



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΕΤΑΛΟΥΔΩΝ  
ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΡΟΔΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΛΙΝΗΣ  
ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ »**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Κατσαράκης Νικόλαος**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: Χατζηκαντής Στέργος**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2015**

## Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Επεξεργασία λυμάτων στη Δημοτική Ενότητα Πεταλουδών του Δήμου Ρόδου με τη χρήση ρευστοποιημένης κλίνης βιομάζας υψηλής φόρτισης» πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια πτυχιακής εργασίας της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του τμήματος Μηχανολογίας. Οι αναλύσεις των δειγμάτων, που πάρθηκαν από τη βιολογική μονάδα, διεξήχθησαν στο χημείο που διαθέτει ο κεντρικός βιολογικός της Ρόδου στη Δ.Ε Καλλιθέας.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Φίλο και καθηγητή στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου του τμήματος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης κ. Τζαμπερή Μιχάλη, για την ανιδιοτελή βοήθεια που μου πρόσφερε, καθώς και για την υπομονή και επιμονή που μου επέδειξε, ώστε να εκπονηθεί η εργασία αυτή.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου τον κ. Κατσαράκη Νικόλαο, τόσο για την προτροπή του να ασχοληθώ με αυτό το θέμα, όσο και για τις καθοριστικές συμβουλές για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλο το προσωπικό του χημικού εργαστηρίου, για την εμπιστοσύνη και την καθοδήγηση που μου έδειξε κατά την διεξαγωγή των πειραματικών διεργασιών. Συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αλβανάκη Γιώργο ο οποίος είναι χημικός και υπεύθυνος του εργαστηρίου, που μου επέτρεψε να πραγματοποιήσω τις αναλύσεις εκεί και την Αναστασία Παλαιολόγου, η οποία είναι και εκείνη χημικός, για την καθοδήγηση της καθόλη την διάρκεια των αναλύσεων.

Χατζηκαντής Στέργος

## Περίληψη

Σε μια εποχή ραγδαίων εξελίξεων κρίνεται σκόπιμο αφενός να κατανοηθεί το πρόβλημα που υπάρχει σε πολλά μέρη του πλανήτη και κατονομάζεται ρύπανση του περιβάλλοντος, το οποίο σε συνδυασμό με την αλόγιστη χρήση του νερού, κρούουν τον κώδωνα κινδύνου έλλειψης του πολύτιμου αυτού αγαθού και αφετέρου η ανάδειξη των τρόπων καταπολέμησης του προβλήματος που είναι τα συστήματα αντιρύπανσης.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επεξεργασίας των αστικών υγρών αποβλήτων στη δημοτική ενότητα Πεταλουδών του Δήμου της Ρόδου. Να γίνει περιγραφή των σταδίων επεξεργασίας της μονάδας που γίνεται με τη χρήση ρευστοποιημένης κλίνης βιομάζας υψηλής φόρτισης και περιλαμβάνει τη βιολογική απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου καθώς και την πλήρη σταθεροποίηση της ιλύος (βιοαντιδραστήρας bio-block). Να ελεγχθούν τα χαρακτηριστικά των λυμάτων πριν και μετά την επεξεργασία που υφίστανται στη μονάδα βιολογικού καθαρισμού. Τέλος, να γίνει εκτίμηση αν τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν, βάσει της ισχύουσας νομοθεσίας, να διατίθενται για την άρδευση χώρων πρασίνου ή καλλιεργειών.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας προκύπτει ότι από τα εντατικά συστήματα αντιρύπανσης ο βιοαντιδραστήρα ρευστοποιημένης βιομάζας υψηλής φόρτισης μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στην αντιμετώπιση της ρύπανσης των υδάτων. Από την ανάλυση των δεδομένων και σύμφωνα με την σύγκριση των μετρήσεων, που έγιναν στην είσοδο και έξοδο της μονάδας καθαρισμού, με τα όρια που προβλέπει η νομοθεσία περί επαναχρησιμοποίησης του νερού, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση πρασίνου ή καλλωπιστικών φυτών, εξοικονομώντας ένα μεγάλο ποσοστό νερού το οποίο αντλείται από τους υπόγειους υδροφορείς.

## **Abstract**

Now days in such an era of rapid developments, it is appropriate both to understand the problem that exists in many parts of the planet and named environmental pollution, which combined with the excessive use of water, and sounds the alarm of the possible lack of that valuable asset and also to highlight the ways of combating the problem, through anti-pollution systems

The objective of this work is to study the treatment of urban wastewater in the municipal section of Butterflies in Municipality of Rhodes. In addition the description of the unit of processing steps is made by using a fluidized bed of high load of biomass comprising the biological removal of nitrogen and phosphorus, and the full stabilization of sludge (bioreactor bio-block). To check the characteristics of the effluent before and after the treatment there to a sewage treatment plant. Finally, to assess if the treated effluent may, under current legislation, to put to irrigate green areas or cultures.

The results of the survey show that, one of the intensive anti-pollution systems, the bioreactor of high charged liquid biomass can contribute substantially to combat water pollution. From the data analysis and in accordance with the comparison of measurements made at the entrance and exit of the treatment plant, with the limits laid down by law reuse water, we conclude that it can be used for irrigation of green or ornamental plants, saving a large percentage of water that is pumped from underground aquifers.

## Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1:	Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 1 <sup>ης</sup> εβδομάδας...	σελίδα 62
Πίνακας 2:	Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 2 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 65
Πίνακας 3:	Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 3 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 67
Πίνακας 4:	Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 4 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 70
Πίνακας 5:	Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 5 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 72
Πίνακας 6:	Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 6 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 75
Πίνακας 7:	Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 7 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 77
Πίνακας 8:	Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 8 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 80
Πίνακας 9:	Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 9 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 82
Πίνακας 10:	Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 10 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 85
Πίνακας 11:	Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 11 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 87
Πίνακας 12:	Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 12 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 90

## Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 1 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	σελίδα 63
Γράφημα 2: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 1 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 64
Γράφημα 3: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 1 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 64
Γράφημα 4: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 2 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 66
Γράφημα 5: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 2 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 66
Γράφημα 6: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 2 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 67
Γράφημα 7: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 3 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 68
Γράφημα 8: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 3 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 69
Γράφημα 9: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 3 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 69
Γράφημα 10: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 4 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 71
Γράφημα 11: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 4 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 71
Γράφημα 12: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 4 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 72
Γράφημα 13: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου	

σε COD της 5 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	73
Γράφημα 14: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 5 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	74
Γράφημα 15: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 5 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	74
Γράφημα 16: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 6 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	76
Γράφημα 17: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 6 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	76
Γράφημα 18: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 6 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	77
Γράφημα 19: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 7 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	78
Γράφημα 20: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 7 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	79
Γράφημα 21: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 7 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	79
Γράφημα 22: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 8 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	81
Γράφημα 23: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 8 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	81
Γράφημα 24: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 8 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	82
Γράφημα 25: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 9 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	84
Γράφημα 26: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 9 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>>	84

Γράφημα 27: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 9 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 85
Γράφημα 28: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 10 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 86
Γράφημα 29: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 10 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 87
Γράφημα 30: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 10 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 87
Γράφημα 31: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 11 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 89
Γράφημα 32: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 11 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 89
Γράφημα 33: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 11 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 90
Γράφημα 34: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 12 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 91
Γράφημα 35: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 12 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 92
Γράφημα 36: Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 12 <sup>ης</sup> εβδομάδας.....	>> 92



## Εισαγωγή

Αρχικά θα ήταν σκόπιμο να τονιστούν κάποια πράγματα για την επιβάρυνση του φυσικού μας περιβάλλοντος και για τους κινδύνους, που δημιουργούνται και ελλοχεύουν από την διαρκώς αυξανόμενη αστικοποίηση, καθώς και από τον υπερκαταναλωτισμό. Πλέον το ανθρώπινο ον έχει ξεπεράσει τα 7 δισεκατομμύρια σε παγκόσμιο επίπεδο και την αύξηση αυτή την οφείλει στα τεραστία άλματα της επιστήμης και κατά επέκταση της τεχνολογίας του 19<sup>ου</sup> αιώνα, η οποία πρόσφερε ένα περιβάλλον ιδανικό για αναπαραγωγή, με καθαρό νερό -τουλάχιστον για τις ανεπτυγμένες χώρες-, αφθονία στη τροφή και την ασφάλεια της στέγης.

Ενώ αυξήσαμε το βιοτικό επίπεδο μας σε ένα μεγάλο βαθμό, σε συνειδησιακό επίπεδο είμαστε πολύ χαμηλά, εφόσον κατασπαταλούμε πεπερασμένους φυσικούς πόρους και στο σύνολο των δραστηριοτήτων μας ρυπαίνουμε το περιβάλλον στο οποίο ζούμε, για να κρατήσουμε ζωντανή μια οικονομία που όχι μόνο δεν εξοικονομεί αλλά είναι από την φύση της σπάταλη.

Έννοιες όπως αειφορία, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανανεώσιμη έχουν αρχίσει και μπαίνουν στο λεξιλόγιο της σύγχρονης επιστήμης και τεχνολογίας, καθώς είναι επιτακτική ανάγκη να γίνει αλλαγή του τρόπου ζωής μας με την ενσωμάτωση των εννοιών αυτών στην καθημερινότητα μας. Βασική προϋπόθεση είναι να υιοθετήσουμε μια τέτοια πρακτική, η οποία θα διευκολύνει την ενημέρωση του πολίτη και την πρόσβασή του σε πηγές πληροφόρησης, που σχετίζονται με την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και η οποία θα προάγει την ενεργό συμμετοχή του σε μείζονος σημασίας περιβαλλοντικά θέματα. Το γεγονός αυτό αποτελεί υποχρέωση όχι μόνο της Πολιτείας, αλλά και του κάθε ατόμου με απώτερο στόχο να συμβάλει στο χτίσιμο της εμπιστοσύνης μεταξύ των πολιτών και αρχών.

Η παρούσα εργασία αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο εκδηλώνετε ο προβληματισμός για το θέμα της ρύπανσης των υδάτων και γενικά του περιβάλλοντος, καθώς και τα χαρακτηριστικά και η προέλευση ενός από τους πιο βασικούς ρυπαντές των αστικών λυμάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται σε κατηγορίες, ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιούν, τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων και αναλύονται τα στάδια επεξεργασίας για ένα συμβατικό σύστημα βιολογικού καθαρισμού.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η λειτουργία και το σύστημα ρευστοποιημένης κλίνης βιομάζας υψηλής φόρτισης του βιολογικού καθαρισμού στη περιοχή της Κρεμαστής στη Δημοτική Ενότητα Πεταλουδών στο Δήμο της Ρόδου.

Τέλος το τέταρτο κεφάλαιο αποτελεί το ερευνητικό μέρος της εργασίας και περιγράφει τον τρόπο πρόσληψης και ανάλυσης των μετρήσεων, τις συγκρίσεις μεταξύ της ποιότητας εισόδου των λυμάτων και εξόδου και τέλος τα συμπεράσματα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη .....	σελίδα 3
Abstract.....	>> 4
Κατάλογος πινάκων.....	>> 5
Κατάλογος γραφημάτων.....	>> 6
Εισαγωγή.....	>> 9
 <b>ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ - ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ</b>	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> : Η ρύπανση του Περιβάλλοντος .....	>> 14
1.1 Γενική προσέγγιση .....	>> 14
1.2 Ρύπανση του περιβάλλοντος, αιτίες – συνέπειες .....	>> 14
1.3 Προέλευση και Χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων.....	>> 16
1.3.1 Φυσικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων .....	>> 16
1.3.2 Χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων .....	>> 18
1.3.3 Βιολογικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων .....	>> 20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> : Συστήματα αντιμετώπισης της ρύπανσης .....	>> 21
2.1 Μέθοδοι αντιρύπανσης .....	>> 21
2.2 Κριτήρια επιλογής μεθόδου .....	>> 21
2.3 Εκτατικά ή φυσικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων .....	>> 23
2.3.1 Συστήματα σηπτικών δεξαμενών.....	>> 23
2.3.2 Εδαφικά συστήματα .....	>> 24
2.3.3 Συστήματα τεχνητών υδροβιότοπων .....	>> 26
2.3.4 Συστήματα υδροχαρών φυτών .....	>> 28
2.4 Στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων σε εντατικά συμβατικά συστήματα .....	>> 29
2.4.1 Προεπεξεργασία .....	>> 30
2.4.2 Εξισορρόπηση .....	>> 32
2.4.3 Καθίζηση .....	>> 32
2.4.3.1 Πρωτοβάθμιες δεξαμενές καθίζησης .....	>> 33
2.4.3.2 Δευτεροβάθμιες δεξαμενές καθίζησης .....	>> 34
2.4.4 Συστήματα ενεργού ιλύος .....	>> 36
2.4.4.1 Γενικά .....	>> 36
2.4.4.2 Μικροοργανισμοί .....	>> 37
2.4.4.3 Δεξαμενή αερισμού .....	>> 38

2.4.4.4 Δεξαμενή καθίζησης .....	>> 38
2.4.4.5 Βασικές παράμετροι και δείκτες .....	>> 39
2.4.4.5.1 Η συγκέντρωση της βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος .....	>> 39
2.4.4.5.2 Ο δείκτης όγκου ιλύος .....	>> 40
2.4.4.5.3 Η ηλικία της ιλύος .....	>> 40
2.4.4.5.4 Διάρκεια αερισμού και κατανάλωση οξυγόνου. ....	>> 41
2.4.4.5.4 Ο συντελεστής απόδοσης της εγκατάστασης ...	>> 42
2.4.5 Αναερόβια συστήματα επεξεργασίας λυμάτων .....	>> 42
2.4.6 Επεξεργασία της ιλύος .....	>> 44
2.4.7 Προεπεξεργασία της ιλύος .....	>> 44
2.4.8 Πάχυνση της ιλύος .....	>> 45
2.4.9 Σταθεροποίηση της ιλύος .....	>> 46
2.4.10 Αφυδάτωση της ιλύος .....	>> 48
2.4.11 Απολύμανση .....	>> 48
2.4.12 Χλωρίωση .....	>> 49
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: Λειτουργία bio-block Κρεμαστής Δ.Ε Πεταλουδών Δ.Ε Ρόδου.....</b>	<b>&gt;&gt; 51</b>
3.1 Προσδιορισμός θέσης .....	>> 51
3.2 Διάγραμμα ροής .....	>> 51
3.2.1 Προεπεξεργασία .....	>> 52
3.2.2 Εξισορρόπηση .....	>> 52
3.2.3 Βιοαντιδραστήρας ρευστοποιημένης κλίνης βιομάζας υψηλής φόρτισης .....	>> 53
3.2.4 Χλωρίωση - Αποχλωρίωση .....	>> 58
3.2.5 Επεξεργασία ιλύος .....	>> 59

## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: Διερεύνηση επαναχρησιμοποίησης του νερού από το Bio-block .....</b>	<b>&gt;&gt; 61</b>
1.1 Τρόπος διεξαγωγής των αναλύσεων.....	>> 61
1.1.1 Μέτρηση του BOD.....	>> 61
1.1.2 Μέτρηση των αιωρούμενων στερεών.....	>> 61

1.1.3 Μέτρηση του COD.....	>> 62
1.2 Σύγκριση και σχολιασμός των μετρήσεων.....	>> 62
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	>> 93
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	>> 94
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	>> 97

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: Η ρύπανση του περιβάλλοντος.**

### **1.1 Γενική προσέγγιση**

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη μας, είναι η παρουσία του νερού. Το υγρό στοιχείο είναι πηγή ζωής για τους περισσότερους οργανισμούς του πλανήτη καθώς βρίσκετε σε ποσοστά 60-70% του βάρους του σώματος τους συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου, ενώ ανέρχεται στο 90% στα κύτταρα. Η θάλασσα αποτελεί το 97% του συνολικού νερού της γης και καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της. Οι ωκεανοί της είναι υπεύθυνοι για την ρύθμιση του κλίματος και είναι ο βιότοπος πολλών ζωντανών οργανισμών. Το υπόλοιπο 3% είναι "γλυκό" νερό και βρίσκετε σε λίμνες, ποτάμια, είτε είναι παγωμένο ή σε μεγάλο βάθος, με αποτέλεσμα μόνο το 0,5% από αυτό να είναι προσβάσιμο για κατανάλωση (Fry,2005).

Τα υπόγεια νερά με τη σειρά τους είναι από τους πολυτιμότερους θησαυρούς που πλανήτης μας κρύβει μέσα του, καθώς αποτελούν τα αποθέματα πόσιμου νερού που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Σχηματίζονται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και το φιλτράρισμά τους μέσα από τα στρώματα του υπεδάφους. Το νερό κινείται με την επίδραση της βαρύτητας και γεμίζει τις σχισμές και γενικά τα κενά ανάμεσα στα πετρώματα και το υπέδαφος. Οι υπόγειοι υδροφορείς, εκτός του ότι αποθηκεύουν το νερό, τροφοδοτούν σε σημαντικό βαθμό τα ρυάκια και ποτάμια και τους υγροβιότοπους (Δερματάς, 2010).

### **1.2 Ρύπανση του περιβάλλοντος, αιτίες και συνέπειες**

Σήμερα, με την ολοένα και μεγαλύτερη λειψυδρία και τον περιορισμό των επιφανειακών νερών σε ποσότητα και ποιότητα, περισσότερο από το μισό του παγκόσμιου ανθρώπινου πληθυσμού εξαρτάται άμεσα από τα υπόγεια αποθέματα για πόσιμο νερό. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των γεωτρήσεων, στα περισσότερα μέρη του κόσμου αποτελούν και τη φθηνότερη μέθοδο εξεύρεσης νερού (Δερματάς, 2010).

Η ρύπανση του εδάφους και κατά συνέπεια των υπόγειων υδροφορέων στις μέρες μας αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες απειλές στον πλανήτη σήμερα καθώς μάλιστα τα αποθέματα γλυκού νερού περιορίζονται δραστικά και από τις ολοένα

μεγαλύτερες πιέσεις που προέρχονται από την κλιματική αλλαγή και την αύξηση του πληθυσμού (Δερματάς, 2010).

Ωστόσο και η θάλασσα αντιμετωπίζει την απειλή της ρύπανσης σε παγκόσμιο επίπεδο, προερχόμενη από μια σειρά ελεγχόμενων και μη, ανθρώπινων δραστηριοτήτων .

Με τον όρο ρύπανση των υδάτων εννοούμε την οποιαδήποτε αλλαγή των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών του υγρού στοιχείου. Τα αποτελέσματα αυτά είναι ζημιογόνα για τον άνθρωπο και τους υπόλοιπους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς (Ξανθάκου & Τζαμπερής, 2009 ).

Από τις πιο καταστροφικές δραστηριότητες του ανθρώπου που είναι υπεύθυνες για την ρύπανση του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα είναι η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων, η διάθεση μη επεξεργασμένων ή ανικανοποίητα επεξεργασμένων αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων στο έδαφος, καθώς και σε λίμνες ή ποτάμια και η χρήση φυτοφαρμάκων στη γεωργία (Δερματάς, 2010).

Όσο αναφορά τη θαλασσιά ρύπανση από τις κύριες αιτίες είναι η μεταφορά πετρελαιοειδών, υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο απορρίπτεται στη θάλασσα, λόγω ατυχημάτων η ποσότητα των 3 εκατομμυρίων τόνων πετρελαίου, η απόρριψη αστικών λυμάτων, τα λύματα πλούσια σε θρεπτικές ουσίες ,όπως φώσφορο και άζωτο ευνοούν την υπερβολική ανάπτυξη των αλγών, σε βάρος των άλλων ειδών, προκαλώντας μείωση του διαλυτού οξυγόνου στη περιοχή, γνωστό ως το φαινόμενο του ευτροφισμού , η διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων από βιομηχανίες που εγκαθίστανται παράνομα σε παραλιακές περιοχές δημιουργώντας σοβαρές μη αντιστρεπτές συνέπειες και τέλος η χρήση φυτοφαρμάκων σε παραθαλάσσιες καλλιέργειες , μέσω των επιφανειακών απορροών και των υπόγειων υδροφόρων μπορεί να γίνει μεταφορά στη θάλασσα ποσοτήτων νερού υψηλής περιεκτικότητας σε θρεπτικές ουσίες, οδηγώντας αντίστοιχα στον ευτροφισμό (Ξαρχάκου, 2004).

Όπως είδαμε ένα από τα βασικά προβλήματα τόσο για τη ρύπανση του εδάφους και των υπόγειων νερών, όσο και για τη θαλασσιά ρύπανση είναι η απόρριψη των μη επεξεργασμένων αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων στο περιβάλλον, και με τους τρόπους αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού θα ασχοληθούμε στην παρούσα εργασία.

### **1.3 Προέλευση και χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων**

Τα υγρά απόβλητα δεν είναι τίποτα άλλο παρά νερό το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο σε μια πληθώρα εφαρμογών. Οι κύριες πηγές προέλευσής τους είναι οι κατοικίες, τα ιδρύματα και οι διάφορες εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Η έντονη συγκέντρωση πληθυσμών στα αστικά κέντρα και η ραγδαία βιομηχανική ανάπτυξη οδήγησε σε υπερκατανάλωση νερού από τον άνθρωπο και σε ταχεία μετατροπή του πολύτιμου αυτού αγαθού σε απόβλητο (Δερματάς, 2010).

Τα υγρά απόβλητα περιέχουν ρυπαντικές και μολυσματικές ουσίες και η απ' ευθείας διάθεσή τους σε έναν φυσικό, συνήθως υδάτινο αποδέκτη, εγκυμονεί κινδύνους τόσο για τον αποδέκτη όσο και για τα υπόλοιπα έμβια όντα, καθώς και για τον άνθρωπο (Νταρακάς, 2014).

Για την προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας είναι απαραίτητες οι θεμελιώδεις γνώσεις των χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων, της επίδρασής τους στο περιβάλλον, των μεθόδων επεξεργασίας που μπορούν να εφαρμοστούν για την απομάκρυνση και την εξουδετέρωση των ρυπαντικών συστατικών και των μεθόδων για την επαναχρησιμοποίηση ή την ασφαλή διάθεση τους στον αποδέκτη (Νταρακάς, 2014).

Ανάλογα τη χρήση από όπου προήλθαν, ορίζουμε τα υγρά απόβλητα στις παρακάτω κατηγορίες:

- Οικιακά υγρά απόβλητα, απόβλητα που παράγονται από τις διάφορες ατομικές δραστηριότητες όπως είναι το μπάνιο και τα απόνερα τόσο σε οικιακό και ξενοδοχειακό επίπεδο όσο και σε εμπορικό, για παράδειγμα υγρά απόβλητα αεροδρομίων και εμπορικών καταστημάτων.
- Βιομηχανικά υγρά απόβλητα, απόβλητα που παράγονται σε διάφορες βιομηχανίες, για παράδειγμα μεταλλουργικές, ηλεκτροπαραγωγικές ή κλωστοϋφαντουργικές.
- Γεωργικά υγρά απόβλητα, απόβλητα που παράγονται από κάθε γεωργική δραστηριότητα, όπως για παράδειγμα οι εντατικές κτηνοτροφικές μονάδες.

#### **1.3.1 Φυσικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων**

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων συμπεριλαμβάνουν την ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά, την οσμή, τη θερμοκρασία, την πυκνότητα, το χρώμα και τη θολότητα (Ξανθάκου & Τζαμπερής, 2009):



Ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά υγρών αποβλήτων ονομάζεται το στερεό υλικό που απομένει μετά από εξάτμιση σε 103-105 °C. Τα ολικά στερεά (Total Solids-TS) κατηγοριοποιούνται αρχικά σε διηθήσιμα (Filterable Solids-FS) και αιωρούμενα (Suspended Solids-SS) στερεά.

Για τη διήθηση των ολικών στερεών χρησιμοποιούνται διηθητικές μεμβράνες από οργανικά πολυμερή ή γυάλινες ίνες. Η μάζα των στερεών αφυδατωμένων συστατικών που παραμένουν στο φίλτρο μετά εξάτμιση του νερού διαφοροποιούνται σε ολικά διηθήσιμα (TDS), δηλαδή μάζα του υπολείμματος που απομένει, και ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS).

Η οσμή στα αστικά απόβλητα προκύπτει συνήθως από εκλυόμενα αέρια κατά την αποσύνθεση οργανικών ουσιών ή ουσιών που προστίθενται στο απόβλητο και είναι δυσάρεστη. Η οσμή μπορεί να μετρηθεί με οργανοληπτικές μεθόδους ή με ενόργανη ανάλυση.

Η θερμοκρασία ανάλογα με την γεωγραφική θέση και μόνο κατά μέσο όρο κυμαίνεται στους 10-21 °C. Είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία του πόσιμου νερού επειδή ένα μέρος του νερού θερμαίνεται κατά τις διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες. Η θερμοκρασία επιδρά σημαντικά στις χημικές και βιοχημικές αντιδράσεις, στην υδρόβια ζωή και στην καταλληλότητα του νερού για διάφορες χρήσεις γι' αυτό και ο προσδιορισμός της στα υγρά απόβλητα είναι σημαντικός. Αυξανόμενη θερμοκρασία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, επηρεάζοντας τους οργανισμούς που ζουν στους υδάτινους αποδέκτες.

Η πυκνότητα των αποβλήτων ορίζεται ως ο λόγος της μάζας τους προς τον όγκο που καταλαμβάνουν και εκφράζεται σε  $\text{kg/m}^3$ . Η πυκνότητα αποτελεί σημαντικό φυσικό χαρακτηριστικό των αποβλήτων επειδή επηρεάζει τη διαδικασία της καθίζησης. Τα αστικά απόβλητα τα οποία δεν περιέχουν σημαντικές ποσότητες αιωρούμενων και διαλυμένων στερεών έχουν πυκνότητα περίπου ίση προς αυτή του νερού στην ίδια πάντα θερμοκρασία.

Το χρώμα συνδέεται με το χρόνο παραγωγής των υγρών αποβλήτων. Τα φρέσκα απόβλητα εμφανίζουν καφέ-γκρίζο χρώμα που μεταβάλλεται σταδιακά σε σκούρο γκρι και τέλος σε μαύρο όσο παραμένουν στο δίκτυο λόγω της δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών. Στην τελευταία περίπτωση το απόβλητο χαρακτηρίζεται σαν σπηπικό.

Η θολότητα στην ουσία είναι μείωση της διαύγειας του υγρού, η οποία προκαλείται από αιωρούμενα σωματίδια, όπως λάσπη, οργανικό και ανόργανο υλικό, διαλυτές έγχρωμες οργανικές ενώσεις, πλαγκτόν και άλλοι μικροοργανισμοί. Η θολότητα είναι μια έκφραση της διάχυσης και της απορρόφησης του φωτός από αυτά τα σωματίδια που δυσκολεύουν τη διέλευση του φωτός, το οποίο είναι απαραίτητο στη ζωή των υδρόβιων φυτών. Η θολότητα μετριέται με την νεφελομετρική μέθοδο σε μονάδες νεφελομετρικής θολότητας (nephelometric turbidity units, NTU).

### 1.3.2 Χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Στα χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνονται χημικές ενώσεις και στοιχεία, οργανικής και ανόργανης προέλευσης.

Στην κατηγορία των οργανικών ανήκουν οι πρωτεΐνες, που είναι μακρομόρια που προέρχονται από τροφές φυτικής ή ζωικής προέλευσης. Λόγω της ύπαρξης θείου στα μόρια τους, όταν βρίσκονται σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις κατά την αποσύνθεσή τους εκλύουν δυνατές οσμές.

Τα οργανικά συστατικά άζωτο και φώσφορος είναι θρεπτικά στοιχεία απαραίτητα για την ανάπτυξη πολλών οργανισμών όπως οι μικροοργανισμοί. Σε μικρές ποσότητες είναι απαραίτητα για την βιολογική επεξεργασία αλλά φαινόμενα όπως του ευτροφισμού κάνουν απαραίτητη την μέτρηση της συγκέντρωσής τους αφού αποτελούν σημαντική παράμετρο της ποιότητας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Το άζωτο στα αστικά απόβλητα περιέχεται στις μορφές:

- Οργανικό άζωτο(πρωτεΐνες ,ουρία, αμινοξέα)
- Αμμωνιακό άζωτο(αμμωνιακά άλατα ή αμμωνία)

Ο φώσφορος στα αστικά απόβλητα περιέχεται στις μορφές:

- Ανόργανος φώσφορος κυρίως ως ορθοφωσφορικά ή ως πολυφωσφορικά.
- Οργανικός φώσφορος, σε μικρότερες ποσότητες από ότι ο ανόργανος
- Ολικός φώσφορος.

Τα λίπη και έλαια είναι ενώσεις που δεν διασπώνται εύκολα από βακτήρια, ενώ μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα αν δεν απομακρυνθούν από τα απόβλητα πριν την διάθεσή τους στην φύση δημιουργώντας προβλήματα σε πολλούς ζωντανούς οργανισμούς.

Τα βαρέα μέταλλα είναι στοιχεία, όπως ο χαλκός, το νικέλιο, ο μόλυβδος, ο υδράργυρος κ.α , που αντιδρούν με τα μικροβιακά ένζυμα, αναστέλλοντας ή επιβραδύνοντας το μεταβολισμό τους, γι' αυτό και σε υψηλές συγκεντρώσεις πρέπει να απομακρύνονται από τα απόβλητα γιατί γίνονται τοξικά, τερατογόνα και καρκινογόνα. Παρουσιάζονται αποκλειστικά σε βιομηχανικά απόβλητα.

Όταν η οργανική ύλη αποσυντίθεται, οι μικροοργανισμοί (όπως τα βακτήρια και οι μύκητες) τρέφονται από τα υλικά της αποσύνθεσης και προκαλείται οξείδωση. Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, ή BOD<sup>5</sup>, μετρά την ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς στη διαδικασία αποσύνθεσης οργανικών ουσιών στο νερό. Όσο περισσότερο οξυγόνο χρησιμοποιούν οι μικροοργανισμοί, τόσο μεγαλύτερο είναι και το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, αφήνοντας λιγότερο οξυγόνο για την υπόλοιπη υδρόβια χλωρίδα και πανίδα.

Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο 5 ημερών, BOD<sup>5</sup>, είναι η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου (mg/l) που καταναλώνεται σε πέντε ημέρες από βιολογικές διαδικασίες στους 20C. Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο είναι η ποσότητα οξυγόνου (mg/l) που απαιτείται για χημική οξείδωση των οργανικών στοιχείων ενός υγρού αποβλήτου. Χρησιμοποιείται συνήθως για την έμμεση μέτρηση της ποσότητας των οργανικών ενώσεων στο νερό.

Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) είναι το ποσό του άνθρακα που δεσμεύεται σε μια οργανική ένωση και χρησιμοποιείται συχνά ως ένας μη ειδικός δείκτης της ποιότητας του νερού. Εκφράζει το συνολικό οργανικό φορτίο σε ένα δείγμα ύδατος(mg C/l ύδατος).

Στα ανόργανα χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων ανήκουν οι εξής παράμετροι (Νταρακάς,2014) :

Το pH, μέτρο της οξύτητας ή της αλκαλικότητας των υγρών αποβλήτων. Η Αλκαλικότητα, η οποία είναι το μέτρο της ρυθμιστικής ικανότητας των υγρών αποβλήτων, δηλαδή της ικανότητάς τους να εξουδετερώνουν οξέα.

Τα Χλωριούχα, τα οποία είναι παράμετρος για την εκτίμηση της ποιότητας της επεξεργασμένης εκροής, ειδικά για την επαναχρησιμοποίηση για γεωργική χρήση (άρδευση).

Οι Αζωτούχες ενώσεις, οι οποίες 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.

Αζωτούχες ενώσεις είναι η ελεύθερη αμμωνία, τα αμμωνιακά άλατα, τα νιτρώδη άλατα, τα νιτρικά άλατα και το άζωτο Kjeldahl.

Ο ανόργανος φώσφορος, ο οποίος χρησιμοποιείται ως μέτρο παρουσίας των θρεπτικών συστατικών στα υγρά απόβλητα. Οι οξειδωμένες μορφές μπορούν να ληφθούν ως μέτρο του βαθμού οξείδωσης.

Τα θειικά, είναι παράμετρος για την εκτίμηση της πιθανότητας δημιουργίας οσμών και την εκτίμηση της “επεξεργασιμότητας” της ιλύος.

Τα μέταλλα (Ca, Mg, K, Na, Cr, Cu, Co, Pb, Cd, Hg, Mo, Ni, Fe, Se, As, Zn). Προσδιορίζουν τη καταλληλότητα της εκροής για επαναχρησιμοποίηση του νερού, καθώς και την εκτίμηση της τοξικότητας.

Διάφορα αέρια Παρουσία / απουσία συγκεκριμένων αερίων

### **1.3.3 Βιολογικά χαρακτηριστικά**

Τα βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων είναι μικροοργανισμοί που προέρχονται από τις κοπρανώδεις ουσίες. Κυριότερες κατηγορίες είναι οι μύκητες, τα βακτήρια και οι ιοί. Επίσης μπορεί να περιέχονται εντερικά παράσιτα, όπως οι αμοιβάδες ή αβγά σκουληκιών.

Πολλοί από αυτούς τους μικροοργανισμούς είναι παθογόνοι και μέσω του νερού μπορεί να μεταφέρουν ασθένειες όπως χολέρα, δυσεντερία και ηπατίτιδα. Για τον έλεγχο της μικροβιακής καταλληλότητας των υγρών αποβλήτων χρησιμοποιούνται δείκτες ρύπανσης. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι σήμερα δείκτες είναι τα ολικά κολοβακτηριοειδή, τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή και οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: Συστήματα αντιμετώπισης της ρύπανσης**

### **2.1 Μέθοδοι αντιρύπανσης**

Παρατηρώντας όσα προαναφέρθηκαν περί ρύπανσης, είναι ιδιαίτερα επιτακτικά, αφενός ο περιορισμός των ρυπογόνων δραστηριοτήτων του ανθρώπου σε βαθμό μη επικινδυνότητας για το περιβάλλον, με τη βοήθεια της τεχνολογίας και του νομοθετικού πλαισίου, και αφετέρου η δίκαιη και αηφορική διαχείριση των αναλώσιμων πηγών ζωής του πλανήτη μας.

Η επίλυση του προβλήματος αυτού είναι η καταπολέμηση του με συστήματα αντιρύπανσης. Τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε εντατικά και εκτατικά. Η βασική αρχή λειτουργίας των εντατικών τεχνικών βασίζεται στη συγκέντρωση της δραστηριότητας σε περιορισμένες επιφάνειες και στην εντατικοποίηση των διαδικασιών αποδόμησης των ρυπαντών με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται το επιθυμητό αποτέλεσμα σε μικρότερους χρόνους από ότι στο φυσικό περιβάλλον.

Οι εκτατικές τεχνικές χρησιμοποιούν φυσικές και μη ενεργοβόρες διαδικασίες προκειμένου να πετύχουν το επιθυμητό όριο αποδόμησης και καταστροφής των ρυπαντών. Γενικά, φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ονομάζονται αυτά όπου η επεξεργασία διενεργείται με φυσικά μέσα και διεργασίες, όπως συμβαίνει στο φυσικό περιβάλλον (Αγγελάκης & Tchobanoglous, 1995). Στην εργασία αυτή θα δούμε επιγραμματικά τα εκτατικά συστήματα καθώς θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με τα εντατικά συστήματα αντιρύπανσης.

### **2.2 Κριτήρια επιλογής μεθόδου αντιρύπανσης**

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει έργα για τη συλλογή, την επεξεργασία και τη διάθεσή τους. Τα υγρά απόβλητα μιας πόλης συλλέγονται με το σύστημα αποχέτευσης, το οποίο είναι δυνατόν να είναι χωριστικό (όταν δεν δέχεται όμβρια ύδατα) ή παντοροϊκό (όταν δέχεται και όμβρια ύδατα) ή και μερικά χωριστικό (όταν μόνο μερικά τμήματα του δικτύου αποχέτευσης δέχονται όμβρια ύδατα και μερικά δεν δέχονται). Όλο το δίκτυο του συστήματος αποχέτευσης συμβάλλει σε έναν Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό (Κ.Α.Α.) ο οποίος καταλήγει σε μια Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) όπου τα λύματα υφίστανται επεξεργασία με σκοπό τη δέσμευση και την εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων συστατικών τους (Νταρακάς, 2014).

Πολλές φορές στις Ε.Ε.Α. καταλήγουν και βοθρολύματα με τη βοήθεια βυτιοφόρων οχημάτων, αφού ακόμα και σήμερα ένα σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού σε διάφορες χώρες, αλλά ιδιαίτερα στις λιγότερο αναπτυγμένες, δεν είναι συνδεδεμένο σε κάποιο δίκτυο αποχέτευσης και εξυπηρετείται με μεμονωμένους βόθρους. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι βόθροι είναι απορροφητικοί και η εκροή τους είναι ζημιογόνα για τον υδροφόρο ορίζοντα. Εναλλακτικά χρησιμοποιούνται οι σηπτικοί βόθροι, οι οποίοι είναι στεγανές δεξαμενές όπου οδηγούνται τα λύματα για καθίζηση και κατακράτηση των αιωρούμενων συστατικών καθώς επίσης και μερική αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου. Τονίζεται όμως ότι τα βοθρολύματα που προέρχονται από την εκροή μιας σηπτικής δεξαμενής διαφέρουν σημαντικά από τα “φρέσκα” αστικά λύματα και ότι τυγχάνουν ιδιαίτερης φροντίδας (Νταρακάς, 2014).

Για την επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και του σχεδιασμού των εγκαταστάσεων ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα (Νταρακάς, 2014):

1. Εκτιμούνται οι ποσότητες των υγρών αποβλήτων: Λαμβάνεται υπόψη το αποχετευτικό δίκτυο (χωριστικό ή παντοροϊκό). Υπολογίζονται οι καταναλώσεις νερού, οι απώλειες, οι εισροές και οι διηθήσεις. Υπολογίζεται η παροχή ξηρής περιόδου, η παροχή υγρής περιόδου, η μέση ημερήσια, η μέγιστη ημερήσια, η παροχή αιχμής ή μέγιστη ωριαία.

2. Προσδιορίζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων: Το βιοδιασπώμενο οργανικό φορτίο, το ολικό οργανικό φορτίο, τα αιωρούμενα στερεά, το άζωτο, ο φώσφορος και διάφοροι άλλοι ρυπαντές.

3. Εκτιμάται ο χρόνος ζωής του έργου.

4. Προσδιορίζονται οι προδιαγραφές (ορίζονται από τη νομοθεσία) που πρέπει να πληρούν τα απόβλητα, μετά την επεξεργασία, προκειμένου να διατεθούν σε έναν συγκεκριμένο αποδέκτη ή να επαναχρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές, π.χ. για άρδευση.

5. Εξετάζονται όλες οι πιθανές εναλλακτικές λύσεις που μπορούν να ικανοποιήσουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

6. Λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες, όπως το κλίμα, οι εδαφολογικές συνθήκες, η θέση του αποχετευτικού συστήματος κ.λ.π.

7. Πραγματοποιείται τεχνικοοικονομική ανάλυση που περιλαμβάνει, τον καθορισμό των κριτηρίων σχεδιασμού των διαφόρων μονάδων επεξεργασίας, την διαστασιολόγηση των διαφόρων μονάδων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή

απόδοση με το χαμηλότερο κόστος, καθώς και τη ανάλυση κόστους των εναλλακτικών λύσεων, που περιλαμβάνει τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής και του κόστους λειτουργίας και συντήρησης. Με βάση την ανάλυση αυτή επιλέγεται η οικονομικότερη λύση για κατασκευή.

### **2.3 Εκτατικά ή φυσικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων**

Για τη βασική επιλογή της μεθόδου και του σχεδιασμού των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων, όπως προαναφέρθηκε, πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν, το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης τους, τα όποια κάποιοι τοπικοί φορείς αδυνατούν να καλύψουν, καθώς και τις ιδιαιτερότητες ανάλογα με την περίπτωση. Έτσι βάσει τεχνοοικονομικών και περιβαλλοντικών μελετών αναπτύχθηκαν μη ενεργοβόρες μέθοδοι, οι όποιοι μειώνουν σημαντικά αυτά τα κόστη και παράλληλα είναι φιλικές με το περιβάλλον.

Τα συστήματα αυτά ονομάζονται φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών απόβλητων και είναι τα εξής:

- Συστήματα σηπτικών δεξαμενών
- Εδαφικά συστήματα
- Συστήματα τεχνητών υγροτόπων
- Συστήματα επιπλεόντων υδροχαρών φυτών

#### **2.3.1 Συστήματα σηπτικών δεξαμενών**

Τα συστήματα αυτά είναι τα πιο διαδεδομένα αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας υγρών απόβλητων που εφαρμόζονται, κυρίως σε μεμονωμένες κατοικίες ή σε μικρά συγκροτήματα κατοικιών. Αποτελείται από μια κλειστή ορθογωνική δεξαμενή εντός της οποίας επιτυγχάνεται η καθίζηση των βαρύτερων αιωρούμενων στερεών, η επίπλευση των λιπών και ελαίων και εν μέρει αναερόβια χώνευση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Παρατηρούνται τρεις ζώνες στη σηπτική δεξαμενή, η ζώνη των επιπλεόντων στην επιφάνεια των υγρών, η ζώνη της λάσπης στον πυθμένα και η ενδιάμεση ζώνη των μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων. Η ενδιάμεση ζώνη είναι η μόνη που χαρακτηρίζεται από συνθήκες χαμηλής συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου, ενώ οι άλλες δυο ζώνες επιφανειακή και ζώνη λάσπης χαρακτηρίζονται από συνθήκες καθαρά αναερόβιες (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Τα εισερχόμενα λύματα οδηγούνται στην ενδιάμεση ζώνη όπου αναμιγνύονται με το μίγμα των ήδη μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων και μικροοργανισμών, λόγω του σχεδιασμού της δεξαμενής. Εκεί κυρίως ετεροτροφικοί οργανισμοί οξειδώνουν και διαλυτοποιούν τον οργανικό άνθρακα, ο οποίος στη συνέχεια μετατρέπεται από επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς σε πτητικά οργανικά οξέα και στη συνέχεια σε αέρια (μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, κ.α.).

Το αποτέλεσμα της αναερόβιας χώνευσης είναι η μείωση της ποσότητας ιλύος έτσι ώστε να απαιτείται απομάκρυνση της σε αραιά χρονικά διαστήματα συνήθως κάθε 12 μήνες. Το 1/6 της ποσότητας της ιλύος παραμένει μέσα στη δεξαμενή, ώστε να παραμένει μέρος των μικροοργανισμών που είναι απαραίτητοι για την εκτέλεση των διεργασιών (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Οι σιπητικές δεξαμενές κατασκευάζονται συνήθως από σκυρόδεμα επί τόπου ή αποτελούν προκατασκευασμένη κατασκευή από κατάλληλα υλικά (οπλισμένο σκυρόδεμα, fiberglass ή πολυαιθυλένιο). Τέλος η απόδοση τους είναι 30-50% μείωση του BOD<sub>5</sub>, 50-80% μείωση των αιρούμενων σταθερών και 60-80% μείωση των λιπών. Επειδή οι συγκεντρώσεις σε αιρούμενα στερεά και BOD είναι σχετικά υψηλές, η εκροή είτε θα διατεθεί υπεδάφια είτε θα υποστεί περαιτέρω επεξεργασία (ΥΠΕΚΑ, 2012).

### **2.3.2 Εδαφικά συστήματα**

Τα εδαφικά είναι από τα πιο απλά συστήματα επεξεργασίας προ επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Πρόκειται για την ελεγχόμενη διάθεση των λυμάτων στο έδαφος σε ρυθμούς συμβατούς με τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα επί και εντός του εδάφους και σε ορισμένες περιπτώσεις μεταξύ εδάφους και φυτικής βλάστησης (enVima, 2013).

Ο τεχνικός σχεδιασμός του συστήματος εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο εφαρμογής των λυμάτων, καθώς και τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Οι παράμετροι των λυμάτων που θα πρέπει να εξεταστούν με προσοχή είναι τα διαλυμένα άλατα, τα αιρούμενα στερεά, τα θρεπτικά συστατικά, όπως το άζωτο και ο φώσφορος, η οργανική ύλη και οι τοξικές ουσίες. Τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες (Αγγελάκης & Tchobanoglous, 1995):

Τα συστήματα Βραδείας Εφαρμογής, όπου η εφαρμογή του αποβλήτου γίνεται ελεγχόμενα σε έδαφος με φυτική βλάστηση, με σκοπό την περαιτέρω επεξεργασία



του, ικανοποιώντας έτσι και τις εξατμισοδιαπνευστικές ανάγκες της φυτικής βλάστησης (Αγγελάκης, 1989). Ένα μέρος του αποβλήτου διηθείται στο έδαφος και σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς, επιτυγχάνοντας έτσι μια υψηλού δυναμικού επεξεργασία (Αγγελάκης & Tchobanoglous, 1995). Η εφαρμογή του αποβλήτου στο έδαφος μπορεί να γίνει είτε επιφανειακά (λεκάνες, αύλακες, κ.α.), είτε με καταιονισμό (ψέκασμα πάνω από τη φυτική βλάστηση) (Metcalf and Eddy, 2003).

Η ταχύτητα εφαρμογής του αποβλήτου και η επιλογή και η διαχείριση της φυτικής βλάστησης αποτελούν βασικά στοιχεία σχεδιασμού του συστήματος. Με σκοπό την επικράτηση ακόρεστων συνθηκών στο έδαφος οι κύκλοι εφαρμογής του αποβλήτου κυμαίνονται συνήθως από 4 έως 10 ημέρες (Αγγελάκης & Tchobanoglous, 1995).

Τα συστήματα Ταχείας διήθησης ή εφαρμογής, τα οποία ονομάζονται και SAT (Soil Aquifer Treatment). Το υγρό απόβλητο εφαρμόζεται σε αβαθείς επιφανειακές λεκάνες διήθησης και επαναλαμβανόμενους κύκλους. Συνήθως σε αυτή την περίπτωση δεν χρησιμοποιείται κάποιο είδος φυτικής βλάστησης.

Τα φορτία και οι ταχύτητες εφαρμογής είναι σχετικά υψηλές, με αποτέλεσμα οι απώλειες με εξάτμιση να είναι μικρές και το μεγαλύτερο ποσοστό του εφαρμοζόμενου αποβλήτου κατεισδύει στο έδαφος για την περαιτέρω επεξεργασία του. Εδάφη κατάλληλα για ταχεία διήθηση είναι αυτά με διαπερατότητες της τάξης των 0,05-0,2 (m/h). Τα συστήματα ταχείας διήθησης περιλαμβάνουν επεξεργασία, που ακολουθείται από: Εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα, ανάκτηση με στράγγιση ή άντληση και φυσική ροή του επιφανειακού νερού και απόληξη σε επιφανειακή πηγή.

Τα συστήματα επιφανειακής ροής, τα οποία βασίζονται στην εφαρμογή υγρού αποβλήτου, κατά μήκος της υψηλότερης πλευράς μιας διαβαθμισμένης, κεκλιμένης επιφάνειας, με ομαλή κλίση της τάξης 2-8% και με την ύπαρξη φυτικής βλάστησης. Η ροή του υγρού αποβλήτου καταλαμβάνει όλη την έκταση της επιφάνειας. Η επεξεργασμένη εκροή καταλήγει σε ένα στραγγαλιστικό αυλάκι που βρίσκεται κατά μήκος της επιφάνειας και στο χαμηλότερο υψόμετρο (Αγγελάκης & Tchobanoglous, 1995).

Η διήθηση του αποβλήτου στο έδαφος είναι περιορισμένη σε αυτά τα συστήματα για τον λόγο ότι χρησιμοποιούνται εδάφη με χαμηλή υδραυλική αγωγιμότητα, καθώς η επεξεργασία διενεργείται κατά την διάρκεια ροής του στην επιφάνεια του εδάφους. Ένα μέρος του υγρού αποβλήτου εξατμοδιαπνέεται, ενώ το

μεγαλύτερο μέρος του συλλέγεται ως επιφανειακή απορροή, προς διάθεση (Αγγελάκης & Tchobanoglous, 1995).

Η απομάκρυνση του οργανικού φορτίου, των αιωρούμενων στερεών και του αζώτου είναι ικανοποιητική σε αυτά τα συστήματα, όμως η απομάκρυνση του φωσφόρου και των παθογόνων μικροοργανισμών είναι περιορισμένη, με αποτέλεσμα την επιπλέον επεξεργασία της εκροής πριν από την διάθεση της στον αποδέκτη (ΥΠΕΚΑ, 2012).

### **2.3.3 Συστήματα τεχνητών υδροβιότοπων**

Οι υδροβιότοποι είναι τμήματα εδάφους τα όποια έχουν κατακλειστεί με νερό συνήθως μικρού βάθους (<0,6 m) και έχουν αναπτυχτεί φυτά, όπως διάφορα είδη κύπερης, καλάμια, είδη βούρλων και ψαθίου, ακόμη και κάποια είδη αφράτου. Η φυτική αυτή βλάστηση προσφέρει το βασικό υπόστρωμα ανάπτυξης των βακτηριακών μεμβρανών, βοηθά στο φιλτράρισμα και στην απορρόφηση συστατικών του αποβλήτου, παράλληλα μεταφέρει οξυγόνο στη μάζα του νερού και περιορίζει την ανάπτυξη αλγών με τον έλεγχο της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Αγγελάκης & Tchobanoglous, 1995).

Οι φυσικοί υδροβιότοποι έχουν περιορισμένη χρήση για την επεξεργασία προεπεξεργασμένων υγρών αποβλήτων λόγω επικινδυνότητας διατάραξης του φυσικού οικοσυστήματος. Όσο αναφορά τους τεχνητούς, έχουν όλες τις δυνατότητες των φυσικών χωρίς τους περιορισμούς που αφορούν την διάθεση εκροών σε φυσικά οικοσυστήματα (Αγγελάκης & Tchobanoglous, 1995). Έχουν αναπτυχτεί και χρησιμοποιηθεί δυο τύποι τεχνητών υδροβιότοπων για την περαιτέρω επεξεργασία προεπεξεργασμένων υγρών αποβλήτων: Αυτά της ελεύθερης επιφάνειας ή επιφανειακής ροής (FWS) και τα υποεπιφανειακής ροής (SFS), τα οποία χωρίζονται επιμέρους σε οριζόντιας ροής (HF) και κάθετης ροής (VF) ( ΥΠΕΚΑ, 2012).

Τα συστήματα επιφανειακής ροής (FWS) αποτελούνται συνήθως από παράλληλες λεκάνες, κανάλια ή τάφρους με αδιαπέραστους πυθμένες και μεταβλητό βάθος (0,1-0,6 m) ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη φυτική βλάστηση και της επεξεργασίας που χρειάζεται. Τα συστήματα (FWS) τροφοδοτούνται συνεχώς και τα λύματα που εισέρχονται στο κανάλι είναι σε άμεση επαφή με την ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα να έχουμε στην επιφάνεια αερόβια κατάσταση, ενώ στα βαθύτερα στρώματα αναερόβιες συνθήκες (Αγγελάκης & Tchobanoglous, 1995).

Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την επεξεργασία των λυμάτων στους τεχνητούς υδροβιότοπους είναι όμοιες με αυτές που συμβαίνουν στα φυσικά οικοσυστήματα.

Η αποδόμηση της οργανικής ύλης προκύπτει είτε μέσω αερόβιων είτε αναερόβιων διεργασιών. Το οξυγόνο διοχετεύεται με διάχυση από τον ατμοσφαιρικό αέρα, μέσω της φωτοσύνθεσης των φυτών στη στήλη νερού. Η απομάκρυνση του οργανικού άνθρακα των λυμάτων πραγματοποιείται τόσο από την αιωρούμενη όσο και από την προσκολλημένη βιομάζα (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Τα περισσότερα αιρούμενα στερεά καθιζάνουν και φιλτράρονται στα πρώτα μετρά κοντά στο σημείο είσοδο του συστήματος. Η απομάκρυνση του αζώτου επιτυγχάνεται με νιτροποίηση στις αεριζόμενες περιοχές και απονιτροποίηση στις ανοξικές. Τέλος ο φώσφορος προσροφάτε , αλλά η απομάκρυνση του είναι περιορισμένη όπως σε όλα τα φυσικά συστήματα (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Τα συστήματα υποεπιφανειακής ροής (SFS) είναι πιο διαδιδόμενη μέθοδος στην Ευρώπη. Όπως και στα συστήματα ελεύθερης επιφάνειας σχεδιάζονται με σκοπό επεξεργασίας προεπεξεργασμένων λυμάτων.

Ο πυθμένας στεγανοποιείται με αδρανές υλικό και βρίσκεται σε βάθος από 0,2-0,8 (m) ανάλογα με τη φυτική βλάστηση που χρησιμοποιείται.

Στους οριζόντιας ροής (HF) τα υγρά απόβλητα τροφοδοτούνται από τη μια άκρη του υδροβιότοπου και οδηγούνται στην έξοδο καλύπτοντας μια οριζόντια πορεία. Κατά την πορεία αυτή διέρχονται μέσα από τρεις ζώνες αερόβιας, ανοξικής και αναερόβιας κατάστασης. Οι αερόβιες συνθήκες υφίστανται γύρω από τις ρίζες των αναπτυσσόμενων φυτών του υδροβιότοπου. Το φυτό που συνήθως χρησιμοποιείται είναι το κοινώς λεγόμενο καλάμι, το οποίο έχει την ικανότητα να μεταφέρει οξυγόνο από τα φύλλα και μέσω των ριζωμάτων στις ρίζες. Στη λεγόμενη 'ριζόσφαιρα', δηλαδή στη περιοχή των ριζωμάτων , αναπτύσσονται οι πληθυσμοί των βακτηρίων (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Το οργανικό φορτίο οξειδώνεται από τους ετεροτροφικούς μικροοργανισμούς, ενώ οι νιτροποιητές οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη και νιτρικά. Στις περιοχές μακριά από τις ρίζες, όπου οι συνθήκες είναι ανοξικές γίνεται η απονιτροποίηση, δηλαδή η μετατροπή νιτρικών και νιτρωδών ενώσεων σε αέριο άζωτο. Τέλος τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται μέσω καθίζησης, ενώ η απομάκρυνση του φωσφόρου είναι εξαιρετικά περιορισμένη, λόγω της περιορισμένης επαφής του απόβλητου με το έδαφος (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Οι υγροβιότοποι κάθετης ροής (VF) αποτελούνται συνήθως από στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών(έδαφος, άμμος, χονδρόκοκκα κ.λπ.), ενώ τα καλάμια φυτεύονται στην άνω στρώση που είναι συνήθως από άμμο. Τα υγρά απόβλητα διέρχονται κατακόρυφα του υγροβιότοπου και συλλέγονται σε ένα δίκτυο αποστράγγισης τοποθετημένο στη βάση του.

Οι στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών αποστραγγίζουν πλήρως και έτσι επιτρέπεται η είσοδος νέου αέρα ανάμεσα στους πόρους των υλικών, που σε συνδυασμό με την μεταφορά παγιδευμένου αέρα στη δόση του αποβλήτου, δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες οξυγόνωσης, διάσπασης του οργανικού φορτίου και νιτροποίησης (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Η απομάκρυνση του φωσφόρου εξαρτάται από τη φύση του εφαρμοζόμενου υποστρώματος. Η απομάκρυνση μετάλλων επιτυγχάνεται κυρίως με κατακρήμνιση και προσρόφηση, ενώ η απομάκρυνση των παθογόνων οργανισμών εξαρτάται από τη δομή του υποστρώματος και την ταχύτητα ροής.

Τέλος τα αιωρούμενα στερεά μειώνονται κυρίως με το φιλτράρισμα τους στο έδαφος ή στο υπέδαφος. Για την ικανοποιητική επεξεργασία των προεπεξεργασμένων υγρών αποβλήτων η καλύτερη επιλογή είναι ο συνδυασμός οριζόντιας και κάθετης ροής σε σειρά (ΥΠΕΚΑ, 2012).

#### **2.3.4 Συστήματα επιπλεόντων υδροχαρών φυτών**

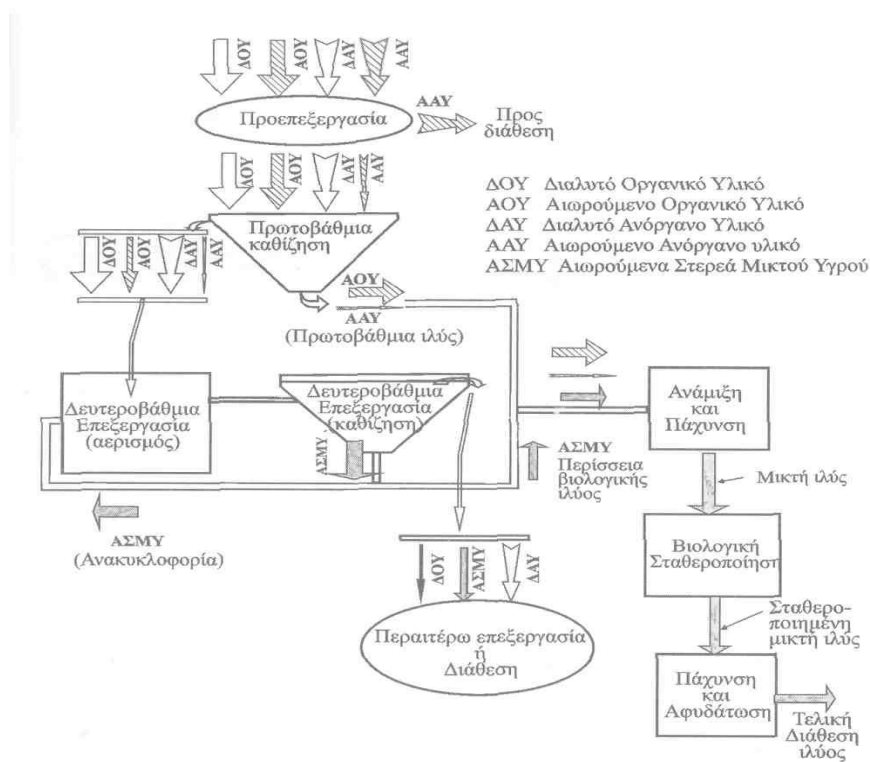
Τα συστήματα επιπλεόντων υδροχαρών φυτών μοιάζουν στη βασική τους ιδέα με αυτά των υγροβιότοπων ελευθέρως επιφάνειας (FWS) με διαφορές, στον τύπο της χρησιμοποιημένης φυτικής βλάστησης, όπως είναι για παράδειγμα ο υάκινθος του νερού, και στο βάθος του νερού, το οποίο συνήθως κυμαίνεται από 0,5 έως 1,8(m). Επίσης χρησιμοποιείται συνήθως συμπληρωματικός αερισμός, για την αύξηση της ικανότητας της αερόβιας επεξεργασίας, καθώς και του βιολογικού ελέγχου της ανάπτυξης κουνουπιών (Αγγελάκης & Tchobanoglous, 1995,σελ 15).

Τα συστήματα αυτά ενδείκνυνται σε περιοχές με θερμό κλίμα, καθώς ευνοείται η ανάπτυξη των φυτών και αναλόγως αυξάνεται η αποδοτικότητα του συστήματος, που έχει σαν αποτέλεσμα την ικανοποιητική μείωση του BOD, του αζώτου και των διαφόρων μετάλλων (Αγγελάκης & Tchobanoglous, 1995,σελ 124).

## 2.4 Στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων σε εντατικά συμβατικά συστήματα

Στα εντατικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων όπως έχουμε προαναφέρει εντατικοποιούνται οι διαδικασίες για την επεξεργασία λυμάτων, που γίνονται στη φύση, μέσα σε μικρότερο χώρο και χρόνο, όπως η διαδικασία της αποδόμησης των οργανικών στερεών, της καθίζησης των αιωρούμενων στερεών και της αφαιρέσεις αζώτου και φωσφόρου. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια, μικροοργανισμών και διατηρήσεις καταλλήλων συνθηκών για την αναπαραγωγή τους, καθώς και της τεχνολογίας. Το τίμημα της αυξημένης απόδοσης τους σε σχέση με τα εκτατικά συστήματα είναι το αυξημένο κόστος εγκαταστάσεις, αλλά και λειτουργίας εφόσον πρόκειται για ενεργοβόρα συστήματα.

Η επεξεργασία των λυμάτων σε αυτά τα συστήματα διαχωρίζεται σε μια σειρά σταδίων επεξεργασίας με κοινό στόχο την ικανοποιητική απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου, από τα λύματα για την διασφάλιση της μη επιβλαβούς απόρριψης προς το φυσικό ή τεχνητό αποδέκτη.



Εικόνα1:Τυπικό διάγραμμα διεργασιών για την επεξεργασία αστικών λυμάτων (Τσώνης, 2004)

### 2.4.1 Προεπεξεργασία

Η προεπεξεργασία είναι το αρχικό και από τα πιο βασικά στάδια της επεξεργασίας των αστικών λυμάτων, καθώς τα αποτελέσματα της καθορίζουν τόσο τη διασφάλιση των μηχανολογικών μερών ολόκληρης της μονάδας, όσο και το γενικό αποτέλεσμα, παραδίδοντας στα επόμενα στάδια τα απόβλητα απαλλαγμένα από κάθε τι ξενόφερτο όπως (λίπη, άμμο κ.α.).

Οι λειτουργίες που υλοποιούνται στο στάδιο της προεπεξεργασίας είναι οι εξής:

**Εσχαρησμός:** Πραγματοποιείτε με εσχάρες που παρεμποδίζουν τη δίοδο σε ευμεγέθη υλικά(αντικείμενα, χαρτιά ,κ.α.) να εισέλθουν στις εγκαταστάσεις, προφυλάσσοντας τες έτσι από τυχόν επιπλοκές στα μηχανολογικά μέρη, ή ακόμα πιθανές εμφράξεις και παρεμπόδιση στην απόδοση επόμενων διεργασιών, όπως τονίσαμε και στην αρχή. Ανάλογα με το που χρησιμοποιούνται και την περίπτωση κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες: Χονδρές εσχάρες (coarse screens), με ανοίγματα 40-150 mm, μέσες εσχάρες (microscreens), με ανοίγματα 4-50 mm, λεπτές εσχάρες (fine screens) ή πλέγματα εσχαρισμού με ανοίγματα μικρότερα από 5 mm.

Η διάταξη κατασκευής και λειτουργίας των εσχάρων ποικίλει ανάλογα με την εταιρία κατασκευής της. Το υλικό κατασκευής πρέπει να ανταπεξέρχεται στις ιδιαίτερες συνθήκες οξείδωσης και γι' αυτό τον λόγο χρησιμοποιείται συνήθως ανοξειδωτος χάλυβας ή πλαστικό (Metcalf & Eddy, 2003). Ο πυθμένας του καναλιού είναι ορθογώνιας διατομής και βρίσκεται σε απόσταση 7-8 cm κάτω από το ρείθρο του αγωγού προσαγωγής λυμάτων (Τσώνης, 2004). Για να αποφευχθεί η εναπόθεση στερεών στο κανάλι, η ταχύτητα προσέγγισης των λυμάτων στην εσχάρα θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,25 m/sec, ενώ η ταχύτητα διέλευσης μέσα από τα διάκενα της εσχάρας θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1,2 m/sec για την αποφυγή παράσυρσης των συγκρατημένων υλικών (Peavy et al., 1995).

Η συλλογή και η απομάκρυνση των εσχαρισμάτων υλοποιείτε αυτόματα με τη χρήση μεταφορικής ταινίας σε μηχανήμα συμπίεσης – αφυδάτωσης, όπου επιτυγχάνεται 70% μείωση του όγκου τους και 50% της υγρασίας. Τέλος μεταφέρονται ως απορρίμματα προς ενταφιασμό στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Ξανθάκου & Τζαμπερής, 2009 ).

**Εξάμμωση:** Με τον όρο εξάμμωση εννοούμε την αφαίρεση διαφόρων ειδών αιωρούμενων υλικών από τα λύματα, όπως κόκκοι άμμου, τεμαχίδια χώματος ή σκόνης, τα οποία παρουσιάζουν αυξημένη ταχύτητα καθίζησης.

Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των λεγόμενων αμμοσυλλεκτών, οι οποίοι ανάλογα με την κατασκευή και τη λειτουργία τους χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες (Horan, 1990):

- Μακρόστενοι ή τετράγωνοι αμμοσυλλέκτες οριζόντιας ροής (horizontal flow grit chambers).
- Αεριζόμενοι αμμοσυλλέκτες (aerated grit chambers).
- Κυκλικοί-κυλινδρικοί αμμοσυλλέκτες ή εξαμμωτές στροβίλου (vortex type grit chambers).

Οι τετράγωνοι αμμοσυλλέκτες, ουσιαστικά λειτουργούν και ως δεξαμενές καθίζησης με μεγάλη επιφάνεια φόρτισης, έτσι ώστε να αφαιρεθεί η άμμος και ταυτόχρονα να επιτευχθεί η καθίζηση του οργανικού υλικού που παρουσιάζει μεγάλη ταχύτητα. Στους αεριζόμενους αμμοσυλλέκτες η περιστροφική κίνηση του υγρού στη δεξαμενή δημιουργεί ξέπλυμα των κόκκων της άμμου, διαχωρισμό του οργανικού υλικού και καθίζηση της άμμου στον πυθμένα. Σε κάθε περίπτωση η συλλογή των προϊόντων από τους αμμοσυλλέκτες πραγματοποιείται με βοήθεια αρπάγης, κινούμενης γέφυρας ή αντλίας, ανάλογα με την κατηγορία του αμμοσυλλέκτη (Metcalf & Eddy, 2003). Ο σχεδιασμός και η επιλογή εξαρτάται από την ανάγκη της κάθε μονάδας.

Τα προϊόντα που συλλέγονται περιέχουν 75-85 % ανόργανα υλικά και έχουν ποσοστό υγρασίας 13-65 %. Οι μέθοδοι διάθεσης τους περιλαμβάνουν ταφή, χρήση ως υλικό επίχωσης ή επιφανειακής κάλυψης, χρήση τους σε κλίνες ξήρανσης, εφόσον η περιεκτικότητα σε οργανικά είναι μικρή, ή αποτέφρωση, εάν υπάρχει τέτοια μονάδα για επεξεργασία ιλύος (Ξανθάκου & Τζαμπερή, 2009).

Λιποσυλλογή: Είναι η διεργασία περισυλλογής και απομάκρυνσης της επιπλέουσας ύλης (λίπη) από τα λύματα, μέσω του λιποσυλλέκτη. Ο λιποσυλλέκτης είναι ένας θάλαμος διαμορφωμένος έτσι ώστε να επιτρέπει την παραμονή της επιπλέουσας ύλης στην επιφάνεια των εισερχομένων αποβλήτων και στη συνέχεια να την απομακρύνει. Αυτή η διεργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ξεχωριστή δεξαμενή ή σε συνδυασμό με τη δεξαμενή εξάμμωσης.

Κατά το στάδιο της λιποσυλλογής, τα ελεύθερα και επιπλέοντα λιπαρά υλικά διαχωρίζονται από τα απόβλητα μέσω διαύγασης βαρύτητας. Τα λιπαρά συστατικά επιπλέον στην επιφάνεια του διαχωριστή λόγω του μικρότερου ειδικού τους βάρους. Η επίπλευση με αέρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει το διαχωρισμό των

λιπαρών συστατικών μέσω ελάττωσης του ειδικού τους βάρους διοχετεύοντας φυσαλίδες αέρα στα λιπαρά σωματίδια (Τσώνης, 2004).

Οι περισσότερες δεξαμενές λιποσυλλογής έχουν Σχήμα ορθογώνιο ή κυκλικό και ο χρόνος παραμονής των λυμάτων για τη διεργασία αυτή κυμαίνεται από 1 ως 15 min. Το στόμιο εκροής των υγρών βρίσκεται κάτω από τη στάθμη της επιφανείας του συσσωρευμένου λίπους. Ο αγωγός εισροής συνήθως βρίσκεται χαμηλότερα από τον αγωγό εκροής, ώστε να βοηθά στην επίπλευση και τη συλλογή των λιπαρών ουσιών και ελαίων (Peavy et al., 1995).

#### **2.4.2 Εξισορρόπηση**

Κατά την διάρκεια της ημέρας οι ωριαίες τιμές της παροχής σε ένα αστικό σύστημα επεξεργασίας λυμάτων παρουσιάζουν απρόβλεπτες διακυμάνσεις ,λόγο συντονισμένης χρήσης του δικτύου από ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού. Για την εξομάλυνση των διακυμάνσεων αυτών της παροχής είναι υπεύθυνες οι δεξαμενές εξισορρόπησης, οι οποίες συνήθως κατασκευάζονται μετά τις δεξαμενές εξάμμιωσης. Στις δεξαμενές εξισορρόπησης είναι απαραίτητο να υπάρχουν συνθήκες ανάμειξης τέτοιες, ώστε να παρεμποδίζεται η καθίζηση των στερεών, καθώς και αερόβιες συνθήκες για την αποφυγή σπητικών καταστάσεων (Peavy et al., 1995).

Ο σχεδιασμός και ο προσδιορισμός του όγκου της δεξαμενής βασίζεται στα στοιχεία της ωριαίας διακύμανσης της παροχής, με στόχο την ομαλή τροφοδοσία της μονάδας, έτσι ώστε να παρέχει την επιθυμητή βιολογική επεξεργασία (Τσώνη, 2004).

Έχει παρατηρηθεί ότι δίχως την εξισορρόπηση η δευτεροβάθμια δεξαμενή αερισμού, και ιδιαίτερα για βιομηχανικά απόβλητα ,παρουσιάζει σημαντική διακύμανση, λόγω αυξημένου φορτίου (Ξανθάκου & Τζαμπερής, 2009 ).

Επομένως η εξισορρόπηση επιτυγχάνει παράλληλα δυο διεργασίες ,την εξομάλυνση της παροχής και του ρυπαντικού φορτίου που εισέρχεται στο σύστημα.

#### **2.4.3 Καθίζηση**

Η καθίζηση είναι μια φυσική διεργασία η οποία χρησιμοποιείται σε πολλά στάδια επεξεργασίας λυμάτων στα συμβατικά συστήματα. Με τη διεργασία αυτή επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του αιωρούμενου υλικού με βαρύτητα, που λαμβάνει χώρα στις παρακάτω θέσεις επεξεργασίας (Τσώνης, 2004):



- Στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας επεξεργασίας για την αφαίρεση καθιζανόντων στερεών.
- Στις δεξαμενές δευτεροβάθμιας επεξεργασίας για την παραλαβή διαυγασμένης εκροής.
- Στην τριτοβάθμια επεξεργασία για την κατακράτηση του αιωρούμενου υλικού από το νερό πλύσης των φίλτρων.
- Στους παχυντές για την πάχυνση των διαφόρων τύπων ιλύος.

Ανάλογα με τη διεργασία που πραγματοποιείται σχεδιάζονται οι δεξαμενές καθίζησης οι οποίες διακρίνονται σε τέσσερις διαφορετικούς τύπους (Βογιατζής & Στάμου, 1986):

- Καθίζηση τύπου I, όπου δεν παρατηρούνται μεγάλες ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων και δεν σχηματίζονται συσσωματώματα ή άλλου τύπου ενότητες με άλλα σωματίδια (πχ. η καθίζηση άμμου στον αμμοσυλλέκτη).
- Καθίζηση τύπου II, όπου παρατηρούνται μικρές συγκεντρώσεις αιωρούμενου υλικού, το οποίο θρομβώνει όταν καθιζάνει (πχ. η πρωτοβάθμια καθίζηση αστικών λυμάτων).
- Καθίζηση τύπου III, όπου παρατηρούνται μεγάλες ποσότητες συγκέντρωσης αιωρούμενου υλικού, το οποίο καθιζάνει με την μορφή μάζας εκτεταμένης σε όλη την κατεχόμενη επιφάνεια.
- Καθίζηση τύπου IV, όπου παρατηρείται πολύ μεγάλη ποσότητα συγκέντρωσης αιωρούμενου υλικού με μεγάλη συμύκνωση, καθώς τα σωματίδια βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους (πχ. η πάχυνση ιλύος).

#### **2.4.3.1 Πρωτοβάθμιες δεξαμενές καθίζησης**

Σκοπός της διεργασίας που πραγματοποιείται στη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών μεγέθους 0,1-0,001 mm από τα απόβλητα.

Η απομάκρυνση αυτή στοχεύει στη μείωση των αιωρούμενων στερεών (SS) κατά 50-70 % και στην απομάκρυνση του οργανικού υλικού (BOD) κατά 25-40 % (Winkler, 1981). Ο χρόνος παραμονής των λυμάτων στην δεξαμενή είναι άμεσα συνδεδεμένος με τα στοιχεία αυτά, όσο αυξάνετε, τόσο αντίστοιχα αυξάνεται και η συσσώρευση των στερεών

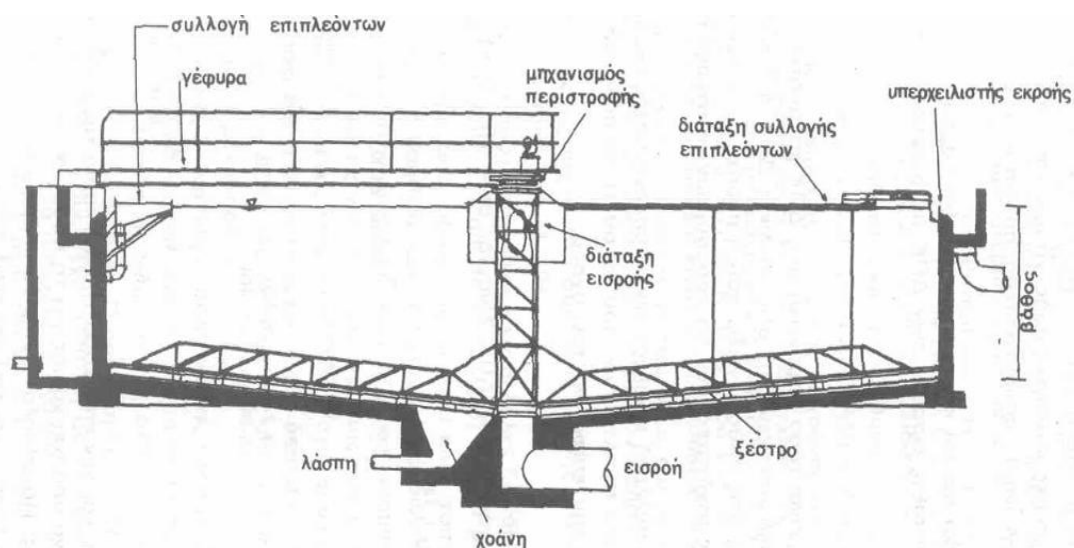
Η θερμοκρασία του εισερχόμενου λύματος, καθώς και της δεξαμενής, επηρεάζει άμεσα την διεργασία της καθίζησης. Όταν η εισερχόμενη μάζα είναι θερμότερη από την υφιστάμενη, τότε επιπλέει, ενώ όταν είναι ψυχρότερη, περνάει από κάτω δημιουργώντας αδρανείς περιοχές (ASCE, 1977).

Κατά το σχεδιασμό της δεξαμενής της πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράμετροι: η επιφανειακή φόρτιση, η διάταξη της ροής, η διάταξη εκροής, το μέγεθος της δεξαμενής και η διάταξη της ενεργού ιλύος. Η επιφανειακή φόρτιση μαζί με το χρόνο παραμονής των λυμάτων στη δεξαμενή, συμβάλουν για την επιθυμητή απομάκρυνση των στερεών και είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα την απόδοση της δεξαμενής.

Η διάταξη ροής με τη σειρά της είναι βασικό κομμάτι του σχεδιασμού καθώς η κατασκευή του στομίου εισροής πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή της μάζας μειώνοντας έτσι την ταχύτητα ροής, για την αποφυγή διαταραχής στη ζώνη καθίζησης (Τσώνης, 2004).

Το μέγεθος της δεξαμενής εξαρτάτε από την τροφοδοτούμενη παροχή και από τον υδραυλικό χρόνο παραμονής για τον οποίο γίνεται ο σχεδιασμός.

#### 2.4.3.2 Δευτεροβάθμιες δεξαμενές καθίζησης



Εικόνα2:Τυπική τομή κυκλικής δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης (Metcalf & Eddy, 2003).

Οι δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης εντάσσονται στο λειτουργικό στάδιο της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων. Ο σχεδιασμός και λειτουργία αυτών των δεξαμενών είναι όμοια και έχουν πολλά κοινά κατασκευαστικά στοιχεία με τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης (Βογιατζής & Στάμου, 1986).

Για αυτό το λόγο σε αρκετές εγκαταστάσεις αποφεύγετε η κατασκευή δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης μειώνοντας έτσι το κόστος κατασκευής και λειτουργίας, καθώς και τη συνολική μάζα της ύλης της εγκατάστασης (EPA, 1977).

Οι διεργασίες στη δευτεροβάθμια καθίζηση έχουν σκοπό την απομάκρυνση των οργανικών ουσιών των υγρών αποβλήτων που εισέρχονται από τη δεξαμενή αερισμού, η οποία μαζί με την δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης αποτελούν το σύστημα ενεργού ύλης το οποίο θα αναλύσουμε στη συνέχεια.

Τα κριτήρια στα οποία στηρίζεται ο σχεδιασμός των δεξαμενών καθίζησης είναι (Τσώνης, 2004):

- Η ταχύτητα υπερχειλίσης. Υπολογίζεται από τη διαίρεση της παροχής που τροφοδοτείτε ( $m^3/d$ ) με το επιφανειακό εμβαδόν της δεξαμενής ( $m^2$ ).
- Ο χρόνος παραμονής των λυμάτων. Υπολογίζεται από τη διαίρεση του όγκου της δεξαμενής ( $m^3$ ) με την τροφοδοτούμενη παροχή ( $m^3/h$ ).
- Ο ρυθμός υπερχειλίσης. Υπολογίζεται από τη διαίρεση της τροφοδοτούμενης παροχής ( $m^3/d$ ) με το μήκος από το οποίο υπερχειλίζει η εκροή (m).
- Η φόρτιση των στερεών. Υπολογίζεται από τη διαίρεση της παροχής των στερεών που τροφοδοτούνται ( $kg/d$ ) με το επιφανειακό εμβαδόν της δεξαμενής ( $m^2$ ).
- Η ελάχιστη ροή στερεών. Σε ( $kg/m^2*d$ ), υπολογίζεται μετά από πειραματικές μελέτες καθίζησης του μικτού υγρού βιολογικών συστημάτων αιωρούμενης βιομάζας και χρησιμοποιείτε για τον υπολογισμό του επιφανειακού εμβαδού της δεξαμενής καθίζησης που χρησιμοποιείται.

Η καθίζηση ως μέθοδος απομάκρυνσης ρυπαντών από τα υγρά απόβλητα (Νταρακάς,2014).

Ρυπαντής	Κροκίδωση και καθίζηση	Πρωτοβάθμια καθίζηση	Βιολογική επεξεργασία και καθίζηση	Προσθήκη χημικών στην εισροή, βιολογική επεξεργασία και καθίζηση
Αιωρούμενη οργανική ύλη	ΚΑΛΗ - ΑΡΙΣΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ – ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Διαλυμένη οργανική ύλη	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	-	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ
Αμμωνιακό άζωτο	-	-	-	-
Ανόργανο άζωτο	-	-	-	-
Φώσφορος	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	-	-	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Σουλφίδια	-	-	-	-
Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC)	-	-	-	-
Ημιπτητικές οργανικές ενώσεις (SOC)	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	-	-	-
Φυτοφάρμακα	-	-	-	-
Βαριά μέταλλα	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Παθογόνοι μικροοργανισμοί	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ

Κακή: 0-20%, Μέτρια: 20-60%, Καλή: 60-90%, Άριστη: 90-100%

## 2.4.4 Συστήματα ενεργού ιλύος

### 2.4.4.1 Γενικά

Η μέθοδος της ενεργού ιλύος επινοήθηκε από τους E. Arden και N. Lockett στην Αγγλία το 1914, οι οποίοι παρατήρησαν το σχηματισμό αιωρούμενων στερεών με κάποια χαρακτηριστικά θρόμβωσης σε αεριζόμενα λύματα (Τσώνης, 2004). Μέχρι και σήμερα χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος για την επεξεργασία τόσο των αστικών λυμάτων όσο και των βιομηχανικών αποβλήτων.

Τα συστήματα της ενεργού ιλύος αποτελούνται από τη δεξαμενή αερισμού και τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης. Σκοπός των δεξαμενών αυτών είναι η απομάκρυνση, μέσω βιολογικών διεργασιών, των διαλυμένων οργανικών ουσιών που υπάρχουν στα λύματα. Η βασική μονάδα του συστήματος είναι η δεξαμενή αερισμού, εκεί οι οργανικές ουσίες καταναλώνονται από τους μικροοργανισμούς με απαραίτητη προϋπόθεση την παρουσία οξυγόνου.

#### 2.4.4.2 Μικροοργανισμοί

Οι μικροοργανισμοί χωρίζονται σε πολλές κατηγορίες ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες τους. Μια μεγάλη κατηγορία μικροοργανισμών ανάλογα με τις ουσίες που καταναλώνουν είναι οι ετερότροφοι και οι αυτότροφοι. Οι ετερότροφοι χρησιμοποιούν ως πηγή άνθρακα οργανικό υλικό, σε αντίθεση με τους αυτότροφους που χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα(ανόργανη πηγή άνθρακα).



Εικόνα3:Μικροοργανισμοί που σχετίζονται με την αποδόμηση της οργανικής ύλης (Νταρακάς,2014).

Ως προς την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιούν διακρίνονται σε φωτότροφοι, οι οποίοι χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια για τις ανάγκες τους, και σε χημειότροφοι οι οποίοι χρησιμοποιούν ενέργεια που προκύπτει από αντιδράσεις οξειδοαναγωγής όπου συμμετέχει οργανικό ή ανόργανο υλικό. Οι χημειότροφοι χωρίζονται σε δυο επιμέρους κατηγορίες τους ληθότροφους (οξείδωση ανόργανου υλικού) και τους οργανότροφους (οξείδωση οργανικού υλικού).

Επίσης ως προς την παρουσία οξυγόνου χωρίζονται σε αερόβιους, οι οποίοι πρέπει υποχρεωτικά να χρησιμοποιούν διαλυμένο οξυγόνο ως τελικό δεκτή ηλεκτρονίων, σε αναερόβιους , οι οποίοι δεν μπορούν να επιβιώσουν σε παρουσία διαλυμένου οξυγόνου και τέλος σε επαμφοτερίζοντες, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιούν διαλυμένο οξυγόνο ως τελικό δέκτη ηλεκτρονίων αλλά σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει διαθέσιμο διαλυμένο οξυγόνο μπορούν να χρησιμοποιούν άλλους διαθέσιμους δέκτες ηλεκτρονίων (Τσώνης 2004).

Μια πολύ σημαντική ομάδα επαμφοτεριζόντων μικροοργανισμών είναι οι απονιτροποιητές. Οι μικροοργανισμοί αυτοί κάτω από ανοξικές συνθήκες χρησιμοποιούν νιτρώδη ( $\text{NO}_2$ ) ή νιτρικά ( $\text{NO}_3$ ) ως τελικούς δέκτες ηλεκτρονίων , με αποτέλεσμα να είναι υπεύθυνοι για την μετατροπή του αζώτου των νιτρικών σε αέριο μοριακό άζωτο, δηλαδή η διαδικασία της απονιτροποίησης.

Τα αερόβια συστήματα επεξεργασίας ενδείκνυνται για την αντιμετώπιση διαλυτού οργανικού υλικού με συγκέντρωση στην περιοχή 50 έως 4000 mg/L σε όρους (βιοαποδομούμενου) χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (βΧΑΟ), ενώ για συγκεντρώσεις από 4000 έως 50000 mg/L ΧΑΟ ) ενδείκνυνται αναερόβια συστήματα επεξεργασίας (Τσώνης 2004).

#### **2.4.4.3 Δεξαμενή αερισμού**

Η ροή των λυμάτων στην δεξαμενή αερισμού πρέπει να έχει υπολογιστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα παραμονής τους για μερικές ώρες. Σε αυτό το χρονικό διάστημα οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν το οργανικό υλικό για την ανάπτυξή τους και τις ενεργειακές τους ανάγκες, μετατρέποντας ένα μέρος του σε βιομάζα, η οποία κατακρατείτε στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, και το υπόλοιπο το οξειδώνουν προς διοξείδιο του άνθρακα (το οποίο εκλύεται στη ατμόσφαιρα) και νερό.

Η μετατροπή του οργανικού υλικού επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του αερισμού, ο οποίος συμβάλλει, επίσης, στην ανάμιξη των λυμάτων ώστε να υπάρχει ομοιόμορφη συγκέντρωση των μικροοργανισμών, του οξυγόνου και των οργανικών ουσιών σε όλο τον όγκο της δεξαμενής αερισμού. Στο πρώτο στάδιο η επιφάνεια εμπλουτίζεται με οξυγόνο, στο δεύτερο στάδιο το οξυγόνο μεταφέρεται στο υγρό με μοριακή διάχυση και στο τρίτο στάδιο διανέμεται σε όλο τον όγκο του υγρού.

Οι αεροσυμπιεστές, οι οποίοι συμβάλλουν στην οξυγόνωση, πρέπει να έχουν τέτοια ισχύ, ώστε να μπορούν να παρέχουν την απαιτούμενη ποσότητα αέρα, τόσο κατά τις ζεστές μέρες του καλοκαιριού, όσο και κατά τις κρύες μέρες του χειμώνα (Metcalf & Eddy, 2003).

#### **2.4.4.4 Δεξαμενή καθίζησης.**

Όσον αφορά τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, τα υγρά αναμεμειγμένα λύματα διοχετεύονται εκεί, όπου γίνεται κατακράτηση των αιωρούμενων στερεών μικτού υγρού (MLSS) στον πυθμένα της δεξαμενής. Ένα μέρος του μικτού υγρού επανέρχεται, μέσω της ανακυκλοφορίας, στην δεξαμενή αερισμού και ένα άλλο μέρος διοχετεύεται ως διαυγασμένη εκροή για περαιτέρω επεξεργασία απαλλαγμένο από ένα σημαντικό ποσοστό του οργανικού υλικού.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή διεργασία της διαύγασης και πύκνωσης είναι ο σωστός σχεδιασμός. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των δεξαμενών αυτών είναι το είδος του αερισμού, η συγκέντρωση των MLSS, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής στον αερισμό και η παροχή της ανακυκλοφορίας.

Ταξινόμηση συστημάτων τύπων ενεργού ιλύος (Γσώνης, 2004).

<b>A. Διαφοροποίηση με βάση τη διαμόρφωση</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Εμβολικής ροής (συμβατικό ή κλασσικό)</li> <li>2. Βηματικής τροφοδότησης</li> <li>3. Πλήρους ανάμιξης</li> <li>4. Επαφής-σταθεροποίησης</li> <li>5. Ενεργού ιλύος με επιλογήα.</li> </ol>
<b>B. Διαφοροποίηση με βάση τον αερισμό</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Συμβατικό</li> <li>2. Με σταδιακά μειούμενο αερισμό</li> <li>3. Με καθαρό οξυγόνο.</li> </ol>
<b>Γ. Διαφοροποίηση με βάση την οργανική φόρτιση</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Συμβατικό</li> <li>2. Τροποποιημένου αερισμού</li> <li>3. Ταχύρρυθμο</li> <li>4. Παρατεταμένου αερισμού.</li> </ol>

#### 2.4.4.5 Βασικές παράμετροι και δείκτες

##### 2.4.4.5.1 Η συγκέντρωση της βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος

Η συγκέντρωση της βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος κυμαίνεται συνήθως από 2,0 – 5,0 Kg/m<sup>3</sup> και αποτελεί ίσως την πιο σπουδαία παράμετρο για τη σωστή λειτουργία του συστήματος. Για υψηλό βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων και

γρήγορη αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου απαιτείται υψηλή συγκέντρωση βιομάζας. Εάν η συγκέντρωσή της είναι χαμηλή απαιτείται μεγαλύτερος όγκος δεξαμενής ενεργού ιλύος για το ίδιο αποτέλεσμα (αντιοικονομικό). Αύξηση της συγκέντρωσης της βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος επιτυγχάνεται με την επανακυκλοφορία της ιλύος από τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης προς τη δεξαμενή ενεργού ιλύος (Νταρακάς , 2014).

#### 2.4.4.5.2 Ο δείκτης όγκου ιλύος

Ο Δείκτης Όγκου Ιλύος (ΔΟΙ) ή Sludge Volume Index (SVI) είναι ο όγκος που καταλαμβάνει ένα γραμμάριο ξηρής βιομάζας σε ενυδατωμένη κατάσταση μετά από καθίζηση 30 λεπτών στον κώνο του Imhoff. Η δοκιμή καθίζησης αναφέρεται στη δευτεροβάθμια καθίζηση και τα καθιζάνοντα στερεά είναι η βιομάζα (Νταρακάς , 2014).

Ο Δείκτης Όγκου Ιλύος δίνει σημαντικές πληροφορίες για την ποιότητα της παραγόμενης βιομάζας (ιλύος) και συνεπώς για τη λειτουργία των δεξαμενών οξείδωσης (αερισμού) σε μια εγκατάσταση βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων. SVI = 100 mL/gr σημαίνει βιομάζα με περιεκτικότητα 99% νερό και 1% ξηρά ουσία (Νταρακάς , 2014).

$$SVI = \frac{\text{ΟΓΚΟΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (ML/L)}}{\text{ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (gr/L)}} \text{ (ML/gr)}$$

#### 2.4.4.5.3 Η ηλικία της ιλύος

Η ηλικία ιλύος (Ηιλ) δίνει προσεγγιστικά το χρόνο για τον οποίο η βιομάζα, δηλαδή οι ενεργοί μικροοργανισμοί, παραμένει στη δεξαμενή αερισμού. Όσο μεγαλύτερος είναι ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας των λυμάτων τόσο αυξάνεται και η ηλικία της ιλύος που απαιτείται. Εάν για παράδειγμα πρόκειται να γίνει βιολογική επεξεργασία χωρίς νιτροποίηση η απαιτούμενη ηλικία της ιλύος είναι 5 ημέρες, εάν πρόκειται να γίνει νιτροποίηση και απονιτροποίηση ο χρόνος ανέρχεται σε 15 ημέρες. Εάν πρόκειται να γίνει και σταθεροποίηση της ιλύος η απαιτούμενη ηλικία της ιλύος είναι 20 ημέρες (Νταρακάς , 2014).

Ως ηλικία ιλύος (Ηιλ) ορίζεται ο λόγος της συνολικής ποσότητας ενεργού βιομάζας της δεξαμενής αερισμού (Βσν) προς την ημερήσια παραγωγή βιομάζας στην δεξαμενή (Βημ πα). Δηλαδή  $H_{il} = \frac{B_{sv}}{B_{\eta\mu}} \left( \frac{Kg}{\eta\mu} \right) = (\eta\mu)$

Οι τιμές Βσν και Βημ δίνονται σε Kg ξηράς ουσίας. Γενικά όταν αναφέρεται παρακάτω ποσότητα βιομάζας εννοείται το βάρος της σε ξηρή κατάσταση. Επίσης  $\mu_{\text{μεσ}} * B_{sv} = B_{\eta\mu}$ . Όπου  $\mu_{\text{μεσ}}$  η μέση τιμή του συντελεστή αύξησης της βιομάζας κατά την διάρκεια μιας ημέρας. Συνεπώς  $\mu_{\text{μεσ}} = \frac{B_{\eta\mu}}{B_{sv}} = \left( \frac{1}{H_{il}} \right) (\eta\mu^{-1})$

Σημειώνεται ότι όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία του περιεχομένου της δεξαμενής τόσο μεγαλύτερη είναι η απαιτούμενη ηλικία της ιλύος, γιατί σε χαμηλές



θερμοκρασίες οι διεργασίες παραγωγής της βιομάζας εξελίσσονται με βραδύτερους ρυθμούς (Νταρακάς , 2014).

#### **2.4.4.5.4 Διάρκεια αερισμού και κατανάλωση οξυγόνου**

Τα λύματα αποτελούνται από μίγμα διαφορετικών οργανικών ουσιών και ότι κάθε μια από τις ενώσεις αυτές έχει διαφορετική ταχύτητα αποικοδόμησης. Μικρότερος για παράδειγμα χρόνος απαιτείται για τη βιολογική οξείδωση ενός μονοσακχαρίτη και πολύ μεγαλύτερος για την οξείδωση ενός λιπαρού οξέος ή μιας πρωτεΐνης. Στην πράξη κατά την λειτουργία των εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας η αποικοδόμηση των λυμάτων γίνεται στην αρχή ταχύτερα και μετά βραδύτερα γιατί μερικές ουσίες προσροφώνται από τους βιολογικούς θρόμβους και κατ' αυτόν τον τρόπο διαχωρίζονται από τα λύματα ενώ δεν έχουν ακόμη αποικοδομηθεί. Είναι επίσης προφανές ότι και η ποσότητα της βιομάζας επιδρά στην ταχύτητα αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών των λυμάτων (Νταρακάς , 2014).

Οι θεωρητικές τιμές της ποσότητας του οξυγόνου που πρέπει να διαλυθεί στα λύματα για την αερόβια επεξεργασία τους απέχουν από τις πραγματικές τιμές. Η διάλυση του οξυγόνου στα λύματα είναι δυσκολότερη απ' ό τι στο καθαρό νερό και επομένως η ποσότητα του οξυγόνου που πρέπει να διοχετευθεί στις δεξαμενές αερισμού είναι πάντα μεγαλύτερη από τις θεωρητικές τιμές. Οι τιμές του συντελεστή διάλυσης οξυγόνου ( $\alpha$ ) ελαττώνονται όταν αυξάνεται το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων και επηρεάζονται από τον τρόπο και την ένταση της ανάδευσης των λυμάτων (Νταρακάς , 2014).

Η ποσότητα του οξυγόνου που πρέπει να διαλυθεί στα λύματα εξαρτάται από πολλές παραμέτρους όπως από το συντελεστή διάλυσης οξυγόνου στο μίγμα λύματα-ενεργός ίλύς, από το οξυγόνο που είναι δυνατόν να διαλυθεί στο καθαρό νερό, από την τιμή κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού και από τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού. Εξαρτάται επίσης από το εάν θα πραγματοποιηθεί οξείδωση μόνο των ανθρακούχων οργανικών ενώσεων ή από το εάν θα πραγματοποιηθεί νιτροποίηση – απονιτροποίηση.

Η κατανάλωση οξυγόνου ( $O_2$ ) είναι συνάρτηση της ποσότητας των οργανικών ουσιών των λυμάτων οι οποίες οξειδώνονται στις δεξαμενές αερισμού. Όσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγή της βιομάζας τόσο μικρότερη είναι η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται για την αποικοδόμηση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων γιατί μικρό μόνο μέρος αυτών των ουσιών οξειδώνεται σε ανόργανες

ουσίες, ενώ το μεγαλύτερο μετατρέπεται σε οργανικές ουσίες άλλης μορφής (βιομάζα).

Η κατανάλωση οξυγόνου στη μονάδα όγκου των δεξαμενών ανά ημέρα ( $\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ ) εξαρτάται από την κατανάλωση οξυγόνου για την αδρανοποίηση των οργανικών ουσιών, από την κατανάλωση οξυγόνου για την ενδογενή αναπνοή της βιομάζας και από την ξηρή βιομάζα στην μονάδα όγκου των δεξαμενών αερισμού ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) (Νταρακάς, 2014).

Το απαιτούμενο  $\text{O}_2/\text{kg}$  οργανικής ύλης ως  $\text{BOD}^5$  που αποδομείται ανάλογα με τις απαιτήσεις επεξεργασίας είναι:

1,5 - 2,0  $\text{kg O}_2/\text{kg BOD}_5$  για βιολογική επεξεργασία χωρίς νιτροποίηση,

2,5  $\text{kg O}_2/\text{kg BOD}_5$  για βιολογική επεξεργασία με νιτροποίηση.

#### **2.4.4.5.5 Ο συντελεστής απόδοσης της εγκατάστασης**

Ο συντελεστής απόδοσης μιας Ε.Ε.Λ. με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος συνδέεται με την παράμετρο της οργανικής φόρτισης των δεξαμενών και πιο συγκεκριμένα με το οργανικό φορτίο εκροής και το οργανικό φορτίο εισροής.. Η σχέση αυτών των μεγεθών είναι η εξής:  $\eta = (1 - \frac{\Phi_{\text{EK}}}{\Phi_{\text{ΕΙΣ}}}) * 100\%$  (Νταρακάς, 2014).

#### **2.4.5 Αναερόβια συστήματα βιολογικής επεξεργασίας**

Κατά την αναερόβια διεργασία η βιολογική αποικοδόμηση του οργανικού υλικού πραγματοποιείται απουσία οξυγόνου με τη δράση αναερόβιων μικροοργανισμών, οι οποίοι αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας τις οργανικές ενώσεις. Τα βασικότερα προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας, είναι μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ ), υδρογόνο ( $\text{H}_2$ ), αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) και αναερόβια βιομάζα. Η δημιουργία των προϊόντων εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας, τα χαρακτηριστικά της τροφοδοσίας και τα εμπλεκόμενα είδη των μικροοργανισμών (Νταρακάς, 2014).

Αναερόβια επεξεργασία εφαρμόζεται ως επί το πλείστον για τη χώνευση ή ζύμωση της ιλύος η οποία προκύπτει από τα συστήματα καθίζησης και για την επεξεργασία πυκνών βιομηχανικών ή άλλων αποβλήτων. Η διεργασία αποικοδόμησης πραγματοποιείται σε δυο στάδια από διαφορετικές ομάδες μικροοργανισμών. Στο πρώτο στάδιο γίνεται υδρόλυση και ζύμωση των σύνθετων

οργανικών ενώσεων με παραγωγή απλών οργανικών οξέων από επαμφοτερίζοντα και αναερόβια βακτήρια, ενώ κατά το δεύτερο στάδιο μετατρέπονται τα οργανικά οξέα σε μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) και διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) από αναερόβια βακτήρια (Νταρακάς, 2014).

Η αναερόβια αποικοδόμηση είναι μια πολύ αργή και ευαίσθητη διαδικασία στην οποία συμμετέχουν υποχρεωτικά αναερόβιοι μικροοργανισμοί όπως τα αρχαιοβακτήρια και τα μεθανοβακτήρια, τα οποία χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, καθώς και μύκητες και πρωτόζωα. Τα θετικά της αναερόβιας διαδικασίας είναι η παραγωγή μεθανίου (CH<sub>4</sub>), το οποίο μαζί με το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) συνθέτει το βιοαέριο, δεν απαιτείται αερισμός, επιτυγχάνεται αποικοδόμηση δύσκολα βιοαποικοδομήσιμων ουσιών και ότι υπάρχει πολύ χαμηλή παραγωγή ιλύος (Νταρακάς, 2014).

Απομάκρυνση ρυπαντών από τα υγρά απόβλητα με βιολογική επεξεργασία.

Ρυπαντής	Κλασικό σύστημα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας	Βιολογική απονιτροποίηση	Αναερόβια επεξεργασία
Αιωρούμενη οργανική ύλη	-	-	-
Διαλυμένη οργανική ύλη	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ
Αμμωνιακό άζωτο	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ
Ανόργανο άζωτο	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ
Φώσφορος	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ
Σουλφίδια	ΑΡΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ	-
Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC)	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Ημιπτητικές οργανικές ενώσεις (SOC)	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Φυτοφάρμακα	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Βαριά μέταλλα	-	-	-
Παθογόνοι μικροοργανισμοί	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ

Κακή: 0-20%, Μέτρια: 20-60%, Καλή: 60-90%, Άριστη: 90-100%

#### **2.4.6 Επεξεργασία ιλύος**

Από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων προκύπτει η ιλύς (λυματολάσπη) στην οποία έχει μεταφερθεί ένα σημαντικό μέρος από το ρυπαντικό φορτίο. Αυτό το φορτίο περιέχει τόσο οργανικά όσο και ανόργανα υλικά, τα οποία μετά από κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να διατεθούν για επωφελείς χρήσεις (Τσώνης, 2004).

Οι στόχοι επεξεργασίας της ιλύος είναι: πρώτον, η μείωση του όγκου για να μειωθεί κατά συνέπεια το κόστος επεξεργασίας και δεύτερον, η μετατροπή της σε σταθερή μάζα, ώστε να χρησιμοποιηθεί ακίνδυνα στο έδαφος για διάφορες εφαρμογές. Τα χαρακτηριστικά της ιλύος εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά των λυμάτων, το σχεδιασμό και τη λειτουργία των εγκαταστάσεων (Τσώνης, 2004).

Ο καλός σχεδιασμός και η αποτελεσματική λειτουργία των σταδίων επεξεργασίας της ιλύος είναι μείζονος σημασίας. Αυτό γίνεται αντιληπτό από το γεγονός ότι αν και ο όγκος της λάσπης στο συνολικό όγκο των αποβλήτων είναι περίπου 1%, η επεξεργασία της ιλύος απορροφάει το 25 - 50% του συνολικού κόστους κατασκευής και λειτουργίας των εγκαταστάσεων (EPA, 1977).

Η επεξεργασία της ιλύος περιλαμβάνει τα στάδια προεπεξεργασίας, πάχυνσης, σταθεροποίησης και αφυδάτωσης.

#### **2.4.7 Προεπεξεργασία ιλύος**

Η ιλύς προερχομένη από την πρωτοβάθμια και την περίσσια της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας εισέρχεται, με κατάλληλες αντλίες, στο στάδιο της προεπεξεργασίας, η οποία περιλαμβάνει την εξάμμιση, τη μίξη και την αποθήκευση (EPA, 1977).

Η εξάμμιση στοχεύει στην απομάκρυνση της άμμου, ώστε να αποφευχθούν προβλήματα βλάβης ή δυσλειτουργίας των μηχανημάτων. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως με υδροκυκλώνες κάτω από την επίδραση φυγόκεντρης δύναμης. Η άμμος συσσωρεύεται στον πυθμένα από όπου και αφαιρείται.

Η μίξη απαιτείται επειδή η πρωτοβάθμια ιλύς διαφέρει από την περίσσια δευτεροβάθμια ιλύ τόσο ως προς την περιεκτικότητα σε αιωρούμενο υλικό όσο και ως προς το οργανικό φορτίο. Με τη μίξη επιτυγχάνεται μια ομοιόμορφη ιλύς, πράγμα ιδιαίτερα σημαντικό για ορισμένες μεθόδους επεξεργασίας (Ξανθάκου & Τζαμπερής, 2009).

Η αποθήκευση επιτυγχάνει τον περιορισμό μεταξύ της διαφοράς φάσης στη λειτουργία της γραμμής επεξεργασίας ιλύος και την ομοιόμορφη φόρτωση των διαφόρων τμημάτων της. Η αποθήκευση της υγρής ιλύος γίνεται σε ειδικές δεξαμενές, όπου μπορεί να υλοποιείται και η μίξη (EPA, 1977).

Σε αρκετές περιπτώσεις η μίξη, η αποθήκευση και η πάχυνση υλοποιούνται στον ίδιο χώρο.

#### **2.4.8 Πάχυνση της ιλύος**

Μετά από τις διεργασίες της προεπεξεργασίας, η ιλύς υποβάλλεται σε συμπύκνωση (πύκνωση ή πάχυνση). Σε αυτό το στάδιο αφαιρείται ένα μέρος του νερού, με συνέπεια τη μείωση του όγκου της ιλύος. Η μείωση του όγκου συμβάλλει στην ευκολότερη διαχείρισή της στα επόμενα στάδια και αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι ο όγκος που προκύπτει από την πάχυνση περίσσειας ιλύος είναι πέντε φορές μικρότερος του αρχικού όγκου (Ξανθάκου & Τζαμπερής, 2009).

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους οι παχυντές χωρίζονται σε συνεχούς και διακεκομμένης ροής. Υπάρχουν πολύ τρόποι πάχυνσης ιλύος με συνηθέστερους τους εξής (Τσώνης, 2004):

- Η πάχυνση με καθίζηση.
- Η πάχυνση με επίπλευση.
- Η πάχυνση με φιλτροταινία βαρύτητας.
- Η πάχυνση με περιστρεφόμενο κυλινδρικό τύμπανο.
- Η πάχυνση με φυγοκέντριση.

Η λειτουργία μιας διάταξης πάχυνσης εξαρτάτε σημαντικά από τον τύπο της ιλύος που τροφοδοτείται. Γενικά θεωρείται ότι η διεργασία της πάχυνσης δεν είναι αποτελεσματική για την περίσσεια βιολογικής ιλύος επειδή συνήθως η ιλύς αυτή δεν συμπυκνώνεται εύκολα. Για αυτό το λόγο συχνά γίνεται κατάλληλη προσθήκη ιζηματοποιητικών για την υποβοήθηση της διεργασίας (Τσώνης 2004).

Η πάχυνση της ιλύος αυξάνει τη συγκέντρωση των στερεών με αποτέλεσμα το οικονομικό όφελος από την κατασκευή μικρότερων δεξαμενών για τη χώνευση και μικρότερων αγωγών και αντλιών για τη μεταφορά της στα επόμενα στάδια επεξεργασίας.

Οι δεξαμενές πάχυνσης σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει επάρκεια στη χωρητικότητα για να αντιμετωπίζονται οι μέγιστες παροχές. Όταν

υπάρχουν χαμηλές φορτίσεις στις δεξαμενές, δημιουργούνται σπητικές συνθήκες, προβλήματα οσμών και επιπλεύσεις στερεών (Metcalf & Eddy, 2003).

#### 2.4.9 Σταθεροποίηση ιλύος

Με τη σταθεροποίηση της ιλύος επιτυγχάνεται η μείωση του ρυπαντικού φορτίου και των οσμών. Η μείωση των παθογόνων οργανισμών γίνεται με αναερόβια ή αερόβια χώνευση, όπως επίσης, με χημική ή βιολογική οξείδωση (αλκαλική σταθεροποίηση) και έχει ως συνέπεια τη μείωση της συγκέντρωσης του αποδομούμενου υλικού καθώς και των εκλυόμενων οσμών.

Στην αναερόβια χώνευση πραγματοποιείται η σταθεροποίηση των στερεών, η μείωση των παθογόνων οργανισμών και η παραγωγή βιοαερίου (μεθάνιο). Η διαδικασία αυτή είναι δυνατό να θεωρηθεί διεργασία τριών σταδίων, της υδρόλυσης, της μετατροπής σε οργανικά οξέα και της μεθανογένεσης, των οποίων ο ρυθμός επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες (Τσώνης, 2004):

- Ο χρόνος κράτησης των στερεών.
- Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής.
- Η θερμοκρασία.
- Το pH.
- Η ύπαρξη τοξικών συστατικών

Έχουν χρησιμοποιηθεί τρεις σχεδιασμοί αναερόβιων συστημάτων για τη χώνευση ιλύος σε εγκαταστάσεις αστικών λυμάτων. Οι σχεδιασμοί αυτοί αντιστοιχούν στους αντιδραστήρες χαμηλής φόρτισης και υψηλής φόρτισης, και στον συνδυασμό αυτών των δυο σε σειρά (Τσώνης, 2004).

Στον αντιδραστήρα χαμηλής φόρτισης δεν υφίσταται ανάμιξη και παρατηρείται στρωματοποίηση ως προς το ύψος. Από την οροφή της δεξαμενής παραλαμβάνεται το βιοαέριο και ενδιάμεσα το υπερκείμενο υγρό, το οποίο επιστρέφει συνήθως στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης. Η χωνευμένη ιλύς παραλαμβάνεται από τον πυθμένα και οδηγείται συνήθως στο επόμενο στάδιο επεξεργασίας.

Ο αντιδραστήρας υψηλής φόρτισης διαφοροποιείται από τον χαμηλής φόρτισης στο ότι γίνεται θέρμανση και ανακυκλοφορία για ανάμιξη της ιλύος. Η λειτουργία του γίνεται συνήθως υπό καθεστώς συνεχούς τροφοδότησης και διακοπτόμενης παραλαβής του υπερκείμενου υγρού και της χωνευμένης ιλύος.

Στο σύστημα των δυο σταδίων σε σειρά , πρώτος βρίσκεται ο αντιδραστήρας υψηλής φόρτισης και έπεται ο χαμηλής φόρτισης αφού είναι αυτός όποιος έχει σαν στόχο τον διαχωρισμό της ιλύος σε υπερκείμενο υγρό και σε χωνευμένη ιλύ.

Το ποσοστό μείωσης των πτητικών στερεών της ιλύος που επιτυγχάνεται με την αναερόβια χώνευση και καθορίζει το βαθμό σταθεροποίησης , κυμαίνεται στην περιοχή 40 έως 65% (Τσώνης 2004).

Τα μειονεκτήματα της αναερόβιας επεξεργασίας είναι ότι αποτελεί μια αργή διαδικασία με υψηλό κόστος κατασκευής, καθώς οι δεξαμενές που απαιτούνται πρέπει να είναι κλειστές και μεγάλης χωρητικότητας.

Η αερόβια χώνευση έχει χαμηλότερο κόστος κατασκευής και πραγματοποιείται συνήθως σε ανοιχτές δεξαμενές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Βασική διεργασία σε αυτό το είδος χώνευσης είναι η οξείδωση του οργανικού υλικού με παράλληλη νιτροποίηση και αυτό επιτυγχάνεται με αυτόθερμη αερόβια χώνευση ή λιπασματοποίηση.

Η αυτόθερμη αερόβια χώνευση είναι μια μέθοδος αερόβιας χώνευσης της ιλύος που πραγματοποιείται σε περιοχή θερμοκρασιών 55-70° C. Η ανύψωση της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με τη θερμότητα που εκλύεται από την οξείδωση του αποδομούμενου οργανικού υλικού (Hogan, 1990).

Τα πλεονεκτήματα της αυτόθερμης αερόβιας χώνευσης, έναντι της συνήθους αερόβιας χώνευσης είναι (Hogan, 1990):

- Υψηλότερος ρυθμός επεξεργασίας.
- Μικρότερος σε όγκο αντιδραστήρας.
- Μείωση παθογόνων μικροοργανισμών.
- Μείωση πτητικών αιωρούμενων στερεών.

Κατά τη διεργασία της λιπασματοποίησης της ιλύος, η οργανική ύλη με τη βοήθεια (μεσόφιλων και θερμόφιλων) μικροοργανισμών, μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και νέο οργανικό υλικό με ταυτόχρονη έκλυση ενέργειας σε μια σειρά βιολογικών μετατροπών(Τσώνης 2004).

Η λιπασματοποίηση είναι ουσιαστικά αερόβια σταθεροποίηση στερεόμορφου υλικού, σε αντίθεση με την αερόβια χώνευση, όπου πρόκειται για αερόβια σταθεροποίηση ρευστού υλικού. Προκειμένου να υποβληθεί η ιλύς σε λιπασματοποίηση θα πρέπει να γίνει αφυδάτωση και στη συνέχεια ανάμιξη με πρόσθετα ή διογκωτικά υλικά και με βελτιωτικά. Τα προϊόντα από την

λιπασματοποίηση της ιλύος χρησιμοποιούνται ως εδαφοβελτιωτικά και λίπασμα (Τσώνης 2004).

#### **2.4.10 Αφυδάτωση ιλύος**

Η αφυδάτωση της ιλύος στοχεύει στη μείωση του περιεχομένου νερού, ώστε να προκύψει ένα στερεόμορφο υλικό μικρότερο σε όγκο. Η μείωση του όγκου της ιλύος στο στάδιο αυτό ελαττώνει το κόστος μεταφοράς της (Βογιατζής & Στάμου, 1986). Ανάλογα με την επεξεργασία που έχει υποστεί η ιλύς παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες στην αφυδάτωση.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι αφυδάτωσης της ιλύος: οι φυσικές και οι μηχανικές. Οι φυσικές μέθοδοι περιλαμβάνουν (Τσώνης, 2004):

- Συμβατικές κλίνες ξήρανσης.
- Κλίνες ξήρανσης με επιστρωμένες επιφάνειες κυκλοφορίας.
- Κλίνες αφυδάτωσης με πυθμένα από στοιχεία σφηνοειδών σχισμών στράγγισης.
- Κλίνες αφυδάτωσης υποβοηθούμενες από εφαρμογή κενού.
- Λίμνες αφυδάτωσης ιλύος.

Οι μηχανικές μέθοδοι περιλαμβάνουν (US EPA, 1979):

- Αφυδάτωση με φυγόκεντρο.
- Αφυδάτωση με ταινιοφιλτρόπρεσα.
- Αφυδάτωση με περιστροφική πρέσα.
- Αφυδάτωση με κοχλιωτή πρέσα.

Οι διεργασίες που απαιτούνται για την αφυδάτωση με μηχανικές μεθόδους είναι η προσθήκη κροκιδωτικού, η πύκνωση της ιλύος υπό συνθήκες κενού και στη συνέχεια η συμπίεσή της.

Η τελική διάθεση της ιλύος μπορεί να γίνει για εμπλουτισμό εδάφους, παραγωγή ενέργειας, ανάκτηση χρήσιμων ουσιών κ.ά. Ανάλογα με τον τρόπο διάθεσής της καθορίζονται και τα απαιτούμενα στάδια επεξεργασίας, ώστε η χρήση της να είναι ασφαλής για το περιβάλλον και την υγεία.

#### **2.4.11 Απολύμανση**

Η απολύμανση είναι το τελευταίο στάδιο στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων και αποσκοπεί στην εξουδετέρωση ή αδρανοποίηση -και όχι απαραίτητα στη θανάτωση- των παθογόνων οργανισμών για την αποφυγή μετάδοσης μικροβιολογικής



μόλυνσης των αποδεκτών που γίνεται η διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Τέτοιοι αποδεκτές μπορεί να είναι υδατικά αποθέματα από τα οποία παραλαμβάνεται νερό που πρόκειται να υποβληθεί σε επεξεργασία προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως πόσιμο ή και υδατικά αποθέματα τα οποία προορίζονται για χρήσεις όπως κολύμβηση, αλιεία και άρδευση (Τσώνης 2004).

Η απολύμανση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων επιτυγχάνεται, κυρίως, με το χλώριο. Από τη δεκαετία του '70 άρχισαν να χρησιμοποιούνται και φυσικά μέσα, όπως η οζόνωση και η υπεριώδης ακτινοβολία.

Τα απολυμαντικά επιδρούν στους παθογόνους μικροοργανισμούς επιφέροντας είτε καταστροφή ή βλάβη στο κυτταρικό τους υλικό, είτε παρεμβολή στους μηχανισμούς μεταβολισμού, βιοσύνθεσης και ανάπτυξής τους (Metcalf & Eddy, 2003).

Η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης εξαρτάται από την ικανότητα των απολυμαντών να επιδρούν στο κυτταρικό υλικό και αυτό εξαρτάται από τους εξής παράγοντες (Τσώνης, 2004):

- Το είδος του μικροοργανισμού.
- Το είδος, τις ιδιότητες και τη δόση του απολυμαντικού.
- Το χρόνο έκθεσης των μικροοργανισμών στο απολυμαντικό μέσο.
- Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της δεξαμενής απολύμανσης.
- Τα φυσικά χαρακτηριστικά των λυμάτων.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί η ανάγκη για περαιτέρω επεξεργασία απολύμανσης των υγρών απορροών. Η περαιτέρω μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών είναι σκόπιμο να εξετάζεται κατά περίπτωση, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του αποδέκτη.

#### **2.4.12 Χλωρίωση**

Το χλώριο είναι η πλέον διαδεδομένη μορφή απολύμανσης και χρησιμοποιείται είτε υπό μορφή υγρού χλωρίου, αερίου χλωρίου, υποχλωριώδους νατρίου σε ποσοστό 10-13% (σε μορφή υδατικού διαλύματος) ή υποχλωριώδους ασβεστίου (σε μορφή κοκκώδους υλικού ή συμπιεσμένων ταμπλετών) (WPCF, 1976).

Τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού δεξαμενών χλωρίωσης εξαρτώνται από (Βογιατζής & Στάμου, 1986· Metcalf & Eddy, 2003):

- Τις διαστάσεις της δεξαμενής επαφής.
- Τον υδραυλικό χρόνο παραμονής (μέγιστη παροχή).
- Τη δόση και την ποσότητα χλωρίου.
- Το επιδιωκόμενο ποσοστό μείωσης κολοβακτηριδίων.
- Τα τεχνικά στοιχεία (κατασκευή, εξοπλισμός, είδος χλωρίου κ.ά.).

Η πλέον σημαντικές παράμετροι για την απόδοση της χλωρίωσης είναι η αναλογία της συγκέντρωσης του χλωρίου και ο υδραυλικός χρόνος παραμονής των επεξεργασμένων λυμάτων στη δεξαμενή χλωρίωσης, εφόσον οι παράμετροι της χλωρίωσης παραμένουν αμετάβλητες (Metcalf & Eddy, 2003) . Γι' αυτό το λόγο οι δεξαμενές αυτές σχεδιάζονται συνήθως μακρόστενες και σε μαιανδρική γεωμετρία , ώστε να εξασφαλίζεται η παραμονή του 90% περίπου της τροφοδοτούμενης μάζας για διάστημα τόσο ώστε να επέλθει πλήρης αδρανοποίηση των παθογόνων οργανισμών. Στο σημείο εισροής της δεξαμενής χλωρίωσης κατασκευάζεται το κανάλι parshall, το οποίο συμβάλλει με τα κατάλληλα μηχανήματα στην ακριβή μέτρηση της παροχής.

Ο τρόπος με τον οποίο το χλώριο καταστρέφει τους μικροοργανισμούς δεν είναι απόλυτα εξακριβωμένος. Για τους ιούς και ορισμένους άλλους

μικροοργανισμούς η πιο πιθανή εξήγηση είναι ότι επιδρά κατευθείαν στο DNA και RNA του πυρήνα τους (AWWA, 1971).

Στις εγκαταστάσεις όπου χρησιμοποιείται χλώριο για την απολύμανση πρέπει να δοθεί η δέουσα σημασία σε δύο βασικά θέματα. Πρώτον, στον κατάλληλο εξοπλισμό για τη φορτοεκφόρτωση και την αποθήκευση, καθώς και στην τροφοδότηση της δεξαμενής επαφής. Δεύτερον, σε ότι αφορά στην ασφάλεια, επειδή το χλώριο επιδρά τοξικά σε διάφορους οργανισμούς και διαβρωτικά στα μέταλλα. Για τον άνθρωπο είναι εξαιρετικά επικίνδυνο και ιδιαίτερα για το αναπνευστικό του σύστημα, το δέρμα και τα μάτια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ3<sup>ο</sup>: Λειτουργία bio-block Κρεμαστής Δ.Ε Πεταλιδών Δ.Ε Ρόδου.

### 3.1 Προσδιορισμός θέσης



Εικόνα4:Γενική διάταξη ΒΙΟΚΑ Κρεμαστής.

Τα λύματα μέσω των κεντρικών καταθλιπτικών αγωγών προσαγωγής από τους οικισμούς Παραδείσι, Κρεμαστή και Πασιίδα εισέρχονται αρχικά σε ένα φρεάτιο συλλογής και στη συνέχεια με φυσική ροή μέσω αγωγού, PVC Φ500 στο αντλιοστάσιο εισόδου. Κάτω από το σημείο εισόδου του αγωγού τοποθετείται ένας εσχαροκάδος από ανοξείδωτο χάλυβα, με διάκενα 50 mm στον οποίο συγκρατούνται όλα τα ευμεγέθη φερτά υλικά.

### 3.2 Διάγραμμα ροής

Στη συνέχεια, μέσω δύο αντλιών κύριας λειτουργίας (και μία εφεδρική) οδηγούνται στην μονάδα προεπεξεργασίας. Για την αντιμετώπιση εκτάκτων αναγκών, παρέχεται η δυνατότητα παράκαμψης της ακολουθούσας εγκατάστασης επεξεργασίας μέσω αγωγού υπερχειλίσης PVC Φ400 Σ41 σε παρακείμενο του αντλιοστασίου φρεάτιο και ακολούθως προς τον αποδέκτη.

Στο αντλιοστάσιο εισόδου τοποθετούνται δύο υποβρύχιες φυγοκεντρικές αντλίες δυναμικότητας  $175\text{m}^3/\text{h}$ , με σκοπό την ανύψωση των ανεπεξέργαστων λυμάτων στο χώρο της προεπεξεργασίας. Ο έλεγχος της εκκίνησης και στάσης των αντλιών γίνεται αυτόματα με διακόπτες στάθμης μέσω PLC, αλλά μπορεί να γίνει και χειροκίνητα .

Τόσο για την σημερινή φάση σχεδιασμού αλλά όσο και για την περίοδο σχεδιασμού της εικοσαετίας η λειτουργία της μιας αντλίας υπερεπαρκεί για την τροφοδοσία της εγκατάστασης. Παράλληλη λειτουργία των αντλιών προβλέπεται περιστασιακά κατά την παροχή αιχμής της εικοσαετίας.

Με την επιλογή αυτή αντιμετωπίζεται το πρόβλημα των διακυμάνσεων των παροχών και της καλής λειτουργίας της μονάδας καθ' όλες τις φάσεις λειτουργίας της (σήμερα - 20ετία).

### **3.2.1 Προεπεξεργασία**

Η μονάδα προεπεξεργασίας αποτελείται από δύο πλήρως αυτόματα compact συστήματα προεπεξεργασίας, τα οποία είναι πλήρως κλειστά ώστε να αποφεύγεται η έκλυση δύσσομων ουσιών στον περιβάλλοντα χώρο. Στο εσωτερικό τους συντελούνται η εσχάρωση, η εξάμμωση και η απομάκρυνση των λιπών. Τα εσχαρίσματα και η άμμος συλλέγονται αυτόματα και οδηγούνται σε κάδους απόρριψης ενώ τα λίπη συλλέγονται σε παρακείμενα φρεάτια.

Οι δύο μονάδες λειτουργούν παράλληλα και η κάθε μία έχει δυναμικότητα  $216\text{ m}^3/\text{hr}$ , και οι δύο μαζί καλύπτουν παροχή ίση με  $432\text{ m}^3/\text{hr}$ , καθώς και 23% πάνω από την παροχή αιχμής, προσφέροντας έτσι μεγάλη ασφάλεια στον σχεδιασμό, υπερκαλύπτοντας την μέση παροχή της εικοσαετίας, αλλά και την παροχή αιχμής του Χειμώνα της σημερινής φάσης.

### **3.2.2 Εξισορρόπηση**

Από τη μονάδα προεπεξεργασίας τα λύματα οδηγούνται στο αντλιοστάσιο τροφοδοσίας (δεξαμενή εξισορρόπησης) το οποίο έχει επαρκή όγκο (ωφέλιμο όγκο υγρών  $710\text{m}^3$ ). Η επιλογή του όγκου υγρών του αντλιοστασίου έγινε με σκοπό την εξισορρόπηση των ημερήσιων ωριαίων διακυμάνσεων της μέσης εισερχόμενης παροχής της εικοσαετίας. Στο αντλιοστάσιο αυτό τοποθετούνται δύο αντλίες τροφοδοσίας των δεξαμενών βιολογικής βαθμίδας δυναμικότητας  $70\text{m}^3/\text{h}$  η κάθε μια,

κύριας λειτουργίας (και μία επιπλέον εφεδρική αντλία), οι οποίες καταθλίβουν τα λύματα σε διάταξη μερισμού της παροχής μέσω ανεξάρτητων καταθλιπτικών αγωγών. Οι αντλίες είναι εξοπλισμένες με μετατροπέα συχνοτήτων για την ρύθμιση της παροχής.

Για την ανάμιξη των λυμάτων και την αποφυγή επικαθίσεων στο αντλιοστάσιο, τοποθετούνται δύο αεριστήρες (εγχυτήρες αέρα - flow jets), συνολικής δυναμικότητας αέρα μεγαλύτερης των 710Nm<sup>3</sup>/hr, και ένας υποβρύχιος αναδευτήρας ισχύος 3,30 KW.

Ο μεγάλος αποθηκευτικός όγκος του αντλιοστασίου παρέχει την δυνατότητα εξισορρόπησης των παροχών και ομογενοποίησης της σύστασης των εισερχόμενων λυμάτων. Ως εκ τούτου εξασφαλίζεται υψηλός βαθμός απόδοσης της βιολογικής επεξεργασίας σε όλη τη διάρκεια του έτους.

Στη συνέχεια τα λύματα οδηγούνται με φυσική ροή στις κατάντη μονάδες βιολογικής επεξεργασίας.

### **3.2.3 Βιοαντιδραστήρας ρευστοποιημένης κλίνης βιομάζας υψηλής φόρτισης**

Στις δύο βιολογικές δεξαμενές συντελούνται οι βιολογικές διεργασίες της οξειδωσης του οργανικού φορτίου, της νιτροποίησης, της σταθεροποίησης της βιολογικής ιλύος και της απονιτροποίησης. Το σύστημα βιολογικής επεξεργασίας που εφαρμόζεται είναι το σύστημα Bio-Block<sup>®</sup>, το οποίο αποτελεί διεθνή πατέντα της ελληνικής εταιρείας ENVITEC AE, η οποία έτσι είναι κάτοχος της εν λόγω τεχνολογίας. Πρόκειται για εξελιγμένο σύστημα ενεργού ιλύος με ταυτόχρονη απομάκρυνση του αζώτου, σταθεροποίηση της ιλύος, αλλά και διαύγασης των επεξεργασμένων σε ενσωματωμένη δεξαμενή καθίζησης.

Ο βιοαντιδραστήρας αποτελεί μονάδα επεξεργασίας ενεργού ιλύος, υψηλής συγκέντρωσης σε ενεργό ιλύ (>4.000 mg/l), ενώ η βιομάζα βρίσκεται σε αιώρηση υπό μορφή ρευστοποιημένης κλίνης.

Ο βιοαντιδραστήρας διαχωρίζεται στα εξής τμήματα:

- Τη δεξαμενή αερισμού που χωρίζεται σε δύο ζώνες, την ζώνη καθοδικής ροής όπου εισέρχονται και τα προς επεξεργασία λύματα και την κυρίως ζώνη αερισμού ανοδικής ροής.
- Την ζώνη απαεριοποίησης
- Την ενδιάμεση ζώνη

- Την δεξαμενή του ψευδοαιωρούμενου στρώματος (χωριστός ανοξικός αντιδραστήρας- απονιτροποίηση)
- Την ζώνη καθαρού νερού– δεξαμενή καθίζησης / διαύγασης

Στο σύστημα αυτό, η απαιτούμενη ανακυκλοφορία νιτροποιημένου υγρού εξασφαλίζεται μέσω της συνεχούς ανακυκλοφορίας μεταξύ της ζώνης αερισμού και της ζώνης απονιτροποίησης και συνεπώς δεν απαιτείται η κατασκευή ανεξάρτητου αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας νιτροποιημένου υγρού. Η επαφή των λυμάτων και των μικροοργανισμών της ενεργού ιλύος είναι ιδανική λόγω της μορφής της αιωρούμενης βιομάζας που επιτυγχάνεται μέσα στον αντιδραστήρα. Η βιομάζα υπάρχει ως αιωρούμενο στρώμα, το οποίο δρα επίσης και ως φίλτρο, παρέχοντας εξαιρετική διαύγαση των επεξεργασμένων λυμάτων.

Τα λύματα οδηγούνται στην δεξαμενή αερισμού, όπου εισάγεται με διάχυση σε αντίθετη ροή με τα λύματα και ο αέρας και αναμειγνύονται με την ενεργό ιλύ. Στη ζώνη αυτή υπάρχουν έντονες συνθήκες ανάμιξης για την βελτιστοποίηση και μεγιστοποίηση της απόδοσης μεταφοράς του οξυγόνου στο μίγμα λυμάτων - ενεργού ιλύος. Το μείγμα, κατόπιν, οδηγείται στις δεξαμενές αιώρησης της βιομάζας. Στην δεξαμενή αερισμού υπάρχει ελεύθερη ζώνη απαερισμού, όπου η κατανάλωση οξυγόνου είναι μεγάλη, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ανοξική συνθήκη στην ζώνη της βιομάζας και κατ' επέκταση η απονιτροποίηση.

Εντός της ζώνης βιομάζας υπάρχει μία κατάλληλη διαμόρφωση ώστε να γίνεται αποδοτικά ο διαχωρισμός των επεξεργασμένων λυμάτων (διαύγαση). Τα επεξεργασμένα λύματα εξέρχονται από αυτή, συγκεντρώνονται σε συλλέκτη και απομακρύνονται από το σύστημα απαλλαγμένα από στερεά.

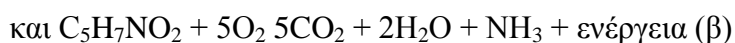
Η απομάκρυνση φωσφόρου γίνεται κατά ένα ποσοστό βιολογικά εντός του βιολογικού αντιδραστήρα και σε περίπτωση που απαιτείται υψηλού βαθμού απομάκρυνση φωσφόρου προστίθεται σύστημα χημικής κροκίδωσης.

Η βιομάζα, σε αντίθεση με τα κλασσικά συστήματα με δεξαμενές καθίζησης, δεν απομακρύνεται από τον βιολογικό αντιδραστήρα αλλά παραμένει σε αιώρηση εξασφαλίζοντας έτσι συνεχείς και σταθερούς ρυθμούς βιολογικών διεργασιών και τελικά επιτυγχάνεται υψηλή απόδοση επεξεργασίας και μείωσης του οργανικού ρυπαντικού φορτίου με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Δεν απαιτείται επίσης η κατασκευή ανεξάρτητου αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας ιλύος.

Για να διατηρηθούν οι υδραυλικές συνθήκες σταθερές, δημιουργείται μια σταθερή ανακυκλοφορία μεταξύ της δεξαμενής αερισμού και των ζωνών της βιομάζας. Η ανακυκλοφορία αυτή εξασφαλίζει την διαδοχική νιτροποίηση – απονιτροποίηση, αναγκάζοντας τα λύματα να περνούν από αερόβιες σε ανοξικές συνθήκες και αντίστροφα.

Τα προς επεξεργασία λύματα και όλα τα αζωτούχα και οργανικά ρυπογόνα συστατικά έρχονται σε επαφή με την κατάλληλη μικροβιακή χλωρίδα κάτω από ελεγχόμενες, σε σχέση με την συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, συνθήκες. Οι μικροοργανισμοί αφομοιώνουν τους ρύπους παράγοντας νέα κύτταρα, διοξείδιο του άνθρακα, νερό και ελεύθερο άζωτο ως τελικά προϊόντα.

Με τον αερισμό των λυμάτων εντός των δεξαμενών Νιτροποίησης επιτυγχάνεται η απομάκρυνση του μεγαλύτερου μέρους του οργανικού φορτίου (BOD<sub>5</sub>). Η κύρια διεργασία που συντελείται στην βιολογική βαθμίδα και περιγράφει την απομείωση του εισερχομένου οργανικού φορτίου περιγράφεται από τις παρακάτω αντιδράσεις:



Η αντίδραση (α) περιγράφει την οξειδωση του οργανικού φορτίου (που παρουσιάζεται ποιοτικά στα COHNS) για την κυτταρική σύνθεση (C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>NO<sub>2</sub>) ενώ η (β) περιγράφει την διάσπαση κυτταρικής μάζας για την εξοικονόμηση ενέργειας, διεργασία γνωστή ως ενδογενής αναπνοή.

Από το ολικό άζωτο (TKN) που περιέχεται στα εισερχόμενα λύματα το μεγαλύτερο μέρος βρίσκεται υπό μορφή αμμωνίας (N-NH<sub>4</sub>), ενώ το υπόλοιπο άζωτο είναι οργανικό (δεσμευμένο εντός οργανικών ενώσεων).

Με τον αερισμό των λυμάτων όπως φαίνεται και από τις (α) και (β) εξισώσεις το οργανικό άζωτο μετατρέπεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό σε αμμωνιακό κατά την διάσπαση των οργανικών ενώσεων αλλά και κατά την διάρκεια της ενδογενούς αναπνοής. Ένα ποσοστό τέλος του ολικού αζώτου (περίπου 15%) ενσωματώνεται στην βιομάζα σαν συστατικό της συντιθέμενης κυτταρικής μάζας.

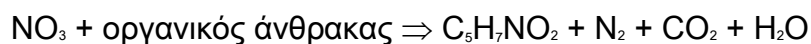
Κατά την διεργασία της νιτροποίησης το μεγαλύτερο μέρος του αμμωνιακού αζώτου (N-NH<sub>4</sub>) νιτρικοποιείται (μετατρέπεται οξειδούμενο σε νιτρικά N-NO<sub>3</sub>) σύμφωνα με την εξίσωση:



Η διεργασία της νιτροποίησης, όπως είδαμε, πραγματοποιείται με τη βοήθεια μιας κατηγορίας μικροβίων γνωστών ως νιτροβακτηριδίων, που αποτελούν μικρό μέρος της συνολικής βιομάζας του συστήματος. Επειδή τα νιτροβακτηρίδια έχουν πολύ χαμηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, κατά τον σχεδιασμό της μονάδος πρέπει να ληφθεί ειδική μέριμνα, ώστε η ηλικία της ιλύος να είναι επαρκής για διατήρηση ικανοποιητικού βαθμού νιτροβακτηριδίων εντός της βιομάζας προς εξασφάλιση της επιθυμητής νιτροποίησης.

Στις ανοξικές περιοχές (συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου μικρότερη από 0,5 mg/l), το αμμωνιακό άζωτο διέρχεται αμετάβλητο, ενώ το οργανικό άζωτο μετατρέπεται μερικώς σε αμμωνιακό σύμφωνα με την (β) εξίσωση αφού κατά ένα μικρό ποσοστό η ενδογενής αναπνοή συντελείται και στις ανοξικές ζώνες. Ωστόσο, η κύρια διεργασία είναι εκείνη της απονιτροποίησης κατά τη διάρκεια της οποίας τα νιτρικά (N-NO<sub>3</sub>) ανάγονται από μικροοργανισμούς προς αέριο άζωτο.

Στη βιολογική διεργασία λαμβάνουν μέρος μικροοργανισμοί οι οποίοι χρησιμοποιούν για την αύξησή τους αφ' ενός το οξυγόνο των νιτρικών NO<sub>3</sub> για εξασφάλιση της απαιτούμενης ενέργειας αφετέρου άνθρακα για την βιολογική σύνθεση. Η διεργασία γίνεται απουσία οξυγόνου, υπό ανοξικές συνθήκες και είναι όμοια με την (α) με την διαφορά ότι τον ρόλο του O<sub>2</sub> παίζουν τα νιτρικά:



Κατά το στάδιο της απονιτροποίησης η επιταχυνόμενη ελάττωση του BOD είναι σημαντική και ανέρχεται σε 3-5 kgBOD/kgN-NO<sub>3</sub>. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για την διεργασία της απονιτροποίησης απαιτείται τόσο νιτροποιημένο άζωτο (μετά από αερισμό) όσο και επαρκής ποσότητα άνθρακα (BOD).

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ύπαρξη επαρκούς ποσότητας άνθρακα υπό ανοξικές συνθήκες, προβλέπεται η συνεχής ανακυκλοφορία των νιτρικών στην ανοξική δεξαμενή. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας για την ανάπτυξη των επιθυμητών μικροοργανισμών απονιτροποίησης, και δεν απαιτείται η προσθήκη του απαιτούμενου άνθρακα υπό μορφή χημικών προσθέτων (π.χ. CH<sub>3</sub>OH).



Σε κάθε έναν από τους δύο αγωγούς εκροής των επεξεργασμένων από τις δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας είναι τοποθετημένα ηλεκτρομαγνητικά όργανα μέτρησης της παροχής.

Καθένα από τα δύο συστήματα βιολογικής επεξεργασίας, αποτελείται από μία κυλινδρική δεξαμενή από οπλισμένο σκυρόδεμα με διάμετρο 17,00 m και ύψος 6,95 m (βάθος υγρών 6,45 m).

Η δεξαμενή είναι κατασκευασμένη από σκυρόδεμα μέχρι το επίπεδο του εδάφους. Τα υπέργεια περιμετρικά τοιχεία του συστήματος είναι κατασκευασμένα από προκατασκευασμένα φύλλα χάλυβα, ενισχύοντας έτσι την αντιδιαβρωτική προστασία, το βέλτιστο αισθητικό αποτέλεσμα, καθώς και την μέγιστη ταχύτητα κατασκευής. Η προκατασκευασμένη δεξαμενή προέρχεται από τον οίκο WOLF Αυστρίας. Η δεξαμενή διατίθεται με την μορφή προκατασκευασμένων κυλινδρικών τμημάτων, τα οποία συναρμολογούνται επί τόπου με ειδική διάταξη. Κάθε φύλλο ενώνεται με το άλλο με κοχλίες και περικόχλια, ενώ η στεγάνωση στην συναρμογή των επιφανειών γίνεται με ειδικό υλικό τύπου «μαστίχας» το οποίο εφαρμόζεται από εξειδικευμένο προσωπικό της εταιρείας που προμηθεύει την δεξαμενή.

Η εσωτερική διαμερισματοποίηση του συστήματος γίνεται με επιφάνειες από σκυρόδεμα και ανοξείδωτο χάλυβα, ενώ στατικά στοιχεία γίνονται από χάλυβα με ειδική αντιδιαβρωτική προστασία. Από ανοξείδωτο χάλυβα και χάλυβα με ειδική αντιδιαβρωτική προστασία είναι κατασκευασμένος και όλος ο εξοπλισμός και οι σωληνώσεις που βρίσκονται εντός των λυμάτων.

Το σύστημα αερισμού που εφαρμόζεται στο εν λόγω σύστημα είναι της υποβρύχιας διάχυσης με τέσσερις φυσητήρες (ένας σε λειτουργία και ένας εφεδρικός ανά γραμμή επεξεργασίας - 100% εφεδρεία), με δυναμικότητα του καθενός 1.400 m<sup>3</sup>/h στα 650 mbar, και σύστημα διάχυσης λεπτής φυσαλίδας για κάθε μονάδα.

Η μεταφορά του οξυγόνου στην υγρή μάζα των λυμάτων γίνεται με 180 διαχυτές λεπτής φυσαλίδας ανά σύστημα. Οι διαχυτές είναι κυκλικοί, ελαστικής μεμβράνης με οπές οι οποίες κατά την παύση λειτουργίας των φυσητήρων κλείνουν και δεν επιτρέπουν τη διέλευση υγρού, ούτε επίσης την έμφραξη από απόθεση στερεών στην επιφάνειά τους.

Για τον έλεγχο λειτουργίας τους εγκαθίσταται σύστημα με ρυθμιστές στροφών το οποίο βάσει της μέτρησης του διαλ. οξυγόνου εντός της δεξαμενής ρυθμίζει την ταχύτητα περιστροφής τους και επομένως την απόδοση οξυγόνωσης του συστήματος αερισμού (και κατά συνέπεια την καταναλισκόμενη από αυτούς ενέργεια). Οι

φουσητήρες είναι εγκατεστημένοι σε οικίσκο πλησίον των δεξαμενών βιολογικής επεξεργασίας.

Το σύστημα σε σχέση με τα κλασσικά συστήματα, παρουσιάζει πλεονεκτήματα όπως:

- Υψηλό βαθμό απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD<sup>5</sup>.
- Χαμηλή παραγωγή ιλύος.
- Απλούστερη λειτουργία με λιγότερες απαιτήσεις συντήρησης (απουσία δεξαμενών καθίζησης και αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας ιλύος).
- Μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.
- Μικρότερος απαιτούμενος όγκος λόγω της υψηλής συγκέντρωσης βιομάζας και μεγαλύτερης επιτρεπόμενης φόρτισης λειτουργίας.
- Μικρότερη απαιτούμενη επιφάνεια εγκατάστασης.

Στα αρνητικά του συγκεκριμένου συστήματος συγκαταλέγονται τα εξής:

- Το σύστημα για υψηλούς βαθμούς απόδοσης χάνει τα οικονομικά του πλεονεκτήματα.
- Ανάγκη ύπαρξης δεξαμενής εξισορρόπησης, λόγω μικρών χρόνων παραμονής, ήτοι έλλειψη ευελιξίας σε μεγάλες υδραυλικές διακυμάνσεις.
- Σε μεγάλους χρόνους παραμονής το σύστημα λειτουργεί μάλλον ως συμβατικό αφού η δεξαμενή αερισμού τείνει να λάβει τα χαρακτηριστικά της αντίστοιχης της ενεργού ιλύος, με διάσπαση τροφής και σύνθεση βιομάζας, ενώ και ο χώρος της ρευστοποιημένης κλίνης μετατρέπεται σε δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης της ιλύος η οποία χάνει έτσι τις προσροφητικές ιδιότητές της.
- Περιορισμένη σχετικά εφαρμογή.

### **3.2.4 Χλωρίωση – Αποχλωρίωση**

Στη συνέχεια τα λύματα οδηγούνται στην δεξαμενή απολύμανσης στην οποία έρχονται σε επαφή με το απολυμαντικό μέσο που είναι το χλώριο (διάλυμα NaOCl) και έχει μαιανδρική εσωτερική διαμόρφωση, αυξάνοντας έτσι το μήκος της διαδρομής των λυμάτων και τον χρόνο επαφής με το απολυμαντικό μέσο. Με κατάλληλο χειρισμό θυροφραγμάτων υπάρχει η δυνατότητα παράκαμψης όλης της

μονάδας απολύμανσης. Στο τέλος της χλωρίωσης υπάρχει μονάδα αποχλωρίωσης με διάλυμα όξινου θειώδους νατρίου ( $\text{NaHSO}_3$ ).

Το σύστημα αποθήκευσης και δοσομέτρησης του υποχλωριώδους νατρίου και του όξινου θειώδους νατρίου στεγάζονται σε οικίσκο απολύμανσης.

Τα λύματα στη συνέχεια οδηγούνται με βαρύτητα στην υφιστάμενη δεξαμενή χλωρίωσης, η οποία χρησιμοποιείται πλέον σαν αντλιοστάσιο διάθεσης (ενιαίο με το υφιστάμενο αντλιοστάσιο). Στο αντλιοστάσιο εγκαθίστανται δύο αντλίες διάθεσης των επεξεργασμένων.

### 3.2.5 Επεξεργασία ιλύος

Από τους δύο αντιδραστήρες μέσω υποβρύχιων αντλιών, η περίσσεια της λάσπης μεταφέρεται στην δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης περίσσειας ιλύος η οποία είναι αναδευόμενη για την αποφυγή καθιζήσεων και κατασκευάζεται παραπλεύρως του κτιρίου αφυδάτωσης.

Από την δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης της ιλύος η περίσσεια ιλύος μέσω αντλιοστασίου αποτελούμενου από δύο (εκ των οποίων η μία εφεδρική) αντλίες θετικής εκτόπισης οδηγείται στη μονάδα μηχανικής πάχυνσης - αφυδάτωσης. Η μονάδα περιλαμβάνει σύστημα πάχυνσης μικρού χρόνου παραμονής (τράπεζα), σύστημα αφυδάτωσης με ταινιοφιλτρόπρεσσα πολλαπλών βαθμίδων συμπίεσης και σύστημα παρασκευής και δοσομέτρησης πολυμερούς.

Η μονάδα επεξεργασίας ιλύος στεγάζεται σε κλειστό κτίριο που περιλαμβάνει ιδιαίτερους χώρους στέγασης της μονάδας μηχανικής πάχυνσης και αφυδάτωσης και του βοηθητικού εξοπλισμού, χώρο απόρριψης της αφυδατωμένης ιλύος.

Για τη συλλογή των στραγγισμάτων από τη μονάδα μηχανικής πάχυνσης - αφυδάτωσης και των ακαθάρτων από τα διάφορα σημεία της ΕΕΛ, έχει κατασκευαστεί δίκτυο στραγγιδίων που τα οδηγεί στη μονάδα του αντλιοστασίου ανύψωσης. Το δίκτυο αυτό σχεδιάζεται να λειτουργεί σαν δίκτυο βαρύτητας.

Σε κατάλληλη επίσης θέση (κοντά στις ενεργοβόρες μονάδες: βιολογική βαθμίδα) βρίσκεται το Κτίριο Ενέργειας, στο οποίο εγκαθίστανται ο υποσταθμός τάσης με τον μετασχηματιστή και το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (H/Z), για την κάλυψη των αναγκών της ΕΕΛ σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτροδότησης.

Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι οι παλιές εγκαταστάσεις της βιολογικής μονάδας, το σύστημα ενεργού ιλύος (δεξαμενή αερισμού και βιολογικής δεξαμενής

καθίζησης τύπου 2 ) και η αφυδάτωση της ιλύς με φυσική αποξήρανση, δεν έχουν καταργηθεί αλλά είναι ενσωματωμένα στην παράλληλη λειτουργία της μονάδας και μπορούμε να τα εντοπίσουμε και στην εικόνα 4 στην αρχή του κεφαλαίου.

Τα στοιχεία που αναφέρονται στο κεφάλαιο αυτό προέρχονται από την μελέτη της εταιρίας (Envitec, 2002)

Η Δαπάνη του έργου ανέρχεται στο ποσό των 1.920.155,00€ (με Γ.Ε. & Ο.Ε. και απρόβλεπτα), ήτοι σε ισοζύγιο με το ποσόν της σύμβασης, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα..

<b>Αρχικός Προϋπολογισμός (χωρίς πρόβλεψη αναθεώρησης)</b>	141	<b>1.950.000,00 €</b>
<b>Αρχικό Ποσό Σύμβασης</b>	142	<b>1.920.155,00 €</b>
<b>Συνολικό Ποσό Συμβάσεων</b>	143	<b>1.920.155,00 €</b>
Σύνολο Λογ/μών Συμπ/νου Τελευταίου Εγκερ. Λογ/σμου (1ος)	144	134.702,08 €
<b>Σύνολο Αναθεωρήσεων</b>	145	<b>3.438,88 €</b>
<b>Ανεκτέλεστο υπόλοιπο την 31/07/05 (προ αναθεώρησης)</b>	146	<b>1.788.891,80 €</b>

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: Διερεύνηση επαναχρησιμοποίησης του νερού από το bio-block**

### **1.1 Τρόπος διεξαγωγής των αναλύσεων**

Η δειγματοληψία έγινε από τα σημεία εισόδου και εξόδου του βιολογικού κάθε μέρα για 12 εβδομάδες.

#### **1.1.1 Μέτρηση του BOD**

Το δείγμα τοποθετείτε σε μια φιάλη η οποία διαθέτει ειδικό εσφυρισμένο πώμα και σφραγίζεται, αφού πρώτα έχουν τοποθετηθεί εσωτερικά , ένα μαγνητάκι στο πάτο της φιάλης, που με τη βοήθεια μιας μαγνητικής βάσης είναι υπεύθυνα για την ανάδευση του μίγματος και ένα ειδικό πλαστικό κωνικού σχήματος με υδροξείδιο του καλίου, στο λαιμό της φιάλης για την δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται κατά την επώαση, καθώς επηρεάζει την μέτρηση. Η φιάλη τοποθετείται σε ειδικό θάλαμο, ο οποίος διατηρεί την θερμοκρασία στου 20 °C , για 5 μέρες και στη συνέχεια λαμβάνουμε τη μέτρηση από το πώμα με τη βοήθεια της συσκευής BSB/BOD- Sensomat.

#### **1.1.2 Μέτρηση των αιωρούμενων στερεών**

Για τη διαδικασία αυτής της μέτρησης χρησιμοποιήθηκαν ειδικά ηθμοί διαμέτρου 90 mm και διάμετρο πόρων 0,45 μm, για την διήθηση των αιωρούμενων στερεών. Αρχικά τοποθετούμε τον ηθμό στον φούρνο στους 104 °C για τουλάχιστον μια ώρα, αμέσως μετά το τοποθετούμε στο ξηραντήρα για το ίδιο χρονικό διάστημα και κατόπιν σε ζυγαριά ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων για την μέτρηση του αρχικού βάρους του πριν τη διήθηση των αιωρούμενων στερεών.

Ο ηθμός εφαρμόζεται στο κατάλληλα σχεδιασμένο στόμιο μιας ειδικής φιάλης, η οποία είναι συνδεδεμένη με μια αντλία κενού. Η αντλία δημιουργεί υπό πίεση στο θάλαμο της φιάλης, βοηθώντας έτσι την εισροή γνωστού όγκου δείγματος, το οποίο ρίχνετε από πάνω και διευκολύνει τη διήθηση.

Στη συνέχεια επαναλαμβάνουμε τα βήματα του φούρνου και του ξηραντήρα με τα ίδια χρονικά διαστήματα και κατόπιν το ξανά ζυγίζουμε και καταγράφουμε την μέτρηση, αφαιρούμε από αυτή το αρχικό βάρος του ηθμού και η διάφορα είναι τα αιρούμενα στερεά σε gr τα οποία μετατρέπουμε σε mg/l.

### 1.1.3 Μέτρηση του COD

Σε αυτή τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκαν έτοιμα test με δυχρωμικό κάλιο και οριοθετημένο το εύρος της συγκέντρωσης που μπορούν να μετρήσουν. Ανάλογα με το COD που περιμένουμε χρησιμοποιούμε και το κατάλληλο test. Η ποσότητα του δείγματος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση COD εισόδου και εξόδου διαφοροποιείται εφόσον στην είσοδο υπάρχει μεγάλο ρυπαντικό φορτίο, οπότε χρησιμοποιούμε μικρότερη ποσότητα, ενώ στην έξοδο χρειάζεται μεγαλύτερη ποσότητα δείγματος.

Βάζοντας τα δείγματα στα φιαλίδια τα τοποθετούμε σε χωνευτή με υποδοχείς στους 148 °C για 2 ώρες και κατόπιν τα αφήνουμε να κρυώσουν σε θερμοκρασία δωματίου για 1 ώρα. Τέλος τοποθετούμε τα φιαλίδια σε φωτόμετρο όπου λαμβάνουμε την μέτρηση του COD σε mg/l.

### 1.2 Σύγκριση και σχολιασμός των μετρήσεων

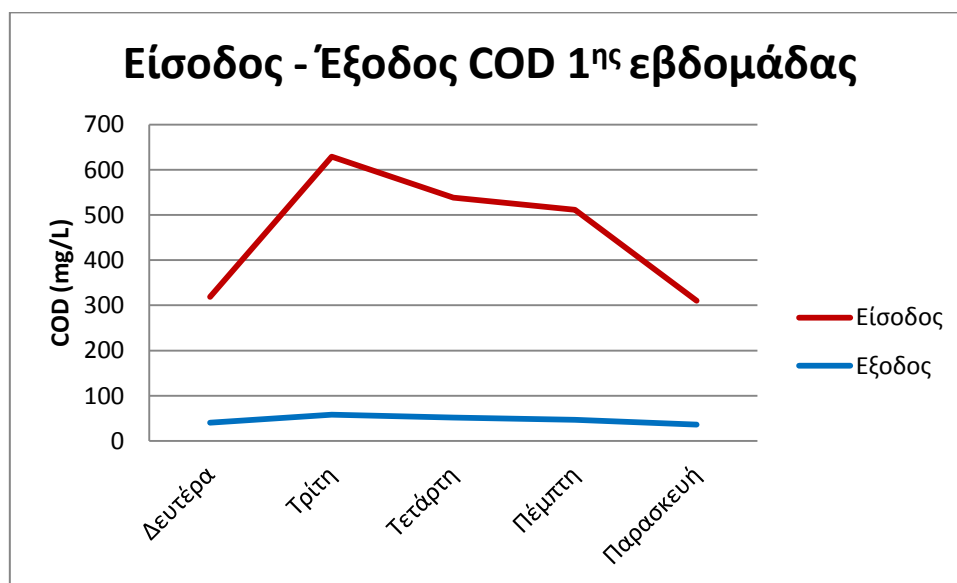
Από την ανάλυση των δεδομένων του πίνακα 1 που αφορά τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block για την 1<sup>η</sup> εβδομάδα, παρατηρούμε μια μεγάλη διακύμανση του COD στη είσοδο με εύρος σχεδόν διπλάσιο, το ίδιο παρατηρούμε και για την είσοδο του BOD, ενώ στα αιρούμενα στερεά παρατηρείται μια εξομάλυνση των διαφορών στη είσοδο. Όσο αναφορά τις εξόδους, κυμαίνονται εντός ορίων προβλεπόμενων από την νομοθεσία και για τα τρία μεγέθη, χωρίς σοβαρές διακυμάνσεις.

**Πίνακας 1**

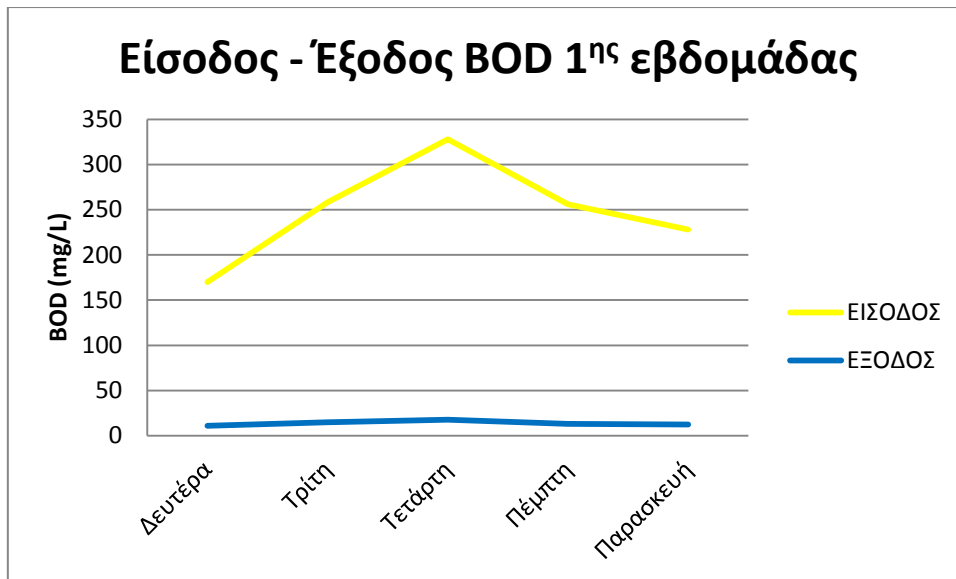
Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 1<sup>ης</sup> εβδομάδας.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ			ΕΞΟΔΟΣ		
	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
1 <sup>η</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
Δευτέρα	319	170	227	40	11	28
Τρίτη	629	258	195	55	15	24
Τετάρτη	538	328	135	52	17,7	16
Πέμπτη	511	256	189	47	13	23
Παρασκευή	310	228	167	36	12,5	20

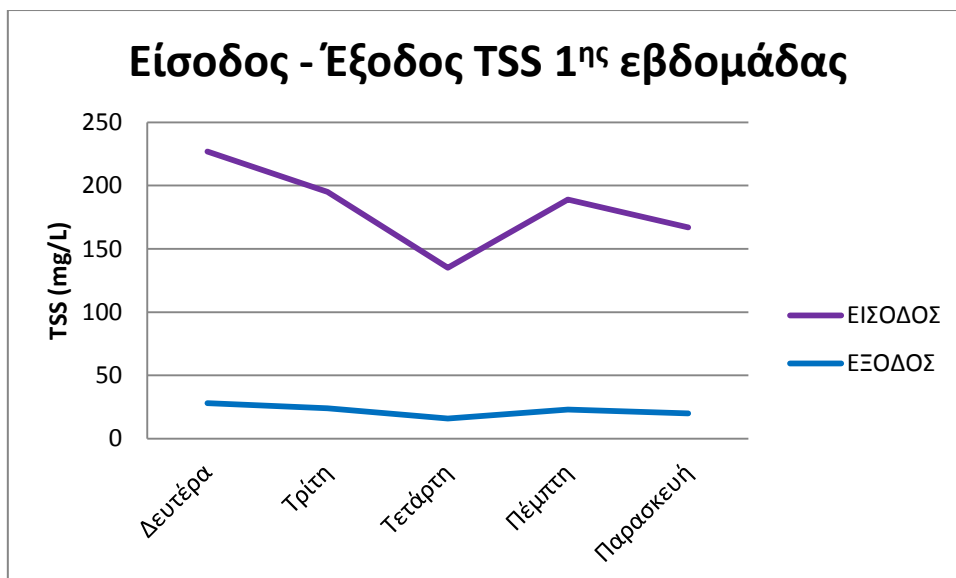
Όπως παρατηρείται από τα παρακάτω διαγράμματα (διάγραμμα 1,2,3) που αφορούν τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου για την 1<sup>η</sup> εβδομάδα, το COD στην είσοδο αρχικά την Δευτέρα είναι σε χαμηλό επίπεδο, ενώ την Τρίτη φτάνει στο μέγιστο σημείο της εβδομάδας και στη συνέχεια συνεχίζει καθοδικά ως το τέλος της. Στην έξοδο οι μετρήσεις είναι χαμηλές και ομαλές. Το BOD έχει μέγιστη τιμή την Τετάρτη, ενώ η έξοδος του αντίστοιχα είναι σχεδόν ευθεία. Τέλος τα αιρούμενα στερεά έχουν μέγιστη τιμή εισόδου την Δευτέρα και ελάχιστη την Τετάρτη, ενώ η έξοδος και σε αυτή την περίπτωση είναι ομαλή με μια μικρή καμπύλωση προς τα κάτω την Τετάρτη.



**Γράφημα 1:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 1<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 2:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 1<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 3:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 1<sup>ης</sup> εβδομάδας.

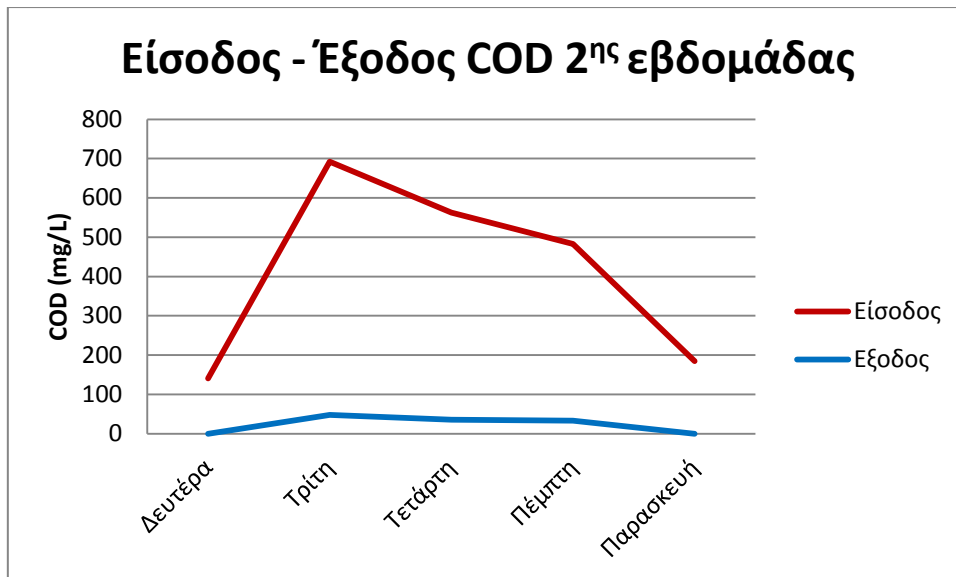


Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 2 των μετρήσεων εισόδου – εξόδου στο bio-block για τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα οι διακυμάνσεις της εισόδου του COD είναι μεγάλες και σε αυτή την περίπτωση έχοντας μεγάλο εύρος μεταξύ της χαμηλότερης και υψηλότερης τιμής. Η έξοδος του COD είναι ελαφρός καλύτερη από της 1<sup>ης</sup> εβδομάδας έχοντας όμως μικρές διακυμάνσεις. Η είσοδος του BOD παρουσιάζει και αυτή μεγάλο εύρος αλλά όπως παρατηρούμε τα πράγματα εξομαλύνονται στην έξοδο. Οι τιμές της εισόδου των αιρούμενων στερεών δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις εκτός από την Παρασκευή, που έχει τη χαμηλότερη τιμή. Η έξοδος των TSS είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα με μικρές διακυμάνσεις.

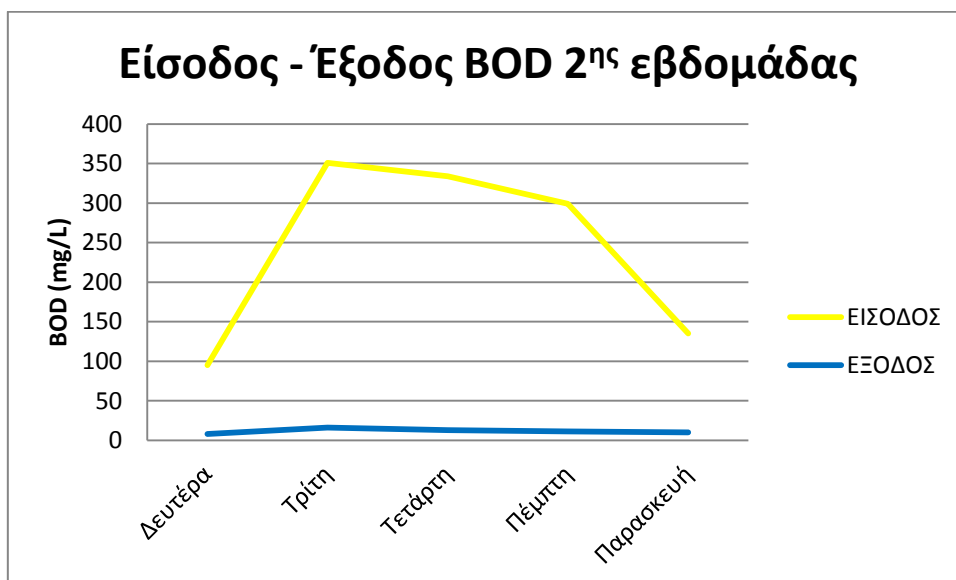
**Πίνακας 2**  
Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 2<sup>ης</sup> εβδομάδας.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ			ΕΞΟΔΟΣ		
	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
2 <sup>η</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
Δευτέρα	141	95	163	>15	8	>10
Τρίτη	692	351	225	48	16	13
Τετάρτη	563	334	176	36	13	>10
Πέμπτη	483	299	226	33	11,5	14
Παρασκευή	185	135	84	>15	7	>10

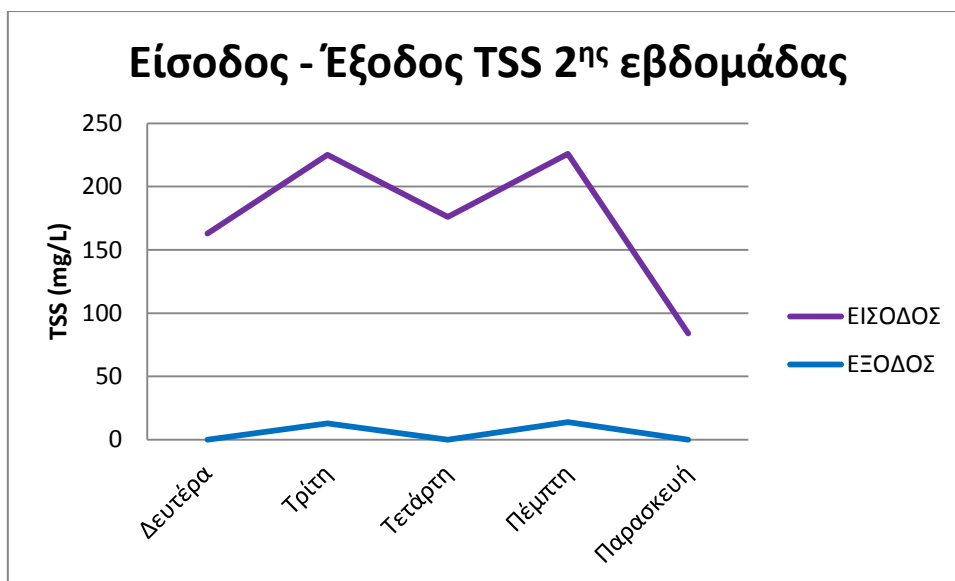
Όπως παρατηρείται από τα παρακάτω διαγράμματα (διάγραμμα 4,5,6) που αφορούν τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου για την 2<sup>η</sup> εβδομάδα, το COD στην είσοδο αρχικά την Δευτέρα είναι σε χαμηλό επίπεδο, ενώ την Τρίτη φτάνει στο μέγιστο σημείο της εβδομάδας και στη συνέχεια συνεχίζει καθοδικά ως το τέλος της. Στην έξοδο οι μετρήσεις είναι χαμηλές με μικρές διακυμάνσεις. Το BOD στην είσοδο έχει μέγιστη τιμή και αυτό την Τρίτη, ενώ έχει χαμηλές τιμές Δευτέρα και Παρασκευή. Η έξοδος του είναι σχεδόν ευθεία γραμμή. Τέλος τα αιρούμενα στερεά έχουν μέγιστες τιμές εισόδου την Τρίτη και Πέμπτη, ενώ ελάχιστη την Παρασκευή. Η έξοδος των TSS έχει μικρές διακυμάνσεις δημιουργώντας μια ημιτονοειδή συμπεριφορά.



**Γράφημα 4:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 2<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 5:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 2<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 6:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 2<sup>ης</sup> εβδομάδας.

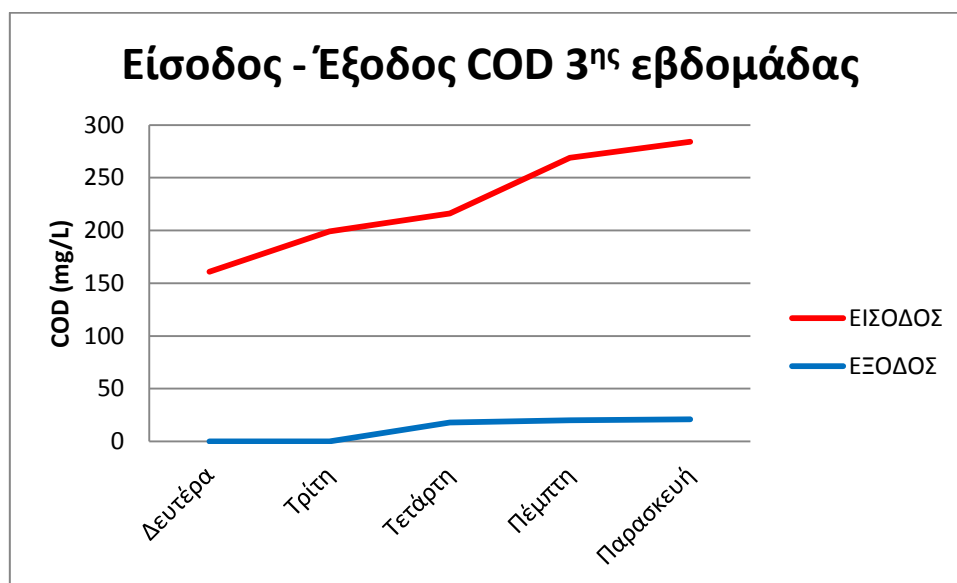
Όπως προκύπτει από την ανάγνωση του πίνακα 3 που αφορά τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block για την 3<sup>η</sup> εβδομάδα, παρατηρούμε τις τιμές εισόδου του COD σε πιο χαμηλά επίπεδα και με λιγότερες διακυμάνσεις, το ίδιο παρατηρούμε και για την είσοδο του BOD και των αιρούμενων στερεών με εξαίρεση την τιμή της Πέμπτης στα TSS η οποία είναι πολύ υψηλή σε σχέση με τις άλλες μέρες. Όσο αναφορά τις εξόδους είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα και για τα τρία μεγέθη, χωρίς σοβαρές διακυμάνσεις, κυρίως στα TSS.

**Πίνακας 3**

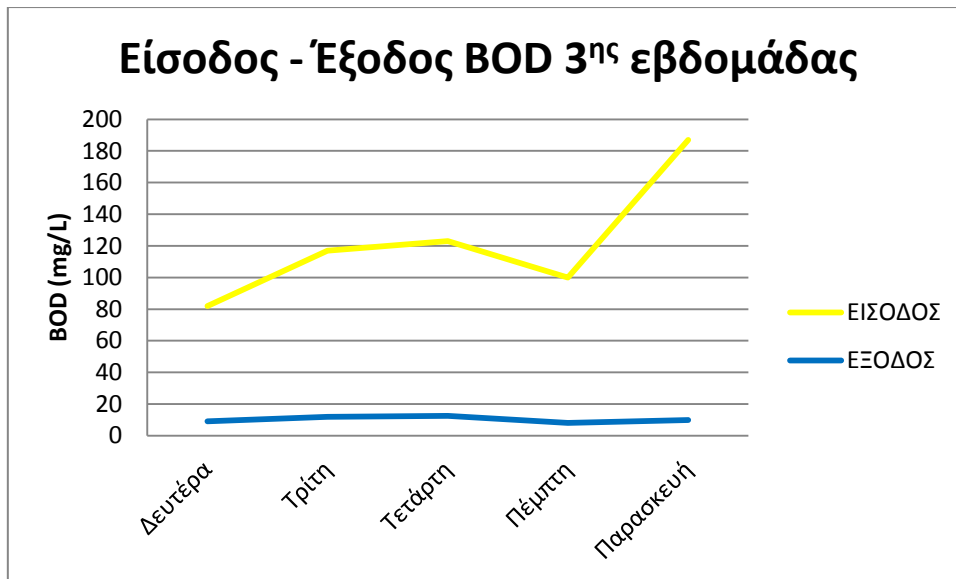
Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 3<sup>ης</sup> εβδομάδας.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ			ΕΞΟΔΟΣ		
	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
3 <sup>η</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
Δευτέρα	161	82	72	>15	9	>10
Τρίτη	199	117	75	>15	12	>10
Τετάρτη	216	123	85	18	12,5	>10
Πέμπτη	269	100	163	20	8	11
Παρασκευή	284	187	89	21	10	>10

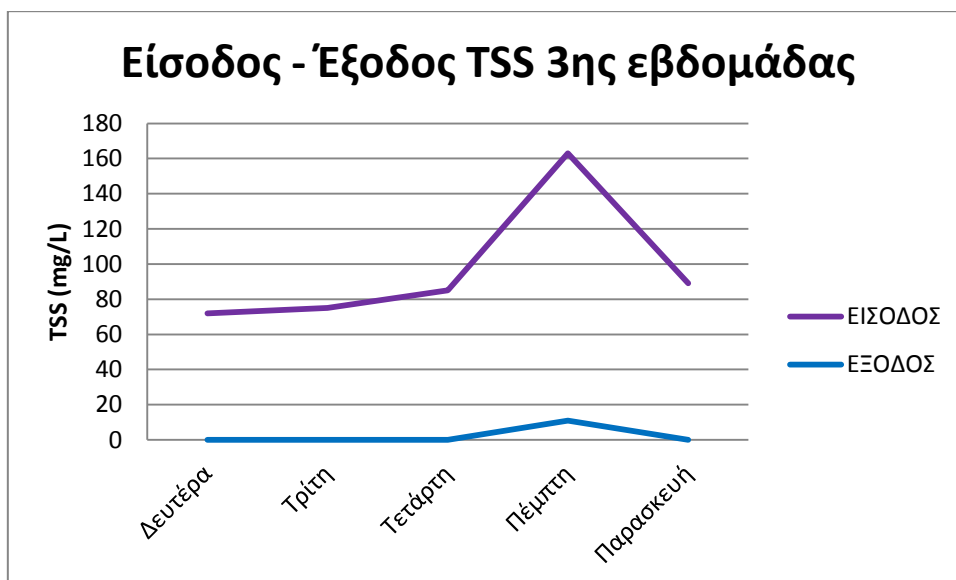
Όπως παρατηρείται από τα παρακάτω διαγράμματα (διάγραμμα 7,8,9) που αφορούν τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου για την 3<sup>η</sup> εβδομάδα, το COD στην είσοδο αρχικά την Δευτέρα είναι στο χαμηλότερο επίπεδο και προχωράει ανοδικά καθόλη την διάρκεια της εβδομάδας. Στην έξοδο οι μετρήσεις είναι πολύ χαμηλές τη Δευτέρα και τη Τρίτη, ενώ κυμαίνονται στο ίδιο επίπεδο την υπόλοιπη εβδομάδα. Το BOD στην είσοδο παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή Παρασκευή, ενώ τη χαμηλή Δευτέρα. Η έξοδος του είναι σε χαμηλά επίπεδα και κάνει μια ελαφριά καμπύλωση. Τέλος τα αιρούμενα στερεά έχουν μέγιστη τιμή εισόδου τη Πέμπτη, ενώ οι υπόλοιπες τιμές κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. Η έξοδος των TSS είναι εξαιρετικά χαμηλή με μια μικρή απόκλιση την Πέμπτη.



**Γράφημα 7:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 3<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 8:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 3<sup>ης</sup> εβδομάδας.



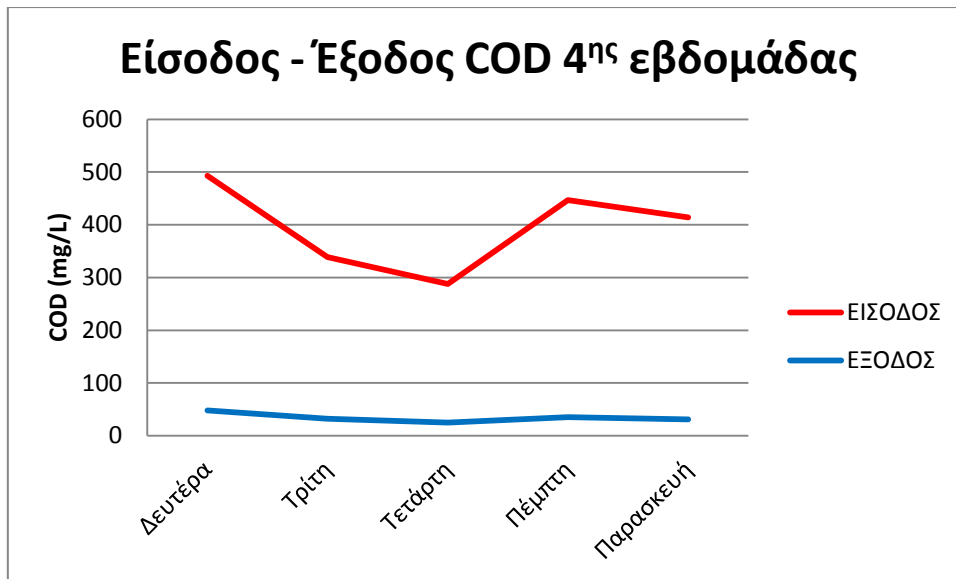
**Γράφημα 9:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 3<sup>ης</sup> εβδομάδας.

Από την εξέταση των μετρήσεων του πίνακα 4 εισόδου – εξόδου στο bio-block για τη 4<sup>η</sup> εβδομάδα, παρατηρείται ότι η είσοδος του COD δεν έχει σοβαρές διακυμάνσεις σε σχέση με τις προηγούμενες εβδομάδες, το ίδιο και είσοδος του BOD και των αιρούμενων στερεών. Η έξοδος του COD και του BOD είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα έχοντας μικρές διακυμάνσεις. Η έξοδος των TSS είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα και με μηδαμινές διακυμάνσεις.

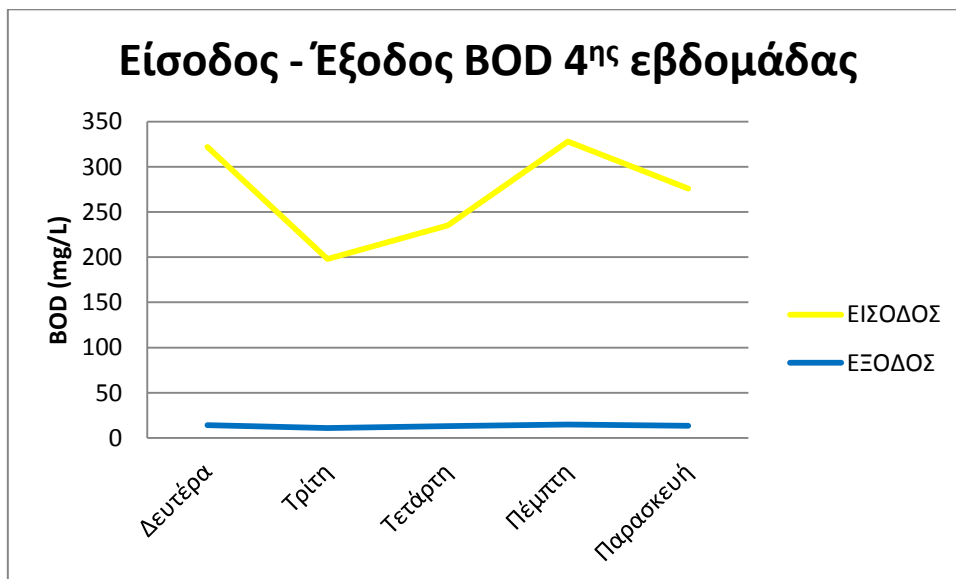
**Πίνακας 4**  
Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 4<sup>ης</sup> εβδομάδας.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ			ΕΞΟΔΟΣ		
	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
4 <sup>η</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
Δευτέρα	493	322	120	48	14	>10
Τρίτη	339	198	161	32	11	>10
Τετάρτη	288	235	160	25	13	>10
Πέμπτη	447	328	174	35	15	>11
Παρασκευή	414	276	138	31	13,5	>10

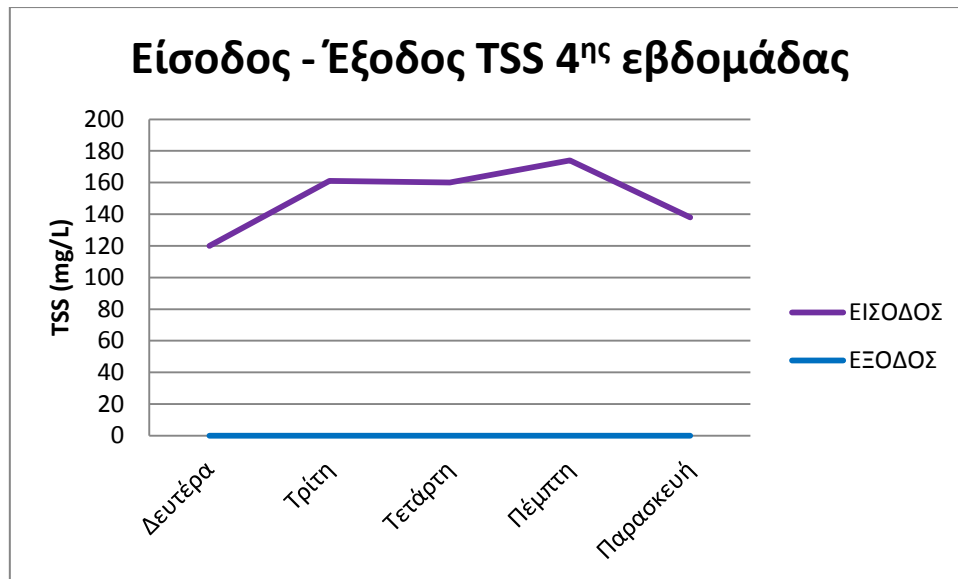
Όπως παρατηρείται από τα παρακάτω διαγράμματα (διάγραμμα 10,11,12) που αφορούν τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου για την 4<sup>η</sup> εβδομάδα, το COD στην είσοδο αρχικά την Δευτέρα είναι στο υψηλότερο επίπεδο, ενώ την Τετάρτη έχει τη χαμηλότερη τιμή της εβδομάδας. Στην έξοδο οι μετρήσεις είναι χαμηλές τη Δευτέρα και κυμαίνονται στο ίδιο επίπεδο. Το BOD στην είσοδο παρουσιάζει μέγιστες τιμές τη Δευτέρα και τη Πέμπτη, ενώ το χαμηλότερο σημείο παρουσιάζεται τη Τρίτη. Η έξοδος του είναι σε χαμηλά επίπεδα χωρίς αισθητές διακυμάνσεις. Τέλος τα αιρούμενα στερεά έχουν μέγιστη τιμή εισόδου τη Πέμπτη και ελάχιστη τη Δευτέρα. Η έξοδος των TSS είναι εξαιρετικά χαμηλή και χωρίς καθόλου διακυμάνσεις.



**Γράφημα 10:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 4<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 11:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 4<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 12:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 4<sup>ης</sup> εβδομάδας.

Από την ανάλυση των δεδομένων του πίνακα 5 που αφορά τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block για την 5<sup>η</sup> εβδομάδα, παρατηρούμε στην είσοδο του COD μια σχετική διακύμανση με εξαίρεση τη Τετάρτη και τη Παρασκευή, όπου οι τιμές αποκλίνουν πολύ. Το ίδιο παρατηρούμε και για την είσοδο του BOD και των TSS με εξαίρεση τη Παρασκευή για το BOD, όπου έχει μεγάλη απόκλιση, ενώ για τα αιρούμενα στερεά τη Δευτέρα και Παρασκευή. Όσο αναφορά τις εξόδους, παρατηρούμε μικρές διακυμάνσεις στην έξοδο του COD και του BOD, ενώ στην έξοδο των TSS παρατηρείται μικρή απόκλιση μεταξύ των τιμών με εξαίρεση την Παρασκευή.

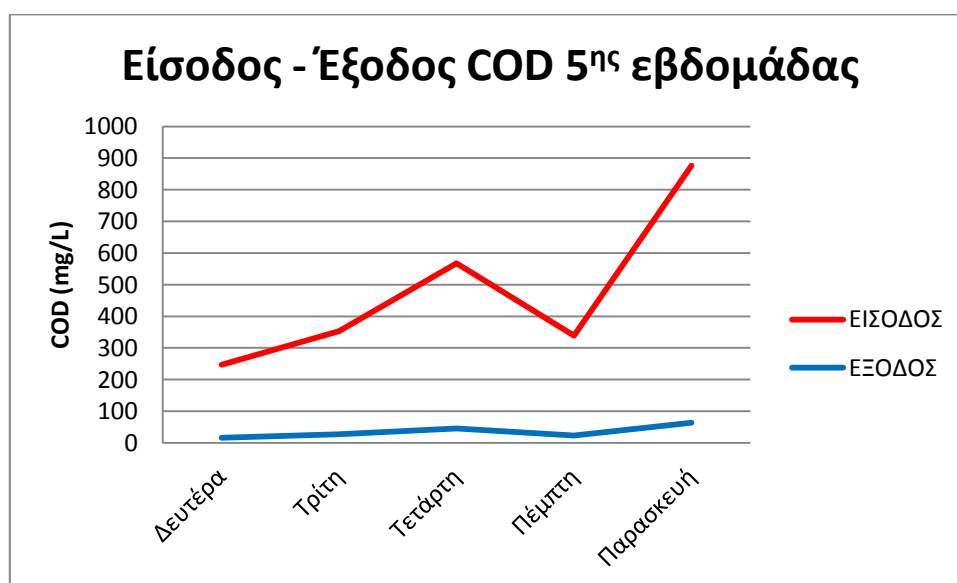
**Πίνακας 5**

Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 5<sup>ης</sup> εβδομάδας.

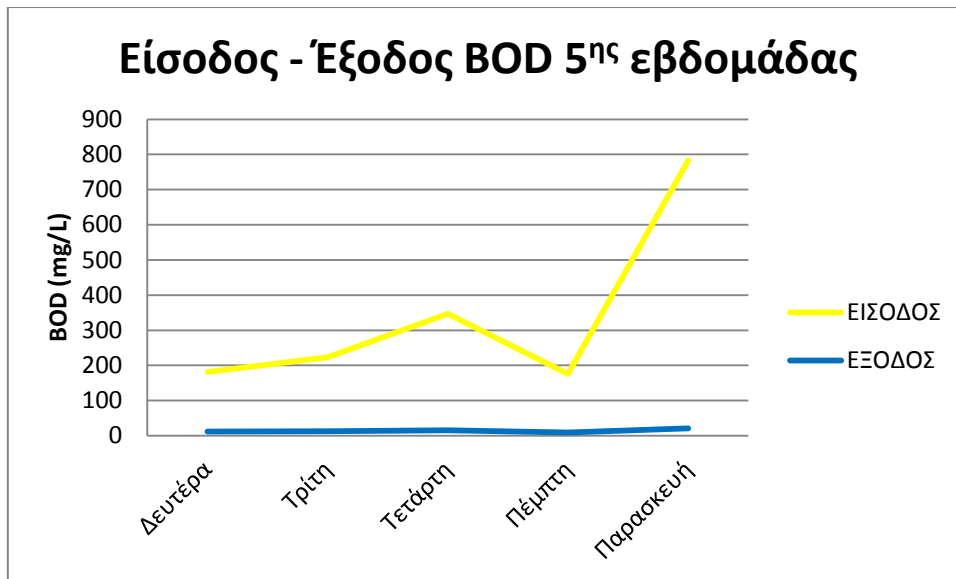
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ			ΕΞΟΔΟΣ		
	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
5 <sup>η</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
Δευτέρα	247	181	74	16	11,5	>10
Τρίτη	353	223	122	27	13	>10
Τετάρτη	568	347	194	45	15	12
Πέμπτη	339	176	137	23	9	>10
Παρασκευή	876	783	458	64	20,5	21



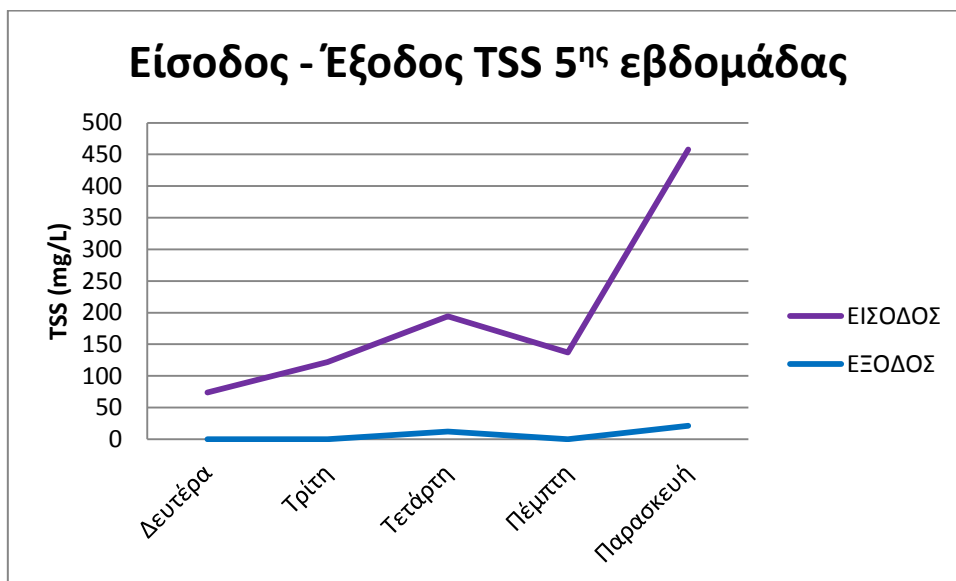
Όπως διακρίνεται από τα παρακάτω διαγράμματα (διάγραμμα 13,14,15) που αφορούν τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου για την 5<sup>η</sup> εβδομάδα, το COD στην είσοδο αρχικά την Δευτέρα είναι στο χαμηλότερο επίπεδο, ενώ την Παρασκευή έχει μια τεράστια αύξηση. Στην έξοδο οι μετρήσεις είναι χαμηλές και κυμαίνονται στο ίδιο επίπεδο. Το BOD στην είσοδο και αυτό παρουσιάζει μέγιστη τιμή τη Παρασκευή, ενώ το χαμηλότερο σημείο παρουσιάζεται τη Πέμπτη. Η έξοδος του είναι σε χαμηλά επίπεδα χωρίς σημαντικές διακυμάνσεις. Παρομοίως τα αιρούμενα στερεά έχουν μέγιστη τιμή εισόδου τη Παρασκευή, ενώ ελάχιστη τη Δευτέρα. Η έξοδος των TSS είναι χαμηλή και παρουσιάζει μια μικρή διακύμανση στο τέλος της εβδομάδας.



**Γράφημα 13:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 5<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 14:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 5<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 15:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 5<sup>ης</sup> εβδομάδας.

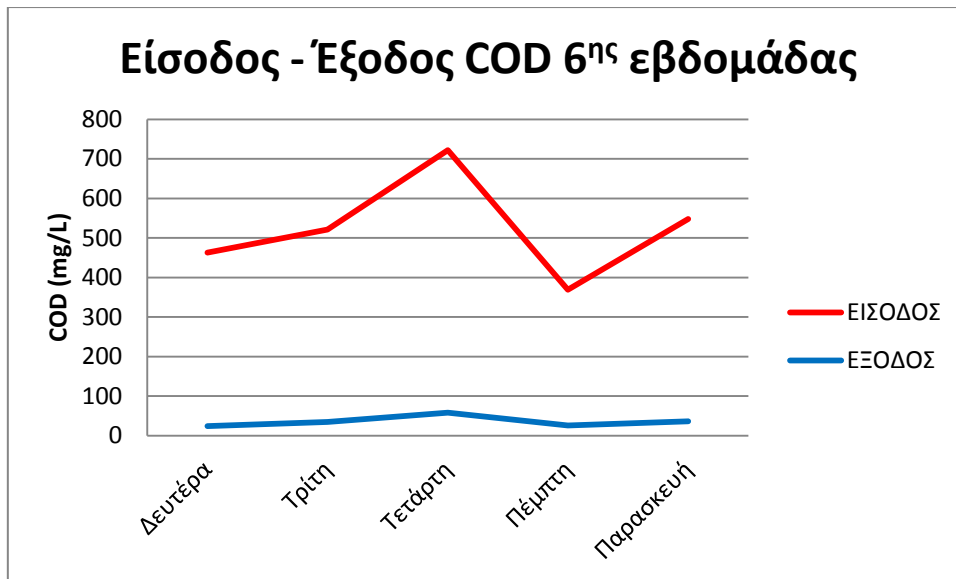
Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 6 των μετρήσεων εισόδου – εξόδου στο bio-block για την 6<sup>η</sup> εβδομάδα, τα δεδομένα της εισόδου του COD έχουν μια σχετική διακύμανση με εξαίρεση τη Τετάρτη, η οποία έχει υψηλότερη τιμή. Η έξοδος του COD είναι σε χαμηλά επίπεδα και έχει μικρές αποκλίσεις. Η είσοδος του BOD παρουσιάζει και αυτή τα ίδια χαρακτηριστικά με του COD με την διαφορά ότι τη

Τρίτη έχει την μεγαλύτερη τιμή. Η έξοδος του BOD, σε αυτή την περίπτωση, μοιάζει με την είσοδο στο ότι οι τιμές δεν έχουν σημαντικές διαφορές, εκτός της Τρίτης. Παρομοίως οι τιμές της εισόδου των αιρούμενων στερεών δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις εκτός από την Τρίτη, που έχει τη υψηλότερη τιμή, το ίδιο συμβαίνει και στην έξοδο.

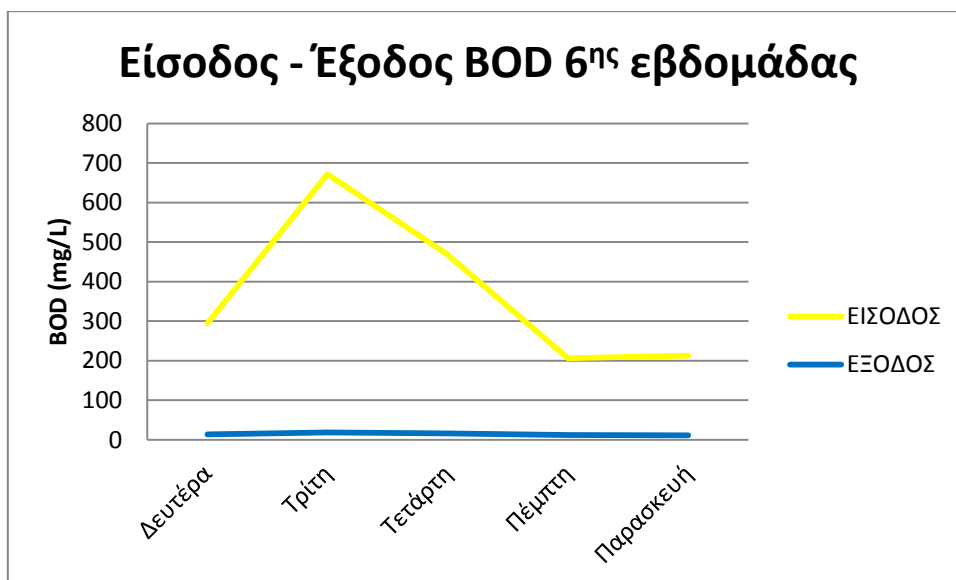
**Πίνακας 6**  
Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 6<sup>ης</sup> εβδομάδας.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ			ΕΞΟΔΟΣ		
	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
6 <sup>η</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
Δευτέρα	463	295	170	24	14	11,5
Τρίτη	521	672	439	35	18,5	19
Τετάρτη	722	468	226	58	16	14
Πέμπτη	369	206	258	26	12	13
Παρασκευή	548	213	155	36	11	>10

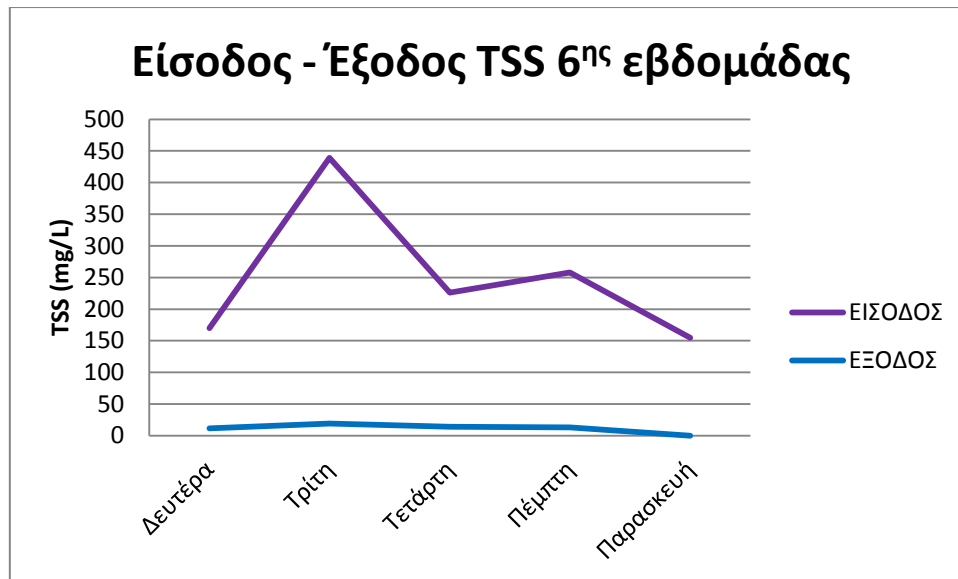
Όπως παρουσιάζεται από τα παρακάτω διαγράμματα (διάγραμμα 16,17,18) που αφορούν τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου για την 6<sup>η</sup> εβδομάδα, το COD στην είσοδο τη Τετάρτη έχει τη μεγαλύτερη τιμή, ενώ τη Πέμπτη είναι στο χαμηλότερο επίπεδο. Στην έξοδο οι μετρήσεις είναι χαμηλές και κυμαίνονται στο ίδιο επίπεδο ,εκτός της Τετάρτης όπου γίνεται μια καμπύλη προς τα πάνω. Το BOD στην είσοδο παρουσιάζει μέγιστη τιμή τη Τρίτη, ενώ το χαμηλότερο σημείο παρουσιάζεται τη Πέμπτη και Παρασκευή. Η έξοδος του είναι σε χαμηλά επίπεδα χωρίς σημαντικές διακυμάνσεις. Τα αιρούμενα στερεά έχουν μέγιστη τιμή εισόδου τη Τρίτη, ενώ ελάχιστη τη Παρασκευή. Η έξοδος των TSS είναι σε χαμηλά επίπεδα και παρουσιάζει ελάχιστες διακυμάνσεις.



**Γράφημα 16:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 6<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 17:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 6<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 18:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 6<sup>ης</sup> εβδομάδας.

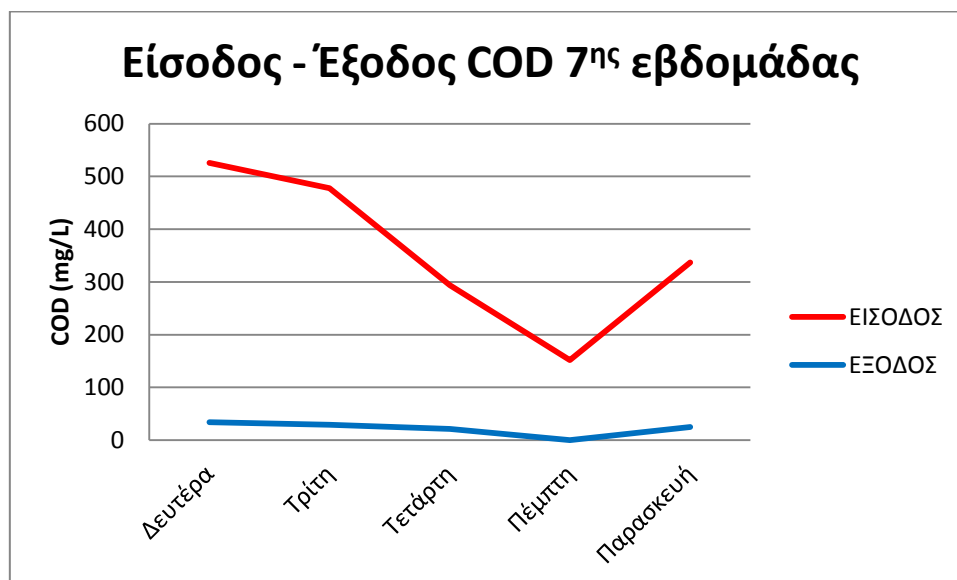
Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 7 των μετρήσεων εισόδου – εξόδου στο bio-block για την 7<sup>η</sup> εβδομάδα, τα δεδομένα της εισόδου του COD έχουν μια σχετική διακύμανση. Η έξοδος του COD είναι σε χαμηλά επίπεδα και έχει μικρές αποκλίσεις. Η είσοδος του BOD παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις. Οι τιμές της εξόδου του BOD βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο και δεν έχουν σημαντικές διαφορές. Παρομοίως οι τιμές της εισόδου των αιρούμενων στερεών δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις το ίδιο συμβαίνει και στην έξοδο οι οποίες βρίσκονται και σε πολύ χαμηλό επίπεδο.

**Πίνακας 7**

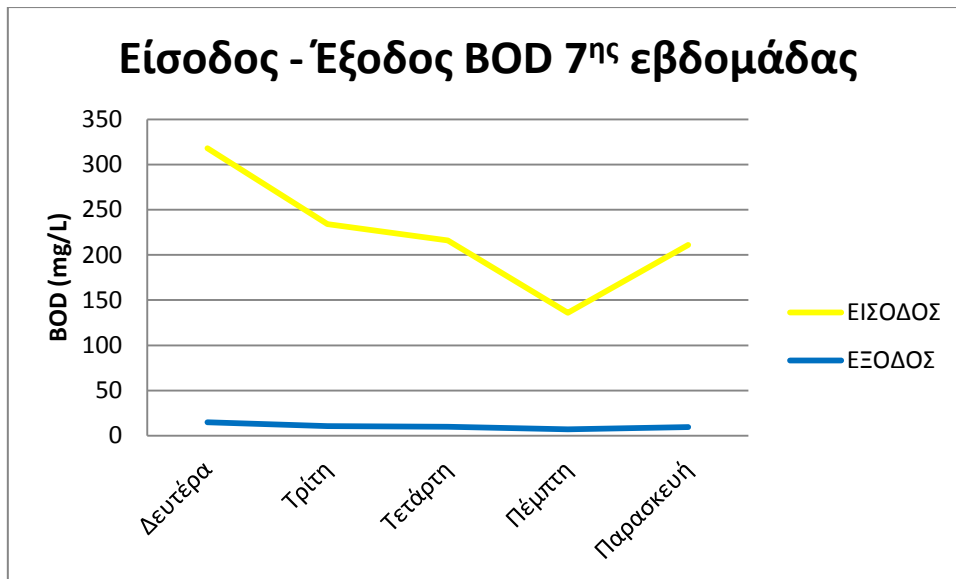
Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 7<sup>ης</sup> εβδομάδας.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ			ΕΞΟΔΟΣ		
	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
7 <sup>η</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
Δευτέρα	526	318	126	34	15	>10
Τρίτη	478	234	177	29	10,5	11
Τετάρτη	294	216	142	21	10	>10
Πέμπτη	152	136	158	>15	7	>10
Παρασκευή	337	211	166	25	9,5	10,5

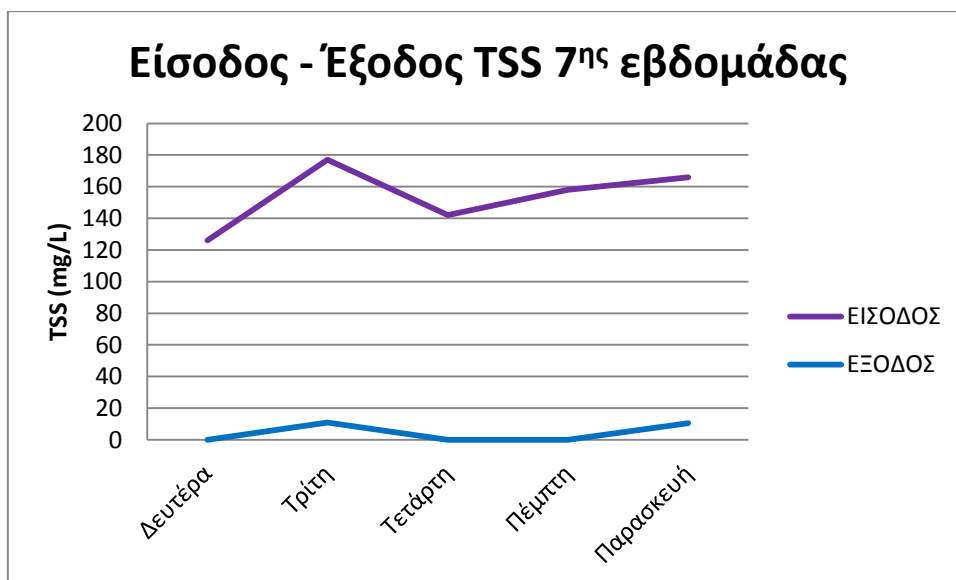
Όπως παρουσιάζεται από τα παρακάτω διαγράμματα (διάγραμμα 19,20,21) που αφορούν τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου για την 7<sup>η</sup> εβδομάδα, το COD στην είσοδο αρχικά την Δευτέρα έχει την υψηλότερη τιμή και αναγράφει καθοδική πορεία έως τη Πέμπτη όπου καταλήγει στο χαμηλότερο επίπεδο. Στην έξοδο οι μετρήσεις είναι χαμηλές και κυμαίνονται στο ίδιο επίπεδο ,εκτός της Πέμπτης όπου γίνεται μια μικρή καμπύλη προς τα κάτω. Παρόμοια πορεία με την είσοδο του COD έχει και η είσοδος του BOD. Η έξοδος του είναι σε χαμηλά επίπεδα χωρίς σημαντικές διακυμάνσεις. Τα αιρούμενα στερεά έχουν ελάχιστη τιμή εισόδου τη Δευτέρα, ενώ μέγιστη τη Τρίτη. Η έξοδος των TSS παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις με ανώτατο σημείο τη Τρίτη.



**Γράφημα 19:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 7<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 20:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 7<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 21:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 7<sup>ης</sup> εβδομάδας.

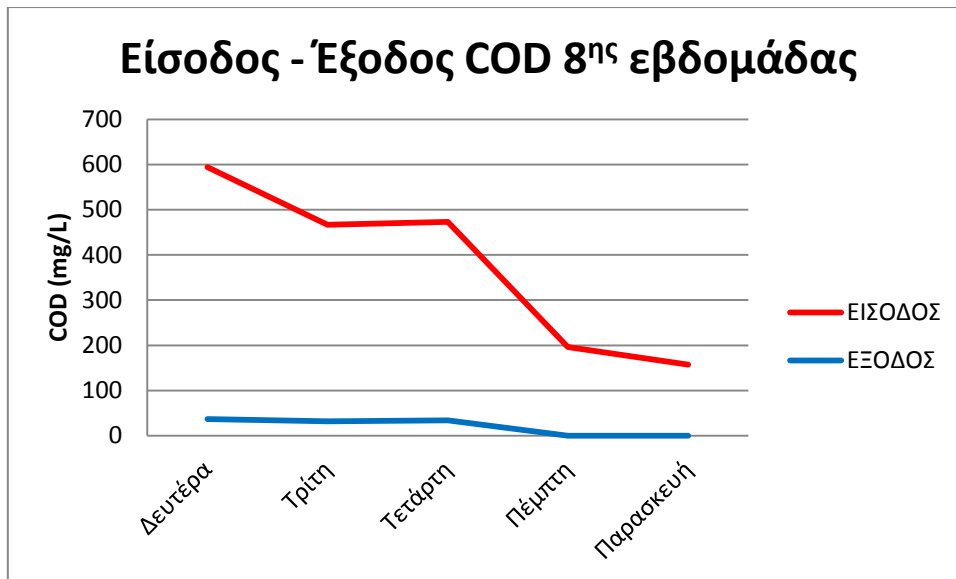
Από την ανάλυση των δεδομένων του πίνακα 8 που αφορά τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block για την 8<sup>η</sup> εβδομάδα , παρατηρούμε στην είσοδο του COD μια σχετική διακύμανση με χαμηλότερες τιμές τη Πέμπτη και τη Παρασκευή. Όσο αναφορά τις εξόδους, παρατηρούμε το COD να διατηρεί την τάση της εισόδου του καθώς και το BOD, ενώ στην έξοδο των TSS παρατηρείται μικρή απόκλιση μεταξύ των τιμών με ελάχιστα αυξημένες τη Δευτέρα και τη Τετάρτη.

**Πίνακας 8**  
Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 8<sup>ης</sup> εβδομάδας.

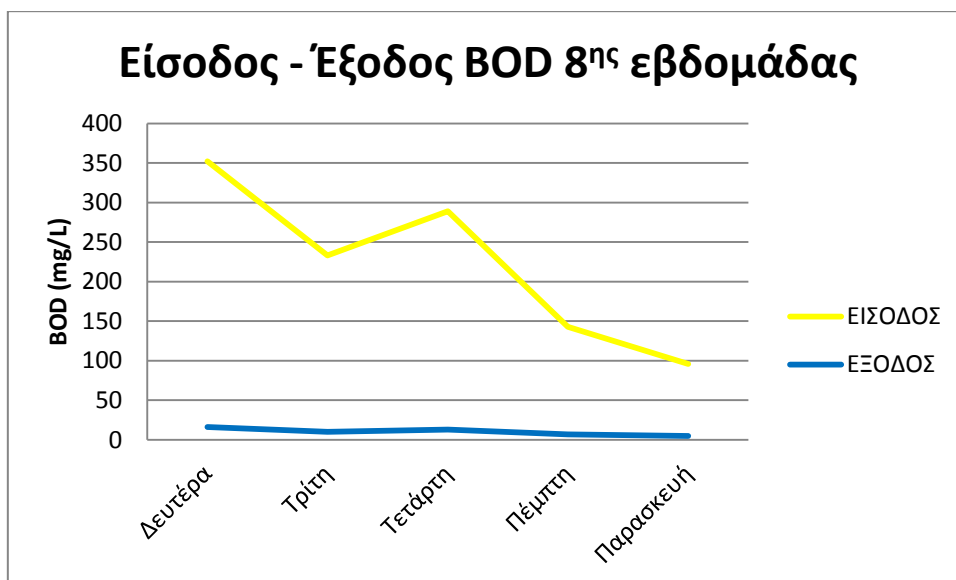
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ			ΕΞΟΔΟΣ		
	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
8 <sup>η</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
Δευτέρα	594	352	228	37	16	15
Τρίτη	467	233	127	32	10	>10
Τετάρτη	473	289	214	34	13	13
Πέμπτη	196	143	86	>15	7	>10
Παρασκευή	157	96	75	>15	5	>10

Όπως διαπιστώνεται από τα παρακάτω διαγράμματα (διάγραμμα 22,23,24) που αφορούν τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου για την 8<sup>η</sup> εβδομάδα, το COD στην είσοδο αρχικά την Δευτέρα έχει την υψηλότερη τιμή και αναγράφει καθοδική πορεία έως τη Παρασκευή όπου καταλήγει στο χαμηλότερο επίπεδο. Στην έξοδο οι μετρήσεις είναι χαμηλές και κυμαίνονται στο ίδιο επίπεδο ,εκτός της Πέμπτης και της Παρασκευής όπου γίνεται μια μικρή καμπύλη προς τα κάτω. Παρόμοια πορεία με την είσοδο του COD έχει και η είσοδος του BOD. Η έξοδος του είναι σε χαμηλά επίπεδα χωρίς ιδιαίτερες διακυμάνσεις. Τα αιρούμενα στερεά έχουν και αυτά παρόμοια πορεία εισόδου, με την διαφοροποίηση ενός ενδιάμεσου pick την Τετάρτη, η τάση αυτή παρατηρείται και στη έξοδο σε μικρότερη κλίμακα.

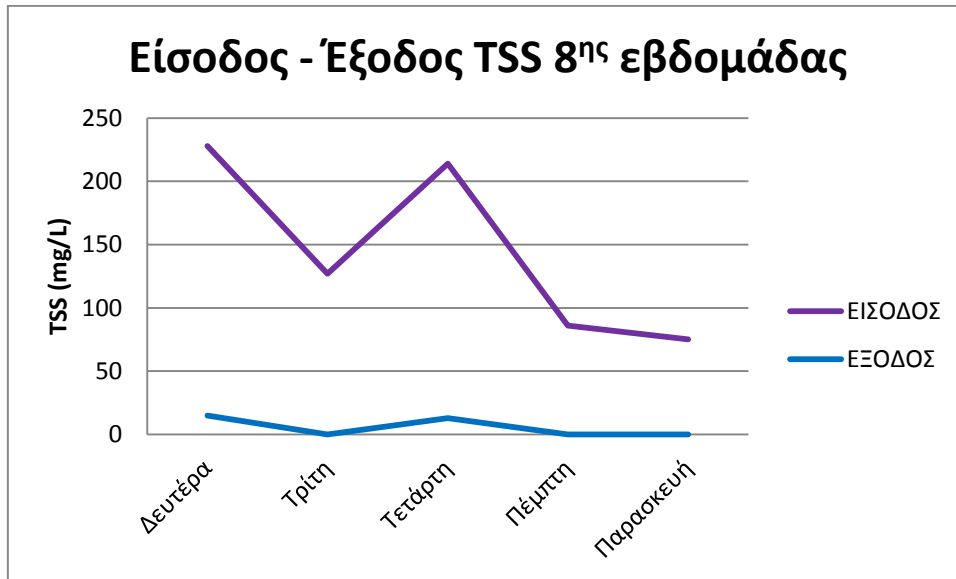




**Γράφημα 22:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 8<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 23:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 8<sup>ης</sup> εβδομάδας.



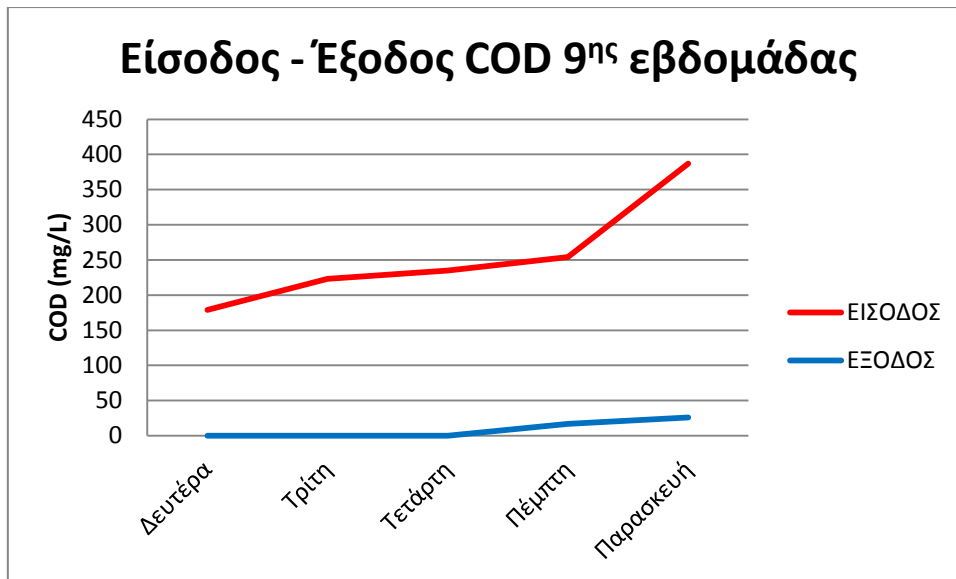
**Γράφημα 24:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 8<sup>ης</sup> εβδομάδας.

Από την εξέταση των μετρήσεων του πίνακα 9 που αναγράφει εισόδους – εξόδους στο bio-block για την 9<sup>η</sup> εβδομάδα, τα δεδομένα της εισόδου του COD βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο και έχουν μια σχετική διακύμανση. Η έξοδος του COD είναι σε χαμηλά επίπεδα και έχει μικρές αποκλίσεις. Η είσοδος του BOD παρουσιάζει όμοια χαρακτηριστικά με αυτή του COD. Οι τιμές της εξόδου του BOD βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο και δεν έχουν σημαντικές διαφορές, εκτός από την Παρασκευή που έχει μια διαφοροποίηση. Οι τιμές της εισόδου των αιρούμενων στερεών είναι σε χαμηλά επίπεδα εκτός της Τετάρτης και της Παρασκευής που είναι λίγο αυξημένες. Στην έξοδο των TSS οι αποκλίσεις είναι σχεδόν μηδαμινές.

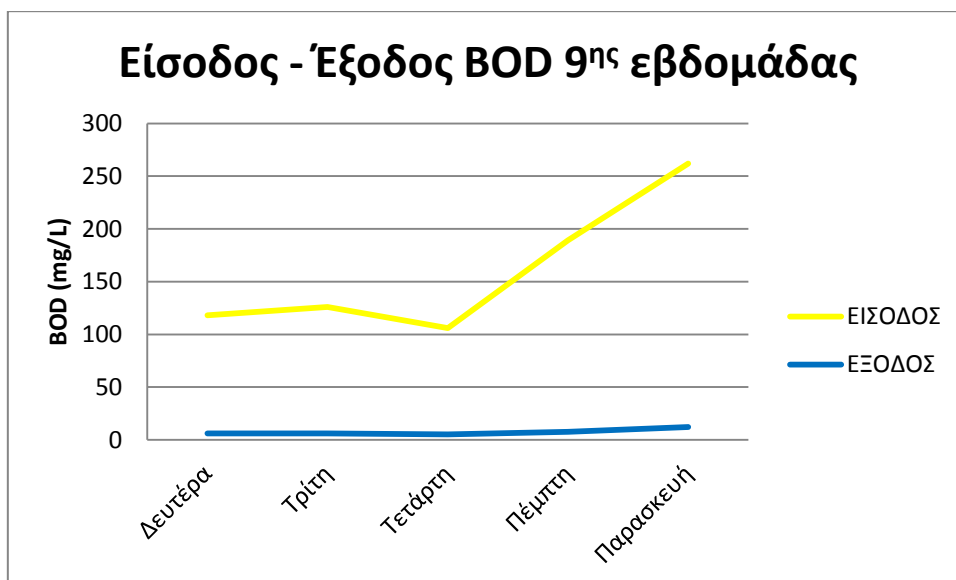
**Πίνακας 9**  
Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 9<sup>ης</sup> εβδομάδας.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ			ΕΞΟΔΟΣ		
	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
9 <sup>η</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
Δευτέρα	179	118	76	>15	6	>10
Τρίτη	223	126	87	>15	6	>10
Τετάρτη	235	106	163	>15	5	10
Πέμπτη	254	189	84	17	7,5	>10
Παρασκευή	387	262	124	26	12	>10

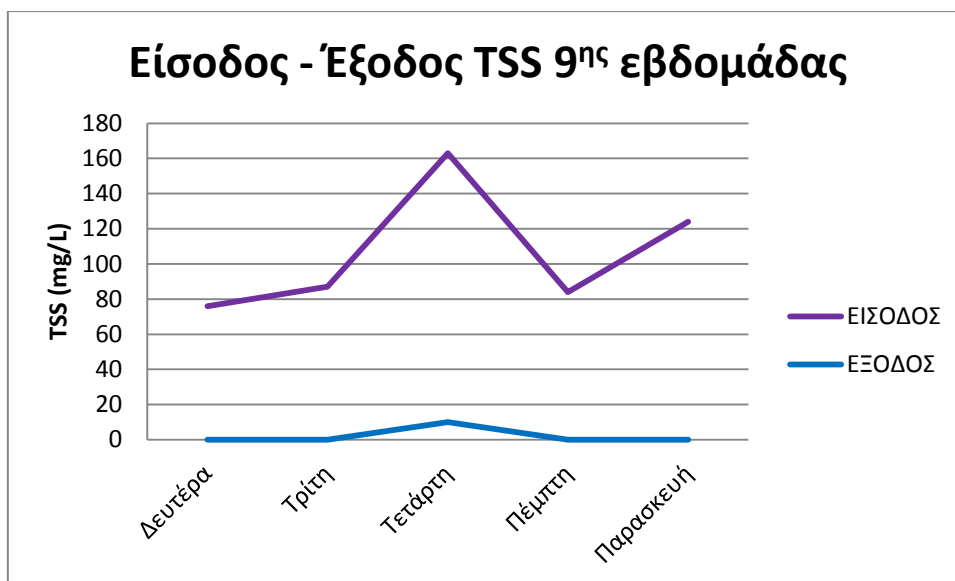
Όπως φαίνεται από τα παρακάτω διαγράμματα (διάγραμμα 25,26,27) που αφορούν τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου για την 9<sup>η</sup> εβδομάδα, το COD στην είσοδο αρχικά την Δευτέρα έχει την χαμηλότερη τιμή και αναγράφει ανοδική πορεία έως τη Παρασκευή όπου καταλήγει στο υψηλότερο σημείο. Στην έξοδο οι μετρήσεις είναι χαμηλές και κυμαίνονται στο ίδιο επίπεδο ,εκτός της Πέμπτης και της Παρασκευής οι οποίες παρουσιάζουν μια μικρή άνοδο. Παρόμοια πορεία με την είσοδο του COD έχει και η είσοδος του BOD, με απότομη αύξηση τη Παρασκευή. Η έξοδος του είναι σε χαμηλά επίπεδα και ακολουθεί ευθεία γραμμή. Τα αιρούμενα στερεά στην είσοδο τους παρουσιάζουν το χαμηλότερο σημείο τη Δευτέρα και το υψηλότερο τη Τετάρτη, η τάση αυτή παρατηρείται και στη έξοδο σε μικρότερη κλίμακα.



**Γράφημα 25:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 9<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 26:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 9<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 27:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 9<sup>ης</sup> εβδομάδας.

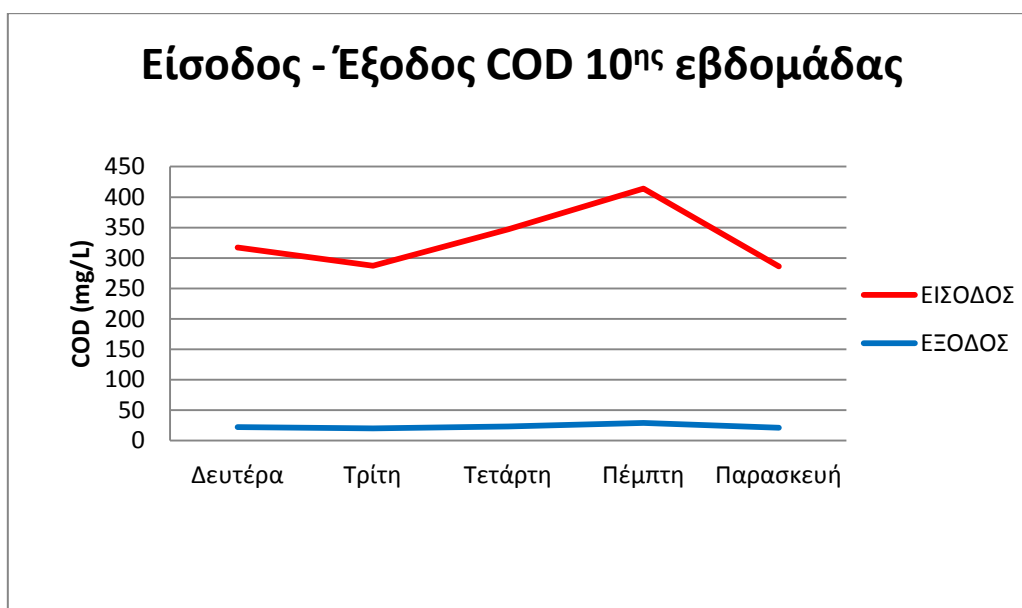
Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 10 των μετρήσεων εισόδου – εξόδου στο bio-block για την 10<sup>η</sup> εβδομάδα, τα δεδομένα της εισόδου του COD έχουν μια σχετική διακύμανση και σε μέτρια επίπεδα. Η έξοδος του COD είναι σε χαμηλά επίπεδα και έχει μικρές αποκλίσεις. Η είσοδος του BOD παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις. Οι τιμές της εξόδου του BOD βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο και δεν έχουν σημαντικές διαφορές. Οι τιμές της εισόδου των αιρούμενων στερεών δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις εκτός της Παρασκευής η οποία έχει κάπως χαμηλότερη τιμή. Στην έξοδο οι τιμές βρίσκονται και σε πολύ χαμηλό επίπεδο με αμελητέες διαφορές.

**Πίνακας 10**

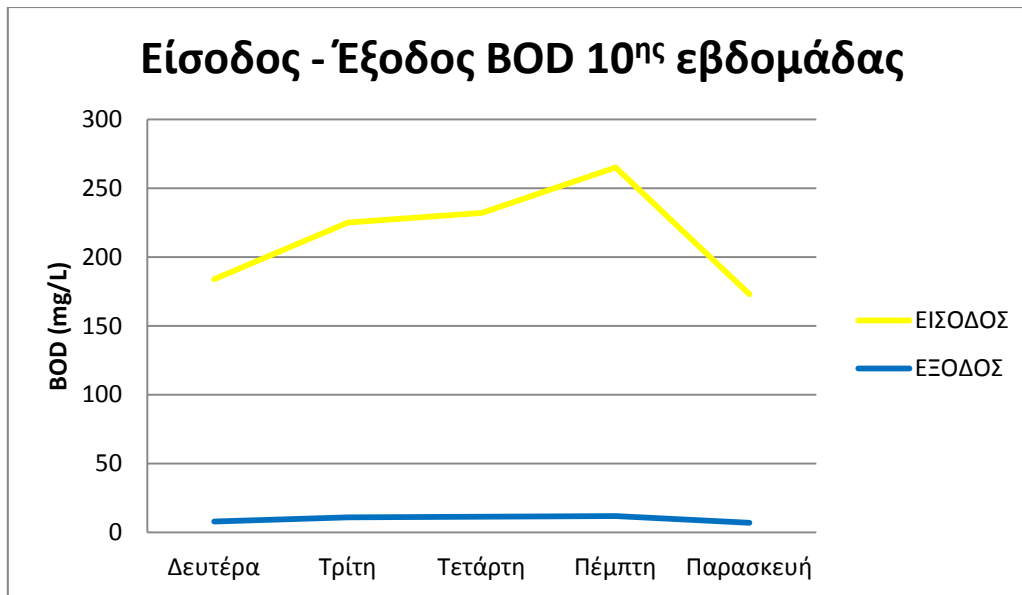
Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 10<sup>ης</sup> εβδομάδας.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ			ΕΞΟΔΟΣ		
	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
10 <sup>η</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
Δευτέρα	317	184	162	22	8	>10
Τρίτη	287	225	150	20	11	>10
Τετάρτη	347	232	171	23	11,5	11
Πέμπτη	414	265	178	29	12	11
Παρασκευή	286	173	89	21	7	>10

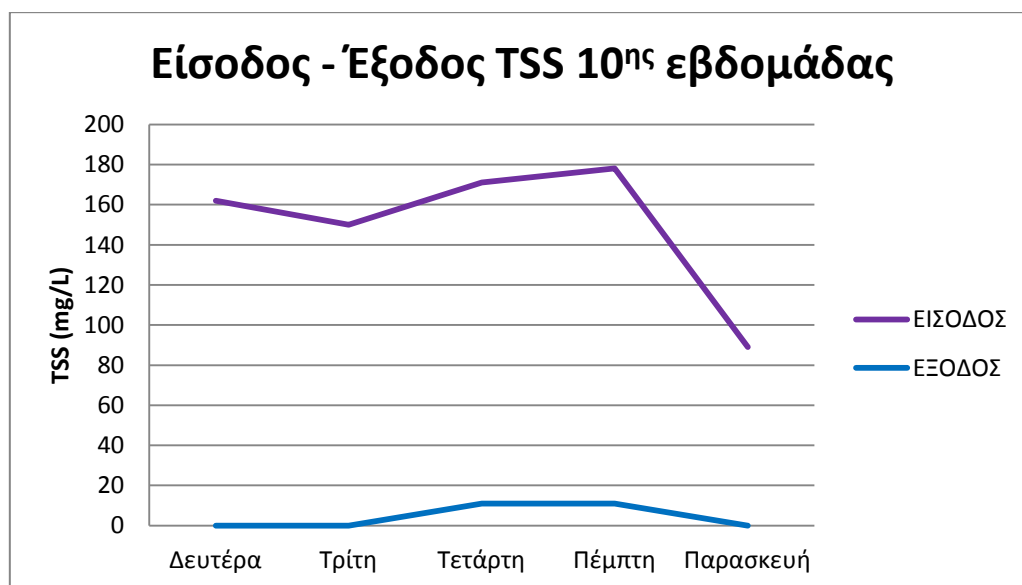
Όπως φαίνεται από τα παρακάτω διαγράμματα (διάγραμμα 28,29,30) που αφορούν τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου για την 10<sup>η</sup> εβδομάδα, το COD στην είσοδο έχει τη χαμηλότερη τιμή τη Παρασκευή και την υψηλότερη τη Πέμπτη. Στην έξοδο οι μετρήσεις είναι χαμηλές και κυμαίνονται στο ίδιο επίπεδο. Η είσοδος του BOD παρομοίως παρουσιάζει pick τη Πέμπτη και απότομη κάθοδο τη Παρασκευή. Η έξοδος του είναι σε χαμηλά επίπεδα με μικρές διακυμάνσεις. Η είσοδος των αιρούμενων στερεών είναι παρόμοια του BOD και COD. Στην έξοδο των TSS παρουσιάζεται μια μικρή καμπύλη προς τα πάνω από Τρίτη έως Παρασκευή.



**Γράφημα 28:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 10<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 29:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 10<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 30:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 10<sup>ης</sup> εβδομάδας.

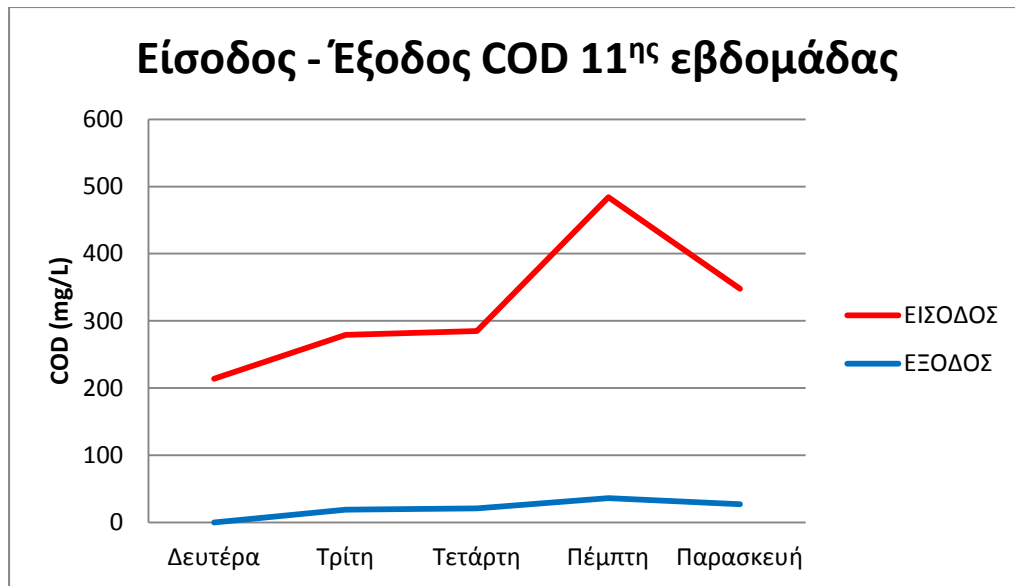
Όπως αναλύεται από τον πίνακα 11 των μετρήσεων εισόδου – εξόδου στο bio-block για την 11<sup>η</sup> εβδομάδα, τα δεδομένα της εισόδου του COD και BOD έχουν μια σχετική διακύμανση με αυξημένη λίγο την τιμή της Πέμπτης. Η έξοδος του COD είναι σε χαμηλά επίπεδα αλλά έχει αρκετές διακυμάνσεις, ενώ η έξοδος του BOD έχει όμοια χαρακτηριστικά με την είσοδο του. Οι τιμές της εισόδου των αιρούμενων στερεών έχουν μικρές διακυμάνσεις, ενώ οι τιμές της εξόδου βρίσκονται και σε πολύ χαμηλό επίπεδο με αμελητέες διαφορές.

**Πίνακας 11**  
Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 11<sup>ης</sup> εβδομάδας.

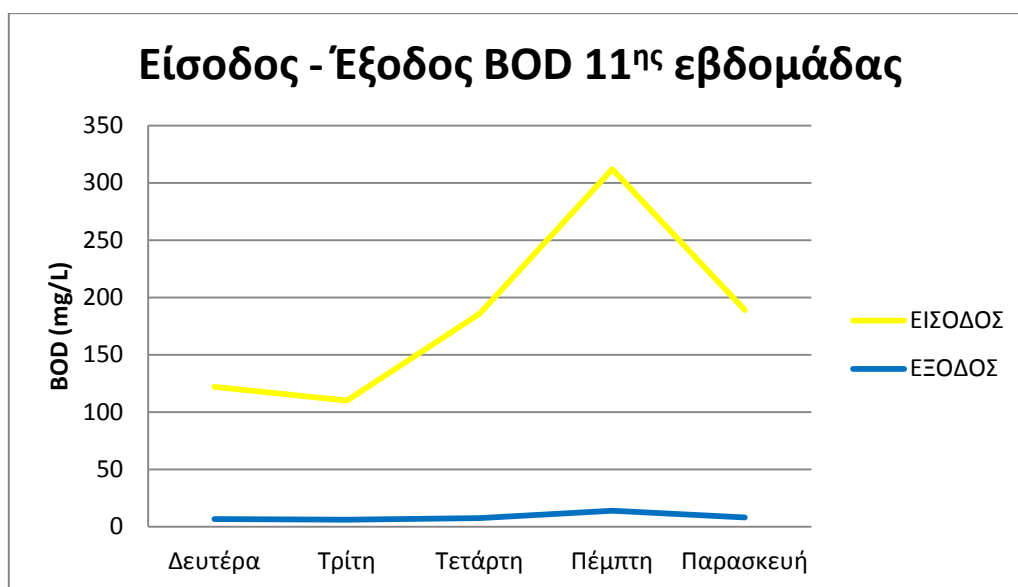
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ			ΕΞΟΔΟΣ		
	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
11 <sup>η</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
Δευτέρα	214	122	95	>15	6,5	>10
Τρίτη	279	110	173	19	6	11,5
Τετάρτη	285	186	87	21	7,5	>10
Πέμπτη	484	312	118	36	14	>10
Παρασκευή	348	189	160	27	8	10,5

Όπως φαίνεται από τα παρακάτω διαγράμματα (διάγραμμα 31,32,33) που αφορούν τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου για την 11<sup>η</sup> εβδομάδα, το COD στην είσοδο έχει τη χαμηλότερη τιμή τη Δευτέρα και την υψηλότερη τη Πέμπτη. Στην έξοδο οι μετρήσεις είναι χαμηλές και έχουν μια μικρή ανοδική πορεία έως τη Πέμπτη. Η είσοδος του BOD παρουσιάζει χαμηλότερη τιμή τη Τρίτη και υψηλότερη τη Πέμπτη. Η έξοδος του είναι σε χαμηλά επίπεδα με μια ελαφριά άνοδο την Πέμπτη. Η είσοδος των αιρούμενων στερεών έχει μεγάλες διακυμάνσεις με υψηλότερο σημείο τη Τρίτη και χαμηλότερο τη Τετάρτη. Στην έξοδο των TSS παρουσιάζεται μια μικρή διακύμανση.

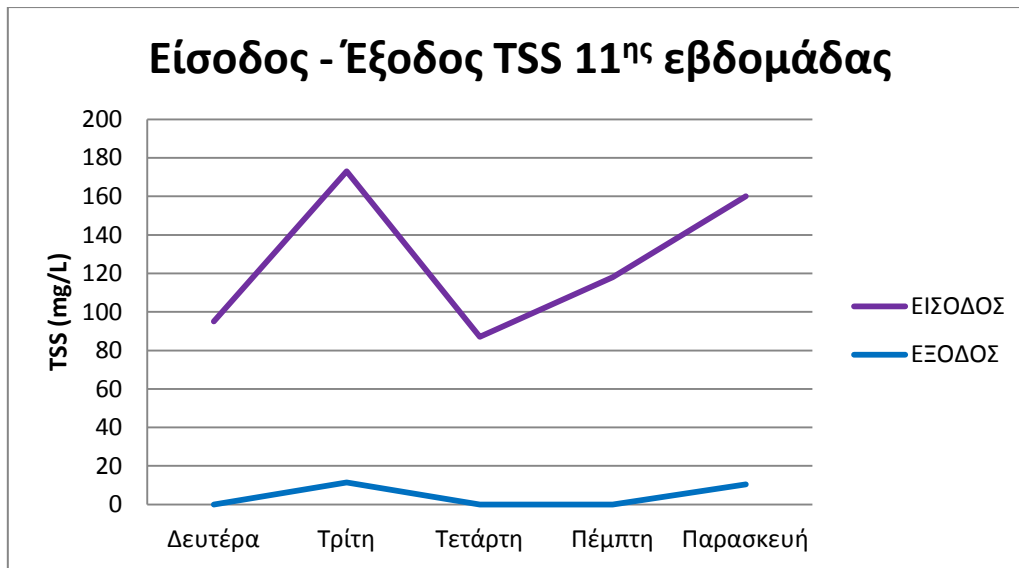




**Γράφημα 31:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 11<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 32:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 11<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 33:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 11<sup>ης</sup> εβδομάδας.

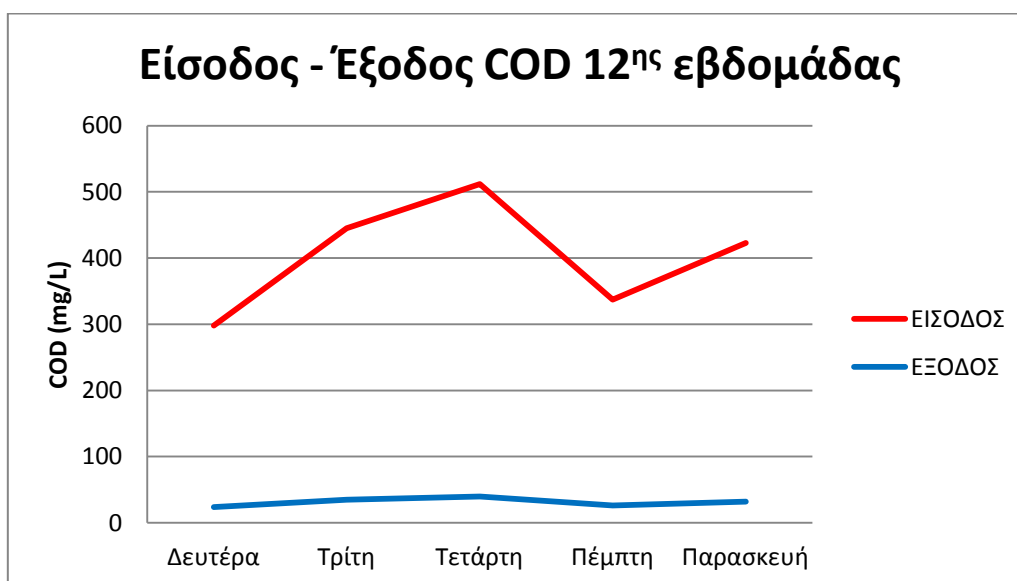
Από την ανάλυση των μετρήσεων του πίνακα 12 που αναγράφει εισόδους – εξόδους στο bio-block για την 12<sup>η</sup> εβδομάδα, τα δεδομένα της εισόδου του COD βρίσκονται σε κάπως αυξημένο επίπεδο και έχουν μια σχετική διακύμανση. Η έξοδος του COD είναι σε χαμηλά επίπεδα και δεν έχει σημαντικές διαφορές. Η είσοδος του BOD και των TSS παρουσιάζουν όμοια χαρακτηριστικά με αυτή του COD. Οι τιμές της εξόδου του BOD βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο και δεν έχουν σημαντικές διαφορές, ενώ οι τιμές της εξόδου των αιρούμενων στερεών είναι σε χαμηλά επίπεδα με διακύμανση τη Τετάρτη που είναι ελάχιστα αυξημένη.

**Πίνακας 12**

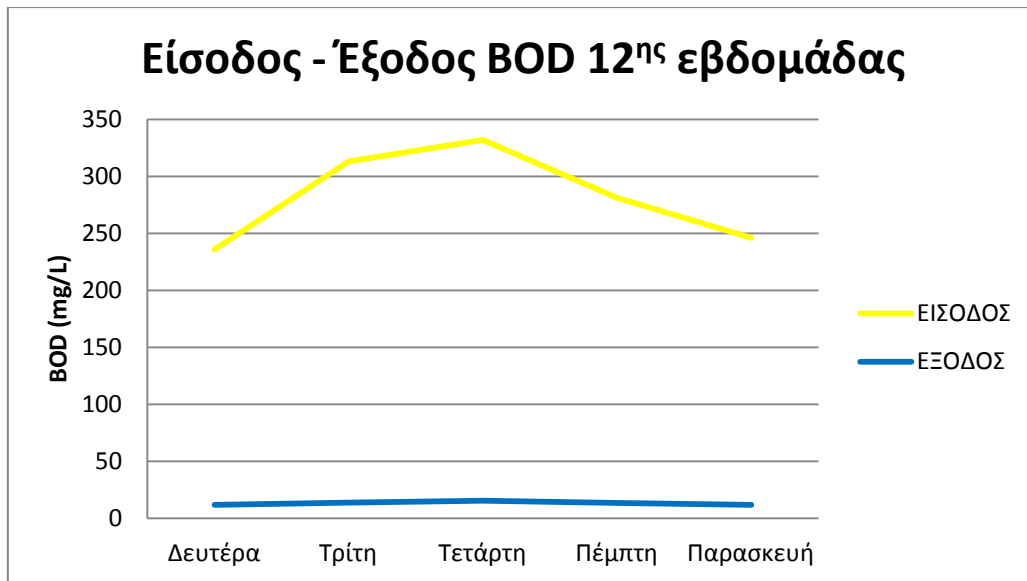
Μετρήσεις εισόδου – εξόδου στο bio-block 12<sup>ης</sup> εβδομάδας.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ			ΕΞΟΔΟΣ		
	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
12 <sup>η</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
Δευτέρα	298	236	158	24	12	>10
Τρίτη	445	313	164	35	14	11
Τετάρτη	512	332	198	40	15,5	14
Πέμπτη	337	281	134	26	13,5	>10
Παρασκευή	423	246	127	32	12	>10

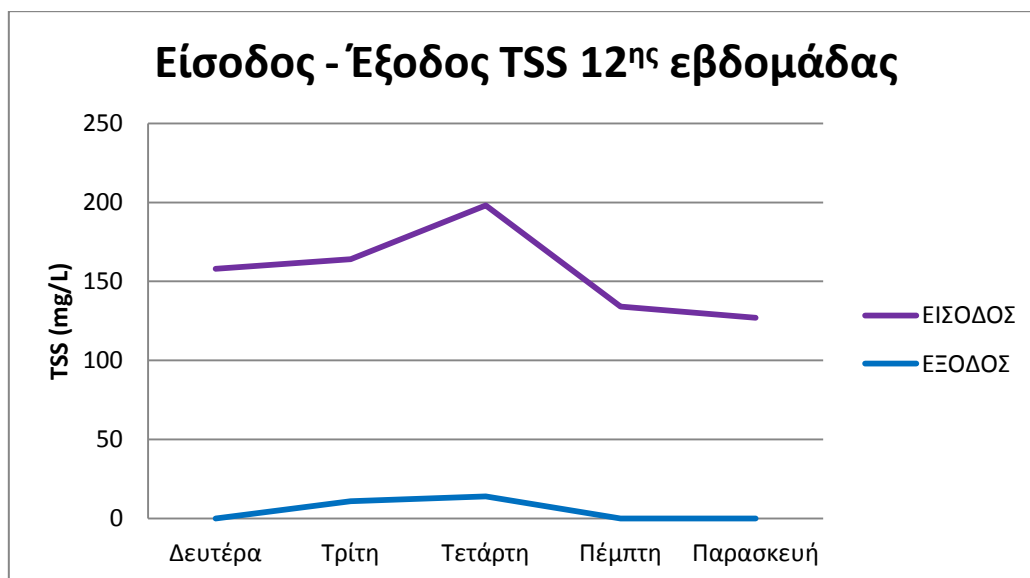
Όπως φαίνεται από τα παρακάτω διαγράμματα (διάγραμμα 34,35,36) που αφορούν τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου για την 12<sup>η</sup> εβδομάδα, το COD στην είσοδο έχει τη χαμηλότερη τιμή τη Δευτέρα και την υψηλότερη τη Τετάρτη. Στην έξοδο οι μετρήσεις είναι χαμηλές και έχουν μια ελάχιστη διακύμανση. Η είσοδος του BOD παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές τη Δευτέρα και τη Παρασκευή, ενώ υψηλότερη τη Τετάρτη. Η έξοδος του είναι σε χαμηλά επίπεδα με αμελητέες διακυμάνσεις. Η είσοδος των αιρούμενων στερεών έχει υψηλότερο σημείο τη Τετάρτη και χαμηλότερο τη Παρασκευή. Στην έξοδο των TSS παρουσιάζεται μια μικρή καμπύλη προς τα πάνω από Δευτέρα έως Πέμπτη.



**Γράφημα 34:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε COD της 12<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 35:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε BOD της 12<sup>ης</sup> εβδομάδας.



**Γράφημα 36:** Συγκριτική απεικόνιση μεταξύ μετρήσεων εισόδου – εξόδου σε TSS της 12<sup>ης</sup> εβδομάδας.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά έχουν σημαντικές λειτουργίες για τη βιόσφαιρα, από τις οποίες προκύπτουν πολλές ωφέλιμες αξίες για τον άνθρωπο και το φυσικό περιβάλλον γενικότερα. Παρόλα αυτά, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες αποτελούν σοβαρή απειλή και για τη διατήρηση των υδατικών πόρων. Τεράστιες είναι οι ποσότητες ρυπογόνων, τοξικών και επικίνδυνων ουσιών που καθημερινά καταλήγουν σε θάλασσες, ποτάμια και λίμνες. Οι ρυπαντικές ουσίες που περιέχουν, ειδικά τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, είναι εν δυνάμει επικίνδυνες και η απευθείας διάθεσή τους στους αποδέκτες προκαλούν ευτροφισμό, απειλούν με εξαφάνιση πολλά είδη και βάζουν σε κίνδυνο ακόμα και την ανθρώπινη υγεία. Σε αυτή τη βάση είναι αναγκαίο να διαφυλαχθούν οι υδάτινοι πόροι μέσω διαφόρων συστημάτων αντιρρύπανσης, με κυριότερες τις μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων.

Για τις απαιτήσεις της έρευνας και εξαγωγής συμπερασμάτων σε ότι αφορά την έξοδο του βιολογικού πάθθηκαν δείγματα για διάρκεια 12 εβδομάδων. Για τις μετρήσεις του BOD το δείγμα τοποθετήθηκε σε θάλαμο θερμοκρασίας 20 °C για 5 ημέρες. Σε ότι αφορά τις μετρήσεις των αιωρούμενων στερεών το δείγμα τοποθετήθηκε σε φούρνο στους 104 °C για 1 ώρα, η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται και το αποξηραμένο προϊόν ζυγίζεται. Για τη μέτρηση του COD το δείγμα τοποθετήθηκε σε χωνευτή στους 148 °C για 2 ώρες. Η μέτρηση λαμβάνει χώρα μετά από 1 ώρα σε θερμοκρασία δωματίου και μετριέται σε mg/l όπως και τα άλλα δύο μεγέθη.

Από τις μετρήσεις εισόδου – εξόδου σε διάρκεια 60 ημερών παρατηρείται ότι ενώ το COD εισόδου είναι σε υψηλή περιεκτικότητα, μετά την επεξεργασία κυμαίνεται πολύ χαμηλότερα των επιτρεπτών ορίων που είναι 125 mg/l. Αντίστοιχα είναι τα αποτελέσματα της έρευνας για τα αιωρούμενα στερεά που το όριο τους ορίζεται στα 35 mg/l, όσο και για το BOD με όριο 25 mg/l.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της έρευνας παρατηρείται ότι η χρήση του συστήματος ρευστοποιημένης κλίνης βιομάζας υψηλής φόρτισης ενδείκνυται για την επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού σε καλλιέργειες πρασίνου ή καλλωπιστικών φυτών, καθώς και για πυρόσβεση, όπως προβλέπει η νομοθεσία βάση του νόμου ΚΥΑ 145116/2011 (ΦΕΚ 354 Β/8-3-2011) περί επαναχρησιμοποίησης του νερού (παράρτημα).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγγελάκης, Α. Ν. (1998). Ανάγκη για αποκεντρωμένα συστήματα διαχείρισης αστικών υγρών αποβλήτων. *Ενημερωτικό δελτίο ΤΕΕ*, 2031.
2. Αγγελάκης, Α. & Tchobanoglous G. (1995). *Υγρά Απόβλητα: φυσικά συστήματα επεξεργασίας και ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και διάθεση εκροών*. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.
3. Βογιατζής, Ζ. & Στάμου, Α. (1986). *Βασικές αρχές και σχεδιασμός συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων*. Εκδόσεις Τ.Ε.Ε.
4. Δερματάς Δ. (2010). Ρύπανση του Εδάφους και των Υπόγειων Υδροφορέων. Το άρθρο δημοσιεύθηκε στο ένθετο << ΒΗΜΑ ΙΔΕΩΝ>>, 5 Φεβρουαρίου 2010.
5. Νταρακάς Ε. (2014). Διεργασίες Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
6. Ξαρχάκου Σ. (2004). Θάλασσα: Πηγή Ζωής ή Δεξαμενή Αποβλήτων; Ημερίδα: <<Πολιτικές για τη Προστασία του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος>>, Αθήνα ΥΠΕΧΩΔΕ.
7. Ξανθάκου, Γ. & Τζαμπερής, Ν. (2009). Γνώσεις και στάσεις φοιτητών και μαθητών της Ρόδου απέναντι σε θέματα βιολογικού καθαρισμού. Στο Α. Δημητρίου, Γ. Ξανθάκου, Γ. Λιαράκου, Μ. Καΐλα (επιμ), *Περιβαλλοντική εκπαίδευση: ζητήματα θεωρίας, έρευνας και εφαρμογών* (σσ. 420-452). Αθήνα: Ατραπός.
8. Τσώνης, Σ. (2004). *Επεξεργασία λυμάτων*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
9. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ειδική Γραμματεία Υδάτων. (2012). *Κείμενο Κατευθυντηρίων Γραμμών για τη Διαχείριση Λυμάτων Μικρών Οικισμών*.

10. ASCE-American Society of Civil Engineers (1977). *Wastewater treatment plant design manuals and reports on engineering practice*. N.York: ASCE.
11. American Water Works Association (AWWA) (1971). *Water quality and treatment*. New York: McGraw Hill.
12. Envima. (2013). Εδαφικά Συστήματα και Επεξεργασία Ρυπαντών. Τεχνική Τεκμηρίωση.
13. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (1977). *Process design manual for wastewater treatment facilities for sewerred small communities*. EPA 625/1-77/009.
14. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (1979). *Process design manual for sludge treatment and disposal*. EPA 625/1-79/001.
15. Fry, A. (2005). *Water: facts and trends*. World Council for Sustainable Development.
16. Horan, N. J. (1990). *Biological wastewater treatment systems*. West Sussex: Wiley & Sons.
17. INVITEC (2002). Μελέτη έργου επεξεργασίας λυμάτων Κρεμαστής. Αθήνα: Τεχνική Εταιρία INVITEC.
18. Metcalf, L. & Eddy, H. P. (2003). *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse* (4th ed.). Boston: McGraw Hill.
19. Peavy, H. & Rowe, D. & Tchobanoglous, G. (1995). *Environmental engineering*. International edition. Singapore. McGraw-Hill.
20. Water Pollution Control Federation (WPCF) (1976). *Chlorination of wastewater. Manual of practice 4*. Washington: WPCF.

21. Winkler, M. (1981). *Biological treatment of waste-water*. Ellis Horwood Limited Ltd.



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**ΚΥΑ 145116/2011 (ΦΕΚ 354 Β /8-3-2011)**  
**Άρθρο 4 Επαναχρησιμοποίηση για Άρδευση**

1. Για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση, διακρίνουμε δύο τύπους άρδευσης με βάση το είδος των καλλιεργειών, το σύστημα άρδευσης και την προσβασιμότητα του κοινού στην αρδευόμενη περιοχή: α. Την άρδευση με περιορισμούς (περιορισμένη), η οποία αφορά μόνο σε καλλιέργειες που τα προϊόντα τους καταναλώνονται μετά από θερμική ή άλλη επεξεργασία ή δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος, όπως καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δέντρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων. Ως προς το σύστημα της άρδευσης, δεν επιτρέπεται η μέθοδος του καταιονισμού. Η πρόσβαση του κοινού στην αρδευόμενη έκταση δεν επιτρέπεται. Σε περίπτωση που υπάρχει προσβασιμότητα σε ανθρώπους ή ζώα, εκτός των χρηστών, πρέπει να λαμβάνονται κατά περίπτωση πρόσθετα μέτρα, όπως περίφραξη, ορισμός απαγορευτικής ζώνης για ορισμένες χρήσεις από τα όρια της αρδευόμενης έκτασης, απαγόρευση βοσκής ζώων για ορισμένο χρόνο μετά την άρδευση. β. Η άρδευση χωρίς περιορισμούς (απεριόριστη), η οποία μεταξύ άλλων, αφορά σε όλα τα άλλα είδη καλλιεργειών όπως λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, ανθοκομικά. Κατά την απεριόριστη άρδευση επιτρέπονται διάφορες μέθοδοι χρήσης του ανακτημένου νερού, συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού και δεν απαιτούνται περιορισμοί στην πρόσβαση. 2. Για την περιορισμένη ή απεριόριστη άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα απαιτείται η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του συστήματος της άρδευσης ανάλογα με το συγκεκριμένο είδος της καλλιέργειας και τη συγκεκριμένη περιοχή. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει: α) το υδατικό ισοζύγιο, σε συνάρτηση και με τις αρδευόμενες καλλιέργειες και το ισοζύγιο οργανικού φορτίου και θρεπτικών καθώς και κρίσιμων ιχνοστοιχείων, προκειμένου να προσδιορισθεί η ανά μονάδα αρδευόμενης επιφάνειας επιτρεπόμενη φόρτιση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, β) τον υπολογισμό της συνολικά απαιτούμενης εδαφικής έκτασης, γ) τα προγράμματα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων και κατά περίπτωση, τα απαιτούμενα προγράμματα παρακολούθησης των χαρακτηριστικών του εδάφους και των αρδευόμενων καλλιεργειών, δ) τα τυχόν απαιτούμενα πρόσθετα μέτρα και όρια για την

συγκεκριμένη εφαρμογή (ενδεχόμενη περιφραγή της αρδευόμενης έκτασης, τρόπος άρδευσης, κλπ), καθώς και ε) τα απαιτούμενα μέτρα ενημέρωσης και προστασίας για τους χρήστες και τους καταναλωτές, που πρέπει να λαμβάνονται, με ευθύνη του φορέα υλοποίησης της άρδευσης, ο οποίος μπορεί να είναι ο φορέας διαχείρισης ή ο άμεσος χρήστης του ανακτημένου νερού. Μεταξύ των μέτρων αυτών μπορεί να υιοθετούνται αυτόματα ή ημιαυτόματα αρδευτικά συστήματα για ελαχιστοποίηση της επαφής των χειριστών με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, στ) τον προσδιορισμό των τυχόν ελάχιστων απαιτούμενων αποστάσεων της συγκεκριμένης εφαρμογής από υφιστάμενες ή μελλοντικές υδροληψίες ή άλλες χρήσεις. 3. Μολονότι κατά την επιφανειακή ή υπεδάφια άρδευση μέρος των υγρών αποβλήτων μπορεί να καταλήγει στον υπόγειο υδροφόρα, η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων εξετάζεται στο πλαίσιο εφαρμογής του παρόντος άρθρου, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της άρδευσης και στο βαθμό που τεκμηριώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων προσλαμβάνεται από τα φυτά ή εξατμίζεται.

4. Στις περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση ή αστική ή περιαστική χρήση και εφόσον, σύμφωνα με τη σχετική μελέτη, οι ποσότητες των διατιθέμενων αποβλήτων πλεονάζουν των απαιτήσεων των φυτών και κατεισδύουν προς τον υπόγειο υδροφόρα, έστω και για ορισμένη εποχή του έτους (χειμώνας), η επαναχρησιμοποίηση εμπίπτει και στις προβλέψεις του άρθρου 5 και 8 για τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων.

5. Στους πίνακες 1 και 2 του Παραρτήματος I, στον Πίνακα 4 του Παραρτήματος II, στον Πίνακα 5 του Παραρτήματος III και στον Πίνακα 6 του Παραρτήματος IV παρατίθενται τα επιτρεπόμενα όρια για τις μικροβιολογικές, τις συμβατικές και άλλες χημικές παραμέτρους και τα επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά, καθώς και η εκάστοτε κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία, το είδος και η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων, στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για περιορισμένη και απεριόριστη άρδευση.

## Άρθρο 5 Τροφοδότηση ή εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων

1. Η τροφοδότηση ή εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα επιτρέπεται, με την επιφύλαξη του άρθρου 8, μόνο στις περιπτώσεις όπου τα υπόγεια νερά δεν emπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007 και εφόσον τηρούνται οι απαιτήσεις της υπ. αριθ. 39626/2208/2009 ΚΥΑ.

2. Για την αποφυγή συσσώρευσης οργανικών στα υπόγεια ύδατα, που ενδέχεται να παραβλάψουν μελλοντικές χρήσεις των υπογείων υδάτων του υδροφορέα, απαιτείται: α) Στις περιπτώσεις άμεσου εμπλουτισμού μέσω γεωτρήσεων υπό πίεση ή με βαρύτητα σε επιλεγμένες θέσεις γεωτρήσεων, επαρκής βαθμός επεξεργασίας για την απομάκρυνση οργανικών που περιλαμβάνει, εκτός από δευτεροβάθμια βιολογική και ενδεχόμενη τριτοβάθμια επεξεργασία, προχωρημένες μεθόδους κατάλληλες για την απομάκρυνση διαλυτού οργανικού υλικού, όπως μέσω μεμβρανών τουλάχιστον υπερδιήθησης ή ισοδύναμης αποτελεσματικότητας εναλλακτικής μεθόδου προχωρημένης επεξεργασίας. β) Στις περιπτώσεις εμπλουτισμού με μέθοδο διήθησης δια μέσου στρώματος εδάφους με κατάλληλα χαρακτηριστικά και επαρκές βάθος, η αποφυγή των πρόσθετων προχωρημένων μεθόδων επεξεργασίας στο βαθμό που τεκμηριώνεται ότι επιτυγχάνεται επαρκής κατακράτηση οργανικών από το έδαφος.

3. Στις προαναφερόμενες περιπτώσεις της παραγράφου 2, ανεξάρτητα από τον ελάχιστο απαιτούμενο βαθμό επεξεργασίας, απαιτείται η εκπόνηση ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης, από την οποία τεκμαίρεται η διασφάλιση της αποφυγής της διείσδυσης υγρών αποβλήτων σε υπόγειους υδροφορείς τα ύδατα των οποίων

χρησιμοποιούνται για απόληψη πόσιμου νερού. Με την υδρογεωλογική μελέτη, εξετάζεται μεταξύ των άλλων: α) το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, β) η ύπαρξη ή μη πολλαπλών γεωλογικών στρωμάτων και η υδραυλική αγωγιμότητα εκάστου στρώματος, γ) το βάθος που θα πραγματοποιείται ο εμπλουτισμός.

4. Για τον εμπλουτισμό (τροφοδότηση) υπόγειου υδροφορέα με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, απαιτείται η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του εμπλουτισμού, στην οποία θα προσαρτάται ως αναπόσπαστο παράρτημα η προαναφερόμενη υδρογεωλογική μελέτη. Η μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής περιλαμβάνει: α) εξέταση των συγκεντρώσεων στα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα των ουσιών που περιλαμβάνονται στην υπ. αριθ. 39626/2208/2009 ΚΥΑ (Β'2075), β) εξειδίκευση των προβλεπόμενων στην ανωτέρω ΚΥΑ μέτρων και περιορισμών

ανάλογα με τη μέθοδο εφαρμογής του εμπλουτισμού, την ποιότητα των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και την κατάσταση του υπόγειου υδροφορέα, γ) περιγραφή της ποσότητας και ποιότητας του εισαγόμενου ανακτημένου ύδατος, δ) προγράμματα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων και κατά περίπτωση τα απαιτούμενα από την υπ. αριθ. 39626/2208/2009 ΚΥΑ, προγράμματα παρακολούθησης των χαρακτηριστικών των υπογείων υδάτων, ε) την επιτυγχάνομενη αραίωση με τα ύδατα του υπόγειου υδροφορέα.

5. Η τροφοδότηση (εμπλουτισμός) υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα αποβλέπει κυρίως: α) στη δημιουργία υδραυλικού φράγματος που θα παρεμποδίζει τη διείσδυση και ανάμιξη του θαλάσσιου νερού με το γλυκό νερό παράκτιων υδροφορέων, β) στην αποθήκευση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για μελλοντική χρήση ή για εξισορρόπηση των διακυμάνσεων της ζήτησης όπως για άρδευση που είναι συνήθως εποχιακή, γ) στην ανύψωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, που μπορεί να φθίνει λόγω υπερεκμετάλλευσης και επειδή η φυσική ανανέωση γίνεται με πολύ αργό ρυθμό, δ) στον έλεγχο πιθανών καθιζήσεων του εδάφους.

6. Στους πίνακες 1 και 3 του Παραρτήματος Ι, στον Πίνακα 4 του Παραρτήματος ΙΙ και στον Πίνακα 6 του Παραρτήματος ΙV παρατίθενται τα επιτρεπόμενα όρια για τις μικροβιολογικές, τις συμβατικές και άλλες χημικές παραμέτρους, καθώς και η εκάστοτε κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία, το είδος και η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων, στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για τροφοδότηση ή εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων.

7. Στην ειδική περίπτωση εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων οικισμών με πληθυσμό μικρότερο από 2000 κατοίκους (Μονάδες Ισοδύναμου Πληθυσμού), καθώς και στις περιπτώσεις ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων μεμονωμένων κατοικιών ή ομάδων κατοικιών ή ξενοδοχειακών μονάδων, η εφαρμογή υπεδάφιας διοχέτευσης των επεξεργασμένων λυμάτων, μέσω διήθησης, δια μέσου εδαφικού στρώματος σε υπόγειο υδροφορέα, επιτρέπεται μόνον εφόσον: α) εφαρμόζονται τα κατάλληλα συστήματα επεξεργασίας, σύμφωνα με τις απαιτήσεις που προβλέπονται στην υπ. αριθ. 5673/400/1997 ΚΥΑ, όπως ισχύει και β) υποβληθεί μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής, στην οποία μεταξύ άλλων, γίνεται περιγραφή του εδαφικού στρώματος διήθησης, προσδιορίζεται η στάθμη των υπόγειων νερών και

τεκμηριώνεται η αποφυγή διείσδυσης των λυμάτων σε υπόγειους υδροφορείς τα ύδατα των οποίων χρησιμοποιούνται για απόληψη πόσιμου νερού.

8. Τα προβλεπόμενα στο παρόν άρθρο δεν έχουν ισχύ στις περιπτώσεις στις οποίες λόγω ειδικών χαρακτηριστικών και συνθηκών ισχύει απαγορευτική διάταξη εμπλουτισμού συγκεκριμένου υδροφορέα με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

## **Άρθρο 8**

### **Επαναχρησιμοποίηση στα υδατικά συστήματα**

#### **του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007**

1. Με την επιφύλαξη τυχόν ειδικών περιοριστικών ή απαγορευτικών μέτρων σε εφαρμογή του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007, η άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, όπως ορίζονται στην παράγραφο 1 (εδ. γ) του άρθρου.

2. καθώς και η διοχέτευση τους με υπεδάφια διάθεση μέσω διήθησης δια μέσου εδαφικού στρώματος προς υπόγειο υδατικό σύστημα που υπάγεται στις ρυθμίσεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007, επιτρέπεται με τις ακόλουθες προϋποθέσεις: α. Στην περίπτωση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων οικισμών ή υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, τα υγρά απόβλητα εκτός της βιολογικής, υφίστανται προχωρημένη επεξεργασία με μέθοδο μεμβρανών, τουλάχιστον υπερδιήθησης ή άλλη ισοδύναμης αποτελεσματικότητας μέθοδο επεξεργασίας, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Πίνακα 3 του Παραρτήματος Ι. Επίσης εκτός των απαιτήσεων των άρθρων 4 και 5, στην προβλεπόμενη ειδική υδρογεωλογική μελέτη πρέπει: α.1) να διερευνώνται και να εξετάζονται: αα) η ποσότητα και ποιότητα του εισαγόμενου ύδατος, αβ) η επιτυγχανόμενη αραίωση, αγ) το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, αδ) η ύπαρξη ή μη πολλαπλών γεωλογικών στρωμάτων και η υδραυλική αγωγιμότητα εκάστου στρώματος, αε) το βάθος που θα λαμβάνει χώρα ο εμπλουτισμός και αστ) η τυχόν αντλητική δραστηριότητα στην περιοχή εμπλουτισμού και η ενδεχόμενη επίδραση του εμπλουτισμού σε αυτήν, α.2) να τεκμηριώνεται ότι δεν υπάρχει κίνδυνος υποβάθμισης της ποιότητας των υδατικών συστημάτων που αξιοποιούνται ή πρόκειται να αξιοποιηθούν για ύδρευση, α.3) να αποδεικνύεται ότι ο τεχνητός εμπλουτισμός είναι η μόνη τεχνικοοικονομικά αποδεκτή λύση διάθεσης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. β. Στην περίπτωση ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων μεμονωμένων κατοικιών, εκτός των απαιτήσεων των

παραγράφων 4 και 5 του άρθρου 5, στην προβλεπόμενη υδρογεωλογική αναγνωριστική μελέτη πρέπει: β.1) να παρουσιάζονται και οι αποστάσεις από τυχόν σημεία υδροληψίας νερού ύδρευσης καθώς και η ενδεχόμενη επίδραση σε αυτά, β.2) να τεκμηριώνεται ότι δεν θίγεται η χρήση υδατικών συστημάτων που αξιοποιούνται ή πρόκειται να αξιοποιηθούν για ύδρευση, β.3) να αποδεικνύεται ότι η υπεδάφια διάθεση είναι η μόνη τεχνικοοικονομικά αποδεκτή λύση διάθεσης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. γ. Στις περιπτώσεις τουριστικών εγκαταστάσεων, εκτός σχεδίου, ισχύουν τα προβλεπόμενα στις διατάξεις της κείμενης σχετικής νομοθεσίας. Οι απαιτούμενες ειδικές υδρογεωλογικές μελέτες και οι υδρογεωλογικές αναγνωριστικές μελέτες, τις οποίες υποχρεούνται επιπλέον να υποβάλλουν οι εγκαταστάσεις σύμφωνα με το παρόν άρθρο, πρέπει να περιλαμβάνουν τα στοιχεία που προβλέπονται αντίστοιχα, στα ανωτέρω εδάφια (α1, α2, α3), για δυναμικότητα της μονάδας μεγαλύτερη ή ίση των 300 ατόμων και (β1, β2, β3) για δυναμικότητα μικρότερη των 300 ατόμων.

2. Για όλους τους άλλους επιτρεπόμενους τύπους επαναχρησιμοποίησης των περιπτώσεων της παραγράφου 1 ισχύουν οι διατάξεις της παρούσας απόφασης και ειδικότερα τα όρια, η ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία και η συχνότητα δειγματοληψιών που προβλέπονται στον

Πίνακα 3 του Παραρτήματος Ι και κατά Περίπτωση οι Πίνακες των Παραρτημάτων ΙΙ–ΙV.

3. Απαγορεύεται στα υδατικά συστήματα του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007, η επαναχρησιμοποίηση ή υπεδάφια διάθεση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων που δεν υπάγονται στις διατάξεις της υπ. αριθ. 5673/400/1997 ΚΥΑ.

4. Για το περιεχόμενο των μελετών σχεδιασμού και εφαρμογής που προβλέπονται στα άρθρα 4 και 5 γνωμοδοτεί επιπλέον και ο φορέας διαχείρισης του υδατικού συστήματος, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να προτείνει πρόσθετους όρους ή απαγορευτικές ρυθμίσεις, καθώς και η Διεύθυνση Υγείας της Περιφέρειας, ως αρμόδια για την παρακολούθηση της ποιότητας του πόσιμου νερού, στο πλαίσιο της διασφάλισης της Δημόσιας Υγείας.

**Παράρτημα I**  
**Πίνακας 1:**

Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για περιορισμένη άρδευση, βιομηχανική χρήση νερού ψύξης μιας χρήσης και εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα, που δεν χρησιμοποιείται για πόση και με διήθηση διαμέσου κατάλληλου εδαφικού στρώματος.

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p><b>Περιορισμένη άρδευση</b> Περιοχές όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δένδρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους. Άρδευση με καταιονισμό δεν θα εφαρμόζεται</p> <p><b>Βιομηχανική χρήση</b> Νερό ψύξης μιας χρήσης</p> <p>Τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007, (με την επιφύλαξη των παραγράφων 4 και 5 του άρθρου 5 της παρούσας), με διήθηση διαμέσου εδαφικού στρώματος με επαρκές πάχος και κατάλληλα χαρακτηριστικά<sup>6)</sup></p>	≤ 200 διάμεση τιμή	Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/1997 7	Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/1997	-	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία <sup>6)</sup> Απολύμανση <sup>6)</sup>	<p>BOD<sub>5</sub> SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>EC: μια ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό χλώριο: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>



## Πίνακας 2:

Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για απεριόριστη άρδευση και βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης.

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p><b>Απεριόριστη άρδευση</b> Όλες οι καλλιέργειες όπως οπωροφόρα δένδρα, λαχανικά, αμπέλα ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, θερμοκήπια. Η απεριόριστη άρδευση επιτρέπει την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων εφαρμογής της άρδευσης συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού.</p> <p><b>Βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης</b> επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, νερό για λέβητες, νερό διεργασιών κλπ<sup>10</sup></p>	<p>≤ 5 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 50 για το 95% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων γ</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων γ</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία<sup>(*)</sup> ακολουθούμενη από Τριτοβάθμια επεξεργασία<sup>(**)</sup> και Απολύμανση<sup>(*)</sup></p>	<p>BOD<sub>5</sub>, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>EC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Κατ' εξαίρεση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής μία ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl<sub>2</sub> συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

**Πίνακας 3:**

Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιαστική χρήση και εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με γεωτρήσεις.

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100 ml)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p><b>Αστική χρήση</b> Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητόδρομων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις αναψυχής, κατάσβεση πυρκαϊών, συμπύκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρόμων, διακοσμητικά σιντριβάνια Πότισμα με καταιονισμό απαγορεύεται.</p> <p><b>Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων</b> που δεν emπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007 (ΦΕΚ54Α/8-3-2007), με γεωτρήσεις</p> <p><b>Περιαστικό πράσινο</b> συμπεριλαμβανομένων των αλσών και δασών<sup>(4)</sup></p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 20 για το 95% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 δάμωση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία<sup>(5)</sup> ακολουθούμενη από Προχωρημένη επεξεργασία<sup>(6)</sup> και Απολύμανση<sup>(6)</sup></p>	<p>BOD<sub>5</sub>, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>TC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους επτά ανά εβδομάδα και τρεις ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις Κατ' εξαίρεση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής δύο ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl<sub>2</sub> συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

## Παράρτημα II

Πίνακας 4. Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων

Μέταλλο	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)
Al (αργίλιο)	5
As (αρσενικό)	0.1
Be (βηρύλλιο)	0.1
Cd (κάδμιο)	0.01
Co (κοβάλτιο)	0.05
Cr (χρώμιο)	0.1
Cu (χαλκός)	0.2
F (φθόριο)	1.0
Fe (σίδηρος)	3.0
Li (λίθιο)	2.5
Mn (μαγγάνιο)	0.2
Mo (μολυβδαίνιο)	0.01
Ni (νικέλιο)	0.2
Pb (μόλυβδος)	0.1
Se (σελήνιο)	0.02
V (βανάδιο)	0.1
Zn (ψευδάργυρος)	2.0
Hg (υδράργυρος)	0.002
B (Βόριο)	2

### Παράρτημα III

Πίνακας 5 Επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Μονάδες	Βαθμός περιορισμών κατά την εφαρμογή		
		Μηδαμινός	Μικρός-Μέτριος	Μεγάλος
<b>Αλατότητα</b> (Επηρεάζει την διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος)				
EC <sub>w</sub> <sup>(1)</sup>	dS/m	< 0.7	0.7 -3.0	> 3.0
Ή				
TDS (ολικά διαλυμένα	mg/l	< 450	450 -2000	> 2000
<b>Διαπερατότητα</b>				
SAR <sup>(2)</sup> = 0 - 3 και EC <sub>w</sub> =		> 0.7	0.7 -0.2	< 0.2
3 - 6		> 1.2	1.2 -0.3	< 0.3
6 -12		> 1.9	1.9 -0.5	< 0.5
12-20		> 2.9	2.9 -1.3	< 1.3
20-40		> 5.0	5.0 -2.9	< 2.9
<b>Ειδική τοξικότητα ιόντων</b>				
<b>Νάτριο (Na)</b>				
Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών)	SAR	< 3	3 -9	> 9
Καταιονισμός (προσρόφηση δια των φύλλων)	mg/l	≤70	> 70	
<b>Χλωριόντα (Cl)</b>				
Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών)	mg/l	< 140	140 -350	> 350
Καταιονισμός (προσρόφηση δια των φύλλων)	mg/l	≤ 100	> 100	
<b>Άλλες επιπτώσεις</b>				
Άζωτο (NO <sub>3</sub> -N) <sup>(3)</sup>	mg/l	< 5	5 -30	> 30
HCO <sub>3</sub> (μόνο για άρδευση για καταιονισμό)	mg/l	< 90	90-500	> 500
Ph	Τυπικό διάστημα 6.5-8.5			

**Παράρτημα IV****Πίνακας 6: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα**

Παράμετρος	CAS	Μέγιστη συγκέντρωση (µg/l)
Alachlor	15972-60-8	0,7
Ανθρακένιο	120-12-7	1
Ατραζίνη	1912-24-9	2
Βενζόλιο	71-43-2	5
Βρωμιούχος διφαινυλαιθέρας	32534-81-9	0,025
Ανθρακο-τετραχλωρίδιο	56-23-5	MA
C10-13 Χλωροαλκάνια	85535-84-8	1,4
Chlorfenvinphos	470-90-6	0,3
Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)	2921-88-2	0,1
Aldrin	309-00-2	MA
Dieldrin	60-57-1	MA
Endrin <sup>l</sup>	72-20-8	MA
Isodrin	465-73-6	0,01
DDT ολικό	Δεν	MA
para-para-DDT	50-29-3	MA
1,2 Διχλωροαιθάνιο	107-06-2	20
Διχλωρομεθάνιο	75-09-2	50

Φθαλικό δι(2-αιθυλεξίλιο) – (ΦΔΕΕ-DEHP)	117-81-7	10
Diuron	330-54-1	1,0
Ενδοσουλφάνιο	115-29-7	0,01
Φλουορανθένιο	206-44-0	1
Εξαχλωροβενζόλιο	118-74-1	MA
Εξαχλωροβουταδιένιο	87-68-3	0,6
Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	608-73-1	MA
Isoproturon	34 123-59-6	1
Ναφθαλένιο	91-20-3	2,4
Εννεύλοφαινόλη [4-εννεύλοφαινόλη]	104-40-5	2