ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

«Η Επίδραση Περιβαλλοντικών Συνθηκών Στα Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Υγρών Αποβλήτων Ελαιουργείων Σε Συνθήκες Εξωτερικής Αποθήκευσης»

Διπλωματική εργασία της Κουμουρά Κλεάνθη

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Διαμαντόπουλος Ευάγγελος, Καθηγητής (επιβλέπων)

Βενιέρη Δανάη, Επίκουρη Καθηγήτρια

Ξεκουκουλωτάκης Νικόλαος, Επίκουρος Καθηγητής

Χανιά, Απρίλιος 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης για τα εφόδια και τις γνώσεις που μου μετέδωσαν κατά τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών. Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ευάγγελο Διαμαντόπουλο για τη συνεργασία μας στην εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Ακόμη, την Ελευθερία Λουπασάκη για τον χρόνο που μου αφιέρωσε και τη βοήθειά της κατά την έναρξη του πειράματός μου. Την Βέτα Κουκουράκη, που με βοήθησε στην εκπόνηση των πειραμάτων μου και στη διεξαγωγή των αποτελεσμάτων, καθώς και τον Βακόνδιο Νίκο για τον χρόνο και την πολύτιμη βοήθειά του στη συγγραφή αυτής της εργασίας.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ψυχική και οικονομική υποστήριξη που μου παρείχαν, καθώς και τους φίλους μου που συνέβαλαν στο να περάσω ευχάριστα τα φοιτητικά μου χρόνια εδώ στα Χανιά και να τελειώσω αισίως τις σπουδές μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έγινε με σκοπό να δούμε πως οι περιβαλλοντικές συνθήκες σε συνδυασμό με μεθόδους επεξεργασίας υγρών αποβλήτων επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων ελαιουργείων. Το πείραμα που πραγματοποιήσαμε διήρκησε περίπου 3,5 μήνες (22/3- 26/6).

Αφού πρώτα πήραμε δείγμα υγρών αποβλήτων από ελαιουργείο στις Μουρνιές, φτιάξαμε τη διάταξη του πειράματος που αποτελείτο από 3 δοχεία τα οποία, περιείχαν από 20 l υγρού αποβλήτου το καθένα. Οι μέθοδοι επεξεργασίας που χρησιμοποιήσαμε ήταν η φυσική εξάτμιση και η χημική επεξεργασία με ασβέστη. Στο ένα δοχείο έγινε προσθήκη διαλύματος ασβέστη και τοποθετήθηκε σε εξωτερικό και εκτεθειμένο σε βροχή και ήλιο χώρο. Στα άλλα δύο δοχεία έγινε διάθεση του αποβλήτου χωρίς ασβέστη. Το ένα τοποθετήθηκε στον ίδιο χώρο με το δοχείο που περιείχε τον ασβέστη, ενώ το άλλο τοποθετήθηκε σε χώρο προστατευμένο από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Κατά το πείραμα γίνονταν μετρήσεις ανά 15 μέρες και προς το τέλος του πειράματος ανά 1 εβδομάδα. Έγιναν μετρήσεις σχετικά με : χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD), διαλυμένο οργανικό άνθρακα (Dissolved Organic Carbon, DOC), φαινόλες, αιωρούμενα στερεά (Suspended Solids, SS), χρώμα, θερμοκρασία του υγρού αποβλήτου, pH, UV-VIs scan και μέτρηση στάθμης του υγρού για να εξάγουμε συμπεράσματα για την εξάτμιση.

Στην εργασία αυτή, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που δείχνουν την απολεσματικότητα των μεθόδων επεξεργασίας που χρησιμοποιήσαμε (χημική επεξεργασία με ασβέστη και φυσική εξάτμιση) σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή των Χανίων (περιοχή Κουνουπιδιανών, Πολυτεχνείο Κρήτης), προκειμένου να έχουμε τη βέλτιστη εξυγίανση των υγρών αποβλήτων ελαιουργείου είτε για απευθείας διάθεση σε κάποιον αποδέκτη είτε για περαιτέρω επεξεργασία. Πολύ σημαντική είναι η μείωση του όγκου των αποβλήτων, γεγονός που επετεύχθη στα δοχεία που ήταν εκτεθειμένα σε ήλιο και βροχή σε αντίθεση με το δοχείο που βρισκόταν σε προστατευμένο από βροχή και ήλιο σημείο. Μέγιστη μείωση όγκου παρατηρήθηκε στο δοχείο με τον ασβέστη (70%), ακολουθεί η μείωση όγκου στο δοχείο χωρίς ασβέστη που ήταν εκτεθειμένο σε καιρικές συνθήκες (60%) και μετά η μείωση όγκου στο δοχείο χωρίς ασβέστη σε προστατευμένο από βροχή και ήλιο μέρος (40%). Όσον αφορά στο οργανικό φορτίο (COD), στο δοχείο με τον ασβέστη είχαμε μείωσή του κατά 25%, στο δοχείο χωρίς ασβέστη και εκτεθειμένο σε περιβαλλοντικές συνθήκες 30%, ενώ στο δοχείο χωρίς ασβέστη και σε θέση προστατευμένη από τις περιβαλλοντικές συνθήκες 14% σε σχέση με το αρχικό δείγμα. Για τις φαινόλες αντίστοιχα, είχαμε μείωση 79%, 43% και 4% σε σχέση με το αρχικό δείγμα, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το ηλιακό φως συμβάλλει στη διάσπαση των φαινολών, καθώς στα δοχεία που ήταν εκτεθειμένα στον ήλιο είχαμε τα μεγαλύτερα ποσοστά διάσπασής τους.

ABSTRACT

The objectives of this thesis were to study how environmental conditions affect the quality characteristics of olive oil mill wastewater (OMWW). The duration of our experiment was about 3 and a half months (22/3- 26/6).

OMWW came from an olive mill at Mournies (Chania). The experimental set up consisted of three containers with 20 liters of OMWW each. The wastewater management methods used in this experiment was physical evaporation and lime treatment. Two of the containers were placed outdoors exposed to rain and sun, while in one of them lime was added. The third container was placed in a shaded and protected from the sun and rain. Monitoring of OMWW quality took place by sampling every 15 days in the beginning and every week towards the end of the experiment. The measurements concerned the following parameters: chemical oxygen demand (COD), dissolved organic carbon (DOC), phenols, suspended solids (SS), color (TCU), temperature of OMWW, pH, UV-VIS scan and level measurement of the wastewater in order to calculate the amount of evaporation that took place during the experiment.

This thesis, presents the results of this experiment concerning the effectiveness of the wastewater management methods used (lime treatment and physical evaporation) combined with the environmental conditions. The reduction of OMWW volume is really important for reducing the cost of treatment. The reduction of volume was more effective in the container with lime and exposed to rain and sun (70%), then to the container with no lime but exposed to rain and sun (60%) and less to the container with no lime and protected from environmental conditions (40%). The organic load (COD) compared with the initial sample of our waste, was reduced by 25% in the container with lime, 30% in the container with no lime but exposed to environmental conditions and 14% in the container which had no lime and was not exposed to rain and sun. The greatest amount of reduction of phenol compounds was observed in the container with lime (79%) and also in the one with no lime but exposed to environmental conditions (43%) as the sunlight contributes to the degradation of phenolic compounds. Phenol compounds in the container, which had no lime and was not exposed to rain and sun, were reduced to a much lower extent (4%).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ 7

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ 8

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ 9

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ 10

2.ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 12

2.1.Υγρά Απόβλητα ελαιουργείων 12

2.1.1.Γενικά για τα Απόβλητα Ελαιουργείου (Olive-Mill Wastewater, OMWW) 12

2.1.2.Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των OMWW 12

2.1.3.Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις 14

2.1.4.Νομικό πλαίσιο 14

2.1.5.Τεχνολογίες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων (OMWW) 17

2.1.6.Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα και άλλες χώρες 21

3.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 22

3.1.Δειγματοληψία 22

3.2.Πειραματικός σχεδιασμός 22

3.3.Αναλυτικές μέθοδοι 26

3.3.1. COD 26

3.3.2.pH 26

3.3.3.Αιωρούμενα στερεά 26

3.3.4.DOC 27

3.3.5.Χρώμα 27

3.3.6.Θερμοκρασία υγρού 27

3.3.7.Φαινόλες 28

3.3.8.UV-VIS scan 29

4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 30

4.1.Σχήματα μεταβολής παραμέτρων 30

5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 46

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 47

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι 50

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ 54

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ 57

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1 : Διακύμανση θερμοκρασίας του αποβλήτου 30
Σχήμα 2 : Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας 31
Σχήμα 3 : Μεταβολή όγκου του αποβλήτου 32
Σχήμα 4 : Εξάτμιση (mm) σε σχέση με τη μέση ημερήσια θερμοκρασία του περιβάλλοντος. 33
Σχήμα 5 : Μεταβολή του pH 34
Σχήμα 6 : Μεταβολή COD (g). 35
Σχήμα 7 : Διακύμανση COD (g/l) 35
Σχήμα 8 : Διακύμανση DOC (g). 36
Σχήμα 9 : Διακύμανση DOC (ppm) 36
Σχήμα 10 : Αιωρούμενα στερεά SS (g) 37
Σχήμα 11 : Αιωρούμενα στερεά SS (g/l) 38
Σχήμα 12 : Ποσοστό μείωσης των αιωρούμενων στερεών. 38
Σχήμα 13 : Διακύμανση χρώματος. 39
Σχήμα 14 : Μεταβολή φαινολών (g). 40
Σχήμα 15 : Διακύμανση φαινολών (g/l) 40
Σχήμα 16 : Ποσοστιαία μεταβολή των φαινολών 41
Σχήμα 17 : UV-VIS scan στο δοχείο ΜΑσβ. 42
Σχήμα 18 : UV-VIS scan στο δοχείο ΧΑσβ. 43
Σχήμα 19 : UV-VIS scan στο δοχείο Πρ. 44
Σχήμα 20 : Καμπύλη Βαθμονόμησης COD 51
Σχήμα 21 : Καμπύλη Βαθμονόμησης TCU 52
Σχήμα 22 : Καμπύλη βαθμονόμησης για φαινόλες. 53

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 : Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των OMWW [14].. 13
Πίνακας 2.2 : Ανώτερες τιμές δεικτών ρύπανσης κατά τη διάθεση υγρών αποβλήτων από ελαιοτριβεία σε φυσικούς αποδέκτες (Π.Δ. 1180/81) 15
Πίνακας 2.3 : Οριακές τιμές δεικτών ρύπανσης ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση των επιφανειακών υδάτων (Υ.Δ Ε1β/221)... 16
Πίνακας 2.4 : Σημαντικότερες τεχνολογίες στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων από τα ελαιουργεία [15] 20
Πίνακας 4.1 : Σύγκριση τιμών απορρόφησης ABS για μήκος κύματος λ=254nm. 44

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Απόβλητα ελαιουργείου [23]. 22
Εικόνα 2α- 2β: Δοχείο με ασβέστη (ΜΑσβ). 23
Εικόνα 3α- 3β : Δοχείο χωρίς ασβέστη (ΧΑσβ). 24
Εικόνα 4α- 4β : Δοχείο χωρίς ασβέστη (Πρ). 24
Εικόνα 5 : Δείγμα στις 26/6 25
Εικόνα 6 : Διηθημένο δείγμα για ξήρανση. 27
Εικόνα 7 : Μέτρηση θερμοκρασίας. 28
Εικόνα 8 : «Φιλμ» από λιπίδια 45

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια είναι εμφανής η υποβάθμιση των υδατικών πόρων και των οικοσυστημάτων λόγω της ανεξέλεγκτης ρίψης ανεπεξέργαστων αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων. Συγκεκριμένα, τα υγρά απόβλητα από τα ελαιουργεία λόγω του υψηλού οργανικού φορτίου, τις φαινόλες που περιέχουν και της μεγάλης τοξικότητάς τους συμβάλλουν ανεπανόρθωτα στη ρύπανση του περιβάλλοντος αν γίνει διάθεσή τους σε υδάτινους πόρους χωρίς επεξεργασία.

Η λειτουργία των ελαιουργείων είναι εποχιακή και συγκεκριμένα στην Ελλάδα τα περισσότερα ελαιουργεία είναι οικογενειακές μικρές επιχειρήσεις χωρίς μονάδες επεξεργασίας των αποβλήτων τους.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, μελετήθηκε ένας οικονομικός τρόπος προεπεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ελαιουργείου και αρκετά απλός προκειμένου να επιτευχθεί η εξυγίανσή τους. Χρησιμοποιήθηκε η χημική επεξεργασία με ασβέστη που ήδη χρησιμοποιείται σε κάποιες περιοχές, όπως στο νησί της Λέσβου και η φυσική εξάτμιση με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός σε εξωτερικό χώρο. Σκοπός μας, ήταν η μείωση του οργανικού φορτίου και των φαινολικών ενώσεων, καθώς και η μείωση του όγκου των αποβλήτων για να είναι δυνατή η περαιτέρω επεξεργασία τους και διάθεσή τους σε κάποιον αποδέκτη. Εστιάσαμε επίσης, στο κατά πόσο οι περιβαλλοντικές συνθήκες σε συνδυασμό με τις μεθόδους επεξεργασίας που χρησιμοποιήσαμε συμβάλλουν ώστε να πετύχουμε τα παραπάνω. Για το ένα δοχείο πήραμε αποτελέσματα από το συνδυασμό της φυσικής εξάτμισης με έκθεσή του στις περιβαλλοντικές συνθήκες και της χημικής επεξεργασίας με ασβέστη και στα άλλα δύο τα αποτελέσματα της φυσικής εξάτμισης σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η παρούσα διπλωματική αποτελείται από 6 κεφάλαια, ένα εκ των οποίων είναι η εισαγωγή και τα υπόλοιπα είναι τα εξής :

- Κεφάλαιο 2 Θεωρητικό Μέρος : Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο δίνονται γενικά στοιχεία για τα απόβλητα των ελαιουργείων και πιο συγκεκριμένα πληροφορίες για τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούν, το νομικό πλαίσιο όσον αφορά τη διάθεσή τους σε φυσικούς αποδέκτες, τις μεθόδους επεξεργασίας τους και την υφιστάμενη κατάσταση σε διάφορες χώρες όπου έχουμε αυξημένη παραγωγή ελαιόλαδου.

- Κεφάλαιο 3 Πειραματικό Μέρος : Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή της διάταξης του πειράματος, των υλικών και των μεθόδων μέτρησης που χρησιμοποιήσαμε για να μετρήσουμε τις παραμέτρους που μας ενδιέφεραν.

- Κεφάλαιο 4 Αποτελέσματα : Εδώ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πειράματος μας σε Σχήματα και ο σχολιασμός τους. Τα Σχήματα που παρατίθονται είναι :

μεταβολή θερμοκρασίας του αποβλήτου, μεταβολή ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, εξάτμιση, μεταβολή όγκου του αποβλήτου, pH, χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD, chemical oxygen demand), διαλυμένος οργανικός άνθρακας (DOC, dissolved organic carbon), αιωρούμενα στερεά (SS, suspended solids), χρώμα (TCU), φαινόλες και UV-VIS scan.

- Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα : Στο κεφάλαιο 5, παρατίθονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα αποτελέσματα του κεφαλαίου 4, παρατηρώντας τις μεταβολές των παραμέτρων που έγιναν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Εδώ παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων που χρησιμοποίησαμε στο πείραμά μας.

- Κεφάλαιο 6 Βιβλιογραφία : Εδώ είναι συγκεντρωμένη όλη η βιβλιογραφία καθώς και διαδικτυακοί τόποι (sites) που χρησιμοποιήθηκαν για την συγγραφή αυτής της διπλωματικής εργασίας. Στη συνέχεια ακολουθούν το Παράρτημα I, όπου φαίνονται οι καμπύλες βαθμονόμησης που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα και το Παράρτημα II, όπου περιλαμβάνει τα μετεωρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήσαμε κατά τη διάρκεια του πειράματος (π.χ. βροχόπτωση).

2.ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1.Υγρά Απόβλητα ελαιουργείων

2.1.1.Γενικά για τα Απόβλητα Ελαιουργείου (Olive-Mill Wastewater, OMWW)

Τα υγρά απόβλητα ελαιουργείων συγκαταλέγονται στα γεωργικά βιομηχανικά απόβλητα, αν και είναι παραπροϊόντα επεξεργασίας του ελαιοκάρπου. Συνήθως, παράγονται από τριφασικά ελαιουργεία και είναι μίγμα του νερού που χρησιμοποιείται στα στάδια παραγωγής του ελαιόλαδου, του νερού που περιέχεται στον καρπό και του νερού πλύσης του εξοπλισμού.

Η σύνθεση των υγρών αποβλήτων ελαιουργείου δεν είναι σταθερή. Η ποιότητα και η ποσότητα τους ποικίλουν σύμφωνα με:

- την καλλιέργεια του εδάφους
- τον χρόνο συγκομιδής
- τον βαθμό ωρίμανσης
- την «ποικιλία» της ελιάς
- τις κλιματολογικές συνθήκες
- τη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων
- τη διάρκεια ωρίμανσης
- τον τρόπο συγκομιδής της ελιάς

Τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων χαρακτηρίζονται από μωβ-σκούρο καφέ ως μαύρο χρώμα και έχουν έντονη οσμή ελαιόλαδου. Έχουν πολύ υψηλό οργανικό φορτίο και το pH τους κυμαίνεται από 3-6 (ελαφρώς τοξικά). Επίσης, είναι ηλεκτρικά αγώγιμα και έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες και σε στερεά [14].

Η ετήσια παραγωγή OMWW κυμαίνεται από 7 μέχρι και 30 εκατομμύρια m^3. Αν και η ποσότητα των αποβλήτων ελαιουργείων που παράγεται είναι μικρότερη σε σχέση με άλλα απόβλητα (π.χ. οικιακά λύματα) και η παραγωγή τους είναι εποχιακή, συμβάλλουν σημαντικά στη ρύπανση του περιβάλλοντος, λόγω ιδιαιτεροτήτων της χημικής τους σύστασης και ορισμένων πτυχών της τρέχουσας κατάστασης στον τομέα του ελαιόλαδου [20].

2.1.2.Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των OMWW

Τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων αποτελούνται από νερό (80-83%), οργανικά συστατικά (15-18%) και ανόργανα συστατικά 2% (άλατα καλίου και φώσφορου). Εκτός από πολύ υψηλό οργανικό φορτίο (BOD_5 : 35-100 g/l και COD : 40-175 g/l) περιέχουν μεγάλα ποσοστά φυτοτοξικών και μικροβιακών ενώσεων, όπως οι φαινόλες και τα μεγαλομοριακά λιπαρά οξέα, αιωρούμενα στερεά (1-9 g/l) και πολύ υψηλές συγκεντρώσεις δύσκολα διασπώμενων ενώσεων, όπως οι λιγνίνες και οι τανίνες, στις οποίες οφείλεται το σκούρο χρώμα των λυμάτων. Ωστόσο, τα σάκχαρα και οι πολυφαινόλες είναι τα βασικά οργανικά συστατικά των αποβλήτων. Στον καρπό της ελιάς εμπεριέχονται φαινολικές ενώσεις, οι οποίες είναι πιο διαλυτές στο νερό παρά στο λάδι. Έτσι, η συγκέντρωσή τους στα απόβλητα κυμαίνεται από 0,5 έως 24 g/l. Οι φαινόλες σε υδατικό διάλυμα εμφανίζουν υψηλή αντιβακτηριακή και φυτοτοξική δράση. Το γεγονός ότι τα απόβλητα των ελαιουργείων είναι πολύ τοξικά, οφείλεται στις πολυφαινολικές ενώσεις και στα λιπαρά οξέα. Αν και διαθέτουν υψηλό οργανικό φορτίο λόγω της παρουσίας πρωτεϊνών, πολυσακχαριτών, μεταλλικών αλάτων κλπ., δεν είναι κατάλληλα για απευθείας χρήση ως λίπασμα ή αρδευτικό νερό, επειδή στην ουσία είναι δυσκόλως βιοδιασπώμενα [13-15 , 21, 22].

pH	4,5-6
EC_{25}(dS/m)	8-22
BOD5 (mg/l)	35.000-100.000
COD (mg/l)	40.000-195.000
Lipids (mg/l)	300-23.000
Organic matter (g/l)	40-165
Mineral matter (g/l)	5-14
Polyphenols (mg/l)	3.000-24.000
N (g/l)	5-15
P (g/l)	0,3-1,1
K (g/l)	2,7-7,2
Ca (g/l)	0,12-0,75
Mg (g/l)	0,10-0,40
Na (g/l)	0,04-0,90
Solids (%)	5,5-17,6

Πίνακας 2.1: Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των OMWW [14].

2.1.3. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, 1 m^3 υγρών αποβλήτων ελαιουργείου είναι ισοδύναμο με 100-200 m^3 οικιακά λύματα [8].

Τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων προέρχονται από τον αραιωμένο χυμό συνθλιμμένων ελιών και έτσι μπορούν εύλογα να θεωρηθούν βιοαποικοδομήσιμα. Ωστόσο, οι φαινόλες και τα λιπίδια που περιέχουν αποσυντίθενται βραδύτερα από ότι άλλα συστατικά. Λόγω αυτού και του υψηλού οργανικού φορτίου που διαθέτουν προκαλούν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επίσης, χαρακτηρίζονται από μεγάλη τοξικότητα, που οφείλεται στην παρουσία φυτοτοξικών πτητικών οξέων και σε φαινολικές ενώσεις.

Πιο συγκεκριμένα, τα λιπίδια που διαθέτουν τα απόβλητα των ελαιουργείων συμβάλλουν στον σχηματισμό μιας αδιαπέραστης στρώσης στις επιφάνειες των υδάτων, στις όχθες και στις γειτονικές γεωργικές εκτάσεις, η οποία εμποδίζει τη μεταφορά του οξυγόνου και του ηλιακού φωτός στους μικροοργανισμούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της βλάστησης στις εκτάσεις επιρροής και μακροπρόθεσμα φαινόμενα διάβρωσης.

Άλλη επίδραση των αποβλήτων αυτών είναι ο χρωματισμός των φυσικών υδάτων. Η αλλαγή χρώματος οφείλεται στην οξείδωση των ταννινών και στον πολυμερισμό τους με την παραγωγή «χρωματισμένων» πολυφαινολών που απομακρύνονται δύσκολα από τις απορροές. Επιπλέον, λόγω της αυξημένης ποσότητας σακχάρων που περιέχουν, ευνοείται η ανάπτυξη μικροοργανισμών όταν τα λύματα διατεθούν σε υδάτινους αποδέκτες. Το γεγονός αυτό συμβάλλει στη μείωση της περιεκτικότητας του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο διαταράσσοντας την ισορροπία του υδάτινου οικοσυστήματος. Η περιεκτικότητά τους σε μη αποδομήσιμο φώσφορο αυξάνει το ρυθμό ανάπτυξης των μικροφυκών και ενισχύει το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Επίσης, τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων αναστέλλουν την ανάπτυξη των φυτών, λόγω της παρουσίας φαινολών και οργανικών οξέων (π.χ. οξικό οξύ, μυρμηκικό οξύ.)

Τέλος, από τη διάθεση τους σε ανοιχτές δεξαμενές προέρχονται έντονες και δυσάρεστες οσμές. Από την εξάτμιση των αποβλήτων ελαιουργείου εκπέμπονται διάφορα αέρια όπως π.χ. μεθάνιο και υδρόθειο που προκαλούν την υποβάθμιση της ατμόσφαιρας [14].

2.1.4. Νομικό πλαίσιο

Τα ανώτερα όρια εκπομπής αποβλήτων από τις εγκαταστάσεις παραγωγής και επεξεργασίας ελαιών ορίζονται από το άρθρο 3 του προεδρικού διατάγματος 1180/81 (ΦΕΚ 293/Α/6-10-81), «Περί ρυθμίσεως θεμάτων αναγόμενων εις τα της ιδρύσεως λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και την εκ τούτων διασφαλίσεως περιβάλλοντος εν γένει». Τα όρια φαίνονται στον Πίνακα 2.2, θεωρώντας για την αναγωγή των τιμών από τόνους προϊόντος (ελαιόλαδου) σε l αποβλήτου ότι για την παραγωγή 1 tn ελαιολάδου προκύπτουν 5 m^3 υγρά απόβλητα [1, 10].

Είδος εγκατάστασης	Χαρακτηριστικά αποβλήτων	Ανώτατη μέση τιμή 24ώρου		Μέσος όρος τιμών για 30 συνεχείς μέρες	
Παραγωγή φυτικών ζωικών λιπών και ελαίων		kg/tn προϊόντος	mg/l αποβλήτου	Kg/tn προϊόντος	mg/l αποβλήτου
	BOD_5	4,00	800	2,00	400
	COD	6,00	1200	3,00	600
	Αιωρούμενα στερεά	5,00	1000	2,00	400
	Λίπη και έλαια	1,00	200	0,5	100

Πίνακας 2.2: Ανώτερες τιμές δεικτών ρύπανσης κατά τη διάθεση υγρών αποβλήτων από ελαιοτριβεία σε φυσικούς αποδέκτες (Π.Δ. 1180/81).

Ακόμη, τίθενται τα όρια των χαρακτηριστικών τιμών των βιομηχανικών αποβλήτων, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται τα επιφανειακά ύδατα (π.χ. ύδρευση, άρδευση, κολύμβηση κ.λ.π.) με την Υγειονομική διάταξη Ε1β/221 : «Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων» (ΦΕΚ 138/Β/24-12-1965) [1].

Οριακές τιμές δεικτών ρύπανσης	Ύδατα για ύδρευση	Ύδατα για κολύμβηση	Ύδατα για αλιεία	Ύδατα για άρδευση	Θαλάσσια Ύδατα
Ολικά κολοβακτηρίδια	50/100ml/μήνα	50/100ml/μήνα	50/100ml/μήνα	(δεν προβλέπεται)	70/100ml/μήνα
Απουσία αιωρούμενων στερεών ή λυματολάσπης	Απαραίτητη	Απαραίτητη	Απαραίτητη	Απαραίτητη	Απαραίτητη
Περιεχόμενες φαινολικές ενώσεις (mg/l)	<0,005	<0,005	<0,005	(δεν προβλέπεται)	(δεν προβλέπεται)
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,5	-
Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (mg/l)	≥5,0	≥5,0	≥5,0	≥5,0	≥5,0
Απουσία τοξικών ή επιβλαβών αποβλήτων (κυρίως ελαιοειδή ή χρωματισμένα απόβλητα)	Απαραίτητη	Απαραίτητη	Απαραίτητη	Απαραίτητη	Απαραίτητη

Πίνακας 2.3: Οριακές τιμές δεικτών ρύπανσης ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση των επιφανειακών υδάτων (Υ.Δ Ε1β/221).

Επιπλέον, από την Υγειονομική διάταξη Ε1β/221/65 και την εγκύκλιο με αρ.οικ.ΥΜ 2985/29-5-91 καθορίζεται ο τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων αποβλήτων και λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες. Η θάλασσα και γενικότερα οι υδάτινοι αποδέκτες θα πρέπει να αποφεύγονται και αποτελούν μόνο την αναπόφευκτη λύση, αφού αποκλεισθούν οι άλλες δυνατότητες τελικής διάθεσης (υπεδάφιας, επιφανειακά στο έδαφος κ.λ.π.). Επίσης, σημαντικές Οδηγίες Εφαρμογής της Υ.Δ. Ε1β/221/65 αποτελεί η εγκύκλιος του ΥΥΠ&ΚΑ με αρ. ΥΜ/2985/29-5-1991, που αναφέρεται στις προϋποθέσεις που απαιτούνται για την διάθεση των λυμάτων σε επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες στο έδαφος και σε υπονόμους, καθώς και η εγκύκλιος ΥΥΠ&ΚΑ με αρ.242/27-1-1992, που αναφέρεται στην έγκριση των μελετών επεξεργασίας και διαθέσεως των υγρών αποβλήτων [22].

2.1.5.Τεχνολογίες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων (OMWW)

Το υψηλό οργανικό φορτίο των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων και η παρουσία των πολυφαινολών, δεν επιτρέπει την απευθείας διάθεσή τους στο περιβάλλον, αλλά καθιστά αναγκαία την πρότερη επεξεργασία του [2].

Μέχρι σήμερα υπάρχουν αρκετές τεχνολογίες επεξεργασίας που έχουν εφαρμοστεί για την εξυγίανση των αποβλήτων των ελαιουργείων. Οι πιο σημαντικές τεχνολογίες διαχείρισης των OMWW περιλαμβάνουν φυσικοχημικές, θερμικές, οξειδωτικές και βιολογικές μεθόδους [10, 12, 14].

Οι φυσικοχημικές μέθοδοι περιλαμβάνουν : την αραίωση, την κροκίδωση-συσσωμάτωση, την καθίζηση, τη διήθηση, την προσρόφηση, τη φυγοκέντρηση και την τεχνολογία μεμβρανών. Με την εφαρμογή κάθε μίας ξεχωριστά δεν μειώνεται το οργανικό φορτίο και η τοξικότητα των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια. Ωστόσο, είναι αποδοτικές στο στάδιο της προ-επεξεργασίας (pretreatment) ή μετεπεξεργασίας των αποβλήτων (post-treatment) είτε με τον κατάλληλο συνδυασμό αυτών.

Στις φυσικοχημικές μεθόδους ανήκει και η χημική επεξεργασία με ασβέστη που χρησιμοποιήσαμε στο συγκεκριμένο πείραμα.

<u>Χημική επεξεργασία με ασβέστη</u> : Η επεξεργασία των αποβλήτων ελαιουργείου με ασβέστη προτείνεται για τη μείωση του ρυπαντικού φορτίου και έχει εύκολη εφαρμογή, καθώς ο ασβέστης είναι πιο φθηνός από άλλα χημικά (π.χ. θειϊκό αργίλιο) που χρησιμοποιούνται στην προ-επεξεργασία των αποβλήτων. Χρησιμοποιείται κυρίως για έλεγχο του pH ή για χημική κροκίδωση. Οι βασικοί τύποι ασβέστη που χρησιμοποιούνται είναι η άσβεστος ή η υδράσβεστος. Η δόση του ασβέστη που χρησιμοποιείται κυμαίνεται από 10-40 g/l αποβλήτου. Έχει παρατηρηθεί ότι με τη χρήση ασβέστη στα απόβλητα ελαιουργείου, μειώνεται κατά πολύ το ρυπαντικό του φορτίο. Αναλόγως αν τα απόβλητα προέρχονται από κλασσικά ή φυγόκεντρα συστήματα, μπορούμε να επιτύχουμε αντίστοιχα μείωση του COD 41,5-46,2 %, των ολικών στερεών 29,3-46,9 % και των πολυφαινολών 73,5-62,5 %. Επίσης, η εξάτμιση γίνεται γρηγορότερα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο ασβέστης απομακρύνει τα λίπη των ελαίων που επιπλέουν στην επιφάνεια και παρεμποδίζουν την εξάτμιση με τη δημιουργία λεπτού φιλμ. Παρόλο, που η διήθηση των αποβλήτων ελαιουργείου είναι πολύ δύσκολη λόγω των κολλοειδών ενώσεων που περιέχουν, μετά τη χημική επεξεργασία με ασβέστη μπορούν να διηθηθούν εύκολα χρησιμοποιώντας μηχανική πρέσα. Ο ασβέστης χρησιμοποιείται επίσης για τον έλεγχο των οσμών από τα υγρά απόβλητα [5].

Οι θερμικές μέθοδοι περιλαμβάνουν: την εξάτμιση και την πυρόλυση. Η πυρόλυση, παρόλο που προσφέρει τη δυνατότητα μείωσης του όγκου των αποβλήτων με την παράλληλη ανάκτηση ενέργειας, εμπεριέχει τον κίνδυνο της πιθανής εκπομπής τοξικών αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Ένα ακόμα αρνητικό των θερμικών μεθόδων είναι ότι απαιτούνται εγκαταστάσεις υψηλού κόστους.

Στις θερμικές μεθόδους ανήκει και η φυσική εξάτμιση που χρησιμοποιήσαμε στο συγκεκριμένο πείραμα.

Φυσική εξάτμιση : Η φυσική εξάτμιση των αποβλήτων ελαιουργείων σε ατμοσφαιρικό αέρα με τη χρήση ηλιακού φωτός σε λίμνες εξάτμισης ή σε εξατμισοδεξαμενές έχει χαμηλό ενεργειακό κόστος και είναι μία απλή διαδικασία. Είναι μία από τις πρώτες μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν και έχει παρατηρηθεί μείωση του COD από 20-30% έως 70-80%. Τα απόβλητα παραμένουν στις λίμνες εξάτμισης 7-8 μήνες και απαιτούνται μεγάλες επιφάνειες (περίπου 1 m^3 για 2,5 m^3 αποβλήτων ελαιουργείων). Ωστόσο, υπάρχει ο κίνδυνος ρύπανσης των υπογείων υδάτων αν ο πυθμένας της εξατμισοδεξαμενής δεν είναι καλά μονωμένος, ενώ εκπέμπεται μεθάνιο στην ατμόσφαιρα λόγω της αναερόβιας ζύμωσης των αποβλήτων που λαμβάνει χώρα στην εξατμισοδεξαμενή. Αυτές οι εξατμισοδεξαμενές πρέπει να βρίσκονται μακριά από κατοικίες λόγω της ύπαρξης εντόμων και έντονων οσμών [6, 17].

Οι οξειδωτικές μέθοδοι περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων την οξείδωση με όζον και υπεροξείδιο του υδρογόνου, τη UV ακτινοβόληση, τη φωτοκατάλυση, την οξείδωση με αντιδραστήριο Fenton, την ηλεκτροχημική οξείδωση και την υγρή οξείδωση. Οι προηγμένες μέθοδοι επεξεργασίας αδρανοποιούν τις πλέον βλαβερές/τοξικές και μη βιοαποδομήσιμες οργανικές ουσίες που συναντώνται στην υγρή και αέρια φάση με σχετικά μικρό χρόνο παραμονής. Όμως, για να μειωθεί το οργανικό φορτίο κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια είναι απαραίτητη η προσθήκη ισχυρών οξειδωτικών και συνεπώς το κόστος αυξάνεται κατά πολύ.

Συγκεκριμένα, η ηλεκτροχημική οξείδωση, η οξείδωση με όζον, η υγρή οξείδωση, η οξείδωση με αντιδραστήριο Fenton και η φωτοκατάλυση ανήκουν στις προηγμένες οξειδωτικές μεθόδους αντιρρύπανσης (ΠΟΜΑ). Τα τελευταία χρόνια γίνεται δοκιμή σε ερευνητικό επίπεδο της υγρής οξείδωσης και της οξείδωσης με όζον.

Η υγρή οξείδωση είναι θερμική διεργασία και συμβάλλει στην οξείδωση οργανικών και ανόργανων ενώσεων σε υδατική φάση σε θερμοκρασίες 100-320°C και πιέσεις 5-200 bar. Ως οξειδωτικό μέσο χρησιμοποιείται ο αέρας ή οξυγόνο O_2. Επίσης, γίνεται χρήση υπεροξειδίου του υδρογόνου ως επιπλέον οξειδωτικό. Βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν προκαλεί αέρια ρύπανση, καθώς η αέρια φάση αποτελείται κυρίως από την περίσσεια οξυγόνου και διοξείδιο του άνθρακα.

Η οξείδωση με όζον περιλαμβάνει δύο μηχανισμούς. Την άμεση οξείδωση, όπου το όζον οξειδώνει απευθείας οργανικές και ανόργανες ενώσεις και την έμμεση οξείδωση, όπου έχουμε σχηματισμό ριζών υδροξυλίων σε αλκαλικό pH και οξείδωση των οργανικών και ανόργανων ενώσεων από τις ρίζες υδροξυλίου. Τα απόβλητα ελαιουργείων περιέχουν λιγότερο βιοαποδομήσιμα υλικά όπως οι πολυφαινόλες και τα ακόρεστα οξέα, τα οποία μπορούν να οξειδωθούν επιλεκτικά από το όζον. Ωστόσο, αυτή η μέθοδος επεξεργασίας έχει αρκετά μειονεκτήματα όπως : απαιτείται επί τόπου παρασκευή του όζοντος λόγω αστάθειάς του, υψηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας και απαιτείται υψηλή συντήρηση του εξοπλισμού. Επίσης, το όζον είναι πολύ τοξικό και διαβρωτικό αντιδραστήριο και γι'αυτό πρέπει να ακολουθούνται ειδικές συνθήκες ασφαλείας.

Αν και οι προηγμένες μέθοδοι αντιρρύπανσης είναι αρκετά αποτελεσματικές έχουν αρκετά μειονεκτήματα, όπως προαναφέρθηκαν για την οξείδωση με όζον. Από τα πιο σημαντικά είναι το υψηλό κόστος που απαιτείται για την πλήρη καταστροφή των ρύπων. Το υψηλό κόστος δικαιολογείται από τη χρήση ακριβών αντιδραστηρίων, αλλά και την πηγή ακτινοβολίας. Ωστόσο με κατάλληλο συνδυασμό μεθόδων ή/και με βιολογικό καθαρισμό, το κόστος μπορεί να μειωθεί ικανοποιητικά [11].

Οι βιολογικές μέθοδοι περιλαμβάνουν : την αερόβια αποδόμηση, την αναερόβια χώνευση, τη λιπασματοποίηση - κομποστοποίηση, τη βραδεία ή ταχεία εφαρμογή στο έδαφος, την ελεγχόμενη άρδευση, τον τεχνητό υγροβιότοπο κ.α. Οι τεχνολογίες αυτές εφαρμόζονται γενικότερα στην επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων σε παγκόσμια κλίμακα. Οι περισσότερες από τις βιολογικές μεθόδους (εκτός της αερόβιας αποδόμησης) έχουν χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις, μειώνοντας έτσι το λειτουργικό κόστος της πιθανής εγκατάστασης. Ωστόσο, προκειμένου να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα, απαιτούνται ιδιαίτερα υψηλές τιμές του υδραυλικού χρόνου παραμονής.

Προκειμένου να αναπτυχθεί μία ολοκληρωμένη διαχείριση των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων, έχει μελετηθεί ο συνδυασμός των παραπάνω τεχνολογιών. Αυτό έγινε λόγω του ότι η μεμονωμένη εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών, ακόμα και όταν μεγιστοποιείται η απόδοσή τους, δεν είναι ικανή να αποδημήσει κάτω από τα περιβαλλοντικά όρια το οργανικό φορτίο και να μειώσει το ποσοστό των φαινολών και των λιπαρών οξέων σε βαθμό που να μην επιδρούν αρνητικά στο οικοσύστημα. Στον Πίνακα 2.4 φαίνεται ο βαθμός απόδοσης των σημαντικότερων τεχνολογιών επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιουργείων και συνδυασμού αυτών.

Μέθοδοι επεξεργασίας	Αποτελέσματα	Σχολιασμός
Φυσικοχημική επεξεργασία	30-50% μείωση COD, που φτάνει το 80-95% με τον κατάλληλο συνδυασμό	Φυγοκέντριση, διήθηση, κροκίδωση, συσσωμάτωση, προσρόφηση
Αναερόβια χώνευση	60-80% μείωση COD για HRT 2-5 ημέρες. 90% μείωση για μεγάλους HRTS (25ημέρες) ή κατάλληλο υπόστρωμα	Αραίωση, ρύθμιση pH και προσθήκη θρεπτικών
Αναερόβια χώνευση μετά από φυσικοχημική επεξεργασία	Αύξηση της απόδοσης κατά 50-70%.Μέγιση μείωση COD μέχρι και 95% και μείωση φαινολών >90%	Τεχνολογίες προεπεξεργασίας: διήθηση, κροκίδωση, προσρόφηση σε κοκκώδη ενεργό άνθρακα, οζόνωση
Αναερόβια χώνευση μετά από αερόβια επεξεργασία	40-60% μείωση COD στην προεπεξεργασία, 60-90% μείωση φαινολών, μείωση τοξικότητας	Προεπεξεργασία με επιλεγμένα γένη αερόβιων μικροοργανισμών
Αερόβια επεξεργασία	58-74% μείωση COD ανάλογα τον OLR και HRT, 81-84% για μεγαλύτερους HRTs	Οι τεχνολογίες περιλαμβάνουν ενεργό ιλύ και τεχνητούς υγροβιότοπους
Συνδυασμός βιολογικών διεργασιών	Μέχρι και 90% απομάκρυνση COD και παρόμοια ποσοστά απομάκρυνσης φαινολών	Συνδυασμός δύο και τριών τεχνολογιών
Συγχώνευση υπό αναερόβια διεργασία (OMWW με άλλα υγρά απόβλητα)	75-90% απομάκρυνση COD ανάλογα την αραίωση και την μετεπεξεργασία	Βιολογική επεξεργασία των OMWW με άλλα απόβλητα (απόβλητα χοιροστασίου, όμβριων υδάτων, αστικών λυμάτων)
Οξείδωση και μέθοδοι προηγμένης οξείδωσης	40-60% απομάκρυνση COD, υπό κανονικές οξειδωτικές συνθήκες, 70-99% απομάκρυνση υπό ισχυρές δόσεις οξειδωτικού ή μετά από προεπεξεργασία	Οι διεργασίες περιλαμβάνουν όζον/H2O2, UV/H2O2, υγρή οξείδωση, οξείδωση Fenton, ηλεκτροχημική οξείδωση
Συνδυασμός διεργασιών	80-99% απομάκρυνση του COD	Συνδυασμός οξείδωσης/βιολογικών διεργασιών, τεχνολογίες μεμβρανών
Κομποστοποίηση	Παραγωγή κομπόστ για λίπασμα και εδαφοβελτιωτικό	Κομποστοποίηση με αστικά λύματα και άλλα αγρο-βιομηχανικά απόβλητα

Πίνακας 2.4: Σημαντικότερες τεχνολογίες στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων από τα ελαιουργεία [15].

2.1.6. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα και άλλες χώρες

Σε όλες τις χώρες που παράγουν ελαιόλαδο είναι απαγορευμένη η διάθεση των αποβλήτων ελαιουργείων χωρίς επεξεργασία σε φυσικούς υδατικούς αποδέκτες. Ακόμη και η διάθεσή τους σε δημόσιες αποχετεύσεις είναι απαγορευμένη, καθώς μπορεί να προκαλέσουν διάβρωση των σωληνώσεων και δημιουργία ιζημάτων. Παρόλα αυτά, η πιο κοινή πρακτική που ακολουθείται από ελαιουργεία είναι η απευθείας διάθεση των αποβλήτων τους σε κοντινούς υδατικούς αποδέκτες, όπως ποτάμια, λίμνες ή και στη θάλασσα.

Η πλειοψηφία παραγωγής ελιάς και ελαιόλαδου γίνεται στην περιοχή της Μεσογείου από την Ισπανία, την Ιταλία, την Τουρκία και την Ελλάδα.

Η κυβέρνηση της Ισπανίας επιδότησε και προώθησε την κατασκευή δεξαμενών αποθήκευσης των αποβλήτων ελαιουργείων. Κατασκευάστηκαν περίπου 1000 εξατμισοδεξαμενές οι οποίες βοήθησαν στην βελτίωση της ποιότητας των νερών, αλλά προκάλεσαν οχλήσεις από οσμές στους κατοίκους της περιοχής.

Σύμφωνα με την περιβαλλοντική νομοθεσία της Ιταλίας, τα απόβλητα των ελαιουργείων πρέπει να επεξεργαστούν πριν διατεθούν στο περιβάλλον. Η εναπόθεσή τους στο έδαφος επιτρέπεται μόνο υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντική δράση των αποβλήτων ελαιουργείων ως λίπασμα επιτρέπεται η χρήση τους και ως βελτιωτικά εδάφους. Ένας νέος κανονισμός επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων ελαιουργείων στην γεωργία και χρήση των υγρών και στερεών αποβλήτων από διφασική επεξεργασία ως λιπάσματα σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Στην Τουρκία δεν υπάρχει συγκεκριμένη νομοθεσία για την απόθεση των αποβλήτων ελαιουργείων. Φαίνεται ότι Τούρκοι παραγωγοί θα αντιμετωπίζουν μια κρίση παρόμοια με τις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, αν δεν βρεθεί μία οικονομικά βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον λύση για τη διάθεση των αποβλήτων. Ένα σοβαρό πρόβλημα είναι ότι δεν σχεδιάζονται εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων που θα δεχτούν τόσο «βαριά» απόβλητα και πρέπει να αντιμετωπίσουν τις οχλήσεις από αυτά. Το μεγαλύτερο και κύριο εμπόδιο για την ασφαλή διάθεση των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων είναι ότι τα ελαιοτριβεία τους είναι μικρές επιχειρήσεις και διάσπαρτα σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές.

Στην Ελλάδα βρίσκεται σε ισχύ η Ευρωπαϊκή νομοθεσία, αν και ορισμένες τοπικές διοικήσεις προσπαθούν για την επιβολή αυστηρότερων περιβαλλοντικών μέτρων. Οι τοπικές κοινωνίες εξυπηρετούνται από μικρά ελαιοτριβεία. Σε αυτές τις περιοχές τα απόβλητα συλλέγονται και αποθηκεύονται συνολικά σε δεξαμενές. Ωστόσο, είναι σε εξέλιξη έρευνα από οργανισμούς και πανεπιστήμια για την ασφαλή διάθεση των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων [6].

3.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3.1.Δειγματοληψία

Προκειμένου, να εξετάσουμε την επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων ελαιουργείου ήταν απαραίτητη η λήψη δείγματος. Λάβαμε δείγμα από το ελαιουργείο «Στρατουδάκης», που βρίσκεται στην περιοχή Μουρνιές του νομού Χανίων. Το δείγμα των αποβλήτων προέκυψε από τριφασική διαδικασία. Ωστόσο, το συγκεκριμένο ελαιοτριβείο είχε τη δυνατότητα να λειτουργεί και διφασικά και τριφασικά. Η ποσότητα που χρειαστήκαμε είναι 60 l. Η δειγματοληψία έγινε το μήνα Μάρτιο.

Εικόνα 1: Απόβλητα ελαιουργείου [23].

3.2.Πειραματικός σχεδιασμός

Στο συγκεκριμένο πείραμα, θέλαμε να μελετήσουμε πώς μεταβάλλονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων ελαιουργείου υπό διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης σε ανοιχτές δεξαμενές.

Για το στήσιμο του πειράματος χρειαστήκαμε:

- τρία δοχεία που να χωράνε τουλάχιστον 20 l κατσίγαρου
- βιομηχανικό πετροβάμβακα πάχους 3 cm για τη μόνωση των δοχείων με εξωτερική στρώση αλουμινόχαρτου
- 60 l αποβλήτου ελαιουργείου
- ασβέστη υγρής μορφής

Στο ένα δοχείο (ΜΑσβ)[1] διαστάσεων 32x36,5x56 cm τοποθετήσαμε 20 l αποβλήτου από ελαιουργείο και 633g διαλύματος ασβέστη που αντιστοιχούν σε 15 g/l ασβέστη (31,66 g

[1] Με ασβέστη

μίγμα ασβέστη με νερό) που αποτελεί ικανοποιητική συγκέντρωση για επεξεργασία σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [5]. Αφού μονώσαμε το δοχείο με βιομηχανικό πετροβάμβακα, καλύψαμε την επιφάνειά του με σύρμα και το τοποθετήσαμε σε ακάλυπτο εξωτερικό χώρο.

Εικόνα 2α- 2β: Δοχείο με ασβέστη (ΜΑσβ).

Στο δεύτερο δοχείο (ΧΑσβ)[2] κυκλικής διατομής με διάμετρο 35 cm και ύψος 55 cm , αφού το μονώσαμε με βιομηχανικό πετροβάμβακα, προσθέσαμε 20 l αποβλήτου και το τοποθετήσαμε στον ίδιο ακάλυπτο χώρο με το πρώτο.

[2] Χωρίς ασβέστη

Εικόνα 3α- 3β : Δοχείο χωρίς ασβέστη (ΧΑσβ) σε ακάλυπτο εξωτερικό χώρο.

Στο τρίτο δοχείο (Πρ)[3] διαστάσεων 27,5x21x37 cm, που μονώθηκε επίσης με βιομηχανικό πετροβάμβακα, προσθέσαμε 20 l κατσίγαρου και το τοποθετήσαμε σε καλυμμένο και σκιερό χώρο.

Εικόνα 4α- 4β : Δοχείο χωρίς ασβέστη σε προστατευμένο από βροχή και ήλιο χώρο (Πρ).

[3] Προστατευμένο

Πήραμε το πρώτο δείγμα στις 22/3, η οποία ήταν και η μέρα που ετοιμάσαμε τα δοχεία με το δείγμα μας. Η λήψη δείγματος (περίπου 15 ml) γινόταν κάθε 15 μέρες και από τα 3 δοχεία στα 5 cm βάθος από την επιφάνεια του υγρού.

Εικόνα 5 : Δείγμα στις 26/6 από τα δοχεία ΧΑσβ και Πρ αντίστοιχα (από αριστερά).

Για κάθε δείγμα, αφού κάναμε τις απαραίτητες αραιώσεις εξετάζαμε τα εξής ποιοτικά χαρακτηριστικά:

- COD
- pH
- Φαινόλες (ολικές)
- Αιωρούμενα στερεά
- Θερμοκρασία υγρού
- DOC
- Χρώμα
- UV-VIS scan

Τέλος, πριν από κάθε δειγματοληψία μετρούσαμε τη στάθμη του αποβλήτου και παρακολουθούσαμε τις βροχοπτώσεις από δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών που βρίσκεται στο Πολυτεχνείο Κρήτης, ώστε να είναι εφικτός ο υπολογισμός της εξάτμισης σε κάθε δοχείο.

3.3.Αναλυτικές μέθοδοι

3.3.1. COD

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD-Chemical Oxygen Demand) είναι το ισοδύναμο οξυγόνο που απαιτείται για την οξείδωση –σε έντονα οξειδωτικό περιβάλλον- της οργανικής ύλης στο δείγμα [3]. Στο εργαστήριο για τη μέτρηση του COD χρησιμοποιήθηκαν έτοιμα αντιδραστήρια της εταιρίας Merck με μία μέθοδο που βασίζεται στην μέθοδο 5220 D (closed reflux, Colometric Method) από το Standard Methods (APHA,AWWA,WEF, 1922):

- Κωδικός αντιδραστηρίων Merck 1.1455.0001 για COD 500-10000 ppm

Η μέθοδος βασίζεται στη χημική οξείδωση του δείγματος σε ειδικά φιαλίδια που περιέχουν τα απαραίτητα αντιδραστήρια και διχρωμικό κάλιο ($K_2Cr_2O_7$) ως οξειδωτικό. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις του δείγματος κάναμε τις απαραίτητες αραιώσεις. Για την οξείδωση απαιτείται χώνευση 1 ml αδιήθητου δείγματος με τα αντιδραστήρια για 2 ώρες στους 148˚C στο θερμοαντιδραστήρα.

Μετά τη χώνευση και αφού το δείγμα κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου, γίνεται μέτρηση απορρόφησης σε φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 593 nm. Η τιμή του COD υπολογίζεται από καμπύλες βαθμονόμησης, οι οποίες έχουν προκύψει μετρώντας πρότυπα διαλύματα. Οι απορροφήσεις των πρότυπων διαλυμάτων και οι καμπύλες βαθμονόμησης παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι. Το φασματοφωτόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της απορρόφησης ήταν το UV- 1202 Spectrophotometer της εταιρίας SHIMADZU.

3.3.2.pH

Η μέτρηση του pH γίνεται χρησιμοποιώντας πεχάμετρο της εταιρείας Crison, μοντέλο 2002, με ηλεκτρόδια υάλου. Η βαθμονόμηση του πεχαμέτρου γίνεται με δύο ρυθμιστικά διαλύματα στο pH 4 και στο pH 7.

3.3.3.Αιωρούμενα στερεά

Ο προσδιορισμός των αιωρούμενων στερεών γίνεται με διήθηση υπό κενό συγκεκριμένου όγκου (συνήθως διηθούσαμε 10-15 ml) σε υαλόφιλτρα τύπου GF/C της εταιρείας WHATMAN με μέγεθος πόρων περίπου 1 μm, τα οποία έχουν ζυγιστεί πριν τη διαδικασία. Στη συνέχεια, τα φίλτρα τοποθετούνται σε φούρνο για ξήρανση στους 105˚C. Μετά την ξήρανση ξαναζυγίζουμε τα φίλτρα και από τη διαφορά τους από το αρχικό βάρος και αναγωγή στο l βρίσκουμε τη συγκέντρωση των στερεών σε g/l.

Εικόνα 6 : Διηθημένο δείγμα για ξήρανση.

3.3.4.DOC

Για τη μέτρηση του διαλυτου οργανικού άνθρακα (DOC), απαραίτητη ήταν η διήθηση του δείγματος με φίλτρα μεμβράνης της εταιρείας WHATMAN με μέγεθος πόρων 0,45 μm. Για να γίνει η ανάλυση από το όργανο μέτρησης απαραίτητη επίσης ήταν η αραίωση του δείγματος μας (εύρος αραιώσεων που έγιναν : 1/20- 1/100 (ανάλογα με το δείγμα).

Η μέτρηση του DOC έγινε στον αναλυτή οργανικού ανθρακα, TOC analyzer της εταιρείας SHIMADZU μοντέλο 5000 A και στη συνέχεια υπολογιζόταν το TOC από τη διαφορά του ολικού άνθρακα (TC) και του ανόργανου (IC) (αφού το δείγμα ήταν διηθημένο η τιμή του TOC που λαμβάνεται ουσιαστικά ταυτίζεται με το DOC). Η μέθοδος που χρησιμοποιείται από τον αναλυτή για τη μέτρηση του TC βασίζεται στη μέθοδο 5310 από το Standard Methods (APHA, AWWA,WEF,1922) κατά την οποία γίνεται καταλυτική οξείδωση του δείγματος στους 680 ˚C με καταλύτη σφαιρίδια αλουμίνας επικαλυμμένα με πλατίνα.

3.3.5.Χρώμα

Για τη μέτρηση του χρώματος χρησιμοποιήθηκε μία φασματοφωτομετρική μέθοδος [9]. Αρχικά, γίνεται διήθηση του δείγματος σε φίλτρα 0,45 μm, το διήθημα τοποθετείται σε κυψελίδες των 5 cm και γίνεται μέτρηση της απορρόφησης στο φασματοφωτόμετρο UV-1202 της εταιρίας SHIMADZU σε μήκος κύματος 410 nm. Για τη μέτρηση του χρώματος απαραίτητη ήταν πάντα η αραίωση του δείγματός μας (εύρος αραιώσεων : 1/20-1/100 ανάλογα με το δείγμα). Η μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε είναι η TCU (true color unit). Για τον υπολογισμό του χρώματος γίνεται χρήση ευθειών βαθμονόμησης που προέκυψαν από μετρήσεις πρότυπων διαλυμάτων. Οι αντίστοιχες καμπύλες βαθμονόμησης βρίσκονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.

3.3.6.Θερμοκρασία υγρού

Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του αποβλήτου κατά τη διάρκεια αποθήκευσής του στα δοχεία, χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό θερμόμετρο. Η μέτρηση της θερμοκρασίας γινόταν πάντα στις 12 το μεσημέρι.

Εικόνα 7 : Μέτρηση θερμοκρασίας στο δοχείο χωρίς ασβέστη σε εξωτερικές συνθήκες (ΧΑσβ).

3.3.7.Φαινόλες

Για τη μέτρηση των ολικών φαινολών, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu [19]. Για αυτή τη μέθοδο απαραίτητη ήταν η παρασκευή κάποιων διαλυμάτων.

Αρχικά, φτιάξαμε διάλυμα ανθρακικού νατρίου αναμειγνύοντας 20 g ανθρακικού νατρίου (Na_2CO_3) με 80 ml απιονισμένου νερού. Στη συνέχεια, ζεστάναμε το μίγμα μέχρι πριν βράσει. Τη στιγμή που θα κρυώσει προσθέτουμε κρυστάλλους από το ανθρακικό νάτριο. Μετά από 24 ώρες το διηθούμε από φίλτρα 0,45 μm και προσθέτουμε απιονισμένο νερό, ώστε να έχουμε τελικό όγκο 100 ml.

Στη συνέχεια για να φτιάξουμε την καμπύλη βαθμονόμησης (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι), παρασκευάσαμε διαλύματα γαλλικού οξέος, το οποίο προτείνεται για χρήση ως πρότυπο στη συγκεκριμένη μέθοδο. Αρχικά, παρασκευάζεται πυκνό διάλυμα σε μία ογκομετρική φιάλη των 25 ml αναμιγνύοντας 0,125 g γαλλικού οξέος με 2,5 ml αιθανόλης και συμπληρώσαμε με απιονισμένο νερό. Για την καμπύλη, φτιάχνουμε από το παραπάνω διάλυμα γαλλικού οξέος διαλύματα των 50 ml με συγκεντρώσεις 0, 50, 100, 150, 250, 500 και 1000 mg/l. Έπειτα, παίρνουμε από κάθε αραιωμένο διάλυμα 40 μl και προσθέτουμε 3,16 ml απιονισμένο νερό και 200 μl αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu αναμιγνύοντας καλά.

Μετά από περίπου 30 δευτερόλεπτα προσθέτουμε σε κάθε διάλυμα 600 μL διάλυμα ανθρακικού νατρίου και αναμιγνύουμε καλά. Τα νέα διαλύματα τοποθετούνται για 30 min σε θερμοκρασία 40˚C και αφού κρυώσουν μετράμε την απορρόφηση στο καθένα σε μήκος κύματος 765 nm με το φασματοφωτόμετρο UV-1202 της εταιρίας SHIMADZU χρησιμοποιώντας κυψελίδες 1 cm. Με τις απορροφήσεις των παραπάνω διαλυμάτων προέκυψε η καμπύλη βαθμονόμησης που είναι στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι και χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό συγκέντρωσης των φαινόλων στα δείγματά μας.

Για να υπολογίσουμε τις φαινόλες στα δείγματά μας κάναμε την κατάλληλη αραίωση και διηθούσαμε το αραιωμένο δείγμα. Στη συνέχεια, παίρναμε 40 μl από το αραιωμένο διηθημένο δείγμα και ακολουθούσαμε τη διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω για τα πρότυπα του γαλλικού οξέος. Απαραίτητη ήταν πάντα η παρασκευή ενός «τυφλού» διαλύματος –απιονισμένου νερού με μηδενική συγκέντρωση.

3.3.8.UV-VIS scan

Χρησιμοποιώντας το φασματοφωτόμετρο UV- 1202 της εταιρίας SHIMADZU στη λειτουργία "scan spectrum" καταγράφαμε τις απορροφήσεις για μήκη κύματος από 200-400 nm. Η μέτρηση γινόταν σε δείγμα που ήταν αραιωμένο (συνήθως 1/80) και διηθημένο, το οποίο τοπεθετούσαμε σε κυψελίδες των 5 cm. Σε περίπτωση που οι απορροφήσεις σε κάποια μήκη κύματος ξεπέρναγαν τα όρια μέτρησης (απορρόφηση 0-3.99), γινόταν μεγαλύτερη αραίωση του δείγματος και καταγράφονταν οι απορροφήσεις εκ νέου σε αυτές τις περιοχές.

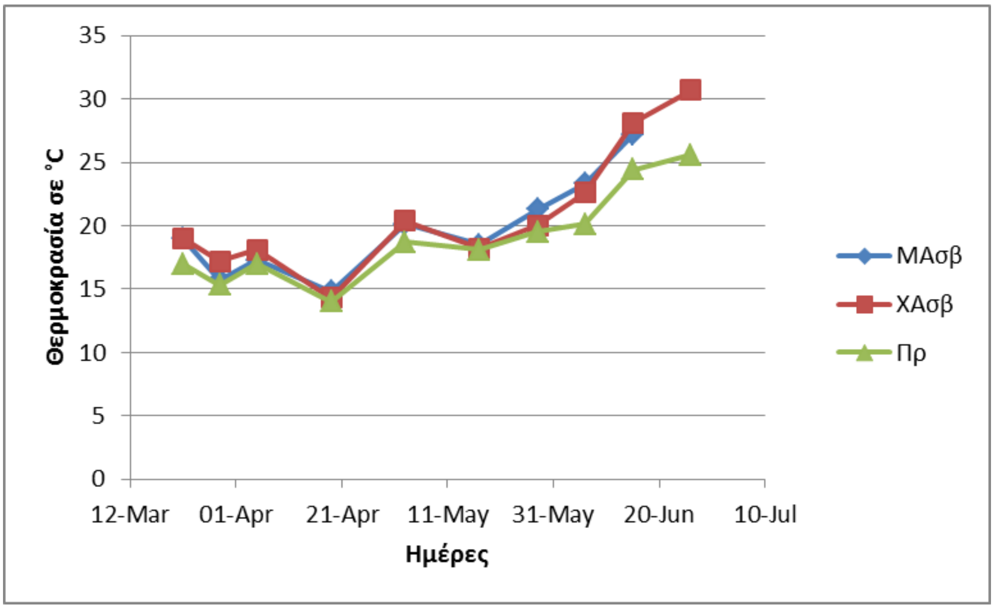
4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1.Σχήματα μεταβολής παραμέτρων

Παρακάτω παρατίθενται τα Σχήματα στα οποία φαίνονται οι μεταβολές των παραμέτρων που μετρήσαμε στα δοχεία ΜΑσβ : δοχείο με ασβέστη εκτεθειμένο σε καιρικές συνθήκες , ΧΑσβ : δοχείο χωρίς ασβέστη εκτεθειμένο σε καιρικές συνθήκες, Πρ : δοχείο χωρίς ασβέστη σε σκιερό και προστατευμένο από βροχή μέρος κατά τη διάρκεια του πειράματος που εξελίχθηκε από 22/3 εώς 26/6.

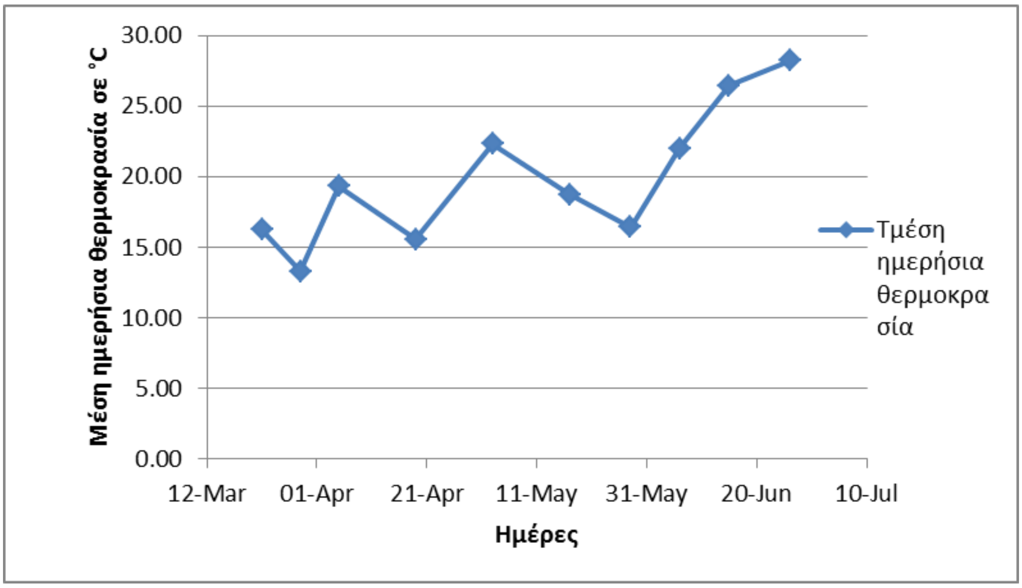
- Θερμοκρασία

Στο Σχήμα 1 φαίνεται η διακύμανση της θερμοκρασίας του υγρού αποβλήτου σε κάθε δοχείο για τις ημέρες που πραγματοποιήσαμε τις μετρήσεις. Η μέτρηση της θερμοκρασίας γινόταν στις 12 το μεσημέρι με ηλεκτρονικό θερμόμετρο.



Σχήμα 1 : Διακύμανση θερμοκρασίας του αποβλήτου κατά τη διάρκεια του πειράματος.

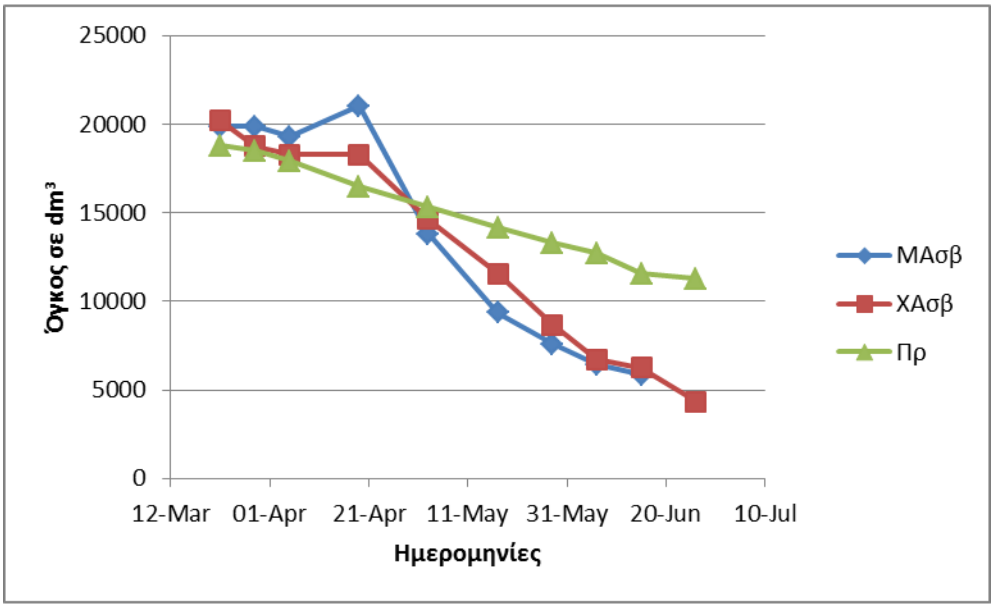
Στο Σχήμα 2, φαίνεται η μεταβολή της θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια του πειράματος. Με βάση το Σχήμα 1, παρατηρούμε ότι δεν υπήρχε μεγάλη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας των αποβλήτων στα δοχεία ΜΑσβ, ΧΑσβ και Πρ και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.



Σχήμα 2 : Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια του πειράματος (Στοιχεία από το μετεωρολογικό σταθμό Χανίων, Πολυτεχνείο Κρήτης-υψόμετρο 137 m)

- Μεταβολή όγκου

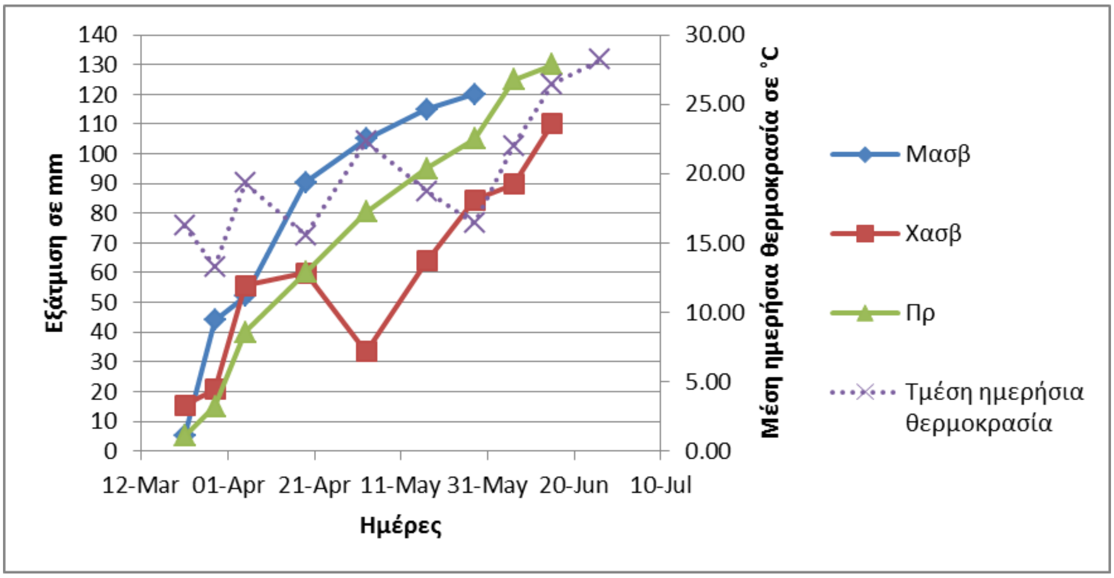
Λόγω του φαινομένου της εξάτμισης, ο όγκος των αποβλήτων μειωνόταν μέρα με τη μέρα. Μεγαλύτερη μείωση παρατηρήθηκε στο δοχείο ΜΑσβ, ενώ τη μικρότερη μείωση όγκου υπέστη το απόβλητο στο δοχείο ΠΡ, καθώς ήταν σε σκιερό και προστατευόμενη τη βροχή από θέση. Ωστόσο, τον Απρίλη παρατηρείται μία αύξηση του όγκου στα δοχεία ΜΑσβ και ΧΑσβ, πράγμα φυσιολογικό δεδομένου ότι τότε είχαμε την περισσότερη βροχόπτωση.



Σχήμα 3 : Μεταβολή όγκου του αποβλήτου κατά τη διάρκεια του πειράματος.

- Εξάτμιση

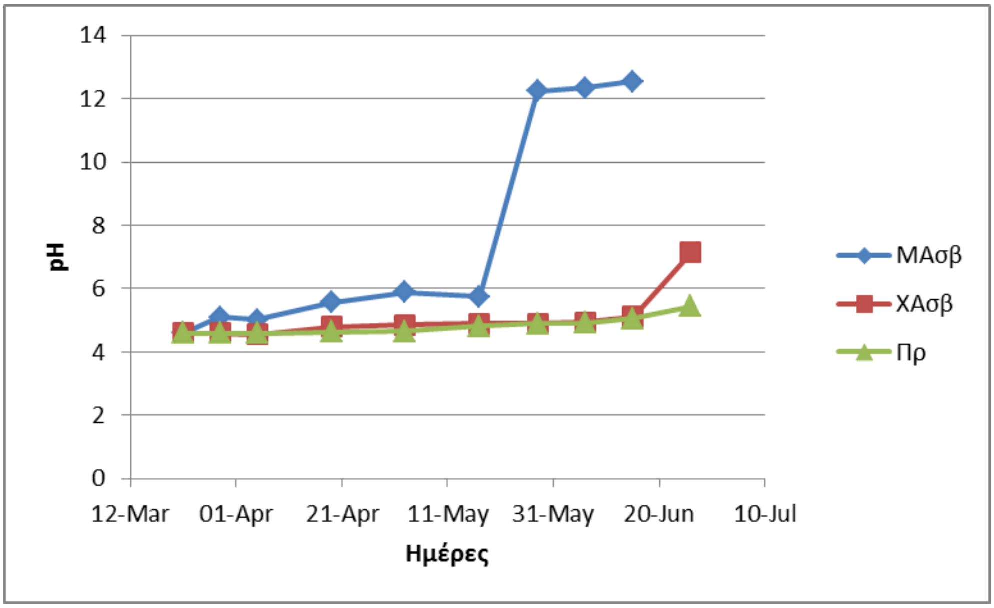
Για τον υπολογισμό της εξάτμισης, λήφθηκε υπόψη η στάθμη του αποβλήτου και η βροχόπτωση. Με γνωστές τις διαστάσεις των δοχείων και τη στάθμη του αποβλήτου τις ημέρες μέτρησης, έγινε ο υπολογισμός των όγκων των αποβλήτων κάθε φορά. Οι τιμές στάθμης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αυτές που προέκυψαν χωρίς τη βροχόπτωση (σε mm). Η εξάτμιση υπολογίστηκε βρίσκοντας τον όγκο που είχε εξατμιστεί την κάθε ημέρα μέτρησης διαιρεμένο με την ελεύθερη επιφάνεια του αποβλήτου. Στο Σχήμα 4, παρουσιάζεται η αθροιστική εξάτμιση. Παρατηρούμε ότι με το πέρας των ημερών και δεδομένου ότι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αύξανε, η εξάτμιση ήταν μεγαλύτερη προς το τέλος του πειράματος. Στο τέλος του πειράματος, το απόβλητο στα δοχεία ΜΑσβ και ΧΑσβ είχε στερεή μορφή, ενώ το απόβλητο στο δοχείο Πρ ήταν ακόμη σε υγρή μορφή, καθώς ήταν σε σκιερό μέρος. Λόγω του ότι στο δοχείο ΜΑσβ που περιείχε τον ασβέστη η εξάτμιση ήταν μεγαλύτερη, το περιεχόμενό του στερεοποιήθηκε γρηγορότερα από ότι στα άλλα δοχεία, γεγονός που κατέστησε δύσκολες τις μετρήσεις παραμέτρων κατά τις τελευταίες μέρες του πειράματος.



Σχήμα 4 : Εξάτμιση (mm) κατά τη διάρκεια του πειράματος σε σχέση με τη μέση ημερήσια θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

- pH

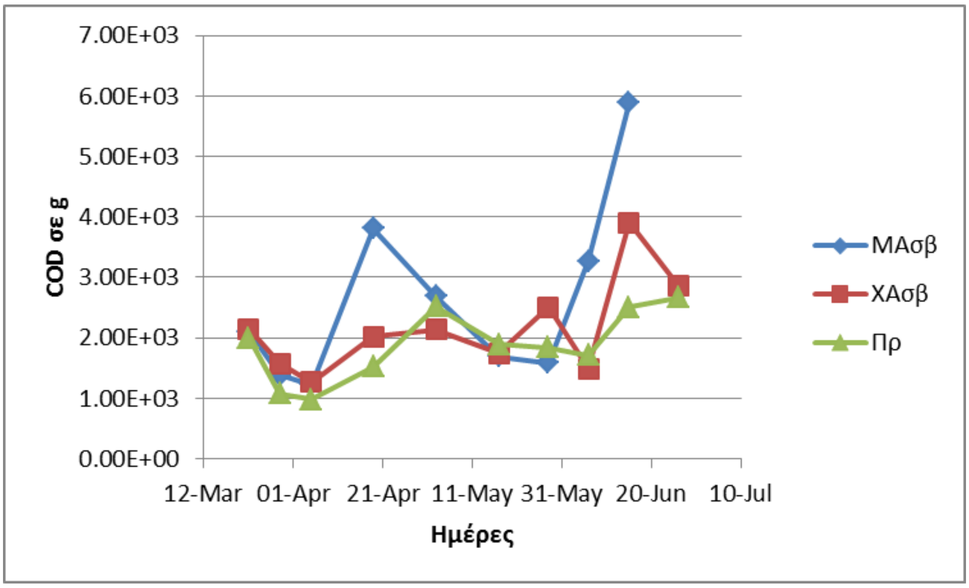
Στο Σχήμα 5, φαίνεται η μεταβολή του pH. Η μεταβολή του pH και στα τρία δοχεία δεν είναι σημαντική κατά τις πρώτες μετρήσεις. Μεγαλύτερη μεταβολή pH παρατηρείται στο δοχείο ΜΑσβ. Γενικά, το απόβλητο γίνεται λιγότερο όξινο κατά την αποθήκευσή του. Η μικρότερη μεταβολή pH παρατηρείται στο δοχείο Πρ, καθώς δεν υπέστη αραίωση από τη βροχή και η εξάτμιση ήταν πολύ λιγότερη από τα δοχεία ΜΑσβ και ΧΑσβ που ήταν εκτεθειμένα στη βροχή και στον ήλιο.



Σχήμα 5 : Μεταβολή του pH κατά τη διάρκεια του πειράματος.

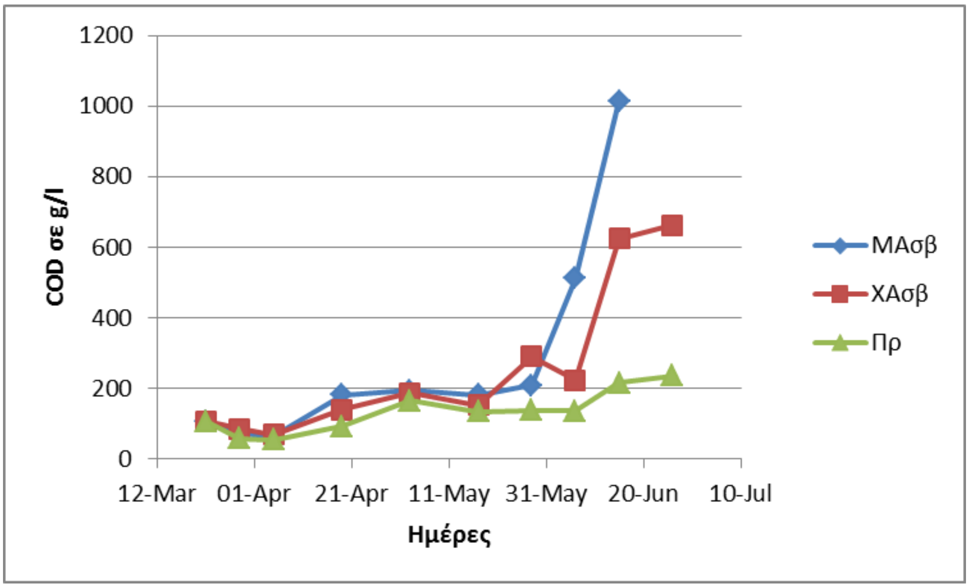
- COD

Στο Σχήμα 6, παρουσιάζεται η μεταβολή του οργανικού φορτίου σε μονάδες μάζας. Λόγω της διαφοροποίησης των όγκων στα δοχεία εξαιτίας της εξάτμισης, γίνεται χρήση μονάδων μάζας και όχι συγκέντρωσης. Έτσι, είναι εφικτή η σύγκριση των τριών διαφορετικών δειγμάτων από τα δοχεία. Η μάζα υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας τη συγκέντρωση της παραμέτρου που μετρούσαμε με τον όγκο του αποβλήτου που υπήρχε την ημέρα της μέτρησης. Παρατηρούμε αρχικά ότι η μείωση του οργανικού φορτίου είναι παρόμοια και στα τρία δοχεία ΜΑσβ, ΧΑσβ και ΠΡ. Κατά την περίοδο Απριλίου έγινε μικρή αύξηση του COD που οφείλεται στο ότι το μήνα αυτόν είχαμε αρκετή βροχόπτωση. Ωστόσο, παρά τις διακυμάνσεις του οργανικού φορτίου στη διάρκεια του πειράματος παρατηρούμε ότι τείνει να σταθεροποιηθεί, εκτός από το δοχείο ΜΑσβ όπου βλέπουμε μία μεγάλη αύξηση. Η αύξηση αυτή πιθανότατα είναι πλασματική και οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα, εξαιτίας των μεγάλων αραιώσεων που αναγκαστήκαμε να πραγματοποιήσουμε.



Σχήμα 6 : Μεταβολή COD (g) κατά τη διάρκεια του πειράματος.

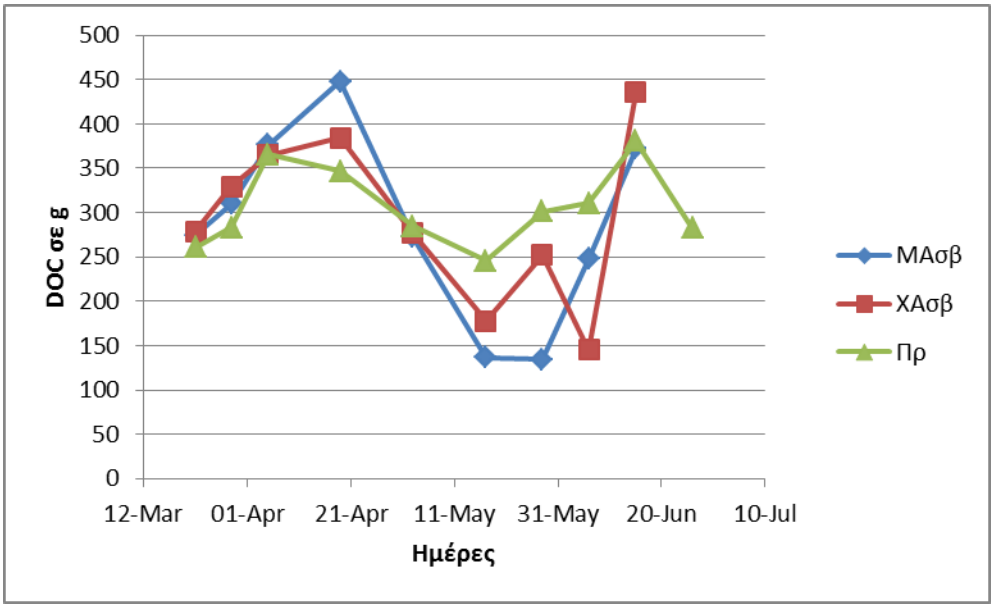
Στο Σχήμα 7, φαίνεται πάλι η μεταβολή του COD, αλλά σε μονάδες συγκέντρωσης (mg/l).



Σχήμα 7 : Διακύμανση COD (g/l) κατά τη διάρκεια του πειράματος.

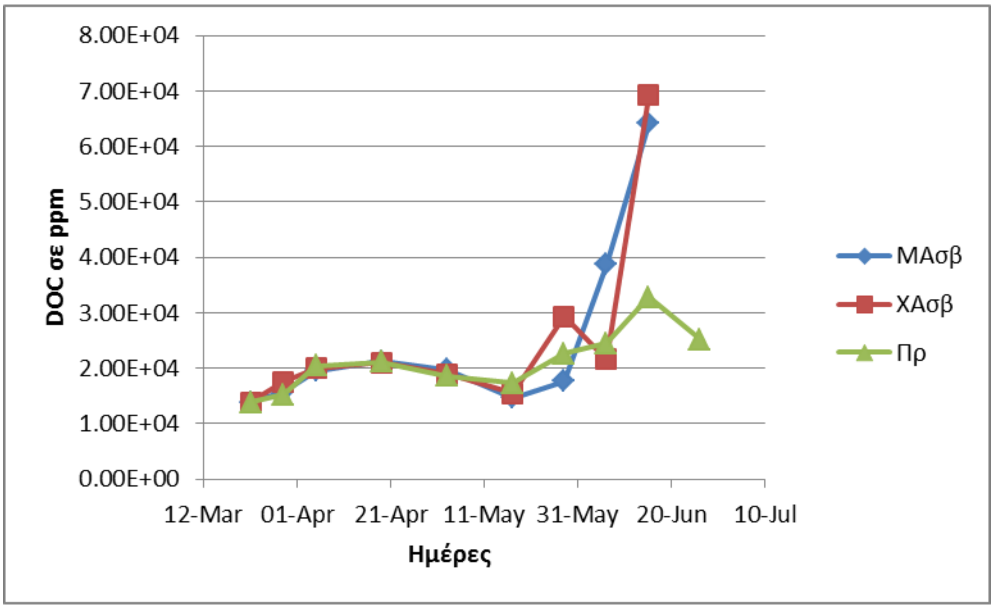
- DOC

Στο Σχήμα 8, παρατηρούμε τη διακύμανση του διαλυτού οργανικού άνθρακα κατά τις ημέρες που πραγματοποιήθηκε το πείραμα σε μονάδες μάζας. Το DOC που είναι ανάλογο της συγκέντρωσης των οργανικών, στην υγρή φάση μειώνεται μόνο εφόσον λαμβάνει χώρα ολική οξείδωση σε διοξείδιο του άνθρακα και όχι όταν ο άνθρακας μετατρέπεται από μία μορφή σε άλλη. Από το παρακάτω Σχήμα, παρατηρούμε ότι στο τέλος του πειράματος η τιμή του DOC στο δοχείο Πρ μειώνεται και αυτό πιθανόν οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα. Στα δοχεία ΜΑσβ και ΧΑσβ σημειώνεται αύξηση του DOC κατά τον Απρίλη γεγονός που οφείλεται στη βροχόπτωση που είχαμε εκείνο το μήνα. Για τα δοχεία ΜΑσβ και ΧΑσβ δεν έχουμε μέτρηση DOC για την τελευταία μέρα, καθώς ήταν αδύνατη η λήψη υγρού δείγματος.



Σχήμα 8 : Διακύμανση DOC (g) κατά τη διάρκεια του πειράματος.

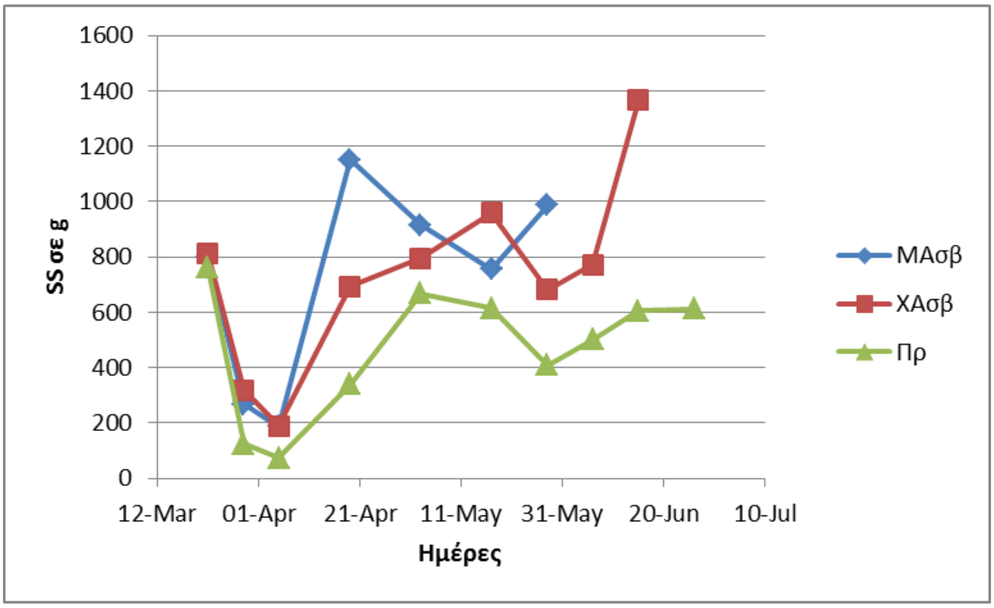
Στο Σχήμα 9 παρατηρούμε τη διακύμανση του DOC σε μονάδες συγκέντρωσης (ppm).



Σχήμα 9 : Διακύμανση DOC (ppm) κατά τη διάρκεια του πειράματος.

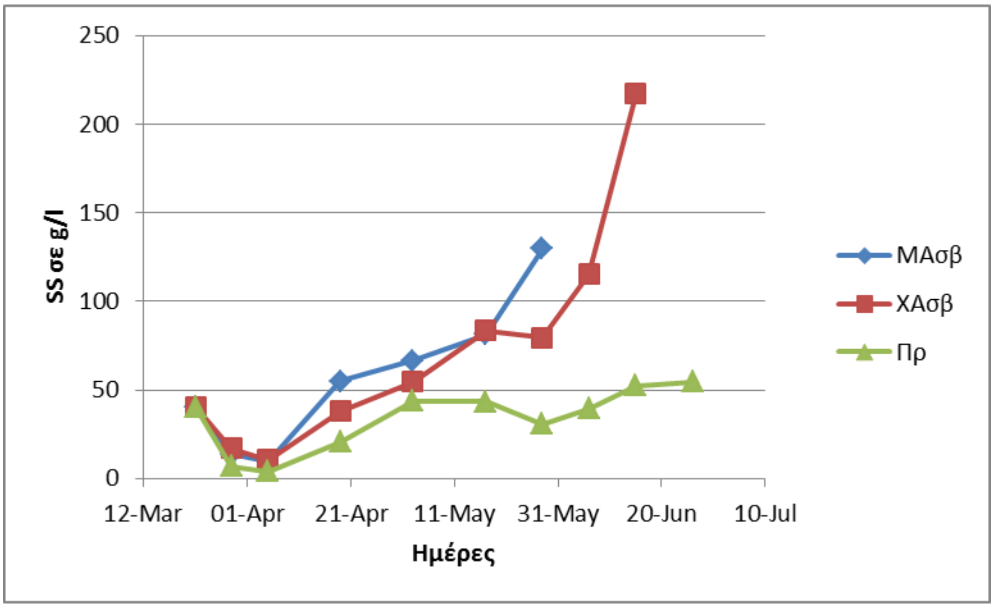
- Αιωρούμενα στερεά SS

Στο Σχήμα 10, παρουσιάζεται η διακύμανση των αιωρούμενων στερεών. Αρχικά, παρατηρούμε μείωση των αιωρούμενων στερεών και στα τρία δοχεία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, τα στερεά καθίζαναν και η δειγματοληψία γινόταν χωρίς ανάδευση του αποβλήτου. Στη συνέχεια, παρατηρείται αύξηση των αιωρούμενων στερεών, καθώς είχαμε εξάτμιση και το απόβλητο γινόταν όλο και πιο πηκτό. Η μεγαλύτερη τελική ποσότητα στερεών παρατηρείται στο δοχείο ΧΑσβ.



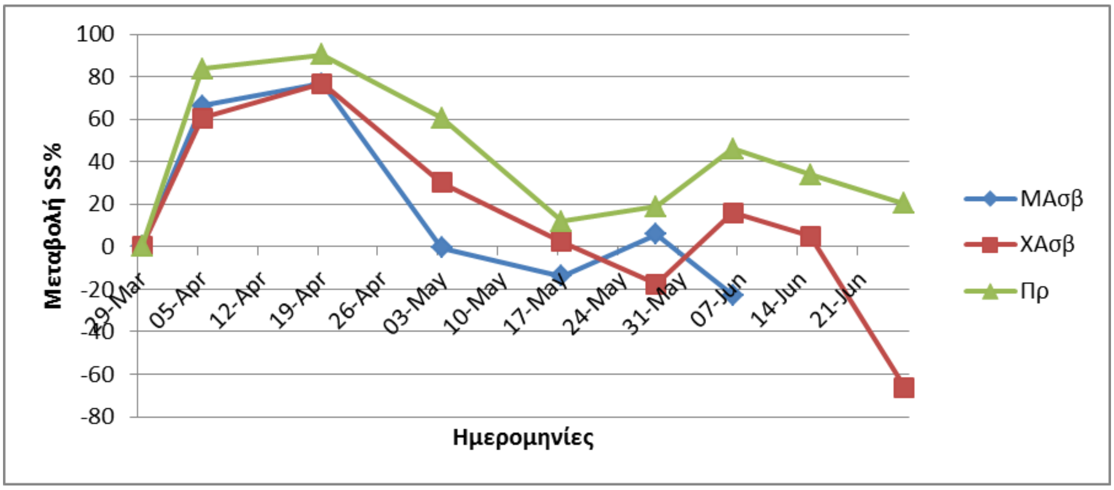
Σχήμα 10 : Αιωρούμενα στερεά SS (g) κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Στο Σχήμα 11, φαίνεται η μεταβολή των αιωρούμενων στερεών σε μονάδες συγκέντρωσης (g/l).



Σχήμα 11 : Αιωρούμενα στερεά SS (g/l) κατά τη διάρκεια του πειράματος.

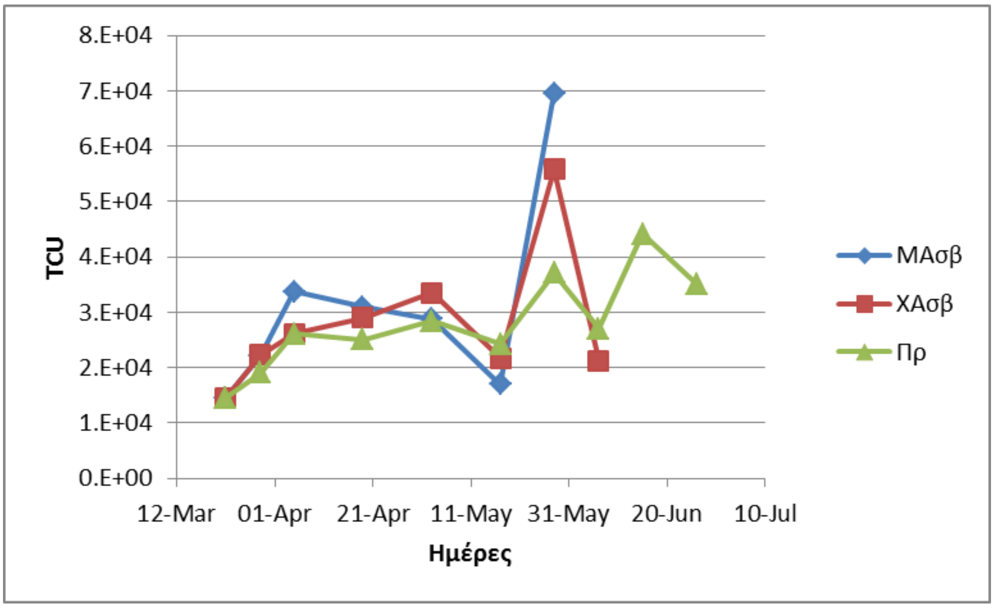
Στο Σχήμα 12, φαίνεται η ποσοστιαία μείωση των αιωρούμενων στερεών για κάθε ημέρα σε σχέση με το αρχικό δείγμα και στα τρία δοχεία. Τις μεγαλύτερες ποσοστιαίες μεταβολές φαίνεται να έχει το δοχείο Πρ που βρισκόταν σε σκιερό και προστατευμένο από τη βροχή σημείο. Ενώ, τις μικρότερες ποσοστιαίες μεταβολές αιωρούμενων στερεών παρουσιάζει το δοχείο ΜΑσβ.



Σχήμα 12 : Ποσοστό μείωσης των αιωρούμενων στερεών στα δοχεία ΜΑσβ, ΧΑσβ και Πρ.

- Χρώμα TCU

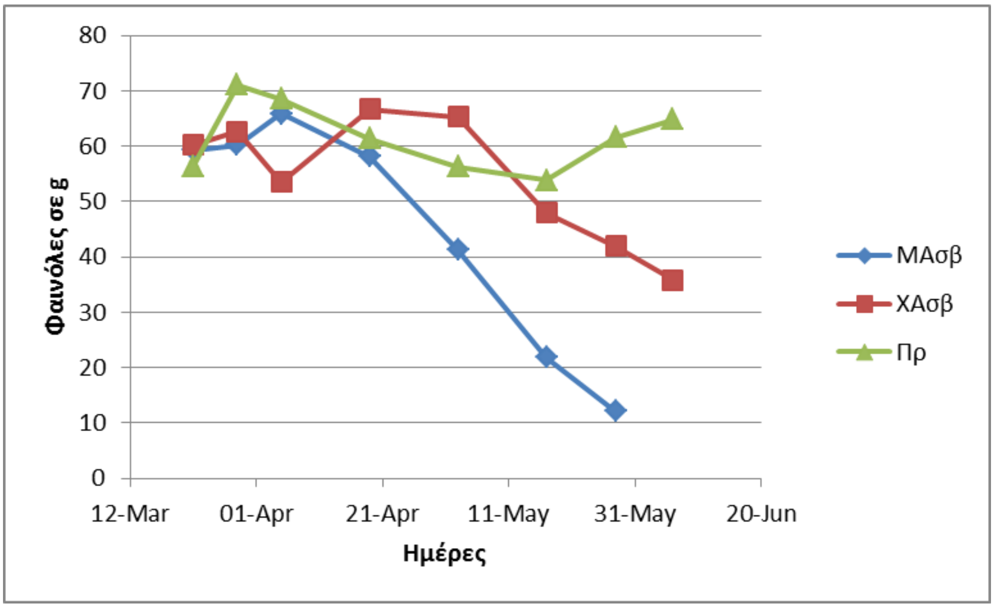
Στο Σχήμα 13, φαίνεται η διακύμανση του χρώματος και στα τρία δοχεία. Αρχικά, η μεταβολή χρώματος είναι παρόμοια και στα τρία δοχεία με μικρή διαφοροποίηση στο δοχείο ΜΑσβ. Προς το τέλος του πειράματος (6/6 ,15/6, 26/6), ήταν αδύνατη η μέτρηση του χρώματος λόγω μεγάλης μείωσης του όγκου του αποβλήτου στα δοχεία ΜΑσβ και ΧΑσβ. Η μόνη μέτρηση που ήταν δυνατή για το χρώμα τότε ήταν στο δοχείο Πρ.



Σχήμα 13 : Διακύμανση χρώματος κατά τη διάρκεια του πειράματος.

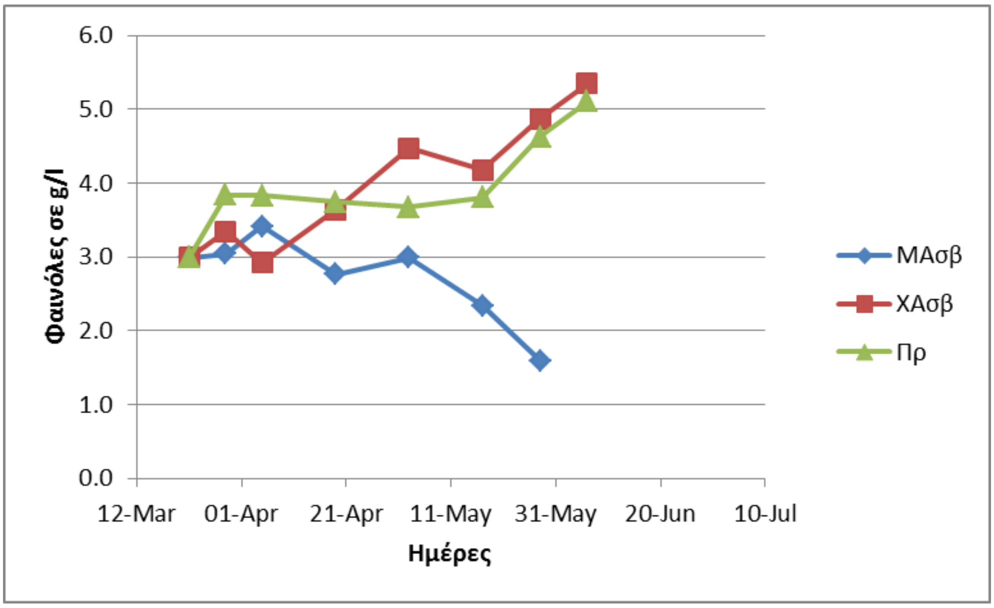
- Φαινόλες

Στο Σχήμα 14, παρατηρούμε τη μεταβολή των φαινολών σε μονάδες μάζας. Μεγαλύτερη μείωση των φαινολών είχαμε στα δοχεία ΜΑσβ και ΧΑσβ με πιο μεγάλη μείωση στο δοχείο ΜΑσβ. Στο δοχείο Πρ είχαμε την μικρότερη διάσπαση φαινολών. Τα παραπάνω αποτελέσματα στα 3 δοχεία μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το ηλιακό φως βοηθά στη διάσπαση των φαινολών, καθώς στα εκτεθειμένα στον ήλιο δοχεία είχαμε τη μεγαλύτερη διάσπασή τους.



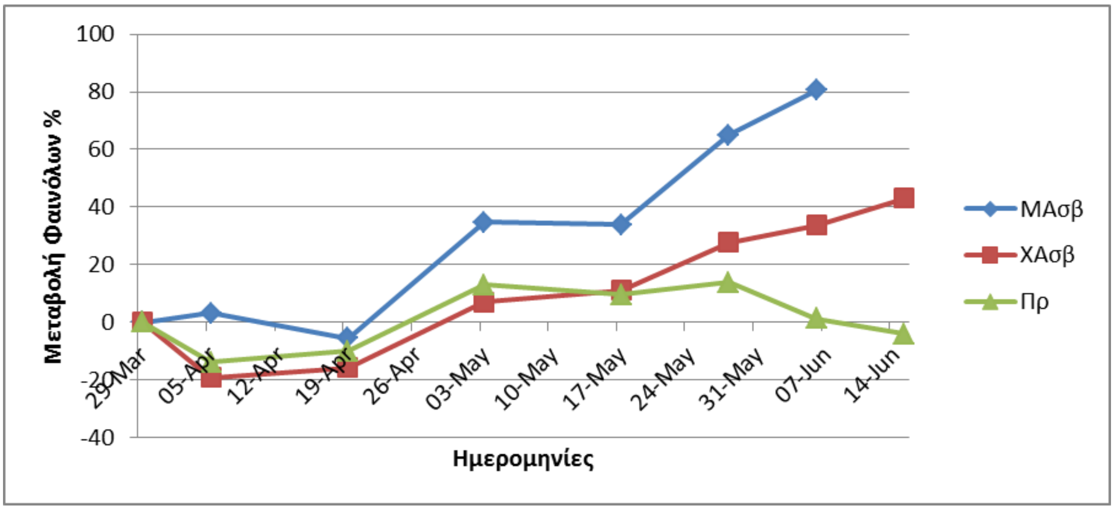
Σχήμα 14 : Μεταβολή φαινολών (g) κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Στο Σχήμα 15, φαίνεται ξανά η μεταβολή των φαινολών σε μονάδες συγκέντρωσης (mg/l).



Σχήμα 15 : Διακύμανση φαινολών (g/l) κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Στο Σχήμα 16, παρατηρούμε την ποσοστιαία μεταβολή των φαινολών για κάθε ημέρα μέτρησης σε σχέση με την αρχική μέτρηση και στα τρία δοχεία. Τα μεγαλύτερα ποσοστά μεταβολής στις φαινόλες παρουσιάζει το δοχείο ΜΑσβ και ακολουθεί το δοχείο ΧΑσβ. Τις μικρότερες μεταβολές και χωρίς να έχουμε ιδιαίτερη διάσπαση φαινολών εμφανίζει το δοχείο Πρ που ήταν σε σκιερή και προστατευμένη από βροχή θέση.

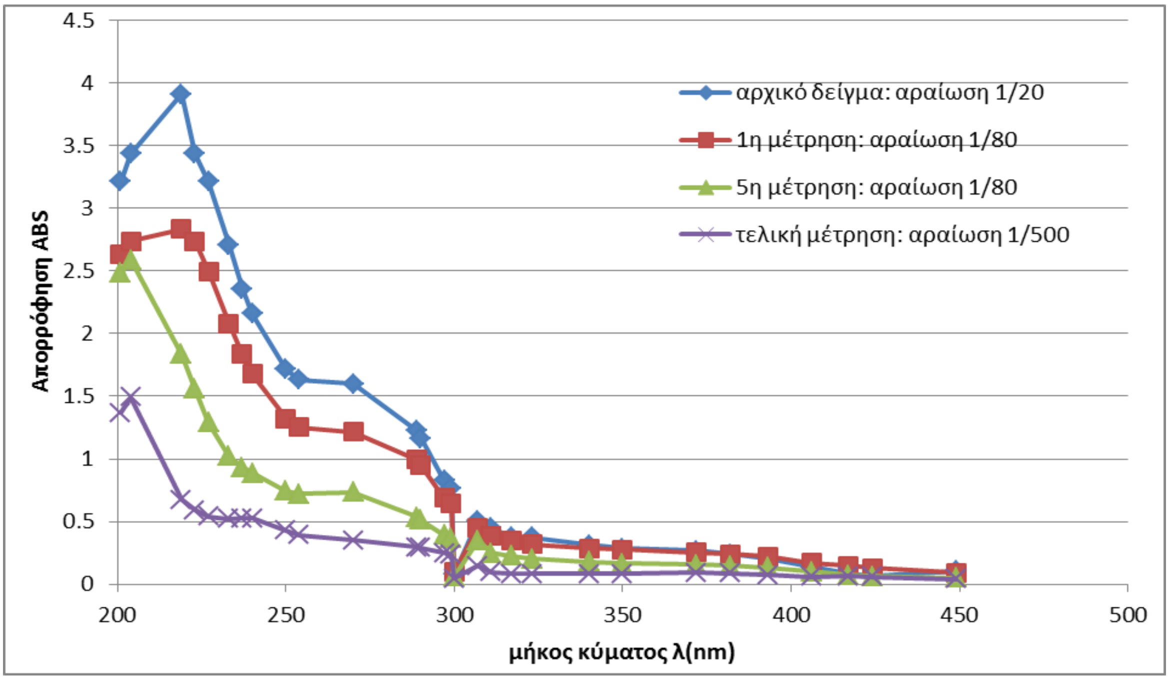


Σχήμα 16 : Ποσοστιαία μεταβολή των φαινολών κάθε ημέρας μέτρησης σε σχέση με το αρχικό δείγμα.

- UV-VIS scan

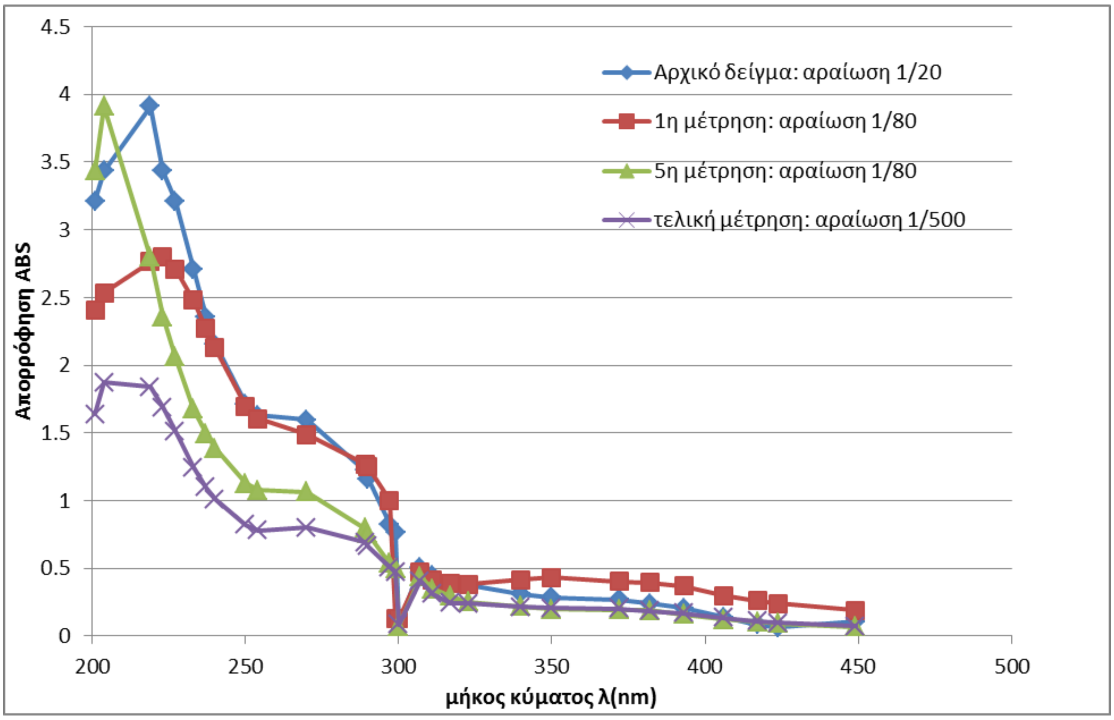
Παρακάτω παρατίθονται τα Σχήματα για το scan που κάναμε για κάθε δοχείο ξεχωριστά. Μέσα σε αυτά συμπεριλαμβάνεται το scan στην $1^{η}$ μέτρηση (22/3), στην $5^{η}$ φορά μέτρησης (3/5) και στην τελευταία φορά μέτρησης UV-VIS scan (15/6).

Στο Σχήμα 17, φαίνονται τα αποτελέσματα του scan UV-VIS για το δοχείο ΜΑσβ. Παρατηρούμε ότι στο μήκος κύματος μεταξύ 200-250nm στο αρχικό δείγμα, έχουμε απορρόφηση από κάποιες ουσίες, οι οποίες με το πέρασμα των ημερών τελικά διασπώνται καθώς η απορρόφηση μικραίνει. Στα υπόλοιπα μήκη κύματος δεν παρατηρούμε κάποια σημαντική αλλαγή.



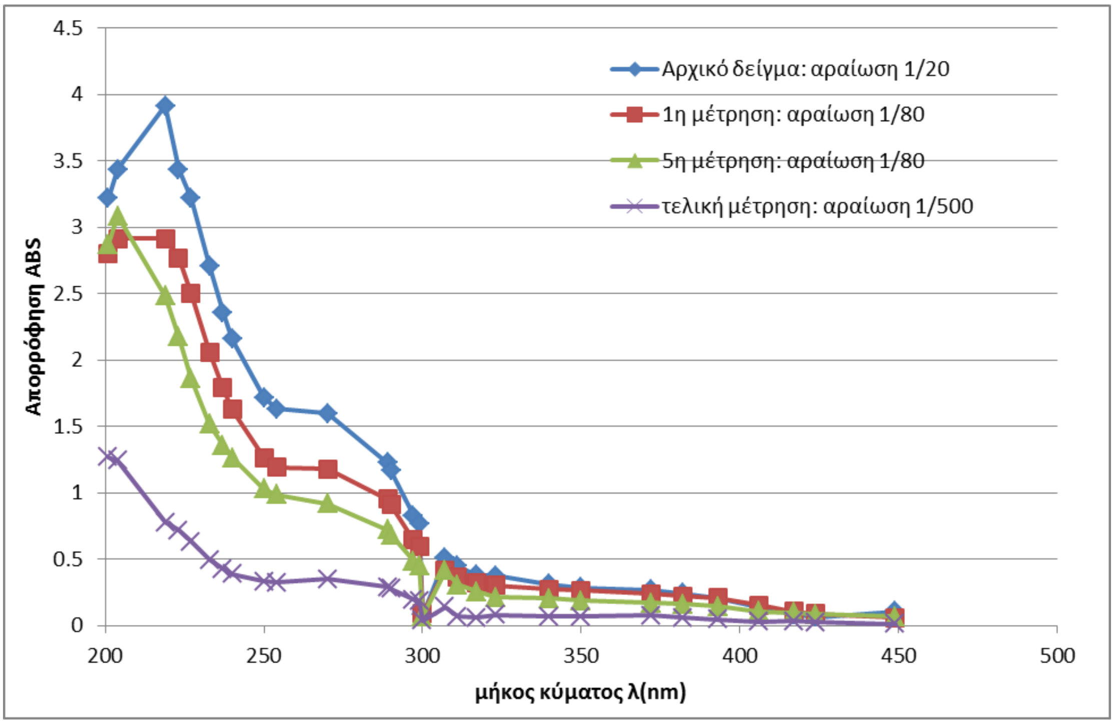
Σχήμα 17 : UV-VIS scan στο δοχείο ΜΑσβ.

Στο Σχήμα 18 παρατηρούμε τα αποτελέσματα του Scan UV-VIS για το δοχείο ΧΑσβ που βρισκόταν εκτεθειμένο σε βροχή και ήλιο, αλλά χωρίς προσθήκη ασβέστη. Στο μήκος κύματος μεταξύ 200-250 nm, παρατηρούμε μεγάλη απορρόφηση και στο αρχικό δείγμα και στην $1^{η}$ μέτρηση. Στη συνέχεια, αυτή η απορρόφηση μειώνεται για την ενδιάμεση μέτρηση και την τελική μέτρηση, υποδηλώνοντας τη μερική διάσπαση διαφόρων οργανικών συστατικών που απορροφούν στο συγκεκριμένο εύρος μηκών κύματος.



Σχήμα 18 : UV-VIS scan στο δοχείο ΧΑσβ.

Στο Σχήμα 19 παρατηρούμε τα αποτελέσματα του UV-VIS scan για το δοχείο Πρ που βρισκόταν σε σκιερό και προστατευόμενο από βροχή και ήλιο μέρος. Στο μήκος κύματος περίπου 240 nm, παρατηρείται μεγάλη απορρόφηση στο αρχικό δείγμα, η οποία είναι μικρότερη στην 1^{η} μέτρηση. Κατά την 5^{η} μέτρηση έχουμε αυξημένη απορρόφηση στο μήκος κύματος περίπου 210 nm, η οποία στη συνέχεια μειώνεται υποδηλώνοντας τη μερική ή ολική διάσπαση διαφόρων οργανικών συστατικών που απορροφούν στο συγκεκριμένο εύρος μηκών κύματος.



Σχήμα 19 : UV-VIS scan στο δοχείο Πρ.

Συγκρίνοντας και τα τρία Σχήματα 17, 18 και 19, παρατηρούμε ότι το πιο αποτελεσματικό ήταν το δοχείο ΜΑσβ. Έπειτα, ακολουθεί το δοχείο Πρ και λιγότερο αποτελεσματικό ήταν το δοχείο ΧΑσβ.

Λόγω του ότι στο μήκος κύματος 254 nm φαίνεται η ύπαρξη μακρομορίων και αρωματικών ενώσεων, παραθέτουμε τον πίνακα με τα αποτελέσματα απορρόφησης στο σημείο αυτό για κάθε δοχείο και κάθε αντιπροσωπευτική μέτρηση που χρησιμοποιήσαμε και στα παραπάνω Σχήματα.

λ=254nm			
	ΜΑσβ	ΧΑσβ	ΠΡ
Αρχικό δείγμα : αραίωση 1/20	1.630	1.630	1.630
1η μέτρηση : αραίωση 1/80	1.250	1.603	1.190
5η μέτρηση : αραίωση 1/80	0.718	1.078	0.986
Τελική μέτρηση:αραίωση 1/500	0.390	0.781	0.321

Πίνακας 4.1: Σύγκριση τιμών απορρόφησης ABS για μήκος κύματος λ=254nm.

Και από τον παραπάνω πίνακα, παρατηρούμε ότι το δοχείο ΜΑσβ που περιείχε τον ασβέστη ήταν πιο αποτελεσματικό στη διάσπαση μακρομορίων και αρωματικών ενώσεων, καθώς η απορρόφηση μειώθηκε περισσότερο σε σχέση με τα άλλα δοχεία. Λιγότερο αποτελεσματικό ήταν το δοχείο ΧΑσβ.

- Άλλες πειραματικές παρατηρήσεις :

Όσον αφορά τις οχλήσεις από έντομα, στο μόνο δοχείο που παρατηρήθηκαν έντομα ήταν στο δοχείο ΧΑσβ που δεν περιείχε ασβέστη και ήταν εκτεθειμένο σε καιρικές συνθήκες. Πολύ έντονη και ενοχλητική οσμή είχαν τα δοχεία ΜΑσβ και ΧΑσβ που ήταν εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες και πιο ήπια οσμή είχε το απόβλητο στο δοχείο Πρ. Επίσης, στο δοχείο Πρ, παρατηρήθηκε ότι στην επιφάνεια του αποβλήτου είχε σχηματισθεί λεπτό «φιλμ» που οφείλεται στην ύπαρξη λιπιδίων που περιέχουν τα απόβλητα των ελαιουργείων. Στα δοχεία ΜΑσβ και ΧΑσβ δεν παρατηρήθηκε κάτι τέτοιο.

Εικόνα 8 : «Φιλμ» από λιπίδια στο δοχείο χωρίς ασβέστη σε σκιερό και προστατευμένο από βροχή μέρος (Πρ).

5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- Μεγαλύτερη εξάτμιση παρατηρήθηκε στο δοχείο ΜΑσβ που περιείχε ασβέστη και ήταν εκτεθειμένο σε καιρικές συνθήκες. Άρα, η προσθήκη ασβέστη και φυσικά η έκθεση των αποβλήτων ελαιουργείου στον ήλιο, βοηθάει στο φαινόμενο της εξάτμισης, καθώς στο δοχείο ΧΑσβ που ήταν εκτεθειμένο στον ήλιο είχε την αμέσως περισσότερη εξάτμιση, ενώ το δοχείο Πρ χωρίς ασβέστη και σε σκιερό προστατευμένο μέρος είχε τη λιγότερη εξάτμιση από όλα.

- Στο δοχείο ΜΑσβ παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη μείωση όγκου σε σχέση με τα δοχεία ΧΑσβ και Πρ. Ωστόσο, αρκετά μεγάλη μείωση όγκου είχαμε και στο δοχείο ΧΑσβ σε αντίθεση με το δοχείο Πρ που είχε την αρχική του υφή και ρευστότητα. Συνεπώς, η επεξεργασία με ασβέστη και η έκθεση στον ήλιο των αποβλήτων ελαιουργείου προτείνεται για μείωση του όγκου τους προκειμένου να γίνει ευκολότερα μετέπειτα επεξεργασία τους και να μειωθεί το κόστος.

- Η μεγαλύτερη μεταβολή pH από όξινο σε πιο βασικό, έγινε στο δοχείο με τον ασβέστη όπως και ήταν αναμενόμενο, ενώ στα άλλα δοχεία ΧΑσβ και Πρ η μεταβολή του pH ήταν μικρή και παρόμοια και στα δύο.

- Η διάσπαση των φαινολών επιτεύχθηκε περισσότερο στα δοχεία ΜΑσβ και ΧΑσβ που ήταν εκτεθειμένα στον ήλιο, σε σύγκριση με το δοχείο Πρ που ήταν σε σκιερό και προστατευμένο από βροχή σημείο. Συνεπώς, το ηλιακό φως βοηθά σημαντικά στη διάσπασή τους. Επίσης, το γεγονός ότι στο δοχείο Μασβ είχαμε λίγο μεγαλύτερη μείωση των φαινολών, υποδηλώνει ότι συμβάλλει και ο ασβέστης στη διάσπασή τους.

- Όσον αφορά στις οχλήσεις από έντομα, το δοχείο ΜΑσβ και το δοχείο Πρ που βρισκόταν σε σκιερό και προστατευμένο από βροχή μέρος δε συγκέντρωσαν έντομα καθόλη τη διάρκεια του πειράματος σε αντίθεση με το δοχείο ΧΑσβ που ήταν εκτεθειμένο στον ήλιο αλλά δεν περιείχε ασβέστη. Επίσης, το δοχείο ΧΑσβ παρουσίασε έντονη δυσωδία, γεγονός που σημαίνει ότι η αποθήκευση αποβλήτων σε παρόμοιες συνθήκες με αυτό το δοχείο δεν συνιστάται κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Επίσης, η χρήση του ασβέστη απωθεί τυχόν έντομα κοντά στο απόβλητο.

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] : Εθνικό Τυπογραφείο: ΦΕΚ 138/Β/24-12-1965, ΦΕΚ 293/Α/6-10-81.

[2] : ΚΟΜΙΛΗΣ, Δ., ΣΤΑΣΙΝΑΚΗΣ, Ν., SCHAELICKE, D., (2001). Καινοτόμα Συστήματα Διαχείρισης Αποβλήτων Ελαιουργείων. Εργαστήριο Διαχείρισης Αποβλήτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

[3] : ΟΙΚΟΝΟΜΟΠΟΥΛΟΣ, Π. Α., ΟΙΚΟΝΟΠΟΥΛΟΥ, Α. Μ., (2005). Ρύπανση και 'Ελεγχος Ρύπανσης Νέρων. Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολύτεχνειο Κρήτης.

[4] :ΠΕΤΡΑΚΗΣ, Ν., ΡΟΔΑΝΑΚΗΣ, Γ., ΠΑΡΛΑΒΑΝΤΖΑ, Μ., ΧΑΤΖΑΚΗ, Ρ., ΜΙΧΕΛΑΚΗΣ, Ν., ΜΙΧΕΛΑΚΗΣ, Μ., ΛΕΜΠΙΔΑΚΗΣ, Γ. (1994). Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων. *Πρακτικά Διεθνούς Διημερίδας Σητεία 16-17 Ιουνίου 1994,* Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας Παράρτημα Κρήτης.

[5]: AKTAS, E. S., IMRE, S., & ERSOY, L. (2001). Characterization and lime treatment of olive mill wastewater. Water Research. 35, 2336-2340.

[6]: AZBAR, N., BAYRAM, A., FILIBELLI, A., MUEZZINOGLOU, A., SENGUL, F., OZER, A., (2004). A Review of Waste Management Options in Olive oil Production. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 34: 209-247.

[7] : COX, L., CELIS, R., HERMOSIN, M. C., BECKER, A., and CORNEJO, J., (1997). Porosity and herbicide leaching in soils amended with olive-mill waste water. Agric. Ecosyst. Environ. 65:151.

[8] : FIORENTINO, A., GENTILI, A., ISIDORI, M., LAVORGNA, M., PARRELLA, A., and TEMUSSI, F., (2004). Olive oil mill wastewater treatment using a chemical and biological approach, J. Agric. Food Chem. 51:5151.

[9] : HONGVE, D., & ÅKESSON, G. (1996). Spectrophotometric determination of water colour in hazen units. Water Research. 30, 2771-2775

[10] : KAPELLAKIS, I.E., TSAGARAKIS, K.P., AVRAMAKI, Ch., ANGELAKIS, A.N. (2006). Olive mill wastewater management in river basins: A case study in Greece. Agricultural Water Management, 82.

[11] : MALATO, S., BLANCO, J., VIDAL, A., ALARCON, D., MALDONADO, M., CACERES, J., GERNJAK, W., (2003). Applied studies in solar photocatalytic detoxification: an overview, Solar Energy 75, 329 – 336.

[12] : MANTZAVINOS, D. & KALOGERAKIS, N. (2005). Treatment of olive mill effluents Part I. Organic matter degradation by chemical and biological processes—an overview. Environment International. 31, 289-295.

[13] : McNAMARA, C.J., ANASTASIOU, C.C., O'FLAHERTY, V., MITCHELL, R., (2008). Bioremediation of olive mill wastewater. International Biodeterioration & Biodegradation 61, 127-134.

[14] : NIAOUNAKIS, M. & HALVADAKIS, C. P. (2004). Olive-mill waste management literature review and patent survey. Athens, Dardanos.

[15] : PARASKEVA, P., DIAMANTOPOULOS, E. (2006). Review Technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment. Chemical Technology and Biotechnology 81, 1475-1485.

[16] : PAREDES, C., CEGARRA, J., ROIG, A., SANCHEZ-MONEDERO, M. A., and BERNAL, M.P. (1999). Characterization of olive mill wastewater (alpechin) and its sludge for agricultural purposes. Bioresour. Technol. 67:111.

[17] : ROZZI, A., and MALPEI, F., (1996). Treatment and disposal of olive mill effluents. Int. Biodeterioration & Biodegradation. 38: 135.

[18] : SIERRA, J., MARTV, E., MONTSERRAT, G., CRUAPAS, R., and GARAU, M. A., (2001). Characterisation and evolution of a soil affected by olive oil mill wastewater disposal. Sci. Total Environ. 279(1-3): 207.

[19] : SLINKARD, K., SINGLETON, V.L. (1977). Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. American Journal of Enology and Viticulture, 28: 49-55.

[20] : TSAGARAKI, E., LAZARIDES, H.N., PETROTOS, K.B. (2007). Olive Mill Wastewater Treatment, In: Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry, Oreopoulou, V. and Russ, W. (Ed.), Springer US., 133-157.

[21] : http://faostat.fao.org/ - FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of United Nations.

[22] : http://www.nea.gr/popular - Προσδιορισμός και Ανάλυση Συμβατικών και Καινοτόμων Μεθόδων και Τεχνικών για τη Διαχείριση των Αποβλήτων των Ελαιοτριβείων.

[23] : http://www.meteo.gr

[24] : http://stilida.com –Στυλιδιώτικα νέα

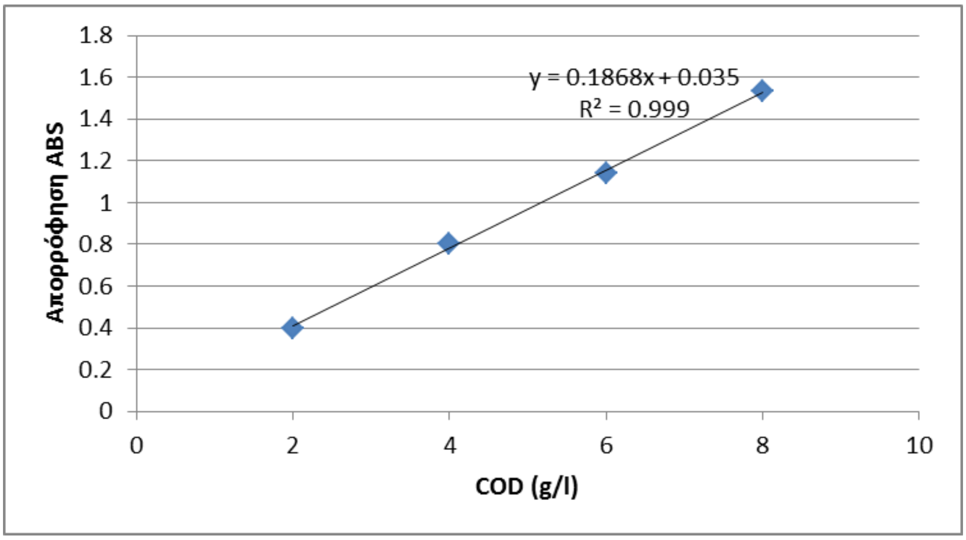
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι</u>

Καμπύλες Βαθμονόμησης

1. Καμπύλη Βαθμονόμησης COD για 2-8ppm

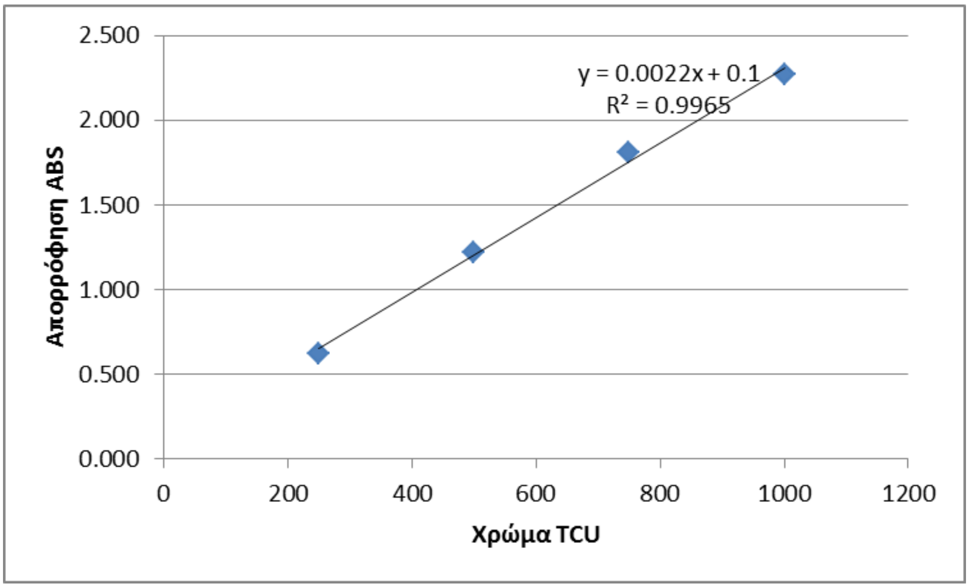
Συγκέντρωση COD (ppm)	Απορρόφηση (ABS)
2	0,399
4	0,803
6	1,142
8	1,531



Σχήμα 20 : Καμπύλη Βαθμονόμησης COD για απορρόφηση σε μήκος κύματος 593nm.

2. Καμπύλη βαθμονόμησης για χρώμα TCU

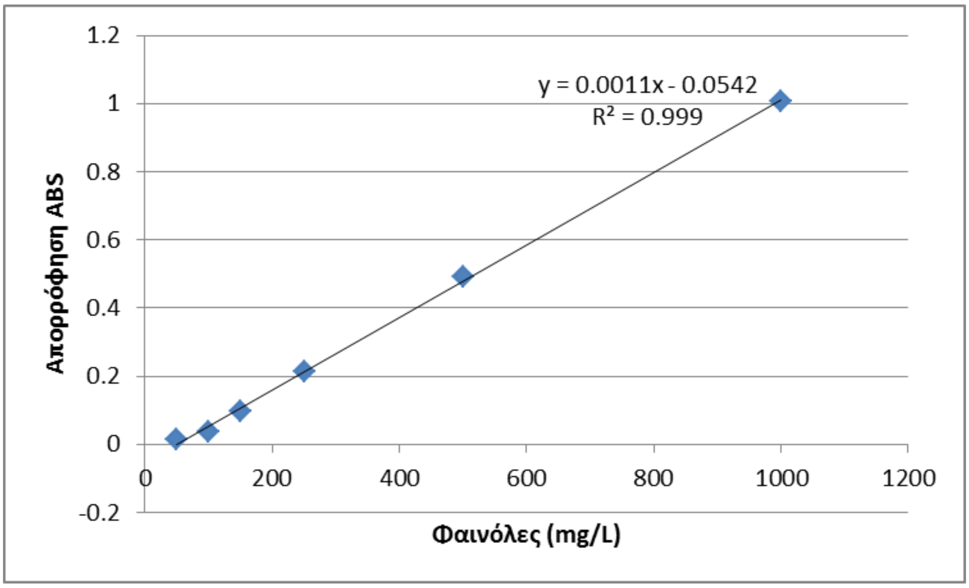
TCU	Απορρόφηση (ABS)
250	0,625
500	1,220
750	1,810
1000	2,270



Σχήμα 21 : Καμπύλη Βαθμονόμησης TCU για απορρόφηση σε μήκος κύματος 410nm.

3. Καμπύλη Βαθμονόμησης για φαινόλες.

Φαινόλες (mg/l)	Απορρόφηση (ABS)
50	0,015
100	0,037
150	0,097
250	0,212
500	0,490
1000	1,007



Σχήμα 22 : Καμπύλη βαθμονόμησης για φαινόλες για απορρόφηση σε μήκος κύματος 765nm.

<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ</u>

Μετεωρολογικά Δεδομένα

(*http://penteli.meteo.gr/stations/chaniacenter/NOAAPRYR.TXT*)

ANNUAL CLIMATOLOGICAL SUMMARY

NAME: chaniacenter CITY: STATE:
ELEV: 7 m LAT: 35° 30' 28" N LONG: 24° 00' 22" E

TEMPERATURE (°C), HEAT BASE 18.3, COOL BASE 18.3

YR	MO	MEAN MAX	MEAN MIN	MEAN	DEP. FROM NORM	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	HI	DATE	LOW	DATE	MAX >=32	MAX <=0	MIN <=0	MIN <=-18
12	1	13.7	7.1	10.6	0.0	240	0	18.1	23	0.8	18	0	0	0	0
12	2	14.5	6.1	10.2	0.0	235	0	19.5	6	2.6	1	0	0	0	0
12	3	17.0	7.9	12.9	0.0	171	2	21.4	22	3.2	17	0	0	0	0
12	4	22.1	11.9	17.1	0.0	66	29	28.9	5	8.2	1	0	0	0	0
12	5	24.4	15.3	20.2	0.0	18	75	27.8	8	12.1	20	0	0	0	0
12	6	28.4	18.7	24.2	0.0	5	180	33.4	26	13.1	1	2	0	0	0
12	7	31.0	21.1	26.7	0.0	0	259	35.3	30	16.6	5	13	0	0	0
12	8	30.5	21.2	26.6	0.0	0	255	35.4	27	16.4	30	8	0	0	0
12	9	27.6	18.6	23.5	0.0	3	159	31.7	14	14.3	24	0	0	0	0
12	10	25.8	16.8	21.3	0.0	15	106	30.2	3	12.6	26	0	0	0	0
12	11	21.8	14.0	17.8	0.0	53	38	29.4	2	9.0	27	0	0	0	0
12	12	17.7	9.8	13.8	0.0	149	7	28.8	2	5.6	26	0	0	0	0
		22.9	14.1	18.8	0.0	955	1110	35.4	AUG	0.8	JAN	23	0	0	0

PRECIPITATION (mm)

YR	MO	TOTAL	DEP. FROM NORM	MAX OBS. DAY	DATE	DAYS OF RAIN OVER .2	2	20
12	1	153.0	0.0	28.0	10	21	17	2
12	2	159.2	0.0	48.6	8	19	14	1
12	3	44.8	0.0	31.0	13	9	2	1
12	4	34.0	0.0	19.4	10	5	3	0
12	5	1.2	0.0	1.0	17	2	0	0
12	6	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0
12	7	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0
12	8	0.6	0.0	0.6	28	1	0	0
12	9	0.6	0.0	0.6	16	1	0	0
12	10	92.6	0.0	32.2	9	7	5	2
12	11	77.4	0.0	21.0	18	9	6	2
12	12	124.8	0.0	21.2	31	26	13	1
		688.3	0.0	48.6	FEB	100	60	9

WIND SPEED (km/hr)

YR	MO	AVG.	HI	DATE	DOM DIR
12	1	7.8	64.4	6	W
12	2	7.2	88.5	28	SSW
12	3	6.6	62.8	13	SSW
12	4	6.3	75.6	17	W
12	5	6.0	51.5	21	W
12	6	4.6	37.0	5	NNE
12	7	4.3	37.0	25	SSW
12	8	4.9	32.2	20	NNE
12	9	4.9	40.2	16	SSW
12	10	4.4	54.7	29	SSW
12	11	5.1	57.9	8	SSW
12	12	5.7	54.7	4	WSW
		5.6	88.5	FEB	SSW

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III

Αποτελέσματα μετρήσεων κατά το πείραμα

Δοχείο με ασβέστη σε εξωτερικό χώρο (ΜΑσβ) :

	COD (mg/l)	DOC (ppm)	Αιωρούμενα στερεά (g/l)	TCU	pH	T (°C)	Στάθμη (cm)	Φαινόλες (mg/l)
22/3 (Αρχικό δείγμα)	106531	13876,8	40,4	14581	4,6	19	39	2994,5
29/3	69952	15664,2	13,6	22145	5,1	15,7	39	3040
5/4	63436	19493,7	9,7	33709	5,07	17,3	39,5	3416
19/4	181477	21292,9	54,81	31022,7	5,57	14,8	40	2763,6
3/5	194593	19732,2	66,25	28772,7	5,88	20,1	44,2	2992,7
17/5	182000	14652	81,15	17022	5,75	18,5	48	2342,7
28/5	208700	17693	129,8	69544	12,24	21,3	49,5	1597
6/6	511241	38704	-	-	12,33	23,3	50,5	-
15/6	-	64127	-	-	12,53	27,2	51	-
26/6	-	-	-	-	-	-	-	-

* Η μέτρηση στάθμης γινόταν από την επιφάνεια του αποβλήτου ως το χείλος του δοχείου.
** Όπου δεν υπάρχουν μετρήσεις είναι λόγω αδυναμίας λήψης δείγματος ή μη χρήσης τους λόγω σφάλματος.

Δοχείο χωρίς ασβέστη σε εξωτερικό χώρο (ΧΑσβ) :

	COD (mg/l)	DOC (ppm)	Αιωρούμενα στερεά (g/l)	TCU	pH	T (°C)	Στάθμη (cm)	Φαινόλες (mg/l)
22/3 (Αρχικό δείγμα)	106531	13876,8	40,4	14581	4,6	19	34	2994,5
29/3	84154	17602,5	17,1	22281	4,6	17,2	35,5	3349
5/4	69164	19938,9	10,4	26090	4,56	18,1	36	2923
19/4	138543	20995,1	37,97	28981	4,79	14,3	36	3642,7
3/5	185653	18926,8	54,53	33545	4,85	20,4	39,8	4474,5
17/5	151800	15436	83,45	21781	4,9	18,2	43	4174
28/5	290300	29312	79,25	55772	4,89	20	46	4874
6/6	222162	21653,9	115,25	21318	4,93	22,6	48	5347,3
15/6	624197	69181	217	-	5,12	28,1	48,5	-
26/6	662740	-	-	-	7,13	30,7	50,5	-

* Η μέτρηση στάθμης γινόταν από την επιφάνεια του αποβλήτου ως το χείλος του δοχείου.
** Όπου δεν υπάρχουν μετρήσεις είναι λόγω αδυναμίας λήψης δείγματος ή μη χρήσης τους λόγω σφάλματος.

Δοχείο χωρίς ασβέστη σε σκιερή και προστατευμένη από τη βροχή θέση (Πρ) :

	COD (mg/l)	DOC (ppm)	Αιωρούμενα στερεά (g/l)	TCU	pH	T (°C)	Στάθμη (cm)	Φαινόλες (mg/l)
22/3 (Αρχικό δείγμα)	106531	13876,8	40,4	14581	4,6	17	4,5	2994,5
29/3	58244	15307,1	6,7	19090	4,6	15,3	5	3840
5/4	54925	20433,8	4,1	26145	4,59	17	6	3829
19/4	91970	21159,5	20,73	25054	4,64	14	8,5	3742,7
3/5	164453	15589,9	43,6	28418	4,66	18,7	10,5	3679,1
17/5	133190	17393	43,5	24254	4,82	18,1	12,5	3806
28/5	138300	22672	30,83	37090	4,89	19,5	14	4629
6/6	135271	24464	39,5	27045	4,92	20,1	15	5206,4
15/6	216006	32820	52,25	44136	5,06	24,4	17	-
26/6	236081	25243,1	54,6	35091	5,44	25,6	17,5	-

* Η μέτρηση στάθμης γινόταν από την επιφάνεια του αποβλήτου ως το χείλος του δοχείου.
** Όπου δεν υπάρχουν μετρήσεις είναι λόγω αδυναμίας λήψης δείγματος ή μη χρήσης τους λόγω σφάλματος.