



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χρήση Αλόφυτων για την επεξεργασία Αστικών Λυμάτων σε Τεχνητό Υγροβιότοπο.



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:** Μαρκάκης Σπυρίδων

**ΕΙΣΙΓΗΤΗΣ:** Δρ. Μανιός Θρασύβουλος

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:** Φεβρουάριος 2014

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.**

<b>1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>3</b>
<b>2. ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ.....</b>	<b>5</b>
2.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	5
2.2 Φυσικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	7
2.3 Χημικά (ανόργανα) χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	8
2.4 Χημικά (οργανικά) χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	9
2.5 Βιολογικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	10
<b>3. ΥΓΡΟΒΟΙΟΤΟΠΟΙ.....</b>	<b>11</b>
3.1 Τεχνητοί υγροβιότοποι.....	11
3.2 Τεχνητοί Υγροβιότοποι Υποεπιφανειακής Ροής.....	12
3.3 Τεχνητοί Υγροβιότοποι Επιφανειακής Ροής.....	14
<b>4. ΑΛΟΦΥΤΑ.....</b>	<b>15</b>
<b>5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>20</b>
5.1 Μέθοδος μέτρησης pH.....	20
5.2 Μέθοδος μέτρησης Ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC).....	22
5.3 Μέθοδος μέτρησης Βιολογικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD).....	24
5.4 Μέθοδος μέτρησης Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (COD).....	26
5.5 Μέθοδος μέτρησης Ολικού Φωσφόρου (P).....	28
5.6 Μέθοδος μέτρησης Ολικού Αζώτου (N).....	30
5.7 Μέθοδος μέτρησης Βόριου (B).....	33
5.8 Μέθοδος μέτρησης Ολικών Αιωρούμενων Στερεών (TSS).....	37
<b>6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....</b>	<b>41</b>
<b>7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>43</b>
7.1 Αποτελέσματα μέτρησης pH.....	43
7.2 Αποτελέσματα μέτρησης Ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC).....	44
7.3 Αποτελέσματα μέτρησης Βιολογικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD).....	44
7.4 Αποτελέσματα μέτρησης Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (COD).....	45
7.5 Αποτελέσματα μέτρησης ολικού Φωσφόρου (P).....	45
7.6 Αποτελέσματα μέτρησης ολικού Αζώτου (N).....	46
7.7 Αποτελέσματα μέτρησης Βόριο (B).....	47
7.8 Αποτελέσματα μέτρησης Ολικών Αιωρούμενων Στερεών (TSS).....	48
<b>8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>49</b>

## 1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Το νερό είναι ένα από τα βασικότερα στοιχεία επιβίωσης των οργανισμών που κατοικούν αυτόν εδώ το πλανήτη. Δυστυχώς όμως η ζήτηση του νερού ήδη ξεπέρνα την προσφορά σε πολλά μέρη του κόσμου, καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνεται, και επομένως το ίδιο και η παγκόσμια ζήτηση για νερό.

Εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού της Γης, της μαζικής κατανάλωσης, της κατάχρησης των φυσικών πόρων, της **ρύπανσης** και **μόλυνσης** του νερού η διαθεσιμότητα του πόσιμου νερού δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της σύγχρονης εποχής και διαρκώς μειώνεται. Για αυτό το λόγο, το νερό αποτελεί στρατηγικής σημασίας αγαθό σε όλη την υφήλιο και άρχισε ήδη να αποτελεί αιτία για πολλές πολιτικές διενέξεις. Πολλοί έχουν προβλέψει ότι το καθαρό νερό θα γίνει το **πετρέλαιο του μέλλοντος** καθιστώντας τον **Καναδά**, με τα πλεονάζοντα αποθέματα «γλυκού» νερού, την πιο πλούσια χώρα του πλανήτη. Σύμφωνα με την έρευνα της **UNESCO** που πραγματοποιήθηκε το 2003 για τα παγκόσμια αποθέματα νερού, υπολογίζεται ότι στα επόμενα 20 χρόνια η ποσότητα του νερού που αναλογεί στον καθένα προβλέπεται να μειωθεί κατά 30%.

Επομένως, έχουμε ανάγκη να στραφούμε σε τεχνολογικές και μη μεθόδους για την ανακύκλωση και τον καθαρισμό του νερού. Η παρούσα πτυχιακή λοιπόν, έχει ως θέμα μία από αυτές τις μεθόδους για την ανακύκλωση του νερού.

Η μέθοδος που ακολουθήσαμε σε αυτήν την εργασία λοιπόν, είναι η ανακύκλωση του νερού μέσω τεχνητών υγροβιότοπων. Είναι μια φυσική μέθοδος επεξεργασίας λυμάτων, η οποία είναι ελάχιστα διαδεδομένη στην Ελλάδα.

Για την υλοποίηση αυτής της εργασίας χρησιμοποιήσαμε τον τεχνητό υγροβιότοπο του αγροκτήματος του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, στον οποίο έγιναν οι εργασίες επεξεργασίας των λυμάτων για την πόλη του Ηρακλείου.

## **Summary**

The subject of the following thesis has to do with the recycling of water. The water is one of the most important elements for the life, but in nowadays the water demand exceeds the offer in many locations of world, as the world population continues to grow, and therefore so is the global demand for water.

Because of the rapid growth of the world population, mass consumption, misuse of natural resources, pollution and contamination of water availability of drinking water is insufficient to meet the needs of modern times and constantly decreasing.

So in that thesis analyzed below a method of recycling water. The method was used to recycle the water through artificial wetlands. A method well known in Europe but not in Greece.

For the realization of this work we used the artificial wetland farm TEI Crete, which were the work of wastewater treatment for the city of Heraklion was done.

## 2. ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ.

Ο όρος **λύματα** αναφέρεται στα υγρά απόβλητα από τις κατοικίες (*οικιακά λύματα*) και τα υγρά απόβλητα από τις συνήθειες δραστηριότητες μιας πόλης (*αστικά λύματα*). Όταν τα υγρά απόβλητα μιας πόλης περιέχουν και σημαντικές ποσότητες υγρών βιομηχανικών αποβλήτων τότε ονομάζονται **υγρά αστικά απόβλητα**. Τα οικιακά λύματα παράγονται από τις ανάγκες των ανθρώπων όπως η αφόδευση, η χρήση του μπάνιου, η προετοιμασία του φαγητού κ.α. Κατά μέσο όρο παράγονται 180 - 300 λίτρα ανά άτομο κάθε ημέρα. Τα αστικά λύματα παράγονται από δημόσια κτήρια, νοσοκομεία κλπ. Η ποιότητα και η ποσότητα των βιομηχανικών αποβλήτων μεταβάλλεται συνεχώς και δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί, αφού πολλές βιομηχανίες ρίχνουν - παρανόμως - ανεπεξέργαστα τα απόβλητά τους στο αποχετευτικό δίκτυο μιας πόλης.

### 2.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.

Τα υγρά αστικά απόβλητα περιέχουν κυρίως οργανικές ουσίες (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη, έλαια, φαινόλες, επιφανειακά τασιενεργές ουσίες), ανόργανες ουσίες (άζωτο, φώσφορο, διάφορα άλατα), και διάφορα στερεά. Περιέχουν επίσης ουσίες οι οποίες βρίσκονται σε κολλοειδή μορφή, μικροοργανισμούς, τοξικές ουσίες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία καθώς και διαλυμένα αέρια, όπως αμμωνία (NH<sub>3</sub>), υδρόθειο (H<sub>2</sub>S) κ.ά.

Οι ουσίες αυτές χαρακτηρίζονται ως ρυπαντές του νερού και του περιβάλλοντος γενικότερα. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι απαραίτητη, επιβάλλεται από τη νομοθεσία και στοχεύει στην εξουδετέρωση και την απομάκρυνση αυτών των ρυπαντών.

Οι βασικές γνώσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων και η διάκριση των εννοιών «ρύπανση» και «μόλυνση» του νερού, θεωρούνται απαραίτητα στοιχεία για την κατανόηση των διεργασιών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Μια ουσία χαρακτηρίζεται ως **ρύπος** εφόσον η συγκέντρωσή της στο νερό είναι αρκετά μεγαλύτερη απ' αυτή που συνήθως συναντάται στα φυσικά αποθέματα του γλυκού νερού.

Ένας ρύπος χαρακτηρίζεται **τοξικός** όταν έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει σοβαρή βλάβη ή θάνατο σε ανθρώπους ή ζώα.

Οι ρύποι του νερού διακρίνονται σε:

- συμβατικούς,
- μη συμβατικούς,
- θερμικούς και
- ρύπους (μολυντές) από μικρόβια.

Στους **συμβατικούς ρύπους** ανήκουν ουσίες που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως οργανική ύλη (οργανικές ουσίες), ενώσεις του αζώτου (αμμωνιακά  $\text{NH}_4^+$ , νιτρώδη  $\text{NO}_2^-$ , νιτρικά άλατα  $\text{NO}_3^-$ ), ενώσεις του φωσφόρου (κυρίως φωσφορικά άλατα  $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Στους **μη συμβατικούς ρύπους** του νερού περιλαμβάνονται τα βαριά μέταλλα (Cd, Cr, Hg, Pb, Ni, Cu, Zn, κ.λ.π.), οι τοξικές οργανικές ενώσεις και ουσίες όπως το αρσενικό (As), τα θειούχα ( $\text{S}^{2-}$ ), τα κυανιούχα ( $\text{CN}^-$ ) και τα ραδιενεργά υλικά. Οι τοξικές οργανικές ενώσεις είναι ουσίες οι οποίες έχουν συντεθεί από τον άνθρωπο για διάφορες χρήσεις. Σπουδαιότερες απ' αυτές είναι τα **παρασιτοκτόνα**, τα **εντομοκτόνα**, τα **ζιζανιοκτόνα**, τα οποία καταλήγουν στο νερό λόγω της ευρείας χρήσης τους στη γεωργία και στη βιομηχανία, οι **διοξίνες**, οι οποίες παράγονται εκεί όπου υπάρχουν καύσεις ή διεργασίες με χλώριο, οι υδρογονάνθρακες του πετρελαίου, οι **χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες**, τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (**PCB's**), οι **φαινόλες**, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (**PAH's**) και τα τριαλογονομεθάνια (Tri-Halo-Methanes, **THM**), τα οποία συνήθως σχηματίζονται κατά την προαπολύμανση του νερού, την απολύμανση των υγρών αποβλήτων κ.λ.π.

Η **θερμική ρύπανση** του νερού προέρχεται κυρίως από τα θερμά απόβλητα βιομηχανιών και μπορεί να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας του νερού ενός φυσικού αποδέκτη δημιουργώντας δυσάρεστες και μη ανεκτές καταστάσεις στα υδατικό οικοσύστημα.

Με βάση τα παραπάνω **ρύπανση** ονομάζεται η επιβάρυνση του νερού με ύλη ή ενέργεια, η ανεπιθύμητη δηλαδή μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού (φυσικών, χημικών, ραδιολογικών, βιολογικών - μικροβιολογικών), εξαιτίας κυρίως των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, σε βαθμό που μπορεί να δημιουργηθεί κίνδυνος για την υγεία και να υποβαθμιστεί η ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Η

ρύπανση προκαλεί βλάβη στα φυσικά οικοσυστήματα και παρεμποδίζει τις επιθυμητές χρήσεις των υδατικών πόρων.

**Μόλυνση** ονομάζεται η παρουσία στο νερό παθογόνων μικροοργανισμών ή και μικροοργανισμών δεικτών, που υποδηλώνουν την πιθανότητα παρουσίας παθογόνων, εξαιτίας κυρίως των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Κύρια πηγή επιβάρυνσης των υδάτινων σωμάτων με παθογόνους μικροοργανισμούς, δηλαδή μικροβιακή μόλυνση του νερού, είναι τα αστικά και κτηνοτροφικά απόβλητα με τα περιττώματα ανθρώπων και ζώων που περιέχουν.

Ο προσδιορισμός και η συνεχής παρακολούθηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων είναι απολύτως απαραίτητος προκειμένου να καθοριστούν τα στάδια και ο βαθμός επεξεργασίας τους και να ελεγχθεί η επίτευξη των στόχων και των απαιτήσεων για την ασφαλή διάθεσή τους στο περιβάλλον. Τα χαρακτηριστικά αυτά κατατάσσονται σε **φυσικά, χημικά και βιολογικά.**

## **2.2 Φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων**

- **Θερμοκρασία.** Σημαντική παράμετρος για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των βιολογικών διεργασιών στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων.
- **Αγωγιμότητα.** Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής, ειδικά για γεωργική χρήση.
- **Θολότητα.** Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της εκροής.
- **Διαπερατότητα.** Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της εκροής για απολύμανση με UV.
- **5. Χρώμα** (Ανοιχτό καφέ, γκρι, μαύρο). Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η κατάσταση των λυμάτων, δηλαδή φρέσκα λύματα ή λύματα που έχουν υποστεί σήψη.
- **6. Οσμή.** Παράμετρος με την οποία καθορίζεται εάν οι οσμές αποτελούν πρόβλημα.
- **7. Πυκνότητα.**

- **Στερεές ουσίες** (Αιωρούμενες, Επιπλέουσες, Καθιζάνουσες, Αδιάλυτες, Διαλυμένες) και κατανομή μεγέθους σωματιδίων.

### 2.3 Χημικά (ανόργανα) χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων

- **pH (-log[H<sup>+</sup>]).** Το μέτρο της οξύτητας ή της αλκαλικότητας των υγρών αποβλήτων.
- **Αλκαλικότητα ( $\Sigma \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{OH}^- - \text{H}^+$ ).** Το μέτρο της ρυθμιστικής ικανότητας των υγρών αποβλήτων (της ικανότητάς τους να εξουδετερώνουν οξέα).
- **Χλωριούχα.** Παράμετρος για την εκτίμηση της ποιότητας της επεξεργασμένης εκροής, ειδικά για την επαναχρησιμοποίηση για γεωργική χρήση (άρδευση).
- **Αζωτούχες ενώσεις.** Χρησιμοποιούνται ως μέτρο της παρουσίας θρεπτικών συστατικών καθώς και του βαθμού αποσύνθεσης στα υγρά απόβλητα. Οι οξειδωμένες μορφές μπορούν να ληφθούν ως μέτρο του βαθμού οξείδωσης.
  - ο Ελεύθερη αμμωνία (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)
  - Οργανικό άζωτο (Org. N)
  - Άζωτο Kjeldahl (TKN : Org. N + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)
  - Νιτρώδη (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)
  - Νιτρικά (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)
- **Φωσφορικές ενώσεις.** Χρησιμοποιούνται ως μέτρο παρουσίας των θρεπτικών συστατικών στα υγρά απόβλητα. Οι οξειδωμένες μορφές μπορούν να ληφθούν ως μέτρο του βαθμού οξείδωσης.
  - Ανόργανος φώσφορος (Inorg. P)
  - Οργανικός φώσφορος (Org. P)
  - Ολικός φώσφορος (TP)



- **Θειικά (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).** Παράμετρος για την εκτίμηση της πιθανότητας δημιουργίας οσμών. Για την εκτίμηση της «επεξεργασιμότητας» της ιλύος.
- **Μέταλλα (Ca, Mg, K, Na, Cr, Cu, Co, Pb, Cd, Hg, Mo, Ni, Fe, Se, As, Zn).** Για την εκτίμηση της καταλληλότητας της εκροής για επαναχρησιμοποίηση. Για την εκτίμηση της τοξικότητας. Ωστόσο ίχνη ορισμένων μετάλλων είναι απαραίτητα για μερικές βιολογικές διεργασίες.
- **Διάφορα αέρια (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>).** Παρουσία / απουσία συγκεκριμένων αερίων.

#### 2.4 Χημικά (οργανικά) χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων

- **C-BOD**, (Biochemical Oxygen Demand), Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο. Το οξυγόνο που απαιτείται για τη βιολογική αποικοδόμηση των **ανθρακούχων** οργανικών ενώσεων των υγρών αποβλήτων.
- **N-BOD**, Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο. Το οξυγόνο που απαιτείται για τη βιολογική αποικοδόμηση των **αζωτούχων** οργανικών ενώσεων των υγρών αποβλήτων.
- **COD**, (Chemical Oxygen Demand), Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο. Το οξυγόνο που απαιτείται για τη χημική οξείδωση των οργανικών ενώσεων των υγρών αποβλήτων.
- **TOC**, (Total Organic Carbon), Ολικός Οργανικός Άνθρακας. Χρησιμοποιείται συμπληρωματικά με το BOD, αλλά πολύ σπάνια επειδή αφορά μέτρηση με πολύ μεγάλη ευαισθησία, δηλαδή πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης.
- **5. Συγκεκριμένες οργανικές ενώσεις και κατηγορίες ενώσεων.** Για τον προσδιορισμό της παρουσίας των συγκεκριμένων οργανικών ενώσεων και για την εκτίμηση των απαραίτητων ειδικών μέτρων που πρέπει να ληφθούν κατά τον σχεδιασμό της ΕΕΑ για την απομάκρυνσή τους.

## 2.5 Βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων

- **Ολικά Κολοβακτηριοειδή**, (Total Coliforms, TC) και **Κολοβακτηριοειδή Κοπράνων**, (Fecal Coliforms, FC). Για την εκτίμηση της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών και την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης των υγρών αποβλήτων
- **Ειδικοί μικροοργανισμοί**, (Βακτήρια, Ιοί, Πρωτόζωα, Έλμινθες). Για την εκτίμηση της παρουσίας των συγκεκριμένων μικροοργανισμών που συνδέονται με την λειτουργία της Ε.Ε.Λ. και την επαναχρησιμοποίηση της εκροής.
- **Τοξικότητα**, Οξεία (άμεση) Τοξικότητα (TUA), Χρόνια Τοξικότητα (TUC). Για την εκτίμηση της τοξικότητας των υγρών αποβλήτων.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι οργανικές ενώσεις (υδατάνθρακες, λίπη, αμινοξέα, πρωτεΐνες, θειοπρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα κλπ.), που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα αποτελούν τον κατ' εξοχήν συμβατικό ρύπο ο οποίος πρέπει να απομακρυνθεί.

Το κεντρικό στοιχείο όλων αυτών των οργανικών ενώσεων είναι ο **άνθρακας** (C) και τα σπουδαιότερα στοιχεία με τα οποία ο άνθρακας συνθέτει τις οργανικές ενώσεις είναι το **άζωτο** (N) και ο **φώσφορος** (P). Τα στοιχεία αυτά αφορούν σχεδόν όλες τις διεργασίες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και εξετάζονται χωριστά, με περισσότερες λεπτομέρειες παρακάτω.

Ιδιαίτερη επίσης αναφορά γίνεται στις **στερεές ουσίες** (αδιάλυτες, διαλυμένες, κολλοειδείς, επιπλέουσες, αιωρούμενες, καθιζάνουσες) και στους **μικροοργανισμούς** οι οποίοι συνδέονται με την ποιότητα και την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

### 3. ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ

**Υγροβιότοπος** (κατά την Βιολογία), ή αλλιώς **υγρότοπος** (κατά την Εδαφολογία) ονομάζεται κάθε τόπος που καλύπτεται μόνιμα ή εποχικά από ρηγά νερά ή που δεν καλύπτεται ποτέ από νερά αλλά έχει υγρό υπόστρωμα για μεγάλο διάστημα του έτους.

Πιο αναλυτικά:

Οι υγρότοποι είναι φυσικές ή τεχνητές περιοχές αποτελούμενες από έλη με ποώδη βλάστηση, από μη αποκλειστικώς ομβροδίαιτα έλη με τυρφώδες υπόστρωμα, από τυρφώδεις γαίες ή από νερό. Οι περιοχές αυτές είναι μόνιμα ή προσωρινά κατακλυζόμενες από νερό το οποίο είναι στάσιμο ή τρεχούμενο, γλυκό, υφάλμυρο ή αλμυρό και περιλαμβάνουν επίσης εκείνες τις εκτάσεις που καλύπτονται από θαλασσινό νερό το βάθος του οποίου κατά τη ρηγία δεν υπερβαίνει τα έξι μέτρα. Ουσιώδη γνωρίσματα της μεταβατικής ζώνης που παρεμβάλλεται μεταξύ των μόνιμα κατακλυσμένων και των καθαρά χερσαίων περιοχών είναι η παρουσία υδροχαρούς βλάστησης και η ύπαρξη υδρομορφικών εδαφών, δηλαδή εδαφών που ανέπτυξαν ειδικά γνωρίσματα ως αποτέλεσμα της υψηλής υπόγειας στάθμης νερού (*Ramsar*).

#### 3.1 Τεχνητοί υγροβιότοποι

Οι τεχνητοί υγροβιότοποι ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που ονομάζονται «φυσικά συστήματα». Όπως άλλωστε προσδιορίζεται και από την ίδια την ονομασία τους, οι τεχνητοί υγροβιότοποι αποτελούν την προσομοίωση συστημάτων που υπάρχουν στη φύση (φυσικοί υγροβιότοποι). Οι υγροβιότοποι αυτοί αποτελούν κλειστά συστήματα, με την έννοια ότι οι μολυντές δεν διαφεύγουν προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα μέσα σ' αυτούς το έδαφος, οι μικροοργανισμοί, τα φυτά και φυσικά το νερό, συμβάλλουν στη διαμόρφωση των κατάλληλων συνθηκών ώστε με φυσικές και βιολογικές διεργασίες, να μηδενίζεται σχεδόν το ρυπογόνο φορτίο των λυμάτων.

Το κόστος κατασκευής τους, όπως και το λειτουργικό κόστος τους ανέρχονται περίπου στο 1/2 και στο 1/5 αντίστοιχα των άλλων συμβατικών λύσεων. Η οικονομικότητα αυτών των συστημάτων οφείλεται στο γεγονός ότι δεν απαιτούνται μεγάλες και δαπανηρές κατασκευές, μηχανικά και κινούμενα τμήματα, καθώς και πολύπλοκα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου. Απαιτούν την ελάχιστη ανθρώπινη παρουσία για συντήρηση, η οποία μετά τον πρώτο χρόνο λειτουργίας τους αυτή μπορεί να περιοριστεί και σε μια μόνο μηνιαία επίσκεψη. Η απομάκρυνση της ιλύος που συγκεντρώνεται σε δεξαμενές προεπεξεργασίας (και όχι μέσα στον ίδιο τον υγροβιότοπο) γίνεται μια φορά το χρόνο ή και κάθε δεύτερο χρόνο, ανάλογα με το σχεδιασμό.

Από πλευράς αποτελεσματικότητας η απομάκρυνση των μολυντών από τα προς επεξεργασία λύματα, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, μπορεί να φτάσει μέχρι και το 98% για το οργανικό φορτίο, το 99% για τα στερεά και το 99% για τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Εξαρτάται φυσικά από το αρχικό φορτίο, το σχεδιασμό, τον υδραυλικό χρόνο παραμονής των αποβλήτων στον υγροβιότοπο και το επίπεδο συντήρησης της μονάδας γενικότερα.

Οι δύο πιο συνηθισμένες μορφές των τεχνητών υγροβιότοπων είναι τα συστήματα υποεπιφανειακής ροής (subsurface flow systems) και τα συστήματα ελεύθερης επιφάνειας ή επιφανειακής ροής (free water surface systems).

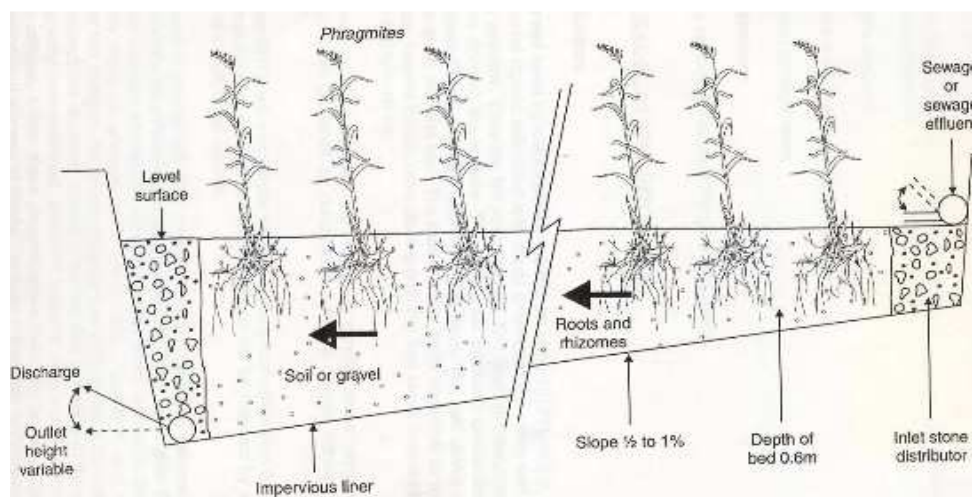
### **3.2 Τεχνητοί Υγροβιότοποι Υποεπιφανειακής Ροής**

Σ' αυτόν τον τύπο των υγροβιότοπων, η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται μέσα στο έδαφος από τους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται στο εδαφικό πορώδες. Το βάθος του υγροβιότοπου κυμαίνεται μεταξύ των 30 και 60 cm, αλλά έχουν καταγραφεί συστήματα με βάθος μέχρι και 1 m. Το σύστημα απαιτεί προεπεξεργασία των αποβλήτων όπως είναι μια απλή σηπτική δεξαμενή. Χωρίς την προεπεξεργασία αυτή, οι πόροι του εδάφους θα κλείσουν με αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης του συστήματος. Οι κροκάλες (μεγάλα χαλίκια) τοποθετημένες στην είσοδο του

συστήματος έχουν μεγάλες διαστάσεις (τουλάχιστον 60 mm) και χρησιμοποιούνται για την ομοιόμορφη διάχυση των λυμάτων.

Η φυτική βλάστηση από πολλούς ειδικούς στο χώρο δε θεωρείται αναγκαία για τη λειτουργία του συστήματος. Η παρουσία της όμως, συμβάλλει σημαντικά στην αισθητική αναβάθμιση του συστήματος και στην προσέλευση πτηνών και άλλων ειδών της τοπικής πανίδας και έτσι διαμορφώνεται ουσιαστικά ένας υγροβιότοπος. Οι οσμές είναι σχεδόν ανύπαρκτες, δεδομένου ότι η κίνηση των λυμάτων γίνεται υπο-επιφανειακά και ελάχιστες οχλήσεις επίσης παρατηρούνται από πλευράς εντόμων.

Ως προς το υπόστρωμα αυτών των συστημάτων θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση λεπτόκοκκων αργιλωδών ή αργιλο-πηλωδών εδαφών δεδομένου ότι το λεπτό πορώδες τους κλείνει πολύ εύκολα και μηδενίζεται η λειτουργία του συστήματος. Ενδείκνυται η χρήση χαλικιών διαφόρων διαστάσεων (από άμμο μέχρι και χαλίκια 60 mm) σε στρώματα. Η απαιτούμενη έκταση φτάνει περίπου τα 4 με 6 m<sup>2</sup> ανά ισοδύναμο κάτοικο, μέγεθος που ποικίλλει σημαντικά στη σχετική διεθνή βιβλιογραφία.



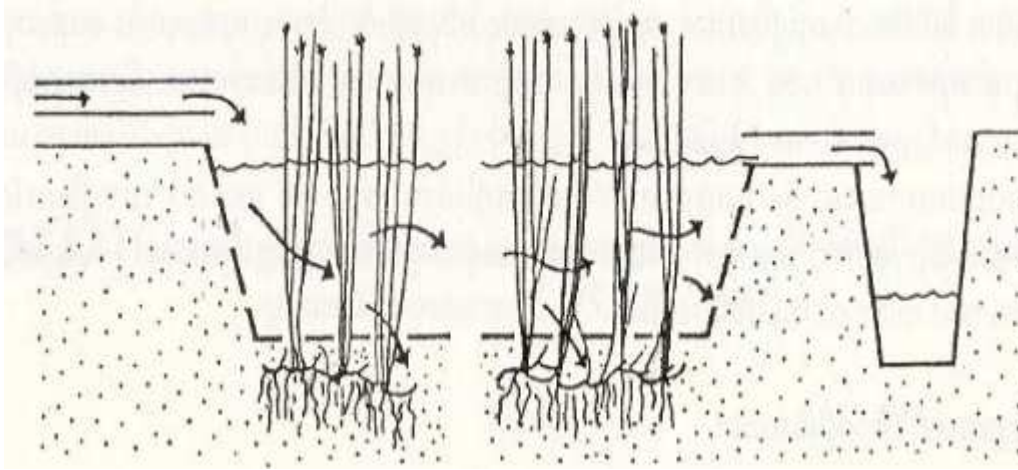
Εικόνα 1: Σχηματική παρουσίαση Τεχνητού Υγροβιότοπου Υποεπιφανειακής Ροής

### 3.3 Τεχνητοί Υγροβιότοποι Επιφανειακής Ροής

Πρόκειται για συστήματα στα οποία τα λύματα κινούνται επιφανειακά και σε ένα στρώμα πάχους 10 - 30 cm. Η κίνηση των λυμάτων γίνεται τόσο με τη βοήθεια της βαρύτητας, λόγω της μικρής (< 1 %) κλίσης της επιφάνειας του εδάφους, όσο και λόγω της συνεχούς εισροής λυμάτων στην είσοδο του συστήματος. Το σύστημα απαιτεί την ύπαρξη προεπεξεργασίας (συνήθως σηπτική δεξαμενή) και φυτικής βλάστησης και για να είναι πλήρως λειτουργικό θα πρέπει η βλάστηση να έχει αναπτυχθεί ικανοποιητικά με την έναρξη πλήρους λειτουργίας του. Στην είσοδο του συστήματος απαιτείται η παρουσία κροκάλων όπως και στα συστήματα υπο-επιφανειακής ροής.

Σ' αυτό τον τύπο τεχνητού υγροβιότοπου η φυτική βλάστηση είναι απολύτως αναγκαία για την ικανοποιητική λειτουργία του συστήματος. Οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται πάνω στους βλαστούς και τα φύλλα των υδροχαρών φυτών. Η απομάκρυνση της βλάστησης δεν ενδείκνυται, τουλάχιστον για τα τρία με πέντε πρώτα χρόνια λειτουργίας. Στην περίπτωση που η ανάπτυξη των φυτών έχει καθυστερήσει μέχρι την έναρξη λειτουργίας του συστήματος η τοποθέτηση πλαστικών πλεγμάτων για προσωρινή αντικατάσταση των φυτών ενδείκνυται. Η απομάκρυνση της παλαιάς φυτικής μάζας είναι δυνατή αρκεί να γίνει με προσοχή για να μην καταστραφεί η υδατοστεγής μεμβράνη στον πυθμένα του συστήματος. Η παρουσία των φυτών σε αυτό το σύστημα εξυπηρετεί και την αντιμετώπιση των οσμών που δημιουργούνται λόγω της ελεύθερης επιφάνειας των λυμάτων, αλλά γενικότερα δεν παρατηρείται πρόβλημα οσμών.

Η χρήση εντομοφάγων ψαριών θεωρείται αναγκαία για την αντιμετώπιση των κουνουπιών. Προσοχή πρέπει να δοθεί στο να διατηρηθεί η κίνηση των λυμάτων σε όλη την επιφάνεια του συστήματος καθώς και ένα ελάχιστο ύψος νερού έτσι ώστε τα ψάρια να έχουν το απαιτούμενο νερό και αρκετό οξυγόνο για να επιβιώσουν. Η απαιτούμενη έκταση υπολογίζεται περίπου σε 4,5 με 6,5 m<sup>2</sup> ανά ισοδύναμο κάτοικο, αλλά και αυτή ποικίλλει στη διεθνή βιβλιογραφία.



Εικόνα 2: Σχηματική παρουσίαση Τεχνητού Υγροβιότοπου Ελεύθερης Επιφάνειας ή Επιφανειακής Ροής

#### 4. ΑΛΟΦΥΤΑ.

Ως αλόφυτα, χαρακτηρίζονται τα φυτά, τα οποία φύονται και ευδοκιμούν σε αλμυρά – αλατούχα εδάφη. Τα αλατούχα εδάφη είναι εχθρικοί βιότοποι για τα υπόλοιπα φυτά, γιατί, αν και είναι υγρά, πολλές φορές συμπεριφέρονται σαν ξηρά από φυσιολογική άποψη. Αυτό συμβαίνει **α)** γιατί το νερό, που βρίσκεται μέσα σ' αυτά, συγκρατείται από πολλά ιόντα με φυσικοχημικές δυνάμεις (άλατα) και δεν είναι διαθέσιμο στα φυτά και **β)** γιατί τα άλατα σε μεγάλη συγκέντρωση είναι τοξικά για τα περισσότερα φυτά.

Η προέλευση των αλμυρών εδαφών μπορεί να είναι **εδαφική**, όπως τα παραθαλάσσια αλίπεδα, τα οποία περιέχουν πολύ NaCl από το θαλασσινό νερό, που τα πλημμυρίζει σε ορισμένες περιόδους, αλλά μπορεί να είναι και **κλιματική**, όπως τα αλίπεδα των ερήμων και των στεπών. Εκεί η έντονη ξηρασία προκαλεί μεγάλη εξάτμιση και έτσι προκύπτει αύξηση της περιεκτικότητας σε θειικά και ανθρακικά άλατα νατρίου, μαγνησίου και ασβεστίου. Τα αλόφυτα μπορούν να ζήσουν στα παραπάνω δυσμενή περιβάλλοντα με προσαρμογές και μηχανισμούς τέτοιους, ώστε να μπορούν να αντλούν νερό από τα φυσιολογικώς ξηρά εδάφη, αλλά και να εξουδετερώνουν την τοξική υπερτονική δράση των διαφόρων αλάτων και ιόντων που είναι διαλυμένα μέσα σε αυτά.

Τα αλόφυτα διακρίνονται σε **γνήσια** ή **υποχρεωτικά** αλόφυτα και σε **προαιρετικά**. Τα γνήσια φυτρώνουν αποκλειστικά σε αλατούχα εδάφη και σε αλμυρά ή υφάλμυρα νερά, ενώ τα προαιρετικά ευδοκούν και σε εδάφη απαλλαγμένα από άλατα.

Τα γνήσια αλόφυτα παρουσιάζουν ορισμένες διαφοροποιήσεις και προσαρμογές, προκειμένου να ανταπεξέλθουν στο τοξικό περιβάλλον και στη φυσιολογική ξηρασία των αλατούχων εδαφών, δηλαδή να μπορούν να αντλούν νερό από τα φυσιολογικώς ξηρά εδάφη, αλλά και να εξουδετερώνουν την τοξική υπερτονική δράση των διαφόρων αλάτων και ιόντων, τα οποία είναι διαλυμένα μέσα σε αυτά. Έτσι υπάρχει η άποψη, ότι τα αλόφυτα ανυψώνουν την ωσμωτική τους πίεση αποθηκεύοντας άλατα. Όσο περισσότερο μπορεί το πρωτόπλασμα να υποφέρει άλατα, τόσο περισσότερο νερό μπορεί να απορροφήσει το φυτό. Αυτό ακριβώς συμβαίνει με τα είδη των γενών Σαλικόρνια (*Salicornia*), Αρθρόκνημον (*Arthrocnemum*) και Σουαίδα (*Suaeda*), τα κοινά αρμιρίδια. Συγκεκριμένα, αυξάνουν την ωσμωτική πίεσή τους περισσότερο από την πίεση των διαλύσεων του εδάφους, αποθηκεύοντας μέσα στον κυτταρικό χυμό τους διάφορα άλατα. Αποτέλεσμα αυτής της προσαρμογής είναι η σαρκώδης μορφή, την οποία παίρνουν τα φυτά αυτά (π.χ. κρίταμο), όπως επίσης και οι ανατομικές και μορφολογικές διαφοροποιήσεις τους. Μερικά είδη μπορούν να καταλήξουν στο ίδιο αποτέλεσμα με παραγωγή οργανικών ουσιών, δηλαδή η αύξηση της ωσμωτικής πίεσης γίνεται με συγκέντρωση οργανικών ουσιών και όχι αλάτων.

Άλλα γνήσια αλόφυτα αντιδρούν στην τοξική δράση των αλατούχων εδαφών με τους εξής τρόπους: **1)** ελαττώνουν την είσοδο των αλάτων, **2)** επιλέγουν ορισμένα μόνο ιόντα, και **3)** δεν αποθηκεύουν, αν και απορροφούν, άλατα στον κυτταρικό χυμό τους, αλλά τα εκκρίνουν με πολυάριθμους αδένες (με απέκκριση των αλάτων). Παραδείγματα τέτοιων ειδών είναι διάφορα είδη Λειμώνιου (*Limonium*), Στατικής (*Statice*), ήτοι το κοινό αμάραντο ή θαλασσόγαμπρος, και Ταμάριξ (*Tamarix*), ήτοι τα κοινά αρμυρίκια. Αυτά τα είδη φυτών δεν αποθηκεύουν τα άλατα στο χυμό τους, αλλά τα εκκρίνουν με πολλούς αδένες των βλαστών και των φύλλων, όπου και κρυσταλλώνονται και είναι εμφανή ακόμη και με γυμνό μάτι. Πράγματι, επάνω σ'αυτά τα φυτά διακρίνονται κρυσταλλωμένα επανθίσματα αλάτων, που επιδρούν και από αυτή τη θέση στην απορρόφηση του νερού από το έδαφος. Τα περισσότερα από αυτά τα φυτά έχουν ανατομικές και μορφολογικές ομοιότητες με τα Ξηρόφυτα.



Τα κυρίως ή γνήσια αλόφυτα ή, όπως λέγονταν παλαιότερα, «υποχρεωτικά αλόφιλα» είναι σχετικά λίγα και ανήκουν σε ορισμένες οικογένειες, όπως οι ΧΗΝΟΠΟΔΙΑΔΕΣ, οι ΦΡΑΓΚΕΝΙΑΔΕΣ, οι ΠΛΟΥΜΒΑΓΙΝΙΑΔΕΣ, οι ΛΙΘΡΙΑΔΕΣ, τα ΣΥΝΘΕΤΑ, οι ΚΥΠΕΡΙΔΕΣ και οι ΑΓΡΩΣΤΙΑΔΕΣ. Τα είδη αυτά είναι πόες – ποώδη ή θάμνοι. Δενδρώδη αλόφυτα αναπτύσσονται σε τροπικές, αβαθείς και υφάλμυρες παραλίες. Είναι συνήθως είδη των γενών Αβικέννια (Avicennia) και Ριζοφόρα (Rhizophora), τα οποία σχηματίζουν δενδρώδεις διαπλάσεις, γνωστές ως **μαγκρόβια δάση**. Στις εύκρατες περιοχές – ζώνες τα δενδρώδη αλόφυτα είναι λίγα. Εκεί αναπτύσσονται, κυρίως, τα δενδρύλλια των γενών Ταμάριξ (Tamarix) και Αλόξυλον (Haloxylon).

Εκτός από τα παραπάνω κυρίως ή γνήσια αλόφυτα, υπάρχουν και άλλα φυτά, τα λεγόμενα «προαιρετικά αλόφυτα», που ζουν, τόσο σε αλμυρά, όσο και σε μη αλμυρά εδάφη. Αυτά τα φυτά παρουσιάζουν σε αλατούχα εδάφη τους μηχανισμούς των αλοφύτων, κυρίως, ως προς την παραγωγή οργανικών ουσιών.

Η μορφολογία των αλοφύτων ποικίλλει. Άλλοτε τα φυτά αυτά είναι σαρκώδη (Σαλικόρνια, Κρίταμα), λόγω της αποθηκείσεως αλάτων στο χυμό τους, και άλλοτε έχουν μορφή ξηροφύτων (Στατική). Εξάλλου και η ανατομική κατασκευή τους παρουσιάζει μεγάλες ομοιότητες με εκείνη των ξηροφύτων.

Τα αλόφυτα δημιουργούν χαρακτηριστικές φυτοκοινωνίες σε παραλιακά αλίπεδα και αλμυρά έλη, καθώς και σε αλμυρές περιοχές της ενδοχώρας των ηπείρων, όπως είναι οι αλμυρές έρημοι της Β. Αφρικής (π.χ. στις Αλμυρές Λίμνες μεταξύ των δύο οροσειρών του Άτλαντα), της Ουγγαρίας (στις ουγγρικές πεδιάδες), της Κασπίας, της Περσίας, της Βορείου Αμερικής (π.χ. περιοχή Μεγάλης Αλμυρής Λίμνης) και οι πάμπας της Ν. Αμερικής. Αλόφυτα, επίσης, αναπτύσσονται και στα γύρω από τα αλμυρά έλη χορτολίβαδα. Εδώ υπερτερούν συνήθως τα προαιρετικά αλόφυτα, τα οποία αντιμετωπίζουν το αλατούχο έδαφος, κυρίως, με συγκέντρωση οργανικών ουσιών μέσα στον κυτταρικό χυμό τους.

Στην Ελλάδα υπάρχουν αλόφυτα σε όλες τις ακτές, αλλά ιδιαίτερα ανεπτυγμένες φυτοκοινωνίες υπάρχουν στην Ηλεία, στη Λακωνία, στην Άρτα (Αμβρακικός κόλπος – δέλτα Αράχθου), στο Μεσολόγγι, στο Σχοινιά, στο Μαραθώνα, στις εκβολές του Σπερχειού, στο δέλτα των ποταμών της Βορείου Ελλάδας (π.χ. Έβρου, κλπ.), κ.α.

## ΕΙΔΗ ΑΛΟΦΥΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ.

**Κρητικό αλμυρίκι.** (*Tamarix parviflora* - Ταμαρίς η μικρανθής, συνών. *Tamarix cretica*) Θάμνος ή μικρό δέντρο που δεν ξεπερνά τα 3 μέτρα ύψος. Τα φύλλα του είναι στενόμακρα, σκούρα πράσινα και τα άνθη του ρόδινα. Φύεται στις όχθες ρυακιών, ρεμάτων και ποταμών της Κρήτης.



Εικόνα 3: Κρητικό αλμυρίκι

**Βούρλο.** Ποώδες αειθαλές υδρόφιλο φυτό του γένους *Juncus*, με κυλινδρικό βλαστό και φύλλα μακρόστενα και συνήθως κυλινδρικά επίσης· τα άνθη του είναι μικρά, και από τα φύλλα του φτιάχνονται καλάθια.



Εικόνα 4: Βούρλο

**Αρμυρήθρες.** Είναι ένα φυτό που φυτρώνει σε υγρότοπους, κυρίως κοντά στη θάλασσα, και δευτερευόντως κοντά σε ποτάμια και λίμνες. Είναι συγγενικό είδος με τα αρμυρίκια που φυτρώνουν στις αμμουδιές. Ευδοκίμει στο θερμό και ξηρό μεσογειακό κλίμα. Για να αντεπεξέλθει στις υψηλές τιμές άλατος στο έδαφος, αποθηκεύει στις ρίζες της μέχρι και 17% αλάτι. Επίσημα στοιχεία για τη θρεπτική αξία του φυτού δεν υπάρχουν. Ωστόσο, όπως όλα τα χόρτα περιέχουν μικρές συγκεντρώσεις βιταμινών C και E και οι αρμυρήθρες που φυτρώνουν κοντά στη θάλασσα είναι πλούσιες σε ιώδιο και μεταλλικά στοιχεία..



Εικόνα 5: Αρμυρήθρες

**Λιμονιάστρο,** είναι το φυτό που ανήκει στην οικογένεια των Πλουμβαγινίδων, είναι αιθαλείς θάμνος, πυκνής βλάστησης, ύψους 0,3 – 1 m και διπλάσιας διαμέτρου. Έχει έντονα διακλαδιζόμενους βλαστούς με φύλλα απλά, ακέραια, κυματοειδή, ασημόχρωμα. Τα φύλλα του είναι άμισχα και φαρδύτερα προς τις άκρες, ενώ λεπταίνουν στην ένωση με τον βλαστό. Τα άνθη είναι αρχικά ροζ με λεπούς ποδίσκους και γίνονται μωβ κατά την απάνθιση τους.



Εικόνα 6: Λιμονιάστρο

Στην παρακάτω φωτογραφία μπορούμε να δούμε τα αλόφυτα που προαναφέρθηκαν κατά την περίοδο της συλλογής δειγμάτων από τον τεχνητό υγροβιότοπο.



Εικόνα 7: Αλόφυτα αγροκτήματος ΤΕΙ Κρήτης

## 5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.

Μετά την λήψη των δειγμάτων από των υδροβιότοπο του αγροκτήματος του Τ.Ε.Ι., με την χρήση αυτών πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο οι παρακάτω μετρήσεις:

- ΡΗ
- Ηλεκτρική Αγωγιμότητα ( EC )
- Βιολογικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD)
- Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνου ( COD )
- Ολικός Φώσφορος ( P )
- Ολικό Άζωτο ( N )
- Βόριο ( B )
- Ολικών Αιωρούμενων Στερεών ( TSS )

### 5.1 Μέθοδος μέτρησης pH.

Ο **pH** είναι ένας εύχρηστος τρόπος έκφρασης της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου πιο σωστά των κατιόντων υδροξωνίου ( $H_3O^+$ ) σε ένα υδατικό διάλυμα. Πιο συγκεκριμένα, με "pH" συμβολίζεται ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων υδροξωνίου στο διάλυμα. Δηλαδή:

$$pH = -\log[H^+]$$

Η **κλίμακα pH** κυμαίνεται από 0 έως 14 και χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό της οξύτητας ενός διαλύματος. Διαλύματα για τα οποία η τιμή του pH είναι μικρότερη από 7 χαρακτηρίζονται ως όξινα, ενώ διαλύματα με pH μεγαλύτερο από 7 χαρακτηρίζονται αλκαλικά. Τέλος, τα διαλύματα με pH=7 ονομάζονται ουδέτερα.

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

Η μέτρηση του pH των δειγμάτων μας πραγματοποιήθηκε με πεχάμετρο της εταιρείας CRISON pH METER GLP21.



Εικόνα 8: Πεχάμετρο CRISON (pH Meter GLP21)

### ΕΚΤΕΛΕΣΗ:

Πρώτα καθαρίζονταν οι πόλοι του πεχάμετρου με αποστειρωμένο νερό και μετά βυθίζονταν σε ένα ποτήρι που περιείχε μέρος του δείγματος των λυμάτων και το πεχάμετρο υπολόγιζε την τιμή του pH.

### **5.2 Μέθοδος μέτρησης Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας ( EC ).**

Η **Ηλεκτρική αγωγιμότητα** (electrical conductance) εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει μέσα από κάποιο *αντικείμενο* και αποτελεί το δυαδικό μέγεθος της ηλεκτρικής αντίστασης. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δείχνει την απόκριση του υλικού εάν εφαρμοστεί σε αυτό διαφορά δυναμικού. Όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα του υλικού τόσο περισσότερο ηλεκτρικό ρεύμα θα ρεύσει εντός του υλικού. Ανάλογα λοιπόν με την τιμή της ηλεκτρικής του αγωγιμότητας, ένα υλικό χαρακτηρίζεται ως *αγωγός*, *μονωτής* ή *ημιαγωγός*.

Μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας σύμφωνα με το Διεθνές σύστημα μονάδων (SI) είναι το **Σήμενς (Siemens)**, διεθνές σύμβολο **S**. Οι Αγγλοσάξωνες συνηθίζουν να χρησιμοποιούν για την μέτρηση της αγωγιμότητας και την μονάδα mho (**Ω**), της

οποίας η γραφή προκύπτει από την αντιστροφή των γραμμάτων της μονάδας μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης Ωμ (Ohm), εξ ου και διαβάζεται "αντίστροφο Ωμ".

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δίνεται αριθμητικά εάν διαιρέσουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα αντικείμενο (σε amperes) προς την διαφορά δυναμικού/τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του (σε volts). Πρόκειται δηλαδή για ένα μέγεθος αντίστροφο της ηλεκτρικής αντίστασης. Ο αντίστοιχος τύπος είναι:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V}$$

όπου:

**G:** Η αγωγιμότητα που εμφανίζει το αντικείμενο (σε Siemens)

**R:** Η αντίσταση που εμφανίζει το αντικείμενο (σε ohms)

**V:** Η διαφορά δυναμικού που εφαρμόζεται στα άκρα του αντικειμένου (σε volts)

**I:** Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το αντικείμενο (σε amperes)

#### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

Η μέτρηση της Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας των δειγμάτων μας πραγματοποιήθηκε με αγωγιμόμετρο της εταιρείας CRISON Conductivity Meter S25.



Εικόνα 9: Αγωγιμόμετρο CRISON (Conductivity Meter S25).

## ΕΚΤΕΛΕΣΗ:

Και εδώ αφού καθαρίζαμε τους πόλους με αποστειρωμένο νερό, βυθίζουμε τους πόλους σε ένα ποτήρι που περιείχε το δείγμα. Το αγωγιμόμετρο μας έδινε μια τιμή η οποία έπρεπε να πολλαπλασιαστεί με ένα συντελεστή  $f$  ( συντελεστής διόρθωσης λόγω θερμοκρασίας ), ώστε να πάρουμε την κανονική αγωγιμότητα.

### **5.3 Μέθοδος μέτρησης Βιολογικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD).**

Η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου ή το βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand, BOD) είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται από μικροοργανισμούς προκειμένου να αποικοδομήσουν βιολογικά τα απόβλητα και ενδιαφέρει η μέτρηση BOD-πέντε ημερών ή BOD<sub>5</sub>. Το BOD συνήθως εκφράζεται σε χιλιοστογραμμάρια απαιτούμενου οξυγόνου ανά λίτρο αποβλήτου (mg/L) ή σε ισοδύναμες μονάδες: γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο (g/m<sup>3</sup>). Η βιοχημική οξείδωση είναι βραδεία. Σε χρόνο 20 ημερών έχει οξειδωθεί μόλις το 95- 99 % της οργανικής ύλης των λυμάτων. Δεδομένου ότι ο χρόνος αυτός είναι πολύ μεγάλος, συνήθως μετράται το BOD των πρώτων 5 ημερών (BOD<sub>5</sub>), όπου έχει διασπασθεί το 70- 80 % των οργανικών ενώσεων.

Η μεγάλη αξία του BOD βρίσκεται στο ότι μετρά κατευθείαν το κυριότερο ρυπαντικό αποτέλεσμα της οργανικής ύλης δηλαδή, την κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου που πραγματοποιούν οι μικροοργανισμοί κατά την οξείδωση τους.

Το BOD είναι παραδοσιακά πλέον η σημαντικότερη παράμετρος μέτρησης της ισχύος της οργανικής ρύπανσης το BOD σε μία μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι ένας από τους δείκτες-κλειδιά προκειμένου να εκτιμηθεί η απόδοση της επεξεργασίας.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Ογκομετρικοί κύλινδροι των 250 ml
- Συσκευή μέτρησης BOD

## ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ:

- Nitrification Inhibitor (5g/L C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>S).
- Παστίλιες καθαρού NaOH – Sodium hydroxide.



## ΕΚΤΕΛΕΣΗ:

Στις φιάλες της συσκευής BOD προστίθενται 250 ml από το δείγματα. Σε όλες τις φιάλες προστίθενται σταγόνες Nitrification Inhibitor, έπειτα τοποθετούνται οι ειδικές θήκες και προστίθενται, για κάθε δείγμα, 4-5 παστίλιες NaOH. Στη συνέχεια βιδώνονται οι μετρητές πάνω στα μπουκάλια και μετά μηδενίζεται η πίεση πατώντας ταυτόχρονα το S και M μέχρι η τιμή της ένδειξης να γίνει μηδέν. Έπειτα οι φιάλες τοποθετούνται στο ψυγείο-μέτρησης BOD και μετά από 5 ημέρες με το κουμπί S προκύπτει η τιμή του BOD για την 5η ημέρα. Η τελική τιμή του BOD προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της μέτρησης με τον Factor. Η τιμή που προκύπτει είναι σε mg/L.

Όγκος (mL)	BOD (mg/L)	Nitrif. Inh (σταγόνες)	Factor
432	0-40	9	1
365	0-80	7	2
250	0-200	5	5
164	0-400	3	10
97	0-800	2	20
43.5	0-2000	1	50
22.7	0-4000	1	100

Πίνακας 1: οι τιμές του BOD και οι αντίστοιχοι όγκοι των δειγμάτων, οι ποσότητες Nitrification Inhibitor και οι συντελεστές ( Factor ) πολλαπλασιασμού.



Εικόνα 10: Φιάλη και Συσκευή BOD.

#### 5.4 Μέθοδος μέτρησης Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου ( COD ).

Η χημική απαίτηση οξυγόνου ή το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD) είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για τη χημική οξείδωση των αποβλήτων. Το COD είναι μία μετρήσιμη ποσότητα η οποία δεν εξαρτάται ούτε από την ικανότητα βιοαποικοδόμησης των μικροοργανισμών ούτε από την γνώση της χημικής σύστασης και δομής των μορίων που υπάρχουν σε ένα απόβλητο/δείγμα.

Το COD χρησιμοποιείται σαν μέτρηση της μόλυνσης των φυσικών νερών και των υγρών αποβλήτων και για να εκτιμηθεί η δύναμη του απόβλητου όπως τα οικιακά και τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα. Το COD έχει επιπλέον εφαρμογές σε επιχειρήσεις παραγωγής ενέργειας, παραγωγής χημικών, περιβαλλοντικές μελέτες κλπ.

#### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

Η μέθοδος προσδιορισμού του COD πραγματοποιήθηκε με την χρήση προϊόντων της εταιρείας HACH LANGE τεστ σε φιαλίδια (COD, τεστ σε φιαλίδια 100-2000 mg/l O<sub>2</sub>, Αριθμός προϊόντος: LCK 514).

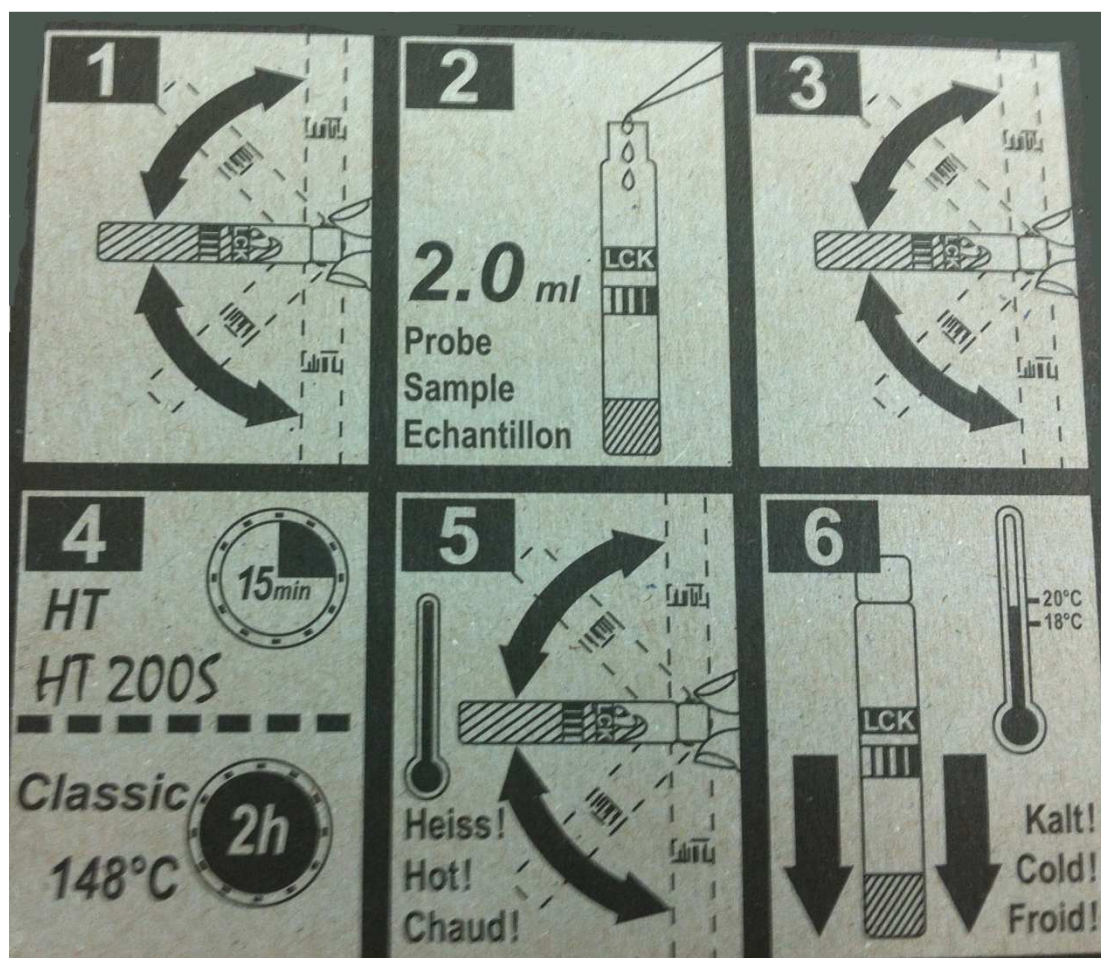


Εικόνα 11: LCK 514 COD

## ΕΚΤΕΛΕΣΗ:

Σύμφωνα με τις οδηγίες της εταιρείας ( HACH LANGE ) παρασκευής της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε, ο υπολογισμός του COD έγινε με τον εξής τρόπο:

1. Ανακινούμε το φιαλίδιο με το αντιδραστήριο υγρό.
2. Προσθέτουμε 2 ml του δείγματος μας.
3. Ανακινούμε το φιαλίδιο ξανά.
4. Τοποθετούμε το φιαλίδιο σε θερμικό αντιδραστήρα για 2 ώρες στους 148 °C
5. Ανακινούμε ξανά το φιαλίδιο στην θερμοκρασία που είναι όταν βγαίνει από τον θερμικό αντιδραστήρα.
6. Στην συνέχεια αφήνουμε τη θερμοκρασία του να πέσει στους 18 – 20 °C.
7. Τέλος μετράμε την ποσότητα COD (mg/l) με την χρήση του φασματομετρητή Hach Lange DR 2800.



Εικόνα 12: Πειραματική διαδικασία υπολογισμού COD, βάση οδηγιών της Hach Lange.

## 5.5 Μέθοδος μέτρησης Ολικού Φωσφόρου ( P ).

Ο **Φώσφορος** (Phosphorus) είναι το αμέταλλο χημικό στοιχείο με χημικό σύμβολο **P**, ατομικό αριθμό 15 και ατομικό βάρος 30,97376. Πρόκειται για ένα χημικό στοιχείο της ομάδας του αζώτου ( $V_A$  ή 15) με τέσσερις (4) πιο γνωστές στερεές αλλοτροπικές μορφές. Οι δυο κυριότερες από αυτές είναι ο λευκός και ο ερυθρός φώσφορος. Η χαρακτηριστική ιδιότητα του φωσφορισμού σχετίζεται μόνο με το λευκό φώσφορο.

Πρόκειται για εξαιρετικά δραστικό στοιχείο και γι' αυτό ποτέ δεν βρέθηκε σε στοιχειακή κατάσταση στη φύση της Γης. Συνήθως βρίσκεται σε φωσφορούχα πετρώματα, αλλά αποτελεί σημαντικό συστατικό και σημαντικών βιοχημικά (και όχι μόνο) οργανοφωσφορικών ενώσεων, όπως (μεταξύ άλλων) το DNA, το RNA, η ATP και η ADP. Είναι απαραίτητο στοιχείο για κάθε ζωντανό κύτταρο.

Στα υγρά απόβλητα, η συγκέντρωση του φωσφόρου (P) αποτελεί βασικό συστατικό για τη σύνθεση του κυτταρικού ιστού των μικροοργανισμών, στα φρέσκα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα κυμαίνεται από 5 – 30 mg/lit. Στις οργανικές ενώσεις των λυμάτων ανήκει περίπου το 75 % του συνολικά υπάρχοντος φωσφόρου, ενώ ο υπόλοιπος (25 % περίπου) βρίσκεται στα υγρά απόβλητα κυρίως με τη μορφή των ορθοφωσφορικών ( $PO_4^{3-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $H_3PO_4$ ) διαλυτών ιόντων από 70 - 90 % και πολυφωσφορικών ( $P_2O_7^{2-}$ ) ιόντων τα οποία είναι περίπλοκα μόρια, αλλά και με τη μορφή άλλων οργανικών φωσφορικών ενώσεων. Ο οργανικά δεσμευμένος φώσφορος δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για τα αστικά λύματα, τα δε ορθοφωσφορικά ιόντα χρησιμεύουν για το βιολογικό μεταβολισμό χωρίς να διασπώνται περαιτέρω.

Το φορτίο επιβάρυνσης των λυμάτων με φώσφορο υπολογίζεται συνήθως με τιμές περίπου **2 – 4 gr/κατ. ημ.** Ένα ποσοστό της τάξης του 10 % έως 30 % της εισερχόμενης ποσότητας φωσφόρου απομακρύνεται από τους μικροοργανισμούς κατά τη διάρκεια της βιολογικής επεξεργασίας στις δεξαμενές αερισμού, ενώ το σύνολο σχεδόν των φωσφορικών ενώσεων μετατρέπεται σε διαλυτά ορθοφωσφορικά ιόντα.

Λόγω των φαινομένων ευτροφισμού που δημιουργεί ο φώσφορος στα επιφανειακά νερά πρέπει να απομακρυνθεί από τα υγρά απόβλητα. Η συγκέντρωσή του στην εκροή των Ε.Ε.Λ. (Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων) καθορίζεται από τον

χαρακτηρισμό και τις ωφέλιμες χρήσεις του αποδέκτη όπως ισχύει και για τους άλλους ρύπους. Αυτό σημαίνει ότι ο βαθμός απόδοσης του συστήματος και η διαδικασία επεξεργασίας που επιλέγεται είναι άμεσα συνυφασμένη με τον αποδέκτη και τις χρήσεις του. Σε γενικές γραμμές, όταν πρόκειται για ευαίσθητους αποδέκτες, δηλαδή γλυκά επιφανειακά νερά, θεωρείται ικανοποιητική η ποσότητα του φωσφόρου στην απορροή όταν αυτή δεν υπερβαίνει τα **2,0 mg/l**. Η πρακτική που ακολουθείται πάντως, εφόσον αποφασίζεται απομάκρυνση του φωσφόρου, αποβλέπει απομάκρυνση της τάξης του 90 έως και 95 %.

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

Η μέτρηση του Φωσφόρου πραγματοποιήθηκε με χρήση προϊόντων της εταιρείας HACH LANGE τεστ σε φιαλίδια (Ολικός Φωσφόρος και Ορθοφωσφορικά, τεστ σε φιαλίδια 2.0-20.0 mg/l PO<sub>4</sub>-P, Αριθμός προϊόντος: LCK350).

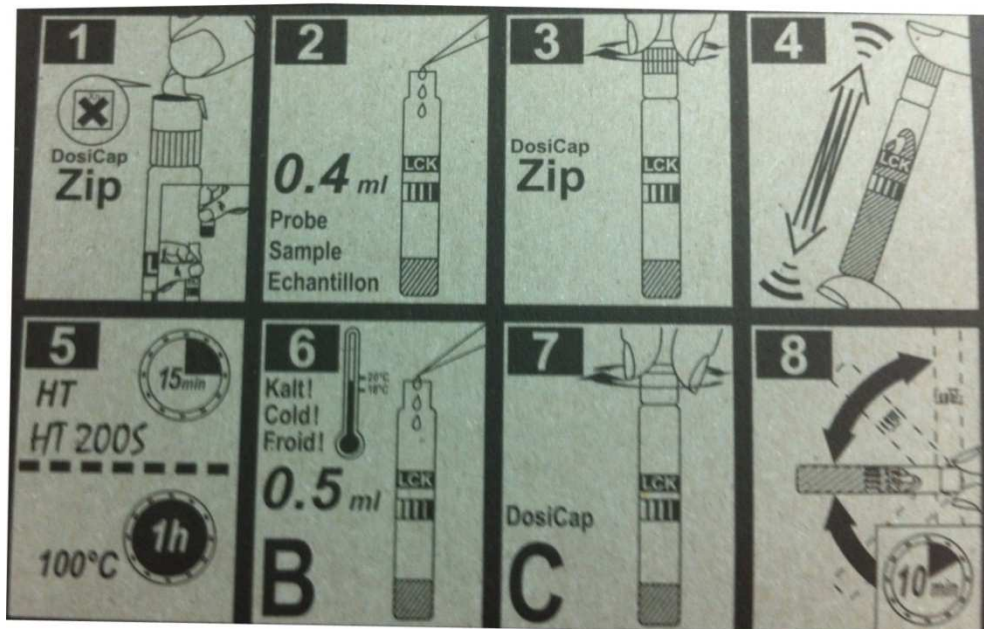


Εικόνα 13: LCK350 Ολικός Φωσφόρος και Ορθοφωσφορικά

### ΕΚΤΕΛΕΣΗ:

Σύμφωνα με τις οδηγίες της εταιρείας ( HACH LANGE ) παρασκευής της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε, ο υπολογισμός του Ολικού Φώσφορου έγινε με τον εξής τρόπο:

1. Αφαιρούμε το καπάκι με το αντιδραστήριο (dosi cap) από το φιαλίδιο.
2. Προσθέτουμε 0,4 ml του δείγματος μας στο φιαλίδιο.
3. Τοποθετούμε το καπάκι με το αντιδραστήριο (dosi cap) στο φιαλίδιο.
4. Ανακινούμε καλά το φιαλίδιο έως ώστε να διαλυθεί αντιδραστήριο.
5. Τοποθετούμε το φιαλίδιο σε θερμικό αντιδραστήρα για 1 ώρα στους 100 °C.
6. Αφήνουμε την θερμοκρασία του φιαλιδίου να επανέλθει στους 18 - 20 °C και προσθέτουμε 0,5 ml του αντιδραστηρίου B.
7. Στην συνέχεια αλλάζουμε το υπάρχον καπάκι, με το καπάκι με το αντιδραστήριο C και ανακινούμε καλά.
8. Περιμένουμε για 10 λεπτά και τέλος μετράμε το ολικό Φώσφορο (mg/l) με την χρήση φασματομετρητή Hach Lange DR 2800.



Εικόνα 14: Πειραματική διαδικασία υπολογισμού Φωσφόρου, βάση οδηγιών της Hach Lange.

### 5.6 Μέθοδος μέτρησης Ολικού Αζώτου ( N ).

Το **άζωτο** (Nitrogenium) είναι χημικό στοιχείο που ανήκει στα αμέταλλα, έχει σύμβολο το N και ατομικό αριθμό 7. Στη συνηθισμένη στοιχειακή του μορφή και κάτω από Κανονικές Συνθήκες είναι διατομικό αέριο, άχρωμο, άοσμο, άγευστο και σχετικά αδρανές στις Κ.Σ. Η λέξη **άζωτο** προέρχεται ετυμολογικά από τις λέξεις «α-» (στερητικό) και «ζωή». Έχει την έννοια ότι δεν υποστηρίζει τη ζωή, όπως το οξυγόνο.

Είναι το πιο διαδεδομένο χημικό στοιχείο του ατμοσφαιρικού αέρα της Γης, αποτελώντας το 78% του όγκου του και απαραίτητο συστατικό όλων των ζωντανών οργανισμών. Θεωρείται το πέμπτο πιο διαδεδομένο συστατικό του σύμπαντος<sup>[1]</sup>.

Ελεύθερο άζωτο («διάζωτο», εφόσον αποτελείται από διατομικά μόρια) έχει βρεθεί σε μετεωρίτες, στον ήλιο και άλλα άστρα και νεφελώματα, ενώ είναι βασικό συστατικό της ατμόσφαιρας του Τιτάνα. Ενωμένο βρίσκεται σε όλους τους ζωντανούς ιστούς με τη μορφή πρωτεϊνών, αμινοξέων και άλλων χημικών ενώσεων. Επίσης, στην ατμόσφαιρα, στο νερό της βροχής και των θαλασσών, στο έδαφος και στα περιττώματα των ζώων με τη μορφή οξειδίων, αμμωνίας, νιτρικού οξέος, νιτρικών και αμμωνιακών αλάτων.

Σχηματίζει πολλές σημαντικές βιομηχανικά, βιοχημικά χημικές ενώσεις, όπως (εκτός από τις αναφερόμενες παραπάνω) νιτροενώσεις, αμίνες, αμινοξέα, νιτρίλια, νουκλεϊκά οξέα, καθώς και πλήθος άλλων ανόργανων και οργανικών ενώσεων. Η νανοτεχνολογία ερευνά εφαρμογές σε διάφορες τεχνητές αλλοτροπικές μορφές και χημικές ενώσεις μοριακού μεγέθους της τάξης των νανομέτρων.

Όσον αφορά τα απόβλητα, το Άζωτο είναι βασικό στοιχείο για την σύνθεση των πρωτεϊνών και οι γνώσεις για την μορφή με την οποία βρίσκεται στα απόβλητα καθώς επίσης και οι συγκεντρώσεις του σε οποιαδήποτε μορφή, είναι απαραίτητες για την διαδικασία αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των βιολογικών διεργασιών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Το ολικό άζωτο (Total Nitrogen, TN) κατανέμεται σε ανόργανο άζωτο (Total Inorganic Nitrogen, TIN) το οποίο περιλαμβάνει τα νιτρώδη (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) και τα νιτρικά (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) άλατα, και σε οργανικό άζωτο (Total Organic Nitrogen, TON). Στο οργανικό άζωτο ανήκει η αμμωνία στην αέρια μορφή (NH<sub>3</sub>) ή στην ιοντική της μορφή (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), η ουρία (NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>) και το άζωτο των πρωτεϊνών. Το αμμωνιακό και το οργανικό άζωτο αποτελούν το άζωτο Kjeldahl (TKN).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

Η μέτρηση του Αζώτου πραγματοποιήθηκε με χρήση προϊόντων της εταιρείας HACH LANGE τεστ σε φιαλίδια (LATON Ολικό Άζωτο, τεστ σε φιαλίδια 5-40 mg/l TNb, Αριθμός προϊόντος: LCK238).



Εικόνα 15: LCK238 LATON Ολικό Αζωτο

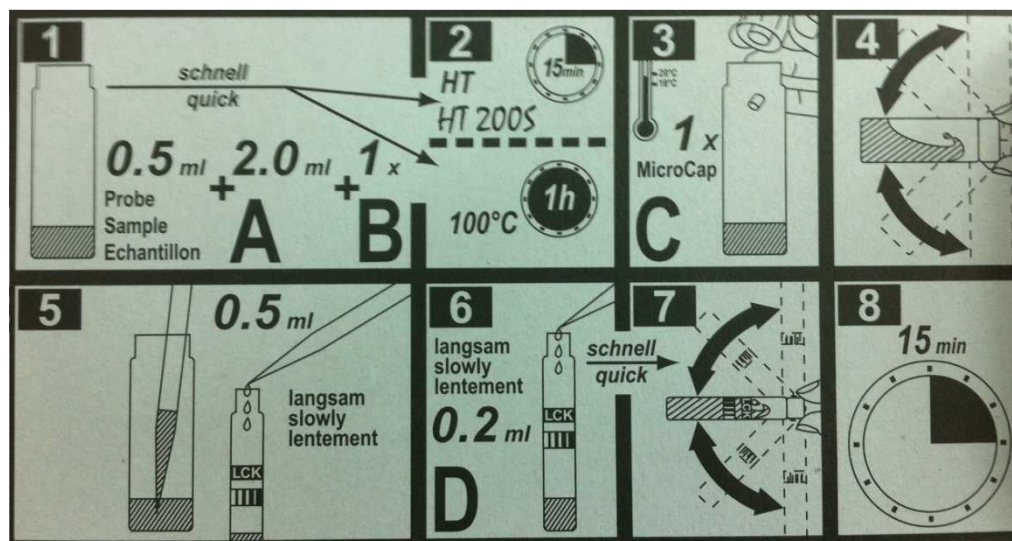
## ΕΚΤΕΛΕΣΗ:

Σύμφωνα με τις οδηγίες της εταιρείας ( HACH LANGE ) παρασκευής της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε, ο υπολογισμός του Ολικού Αζώτου έγινε με τον εξής τρόπο:

1. Σε κενό φιαλίδιο προσθέτουμε 0,5 ml του δείγματος μας, 2 ml του αντιδραστηρίου A και 1 χαπάκι του αντιδραστηρίου B.
2. Τοποθετούμε το φιαλίδιο σε θερμικό αντιδραστήρα για 1 ώρα στους 100 °C.
3. Αφήνουμε την θερμοκρασία του φιαλιδίου να πέσει στους 18 – 20 °C και προσθέτουμε ένα χαπάκι του αντιδραστηρίου C.
4. Ανακινούμε καλά το φιαλίδιο με το μείγμα.



5. Προσθέτουμε στο φιαλίδιο μέτρησης του Αζώτου 0,5 ml από το μείγμα που μόλις δημιουργήσαμε.
6. Προσθέτουμε επίσης 0,2 ml από το αντιδραστήριο D.
7. Ανακινούμε ξανά.
8. Τέλος περιμένουμε για 15 λεπτά και στην συνέχεια μετράμε το ολικό Άζωτο (mg/l) με την χρήση φασματομετρητή Hach Lange DR 2800.



Εικόνα 16: Πειραματική διαδικασία υπολογισμού Αζώτου, βάση οδηγιών της Hach Lange.

### 5.7 Μέθοδος μέτρησης Βόριου ( B ).

Το **βόριο** είναι το χημικό στοιχείο με σύμβολο B και ατομικό αριθμό 5. Είναι το πρώτο μέλος και το μοναδικό αμέταλλο στοιχείο της 13 (III<sub>A</sub>) ομάδας του περιοδικού πίνακα των στοιχείων. Παρουσιάζει αρκετές αλλοτροπικές μορφές, που όλες είναι στερεές. Είναι στερεό, είτε κρυσταλλικό είτε άμορφο, με χημικές ιδιότητες που το κατατάσσουν στην ιδιαίτερη ομάδα των μεταλλοειδών, δηλαδή χημικών στοιχείων που άλλοτε συμπεριφέρονται ως μέταλλα και άλλοτε ως αμέταλλα. Το άμορφο βόριο έχει μορφή καφέ σκόνης, ενώ το κρυσταλλικό είναι μαύρο και πολύ σκληρό (έχει σκληρότητα 9,13/12 στην κλίμακα Mohs).

Το Βόριο στο περιβάλλον δεν βρέθηκε ποτέ ελεύθερο, δηλαδή σε στοιχειακή μορφή, αλλά μόνο σε ενώσεις με άλλα χημικά στοιχεία, κυρίως με την μορφή του ορυκτού βόρακα ( τετραβορικό νάτριο ). Το όνομα του βορίου ( boron ) προέρχεται από την περσική λέξη “burah” που είναι το όνομα του ορυκτού βόρακα. Χρησιμοποιείται ευρέως στην βιομηχανία ( για αυτό υπάρχει αρκετό στα λύματα, τα οποία πρέπει πρώτα να επεξεργαστούν, πριν αποριφθούν ), στην υαλουργία ( υαλοβάμβακας, pyrex, κ.α. ), στην παρασκευή απορρυπαντικών, εντομοκτόνων κτλ. Το περισσότερο βόριο περιέχεται στο θαλασσινό νερό καθώς και σε εδάφη που υπήρχε στο παρελθόν θάλασσα και το νερό με τον καιρό έχει εξατμιστεί ( βορικό νάτριο ). Το βόριο είναι σημαντικό ιχνοστοιχείο για τα ζώα τα φυτά και τους ανθρώπους, αν και το εύρος μεταξύ ανεπάρκειας και υπέρβασης είναι μικρό. Είναι ιδιαίτερα σημαντική η ποσότητα του βορίου ( που υπάρχει στο έδαφος, αλλά κυρίως στο νερό ) για την σωστή ανάπτυξη των φυτών. Έτσι, ενώ σε πολύ μικρή ποσότητα αποτελεί βασικό θρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών, η υπέρβαση του το κάνει τοξικό. Επίσης, ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά, προκαλώντας ναυτία, εμετό, διάρροια και δυσκολία κατά την πήξη του αίματος, με πρόσληψη άνω των 5 gr βορικού οξέος μέσα σε μια ημέρα. Ποσά άνω των 20 gr είναι απειλητικά για την ζωή. Εκ τούτου ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας συνιστά η συγκέντρωση βορίου στο πόσιμο νερό να μην ξεπερνά τα 0,5 mg/l

#### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

Η μέτρηση του Βορίου πραγματοποιήθηκε με χρήση προϊόντων της εταιρείας HACH LANGE τεστ σε φιαλίδια (LCK 307 Βόριο, τεστ σε φιαλίδια 0,05 – 2,5 mg/l B, Αριθμός προϊόντος: LCK 307).

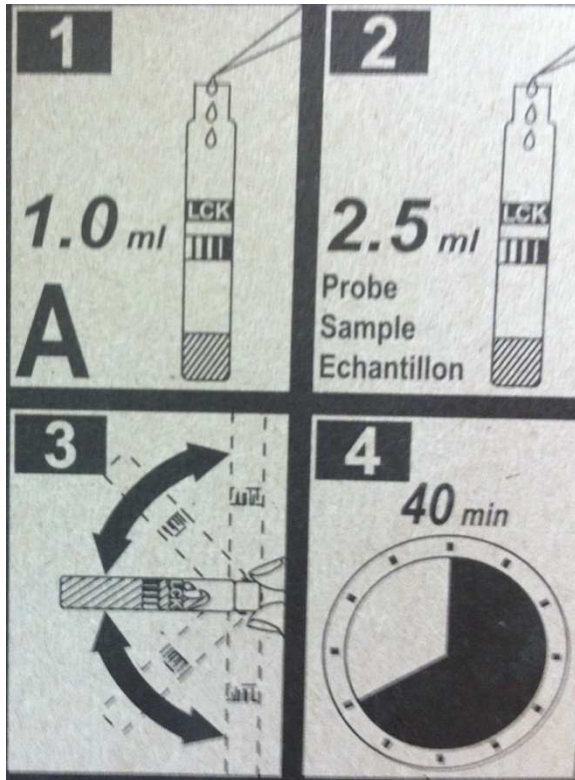


Εικόνα 17: LCK 307 Βόριο, τεστ σε φιαλίδια 0,05 – 2,5 mg/l B

#### ΕΚΤΕΛΕΣΗ:

Σύμφωνα με τις οδηγίες της εταιρείας ( HACH LANGE ) παρασκευής της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε, ο υπολογισμός του Βορίου έγινε με τον εξής τρόπο:

1. Στο φιαλίδιο μέτρησης του Βορίου προσθέτουμε 1 ml του αντιδραστηρίου A.
2. Στην συνέχεια προσθέτουμε 2,5 ml του δείγματος μας.
3. Ανακινούμε καλά το φιαλίδιο με το περιεχόμενο του.
4. Τέλος περιμένουμε για 40 λεπτά και μετράμε το Βόριο (mg/l) με την χρήση του φασματομετρητή Hach Lange DR 2800.



Εικόνα 18: Πειραματική διαδικασία υπολογισμού Βορίου, βάση οδηγιών της Hach Lange.



Εικόνα 19: Φασματομετρητής Hach Lange DR 280



Εικόνα 20: Θερμικός Αντιδραστήρας WTW CR 3200.

### 5.8 Μέθοδος μέτρησης Ολικών Αιωρούμενων Στερεών ( TSS ).

Τα **αιωρούμενα στερεά** ( λεπτομερή σωματίδια και κολλοειδή ) είναι ανόργανης ή οργανικής φύσης και έχουν είτε φυσική προέλευση είτε προέρχονται από τη χρήση του νερού από τον άνθρωπο. Η παρουσία τους στα ύδατα οδηγεί στη δημιουργία θολότητας η οποία εκτρέπει ή απορροφά το ηλιακό φως. Ως συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι πέρα από την αισθητική υποβάθμιση του νερού, η παρεμπόδιση της διέλευσης του ηλιακού φωτός και ο περιορισμός των διαδικασιών φωτοσύνθεσης και παραγωγής του φυτοπλαγκτόν. Ακόμη, τα αιωρούμενα στερεά μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την ανάπτυξη των υδρόβιων οργανισμών και να παρέχουν προστασία στους παθογόνους μικροοργανισμούς έναντι των διαδικασιών καταστροφής τους. Επιπλέον, τα αιωρούμενα σταθερά επηρεάζουν τη μεταφορά συστατικών, όπως του οξυγόνου, μεταξύ της ατμόσφαιρας και νερού.

Η παράμετρος των αιωρούμενων στερεών είναι σημαντική στην διαχείριση αποβλήτων, αφού αποτελεί μέτρο ελέγχου του βαθμού απόδοσης των μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων.

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Ογκομετρικός κύλινδρος 100 ml
- Αναλυτική ζυγαριά ακριβείας
- Φίλτρα Whatman GF/F
- Συσκευή διήθησης υπό κενό
- Φούρνος των 110 °C

### ΕΚΤΕΛΕΣΗ:

1. Αρχικά προετοιμάζουμε τα φίλτρα τοποθετώντας τα σε συσκευή διήθησης και ξεπλένοντας τα 3 φορές με περίπου 20 ml νερό. Αφού απομακρυνθεί καλά η υγρασία τοποθετούνται σε θήκες αλουμινίου και στο φούρνο στους 103 με 105 °C για 24 ώρες. Τα φίλτρα τοποθετούνται στον ξηραντήρα μέχρι να χρησιμοποιηθούν.
2. Αρχικά ζυγίζουμε τα φίλτρα με ακρίβεια 4 δεκαδικών ψηφίων.
3. Τα προζυγισμένα φίλτρα τοποθετούνται στη συσκευή διήθησης.
4. Πριν από την διήθηση κάθε δείγμα ανακινείται καλά.
5. Σε περίπτωση που το δείγμα έχει πολλά στερεά που καθιζάνουν εύκολα, προκειμένου να πάρουμε αντιπροσωπευτικό δείγμα, ομογενοποιούμε αναδεύοντας με μαγνητικό αναδευτήρα και παίρνουμε όση ποσότητα χρειαζόμαστε με σιφόνιο από τη μέση περίπου (σε βάθος).
6. Διηθούμε 10 ml από τα δείγματα μας.
7. Τα φίλτρα τοποθετούνται στο φούρνο στους 110 °C για 1 ημέρα.
8. Την επομένη τα φίλτρα ζυγίζονται με ακρίβεια 4 ψηφίων.
9. Στη συνέχεια η ποσότητα των **ολικών αιωρούμενων στερεών** σε κάθε δείγμα υπολογίζεται σε mg/l από τον τύπο:

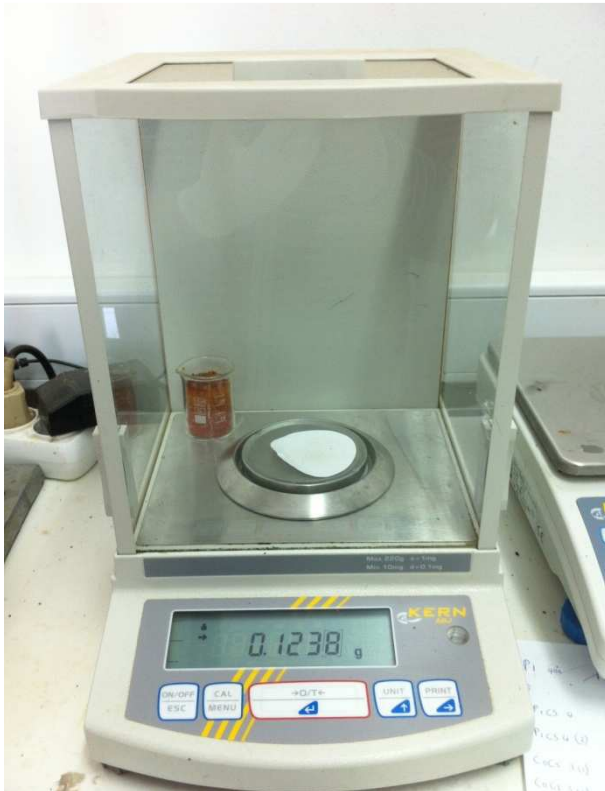
$$TSS(mg/l) = (B - A) * 1000 * 1000 / C$$

Όπου

A: βάρος φίλτρου σε γραμμάρια

B: μικτό βάρος μετά την ξήρανση σε γραμμάρια ( Βάρος ξηρού υπολείμματος + βάρος φίλτρου μετά από 24 ώρες στους 105 °C )

C: όγκος δείγματος σε ml.



Εικόνα 21: Αναλυτική ζυγαριά ακριβείας και φίλτρο Whatman GF/F



Εικόνα 22: Φούρνος ρυθμισμένος στους 110 °C.



Εικόνα 23: Συσκευή διήθησης υπό κενό.



## 6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Αγρόκτημα του Τ.Ε.Ι. Κρήτης στον τεχνητό υγροβιότοπο. Είχε διάρκεια περίπου 4 μήνες ( 10/09/2013 έως 20/12/2013). Εντός αυτής της περιόδου συλλέγαμε δείγματα σε πλαστικά δοχεία του 1,5 lt από την είσοδο και την έξοδο του τεχνητού υγροβιότοπου ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Τα δείγματα αυτά τα χρησιμοποιήσαμε με τις παραπάνω μεθόδους ώστε να πάρουμε τα κατάλληλα αποτελέσματα για την ανάλυση που ακολουθεί παρακάτω.

Το σύστημα του τεχνητού υγροβιότοπου αποτελείται:

1. Είσοδο λυμάτων που έρχονται από το κέντρο βιολογικής επεξεργασίας ( βιολογικός Ηρακλείου ).
2. Υγροβιότοπο επιφανειακής ροής.
3. Υγροβιότοπο υποεπιφανειακής ροής με τα αλόφυτα.
4. Δεξαμενή απορροής.

### Υγροβιότοπος υποεπιφανειακής ροής.

Για τα συστήματα υγροβιότοπου SSF χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση σχεδιασμού (Tchobanoglous και Burton (1991)):

$$t_p = (L W a d) / Q$$

Όπου:  $t_p$  = χρόνος παραμονής στο πορώδες υπόστρωμα (σε αυτήν την περίπτωση HRT),  $L$  = μήκος λεκανών,  $W$  = πλάτος λεκανών,  $a$  = περατότητα δια μέσου των λεκανών ως ποσοστό,  $d$  = βάθος της λεκάνης και  $Q$  = παροχή ροής ( $m^3/d$ )

Η μέση περατότητα του χαλικιού είναι 0.45 και το βάθος της λεκάνης 0.45 m. Έτσι με βάση και ότι ο HRT είναι 0.5d όπως υπολογίστηκε από την εξίσωση (1) η επιφάνεια του υδροβιότοπου βρέθηκε 37 m<sup>2</sup>. Για ασφάλεια και κατασκευαστικούς λόγους η επιφάνεια έγινε στα 40 m<sup>2</sup> με πλάτος 8 m και μήκος 5 m. Αρχικά 1 m κατά μήκος είναι με χαλίκι 60-100mm καθώς και το τελευταίο 1 m (ζώνη εξόδου). Στην μέση τοποθετήθηκε χαλίκι 30 mm με την κορυφή να καλύπτεται για 5 cm με χαλίκι 10 mm για την φύτευση των αλόφυτων.

### **Υδροβιότοπος επιφανειακής ροής ( FWS ).**

Για να κατασκευαστεί ο υδροβιότοπος έπρεπε πρώτα να υπολογιστεί ο υδραυλικός χρόνος παραμονής των λυμάτων, καθώς και η επιφάνεια του. Βάση τύπων ο υπολογιζόμενος υδραυλικός χρόνος παραμονής υπολογίστηκε 0,44d το χειμώνα και 0,34d το καλοκαίρι, ενώ η επιφάνεια στα 32 m<sup>2</sup>. Για να πληρούνται τα όρια ασφαλείας αποφασίστηκε ο υδροβιότοπος να έχει επιφάνεια 36 m<sup>2</sup> με πλάτος 3 m και μήκος 12 m, στην οποία συμπεριλαμβάνεται η είσοδος με χαλίκι, η έξοδος και η βαθειά ανοξική ζώνη στο κέντρο.

### **Δεξαμενή απορροής.**

Η δεξαμενή απορροής είναι εκεί που καταλήγουν τα λύματα μετά από την επεξεργασία στον υδροβιότοπο, ώστε να επιστρέψουν στο βιολογικό.

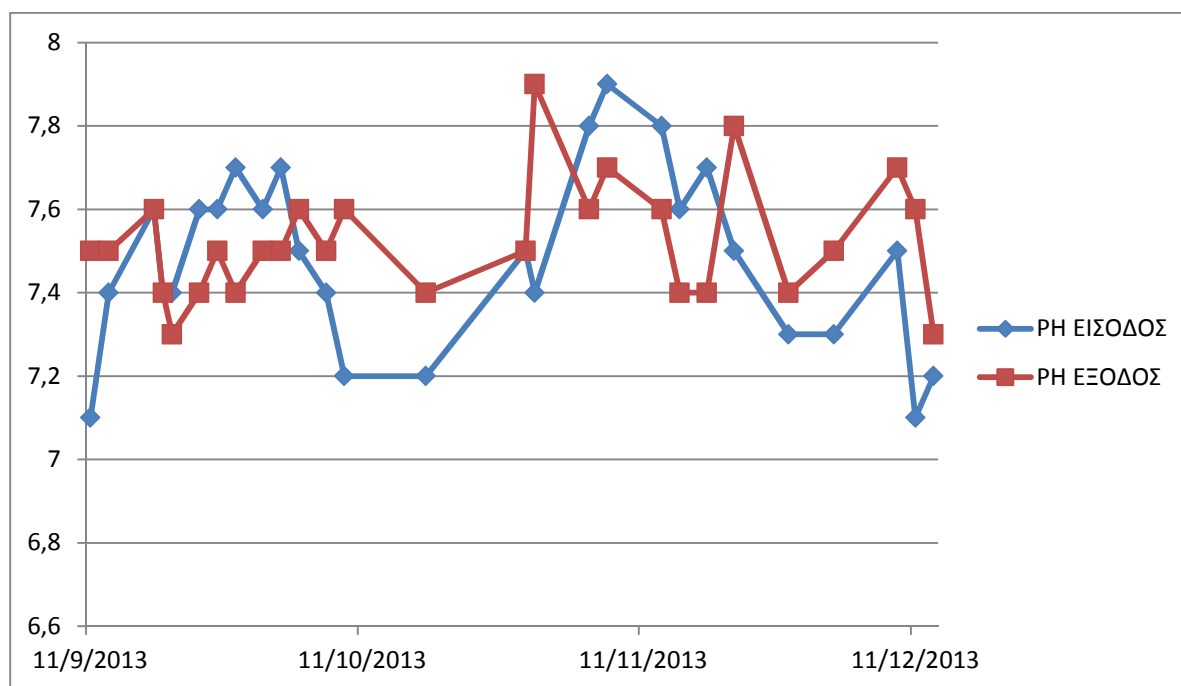
### **Δειγματοληψία.**

Τα σημεία δειγματοληψίας ήταν δύο για την συγκεκριμένη εργασία. Αυτά ήταν η παροχή των λυμάτων από κάθε υδροβιότοπο, δηλαδή η είσοδος και η έξοδος των λυμάτων.

## 7.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

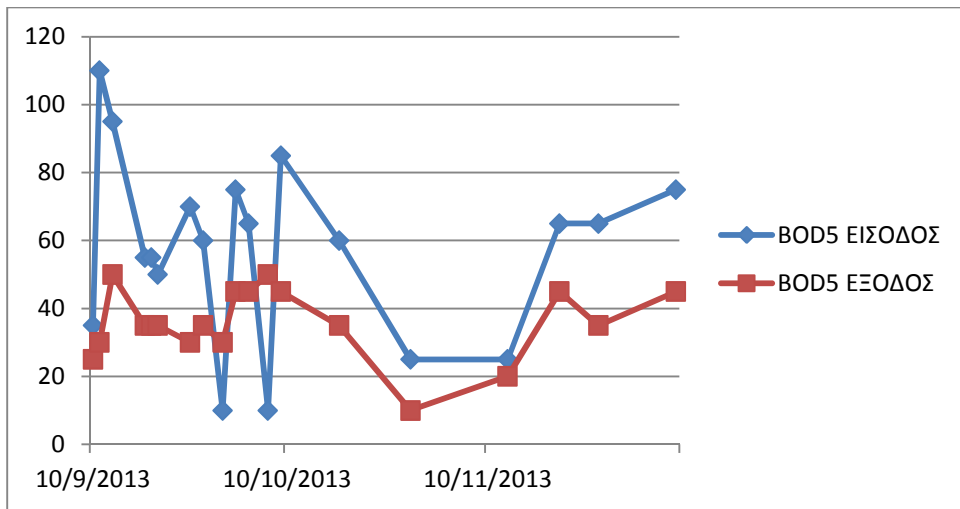
### 7.1 Αποτελέσματα μέτρησης pH

Το παρακάτω διάγραμμα περιέχει τις τιμές του pH για την είσοδο και την έξοδο. Όπως βλέπουμε στο διάγραμμα οι τιμές του pH του υγροβιότοπου για την είσοδο και την έξοδο έχουν πολύ μικρή απόκλιση μεταξύ τους. Ο μέσος όρος για την χρονική περίοδο 10/09/2013 – 20/12/2013 είναι για το pH της εισόδου 7,46, ενώ για το pH της εξόδου είναι 7,51.



Διάγραμμα 1. pH

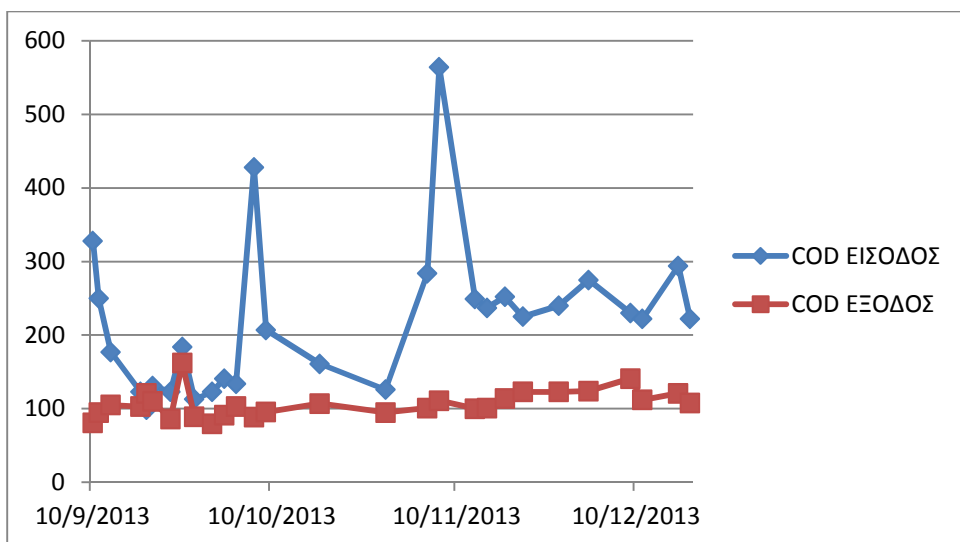




Διάγραμμα 3. BOD5

#### 7.4 Αποτελέσματα μέτρησης Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (COD)

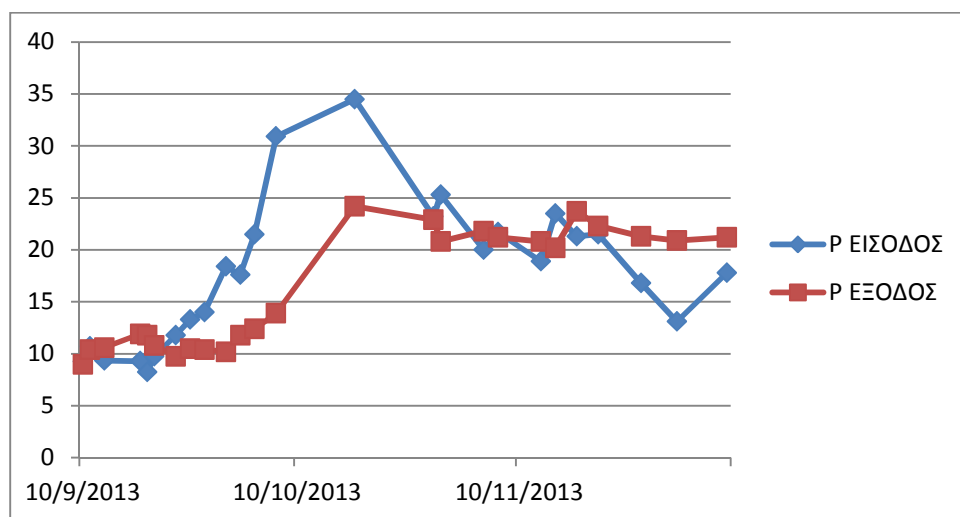
Στον παρακάτω πίνακα έχουμε τις τιμές του COD για την χρονική περίοδο 10/09/2013 – 19/12/2013. Ο μέσος όρος για την είσοδο είναι 219,34 mg/L, ενώ για την έξοδο είναι 106,82 mg/L. Βάση αυτών τιμών βγαίνει μια σημαντική απομάκρυνση της τάξεως του 51,3%.



Διάγραμμα 4. COD

### 7.5 Αποτελέσματα μέτρησης Φωσφόρου (PO<sub>4</sub>)

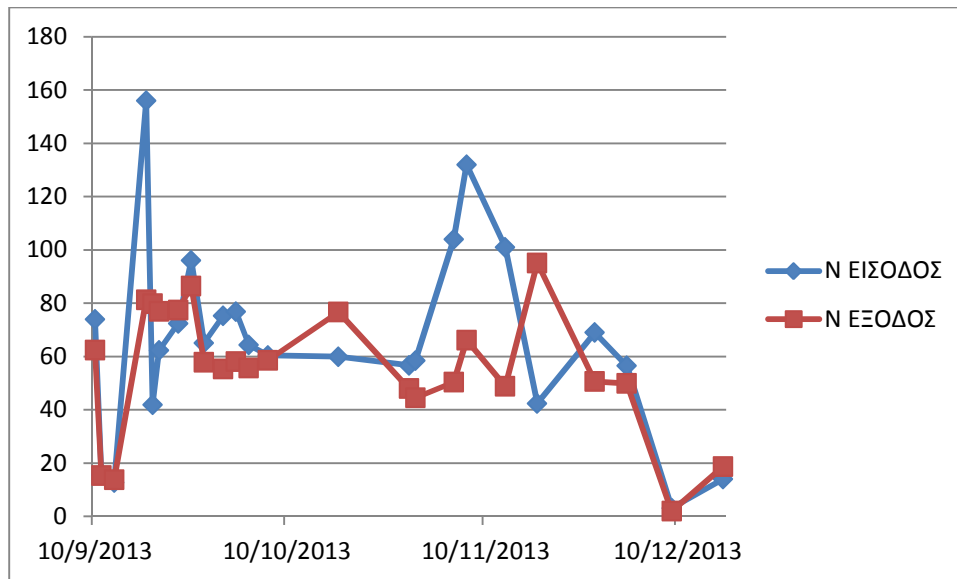
Όπως παρατηρούμε στο παρακάτω διάγραμμα, παρατηρείται η απομάκρυνση των φωσφορικών. Για την χρονική περίοδο 10/09/2013 – 09/12/2013 ο μέσος όρος των φωσφορικών είναι για την είσοδο 18,4 mg/L και για την έξοδο είναι 16,86 mg/L. Το ποσοστό απομάκρυνσης των φωσφορικών βάσει των τιμών αυτών είναι 8,36%.



Διάγραμμα 5. Φωσφορικά (PO<sub>4</sub>)

### 7.6 Αποτελέσματα μέτρησης Αζώτου (N)

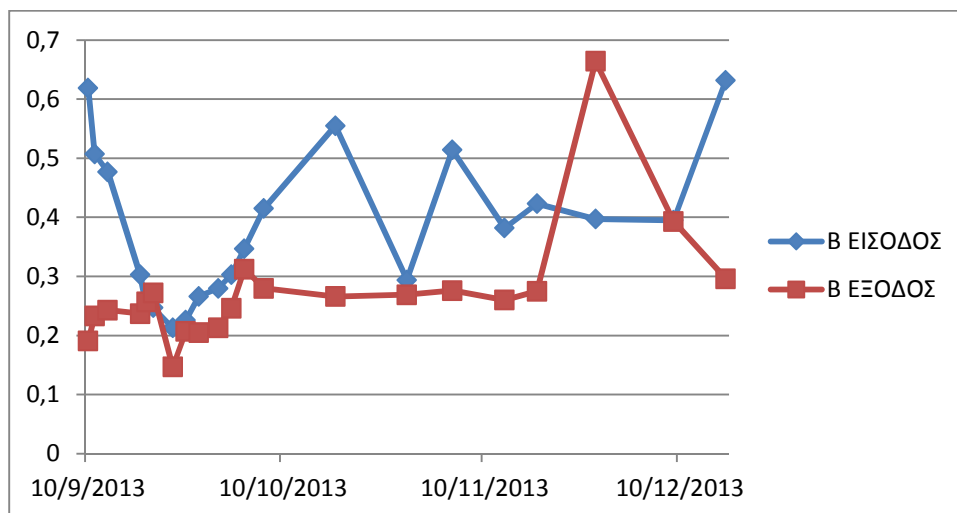
Όπως παρατηρούμε από το διάγραμμα του παρακάτω πίνακα, βλέπουμε ότι υπάρχει ένα αρκετά καλό ποσοστό απομάκρυνσης του αζώτου την χρονική περίοδο 10/09/2013 – 17/12/2013. Το ποσοστό αυτής της απομάκρυνσης υπολογίζεται από τον μέσο όρο των τιμών της εισόδου η οποία είναι 65,41 mg/L και της εξόδου που είναι 55,41 mg/L, οπότε το ποσοστό απομάκρυνσης ανέρχεται στο 15,28%.



Διάγραμμα 6. Άζωτο (N)

### 7.7 Αποτελέσματα μέτρησης Βόριου (B)

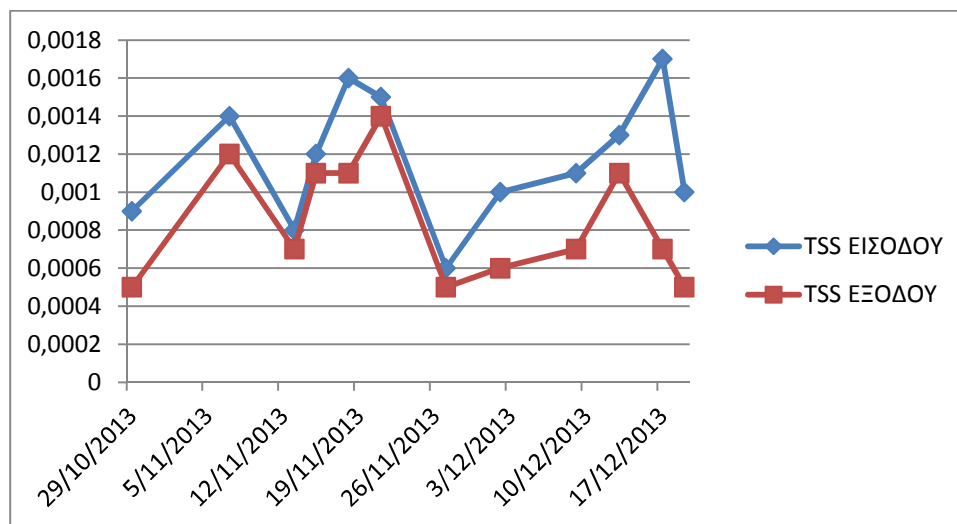
Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρείται η απομάκρυνση του Βορίου για την χρονική περίοδο 10/09/2013 – 17/12/2013. Ο μέσος όρος της εισόδου είναι 0,38 mg/L ενώ για την έξοδο έχουμε 0,27 mg/L. Όποτε μιλάμε για μια σημαντική απομάκρυνση βορίου το οποίο είναι 28,94%.



Διάγραμμα 7. Βόριο (B)

## 7.8 Αποτελέσματα μέτρησης Ολικών Αιωρούμενων Στερεών (TSS)

Στο παρακάτω διάγραμμα μπορούμε να δούμε ποσοστό απομάκρυνσης ολικών αιωρούμενων στερεών για την χρονική περίοδο 29/10/2013 – 19/12/2013. Ο μέσος όρος για την είσοδο είναι 0,00117 mg/L, ενώ για την έξοδο έχουμε 0,00084 mg/L. Οπότε έχουμε μια σημαντική απομάκρυνση της τάξεως του 28,20%



Διάγραμμα 8. Ολικά Αιωρούμενα Στερεά (TSS)



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:**

WIKIPEDIA: ( <http://el.wikipedia.org/wiki> )

ΠΑΤΡΙΣ: Μικρές και αποκεντρωμένες μονάδες επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων:  
Τεχνητοί υγροβιότοποι, του Δρ. Θρασύβουλου Μανιού:

(<http://www.patris.gr/articles/41658?PHPSESSID=mhbmm8ouj06cklk7dkd4k68ru4#.Us1lq7S-hlM>)

Hydragcom: ( <http://www.hydragcom.com/el/industrial-products/browse/18-?sef=hc> )

ΥΠΕΚΑ: (<http://www.ypeka.gr>)

HACH – LANGE: ( <http://www.hach-lange.gr/view/content> )

Επεξεργασία και αξιοποίηση υγρών αποβλήτων. Σημειώσεις, ΤΕΙ Κρήτης, του Δρ. Μανιός Θρασύβουλος, (2007)

«Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων»,( Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής & Τεχνικής Περιβάλλοντος ), του Ευθύμιου Ντορακά.( 2010)

«Αξιολόγηση της ανάπτυξης των αυτόφωων *Hyssopus officinalis*, *Limoniastrum monopetalum* & *Salvia triboia*, σε υποστρώματα λατομικών δραστηριοτήτων, για αποκατάσταση εδαφών της Μήλου. » της Σπέντζα Ρωξάνης (2010).

Εγκυκλοπαίδεια Πάπυρος Λαρούς Μπριτάνικα

Εκπαιδευτική Εγκυκλοπαίδεια Εκδοτικής Αθηνών, τόμος 12<sup>ος</sup>, Φυτολογία.