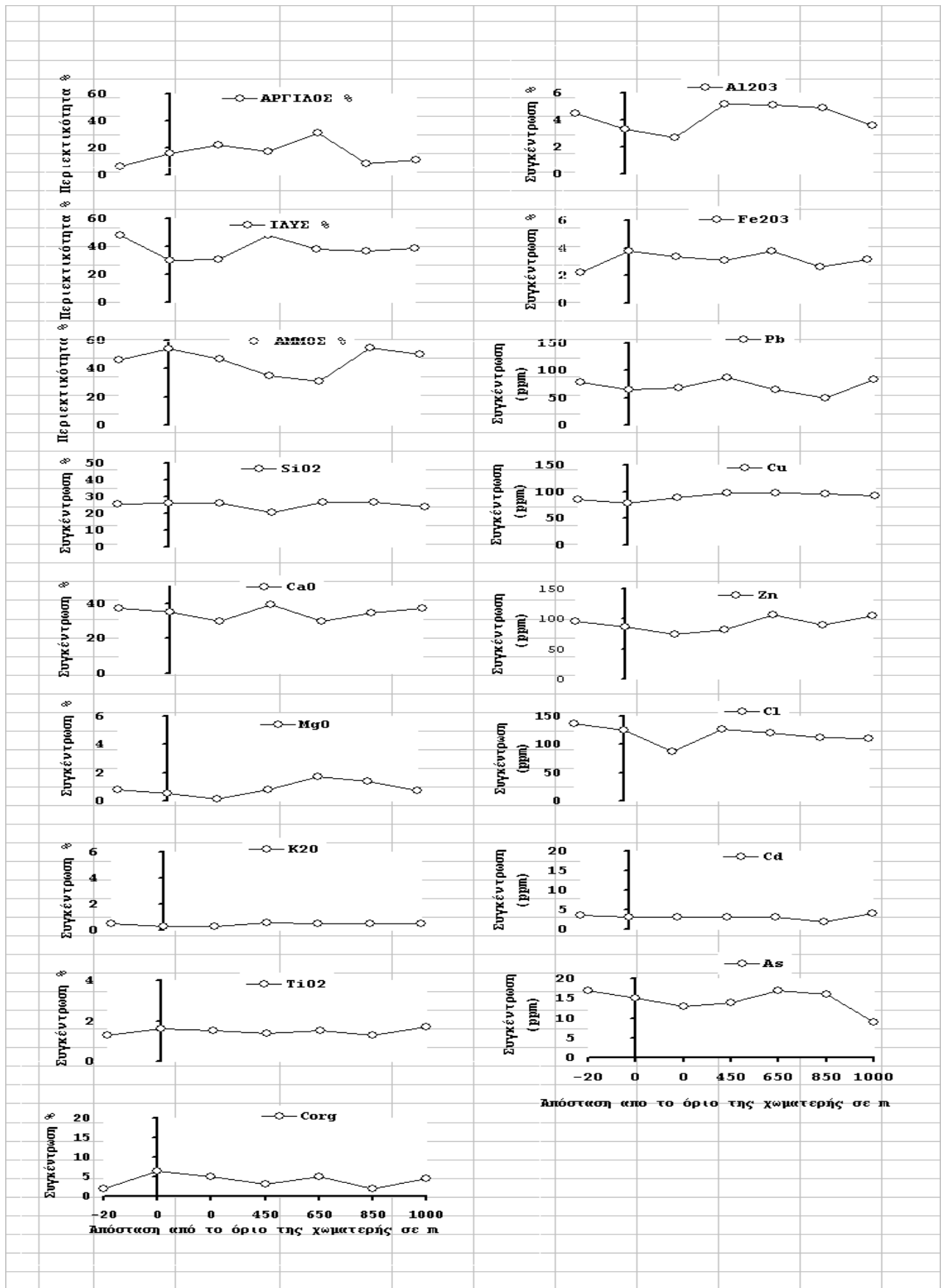
| ΔΕΙΓΜΑ | ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ | ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ (%) | | | | | | | | ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ (ppm) | | | | | | |
|--------|-------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|------------------|------------------|-------------------------------|--------------------|------|-----|----|------|-------|-------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | TiO ₂ | H ₂ O ⁺ | Pb | Cu | Cd | Hg | As | Zn | Cl |
| 1 | Cc, Q, Mu, Ch, (ill) | 26.1 | 3.3 | 3.8 | 34.9 | 0.5 | 0.3 | 1.6 | 29.33 | 65.0 | 78.0 | 3.0 | + | 15.0 | 87.0 | 125.0 |
| 2 | Cc, Q, Mu, Ch, (ill) | 25.8 | 4.5 | 2.2 | 37.0 | 0.8 | 0.5 | 1.3 | 26.78 | 78.0 | 85.0 | 3.5 | + | 17.0 | 96.0 | 136.0 |
| 3 | Cc, Q, Mu, Ch | 26.0 | 2.7 | 3.4 | 30.0 | 0.1 | 0.3 | 1.5 | 28.88 | 69.0 | 89.0 | 3.0 | + | 13.0 | 75.0 | 88.0 |
| 4 | Cc, Q, Ch, Mu, Mont | 23.7 | 3.6 | 3.2 | 37.0 | 0.7 | 0.5 | 1.7 | 28.49 | 83.0 | 92.0 | 4.0 | + | 9.0 | 105.0 | 110.0 |
| 5 | Cc, Q, Mu | 26.4 | 4.9 | 2.6 | 34.8 | 1.4 | 0.5 | 1.3 | 26.62 | 49.0 | 96.0 | 2.0 | + | 16.0 | 89.0 | 112.0 |
| 6 | Cc, Q, Mu, Ch, Mont | 26.5 | 5.1 | 3.8 | 29.9 | 1.7 | 0.5 | 1.5 | 28.9 | 65.0 | 97.0 | 3.0 | + | 17.0 | 107.0 | 120.0 |
| 7 | Cc, Q, Mu, Ch, Mont | 20.8 | 5.2 | 3.1 | 39.5 | 0.8 | 0.6 | 1.4 | 28.49 | 87.0 | 98.0 | 3.0 | + | 14.0 | 82.0 | 127.0 |

Πίνακας 6. Ορυκτολογική σύσταση, ολική χημική σύσταση και περιεκτικότητα επτά ιχνοστοιχείων στα δείγματα ιζημάτων του χειμάρου που εξέρχεται από τη χωματερή των Α. Λιοσίων.

Cc: ασβεσίτης, Q: χαλαζίας, Mu: μοσχοβίτης, Ch : χαμοσίτης, ill : ιλλίτης, Mont: μοντιμοριλλονίτης.

Table 6. Mineralogical and chemical composition of the sediments.

Cc: calcite, Q: quartz, Mu : muscovite, Ch : chamosite, ill. : illite, Mont : montmorillonite.



Σχήμα 2. Διακύμανση των συγκεντρώσεων άμμου, ιλύος, αργίλου και των εξειασθέντων κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων κατά μήκος του ποταμοχειμάρρου που εξέρχεται της χωματερές.
 Fig. 2. Variations of sand, silt and clay, main elements and toxic trace elements along the river bed.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Βγενόπουλος Α., Δ. Κατσίνης, 1997: Προσδιορισμός προσροφημένου μεθανίου στην εδαφική επικάλυψη της χωματερής Άνω Λιοσίων. Συσχετισμός με το εκλυόμενο βιοαέριο, επιπτώσεις και τρόποι αντιμετώπισης, *Ορυκτός Πλούτος*, Ιούλιος - Σεπτέμβριος, Σελ.7-22.
- [2] Βγενόπουλος Α., 1996: Σύγχρονοι μέθοδοι διαχείρισης και επεξεργασίας απορριμμάτων και ο συσχετισμός τους με τα περιβαλλοντικά - εδαφικά προβλήματα, *Ορυκτός Πλούτος*, Απρίλιος - Ιούνιος, Σελ.51-57.
- [3] Bouyoucos G. J., 1962: The hydrometer method improved for making particle size analysis of soils, *Agron.*
- [4] Calace N., A. Liberatori, B. M. Petronio and M. Pietroletti , 2001 : Characteristics of different molecular weight fractions of organic matter in landfill leachate and their role in soil sorption of heavy metals. *Environmental Pollution*, Volume 113, Issue 3, Pages 331-339
- [5] Correns, C.W., 1963 : Experiments on the Decomposition of Silicates and Discussion of Chemical Weathering. *Clays Clay minerals Symp.* Publ.
- [6] Debra R. Reinhart, 1993: A review of recent studies on the sources of hazardous compounds emitted from solid waste landfills: A U.S. experience. *Waste Management & Research*, volume 11, pp. 257-268.
- [7] Flanagan F., 1973: 1972 values for international geochemical reference samples. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, Vol. 37, pp. 1189-1200.
- [8] Folk, R, 1974: Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill's Texas Publishing Co. Austin.
- [9] Kinman R.N. and D.L. Nutini, 1992: Physical chemical Treatment of Sanitary Landfill Leachate. 46th *Purdue Industrial Waste Conference Proceedings*, pp. 793.
- [10] Kugler H., F. Ottner, H Froeschl, R. Adamacova and B. Schwaighofer, 2002: Retention of inorganic pollutants in clayey base sealings of municipal landfills. *Applied clay science*, Volume 21, Issues 1-2, pages 45-58.
- [11] Muñoz-Meléndez G., A. Korre and S. J. Parry, 2000: Influence of soil pH on the fractionation of Cr, Cu and Zn in solid phases from a landfill site, *Environmental Pollution*, Volume 110, Issue 3, Pages 497-504.
- [12] Sheffer and Schachtschabel, 1992: Lehrbuch der Bodenkunde. Enke.
- [13] Tjerk Peters, 1993: Chemical And Physical Changes In The Subsoil Of Three Waste Landfills. *Waste Management & Research*, Vol. 11, No. 1, pp. 17-25