

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ & ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ ΚΑΙ
ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ
ΑΡΤΑΣ

ΜΕΖΙΤΗ ΣΤΥΛΙΑΝΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ι. Κ. Μήτσιος, Ph.D.,
Επιβλέπων Καθηγητής

Χ. Γούλας, Ph.D.,
Μέλος

Π. Λόλας, M. Sc., Ph.D.,
Μέλος

ΒΟΛΟΣ, 2001



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 1967/1

Ημερ. Εισ.: 24-10-2003

Δωρεά:

Ταξιδετικός Κωδικός: ΠΤ ΓΦΖΠ

2001

ΜΕΖ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070353

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ & ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ ΚΑΙ
ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ
ΑΡΤΑΣ**

ΜΕΖΙΤΗ ΣΤΥΛΙΑΝΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ι. Κ. Μήτσιος, Ph .D .,
Επιβλέπων Καθηγητής

Χ. Γούλας, Ph .D .,
Μέλος

Π. Λόλας, M. Sc.,Ph.D.,
Μέλος

ΒΟΛΟΣ, 2001

Προσδιορισμός των χημικών παραμέτρων της ιλύος και του νερού από τον βιολογικό καθαρισμό της πόλης της Άρτας.

Εξεταστική Επιτροπή

Ι. Κ. Μήτσιος, Ph.D.,
Επιβλέπων Καθηγητής

Χ. Γούλας, Ph.D.,
Μέλος

Π. Λόλας, M. Sc., Ph.D.,
Μέλος

Στη μνήμη του συμφοιτητή και αγαπημένου μου φίλου
Δημήτρη Σαραντόπουλου .

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους για να αντιμετωπίσουμε την ολοένα και αυξανόμενη ρύπανση των υδατικών πόρων είναι οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων (ΕΕΑΑ). Οι ΕΕΑΑ έχουν ως σκοπό τον καθαρισμό των αστικών αποβλήτων από διάφορα επιβλαβή στοιχεία που περιέχουν.

Είναι λοιπόν σημαντικό να γνωρίζουμε τα στοιχεία που περιέχονται στα αστικά απόβλητα όχι μόνο για να μπορούμε με επιτυχία να σχεδιάζουμε τις ΕΕΑΑ και να προλαβαίνουμε την ρύπανση του περιβάλλοντος αλλά και για την προοπτική της επαναχρησιμοποίησης – κατόπιν επεξεργασίας – αυτών, σε αγροτικές κυρίως δραστηριότητες. Αυτός είναι ο λόγος που με ώθησε να ασχοληθώ στην παρούσα πτυχιακή εργασία με τον προσδιορισμό των χημικών παραμέτρων της ύλης και του νερού που προέρχονται από τον βιολογικό καθαρισμό της πόλης Άρτας.

Καταρχήν αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Επιβλέποντα Καθηγητή μου και Διευθυντή του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Ι.Κ. Μήτσιο για την πολύτιμη βοήθεια του και την καθοδήγησή του σε όλη την διάρκεια της διατριβής αυτής καθώς και για το ήθος που καθόρισε την στάση μου απέναντι στην επιστήμη.

Ευχαριστώ τους καθηγητές κ. Χ. Γούλα και κ. Π. Λόλα για τις χρήσιμες συμβουλές και παρατηρήσεις τους.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον Δήμαρχο Αρταίων, κ. Κωνσταντίνο Βάγια για την χρηματοδότηση του ερευνητικού αυτού προγράμματος, που χωρίς αυτή τη χρηματοδότηση δεν θα είχε εκτελεστεί το πρόγραμμα αυτό.

Τέλος εκφράζω τις ευχαριστίες μου σε όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και ιδιαίτερα στους υποψήφιους διδάκτορες Γάτσιο Φώτη και Σταματοπούλου Ιωάννα και στον συμφοιτητή μου Δημάκα Δημήτρη για την βοήθεια και την στήριξη κατά την εκπόνηση της διατριβής αυτής.

Περιεχόμενα

	Σελ.
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	2
1.1. Νομοθετικό πλαίσιο	2
1.2. Αποτελέσματα αναλύσεων από ύλεις	6
1.3. Η χρήση της ύλος ως εδαφοβελτιωτικού	9
1.4. Στοιχεία λειτουργίας των Ε.Ε.Α.Α.	9
1.4.1. Γενικά για τις Ε.Ε.Α.Α.	9
1.4.2. Στοιχεία λειτουργίας των Ε.Ε.Α.Α. της Άρτας	11
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	12
2.1. Δείγματα ύλος	12
2.1.1. Δειγματοληψία και μεταφορά των δειγμάτων ύλος	12
2.1.2. Προετοιμασία των δειγμάτων ύλος	12
2.1.3. Υπολογισμός ολικών στερεών	13
2.1.4. Μέτρηση του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα δείγματα ύλος	13
2.1.5. Προσδιορισμός οργανικής ουσίας στα δείγματα ύλος	14
2.1.6. Προσδιορισμός του ολικού αζώτου με τη μέθοδο KJELDAHL στα δείγματα ύλος	15
2.1.7. Προσδιορισμός του φωσφόρου	18
2.1.8. Προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων	22
2.1.9. Προσδιορισμός καλίου και νατρίου	24
2.2. Δείγματα νερού	25
2.2.1. Δειγματοληψία και μεταφορά δειγμάτων νερού	25
2.2.2. Προετοιμασία των δειγμάτων νερού	25
2.2.3. Προσδιορισμός υδατοδιαλυτών HCO_3 και CO_3^{-2}	25
2.2.4. Προσδιορισμός νατρίου και καλίου	27
2.2.5. Προσδιορισμός των νιτρικών, νιτρωδών, φωσφορικών, φθορικών και βρωμικών ιόντων στα δείγματα νερού	29
2.2.6. Προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων στα δείγματα νερού	32
2.2.7. Προσδιορισμός του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου	33

3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	34
3.1.	Γλύς	34
3.2.	Νερό	34
3.3.	Συμπεράσματα	35
4.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αστικά λύματα είναι τα υγρά απόβλητα , που δημιουργούνται κατά τις διαδικασίες καθαριότητας (χώροι υγιεινής , μαγειρεία πλυντήρια κ.λ.π.) σε μια κατοικημένη περιοχή (κατοικίες , γραφεία , ιδρύματα , βιομηχανίες) . Κύριο συστατικό τους είναι το νερό με ορισμένες ξένες προσμείξεις που το καθιστούν κατ' αρχήν ακατάλληλο για διάφορες χρήσεις και επηρεάζουν με δυσμενή τρόπο τους τελικούς αποδέκτες .

Σκοπός της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων από τις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων - οι οποίες από εδώ και στο εξής θα αναφέρονται ως ΕΕΑΑ - είναι η επαναφορά του χρησιμοποιούμενου νερού στη φύση ή στο κύκλωμα παραγωγής με ποιοτικά χαρακτηριστικά , που θα είναι συμβατά με τις επιθυμητές χρήσεις αλλά και τους διεθνείς κανονισμούς έτσι ώστε να προστατευθεί η δημόσια υγεία και τα φυσικά οικοσυστήματα , να διατηρηθεί το περιβάλλον και να υποβαθμιστούν οι υδατικοί πόροι του πλανήτη , που παρά την φαινομενική τους αφθονία , δεν είναι ανεξάντλητοι μπροστά στον συνεχώς αυξανόμενο ανθρώπινο πληθυσμό και τις ανάγκες αυτού, που ολοένα και αυξάνονται .

Προκειμένου να εξασφαλιστεί λοιπόν η προστασία του περιβάλλοντος σε σχέση πάντα με τα αστικά απόβλητα και την επαναχρησιμοποίησή τους θα πρέπει να γνωρίζουμε κατ' αρχήν την σύσταση των αποβλήτων .

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι ο προσδιορισμός των χημικών παραμέτρων της ιλύος και του νερού που προέρχονται από τον βιολογικό καθαρισμό της πόλης Άρτας .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1. Νομοθετικό πλαίσιο

Η προστασία του περιβάλλοντος και η βελτίωση των συνθηκών υγιεινής αποτελούν τα τελευταία χρόνια ολόένα και πιο επιτακτικό αίτημα των σύγχρονων κοινωνιών. Ως αποτέλεσμα της κοινωνικής αυτής πίεσης τα αρμόδια εκτελεστικά και νομοθετικά όργανα θέσπισαν διατάξεις και ψήφισαν νόμους που επιβάλλουν την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων (3).

Έτσι λοιπόν το Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξέδωσε πρόσφατα οδηγία (19/3/92) με την οποία προβλέπεται η εγκατάσταση ΕΕΑΑ σε όλες τις πόλεις της Ένωσης (10). Συγκεκριμένα, προτείνεται η πραγματοποίηση βιολογικού καθαρισμού για όλες τις πόλεις με πληθυσμό άνω των 15000 κατοίκων μέχρι το 2000 και για τις μικρότερες μέχρι το 2005. Στα παραρτήματα της Οδηγίας καθορίζονται οι απαιτήσεις ώστε να είναι αποδεκτά προς απόρριψη τα επεξεργασμένα λύματα που προέρχονται από τις ΕΕΑΑ (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Απαιτήσεις για απορρίψεις των λυμάτων από ΕΕΑΑ

Παράμετροι	Συγκέντρωση	Ελαχ. Μείωση (%)	Μέθοδοι μέτρησης αναφοράς
BOD ₅ χωρίς νιτροποίηση	25 mgL ⁻¹ O ₂	70 – 90 40 δυνάμει άρθρου 4 παρ . 2 (ορεινές κοινότητες άνω των 1500 μέτρων)	Ομογενοποιημένο, αδιάθιγτο , ακατακάθιστο δείγμα , προσδιορισμός του διαλυόμενου οξυγόνου πριν και μετά πενήτημερη επώαση στους 20 ⁰ C ± 1 ⁰ C σε απόλυτο σκότος . Προσθήκη παρεμτοδιστή νιτροποίησης .
COD	125 mgL ⁻¹ O ₂	75	Ομογενοποιημένο , αδιάθιγτο, ακατακάθιστο δείγμα. Διχρωμικό κάλιο.
Ολικά αιωρούμενα στερεά	35 mgL ⁻¹ δυνάμει αρθ. 4 παρ. 2 (άνω των 10000 ι.π.)	90 δυνάμει άρθρου 4 παρ. 2 (άνω των 10000 ι.π.)	
	60 mgL ⁻¹ δυνάμει αρθ. 4 παρ. 2 (2000 – 10000 ι.π.)	70 δυνάμει άρθρου 4 παρ. 2 (2000 – 10000 ι.π.)	
Ολικός φώσφορος	2 mgL ⁻¹ P (10000 – 100000 ι.π.)	80	Φασματομετρία μοριακής απορρόφησης
	10 mgL ⁻¹ P (άνω των 100000 ι.π.)		
Ολικό άζωτο	15 mgL ⁻¹ N (10000 – 100000 ι.π.)	70 - 80	Φασματομετρία μοριακής απορρόφησης
	10 mgL ⁻¹ N (άνω των 100000 ι.π.)		

Ένα μικρό μέρος του ρυπαντικού φορτίου των ανεπεξέργαστων λυμάτων επιστρέφει στους αποδέκτες ενώ το μεγαλύτερο μέρος συγκεντρώνεται στην ιλύ. Ο όρος ιλύς (sewage sludge) απαντάται με διάφορους επιθετικούς προσδιορισμούς όπως ενεργός , σταθεροποιημένη και επεξεργασμένη (15) . Σύμφωνα με την Οδηγία 278/86 της Ε.Ε. με τον όρο ιλύς νοείται :

1. Η ιλύς που προέρχεται από ΕΕΑΑ που επεξεργάζονται τα οικιακά ή αστικά λύματα και από άλλες ΕΕΑΑ που επεξεργάζονται λύματα των οποίων η σύνθεση είναι παρόμοια με την σύνθεση των οικιακών ή των αστικών λυμάτων .
2. Η ιλύς που προέρχεται από σηπτικούς βόθρους και άλλες παρόμοιες εγκαταστάσεις για την επεξεργασία λυμάτων .
3. Η ιλύς που προέρχεται από σταθμούς καθαρισμού μη αναφερόμενους στις περιπτώσεις 1 και 2 .

Με τον όρο επεξεργασμένη ιλύς νοείται , η ιλύς που έχει υποστεί βιολογική , χημική θερμική επεξεργασία με μακροχρόνια αποθήκευση ή με οποιαδήποτε άλλη κατάλληλη επεξεργασία ώστε να έχει μειωθεί σημαντικά η ικανότητα της προς ζύμωση και ο κίνδυνος για την υγεία που προκαλείται από την χρησιμοποίησή της . Τέλος με τον όρο χρησιμοποίηση νοείται , η διασπορά της ιλύος επί του εδάφους ή οποιαδήποτε άλλα χρησιμοποίησή της πάνω και μέσα στο έδαφος .

Για τη αξιοποίηση της ιλύος μελετώνται οι εξής παράμετροι : ξηρή ουσία , οργανική ουσία , ρΗ , άζωτο , φώσφορος , κάδμιο , χαλκός , νικέλιο , μόλυβδος , ψευδάργυρος , υδράργυρος , χρώμιο .

Τα βαρέα μέταλλα και η οικολογική τους σημασία

Ένα από τα σύγχρονα προβλήματα της ρύπανσης του περιβάλλοντος είναι η επιβάρυνση αυτού από τα βαρέα μέταλλα .

Τα βαρέα μέταλλα στο σύνολο τους θεωρούνται γενικά τοξικά για τον άνθρωπο και τα ζώα όταν η συγκέντρωση αυτών υπερβεί μία κρίσιμη τιμή . Η ρύπανση των γεωργικών εδαφών και των παραγόμενων προϊόντων γίνεται από εξωγεωργικές δραστηριότητες όπως οι βιομηχανίες , οι συγκοινωνίες , τα μεταλλεία και τα λατομεία . Οι πηγές εισόδου στον άνθρωπο και τα ζώα είναι οι τροφές αυτών όταν περιέχουν μεγάλες ποσότητες βαρέων μετάλλων π.χ. λαχανικά .Ειδικότερα από τα 70 περίπου μέταλλα που χαρακτηρίζονται σαν βαρέα (βάρος > 6 g/cm³) , αυξημένο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα 20 από αυτά

τα οποία στην πλειοψηφία τους θεωρούνται απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά και τα ζώα αλλά μπορούν να καταστούν επικίνδυνα σε υψηλές συγκεντρώσεις (Πίνακας 2).

Πίνακας 2 : Οικολογική ταξινόμηση των σημαντικότερων βαρέων μετάλλων

Στοιχείο	Απαραίτητο για ζώα -φυτά	Γνωστό ως ρυπαντής	Στοιχείο	Απαραίτητο για ζώα -φυτά	Γνωστό ως ρυπαντής
Ag Άργυρος	-	P	Ni Νικέλιο	A	P
Cd Κάδμιο	-	P	Pt Λευκόχρυσος	-	-
Cr Χρόμιο	A	P	Pb Θάλλιο	-	P
Co Κοβάλτιο	A	P	Th Θόριο	-	P
Cu Χαλκός	A	P	Sn Κασσίτερος	A	P
Fe Σίδηρος	A	P	U Ουράνιο	-	P
Hg Υδράργυρος	-	P	V Βανάδιο	A	-
Mn Μαγγάνιο	A	-	W Βολφραΐμιο	A	P
Pb Μόλυβδος	-	P	Zn Ψευδάργυρος	A	P
Mo Μολυβδαίνιο	A	P	Zr Ζιρκόνιο	-	-

A = Απαραίτητο για φυτά και ζώα P = Ρυπαντής

Τα βαρέα μέταλλα έχουν ως πηγές προέλευσης : τα ορυκτά του εδάφους , τις ανθρώπινες δραστηριότητες όπως εκτεταμένη χρήση φωσφορικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων , πιθανώς διάφορα αγροχημικά , την χρήση καυσίμων , την φθορά των αυτοκινήτων και τις αυξανόμενες ποσότητες αστικών και βιομηχανικών λυμάτων .Τα φυτά που καλλιεργούνται σε εδάφη που έχουν υποστεί ρύπανση από βαρέα μέταλλα προσλαμβάνουν ποσότητες βαρέων μετάλλων τα οποία συσσωρεύονται σε αυτά .

Επίσης στον Πίνακα 3 αναγράφονται οι επιτρεπόμενες οριακές τιμές συγκεντρώσεων για τα βαρέα μέταλλα (6) .

Πίνακας 3. Οριακές τιμές συγκεντρώσεων για τα βαρέα μέταλλα

	ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΗΝ ΙΑΥ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ	ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΕΙΣΑΓΟΝΤΑΙ ΚΑΤ' ΕΤΟΣ ΣΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΕΝΑ ΜΕΣΟ ΟΡΟ 10 ΕΤΩΝ (kg/εκτάριο/έτος)
Παράμετροι	Οριακές τιμές	Οριακές τιμές	Οριακές τιμές
Κάδμιο	1 - 3	20 - 140	0,15
Χαλκός	50 - 140	1000 - 1750	12
Νικέλιο	30 - 75	300 - 400	3
Μόλυβδος	50 - 300	750 - 1200	15
Ψευδάργυρος	150 - 300	2500 - 4000	30
Υδράργυρος	1 - 1,5	16 - 25	0,1
Χρώμιο	-	-	-

1.2. Αποτελέσματα αναλύσεων από ιλείς (διεθνής εμπειρία)

Στις διάφορες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης επεξεργάζονται ετησίως 230.000.000 m³ αστικών λυμάτων και παράγονται αντίστοιχα 6.000.000 τόνοι ξηρής ουσίας ιλύος ενώ με την πλήρη εφαρμογή της Οδηγίας (19/3/1991) αναμένεται αύξηση κατά 70 % στην συνολική ποσότητα παραγόμενης ιλύος .

Η χρήση της ιλύος στην γεωργία αλλά και για την αποκατάσταση περιοχών οι οποίες έχουν δεκτεί έντονη εκμετάλλευση από τον άνθρωπο (7) αποτελεί μια εύκολη και φθηνή λύση (5) στο σημαντικό πρόβλημα των ΕΕΑΑ για την διάθεση της παραγόμενης ιλύος αλλά και επιπλέον από τις πρώτες αναλύσεις των εφαρμογών της η λιπαντική της αξία φάνηκε σημαντική (13 , 14 , 16) . Όμως η συχνή και παρατεταμένη χρήση της ιλύος στο ίδιο έδαφος σε πολλές περιπτώσεις δημιούργησε πολλά και σημαντικά προβλήματα στο περιβάλλον και υποβάθμισε τα εδάφη όπου χρησιμοποιήθηκε . Γι αυτό ο αναλυτικός έλεγχος επεκτάθηκε και μάλιστα πιο εντατικά και σε άλλες παραμέτρους όπως το άζωτο , ο φώσφορος , το κάλιο και το νάτριο (Πίνακας 4 και Πίνακας 5) . Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (15) συνιστά τις μέγιστες

παρακάτω αθροιστικά τιμές επιβάρυνσης του εδάφους σε βαρέα μέταλλα . Οι μέγιστες αυτές τιμές που μπορούν να προστεθούν συσχετίζονται με την Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων των εδαφών (Πίνακας 4) .

Πίνακας 4. Βαρέα μέταλλα και ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων

Βαρέα μέταλλα Kg/εκτάριο	Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (meq/100 g)		
	< 5	5-15	> 15
Pb	560	1120	2240
Zn	280	560	1120
Cu	140	280	560
Ni	140	280	560
Cd	6	11	22

Πίνακας 5. Περιεκτικότητα και διαθεσιμότητα αζώτου και φωσφόρου σε διάφορες μορφές ιλύος

	Ολικό N (% ξ.ο.)	Διαθεσιμότητα N (1 ^η καλ. περίοδος)	Ολικό P (% ξ.ο.)	Διαθεσιμότητα P (1 ^η καλ. περίοδος)
Υγρή αχώνευτη	3 , 5	35 % του συνολικού	3	50 % του συνολικού
Υγρή χωνεμένη	5	50% του συνολικού	4	50 % του συνολικού
Αχώνευτο cake	3	20 % του συνολικού	2 –5	50 % του συνολικού
Χωνεμένο cake	3	15 % του συνολικού	3 - 5	50 % του συνολικού

Πίνακας 6. Τιμές συγκεντρώσεων θρεπτικών στοιχείων και βαρέων μετάλλων σε ιλεις αστικών λυμάτων από διάφορα κράτη (mg kg⁻¹ ξηράς ουσίας)

Χώρα	N%	P%	K%	Na%	Cd	Zn	Ni	Cu	Pb	Cr	As	Hg
ΗΠΑ	3,3	2,3	0,3	0,2	260	1740	82	850	500	890	10	5
Ην. Βασίλ.	3-5	2,5-4	-	-	60-1500	3000	80	80	700	250	-	-
Ολλανδία 1981	-	-	-	-	8,3	1750	76	494	450	200	6,8	3,3
Ολλανδία 1983	-	-	-	-	7,7	1562	59	484	377	133	6,1	3
Ολλανδία 1986	-	-	-	-	6	1398	50	471	316	100	6,8	2,2
Γαλλία 1974	1,2	1,6	0,15	-	95	5500	106	1650	906	925	-	-
Γαλλία 1990	1,5	2,9	-	-	22	3400	-	890	740	280	-	-
Καναδάς	-	2,4	0,01	0,02	10	1600	120	970	375	530	-	2,1

Τέλος ένα ακόμη πρόβλημα είναι η περιεκτικότητα της ιλύος αστικών αποβλήτων σε επικίνδυνες οργανικές ουσίες (15). Στα εδάφη έχουν ανιχνευτεί ουσίες όπως DDT , Dieldrin , PCB , PAH , PCDD , PCDF κ.α. . Ενδεικτικές τιμές , των μέσων συγκεντρώσεων σε ξηρά ουσία , των ενώσεων αυτών , από έρευνες που έχουν γίνει στη Γερμανία παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 7) .

Πίνακας 7. Ενδεικτικές τιμές οργανικών ουσιών

	Dieldrin (ppm)	DDT (ppm)	PCB (ppb)	PAH (ppb)	PCDD (ppt)	PCDF (ppt)
Εδαφικά δείγματα	9	32	1 - 4	5 - 23	-	-
Ιλύς αστ. αποβλ.	11	58	5 - 49	31 - 289	0,4 - 2,3	0,17

1.3. Η χρήση της ιλύος ως εδαφοβελτιωτικού

Όπως προαναφέρθηκε στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης επεξεργάζονται ετησίως 230.000.000 m³ αστικών λυμάτων και παράγονται 6.000.000 τόνοι ξηρής ιλύος, ποσά που αναμένεται να αυξηθούν κατά 70 % μετά την πλήρη εφαρμογή της Οδηγίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (19/3/1992) για την λειτουργία ΕΕΑΑ .

Το πρόβλημα της διάθεσης της ξηράς ιλύος αλλά και η αξία της για τη λίπανση των καλλιεργειών μας οδήγησε στην χρήση της ιλύος στην γεωργική παραγωγή ως εδαφοβελτιωτικού, λύση που εκτός από φθηνή και εύκολη είναι σύμφωνη και με τις σύγχρονες τάσεις για οικολογική γεωργία, φιλική προς το περιβάλλον (13,14,16). Επίσης το νερό που προέρχεται από τις ΕΕΑΑ χρησιμοποιήθηκε σε πολλές περιπτώσεις για άρδευση καλλιεργειών, άρδευση χώρων πρασίνου, βιομηχανικές χρήσεις, υδροδότηση διαφόρων δραστηριοτήτων αναψυχής και για βιομηχανικές χρήσεις (11). Σε κάποιες περιπτώσεις η ιλύς από βιολογικό καθαρισμό χρησιμοποιήθηκε και για την αποκατάσταση περιοχών διαταραγμένων από μεταλλευτική εκμετάλλευση (7). Με τους παραπάνω τρόπους χρησιμοποίησής τους, τα απόβλητα όχι μόνο ανακυκλώνονται αλλά και χρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία .

Τέλος αυτό που θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή για την χρησιμοποίηση των αστικών αποβλήτων είναι η περιεκτικότητα αυτών σε ορισμένα επικίνδυνα στοιχεία (όπως η περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα και σε φώσφορο), τα οποία μπορούν να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα στο περιβάλλον και να υποβαθμίσουν τα εδάφη και τους υδροφορείς (1,2). Γι αυτό επιβάλλεται ο αναλυτικός έλεγχος αυτών των υλικών .

1.4. Στοιχεία λειτουργίας των ΕΕΑΑ

1.4.1. Γενικά για τις ΕΕΑΑ

Οι ΕΕΑΑ χαρακτηρίζεται από τον καθαρισμό, ο οποίος καθορίζεται από το ποια από τα βλαβερά συστατικά που περιέχονται στα λύματα απομακρύνει. Τα ογκώδη στερεά, η άμμος και τα αιωρούμενα σωματίδια απομακρύνονται σχεδόν πάντα στις ΕΕΑΑ, οπότε ο καθαρισμός χαρακτηρίζεται ως πρωτοβάθμιος. Ο δευτεροβάθμιος ή συχνά αποκαλούμενος βιολογικός καθαρισμός αποσκοπεί στην

απομάκρυνση και των οργανικών συστατικών και συχνά των παθογόνων μικροοργανισμών. Ο τριτοβάθμιος αφορά την απομάκρυνση του φωσφόρου και του αζώτου (10).

Οι βασικές μονάδες στις ΕΕΑΑ με πρωτοβάθμιο καθαρισμό είναι οι εσχάρες (μια σειρά από μεταλλικές ράβδους στις οποίες συγκρατούνται τα ογκώδη στερεά), οι εξαμμωτές (ειδικά σχεδιασμένες δεξαμενές στις οποίες δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες ροής που προκαλούν την καθίζηση της άμμου πάνω σε αυτές) και οι δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης (όπου καθιζάνει και απομακρύνεται μεγάλο μέρος των αιωρούμενων στερεών , 70 % και μέρος των οργανικών συστατικών , 30 %) . Συχνά ένας εξαμμωτής περιέχει και διάταξη για την απομάκρυνση των ελαίων και των λιπών που περιέχονται στα απόβλητα . Τα αιωρούμενα στερεά που καθιζάνουν στον πυθμένα της πρωτοβάθμιας καθίζησης αποτελούν την πρωτοβάθμια λάσπη .

Οι ΕΕΑΑ με βιολογικό ή δευτεροβάθμιο καθαρισμό επιτυγχάνουν όχι μόνο πρωτοβάθμιο , αλλά και δευτεροβάθμιο καθαρισμό δηλαδή σχεδόν πλήρη απομάκρυνση (μεγαλύτερη από 95 %) των οργανικών συστατικών . Η ιδέα του βιολογικού καθαρισμού στηρίζεται στην πραγματοποίηση των βιολογικών διεργασιών που γίνονται ανεξέλεγκτα στην φύση (π.χ. κατά τη διοχέτευση αποβλήτων σε έναν υδάτινο αποδέκτη) , με ελεγχόμενο τρόπο σε ειδικές για αυτό τον σκοπό δεξαμενές . Στις δεξαμενές αυτές δίνονται οι ιδανικές συνθήκες στους μικροοργανισμούς που είναι η τροφή (οργανικά συστατικά των αποβλήτων) και το οξυγόνο , για να αναπτυχθούν και να πολλαπλασιαστούν . Έτσι τη θέση των βλαβερών οργανικών συστατικών παίρνουν οι μικροοργανισμοί αυτοί (κυρίως βακτήρια) , που όχι μόνο δεν είναι βλαβεροί , όπως οι παθογόνοι , αλλά αποτελούν και το μέσο καθαρισμού στις ΕΕΑΑ . Το οξυγόνο στους μικροοργανισμούς παρέχεται τεχνητά με διατάξεις αερισμού , που καλούνται αεριστήρες , οπότε και οι δεξαμενές ονομάζονται δεξαμενές αερισμού . Το μίγμα των μικροοργανισμών και της τροφής αποτελούν την καλούμενη « ενεργό ιλύ » , οπότε και η συγκεκριμένη μέθοδος του βιολογικού καθαρισμού καλείται μέθοδος ενεργού ιλύος . Η ιλύς αυτή απομακρύνεται από την μάζα των αποβλήτων , αφήνοντας τα απόβλητα να περάσουν σε δεξαμενές καθίζησης (όμοιες με αυτές που περιγράφηκαν στον πρωτοβάθμιο καθαρισμό) όπου η ιλύς καθιζάνει και συλλέγεται στον πυθμένα των δεξαμενών (δευτεροβάθμια λάσπη) , ενώ τα καθαρισμένα απόβλητα υπερχειλίζουν από την περιφέρεια των

δεξαμενών . Μετά την δευτεροβάθμια επεξεργασία τα καθαρισμένα απόβλητα μπορεί να διατεθούν ακίνδυνα στον υδάτινο αποδέκτη εφόσον ο αποδέκτης αυτός δεν κριθεί ότι είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος ώστε να απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία . Τα καθορισμένα πλέον απόβλητα υφίστανται μόνο τη διεργασία της απολύμανσης , συνήθως με χλωρίωση (με την προσθήκη απολυμαντικού χλωρίου) , για την εξόντωση των παθογόνων μικροοργανισμών σε επιμήκεις δεξαμενές και διοχετεύονται πλέον χωρίς κανένα φόβο στον αποδέκτη .

Τριτοβάθμια επεξεργασία πραγματοποιείται στις ΕΕΑΑ όταν τα επεξεργασμένα απόβλητα διοχετεύονται σε έναν αποδέκτη , όπου είναι πιθανή η δημιουργία συνθηκών ευτροφισμού ή όταν αναμένονται λειτουργικά προβλήματα στις ΕΕΑΑ , όπως η ανύψωση ή η διόγκωση της λάσπης . Τότε γίνεται η απομάκρυνση του φωσφόρου ή / και του αζώτου με βιολογικές μεθόδους ή / και με την χρήση χημικών .

Τα ογκώδη στερεά που συγκρατούνται στις εσχάρες και η άμμος που καθιζάνει στους εξαμμωτές , αφυδατώνονται και μεταφέρονται με απορριμματοφόρα στις χωματερές .

Τέλος η αφυδάτωση της λάσπης αποσκοπεί στην απομάκρυνση μεγάλου μέρους του νερού που περιέχει και γίνεται με μηχανήματα (ταινιοφιλτρόπρεςες) ή με εξάτμιση απλώνοντας την λάσπη σε ειδικές κλίνες (κλίνες ξήρανσης) . Μετά την αφυδάτωση – ξήρανση της , που δεν είναι πάντα απαραίτητη , η λάσπη διατίθεται σε χωματερή ή για λίπασμα .

1.4.2. Στοιχεία λειτουργίας των ΕΕΑΑ της Άρτας

Στην Άρτα οι ΕΕΑΑ λειτουργούν από το 1992 και δέχονται ημερησίως λύματα και βοθρολύματα σε αναλογία 2,5 : 1 αντίστοιχα (15) . Διαθέτει ολοκληρωμένη πρωτοβάθμια επεξεργασία , δεξαμενές αερισμού και η παραγωγή ιλύος γίνεται με μηχανική αφυδάτωση ενώ υπάρχει η δυνατότητα απομάκρυνσης του αζώτου . Παράγονται 10 τόνοι ιλύος ημερησίως και 4.000 m³ νερού με προοπτική τα 7.500 m³ .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Δείγματα ιλύος

2.1.1. Δειγματοληψία και μεταφορά των δειγμάτων ιλύος

Η δειγματοληψία της ιλύος πραγματοποιούνταν κάθε δεκαπέντε ημέρες (κάθε 1^η και 15^η ημέρα του μήνα). Η συλλογή των δειγμάτων, βάρους περίπου 1,5 kg τα οποία τοποθετούνταν σε πλαστικές σακούλες, γινόταν από τις εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού του Δήμου Αρταίων. Στη συνέχεια τα δείγματα παρέμεναν στην κατάψυξη μέχρι να γίνει η μεταφορά τους στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η μεταφορά των δειγμάτων από την Άρτα στο Εργαστήριο Εδαφολογίας, γινόταν μέσα σε φορητά ψυγεία.

2.1.2. Προετοιμασία των δειγμάτων ιλύος

Αμέσως μετά την άφιξη των δειγμάτων ιλύος στο εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας άρχισε η προετοιμασία αυτών. Τα δείγματα ιλύος τοποθετούνταν σε πορσελάνινα γουδιά και στη συνέχεια στο πυριαντήριο στους 155 °C και για 24 ώρες για να ξηραθούν. Μετά τη ξήρανση το υλικό αυτό ήταν έτοιμο να οδηγηθεί για χημικές αναλύσεις. Τα αποστειρωμένα δείγματα μετά τη απομάκρυνση των ανεπιθύμητων υλικών (π.χ. φίλτρα από τσιγάρα κ.λ.π.), υφίσταντο λειοτρίβηση σε μύλο ιγδίου – ροπάλου από αχάτι με τελική διάμετρο κόκκων $\leq 0,1$ mm. Από κάθε δείγμα παραγόταν αποξηραμένο υλικό βάρους 60 – 100g το οποίο φυλάσσεται για τις ανάγκες των χημικών αναλύσεων.

2.1.3. Υπολογισμός ολικών στερεών

Σε γυάλινα προζυγισμένα τριβλία τοποθετείται ποσότητα ιλύος – η οποία δεν έχει υποστεί αποστείρωση – ποσότητας 15g . Στη συνέχεια τα πετρί με την ιλύ τοποθετούνται στο πυριαντήριο στους 105 °C για 24 ώρες . Μετά από 24 ώρες απομακρύνονται τα πετρία από το πυριαντήριο και στη συνέχεια αφού κρυσώσουν στο ξηραντήριο ζυγίζονται . Η διαφορά βάρους εκφράζει την απώλεια των ολικών στερεών .

2.1.4. Μέτρηση του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα δείγματα ιλύος

Το pH είναι από τις πιο σημαντικές χημικές παραμέτρους των αποβλήτων διότι το pH καθορίζει τις φυσικοχημικές και βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν σ' αυτά . Οι αυξομειώσεις της τιμής του pH μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τις διεργασίες αυτές και να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες καταστάσεις .

Το pH επηρεάζει σχεδόν όλες τις διαδικασίες επεξεργασίας (βιολογική επεξεργασία , απολύμανση , επεξεργασία λάσπης κ.λ.π.) και μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα φθοράς (διάβρωσης) σε αγωγούς , μηχανολογικό εξοπλισμό κ.λ.π. Επειδή πολλές διαδικασίες απαιτούν συγκεκριμένες τιμές pH για την βέλτιστη απόδοση τους κρίνεται απαραίτητος ο έλεγχος του .

Η αλκαλικότητα οφείλεται στην παρουσία ιόντων HCO_3^- , CO_3^{2-} ή OH^- που βρίσκονται ενωμένα με τα Ca , Mg , Na ή K . Η παρουσία των παραπάνω ιόντων στα αστικά απόβλητα οφείλεται στο πόσιμο νερό καθώς και στις εισροές στο αποχετευτικό σύστημα .

Η αλκαλικότητα των αποβλήτων είναι σημαντική παράμετρος γιατί ρυθμίζει το pH των αποβλήτων και κατά συνέπεια επηρεάζει διάφορες διεργασίες επεξεργασίας .

Όργανα και σκεύη

- Ποτήρια ζέσεως των 100mL
- Γυάλινες ράβδοι αναδεύσεως
- Ζυγός ακριβείας
- Φορητό πεχάμετρο τύπου WTW pH 196
- Φορητό αγωγιμόμετρο τύπου WTW LF 196

Αντιδραστήρια

- Πρότυπα διαλύματα με $\text{pH} = 4$ και $\text{pH} = 7$
- Αποσταγμένο νερό

Βαθμονόμηση πεχαμέτρου

Πιέζονται ταυτόχρονα τα κουμπιά MODE και RUN του πεχαμέτρου οπότε η ένδειξη του οργάνου είναι STANDARD 1, το στάνταρ $\text{pH} = 4$ τοποθετείται στο ηλεκτρόδιο του οργάνου και εν συνεχεία η ένδειξη του οργάνου είναι STANDARD 2, το στάνταρ $\text{pH} = 7$ τοποθετείται στο ηλεκτρόδιο του οργάνου οπότε το πεχάμετρο είναι έτοιμο για την μέτρηση του pH των δειγμάτων μας.

Πορεία

Στο ζυγό ακριβείας ζυγίζονται 30g ιλύος και τοποθετούνται σε ένα ποτήρι ζέσεως με 30mL αποσταγμένου νερού. Στη συνέχεια και για 10 λεπτά το περιεχόμενο του ποτηριού ζέσεως αναδεύεται με μια γυάλινη ράβδο και όταν αυτό έχει γίνει ένα ομοιογενές μίγμα είναι έτοιμο τόσο και για την μέτρηση του pH όσο και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

2.1.5. Προσδιορισμός οργανικής ουσίας στα δείγματα ιλύος

Για τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας στα δείγματα της ιλύος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του Walkley – Black.

Όργανα και σκεύη

- Κωνικές ευρύλαιμες φιάλες των 500mL
- Ζυγός ακριβείας δύο ψηφίων
- Σιφόνια 20mL, 10mL, 1mL
- Προχοΐδα

Αντιδραστήρια

- Πρότυπο διάλυμα $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 1 N. Ζυγίζονται επακριβώς 49,04g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, ξηραθέντος στους 105°C επί 1 ώρα, διαλύονται σε αποσταγμένο νερό και συμπληρώνουμε μέχρις όγκου 1000 mL.
- Πυκνό H_2SO_4 (96 % και άνω W/W), του εμπορίου.
- Πυκνό H_3PO_4 (96 % και άνω W/W), του εμπορίου
- Πρότυπος τιτλοδότης, διάλυμα FeSO_4 0,5 N. Διαλύονται 139g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ σε αποσταγμένο νερό, προσθέτονται 15mL πυκνού H_2SO_4 , κατόπιν ψύχουμε και αραιώνουμε μέχρις όγκου 1000mL. Γίνεται έλεγχος του αντιδραστηρίου

αυτού πριν την χρήση τιτλοδοτώντας το με 10mL από το διάλυμα $K_2Cr_2O_7$ 1 N .

- Δείκτης ο- φαινανθρολίνης-συμπλοκοποιημένης με σίδηρο 0,025 M : Διαλύονται 14,85g από την ο- φαινανθρολίνης και 6,95g από τον $FeSO_4 \cdot 7H_2O$. Αραίωση μέχρι τα 1000mL με αποσταγμένο νερό .

Πορεία

Ζυγίζονται επακριβώς 0,1g ξηραμένης ιλύος . Το δείγμα μεταφέρεται σε κωνική φιάλη των 500mL . Κατόπιν προσθέτονται 10mL διαλύματος $K_2Cr_2O_7$ 1N και ανακινείται η φιάλη , έτσι ώστε να διασπαρθεί το δείγμα πλήρως στο διάλυμα . Στη συνέχεια προστίθενται 20mL πυκνού H_2SO_4 αμέσως ανακινείται για ένα λεπτό και αφήνεται σε ηρεμία για 30 λεπτά της ώρας . Τέλος προστίθενται 200mL αποσταγμένου νερού , 10mL H_3PO_4 και 1mL δείκτη ο- φαινανθρολίνης . Τελικά , ογκομετρείται η περίσσεια του $K_2Cr_2O_7$ με διάλυμα $FeSO_4$ μέχρις αλλαγής του χρώματος του δείκτη από πράσινο σε κόκκινο . Σημειώνεται ότι πρέπει να γίνει και ο λευκός προσδιορισμός της κανονικότητας του πρότυπου τιτλοδότη , $FeSO_4$ 0,5 N .

Ο λευκός προσδιορισμός γίνεται ως εξής : ακολουθείται η ίδια πορεία με τη διαφορά ότι δε λαμβάνεται δείγμα ιλύος . Σε ευρύλαιμη κωνική φιάλη των 500mL προστίθενται με σιφώνιο ακριβείας 10mL διαλύματος $K_2Cr_2O_7$ 1N , στη συνέχεια προσθέτονται 20mL πυκνού H_2SO_4 . Τέλος προσθέτονται 200mL αποσταγμένου νερού , 10mL πυκνού H_3PO_4 , 1mL δείκτη ο- φαινανθρολίνης και ογκομετρείται το $K_2Cr_2O_7$ με τον πρότυπο τιτλοδότη , διάλυμα $FeSO_4$ 0,5 N , μέχρις αλλαγής του χρώματος του δείκτη από μπλε σε κόκκινο .

Εάν έχουν αναχθεί από τον οργανικό άνθρακα περισσότερο από 75 % των ιόντων $Cr_2O_7^{2-}$, τότε επαναλαμβάνεται ο προσδιορισμός χρησιμοποιώντας μικρότερη ποσότητα δείγματος ιλύος .

Υπολογισμοί

Οργανική Ουσία , % = (meq $K_2Cr_2O_7$ - meq $FeSO_4$) (0,0067) (100) x f/g ξηρού εδάφους

2.1.6. Προσδιορισμός του ολικού αζώτου με τη μέθοδο KJELDAHL στα δείγματα ιλύος

Η μέθοδος προσδιορισμού του ολικού αζώτου κατά KJELDAHL χρησιμοποιείται περισσότερο από 100 χρόνια και αποτελεί σήμερα τη

συνηθέστερη μέθοδο προσδιορισμού του ολικού αζώτου στο έδαφος, του οργανικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς καθώς και της πρωτεϊνικής μορφής στους σπόρους και στα τρόφιμα.

Οι λόγοι της μεγάλης εφαρμογής της παραπάνω μεθόδου είναι η ακρίβεια της, η ευκολία και η ταχύτητα της σε συνδυασμό με την ελάχιστη χρήση χημικών διαλυμάτων.

Η μέθοδος προσδιορισμού του ολικού αζώτου (%) βασίζεται στην διαδικασία της υγρής καύσης-πέψης (Kjeldahl) του αζώτου του εδάφους ή των φυτικών ιστών, των σπόρων των τροφίμων και την μετατροπή του σε αμμώνιο NH_4^+ και την κατεργασία πυκνού H_2SO_4 σε υψηλές θερμοκρασίες (digestion). Η παραγόμενη αμμωνία (NH_3) με απόσταξη (steam distillation) μετά από δέσμευση με βορικό οξύ προσδιορίζεται με τιτλοδότηση με HCl (titration).

Όργανα –Σκεύη

- Αυτόματο σύστημα πέψης – απόσταξης Kjeldahl
- Σωλήνες πέψης των 250mL
- Κωνικές φιάλες των 250mL

Αντιδραστήρια

- ALKALI : Διάλυμα NaOH 30 % (W/V) : Διαλύονται 300g στερεού NaOH σε ένα λίτρο αποσταγμένου νερού με συνεχή ανάδευση . Προσοχή , η αντίδραση είναι εξώθερμη , γι αυτό το λόγο πρέπει να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα προφύλαξης .
- Διάλυμα πυκνού H_2SO_4 , 96 % (W/W)
- Διάλυμα 0,01 M HCl ή διάλυμα 0,01 M H_2SO_4
- Δείκτης Bromocresol Green. Ζυγίζονται 0,15g Bromocresol Green και κατόπιν προσθέτονται 100mL απόλυτης αιθανόλης , προστίθεται σε σταγόνες NaOH 0,1 N μέχρις ότου το ανοιχτό κόκκινο χρώμα μετατραπεί σε σκοτεινό κόκκινο (1,5mL περίπου) . Διάλυση με συνεχή αναδευση .
- Δείκτης Methyl Red : Διαλύονται 0,1g methyl red σε 100mL απόλυτης αιθανόλης
- Μικτός δείκτης Bromocresol Green – Methyl Red : Ανάμιξη με αναλογία 1 : 1 των παραπάνω δεικτών .
- Καταλύτης Kjeldahl : Ταμπλέτες σεληνίου (Se) ή καταλύτης οξειδίου του τιτανίου (TiO_2) . Το οξείδιο του τιτανίου είναι λιγότερο βλαβερό από το

σελήνιο . { Αναμιγνύονται 200g θειικού καλίου , 6g πενταένυδρου θειικού χαλκού και 6g οξειδίου του τιτανίου }

- Διάλυμα Βορικού οξέος – δείκτη : 20g βορικού οξέος διαλύονται σε 600mL αποσταγμένο νερό . Στη συνέχεια αναμιγνύονται με 10mL δείκτη και το μίγμα αραιώνεται στο ένα λίτρο .
- Μίγμα σαλικυλικού οξέος – θειικού οξέος : Διαλύονται 50g σαλικυλικού οξέος σε 1L πυκνού H_2SO_4 , 96 % (W/W) .
- Θειοθειικό νάτριο $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$: Τρίβεται σε μορφή σκόνης .

Πορεία :

Λαμβάνεται δείγμα ύλους 0,4g και τοποθετείται στον ειδικό σωλήνα πέψης (Kjeldahl) της υγρής καύσης . Στη συνέχεια προστίθενται σε κάθε σωλήνα 20mL μίγματος σαλικυλικού οξέος – θειικού οξέος . Μετά από 30 λεπτά προστίθενται 5g θειοθειικού νατρίου στους σωλήνες πέψης . Οι σωλήνες ανακινούνται προσεκτικά αφήνονται για 15 λεπτά , προστίθεται σε κάθε έναν δύο ταμπλέτες καταλύτη (Se) και τοποθετούνται για θέρμανση στους $400^{\circ}C$ στο σύστημα πέψης όπου παραμένουν για 3 ώρες περίπου (τις περισσότερες φορές 2 ώρες είναι αρκετές) . Η πέψη γίνεται για 3-4 λεπτά της ώρας με την μέγιστη ροή αέρα απαγωγής και στην συνέχεια ρυθμίζεται η απαγωγή ώστε να περιέχονται ελάχιστοι καπνοί από την καύση του δείγματος με πυκνό H_2SO_4 προκειμένου να ελέγχεται η καύση . Συνεχίζεται η υγρή καύση – πέψη μέχρι την ολοκλήρωση της , δηλαδή μέχρι το υγρό γίνει τελείως διαυγές . Αφαιρείται το σύστημα απαγωγής και τοποθετούνται οι σωλήνες στη ειδική βάση (stand) για ψύξη κοντά στην συσκευή πέψης . Προσοχή στην θερμοκρασία (εάν οι σωλήνες είναι πολύ θερμοί έχουμε απώλειες κατά την απόσταξη , ενώ αν είναι πολύ ψυχροί έχουμε κατακρήμνιση αλάτων οπότε πρέπει οι σωλήνες να θερμανθούν για λίγο ξανά) .

Απόσταξη

Ρυθμίζεται η συσκευή απόσταξης . Τοποθετούνται 10mL διαλύματος βορικού οξέος- δείκτη σε κάθε κωνική φιάλη στην ειδική υποδοχή της συσκευής απόσταξης . Η αποστακτική συσκευή Kjeltac 1026 Distilling Unit είναι εφοδιασμένη με ειδικές μαγνητικές αντλίες εφοδιασμού $NaOH$ 30 % (ALKALI) για την αλκαλίωση του δείγματος και απεσταγμένου νερού για την αραιώση του δείγματος .

Κάθε σωλήνας που είναι στη βάση ψύξης (stand) τοποθετείται στην ειδική υποδοχή βρασμού για απόσταξη αφού πρώτα ξεκινήσει η διαδικασία αυτή με το τυφλό ή λευκό (blank) .

Προσέχουμε να κλείνει η πόρτα ασφαλείας καλά για την έναρξη της εργασίας απόσταξης που ολοκληρώνεται και σταματά αυτόματα .

Όταν η απόσταξη έχει ολοκληρωθεί (η απόσταξη ολοκληρώνεται με το αναβόσβημα των φωτεινών ενδείξεων και τον χαρακτηριστικό ήχο) ο σωλήνας πέψης απομακρύνεται από την υποδοχή βρασμού .

Με το τέλος της εργασίας απόσταξης είναι απαραίτητο να καθαρίζεται η συσκευή απόσταξης με επανάληψη της ίδιας διαδικασίας με χρήση 75mL απεσταγμένου νερού στο σωλήνα Kjeldahl .

Τιτλοδότηση

Μετά το τέλος της απόσταξης ογκομετρείται το απόσταγμα με 0,01 N HCl στη συσκευή τιτλοδότησης (Digitrate) . Η ογκομέτρηση αρχίζει πρώτα με το λευκό (blank) και σημειώνονται τα καταναλωθέντα mL του οξέος για κάθε δείγμα με τον μεταχρωματισμό από διαυγές πράσινο σε έντονο ερυθρό χρώμα (pink) . Το ίδιο επαναλαμβάνεται μετά την απόσταξη κάθε δείγματος όλων των σωλήνων Kjeldahl .

Είναι απαραίτητο να υπάρχει προς ανάλυση αριθμό δειγμάτων όσες και οι διαθέσιμες σωλήνες Kjeldahl της συσκευής για κάθε διαδικασία προσδιορισμού ολικού αζώτου (5 δείγματα και ένα λευκό) .

Υπολογισμοί

Εάν mL 0,01 N HCl χρησιμοποιήθηκαν για την τιτλοδότηση , η ποσότητα του N βρίσκεται ως εξής :

$$\alpha \times 0,01 \times 14 \text{ mg N}$$

Εφόσον χρησιμοποιήθηκαν 0,4g ιλύος , το ολικό άζωτο που περιέχεται είναι :

$$\alpha \times 0,01 \times 14 \times 1000 / 2 \text{ mg N / kg ιλύος}$$

2.1.7. Προσδιορισμός του φωσφόρου

Ο φώσφορος είναι ένα από τα βασικά συστατικά των ζώντων οργανισμών και περιέχεται στα απόβλητα στις παρακάτω μορφές :

- i. Ανόργανος φώσφορος , κυρίως ως ορθοφωσφορικά (PO_4^{-3} , HPO_4^{-3} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$) ή και ως πολυφωσφορικά (π.χ. $\text{P}_3\text{O}_{10}^{-5}$, $\text{P}_2\text{O}_7^{-4}$) .
- ii. Οργανικός φώσφορος , σε μικρότερες ποσότητες απ' ότι ο ανόργανος .

Τα πολυφωσφορικά σε υδατικό διάλυμα υδρολύονται σε ορθοφωσφορικά που μπορούν να καταναλωθούν απ' ευθείας από διάφορους μικροοργανισμούς. Η διοχέτευση αποβλήτων που περιέχουν φώσφορο σε ένα υδάτινο φορέα ευνοεί, σε συνδυασμό με την παρουσία αζώτου, το φαινόμενο του ευτροφισμού. Σημειώνεται ότι συχνά ο φώσφορος είναι ο καθοριστικός παράγοντας του φαινομένου αυτού και έτσι η απομάκρυνση του από τα απόβλητα έχει αποκτήσει μεγάλη σημασία, ιδίως λόγω της αυξανόμενης χρήσης του στην παραγωγή απορρυπαντικών.

Στις διαδικασίες επεξεργασίας ο φώσφορος είναι απαραίτητος στους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στις βιολογικές διαδικασίες. Στα αστικά απόβλητα βρίσκεται σε επαρκείς ποσότητες. Στις βιολογικές διαδικασίες τα πολυφωσφορικά μετατρέπονται σε ορθοφωσφορικά, σε ποσοστό περίπου 80%.

Όργανα – Σκεύη

- Αυτόματο σύστημα πέψης – απόσταξης Kjeldahl
- Κωνικές φιάλες των 250mL
- Σιφόνια των 5mL
- Σιφόνια των 25mL
- Προχοΐδα
- Ποτήρια ζέσεως 250mL
- Ποτήρια ζέσεως 1000mL
- Ποτήρια ζέσεως 100mL
- Πεχάμετρο
- Φασματοφωτόμετρο

Αντιδραστήρια

- Διάλυμα πυκνού H_2SO_4 , 96 % (W/W)
- Καταλύτης Kjeldahl : Ταμπλέτες σεληνίου (Se) ή καταλύτης οξειδίου του τιτανίου (TiO_2) . Το οξείδιο του τιτανίου είναι λιγότερο βλαβερό από το σελήνιο . { Αναμιγνύονται 200g θειικού καλίου , 6g πενταένυδρου θειικού χαλκού και 6g οξειδίου του τιτανίου }
- Μίγμα σαλικυλικού οξέος – θειικού οξέος : Διαλύονται 50g σαλικυλικού οξέος σε 1L πυκνού H_2SO_4 , 96 % (W/W) .
- Θειοθειικό νάτριο $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: Τρίβεται σε μορφή σκόνης .

- Διάλυμα NaHCO_3 1 M : Διαλύονται 84g NaHCO_3 σε 1000mL αποσταγμένου νερού
 - Διάλυμα NaOH 5 N : 40g NaOH διαλύονται σε 800mL αποσταγμένου νερού και συμπληρώνονται μέχρι 1000mL .
 - Διάλυμα NaHCO_3 0,5 N : 42g NaHCO_3 διαλύονται σε 800mL αποσταγμένου νερού και συμπληρώνονται μέχρις όγκου 1000mL . Το pH ρυθμίζεται στο 8,5 με το διάλυμα NaOH 0,5 N .
 - Διάλυμα H_2SO_4 5 N : Διαλύονται 141mL π. H_2SO_4 96 % σε 800mL αποσταγμένου νερού και μετά από την ψύξη του διαλύματος συμπληρώνονται μέχρις όγκου 1000 mL .
 - Μολυβδαινικό αμμώνιο $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$.
 - Τρυγικό καλιοαντιμμώνιο $\text{KsbO}\cdot\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$.
 - Διάλυμα A : Διαλύονται 6g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ σε 125mL αποσταγμένου νερού σε ποτήρι ζέσεως 500mL , καθώς και 0,145g $\text{KsbO}\cdot\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ με 50 mL αποσταγμένο νερό σε ποτήρι ζέσεως 200mL . Τα παραπάνω διαλύματα μεταφέρονται σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL , προστείνονται 500mL διαλύματος H_2SO_4 5 N και συμπληρώνονται με νερό μέχρις όγκου 1000mL .
 - Ασκορβικό οξύ (L (+) – Ascorbic acid).
 - Διάλυμα B : Διαλύονται 0,528g ασκορβικού οξέος σε 1000mL διαλύματος A (διατηρείται μόνο για 24 ώρες) .
 - Δείκτης p- νιτροφαινόλη : Διαλύονται 0,25g p – νιτροφαινόλη σε 100mL αποσταγμένου νερού .
 - α) Stock I (1 mgrP/mL) : Ζυγίζονται 1,099g KH_2PO_4 (105⁰C για 1 ώρα) και διαλύονται σε 250mL αποσταγμένο νερό . Προσθέτονται 4mL πυκνό H_2SO_4 και διατηρείται στο ψυγείο σε σκούρα φιάλη .
 - β) Stock II (100 mgP/mL) : Λαμβάνονται 10mL από το Stock I σε ογκομετρική φιάλη των 100mL και συμπληρώνονται με νερό μέχρι τη χαραγή .
 - γ) Πρότυπο διάλυμα P (1mgP/mL) : Λαμβάνονται 5mL από το Stock II σε ογκομετρική φιάλη των 500mL και συμπληρώνονται με νερό μέχρι την χαραγή .
- Βαθμονόμηση Φασματοφωτομέτρου – Κατασκευή της καμπύλης
- Καταρχήν λαμβάνονται 10mL από το εκχυλιστικό διάλυμα NaHCO_3 0,5 N (pH = 8,5) σε ποτήρι ζέσεως των 50mL . Με την προσθήκη μία σταγόνας δείκτη p – νιτροφαινόλη το διάλυμα αποκτά κίτρινο χρώμα . Στη συνέχεια προστίθεται

με προχοΐδα διάλυμα H_2SO_4 5 N και ταυτόχρονα γίνεται μέτρηση του pH του διαλύματος. Συνεχίζεται η προσθήκη του οξέος μέχρι το pH να πάρει τη τιμή 5 οπότε και παρατηρείται αποχρωματισμός του διαλύματος. Σημειώνονται πόσα mL οξέος απαιτήθηκαν για την οξίνιση του διαλύματος.

Σε 6 ογκομετρικές φιάλες των 50mL μεταφέρονται με σιφόνιο 10mL από το εκχυλιστικό διάλυμα και αντίστοιχα 0,5, 10, 15, 20 και 30mL πρότυπου διαλύματος P και κατόπιν προστίθεται η ίδια ποσότητα διαλύματος H_2SO_4 5 N που σημειώσαμε, οπότε το pH του κάθε διαλύματος θα ισούται με 5. Προστίθεται αποσταγμένο νερό και το διάλυμα αφήνεται για 30 λεπτά. Στη συνέχεια προστίθεται σε κάθε φιάλη 8mL αντιδραστήριο B, συμπλήρωση μέχρι τη χαραγή με νερό, πωματίζεται και ανακινείται. Μετά από παραμονή 45 λεπτών μετράτε η απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 720 nm με κυψελίδα 1cm και συμπληρώνεται η τελευταία στήλη του πίνακα που ακολουθεί.

Πρότυπα διαλύματα	$\mu\text{gr P}$ ανά 50 mL	ppm P ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	ABS
0	0	0	
1	5	0,1	
2	10	0,2	
3	15	0,3	
4	20	0,4	
5	30	0,5	

Το φασματοφωτόμετρο μηδενίζεται με το πρότυπο διάλυμα δηλαδή με το “τυφλό,, , ενώ τα υπόλοιπα πρότυπα μετριοούνται με την αύξουσα σειρά τους. Μετά από κάθε μέτρηση απορρόφησης πρότυπου το όργανο μηδενίζεται εκ νέου με το “τυφλό,, . Τέλος, με τις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα κατασκευάζεται καμπύλη συγκέντρωσης – απορρόφησης βάση της οποίας θα υπολογιστεί η συγκέντρωση του P στα υπό μελέτη δείγματα ύλους.

Πορεία

Από το διάλυμα υγρής καύσης του ξηρού δείγματος που έγινε για τον προσδιορισμό του N λαμβάνεται ποσότητα 5mL τα οποία αραιώνονται με 5mL αποσταγμένου νερού. Στη συνέχεια προστίθεται NaCO_3 (και όχι NaOH γιατί

δεν σημειώνεται ελάττωση του pH) μέχρι το pH να πάει 5 και σημειώνονται τα mL NaCO_3 που καταναλώθηκαν. Μετά πραγματοποιείται αραιώση 1 : 50 σε ογκομετρική φιάλη των 50mL με απεσταγμένο νερό και όχι με οξέα της πέψης γιατί σχηματίζεται ίζημα. Στη συνέχεια λαμβάνονται 10mL δείγματος που έχει αραιωθεί και προστίθενται 8mL ασκορβικού οξέος και συμπληρώνονται μέχρι την χαραγή σε ογκομετρική φιάλη των 50mL με αποσταγμένο νερό. Μετά από περίπου ένα λεπτό παρατηρείται ο σχηματισμός του χαρακτηριστικού μπλε χρώματος και το δείγμα είναι έτοιμο για μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο.

2.1.8. Προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων

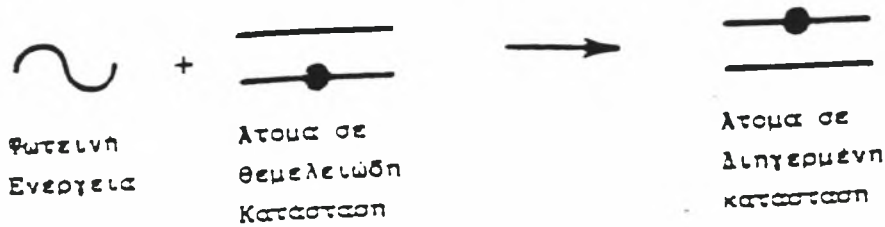
Μέθοδος παραλαβής μετάλλων από τα δείγματα ιλύος

Η μέθοδος που εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό των μετάλλων που περιγράφεται στη συνέχεια βασίζεται στην αρχή που εφαρμόζεται από το Γραφείο Προτύπων της Ε.Ε. Η αρχή της μεθόδου αυτής (agua regia reflux μέθοδος) συνίσταται στην παραμονή μιας ορισμένης ποσότητας ($1 \pm 0,01\text{g}$) ιλύος, η οποία έχει προηγουμένως ξηρανθεί, για τουλάχιστον 16 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου με μίγμα HCl και HNO_3 σε αναλογία 3 : 1 και στη συνέχεια ήπιο βρασμό για 2 ώρες σε συνθήκες reflux. Για κάθε 1g ξηρής ιλύος προσθέτουμε $7,5 \pm 0,2\text{mL}$ HCl ($d = 1.10$) και $2,5 \pm 0,1\text{mL}$ HNO_3 ($d = 1.40$). Ακολουθεί διήθηση του διαλύματος αυτού, συμπλήρωση μέχρι ορισμένου όγκου (μέχρι όγκου 100mL σε ογκομετρική φιάλη των 100mL) με 0,05 HNO_3 και στη συνέχεια ποσοτικό προσδιορισμό των διαφόρων μετάλλων με χρήση Ατομικής απορρόφησης.

Προσδιορισμός Βαρέων μετάλλων με Φασματομετρία Ατομικής Απορρόφησης

Θεωρητικό μέρος

Η μέθοδος της ατομικής απορρόφησης είναι μια τεχνική προσδιορισμού διαφόρων στοιχείων βασισμένη στα ατομικά φάσματα των στοιχείων αυτών. Στην συγκεκριμένη τεχνική έχουμε απορρόφηση κατάλληλης εξωτερικής ακτινοβολίας από τα άτομα που βρίσκονται σε θεμελιώδη κατάσταση και μετάβαση αυτών σε διεγερμένη, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα :



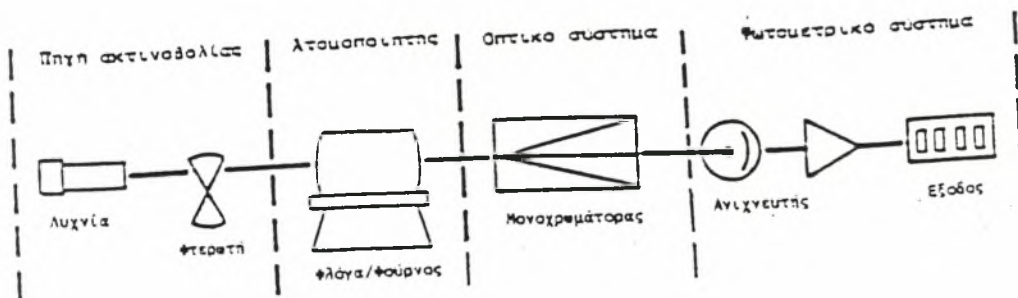
Σχήμα 1. Διαδικασία της ατομικής απορρόφησης

Για ένα προκαθορισμένο μήκος κύματος, εξαρτώμενο από το προσδιοριζόμενο στοιχείο και από τις πειραματικές συνθήκες, η απορρόφηση της ακτινοβολίας είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του στοιχείου στο δείγμα που ατομοποιείται.

Τα όργανα της ατομικής απορρόφησης γενικά περιλαμβάνουν τα εξής μέρη :

- Το σύστημα εκπομπής ακτινοβολίας (λυχνίες)
- Το σύστημα ατομοποίησης (ψεκαστήρας – λύχνος – φλόγα)
- Το οπτικό σύστημα (φίλτρα – μονοχρωμάτορες)
- Το φωτομετρικό σύστημα (φωτοανιχνευτές – ενισχυτές – ποτενσιόμετρο)

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται τα τμήματα από τα οποία αποτελείται ένα φασματοφωτόμετρο ατομικής διπλής δέσμης .



Σχήμα 2. Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης διπλής Δέσμης

Το σπουδαιότερο τμήμα στα όργανα της ατομικής απορρόφησης είναι το τμήμα στο οποίο το δείγμα, αφού έχει διαλυτοποιηθεί, πρέπει να μετατραπεί σε νέφος ατόμων. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως ατομοποίηση και είναι ευαισθησία και στη επαναληψιμότητα της μεθόδου.

Όταν τα διάλυμα του δείγματος με μορφή μικρών σταγονιδίων βρεθεί σε υψηλή θερμοκρασία, αρχικά παρατηρείται εξάτμιση του διαλύτη αφήνοντας σωματίδια άλατος και στην συνέχεια ένα μέρος από αυτά διασπώνται σε ελεύθερα άτομα. Επομένως χρειαζόμαστε υψηλή θερμική ενέργεια την οποία μπορούμε να έχουμε είτε από καύση μίγματος αερίων (ατομική απορρόφηση φλόγας) είτε από την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας (ατομική απορρόφηση θερμαινόμενου γραφίτη).

Η μέθοδος της ατομικής απορρόφησης θερμαινόμενου γραφίτη παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα έναντι της μεθόδου με φλόγα.

Ο φούρνος γραφίτη έχει μεγαλύτερη ευαισθησία (μέχρι και χίλιες φορές μικρότερη συγκέντρωση σε σχέση με την μέθοδο της φλόγας). Γενικά με τον φούρνο γραφίτη μετράμε συγκεντρώσεις της τάξης των $\mu\text{g/L}$, ενώ με την μέθοδο της φλόγας μετράμε συγκεντρώσεις της τάξης των ppm .

Οι ποσότητες του δείγματος που χρειάζεται ο φούρνος γραφίτη είναι πολύ μικρότερες (μL έναντι mL). Λόγω της αδρανούς ατμόσφαιρας στο φούρνο γραφίτη δίνεται η δυνατότητα ατομοποίησης στοιχείων που έχουν την τάση να σχηματίζουν σταθερά οξειδία. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι στο φούρνο γραφίτη έχουμε περιορισμένο φάσμα εκπομπής λόγω έλλειψης της φλόγας.

Στα μειονεκτήματα της μεθόδου ατομικής απορρόφησης με φούρνο γραφίτη θα πρέπει να αναφέρουμε το μεγάλο κόστος κατασκευής και τη δυσκολία που παρουσιάζεται στην επαναληψιμότητα των συνθηκών ατομοποίησης οπότε απαιτείται αυτοματοποιημένη διάταξη δειγματοληψίας οδηγούμενη από υπολογιστή.

2.1.9. Προσδιορισμός Καλίου και Νατρίου

Οι μετρήσεις του Καλίου και του Νατρίου γίνονται με την βοήθεια φλογοφωτομέτρου παραλαμβάνοντας τα με την ίδια μέθοδο που παραλαμβάνουμε τα μέταλλα από τα δείγματα ύψους. Η βαθμονόμηση του φλογοφωτομέτρου καθώς και ο τρόπος λειτουργίας του περιγράφονται

παρακάτω στην παράγραφο για την μέτρηση του Καλίου και του Νατρίου στα δείγματα του νερού από τον βιολογικό καθαρισμό .

2.2. Δείγματα νερού

2.2.1. Δειγματοληψία και μεταφορά δειγμάτων νερού

Η δειγματοληψία των δειγμάτων νερού γινόταν στις ίδιες ημερομηνίες με αυτή των δειγμάτων ιλύος . Η συλλογή των δειγμάτων γινόταν από τις εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού του Δήμου Αρταίων και το κάθε δείγμα νερού τοποθετείτο σε πλαστικό μπουκάλι όγκου 1,5L . Εν συνεχεία τα δείγματα παρέμεναν στην κατάψυξη μέχρι να γίνει η μεταφορά τους στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας . Η μεταφορά των δειγμάτων από την Άρτα στο Εργαστήριο Εδαφολογίας , γινόταν μέσα σε φορητά ψυγεία .

2.2.2. Προετοιμασία των δειγμάτων νερού

Μετά την άφιξη των δειγμάτων νερού στο εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας άρχισε η προετοιμασία αυτών . Στα δείγματα νερού πρώτα προσδιορίζεται το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα με ίδιου τύπου όργανα με αυτά που περιγράφηκαν στα δείγματα ιλύος και στη συνέχεια γινόταν ο προσδιορισμός των ανθρακικών και όξινων ανθρακικών ιόντων . Τέλος τα δείγματα νερού αφού διηθηθούν με χάρτινο ηθμό φυλάγονται σε πλαστικά μπουκάλια των 200mL , πέντε μπουκάλια για κάθε δείγμα , στην κατάψυξη για τις ανάγκες των υπολοίπων χημικών αναλύσεων .

2.2.3. Προσδιορισμός υδατοδιαλυτών HCO_3 και CO_3^{-2}

Ο προσδιορισμός των υδατοδιαλυτών ανθρακικών και όξινων ανθρακικών ιόντων γίνεται ογκομετρικά , με διάλυμα ισχυρού οξέος (H_2SO_4) . Κατά την διάρκεια της ογκομέτρησης γίνεται αντικατάσταση ανιόντων που προέρχονται από ασθενή οξέα (H_2CO_3 και CO_3^{-2}) με ισχυρό οξύ (H_2SO_4) .

Αντιδραστήρια – Σκεύη

- προχοΐδα
- κωνική φιάλη των 250mL
- σιφώνιο πλήρωσης των 50mL

- Θερμαντικό σώμα
- Δείκτης Bromocresol Green
- Δείκτης Methyl Red
- Μικτός δείκτης Bromocresol Green – Methyl Red
- Δείκτης φαινολοφθαλεΐνης
- Πρότυπος τιτλοδότης H_2SO_4 , 0,05 N

Υπολογισμός του συντελεστή διόρθωσης H_2SO_4 0.05 N

Ζυγίζονται 100mg Na_2CO_3 και μεταφέρονται σε κωνική φιάλη των 250mL . Διαλύονται σε 35mL αποσταγμένου νερού και προστίθενται τρεις σταγόνες μικτού δείκτη Bromocresol Green – Methyl Red .

Γίνεται ογκομέτρηση με τον πρότυπο τιτλοδότη H_2SO_4 0,05 N μέχρις ότου το χρώμα μετατραπεί από πράσινο , μέσω καστανού , σε ρόδινο . Στη συνέχεια βράζεται το διάλυμα για να απομακρυνθεί το CO_2 , ψύχεται και συνεχίζεται η ογκομέτρηση μέχρις ότου το χρώμα γίνει και πάλι ρόδινο .

Ο συντελεστής διόρθωσης $f_{H_2SO_4}$ δίνεται από τον τύπο :

$$f_{H_2SO_4} = \frac{W}{2,65 V}$$

W = mg ζυγισθέντος Na_2CO_3

V = mL τιτλοδότη που καταναλώθηκαν και για τις δύο τιτλοδοτήσεις

Πορεία

50mL δείγματος νερού μεταφέρονται σε κωνική φιάλη των 250mL και προστίθενται τρεις σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνης . Τυχόν εμφάνιση ρόδινης χροιάς αποτελεί ένδειξη παρουσίας ανθρακικών ιόντων , τα οποία προσδιορίζονται ογκομετρικά με διάλυμα H_2SO_4 0,05 N μέχρι το διάλυμα να αποχρωματιστεί .

Αν κατά την προσθήκη της φαινολοφθαλεΐνης δεν εμφανιστεί ρόδινη χροιά , αυτό δηλώνει απουσία ανθρακικών ιόντων . Μετά το τέλος της ογκομέτρησης των CO_3^{2-} προστίθενται στο ίδιο δείγμα τρεις σταγόνες πορτοκαλόχρουν του μεθυλίου , οπότε παρουσία όξινων ανθρακικών ιόντων το διάλυμα χρωματίζεται κίτρινο . Γίνεται ογκομέτρηση με διάλυμα H_2SO_4 0,05 N μέχρις εμφανίσεως ελαφρού ερυθρού χρωματισμού . Το τελικό χρώμα προκύπτει προσθέτοντας σε

κωνική φιάλη των 250mL , 50mL αποσταγμένο νερό , τρεις σταγόνες πορτοκαλόχρουν του μεθυλίου και τρεις σταγόνες διαλύματος H_2SO_4 0,05 N .

Υπολογισμοί

Τα υδατοδιαλυτά CO_3^{2-} υπολογίζονται από την σχέση :

$$[CO_3^{2-}](meq.L^{-1}) = \frac{50 A f_{H_2SO_4}}{mL \text{ δείγματος}}$$

A : Κατανάλωση H_2SO_4 0,05 N σε mL για τον προσδιορισμό των CO_3^{2-}

$f_{H_2SO_4}$: Συντελεστής διόρθωσης του τιτλοδότη

Τα υδατοδιαλυτά HCO_3^- υπολογίζονται από την σχέση :

$$[HCO_3^-](meq.L^{-1}) = \frac{50 (B-A) f_{H_2SO_4}}{mL \text{ δείγματος}}$$

A : Κατανάλωση H_2SO_4 0,05 N σε mL για τον προσδιορισμό των CO_3^{2-}

B : Κατανάλωση H_2SO_4 0,05 N σε mL για τον προσδιορισμό των HCO_3^-

$f_{H_2SO_4}$: Συντελεστής διόρθωσης του τιτλοδότη

2.2.4. Προσδιορισμός Νατρίου και Καλίου

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου και καλίου γίνεται φλογοφωτομετρικά .

Η παρουσία ενός άλατος του νατρίου στο χώρο μίας φλόγας χρωματίζει τη φλόγα κίτρινη . Το φαινόμενο αυτό αποτελεί τη βάση για την ανίχνευση του νατρίου (πυροχημική ανίχνευση) . Ο χρωματισμός της φλόγας οφείλεται στο γεγονός ότι τα μόρια της ένωσης η οποία μπαίνει στη φλόγα , διασπώνται σε άτομα . Τα άτομα διεγείρονται και κατά την αποδιεγερσή τους παρατηρείται εκπομπή ακτινοβολίας . Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται (δηλαδή το χρώμα της φλόγας) εξαρτάται από τη φύση του στοιχείου που εισάγεται στο χώρο της φλόγας .

Συγκεκριμένα το δείγμα που διαθέτουμε αρχικά νεφελοποιείται σε φλόγα αέρα – βουτανίου (C_4H_{10}). Οι ενώσεις του νατρίου ατομοποιούνται με αποτέλεσμα τα άτομα του νατρίου που σχηματίζονται να εκπέμπουν ακτινοβολία της οποίας η ένταση μετράται σε μήκος κύματος 589 nm.

Αντίστοιχα για τον προσδιορισμό του καλίου το δείγμα νεφελοποιείται σε φλόγα βουτανίου (C_4H_{10}).

Οι ενώσεις του καλίου ατομοποιούνται με αποτέλεσμα άτομα καλίου που σχηματίζονται να εκπέμπουν ακτινοβολία της οποίας η ένταση μετράται σε μήκος κύματος 766,5 nm.

Αντιδραστήρια

- Αποσταγμένο νερό : χρησιμοποιείται για την προετοιμασία όλων των διαλυμάτων
- Διάλυμα νατρίου (STOCK I) : Χρησιμοποιείται πρότυπο διάλυμα Na 1000 ppm, από το οποίο με την μέθοδο της αραιώσης παρασκευάζονται όλα τα υπόλοιπα διαλύματα που χρειάζονται.

Σειρά διαλυμάτων νατρίου : 500 ppm , 250 ppm , 200 ppm , 150 ppm , 100 ppm , 50 ppm .

- Διάλυμα καλίου (STOCK II) : Χρησιμοποιείται πρότυπο διάλυμα K 1000 ppm, από το οποίο με την μέθοδο της αραιώσης παρασκευάζονται όλα τα υπόλοιπα διαλύματα που χρειάζονται.

Σειρά διαλυμάτων καλίου : 500 ppm , 50 ppm , 10 ppm , 7,5 ppm , 5 ppm , 2,5 ppm .

Σκεύη – Όργανα

- Σιφόνια πλήρωσεως των 5mL , 10mL , 25mL , 50mL .
- Ογκομετρικές φιάλες των 100mL .
- Φλογοφωτόμετρο Sherwood 410 .

(Για τον προσδιορισμό του Καλίου και Νατρίου χρησιμοποιούμε το αντίστοιχο φίλτρο) .

Βαθμονόμηση του οργάνου – Πορεία

Ρυθμίζεται πρώτα το μηδέν της κλίμακας του οργάνου με αποσταγμένο νερό και στη συνέχεια το 100 της κλίμακας με το πυκνότερο Standard (για το Νάτριο χρησιμοποιείται το διάλυμα Νατρίου των 250 ppm και για το Κάλιο χρησιμοποιείται το διάλυμα Καλίου των 50 ppm) .

Μετριοούνται τα υπόλοιπα Standards αρχίζοντας από το αραιότερο και κατασκευάζεται καμπύλη ένδειξη οργάνου – συγκέντρωσης ιόντος σε ppm. Στη συνέχεια αφού γίνει η βαθμονόμηση του οργάνου και τα δείγματα του νερού έχουν ξεπαγώσει είναι έτοιμα για μέτρηση.

Υπολογισμοί

Με βάση την καμπύλη του οργάνου που έχουμε κατά την βαθμονόμηση του οργάνου, προσδιορίζεται η συγκέντρωση σε ppm του αντίστοιχου ιόντος του δείγματος.

Για παράδειγμα, όταν στο δείγμα μας η ένδειξη του φλογοφωτομέτρου κατά τον προσδιορισμό του νατρίου είναι 40 τότε στην πρότυπη καμπύλη βρίσκουμε τη συγκέντρωση του νατρίου ή του καλίου στο δείγμα νερού.

Ισχύει: $1 \text{ greq Na}^+ = \text{AB g} / \text{σθένος} = 23 / 1 = 23 \text{ g} \rightarrow \text{Na}^+ = 23 \text{ mg} \rightarrow$

$1 \text{ meq Na}^+ / 1 = 23 \text{ mg} / 1 \rightarrow 1 \text{ meq Na}^+ / 1 = 23 \text{ ppm}$

Αντίστοιχα: $1 \text{ greq K}^+ = \text{AB g} / \text{σθένος} = 39 \text{ g} / 1 = 39 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ meq K}^+ = 39 \text{ mg} \rightarrow$

$1 \text{ meq K}^+ / 1 = 39 \text{ mg} / 1 \rightarrow 1 \text{ meq K}^+ / 1 = 39 \text{ ppm}$

2.2.5. Προσδιορισμός των νιτρικών, νιτρωδών, φωσφορικών, φθορικών και βρωμικών ιόντων στα δείγματα νερού

Ο προσδιορισμός των νιτρικών, νιτρωδών, φωσφορικών, φθορικών και βρωμιούχων ιόντων στα δείγματα του νερού του βιολογικού καθαρισμού έγινε με την μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας και αφού πρώτα τα δείγματα του νερού είχαν αφηθεί να ξεπαγώσουν.

Γενικά για τις χρωματογραφικές μεθόδους διαχωρισμού

Ο όρος χρωματογραφία πρωτοχρησιμοποιήθηκε για το διαχωρισμό των τριών χρωμάτων της χλωροφύλλης. Είναι ένας γενικός ορισμός για ένα ευρύ φάσμα φυσικοχημικών διαχωρισμών. Ο διαχωρισμός των συστατικών ενός μίγματος με χρωματογραφικές μεθόδους είναι αποτέλεσμα της σχετικής κίνησης δύο φάσεων, μιας στατικής και μιας κινούμενης σε σχέση με τη στατική. Τα συστατικά που πρόκειται να διαχωριστούν κινούνται κατά μήκος της στατικής φάσης με τη βοήθεια της κινούμενης με διαφορετικές ταχύτητες. Την ταχύτητα με την οποία κινείται κάθε συστατικό την καθορίζει ο **συντελεστής κατανομής K** ο οποίος δίνεται από τη σχέση $K = C_s / C_m$ όπου C_s , C_m η συγκέντρωση του συστατικού στη στατική και κινούμενη φάση αντίστοιχα.

Η κατανομή των συστατικών στις δύο φάσεις οφείλεται σε φυσικοχημικές ιδιότητες όπως η διαλυτότητα, η πτητικότητα, η προσρόφηση, η ιοντοανταλλαγή, το μέγεθος και το σχήμα των μορίων, οπότε προκύπτουν ανάλογα και τα διάφορα είδη χρωματογραφίας όπως :

- Χρωματογραφία κατανομής
- Χρωματογραφία προσρόφησης
- Χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής
- Χρωματογραφία μοριακών ηθμών.

Η στατική φάση μπορεί να είναι στερεή ή υγρή και να έχει μορφή στήλης, φύλλου διηθητικού ηθμού ή πλάκας επιστρωμένης με κατάλληλο υλικό. Η κινούμενη φάση μπορεί να είναι υγρή ή αέρια οπότε προκύπτει η υγρή ή η αέρια χρωματογραφία αντίστοιχα.

Οι συνδυασμοί ιδιοτήτων και φάσεων οδηγούν στις διάφορες χρωματογραφικές μεθόδους διαχωρισμού όπως φαίνεται παρακάτω.

Χρωματογραφία

1. Προσρόφησης, στερεή στατική φάση
2. Κατανομής, υγρή στατική φάση
3. Ιοντοανταλλαγής
4. Μοριακών ηθμών

1.Χρωματογραφία προσρόφησης

Στη χρωματογραφία προσρόφησης η κινούμενη φάση μπορεί να είναι αέρια ή υγρή. Όταν η κινούμενη φάση είναι αέρια τότε ονομάζεται *χρωματογραφία αερίου – στερεού*. Στην υγρή κινούμενη φάση υπάρχουν δύο τύποι, *χρωματογραφία στήλης (HPLC)* και *χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (TLC)*.

2.Χρωματογραφία κατανομής

Σ' αυτόν τον τύπο η κινούμενη φάση μπορεί να είναι αέρια ή υγρή. Στην πρώτη περίπτωση ονομάζεται *χρωματογραφία αερίου – υγρού* και στη δεύτερη *χρωματογραφία στήλης, χάρτου*.

3.Χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής

Δύο τύποι υπάρχουν σ' αυτήν την κατηγορία η χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής σε στήλη και η χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής σε λεπτή στοιβάδα.

Ανάπτυξη χρωματογραφήματος με τη χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής

Η ιοντική χρωματογραφία εισήχθη το 1975 και σε μικρό διάστημα εξελίχθηκε σε μια ανεξάρτητη αναλυτική τεχνική που σήμερα περικλείει όλες τις HPLC μεθόδους για τον προσδιορισμό ανόργανων και οργανικών ιόντων.

Ο διαχωρισμός των συστατικών του μίγματος που τοποθετείται στη μια άκρη της στατικής φάσης επιτυγχάνεται όπως προαναφέρθηκε με την επίδραση της κινούμενης φάσης και η όλη διεργασία αποτελεί την ανάπτυξη του χρωματογραφήματος. Καθένα από τα συστατικά που διαχωρίζεται είναι διασκορπισμένο μεταξύ στάσιμης και κινητής φάσης. Η ταξινόμηση των διαφόρων τύπων της χρωματογραφίας εξαρτάται από την κατάσταση του συνόλου των δύο παραπάνω φάσεων.

Η χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής βασίζεται στο γεγονός ότι η εκλεκτικότητα ενός ιοντοανταλλάκτη δεν είναι ίδια για όλα τα ιόντα με αποτέλεσμα αυτά να κινούνται μέσα στον ιοντοανταλλακτική στήλη με διαφορετική ταχύτητα, ανάλογα με τους συντελεστές εκλεκτικότητας. Οι συντελεστές εκλεκτικότητας εκφράζουν την εκλεκτικότητα ενός ιοντοανταλλάκτη για ένα κατιόν σε σχέση με τα υδρογονοκατιόντα ή για ένα ανιόν σε σχέση με τα υδροξυλιόντα. Η εκλεκτικότητα για τα διάφορα ιόντα εκφράζεται και από το μοριακό συντελεστή κατανομής που ορίζεται από τη σχέση : $K_d = M_r / M$ όπου M_r και M η ποσότητα του ιόντος για κάθε γραμμάριο ρητίνης και για κάθε ml διαλύματος αντίστοιχα.

Ο διαχωρισμός των ιόντων επιτυγχάνεται ως εξής : στην κορυφή της στήλης τοποθετείται το μίγμα των ιόντων και στη συνέχεια γίνεται η ανάπτυξη του χρωματογραφήματος με διαβίβαση του υγρού ανάπτυξης, της υγρής φάσης. Όταν η ανάπτυξη γίνεται με έκλυση το εκλουστικό διάλυμα μετακινεί τα ιόντα προς τα κάτω, καθώς διέρχεται από τη στήλη δηλαδή από τη στερεά φάση. Η ταχύτητα έκλυσης είναι αντιστρόφως ανάλογη με το συντελεστή κατανομής του κάθε ιόντος. Όταν η ανάπτυξη γίνεται με αντικατάσταση τότε στο διάλυμα ανάπτυξης περιέχεται ένα τουλάχιστον ιόν με συντελεστή κατανομής μεγαλύτερο από τους συντελεστές κατανομής των ιόντων που διαχωρίζονται. Έτσι τα ιόντα καθώς εκτοπίζονται από τον ιοντοανταλλάκτη μετακινούνται προς τα κάτω με ταχύτητα αντιστρόφως ανάλογη με το συντελεστή κατανομής τους.

Πολλοί φυσικοί άργιλοι μπορούν να δράσουν σαν ιοντοανταλλάκτες, επειδή είναι αδιάλυτα πολυμερή υλικά με χαλαρή δομή και με πολλά μεταλλικά ιόντα, που μπορούν να αντικατασταθούν από άλλα. Μεταξύ αυτών των αργιλικών υλικών και του νερού που διέρχεται μέσα από αυτά γίνεται μια συνεχής ανταλλαγή ιόντων. Η

λεπτομερής πορεία της ανταλλαγής τροποποιείται και περιπλέκεται από το pH και από διάφορες άλλες φυσικές παραμέτρους. Αυτά τα υλικά έχουν ποικίλες και απρόβλεπτες ιδιότητες, και μόνο με την εισαγωγή συνθετικών ιοντοανταλλακτών μπορούσαμε να έχουμε μια αναπαραγώγιμη τεχνική.

Περιγραφή του οργάνου της ιοντικής χρωματογραφίας του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Ο ιοντικός χρωματογράφος του εργαστηρίου εδαφολογίας είναι ένα όργανο του κατασκευαστικού οίκου της Metrohm. Αποτελείται από δύο κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος είναι το κύριο όργανο ενώ το δεύτερο είναι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με το απαραίτητο λογισμικό πρόγραμμα. Το κύριο μέρος αποτελείται από τρία τμήματα

- Το βασικό θάλαμο, που περιέχει τις στήλες ιοντοανταλλαγής των ανιόντων, των κατιόντων και του σεληνίου.
- Τις αντλίες του νερού και της κινητής φάσης
- Τον ανιχνευτή (αγωγιμόμετρο).

Ο συγκεκριμένος ιοντικός χρωματογράφος μπορεί να προσδιορίσει συγκεντρώσεις με ακρίβεια της τάξης των ppb (αναλογία στο δισεκατομμύριο) τα εξής ιόντα λίθιο, νάτριο, αμμώνιο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο, φθόριο, βρώμιο, χλώριο, νιτρικά, νιτρώδη, φωσφορικά , θειικά καθώς επίσης και διάφορες μορφές του σεληνίου.

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται είναι υψηλής καθαρότητας χωρίς άλλες προσμίξεις. Το νερό είναι κι αυτό υψηλής καθαρότητας και παράγεται από την ειδική συσκευή του εργαστηρίου.

Σύμφωνα με τη διεθνή και την ελληνική βιβλιογραφία ο συνδυασμός της στήλης εναλλαγής ιόντων και της ανίχνευσης της αγωγιμότητας παρουσιάζει τον πιο αξιόπιστο τύπο της ιοντικής χρωματογραφίας.

2.2.6. Προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων στα δείγματα νερού

Ο προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων στα δείγματα νερού έγινε με Φασματομετρία Ατομικής Απορρόφησης και συγκεκριμένα με ατομική απορρόφηση θερμαινόμενου γραφίτη της οποίας η αρχή λειτουργίας καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αναφέρθηκαν παραπάνω στην παράγραφο για την μέτρηση των βαρέων μετάλλων στα δείγματα ύδους .

2.2.7. Προσδιορισμός του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (Biochemical Oxygen Demand – BOD)

BOD είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών συστατικών των αποβλήτων από μικροοργανισμούς σε αερόβιες συνθήκες . Η διαδικασία αυτή είναι σχετικά αργή και ολοκληρώνεται πρακτικά (οξείδωση σε τελικά προϊόντα 95 – 99 %) σε 20 ημέρες , οπότε το προσδιοριζόμενο απαιτούμενο οξυγόνο καλείται BOD (BOD_L) . Στη συνηθισμένη πρακτική έχει επικρατήσει ο προσδιορισμός του BOD στις 5 ημέρες (BOD_5) , μέσα στις οποίες οξειδώνονται οι απλές οργανικές ουσίες που αντιπροσωπεύουν ένα ποσοστό 60 – 70 % των συνολικών οργανικών ουσιών .

Τα απόβλητα περιέχουν και οργανικά αμμωνιακά συστατικά που οξειδώνονται σε νιτρώδη και νιτρικά από ειδικά νιτροποιητικά βακτηρίδια με σχετικά αργό ρυθμό . Η οξείδωση αυτή (νιτροποίηση) αρχίζει να γίνεται σημαντική μετά από 8-12 ημέρες , όταν τα νιτροποιητικά βακτηρίδια έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλους σχετικά ρυθμούς . Το BOD που εκφράζει την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την αερόβια βιολογική οξείδωση των αμμωνιακών οργανικών συστατικών λέγεται BOD δευτέρου σταδίου .

Ο πειραματικός προσδιορισμός του BOD γίνεται με την τοποθέτηση δείγματος αποβλήτων (400 ml) σε ειδικές γυάλινες φιάλες σκούρου χρώματος μέσα σε ειδική συσκευή (η συσκευή που διαθέτει το Εργαστήριο Εδαφολογίας είναι WTW TS 606/2) κάτω από κατάλληλες συνθήκες και τη μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου που καταναλώνεται σε ορισμένα χρονικά διαστήματα .

Με την μέτρηση του BOD σε διάφορα χρονικά διαστήματα είναι δυνατός ο προσδιορισμός του ρυθμού κατανάλωσης των οργανικών ουσιών αλλά και του διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς κάτι που δεν μπορεί να γίνει με τις άλλες παραμέτρους μέτρησης των οργανικών συστατικών των αποβλήτων . Η πειραματική διαδικασία προσδιορισμού του BOD είναι σχετικά απλή αλλά χρονοβόρα και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνεται δεν είναι αντιπροσωπευτικές της πραγματικότητας (διαφορετικό περιβάλλον , διαφορετικά είδη μικροοργανισμών κ.λ.π.) .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Ιλύς

Από την μελέτη των πινάκων 8 – 31 προκύπτει ότι το ποσοστό της ξηρής ουσίας κυμαίνεται από 9 μέχρι 18% , η τιμή του pH κυμαίνεται από 5 μέχρι 5,5 , η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται από 2600 μέχρι 5600 mS cm⁻¹ , το ποσοστό της οργανικής ουσίας έχει μια ελάχιστη τιμή 39 % και μια μέγιστη 78 % , οι τιμές του καλίου και του νατρίου κυμαίνονται αντίστοιχα από 3800 μέχρι 5000 ppm και από 8800 μέχρι 9460 ppm ενώ τα ποσοστά αζώτου και φωσφόρου κυμαίνονται αντίστοιχα από 4,2 μέχρι 6,05 και από 2,8 μέχρι 5,5 .

Επίσης στους πίνακες 8 – 31 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στην ιλύ από 6/12/1999 μέχρι 1/12/2000 . Ο σίδηρος κυμαίνεται από 3468,5 μέχρι 5231,1 ppm , το κάδμιο από 0,78 μέχρι 2,1 ppm , ο μόλυβδος από 65,6 μέχρι 116,2 ppm, το μαγγάνιο από 137,7 μέχρι 176,8 ppm , ο χαλκός από 120 μέχρι 241,3 ppm και ο ψευδάργυρος από 700,8 μέχρι 1086,3 ppm . Τα βαρέα μέταλλα νικέλιο , χρώμιο και υδράργυρος δεν ανιχνεύτηκαν σε κανένα δείγμα ιλύος .

Οι παραπάνω παράμετροι έχουν τιμές μικρότερες των τιμών που ορίστηκαν με το Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91. Η ιλύς καθόλη τη διάρκεια του έτους παρουσιάζει συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων μικρότερες από τις τιμές που ορίστηκαν από την οδηγία αυτή .

3.2. Νερό

Σύμφωνα με τους πίνακες 8- 31 η τιμή του pH κυμαίνεται από 6,5 μέχρι 8,7 και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας από 350 μέχρι 1900 mS cm⁻¹ . Το Β.Ο.Δ. έχει τιμές που κυμαίνονται από 1 μέχρι 6 ppm ενώ το κάλιο και το νάτριο από 4,4 μέχρι 38,5 ppm και από 30,5 μέχρι 156,4 ppm αντίστοιχα . Ανθρακικά ιόντα

δεν ανιχνεύτηκαν σε κανένα δείγμα νερού ενώ οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές των υπολοίπων ιόντων έχουν ως εξής : όξινα ανθρακικά 3 – 8,12 ppm , νιτρικά 1,55 – 11 , νιτρώδη 0,2 – 1,92 και φωσφορικά 1 – 5,9 . Το φθόριο είχε ελάχιστη συγκέντρωση 0,05 ppm και μέγιστη 1 ppm ενώ οι αντίστοιχες τιμές για το βρώμιο ήταν 0,09 και 0,63 ppm .

Τα βαρέα μέταλλα μόλυβδος , νικέλιο , υδράργυρος , χρώμιο και ψευδάργυρος δεν ανιχνεύτηκαν σε κανένα δείγμα νερού μόνο το κάδμιο ανιχνεύτηκε σε δύο δείγματα νερού σε συγκέντρωση 0,25 ppb και ο χαλκός σε τέσσερα δείγματα σε συγκεντρώσεις από 0,1 μέχρι 0,2 ppb .

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στο νερό καθόλη τη διάρκεια του έτους είναι πολύ χαμηλές . Λαμβανομένου υπόψη ότι στο πόσιμο νερό το ανώτατο επιτρεπτό όριο είναι 50 ppm , οι παραπάνω τιμές των νιτρικών ιόντων είναι πολύ χαμηλές . Οι συγκεντρώσεις των νιτρωδών ιόντων είναι υψηλότερες από 0,1 ppm (ανώτατο επιτρεπόμενο όριο στο πόσιμο νερό) .

Οι τιμές του νερού γενικά είναι λίαν ικανοποιητικές και δεν δημιουργούν κανένα περιβαλλοντικό πρόβλημα .

3.3 Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων στα δείγματα ιλύος και νερού προκύπτει ότι οι τιμές των χημικών παραμέτρων που προσδιορίστηκαν και μελετήθηκαν κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα , ιδιαίτερα οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στην ιλύ υπολείπονται από τις ανώτατες παραδεκτές συγκεντρώσεις όπως αυτές καθορίζονται απ' το Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91 και κατά συνέπεια η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ύστερα από κομποστοποίηση ως εδαφοβελτιωτικό ενώ το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση των καλλιεργειών .

Πίνακας 8 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 6/12/1999

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	13	
pH		5, 2	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.600	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	40	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	5.000	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	9.000	
Άζωτο	Ποσοστό %	5, 3	
Φώσφορος	Ποσοστό %	4, 5	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	3758, 6	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	1, 2	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	90, 1	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	137, 7	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	165, 3	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	859, 3	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 9. Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 5/1/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	12, 5	
pH		5, 2	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	3.600	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	41	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	4.180	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	8.900	
Άζωτο	Ποσοστό %	5, 6	
Φώσφορος	Ποσοστό %	5, 5	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	4601, 1	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	1, 5	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	105	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	156, 3	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	183, 8	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	994, 3	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 10 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 20/1/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	13, 6	
pH		5, 3	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	2.700	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	72	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4.300	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	9.000	
Άζωτο	Ποσοστό %	6	
Φώσφορος	Ποσοστό %	2, 3	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4233, 6	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	1, 7	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	100, 1	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	151, 5	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	172, 9	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	965, 3	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 11 : Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 7/2/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	12	
pH		5, 2	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	2.600	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	71	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.200	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	9.350	
Άζωτο	Ποσοστό %	4, 2	
Φώσφορος	Ποσοστό %	4, 5	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	3826, 1	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	1, 9	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	81, 9	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	138, 5	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	165, 1	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	934, 3	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 12 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Αρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 20/2/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	11, 8	
pH		5	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	3.800	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	74	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4.000	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	9.460	
Άζωτο	Ποσοστό %	4, 8	
Φώσφορος	Ποσοστό %	2, 8	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	5231, 1	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	2, 3	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	116, 2	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	172, 3	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	210, 3	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	1086, 3	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 13 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 3/3/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	17	
pH		5, 2	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	5.600	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	70	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.500	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	9.000	
Άζωτο	Ποσοστό %	5, 3	
Φώσφορος	Ποσοστό %	3, 9	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	3689, 5	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	1, 1	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	85	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	166, 6	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	135, 6	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	1002, 5	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 14 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 16/3/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	9	
pH		5, 1	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	5.200	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	78	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.300	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	9.250	
Άζωτο	Ποσοστό %	5, 3	
Φώσφορος	Ποσοστό %	4, 5	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4230, 5	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	0, 8	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	83	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	171, 5	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	120	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	990, 8	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 15 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/4/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	16	
pH		5, 2	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.600	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	74	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.100	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	9.150	
Άζωτο	Ποσοστό %	5, 4	
Φώσφορος	Ποσοστό %	4, 2	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4138, 6	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	0, 78	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	77, 8	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	168, 8	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	142, 5	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	1053	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 16 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Αρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/4/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	15	
pH		5, 2	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.500	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	72	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	4.000	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	9.000	
Άζωτο	Ποσοστό %	6, 05	
Φώσφορος	Ποσοστό %	5, 3	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	4236, 8	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	1, 25	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	77, 5	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	155, 6	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	151, 8	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ίλύος	885, 4	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 17 . Χημική Ανάλυση Ίλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/5/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	17, 45	
pH		5, 1	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.550	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	70	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4.200	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	9.200	
Άζωτο	Ποσοστό %	4, 2	
Φώσφορος	Ποσοστό %	5, 5	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	3690, 2	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	1, 3	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	77	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	165, 8	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	163, 3	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	893, 3	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

**Πίνακας 18 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της
Αρτας**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/5/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	17	
pH		5, 2	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.500	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	71	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.500	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	9.150	
Άζωτο	Ποσοστό %	4, 9	
Φώσφορος	Ποσοστό %	5	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	3600, 8	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	1, 3	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	75	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	170	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	165, 5	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	899	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 19 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/6/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	18	
pH		5,3	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.600	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	72,5	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.450	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	9.300	
Άζωτο	Ποσοστό %	4,6	
Φώσφορος	Ποσοστό %	5,4	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	3486,5	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	1,8	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	83,5	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	171	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	182,6	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	882,5	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 20 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/6/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	14	
pH		5, 5	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.650	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	73	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.600	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	9.300	
Άζωτο	Ποσοστό %	4, 3	
Φώσφορος	Ποσοστό %	5, 3	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	3894, 2	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	2, 1	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	81, 6	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	166	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	210	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	893, 3	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο



Πίνακας 21 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/7/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	15, 5	
pH		5, 5	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.700	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	70	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλυος	4.300	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ίλυος	8.900	
Άζωτο	Ποσοστό %	5, 2	
Φώσφορος	Ποσοστό %	5	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ίλυος	3865, 7	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλυος	1, 8	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ίλυος	78	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλυος	168	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ίλυος	188, 8	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλυος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ίλυος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ίλυος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ίλυος	786, 6	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 22 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/7/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	16	
pH		5, 5	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.700	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	72	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4.200	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	9.100	
Άζωτο	Ποσοστό %	5, 5	
Φώσφορος	Ποσοστό %	5, 2	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	3657	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	1, 3	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	75, 6	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	171	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	178, 7	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	754, 8	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 23 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/8/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	17	
pH		5,4	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.650	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	71	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.300	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	9.000	
Άζωτο	Ποσοστό %	5	
Φώσφορος	Ποσοστό %	5, 2	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	3598	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	2, 1	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	76	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	175	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	214, 6	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	700, 8	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 24 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 16/8/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	17, 5	
pH		5, 4	
E.C.	μS cm ⁻¹	4.600	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	68	
Κάλιο	mgKg ⁻¹ ξηρής ίλύος	4.300	
Νάτριο	mgKg ⁻¹ ξηρής ίλύος	9.400	
Άζωτο	Ποσοστό %	5	
Φώσφορος	Ποσοστό %	5, 5	
Σίδηρος	mgKg ⁻¹ ξηρής ίλύος	3700	
Κάδμιο	mgKg ⁻¹ ξηρής ίλύος	1, 6	20-40
Μόλυβδος	mgKg ⁻¹ ξηρής ίλύος	88, 5	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg ⁻¹ ξηρής ίλύος	168	
Χαλκός	mgKg ⁻¹ ξηρής ίλύος	241, 3	1000-1750
Νικέλιο	mgKg ⁻¹ ξηρής ίλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg ⁻¹ ξηρής ίλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg ⁻¹ ξηρής ίλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg ⁻¹ ξηρής ίλύος	720, 3	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 25 . Χημική Ανάλυση Ίλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/9/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	18	
pH		5,4	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.600	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	65	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4.500	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	9.250	
Άζωτο	Ποσοστό %	5,2	
Φώσφορος	Ποσοστό %	5,3	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4.100	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	1,6	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	88	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	155	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	220	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	836,4	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

**Πίνακας 26 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της
Άρτας**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/9/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	17	
pH		5, 34	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.500	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	65	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.130	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	9.000	
Άζωτο	Ποσοστό %	5, 1	
Φώσφορος	Ποσοστό %	5, 4	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.286	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	2, 1	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	91, 5	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	176, 8	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	220, 5	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	936, 8	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 27 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/10/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	15	
pH		5,3	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.500	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	39	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.200	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	9.150	
Άζωτο	Ποσοστό %	4,9	
Φώσφορος	Ποσοστό %	4,8	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.356	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	1,6	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	65,6	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	174,6	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	210	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	983,5	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 28 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/10/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	15	
pH		5, 3	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.300	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	39	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4.400	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	9.200	
Άζωτο	Ποσοστό %	5, 3	
Φώσφορος	Ποσοστό %	4, 8	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	4600, 5	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	1, 1	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	78, 8	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	166	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	185, 8	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ιλύος	863, 5	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 29 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/11/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	15, 5	
pH		5, 36	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	4.100	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	40	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4.250	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	9.100	
Άζωτο	Ποσοστό %	5	
Φώσφορος	Ποσοστό %	4, 6	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4558, 8	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	1, 2	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	77	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	155, 5	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	163, 7	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	1056, 7	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 30 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/11/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	14	
pH		5, 3	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	3.800	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	41	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4.100	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	8.800	
Άζωτο	Ποσοστό %	5, 4	
Φώσφορος	Ποσοστό %	4, 4	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4200, 6	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	1, 2	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	75	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	173, 3	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	144, 5	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	1082	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 31 . Χημική Ανάλυση Ιλύος του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/12/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Φ.Ε.Κ. 641/7.8.91)
Ξηρή Ουσία	Ποσοστό %	14	
pH		5, 2	
E.C.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	3.850	
Οργανική Ουσία	Ποσοστό %	39	
Κάλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4.300	
Νάτριο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	9.000	
Άζωτο	Ποσοστό %	5, 6	
Φώσφορος	Ποσοστό %	4, 3	
Σίδηρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	4.103	
Κάδμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	1, 1	20-40
Μόλυβδος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	75	750-1200
Μαγγάνιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	177, 8	
Χαλκός	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	120, 8	1000-1750
Νικέλιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	300-400
Υδράργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	16-25
Χρώμιο	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	M.A.	
Ψευδάργυρος	mgKg^{-1} ξηρής ύλης	995, 2	

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 32 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 6/12/1999

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		7, 3
E.C.	μScm^{-1}	1.000
BOD	ppm (mg L^{-1})	5
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	10, 5
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	36, 1
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6, 35
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	1, 55
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0, 43
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	3, 2
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0, 31
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0, 63
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 33 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 5/1/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		6, 8
E.C.	μScm^{-1}	1.230
BOD	ppm (mg L^{-1})	5
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	9, 6
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	84, 2
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6, 35
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	4, 3
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0, 54
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	3, 97
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0, 1
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0, 09
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 34 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 20/1/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		6,9
E.C.	μScm^{-1}	765
BOD	ppm (mg L^{-1})	5
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	21
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	76,2
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	3,25
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	3
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0,38
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	4,43
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0,12
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0,19
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 35 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 7/2/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		6, 7
E.C.	μScm^{-1}	350
BOD	ppm (mg L^{-1})	6
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	38, 5
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	156, 4
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	3, 25
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	2, 28
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0, 72
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	5, 58
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0, 18
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0, 2
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 36 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 20/2/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		6,7
E.C.	μScm^{-1}	574
BOD	ppm (mg L^{-1})	5
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	17, 5
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	148, 3
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	3, 25
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	5, 64
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	1, 92
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	2, 82
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0, 16
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0, 2
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 37 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 3/3/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		6, 8
E.C.	μScm^{-1}	1.585
BOD	ppm (mg L^{-1})	6
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	4, 4
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	40, 1
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	8, 12
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	1, 67
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	3, 2
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0, 05
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 38 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 16/3/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		6,9
E.C.	μScm^{-1}	1.900
BOD	ppm (mg L^{-1})	6
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	31,5
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	135,8
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	8,12
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	5,77
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0,9
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	5,9
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0,05
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0,14
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 39 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/4/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		6, 7
E.C.	μScm^{-1}	1.845
BOD	ppm (mg L^{-1})	6
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	30, 6
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	78, 5
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	5, 5
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	4
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	2, 5
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0,25
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 40 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/4/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		6, 8
E.C.	μScm^{-1}	1.485
BOD	ppm (mg L^{-1})	4
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	25, 5
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	83, 6
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	5, 5
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	2, 5
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	1
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 41 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/5/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
ρΗ		6,5
E.C.	μScm^{-1}	1.487
BOD	ppm (mg L^{-1})	4
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	15,8
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	153
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6,5
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	5
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	3,8
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0,05
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0,25
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 42 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/5/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		8,07
E.C.	μScm^{-1}	538
BOD	ppm (mg L^{-1})	4
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	31,8
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	133
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6,5
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	7,7
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0,6
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	4
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0,25
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 43 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/6/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		7,7
E.C.	μScm^{-1}	1.114
BOD	ppm (mg L^{-1})	1
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	9,5
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	68,4
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	7,5
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	7,4
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0,9
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	2,5
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0,2
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 44 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/6/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
ρΗ		7,84
Ε.Σ.	μScm^{-1}	638
BOD	ppm (mg L^{-1})	2
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	4,8
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	148,8
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6,5
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	8
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0,6
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	3
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0,2
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 45 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/7/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		7,6
E.C.	μScm^{-1}	1.375
BOD	ppm (mg L^{-1})	2
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	5,5
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	45,6
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	7,6
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	7,3
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0,5
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	2,7
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0,2
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 46 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/7/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		7,5
E.C.	μScm^{-1}	1.400
BOD	ppm (mg L^{-1})	5
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	8,3
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	38
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6,5
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	2
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	1
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0,2
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0,1
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 47 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/8/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		7,4
E.C.	μScm^{-1}	1.400
BOD	ppm (mg L^{-1})	4
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	4,8
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	35
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6,5
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	3
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	1
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0,2
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0,1
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 48 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 16/8/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
ρΗ		7,4
E.C.	μScm^{-1}	1.340
BOD	ppm (mg L^{-1})	4
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	15,8
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	30,5
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6,5
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	4
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0,5
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	2,2
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0,1
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0,2
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 49 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/9/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		7, 4
E.C.	μScm^{-1}	1.200
BOD	ppm (mg L^{-1})	6
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	25, 8
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	88, 8
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6, 5
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	5, 5
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	2, 1
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 50 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/9/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		7,25
E.C.	μScm^{-1}	884
BOD	ppm (mg L^{-1})	5
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	18
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	111
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	11
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0,8
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	1,8
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0,1
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0,1
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 51 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/10/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		7,5
E.C.	μScm^{-1}	1.340
BOD	ppm (mg L^{-1})	5
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	22,5
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	98
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	9,5
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	4,5
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0,2
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0,1
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 52 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/10/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
ρΗ		7,82
Ε.Σ.	μScm^{-1}	884
ΒΟD	ppm (mg L^{-1})	5
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	18
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	111
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	5,5
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0,2
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	3,8
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0,5
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Μ.Α.
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Μ.Α.
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Μ.Α.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Μ.Α.
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Μ.Α.
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Μ.Α.
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Μ.Α.

Μ.Α. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 53 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/11/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		7,05
E.C.	μScm^{-1}	1.300
BOD	ppm (mg L^{-1})	5
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	25,3
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	98,8
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	6
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	4
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0,2
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	4,2
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	1
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 54 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 15/11/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
pH		7
E.C.	μScm^{-1}	1.250
BOD	ppm (mg L^{-1})	4
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	33
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	53, 5
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	3
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	6, 5
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0, 2
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	3, 5
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

Πίνακας 55 . Χημική Ανάλυση Νερού του βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Άρτας

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: 1/12/2000

Χημικές Παράμετροι	Μονάδες	Τιμές
ρΗ		6,5
E.C.	μScm^{-1}	1.200
BOD	ppm (mg L^{-1})	4
Κάλιο	ppm (mg L^{-1})	17,3
Νάτριο	ppm (mg L^{-1})	125
Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	-
Όξινα Ανθρακικά	ppm (mg L^{-1})	3
Νιτρικά	ppm (mg L^{-1})	5,5
Νιτρώδη	ppm (mg L^{-1})	0
Φωσφορικά	ppm (mg L^{-1})	2,8
Φθόριο	ppm (mg L^{-1})	0
Βρώμιο	ppm (mg L^{-1})	0
Κάδμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Μόλυβδος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Χαλκός	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A.
Νικέλιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Υδράργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Χρώμιο	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A
Ψευδάργυρος	ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$)	M.A

M.A. = Μη Ανιχνεύσιμο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γαλάνης , Γ ., Ζαλίδης , Γ ., Πανώρας , Α ., Σταματιάδης , Σ ., Μισοπολινός , Ν . και Τσαντήλας , Χ . (2000) Επίδραση στην ποιότητα του εδάφους από την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων . Πρακτικά 8^ο Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου , Καβάλα , Σεπτέμβριος 2000 .
2. Δημογιάννης , Δ . Γ . και Σαμαράς , Β . Γ . (2000) Επίδραση της υλός βιολογικού καθαρισμού στις φυσικές ιδιότητες ενός αργιλοπηλώδους εδάφους . Πρακτικά 8^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης , Αθήνα , Απρίλιος 2000
3. Μαρκαντωνάτος Γρηγόρης (1990) Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων , Αθήνα .
4. Metcalf and Eddy (1991) Wastewater Engineering , Treatment , Disposal and Reuse , McGraw-Hill , International Editions .
5. Μίχας , Ν ., Κυριαζοπούλου , Ι ., Παπαχρήστου , Ε . και Στάμου , Α . (2000) Τεχνικό – οικονομική διερεύνηση της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων Θεσσαλονίκης . Πρακτικά 8^ο Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης , Αθήνα , Απρίλιος 2000 .
6. Μήτσιος , Ι . Κ . (1999) Εδαφολογία , Εκδόσεις Zymel , Αθήνα .
7. Μπρόφας , Γ . Λ . (1998) Η αποτελεσματικότητα της υλός βιολογικού καθαρισμού στην αποκατάσταση διαταραγμένων από μεταλλευτική εκμετάλλευση επιφανειών . Γεωτεχνικά επιστημονικά θέματα , ΤΟΜΟΣ 9 , Τεύχος 3 , σελ 47-55 .
8. Παπαδόπουλος , Α ., Παπαδόπουλος , Φ ., Παρισόπουλος , Γ . (2000) Μείωση του BOD₅ αστικών αποβλήτων σε δεξαμενές σταθεροποίησης . Πρακτικά 2^ο Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής , Βόλος , Σεπτέμβριος 2000 .
9. Παπαδόπουλος , Α ., Παρισόπουλος , Γ ., Παπαδόπουλος , Φ ., Καρτερής , Α . και Αναστασιάδης , Ε . (2000) Πειραματική λειτουργία αναερόβιας δεξαμενής λυμάτων . Πρακτικά 8^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης , Αθήνα , Απρίλιος 2000 .
10. Στάμου , Α . Ι . (1995) Βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων . Εκδόσεις Παπασωτηρίου , Αθήνα .
11. Στάμου , Α . Ι . και Κυριαζοπούλου , Ι . Λ . (1996) Πρόσθετη επεξεργασία για την διάθεση αποβλήτων για άρδευση . Πρακτικά του 2^ο Πανελληνίου

- Συνεδρίου “ Εγγειοβελτιωτικά έργα , Διαχείριση υδατικών πόρων , Εκμηχάνιση της γεωργίας ,, Λάρισα , Απρίλιος 1996 .
12. Τσακίρης Γεώργιος (1995) Υδατικοί πόροι : Ι . Τεχνική υδρολογία , Εκδόσεις Συμμετρία , Αθήνα .
 13. Τσαντήλας , Χ . , Κουζέλη – Κατσίρη , Α . , Παπαγρηγορίου , Σ . και Κωστοβασίλης , Ι . (1996) Γεωργική χρησιμοποίηση της ιλύος βιολογικού καθαρισμού της πόλης της Λάρισας . Πρακτικά του 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου “ Εγγειοβελτιωτικά έργα , Διαχείριση υδατικών πόρων , Εκμηχάνιση της γεωργίας ,, Λάρισα , Απρίλιος 1996 .
 14. Τσαντήλας , Χ . και Σαμαράς , Β . (1996) Χρήση επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση και λίπανση γεωργικών καλλιεργειών . Πρακτικά του 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου “ Εγγειοβελτιωτικά έργα , Διαχείριση υδατικών πόρων , Εκμηχάνιση της γεωργίας ,, Λάρισα , Απρίλιος 1996 .
 15. Τσατήρης , Β . , Κυριακουλέας , Α . , Κουλουμπής , Π . , Παπαδόπουλος , Π . , Γκαντίδης , Ν . , Σιμωνής , Α . , Θεοχαρόπουλος , Σ . , Λιακοπούπου , Ν . , (1995) Στοιχεία παραγωγής και σύστασης της ιλύος αστικών αποβλήτων , δυνατότητες γεωργικής χρησιμοποίησης και σχετικά προβλήματα . Πρακτικά 5^{ου} Εδαφολογικού Συνεδρίου , Ξάνθη , Μάϊος 1995 .
 16. Τράκα – Μαυρονά , Αικ . , Παπαδόπουλος , Α . , Παπαδόπουλος , Φ . , Πατέρας , Δ . και Αναστασιάδης , Ε . (2000) Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας σε θερμοκήπιο με χρήση επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων . Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου , Καβάλα , Σεπτέμβριος 2000 .
 17. Χατζηκωνσταντίνου , Γ . Ι . και Ανδρεαδάκης , Α . (2000) Φαινόμενα ανάσχεσης της νιτροποίησης σε μονοβάθμια συστήματα ενεργού ιλύος – επίδραση του καθεστώτος μίξης του βιολογικού αντιδραστήρα . Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης , Αθήνα , Απρίλιος 2000 .
 18. Χριστοδούλου , Σ . Ευαγγελία (2000) Προσδιορισμός διαθεσιμότητας στοιχείων χαλκού , σιδήρου , ψευδαργύρου , μαγγανίου , καδμίου και μολύβδου σε εδάφη της Θεσσαλίας . Πτυχιακή διατριβή , Βόλος .

