

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ &
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ ΜΕ ΤΗ
ΧΡΗΣΗ ΑΛΚΑΛΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ».**

ΣΑΜΠΑΛΙΩΤΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

ΝΑΘΑΝΑΗΛ ΕΛΕΝΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010

**«ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΑΥΟΣ ΜΕ ΤΗ
ΧΡΗΣΗ ΑΛΚΑΛΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ».**

ΣΑΜΠΑΛΙΩΤΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

ΝΑΘΑΝΑΗΛ ΕΛΕΝΑ

Υποβολή Πτυχιακής διατριβής που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του Πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

16/06/2010

ΠΑΠΑΣΤΕΡΓΙΑΔΗΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμότερες ευχαριστίες μας στον καθηγητή μας του τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων, Δρ. Παπαστεργιάδη Ευθύμιο για την αμέριστη συμπαράστασή του σε κάθε βήμα της εργασίας αυτής.

ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΛΚΑΛΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ».

ΣΑΜΠΑΛΙΩΤΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

ΝΑΘΑΝΑΗΛ ΕΛΕΝΑ

ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Τροφίμων & Διατροφής, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη Τ.Θ. 141

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η σταθεροποίηση της ενεργού ιλύος (λάσπης) με τη βοήθεια αλκαλικών μέσων. Γίνεται παρακολούθηση των φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων των δειγμάτων της ενεργού ιλύος. Η μέθοδος σταθεροποίησης της ενεργού ιλύος ονομάζεται ασβεστοποίηση και αναφέρεται ως εναλλακτικός τρόπος διαχείρισης της ενεργού ιλύος με χαμηλότερο κόστος. Η διαχείρισή της έχει αναχθεί ήδη σε ένα μείζον πρόβλημα σε πολλές Ελληνικές αστικές περιοχές. Γενικά η ιλύς παράγεται σε όλη τη χώρα και το πρόβλημα της διάθεσής της αφορά όλη την Ελλάδα. Τόσο η Ευρωπαϊκή όσο και η Ελληνική νομοθεσία επιβάλλουν την επεξεργασία της ιλύος πριν από την εδαφική της διάθεση, ενώ δεν αποτελεί αποδεκτή ενέργεια η απλή μεταφορά και εναπόθεσή της σε χωματερές ή χώρους υγειονομικής ταφής. Απαιτεί επομένως ασφαλή και περιβαλλοντικά αποδεκτή διαχείριση με συγκεκριμένες προδιαγραφές, τις οποίες ορίζει η σχετική νομοθεσία.

Παρακάτω ακολουθεί μελέτη της αναμιξιμότητας των αλκαλικών μέσων και της ενεργού ιλύος, ο προσδιορισμός των πειραματικών συνθηκών και βιβλιογραφική ανασκόπηση της ενεργού ιλύος και των αλκαλικών μέσων.

Σκοπός της σταθεροποίησης της λάσπης είναι η μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών, των οσμών και της δυνατότητας της λάσπης να γίνει σηπτική. Μπορεί να επιτευχθεί με την χημική ή βιολογική οξείδωση του οργανικού μέρους της

και τη δημιουργία συνθηκών ακατάλληλων για την επιβίωση των μικροοργανισμών. Οι κυριότερες μέθοδοι είναι η αναερόβια και αερόβια χώνευση, ενώ ακόμα χρησιμοποιούνται οι λίμνες σταθεροποίησης, η επεξεργασία με ασβέστη ή χλώριο και η θερμική επεξεργασία.

Στο τέλος ακολουθούν συμπεράσματα και συζήτηση των αποτελεσμάτων της πειραματικής διαδικασίας που εφαρμόστηκε.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	10
2.1 ΠΗΓΕΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ	10
2.1.1 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΟΥ ΙΛΥΟΣ	11
2.1.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ.....	13
2.1.3 ΕΙΔΗ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ.....	15
2.1.4 ΣΥΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	19
2.2 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	20
2.2.1 ΕΙΔΗ ΙΛΥΟΣ ΠΟΥ ΚΑΛΥΠΤΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	23
2.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ.....	24
2.3.1 ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	24
2.3.2 ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ	25
2.3.3 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ	27
2.4 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ.....	28
2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΛΚΑΛΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ	29
2.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ	30
2.7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	31
2.7.1 ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΟ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ (X-RAY DIFFRACTION)	31
2.7.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ ΣΑΡΩΣΗΣ (SEM).....	32
3. ΣΚΟΠΟΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ.....	33
4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	36
4.1 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	37
4.1.1 ΟΛΙΚΗ ΜΕΣΟΦΙΛΗ ΧΛΩΡΙΔΑ (ΟΜΧ)	37

4.1.2 ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΟΜΟΡΦΑ (COLIFORMS)	38
4.2 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	40
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	43
5.1 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	43
5.1.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗ ΜΙΚΡΟΑΝΑΛΥΣΗ	50
5.2 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	71
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	75
7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	78
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	80

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαχείριση και η διάθεση της ενεργού ιλύος αποτελεί μείζον παγκόσμιο πρόβλημα. Η ενεργός ιλύς, ή λυματολάσπη, ή λάσπη, προέρχεται από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού. Αν και πλούσια σε υγρασία, η ιλύς αποτελεί στερεό απόβλητο. Τα αλκαλικά μέσα που παράγονται από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας είναι σημαντικές κατηγορίες στερεών αποβλήτων, των οποίων οι μεθοδολογίες διαχείρισης αποτελούν ένα σύνθετο αντικείμενο. Στην Ελλάδα παράγονται σημαντικές ποσότητες ενεργού ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων (Π. Σαμαράς κ.α., 2007), που έχουν ως επακόλουθο την έλλειψη χώρων υγειονομικής ταφής η οποία είναι ακατάλληλη ως μακροπρόθεσμη λύση (C.A. Paradimitriou et al., 2007).. Ως εκ τούτου, η ενεργός ιλύς αξιοποιείται σε μικρό βαθμό στη γεωργία για την ανάπτυξη των φυτών και την ενίσχυση ορισμένων φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους, ενώ μικρές ποσότητες μπορούν να οδηγηθούν προς καύση για την αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου (P.Samaras et al., 2007). Από την άλλη και τα αλκαλικά μέσα βρίσκουν διάφορες εφαρμογές όπως στην οδοποιία, ως δομικά υλικά και στην επεξεργασία των αποβλήτων (Π. Σαμαράς κ.α., 2007).

Στην ιλύ μεταφέρονται τόσο οργανικά όσο και ανόργανα υλικά από τα λύματα. Αυτά τα υλικά είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν μετά από κατάλληλη επεξεργασία της ιλύος, όπως με εφαρμογή τους στο έδαφος (βελτιωτικό, λίπανση, κ.λπ.) (Τσώνης, 2004).

Όμως, η απευθείας εφαρμογή της ενεργού ιλύος στο έδαφος περιορίζεται εξαιτίας της παρουσίας παθογόνων οργανισμών και βαρέων μετάλλων (F. Czechowski & T. Marcinkowski, 2006). Τα βαρέα μέταλλα μπορούν να επηρεάσουν τους φυσικούς οργανισμούς του εδάφους, να επιβραδύνουν την ανάπτυξη των φυτών και κυρίως αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία διαμέσου των μηχανισμών της βιοσυσσωρευσης στην τροφική αλυσίδα (C.A. Paradimitriou et al., 2007). Η επεξεργασία και διάθεση τελικά της ιλύος που προέρχεται από μια μονάδα βιολογικού καθαρισμού είναι ίσως το πιο σημαντικό στάδιο στην επεξεργασία των αποβλήτων (Μαρκαντωνάτος Γ., 1986).

Ιδιαίτερα η διάθεση της ιλύος συνιστά ένα από τα κυριότερα προβλήματα της σύγχρονης πραγματικότητας, το οποίο προβληματίζει πολλούς φορείς. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού υιοθετούνται πολλές φορές λύσεις που δεν εξυπηρετούν τις αρχές της προστασίας του περιβάλλοντος και μπορούν να το βλάψουν. Σε τέτοιες περιπτώσεις έχει παρατηρηθεί κατά καιρούς ότι η ιλύς αποτίθεται ανεξέλεγκτα σε παρακείμενους της εγκατάστασης ανοιχτούς χώρους ή διασπείρεται σε χαράδρες και εγκαταλελειμμένες εκτάσεις, οπότε με την έκπλυση από τα ύδατα των βροχών και την κίνηση των ρύπων στο έδαφος μπορούν να προκληθούν σοβαρά προβλήματα ρυπάνσεων και μολύνσεων σε εδαφικά και υδάτινα οικοσυστήματα (Chen G.,et al, 2002).

Στην Ελλάδα το πρόβλημα διάθεσης της ιλύος παρουσιάστηκε τα τελευταία 10-20 χρόνια και δεν υπάρχει η συσσωρευμένη πείρα των άλλων χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στη χώρα μας ο κύριος όγκος της ιλύος διατίθεται σήμερα στους χώρους εναπόθεσης των στερεών απορριμμάτων και σχετικά μικρές ποσότητες διατίθενται στο έδαφος σαν λίπασμα (Heleco, 1995).

Στόχος είναι η σταθεροποίηση της ενεργού ιλύος με τη προσθήκη αλκαλικών μέσων αλλά και η υγιεινή και οικονομική επεξεργασία της (C.A. Papadimitriou et al., 2007).

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ

2.1 ΠΗΓΕΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ

Η ιλύς ή λάσπη, όπως γίνεται κατανοητό, είναι το κύριο παραπροϊόν της επεξεργασίας καθαρισμού των λυμάτων και υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες της (DG-Environment, 2001):

- Ιλύς που παράγεται από την επεξεργασία αστικών λυμάτων, τα οποία αποτελούνται από οικιακά λύματα ή μίγμα οικιακών με βιομηχανικά λύματα ή/και όμβρια ύδατα.
- Ιλύς που παράγεται από την επεξεργασία βιομηχανικών λυμάτων.
- Ιλύς από την επεξεργασία πόσιμου νερού πριν την κατανάλωσή του. Το ποσό της παραγόμενης ιλύος αυτού του είδους είναι σημαντικά μικρότερο από αυτό των δυο προηγούμενων κατηγοριών.

Η ενεργός ιλύς προέρχεται από τη διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων. Τα λύματα είναι είτε αστικά είτε βιομηχανικά. Τα αστικά λύματα είναι τα οικιακά λύματα ή το μίγμα οικιακών με βιομηχανικά λύματα. Τα λύματα αυτά προέρχονται από τις κατοικίες και διάφορες άλλες δραστηριότητες, όπως χώροι εργασίας, δημόσιες επιχειρήσεις κ.α.). Τα οικιακά λύματα είναι τα λύματα από περιοχές κατοικίας και υπηρεσιών που προέρχονται κυρίως από τον ανθρώπινο μεταβολισμό και τις εμπορικές δραστηριότητες.

Τα βιομηχανικά λύματα είναι οποιαδήποτε λύματα που απορρίπτονται από κτήρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα (DG-Environment, 2001).

Τα λύματα μπορεί να περιέχουν ορισμένα ανεπιθύμητα συστατικά συμπεριλαμβανομένων των οργανικών, ανόργανων και τοξικών ουσιών καθώς και παθογόνων μικροοργανισμών. Στις τοξικές ουσίες ανήκουν κυρίως βαρέα μέταλλα που μπορεί να είναι επικίνδυνα τόσο για τα φυτά όσο και για τα ζώα, όπως επίσης και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί στα ανεπεξέργαστα λύματα προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Επομένως, είναι αναγκαίο να μειωθούν οι

τοξικές ουσίες και να καταστραφούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί πριν τη διάθεση των λυμάτων (J. Werther & T. Ogada, 1999).

Τα χαρακτηριστικά της λάσπης εξαρτώνται από το αρχικό ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων και από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διαφόρων επεξεργασιών της. Κατά την επεξεργασία απομακρύνεται από τα λύματα το ρυπαντικό φορτίο και επομένως η λάσπη περιέχει μεγάλη ποικιλία ουσιών (DG-Environment, 2001).

2.1.1 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ

Η ενεργός ιλύς αποτελείται από:

- Υγρά
- Στερεά
- Μικροοργανισμούς

Σαν υγρό θεωρούμε το νερό, το οποίο αποτελεί και το μεγαλύτερο ποσοστό του βάρους της, με τιμές που κυμαίνονται από 98% στην ενεργό ιλύ από δευτεροβάθμια επεξεργασία έως 75% στην αφυδατωμένη ιλύ σε ορισμένες περιπτώσεις.

Θα πρέπει να τονισθεί ότι η λάσπη, σε αντίθεση με την συνηθισμένη έννοια του όρου, δεν είναι πυκνό ή με στερεή μορφή αιώρημα, αλλά εντελώς υδαρές (παχύρευστο) υγρό, που παρότι περιέχει 40 περίπου φορές περισσότερες στερεές ουσίες από τα αστικά λύματα (5% έναντι 1,25), εξακολουθεί να έχει μορφή υγρού. Μόνο μετά την επεξεργασία πύκνωσης, χώνευσης ,αφυδάτωσης κ.λπ. η λάσπη παίρνει στερεή μορφή, με αρκετή ακόμη υγρασία (75%), που μπορεί να ελαττωθεί πολύ (10%) με θερμική ξήρανση (Μαρκαντωνάτος, 1986).

Τα στερεά που βρίσκονται στην ιλύ χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

- Στα αιωρούμενα στερεά (Suspended Solids-SS), που μετρώνται κατά την εξάτμιση του υπολείμματος σε ειδικό διηθητικό φίλτρο και αποτελούν μέτρο ελέγχου του βαθμού απόδοσης των μονάδων επεξεργασίας.

- Στα διαλυμένα στερεά (Dissolved Solids-DS), που μετρώνται κατά την εξάτμιση του αντίστοιχου διηθήματος.

Τόσο τα αιωρούμενα στερεά όσο και τα διαλυμένα αποτελούνται από σταθερά και πτητικά στερεά. Στις διαδικασίες επεξεργασίας σημαντικό ρόλο έχουν τα πτητικά καθόσον χρησιμοποιούνται ως μέτρο του οργανικού μέρους και ιδιαίτερα στην επεξεργασία της λάσπης δείχνουν το βαθμό σταθεροποίησης της (Στάμος, 1994).

Ανάλογα με τη χημική σύσταση διακρίνονται τα οργανικά και ανόργανα στερεά.

Τα κυριότερα οργανικά συστατικά είναι οι πρωτεΐνες, οι υδρογονάνθρακες, τα λιπίδια, επιφανειακά ενεργές ουσίες από διάφορα απορρυπαντικά, οι φαινόλες που δεν διασπώνται σε μεγάλες συγκεντρώσεις και εντομοκτόνα, φυτοφάρμακα. Η μέτρησή τους λόγω της πολύπλοκης σύστασής τους είναι αδύνατη και ως μέτρο χρησιμοποιείται η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την αερόβια οξείδωσή τους από τους μικροοργανισμούς (BOD). Η μέτρηση του BOD μαζί με αυτή των ολικών αιωρούμενων στερεών είναι η συνηθέστερη κατά την επεξεργασία της λάσπης (Metcalf-Eddy, 2004).

Στα ανόργανα συστατικά περιλαμβάνονται το αμμωνιακό άζωτο, ο ανόργανος φώσφορος σαν ορθοφωσφορικά, τα χλωριούχα, ενώσεις του θείου και τα βαρέα μέταλλα. Τα τελευταία είναι ρυπαντές και οι κύριες πηγές τους στην ιλύ των λυμάτων είναι τα αστικά λύματα, οι απορροές των δρόμων και τα βιομηχανικά απόβλητα. Η συγκέντρωσή των βαρέων μετάλλων στη λάσπη ποικίλει και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την βιομηχανική συνιστώσα των ανεπεξεργαστων λυμάτων (Κάρτσωνας, 2005).

Όσον αφορά τους μικροοργανισμούς υπάρχει μεγάλη πληθώρα, ειδικά όταν ακολουθούνται βιολογικές επεξεργασίες, και τα κυριότερα είδη που απαντώνται είναι τα βακτηρίδια, οι μύκητες, τα πρωτόζωα, τα άλγη, τα μαλακόστρακα και οι ιοί. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι κυρίως βακτήρια, ιοί και έλμινθες και τα χαρακτηριστικά τους εξαρτώνται από την υγεία και το μέγεθος του πληθυσμού που εξυπηρετείται από το δίκτυο αποχέτευσης και το είδος βιομηχανίας στην περιοχή.(DG-Environment, 2001) Για το χαρακτηρισμό της μικροβιολογικής ποιότητας σαν ενδεικτικοί παθογόνοι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται τα

κολοβακτηρίδια που βρίσκονται σε μεγάλο βαθμό στα έντερα του ανθρώπου (Στάμος,1994). Τα παθογόνα αδρανοποιούνται με την έκθεσή τους στη θερμότητα και η διάρκεια έκθεσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία και το είδος. Επίσης οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι ευαίσθητοι και στο pH (Κάρτσωνας, 2005).

Ορισμένα συστατικά της μπορούν επωφελώς να επαναχρησιμοποιηθούν στη γεωργία όπως τα οργανικά στερεά, το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο, το ασβέστιο κ.α., ενώ άλλα είναι ρυπαντές όπως τα βαρέα μέταλλα, ορισμένα οργανικά και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί (DG-Environment, 2001).

2.1.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ

Για την σωστή επεξεργασία και διάθεση των στερεών της ιλύος που παράγονται στις μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά τους. Τα χαρακτηριστικά διαφέρουν ανάλογα με την προέλευση, την ηλικία και τον τρόπο επεξεργασίας τους (Metcalf-Eddy,2004).

Η σύσταση της ιλύος εξαρτάται από το ρυπαντικό φορτίο των προς επεξεργασία λυμάτων, από το είδος της επεξεργασίας των λυμάτων, καθώς επίσης και από την επεξεργασία της ιλύος (Κάρτσωνας,2005). Τυπικά χαρακτηριστικά σύστασης της ιλύος παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Τυπικά χαρακτηριστικά ιλύος ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας (Κάρτσωνας, 2005).

Κατηγορία ιλύος	A	B1	B2	C	D
Ξηρά ουσία(DS) (kg/ m ³)	12	9	7	10	30
Πτητικά στερεά(VS) (%DS)	65	67	77	72	50
pH	6	7	7	6.5	7
C (%VS)	51.5	52.5	53	51	49
H (%VS)	7	6	6.7	7.4	7.7

O	(%VS)	35.5	33	33	33	35
N	(%VS)	4.5	7.5	6.3	7.1	6.2
C/N		11.4	7.0	8.7	7.2	7.9
P	(%DS)	2	2	2	2	2
Cl	(%DS)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
K	(%DS)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Al	(%DS)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Ca	(%DS)	10	10	10	10	10
Fe	(%DS)	2	2	2	2	2
Mg	(%DS)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Λίπη	(%DS)	18	8	10	14	10
Πρωτεΐνες	(%DS)	24	36	34	30	18
Θερμική ισχύς	(kwh/tDS)	4200	4100	4800	4600	3000

A: πρωτοβάθμια ιλύς

B1: βιολογική ιλύς (χαμηλή φόρτιση >0.2kg /kg MLSS)

B2: βιολογική ιλύς (υψηλή και μέση φόρτιση >0.2kg /kg MLSS)

C: μικτή ιλύς (πρωτοβάθμια και βιολογική)

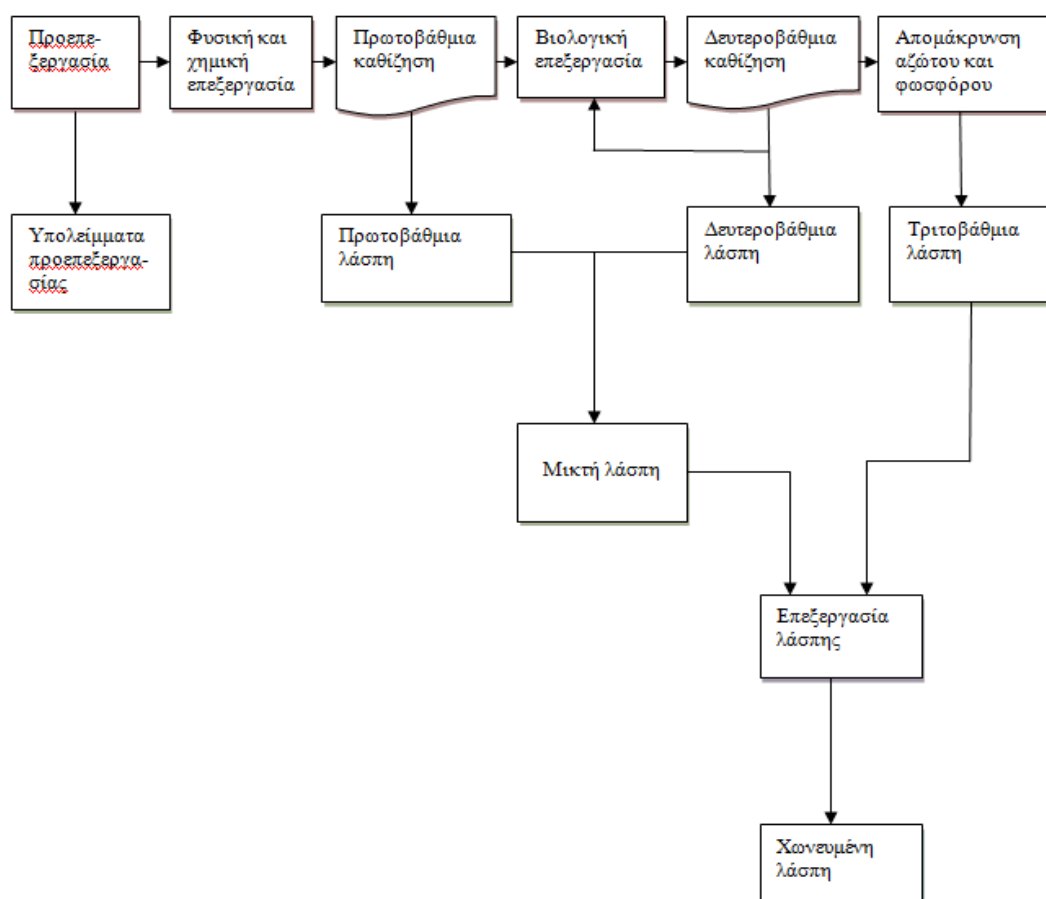
D: χωνευμένη ιλύς

Αναφέρεται ότι το χρώμα είναι ενδεικτικό της ηλικίας και της προέλευσης. Επίσης η οσμή είναι ενδεικτικό στοιχείο της κατάστασής τους. Απόβλητα που δεν έχουν υποστεί σήψη έχουν γκρίζο χρώμα και ελαφρά δυσάρεστη οσμή, ενώ εκείνα

που έχουν υποστεί σήψη έχουν μαύρο χρώμα και πολύ ενοχλητική οσμή που οφείλεται σε έκλυση υδρόθειου (Στάμος, 1994).

2.1.3 ΕΙΔΗ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ

Η λάσπη που παράγεται από τις συμβατικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, προέρχεται από πρωτοβάθμιες, δευτεροβάθμιες και τριτοβάθμιες ή προχωρημένες επεξεργασίες. Έχει συνήθως συγκέντρωση σε στερεά λίγων γραμμαρίων ανά λίτρο και είναι σε υψηλό βαθμό βιοαποικοδομήσιμη. Επίσης κάθε είδος επεξεργασίας έχει διαφορετική επίπτωση στο ρυπαντικό φορτίο (DG-Environment, 2001). Μια σχηματική παράσταση των διαφόρων σταδίων και της παραγόμενης σε αυτά λάσπης δίνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1: Επεξεργασία λυμάτων και παραγωγή ιλύος (DG-Environment, 2001).

Διακρίνουμε τα παρακάτω είδη:

• **Προεπεξεργασία**

Αποτελείται από διάφορες φυσικές ή μηχανικές διεργασίες, όπως εσχάρωση, κοσκίνισμα, εξάμμωση, τεμαχισμό, ελαιοδιαχωρισμό και λιποεξαγωγή.

Η προεπεξεργασία συμβάλλει στην απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων, της άμμου και των λιπών. Τα υπολείμματα της προεπεξεργασίας δεν θεωρούνται ως λάσπη και αποτίθενται σε χωματερές (DG-Environment, 2001).

• **Πρωτοβάθμια ιλύς**

Η πρωτοβάθμια λάσπη παράγεται κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων. Το στάδιο αυτό αποτελείται από φυσικές και χημικές διεργασίες ώστε να απομακρυνθούν τα αιωρούμενα συστατικά, όπως στερεά, λίπη και αφρός (DG-Environment, 2001).

Η πιο συνήθης φυσική διεργασία είναι η καθίζηση. Επιφέρει την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών από το υγρό μέσω κατακάθισης με βαρύτητα. Η ιλύς συλλέγεται από τον πυθμένα της δεξαμενής. Είναι η πιο εύχρηστη μέθοδος λόγω της απλότητά της και της καλής σχέσης κόστους-απόδοσης. Μια δεύτερη φυσική επεξεργασία είναι η επίπλευση, στην οποία αέρας εισάγεται στα λύματα σε μορφή φυσαλίδων, οι οποίες προσκολλώνται στα σωματίδια και τα ανυψώνουν στην επιφάνεια. Η ιλύς απομακρύνεται από την επιφάνεια με κινούμενο ξέστρο (DG-Environment, 2001).

Σε αυτές τις διεργασίες μπορεί να απομακρυνθεί το 50-70% των αιωρούμενων στερεών και το 25-40% του BOD (DG-Environment, 2001).

Οι χημικές διεργασίες περιλαμβάνουν τη συσσωμάτωση και κροκίδωση. Αυτές χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό των αιωρούμενων στερεών των οποίων οι ταχύτητες καθίζησης είναι πολύ μικρές. Με την προσθήκη και τη γρήγορη ανάμιξη ενός κροκιδωτικού, όπως οργανικά πολυμερή, προκαλείται εξουδετέρωση των φορτίων και αποσταθεροποίηση των κolloειδών σωματιδίων ώστε να μπορούν να συσσωματώνονται και να καθιζάνουν (DG-Environment, 2001).

• Δευτεροβάθμια ή βιολογική ιλύς

Η βιολογική ιλύς παράγεται κατά την δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων, στην οποία ειδικοί μικροοργανισμοί, κυρίως βακτήρια, αποσυνθέτουν-οξειδώνουν τις οργανικές ουσίες που παραμένουν σε αυτά μετά την πρωτοβάθμια επεξεργασία. Οι μικροοργανισμοί αναπαραγονται καταναλώνοντας τις οργανικές ουσίες και απομακρύνονται σε επόμενο στάδιο με καθίζηση ή κάποια άλλη διαδικασία. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές όπως ο λιμνο-δεξαμενισμός, τα συστήματα ενεργού ιλύος και τα βιολογικά φίλτρα (DG-Environment, 2001).

Η τεχνική του λιμνο-δεξαμενισμού χρησιμοποιεί την ανάπτυξη βακτηριακού πληθυσμού σε μια λίμνη, ο οποίος μετατρέπει τις οργανικές ουσίες σε CO₂ και βιομάζα. Το οξυγόνο τροφοδοτείται στο σύστημα διαμέσου της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας μικροφυκών, όπως μονοκύτταρα άλγη, και μακροφυκών. Εναλλακτικά, η τροφοδοσία του αέρα γίνεται τεχνητά με επιφανειακούς αεριστήρες ή διαχυτήρες. Τα λύματα διέρχονται διαδοχικά από εν σειρά λίμνες σε καθεμία εκ των οποίων επιτυγχάνεται ένας ανώτατος βαθμός επεξεργασίας (DG-Environment, 2001).

Στα βιολογικά φίλτρα η εισροή των λυμάτων έρχεται σε επαφή με βακτήρια τα οποία βρίσκονται προσκολλημένα σε κάποιο βοηθητικό μέσο (DG-Environment, 2001).

Στα συστήματα ενεργού ιλύος τα βακτήρια διατηρούνται σε αιώρηση μέσα στη δεξαμενή σε αερόβιες συνθήκες. Στο τέλος της διεργασίας τα λύματα διέρχονται από δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης προκειμένου να διαχωριστούν τα υγρά από την

λάσπη. Η μέθοδος αυτή παράγει ένα τύπο λάσπης που είναι γνωστός ως περίσσεια ενεργού ιλύος (DG-Environment, 2001).

- **Μικτή ιλύς**

Είναι μίγμα πρωτοβάθμιας και βιολογικής ιλύος (DG-Environment, 2001).

- **Τριτοβάθμια ιλύς**

Παράγεται κατά την τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Πρόκειται για διεργασίες που ακολουθούν τη δευτεροβάθμια επεξεργασία και αποσκοπούν στην απομάκρυνση των παραμενόντων θρεπτικών συστατικών (κυρίως αζώτου και φωσφόρου), μέσω δραστηριότητας υψηλής απόδοσης βακτηρίων ή χημικών διεργασιών.

Αυτού του είδους η επεξεργασία είναι απαραίτητη όταν απαιτείται υψηλός βαθμός αντιρρύπανσης, όπως για παράδειγμα σε αποδέκτες ευαίσθητων περιοχών (DG-Environment, 2001).

Σε μια αντίδραση νιτροποίησης, το άζωτο καταναλώνει οξυγόνο σε φυσικό περιβάλλον. Η αμμωνία και τα νιτρώδη, τα οποία οξειδώνονται, είναι τοξικές ουσίες και ευθύνονται για το φαινόμενο του ευτροφισμού. Η απομάκρυνση του αζώτου είναι μια βιολογική διαδικασία που οδηγεί στην παραγωγή . Κάθε στάδιο εκτελείται από ειδικά βακτήρια που χρειάζονται διαφορετικές συνθήκες για να αναπτυχθούν (DG-Environment, 2001).

Η απομάκρυνση του φωσφόρου γίνεται με χημικές ή βιολογικές διεργασίες. Οι χημικές περιλαμβάνουν χρήση χημικών προσθέτων και στη συνέχεια καθίζηση. Η χρήση των χημικών αυξάνει την παραγόμενη ποσότητα της λάσπης σε μια εγκατάσταση κατά 30%. Οι βιολογικές διεργασίες χρησιμοποιούν ειδικούς

μικροοργανισμούς που είναι ικανοί να αποθηκεύσουν τον φώσφορο, οι οποίοι στη συνέχεια απομακρύνονται με τη λάσπη (DG-Environment, 2001).

2.1.4 ΣΥΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Όταν οι βιομηχανίες είναι εγκατεστημένες κοντά σε μια πόλη συνίσταται η προοπτική της διάθεσης των βιομηχανικών αποβλήτων στο αποχετευτικό δίκτυο και στη συνέχεια η κοινή επεξεργασία. Οι πόλεις δέχονται τα βιομηχανικά απόβλητα για επεξεργασία και κατόπιν αμοιβής, το ύψος της οποίας εξαρτάται από την ποσότητα των βιομηχανικών αποβλήτων και το βαθμό φόρτισής τους. Σε πολλές περιπτώσεις η ανάμιξη των βιομηχανικών αποβλήτων με τα αστικά λύματα θεωρείται θετική, διότι η παρουσία ορισμένων στοιχείων ή ενώσεων διευκολύνει την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, όπως για παράδειγμα η παρουσία αζώτου, φωσφόρου, ελαφρώς όξινων διαλυμάτων και υλικών με θρομβωτικές ικανότητες (Νταρακάς, 2006).

Τα βιομηχανικά απόβλητα που πρόκειται να συνεπεξεργαστούν με τα αστικά λύματα, ανάλογα με τη σύστασή τους και την επίδρασή τους στα λύματα μπορούν να διαχωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες: (Νταρακάς, 2006)

- Απόβλητα τα οποία χωρίς καμία προεπεξεργασία είναι δυνατόν να αναμιχθούν με αστικά, οικιακά, λύματα γιατί η σύστασή τους ελάχιστα διαφέρει από αυτά.

- Καθαρά οργανικά απόβλητα τα οποία μπορούν να αναμιχθούν με τα οικιακά λύματα μόνο όταν ρυθμιστεί η παροχή τους. Ενδεχόμενες υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να αλλοιώσουν τα χαρακτηριστικά των αστικών λυμάτων. Αυτό μπορεί να ρυθμιστεί με την παρεμβολή μιας δεξαμενής εξισορρόπησης πριν την ανάμιξη προς κοινή επεξεργασία.

- Απόβλητα τα οποία μπορούν να διατεθούν στα αστικά λύματα μόνον κατόπιν μιας προεπεξεργασίας. Με την προεπεξεργασία αυτή επιδιώκεται να κατακρατηθούν ή να εξουδετερωθούν σε επίπεδα ποιότητας των αστικών λυμάτων ορισμένοι ρυπαντές όπως χονδρόκοκκα υλικά, επιπλεύουσες και καθιζάνουσες ουσίες, λίπη και

έλαια, υψηλές θερμοκρασίες, όξινα- αλκαλικά απόβλητα, επικίνδυνα αέρια ή ουσίες που μπορεί με τα αέρια των υπονόμων να δημιουργήσουν καταστάσεις έκρηξης, επικίνδυνες μολυσματικές ενώσεις ικανές να προκαλέσουν επιδημίες, τοξικές ουσίες που αναστέλλουν τη δράση των μικροοργανισμών και ραδιενεργές ουσίες.

Από την κοινή επεξεργασία βιομηχανικών και αστικών λυμάτων υπάρχουν οφέλη όπως :

- Αυξημένη οικονομία από τη δημιουργία μεγαλύτερων εγκαταστάσεων
 - Έμπειρη φροντίδα και επίβλεψη
 - Ευνοϊκότερη επεξεργασία με ποιοτική εξισορρόπηση των υγρών αποβλήτων
 - Πρόσθετη ασφάλεια των φυσικών αποδεκτών από αιφνίδιες φορτίσεις
- (Νταρακάς, 2006)

2.2 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Γενικά, η υφιστάμενη νομοθεσία τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο εστιάζεται κυρίως στη χρήση της ιλύος στη γεωργία. Προς το παρόν άλλες χρήσεις και τρόποι διάθεσης της ιλύος εμπίπτουν σε πιο γενικές διατάξεις που σχετίζονται με την διαχείριση των αποβλήτων.

Παρόλο που αρκετές Οδηγίες έχουν επίδραση στη διαχείριση ιλύος, όπως η κοινοτική Οδηγία 1999/31/EEC περί υγειονομικής ταφής, αυτές που θεωρούνται σημαντικότερες είναι οι 86/278/EEC και 91/271/ EEC.

Η κοινοτική οδηγία 86/278/EEC αναφέρεται στην προστασία του περιβάλλοντος και συγκεκριμένα του εδάφους κατά την εφαρμογή της ιλύος στην γεωργία. Ορίζει ελάχιστα όρια ποιότητας για το έδαφος και τη λάσπη που εφαρμόζεται στη γεωργία και καθορίζει διαδικασίες παρακολούθησης και ελέγχου της εφαρμογής. Οι οριακές τιμές που περιλαμβάνονται στην Οδηγία αυτή αφορούν κυρίως συγκεντρώσεις σε βαρέα μέταλλα, τόσο για τη λάσπη όσο και για το έδαφος,

και μέγιστα ετήσια φορτία που μπορούν να προστεθούν στο έδαφος κατά την εφαρμογή της λάσπης.

Η κοινοτική οδηγία 91/271/ EEC αφορά την επεξεργασία αστικών λυμάτων και αποσκοπεί στην προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της διάθεσης των λυμάτων. Καθορίζει τα κατώτατα επίπεδα επεξεργασίας που πρέπει να επιτευχθούν σταδιακά στα λύματα και προβλέπει προηγμένη επεξεργασία για την απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου σε ευαίσθητες περιοχές. Ως ευαίσθητες περιοχές ορίζονται περιοχές ιδιαίτερα ευαίσθητες στον ευτροφισμό, επιφανειακά νερά με υψηλά επίπεδα νιτρικών αλάτων που προορίζονται για πόση καθώς και άλλα νερά που απαιτούν υψηλό βαθμό επεξεργασίας προκειμένου να ικανοποιήσουν τα κριτήρια που προβλέπουν οι κανονισμοί. Η Οδηγία αυτή στο άρθρο 14 υποστηρίζει επίσης την επαναχρησιμοποίηση της λάσπης που παράγεται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων όπου αυτή κρίνεται κατάλληλη με την προϋπόθεση ότι θα ελαχιστοποιούνται οι δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Στην ίδια οδηγία απαγορεύεται η απόρριψη της ιλύος σε επιφανειακά νερά και προδιαγράφεται ότι η διαχείρισή της υπόκειται στους γενικούς κανόνες που αφορούν τη διαχείριση των αποβλήτων. Τέλος απαιτεί λεπτομερή έλεγχο και παρακολούθηση της διαχείρισής της και επιβάλλει στα κράτη μέλη να προσκομίζουν αναφορά για τη διάθεσή της κάθε δυο χρόνια.

Εκτός από αυτές τις οδηγίες η απόφαση 98/488/EC της Επιτροπής, που καθιερώνει τα οικολογικά κριτήρια για την απονομή της κοινοτικής οικολογικής ετικέτας στα εδαφοβελτιωτικά, διευκρινίζει αν αυτά τα προϊόντα περιέχουν ιλύ.

Άλλες Οδηγίες που έχουν αντίκτυπο στην διαχείριση της λάσπης είναι οι 1999/31/ EC, περί υγειονομικής ταφής αποβλήτων, η οποία αποβλέπει στην μείωση του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος των αποβλήτων που προορίζονται για ταφή και απαγορεύει την ταφή υγρών και ανεπεξεργαστων αποβλήτων και 2000/76/EC, περί αποτέφρωσης αποβλήτων, η οποία θέτει οριακές τιμές στις εκπομπές ρύπων στον αέρα. Η υγειονομική ταφή σύμφωνα με τις συστάσεις πρέπει σταδιακά να περιοριστεί στο ελάχιστο.

Η κοινοτική Οδηγία 86/278/EEC έχει ενσωματωθεί στη νομοθεσία των περισσότερων κρατών μελών αν και τα κράτη μέλη μπορούν να θεσπίζουν

αυστηρότερα μέτρα από τα προβλεπόμενα στην οδηγία. Σύμφωνα με έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι εθνικές νομοθεσίες αρκετών μελών είναι πιο αυστηρές από τις προδιαγραφές της 86/278/EEC (πίνακας 2).

Πίνακας 2: Σύγκριση εθνικών προδιαγραφών με τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές (DG-Environment, 2001)

Εθνικές προδιαγραφές σε σύγκριση με αυτές της Ε.Ε.	
Πολύ πιο αυστηρές	Δανία, Φινλανδία, Σουηδία, Ολλανδία
Πιο αυστηρές	Αυστρία, Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Πολωνία
Παρόμοιες	Ελλάδα, Ιρλανδία, Ιταλία, Λουξεμβούργο, Πορτογαλία, Ισπανία, Μ. Βρετανία, Εσθονία, Λιθουανία

Όσον αφορά τη χρήση της ιλύος σε άλλες εδαφικές εφαρμογές όπως σε δάση, σε αναδασωτέες εκτάσεις και στη δασοπονία, δεν καθορίζονται ειδικοί περιορισμοί.

Επιπλέον των νομοθετικών ρυθμίσεων, οι επιτροπές ISO και CEN καθιερώνουν διεθνή πρότυπα και καθορίζουν συστάσεις σχετικά με τη διαχείριση λάσπης. Συγκεκριμένα, η CEN/TC 308 αναφερόμενη στο χαρακτηρισμό της λάσπης έχει δημοσιεύσει ή είναι στο στάδιο της σύνταξης των εκθέσεων και των προτύπων όσον αφορά:

- ορθές πρακτικές για τη χρήση και τη διάθεση της λάσπης (χρήση της λάσπης στη γεωργία, αποκατάσταση εδάφους, υγειονομική ταφή της λάσπης, αποτέφρωση),
- τυποποιημένο λεξιλόγιο,
- προσδιορισμό των διαφόρων στοιχείων στη λάσπη (φώσφορος, άζωτο, οργανικές ενώσεις, παθογόνα).

2.2.1 ΕΙΔΗ ΙΛΥΟΣ ΠΟΥ ΚΑΛΥΠΤΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η κοινοτική Οδηγία 86/278/EEC υιοθετήθηκε από τα κράτη μέλη προκειμένου να ρυθμίσει, όπως αναφέρει, τη χρησιμοποίηση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων στη γεωργία ώστε να αποφεύγονται τυχόν επιβλαβείς επιπτώσεις στο έδαφος, τη βλάστηση, τα ζώα και τον άνθρωπο, ενθαρρύνοντας παράλληλα την ορθή χρήση της.

Στη συγκεκριμένη οδηγία νοείται ως ιλύς:

1. Η ιλύς που προέρχεται από σταθμούς καθαρισμού που επεξεργάζονται τα οικιακά ή αστικά λύματα και από άλλους σταθμούς καθαρισμού που επεξεργάζονται λύματα των οποίων η σύνθεση είναι παρόμοια με τη σύνθεση των οικιακών και αστικών λυμάτων,

2. η ιλύς που προέρχεται από σηπτικούς βόθρους και άλλες παρόμοιες εγκαταστάσεις για την επεξεργασία των λυμάτων,

3. η ιλύς που προέρχεται από σταθμούς καθαρισμού μη αναφερόμενους στα σημεία 1 και 2

Τα περισσότερα κράτη μέλη έχουν ενσωματώσει αυτές τις προδιαγραφές στις εθνικές τους νομοθεσίες για τη λάσπη. Σε αρκετές περιπτώσεις όπως στο Βέλγιο, τη Δανία, την Ιταλία και την Ολλανδία, οι νόμοι αναφέρονται στην εφαρμογή και αστικής, αλλά και βιομηχανικής ιλύος.

Το πεδίο εφαρμογής των εθνικών κανονισμών των σχετικών με τη λάσπη, είναι στις περισσότερες περιπτώσεις παρόμοιο με τους ορισμούς που παρέχονται στην Οδηγία. Πολύ λίγα ειδικά μέτρα για τη λάσπη από τους σηπτικούς βόθρους συμπεριλαμβάνονται στους εθνικούς κανονισμούς. Επίσης κανονισμοί για λάσπη που παράγεται από ειδικούς βιομηχανικούς τομείς γενικά δεν αναφέρονται. Η διάθεση της βιομηχανικής λάσπης στο έδαφος καλύπτεται στην πλειοψηφία των χωρών από γενικότερους κανονισμούς διαχείρισης αποβλήτων. Παρόλα αυτά, σε πολλές χώρες καθορίζονται ειδικές επεξεργασίες και πιθανοί τρόποι χρήσης για μερικούς τύπους βιομηχανικών αποβλήτων. Προβλέπονται δηλαδή ειδικά μέτρα για τη διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων και ισχύουν μεν κανόνες παρόμοιοι με αυτούς που απαιτούνται για την διάθεση της αστικής λάσπης, αλλά απαγορεύεται η διάθεση και

ανάκτηση από συγκεκριμένους τύπους λάσπης. Τέτοιες είναι λάσπες που προκύπτουν από απορρίμματα τροφών, ποτών, από αίματα και εντόσθια από σφαγεία, από ασβεστοποιημένες λάσπες τσιμεντοβιομηχανιών, λάσπες από χαρτοβιομηχανίες και επεξεργασμένες λάσπες από βυρσοδεψεία. Επίσης προβλέπεται για εφαρμογή στη γεωργία μόνο εκείνων των ειδών ιλύος που έχουν θετική ή θρεπτική επίδραση στις σοδειές.

2.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

2.3.1 ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Σύμφωνα με την κοινοτική Οδηγία 86/278/EEC, οι εθνικές νομοθεσίες που καθιερώθηκαν από τα διάφορα κράτη μέλη απαγορεύουν τη χρήση της ιλύος στη γεωργία εάν οι συγκεντρώσεις ενός ή περισσότερων βαρέων μετάλλων στη λάσπη υπερβαίνουν ειδικές οριακές τιμές. Επιπρόσθετα καθορίζονται και οριακές τιμές για τη συγκέντρωση μετάλλων στο έδαφος το οποίο θα δεχθεί τη λάσπη και τα κράτη μέλη πρέπει να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα ώστε να μη σημειωθεί υπέρβαση αυτών των οριακών τιμών. Για το λόγο αυτό εφαρμόζουν μια από τις παρακάτω διαδικασίες:

1. καθορισμός οριακών τιμών συγκέντρωσης σε βαρέα μέταλλα στην ιλύ, σε συνδυασμό με μια μέγιστη ποσότητά της (μέγιστο ετήσιο φορτίο) που μπορεί να εφαρμοστεί στο έδαφος, εκφρασμένη σε τόνους ξηράς ουσίας ανά μονάδα επιφάνειας και έτος.

2. καθορισμός οριακών τιμών των ποσοτήτων των μετάλλων που προστίθενται στο έδαφος ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου.

Σύμφωνα με την Οδηγία 86/278/EEC προτείνονται οι τιμές του πίνακα 3.

Πίνακας 3: Οριακές τιμές βαρέων μετάλλων σε έδαφος και λάσπη και μέγιστο φορτίο εφαρμογής

	Στο έδαφος (mg/kg)	Στη λάσπη (mg/kg)	Φορτίο (kg/εκτάριο.έτος)
Cd	1-3	20-40	0.15
Cu	50-140	1000-1750	12
Hg	1-1.5	16-25	0.1
Ni	30-75	300-400	3
Pb	50-300	750-1200	15
Zn	150-300	2500-4000	30

Όλα τα κράτη μέλη ακολουθούν τον πρώτο κανόνα με μοναδική εξαίρεση την Αγγλία στην οποία δεν καθορίζονται οριακές τιμές βαρέων μετάλλων στη λάσπη, αλλά οριακές τιμές ποσοτήτων τους για εφαρμογή στο έδαφος, σύμφωνα με το δεύτερο κανόνα.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση οι μέσες περιεκτικότητες σε βαρέα μέταλλα που παρατηρούνται στη λάσπη η οποία παράγεται στις διάφορες χώρες, είναι σημαντικά χαμηλότερες από τα όρια που θέτει η Οδηγία

Οι μέγιστες ποσότητες λάσπης που μπορούν να εφαρμοστούν στη γη κυμαίνονται σε 1-10 τόνους ανά εκτάριο και ανά έτος, σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς. Ωστόσο αυτές δεν υπερβαίνουν συνήθως τους 2 τόνους ανά εκτάριο και έτος.

2.3.2 ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Γενικά στην Οδηγία 86/278/EEC δεν περιέχονται ειδικές αναφορές που να αφορούν το περιεχόμενο της ιλύος σε παθογόνους μικροοργανισμούς κατά την

εφαρμογή της στη γεωργία. Για το λόγο αυτό η σχετική αναφορά στις νομοθεσίες των κρατών μελών είναι περιορισμένη. Αυτό μπορεί επίσης να εξηγηθεί, μερικά, από το γεγονός ότι οι εθνικές νομοθεσίες βρίσκονται υπό συνεχή αναθεώρηση, προκειμένου να καλύψουν επαρκώς την αντίστοιχη επιστημονική περιοχή. Η αναθεώρηση αυτή συχνά συνοδεύεται και από τις κατάλληλες συστάσεις όσον αφορά την επεξεργασία της λάσπης πριν την τελική διάθεσή της στο έδαφος. Ωστόσο, σε αρκετές χώρες με απώτερο στόχο την μείωση των κινδύνων για τη δημόσια υγεία υπάρχουν σχετικοί περιορισμοί.

Τα πιο συνήθη παθογόνα που εξετάζονται από τις επιμέρους κρατικές νομοθεσίες είναι η salmonella και οι εντεροϊοί. Οι αντίστοιχες οριακές τιμές διαφέρουν από χώρα σε χώρα και μια αντιπροσωπευτική εικόνα αυτών δίνεται με τον πίνακα 4.

Πίνακας 4: Οριακές συγκεντρώσεις παθογόνων μικροοργανισμών στη λάσπη

	Σαλμονέλα	Άλλα παθογόνα
Γαλλία	8/10gr ξηρής ουσίας	Εντεροϊοί: 3/10gr ξηρής ουσίας Αυγά έλμινθων: : 3/10gr ξηρής ουσίας
Ιταλία	1000/10gr ξηρής ουσίας	
Λουξεμβούργο		Εντεροβακτήρια: 100/gr ξηρής ουσίας
Πολωνία	Απαγορεύεται η γεωργική χρήση της ιλύος αν περιέχει σαλμονέλα	Παράσιτα: 10/kg ξηρής ουσίας

2.3.3 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ

Η κοινοτική Οδηγία 86/278/EEC προδιαγράφει ότι η λάσπη πρέπει να υποστεί τον κατάλληλο βαθμό επεξεργασίας πριν χρησιμοποιηθεί στη γεωργία. Ως επεξεργασμένη ιλύς ορίζεται αυτή στην οποία έχει γίνει βιολογική, χημική ή θερμική επεξεργασία, με μακροχρόνια αποθήκευση ή με οποιαδήποτε άλλη κατάλληλη διαδικασία ώστε να μειωθεί σημαντικά η ικανότητά της προς ζύμωση και ο κίνδυνος που μπορεί να προκαλέσει στην υγεία η χρήση της. Παρ' όλα αυτά μπορεί να επιτραπεί και η διάθεση ανεπεξέργαστης λάσπης εφόσον αυτή εγχέεται ή παραχώνεται στο έδαφος.

Με τον όρο προηγμένη επεξεργασία νοείται:

- Θερμική ξήρανση εφόσον η θερμοκρασία της ιλύος είναι μεγαλύτερη από 80°C και η περιεκτικότητα σε νερό μικρότερη από 10%.
- Θερμοφιλική αερόβια σταθεροποίηση στους 55°C για 20 ώρες σε αντιδραστήρες διακοπτόμενης λειτουργίας.
- Θερμοφιλική αναερόβια σταθεροποίηση στους 53°C για 20 ώρες σε αντιδραστήρες διακοπτόμενης λειτουργίας.
- Θερμική επεξεργασία της ιλύος για τουλάχιστον 30min στους 70°C και στη συνέχεια μεσοφιλική χώνευση στους 35°C, με χρόνο παραμονής τουλάχιστον 12 ημέρες.
- Χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το $pH > 12$ για περίοδο τριών μηνών.
- Χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το $pH > 12$ για περίοδο δύο ωρών σε θερμοκρασία 55°C (Κάρτσωνας, 2005).

Με τον όρο συμβατική επεξεργασία νοείται:

- Θερμοφιλική αερόβια σταθεροποίηση της ιλύος στους 55°C με ελάχιστο χρόνο παραμονής 20 ημέρες.
- Θερμοφιλική αναερόβια σταθεροποίηση της ιλύος στους 53°C με ελάχιστο χρόνο παραμονής 20 ημέρες.
- Μεσοφιλική αναερόβια σταθεροποίηση της ιλύος στους 35°C με ελάχιστο χρόνο παραμονής 15 ημέρες.
- Παρατεταμένος αερισμός σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σε αντιδραστήρες διακοπτόμενης λειτουργίας.
- Χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το $\text{pH} > 12$ για 12 έως 24 ώρες.
- Αποθήκευση της υγρής ιλύος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για ικανό χρονικό διάστημα χωρίς ανάμιξη και απομάκρυνση κατά τη διάρκεια αποθήκευσης (Κάρτσωνας, 2005).

2.4 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ

Με την ΚΥΑ 80568/4225/91 ενσωματώθηκε στην ελληνική νομοθεσία η Οδηγία 86/278/EC, χωρίς τροποποιήσεις. Έχει γίνει μόνο προσθήκη ορίων για το χρώμιο: 500mg/kg ξηράς ουσίας για το Cr(III) και 10mg/kg ξηρού για το Cr(VI).

Στην ΚΥΑ 11428/1997 καθορίζονται Τεχνικές Προδιαγραφές διαχείρισης της ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Ειδικότερα προδιαγράφονται οι μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος (πάχυνση, χώνευση, αφυδάτωση, ξήρανση, καύση και κομποστοποίηση ιλύος). Όσον αφορά στη διάθεση της ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων προδιαγράφεται μόνο η διάθεση της ιλύος στη γεωργία, παραπέμποντας πρακτικά στην ΚΥΑ 80568/4225/91.

Με την ΚΥΑ 50910/2727/2003 εντάσσεται στην ελληνική νομοθεσία ο ευρωπαϊκός Κώδικας Αποβλήτων, σύμφωνα με τον οποίο τα << απόβλητα από τον καθαρισμό λυμάτων>> και <<λάσπη σηπτικής δεξαμενής>> εντάσσονται στο κεφάλαιο περί δημοτικών αποβλήτων και γίνονται δεκτά σε ΧΥΤΑ.

Με την ίδια ΚΥΑ καθορίζεται ο Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης των μη επικίνδυνων αποβλήτων στα οποία περιλαμβάνεται και η ιλύς από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Κύριος στόχος του Εθνικού σχεδιασμού για την ιλύ είναι η επίτευξη υψηλού ποσοστού αξιοποίησης με αντίστοιχη μείωση του ποσοστού τελικής διάθεσης. Οι δράσεις μέσω των οποίων μπορεί να γίνει η αξιοποίηση της ιλύος είναι:

1. Απευθείας χρήση σε αγροτικές εφαρμογές, σύμφωνα με τους περιορισμούς της ΚΥΑ 80568/4225/91.
2. Επανάταξη στο φυσικό περιβάλλον "τραυματισμένων" φυσικών ανάγλυφων, υπό την προϋπόθεση ότι η ιλύς θα είναι σταθεροποιημένη ή θα έχει υποστεί συνεπεξεργασία με άλλα μη επικίνδυνα βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα, όπως το οργανικό κλάσμα των αστικών στερεών αποβλήτων.
3. Ξήρανση της ιλύος και χρήση αυτής ως καυσίμου ύλης.

2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΛΚΑΛΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

Τα αλκαλικά μέσα που χρησιμοποιούνται για τη σταθεροποίηση της ενεργού ιλύος έχουν ως στόχο να μειώσουν τα βαρέα μέταλλα και τους παθογόνους μικροοργανισμούς που υπάρχουν στην ενεργό ιλύ. Τα αλκαλικά μέσα είναι τα κατάλοιπα που παράγονται κατά την καύση του άνθρακα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι εμπλουτισμένα με CaO, MgO, SiO₂ και Fe-Mn οξείδιο, έχουν pH μέχρι και 12 ανάλογα με τις πηγές του άνθρακα (D.C. Su & J.W.C. Wong, 2003). Ωστόσο, η επίδραση των αλκαλικών μέσων στη βιοδιαθεσιμότητα των μετάλλων κατά την ανάμιξη με την ενεργό ιλύ εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες όπως η περιεκτικότητα σε μέταλλα, η προέλευση της ενεργού ιλύος (επεξεργασία

αστικών, βιομηχανικών αποβλήτων), οι συνθήκες ανάμιξης, το ποσοστό των δύο υλικών κατά την ανάμιξη κλπ (Π. Σαμαράς κ.α., 2007).

2.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Οι μικροβιολογικοί παράγοντες που εξετάσαμε ανήκουν στην οικογένεια Enterobacteriaceae, είναι βακτήρια κυλινδρικά, αρνητικά κατά Gram, ασπορογόνα, κινητά ή ακίνητα, αερόβια ή προαιρετικά αναερόβια.

- ❖ **Κολοβακτηριοειδή** : Τα βακτήρια του γένους *Escherichia* αποτελούν την ομάδα των κολοβακτηριοειδών ή κολοβακτηριοδιομόρφων (Coliforms). Αυτά έχουν όλα τα γνωρίσματα της οικογένειας Enterobacteriaceae. Κύριο και κοινό γνώρισμά τους είναι η ικανότητά τους να ζυμώνουν τη λακτόζη γρήγορα σε οξύ και αέριο. Τα βακτήρια αυτά χρησιμεύουν ως δείκτες εντερικής ρυπάνσεως των τροφίμων, γι' αυτό έχουν μεγάλη σημασία για τη δημόσια υγεία.

- ❖ **Escherichia Coli** : είναι βέβαιης εντερικής προελεύσεως και η παρουσία της στα τρόφιμα σημαίνει βέβαιη εντερική ρύπανση. Βρίσκεται μόνιμα στο κατώτερο τμήμα του εντέρου του ανθρώπου και των ζώων. Πολλά στελέχη είναι παθογόνα για τον άνθρωπο και τα ζώα.

- ❖ **Salmonella** : είναι εντερικά παράσιτα του ανθρώπου και των ζώων. Τα τρόφιμα μολύνονται σε κάθε περίπτωση, άμεσης ή έμμεσης ρυπάνσεως με τα κόπρανα του ανθρώπου και των ζώων. Είναι ευαίσθητη στη θερμότητα (καταστρέφεται στους 56°C * 1 h) και τα αντισηπτικά. Αντίθετα, αντέχουν στο κρύο και την κατάψυξη. Η μετάδοση των σαλμονελάσεων γίνεται από

το πεπτικό σύστημα με τα μολυσμένα τρόφιμα. Στον άνθρωπο προκαλούν δύο κύριους τύπους λοιμώξεων : i) τον τυφοειδή και παρατυφοειδή πυρετό και ii) τις τροφολοιμώξεις.

2.7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

2.7.1 ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΟ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ (X-RAY DIFFRACTION)

Η αναλυτική μέθοδος της περίθλασης ακτίνων Χ, χρησιμοποιεί την περίθλαση μονοχρωματικής ακτινοβολίας, γνωστού μήκους κύματος λ , πάνω στα επίπεδα του κρυσταλλικού πλέγματος για τον προσδιορισμό των εσωτερικών των εσωτερικών αποστάσεων d , βάσει του τύπου του Bragg :

$$n * \lambda = 2 * \eta \mu \theta$$

όπου : n είναι η τάξη περίθλασης, οι αποστάσεις των κρυσταλλικών ενώσεων είναι χαρακτηριστικές, οπότε είναι δυνατή η αναγνώριση των ενώσεων (Χανδρινός, 2004).

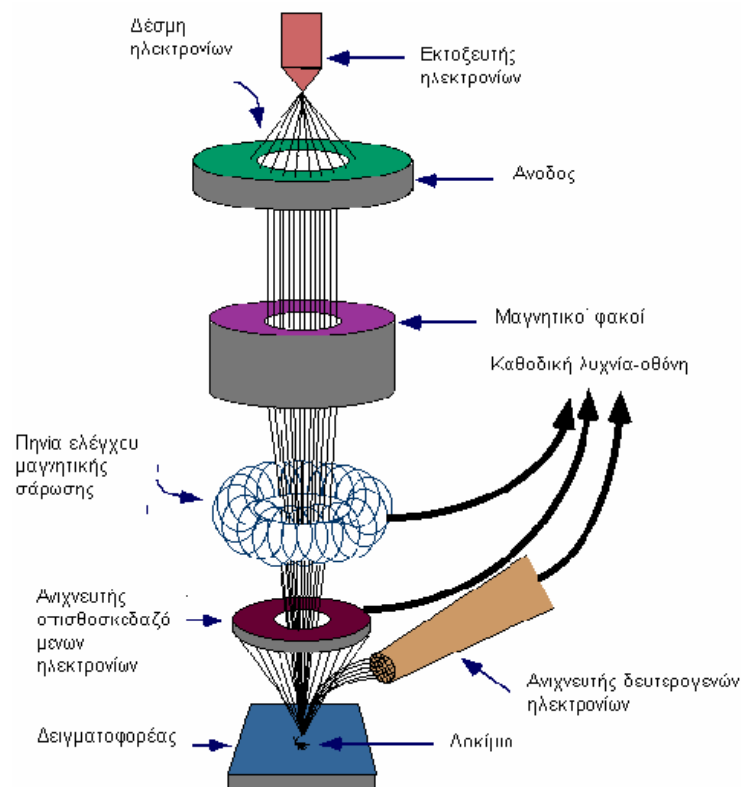
Η πειραματική διαδικασία έγινε στο περιθλασίμετρο ακτίνων Χ (Σχήμα 2) που αποτελείται από μια πηγή ακτίνων Χ συγκεκριμένου μήκους κύματος, θάλαμο και τράπεζα τοποθέτησης του δείγματος, ανιχνευτή ακτίνων Χ (μετρητής Geiger), γωνιόμετρο και ηλεκτρονικό σύστημα με ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Σχήμα 2. Περιθλασίμετρο ακτίνων Χ (Χατζηγιάννης κ.α., 1995)

2.7.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ ΣΑΡΩΣΗΣ (SEM)

Η ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (Scanning Electron Microscopy –SEM) είναι μια απεικονιστική τεχνική που επιτυγχάνει μεγάλες τιμές μεγέθυνσης, όπως φαίνεται στο σχήμα 3. Το SEM, της εταιρίας Carl Zeiss, μοντέλο EVO 50, χρησιμοποιεί ηλεκτρόνια αντί για φωτόνια για τον σχηματισμό μιας εικόνας. Μια δέσμη ηλεκτρονίων παράγεται στο πάνω μέρος της διάταξης, μέσω θέρμανσης ενός μεταλλικού νήματος. Η δέσμη ηλεκτρονίων ακολουθεί μια κατακόρυφη διαδρομή διαμέσου του σωλήνα του μικροσκοπίου, στον οποίο προηγουμένως έχουμε δημιουργήσει κενό. Το κενό αυτό αποσκοπεί, κατά πρώτο λόγο, στην αποφυγή του παρεμποδισμού της δέσμης από αιωρούμενα σωματίδια και κατά δεύτερον στην αποτροπή του ιονισμού τους. Ο καθορισμός της πορείας των ηλεκτρονίων επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών φακών οι οποίοι εστιάζουν και κατευθύνουν τη δέσμη προς το δείγμα. Με την πρόσκρουση της δέσμης στο δείγμα, άλλα ηλεκτρόνια- δευτερογενή- εκτοξεύονται από το δείγμα λόγω του φαινομένου της σκέδασης. Αυτά τα ηλεκτρόνια συλλέγονται από ανιχνευτές που τα μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα που στέλνεται σε μια οθόνη όπου προβάλλεται η εικόνα του δείγματος. Οι μεγεθύνσεις που μπορούν να επιτευχθούν με αυτή τη μέθοδο είναι της τάξης των μερικών χιλιάδων. Επειδή το SEM χρησιμοποιεί ηλεκτρόνια για την παραγωγή της εικόνας, απαιτείται τα δείγματα να είναι αγώγιμα. Προκειμένου να απεικονίσουμε τα μη αγώγιμα υλικά πρέπει να δημιουργήσουμε στην επιφάνειά τους μια αγώγιμη επικάλυψη (Παναγιώτογλου, 2006).



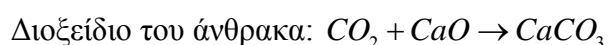
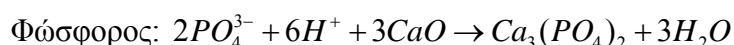
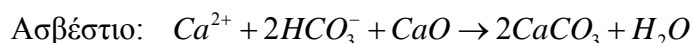
Σχήμα 3. Σχηματική αναπαράσταση διάταξης SEM (Κουή, κ.α.)

3. ΣΚΟΠΟΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ

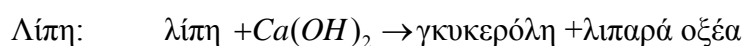
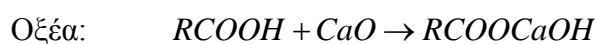
Μια μέθοδος για να εξαλειφθούν οι ενοχλητικοί παράγοντες της λάσπης (παθογόνοι μικροοργανισμοί, οσμές, σήψη) είναι μέσω της χρήσης αλκαλικού υλικού, ώστε να καταστεί αδύνατη η επιβίωση των μικροοργανισμών. Στη σταθεροποίηση με αλκαλικό μέσο γίνεται προσθήκη αυτού στη λάσπη, σε επαρκείς ποσότητες, ώστε το pH να αυξηθεί τουλάχιστον στο 12. Η διατήρηση του pH σε υψηλά επίπεδα δημιουργεί συνθήκες που σταματούν ή στην πραγματικότητα επιβραδύνουν τις μικροβιακές αντιδράσεις οι οποίες σε διαφορετική περίπτωση θα οδηγούσαν σε σήψη της λάσπης, στη δημιουργία οσμών και σε παραγωγή λάσπης επικίνδυνης για την υγεία. Η διαδικασία μπορεί να αδρανοποιήσει τους ιούς, τα

βακτήρια και άλλους παρόντες μικροοργανισμούς. Για τη σταθεροποίηση προστίθεται είτε οξείδιο του ασβεστίου (CaO), είτε υδροξείδιο του ασβεστίου (Metcalf-Eddy, 2004).

Οι χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται μεταβάλλουν την χημική σύνθεση της λάσπης. Μερικές αντιπροσωπευτικές από αυτές, απλοποιημένες, αντιδράσεις είναι οι παρακάτω: (Metcalf-Eddy, 2004)



Μερικές αντιδράσεις με οργανικά συστατικά είναι οι εξής:



Άλλες αντιδράσεις που επίσης συμβαίνουν είναι η υδρόλυση των πολυμερών, ειδικά των υδρογονανθράκων και των πρωτεϊνών, και η υδρόλυση της αμμωνίας από αμινοξέα (Metcalf-Eddy, 2004).

Αρχικά η προσθήκη αλκαλικού μέσου αυξάνει το pH της λάσπης. Καθώς συμβαίνουν οι παραπάνω αντιδράσεις και σε περίπτωση ανεπαρκούς παρουσίας ποσότητας αλκαλικού μέσου, το pH μειώνεται. Απαιτείται επομένως υπερεπάρκεια σε αλκαλικό μέσο. Επιπλέον, η βιολογική δραστηριότητα παράγει προϊόντα όπως διοξείδιο του άνθρακα και οργανικά οξέα που αντιδρούν με το αλκαλικό μέσο. Εάν η βιολογική διαδικασία στη λάσπη δεν έχει ανασταλεί επαρκώς, η παραγωγή αυτών των προϊόντων έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του pH και την μειωμένη σταθεροποίηση της λάσπης. Παράγονται τότε πολλά απαέρια με ενοχλητική οσμή, ειδικά αμμωνία, που απαιτούν συλλογή και επεξεργασία σε ιδιαίτερα συστήματα διαχείρισης οσμών όπως οι χημικές συσκευές καθαρισμού ή τα βιοφίλτρα (Στάμος κ.α., 1994).

Η προσθήκη ασβέστη (CaO) οδηγεί αρχικά σε αντίδραση με το νερό και παράγεται υδροξείδιο του ασβεστίου ($Ca(OH)_2$). Η αντίδραση αυτή είναι εξώθερμη και απελευθερώνει περίπου $64 \text{ KJ/g}^* \text{ mol}$. Επιπρόσθετα η αντίδραση του ασβέστη με το διοξείδιο του άνθρακα είναι επίσης εξώθερμη και παράγονται περίπου 180 KJ/g^*

mol. Αποτέλεσμα αυτών είναι η ουσιαστική αύξηση της θερμοκρασίας της λάσπης (Metcalf-Eddy, 2004).

Οι δόσεις που χρησιμοποιούνται εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της λάσπης, το απαιτούμενο pH και τον χρόνο διατήρησης. Συνήθως επιδιώκεται η ανύψωση του pH σε επίπεδα πάνω από το 12, ώστε να εξασφαλιστεί η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, και η διατήρησή του πάνω από το 11 για μερικές ημέρες (Στάμος κ.α.,1994).

Τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- το χαμηλό κόστος
- η απλότητα της λειτουργίας και
- ότι παράγεται ένα πλούσιο προϊόν που μοιάζει με έδαφος και έχει πολύ λίγα παθογόνα (Στάμος κ.α.,1994)

ενώ τα βασικά μειονεκτήματά της είναι:

- οι μεγάλες ποσότητες στερεών που παράγονται λόγω της προσθήκης ασβέστη και
- το γεγονός ότι η λάσπη παραμένει σταθεροποιημένη μόνο εφόσον το pH παραμένει σε υψηλά επίπεδα, αλλιώς η βιολογική αποσύνθεση επαναρχίζει.

Λόγω των μειονεκτημάτων της η μέθοδος χρησιμοποιείται σαν εφεδρική κάποιας άλλης μορφής σταθεροποίησης σε περίπτωση ανάγκης ή σαν προσωρινή μορφή σταθεροποίησης εν όψει κάποιας μονιμότερης (Στάμος κ.α.,1994).

4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Κατά τη διάρκεια της μελέτης αυτής πραγματοποιήθηκε η ανάμιξη της ενεργού ιλύος με τα αλκαλικά μέσα, δηλαδή ενός παραπροϊόντος μιας βιομηχανικής διεργασίας επεξεργασίας σιδήρου και υδροξειδίου του ασβεστίου ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) έτσι ώστε να προκύψουν οι σωροί (περίπου 30 Kg) με τις εξής αναλογίες :

1. Ενεργός ιλύς : χωρίς προσθήκη αλκαλικών μέσων (δείγμα ελέγχου- control- δείγμα 0)
2. Ενεργός ιλύς : αλκαλικό μέσο 2,5% επί της ξηρής ύλης (δείγμα 1)
3. Ενεργός ιλύς : αλκαλικό μέσο 5,0% επί της ξηρής ύλης (δείγμα 2)
4. Ενεργός ιλύς : αλκαλικό μέσο 10,0% επί της ξηρής ύλης (δείγμα 3)
5. Ενεργός ιλύς : αλκαλικό μέσο 20,0% επί της ξηρής ύλης (δείγμα 4)
6. Ενεργός ιλύς : αλκαλικό μέσο 5,0% επί της ξηρής ύλης και υδροξείδιο του ασβεστίου (ξηρό) 5,0% με περιεκτικότητα τέτοια ώστε η συγκέντρωση να φτάνει συνολικά σε 10,0% (δείγμα 5)

Οι σωροί αποθηκεύτηκαν σε εξωτερικό χώρο σε μια κλειστή κατασκευή με σήτα με σκοπό να προστατεύονται από τις καιρικές συνθήκες και να εξασφαλίζονται περίπου σταθερές πειραματικές συνθήκες. Για την παραγωγή κάθε σωρού, οι απαιτούμενες ποσότητες της ιλύος και των αλκαλικών μέσων αναμιγνύονται με τη βοήθεια μηχανικού αναδευτήρα ώστε να επιτευχθεί πλήρης ομογενοποίηση των υλικών. Σε κάθε σωρό προσδιορίστηκε η μεταβολή των μικροβιολογικών και των φυσικοχημικών τους χαρακτηριστικών με το χρόνο ωρίμανσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους. Συγκεκριμένα από κάθε σωρό, ελήφθησαν δείγματα στην έναρξη της πειραματικής διαδικασίας (0 ημέρες) και για τις επόμενες 48 ημέρες από το χρόνο απόθεσης. Οι αναλύσεις που πραγματοποιούνταν καθημερινά ήταν pH, θερμοκρασία (T), αγωγιμότητα κλπ. Παράλληλα, ορισμένες από τις μικροβιολογικές αναλύσεις έγιναν σε ενδιάμεσα χρονικά διαστήματα. Για τον προσδιορισμό των παραμέτρων ακολουθήθηκαν οι πρότυπες τεχνικές μετρήσεις.

4.1 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Οι μικροβιολογικές αναλύσεις περιλαμβάνουν την ανίχνευση (παρουσία/ απουσία) και καταμέτρηση των παρακάτω οργανισμών : ολική μεσόφιλη χλωρίδα (OMX) ή ως συνολικός αριθμός μεσόφιλων (Σ.Α.Μ.)ολικά κολοβακτηρίδια (Total Coliforms), E.Coli, εντερικά κολοβακτηρίδια (Faecal Coliforms) και παρουσία/ απουσία σαλμονέλας. Οι μετρήσεις των μικροβιολογικών αναλύσεων έγιναν στις εξής μέρες όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 5 :

Πίνακας 5. Ημέρες μετρήσεων

ΗΜΕΡΕΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ
Δευτέρα	22/3/10	5
Τρίτη	13/4/10	27
Δευτέρα	3/5/10	47

4.1.1 ΟΛΙΚΗ ΜΕΣΟΦΙΛΗ ΧΛΩΡΙΔΑ (OMX)

Στην ολική μεσόφιλη χλωρίδα πραγματοποιήθηκε η μέθοδος των τρυβλίων Petri για την καταμέτρηση των αποικιών. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής :

- ❖ Αραιωτικό υγρό
- ❖ Υπόστρωμα
- ❖ Τρυβλία Petri
- ❖ Ογκομετρικά σιφόνια

- ❖ Φιάλες αραιώσεως με βιδωτό πώμα
- ❖ Μετρητής αποικιών

Αρχικά ζυγίζονται 10 g κάθε δείγματος και μεταφέρονται σε φιάλες αραιώσεως με βιδωτό πώμα που περιέχουν 90ml αραιωτικού διαλύματος, γίνεται ομογενοποίηση των δειγμάτων και έτσι προκύπτει η αρχική αραιώση 1/10 και πριν περάσουν 3 min παρασκευάζονται οι υπόλοιπες δεκαδικές αραιώσεις με τη μεταφορά 1 ml σε δοκιμαστικούς σωλήνες που περιέχουν 9πλάσια ποσότητα αραιωτικού διαλύματος. Μετά το τέλος των αραιώσεων ακολουθεί ο ενοφθαλμισμός των τρυβλίων Petri. Από κάθε δεκαδική του κάθε δείγματος μεταφέρεται 1 ml και τοποθετείται στο κέντρο του πυθμένα αποστειρωμένου τρυβλίου Petri. Σε κάθε τρυβλίο προστίθεται ποσότητα λιωμένου υποστρώματος σε θερμοκρασία 45-46°C. Η ανάμιξη του ενοφθαλμίσματος με το υπόστρωμα πρέπει να γίνει πολύ καλά με ήπιες κυκλικές κινήσεις αρχικά και οριζόντιες στη συνέχεια. Αφού γίνει η πήξη του υποστρώματος τα τρυβλία αναστρέφονται και τοποθετούνται στον επωαστικό κλίβανο. Τα τρυβλία επωάζονται στους 35 °C για 48 h. Η καταμέτρηση των αποικιών γίνεται με τη βοήθεια μετρητή αποικιών, της εταιρίας Galtenkamp Colony Counter, και αριθμούνται όλες οι αποικίες οποιουδήποτε μεγέθους. Το αποτέλεσμα της εκτιμήσεως των μικροβιακών πληθυσμών εκφράζεται σε Colony Forming Units (C.F.U) / g ή ml.

4.1.2 ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΑΔΙΟΜΟΡΦΑ (COLIFORMS)

❖ ΟΛΙΚΑ ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΑ (TOTAL COLIFORMS)

Από τις δεκαδικές αραιώσεις των δειγμάτων που έγιναν για την OMX γίνεται μεταφορά 1 ml σε δοκιμαστικούς σωλήνες που περιέχουν 9 ml υποστρώματος Mac Conkey, 3 δοκιμαστικοί σωλήνες για κάθε αραιώση. Τα δείγματα επωάζονται στους 37°C για 48 h. Οι θετικοί παράγουν αέριο και εμφανίζουν αλλαγή χρώματος. Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως Most Probable Number (MPN) Coliforms/ g ή ml.

❖ ΕΝΤΕΡΙΚΑ ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΑΙΑ (FEACAL COLIFORMS)

Από όλους τους θετικούς σωλήνες της προκαταρκτικής δοκιμής (Total coliforms) ενοφθαλμίζονται με κρίκο διαμέτρου 3 mm σωλήνες με E.C Broth (2-3 κρικές) και τα δείγματα επωάζονται στους 44,5 °C για 48 h. Οι θετικοί σωλήνες παρουσιάζουν ζύμωση λακτόζης προς οξύ και αέριο.

❖ ESCHERICHIA COLI (E. COLI)

Από όλους τους θετικούς σωλήνες της προκαταρκτικής δοκιμής (Total coliforms) ενοφθαλμίζονται με κρίκο διαμέτρου 3 mm σωλήνες με πεπτονόχο νερό για ινδόλη και τα δείγματα επωάζονται στους 44,5 °C για 48 h.. Σε όλους τους σωλήνες γίνεται προσθήκη 0,5 ml αντιδραστηρίου Kovacs και οι θετικοί παρουσιάζουν σχηματισμό κόκκινου δακτυλίου.

❖ SALMONELLA

Αρχικά ζυγίζονται 25 g δείγματος και μεταφέρονται σε κωνικές φιάλες που περιέχουν Mannitoli Broth. Τα δείγματα επωάζονται στους 37°C για 24 h. Ακολουθεί μεταφορά 1 ml δείγματος σε δοκιμαστικούς σωλήνες με Tetrathionate Broth και 1 ml σε Selenate. Τα δείγματα επωάζονται στους 37°C για 24 h. Έπειτα με τη μέθοδο της απομόνωσης, μεταφέρεται 1 κρική δείγματος σε τρυβλία Petri που περιέχουν υποστρώματα Salmonella- Sigella agar (SS) και Xylose lysine desoxycholate (XLD) και ακολουθεί επώαση 37°C για 48 h. Όσα τρυβλία με SS βγουν θετικά έχουμε δημιουργία κίτρινων αποικιών με μαύρο κέντρο και τα τρυβλία με XLD παρουσιάζουν ροδόχρωμες αποικίες με ή χωρίς μαύρο κέντρο.

4.2 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Σε κάθε σωρό και για τα χρονικά διαστήματα που έχουν καθοριστεί, έγινε ανάλυση των παρακάτω φυσικοχημικών παραμέτρων :

1. Αγωγιμότητα
2. pH
3. περιεκτικότητα σε στερεά (ολικά στερεά, πτητικά στερεά)
4. υγρασία
5. θερμοκρασία (T)
6. περιεκτικότητα στα εξής μέταλλα : K, Na, Ca, P, N, S

Οι μετρήσεις για την αγωγιμότητα, pH, θερμοκρασία και TDS έγιναν με πεχάμετρο της εταιρίας Crison MM40.

Οι μετρήσεις της υγρασίας έγιναν με ζύγιση 100 g κάθε δείγματος και τοποθέτησή τους σε πυριατήριο, της εταιρίας Memmert, στους 105°C για 24 h. Έπειτα ακολουθεί ζύγιση των δειγμάτων για μέτρηση της απώλειας της υγρασίας. Από κάθε δείγμα ζυγίζεται ποσότητα 2 g και ακολουθεί κονιορτοποίηση για τη μέτρηση XRD και EDS και ποσότητα 10 g δείγματος και τοποθέτηση σε πορσελάνινες κάψες για την μέτρηση των πτητικών στερεών. Η μέτρηση γίνεται σε φούρνο, της εταιρίας Pyrolambo, στους 550°C για 1 h. Στη συνέχεια ζυγίζεται ποσότητα 2 g και ακολουθεί κονιορτοποίηση για τη μέτρηση XRD και EDS.

Όλες οι φυσικοχημικές μετρήσεις έγιναν όπως φαίνεται στον πίνακα 6 :

Πίνακας 6. Ημέρες μετρήσεων

ΗΜΕΡΕΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ
Τετάρτη	17/3/10	0 ²
Πέμπτη	18/3/10	1 ²
Παρασκευή	19/3/10	2
Δευτέρα	22/3/10	5 ²
Τρίτη	23/3/10	6 ²
Τετάρτη	24/3/10	7
Παρασκευή	26/3/10	9
Δευτέρα	29/3/10	12 ²
Τετάρτη	7/4/10	21
Δευτέρα	12/4/10	26 ²
Τρίτη	13/4/10	27 ²
Τετάρτη	14/4/10	28
Πέμπτη	15/4/10	29
Παρασκευή	16/4/10	30
Δευτέρα	19/4/10	33 ²
Τρίτη	20/4/10	34 ²
Τετάρτη	21/4/10	35
Πέμπτη	22/4/10	36
Παρασκευή	23/4/10	37

Δευτέρα	26/4/10	40 ²
Τρίτη	27/4/10	41 ¹
Τετάρτη	28/4/10	42 ¹
Πέμπτη	29/4/10	43 ¹
Δευτέρα	3/5/10	47 ¹
Τρίτη	4/5/10	48 ^{1 2}

¹ Τα δείγματα που μετρήθηκαν σε αυτές τις ημέρες έγιναν πάντα με απιονιοσιμένο νερό λόγω δυσκολίας μετρήσεων των δειγμάτων.

² Σε αυτές τις ημέρες έγιναν οι μετρήσεις της υγρασίας και των πτητικών στερεών.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

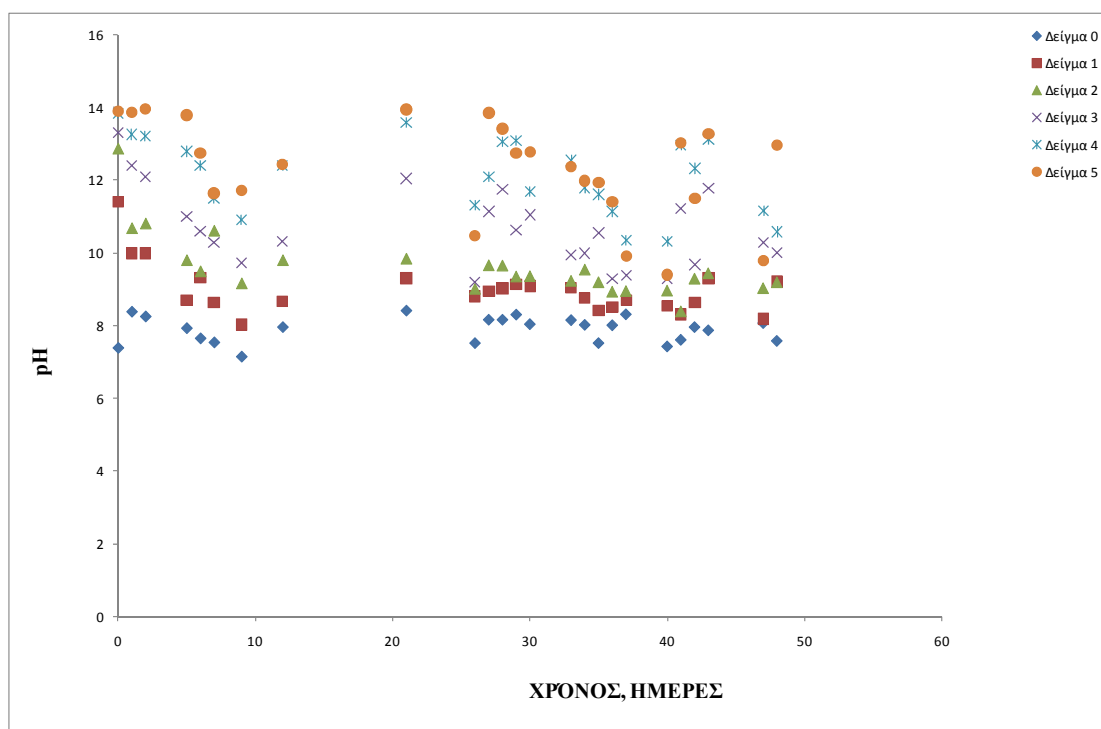
Κατά τη διάρκεια της μελέτης αυτής πραγματοποιήθηκε η ανάμιξη της ενεργού ιλύος με τα αλκαλικά μέσα σε διαφορετικές αναλογίες, όπως φαίνεται στον πίνακα 7 και τα αποτελέσματα δίνονται στη συνέχεια. Στα επόμενα διαγράμματα έχουν συμπεριληφθεί τα αποτελέσματα για τα δείγματα 0 έως 5.

Πίνακας 7. Περιεκτικότητα αλκαλικών μέσων στα δείγματα ενεργού ιλύος.

ΔΕΙΓΜΑ 0	ΔΕΙΓΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΔΕΙΓΜΑ 1	2,5 % ΑΛΚΑΛΙΚΟ ΜΕΣΟ
ΔΕΙΓΜΑ 2	5,0 % ΑΛΚΑΛΙΚΟ ΜΕΣΟ
ΔΕΙΓΜΑ 3	10,0 % ΑΛΚΑΛΙΚΟ ΜΕΣΟ
ΔΕΙΓΜΑ 4	20,0 % ΑΛΚΑΛΙΚΟ ΜΕΣΟ
ΔΕΙΓΜΑ 5	5,0 % ΑΛΚΑΛΙΚΟ ΜΕΣΟ + 5,0 % ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ

Στο σχήμα 4 δίνεται η μεταβολή του pH με το χρόνο για τα διάφορα μίγματα ιλύος. Η προσθήκη των αλκαλικών μέσων στην ενεργό ιλύ αναμένεται να συμβάλει στη σταθεροποίηση της μέσω της αύξησης του pH προς την ιδιαίτερα αλκαλικές τιμές (> 11), που έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή των παθογόνων παραγόντων και την ακινητοποίηση των μετάλλων. Επιπλέον, τα κατιόντα του ασβεστίου μπορεί να

αντιδράσουν με το θείο που περιέχεται στη λάσπη, με αποτέλεσμα παράλληλα τη μείωση οσμής.

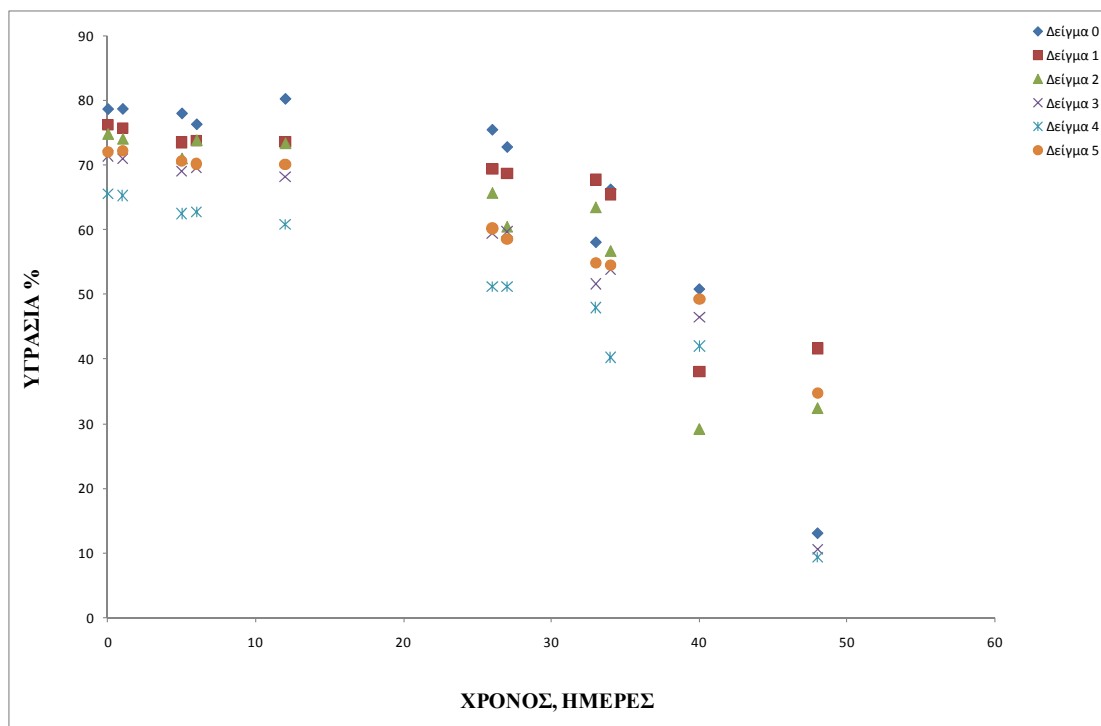


Σχήμα 4. Μεταβολή του pH με το χρόνο για τα διάφορα μίγματα ιλύος, αλκαλικό μέσο και υδροξείδιο του ασβεστίου.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4, τα μίγματα λάσπης στα οποία είχαν προστεθεί αλκαλικά μέσα, παρουσίαζαν αυξημένες τιμές pH που κυμαίνονταν μεταξύ 8-10. Την υψηλότερη τιμή pH παρουσίασε το δείγμα 5 που περιέχει ποσότητες και από τα δύο αλκαλικά μέσα, σε τιμές που αρχικά έφταναν στο 13 αλλά σε μεγαλύτερους χρόνους έπεφταν περίπου στο 9. Τη χαμηλότερη τιμή pH παρουσίασε το δείγμα 0, χωρίς προσθήκη αλκαλικών μέσων, με τιμές που κυμαίνονταν κοντά στο 8. Το δείγμα 4 που περιέχει τη μεγαλύτερη ποσότητα αλκαλικού μέσου (20%) σε σχέση με τα δείγματα 1, 2, 3 παρουσίασε τις μεγαλύτερες τιμές pH, ενώ σε σχέση με το δείγμα 5 (5% αλκαλικό μέσο + 5% υδροξείδιο του ασβεστίου) οι τιμές pH δεν έχουν μεγάλη απόκλιση. Οι τιμές pH παρουσιάζουν μικρές διακυμάνσεις κατά τη σταθεροποίηση

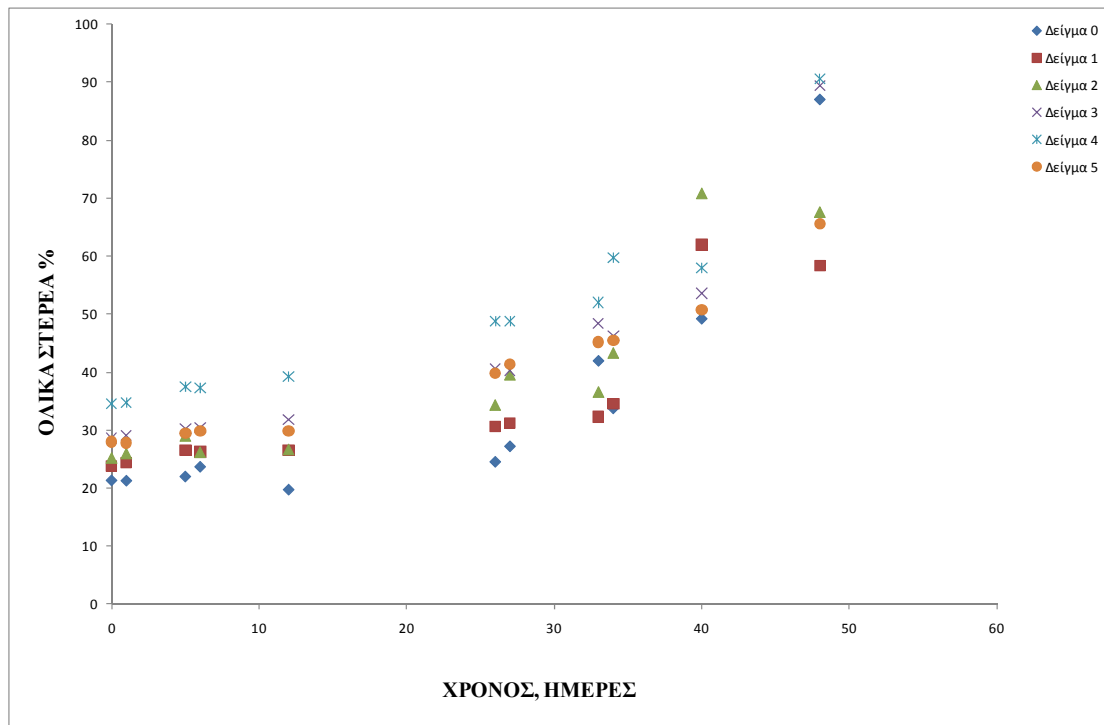
της ενεργού ιλύος με το χρόνο, πιθανών λόγω της αντίδρασης των ιόντων ασβεστίου με το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα.

Η μεταβολή της υγρασίας φαίνεται στο σχήμα 5. Η αφυδάτωση της ενεργού ιλύος είναι μια σημαντική πτυχή για την επεξεργασία της και τη διαχείριση της, διότι η απομάκρυνση του νερού μπορεί να μειώσει τον συνολικό όγκο της ενεργού ιλύος.



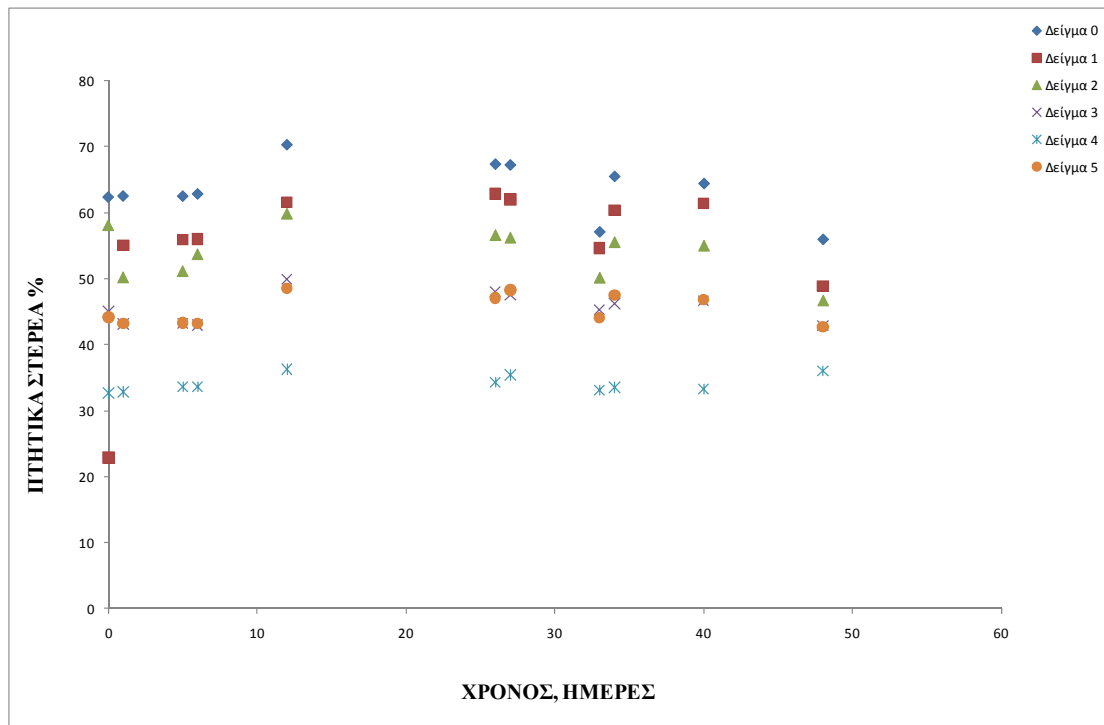
Σχήμα 5. Μεταβολή της % υγρασίας με το χρόνο για τα διάφορα μίγματα ιλύος με τα αλκαλικά μέσα.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 5, η υγρασία του δείγματος 0 διατηρήθηκε σε υψηλά επίπεδα κοντά στο 75% για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Ωστόσο στα δείγματα που είχαν προστεθεί αλκαλικά μέσα παρατηρήθηκε σταδιακή μείωση της υγρασίας. Πράγματι, στα δείγματα αυτά η περιεκτικότητα σε υγρασία κυμαινόταν από 9 % μέχρι 80 % και η ελάχιστη τιμή παρατηρήθηκε για τα δείγματα 0, 3, 4. Φαίνεται ότι η προσθήκη αλκαλικού μέσου σε περιεκτικότητα 20% (δείγμα 4) δεν επηρεάζει σημαντικά τη μεταβολή της υγρασίας και η ελάχιστη τιμή υγρασίας που μετρήθηκε ήταν περίπου 9%. Στο σχήμα 6 φαίνεται και η περιεκτικότητα σε στερεά % των διαφόρων μιγμάτων της ενεργού ιλύος.



Σχήμα 6. Μεταβολή των % ολικών στερεών με το χρόνο για τα διάφορα μίγματα ιλύος με τα αλκαλικά μέσα.

Εκτός από την περιεκτικότητα σε υγρασία μετρήθηκε και η περιεκτικότητα σε πτητικά οργανικά στερεά (σχήμα 7) που είναι μια σημαντική παράμετρος που σχετίζεται με το βαθμό σταθεροποίησης της ιλύος και την αποφυγή δημιουργίας οσμών κατά την εναπόθεση ή την επαναχρησιμοποίησή της.



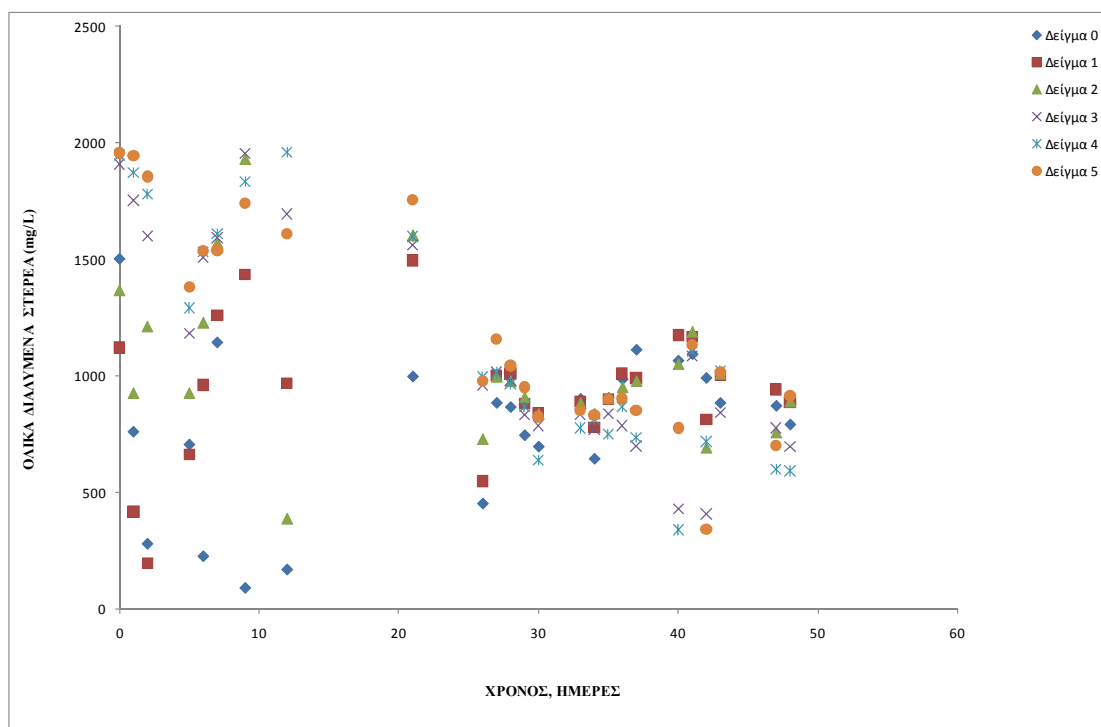
Σχήμα 7. Μεταβολή της περιεκτικότητας σε πτητικά στερεά % ως ποσοστό των ολικών στερεών με το χρόνο για τα διάφορα μίγματα ιλύος, αλκαλικών μέσων.

Η περιεκτικότητα σε πτητικά στερεά φαίνεται στο σχήμα 7. Η συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών, και ιδίως των πτητικών στερεών αποτελούν μια ένδειξη της συγκέντρωσης του μικροβιακού φορτίου στη λάσπη. Έτσι, η μέτρηση των συνολικών διαλυμένων στερεών και των πτητικών στερεών είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας σταθεροποίησης.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 7, το δείγμα 4 (20%) έχει τις υψηλότερες τιμές σε πτητικά στερεά που φτάνουν στο 70%. Από το σχήμα 7 φαίνεται ότι το δείγμα 4 που έχει προστεθεί μόνο αλκαλικό μέσο, έχει καλύτερη συμπεριφορά ως προς τα πτητικά συστατικά σε σχέση με το δείγμα 5 που περιέχει αλκαλικό μέσο και υδροξείδιο του ασβεστίου. Οι τιμές κυμαίνονταν μεταξύ 30 και 70% του συνόλου των στερεών, ενώ η υψηλότερη τιμή είναι περίπου 77%. Η μείωση των πτητικών μπορεί να αποδοθεί

στην αύξηση των αδρανών υλικών, λόγω της προσθήκης των αλκαλικών μέσων, καθώς και την αδρανοποίηση του μικροβιακού φορτίου, που προκαλείται από τις υψηλές τιμές του pH. Μια μικρή μείωση του ποσοστού των πτητικών στερεών παρατηρήθηκε με το χρόνο και πιθανόν να οφείλεται στο χαμηλό ποσοστό αντίδρασης του ασβεστίου με διοξείδιο του άνθρακα.

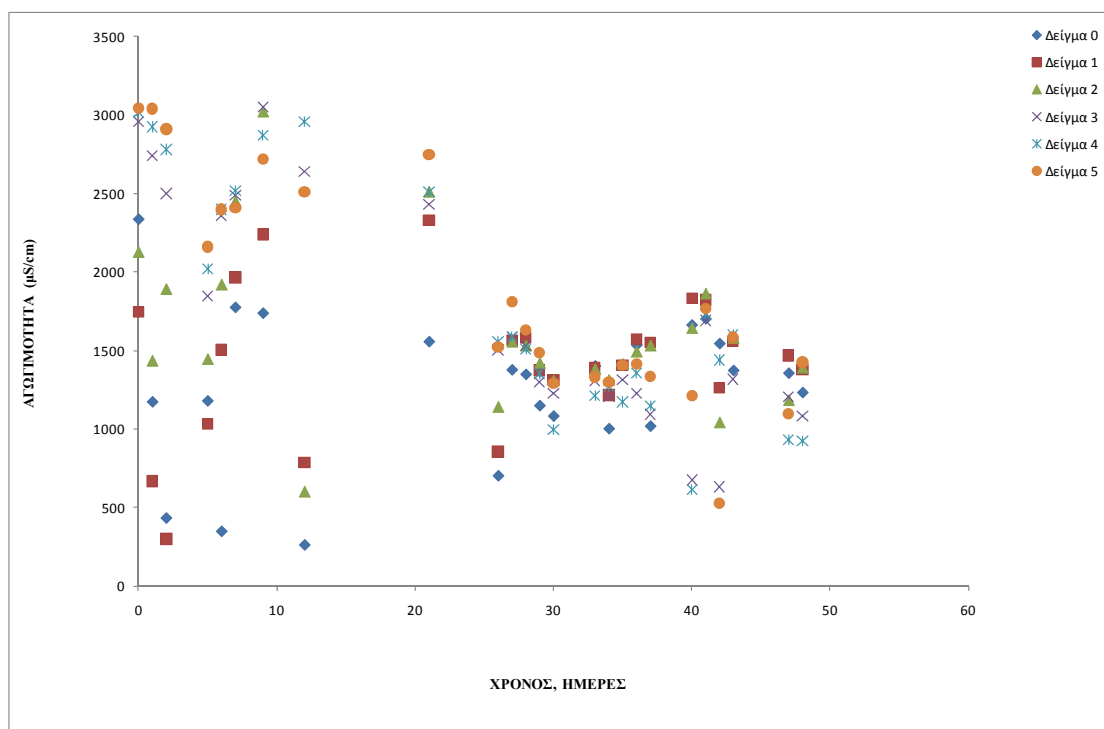
Στο παρακάτω σχήμα 8 φαίνονται οι μετρήσεις των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) με το χρόνο για τα διάφορα μίγματα της ενεργού ύλης.



Σχήμα 8. Μεταβολή της περιεκτικότητας σε ολικά διαλυμένα στερεά (TDS, mg/L) με το χρόνο για τα διάφορα μίγματα ύλης και αλκαλικών μέσων.

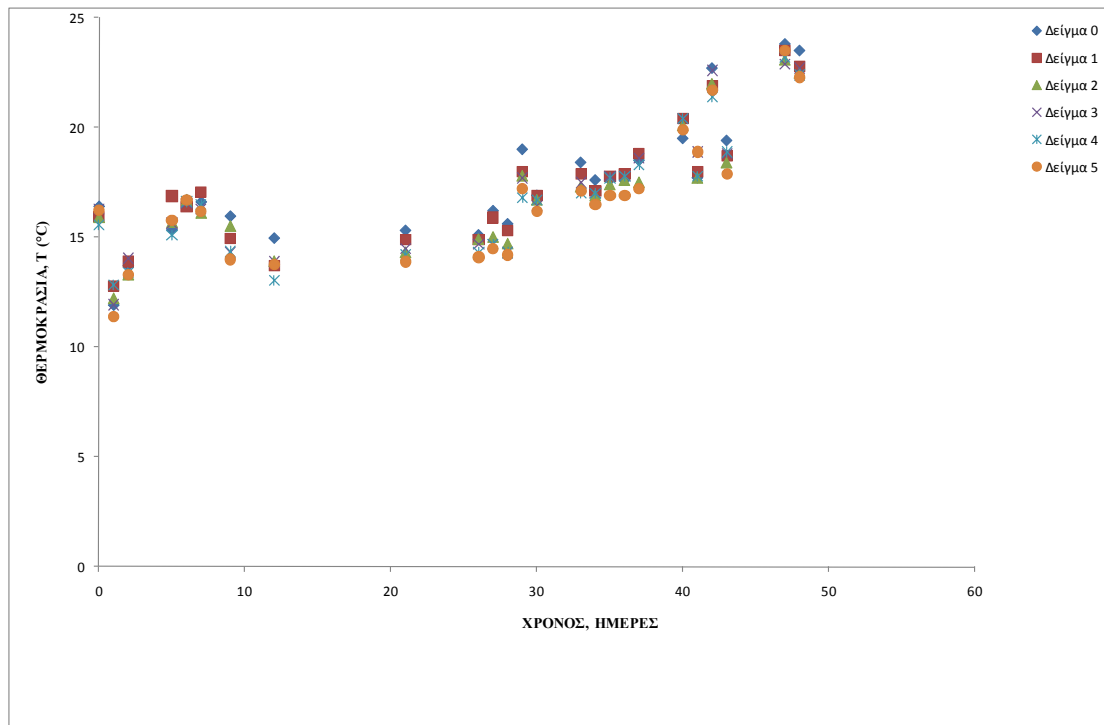
Η αύξηση της περιεκτικότητας σε στερεά αποδόθηκε στην προσθήκη των αλκαλικών παραγόντων και στον σχηματισμό ανθρακικού ασβεστίου, κυρίως λόγω της αντίδρασης με ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα.

Παρακάτω, στο σχήμα 9, δίνονται οι μετρήσεις για την αγωγιμότητα με το χρόνο.



Σχήμα 9. Μεταβολή της αγωγιμότητας σε σχέση με το χρόνο για τα διάφορα μίγματα ιλύος και αλκαλικών μέσων.

Οι θερμοκρασιακές μετρήσεις παρουσιάζονται στο σχήμα 10. Παρουσιάζεται αύξηση της θερμοκρασίας σε όλα τα δείγματα της ενεργού ιλύος και αυτό οφείλεται και στις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν καθ'όλη τη διάρκεια της μελέτης.

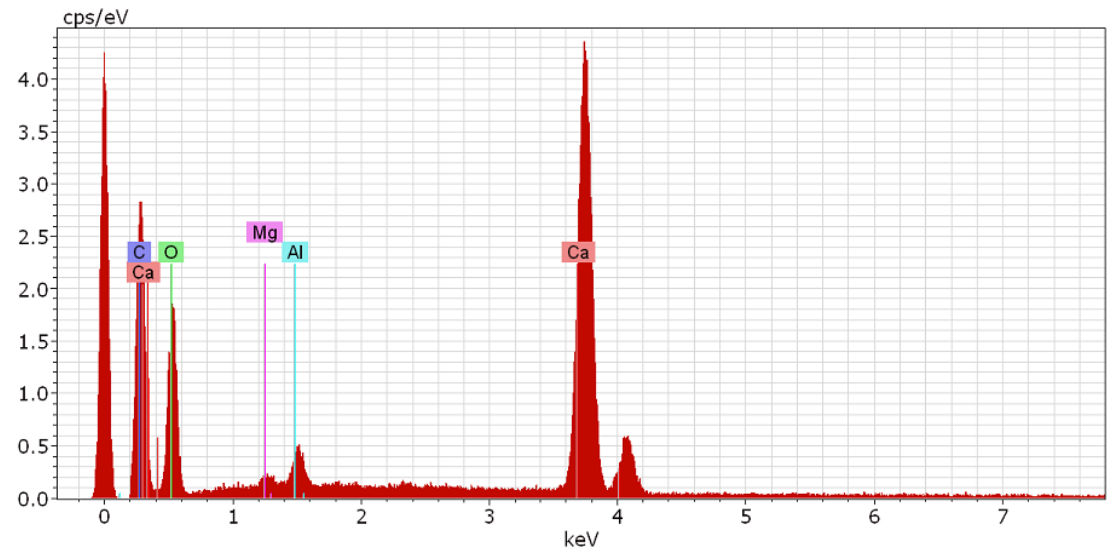


Σχήμα 10. Μεταβολή της θερμοκρασίας με το χρόνο για τα διάφορα μίγματα ιλύος και αλκαλικών μέσων.

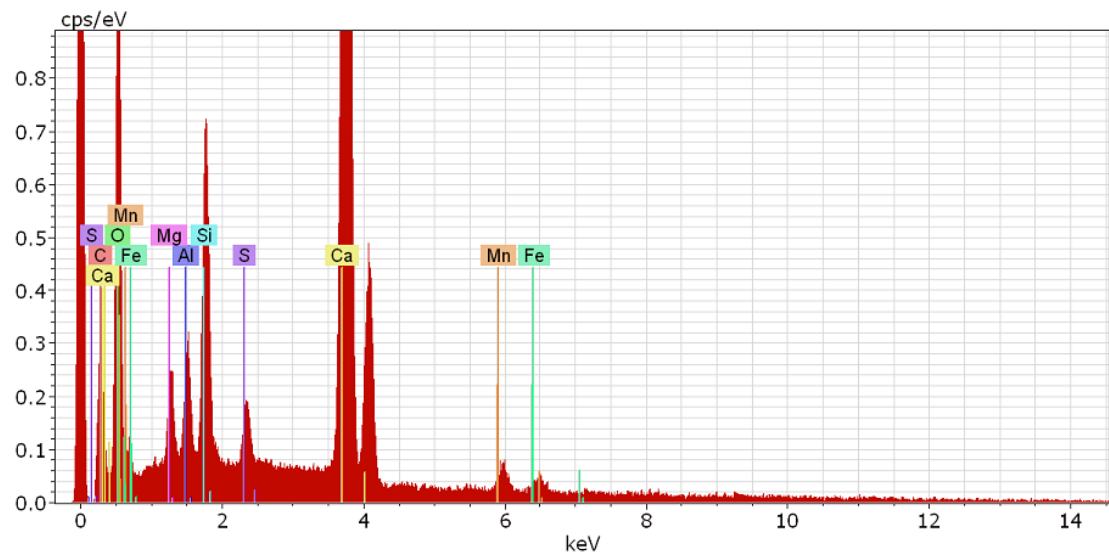
Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι η συλλογή δειγμάτων σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα για τον προσδιορισμό των φυσικοχημικών μετρήσεων δεν ήταν εφικτή, λόγω της ξήρανσης των σωρών με αποτέλεσμα στις τελευταίες μέρες των μετρήσεων, που έγιναν στα δείγματα, να έχουμε δημιουργία πάστας δειγμάτων με τη βοήθεια απιονισμένου νερού.

5.1.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗ ΜΙΚΡΟΑΝΑΛΥΣΗ

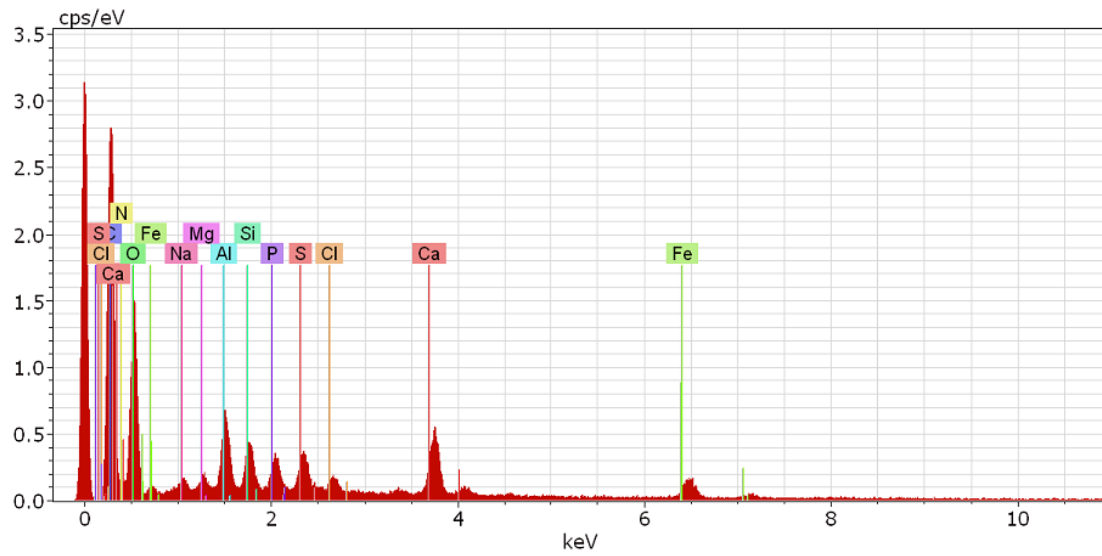
Η στοιχειακή μικροανάλυση πραγματοποιήθηκε τόσο για τα αρχικά υλικά (αλκαλικά μέσα, ενεργός ιλύς) όσο και για τα διάφορα δείγματα στη χρονική εξέλιξή τους. Αρχικά η στοιχειακή μικροανάλυση περιλαμβάνει τον ποιοτικό προσδιορισμό των στοιχείων όπως αυτός παρουσιάζεται στα παρακάτω σχήματα 11-13.



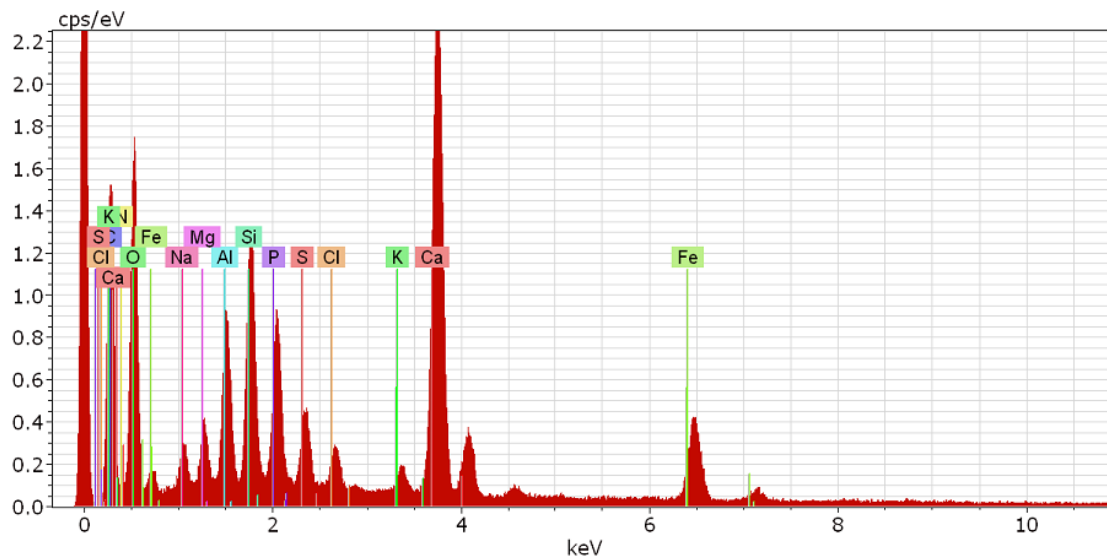
Σχήμα 11. Στοιχειακή μικροανάλυση του υδροξειδίου του ασβεστίου



Σχήμα 12. Στοιχειακή μικροανάλυση του αλκαλικού μέσου

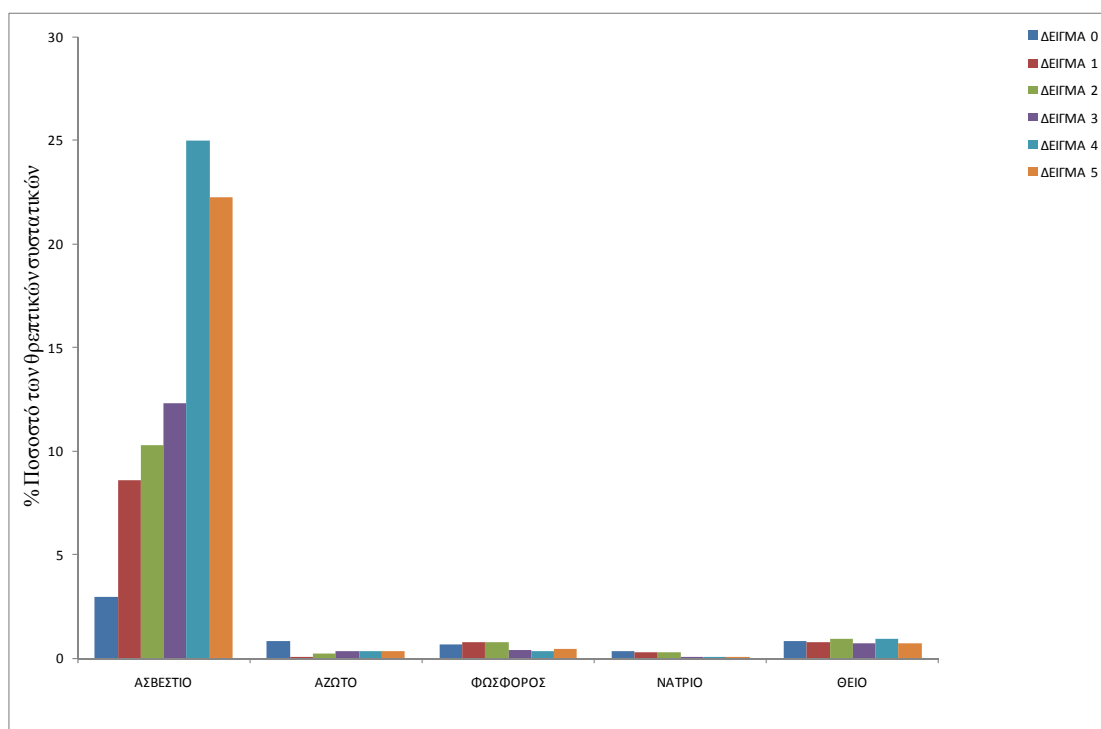


Σχήμα 13. Στοιχειακή μικροανάλυση της ενεργού ιλύος.

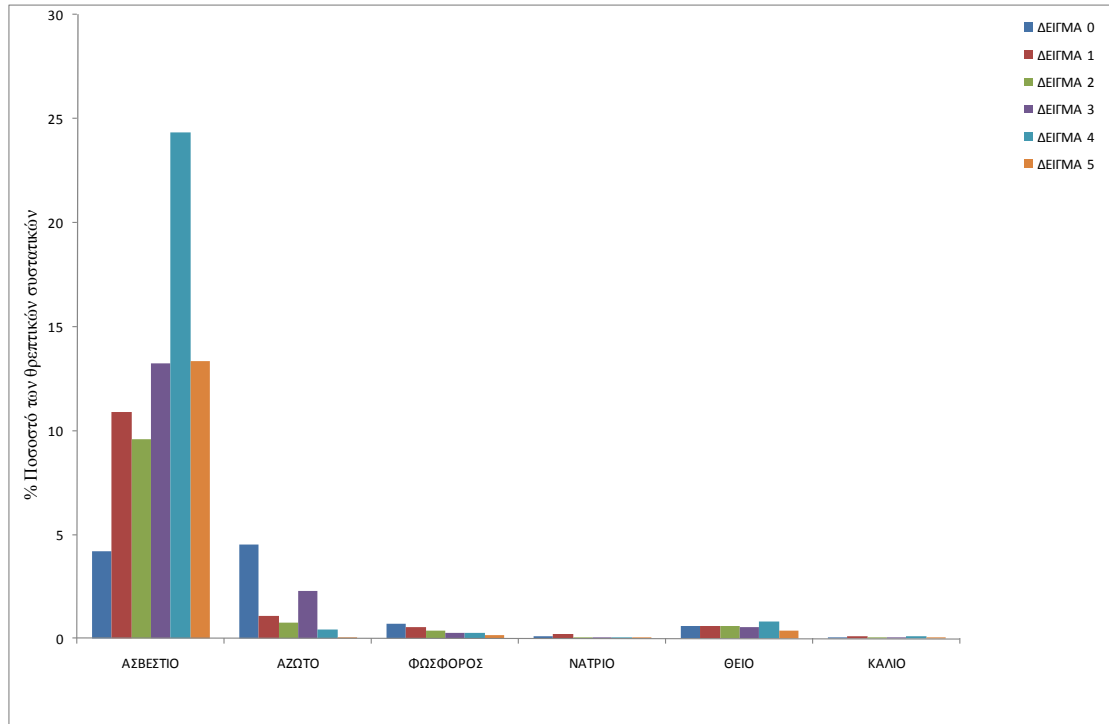


Σχήμα 14. Στοιχειακή μικροανάλυση της ενεργού ιλύος μετά την απομάκρυνση των πτητικών συστατικών.

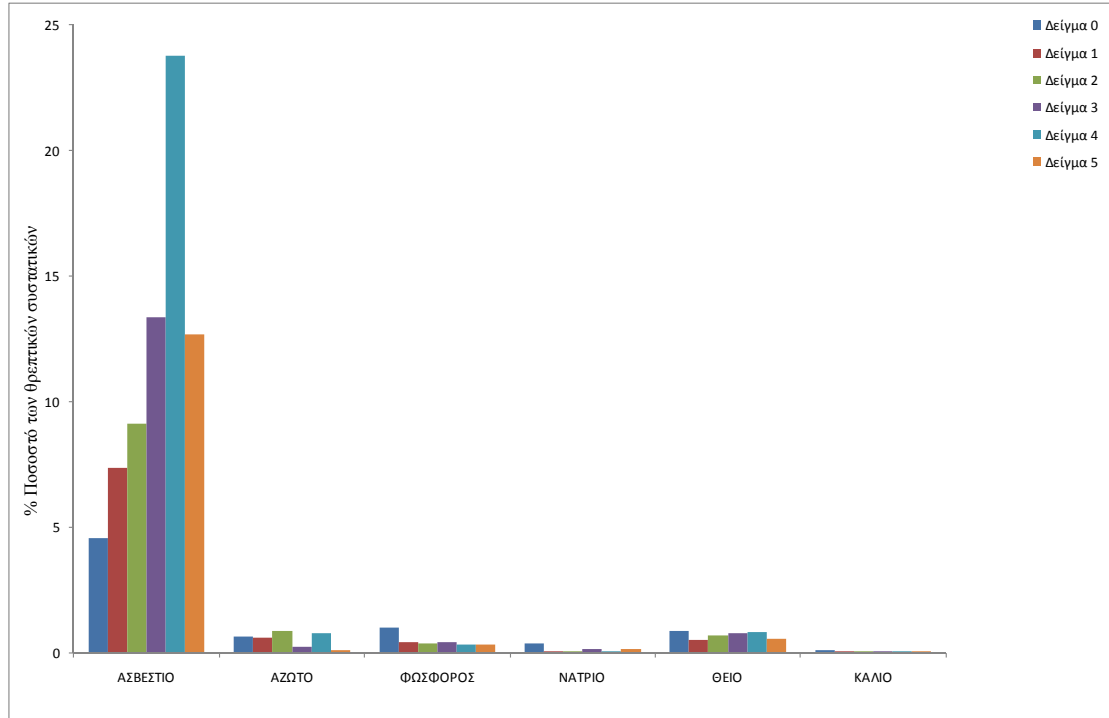
Η ποσοτική ανάλυση όλων των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή της στοιχειακής μικροανάλυσης (EDS). Παρουσιάζεται η μεταβολή των θρεπτικών συστατικών σε σχέση με το χρόνο και την περιεκτικότητα των αλκαλικών μέσων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, δηλαδή η % συγκέντρωση του κάθε θρεπτικού συστατικού (ασβέστιο, άζωτο, φώσφορος, νάτριο και θείο), φαίνονται στα παρακάτω σχήματα 15-19 και 20-25 τα οποία προήλθαν μετά την αφυδάτωση στο πυριατήριο στους 105 °C. Στα διαγράμματα παρουσιάζονται τα δείγματα σε όλες τις ημέρες μέτρησης και το κάθε δείγμα ξεχωριστά σε όλες τις ημέρες αντίστοιχα.



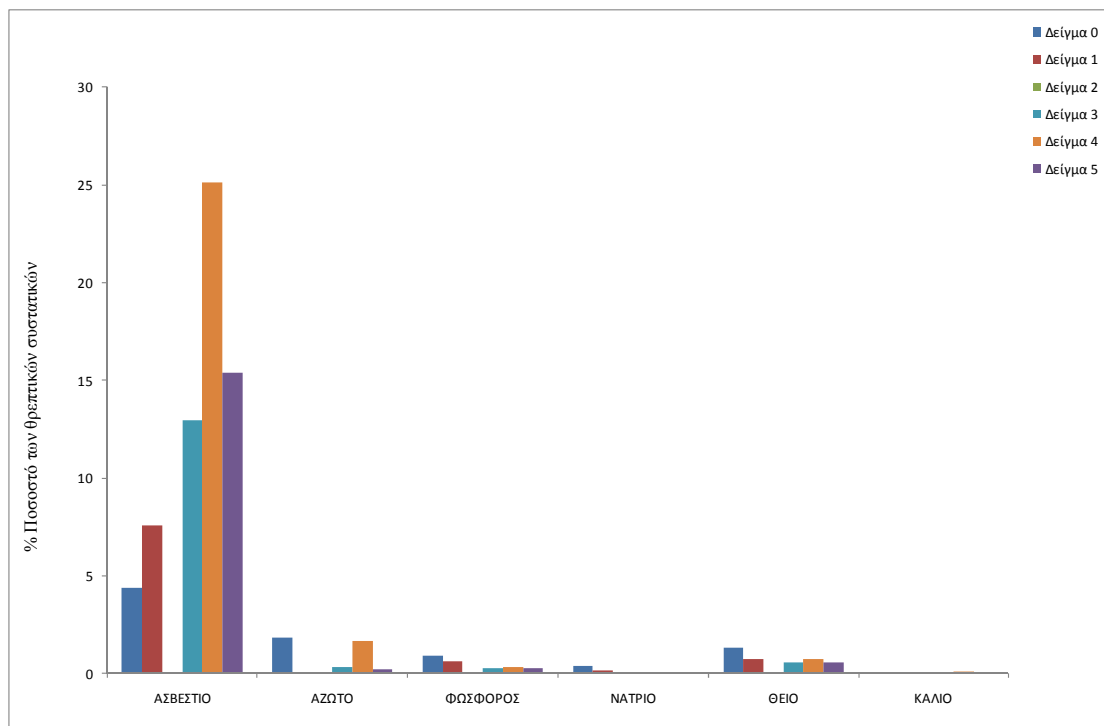
Σχήμα 15. Θρεπτικά συστατικά σε όλα τα δείγματα στις 0 μέρες μέτρησης.



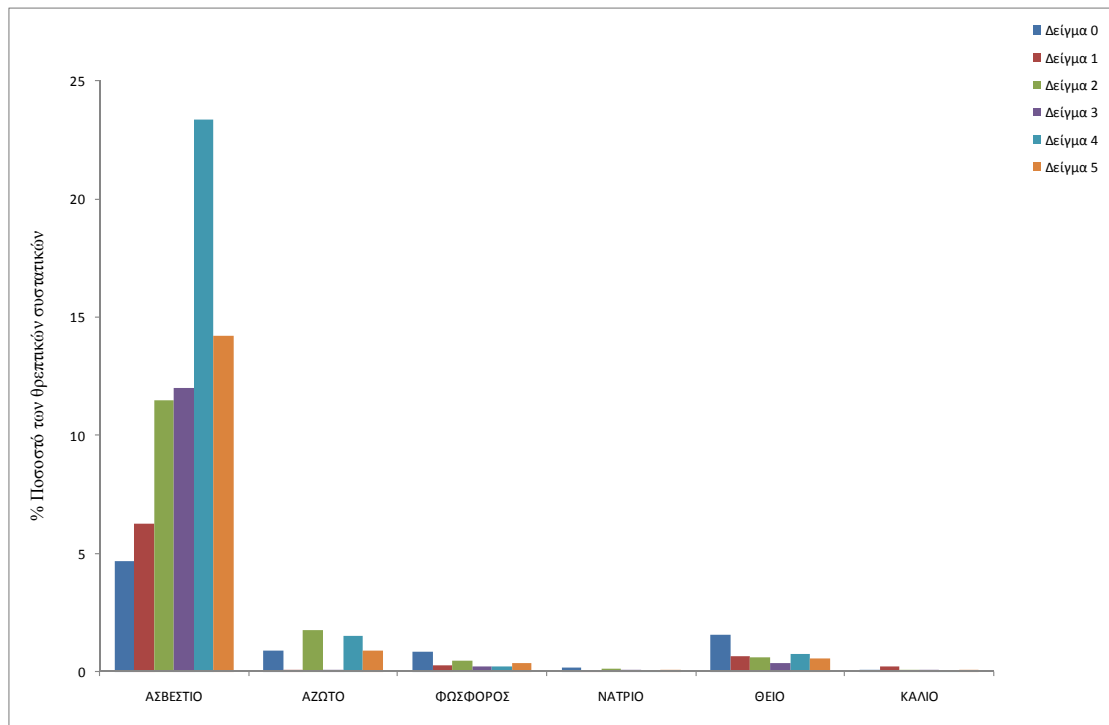
Σχήμα 16. Θρεπτικά συστατικά σε όλα τα δείγματα στις 6 μέρες μέτρησης.



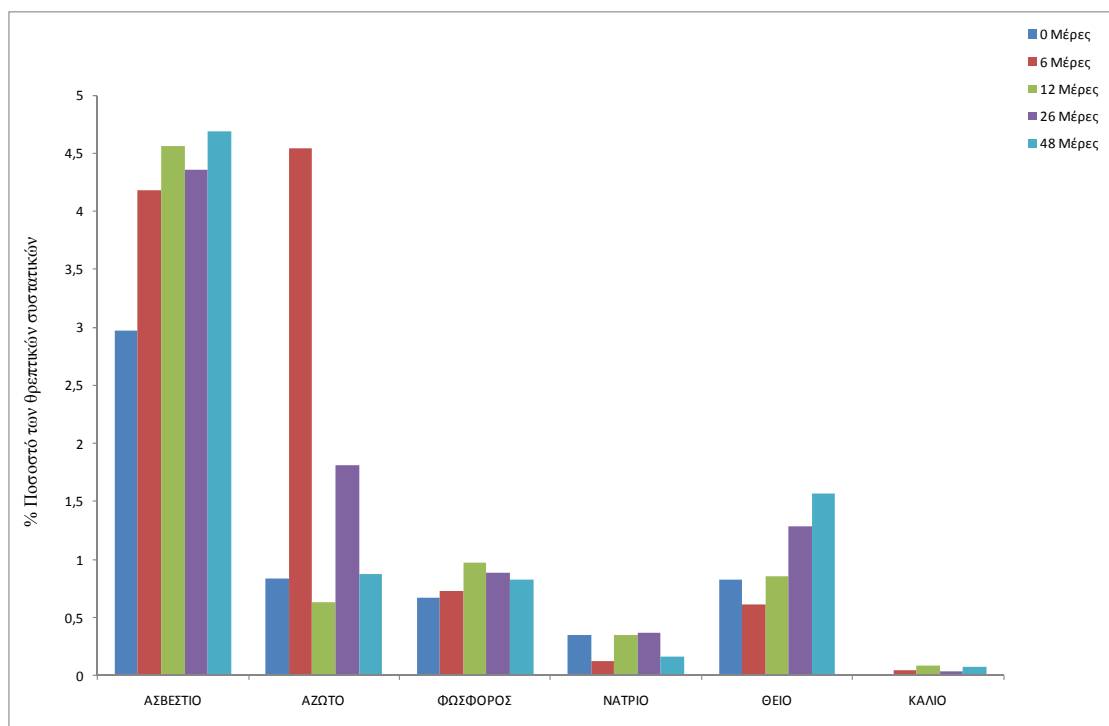
Σχήμα 17. Θρεπτικά συστατικά σε όλα τα δείγματα στις 12 μέρες μέτρησης.



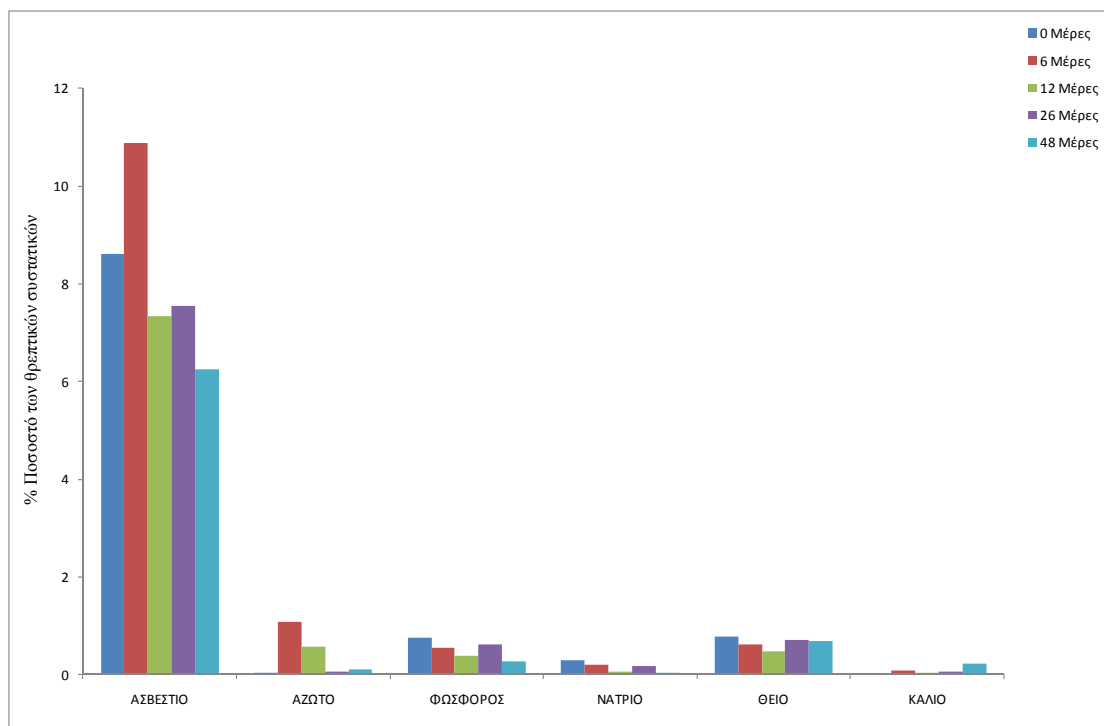
Σχήμα 18. Θρεπτικά συστατικά σε όλα τα δείγματα στις 26 μέρες μέτρησης.



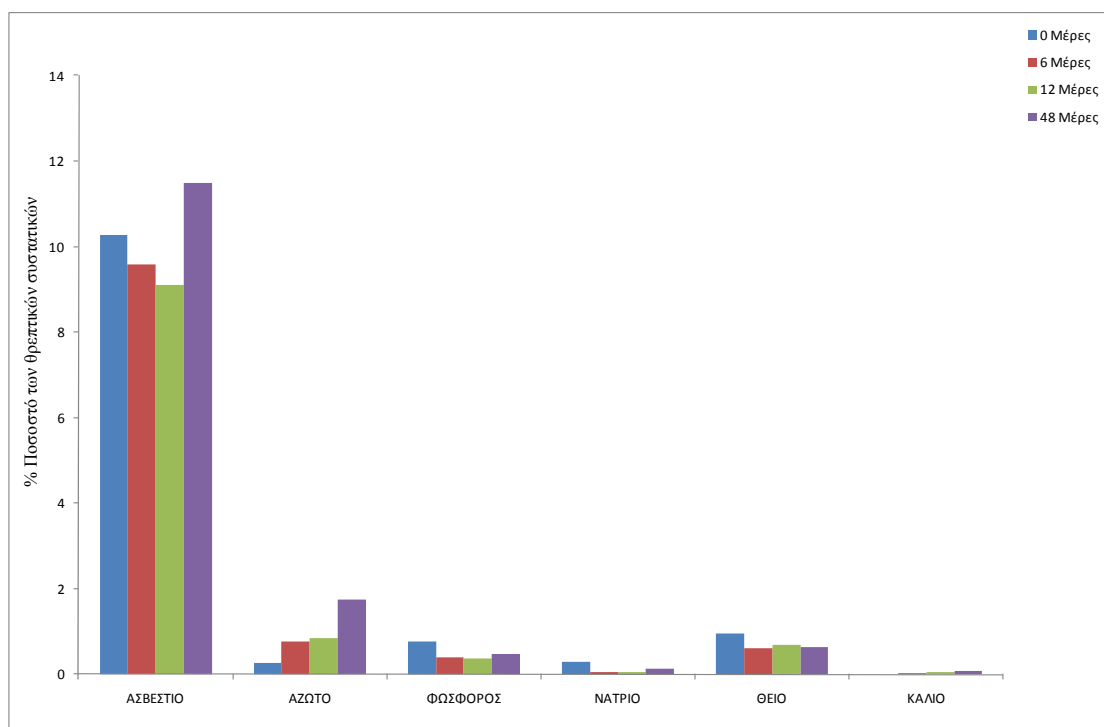
Σχήμα 19. Θρεπτικά συστατικά σε όλα τα δείγματα στις 48 μέρες μέτρησης.



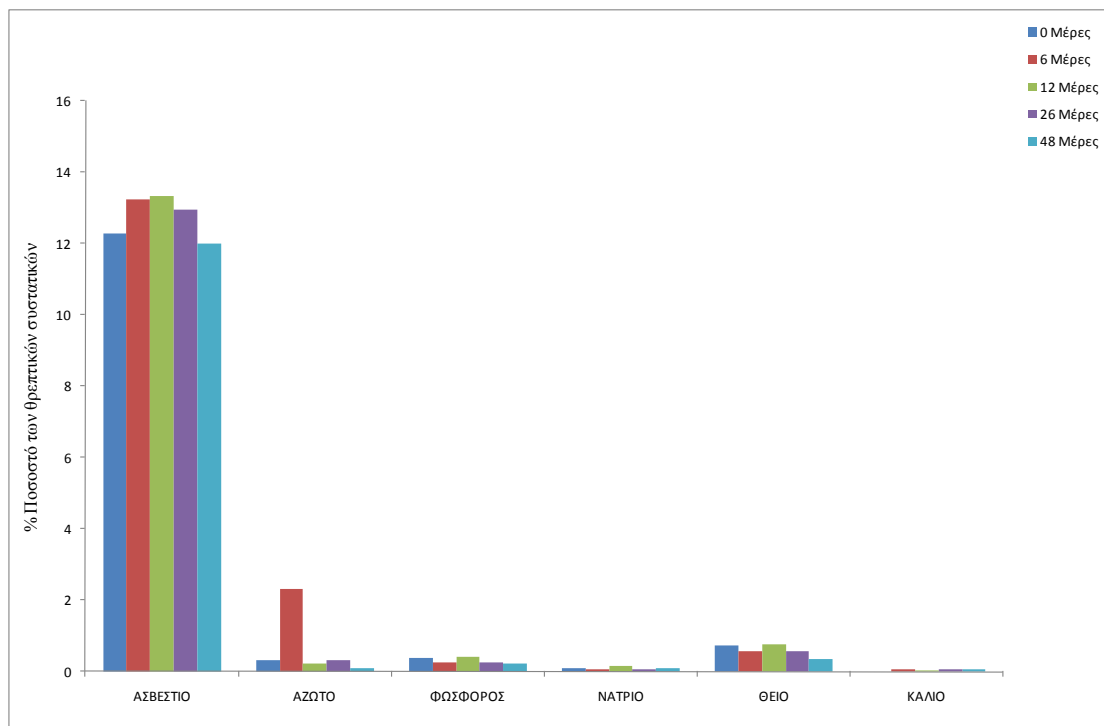
Σχήμα 20. Θρεπτικά συστατικά στο δείγμα 0 σε όλες τις ημέρες μέτρησης.



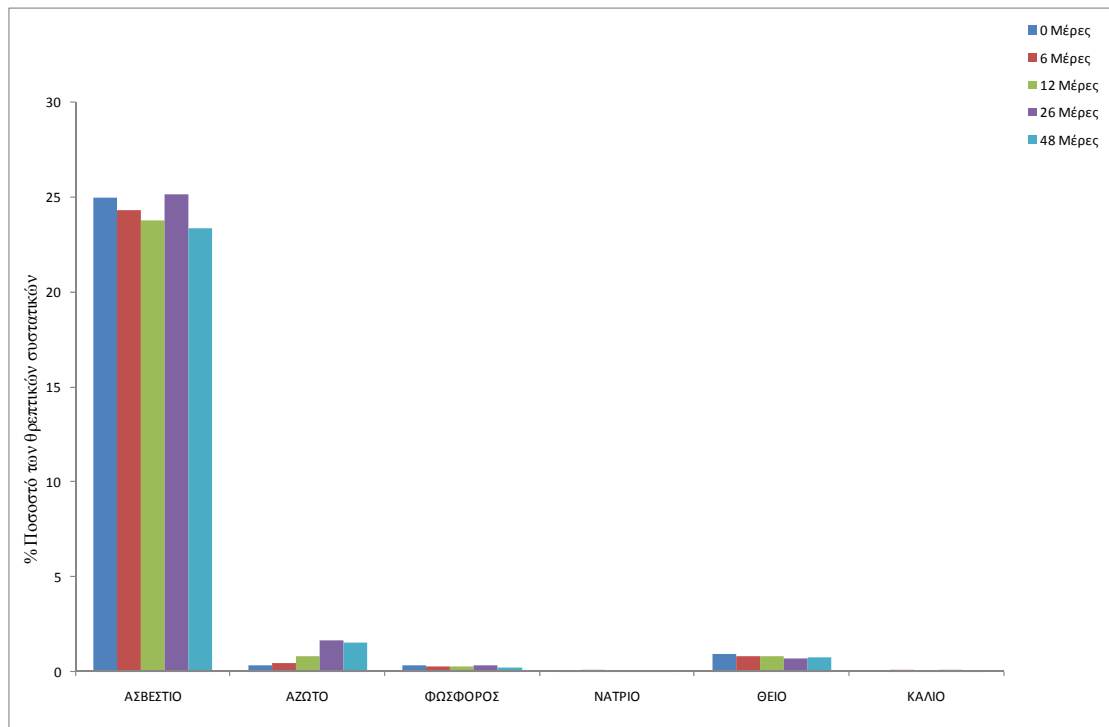
Σχήμα 21. Θρεπτικά συστατικά στο δείγμα 1 σε όλες τις ημέρες μέτρησης.



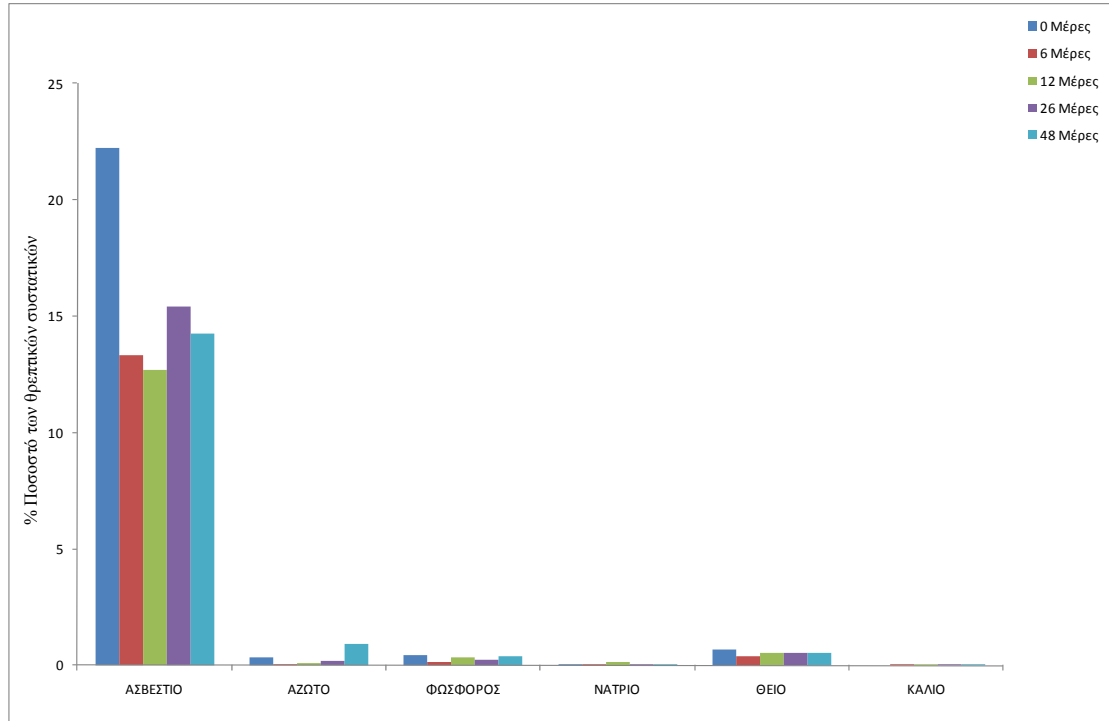
Σχήμα 22. Θρεπτικά συστατικά στο δείγμα 2 σε όλες τις ημέρες μέτρησης.



Σχήμα 23. Θρεπτικά συστατικά στο δείγμα 3 σε όλες τις ημέρες μέτρησης.

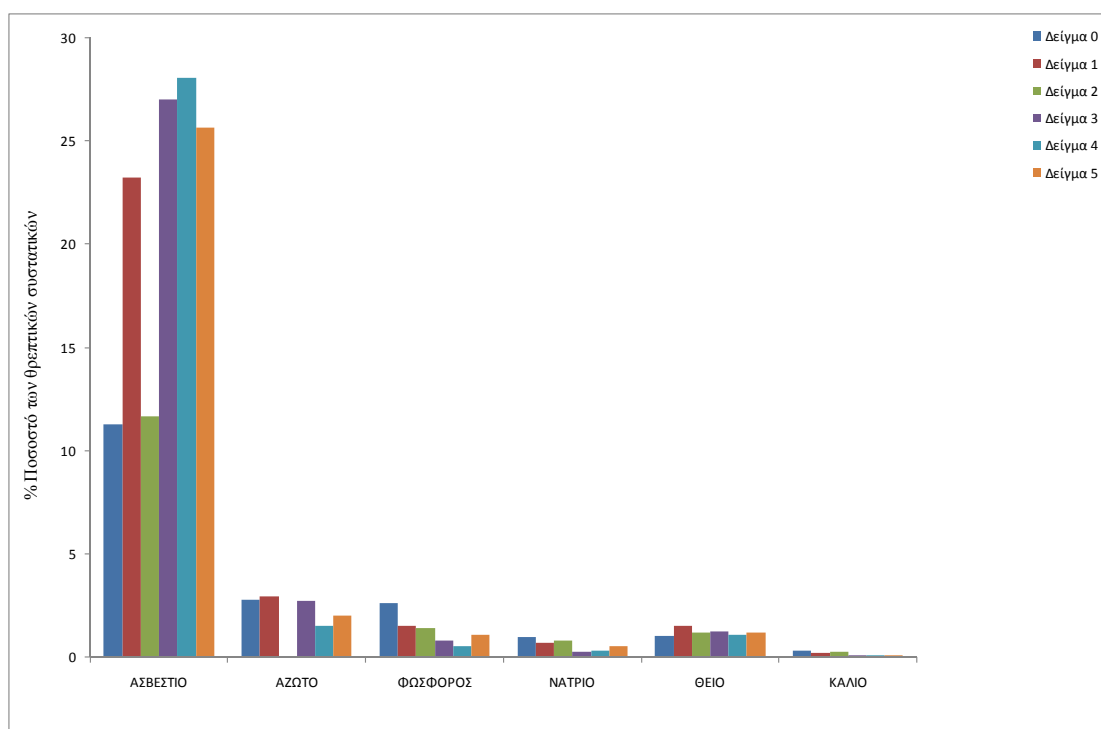


Σχήμα 24. Θρεπτικά συστατικά στο δείγμα 4 σε όλες τις ημέρες μέτρησης.

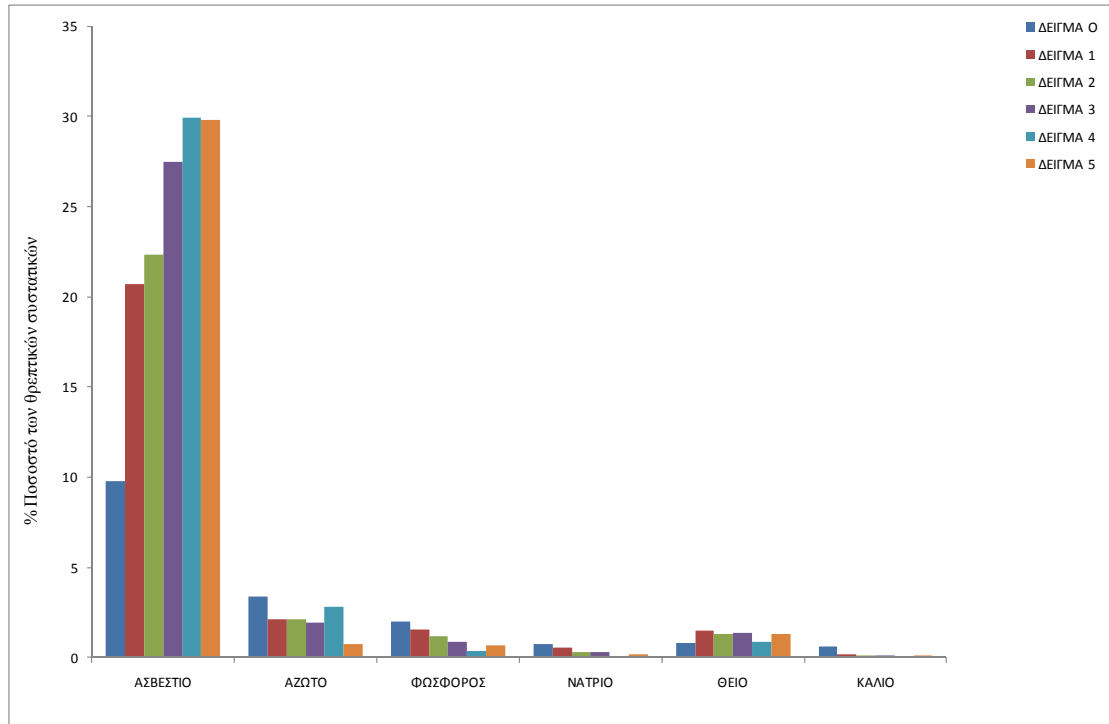


Σχήμα 25. Θρεπτικά συστατικά στο δείγμα 5 σε όλες τις ημέρες μέτρησης.

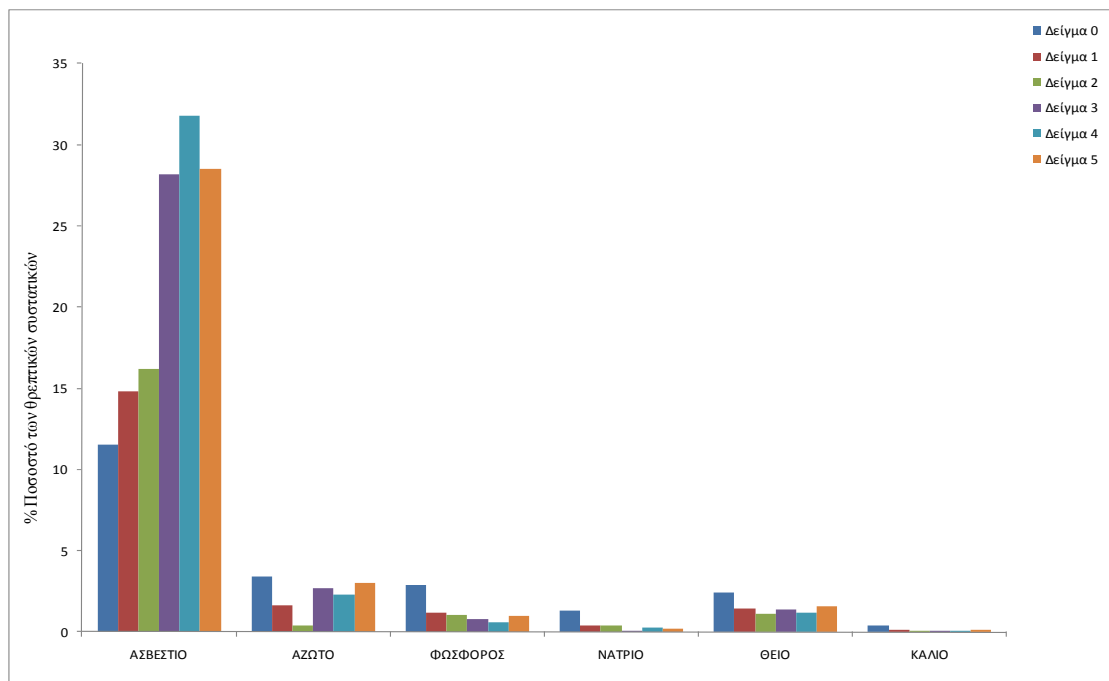
Οι μετρήσεις που ακολουθούν έγιναν επίσης με την εφαρμογή της στοιχειακής μικροανάλυσης (EDS) όλων των δειγμάτων με ανιχνευτή ακτινών Χ. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στα παρακάτω σχήματα 26-28 και 28-34 τα οποία προήλθαν μετά το κάψιμο των δειγμάτων στο φούρνο στους 550 °C. Στα διαγράμματα παρουσιάζονται τα δείγματα σε όλες τις ημέρες μέτρησης και το κάθε δείγμα ξεχωριστά σε όλες τις ημέρες αντίστοιχα.



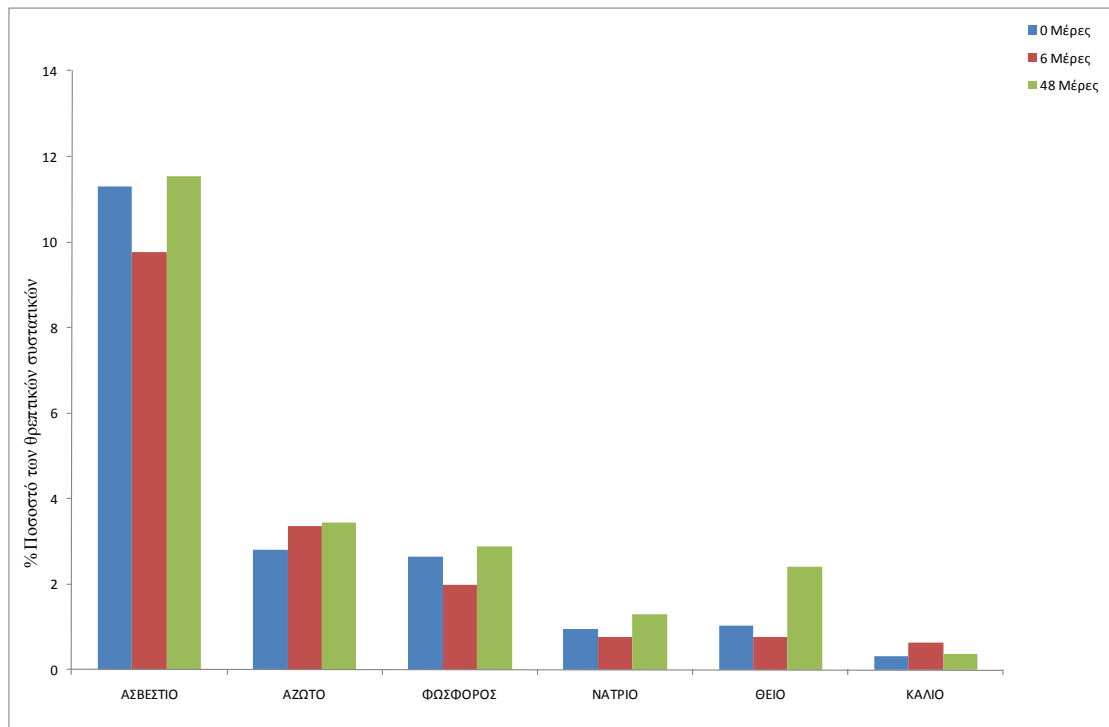
Σχήμα 26. Θρεπτικά συστατικά σε όλα τα δείγματα στις 0 μέρες μέτρησης μετά την απομάκρυνση των πτητικών συστατικών.



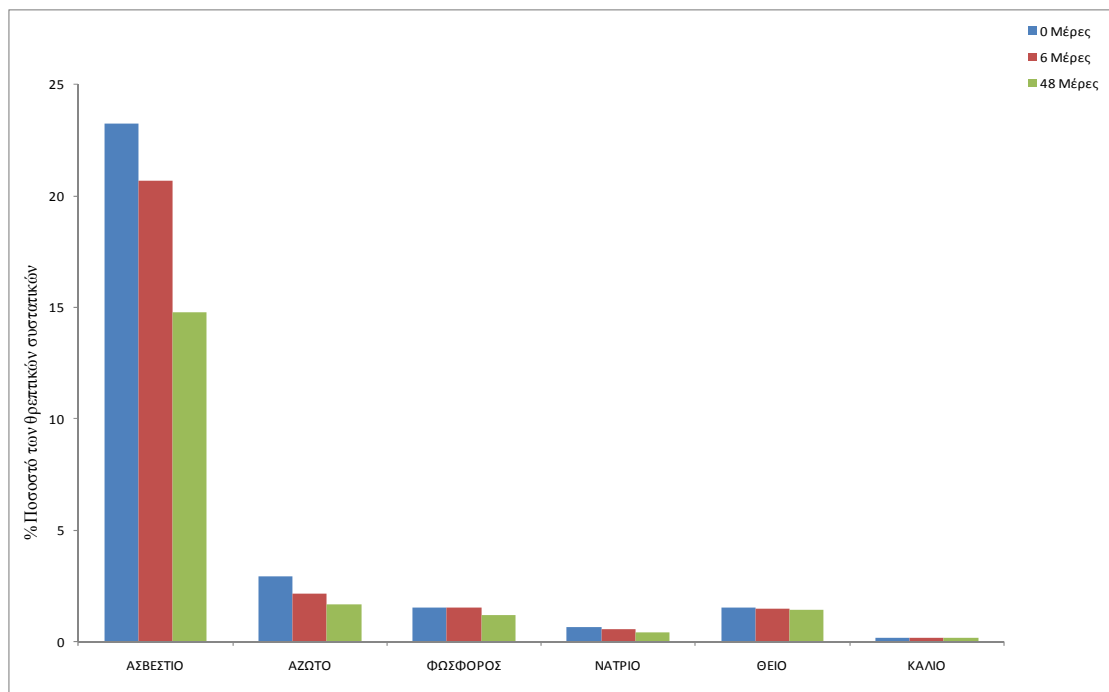
Σχήμα 27. Θρεπτικά συστατικά σε όλα τα δείγματα στις 6 μέρες μέτρησης μετά την απομάκρυνση των πτητικών συστατικών.



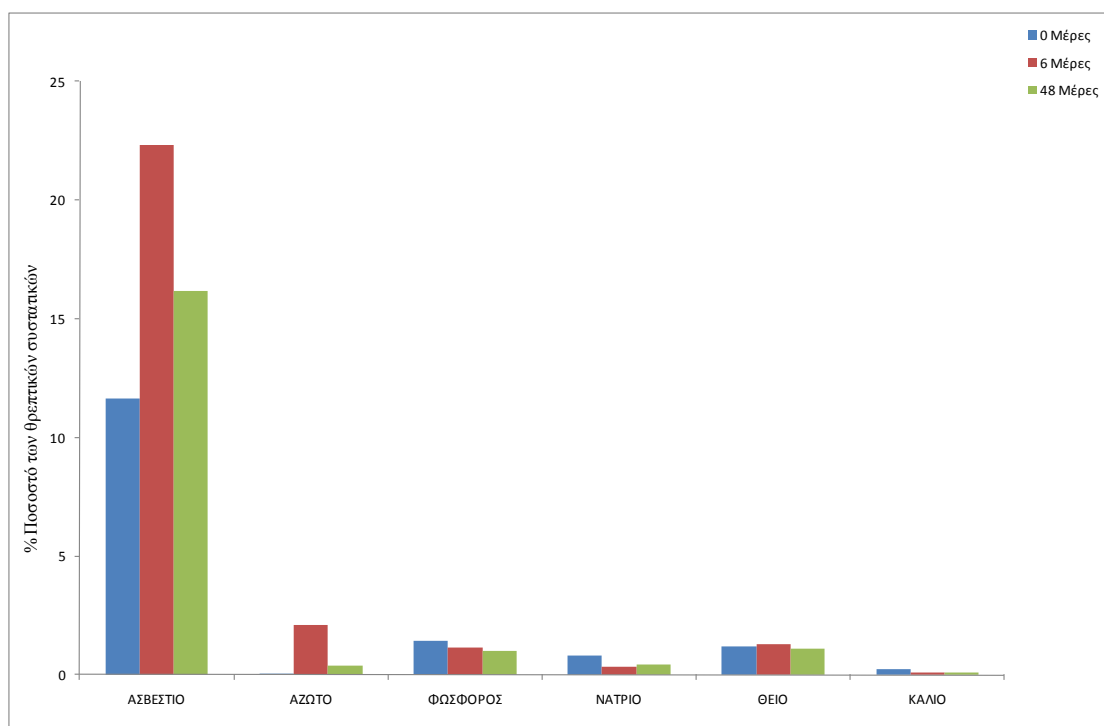
Σχήμα 28. Θρεπτικά συστατικά σε όλα τα δείγματα στις 48 μέρες μέτρησης μετά την απομάκρυνση των πτητικών συστατικών.



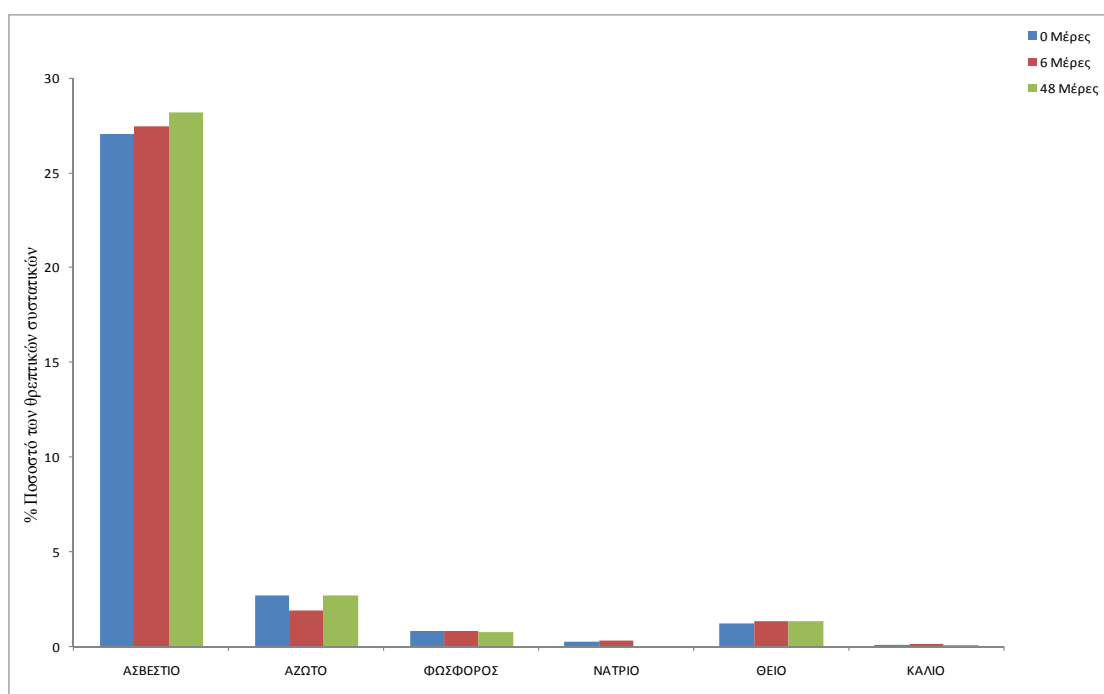
Σχήμα 29. Θρεπτικά συστατικά στο δείγμα 0 σε όλες τις ημέρες μέτρησης μετά την απομάκρυνση των πτητικών συστατικών.



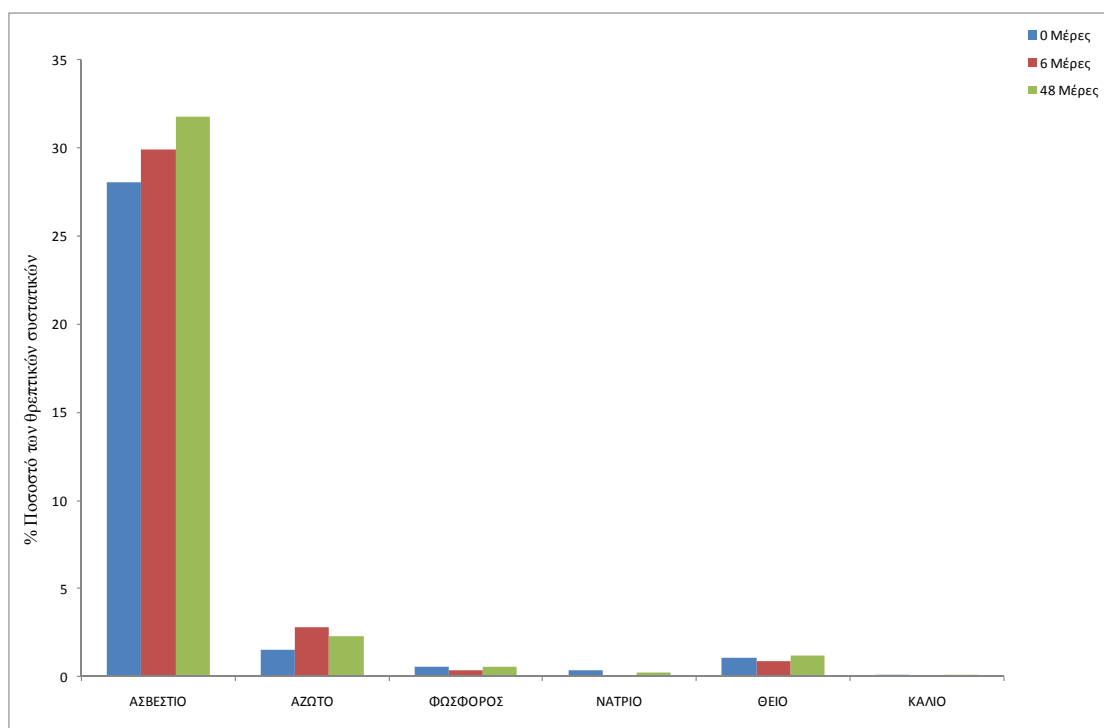
Σχήμα 30. Θρεπτικά συστατικά στο δείγμα 1 σε όλες τις ημέρες μέτρησης μετά την απομάκρυνση των πτητικών συστατικών.



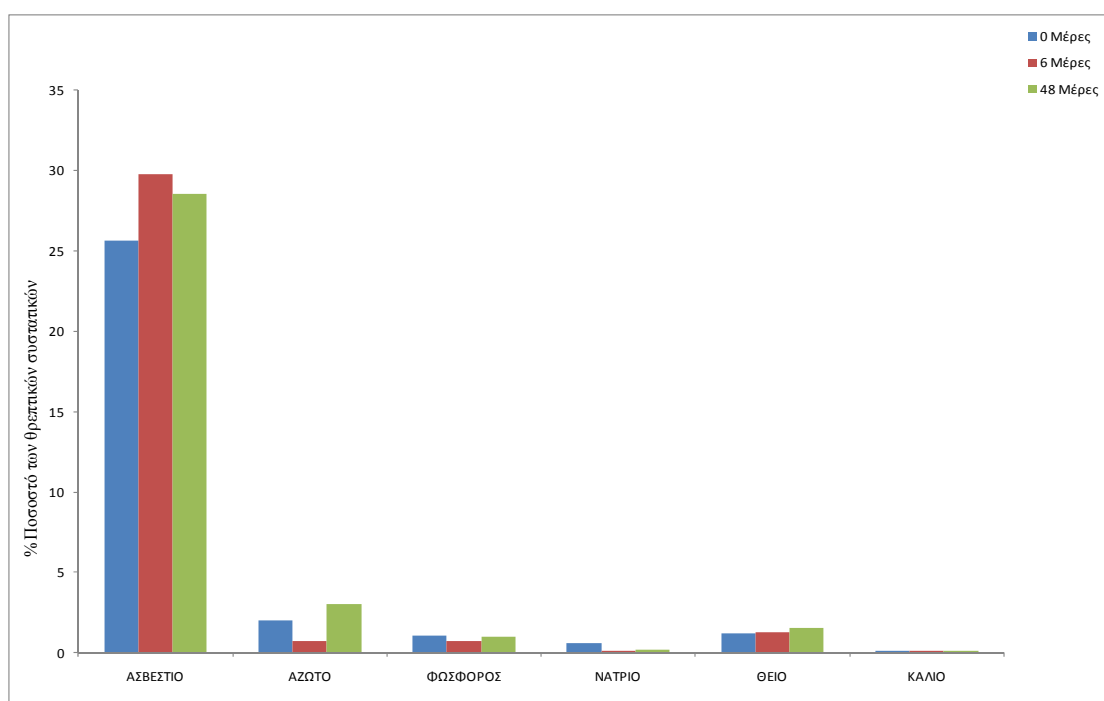
Σχήμα 31. Θρεπτικά συστατικά στο δείγμα 2 σε όλες τις ημέρες μέτρησης μετά την απομάκρυνση των πτητικών συστατικών.



Σχήμα 32. Θρεπτικά συστατικά στο δείγμα 3 σε όλες τις ημέρες μέτρησης μετά την απομάκρυνση των πτητικών συστατικών.

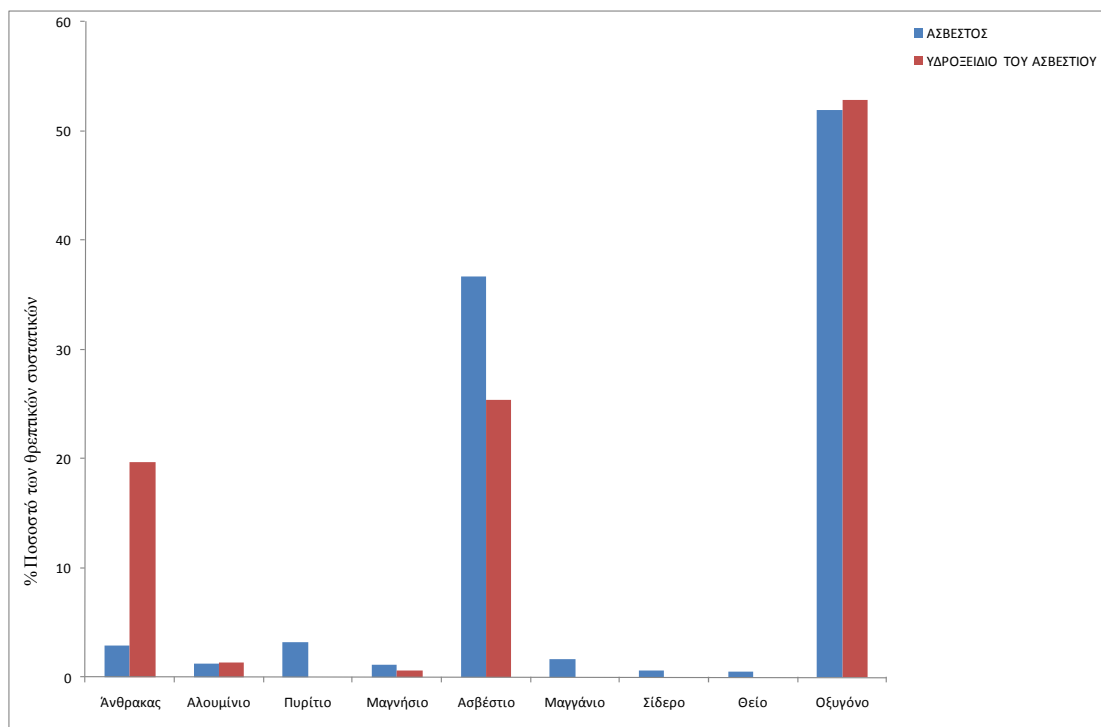


Σχήμα 33. Θρεπτικά συστατικά στο δείγμα 4 σε όλες τις ημέρες μέτρησης μετά την απομάκρυνση των πτητικών συστατικών.



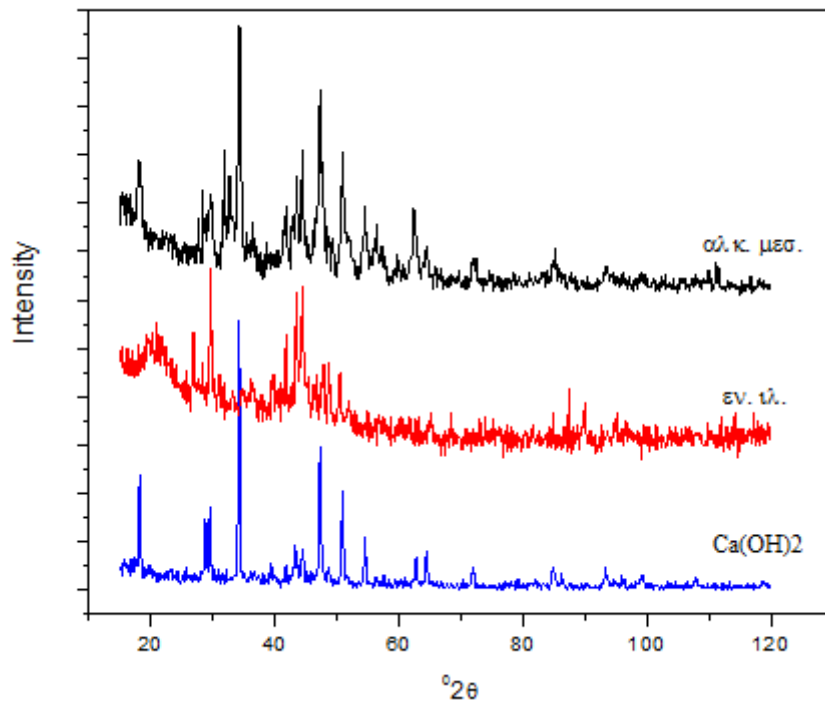
Σχήμα 34. Θρεπτικά συστατικά στο δείγμα 5 σε όλες τις ημέρες μέτρησης μετά την απομάκρυνση των πτητικών συστατικών.

Στο παρακάτω σχήμα 35 παρουσιάζονται τα θρεπτικά συστατικά των αλκαλικών μέσων που χρησιμοποιήθηκαν.

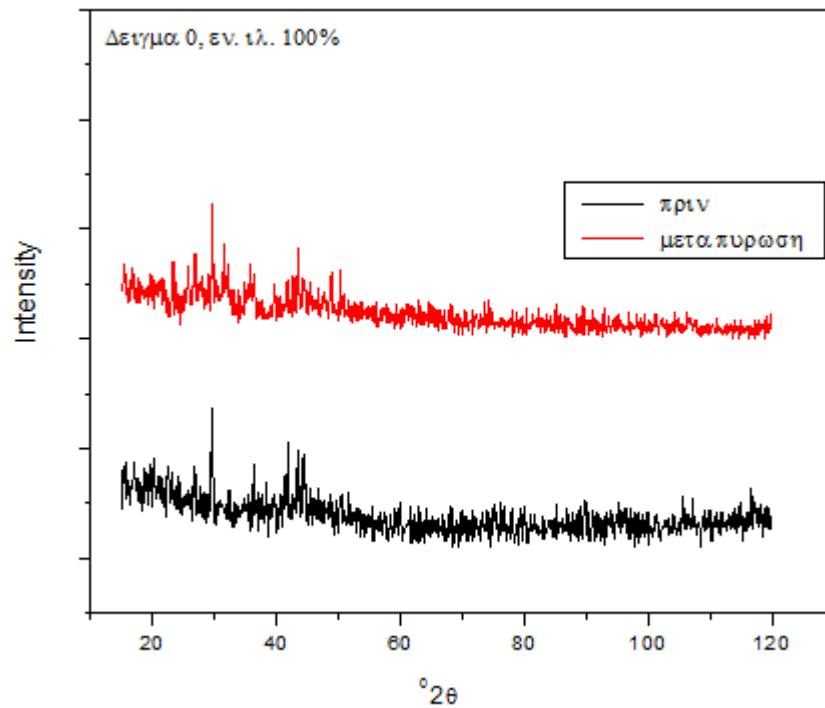


Σχήμα 35. Θρεπτικά συστατικά των αλκαλικών μέσων που χρησιμοποιήθηκαν.

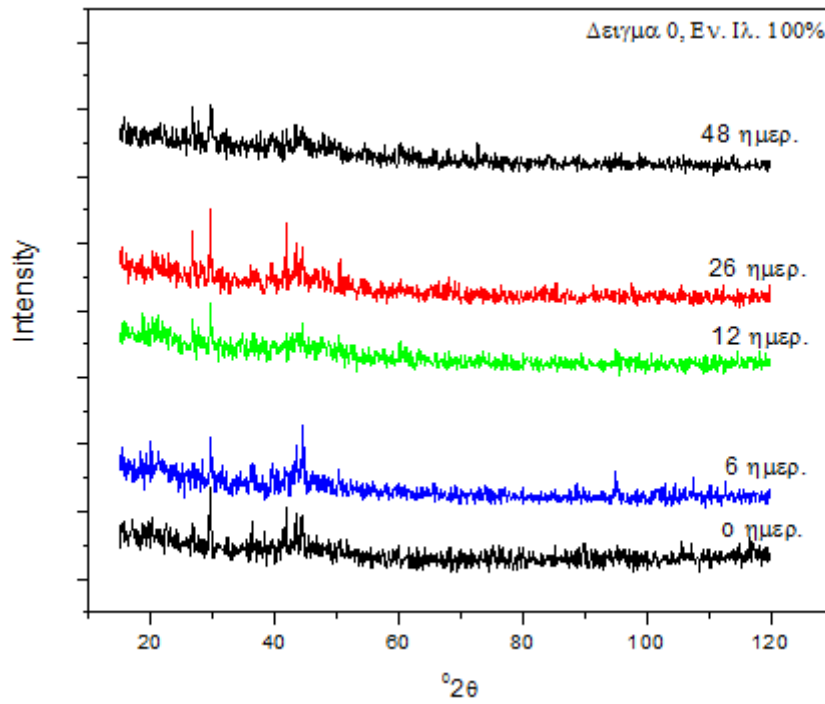
Στα παρακάτω σχήματα 36-44 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της περίθλασης ακτίνων X (XRD) των διαφόρων δειγμάτων σε σχέση με το χρόνο. Τα σχήματα μάς δείχνουν την απομάκρυνση των πτητικών στερεών και έτσι έχουμε μια πιο κρυσταλλική μορφή των δειγμάτων, δεν εμφανίζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις.



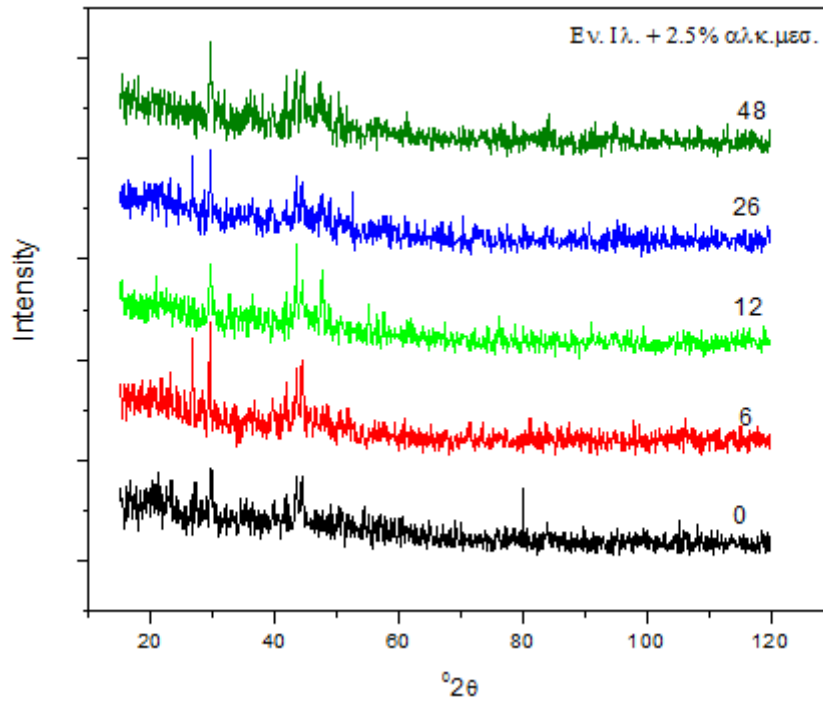
Σχήμα 36. Περίθλαση ακτίνων X των αλκαλικών μέσων και της ενεργού ιλύος.



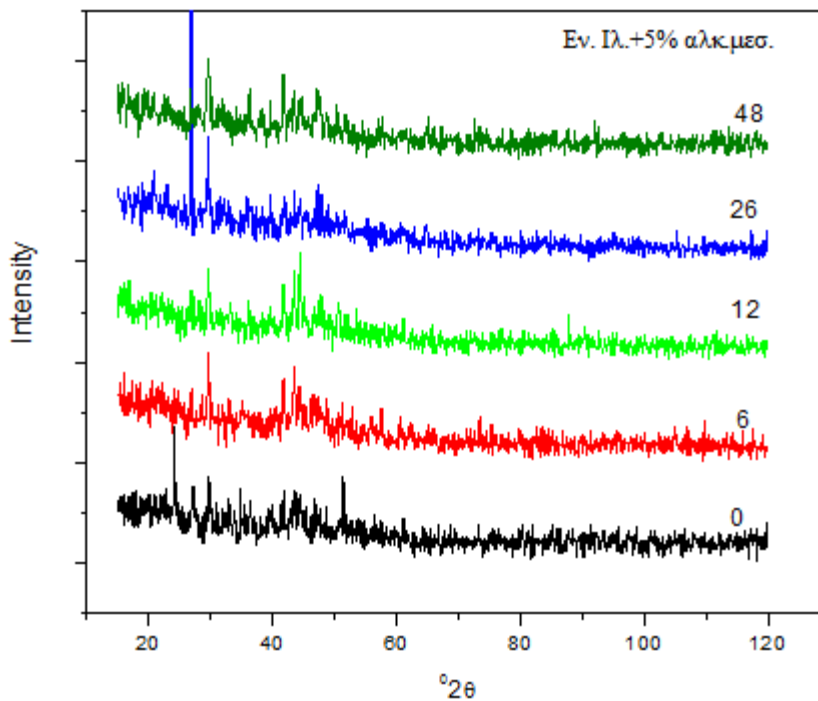
Σχήμα 37. Περίθλαση ακτίνων X της ενεργού ιλύος πριν και μετά την πύρωση.



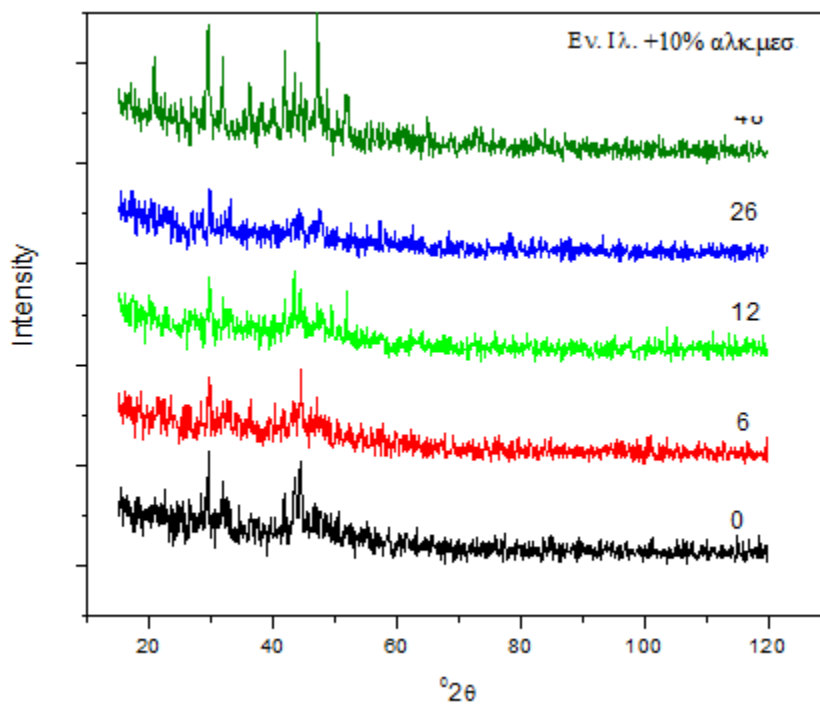
Σχήμα 38. Περίθλαση ακτίνων X του δείγματος 0 σε όλες τις ημέρες.



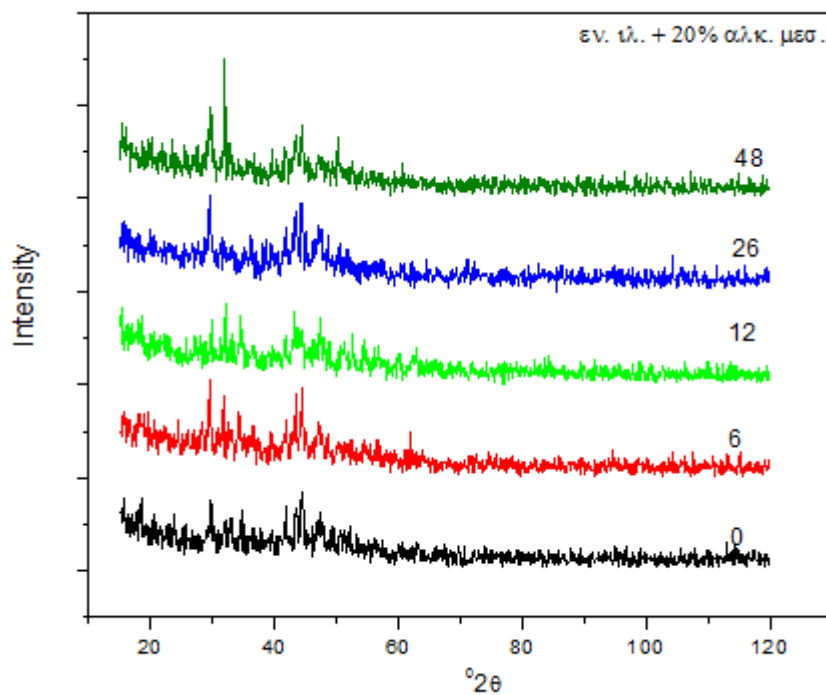
Σχήμα 39. Περίθλαση ακτινών X του δείγματος 1 σε όλες τις ημέρες.



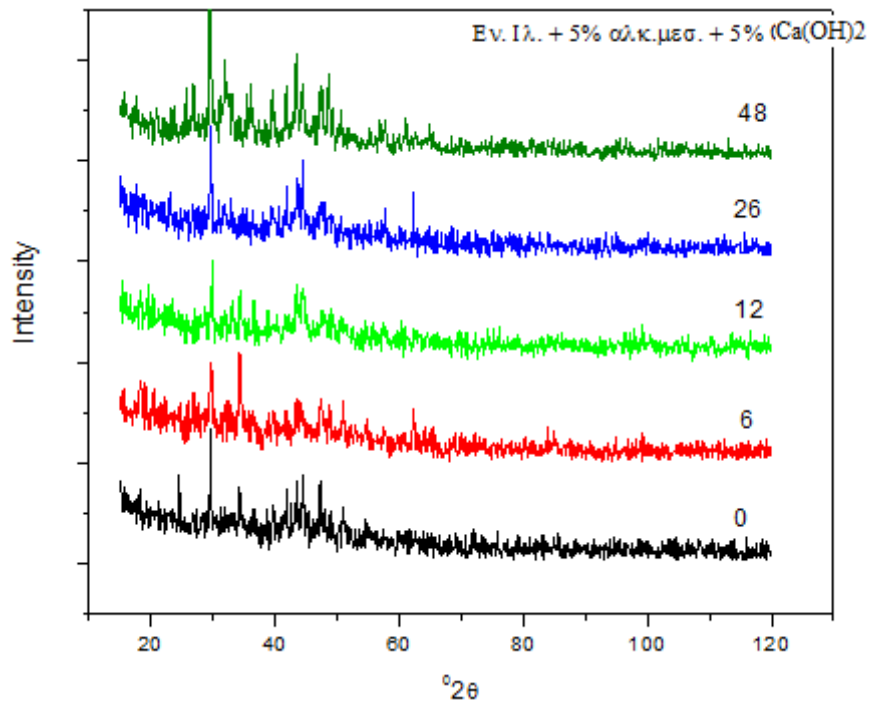
Σχήμα 40. Περίθλαση ακτινών X του δείγματος 2 σε όλες τις ημέρες.



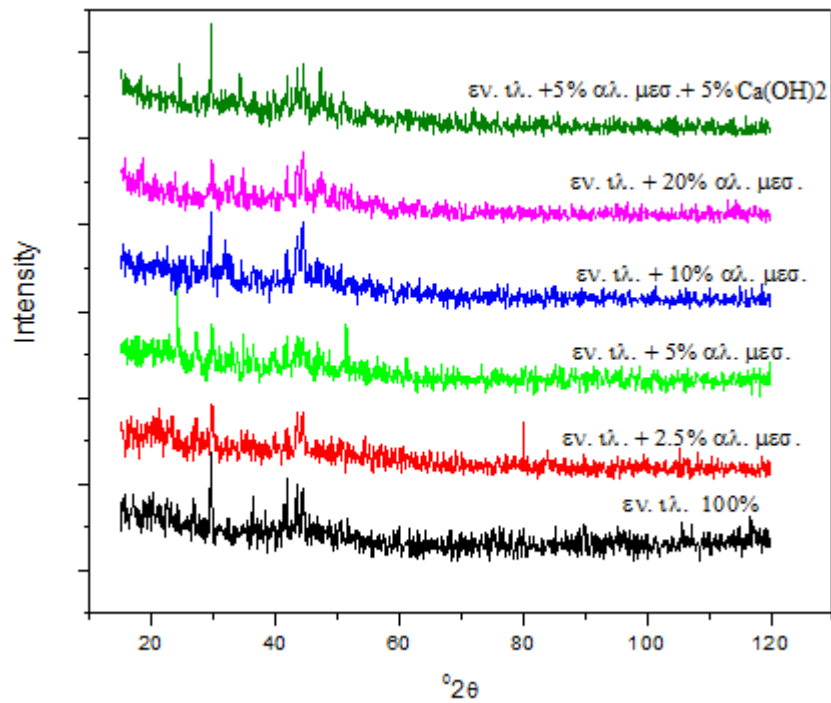
Σχήμα 41. Περίθλαση ακτινών X του δείγματος 3 σε όλες τις ημέρες.



Σχήμα 42. Περίθλαση ακτινών X του δείγματος 4 σε όλες τις ημέρες.



Σχήμα 43. Περίθλαση ακτινών X του δείγματος 5 σε όλες τις ημέρες.

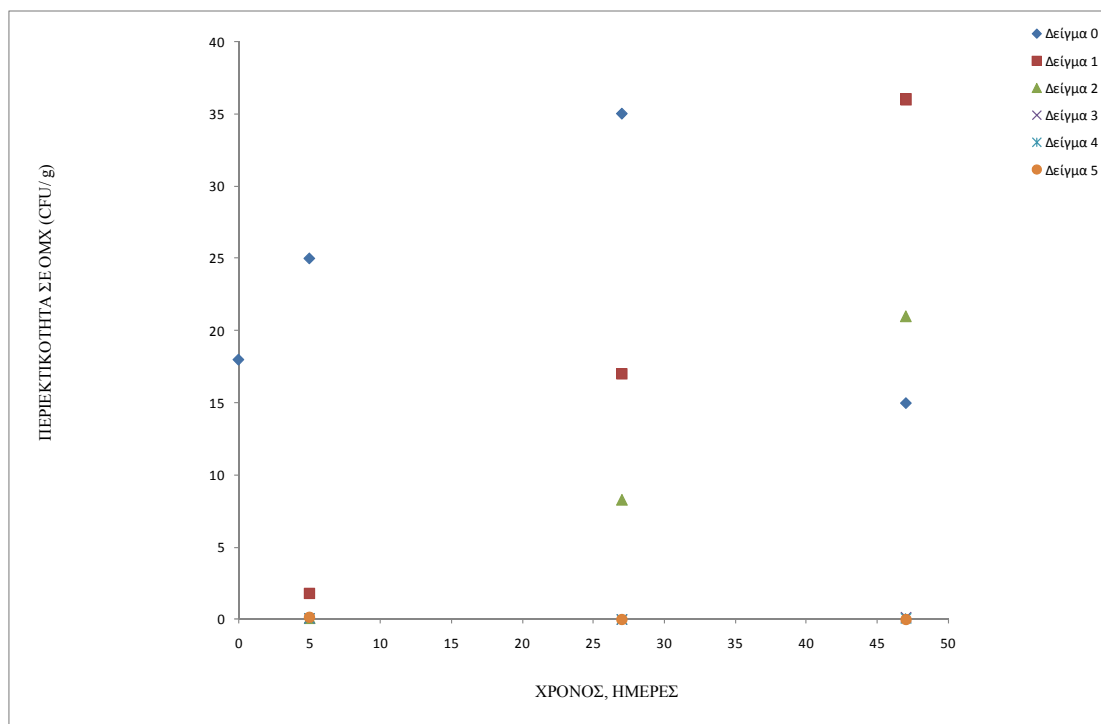


Σχήμα 44. Περίθλαση ακτινών X όλων των δειγμάτων ενεργού ιλύος.

5.2 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Σημαντική παράμετρος για την εκτίμηση του βαθμού σταθεροποίησης της ιλύος είναι η περιεκτικότητα σε μικροβιακό φορτίο. Τα αποτελέσματα από τη μέτρηση των μικροοργανισμών στα διάφορα δείγματα δίνονται στα σχήματα 45, 46, 47 για την περιεκτικότητα σε OMX, Total coliforms, E. Coli αντίστοιχα.

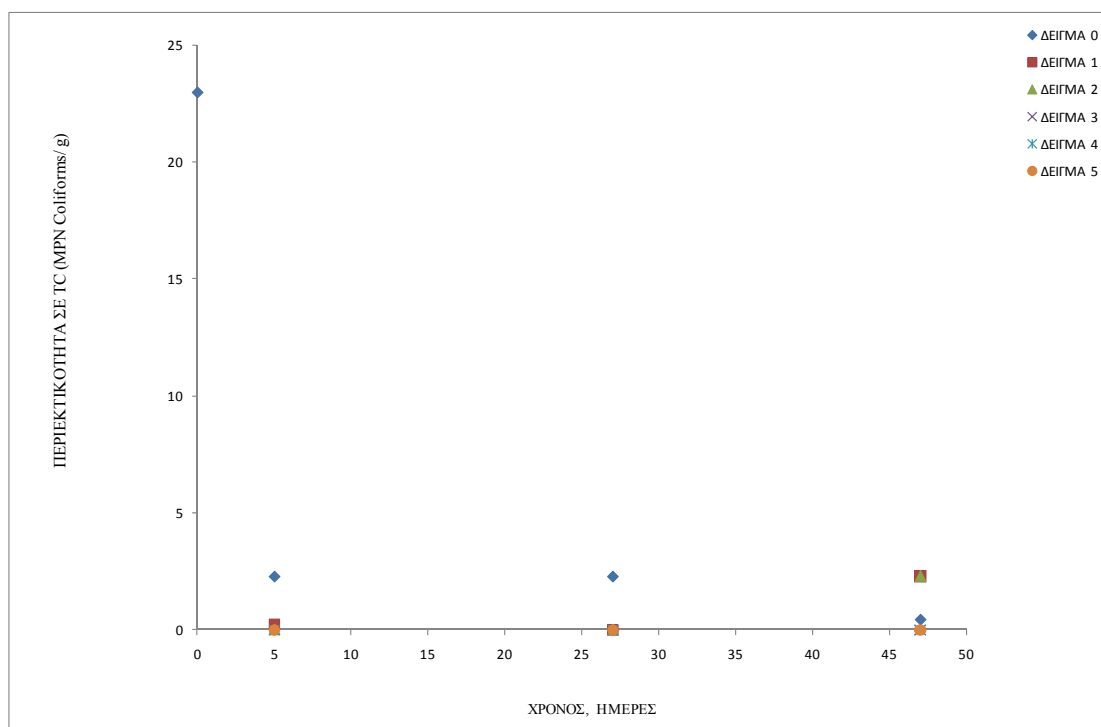
Στο σχήμα 45 φαίνονται οι μετρήσεις για την ολική μεσόφιλη χλωρίδα (OMX) με το χρόνο.



Σχήμα 45. Μεταβολή της περιεκτικότητας σε OMX με το χρόνο για τα διάφορα μίγματα ιλύος και αλκαλικών μέσων (τα αποτελέσματα είναι $\cdot 10^6$).

Ο ενοφθαλμισμός έγινε σε δύο τρυβλία για κάθε αραιώση και τα αποτελέσματα υπολογίστηκαν με το μέσο όρο των μετρήσεων. Παρατηρούμε ότι έχουμε μείωση των μικροοργανισμών και αυτό οφείλεται στην προσθήκη των αλακλικών μέσων και στο πέρασμα του χρόνου.

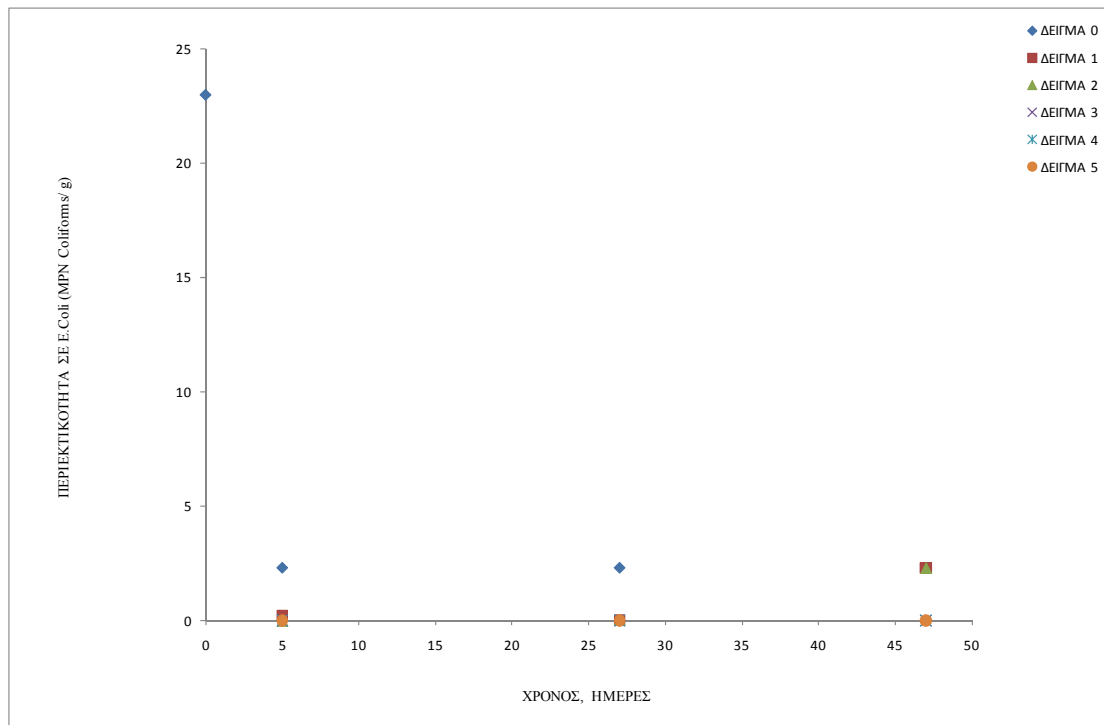
Στο σχήμα 46 βλέπουμε την περιεκτικότητα σε Total coliforms (MPN coliforms/g).



Σχημα 46. Μεταβολή της περιεκτικότητας σε Total coliforms με το χρόνο για τα διάφορα μίγματα ιλύος και αλκαλικών μέσων (τα αποτελέσματα είναι $\cdot 10^6$).

Ενοφθαλμίστηκαν 3 σωλήνες για κάθε αραιώση και δείγμα και τα αποτελέσματα εκφράζονται ως MPN coliforms/g ή ml με τη βοήθεια ειδικών πινάκων. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του αλκαλικού μέσου που προστίθεται τόσο μεγαλύτερη είναι και η μείωση των μικροοργανισμών στο κάθε δείγμα.

Στο σχήμα 47 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την E. Coli.



Σχήμα 47. Μεταβολή της περιεκτικότητας σε E. Coli με το χρόνο για τα διάφορα μίγματα ιλύος και αλκαλικών μέσων (τα αποτελέσματα είναι $\cdot 10^6$).

Από όλους τους θετικούς σωλήνες που προέκυψαν από τα Total coliforms ενοφθαλμίστηκαν με κρίκο σωλήνες με EC Broth ζωμό και σωλήνες με πεπτονούχο νερό για ινδόλη. Οι θετικοί σωλήνες με τον EC ζωμό μας δείχνουν την παρουσία εντερικών βακτηρίων (Faecal coliforms) και οι σωλήνες με το πεπτονούχο νερό την παρουσία της E. Coli. Αν οι σωλήνες για την E. Coli βγουν θετικοί, τότε γίνεται ταυτοποίηση των εντερικών βακτηρίων και λαμβάνεται ως αποτέλεσμα αυτό της E. Coli, ενώ δεν λαμβάνεται καθόλου υπόψη η ταυτοποίηση των εντερικών βακτηρίων.

Έτσι, το σχήμα 47 μας δείχνει ότι τα δείγματα της ενεργού ιλύος είχαν εντερικά βακτήρια και συγκεκριμένα την E. Coli. Στα δείγματα που είχαμε τη μεγαλύτερη προσθήκη αλκαλικού μέσου, αυτά παρουσιάζουν πολύ μικρούς αριθμούς βακτηρίων και αυτό οφείλεται στο υψηλό pH που επιτεύχθηκε στα δείγματα με την προσθήκη.

Τέλος, για την ολοκλήρωση των μικροβιολογικών αναλύσεων έγινε η ανάλυση σαλμονέλας. Στον πίνακα 8 φαίνονται τα αποτελέσματα για την παρουσία/απουσία σαλμονέλας στα διάφορα δείγματα ενεργού ιλύος.

Πίνακας 8. Απουσία/παρουσία σαλμονέλας για τα διάφορα μίγματα ιλύος και αλκαλικών μέσων.

ΜΕΡΕΣ	Υποστρώματα	Δείγμα 0		Δείγμα 1		Δείγμα 2		Δείγμα 3		Δείγμα 4		Δείγμα 5	
		S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T
5	SS	ναι	ναι	ναι	ναι	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι	ναι	όχι	όχι
	XLD	ναι	ναι	ναι	ναι	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι	ναι	όχι	όχι
27	SS	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι	όχι	όχι	όχι	ναι
	XLD	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι	ναι	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι
47	SS	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι	όχι	ναι	ναι	ναι
	XLD	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι	όχι

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, στη μελέτη αυτή διερευνήθηκε η δυνατότητα σταθεροποίησης της ενεργού ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων με προσθήκη αλκαλικών μέσων, δηλαδή παραπροϊόντος βιομηχανικής διεργασίας επεξεργασίας σιδήρου ή υδροξειδίου του ασβεστίου. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε η ανάμιξη ιλύος από την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων με υδροξειδίου του ασβεστίου ή με το παραπροϊόν σε διαφορετικές αναλογίες, 0%, 2,5%, 5%, 10%, 20%, 5% παραπροϊόν + 5% υδροξείδιο του ασβεστίου. Τα παραγόμενα υλικά τοποθετήθηκαν σε αντίστοιχους σωρούς και μετρήθηκαν οι φυσικοχημικές και μικροβιολογικές παράμετροι σε κάθε δείγμα.

Η προσθήκη των αλκαλικών μέσων είχε ως συνέπεια τη σημαντική ελάττωση της υγρασίας μέχρι ποσοστού 9% σε εκτεταμένους χρόνους παραμονής. Μικρότερη μείωση της υγρασίας, σε ποσοστό περίπου 13% και των πτητικών στερεών, σε ποσοστό περίπου 22%, παρατηρήθηκε κατά την προσθήκη των αλκαλικών μέσων σε μικρότερες δόσεις. Παράλληλα, με την προσθήκη των υλικών αυτών η λάσπη εξακολουθούσε να περιέχει σημαντικές ποσότητες σε θρεπτικά συστατικά (άζωτο, κάλιο και φώσφορο), τα οποία μειωνόταν σε ποσοστό που αντιστοιχούσε στον αντίστοιχο βαθμό προσθήκης των αλκαλικών μέσων. Το pH διατηρήθηκε σε υψηλές τιμές, περίπου στο 13, για τα δείγματα με τη μεγαλύτερη προσθήκη αλκαλικού μέσου, ενώ είχε τις χαμηλότερες τιμές, περίπου στο 7, για το δείγμα χωρίς την προσθήκη αλκαλικού μέσου.

Κατά την εξέταση των μικροβιολογικών φορτίων των παραγόμενων μιγμάτων βρέθηκε ότι μεγαλύτερη μείωση της περιεκτικότητας σε μικροοργανισμούς ήταν οι υψηλές συγκεντρώσεις των αλκαλικών μέσων όπου επιτυγχανόταν σχεδόν πλήρης εξάλειψη των οργανισμών από το αρχικό στάδιο της ανάμιξης, που οφειλόταν στις υψηλές τιμές pH, μεγαλύτερες από 10. Πιο συγκεκριμένα, κατά την εξέταση της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας (OMX) παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές στο δείγμα 0 χωρίς προσθήκη αλκαλικού μέσου, περίπου στο $35 \cdot 10^6$ και οι χαμηλότερες τιμές στα δείγματα με προσθήκη αλκαλικού μέσου που έφταναν ακόμα και στο 0. Στα Total Coliforms παρατηρήθηκε επίσης μείωση στα δείγματα με τις μεγαλύτερες ποσότητες

αλκαλικών μέσων (10%, 20%, 5%+5%) που έφτανε στις τιμές 0, με υψηλότερη τιμή αυτή του δείγματος 0 που έφτανε στο $23 \cdot 10^6$. Τέλος, αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και κατά την εξέταση της E.Coli στα διάφορα δείγματα της ενεργού ιλύος. Κατά την προσθήκη των αλκαλικών μέσων στις χαμηλότερες συγκεντρώσεις, παρατηρήθηκε μείωση του μικροβιακού φορτίου με χαμηλότερο όμως ρυθμό από τα δείγματα της με τις υψηλότερες τιμές αλκαλικών μέσων αν και σε μεγάλους χρόνους παραμονής δεν υπήρχαν διαφορές στα πειραματικά δεδομένα.

Συνοψίζοντας, από τη μελέτη των διαφορετικών υλικών και μεθόδων σταθεροποίησης της ενεργού ιλύος προκύπτουν τα εξής:

- Η προτεινόμενη τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί για τη σταθεροποίηση της ενεργού ιλύος, με χρήση αλκαλικού μέσου που είναι παραπροϊόν της βιομηχανικής διεργασίας επεξεργασίας σιδήρου αλλά και υδροξειδίου του ασβεστίου σε περιεκτικότητες όμως που ξεπερνούν το 10%. Αναλυτικότερα, κατά την προσθήκη 10% αλκαλικού μέσου, δείγμα 3, έχουμε πτώση της υγρασίας, στο 10%, και εξάλειψη των μικροβιολογικών παραμέτρων αλλά δεν έχουμε επαρκή σταθεροποίηση του pH και των πτητικών στερεών. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάζονται και κατά την προσθήκη 20% αλκαλικού μέσου, δείγμα 4, ενώ για το δείγμα 5, 5% αλκαλικό μέσο + 5% υδροξείδιο του ασβεστίου, έχουμε καλύτερη σταθεροποίηση του pH, περίπου στο 13 για 10 μέρες, όπως επίσης μεγαλύτερη απώλεια πτητικών στερεών, περίπου στο 50% και εξάλειψη των μικροβιολογικών παραγόντων. Η ανάμιξη των υλικών μπορεί να γίνει με το συμβατικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται σήμερα για την ασβεστοποίηση της λάσπης.

Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής πρέπει να γίνεται όμως αφού ληφθούν υπόψη στοιχεία που αφορούν το κόστος και τη διαθεσιμότητα των υλικών: η άσβεστος έχει υψηλό κόστος και πρέπει να διατίθεται υπό μορφή σκόνης ή πολτού ώστε να είναι εφικτή η ανάμιξη με τη λάσπη (αυτή τη στιγμή η διαθεσιμότητα της άσβεστου είναι περιορισμένη).

- Η εφαρμογή της μεθόδου μπορεί να έχει βραχυπρόθεσμο στόχο, αφού επιπλέον θα πρέπει να υπάρχουν οι κατάλληλες προϋποθέσεις για την

απόθεση/ επαναχρησιμοποίηση του παραγόμενου μίγματος. Στην περίπτωση όμως της παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων απορριπτόμενης ιλύος, η εφαρμογή της τεχνικής αυτής παρουσιάζει περιορισμούς κυρίως ως προς τη διάθεση του τελικού προϊόντος: σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να αναζητηθούν εναλλακτικοί τρόποι διάθεσης (π.χ. ως εδαφοβελτιωτικό σε όξινα εδάφη) ή εναλλακτικοί τρόποι αδρανοποίησης, όπως θερμική επεξεργασία.

7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Για την ορθή διαχείριση της ιλύος που προέρχονται από την επεξεργασία αστικών λυμάτων προτείνονται:

- Ορθολογικός σχεδιασμός με στόχο την αειφόρο ανάπτυξη. Απαιτείται αλλαγή του συστήματος διαχείρισης στην κατεύθυνση όχι μόνο της αξιοποίησης των αποβλήτων με ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση και ανάκτηση ενέργειας αλλά κυρίως της πρόληψης ή και μείωση της παραγωγής αποβλήτων με την ανάπτυξη καθαρών τεχνολογιών.
- Σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στις οποίες η συνιστώσα βιομηχανικών λυμάτων είναι περιορισμένη, η διάθεση της ιλύος στο έδαφος για γεωργικούς σκοπούς αποτελεί μια πολύ καλή μέθοδος διάθεσης, που πρέπει να εξετάζεται κατά προτεραιότητα. Στις περιπτώσεις αυτές σκόπιμο είναι να εξασφαλίζεται η διαθεσιμότητα των απαραίτητων εκτάσεων με τους τοπικούς φορείς. Με βάση την αναθεώρηση της Οδηγίας 86/278/EC και των αυστηρότερων όρων περί αγροτικής διάθεσης της ιλύος που εφαρμόζονται σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες, σκόπιμο είναι η ποιότητα του τελικού προϊόντος να διασφαλίζεται μέσω κατάλληλης πρόσθετης επεξεργασίας της ιλύος όπως κομποστοποίηση, επεξεργασία με ασβέστη κτλ.
- Στις μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, όπως Αθήνα και Θεσσαλονίκη, η θερμική ξήρανση της ιλύος και ιδιαίτερα αυτή του περιστρεφόμενου τυμπάνου, φαίνεται ότι μπορεί να αποτελέσει μια πολύ καλή εναλλακτική λύση. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να εξασφαλίζεται η διάθεση του τελικού προϊόντος σε μονάδες παραγωγής ενέργειας ως καύσιμο, στην τσιμεντοβιομηχανία και για αγροτικούς σκοπούς. Εξαιτίας του μεγάλου κόστους επένδυσης των μονάδων ξήρανσης σκόπιμο είναι με την λειτουργία τους να εξυπηρετούνται ευρύτερες περιοχές.
- Η διάθεση της ιλύος σε ΧΥΤΑ μπορεί να εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που άλλοι τρόποι διάθεσης, πιο φιλικό στο περιβάλλον δεν μπορούν να εφαρμοστούν. Σε κάθε περίπτωση η ιλύς πρέπει να έχει ικανοποιητικά χαρακτηριστικά για την ασφαλή διάθεσή της.
- Για την εξασφάλιση βιώσιμων, τεχνικά και οικονομικά, μεθόδων διαχείρισης της ιλύος θα πρέπει να εκπονούνται μελέτες σε ευρύτερες επιχειρησιακές μονάδες από αυτές της μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.
- Η ενημέρωση του κοινού και κυρίως των χρηστών του τελικού προϊόντος είναι απαραίτητη ώστε να εξασφαλίζεται η αποδοχή της προτεινόμενης λύσης.

Θα πρέπει να γίνεται κατανοητό ότι η ιλύς έχει σημαντική θρεπτική και ενεργειακή αξία και δεν αποτελεί <<σκουπίδι>>.

8.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δεληγκάρης Ν. (2005). Μικροβιολογικός έλεγχος των τροφίμων, Θεσσαλονίκη.
- Κάρτσωνας Νίκος (2005), «Εναλλακτικοί τρόποι διαχείρισης παραπροϊόντων επεξεργασίας από μικρές εγκαταστάσεις λυμάτων», Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων με Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας, Καρδίτσα, 14-15 Οκτωβρίου 2005.
- Κουή Μ., Λυμπεροπούλου Θ. (2000). Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης με φασματόμετρο ενεργειακής διασποράς ακτινών-Χ. pp 7.
- ΚΥΑ 80568/4225/1991 (ΦΕΚ Β 641/7.8.91), «Μέθοδοι, όροι και περιορισμοί για την χρησιμοποίηση στη γεωργία της ιλύος που προέρχεται από την επεξεργασία οικιακών και αστικών λυμάτων»
- ΚΥΑ 114218/1997 (ΦΕΚ Β 1016/17.11.97), «Κατάρτιση πλαισίου Προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων»
- ΚΥΑ 29407/3508/2002 (ΦΕΚ Β 1572/16.12.02), «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων»
- ΚΥΑ 22912/1117/2005 (ΦΕΚ Β 759/06.06.2005), «Μέτρα και όροι για την πρόληψη και τον περιορισμό του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων».
- Μαρκαντωνάτος Γρηγόρης (1986), «Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων, αστικά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα, ζωικά απορρίμματα», Α έκδοση, Αθήνα.
- Νταρακάς Ευθύμιος (2006), «Όρια συγκέντρωσης και αδρανοποίηση των τοξικών ρύπων για περιβαλλοντικά αποδεκτούς τρόπους διάθεσης ιλύος εγκαταστάσεων επεξεργασία λυμάτων», Τεχνικά χρονικά, Σεπτέμβριος-Οκτώβριος 2006.

- Π. Σαμαράς, Κ. Γκουντούλας, Α. Παπά, Ε. Παπαστεργιάδης (2007), «Μελέτη για την σταθεροποίηση της απορριπτόμενης ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων κατά την ανάμιξη με ιπτάμενη τέφρα», Κοζάνη Δεκέμβριος 2007, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δ. Μακεδονίας, Τμήμα Τεχνολογιών Αντιρρύπανσης και Κέντρο Τεχνολογικής Έρευνας Δ. Μακεδονίας.
- Πρακτικά συνεδρίου της HELECO 1995, «Ωφέλιμη διάθεση των ιλύων- Γενικά χαρακτηριστικά των ιλύων», σελ. 336-337, ΤΕΕ.
- Στάμος Α. και Βογιατζής Ζ. (1994), «Βασικές αρχές και σχεδιασμού Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων», ΤΕΕ, έκδοση 2^η.
- Τσώνης Π. Σ. (2004), «Επεξεργασία λυμάτων», εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. (1996), «Η οδηγία 96/61/ΕΚ για την ολοκληρωμένη πρόληψη και περιορισμό της ρύπανσης (IPPC) και οι Ελληνικές προτάσεις για τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές»
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. (200), «Εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ στην Ελλάδα, Κατάσταση 2003 και 2005»
- Χανδρινός Α. (2004). Χρήση κασσιτερίτη και υποκατάστατων στοιχείων του ως δευτερεύουσα πρώτη ύλη στη βιομηχανία τσιμέντου. Μεταπτυχιακή Εργασία (ΕΜΠ). Αθήνα.
- Χατζηγιάννης Σ., Χριστοδούλου Χ. Ν., Καραγιώργης Γ. Ν., Καλογήρου Ο., Σαραφίδης Χ. (1995). Μεταλλικά-Συγκολλημένοι Μαγνήτες (Metalbonded Magnets για εφαρμογές σε υψηλές θερμοκρασίες. The Cyprus Journal of Science and Technology.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- C.A. Papadimitriou, I. Haritou, P. Samaras, A.I. Zouboulis (2007). Evaluation of leaching and ecotoxicological properties of sewage sludge–fly ash mixtures. *Environmental Research*, **106**, 340–348.
- D.C. Su, J.W.C. Wong (2003). Chemical speciation and phytoavailability of Zn, Cu, Ni and Cd in soil amended with fly ash-stabilized sewage sludge. *Environment International*, **29**, 895-900.
- European Commission, DG Environment (2001), «Disposal and recycling routes for sewage sludge»
- Franciszek Czechowski, Tadeusz Marcinkowski (2006). Sewage sludge stabilisation with calcium hydroxide: Effect on physicochemical properties and molecular composition. *Water Research*, **40**, 1895 – 1905.
- Guohua Chen, Po Lock Yue and Arun S. Mujumbar (2002), «Sludge dewatering and drying technology»
- J. Werther, T. Ogada. (1999). Sewage sludge combustion. *Progress in Energy and Combustion Science*, **25**, 55–116.
- Metcalf- Eddy (2004), «Wastewater Engineering, Treatment and Reuse», Mc Graw-Hill, New York, 4th edition.
- P. Samaras, C.A. Papadimitriou, I. Harito, A.I. Zouboulis (2007). Investigation of sewage sludge stabilization potential by the addition of fly ash and lime. *Journal of Hazardous Materials*, **154**, 1052–1059.

