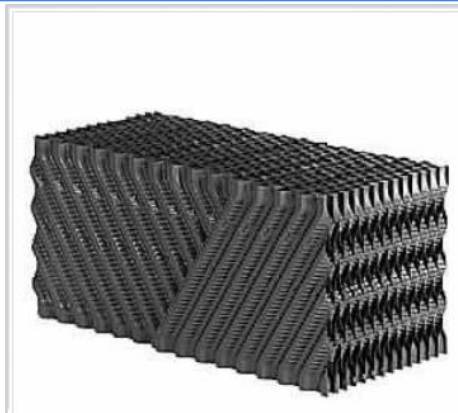


# Χανιά, 2017

## «ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟ- ΡΙΑΣ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΦΙΛΤΡΟΥ ΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ Α- ΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ»



### ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΑΝΑΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΚΙΚΑΣ ΠΕΤΡΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΒΕΝΙΕΡΗ ΔΑΝΑΗ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΚΥΠΡΙΩΤΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙ-

ΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

## Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, που υλοποιήθηκε στο Εργαστήριο Σχεδιασμού Περιβαλλοντικών Εγκαταστάσεων του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέβαλαν στην διεκπεραίωσή της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή κ. Πέτρο Γκίκα για την καθοδήγηση και την κατανόηση, καθώς και τον κ. Χάρη Μάρακα για την υπομονή του, το χρόνο και ιδιαίτερα τον κόπο που αφιέρωσε και τις συμβουλές του, που με κατεύθυναν σε όλη τη διάρκεια της εργασίας, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειραματικού μέρους.

## Περίληψη

Αντικείμενο της εργασίας αυτής αποτελεί η σύγκριση δύο τύπων φίλτρων προσκολλημένης βιομάζας σταθερού πληρωτικού υλικού (πλαστικού) για την δευτεροβάθμια επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων, σε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Για τη σύγκριση χρησιμοποιήθηκαν δύο πανομοιότυπες κυλινδρικές στήλες φίλτρων προσκολλημένης βιομάζας, μια για κάθε πληρωτικό υλικό, με διαστάσεις 200x20 cm (ύψος x διάμετρο). Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για να προσδιοριστεί η αποτελεσματικότητα κάθε στήλης, στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν λύματα, τα οποία ελήφθησαν από τη Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων του Δήμου Χανίων και συγκεκριμένα στην έξοδο της πρωτοβάθμιας καθίζησης. Τα πληρωτικά υλικά που τοποθετήθηκαν μέσα στις κυλινδρικές στήλες είναι της εταιρίας GEA 2H Water Technologies. Στην στήλη 1 (Α) τοποθετήθηκε φίλτρο τυχαίας ροής, μικρότερης ειδικής επιφάνειας (μεγαλύτερα διάκενα) (GEA 2H Water Technologies PLASdek Splash/Trickle fills, NET 150®), ενώ στη στήλη 2 (Β) φίλτρο διασταυρούμενης ροής μεγάλης ειδικής επιφάνειας (μικρότερα διάκενα) (B.GEA 2H BIOdek Cross-Fluted Fills with HX-factor, KZP 612). Για τον έλεγχο της απόδοσης των δύο συστημάτων πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις διαλυμένου οξυγόνου (DO), χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD), βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD), αμμωνιακών (NH<sub>3</sub>-N), στερεών (TSS), νιτρικών (NO<sub>3</sub>-N), στο ανεπεξέργαστο απόβλητο (είσοδος IN) και στο επεξεργασμένο από την κάθε στήλη πληρωτικού υλικού (έξοδοι Α,Β), με επεξεργασία υπό πέντε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Οι συνθήκες ήταν : α) χωρίς αερισμό και χωρίς ανακυκλοφορία, με ρυθμό υδραυλικής φόρτισης  $q=0,00796\text{m/h}$ , β) με αερισμό και ρυθμό υδραυλικής φόρτισης  $q=0,00796\text{m/h}$ , γ) με αερισμό και ανακυκλοφορία ( $Q/2$ ), ρυθμό υδραυλικής φόρτισης  $q=0,00796+0,00398=0,01194\text{m/h}$ , δ) με αερισμό και ανακυκλοφορία ( $Q$ ), παροχή  $Q=1\text{L/h}$ , ρυθμό υδραυλικής φόρτισης  $q=0,00796*2=0,01592\text{m/h}$ , ε) με αερισμό και ανακυκλοφορία ( $2,5*Q$ ), παροχή  $Q=1\text{L/h}$ , ρυθμό υδραυλικής φόρτισης  $q=0,00796*(1+2,5)=0,02786\text{m/h}$  και παροχή αερισμού, στις συνθήκες που υπάρχει,  $q=1\text{L/h}$ .

Η καλύτερη απόδοση του υλικού (Α) για κάθε εξεταζόμενη παράμετρο:

- για το COD εμφανίζεται στη δεύτερη συνθήκη λειτουργίας (με αερισμό), με μέση απομάκρυνση 81,97%. Εξίσου υψηλές αποδόσεις εμφανίζονται και στις συνθήκες γ' (80,08%) και δ' (79,68%), ενώ η πρώτη και η τελευταία συνθήκη παρουσιάζουν αρκετά χαμηλότερη απόδοση (70,79% και 63,41% αντίστοιχα).
- για το BOD εμφανίζεται στην τρίτη συνθήκη λειτουργίας (με αερισμό και ανακυκλοφορία  $Q/2$ ) με μέση απομάκρυνση 87,18%. Υψηλή απόδοση παρουσιάζεται και στις συνθήκες β' (82,04%) και δ' (83,63%), ενώ αρκετά χαμηλότερες αποδόσεις εμφανίζονται στην πρώτη (66,95%) και στην τελευταία (66,56%) συνθήκη.
- για τα αμμωνιακά εμφανίζεται στην τέταρτη συνθήκη λειτουργίας (με αερισμό και ανακυκλοφορία  $Q$ ), με μέση απομάκρυνση 83,13%. Στην γ' συνθήκη η απομάκρυνση είναι λίγο χαμηλότερη (79,62%), ενώ σε λίγο χαμηλότερα επίπεδα κυμαίνεται και για τη β' συνθήκη (73,88%). Σε αρκετά χαμηλότερα επίπεδα κυμαίνεται για την πρώτη (45,03%) και τελευταία (53,80%) συνθήκη.

Η καλύτερη απόδοση του υλικού (B) για κάθε εξεταζόμενη παράμετρο :

- για το COD εμφανίζεται στην τέταρτη συνθήκη λειτουργίας (με αερισμό και ανακυκλοφορία Q), με μέση απομάκρυνση 61,13%. Οι αποδόσεις γενικά δεν εμφανίζουν μεγάλη διακύμανση ( $\alpha'$ -57,87%,  $\beta'$ -56,36%) εκτός από τις συνθήκες  $\gamma'$  και  $\epsilon'$ , που παρουσιάζουν κάπως χαμηλότερες αποδόσεις (50,77% και 49,68% αντίστοιχα).
- για το BOD εμφανίζεται επίσης στην τέταρτη συνθήκη λειτουργίας (με αερισμό και ανακυκλοφορία Q) με μέση απομάκρυνση 56,53%. Αντίστοιχη απόδοση παρουσιάζεται και στις συνθήκες  $\gamma'$  (54,70%) και  $\epsilon'$  (55,02%), κάπως χαμηλότερη απόδοση εμφανίζεται στην  $\beta'$  συνθήκη (49,73%), ενώ στην πρώτη συνθήκη εμφανίζεται αρκετά χαμηλότερη απόδοση (41,03%).
- για τα αμμωνιακά οι αποδόσεις είναι αρκετά χαμηλές, η μεγαλύτερη εμφανίζεται στην τέταρτη συνθήκη λειτουργίας (με αερισμό και ανακυκλοφορία Q), με μέση απομάκρυνση 32,67%, ενώ αντίστοιχες είναι οι αποδόσεις στις συνθήκες  $\beta'$  (32,53%) και  $\epsilon'$  (32,48%). Οι χαμηλότερες αποδόσεις εμφανίζονται στις συνθήκες  $\alpha'$  (24,82%) και  $\gamma'$  (26,77%).

Τα βέλτιστα αποτελέσματα εμφανίζονται σε διαφορετική συνθήκη λειτουργίας για κάθε παράμετρο. Η προσθήκη ανακυκλοφορίας δεν έφερε σημαντική βελτίωση στην απόδοση των συστημάτων, ενώ επιπροσθέτως, με σημαντική αύξηση της παροχής ανακυκλοφορίας ( $2,5 \cdot Q$ ) παρουσιάστηκε σημαντική πτώση της απόδοσης (κατά μέσο όρο). Μεταξύ των αποδόσεων για τις βασικές εξεταζόμενες παραμέτρους (COD, BOD, αμμωνιακά), υπήρχαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στην απόδοση. Γενικώς, το υλικό που παρουσίασε με διαφορά καλύτερη απόδοση ήταν το υλικό (A) της στήλης 1 (φίλτρο τυχαίας ροής).

Σύγκριση μεταξύ των δύο φίλτρων είναι πολύ εύκολο να γίνει, το φίλτρο του υλικού (A) έχει πολύ καλύτερη απόδοση για όλες τις παραμέτρους και σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας. Είναι επίσης πολύ πιο σταθερό στην απόδοσή του, σε σχέση με το (B) που παρουσιάζει κάποιες ακραίες διακυμάνσεις (αρνητικές). Αυτό έχει να κάνει κυρίως με την διάταξη του πληρωτικού υλικού του φίλτρου και βγαίνει σαν τελικό συμπέρασμα ότι το Φίλτρο A είναι αποδοτικότερο σε σχέση με το B, ειδικά με την προσθήκη αερισμού.

## **Abstract**

The subject of this work is to compare two types of attached growth trickling filters for secondary treatment of urban waste water. For comparison we used two identical cylindrical columns, one for each filler material, with dimensions 200 \* 20 cm (height \* diameter). Measurements were carried out to determine the effectiveness of each column, in which we used effluents, that were taken from the Wastewater treatment plant of the municipality of Chania, and specifically from the output of the primary sedimentation. The fillers placed inside the cylindrical columns are of the GEA company 2H Water Technologies. In column 1 we placed cross-flow filter of large contact surface (smaller gaps) (A. GEA 2H Water Technologies PLASdek Splash/Trickle fills, NET 150®), while column 2 we placed random-flow filter of small-

er contact surface (larger gaps) (B. GEA 2H BIOdek Cross-Fluted Fills with HX-factor, KZP 612). To estimate the efficiency of the two systems, several measurements were carried out, such as DO, BOD, COD, TSS,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , for the raw waste and the outputs of each column. The conditions of the experiments were the following : a) without ventilation or recirculation, with hydraulic pressure  $q=0,00796\text{m/h}$  , b) with ventilation, with hydraulic pressure  $q=0,00796\text{m/h}$  , c) with ventilation and recirculation ( $Q/2$ ), d) with ventilation and recirculation ( $Q$ ), with hydraulic pressure  $q=0,00796*2=0,01592\text{m/h}$ , e) with ventilation and recirculation ( $2,5*Q$ ), with hydraulic pressure  $q=0,00796*(1+2,5)=0,02786\text{m/h}$ .

The best output for column 1 (A) for each parameter that was examined :

- for the COD parameter was at the second condition (with ventilation), with average reduction of 81,97%. Third and fourth condition were almost equally efficient (80,08% and 79,68%), while the first and the fifth condition have significantly lower efficiency (70,79% and 63,41%).
- for the BOD parameter was at the third condition (with ventilation and recirculation  $Q/2$ ), with average reduction of 87,18%. Second and fourth condition were almost equally efficient (82,04% and 83,63%), while the first and the fifth condition have significantly lower efficiency ((66,95% and 66,56%).
- For the concentration of  $\text{NH}_3\text{-N}$  was the fourth condition (with ventilation and recirculation  $Q$ ), with average reduction of 83,13%. The third condition gives slightly lower reduction (79,62%), while quit lower reduction appears on the second condition. Significantly lower efficiency for the first and the last condition ( 45,03% and 53,80%).

The best output for column 2 (B) for each parameter that was examined :

- for the COD parameter was at the fourth condition (with ventilation and recirculation  $Q$ ), with average reduction of 61,13%. First and second condition were almost equally efficient (57,87% and 56,36%), while the third and the fifth condition have significantly lower efficiency (50,77% and 49,68%).
- for the BOD parameter was at the fourth condition (with ventilation and recirculation  $Q$ ), with average reduction of 56,53%. Third and fifth condition were almost equally efficient (54,70% and 55,02%). The second condition has quit lower reduction (49,73%), while the first has significantly lower efficiency (41,03%).
- For the concentration of  $\text{NH}_3\text{-N}$  the reduction is very low for all the conditions. The fourth condition (with ventilation and recirculation  $Q$ ), with average reduction of 32,67%. Almost equally low reduction we see f second and the fifth condition (32,53% and 32,48%). Significantly lower efficiency for the first and the third condition (24,82% and 26,77%).

The best results for both the materials used ,appeared on a different condition for each parameter. No significant improvement, though, was recorded after installing recirculation and after installing ecirculating rate of  $2,5*Q$  the efficiency dropped , to a lower level even than the first condition of operation. In general, the material of column 1 (A) was much more efficient.

# Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	2
Abstract	3
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>7</b>
1.1. Γενικά στοιχεία για τα υγρά απόβλητα	7
1.2. Στόχοι της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων	8
1.3. Στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος	8
1.3.1. Προεπεξεργασία	8
1.3.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία	9
1.3.3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία	9
1.3.4. Τριτοβάθμια επεξεργασία	9
1.3.5. Προχωρημένη επεξεργασία	10
<b>2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>12</b>
2.1. Κατηγορίες υγρών αποβλήτων	12
2.2. Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων	12
2.2.1. Φυσικά χαρακτηριστικά αποβλήτων	14
2.2.2. Χημικά χαρακτηριστικά	17
2.2.3. Βιολογικά χαρακτηριστικά	22
2.2.4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εξόδου, Νομοθετικό πλαίσιο	24
<b>3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ</b>	<b>25</b>
3.1. Βιοχημικές διεργασίες επεξεργασίας αποβλήτων	26
3.2. Βιοχημικοί αντιδραστήρες (ή βιολογικά φίλτρα)	27
3.2.1. Ταξινόμηση βιολογικών φίλτρων	28
3.2.2. Αντιδραστήρες αιωρούμενης βιομάζας	31
3.2.3. Αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας	32
3.2.4. Το βιοφίλμ	33
3.2.5. Το πληρωτικό υλικό	36
3.2.6. Επίδραση θερμοκρασίας	37
3.2.7. Απόδοση της μεθόδου προσκολλημένης βιομάζας	38
<b>4. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΛΙΝΗΣ, ΣΤΑΛΑΓΜΑΤΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ (ΧΑΛΙΚΟΛΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ)</b>	<b>39</b>
4.1. Αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας σταθερής κλίνης	39
4.2. Σταλαγματικό φίλτρο (trickling filter)	40
4.3. Βασικές αρχές λειτουργίας και σχεδιασμού σταλαγματικού φίλτρου	41
4.3.1. Ύψος φίλτρου	41
4.3.2. Τροφοδότηση και απομάκρυνση των λυμάτων	42
4.3.3. Αερισμός βιολογικού φίλτρου	43
4.3.4. Ανακυκλοφορία	44
<b>5. Εξεταζόμενα πληρωτικά υλικά και δεξαμενή τοποθέτησης</b>	<b>47</b>

5.1.	Πληρωτικά υλικά _____	47
5.2.	Δεξαμενή τοποθέτησης πληρωτικού υλικού _____	49
<b>6.</b>	<b>Πειραματική διαδικασία _____</b>	<b>51</b>
6.1.	Δειγματοληψία _____	51
6.2.	Διάταξη κυκλοφορίας και ανακυκλοφορίας, διάγραμμα ροής _____	52
6.3.	Σύστημα ομοιόμορφης κατανομής αποβλήτου _____	54
6.4.	Διάταξη αερισμού βιολογικού φίλτρου _____	55
6.5.	Διαδικασία μετρήσεων _____	55
6.5.1.	Μέτρηση BOD _____	56
6.5.2.	Μέτρηση COD _____	57
6.5.3.	Μέτρηση αμμωνιακών _____	58
6.5.4.	Μέτρηση στερεών TSS _____	59
6.5.5.	Μέτρηση νιτρικών ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), Φωσφορικών ( $\text{PO}_4$ ) και διαλυμένου οξυγόνου (DO) _____	59
<b>7.</b>	<b>Αποτελέσματα και συζήτηση _____</b>	<b>60</b>
7.1.	Αποτελέσματα πρώτης συνθήκης λειτουργίας, συνθήκη (1) παροχή $Q=1 \text{ L/h}$ , χωρίς αερισμό και χωρίς ανακυκλοφορία _____	61
7.2.	Αποτελέσματα δεύτερης συνθήκης λειτουργίας, συνθήκη (2) παροχή $Q=1 \text{ L/h}$ , με αερισμό, χωρίς ανακυκλοφορία _____	64
7.3.	Αποτελέσματα τρίτης συνθήκης λειτουργίας, συνθήκη (3) παροχή $Q=1 \text{ L/h}$ , με αερισμό και ανακυκλοφορία παροχής $Q/2$ _____	67
7.4.	Αποτελέσματα τέταρτης συνθήκης λειτουργίας, συνθήκη (4) παροχή $Q=1 \text{ L/h}$ , με αερισμό και ανακυκλοφορία παροχής $Q$ _____	70
7.5.	Αποτελέσματα πέμπτης συνθήκης λειτουργίας, συνθήκη (5), παροχή $Q=1 \text{ L/h}$ , με αερισμό και ανακυκλοφορία $2,5*Q$ . _____	73
7.6.	Αθροιστικά αποτελέσματα όλων των συνθηκών, σύγκριση και συζήτηση _____	76
7.6.1.	Αποτελέσματα COD _____	76
7.6.2.	Αποτελέσματα BOD _____	79
7.6.3.	Αποτελέσματα αμμωνιακών _____	81
7.6.4.	Απόδοση κάθε βιολογικού φίλτρου (κάθε πληρωτικού υλικού) στις διάφορες συνθήκες λειτουργίας και συζήτηση _____	83
7.6.5.	Σύγκριση των δύο υλικών πλήρωσης _____	85
<b>8.</b>	<b>Συμπεράσματα και Προτάσεις _____</b>	<b>87</b>
8.1.	Συμπεράσματα _____	87
8.2.	Προτάσεις _____	88
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ _____</b>	<b>90</b>
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ _____</b>	<b>92</b>

# **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

## **1.1. Γενικά στοιχεία για τα υγρά απόβλητα**

Τον τελευταίο αιώνα η ανθρωπότητα καλείται όλο και πιο έντονα να έρθει αντιμέτωπη με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκλήθηκαν από την από τη βίαιη επέμβασή της στο φυσικό περιβάλλον. Η αλλαγή του κλίματος από την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, η μείωση της βιοποικιλότητας αλλά και η συνεχής δηλητηρίαση του εδάφους, του νερού και του αέρα είναι μερικά μόνο από τα περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με την ρύπανση που προκαλεί ο άνθρωπος. Πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες συνοδεύονται από την παραγωγή αποβλήτων, η έκθεση σε πολλά από τα οποία μπορεί να είναι επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η επεξεργασία τους πριν από τη διάθεσή τους σε κάποιο αποδέκτη (αέρας, έδαφος, νερό). Τα παραγόμενα απόβλητα είναι ως προς την φύση τους αέρια, υγρά ή στερεά.

Υγρά απόβλητα είναι ύδατα, τα οποία μπορούν να προκύψουν είτε από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως τουαλέτα και απόνερα οικιακής χρήσης, είτε από βιομηχανικές δραστηριότητες. Η ποιοτική και ποσοτική σύσταση των υγρών αποβλήτων εξαρτάται από την πηγή προέλευσής τους.

Κάθε οικισμός-πόλη παράγει υγρά, στερεά και αέρια απόβλητα.. Ανάλογα με την πηγή προέλευσης, τα υγρά απόβλητα περιλαμβάνουν τις υγρές απορροές και τους ρύπους που αυτές φέρουν. Πηγές προέλευσης μπορεί να είναι κατοικίες, ιδρύματα, εμπορικά καταστήματα, εγκαταστάσεις αναψυχής, βιομηχανικές εγκαταστάσεις μαζί με τα υπόγεια, τα επιφανειακά και τα όμβρια ύδατα της κάθε περιοχής. Οι λόγοι που υγρά απόβλητα χρήζουν αρχικά απομάκρυνσης και έπειτα επεξεργασίας είναι πολλοί. Τα ανεπεξέργαστα απόβλητα αν συσσωρευτούν, υφίστανται σήψη και παραγωγή δύσσομων αερίων. Τα ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα περιέχουν πολυάριθμους παθογόνους μικροοργανισμούς, που προέρχονται από τον ανθρώπινο οργανισμό. Περιέχουν επίσης θρεπτικά συστατικά, τα οποία επιταχύνουν την ανάπτυξη διάφορων οργανισμών (κυρίως φυτών), έτσι αν αφεθούν μπορεί να προκαλέσουν ανισορροπία στα οικοσυστήματα (πχ ευτροφισμός). Πολύ σημαντικός παράγοντας είναι βέβαια και ο ραγδαία αυξανόμενος όγκος των υγρών αποβλήτων λόγω της συσσώρευσης των ανθρώπων σε μεγάλα αστικά κέντρα και την αυξημένη βιομηχανική δραστηριότητα, που καθιστά την αποτελεσματική επεξεργασία τους επιτακτική.

Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί και αναπτύσσονται ακόμα πολλές τεχνολογίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Με τον όρο επεξεργασία εννοούμε την απορρύπανση τους σε σημείο τέτοιο που να είναι δυνατή η διάθεσή τους σε κάποιο σημείο του περιβάλλοντος, χωρίς φυσικά να διαταράσσεται αυτό, τόσο μεσοπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζονται οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Υγρών Αστικών Αποβλήτων (ΕΕΥΑΑ), όπου οι ανεπτυγμένες αυτές τεχνολογίες εφαρμόζονται για τον διαχωρισμό των επιβλαβών συστατικών που περιέχονται στα απόβλητα. Τα συστατικά αυτά είναι η άμμος, διάφορων μεγεθών αιωρούμενα στερεά, οργανικά συστατικά (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη), παθογόνοι μικροοργανισμοί και διάφορα θρεπτικά στοιχεία (άζωτο, φώσφορος κλπ). Σκοπός τελικά είναι η απόρριψη ή η επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου υγρού, απόρριψη



σε φυσικό αποδέκτη και επαναχρησιμοποίηση κυρίως για άρδευση. Για το λόγο αυτό είναι σημαντική η γνώση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων και ο σωστός προσδιορισμός των χαρακτηριστικών που πρέπει να έχουν τα επεξεργασμένα απόβλητα μετά την επεξεργασία, ανάλογα και με το ποια θα είναι η κατάληξή τους. (METCALF & EDDY 2003, Τσώνης 2004).

## **1.2. Στόχοι της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων**

Η βασική επιδίωξη της επεξεργασίας λυμάτων αστικού τύπου είναι η απομάκρυνση του οργανικού άνθρακα (ο οποίος βρίσκεται σε σωματιδιακή και διαλυτή μορφή) και η οξείδωση του αμμωνιακού αζώτου προς νιτρικό άζωτο. Συνήθως αρχικά αφαιρείται ένα μεγάλο μέρος των αιωρούμενων σωματιδίων με την μέθοδο της καθίζησης. Η Πρωτοβάθμια επεξεργασία αφαιρεί περίπου το 60 % των αιωρούμενων στερεών από τα λύματα. Η Δευτεροβάθμια επεξεργασία συνίσταται στην οξείδωση του οργανικού άνθρακα και της αμμωνίας παρουσία οξυγόνου.

Η επεξεργασία λυμάτων είναι απαραίτητη γιατί προστατεύει το περιβάλλον από τις αρνητικές επιπτώσεις των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων. Η συλλογή και επεξεργασία των λυμάτων παίζει ζωτικό ρόλο στην προστασία της δημόσιας υγείας, των υδατικών πόρων και την άγρια ζωή. Ένα σύστημα αποχέτευσης πρέπει να υπάρχει σε όλες τις αστικές περιοχές που υπερβαίνουν ένα συγκεκριμένο αριθμό κατοίκων και η συλλογή των λυμάτων πρέπει να υπόκειται τουλάχιστον σε δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία πριν την απόρριψή τους στο περιβάλλον.

Σε περιπτώσεις «ευαίσθητων» περιοχών, απαιτείται επιπλέον επεξεργασία πριν από την απόρριψη. Ένας τύπος ευαίσθητης περιοχής είναι αυτές με «ευτροφισμό», όπου θρεπτικά συστατικά, κυρίως άζωτο και φωσφόρος, διεγείρουν την ανάπτυξη των φυκιών και άλλων φυτών, καταστρέφοντας το φυσικό περιβάλλον. Στις περιοχές αυτές, μεγαλύτερες απορρίψεις λυμάτων πρέπει να αντιμετωπίζονται με τη μείωση του φορτίου των θρεπτικών συστατικών τους (Τσώνης, 2004).

## **1.3. Στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος**

Οι μέθοδοι επεξεργασίας όπου κυριαρχούν οι φυσικές δυνάμεις είναι γνωστές ως φυσικές διεργασίες. Οι μέθοδοι επεξεργασίας κατά τις οποίες η απομάκρυνση των ρυπογόνων ουσιών επιτυγχάνεται με χημικές και βιολογικές αντιδράσεις είναι γνωστές ως χημικές και βιολογικές διεργασίες. Σήμερα οι φυσικές διεργασίες και οι χημικές - βιολογικές διεργασίες ομαδοποιούνται σε στάδια ώστε να παρέχουν διάφορους βαθμούς επεξεργασίας

Η πλειοψηφία των ΕΕΑΑ περιλαμβάνουν τα εξής στάδια επεξεργασίας των λυμάτων:

### **1.3.1. Προεπεξεργασία**

Κατά την προεπεξεργασία απομακρύνονται υλικά όπως πανιά, χαλίκια, άμμος, μικρά τεμάχια ξύλου και πλαστικού, λάδια, λίπη κ.λ.π. τα οποία συνήθως προκαλούν ζημιές στο μηχανολογικό εξοπλισμό και προβλήματα στη συντήρηση και τη λειτουργία της ΕΕΥΑΑ. Η εγκατάσταση της προεπεξεργασίας περιλαμβάνει εσχάρες (σειρά μεταλλικών ράβδων όπου συγκρατούνται τα ογκώδη στερεά), εξαμμητές-

λυποσυλλογή (δεξαμενές όπου η περιεχόμενη άμμος καθιζάνει και τα λίπη απομακρύνονται με ειδικούς υπερχειλιστές).

### **1.3.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία**

Κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία απομακρύνεται ένα μέρος των αιωρούμενων στερεών και ένα μέρος των οργανικών ουσιών. Αυτό επιτυγχάνεται με το φυσικό φαινόμενο της καθίζησης (δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης, όπου τα στερεά καθιζάνουν και συνήθως επιτυγχάνεται απομάκρυνση έως 70% αιωρούμενων στερεών και έως 30% οργανικών συστατικών). Τα παραπροϊόντα της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι πρωτογενή λάσπη η οποία πρέπει να παχυνθεί, να σταθεροποιηθεί και να αξιοποιηθεί ενεργειακά με διεργασίες αναερόβιας ή αερόβιας χώνευσης (βιοαέριο) και τελικά να αξιοποιηθεί (κομποστοποίηση) ή διατεθεί, αν δεν είναι τοξική, σε χώρους υγειονομικής ταφής.

### **1.3.3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία**

Κατά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία (βιολογική επεξεργασία) απομακρύνονται, σε ποσοστά που κυμαίνονται γύρω στο 90%, οι οργανικές ουσίες και τα αιωρούμενα στερεά με τη χρήση βιολογικών και χημικών διεργασιών. Ο βιολογικός καθαρισμός στηρίζεται στην πραγματοποίηση βιοχημικών διεργασιών που γίνονται στη φύση, με φυσικό τρόπο σε κατάλληλες για το σκοπό αυτό δεξαμενές (δεξαμενές αερισμού). Δημιουργούνται οι ιδανικές συνθήκες (παροχή οξυγόνου τεχνητά και ύπαρξη οργανικών συστατικών για τροφή) για τον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών, το μίγμα μικροοργανισμών-τροφής αποτελεί την ενεργό ίλυ. Η ίλυ καθιζάνει στη συνέχεια στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, (δευτερογενής λάσπη) η οποία αφού παχυνθεί (από 1% σε 5% αιωρούμενα στερεά) οδηγείται είτε σε μονάδες αερόβιας σταθεροποίησης είτε σε μονάδες αναερόβιας σταθεροποίησης και ενεργειακής αξιοποίησης και αφού αφυδατωθεί με τεχνικές διήθησης (κλίνες ξήρανσης, φιλτράρες, ταινιοφιλτράρες) ή φυγοκέντρισης οδηγείται, εφόσον δεν είναι τοξική, σε μονάδες κομποστοποίησης ή θάβεται με υγειονομικό τρόπο με τα αστικά απορρίμματα. Συνήθως η πρωτογενής και η δευτερογενής λάσπη να επεξεργάζονται μαζί.

### **1.3.4. Τριτοβάθμια επεξεργασία**

Κατά την τριτοβάθμια επεξεργασία τα υγρά απόβλητα υφίστανται τη διεργασία της απολύμανσης (συνήθως με χλωρίωση σε επιμήκεις δεξαμενές). Επίσης απομακρύνονται οι εναπομείνουσες από την δευτεροβάθμια επεξεργασία αιωρούμενες ουσίες. Το επεξεργασμένο απόβλητο μπορεί να διατεθεί σε υδάτινο αποδέκτη μετά την τριτοβάθμια επεξεργασία, εφόσον αυτός δεν κριθεί ευαίσθητος. Σε αντίθετη περίπτωση απαιτείται επιπλέον επεξεργασία (απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου). Συνήθως χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι:

- Προσθήκη κροκιδωτικών-συσσωμάτωση κροκίδωση
- Διύλιση-φιλτράρισμα
- Απολύμανση
- Απομάκρυνση φωσφόρου και αζώτου

Οργανικό άζωτο και φώσφορος, είναι δύο ουσίες ικανές να δημιουργήσουν φαινόμενα ευτροφισμού σε υδάτινους φορείς, αποδέκτες υγρών αποβλήτων. Για την απομάκρυνση του αζώτου χρησιμοποιείται η μέθοδος της βιολογικής νιτροποίησης και απονιτροποίησης του αποβλήτου. Για να υπάρχει η δυνατότητα απονιτροποίησης είναι απαραίτητο να υπάρχουν κατάλληλες συγκεντρώσεις βιοαποδομήσιμου οργανικού άνθρακα στο απόβλητο. Η απομάκρυνση του φωσφόρου βασίζεται στη βιολογική ενσωμάτωση του στη βιομάζα που αναπτύσσεται κατά τη βιολογική οξείδωση του BOD αλλά και στη χημική κατακρήμνιση του με τη χρήση ασβεστίου ή τρισθενούς σιδήρου. Επίσης ένα μέρος του οργανικού αζώτου ενσωματώνεται στη βιομάζα που παράγεται κατά τη βιολογική οξείδωση.

την απολύμανση των αποβλήτων καταστρέφονται ή αδρανοποιούνται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που αποτελούν κίνδυνο για την δημόσια υγεία, με τις εξής μεθόδους :

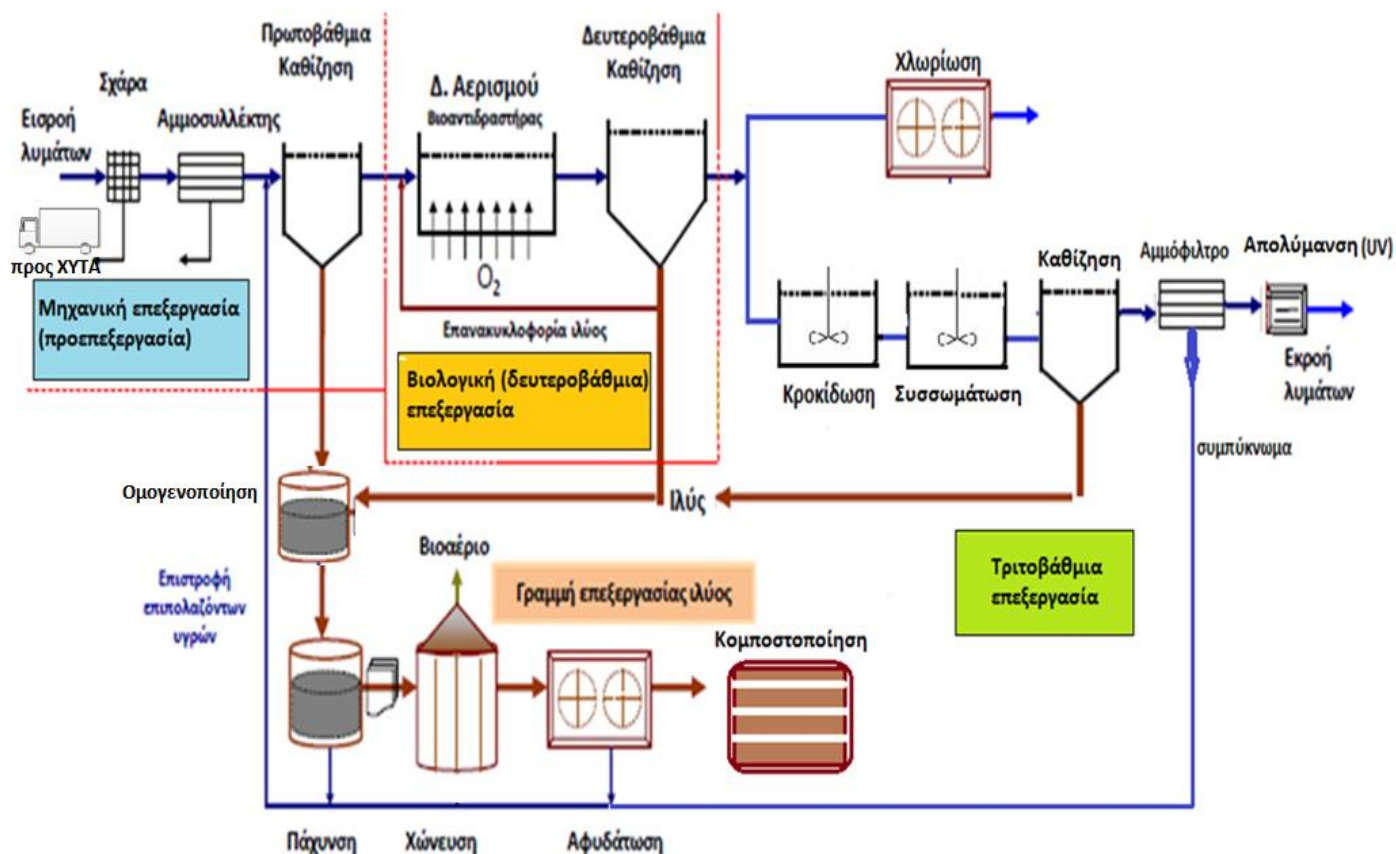
- Χλωρίωση ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{ClO}_2$ ,  $\text{NaOCl}$ ,  $\text{NaOCl}_2$ )
- Οζόνωση ( $\text{O}_3$ )
- Έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία (UV)

### **1.3.5. Προχωρημένη επεξεργασία**

Για την απομάκρυνση των αιωρούμενων αλλά και των διαλυμένων ουσιών που παραμένουν στα απόβλητα μετά τη συνηθισμένη βιολογική επεξεργασία, όταν αυτή απαιτείται σε διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού. Η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται με συνδυασμό φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών και συνήθως περιλαμβάνει διήθηση, χρήση μεμβρανών, αντίστροφη ώσμωση, προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα, ιοντοεναλλαγή κ.ά.

Η πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια λάσπη που απομακρύνεται, υφίσταται συμπύκνωση, σταθεροποίηση και αφυδάτωση-ξήρανση (γραμμή επεξεργασίας ιλύος).

Ένα διάγραμμα ροής μιας τυπικής εγκατάστασης επεξεργασίας αστικών αποβλήτων ενεργού ιλύος δίνεται στην εικόνα 1.3.5.1 με τα διάφορα στάδια επεξεργασίας των λυμάτων (Metcalf & Eddy, 2003).



Εικόνα 1.3.5.1. : διάγραμμα ροής ΕΕΥΑΑ ενεργού ιλός, με όλα τα στάδια επεξεργασίας λυμάτων

## **2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

### **2.1. Κατηγορίες υγρών αποβλήτων**

- Υγρά Αστικά Απόβλητα (ΥΑΑ) :

Ορίζονται τα υγρά απόβλητα που προέρχονται κυρίως από χώρους υγιεινής, κουζί-νες, πλυντήρια και γενικά από διαδικασίες καθαριότητας κατοικιών, γραφείων, κα-ταστημάτων. Μπορεί να περιέχουν και υγρά απόβλητα από ιδρύματα, όπως Νοσο-κομεία, Σχολεία, Υπηρεσίες, Ξενοδοχεία και κατά περίπτωση κάποιες βιομηχανικές απορροές, που όμως αποτελούν ένα μικρό ποσοστό και δεν χαρακτηρίζουν την ποιότητά τους.

- Υγρά βιομηχανικά απόβλητα (ΥΒΑ):

Είναι τα απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιού-νται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν εί-ναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα. Είναι δηλαδή τα υγρά απόβλητα των βιομηχα-νικών ή βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλών που χρησιμοποιούνται. Δεν συμπεριλαμβάνονται τα λύματα του προσωπικού τα οποία κατατάσσονται στα αστικά λύματα.

Τα οικιακά απόβλητα προέρχονται κατά κύριο λόγο από τη χρήση νερού ύδρευσης και η ημερήσια παροχή τους είναι δυνατό να βασισθεί στις μετρήσεις της κατανά-λωσης του νερού. Περίπου 80 με 90% της οικιακή κατανάλωσης του νερού απορρέ-ει στην αποχέτευση. Το υπόλοιπο καταναλώνεται στη μαγειρική, την πόση, το πότι-σμα κήπων, ενώ μια ποσότητα εξατμίζεται. Η ποσότητα των παραγόμενων οικιακών υγρών αποβλήτων ανά άτομο ποικίλει από χώρα σε χώρα και από περιοχή σε περι-οχή της ίδιας χώρας. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στο βιοτικό επίπεδο κάθε περιοχής, που συχνά συνδέεται με την πληθυσμιακή πυκνότητα. Για το σχεδιασμό μιας μονάδας επεξεργασίας γίνεται η υπόθεση ότι η παραγόμενη ανά κάτοικο πο-σότητα λυμάτων είναι 200 λίτρα ανά ημέρα. Η προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας καθιστά απαραίτητη τη γνώση και μελέτη των χαρακτηριστι-κών των υγρών αποβλήτων (Λυμπεράτος και Βαγενάς, 2012).

### **2.2. Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων**

Στον επόμενο πίνακα παραθέτονται εν συντομία τα φυσικά, χημικά και βιολογικά συστατικά των αποβλήτων, για τους ρύπους που μας απασχολούν ιδιαίτερα στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Τα υγρά απόβλητα χαρακτηρίζονται με όρους της φυσικής, χημικής και βιολογικής τους σύστασης. Οι βασικές φυσικές ιδιότητες και τα χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων και οι πηγές τους αναφέρονται στον Πίνακα 2.2.1 και η τυπική σύσταση των ανεπεξέργαστων αποβλήτων στον πίνακα 2.2.2.

**Πίνακας 2.2.1. : φυσικά ,χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων (Metcalf & Eddy, 2007)**

<b>Χαρακτηριστικά</b>	<b>Πηγές</b>
<p>Φυσικές ιδιότητες:</p> <p>Χρώμα</p> <p>Οσμή</p> <p>Στερεά</p> <p>Θερμοκρασία</p> <p>Χημικά συστατικά:</p> <p>Οργανικά:</p> <p>Υδρογονάνθρακες</p> <p>Λίπη και έλαια</p> <p>Φυτοφάρμακα</p> <p>Φαινόλες</p> <p>Πρωτεΐνες</p> <p>Επιφανειοδραστικές ενώσεις</p>	<p>Οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα, φυσική αποσύνθεση οργανικής ύλης</p> <p>Αποσυντιθέμενο υγρό απόβλητο, βιομηχανικά απόβλητα</p> <p>Τροφοδοσία οικιακού νερού, οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα, διάβρωση χώματος, διήθηση/εισροή</p> <p>Οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα</p> <p>Οικιακά, εμπορικά και βιομηχανικά απόβλητα</p> <p>Οικιακά, εμπορικά και βιομηχανικά απόβλητα</p> <p>Αγροτικά απόβλητα</p> <p>Βιομηχανικά απόβλητα</p> <p>Οικιακά, εμπορικά και βιομηχανικά απόβλητα</p> <p>Οικιακά, εμπορικά και βιομηχανικά απόβλητα</p>
<p>Πτητικά οργανικά συστατικά</p> <p>Άλλα</p> <p>Ανόργανα:</p> <p>Αλκαλικότητα</p> <p>Χλωρίδια</p> <p>Βαρέα μέταλλα</p> <p>Άζωτο</p> <p>pH</p> <p>Φωσφόρος</p> <p>Θείο</p> <p>Αέρια:</p> <p>Υδροθείο</p> <p>Μεθάνιο</p> <p>Οξυγόνο</p> <p>Βιολογικά συστατικά:</p> <p>Ζώα</p> <p>Φυτά</p> <p>Πρώτιστα:</p> <p>Ευβακτήρια</p> <p>Αρχαιοβακτήρια</p> <p>Ιοί</p>	<p>Οικιακά, εμπορικά και βιομηχανικά απόβλητα</p> <p>Φυσική αποσύνθεση οργανικής ύλης</p> <p>Οικιακά απόβλητα, τροφοδοσία οικιακού νερού, διήθηση υπόγειου νερού</p> <p>Οικιακά απόβλητα, τροφοδοσία οικιακού νερού, διήθηση υπόγειου νερού</p> <p>Βιομηχανικά απόβλητα</p> <p>Οικιακά και αγροτικά απόβλητα</p> <p>Οικιακά, εμπορικά και βιομηχανικά απόβλητα</p> <p>Οικιακά, εμπορικά και βιομηχανικά απόβλητα, φυσική απορροή</p> <p>Τροφοδοσία οικιακού νερού, οικιακά, εμπορικά και βιομηχανικά απόβλητα</p> <p>Αποσύνθεση οικιακών αποβλήτων</p> <p>Αποσύνθεση οικιακών αποβλήτων</p> <p>Τροφοδοσία οικιακού νερού, διήθηση επιφανειακού νερού</p> <p>Ανοιχτές πηγές νερού και μονάδες επεξεργασίας</p> <p>Ανοιχτές πηγές νερού και μονάδες επεξεργασίας</p> <p>Οικιακά απόβλητα, διήθηση επιφανειακού νερού, μονάδες επεξεργασίας</p> <p>Οικιακά απόβλητα, διήθηση επιφανειακού νερού, μονάδες επεξεργασίας</p> <p>Οικιακά απόβλητα</p>

### **2.2.1. Φυσικά χαρακτηριστικά αποβλήτων.**

- **Στερεά :**

Βασική παράμετρος για τον χαρακτηρισμό των αποβλήτων είναι τα ολικά στερεά (total solids-TS). Ορίζονται ως η ύλη που απομένει μετά από εξάτμιση στους 103-105 °C. Τα ολικά στερεά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες :

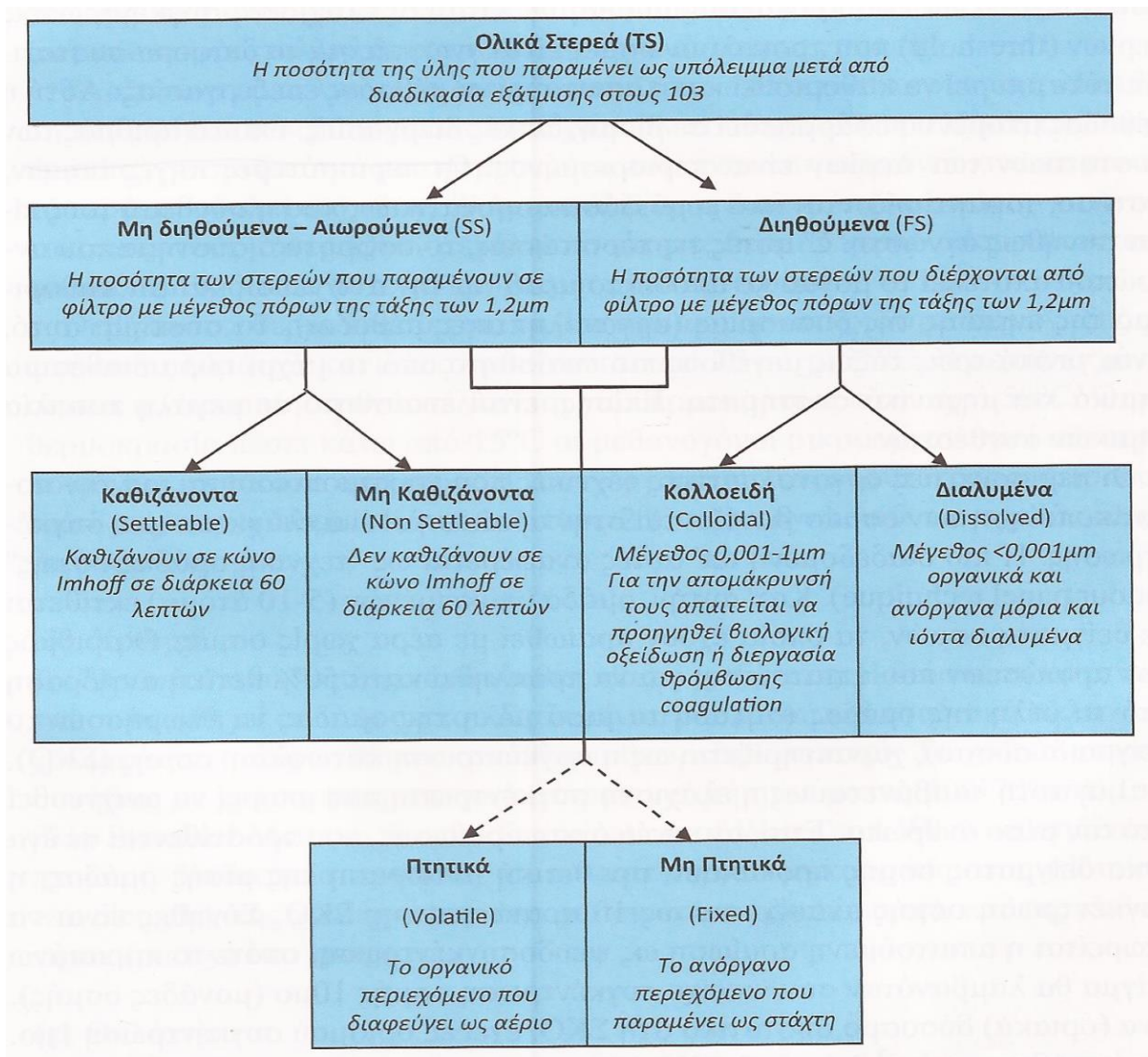
- 1) Αιωρούμενα στερεά (suspended solids – SS) μεγέθους >1μm .Τα αιωρούμενα στερεά διαχωρίζονται από τα διηθούμενα στερεά με κατάλληλα φίλτρα. Τα αιωρούμενα περιλαμβάνουν τα καθιζάνοντα στερεά και τα μη καθιζάνοντα στερεά. Τα καθιζάνοντα στερεά ορίζονται ως η ύλη που καθιζάνει σε κώνο Imhoff σε μία ώρα (εικόνα 2.2.1.1).
- 2) Διηθούμενα στερεά (filterable solids – FS) μεγέθους <1μm , διακρίνονται σε κολιδηρά στερεά (μέγεθος από 0,001 μm έως 1μm ,διαχωρίζονται με βιολογική οξείδωση ή κροκίδωση και καθίζηση) και διαλυμένα στερεά (οργανικά και ανόργανα).



**Εικόνα 2.2.1.1. : κώνοι IMHOFF (analytika.gr)**

Κάθε κατηγορία στερεών μπορεί να χωριστεί επιπλέον ,ανάλογα με την πτητικότητα , σε πτητικά αιωρούμενα στερεά (volatile suspended solids – VSS) και μη πτητικά στερεά (non volatile suspended solids – NVSS). Τα πτητικά αιωρούμενα στερεά είναι το οργανικό μέρος που απομακρύνεται με καύση στους 550°C για 15 λεπτά , ενώ τα μη πτητικά είναι τα ανόργανα που παραμένουν ως στάχτη. Όλες οι κατηγορίες φαίνονται στην εικόνα 2.2.1.1.





**Εικόνα 2.2.1.2 : κατηγοριοποίηση ολικών στερεών (Λυμπεράτος, 2012)**

- **Οσμές :**

Οι οσμές στα οικιακά απόβλητα συνήθως δημιουργούνται από αέρια που παράγονται κατά την αποσύνθεση της οργανικής ύλης ή από άλλα συστατικά που προστίθενται στα υγρά απόβλητα. Το φρέσκο απόβλητο έχει μια διακριτική μυρωδιά, κάπως δυσάρεστη, που είναι λιγότερο ενοχλητική απ' ό,τι η μυρωδιά αποβλήτου που έχει υποστεί αναερόβια επεξεργασία. Η πιο χαρακτηριστική μυρωδιά του εξασθενημένου ή σηπτικού αποβλήτου είναι αυτή του υδρόθειου, που παράγεται από αναερόβιους μικροοργανισμούς που ανάγουν τα θειικά σε σουλφίδια. Οι οσμές είναι το πρώτο θέμα που απασχολεί την κοινή γνώμη κατά την υλοποίηση μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Οι μεγαλύτερες κατηγορίες ιδιαίτερα έντονων οσμών και των χημικών ενώσεων που συνδέονται με αυτές περιγράφονται στην εικόνα 2.2.1.3. (Χουρδάκης, 2007).



ΟΣΜΗΡΗ ΟΥΣΙΑ	ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΟΣΜΗ
ΑΜΙΝΕΣ	$\text{CH}_3\text{NH}_2$ , $(\text{CH}_3)_3\text{H}$	ΨΑΡΙΛΑ
ΑΜΜΩΝΙΑ	$\text{NH}_3$	ΑΜΜΩΝΙΑ
ΔΙΑΜΙΝΕΣ	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$ , $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$	
ΥΔΡΟΘΕΙΟ	$\text{H}_2\text{S}$	ΚΛΟΥΒΙΑ ΑΒΓΑ
ΜΕΡΚΑΠΤΑΝΕΣ	$\text{CH}_3\text{SH}$ , $\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{SH}$ $(\text{CH}_3)_3\text{CSH}$ , $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{SH}$	
ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΟΥΛΦΙΔΙΑ	$(\text{CH}_3)_2\text{S}$ , $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{S}$	
ΣΚΑΤΟΛΗ	$\text{C}_9\text{H}_9\text{N}$	ΑΚΑΘΑΡΣΙΑ

**Εικόνα 2.2.1.3. Ουσίες που προκαλούν οσμές στα λύματα, (Χουρδάκης, 2007)**

- Θερμοκρασία :

Η θερμοκρασία των υγρών αποβλήτων είναι συνήθως μεγαλύτερη απ' ότι του νερού τροφοδοσίας λόγω της προσθήκης ζεστού νερού από τα σπίτια και τις βιομηχανικές δραστηριότητες. Καθώς η ειδική θερμότητα του νερού είναι πολύ μεγαλύτερη από του αέρα, οι θερμοκρασίες των υγρών αποβλήτων είναι υψηλότερες από τις τοπικές θερμοκρασίες του αέρα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους, ενώ γίνονται μικρότερες μόνο κατά τους ζεστούς καλοκαιρινούς μήνες. Ανάλογα με τη γεωγραφική θέση, η μέση ετήσια θερμοκρασία των αποβλήτων κυμαίνεται από 10 μέχρι 21.1 °C, με αντιπροσωπευτική τιμή τους 15.6 °C. Η θερμοκρασία του νερού είναι πολύ σημαντική παράμετρος λόγω της επίδρασής του στις χημικές αντιδράσεις και στους ρυθμούς των αντιδράσεων, στην υδατική ζωή και στην καταλληλότητα του νερού για διάφορες χρήσεις. Το οξυγόνο είναι λιγότερο διαλυτό στο ζεστό απ' ότι στο κρύο νερό. Η αύξηση του ρυθμού των βιοχημικών αντιδράσεων που προκαλεί η αύξηση της θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με την μειωμένη συγκέντρωση οξυγόνου στα επιφανειακά νερά, προκαλεί συχνά προβλήματα έλλειψης διαλυμένου οξυγόνου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Όταν μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού απορρίπτονται σε φυσικούς αποδέκτες τότε το πρόβλημα αυτό εντείνεται. Οι βέλτιστες θερμοκρασίες για τη βακτηριακή δραστηριότητα κυμαίνονται από 25 με 35 °C. Η αερόβια χώνευση και η νιτροποίηση σταματούν για θερμοκρασίες πάνω από 50 °C

- Πυκνότητα :

Πυκνότητα του υγρού αποβλήτου  $\rho_w$ , ορίζεται η μάζα ανά μονάδα όγκου εκφρασμένη σε kg/m<sup>3</sup>. Η πυκνότητα είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του αποβλήτου λόγω της δυναμικής για σχηματισμό ιζημάτων στις δεξαμενές καθίζησης και σε άλλες μονάδες επεξεργασίας. Η πυκνότητα των οικιακών αποβλήτων που δεν περιέχουν σημαντικές ποσότητες βιομηχανικών αποβλήτων, είναι ουσιαστικά η ίδια με του νερού για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία. Σε μερικές περιπτώσεις το ειδικό βάρος του αποβλήτου  $s_w = \rho_w / \rho_o$ , χρησιμοποιείται αντί για την πυκνότητα. Τόσο η πυκνότητα όσο και το ειδικό βάρος του αποβλήτου εξαρτώνται από τη θερμοκρασία και μεταβάλλονται με τη συγκέντρωση των ολικών στερεών του αποβλήτου.

- Χρώμα :

Το φρέσκο απόβλητο είναι συνήθως φαιού χρώματος. Η διάσπαση οργανικών ενώσεων οδηγεί σε μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και σταδιακή αλλαγή του χρώματος σε μαύρο, όταν και το απόβλητο πλέον θεωρείται σηπτικό. Το χρώμα μετράται με χρήση φασματοφωτόμετρο για μήκη κύματος 400-700 nm. Στις περισσότερες

περιπτώσεις το γκρι, σκούρο γκρι και μαύρο χρώμα των αποβλήτων οφείλεται στο σχηματισμό μεταλλικών σουλφιδίων, τα οποία σχηματίζονται καθώς τα σουλφίδια που παράγονται υπό αναερόβιες συνθήκες αντιδρούν με τα μέταλλα των αποβλήτων.

- Θολότητα :

Είναι ένα μέτρο διελυσιμότητας του φωτός στο νερό, που χρησιμοποιείται για να υποδείξει την ποιότητα του νερού που απορρίπτεται στα φυσικά νερά σε σχέση με τα κολλοειδή και τα υπολειπόμενα αιωρούμενα σωματίδια. Τα κολλοειδή σωματίδια διασκορπίζουν ή απορροφούν το φως και έτσι εμποδίζουν τη μετάδοσή του. Γενικά, δεν υπάρχει σχέση μεταξύ της θολότητας και της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών στα ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα. Υπάρχει όμως σχέση μεταξύ της θολότητας και των αιωρούμενων σωματιδίων από την έξοδο της δευτεροβάθμιας καθίζησης από τις διεργασίες δραστικής λάσπης. Πολλές από τις παραπάνω ενώσεις μπορεί να αποτελούν κίνδυνο για το περιβάλλον. Για την παρακολούθηση των αποβλήτων χρησιμοποιούνται συγκεντρωτικές παράμετροι, οι σημαντικότερες εκ των οποίων είναι το BOD και το COD και οι ενώσεις αζώτου (νιτρικά), τα στερεά και ο φώσφορος (Metcalf & Eddy, 2003).

### **2.2.2. Χημικά χαρακτηριστικά**

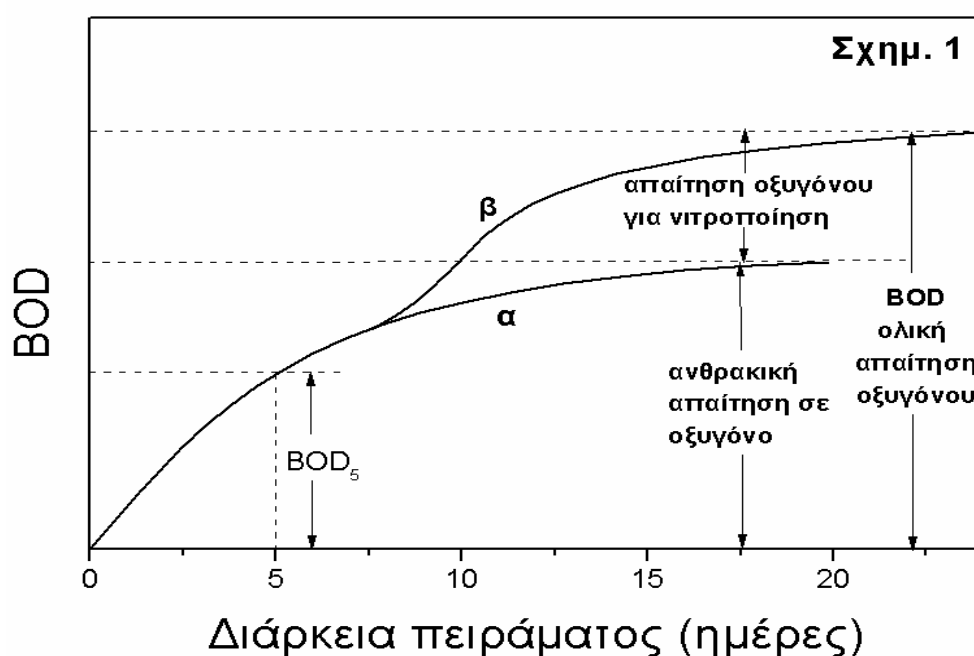
Σε ένα υγρό αστικό απόβλητο μέσης ισχύος, περίπου το 75% των αιωρούμενων στερεών και το 40% των διηθητών στερεών είναι οργανική ύλη. Οι βασικές ομάδες οργανικών ενώσεων που απαντώνται στα υγρά απόβλητα είναι πρωτεΐνες (40-60%), υδρογονάνθρακες (24-50%) και λίπη και έλαια (10%). Η ουρία, το βασικό συστατικό των ούρων, είναι μια άλλη σημαντική οργανική ένωση που απαντάται στα υγρά απόβλητα. Μαζί με τις απλές οργανικές ενώσεις που προαναφέρθηκαν, στα υγρά απόβλητα υπάρχει και ένας μεγάλος αριθμός σύνθετων οργανικών μορίων από πολύ απλά έως πολύ σύνθετα στην δομή τους. Τυπικά παραδείγματα οι οργανικοί ρύποι υψηλής προτεραιότητας, πτητικές οργανικές ενώσεις και φυτοφάρμακα. Επιπλέον, ο αριθμός των νέων ενώσεων που συντίθενται κάθε χρόνο αυξάνει σημαντικά. Η παρουσία αυτών των ενώσεων στα υγρά απόβλητα δυσχεραίνει ιδιαίτερα την επεξεργασία τους γιατί οι πιο πολλές από αυτές τις ενώσεις ή αποδομούνται πολύ αργά ή δεν αποδομούνται καθόλου. Οι εργαστηριακές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της οργανικής ύλης περιλαμβάνουν την μέτρηση του BOD(βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο), COD (χημικά απαιτούμενο οξυγόνο), TOC (ολικό οργανικό άνθρακα), TOD (ολικά απαιτούμενο οξυγόνο).

- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD:

Είναι η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς για την πλήρη βιοχημική οξείδωση των περιεχόμενων οργανικών ουσιών στα υγρά απόβλητα. Η ταχύτητα της βιολογικής αυτής οξείδωσης εξαρτάται από το είδος της οργανικής ύλης που περιέχεται στο προς εξέταση δείγμα και τη θερμοκρασία. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO) στα λύματα (mg/l) συσχετίζεται άμεσα με το οργανικό τους φορτίο καθώς τα συστατικά που περιέχουν καταναλώνουν οξυγόνο για να σταθεροποιηθούν ενώ παράλληλα απαιτείται και για την πραγματοποίηση κάθε αερόβιας δράσης. Το BOD αποτελεί σημαντικό περιβαλλο-

ντικό δείκτη και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του επιπέδου ρύπανσης των αποδεκτών αλλά και του οργανικού ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων. Όσο μεγαλύτερο είναι το BOD τόσο επιβαρημένο είναι το απόβλητο και τόσο μεγαλύτερο πρόβλημα θα δημιουργήσει η απόρριψή του στο περιβάλλον χωρίς να προηγηθεί κατάλληλη επεξεργασία του.

Υπάρχουν οργανικές ουσίες που οξειδώνονται ή αποδομούνται βιολογικά σχετικά εύκολα αλλά υπάρχουν και αυτές που δεν οξειδώνονται βιολογικά. Τα αστικά λύματα περιέχουν πλήθος οργανικών ουσιών, κυριαρχούν όμως οι ανθρακούχες ενώσεις, όπως οι υδατάνθρακες, τα λίπη κ.λ.π., οι αζωτούχες ενώσεις όπως η ουρία, οι πρωτεΐνες, τα αμινοξέα κ.λ.π. και οι θειούχες ενώσεις. Οι περισσότερες απ' αυτές τις ουσίες κατά την βιολογική οξείδωση διασπώνται σε άλλες απλούστερες και δίνουν ανάλογα προϊόντα όπως διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) και νερό ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (διάγραμμα 2.2.2.1.). Οι οξειδωτικές αυτές αντιδράσεις είναι συνυφασμένες με υψηλή κατανάλωση οξυγόνου, η οποία λαμβάνεται σαν μέτρο της οργανικής ρύπανσης των νερών.



**Διάγραμμα 2.2.2.1. : στάδια αποδόμησης ανθρακούχων-αζωτούχων, BOD-ημέρες (Metcalf & Eddy, 2003)**

Όπως προκύπτει και από το διάγραμμα 2.2.2.1, η ολοκλήρωση της μέτρησης απαιτεί πολύ χρόνο. Για θερμοκρασία  $20^\circ\text{C}$  απαιτούνται περίπου 20 ημέρες για να ικανοποιηθούν τα 95-99 % του ολικού BOD. Για το λόγο αυτό η κατανάλωση του οξυγόνου καθορίζεται με βάση τον προσδιορισμό του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου σε πέντε (5) ημέρες ( $\text{BOD}_5$ ). Από την καμπύλη α του σχήματος φαίνεται ότι το BOD των 5 ημερών είναι περίπου το 70-80% του ολικού BOD που οφείλεται στην αποικοδόμηση του οργανικού άνθρακα. Η αναλογία αυτή ισχύει για μεγάλο αριθμό αποβλήτων και αυτός είναι ο λόγος που το BOD προσδιορίζεται σε διάρκεια πειράματος 5 ημερών ( $\text{BOD}_5$ ). Είναι προφανές ότι η ταχύτητα αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών είναι διαφορετική στις διάφορες θερμοκρασίες. Σε υψηλές θερμοκρασίες η αποικοδόμηση πραγματοποιείται ταχύτερα. (Βλυσίδης, 2007).

- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνου ,COD:

Με τον όρο COD (Chemical Oxygen Demand) εννοούμε την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O. Η οξείδωση αφορά το σύνολο των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε ένα δείγμα και μπορούν να οξειδωθούν με ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο.

Η μέτρηση του COD χρησιμοποιείται πολλές φορές αντί της μέτρησης του BOD ή συμπληρωματικά. Η ταχύτητα της μέτρησης είναι το μεγάλο πλεονέκτημά της αφού ολοκληρώνεται σε 2-3 ώρες, σε αντίθεση με τη μέτρηση του BOD<sub>5</sub>, η οποία διαρκεί 5 ημέρες. Το μειονέκτημα όμως είναι ότι με το COD μετράται όχι μόνο η βιοαποδομήσιμη αλλά και η μη βιοαποδομήσιμη οργανική ύλη. Συνεπώς, η μέτρηση του COD είναι κατά κάποιο τρόπο λιγότερο αντιπροσωπευτική από τη μέτρηση του BOD<sub>5</sub> όταν πρόκειται για προσδιορισμό του βιοδιασπάσιμου οργανικού φορτίου που υπάρχει στα τυπικά αστικά λύματα.

- Ενώσεις αζώτου:

Το άζωτο θεωρείται απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, των φυτών και των ζώων ως θρεπτικό συστατικό. Επειδή το άζωτο είναι βασικό συστατικό στη σύνθεση των πρωτεϊνών, είναι απαραίτητη η συλλογή δεδομένων που αφορούν τις συγκεντρώσεις αζώτου, για την αξιολόγηση των βιολογικών διεργασιών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Οι κυριότερες πηγές του αζώτου είναι:

- I. Αζωτούχα συστατικά των φυτών και των ζώων
- II. Νιτρικό νάτριο
- III. Ατμοσφαιρικό άζωτο

Το άζωτο περιέχεται στα αστικά απόβλητα στις παρακάτω μορφές (πίνακας 2.2.2.2.) :

- I. Οργανικό άζωτο (πρωτεΐνες, ουρία, αμινοξέα )
- II. Αμμωνιακό άζωτο (αμμωνιακά ή αμμωνία)

**Πίνακας 2.2.2.1. : οι διάφορες μορφές του αζώτου (Νταρακάς, 2010)**

Μορφή αζώτου	Σύντμηση	Προσδιορισμός
Αέρια αμμωνία	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>
Αμμώνιο	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Ολικό αμμωνιακό άζωτο	TAN <sup>a</sup>	NH <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Νιτρώδη	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Νιτρικά	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Ολικό ανόργανο άζωτο	TIN <sup>a</sup>	NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> + NH <sub>4</sub> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Ολικό άζωτο Kjeldahl	TKN <sup>a</sup>	Οργανικό N + NH <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Οργανικό άζωτο	Οργανικό N <sup>a</sup>	TKN – (NH <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )
Ολικό άζωτο	TN <sup>a</sup>	Οργανικό N <sup>a</sup> + NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> + NH <sub>4</sub> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>

Οι διάφορες μορφές του αζώτου μπορούν να οξειδωθούν σε νιτρικά και νιτρώδη. Οι μετατροπές που μπορεί να υποστούν αυτές οι μορφές αζώτου σε μια ΕΕΑΑ είναι οι εξής :

1. Μετατροπή οργανικού αζώτου σε αμμωνιακό από αερόβια ή αναερόβια βακτηρίδια.
2. Οξείδωση του αμμωνιακού αζώτου σε νιτρώδη από ειδικά αερόβια - νιτροποιητικά βακτηρίδια (nitrosomonas).
3. Περαιτέρω οξείδωση των νιτρώδων σε νιτρικά από ειδικά αερόβια νιτροποιητικά βακτηρίδια (nitrobacter).
4. Αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη προς αέριο άζωτο από απονιτροποιητικά βακτηρίδια .

Οι μετατροπές 2,3 αποτελούν τη νιτροποίηση και η 4 την απονιτροποίηση. Από άποψη επίδρασης στο περιβάλλον η διοχέτευση αποβλήτων που περιέχουν αμμωνιακό άζωτο σε υδάτινο φορέα προκαλεί απαίτηση οξυγόνου για την οξείδωσή του σε νιτρώδη και νιτρικά. Η αμμωνία είναι τοξική για τα ψάρια ,ενώ τα νιτρικά χρησιμοποιούνται από υδρόβια φυτά για την ανάπτυξή τους. Μεγάλες συγκεντρώσεις αζώτου σε υδάτινους φορείς σε συνδυασμό με την παρουσία φωσφόρου ,μπορεί να οδηγήσουν σε κατάσταση που ευνοεί την υπερβολική ανάπτυξη των υδρόβιων φυτών ,δηλαδή ευτροφισμό, με αποτέλεσμα την έμφραξη του φορέα ,την εμφάνιση επιπλεόντων ,την αύξηση της θολότητας ,την αδυναμία χρήσης του νερού για ύδρευση και άλλα προβλήματα. Προσδιορισμός (Στάμου, 1995).

- Φωσφορικά :

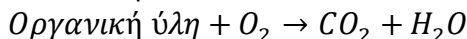
Ο φώσφορος είναι ένα από τα βασικά συστατικά των ζώντων οργανισμών και περιέχεται στα απόβλητα στις παρακάτω μορφές :

1. Ανόργανος φώσφορος κυρίως ως ορθοφωσφορικά ( $\text{PO}_4^{-3}$ ,  $\text{HPO}_4^{-3}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ ) ή και ως πολυφωσφορικά (π.χ.  $\text{P}_3\text{O}_{10}^{-5}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_7^{-4}$ ).
2. Οργανικός φώσφορος, σε μικρότερες ποσότητες από τον ανόργανο φώσφορο.

Τα πολυφωσφορικά σε υδατικό διάλυμα υδρολύονται σε ορθοφωσφορικά που μπορούν να καταναλωθούν απ' ευθείας από διάφορους μικροοργανισμούς. Η διοχέτευση αποβλήτων που περιέχουν φώσφορο σε ένα υδάτινο φορέα ευνοεί ,σε συνδυασμό με την παρουσία αζώτου , το φαινόμενο του ευτροφισμού. Συχνά ο φώσφορος είναι καθοριστικός παράγοντας του φαινομένου του ευτροφισμού ,έτσι η απομάκρυνσή του από τα απόβλητα είναι σημαντική, ειδικά λόγω της αυξημένης χρήσης απορρυπαντικών. Στις διεργασίες επεξεργασίας ο φώσφορος είναι απαραίτητος στους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στις βιολογικές διεργασίες. Στα αστικά απόβλητα βρίσκεται σε επαρκείς ποσότητες . στις βιολογικές διαδικασίες τα πολυφωσφορικά μετατρέπονται σε ορθοφωσφορικά ,σε ποσοστό 80%. Ο φώσφορος εκφράζεται ως ολικός φώσφορος και ως ανόργανος φώσφορος.

- Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) :

Μια άλλη μέθοδος μέτρησης των οργανικών είναι ο προσδιορισμός του ολικού οργανικού άνθρακα, η οποία εφαρμόζεται σε περιπτώσεις ιδιαίτερα χαμηλών συγκεντρώσεων οργανικής ύλης. Πρόκειται για την οξείδωση με οξυγόνο στους 950 °C, σε ειδικό κλίβανο παρουσία καταλύτη.



Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται μετριέται ποσοτικά με υπέρυθρο αναλυτή.

- Θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο (ThOD):

Η οργανική ύλη ζωικής ή φυτικής προέλευσης στα υγρά απόβλητα είναι γενικά συνδυασμός άνθρακα, υδρογόνου, οξυγόνου και αζώτου. Οι βασικές ομάδες αυτών των στοιχείων που απαντώνται στα υγρά απόβλητα είναι υδρογονάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη και προϊόντα της αποσύνθεσής τους. Αν είναι γνωστός ο χημικός τύπος της οργανικής ύλης, τότε μπορεί να υπολογιστεί το ThOD.

- Ολική απαίτηση οξυγόνου :

Άλλη μέθοδος οργανικών είναι ο προσδιορισμός του ολικά απαιτούμενου οξυγόνου. Οργανικές ενώσεις οξειδώνονται σε κλίβανο παρουσία λευκόχρυσου. Το TOD μετράται από το οξυγόνο που περιέχεται στο φέρον αέριο άζωτο.

➤ Συσχέτιση μέτρων – μετρήσεων :

$$\frac{BOD}{COD} = 0,4 \rightarrow 0,8, \quad \frac{BOD}{TOC} = 1 \rightarrow 1,6, \quad \frac{TOC}{TOD} = 1$$

- Το pH=-log<sub>10</sub>[H<sup>+</sup>]:

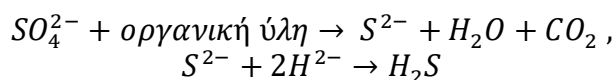
Ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος που επηρεάζει σημαντικά τη βιολογική δραστηριότητα. Οι απαιτούμενοι σε βιολογικούς καθαρισμούς μικροοργανισμοί είναι ουτερόφιλοι, που σημαίνει ότι το pH πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6-9 προκειμένου να είναι αποτελεσματικά ενεργοί. Πολλά όξινα ή αλκαλικά απόβλητα απαιτούν εξουδετέρωση με βάση ή οξύ αντίστοιχα προκειμένου να είναι δυνατή η επεξεργασία τους.

- Αλκαλικότητα :

Η αλκαλικότητα στα υγρά απόβλητα είναι το αποτέλεσμα της παρουσίας υδροξειδίων, ανθρακικών και διττανθρακικών στοιχείων όπως ασβέστιο, μαγνήσιο, νάτριο, κάλιο ή αμμωνία. Από αυτά τα διττανθρακικά του ασβεστίου και του μαγνησίου είναι τα πιο κοινά. Βορικά, πυριτικά, φωσφορικά και παρόμοια συστατικά μπορούν επίσης να συνεισφέρουν στην αλκαλικότητα. Η αλκαλικότητα στα απόβλητα βοηθάει στην αντίσταση στις μεταβολές του pH που προκαλούνται από την προσθήκη οξέων. Τα απόβλητα είναι συνήθως αλκαλικά και λαμβάνουν την αλκαλικότητά τους από το νερό τροφοδοσίας, από το υπόγειο νερό και τα υλικά που προστίθενται κατά την οικιακή χρήση. Η αλκαλικότητα προσδιορίζεται με τιτλοδότηση με πρότυπο οξύ. Τα αποτελέσματα εκφράζονται με βάση το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO<sub>3</sub>). Η αλκαλικότητα είναι σημαντική στα υγρά απόβλητα όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί χημική επεξεργασία, στη βιολογική απομάκρυνση θρεπτικών και όταν απομακρύνεται αμμωνία με απαερίωση.

- Θείο :

Το θείο απαιτείται για την σύνθεση των πρωτεϊνών των μικροοργανισμών. Συναντάται στα αστικά υγρά απόβλητα υπό τη μορφή θεικών και ανάγεται σύμφωνα με τις αντιδράσεις :



Τα θειικά ανάγονται βιολογικά υπό αναερόβιες συνθήκες σε σουλφίδια, τα οποία αντιδρούν με υδρογόνο και σχηματίζουν υδρόθειο ( $H_2S$ ). Το υδρόθειο ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα πάνω από τα υγρά απόβλητα σε υπονόμους που δεν είναι γεμάτοι και τείνουν να συσσωρεύονται στο πάνω μέρος των σωληνώσεων. Το συσσωρευμένο υδρόθειο οξειδώνεται βιολογικά σε θειικό οξύ το οποίο διαβρώνει τις σωληνώσεις. Το αέριο υδρόθειο, που σχηματίζεται και αναμιγνύεται με τα άλλα αέρια των υγρών αποβλήτων (μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα) είναι επίσης διαβρωτικό για τις σωληνώσεις των αερίων, είναι τοξικό και ιδιαίτερα δύσσομο.

- Τοξικές ενώσεις και στοιχεία ,βαρέα μέταλλα :

Στα αστικά απόβλητα περιέχονται και ιόντα βαρέων μετάλλων όπως  $Cu^+$ ,  $Pb^+$ ,  $Ag^+$ ,  $Cr^{++}$ ,  $As$ ,  $B$ ,  $CN$ ,  $CrO_4^{2-}$ . Λόγω της τοξικότητάς τους μερικά ιόντα είναι ιδιαίτερης σημασίας για την επεξεργασία και διάθεση των υγρών αποβλήτων ,ενώ η παρουσία τους περιορίζει τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων και της παραγόμενης ιλύος. Πολλά από αυτά τα συστατικά κατατάσσονται στους ρύπους υψηλής προτεραιότητας. Χαλκός, μόλυβδος, άργυρος, χρώμιο, αρσενικό, νικέλιο και βόριο, είναι ιδιαίτερα τοξικά για τους μικροοργανισμούς και γι' αυτό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Για παράδειγμα, στους χωνευτήρες λάσπης ο χαλκός είναι τοξικός στα 100 mg/L, το χρώμιο και το νικέλιο στα 500 mg/L, ενώ το νάτριο είναι τοξικό σε υψηλότερες συγκεντρώσεις. Άλλα τοξικά ιόντα όπως το κάλιο και το αμμώνιο είναι τοξικά στα 4000 mg/L. Μερικά τοξικά ανιόντα όπως κυανιούχα και χρωμικά συναντώνται επίσης στα υγρά απόβλητα. (Τσώνης, 2004).

### 2.2.3. Βιολογικά χαρακτηριστικά

Οι βασικές ομάδες μικροοργανισμών που απαντώνται στα επιφανειακά νερά και στα υγρά απόβλητα ταξινομούνται σαν ευκαριωτικοί οργανισμοί, ευβακτήρια και αρχαιοβακτήρια. Τα περισσότερα βακτήρια κατατάσσονται στα ευβακτήρια. Τα πρώτιστα, ανήκουν στους ευκαριωτικούς οργανισμούς και περιλαμβάνουν φύκια, μύκητες και πρωτόζωα. Τα φυτά, (φυτά με σπόρους, βρύα, φτέρες) κατατάσσονται στους ευκαριωτικούς πολυκύτταρους οργανισμούς. Τα σπονδυλωτά και τα ασπόνδυλα κατατάσσονται στα πολυκύτταρα ευκαριωτικά ζώα. Οι ιοί, που επίσης συναντώνται στα υγρά απόβλητα, ταξινομούνται ξεχωριστά ανάλογα με τον ξενιστή που προσβάλλουν.

- Βακτήρια :

Τα βακτήρια είναι μονοκύτταρα προκαριωτικά ευβακτήρια. Τα περισσότερα βακτήρια μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις γενικές κατηγορίες: σφαιροειδή, ράβδοι, καμπύλες ράβδοι ή σπιράλ, και νηματοειδή. Τα σφαιρικά βακτήρια, γνωστά και σαν κόκκοι (singular, coccus) έχουν περίπου 1 με 3  $\mu m$  διάμετρο. Τα ραβδοειδή βακτήρια, γνωστά σαν βάκιλοι (singular, bacillus) ποικίλουν από 0.3 έως 1.5  $\mu m$  σε πλάτος

ή διάμετρο και από 1.0 έως 10.0  $\mu\text{m}$  σε μήκος. Το *Escherichia coli*, ένας κοινός οργανισμός που απαντάται στις ανθρώπινες ακαθαρσίες, έχει διάμετρο 0.5 $\mu\text{m}$  και μήκος 2 $\mu\text{m}$ . Οι καμπυλοειδείς ράβδοι, γνωστοί σαν vibrios, κυμαίνονται από 0.6 έως 1  $\mu\text{m}$  σε διάμετρο και από 2 έως 6  $\mu\text{m}$  σε μήκος. Τα σπινάλ βακτήρια, γνωστά σαν spirilla (singular, spirillum) μπορεί να έχουν μήκος έως 50  $\mu\text{m}$ . Τα νηματοειδή βακτήρια, γνωστά με μια ποικιλία ονομάτων, μπορεί να φτάσουν τα 100 $\mu\text{m}$  σε μήκος ή και περισσότερο. Λόγω του εκτεταμένου και θεμελιώδους ρόλου που παίζουν τα βακτήρια στην αποσύνθεση και σταθεροποίηση της οργανικής ύλης, τόσο στα απόβλητα όσο και στη φύση, πρέπει να γίνουν καλά κατανοητά τα χαρακτηριστικά τους, οι λειτουργίες τους, ο μεταβολισμός τους και η σύνθεσή τους. Τα κολοβακτηρίδια χρησιμοποιούνται επίσης σαν δείκτης της ρύπανσης από ανθρώπινα απόβλητα.

- Πρωτόζωα :

Ευκαρυωτικοί οργανισμοί, με μέγεθος που κυμαίνεται μεταξύ 1-150  $\mu\text{m}$  . Απορροφούν και πέπτουν οργανικές ενώσεις ,για την κίνησή τους χρησιμοποιούν ψευδοπόδια, βλεφαρίδες ή ινίδια. Διακρίνονται σε: 1) εντερικά & 2) αίματος-ιστών.

- Πολυκύτταρα ζωικά παράσιτα (Μετάζωα) :

Ευκαρυωτικοί οργανισμοί, με μέγεθος που κυμαίνεται μεταξύ 0,3 mm – 25 m. πρόκειται για πολυκύτταρους οργανισμούς ,που ονομάζονται και έλμινθες ή σκώληκες και ανήκουν στο βασίλειο των ζώων. Διακρίνονται σε νηματέλμινθες (π.χ. οξύουρος, ασκαρίδα) και πλατυέλμινθες (π.χ. ταινίες).

- Μύκητες :

Ευκαρυωτικοί οργανισμοί με μέγεθος που κυμαίνεται μεταξύ 5-10  $\mu\text{m}$ . Έχουν κυτταρικό τοίχωμα από χιτίνη. Μοιάζουν με τα φυτά, αλλά δεν φωτοσυνθέτουν , τρέφονται με οργανικές ενώσεις. Οι μούχλες και τα μανιτάρια (υφομύκητες) είναι πολυκύτταροι, αποτελούνται από μάζες μυκηλίων τα οποία με τη σειρά τους αποτελούνται από ινίδια που λέγονται υφές. Οι ζύμες (ζυμομύκητες) είναι μονοκύτταροι, μπορεί να σχηματίζουν ψευδο-υφές.

- Ιοί :

Ακυτταρικοί οργανισμοί ,στο όριο αυτού που θεωρούμε 'ζωή'. Περιέχουν DNA ή RNA. Αποτελούν πρωτεϊνικούς υποδοχείς και πολλαπλασιάζονται μόνο σε ζωντανά κύτταρα.

(Τσακρής 2008)

Το τυπικό εύρος των συγκεντρώσεων κάθε συστατικού στα ανεπεξέργαστα απόβλητα ,φαίνεται στον πίνακα 2.2.3.1. :



**Πίνακας 2.2.3.1. : τυπική σύσταση και κατηγοριοποίηση ανεπεξέργαστων αποβλήτων**

<b>Ρύποι</b>	<b>Μονάδες</b>	<b>Συγκέντρωση</b>		
		<b>Ασθενές</b>	<b>Ενδιάμεσο</b>	<b>Ισχυρό</b>
Στερεά, ολικά (TS)	mg/L	350	720	1200
Διαλυτά, ολικά (TDS)	mg/L	250	500	850
Σταθεροποιημένα	mg/L	145	300	525
Πτητικά	mg/L	105	200	325
Αιωρούμενα στερεά (SS)	mg/L	100	220	350
Σταθεροποιημένα	mg/L	20	55	75
Πτητικά	mg/L	80	165	275
Καθιζάνοντα στερεά	mL/L	5	10	20
BOD <sub>5</sub>	mg/L	110	220	400
TOC	mg/L	80	160	290
COD	mg/L	250	500	1000
Άζωτο (ολικό σαν N)	mg/L	20	40	85
Οργανικό	mg/L	8	15	35
Αμμωνία	mg/L	12	25	50
Νιτρώδη	mg/L	0	0	0
Νιτρικά	mg/L	0	0	0
Φωσφόρος (ολικός σαν P)	mg/L	4	8	15
Οργανικός	mg/L	1	3	5
Ανόργανος	mg/L	3	5	10
Χλώριο	mg/L	30	50	100
Θειικά	mg/L	20	30	50
Αλκαλικότητα(σαν CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	50	100	200
Λίπος	mg/L	50	100	150
Ολικά κολοβακτηρίδια	no/100 mL	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>
VOCs	μg/L	<100	100-400	>400

#### **2.2.4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εξόδου, Νομοθετικό πλαίσιο**

Οι απαιτήσεις για αποχέτευση , επεξεργασία και διάθεση των αστικών υγρών αποβλήτων , καθορίζονται από την νομοθεσία. Στην χώρα μας ,η ισχύουσα νομοθεσία περιλαμβάνεται στην Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 5673/400 της 14/3/1997 , η οποία εναρμονίζει την ελληνική νομοθεσία με την οδηγία 91/271 της ευρωπαϊκής ένωσης για την «διαχείριση των αστικών αποβλήτων».

Σύμφωνα με την ΚΥΑ αυτή, δίκτυα αποχέτευσης όφειλαν να διαθέτουν μέχρι 31/12/2000 οι οικισμοί με ι.κ. (ισοδύναμους κατοίκους) άνω των 15000 και μέχρι 31/12/2005 οι οικισμοί με ι.κ. μεταξύ 2000 και 15000. Ένας ι.κ. ισοδυναμεί με αποικοδομήσιμο οργανικό φορτίο BOD<sub>5</sub> = 60gr/ημέρα. Τα αποχετευόμενα αστικά λύματα όφειλαν να υποβάλλονται σε τουλάχιστον δευτεροβάθμια επεξεργασία έως τις 31/12/2000 για οικισμούς άνω των 15000 ι.κ. και έως τις 31/12/2005 για οικισμούς με ι.κ. 10000-15000 και για οικισμούς με ι.κ. μεταξύ 2000-10000 , των οποίων τα απόβλητα απορρίπτονται σε μη θαλάσσια νερά και εκβολές ποταμών.

Η ΚΥΑ 5673/400 προβλέπει δύο τύπους περιοχών διάθεσης , λιγότερο και περισσότερο ευαίσθητες ,που κινδυνεύουν από ευτροφισμό. Οι προδιαγραφές για τις πρῶ-

τες δίνονται στον παρακάτω πίνακα ,ενώ για τις δεύτερες υπάρχουν και οι πρόσθετες προδιαγραφές για άζωτο και φώσφορο. Σε κάθε περίπτωση ,παρέχεται η δυνατότητα εφαρμογής είτε της συγκέντρωσης διάθεσης είτε του ποσοστού μείωσης (δίνονται στον παρακάτω πίνακα). Οι απαιτήσεις για τις συγκεντρώσεις του αζώτου και του φωσφόρου δύσκολα επιτυγχάνονται μόνο με δευτεροβάθμια επεξεργασία, έτσι συνήθως απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία. Οι απαιτούμενες συγκεντρώσεις κάθε συστατικού του επεξεργασμένου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 2.2.4.1.) (Τσώνης, 2004).

**Πίνακας 2.2.4.1. : προδιαγραφές εισόδου και απόρριψης - διάθεσης αποβλήτων (Στάμου, 2004)**

Παράμετρος	Συγκέντρωση (προ- διαγραφές εξόδου(mg/L)	Τυπική συγκέντρω- ση σε ΑΥΑ(είσοδος) (mg/L)	Ελάχιστη ποσο- στιαία μείωση (%)
<i>BOD<sub>5</sub></i>	25	110 – 400	70 – 90
<i>COD</i>	125	250 – 1000	75
<i>TSS (ολικά αιωρ. στερεά)</i>	35	100 – 350	90
<i>Ολικός φώσφορος (P<sub>tot</sub>)</i>	2 (10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup> ι.κ.) 1 (>10 <sup>5</sup> ι.κ.)	4 – 15	80
<i>Ολικό άζωτο (N<sub>tot</sub>)</i>	15 (10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup> ι.κ.) 10 (>10 <sup>5</sup> ι.κ.)	20 – 85	70 – 80

### **3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

Στόχος της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι η αφαίρεση ρυπαντικών συστατικών συστατικών τα οποία προκαλούν προβλήματα στους αποδέκτες. Επειδή η χαμηλή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου προκαλεί προβλήματα σε υδρόβιους οργανισμούς , ένας από τους κύριους στόχους της επεξεργασίας είναι η αφαίρεση των συστατικών που προκαλούν μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στους υδάτινους αποδέκτες. Τα συστατικά αυτά είναι γνωστά ως συστατικά που εκδηλώνουν απαίτηση οξυγόνου καθώς χρησιμοποιούνται ως τροφή από μικροοργανισμούς ,οι οποίοι έχουν την ικανότητα να επιβιώνουν σε αρκετά χαμηλότερα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου από αυτά που είναι απαραίτητα για αρκετούς ανώτερους υδρόβιους ορ-

γανισμούς (για παράδειγμα τα ψάρια χρειάζονται συγκέντρωση οξυγόνου στο νερό πάνω από 5mg/L για να επιβιώνουν). Οι περισσότεροι ρύποι που εκδηλώνουν απαίτηση οξυγόνου είναι οργανικές ενώσεις. (Τσώνης, 2004).

### **3.1. Βιοχημικές διεργασίες επεξεργασίας αποβλήτων**

Είναι οι διεργασίες που χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση του διαλυτού οργανικού υλικού από λύματα που έχουν υποστεί πρωτοβάθμια επεξεργασία. Αυτό που επιτυγχάνουν οι βιοχημικές διεργασίες είναι η μετατροπή του διαλυτού υλικού με τη βοήθεια μικροοργανισμών και η παράλληλη παραγωγή αιωρούμενου υλικού το οποίο αντιστοιχεί σε μικροβιακή ανάπτυξη. Το διαλυτό οργανικό υλικό μετατρέπεται κατά ένα ποσοστό σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό και κατά ένα άλλο ποσοστό σε βιομάζα (μικροοργανισμούς). Καθώς αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί σχηματίζονται συσσωματώματα από μικροοργανισμούς και άλλο αιωρούμενο ή διαλυτό οργανικό ή ανόργανο υλικό (το οποίο εγκλωβίζεται και εμπεριέχεται στα συσσωματώματα). Τα συσσωματώματα, όταν βρεθούν σε σχετικά ήρεμες συνθήκες, ενώνονται περαιτέρω σε θρόμβους ικανοποιητικών διαστάσεων και αφαιρούνται στη δεξαμενή καθίζησης του βιολογικού σταδίου. Ένα μέρος από τους παραπάνω, που διαχωρίζονται στην περιοχή του πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης, ανακυκλοφορείται στο βιολογικό αντιδραστήρα και ένα μέρος αφαιρείται ως περίσσεια ιλύος.

Οι βιοχημικές μετατροπές που ενδιαφέρουν στη βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων αντιστοιχούν σε αφαίρεση διαλυτού οργανικού υλικού, σε σταθεροποίηση αιωρούμενου οργανικού υλικού και μετατροπή διαλυτού ανόργανου υλικού.

- Αφαίρεση διαλυτού οργανικού υλικού :

Επιτυγχάνεται από τους μικροοργανισμούς οι οποίοι χρησιμοποιούν διαλυτό οργανικό υλικό ως τροφή τους και μετατρέπουν ένα μέρος από το υλικό αυτό σε νέους μικροοργανισμούς και το υπόλοιπο το οξειδώνουν προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Το διοξείδιο του άνθρακα εκλύεται στην ατμόσφαιρα και η βιομάζα (οι μικροοργανισμοί) κατακρατείται σε δεξαμενή καθίζησης, από την το υπερκείμενο υγρό είναι η διαυγασμένη εκροή, που αποτελεί τα επεξεργασμένα λύματα. Για φορτίο οργανικού υλικού σε συγκέντρωση 50 έως 4000 mg/L COD (βιοαποδομούμενο) (χημικά απαιτούμενο οξυγόνο) ενδείκνυται αερόβιο σύστημα, για φορτίο 4000 έως 50000 mg/L ενδείκνυται αναερόβιο σύστημα το οποίο ακολουθείται συνήθως από αερόβιο σύστημα. Στη σπάνια περίπτωση που έχουμε πολύ ισχυρά απόβλητα (>50000 mg/L COD) τότε εκτός από την αναερόβια επεξεργασία εξετάζονται κι άλλες μέθοδοι, όπως π.χ. εξάτμιση ή καύση.

- Σταθεροποίηση αιωρούμενου οργανικού υλικού :

Το μέρος του αιωρούμενου οργανικού υλικού που δεν κατακρατείται στην πρωτοβάθμια καθίζηση αντιστοιχεί στο υλικό με τις μικρότερες διαστάσεις (δεν παρουσιάζει την απαραίτητη ταχύτητα καθίζησης) και στο βιολογικό στάδιο που ακολουθεί το αιωρούμενο αυτό οργανικό υλικό κατά ένα ποσοστό εγκλωβίζεται στα συσσωμα-

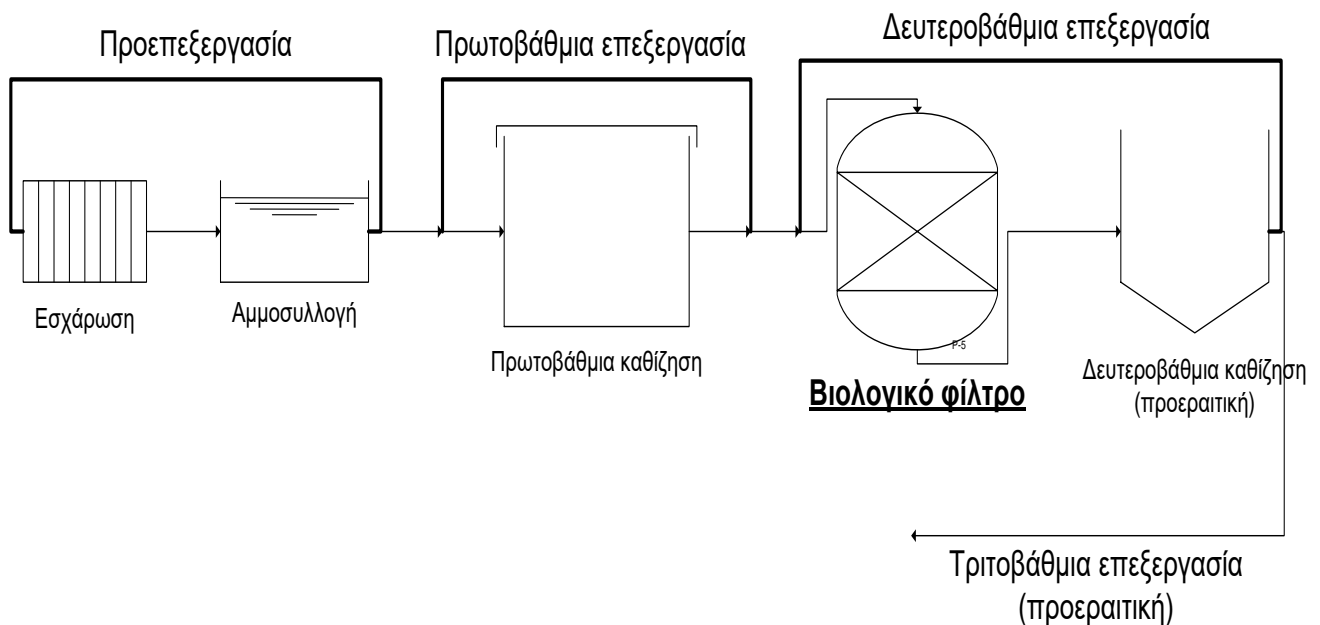
τώματα που σχηματίζονται από τους μικροοργανισμούς και κατά ένα άλλο ποσοστό υδρολύεται. Ένα μέρος από το διαλυτό υλικό που προκύπτει από την παραπάνω υδρόλυση μετατρέπεται σε μικροοργανισμούς με τη διαδικασία της μικροβιακής ανάπτυξης, αφού χρησιμοποιηθεί ως τροφή από τους μικροοργανισμούς. Η πρωτοβάθμια ιλύς και η περίσσεια ιλύος από το βιολογικό στάδιο της επεξεργασίας υποβάλλονται σε σταθεροποίηση με αερόβια ή αναερόβια χώνευση.

- Μετατροπή διαλυτού ανόργανου υλικού :

Ουσιαστικά πρόκειται για διεργασίες για την αφαίρεση των θρεπτικών συστατικών. Η αφαίρεση των θρεπτικών (αζώτου και φωσφόρου) έχει στόχο την μείωση της συγκέντρωσής τους στους ευαίσθητους υδάτινους αποδέκτες ώστε να αποφευχθεί ο ευτροφισμός. Ο φώσφορος απαντάται στα αστικά λύματα τόσο υπό τη μορφή διαλυτού ανόργανου υλικού (ορθοφωσφορικά, πυροφωσφορικά, τριπολυφωσφορικά, και τριμεταφωσφορικά), όσο και υπό τη μορφή οργανικού υλικού (φωσφορικά ζάχαρα, φωσφολιπίδια, νουκλεοτίδια), ανόργανος και οργανικός φώσφορος, υπό την επίδραση των μικροοργανισμών μετατρέπονται σε ορθοφωσφορικά. Τα ορθοφωσφορικά αφαιρούνται με τη βοήθεια ειδικών βακτηρίων. Το άζωτο απαντάται στα αστικά λύματα υπό τη μορφή αμμωνίας και οργανικού αζώτου (αμινοξέα, πρωτεΐνες). Το οργανικό άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνία καθώς αποδομούνται οι οργανικές ενώσεις. Η αφαίρεση του αζώτου γίνεται με μετατροπή αμμωνίας σε νιτρικά με τη βοήθεια νιτροποιητικών βακτηρίων και στη συνέχεια με μετατροπή των νιτρικών σε αέριο άζωτο με τη βοήθεια απονιτροποιητικών βακτηρίων (νιτροποίηση, απονιτροποίηση). (Τσώνης, 2004).

### **3.2. Βιοχημικοί αντιδραστήρες (ή βιολογικά φίλτρα)**

Μια βιοχημική διεργασία επηρεάζεται από τον τύπο του αντιδραστήρα που χρησιμοποιείται. Οι αντιδραστήρες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Η πρώτη κατηγορία είναι οι αντιδραστήρες αιωρούμενης βιομάζας και η δεύτερη (και η εξεταζόμενη) οι αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας. Στην περίπτωση των αντιδραστήρων αιωρούμενης βιομάζας είναι απαραίτητο να γίνει ανάμιξη του περιεχομένου τους ώστε να διατηρείται η βιομάζα σε αιώρηση και ακόμη είναι απαραίτητη η εμπλοκή κάποιου τύπου φυσικής διεργασίας (κυρίως καθίζησης) για τον διαχωρισμό της βιομάζας από τα επεξεργασμένα απόβλητα πριν την απομάκρυνσή τους από το σύστημα επεξεργασίας. Στους αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται ως ένα βιολογικό στρώμα (φίλμ) στην επιφάνεια ενός στερεού πληρωτικού υλικού και τα υγρά απόβλητα που υποβάλλονται σε επεξεργασία έρχονται σε επαφή με το φίλμ των μικροοργανισμών. Στην περίπτωση του αντιδραστήρα προσκολλημένης βιομάζας παρατηρείται κάποια αποκοπή και συμπαρασυρμός βιομάζας και είναι συνήθως απαραίτητη η εμπλοκή ενός φυσικού σταδίου κατακράτησης της βιομάζας αυτής, πριν την τελική διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Η θέση των βιολογικών φίλτρων στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων φαίνεται στην εικόνα 3.2.1.



**Εικόνα 3.2.1. : Θέση διεργασίας προσκολλημένης βιομάζας στην ΕΕΥΑΑ**

Η βασική αρχή της τεχνολογίας επεξεργασίας λυμάτων με βιολογικό φίλτρο προσκολλημένης βιομάζας, γνωστή και ως διεργασία σταθερού βιολογικού φίλμ, είναι η ροή των υγρών αποβλήτων διαμέσου κάποιου φυσικού πληρωτικού υλικού επεξεργασίας. Σε αντίθεση με την τεχνολογία ενεργού ιλύος, όπου οι μικροοργανισμοί για την επεξεργασία των λυμάτων βρίσκονται σε αιώρηση μέσα στις δεξαμενές, στην τεχνολογία προσκολλημένης βιομάζας οι μικροοργανισμοί βρίσκονται προσκολλημένοι και αναπτύσσονται πάνω σε κάποια επιφάνεια, φυσική ή τεχνητή (άμμος, χαλίκι, τύρφη ή ειδικά υφάσματα ή πλαστικά υλικά). Η τεχνολογία ξεκίνησε να αναπτύσσεται ήδη από τη δεκαετία του 1860, όταν ο Sir Edward Frankland ξεκίνησε την πρωτοποριακή για την εποχή του έρευνα σχετικά με την απόδοση της φίλτρανσης φρέσκων υγρών αποβλήτων του Λονδίνου (envima.gr, 2013). Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν διάφοροι συνδυασμοί χαλικιού και τύρφης. Οι τεχνολογίες επεξεργασίας λυμάτων με προσκολλημένη βιομάζα τροποποιούνται και βελτιώνονται σταθερά τα τελευταία 50 χρόνια (Λώλη, 2006).

### **3.2.1. Ταξινόμηση βιολογικών φίλτρων**

Τα βιολογικά φίλτρα μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με το μέγεθος της επιφανειακής ή της οργανικής φόρτισης που δέχονται, καθώς και ανάλογα με το είδος του πληρωτικού υλικού, που μπορεί να είναι πέτρα ή πλαστικό (Λώλη, 2006, Παρασκάκη 2013). Η επιφανειακή φόρτιση ορίζεται ως ο ολικό όγκος υγρού αποβλήτου που διέρχεται μέσα από το φίλτρο ανά μονάδα επιφάνειας της κάθετης διατομής του και ανά μονάδα χρόνου. Μετράται συνήθως σε  $\text{m}^3/(\text{m}^2 \times \text{day})$ ,  $\text{m}^3/(\text{m}^2 \times \text{hour})$ ,  $\text{L}/(\text{m}^2 \times \text{sec})$ . Η οργανική φόρτιση ενός φίλτρου ορίζεται ως η μάζα του BOD του αποβλήτου που εφαρμόζεται σε αυτό ανά μονάδα όγκου και ανά μονάδα χρόνου και μετράται σε  $\text{kg BOD}/(\text{m}^3 \times \text{day})$ . Επίσης μπορεί να οριστεί και ως η μάζα του BOD ανά μονάδα επιφάνειας της κάθετης διατομής και ανά μονάδα χρόνου, οπότε μετράται σε  $\text{kg BOD}/(\text{m}^2 \times \text{day})$ , και αναφέρεται ως επιφανειακή οργανική φόρτιση.

Όταν υπάρχει ανακυκλοφορία αποβλήτου στο βιολογικό φίλτρο, ο υπολογισμός της επιφανειακής και της οργανικής φόρτισης γίνεται πιο σύνθετος. Ο υπολογισμός της οργανικής φόρτισης είναι πιο πολύπλοκος γιατί το απόβλητο που εισέρχεται στο φίλτρο υφίσταται αραίωση λόγω της ανακυκλοφορίας.

Υπάρχει μια ιστορική ταξινόμηση των φίλτρων με πληρωτικό υλικό από πέτρα σε χαμηλής, μέσης και μεγάλης φόρτισης, ενώ τα φίλτρα με πλαστικό πληρωτικό υλικό αναφέρονται συνήθως ως μεγάλης φόρτισης ή ταχείας επεξεργασίας. Για την παραπάνω ταξινόμηση λαμβάνεται υπόψη και ο χρησιμοποιούμενος λόγος ανακυκλοφορίας, ενώ εκτιμάται και το αναμενόμενο εύρος τιμών της απόδοσης απομάκρυνσης BOD. Τα παραπάνω συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Τα φίλτρα χαμηλής φόρτισης συνήθως έχουν κυκλική ή ορθογώνια διατομή και μπορούν να παράσχουν σταθερή ποιότητα εξερχόμενου αποβλήτου για εισερχόμενο απόβλητο μεταβαλλόμενης ισχύος. Πολλές φορές απαιτείται ανακυκλοφορία μέρους του απόβλητου, ιδιαίτερα στις μικρές εγκαταστάσεις, για να μην δημιουργούνται ανωμαλίες στην τροφοδοσία, ιδιαίτερα στη διάρκεια της νύκτας. Στα φίλτρα χαμηλής φόρτισης, ο βιολογικός υμένας αναπτύσσεται μόνο στο ανώτερο στρώμα του πληρωτικού υλικού, σε βάθος 0,6 έως 1,2 μέτρα, ενώ σε μεγαλύτερο βάθος αναπτύσσονται περισσότερο αυτότροφα βακτήρια που επιτελούν νιτροποίηση της αμμωνίας.

Τα φίλτρα μέσης ή μεγάλης φόρτισης είναι συνήθως κυκλικής διατομής, η ροή του απόβλητου σε αυτά είναι συνεχής και χρησιμοποιείται ανακυκλοφορία μέρους του αποβλήτου που εξέρχεται είτε από το βιολογικό φίλτρο, είτε από την δευτεροβάθμια δεξαμενή καθίζησης. Η ανακυκλοφορία παρέχει στο σύστημα μεγαλύτερη οργανική φόρτιση και μεγαλύτερη επιφανειακή φόρτιση, που επιτρέπει την καλύτερη κατανομή του αποβλήτου σε όλη την επιφάνεια του πληρωτικού υλικού, καλύτερη ρύθμιση του πάχους του βιολογικού υμένα και μεγαλύτερη παροχή οξυγόνου. Στα συστήματα μέσης ή μεγάλης φόρτισης αλλά και σε όλα τα συστήματα βιολογικών φίλτρων, μπορεί να χρησιμοποιηθούν δύο φίλτρα σε σειρά, τα οποία πρακτικά συμπεριφέρονται σαν ένα φίλτρο του ίδιου συνολικού ύψους.

Τα βιολογικά φίλτρα ταχείας επεξεργασίας χρησιμοποιούνται περισσότερο πριν από δευτεροβάθμια επεξεργασία, γιατί σε αυτά γίνεται μόνο μερική απομάκρυνση του BOD. Το πλεονέκτημά τους είναι η δυνατότητα επεξεργασίας πολύ ισχυρών αποβλήτων με σχετικά μικρή κατανάλωση ενέργειας, χωρίς όμως να επιτυγχάνονται αξιόλογες αποδόσεις (40-70 % απομάκρυνση).

Σήμερα η ταξινόμηση των βιολογικών φίλτρων γίνεται περισσότερο βάσει του βαθμού επεξεργασίας που επιτυγχάνεται και όχι βάσει της επιφανειακής ή της οργανικής φόρτισης. Ως εκ τούτου, ο διαχωρισμός σε φίλτρα χαμηλής, μέσης και μεγάλης φόρτισης είναι περισσότερο ιστορικής σημασίας. Έτσι σήμερα τα βιολογικά φίλτρα διαχωρίζονται σε ταχείας επεξεργασίας, που ακολουθούνται από δεύτερο στάδιο επεξεργασίας και απομακρύνουν το BOD σε ποσοστό 50-75% περίπου, σε φίλτρα πλήρους επεξεργασίας από τα οποία μετά την καθίζηση στερεών το απόβλητο εξέρχεται έχοντας τις απαιτούμενες τιμές BOD και TSS (ολικά αιωρούμενα στερεά), που μπορεί να είναι αρκετά χαμηλές. Επίσης υπάρχουν φίλτρα ταυτόχρονης οξείδωσης BOD και νιτροποίησης, που προσδίδουν στο απόβλητο τις απαιτούμενες τιμές BOD, TSS και αμμωνιακών. Τέλος, τα βιολογικά φίλτρα νιτροποίησης ανήκουν στην τριτοβάθμια επεξεργασία και προσδίδουν στο απόβλητο την επιθυμητή τιμή αμμωνιακού азώτου, αφού έχει περάσει από δευτεροβάθμια επεξεργασία και καθίζηση. Η

ταξινόμηση των βιολογικών φίλτρων παρουσιάζεται στον πίνακα 3.2.1.1. (Λώλη, 2006).

**Πίνακας 3.2.1.1. : ταξινόμηση βιολογικών φίλτρων με βάση την επιφανειακή και οργανική φόρτιση (Λώλη, 2006)**

Χαρακτηριστικά σχεδιασμού	Χαμηλής φόρτισης	Μέσης φόρτισης	Μεγάλης φόρτισης	Μεγάλης φόρτισης	Ταχείας επε- ξεργασίας
Πληρωτικό υλικό	Πέτρα	Πέτρα	Πέτρα	Πλαστικό	Πέτρα ή πλαστικό
Επιφανειακή φόρτιση ( $m^3/(m^2 \cdot day)$ )	1-4	4-10	10-40	10-75	40-200
	1-3.6	3.6-9.4	9.4-36	14.2-86.4	57.6-170.4
	0.9-3.7	3.7-9.3	9.3-37.2	13.9-83.6	55.7-167.2
Οργανική φόρ- τιση (kg BOD/ $m^2 \cdot day$ )	0.07-0.22	0.24-0.48	0.4-2.4	0.6-3.2	>1.5
	0.07-0.22	0.26-0.51	0.4-1.8	-	-
	0.08-0.24	0.24-0.50	0.5-2.4	≤5	>1.6
	0.07-0.22	0.26-0.51	0.37-1.83	-	-
	0.08-0.24	0.24-0.48	0.48-2.4	≤4.8	1.6
Λόγος αναρ- ροής (R)	0	0-1	1-2	1-2	0-2
Ύψος πληρωτι- κού υλικού (m)	1.8-2.4	1.8-2.4	1.8-2.4	3.0-12.2	0.9-6.0
Απόδοση απο- μάκρυνσης BOD	0.8-0.9	0.5-0.8	0.5-0.9	0.6-0.9	0.4-0.7

Οι υπολογισμοί της φόρτισης του φίλτρου γίνεται με τις παρακάτω σχέσεις :

- Οργανική ογκομετρική φόρτιση ( $kg\ BOD_5/m^3 \cdot d$ ), αναφέρεται στην ποσότητα οργανικού υλικού που τροφοδοτείται ανά ημέρα και ανά μονάδα όγκου κλίνης πληρωτικού υλικού (όγκος κλίνης πληρωτικού υλικού = οριζόντια διατομή κλίνης \* βάθος κλίνης). Υπολογίζεται από τη σχέση :

$$OO\Phi = \frac{(Q * S)}{A_{\phi} * h}$$

$Q$  : τροφοδοτούμενη παροχή ( $\frac{m^3}{d}$ ),

$S$ : συγκέντρωση  $BOD_5$  στην τροφοδοσία ( $\frac{(kg\ BOD)}{m^3}$ ),

$A_{\phi}$  : το εμβαδόν οριζόντιας διατομής της κλίνης ( $m^2$ ),

$h$  : το βάθος κλίνης (m)

$ΟΟΦ$  : οργανική ογκομετρική φόρτιση  $\frac{kg\ BOD_5}{m^3 * days}$

- Υδραυλική φόρτιση της κλίνης του πληρωτικού υλικού οφείλεται στα τροφοδοτούμενα λύματα (παροχή  $Q$ ) όσο και στην ανακυκλοφορούμενη παροχή  $Q_r$  και υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\gamma\Phi = \frac{Q + Q_r}{A_\phi},$$

$Q$  : τροφοδοτούμενη παροχή  $\left(\frac{m^3}{day}\right)$ ,

$Q_r$  : ανακυκλοφορούμενη παροχή  $\left(\frac{m^3}{day}\right)$ ,

$A_\phi$  : το εμβαδόν της οριζόντιας διατομής της κλίνης ( $m^2$ )

$\gamma\Phi$  : υδραυλική φόρτιση ( $m/day$ )

- Επιφανειακή οργανική φόρτιση , αναφέρεται στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού (π.χ. επιφάνεια του πλαστικού πληρωτικού υλικού της κλίνης) και όχι στην επιφάνεια της οριζόντιας διατομής της κλίνης του πληρωτικού υλικού. Δίνεται από τη σχέση :

$$ΕΟΦ = \frac{Q * S}{(A_\phi * h * a)},$$

$Q$  : τροφοδοτούμενη παροχή  $\left(\frac{m^3}{d}\right)$ ,

$S$  : συγκέντρωση  $BOD_5 \left(\frac{kg\ BOD}{m^3}\right)$ ,

$A_\phi$  : το εμβαδόν της οριζόντιας διατομής της κλίνης ( $m^2$ )

$h$  : το βάθος κλίνης ( $m$ ),

$a$  : ειδική επιφάνεια του πληρωτικού υλικού της κλίνης  $\left(\frac{m^2}{m^3}\right)$

### 3.2.2. Αντιδραστήρες αιωρούμενης βιομάζας

Ο πιο απλός τύπος αντιδραστήρα αιωρούμενης βιομάζας συνεχούς τροφοδότησης είναι μια δεξαμενή με διαρκή ανάδευση (CSTR) η οποία τροφοδοτείται με υγρά απόβλητα, έχει σταθερό όγκο και η εκροή έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το αναδευόμενο υγρό. Έτσι ο αντιδραστήρας επιτυγχάνει πλήρη ανάμιξη του περιεχομένου του. Οι ομοιόμορφες συνθήκες που επικρατούν στον αντιδραστήρα διατηρούν τη βιομάζα σε μια σταθερή μέση κατάσταση. Συνήθως αυτού του τύπου οι αντιδραστήρες ακολουθούνται από μια δεξαμενή καθίζησης, από την οποία το υγρό που υπερχειλίζει αποτελεί το επεξεργασμένο απόβλητο.

Ένας αντιδραστήρας ασυνεχούς τροφοδότησης και διαδοχικά επαναλαμβανόμενων λειτουργικών κύκλων τροφοδοτείται κατά διαστήματα και η ανάδευση δεν είναι συνεχής αλλά διακρίνουμε περιόδους ανάδευσης ή ανάδευσης – αερισμού (κατά τη διάρκεια των οποίων γίνεται μετατροπή του οργανικού υλικού) και περιόδους μη ανάδευσης κατά της διάρκεια των οποίων γίνεται διαχωρισμός των αιωρούμενων στερεών μικτού υγρού στον πυθμένα και ενός διαυγασμένου υπερκείμενου υγρού, που λαμβάνεται στο τέλος των ήρεμων συνθηκών και αποτελεί το επεξεργασμένο απόβλητο. Κατά τη διάρκεια της περιόδους ανάδευσης γίνεται μετατροπή οργανι-



κού υλικού με τη βοήθεια των μικροοργανισμών που υπήρχαν στον αντιδραστήρα πριν την τροφοδότηση με νέα απόβλητα. Οι αντιδραστήρες διακοπτόμενης τροφοδότησης παρουσιάζουν σημαντική ευελιξία και ενδείκνυνται σε περιπτώσεις όπου παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις στην παροχή των επεξεργασμένων αποβλήτων. Η λειτουργία των αντιδραστήρων αυτών ακολουθούν μια σειρά από στάδια και για αυτό ονομάζονται αντιδραστήρες διαδοχικών σταδίων και διακοπτόμενης τροφοδότησης (SBRs).

### **3.2.3. Αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας**

Διακρίνονται τρεις κυρίως τύποι αντιδραστήρων προσκολλημένης βιομάζας:

#### **i. Με σταθερό πληρωτικό υλικό:**

Αντιδραστήρες με σταθερό πληρωτικό υλικό η βιομάζα αναπτύσσεται στην επιφάνεια ενός πληρωτικού υλικού που δεν μετατοπίζεται σε διάφορες χρονικές στιγμές. Το πληρωτικό υλικό ενδέχεται να βρίσκεται πάνω από τη στάθμη των υγρών αποβλήτων, κάτω από τη στάθμη τους (βυθισμένο πληρωτικό υλικό) ή απλώς το απόβλητο απλά να έρχεται σε επαφή με το υλικό καθώς διέρχεται από τον αντιδραστήρα. Σε αερόβιους αντιδραστήρες με μη βυθισμένο πληρωτικό υλικό τα υγρά απόβλητα τροφοδοτούνται σε κάθε συγκεκριμένη θέση κατά διαστήματα και ρέουν υπό μορφή λεπτού υγρού φυλμ σε επαφή με το στρώμα της βιομάζας που έχει διαμορφωθεί στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού. Αν δεν γίνεται ανακυκλοφορία της εκροής παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση του βιοχημικού περιβάλλοντος και της φυσιολογίας των μικροοργανισμών κατά την έννοια του βάθους της κλίνης του πληρωτικού υλικού. Αν γίνεται ανακυκλοφορία περιορίζονται οι παραπάνω διαφοροποιήσεις. Καθώς αυξάνεται η ανακυκλοφορία αυξάνεται και η ταχύτητα καθοδικής ροής του υγρού και παρατηρείται εντονότερη αποκοπή καθώς και μεγαλύτερος συμπαρασυρμός βιομάζας. Η λειτουργία του αντιδραστήρα εξαρτάται σημαντικά από τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η ανακυκλοφορία του ρεύματος της εκροής. Αν γίνεται ανακυκλοφορία απ' ευθείας από το ρεύμα της ολικής εκροής τότε πρόκειται για ένα σύστημα επεξεργασίας όπου εμπλέκονται μηχανισμοί τόσο προσκολλημένης όσο και αιωρούμενης βιομάζας. Αν παρεμβάλλεται δεξαμενή καθίζησης για κατακράτηση της βιομάζας και η ανακυκλοφορία γίνεται από το ρεύμα της διαυγασμένης εκροής τότε πρόκειται για λειτουργία ενός συστήματος επεξεργασίας όπου χρησιμοποιείται μόνο προσκολλημένη βιομάζα. Σε αναερόβιους αντιδραστήρες το πληρωτικό υλικό είναι πάντα βυθισμένο και η ροή των υγρών αποβλήτων είναι είτε από κάτω προς τα πάνω (ανοδική) είτε από πάνω προς τα κάτω (καθοδική).

#### **ii. Με περιστρεφόμενο μέσο επαφής :**

Είναι είτε αντιδραστήρες με περιστρεφόμενους βιοδίσκους είτε αντιδραστήρες με διάφορα μέσα επαφής, τα οποία είναι τοποθετημένα έτσι ώστε να διαμορφώνονται κυλινδρικές διατάξεις. Στους αντιδραστήρες αυτούς η βιομάζα αναπτύσσεται στην επιφάνεια λεπτών δίσκων ή στην επιφάνεια του μέσου επαφής. Οι δίσκοι ή οι κυλινδρικοί τομείς στηρίζονται σε έναν οριζόντιο άξονα. Κατά τη διάρκεια μιας πλήρους περιστροφής κάθε στοιχειώδους επιφάνεια είναι επί ένα ποσοστό του χρόνου βυθισμένη στο μικτό υγρό (το οποίο βρίσκεται σε μια ημικυλινδρική σκάφη) και κατά το υπόλοιπο ποσοστό του χρόνου εκτός του υγρού (σε επαφή με τον ατμοσφαι-

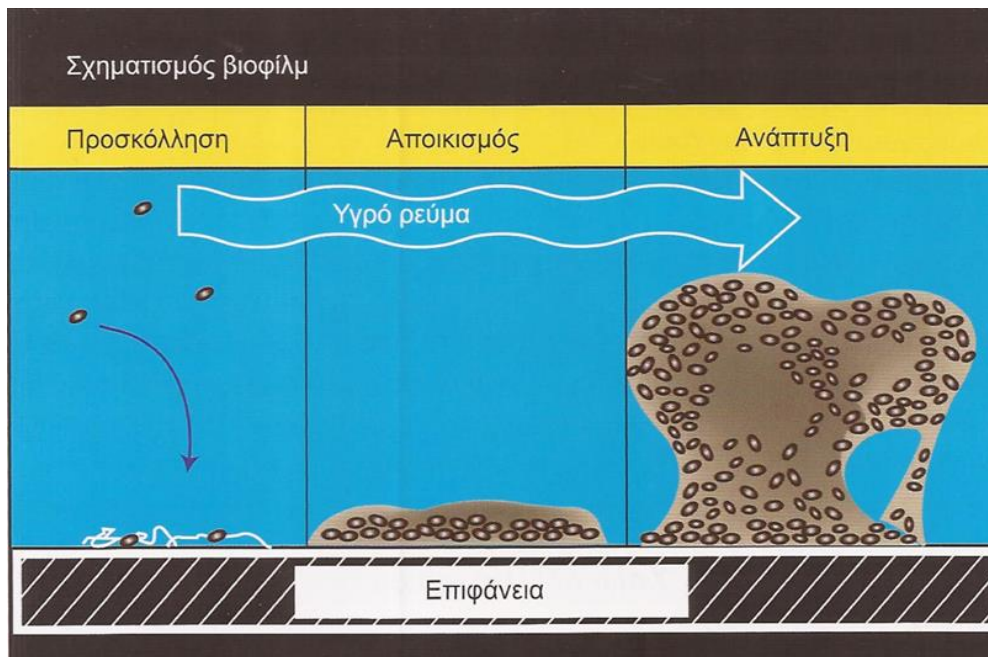
ρικό αέρα). Έτσι οι μικροοργανισμοί εκτίθενται διαδοχικά σε περιβάλλον όπου υπάρχει οργανικό υλικό προς αποδόμηση και σε περιβάλλον όπου υπάρχει οξυγόνο προς διαλυτοποίηση και χρησιμοποίηση. Επίσης η περιστροφή διαμορφώνει συνθήκες ελαφριάς ανάμιξης στο μικτό υγρό που διευκολύνει τη διαλυτοποίηση ατμοσφαιρικού οξυγόνου.

### iii. Αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης:

Οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται προσκολλημένοι πάνω στην επιφάνεια μικρών στερεών σωματιδίων (π.χ. κόκκοι άμμου) τα οποία παραμένουν σε ρευστοποίηση λόγω της κατάλληλης ανοδικής ταχύτητας που επιβάλλεται. Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα από τέτοιους αντιδραστήρες περιέχουν μικρή συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών. Στερεά σωματίδια πάνω στα οποία έχει αναπτυχθεί μεγάλο πάχος στρώματος βιομάζας αποκτούν μικρότερο μέσο ειδικό βάρος και συμπαρασύρονται στην εκροή αλλά στη συνέχεια κατακρατούνται σε δεξαμενή καθίζησης και η επιστροφή τους στον αντιδραστήρα γίνεται μετά από κατάλληλη πλύση τους για αφαίρεση της προσκολλημένης βιομάζας. Έτσι η περίσσεια βιομάζας που αφαιρείται λαμβάνεται από το ρεύμα που αντιστοιχεί στην παραπάνω πλύση των στερεών σωματιδίων. Σημειώνεται ότι προκειμένου να επιτυγχάνονται κατάλληλες ταχύτητες ρευστοποίησης απαιτείται σημαντική ανακυκλοφορία και έτσι ένα τέτοιο σύστημα τείνει να παρουσιάζει χαρακτηριστικά συστήματος πλήρους ανάμιξης (Παρασκάκη, 2013, Λώλη, 2006).

### **3.2.4. Το βιοφίλμ**

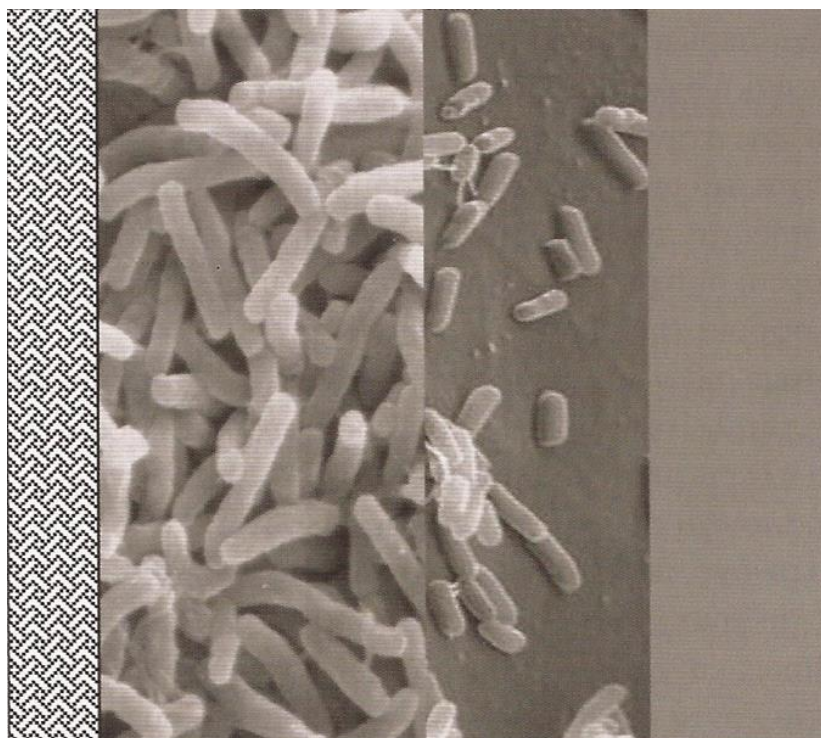
Ο όρος βιοφίλμ χρησιμοποιείται για να περιγράψουμε ένα πληθυσμό πολλών αλληλοεξαρτώμενων μικροοργανισμών διαφόρων ειδών, πολλά από τα οποία είναι δύσκολο ή αδύνατο να απομονώσουμε χρησιμοποιώντας τυπικές κλινικές εργαστηριακές τεχνικές. Ο σχηματισμός του βιοφίλμ ξεκινά με την προσκόλληση διαφόρων μικροοργανισμών σε μία (υγρή) επιφάνεια. Αρχικά σχηματίζεται μια μικρή αποικία βακτηρίων, η οποία σταδιακά αναπτύσσεται και μεταβάλλεται σε μέγεθος και μορφή.



**Εικόνα 3.2.4.1: σχηματική παράσταση σχηματισμού βιοφίλμ (Λυμπεράτος, 2012)**

Στη διεργασία προσκολλημένης βιομάζας το βιοφίλμ που αποτελείται από μικροοργανισμούς, σωματιδιακό υλικό και εξωκυτταρικά πολυμερή, προσκολλάται σε όλη την επιφάνεια του πληρωτικού υλικού και καθώς το απόβλητο ρέει στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού, το οργανικό υπόστρωμα που περιέχεται στο απόβλητο απομακρύνεται μέσω της προσρόφησης, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2.4.1. Το αποτέλεσμα είναι η απομάκρυνση των βιοαποδομήσιμων οργανικών ουσιών, των αιωρούμενων στερεών καθώς και θρεπτικών ουσιών αζώτου και η ανάπτυξη της βιομάζας πάνω στην επιφάνεια των φίλτρων με τη μορφή βιολογικής μεμβράνης (ή αλλιώς βιοφίλμ). Το απόβλητο που απομακρύνεται από την πρωτοβάθμια καθίζηση, κατανέμεται ομοιόμορφα στην μία άκρη του βιόφιλτρου, ενώ για τις διάφορες βιοχημικές αντιδράσεις χρησιμοποιείται το οξυγόνο του αέρα, που παρέχεται είτε με φυσική ροή είτε με φυσητήρες.

Στα βιολογικά φίλτρα μεγάλης φόρτισης ο χρόνος παραμονής του αποβλήτου μέσα στο φίλτρο είναι σχετικά μικρός και μέσα στο χρόνο αυτό πρέπει να γίνει η προσρόφηση του οργανικού υποστρώματος από το βιοφίλμ. Η ανάπτυξη του βιοφίλμ (ή αλλιώς βιολογικού υμένα) εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα θρεπτικού υλικού και συνεχίζεται με την αύξηση του οργανικού φορτίου, μέχρι να επιτευχθεί ένα μέγιστο πάχος. Το πάχος αυτό εξαρτάται από διάφορους φυσικούς παράγοντες όπως η επιφανειακή φόρτιση του φίλτρου, το είδος του πληρωτικού υλικού και τη φύση των μικροοργανισμών που απαρτίζουν το βιολογικό στρώμα.



**Εικόνα 3.2.4.2. : σχηματική αναπαράσταση μεταφοράς θρεπτικών, από το υγρό ρεύμα στο βιοφίλμ (Λυμπεράτος, 2012)**

Το πάχος του βιοφίλμ μπορεί να φτάσει και τα 10mm ,από τα οποία στο εξωτερικό τμήμα (0,1 έως 2mm) επικρατούν αερόβιες συνθήκες , ενώ στο εσωτερικό επικρατούν αναερόβιες συνθήκες ,αφού το οξυγόνο καταναλώνεται στην επιφάνεια του βιοφίλμ. Καθώς τα βακτήρια πολλαπλασιάζονται με την κατανάλωση του οργανικού υποστρώματος , το πάχος του βιοφίλμ αυξάνεται ,οπότε το υπόστρωμα καταναλώνεται χωρίς να προλαβαίνει να προσροφηθεί σε όλο το βάθος του βιολογικού υμένα (εικόνα 3.5.2.). Έτσι τα βακτήρια στην επιφάνεια εισέρχονται στην φάση της ενδογενούς αναπνοής και χάνουν την ικανότητα να προσκολλώνται σε αυτό, οπότε παρατηρείται το φαινόμενο της περιοδικής αποκόλλησης του βιοφίλμ.

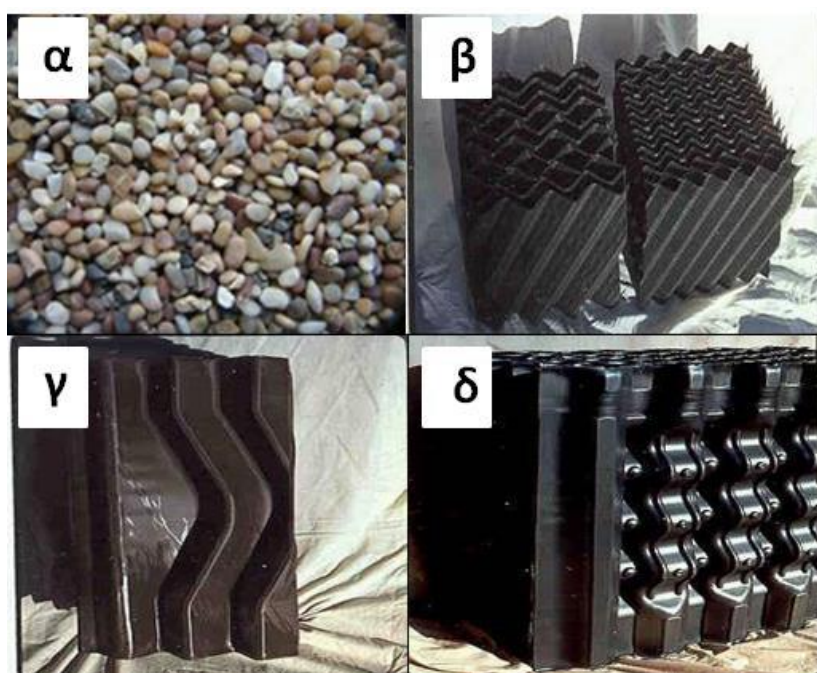
Η αποκόλληση του βιοφίλμ εξαρτάται από την επιφανειακή φόρτιση του φίλτρου και από το οργανικό φορτίο του (BOD) του αποβλήτου ,που καθορίζει την ταχύτητα κατανάλωσης του υποστρώματος. Επίσης, ο μηχανισμός αποκόλλησης εξαρτάται από το είδος του πληρωτικού υλικού. Πιο συγκεκριμένα ,στα φίλτρα με πλαστικό πληρωτικό υλικό η αποκόλληση είναι συνεχής και μικρής κλίμακας και οφείλεται στις ταχύτητες αποκόλλησης που προσδίδονται στο υγρό απόβλητο λόγω της μεγάλης επιφανειακής φόρτισης. Στα φίλτρα με πληρωτικό υλικό από πέτρα, η αποκόλληση είναι μεγάλης κλίμακας κάτι το οποίο συμβαίνει κυρίως την άνοιξη στις εύκρατες ζώνες και οφείλεται κυρίως στις νύμφες εντόμων που δραστηριοποιούνται στις υψηλές θερμοκρασίες, αφού αυτές καταναλώνουν το υπόστρωμα του αποβλή-

του, οπότε γίνεται αποκόλληση του βιοφίλμ που έχει συσσωρευτεί. Όταν συμβαίνει αυτό το απόβλητο στην έξοδο παρουσιάζει παροδικά αυξημένο BOD και TSS, ίσως και σε μεγαλύτερες τιμές από την είσοδο. Η συσσώρευση πρόσθετης βιομάζας σε αναερόβιες συνθήκες ελαττώνει την απόδοση, επομένως η συνεχής και ομοιόμορφη αποκόλληση μέρους του βιοφίλμ είναι ένδειξη ομαλής λειτουργίας του βιολογικού φίλτρου.

### **3.2.5. Το πληρωτικό υλικό**

Το πληρωτικό υλικό παίζει σημαντικό ρόλο και έχει δοκιμαστεί πληθώρα υλικών, με πιο κοινά τα χαλίκια και την άμμο. Επειδή όμως η άμμος μπορεί να αποδειχτεί ακριβή ή μη διαθέσιμη σε κάποιες περιοχές, εξετάζονται και άλλα μέσα. Κάποια από αυτά είναι κονιορτοποιημένο ή τεμαχισμένο γυαλί, τύρφη, κονιορτοποιημένα ορυκτά, κύβοι πολυουρεθάνης, φύλλα πολυστυρενίου, κύβοι πετροβάμβακα, ακόμα και πλαστικά καπάκια μπουκαλιών. Τα πιο συνηθισμένα είδη πληρωτικού υλικού από πλαστικό είναι τα πλαστικά τεμάχια τυχαίας διευθέτησης, οι πλήρως ανάγλυφες κάθετες δέσμες, οι ημιανάγλυφες κάθετες δέσμες και οι δέσμες κάθετης ροής. Τα φύλλα του πλαστικού που απαρτίζουν τις δέσμες μπορεί να είναι ανάγλυφα ή μη και τοποθετούνται παράλληλα με κατάλληλο προσανατολισμό ώστε να ρυθμίζουν τη ροή του αποβλήτου μέσα από αυτά. Οι ημιανάγλυφες δέσμες σχηματίζονται με τοποθέτηση ανάγλυφων και επίπεδων φύλλων εναλλάξ. Οι ημιανάγλυφες δέσμες έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στα βιολογικά φίλτρα, ενώ από τα τέλη της δεκαετίας του '50 μέχρι τις αρχές του '80 χρησιμοποιούνται περισσότερο οι πλήρως ανάγλυφες δέσμες κάθετης ροής. Έκτοτε στις περισσότερες εφαρμογές τοποθετούνται δέσμες κάθετης ροής, ενώ οι πλήρως ανάγλυφες κάθετες δέσμες χρησιμοποιούνται περισσότερο για ισχυρά απόβλητα.

Το πληρωτικό υλικό τοποθετείται κυρίως σε κυλινδρικές δεξαμενές, υπαίθριες και ανοικτές, αποτελεί το μέσο αναχαίτισης των στερεών, διαχωρισμού υγρού – στερεού και φέρει το βιοφίλμ. Τα χαρακτηριστικά του μέσου επαφής του φίλτρου έχουν μεγάλο αντίκτυπο στην απόδοση της επεξεργασίας, ενώ παράλληλα καθορίζουν την αρχική κατασκευαστική επένδυση και το λειτουργικό κόστος. Το απόβλητο που διέρχεται από το φίλτρο μπορεί προαιρετικά να υποστεί και δευτεροβάθμια καθίζηση. Τα διάφορα πληρωτικά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε τέτοιου τύπου φίλτρα, φαίνονται στην εικόνα 3.2.5.1.



**Εικόνα 3.2.5.1. : Τυπικά πληρωτικά υλικά για χαλικοδιυλιστήρια: (α) χαλίκια, (β) πλαστικά διάταξης σταυρωτής ροής, (γ) και (δ) πλαστικά διάταξης κατακόρυφης ροής (Μιχαηλίδης, 2015)**

Η σταδιακή αντικατάσταση του πληρωτικού υλικού από πέτρα που χρησιμοποιήθηκε αρχικά στα βιολογικά φίλτρα, ή και από ξύλο που χρησιμοποιήθηκε σε μικρότερη κλίμακα, από συνθετικό υλικό, έχει επεκτείνει σημαντικά τις δυνατότητες των βιολογικών φίλτρων και επιτρέπει την επεξεργασία αποβλήτων με μεγαλύτερη επιφανειακή και οργανική φόρτιση. Τα πλαστικά πληρωτικά υλικά, λόγω του ειδικού σχεδιασμού τους, μπορούν να φτάσουν σε πολύ μεγάλες τιμές ειδικής επιφάνειας ( $900-1000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ), διατηρώντας ταυτόχρονα πολύ μεγάλα διάκενα (85-95%).

Οι πιο σημαντικές παράμετροι που καθορίζουν τις ιδιότητες του πλαστικού πληρωτικού υλικού είναι η ειδική επιφάνειά του, το πορώδες και το είδος του ανάγλυφου και του προσανατολισμού της επιφάνειας των πλαστικών φύλλων. Η ειδική επιφάνεια ορίζεται ως η επιφάνεια ανά μονάδα όγκου ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ ), ενώ το πορώδες ( $\epsilon$ , αδιάστατο  $0 < \epsilon < 1$ ) είναι το ποσοστό κενού χώρου του συνολικού όγκου ή ο όγκος του κενού χώρου προς το συνολικό όγκο του πληρωτικού υλικού. Η αυξημένη ειδική επιφάνεια επιτρέπει την ανάπτυξη μεγαλύτερης μάζας βιοφίλμ ανά μονάδα όγκου πληρωτικού υλικού, ενώ το αυξημένο πορώδες επιτρέπει την διέλευση μεγαλύτερης ποσότητας υγρού, άρα την επεξεργασία αποβλήτου με εφαρμογή μεγαλύτερης επιφανειακής φόρτισης στο φίλτρο. Το βέλτιστο εύρος τιμών της ειδικής επιφάνειας κυμαίνεται μεταξύ  $88$  και  $105 \text{ m}^2/\text{m}^3$  (Metcalf & Eddy, 2003).

### **3.2.6. Επίδραση θερμοκρασίας**

Η παράμετρος που επηρεάζει περισσότερο την απόδοση του φίλτρου είναι η θερμοκρασία του αποβλήτου και λιγότερο η θερμοκρασία του αέρα. Συνήθως όταν ένα



φίλτρο δεν γίνεται αποδέκτης ομβρίων υδάτων και υδάτων από την τήξη του χιονιού, δεν εμφανίζει θερμοκρασιακές διαφορές μεγαλύτερες από 3°C ημερησίως και 5 έως 7 °C ετησίως (Βλυσίδης, 2007). Η θερμοκρασία του αποβλήτου σε ένα φίλτρο σε ψυχρά κλίματα κυμαίνεται μεταξύ 5 και 24 °C, ενώ σε θερμά κλίματα μεταξύ 15 και 30 °C. Η επίδραση της θερμοκρασίας του αποβλήτου στην απόδοση ενός βιολογικού φίλτρου έχει εκφραστεί ποσοτικά βάσει της εξής σχέσης:

$$E_t = E_{20} * \theta^{t-20} ,$$

$E_t$  : απόδοση φίλτρου σε θερμοκρασία  $t$  ,

$E_{20}$ : απόδοση φίλτρου στους 20°C ,  $t$ : θερμοκρασία αποβλήτου ,

$\theta$ : σταθερά που συνήθως είναι ίση με 1,035 και κυμαίνεται από 1,015 έως 1,045

### **3.2.7. Απόδοση της μεθόδου προσκολλημένης βιομάζας**

Τα συστήματα προσκολλημένης βιομάζας είναι ιδιαίτερα αποδοτικά στην απομάκρυνση ρυπαντών, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα. Το σημαντικότερο πλεονέκτημά τους είναι ότι μπορούν να διατηρούν υψηλά επίπεδα ποιότητας εκροής , ακόμα και σε περιπτώσεις υδραυλικών υπερφορτίσεων ή ακόμα και μετά από παρατεταμένες περιόδους με ελάχιστη παροχή, χωρίς να απαιτούν τον ίδιο βαθμό παρακολούθησης και συντήρησης με τα συστήματα αιωρούμενης βιομάζας. Ο ρυθμός απομάκρυνσης του BOD είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης BOD του αποβλήτου και της προσροφητικής ικανότητας του βιολογικού υποστρώματος. Ο ρυθμός σταθεροποίησης των προσροφημένων οργανικών ουσιών καθορίζει και την προσροφητική ικανότητα του βιοφίλμ. Ο χρόνος παραμονής του αποβλήτου στο βιολογικό φίλτρο είναι μια έμμεση παράμετρος καθορισμού της απόδοσης , δεν επηρεάζει το ρυθμό κατανάλωσης του υποστρώματος, προσδιορίζει όμως το βαθμό ολοκλήρωσης της αντίδρασης μέσα στο διαθέσιμο χρόνο επαφής του υγρού αποβλήτου με το πληρωτικό υλικό.

Το ποσοστό απομάκρυνσης του BOD αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης BOD του εισερχόμενου αποβλήτου. Υπάρχουν όμως κάποια μέγιστα όρια στο ποσοστό του BOD που είναι δυνατό να απομακρυνθεί από ένα βιολογικό φίλτρο. Ο ρυθμός απομάκρυνσης των αιωρούμενων σωματιδίων από τα απόβλητα είναι πολύ μεγαλύτερος από τον ρυθμό απομάκρυνσης των διαλυμένων συστατικών. Το γεγονός αυτό πιθανώς οφείλεται στο ότι ένα μέρος αυτών απομακρύνεται με βιολογική κροκίδωση και όχι με οξείδωση και παράλληλο σχηματισμό νέων κυττάρων μικροοργανισμών.

Τα βιολογικά φίλτρα μειώνουν το οργανικό υπόστρωμα ενός αποβλήτου μέχρι ένα ορισμένο ποσοστό και στην συνέχεια η απομάκρυνση του υπόλοιπου κλάσματος γίνεται με μεγάλη δυσκολία. Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι όταν η απομάκρυνση του BOD φτάσει το 90% ,τότε ο ρυθμός κατανάλωσης του υποστρώματος μειώνεται, αφού πέρα από το σημείο αυτό οι μικροοργανισμοί του βιολογικού υποστρώματος φτάνουν στην φάση της αυτοοξείδωσης ,της οποίας τα παραπροϊόντα απομακρύνονται μαζί με το επεξεργασμένο απόβλητο. Πέρα από το σημείο αυτό στο φίλτρο δεν γίνεται πλέον επεξεργασία του υγρού αποβλήτου.

Με τους κατάλληλους σχεδιασμούς ,τα βιολογικά φίλτρα έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε πολυάριθμες εφαρμογές. Τυπικές εφαρμογές ,λειτουργικές φορτίσεις και ποιότητα εκροής συνοψίζονται στον πίνακα 3.2.7.1.

**Πίνακας 3.2.7.1. : εφαρμογές βιολογικού φίλτρου, φορτίσεις και ποιότητα εκροής (Metcald & Eddy, 2003)**

Εφαρμογή	Φορτίσεις		Ποιότητα εκροής	
	Μονάδα	Φάσμα	Μονάδα	Φάσμα
Δευτεροβάθμια επεξεργασίας	Kg BOD/m <sup>3</sup> *day	0,3 – 1	BOD ,mg/l	15 – 30
			TSS ,mg/l	15 – 30
Απομάκρυνση συνδυασμένου BOD και νιτροποίηση	Kg BOD/m <sup>3</sup> *day	0,1 – 0,3	BOD ,mg/l	<10
	gr TKN/m <sup>2</sup> *day	0,2 – 1	NH <sub>4</sub> -N ,mg/l	<3
Τριτοβάθμια νιτροποίηση	gr NH <sub>4</sub> -N/m <sup>2</sup> *day	0,5 – 2,5	NH <sub>4</sub> -N ,mg/l	0,5 – 3
Μερική απομάκρυνση BOD	Kg BOD/m <sup>3</sup> *day	1,5 – 4	BOD ,% απομάκρυνσης	40 – 70

#### **4. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΛΙΝΗΣ, ΣΤΑΛΑΓΜΑΤΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ (ΧΑΛΙΚΟΛΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ)**

Η διεργασία που μελετάται στην παρούσα εργασία είναι η μέθοδος επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων με χρήση βιοφίλτρων προσκολλημένης βιομάζας σταθερής κλίνης – σταλαγματικά φίλτρα ή χαλκοδιυλιστήρια, με εφαρμογή αερισμού και μερικής ανακυκλοφορίας.

##### **4.1. Αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας σταθερής κλίνης**

Στα συστήματα αυτού του τύπου διακρίνονται δύο βασικές κατηγορίες, συστήματα με μη πλημμυρισμένο πληρωτικό υλικό και συστήματα με πλημμυρισμένο πληρωτικό υλικό. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται σταλαγματικό φίλτρο με μη πλημμυρισμένο πληρωτικό υλικό.

Στα σύγχρονα συστήματα σταθερής κλίνης με συνθετικά πληρωτικά υλικά, η επεξεργασία επιτυγχάνεται από μια σημαντικά περισσότερο πολυποίκλη μικροβιακή οικολογία (είδη και αριθμούς) εξαπλωμένη σε πολλά περισσότερα τροφικά επίπεδα, σε σύγκριση με τα συστήματα αιωρούμενης βιομάζας. Η ποικιλία των μικροοργανισμών έχει ως συνέπεια τα συστήματα να λειτουργούν υπό βέλτιστες συνθήκες απόδοσης σε ελάχιστο χρόνο από την έναρξη της λειτουργίας τους ή ακόμα και μετά από περιόδους με ελάχιστη ή μηδενική εισροή.



Επιπλέον η απομάκρυνση των ρυπαντών πραγματοποιείται με φυσικές και χημικές διεργασίες, με συνέπεια τα συστήματα αυτά να μπορούν να δεχθούν κυμαινόμενα φορτία, χωρίς καμία επίπτωση στην ποιότητα εκροής, συμπεριλαμβανομένων των φορτίσεων σοκ, καθιστώντας τα ιδανικά για επεξεργασία λυμάτων εποχιακών δραστηριοτήτων, όπως π.χ. οι τουριστικές μονάδες.

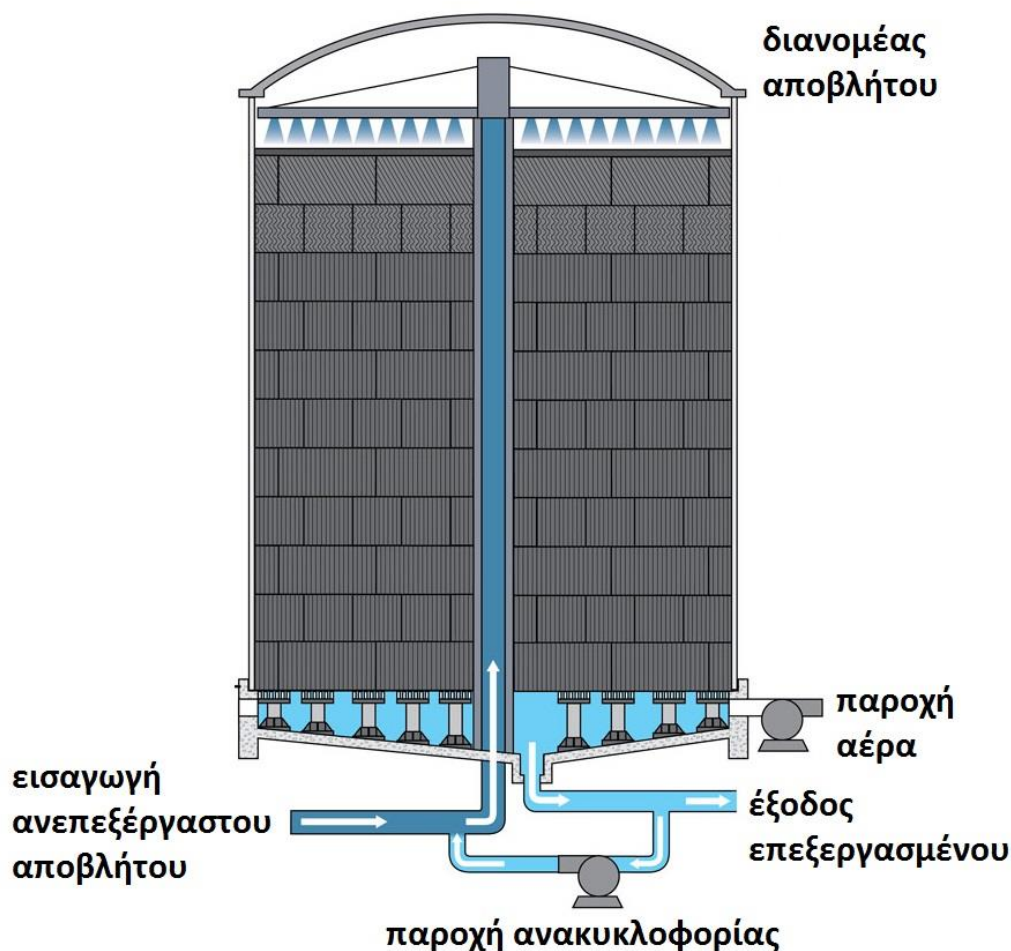
Ο ρυθμός φόρτισης ρυθμίζει το πάχος αυτής της μεμβράνης των μικροοργανισμών, που σε περιοδικά διαστήματα μπορεί να αποκολλάται και να καθιζάνει στον πυθμένα του φίλτρου. Τα συστήματα σταθερής κλίνης σχεδιάζονται για τον περιορισμό της κυτταρικής ανάπτυξης με τον έλεγχο του ρυθμού οργανικής φόρτισης και με τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την επικράτηση ενδογενούς αναπνοής. Η διαχείριση της λάσπης για τέτοιου τύπου συστήματα, ιδιαίτερα για εκείνα που έχουν σύγχρονα πληρωτικά υλικά, δεν είναι χρονικά κρίσιμη. Η περισσότερη από τη λάσπη διατηρείται στη σηπτική δεξαμενή προεπεξεργασίας. Η υπόλοιπη λάσπη απλά απομακρύνεται κατά τον καθαρισμό της κλίνης, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για την ύπαρξη δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης.

Στη βάση της κλίνης του πληρωτικού υλικού υπάρχει σύστημα συλλογής της εκροής, που ανάλογα με το σχεδιασμό του συστήματος και τις απαιτήσεις επεξεργασίας μπορεί να επανακυκλοφορήσει στην εισροή του φίλτρου ή να αναμειχθεί με τα περιεχόμενα της δεξαμενής πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, ευνοώντας έτσι την απονιτροποίηση, λόγω του αναερόβιου περιβάλλοντος στη δεξαμενή πρωτοβάθμιας επεξεργασίας. Εναλλακτικά, η εκροή μπορεί να οδηγηθεί προς περαιτέρω επεξεργασία, επαναχρησιμοποίηση ή τελική διάθεση. Η παροχή των λυμάτων προς τα φίλτρα είναι συνάρτηση του βαθμού πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, του πορώδους του πληρωτικού υλικού καθώς και του βαθμού ανακυκλοφορίας.

Τα σύγχρονα συστήματα σταθερής κλίνης με συνθετικά πληρωτικά υλικά, δεν εξαρτώνται από την παροχή ενέργειας ή από ρυθμίσεις στις λειτουργικές συνθήκες για να διατηρήσουν την αποδοτικότητα της διεργασίας. Οι αντλίες απλά χρησιμοποιούνται για την κίνηση των λυμάτων στο σύστημα και λειτουργούν μόνο όταν απαιτείται, με αποτέλεσμα την μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μικροοργανισμοί που απαντώνται στα λύματα προσκολλώνται και αναπτύσσονται στην επιφάνεια και τους πόρους της κλίνης, σε αριθμούς παρόμοιους με αυτούς που συναντώνται σε φυσικά συστήματα (Τσώνης, 2004).

## **4.2. Σταλαγματικό φίλτρο (trickling filter)**

Τα σταλαγματικά φίλτρα (trickling filters) είναι αερόβιες διατάξεις μη πλημμυρισμένου πληρωτικού υλικού που χρησιμοποιούνται κυρίως για τη δευτεροβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων και άλλων υγρών αποβλήτων. Στην εικόνα 4.2.1. δίνεται το σκαρίφημα ενός σταλαγματικού φίλτρου, με κύρια μέρη το σύστημα αποστράγγισης, από όπου εκλύεται το επεξεργασμένο απόβλητο (filter effluent), το πληρωτικό υλικό (media) και ο περιστρεφόμενος βραχίονας διανομής των τροφοδοτούμενων λυμάτων (rotating influent distributor).



**Εικόνα 4.2.1. : τομή τυπικού φίλτρου προσκολλημένης βιομάζας με ανακυκλοφορία και αερισμό ([www.brentwoodindustries.com](http://www.brentwoodindustries.com))**

### **4.3. Βασικές αρχές λειτουργίας και σχεδιασμού σταλαγματικού φίλτρου**

#### **4.3.1. Ύψος φίλτρου**

Το μικρό βάρος των πλαστικών μονάδων πληρωτικού υλικού επιτρέπει την αύξηση του βάθους του βιολογικού πύργου χωρίς να προκύπτουν προβλήματα σημαντικής φόρτισης στην περιοχή του πυθμένα. Το βάθος του πληρωτικού υλικού σε σταλαγματικά φίλτρα με χαλίκια είναι περίπου 2 μέτρα, φτάνουν μέχρι και τα 2.4 μέτρα, κι αυτό γιατί όταν εφαρμόζεται φυσικός αερισμός το μεγάλο βάθος εμποδίζει την ικανοποιητική μεταφορά οξυγόνου που απαιτείται για την αερόβια μικροβιακή διάσπαση των ρύπων. Στην περίπτωση που μπορεί να εφαρμοστεί μηχανικός αερισμός, φίλτρα με πέτρα ως πληρωτικό υλικό μπορούν να φτάσουν μέχρι και τα 4.9 μέτρα. Όταν χρησιμοποιούνται στοιχεία από πλαστικό υλικό, που τοποθετούνται χύδην τότε είναι δυνατόν να σχεδιάζονται φίλτρα με μεγαλύτερα βάθη. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται τυποποιημένες πλαστικές μονάδες πληρωτικού υλικού, το βάθος του βιολογικού πύργου μπορεί να φτάσει τα 12 μέτρα, τυπικά κυμαίνονται από 5 έως 8 μέτρα. Ο περιορισμός αυτός δεν σχετίζεται τόσο με την απόδοση της

βιολογικής οξείδωσης αλλά κυρίως με πρακτικούς λόγους ,δηλαδή τις τεχνικές δυσκολίες που μπορεί να προκύπτουν από φίλτρα μεγαλύτερου από 12 μέτρα ύψους. Το πλεονέκτημα της αύξησης του βάθους ενός φίλτρου είναι ότι μειώνεται η ελάχιστη παροχή αποβλήτου που απαιτείται για να υπάρξει η επιθυμητή απόδοση διαβροχής του βιοφίλμ. Η αύξηση του βάθους επίσης μειώνει το λειτουργικό κόστος , καθώς απαιτείται μικρότερο ποσοστό ανακυκλοφορίας για να υπάρξει η επιθυμητή απόδοση διαβροχής. Το μεγάλο βάθος, όμως, μπορεί να προκαλέσει έλλειψη οξυγόνου, σε περίπτωση κυρίως που το απόβλητο έχει μεγάλο οργανικό φορτίο, και η έλλειψη οξυγόνου προκαλεί δυσοσμίες. Έχει παρατηρηθεί ότι αύξηση του βάθους ενός φίλτρου αυξάνει την απόδοση του φίλτρου.

#### **4.3.2. Τροφοδότηση και απομάκρυνση των λυμάτων**

Η τροφοδότηση των λυμάτων στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού γίνεται με περιστροφικό διανομέα όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.3.2.1. Η εκροή των λυμάτων, αν γίνεται με κατάλληλη ορμή, προκαλεί προώθηση και περιστροφική κίνηση του βραχίονα. Αν η ορμή δεν είναι αρκετή, τότε η κίνηση του διανομέα γίνεται με ηλεκτρικό κινητήρα.



**Εικόνα 4.3.2.1. : περιστρεφόμενος διανομέας λύματος (www.euromarket.com.gr, 2016)**

Το στραγγιστήριο του πυθμένα σχεδιάζεται ώστε να επιτυγχάνονται δύο στόχοι. Ο πρώτος είναι η ελεύθερη εκροή των επεξεργασμένων λυμάτων και ο δεύτερος είναι η ανεμπόδιστη κυκλοφορία του αέρα μέσω των διάκενων του πληρωτικού υλικού. Στην περίπτωση που το πληρωτικό υλικό είναι χαλίκια χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένα στοιχεία τα οποία τοποθετούνται στο δάπεδο του πυθμένα και διαμορφώνουν το σύστημα στράγγισης. Τα στοιχεία αυτά φέρουν κατάλληλες οπές τόσο για την εκροή της υγρής φάσης όσο και για την ανεμπόδιστη κυκλοφορία του ατμοσφαιρικού αέρα. Στην περίπτωση πλαστικού πληρωτικού υλικού που είναι τοποθετημένο χύδην χρησιμοποιούνται κατάλληλα στοιχεία στήριξης – στράγγισης

στον πυθμένα. Όταν χρησιμοποιούνται πλαστικές μονάδες πληρωτικού υλικού το στραγγιστήριο του πυθμένα αποτελείται από ένα δίκτυο από δοκούς και καδρόνια στήριξης.

### 4.3.3. Αερισμός βιολογικού φίλτρου

Ο επαρκής αερισμός ενός φίλτρου είναι βασικός παράγοντας για την αποδοτική λειτουργία του, αφού το οξυγόνο είναι απαραίτητο για την επικράτηση αερόβιων συνθηκών στο βιοφίλμ, όπου καταναλώνεται το οργανικό υπόστρωμα. Για το λόγο αυτό απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός ώστε να επιτρέπεται η κυκλοφορία του αέρα μέσα στο φίλτρο. Ο αερισμός σε φίλτρα με μικρό βάθος πληρωτικού υλικού γίνεται συνήθως με φυσική μεταφορά αέρα λόγω ρευμάτων κυκλοφορίας που επάγονται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των λυμάτων και του ατμοσφαιρικού αέρα. Όταν όμως το βάθος του φίλτρου γίνεται αρκετά μεγάλο τότε δεν επαρκεί η φυσική κυκλοφορία αέρα και επιβάλλεται τεχνητός αερισμός είτε με εμφύσηση είτε με αναρρόφηση ατμοσφαιρικού αέρα.

Η διαφορά πίεσης που οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αέρα που βρίσκεται στα διάκενα του πληρωτικού υλικού του φίλτρου και του εξωτερικού ατμοσφαιρικού αέρα δίνεται από την παρακάτω σχέση (Schroeder και Tchobanoglous, 1976).

$$\Delta P = 0,353 * \left( \frac{1}{T_{\alpha\tau\mu}} - \frac{1}{T_{\pi\sigma\rho}} \right) * h ,$$

$\Delta P$  = διαφορά πίεσης (m στήλης νερού),

$T_{\alpha\tau\mu}$  = θερμοκρασία ατμοσφαιρικού αέρα (Kelvin) ,

$T_{\pi\sigma\rho}$  = θερμοκρασία του αέρα στους πόρους του πληρωτικού υλικού (Kelvin)

$h$  = βάθος του φίλτρου (m)

Αν  $T_{\alpha\tau\mu} > T_{\pi\sigma\rho}$  τότε  $\Delta P < 0$  άρα η ροή του αέρα είναι προς τα κάτω,  $T_{\alpha\tau\mu} < T_{\pi\sigma\rho}$  τότε  $\Delta P > 0$  και η ροή του αέρα είναι προς τα πάνω. Αν  $T_{\alpha\tau\mu} = T_{\pi\sigma\rho}$  ή έστω αρκετά κοντά, τότε η διαφορά πίεσης είναι πολύ μικρή και αντίστοιχα και η κυκλοφορία του αέρα. Σε περίπτωση περιορισμένου αερισμού παρατηρούνται διάφορες οσμές.

Σχεδιαστικές τεχνικές για τη βελτίωση του αερισμού των φίλτρων είναι η χρήση σωλήνων μεγαλύτερης διαμέτρου στο σύστημα απαγωγής του αποβλήτου ώστε να μην γεμίζουν πάνω από το μισό και να επιτρέπουν τη διέλευση του αέρα, αλλά και η τοποθέτηση αγωγών στην περιφέρεια του φίλτρου και στα πλευρικά τοιχώματα του κοντά στο σύστημα απαγωγής του αέρα. Επίσης μπορεί να γίνει επέκταση των σωλήνων απαγωγής του αποβλήτου μέχρι τα πλευρικά τοιχώματα του φίλτρου, να τοποθετηθούν θύρες αερισμού με εσχарωτά καλύμματα στα άκρα του κεντρικού καναλιού συλλογής του αποβλήτου και η μεταφορά του αποβλήτου στη δεξαμενή καθίζησης να γίνεται μέσα από ανοιχτό κανάλι.

Οι κατασκευαστές συνθετικού πληρωτικού υλικού συνιστούν να γίνεται κατασκευή του φίλτρου έτσι ώστε να υπάρχει 0,1 m<sup>2</sup> επιφάνειας αερισμού για κάθε 3 έως 4,6 m περιφέρειας του φίλτρου για την επεξεργασία αστικών αποβλήτων και 1 έως 2 m<sup>2</sup> επιφάνειας αερισμού για κάθε 1000 m<sup>3</sup> πληρωτικού υλικού.

Όταν χρησιμοποιείται μηχανικό – ηλεκτρικό σύστημα αερισμού, το κόστος είναι μικρό σε σχέση με το όφελος που αποφέρει. Για την επεξεργασία παροχής αποβλήτου 3800 m<sup>3</sup>/day, για παράδειγμα, έχει υπολογιστεί ότι η απαιτούμενη ισχύς είναι μόλις 0,15 KW (WEF, 2000), ενώ η απαιτούμενη παροχή αέρα ανά μονάδα επιφάνειας

νειας διατομής του φίλτρου είναι κατά προσέγγιση  $0,3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ . Η παροχή του αέρα μπορεί να έχει φορά είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω.

Ο απαιτούμενος ρυθμός ροής αέρα ενός βιολογικού φίλτρου υπολογίζεται με βάση το ολικό BOD του εισερχόμενου απόβλητου και του διαλυτού BOD (SBOD) του εξερχόμενου αποβλήτου. Για τα φίλτρα που αποσκοπούν στη μείωση του BOD μόνο, θεωρείται ότι ο ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου είναι 5% ( $20 \text{ kg}$  οξυγόνου/  $\text{kg}$  BOD). Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου ρυθμού τροφοδοσίας οξυγόνου είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο του αποβλήτου (COD), αλλά επειδή αυτό είναι δύσκολο υπολογίζεται βάσει του BOD. Βάσει της παραδοχής ότι η απόδοση μεταφοράς οξυγόνου είναι 5% εκφράστηκε μια ποσοτική σχέση υπολογισμού της απαιτούμενης παροχής οξυγόνου (Dow Chemical Company, 1964), η οποία σχέση βασίστηκε σε υπολογισμούς σε φίλτρα με πλαστικό πληρωτικό υλικό και είναι η εξής :

$$R_o = \left( \frac{20 \text{ kg}}{\text{kg BOD}} \right) * (0,80 * e^{-9 * L_B} + 1,2 * e^{-0,17 * L_B}) * (PF),$$

$$R_o: \text{παροχή οξυγόνου}, \left( \frac{\text{kg O}_2}{\text{kg BOD}} \right),$$

$$L_B: \text{οργανική φόρτιση του φίλτρου} \left( \frac{\text{kg BOD}}{\text{m}^3 * \text{day}} \right),$$

PF: δείκτης φόρτισης, αποκτά μέγιστη τιμή όταν η φόρτιση είναι μέτρια

#### 4.3.4. Ανακυκλοφορία

Στα περισσότερα φίλτρα η ανακυκλοφορία εφαρμόζεται με επιστροφή μέρους του επεξεργασμένου αποβλήτου από την έξοδο του βιολογικού φίλτρου στην είσοδο, πριν περάσει από στη δευτεροβάθμια καθίζηση. Σε άλλες περιπτώσεις η ανακυκλοφορία γίνεται μετά την δευτεροβάθμια καθίζηση οπότε ανακυκλοφορείται απόβλητο μετά την καθίζηση στερεών. Ο λόγος αναρροής ορίζεται ως το πηλίκο της παροχής του ανακυκλοφορούμενου απόβλητου προς την παροχή του αποβλήτου στο σύστημα.

Η ανακυκλοφορία έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές βιολογικών φίλτρων ως μέσο αύξησης της απόδοσης. Έχει παρατηρηθεί ότι στα φίλτρα με πληρωτικό υλικό από πέτρα, η χρήση ανακυκλοφορίας αυξάνει την απόδοση του συστήματος, ενώ σε αυτά με πλαστικό πληρωτικό υλικό, η ανακύκλωση διασφαλίζει την ικανοποιητική διαβροχή σε όλο τον όγκο του φίλτρου. Στα φίλτρα με κροκάλες, η ανακυκλοφορία ποσότητας του αποβλήτου στο φίλτρο μπορεί να αυξήσει την απόδοση σε φίλτρα μικρού βάθους (1m), ενώ σε φίλτρα μεγαλύτερου βάθους (2-2.6 m) έχει περισσότερο οικονομικά οφέλη, παρά αύξηση της απόδοσης.

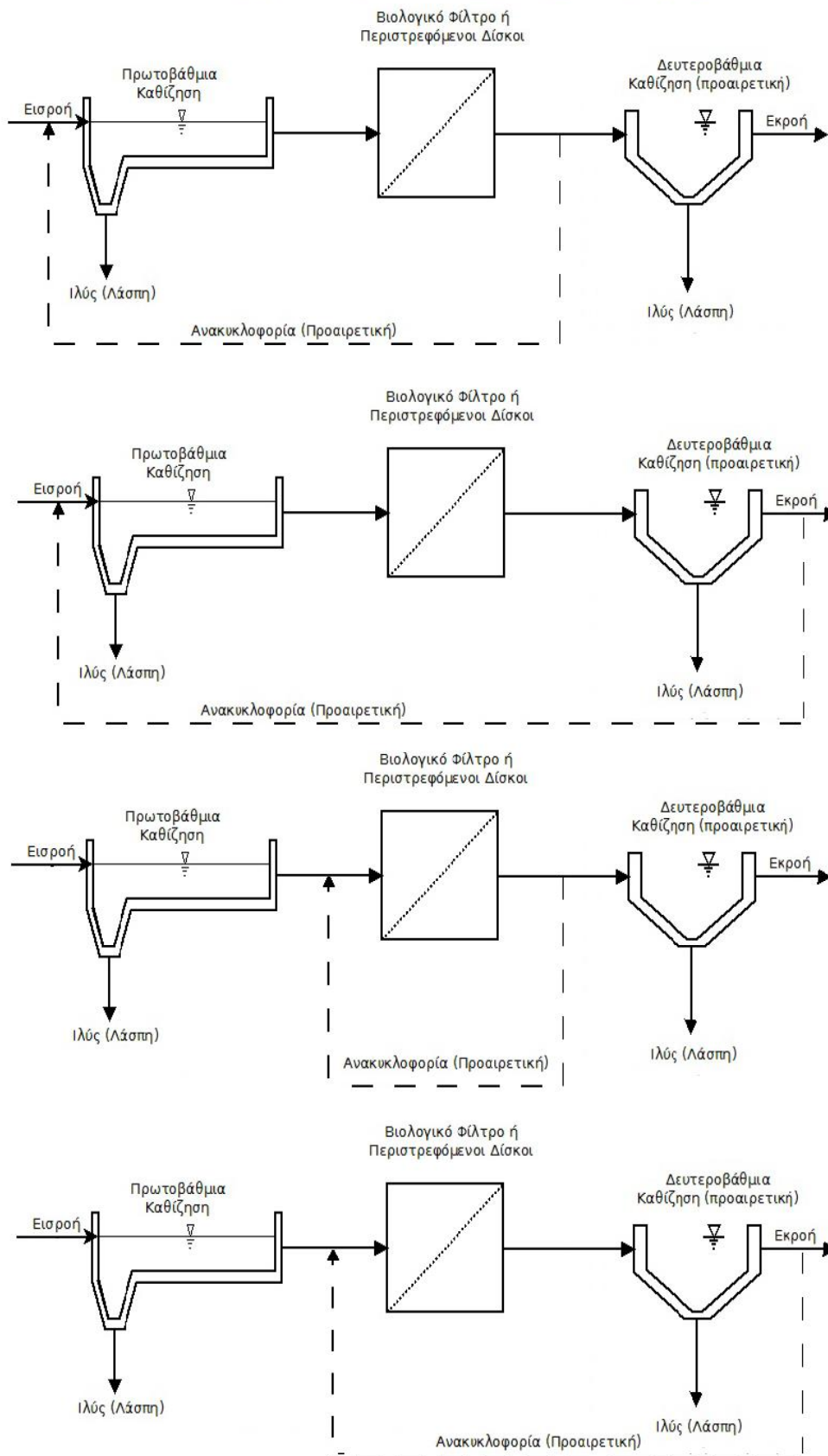
Με την ανακυκλοφορία αυξάνεται η ολική επιφανειακή φόρτιση του φίλτρου, δηλαδή η συνολική παροχή αποβλήτου ανά μονάδα επιφάνειας της κάθετης διατομής του φίλτρου και ανά μονάδα χρόνου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη κατανομή του αποβλήτου σε όλη την μάζα του πληρωτικού υλικού, αυξάνει τη μεταφορά οξυγόνου που είναι απαραίτητο για την οξείδωση του οργανικού υποστρώματος και μειώνει την πιθανότητα ύπαρξης κάποιων περιοχών της επιφάνειας του πληρωτικού υλικού που παραμένουν ξηρές ή διαβρέχονται μόνο μερικώς από το απόβλητο. Εξαφανίζεται επίσης η πιθανότητα να υπάρξει μέρος του οργανικού υποστρώματος

που δεν έχει έρθει σε επαφή με την μάζα των μικροοργανισμών του βιοφίλμ με την πρώτη διέλευση από το φίλτρο.

Η ανακυκλοφορία που γίνεται αφού το απόβλητο έχει διέλθει από δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης συμβάλει στην εξάλειψη των διακυμάνσεων στην παροχή του αποβλήτου κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Στην πράξη το ανακυκλοφορούμενο απόβλητο βοηθά στο να διατηρείται σε σταθερά επίπεδα το φορτίο του BOD. Όταν το ανακυκλοφορούμενο απόβλητο περνάει από την πρωτοβάθμια καθίζηση ανανεώνει το λιμνάζον απόβλητο και έτσι μειώνεται το φαινόμενο του αφρισμού και στην καλύτερη μεταφορά του οξυγόνου, οι διάφορες πιθανές διατάξεις ανακυκλοφορίας φαίνονται στην εικόνα 4.3.4.1.

Η επιλογή του λόγου αναρροής (R) που θα χρησιμοποιηθεί σε μια εγκατάσταση εξαρτάται από την επίδραση που έχει στην απόδοση του φίλτρου, αλλά και από το λειτουργικό κόστος, καθώς αυξάνεται η με την αύξηση του λόγου. Ο λόγος αναρροής κυμαίνεται από 0,5 έως 4 και σε ορισμένες περιπτώσεις, κυρίως για ισχυρά βιομηχανικά απόβλητα, μπορεί να φτάσει και 10. Έχει παρατηρηθεί ότι τιμές του λόγου ανακυκλοφορίας R δεν αυξάνουν την απόδοση και μπορεί να είναι αντισυνομικές (Στάμου, 1994, envima.gr).

## Διεργασία Προσκολλημένης Βιομάζας



**Εικόνα 4.3.4.1. : οι διάφορες πιθανές διατάξεις ανακυκλοφορίας (διακεκομμένη) (Metcalf & Eddy, 2003)**

## 5. Εξεταζόμενα πληρωτικά υλικά και δεξαμενή τοποθέτησης

### 5.1. Πληρωτικά υλικά

Τα βασικά χαρακτηριστικά του πληρωτικού υλικού είναι :

- Το υλικό κατασκευής
- Η ειδική επιφάνεια
- Ο όγκος των διάκενων
- Το μέγεθος

Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά πληρωτικά υλικά της εταιρίας *GEA 2H Water Technologies* :

#### **A. GEA 2H Water Technologies PLASdek Splash/Trickle fills ,NET 150®**

Πλαστικό υλικό τυχαίας εσωτερικής κατανομής υγρού ,κατασκευασμένο από πολυπροπυλένιο (PP) , με κύριο χαρακτηριστικό το μεγάλο πορώδες. Κατάλληλο για μεσαία και ισχυρά απόβλητα ,σχεδιασμένο για υψηλή σταθερότητα και εύκολη και οικονομική εγκατάσταση και λειτουργία. Τα χαρακτηριστικά του NET 150 φαίνονται στον πίνακα 5.1.1. :

**Πίνακας 5.1.1. : χαρακτηριστικά πληρωτικού υλικού (A) NET150**

Εφαρμογή	Τύπος	Υλικό	Γεωμετρική Ειδική επιφάνεια (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	Ενεργή ειδική επιφάνεια (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	Ύψος αυλακώσεων (mm)	Απόσταση των στηριγμάτων (mm)	Πλάτος των στηριγμάτων (mm)
απόβλητο ΕΕ-ΑΑ(α'βαθμ) (αντίθετη και διασταυρωμένη ροή)	NET 150	PP (πολυπροπυλένιο)	80	Έως 130	20	800	50





**Εικόνα 5.1.1. : GEA 2H Water Technologies PLASdek Splash/Trickle fills ,NET 150®**

#### **B. GEA 2H BIOdek Cross-Fluted Fills with HX-factor ,KZP 612**

Πλαστικό υλικό σημαντικά μεγαλύτερης ειδικής επιφάνειας ,κατασκευασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε η ροή του αποβλήτου μέσα στο υλικό να διασταυρώνεται , με στόχο την μείωση της ταχύτητας ροής και την αξιοποίηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης επιφάνειας του υλικού. Το υλικό κατασκευής είναι επίσης το πολυπροπυλένιο (PP), ενώ στην περίπτωση αυτή η εταιρία κατατάσσει το φίλτρο ως κατάλληλο για επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων για μείωση του BOD, ενώ το παρουσιάζει και ικανό για μερική νιτροποίηση στην περίπτωση που έχει επιτευχθεί απομάκρυνση του BOD ([www.gea-2h.co.uk](http://www.gea-2h.co.uk), [www.enexio.com](http://www.enexio.com))

Τα χαρακτηριστικά του KZP 612 φαίνονται στον πίνακα 5.1.2. :

**Πίνακας 5.1.2. : χαρακτηριστικά πληρωτικού υλικού (B) KZP 612**

Εφαρμογή	Τύπος	Υλικό	ειδική επιφάνεια (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	Ύψος αυλακώσεων (mm)
Νιτροποίηση κατάντη της ροής μετά από απομάκρυνση BOD	KZP 612	PP (πολυπροπυλένιο)	240	12

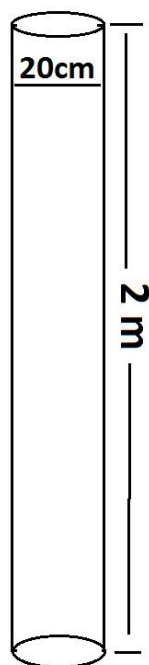


**Εικόνα 5.1.2. : GEA 2H BIOdek Cross-Fluted Fills with HX-factor, KZP 612**

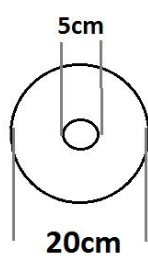
## **5.2. Δεξαμενή τοποθέτησης πληρωτικού υλικού**

Κάθε πληρωτικό υλικό τοποθετείται σε μια κυλινδρική δεξαμενή ,κατασκευασμένη από plexiglass , ύψους 2 μέτρων , εσωτερικής διαμέτρου 20 εκατοστών και πάχους υλικού 0,5 εκατοστού (εικόνα 5.2.1.) (Τσόντζος, 2015). Και τα δύο τεμάχια πληρωτικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν έχουν ύψος 1,8 μέτρα. Οι δεξαμενές (κυλινδρικές στήλες) τοποθετήθηκαν πάνω σε μεταλλικές ανοξείδωτες βάσεις με βραχίονα στήριξης προκειμένου να επιτευχθεί η απαραίτητη ανύψωση από το έδαφος για να τοποθετηθούν εν συνεχεία οι σωληνώσεις αποστράγγισης των επεξεργασμένων αποβλήτων , από κυκλική οπή 5 εκατοστών που βρίσκεται πάνω στην μεταλλική βάση (εικόνα 5.2.2.). Τα χαρακτηριστικά αυτά παρουσιάζονται αναλυτικά στις παρακάτω εικόνες. Η δεξαμενή (1) αντιστοιχεί στο πληρωτικό υλικό Α και η δεξαμενή (2) στο Β.

πλάγια όψη:



κάτοψη βάσης:



Εικόνα 5.2.1. : σχηματική απεικόνιση πλάγιας όψης και κάτοψης βάσης των κυλινδρικών στηλών



Εικόνα 5.2.2. : βάσεις στήριξης και σωληνώσεις εξόδου επεξεργασμένου αποβλήτου

## **6. Πειραματική διαδικασία**

Η πειραματική διαδικασία περιελάμβανε τη δειγματοληψία περίπου 50 λίτρων καθημερινά από την μονάδα βιολογικού καθαρισμού Χανίων, από την έξοδο της πρωτοβάθμιας καθίζησης. Το δείγμα επεξεργαζόταν στο εργαστήριο με χρήση της μεθόδου των βιολογικών φίλτρων προσκολλημένης βιομάζας. Τέλος, γίνονταν μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών των εισρεόντων και εκρεόντων αποβλήτων με σκοπό τον έλεγχο της απόδοσης των πληρωτικών υλικών στις διάφορες συνθήκες λειτουργίας.

Για την ανάπτυξη της απαιτούμενης βιομάζας στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού, πέραν της υπάρχουσας από προηγούμενες πειραματικές διεργασίες, τα φίλτρα τροφοδοτήθηκαν με απόβλητο για 14 μέρες, στο οποίο προστέθηκαν θρεπτικά συστατικά, φωσφορικό διάλυμα, διάλυμα θειικού μαγνησίου και διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου, για να επιτευχθεί γρηγορότερα η ανάπτυξη των οργανισμών (βιοφίλμ).

### **6.1. Δειγματοληψία**

Το απόβλητο που χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της απόδοσης των δύο διατάξεων – φίλτρων προερχόταν από την μονάδα επεξεργασίας αστικών λυμάτων του δήμου Χανίων από την έξοδο της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης και πιο συγκεκριμένα αφού είχε υποστεί προεπεξεργασία (εσχάρωση, εξάμμωση και λιποσυλλογή) και πρωτοβάθμια καθίζηση. Στην είσοδο των λυμάτων γίνεται περστασιακά προσθήκη κροκιδωτικού διαλύματος αλάτων σιδήρου ( $\text{FeCl}_3$ ). Η λήψη του δείγματος γινόταν από άνοιγμα του αγωγού από τον οποίο τα επεξεργασμένα λύματα μεταφέρονταν από την δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης στην δεξαμενή αερισμού, με χρήση κατάλληλα κατασκευασμένου δειγματολήπτη. Η ποσότητα που λαμβανόταν ήταν περίπου 24 λίτρα για καθένα φίλτρο, ποσότητα δηλαδή που αρκούσε για την τροφοδότηση των φίλτρων για 24 ώρες (με παροχή 1 λίτρο ανά ώρα).



Εικόνα 6.1.1. : σημείο δειγματοληψίας

Εικόνα 6.1.2. : μπιτόνια μεταφοράς λύματος και επεξεργασμένου λύματος για ανακυκλοφορία

## **6.2. Διάταξη κυκλοφορίας και ανακυκλοφορίας, διάγραμμα ροής**

Τα δύο μπιτόνια με το ανεπεξέργαστο λύμα (24 λίτρων) (έξοδος πρωτοβάθμιας) αποτελούν την είσοδο για κάθε φίλτρο. Υπάρχουν επίσης και δύο όμοια μπιτόνια

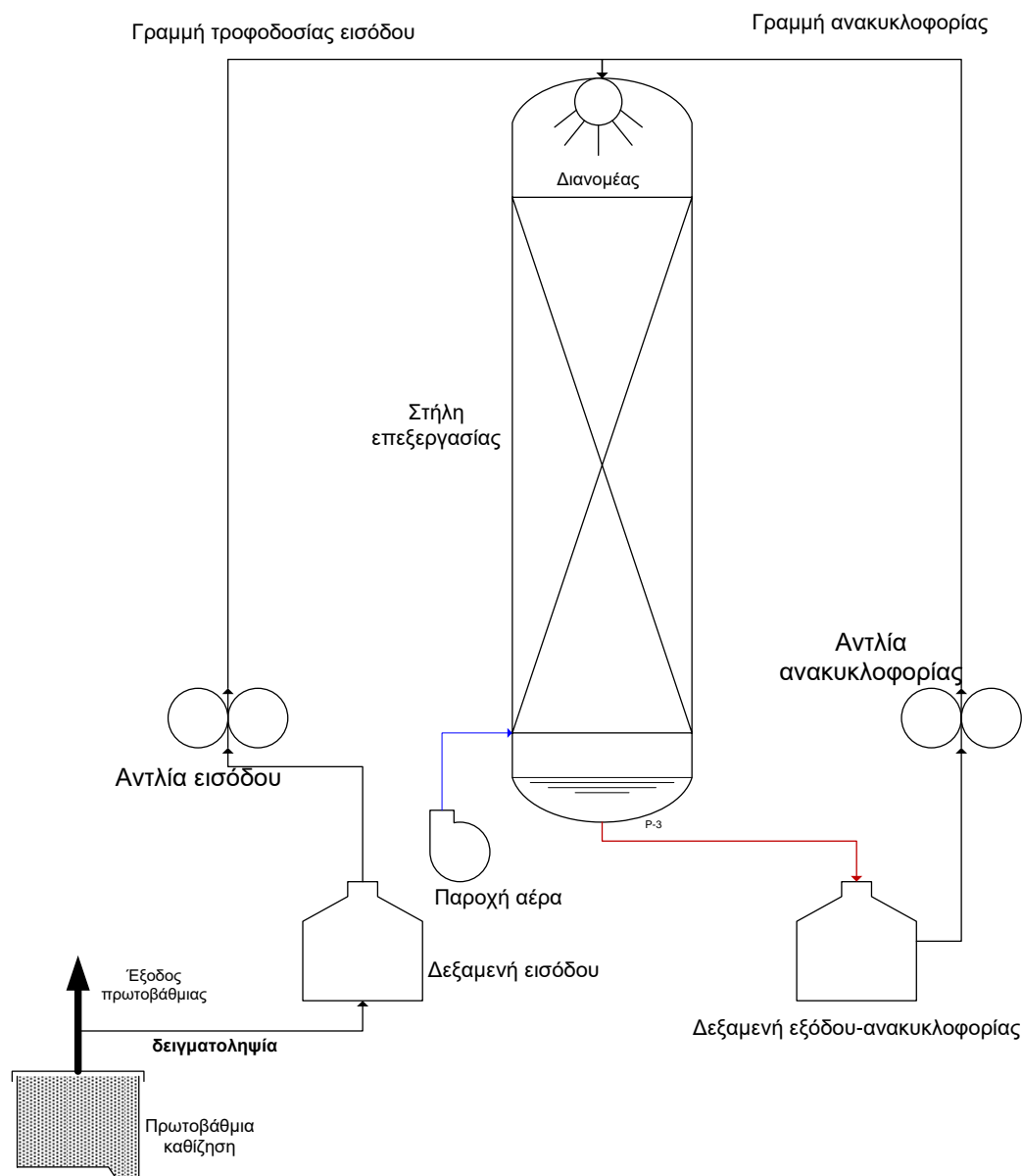
που συλλέγουν το επεξεργασμένο λύμα και από τα οποία αντλείται επεξεργασμένο λύμα για ανακυκλοφορία. Η διάταξη φαίνεται αναλυτικά στην παρακάτω εικόνα και γράφημα (εικόνα 6.2.1. και γράφημα 6.2.1.).

- A,B τα δύο σταλαγματικά φίλτρα (A: PLASdek Splash/Trickle fills ,NET 150® , B: BIOdek Cross-Fluted Fills with HX-factor KZP 612)
- ANT(1) : αντλία τροφοδοσίας - περισταλτική αντλία τύπου PERCOM-I ρυθμιζόμενης παροχής και διπλής κεφαλής τύπου Watson Marlow, η οποία ήταν ικανή να αντλεί από δύο εισόδους παράλληλα με την ίδια ακριβώς παροχή , ANT(2) : αντλία ανακυκλοφορίας - περισταλτική αντλία τύπου ismatec 404-B
- A(1) B(1) : μπιτόνια εξόδου κάθε φίλτρου , A(2) B(2) : μπιτόνια εισόδου



**Εικόνα 6.2.1. : (αριστερά) :διάταξη κυκλοφορίας και ανακυκλοφορίας , (δεξιά): αντλία ανακυκλοφορίας**



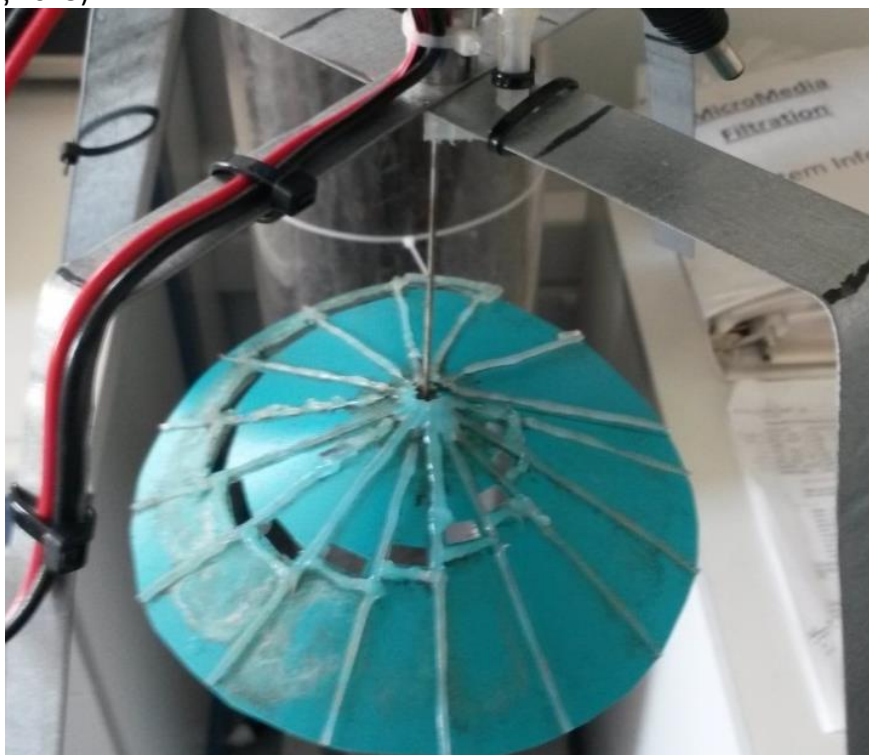


**γράφημα 6.2.1. : διάγραμμα ροής εργαστηριακής διαδικασίας (P&I)**

### **6.3. Σύστημα ομοιόμορφης κατανομής αποβλήτου**

Προκειμένου να επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανομή του λύματος σε όλη την επιφάνεια του πληρωτικού υλικού χρησιμοποιήθηκε περιστρεφόμενος κώνος διανομής, στην κορυφή του φίλτρου. Η λειτουργία του βασίζεται στο γεγονός ότι διατηρώντας σταθερό το σημείο απόρριψης των εισρεόντων λυμάτων, περιστρέφεται από κάτω ένας κώνος ο οποίος διαθέτει επιφανειακά κανάλια συλλογής του υγρού που πέφτει. Κάθε κανάλι έχει διαφορετικό μήκος και στο τέλος του υπάρχει μια οπή. Έτσι αναλόγως σε ποιο (τυχαίο λόγω περιστροφής) κανάλι θα πέσει η ποσότητα του υγρού, θα ακολουθήσει και το ανάλογο μήκος πορείας και θα διέλθει μέσω της οπής (εικόνα 6.3.1.). Ανάλογα με την οπή από την οποία θα διέλθει εξαρτάται και η απόσταση από το κέντρο του κυλίνδρου στην οποία τελικά θα φτάσει πάνω στο φίλτρο. Η περιστροφή του κώνου εξασφαλίζει την τυχαία ρίψη υγρού σχεδόν σε όλη την

επιφάνεια του φίλτρου. Κατασκευάστηκε σε προηγούμενη πειραματική διαδικασία (Τζόντζος 2015).



**Εικόνα 6.3.1. : σύστημα ομοιόμορφης κατανομής λύματος, (Τζόντζος, 2015)**

Το σύστημα αυτό αποτελείται από :

- Ηλεκτρικό κινητήρα τάσης 12 Volt, με ταχύτητα περιστροφής 30 στροφές ανά λεπτό (rpm)
- Διάτρητο κώνο με κανάλια διαφορετικού μήκους (διάμετρος κάτοψης 19cm)

#### **6.4. Διάταξη αερισμού βιολογικού φίλτρου**

Για τον απαραίτητο αερισμό του συστήματος τοποθετήθηκαν μέσα στις σωληνώσεις εξόδου μικρότεροι σωλήνες ,συνδεδεμένοι με την παροχή αέρα (100 λίτρο ανά ώρα). Επίσης το σύστημα είναι ανοικτό στον ατμοσφαιρικό αέρα στο πάνω μέρος κι έτσι ήταν εξασφαλισμένος ο απαραίτητος αερισμός.

#### **6.5. Διαδικασία μετρήσεων**

Αρχικά η παροχή λυμάτων που εφαρμόστηκε στο εργαστήριο ήταν :

$Q = 1 \frac{L}{h}$  , που αντιστοιχεί σε ειδική φόρτιση  $q = 0,00796 \frac{m}{h}$

Ενώ όταν εισήχθη η ανακυκλοφορία είχαμε τις εξής συνθήκες :

α.  $Q = 1 \frac{L}{h}$  ,με παροχή ανακυκλοφορίας  $Q_{1ανακ.} = \frac{Q}{2} = 0,5 \frac{L}{h}$  , με ειδική φόρτιση  $q_1 = q + \frac{q}{2} = 0,01194 \frac{m}{h}$



b.  $Q = 1 \frac{L}{h}$ , με παροχή ανακυκλοφορίας  $Q_{2ανακ.} = Q = 1 \frac{L}{h}$ , με ειδική φόρτιση  $q_2 = 2 * q = 0,01592 \frac{m}{h}$

### 6.5.1. Μέτρηση BOD

Για την μέτρηση του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου BOD, χρησιμοποιήθηκε η κλασσική μέθοδος (Standard Methods), κατά την οποία με βάση την αναμενόμενη τιμή κάναμε την απαραίτητη αραιώση του δείγματος με απιονισμένο νερό σε συνολική ποσότητα 750ml. Μετά την προσθήκη 1ml από τα παρακάτω διαλύματα θρεπτικών ουσιών :

Φωσφορικό Διάλυμα (σε 1L νερού περιέχει: 8,5g  $KH_2PO_4$ , 21,7g  $K_2HPO_4$ , 1,7g  $NH_4Cl$ ),

Διάλυμα Θεικού Μαγνησίου (σε 1L νερού περιέχει: 22,5g  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ),

Διάλυμα Χλωριούχου Ασβεστίου (σε 1L νερού περιέχει: 27,5g  $CaCl_2$ )

κατόπιν γινόταν αερισμός του διαλύματος για 5 με 10 λεπτά. Το κορεσμένο σε οξυγόνο διάλυμα τοποθετούνταν στα ειδικά μπουκάλια για μέτρηση BOD (Γυάλινα Robotic BOD των 300ml), μετρούσαμε το διαλυμένο οξυγόνο (DO) με οξυγονόμετρο της εταιρίας "HACH" (εικόνα 6.5.1.1.) (HQ40d) και τα μπουκάλια έκλειναν ερμητικά και τοποθετούνταν σε ειδικό θάλαμο με σταθερή θερμοκρασία 20°C (Επωαστικός Κλίβανος: WTW BOD ρυθμισμένος στους 20 °C) για 5 ημέρες. Στη συνέχεια (μετά το πέρας των 5 ημερών) μετρούσαμε ξανά το διαλυμένο οξυγόνο ( $DO_5$ ) και η διαφορά της αρχικής με την τελική μέτρηση, επί τον συντελεστή αραιώσης αποτελούσε την τελική τιμή του BOD για το συγκεκριμένο δείγμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι για κάθε μετρούμενο δείγμα χωρίζαμε σε δύο όμοια μπουκάλια το διάλυμα των 750ml, είχαμε έτσι 2 τιμές για κάθε δείγμα, από τις οποίες υπολογίζαμε και κρατούσαμε ως τελική τιμή τον μέσο όρο.



**Εικόνα 6.5.1.1. : οξυγονόμετρο HACH**

Αρχικά οι αραίωσεις είχαν ως εξής :

- **Για την είσοδο (IN) :**  
*αραίωση  $\frac{1}{50} \rightarrow 15\text{ml}$  δείγματος + 735ml απιονισμένου νερού ,  
 συντελεστής αραίωσης = 50*
- **Για τις εξόδους (A,B) :**  
*αραίωση  $\frac{1}{30} \rightarrow 25\text{ml}$  δείγματος + 725ml απιονισμένου νερού ,  
 συντελεστής αραίωσης = 30*

Παρατηρήθηκε όμως ότι οι τιμές του BOD για το επεξεργασμένο από την Α στήλη απόβλητο, ήταν πολύ χαμηλές (26/2) , οπότε η αραίωση για την έξοδο του Α φίλτρου διαμορφώθηκε ως εξής :

- **Για την έξοδο (A) :**  
*αραίωση  $\frac{1}{25} \rightarrow 30\text{ml}$  δείγματος + 720ml απιονισμένου νερού ,  
 συντελεστής αραίωσης = 25*

Ενδεικτικά ο υπολογισμός του BOD γινόταν σύμφωνα με την παρακάτω σχέση :

$$BOD = \left( \frac{[DO(1) - DO_5(1)] + [DO(2) - DO_5(2)]}{2} \right) * \text{συντελεστής αραίωσης}$$

### 6.5.2. Μέτρηση COD

Για την μέτρηση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου COD, χρησιμοποιήθηκε η πλήρης μέθοδος της εταιρίας HACH με χρήση αντιδραστηρίων (HACH - LCK 514, LCK 314), ειδικού φούρνου και φασματοφωτόμετρου της ίδιας εταιρίας. Χρησιμοποιή-

θηκαν διάφορα αντιδραστήρια της εταιρίας, σε μορφή φιαλιδίων και αντίστοιχα διάφορες αραιώσεις των δειγμάτων. Πιο συγκεκριμένα τα αντιδραστήρια και οι αντίστοιχες αραιώσεις είναι:

- LCK 314 με εύρος μέτρησης 0 – 150 mg/l ,εφόσον το εύρος είναι μικρό εφαρμόστηκε στο δείγμα της εισόδου αραιώση  $\frac{1}{4}$  , ενώ στα δείγματα των εξόδων Α,Β αραιώση  $\frac{1}{2}$  ,παρατηρήθηκε ότι το δείγμα της εξόδου της στήλης Α παρουσίαζε χαμηλή τιμή οπότε επιλέχθηκε να μην γίνεται αραιώση (1/1)
- LCK 514 με εύρος μέτρησης 100 – 2000 mg/l ,με μεγάλο εύρος μέτρησης αλλά υψηλή ελάχιστη μέτρηση ,για το λόγο αυτό δεν εφαρμόστηκε αραιώση με αυτό το αντιδραστήριο

Σε κάθε φιαλίδιο τοποθετούσαμε συνολικά 2 ml υγρού ,

- στην αραιώση  $\frac{1}{4}$  -> 0,5 ml δείγματος + 1,5 ml απιονισμένου νερού
- στην αραιώση  $\frac{1}{2}$  -> 1ml δείγματος + 1 ml απιονισμένου νερού
- στην αραιώση 1/1 -> 2ml δείγματος

Μετά από καλή ανάδευση των φιαλιδίων ,τα τοποθετούσαμε στον ειδικό φούρνο (HACH Lange LT200) για 2 ώρες, στους 150°C. Στη συνέχεια τα φιαλίδια αφαιρούνταν από το φούρνο ,αφήνονταν για λίγο να κρυώσουν πριν τοποθετηθούν στο φασματοφωτόμετρο (HACH Lange DR2800), το οποίο μετρούσε την συγκέντρωση του COD σε mg/l (εικόνα 6.5.2.1.).



**Εικόνα 6.5.2.1. :(πάνω) φούρνος Memmert 'UL50' Lab Oven + φασματοφωτόμετρο HACH DR2800,(κάτω) φιαλίδια-αντιδραστήρια LCK**

### **6.5.3. Μέτρηση αμμωνιακών**

Για την μέτρηση των αμμωνιακών ιόντων χρησιμοποιήθηκε ένα πλήρες σετ της HACH, με ονομασία HACH Nessler Kit και το φασματοφωτόμετρο (HACH DR2800). Στα 3 διαλύματα των δειγμάτων (εισόδου, εξόδου Α ,εξόδου Β) με αραιώση 1/25

του δείγματος (1ml δείγματος + 24ml απιονισμένου νερού) και σε ένα μόνο με απιονισμένο νερό (για τυφλό) προσθέσαμε τα 3 αντιδραστήρια του σετ, τοποθετήσαμε σε φιαλίδια τα διαλύματα (εικόνα 6.5.3.1.), πρώτο στο φασματοφωτόμετρο βάλαμε το τυφλό για βαθμονόμηση και στη συνέχεια τα υπόλοιπα. Η ένδειξη του φασματοφωτόμετρου πολλαπλασιάστηκε με τον συντελεστή αραιώσης 25 και είχαμε την συγκέντρωση των αμμωνιακών σε mg/l.



**Εικόνα 6.5.3.1.: φιαλίδια για τη μέτρηση των αμμωνιακών**

#### **6.5.4. Μέτρηση στερεών TSS**

Για τον υπολογισμό των ολικών στερεών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της διήθησης και ζύγισης των φίλτρων. Χρησιμοποιήθηκαν τα φίλτρα Whatman, Glass Microfiber Filters 934-AH (0,45μm), τα οποία ξεραίνονταν για 45 λεπτά σε φούρνο (Memmert U100) σε θερμοκρασία 100°C, στη συνέχεια ζυγίζονταν σε ζυγαριά ακριβείας (Kern & Sohn ABJ-NM), διηθούσαμε το κάθε δείγμα στο αντιστοιχισμένο φίλτρο και τοποθετούσαμε τα φίλτρα ξανά στο φούρνο για ξήρανση. Στη συνέχεια ζυγίζαμε ξανά τα φίλτρα και η διαφορά με την αρχική ζύγιση ήταν η ποσότητα των στερεών στον αντίστοιχο όγκο που διηθήθηκε. Γινόταν στη συνέχεια αναγωγή σε mg/100ml δείγματος για τη μάζα των στερεών.

#### **6.5.5. Μέτρηση νιτρικών (NO<sub>3</sub>-N), Φωσφορικών (PO<sub>4</sub>) και διαλυμένου οξυγόνου (DO)**

Πραγματοποιήθηκαν ενδεικτικά κάποιες μετρήσεις νιτρικών, φωσφορικών και διαλυμένου οξυγόνου στην είσοδο και στις δύο εξόδους. Των νιτρικών με τη μέθοδο LCK 339 της HACH, των φωσφορικών με τη χρήση του φούρνου και του φασματοφωτόμετρου με αντιδραστήρια LCK 349 με αραιώση 1/10 και του διαλυμένου οξυγόνου με το οξυγονόμετρο της εταιρίας HACH που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση και του BOD.

## 7. Αποτελέσματα και συζήτηση

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, κατά την διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων, ελέγχθηκαν 5 συνθήκες λειτουργίας. Οι αλλαγές αφορούσαν τον αερισμό και την ανακυκλοφορία. Οι 5 συνθήκες λειτουργίας είναι οι εξής :

- Συνθήκη (1) : Παροχή  $Q=1 \text{ L/h}$  ,χωρίς αερισμό και χωρίς ανακυκλοφορία
- Συνθήκη (2) : Παροχή  $Q=1 \text{ L/h}$  ,με αερισμό ,χωρίς ανακυκλοφορία
- Συνθήκη (3) : Παροχή  $Q=1 \text{ L/h}$  ,με αερισμό και ανακυκλοφορία με παροχή  $Q/2$
- Συνθήκη (4) : Παροχή  $Q=1 \text{ L/h}$  ,με αερισμό και ανακυκλοφορία με παροχή  $Q$
- Συνθήκη (5) : Παροχή  $Q=1 \text{ L/h}$  , με αερισμό και ανακυκλοφορία \_με παροχή  $2,5*Q$

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων για κάθε συνθήκη λειτουργίας των φίλτρων.

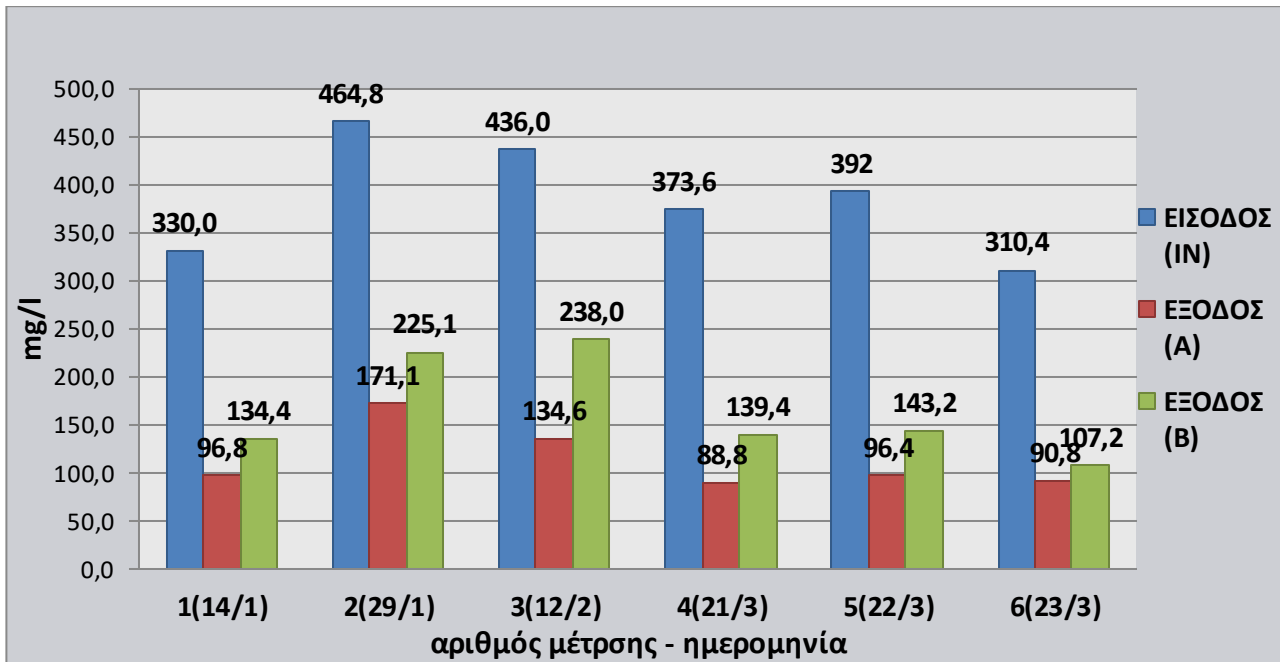
Στα παρακάτω διαγράμματα :

- «**Έξοδος Α**» είναι η έξοδος του πληρωτικού υλικού A.GEA 2H Water Technologies PLASdek Splash/Trickle fills NET 150<sup>®</sup>,
- «**Έξοδος Β**» είναι η έξοδος του πληρωτικού υλικού B.GEA 2H BIOdek Cross-Fluted Fills with HX-factor ,KZP 612.

### 7.1. Αποτελέσματα πρώτης συνθήκης λειτουργίας, συνθήκη (1) παροχή Q=1 L/h, χωρίς αερισμό και χωρίς ανακυκλοφορία

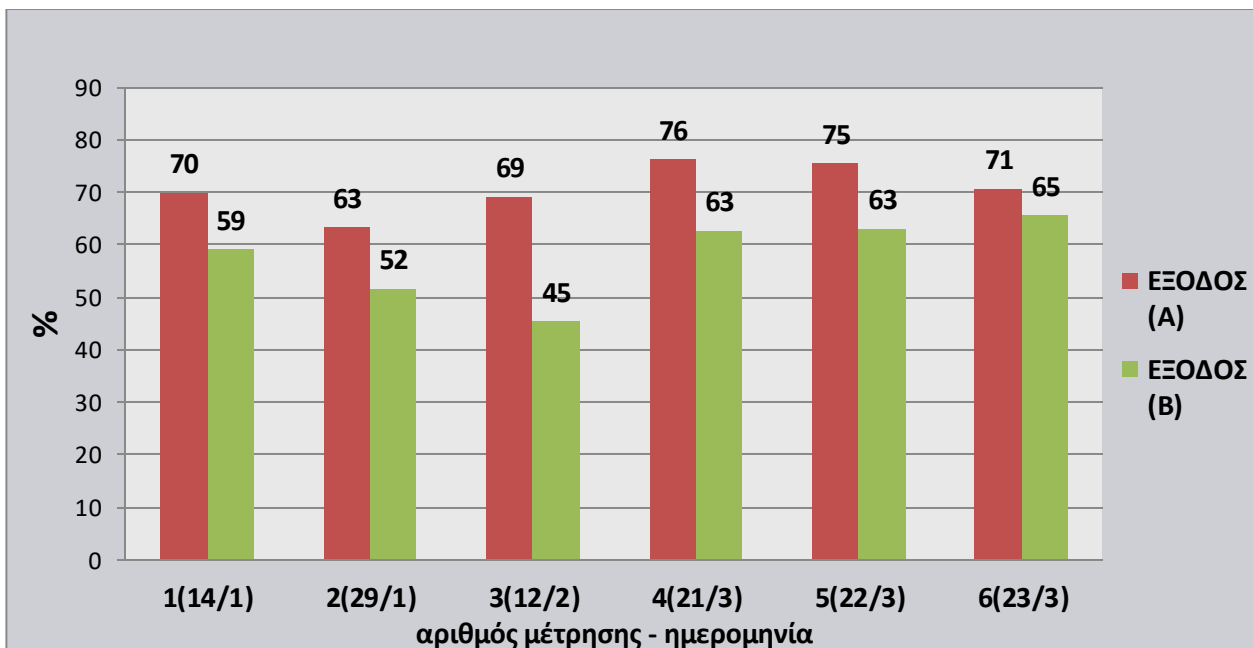
Οι μετρήσεις για την πρώτη συνθήκη ξεκίνησαν αφού έγινε σταθεροποίηση του συστήματος με τροφοδότηση λύματος για 2 εβδομάδες, ώστε να υπάρξει αρκετός χρόνος για να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί επάνω στο πληρωτικό υλικό.

- Μετρήσεις COD :



**Διάγραμμα 7.1.1. : διακύμανση συγκέντρωσης COD, συνθήκη (1)**

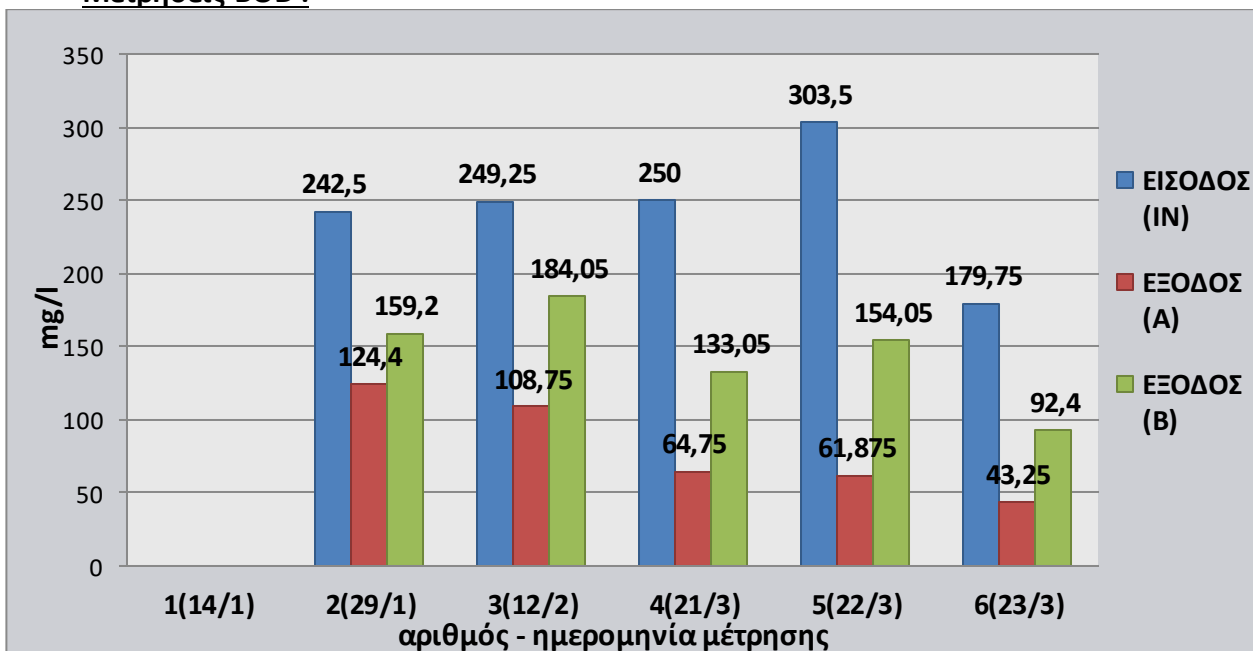
Στις μετρήσεις για την πρώτη συνθήκη λειτουργίας παρατηρήθηκε σημαντική διακύμανση στη σύνθεση του λύματος εισόδου, γεγονός αναμενόμενο αφού το δείγμα προερχόταν από μονάδα επεξεργασίας που δέχεται και βοθρολύματα. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις COD στην είσοδο δείχνουν ότι πιθανώς πριν τη συγκεκριμένη δειγματοληψία υπήρχε προσθήκη βοθρολυμάτων στη μονάδα επεξεργασίας. Βλέπουμε ότι, ως προς την συγκεκριμένη παράμετρο, το γεγονός αυτό δεν φαίνεται να επηρέασε το σύστημά μας, αφού οι συγκεντρώσεις εξόδου εμφανίζουν αναλογία με την συγκέντρωση εισόδου.



**Διάγραμμα 7.1.2. : ποσοστά απομάκρυνσης COD, συνθήκη (1)**

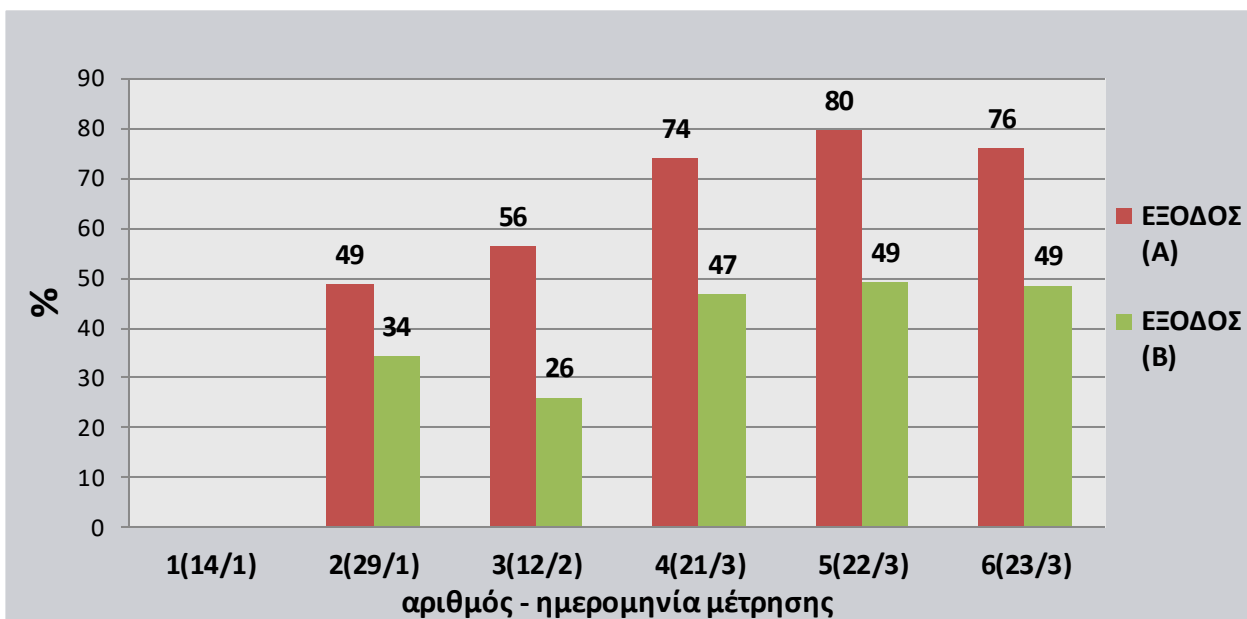
Παρατηρούμε ότι και για τα δύο φίλτρα, τα χαμηλότερα ποσοστά απομάκρυνσης εμφανίζονται στις δύο μετρήσεις με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση εισόδου (μεγαλύτερη από 400 mg/l).

#### **Μετρήσεις BOD :**



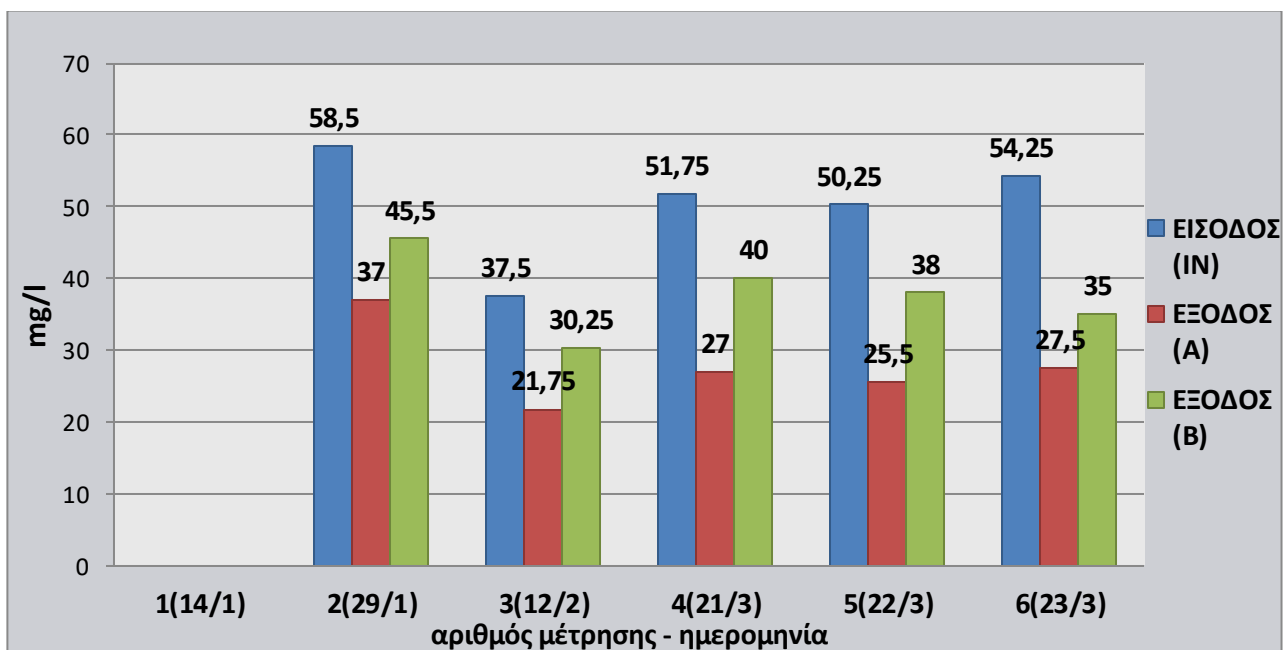
**Διάγραμμα 7.1.3. : διακύμανση συγκέντρωσης BOD, συνθήκη (1)**

Η πρώτη μέτρηση περιελάμβανε μόνο υπολογισμό συγκεντρώσεων COD, για να διαπιστωθεί αν το σύστημα ήταν έτοιμο να λειτουργήσει (αν είχαν αναπτυχθεί αρκετοί μικροοργανισμοί). Βλέπουμε ότι για την παράμετρο του BOD και τα δύο φίλτρα αυξάνουν την απόδοσή τους όσο προχωράνε οι μετρήσεις. Δεν φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά από διακύμανση των συγκεντρώσεων εισόδου.



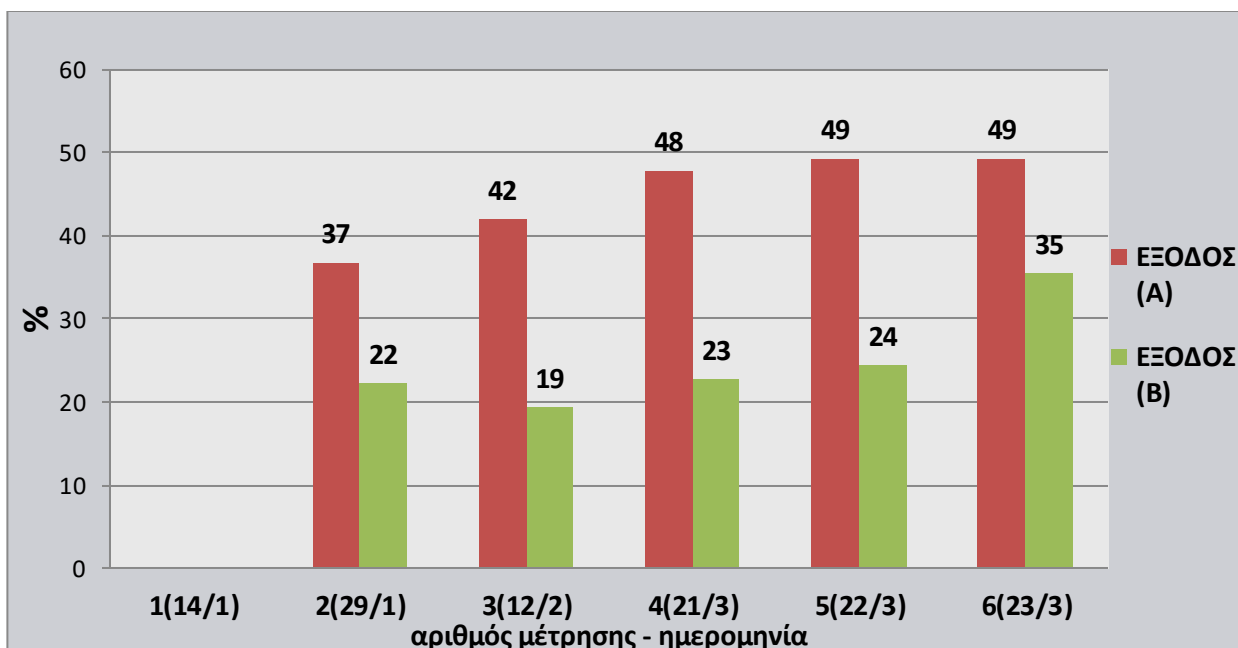
**Διάγραμμα 7.1.4. : ποσοστά απομάκρυνσης BOD ,συνθήκη (1)**

• **Μετρήσεις αμμωνιακών :**



**Διάγραμμα 7.1.5. : διακύμανση συγκέντρωσης αμμωνιακών ,συνθήκη (1)**

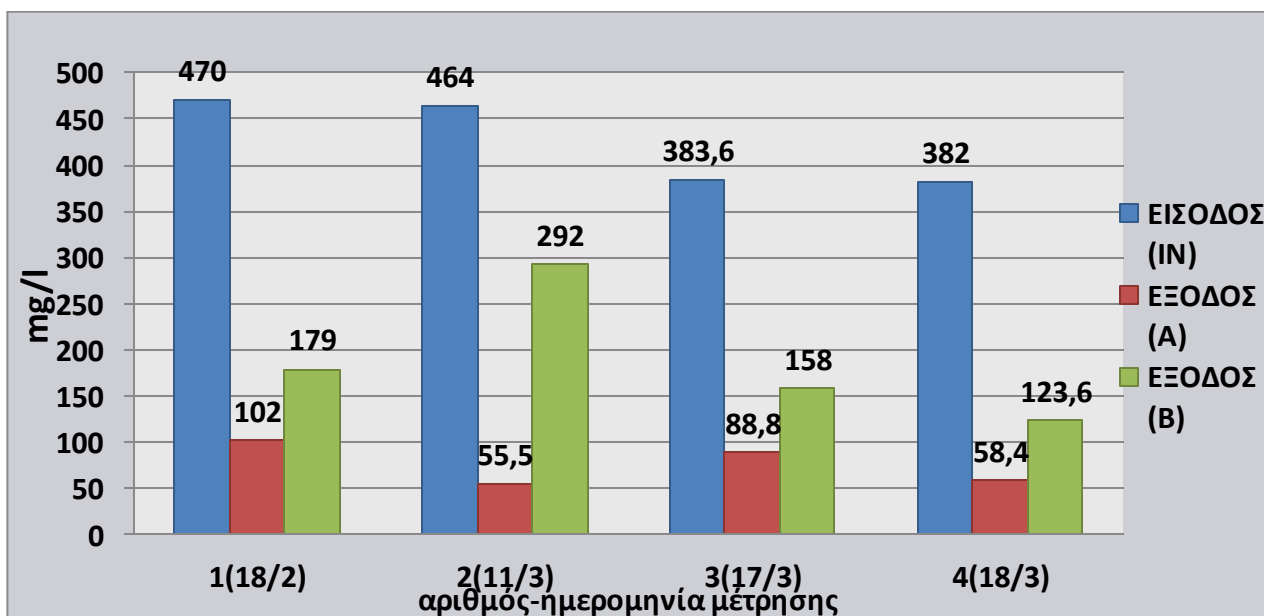




**Διάγραμμα 7.1.6. : ποσοστά απομάκρυνσης αμμωνιακών, συνθήκη (1)**

## 7.2. Αποτελέσματα δεύτερης συνθήκης λειτουργίας, συνθήκη (2) παροχή Q=1 L/h, με αερισμό, χωρίς ανακυκλοφορία

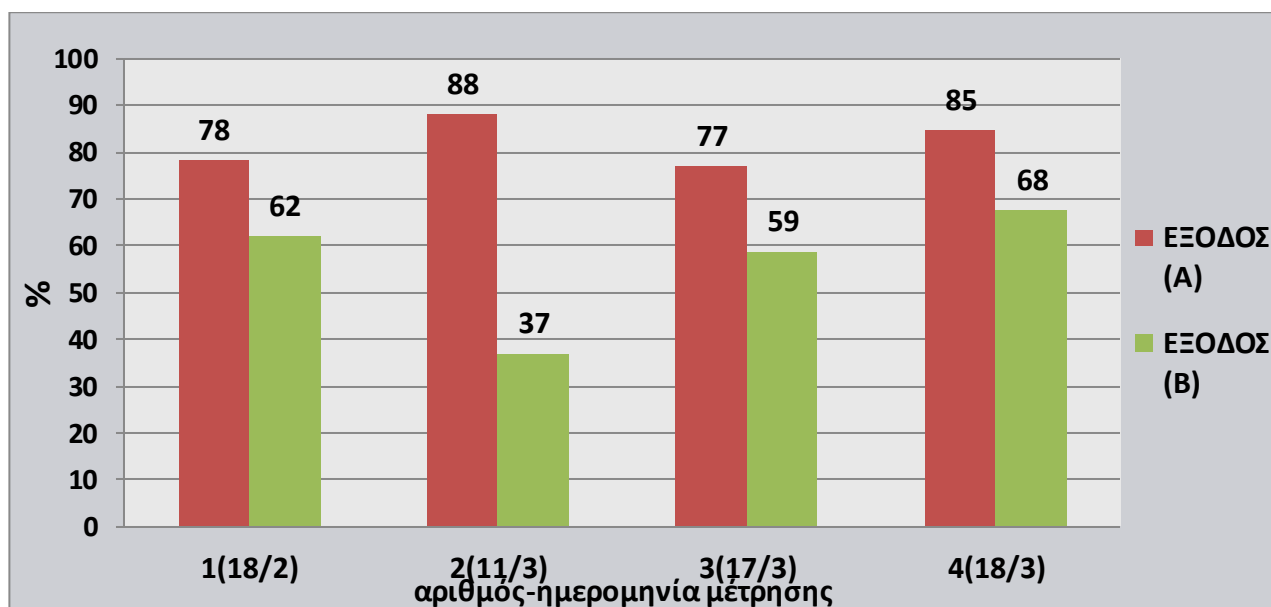
- Μετρήσεις COD :



**Διάγραμμα 7.2.1. : διακύμανση συγκέντρωσης COD, συνθήκη (2) (με αερισμό)**

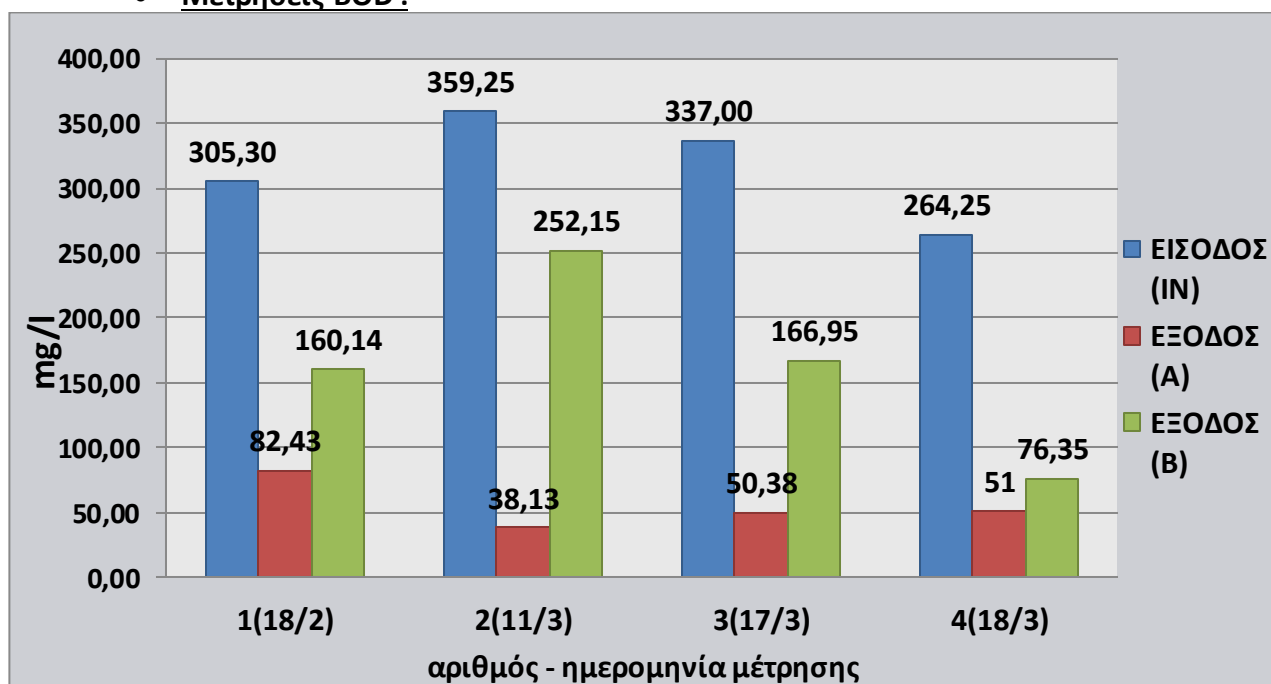
Στις μετρήσεις για τη δεύτερη συνθήκη λειτουργίας οι συγκεντρώσεις εισόδου για την παράμετρο του COD, είναι σταθερά πιο υψηλές από της πρώτης συνθήκης. Το φίλτρο (B) φαίνεται ότι επηρεάζεται από το γεγονός αυτό και παρουσιάζει σημαντι-

κές διακυμάνσεις (πολύ μικρή απομάκρυνση στη δεύτερη μέτρηση), ενώ το φίλτρο (A) δεν φαίνεται να επηρεάζεται, παρουσιάζοντας υψηλές αποδόσεις σε όλες τις μετρήσεις.



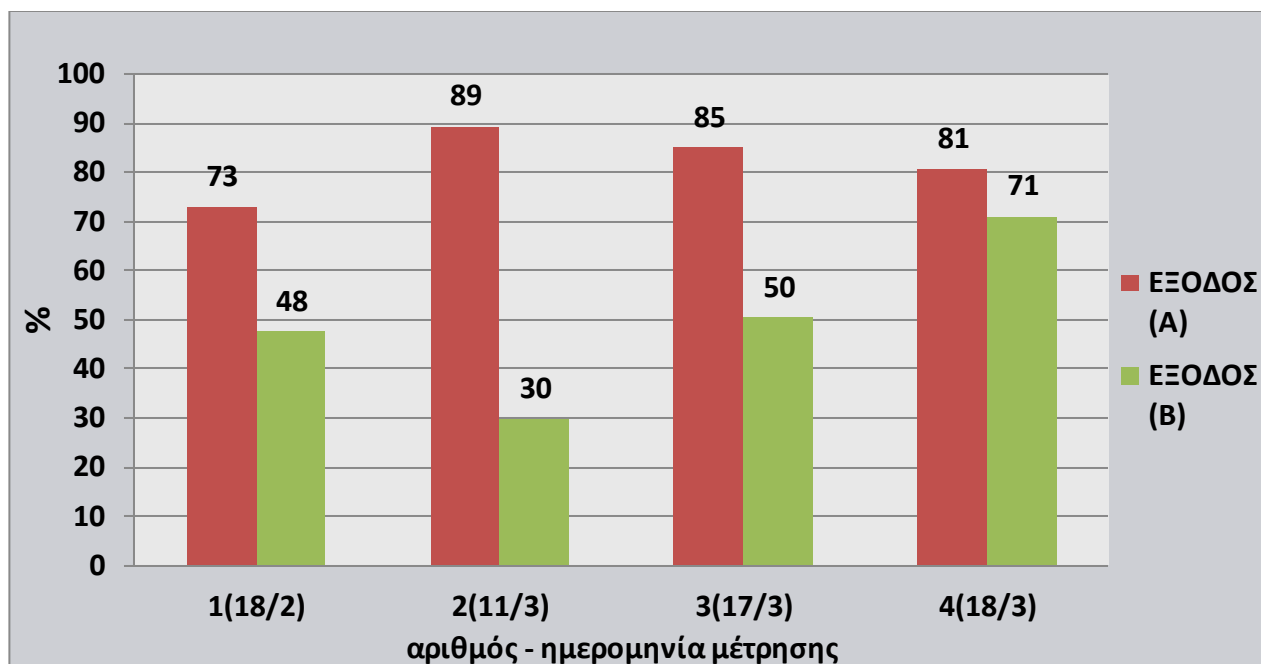
Διάγραμμα 7.2.2. : ποσοστά απομάκρυνσης COD, συνθήκη (2)

• Μετρήσεις BOD :



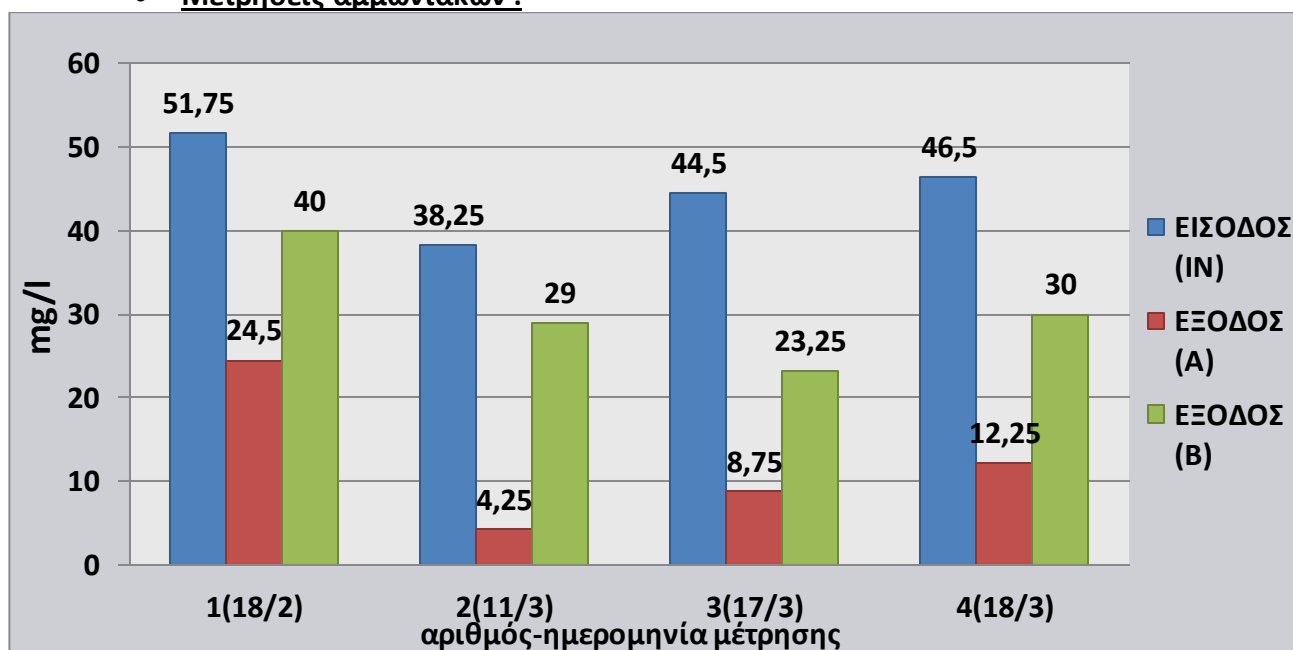
Διάγραμμα 7.2.3. : διακύμανση συγκέντρωσης BOD, συνθήκη (2)

Όπως είδαμε και για την παράμετρο του COD, οι υψηλές συγκεντρώσεις εισόδου για το BOD επηρεάζουν αρνητικά το φίλτρο (B), καθώς εμφανίζει πολύ χαμηλές αποδόσεις σε σχέση με το φίλτρο (A), το οποίο δεν επηρεάζεται από τις υψηλές τιμές εισόδου και εμφανίζει πολύ καλή απόδοση σε όλες τις μετρήσεις.



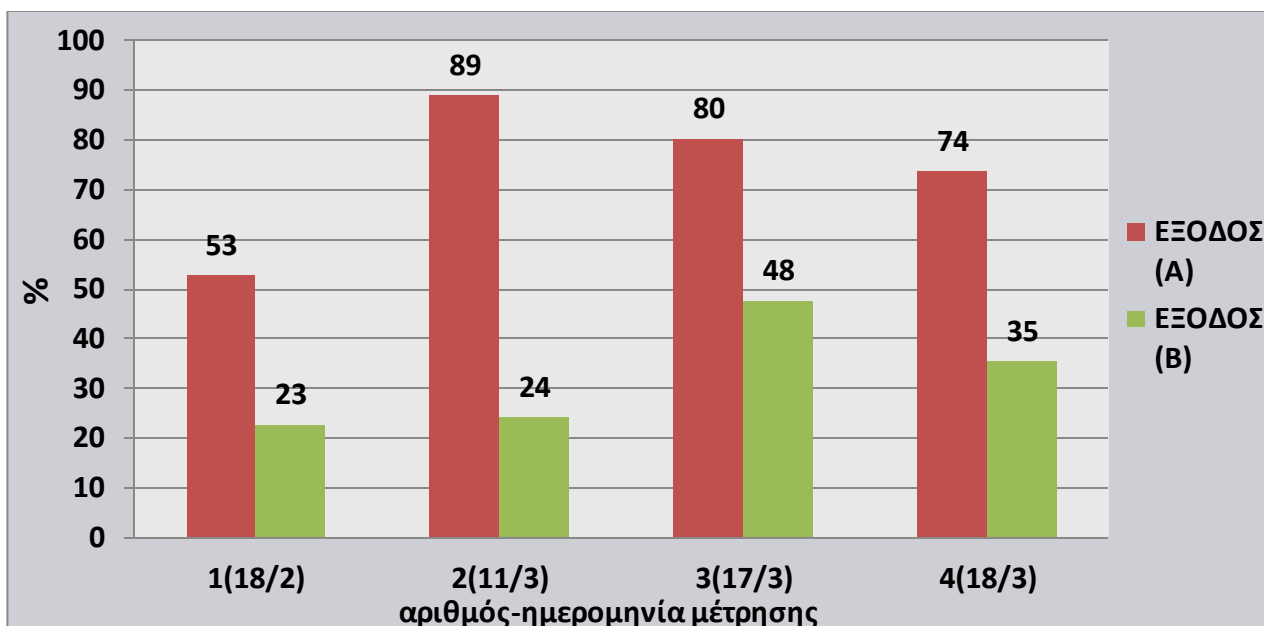
**Διάγραμμα 7.2.4. : ποσοστά απομάκρυνσης BOD, συνθήκη (2)**

• **Μετρήσεις αμμωνιακών :**



**Διάγραμμα 7.2.5. : διακύμανση συγκέντρωσης αμμωνιακών, συνθήκη (2)**

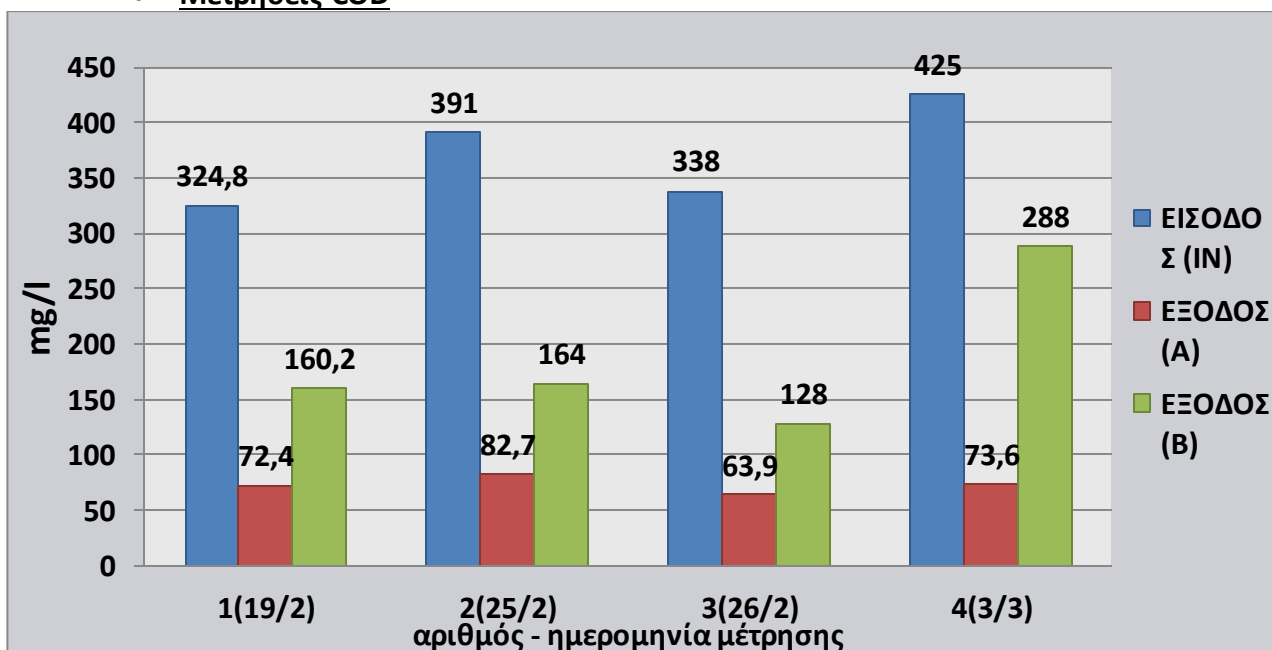
Για την παράμετρο των αμμωνιακών, στη συγκεκριμένη συνθήκη, τα δύο φίλτρα παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση στην απόδοση. Με εξαίρεση την πρώτη μέτρηση όπου η συγκέντρωση εισόδου είναι υψηλή και αυτό φαίνεται να επηρεάζει τα δύο φίλτρα, ιδιαίτερα το φίλτρο (Β) που έχει πολύ χαμηλή απόδοση, το φίλτρο (Α) παρουσιάζει σταθερά υψηλή απόδοση. Ιδιαίτερα στη δεύτερη μέτρηση, όπου η συγκέντρωση εισόδου είναι χαμηλή.



Διάγραμμα 7.2.6. : ποσοστά απομάκρυνσης αμμωνιακών, συνθήκη (2)

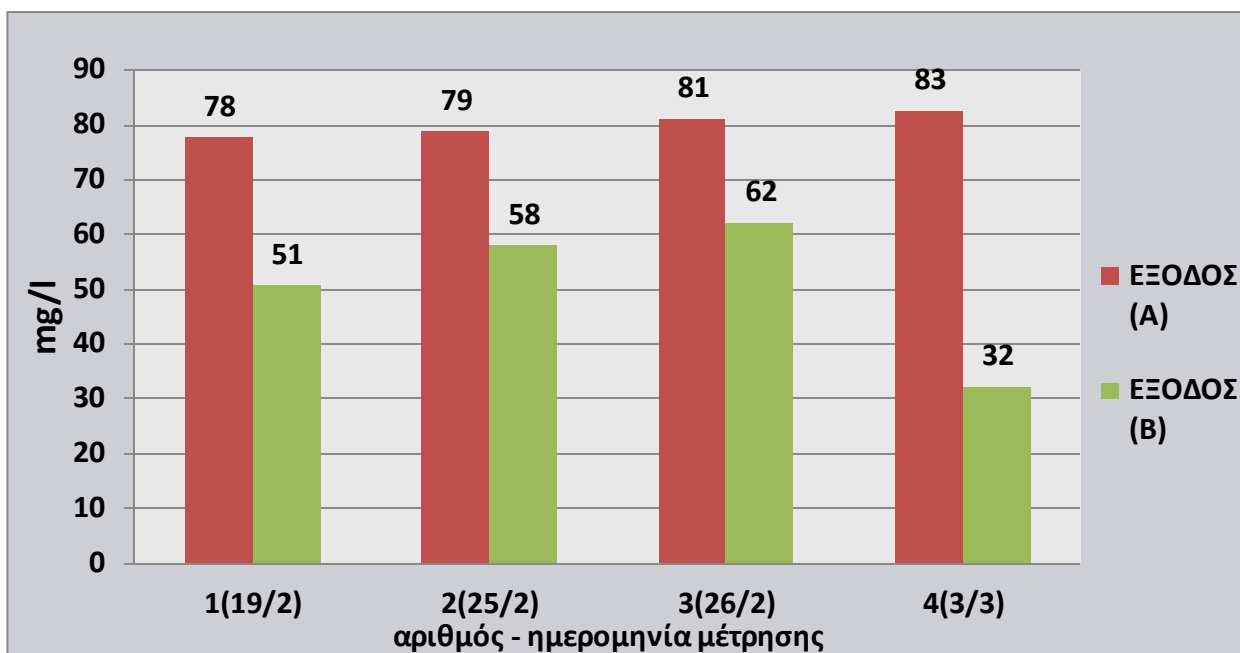
### 7.3. Αποτελέσματα τρίτης συνθήκης λειτουργίας, συνθήκη (3) παροχή $Q=1$ L/h, με αερισμό και ανακυκλοφορία παροχής $Q/2$

- Μετρήσεις COD



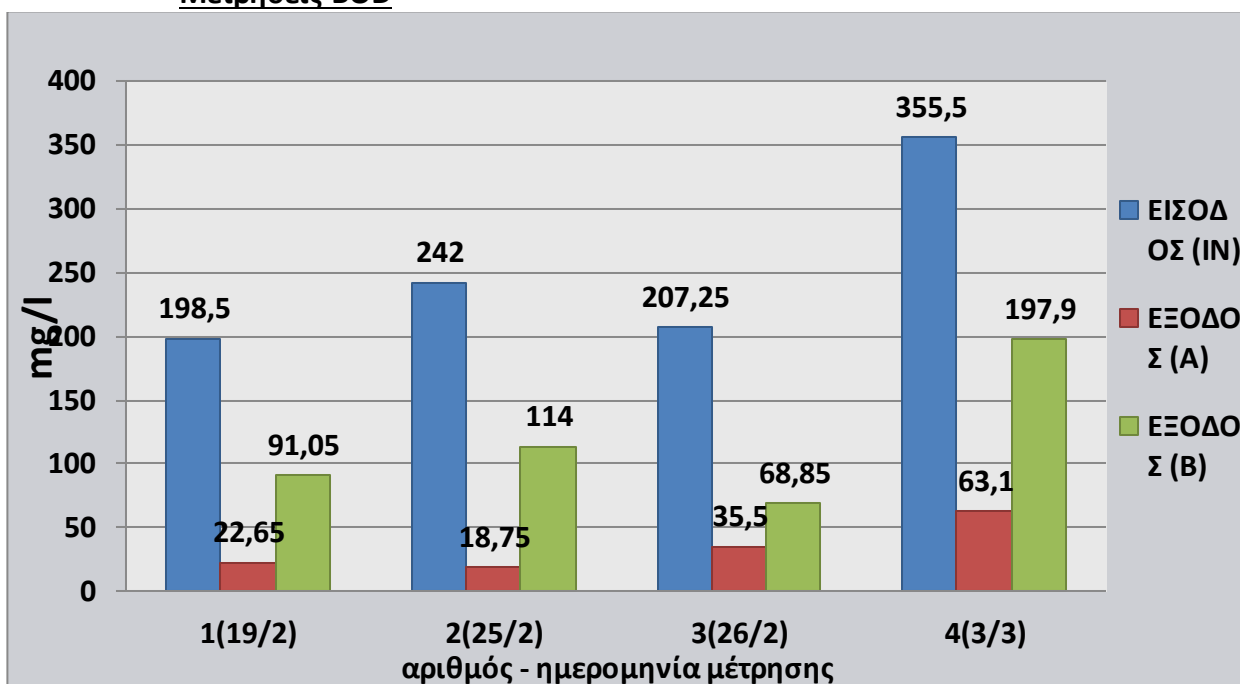
Διάγραμμα 7.3.1. : διακύμανση συγκέντρωσης COD, συνθήκη (3)

Στη συνθήκη αυτή και για την παράμετρο του COD, βλέπουμε ότι η απόδοση του φίλτρου (Α) είναι σταθερά υψηλή και φαίνεται να μην επηρεάζεται από τη συγκέντρωση εισόδου. Αντίθετα το φίλτρο (Β) παρουσιάζει διακυμάνσεις στην απόδοσή του, ανάλογες με την συγκέντρωση εισόδου.



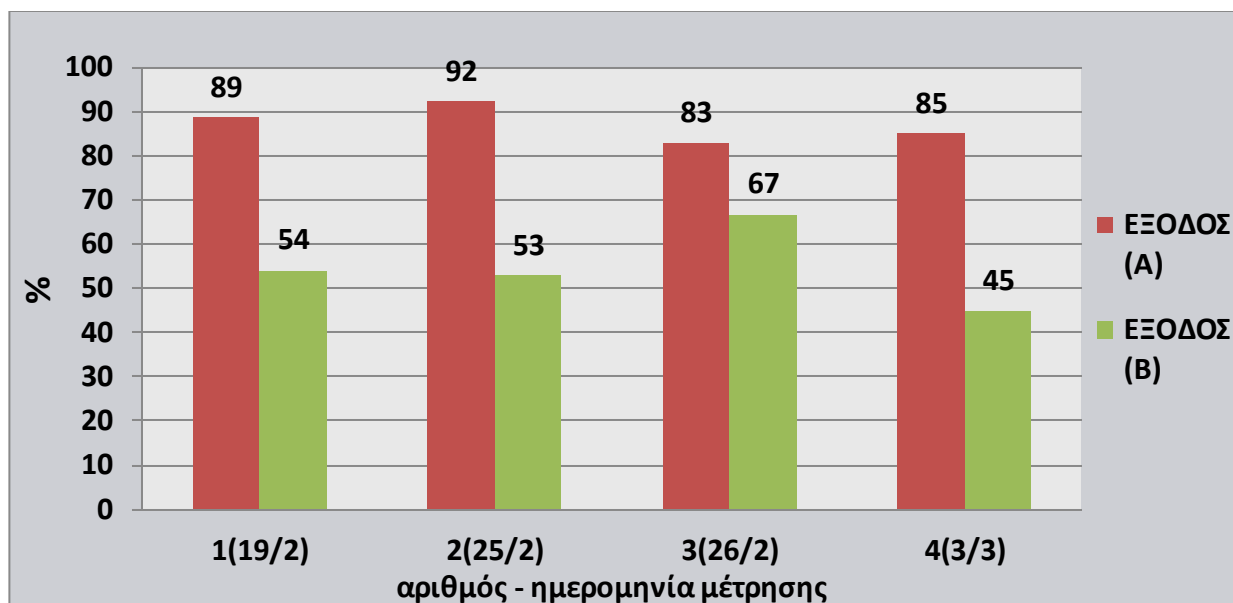
**Διάγραμμα 7.3.2. : ποσοστά απομάκρυνσης COD, συνθήκης (3)**

• **Μετρήσεις BOD**



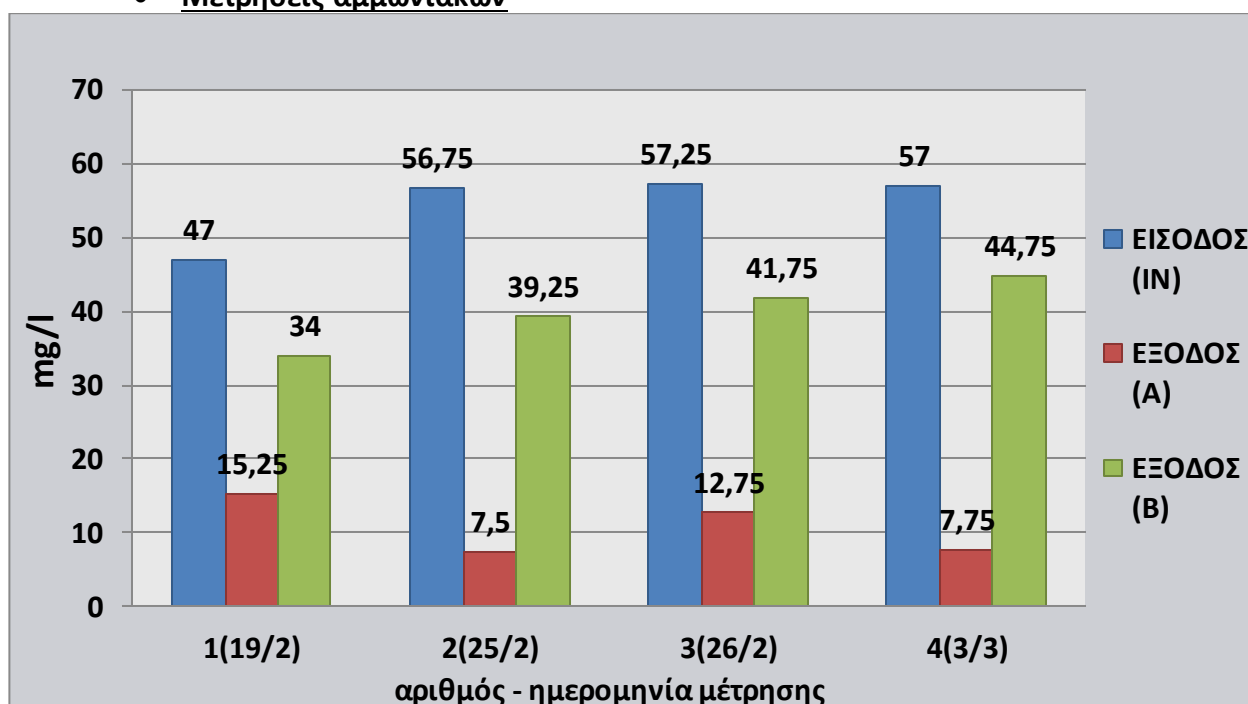
**Διάγραμμα 7.3.3. : διακύμανση συγκέντρωσης BOD συνθήκης (3)**

Αντίστοιχα με την παράμετρο του COD, η απόδοση για το BOD σε αυτή τη συνθήκη του φίλτρου (B) είναι χαμηλότερη στις μετρήσεις με υψηλότερη συγκέντρωση εισόδου. Το φίλτρο (A) φαίνεται να επηρεάζεται από την υψηλή συγκέντρωση εισόδου στην τέταρτη μέτρηση, αλλά η αποδόσεις του είναι υψηλές για όλες τις μετρήσεις.



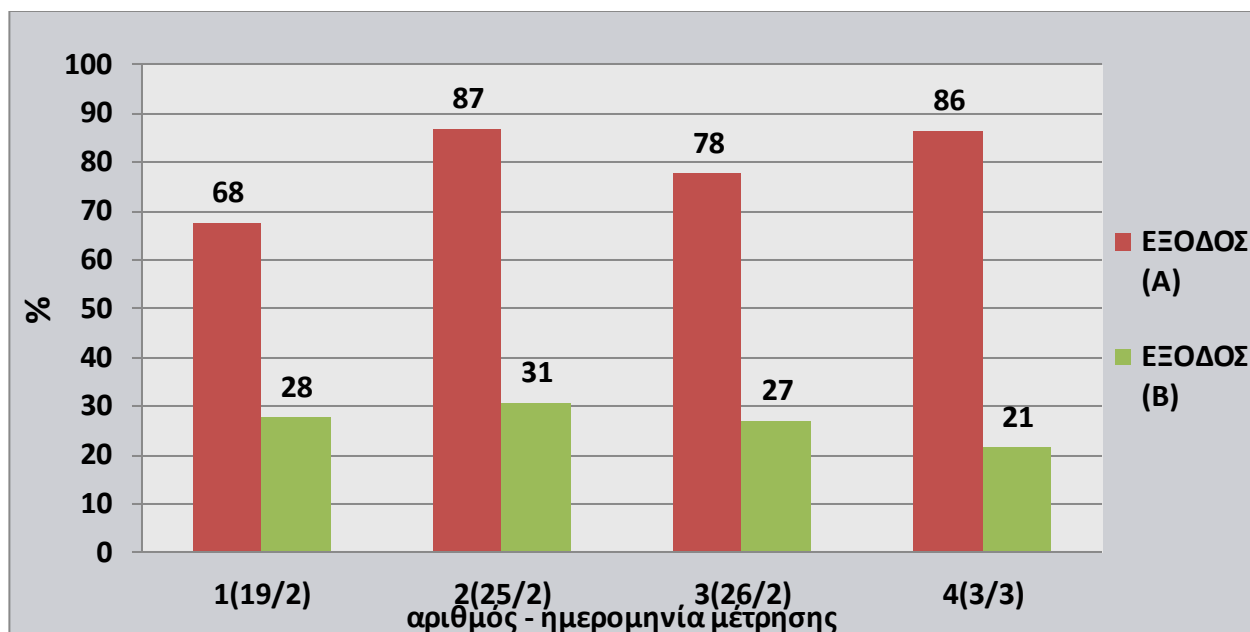
**Διάγραμμα 7.3.4. : ποσοστά απομάκρυνσης BOD συνθήκης (3)**

• **Μετρήσεις αμμωνιακών**



**Διάγραμμα 7.3.5. : διακύμανση συγκέντρωσης αμμωνιακών συνθήκη (3)**

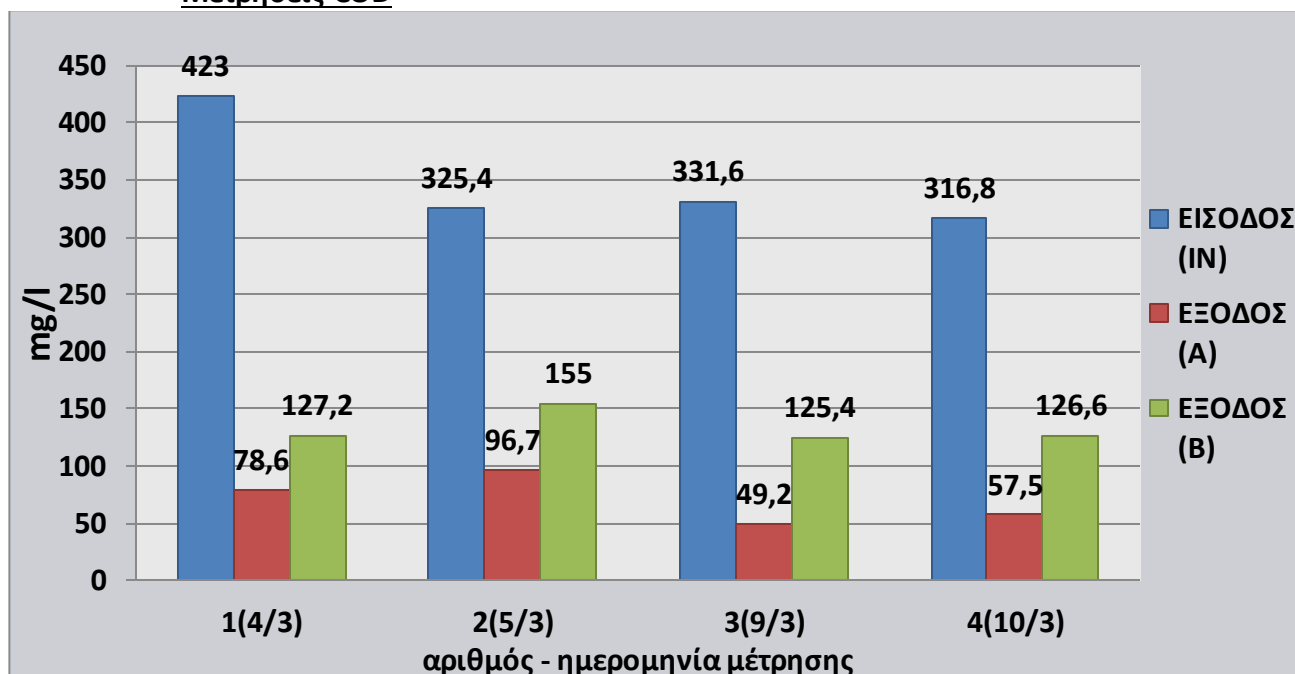
Για την παράμετρο των αμμωνιακών, το φίλτρο (Α), έχει και σε αυτή τη συνθήκη λειτουργίας καλή απόδοση που δεν φαίνεται να εξαρτάται από την συγκέντρωση εισόδου, σε αντίθεση με το φίλτρο (Β) που έχει χαμηλή απόδοση σε όλες τις μετρήσεις οι τιμές της συγκέντρωσης εξόδου ακολουθούν τη διακύμανση των τιμών συγκέντρωσης της εισόδου.



Διάγραμμα 7.3.6. : ποσοστά απομάκρυνσης αμμωνιακών συνθήκη (3)

#### 7.4. Αποτελέσματα τέταρτης συνθήκης λειτουργίας, συνθήκη (4) παροχή $Q=1$ L/h ,με αερισμό και ανακυκλοφορία παροχής $Q$

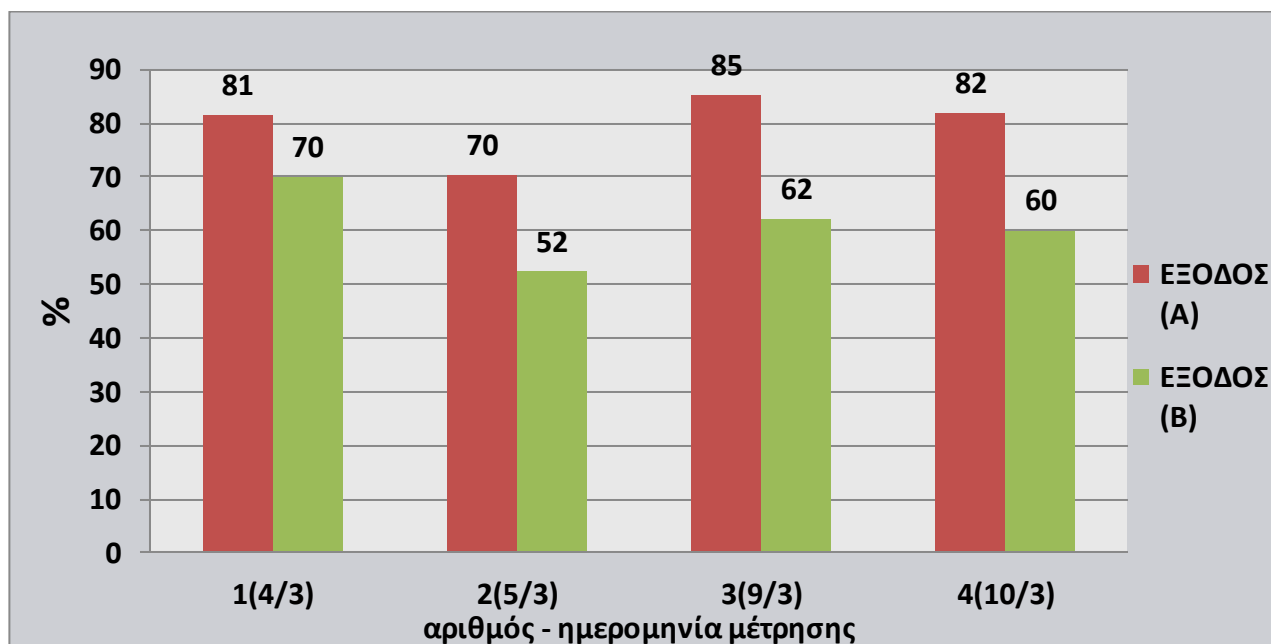
- Μετρήσεις COD



Διάγραμμα 7.4.1. : διακύμανση συγκέντρωσης COD συνθήκη (4)

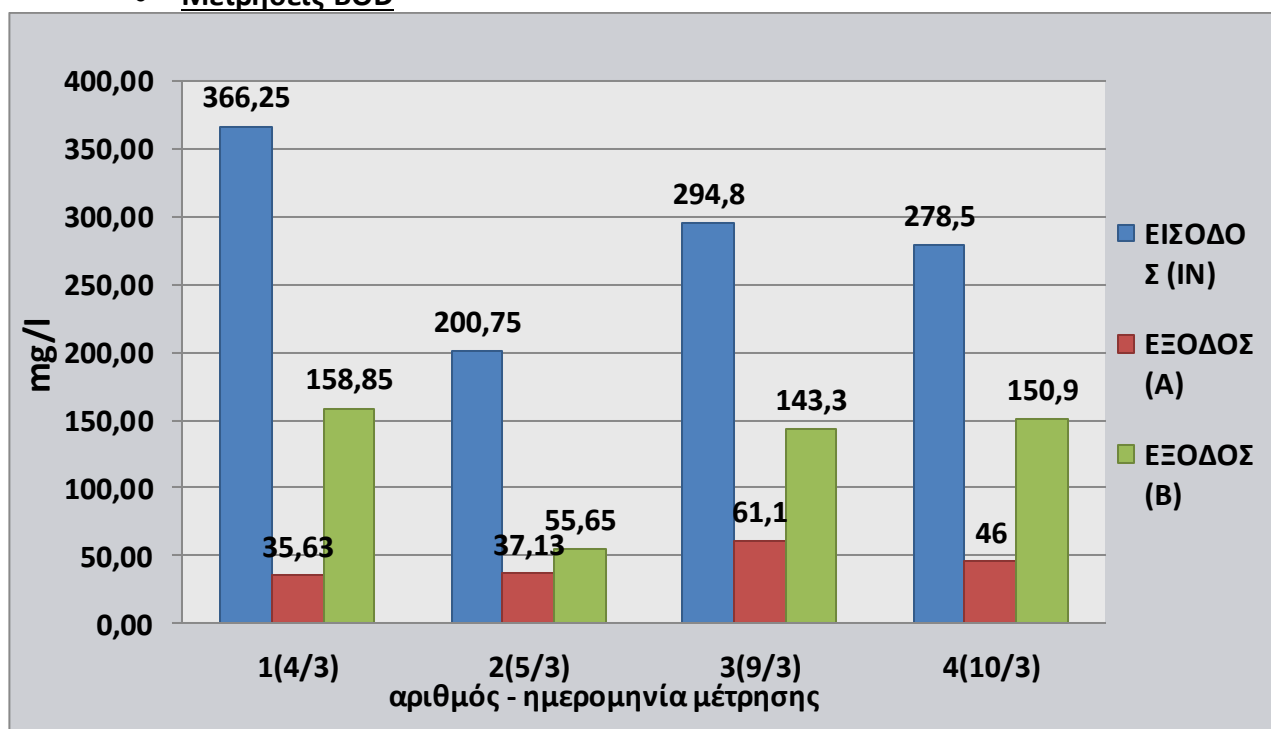
Και σε αυτή τη συνθήκη λειτουργίας, για την παράμετρο του BOD παρατηρούμε σταθερά καλύτερη απόδοση του φίλτρου (Α), ενώ δεν φαίνεται σημαντική συνει-

σφορά της μεγαλύτερης ανακυκλοφορίας. Η υψηλή τιμή συγκέντρωσης εισόδου που βλέπουμε στην πρώτη μέτρηση δεν φαίνεται να επηρέασε τα δύο συστήματα.



**Διάγραμμα 7.4.2. : ποσοστά απομάκρυνσης COD, συνθήκη (4)**

• **Μετρήσεις BOD**

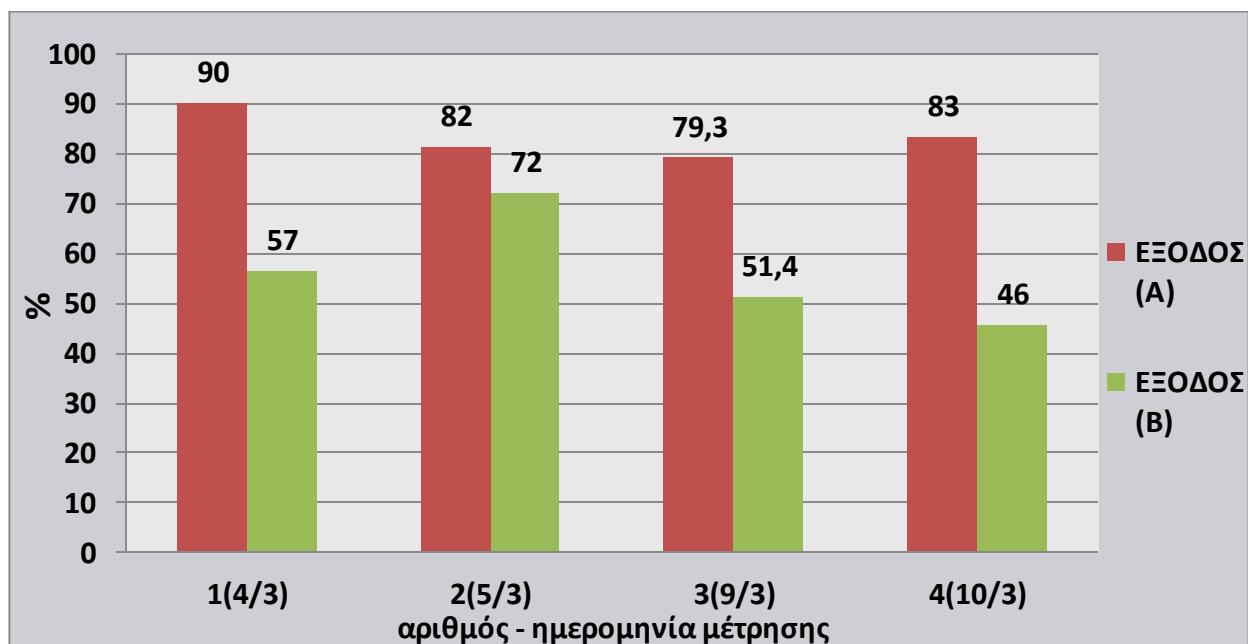


**Διάγραμμα 7.4.3. : διακύμανση συγκέντρωσης BOD, συνθήκη (4)**

Για την παράμετρο του BOD, η χαμηλή τιμή συγκέντρωσης εισόδου στη δεύτερη μέτρηση φαίνεται πως επηρέασε θετικά το φίλτρο (B), αφού στην μέτρηση αυτή εμφάνισε τη μεγαλύτερη με διαφορά απόδοση. Αντίθετα το φίλτρο (A) εμφάνισε τη

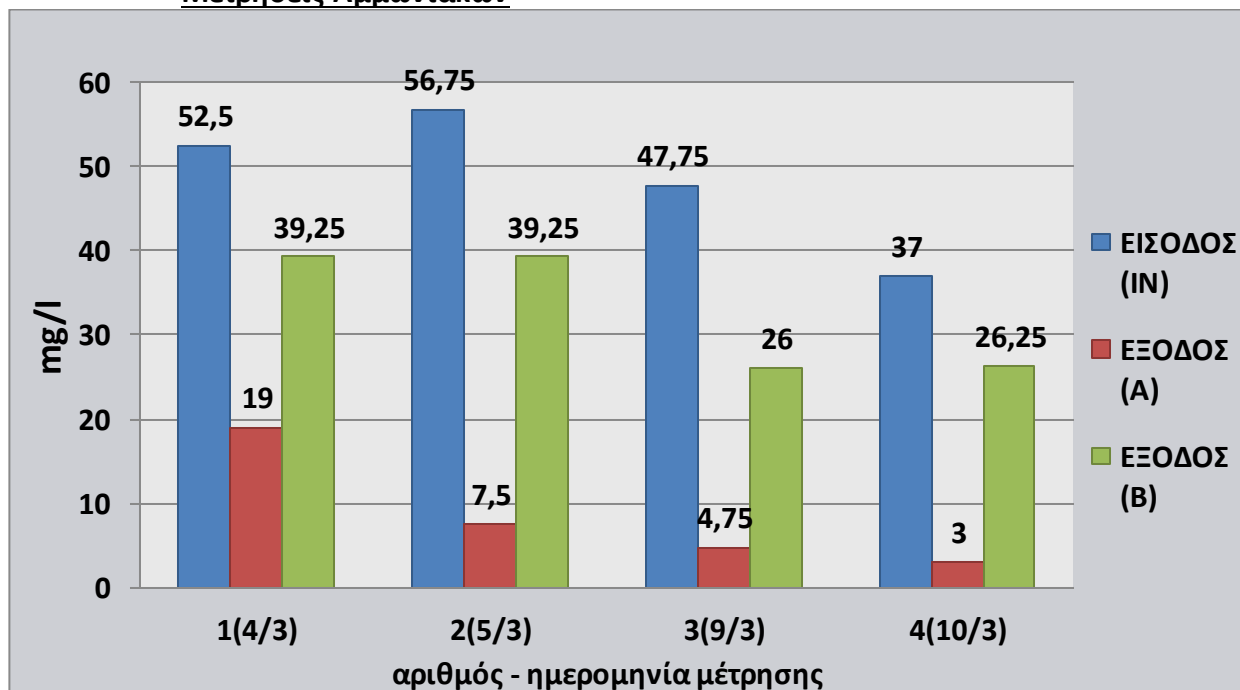


μεγαλύτερη απόδοση στην πρώτη μέτρηση, όπου είχαμε την υψηλότερη συγκέντρωση εισόδου.



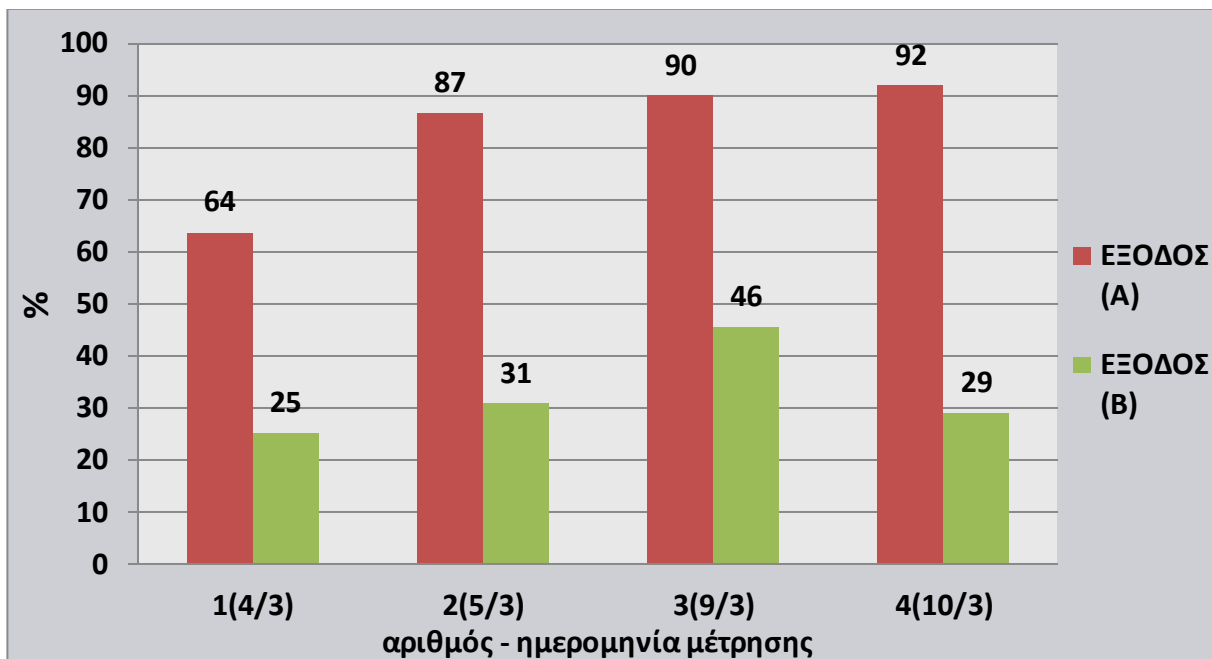
Διάγραμμα 7.4.4. : ποσοστά απομάκρυνσης BOD, συνθήκη (4)

- Μετρήσεις Αμμωνιακών



Διάγραμμα 7.4.5. : διακύμανση συγκέντρωσης αμμωνιακών συνθήκη (4)

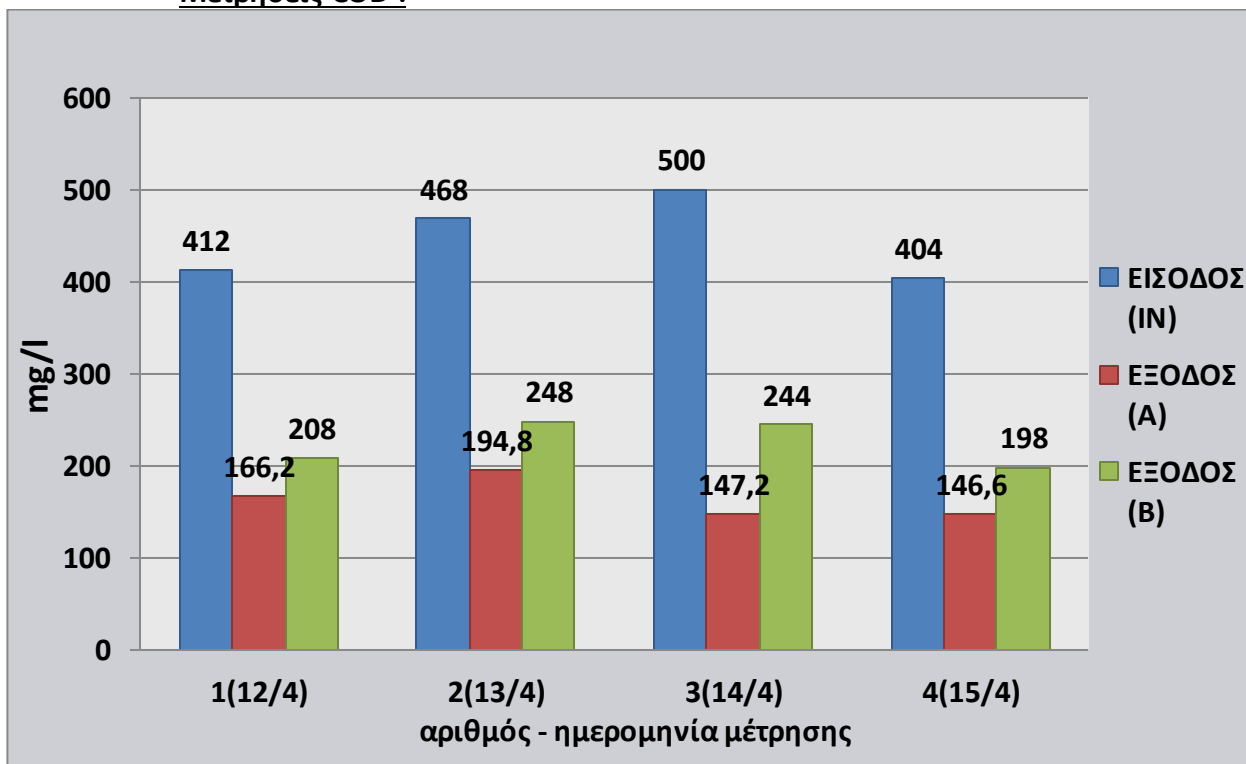
Για τα αμμωνιακά στη συνθήκη αυτή, το φίλτρο (Α) εμφανίζει υψηλότερη απόδοση με την χαμηλότερη συγκέντρωση εισόδου. Η απόδοση του φίλτρου (Β) παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις, όχι όμως λόγω της διαφοροποίησης της συγκέντρωσης εισόδου.



Διάγραμμα 7.4.6. : ποσοστά απομάκρυνσης αμμωνιακών συνθήκη (4)

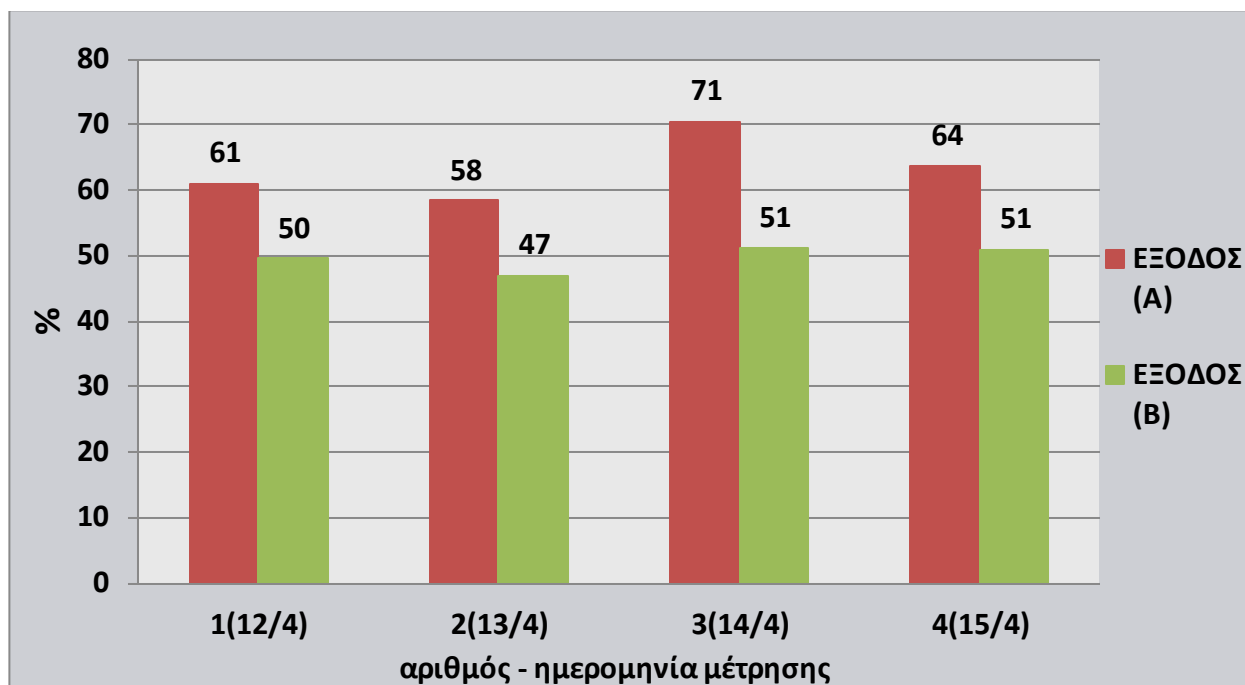
**7.5. Αποτελέσματα πέμπτης συνθήκης λειτουργίας, συνθήκη (5), παροχή  $Q=1 \text{ L/h}$ , με αερισμό και ανακυκλοφορία  $2,5*Q$ .**

- Μετρήσεις COD :



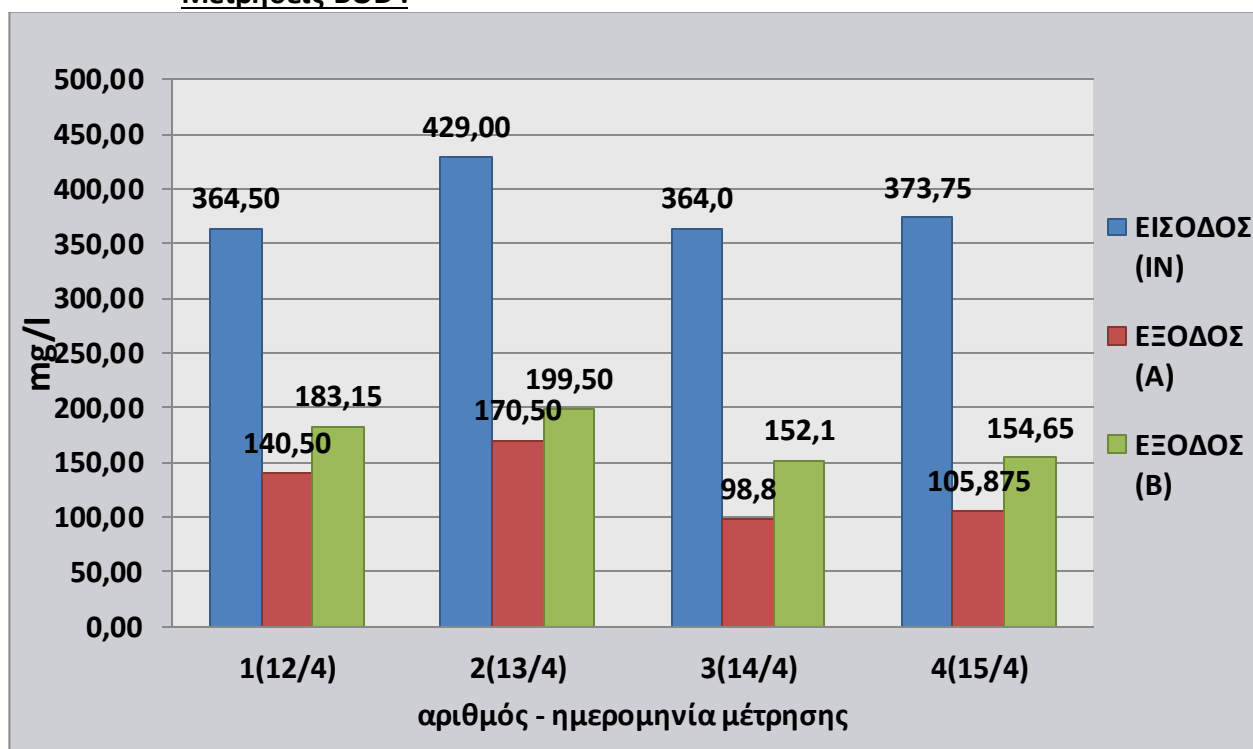
Διάγραμμα 7.5.1. : διακύμανση συγκέντρωσης COD, συνθήκη (5)

Στη συνθήκη αυτή για την παράμετρο του BOD, η απόδοση του φίλτρου (Α) δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή (σε σχέση με τις προηγούμενες συνθήκες), ενώ η απόδοση του φίλτρου (Β) δεν παρουσιάζει υψηλότερη απόδοση σε σχέση με προηγούμενες συνθήκες, παρουσιάζει όμως σχετική σταθερότητα χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις.



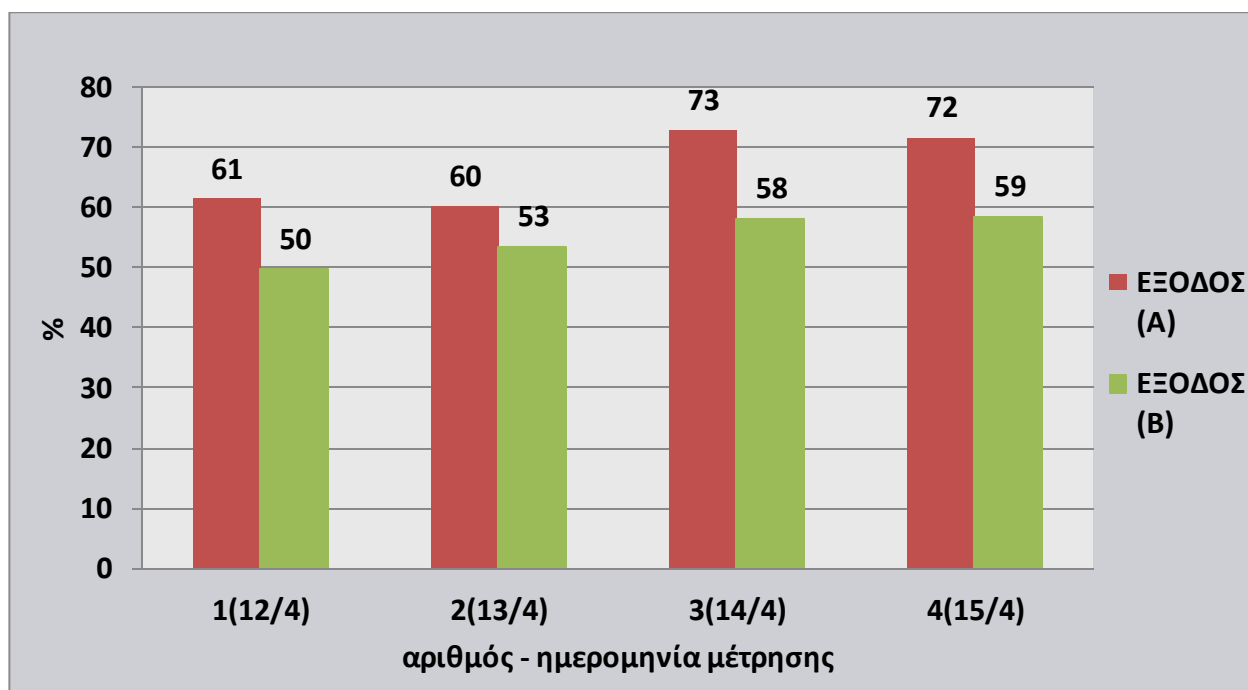
**Διάγραμμα 7.5.2. : ποσοστά απομάκρυνσης COD, συνθήκη (5)**

• **Μετρήσεις BOD :**

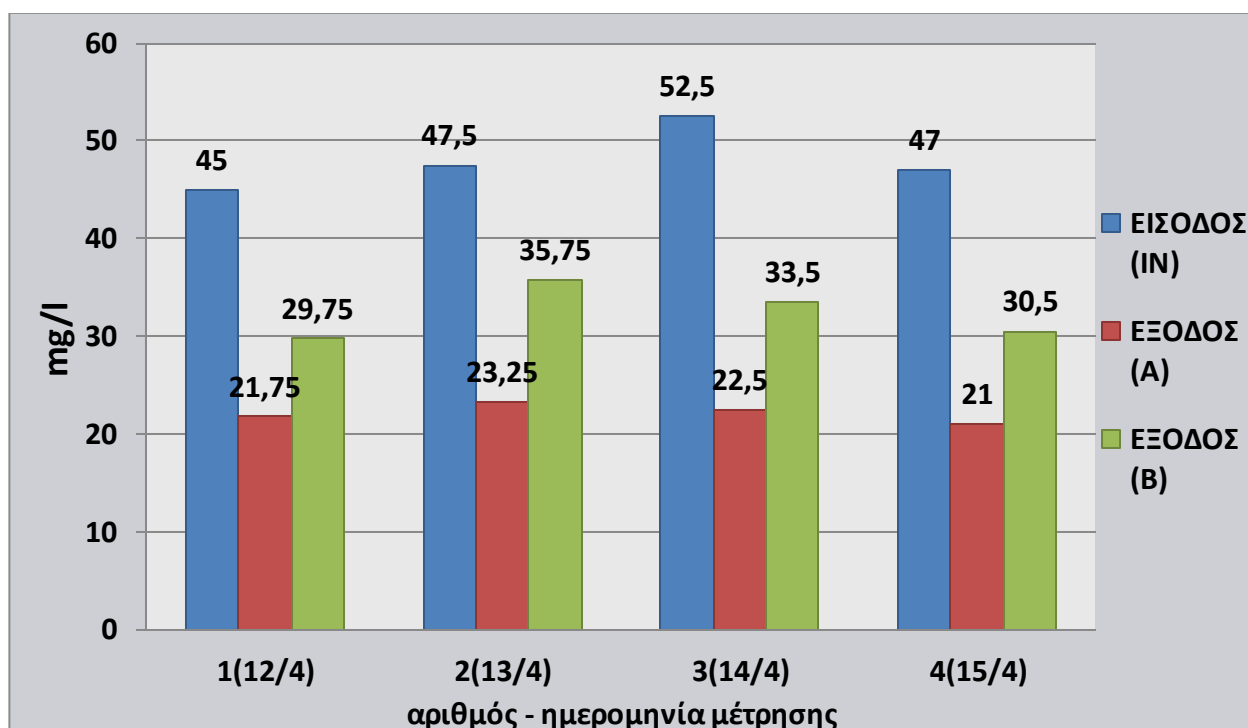


**Διάγραμμα 7.5.3. : διακύμανση συγκέντρωσης BOD ,συνθήκη (5)**

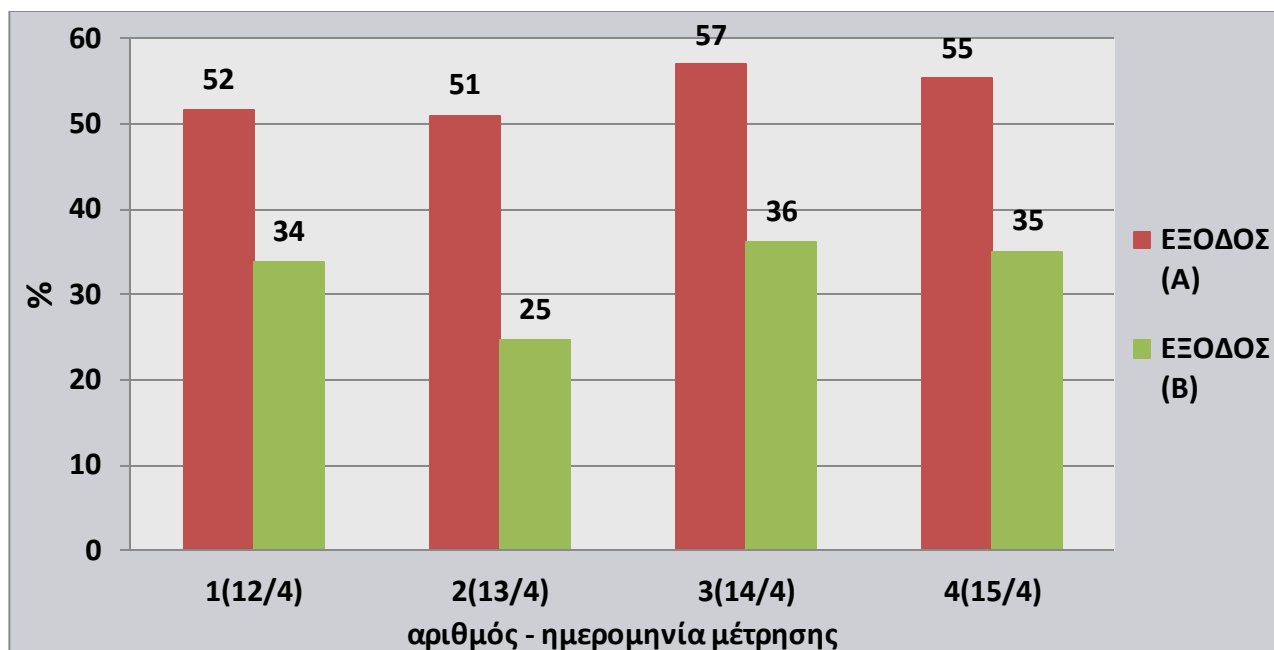
Και για την παράμετρο του BOD, το φίλτρο (Α) παρουσιάζει μειωμένη απόδοση σε σχέση με προηγούμενες συνθήκες λειτουργίας, πάντα όμως υψηλότερη από το φίλτρο (Β), το οποίο παρουσιάζει σταθερότητα αλλά όχι υψηλότερη απόδοση.



**Διάγραμμα 7.5.4. : ποσοστά απομάκρυνσης BOD, συνθήκη (5)**



**Διάγραμμα 7.5.5. : διακύμανση συγκέντρωσης αμμωνιακών, συνθήκη (5)**



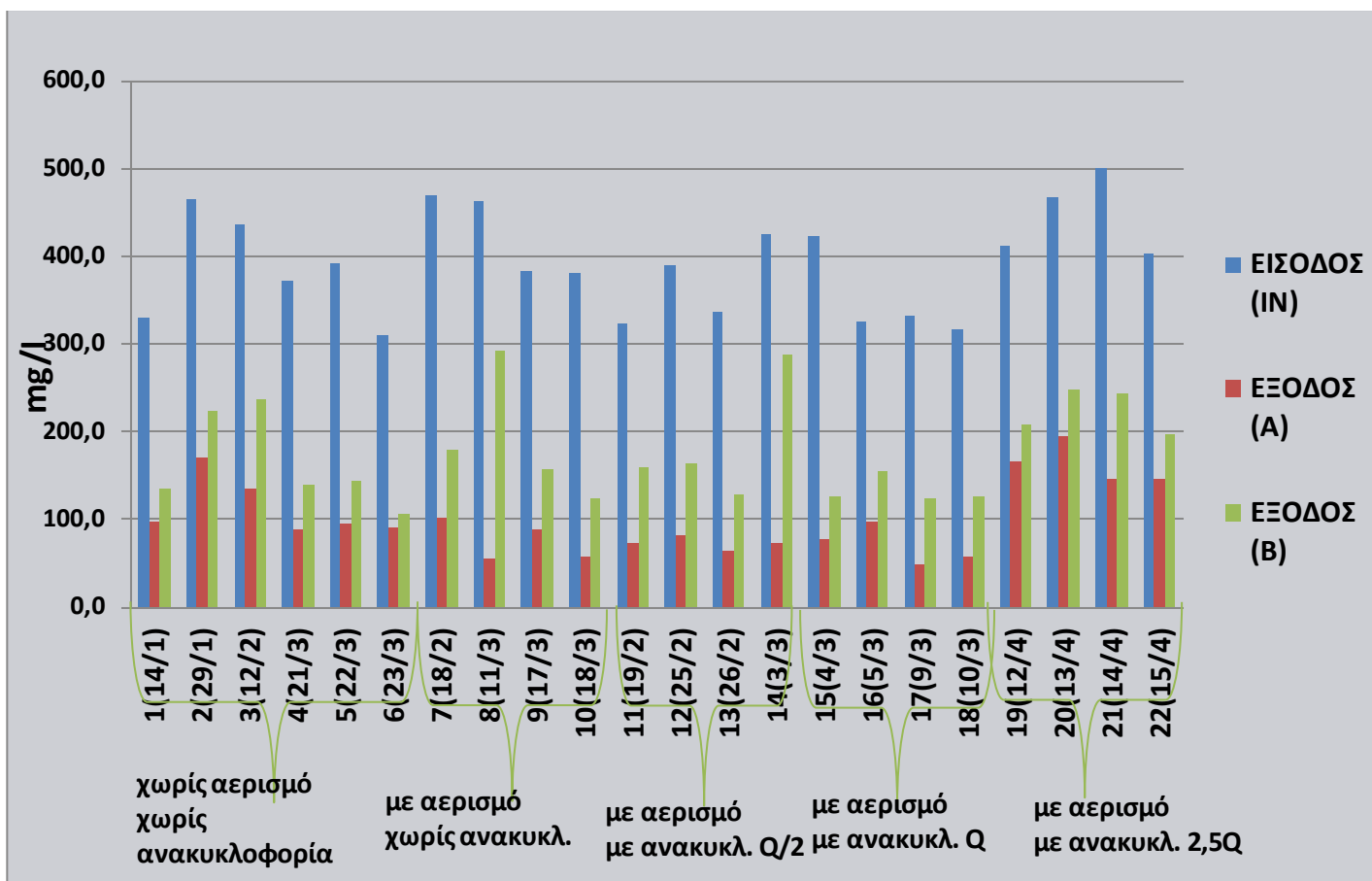
**Διάγραμμα 7.5.6. : ποσοστά απομάκρυνσης αμμωνιακών, συνθήκη (5)**

## 7.6. Αθροιστικά αποτελέσματα όλων των συνθηκών, σύγκριση και συζήτηση

Στα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζονται αθροιστικά οι συγκεντρώσεις εισόδου και εξόδου για τα δύο φίλτρα, καθώς και τα ποσοστά απομάκρυνσης για κάθε συνθήκη λειτουργίας και για κάθε μέτρηση.

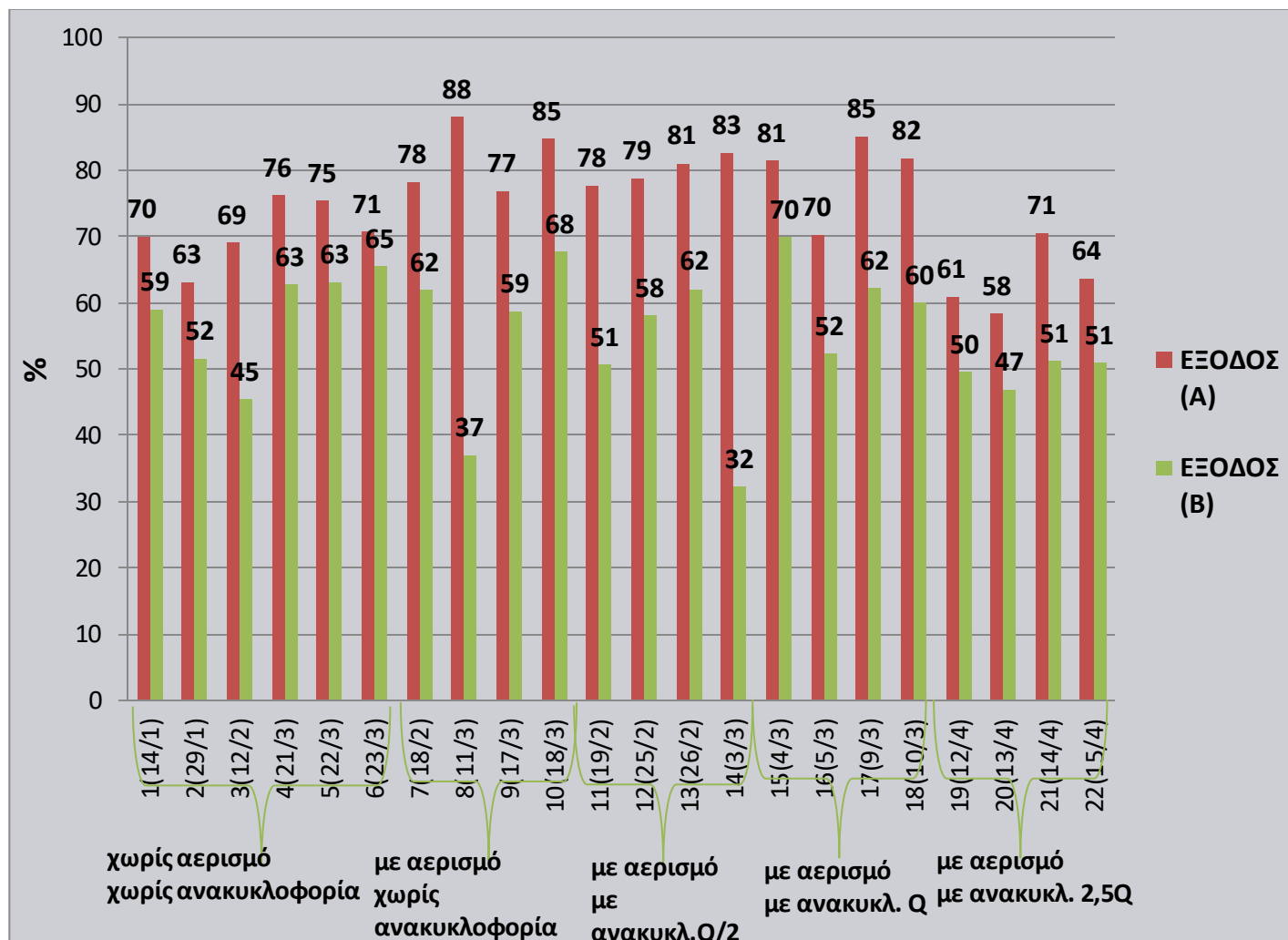
### 7.6.1. Αποτελέσματα COD

Τα αθροιστικά αποτελέσματα για την συγκέντρωση της παραμέτρου COD παρουσιάζονται στο διάγραμμα 7.6.1.1. Παρουσιάζονται όλες οι συνθήκες σε ένα διάγραμμα ώστε να είναι ευκολότερη η σύγκριση των δύο φίλτρων και των συνθηκών λειτουργίας.



**Διάγραμμα 7.6.1.1.: διακύμανση συγκέντρωσης COD, σε όλες τις συνθήκες**

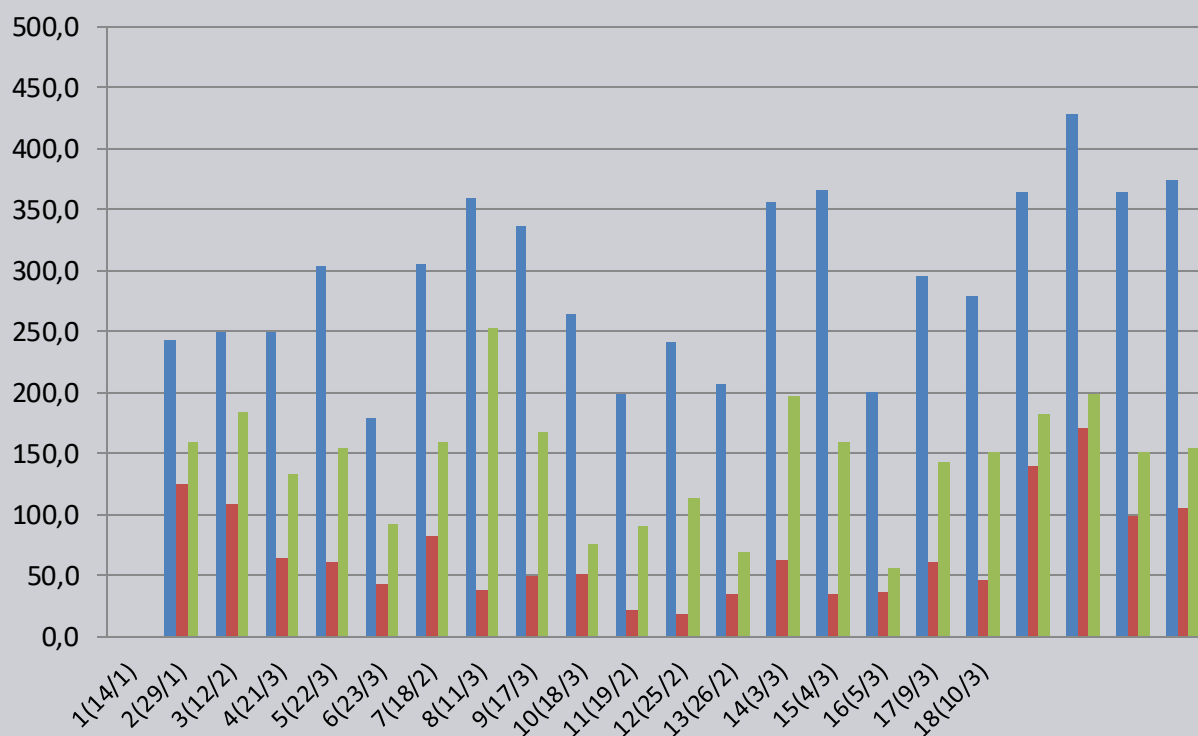
Τα αθροιστικά αποτελέσματα για τα ποσοστά απομάκρυνσης της παραμέτρου COD για κάθε φίλτρο παρουσιάζονται στο διάγραμμα 7.6.1.2. Παρουσιάζονται όλες οι συνθήκες σε ένα διάγραμμα ώστε να είναι ευκολότερη η σύγκριση των δύο φίλτρων.



**Διάγραμμα 7.6.1.2. : ποσοστά απομάκρυνσης COD, σε όλες τις συνθήκες**

### 7.6.2. Αποτελέσματα BOD

Τα αθροιστικά αποτελέσματα για την συγκέντρωση της παραμέτρου BOD παρουσιάζονται στο διάγραμμα 7.6.2.1. Παρουσιάζονται όλες οι συνθήκες σε ένα διάγραμμα ώστε να είναι ευκολότερη η σύγκριση των δύο φίλτρων και των συνθηκών λειτουργίας.



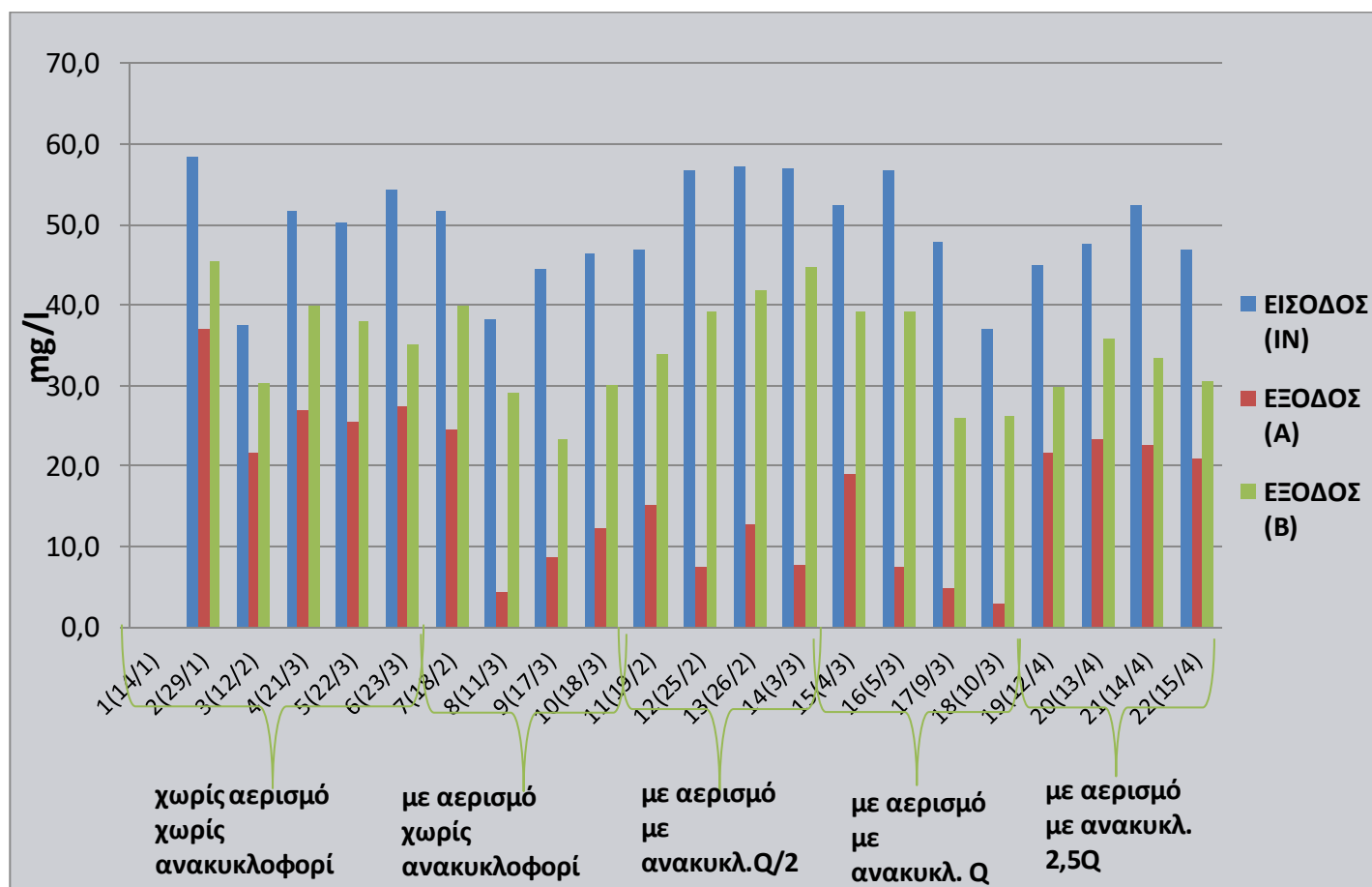
**Διάγραμμα 7.6.2.1. : διακύμανση συγκέντρωσης BOD ,σε όλες τις συνθήκες**



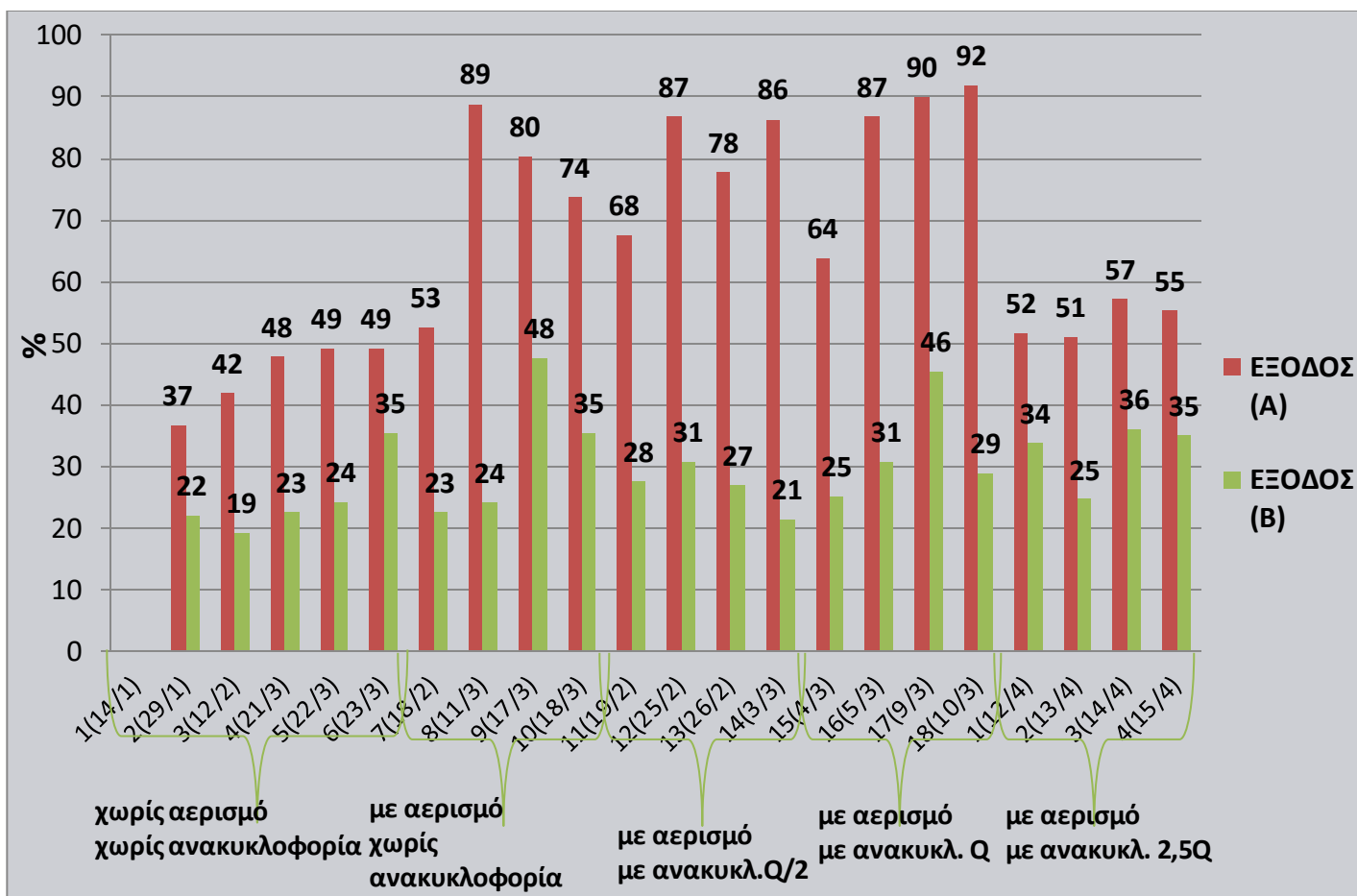


### 7.6.3. Αποτελέσματα αμμωνιακών

Τα αθροιστικά αποτελέσματα για την συγκέντρωση αμμωνιακών παρουσιάζονται στο διάγραμμα 7.6.3.1. Παρουσιάζονται όλες οι συνθήκες σε ένα διάγραμμα ώστε να είναι ευκολότερη η σύγκριση των δύο φίλτρων και των συνθηκών λειτουργίας.



**Διάγραμμα 7.6.3.1. : διακύμανση συγκέντρωσης αμμωνιακών σε όλες τις συνθήκες**

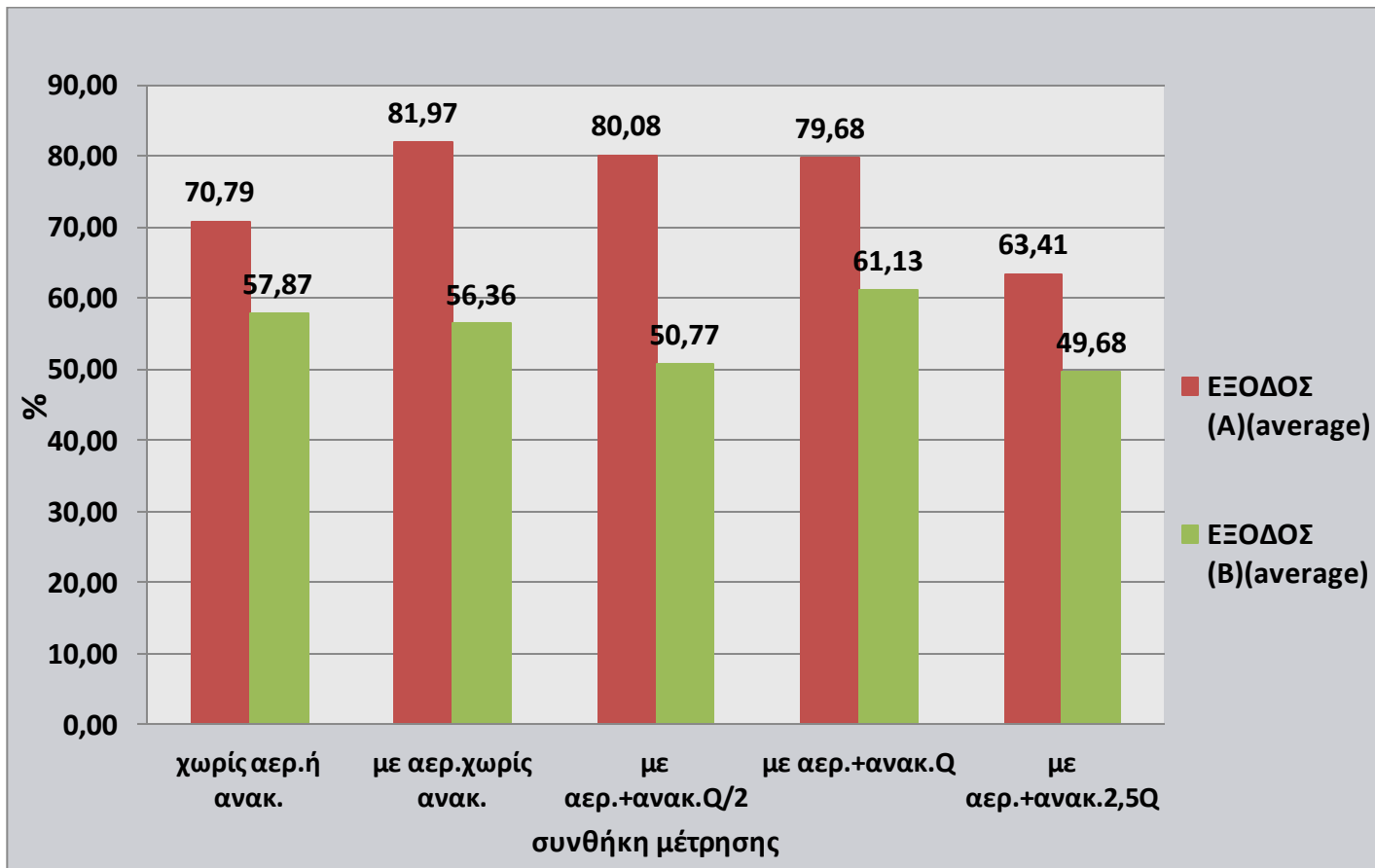


**Διάγραμμα 7.6.3.2. : ποσοστά απομάκρυνσης αμμωνιακών ,σε όλες τις συνθήκες**

Τα αθροιστικά αποτελέσματα για τα ποσοστά απομάκρυνσης των αμμωνιακών παρουσιάζονται στο διάγραμμα 7.6.3.2. Παρουσιάζονται όλες οι συνθήκες σε ένα διάγραμμα ώστε να είναι ευκολότερη η σύγκριση των δύο φίλτρων και των συνθηκών λειτουργίας.

**7.6.4. Απόδοση κάθε βιολογικού φίλτρου (κάθε πληρωτικού υλικού) στις διάφορες συνθήκες λειτουργίας και συζήτηση**

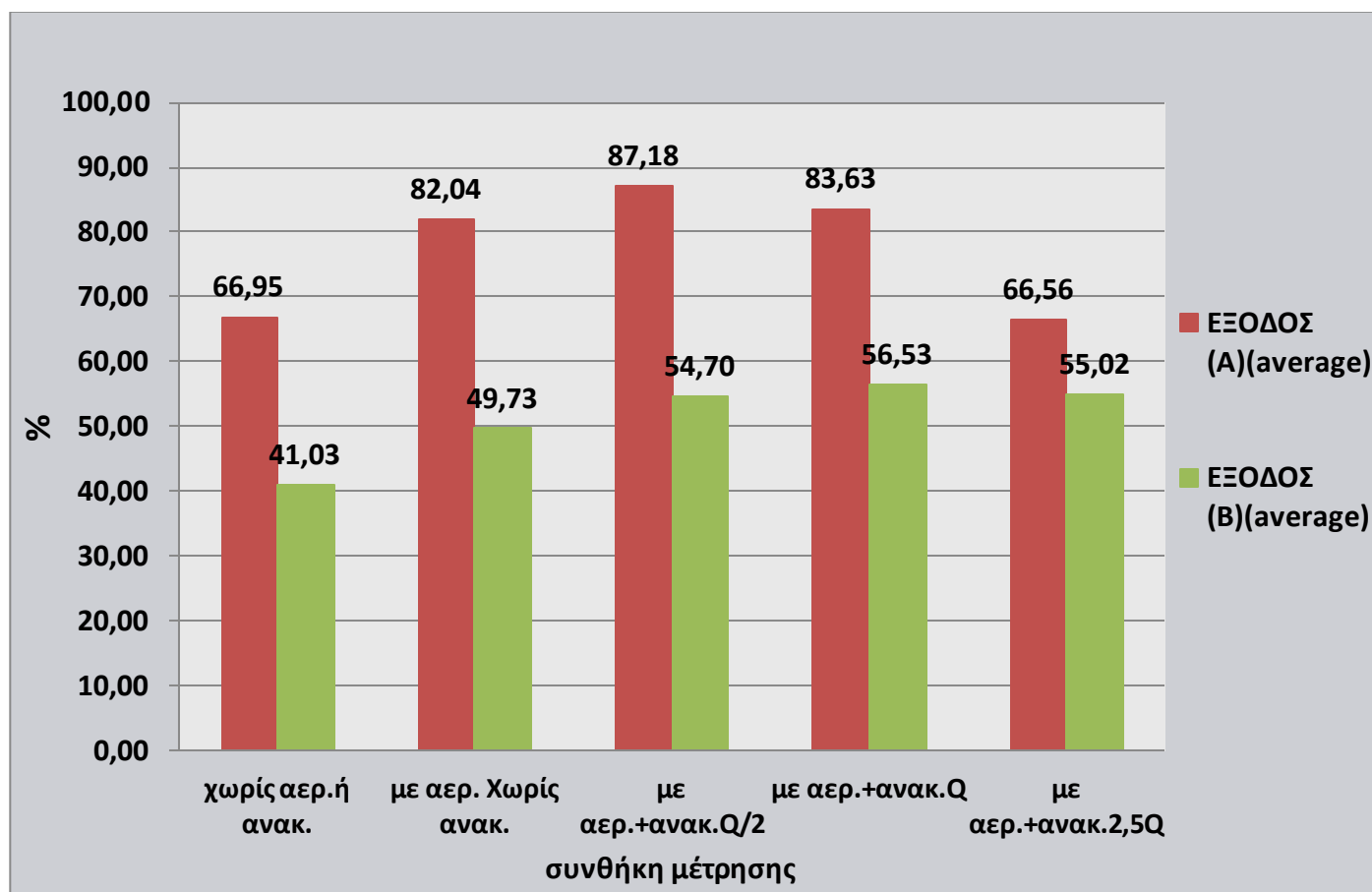
- **Απόδοση για το COD :**



**Διάγραμμα 7.6.4.1. : μέση απομάκρυνση COD κάθε υλικού σε όλες τις συνθήκες**

Παρατηρούμε στο διάγραμμα 7.6.4.1 ότι η απομάκρυνση είναι πολύ μεγαλύτερη για το υλικό (A) σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας των φίλτρων. Πιο συγκεκριμένα, η υψηλότερη απόδοση παρατηρείται στη δεύτερη συνθήκη λειτουργίας (αερισμός χωρίς ανακ.), ενώ σε αντίστοιχο επίπεδο είναι οι αποδόσεις στις συνθήκες (3) (με αερισμό και ανακ.Q/2) και (4) (με αερ. και ανακ.Q). Στην τελευταία συνθήκη λειτουργίας έχουμε την χαμηλότερη απόδοση και για τα δύο φίλτρα.

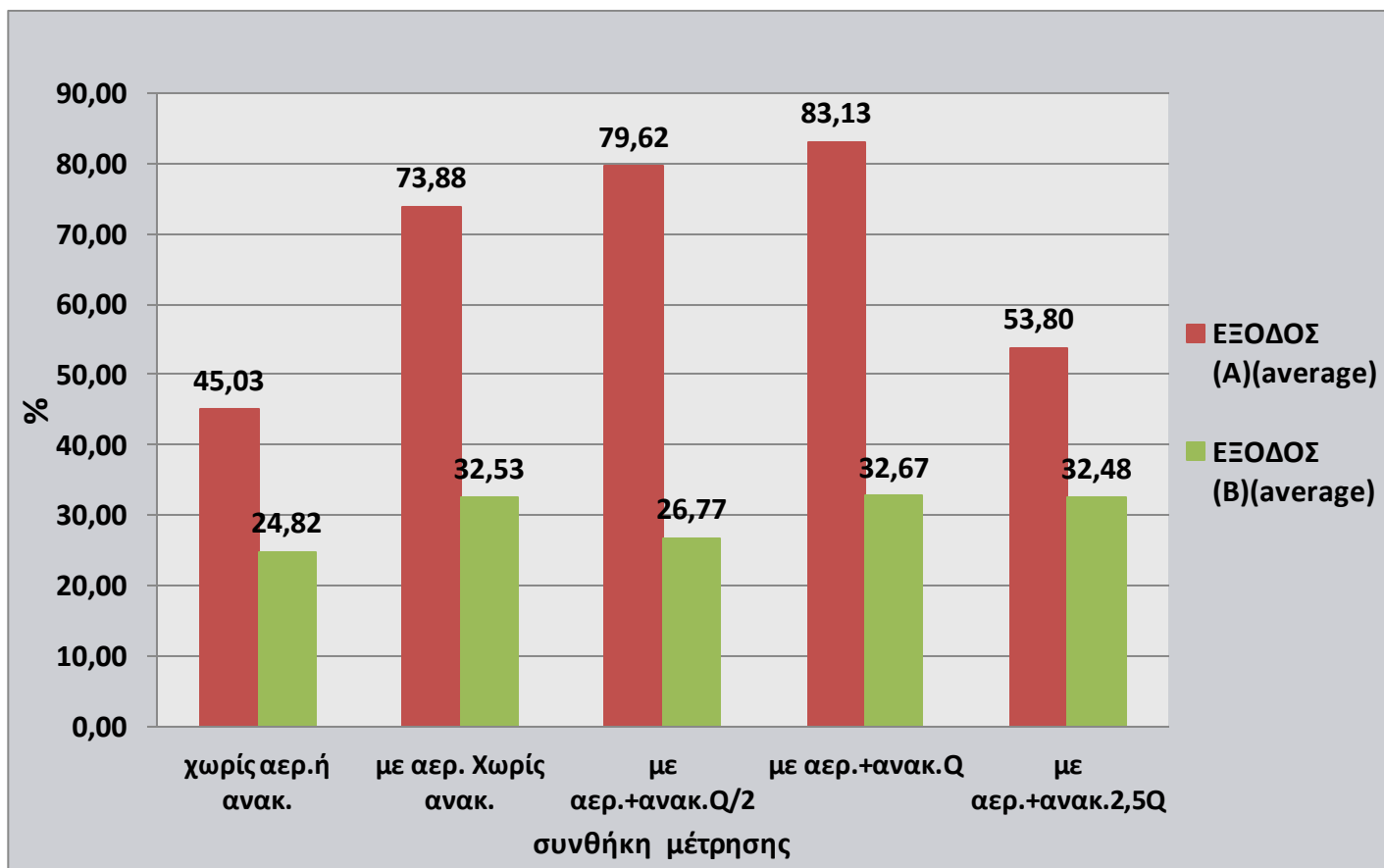
- Απόδοση για το BOD



**Διάγραμμα 7.6.4.2. : μέση απομάκρυνση BOD κάθε υλικού σε όλες τις συνθήκες**

Παρατηρούμε στο διάγραμμα 7.6.4.2 ότι η απομάκρυνση είναι πολύ μεγαλύτερη για το υλικό (A) σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας των φίλτρων. Πιο συγκεκριμένα, η υψηλότερη απόδοση παρατηρείται στην τρίτη συνθήκη λειτουργίας (αερισμός και ανακ.Q/2), ενώ σε αντίστοιχο επίπεδο είναι οι αποδόσεις στις συνθήκες (2) (με αερισμό χωρίς ανακ.) και (4) (με αερ. και ανακ.Q). Στην τελευταία συνθήκη λειτουργίας έχουμε την χαμηλότερη απόδοση και για τα δύο φίλτρα.

- Απόδοση για τα αμμωνιακά :



**Διάγραμμα 7.6.4.3. : μέση απομάκρυνση αμμωνιακών κάθε υλικού σε όλες τις συνθήκες**

Παρατηρούμε στο διάγραμμα 7.6.4.3 ότι η απομάκρυνση είναι πολύ μεγαλύτερη για το υλικό (A) σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας των φίλτρων. Πιο συγκεκριμένα , η υψηλότερη απόδοση παρατηρείται στην τέταρτη συνθήκη λειτουργίας (αερισμός και ανακ.Q), ενώ σε αντίστοιχο επίπεδο είναι οι αποδόσεις στις συνθήκες (2) (με αερισμό χωρίς ανακ.) και (3) (με αερ. και ανακ.Q/2). Στην τελευταία συνθήκη λειτουργίας έχουμε την χαμηλότερη απόδοση και για τα δύο φίλτρα.

#### **7.6.5. Σύγκριση των δύο υλικών πλήρωσης**

Συγκρίνοντας τα υλικά στις διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας (γεγονός το οποίο αποτελεί και στόχο της παρούσας εργασίας), το υλικό τυχαίας ροής (A) εμφάνισε τα καλύτερα αποτελέσματα σαν γενική εικόνα αλλά και σταθερότητα ανάμεσα στις ημέρες.

Για το φίλτρο του υλικού (A), η απόδοση είναι αρκετά ικανοποιητική σε όλες τις συνθήκες, βελτιώνεται σημαντικά με την προσθήκη αερισμού , δεν βελτιώνεται περαιτέρω όμως με την προσθήκη ανακυκλοφορίας οποιασδήποτε παροχής και τελικά

με την μεγάλη αύξηση της παροχής ( $2,5 \cdot Q$ ) ανακυκλοφορίας βλέπουμε ότι μειώνεται σημαντικά. Πρέπει όμως να σημειωθεί η σταθερότητα που παρατηρείται στις συνθήκες (2), (3) και (4) (με αερισμό, αερισμό+ανακ. $Q/2$ , αερισμό+ανακ. $Q$ ), όπου το φίλτρο παρουσιάζει αρκετά ικανοποιητικές αποδόσεις για όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους. Το γεγονός αυτό πιθανώς να οφείλεται στην άμεση επίδραση που έχει η προσθήκη αερισμού, αφού τα μεγάλα διάκενα επιτρέπουν την ομοιόμορφη κατανομή του αέρα σε όλη την επιφάνεια του φίλτρου και έτσι την καλή οξυγόνωση της προσκολλημένης βιομάζας.

Για την απόδοση στην απομάκρυνση του COD, η υψηλότερη απόδοση (σε μέσους όρους, 81,97% απομάκρυνση) παρουσιάζεται στη συνθήκη (2) με αερισμό χωρίς ανακυκλοφορία, χωρίς όμως σημαντική διαφορά από τις συνθήκες (3) και (4), με απόκλιση περίπου 2 με 3 %. Η χειρότερη απόδοση παρουσιάζεται στην συνθήκη (5) (απομάκρυνση 63,41%) με αερισμό και ανακυκλοφορία  $2,5 \cdot Q$ .

Για την απόδοση στην απομάκρυνση του BOD, η υψηλότερη απόδοση (87,18% απομάκρυνση) παρουσιάζεται στη συνθήκη (3), με αερισμό και ανακυκλοφορία  $Q/2$ , με μικρή διαφορά από τις συνθήκες (2) και (4) με, απόκλιση περίπου 5-6 %. Η χειρότερη απόδοση παρουσιάζεται στη συνθήκη (5) (66,56% απομάκρυνση), σχεδόν όμως ίση με την απόδοση της συνθήκης (1).

Για την απόδοση στην απομάκρυνση αμμωνιακών, η υψηλότερη απόδοση (απομάκρυνση 83,13%) παρουσιάζεται στη συνθήκη (4), τιμή που είναι σχετικά κοντά στην συνθήκη (3) (79,62%) σχετικά υψηλότερη όμως από τη συνθήκη (3) (73,88%) και πολύ υψηλότερη από τη συνθήκη (5), γεγονός που δείχνει ότι η αύξηση του ρυθμού ανακυκλοφορίας πέρα του 100% της παροχής εισόδου μπορεί να μειώσει την απόδοση.

Για το φίλτρο του υλικού (B), η απόδοση δεν είναι ικανοποιητική, δεν βελτιώνεται σημαντικά με την προσθήκη αερισμού, δεν βελτιώνεται με την προσθήκη ανακυκλοφορίας οποιασδήποτε παροχής, παρά μόνο στη συνθήκη (4) (με αερ.+ανακ. $Q$ ) για όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους. Τα περιορισμένα διάκενα του συγκεκριμένου υλικού δεν επιτρέπουν τον καλύτερο δυνατό αερισμό της προσκολλημένης βιομάζας και έτσι μπορεί να περιοριστεί η λειτουργία των μικροοργανισμών. Η απόδοση παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, ακόμα και στις μετρήσεις της ίδιας συνθήκης λειτουργίας, γεγονός που καταδεικνύει πως περισσότερη έρευνα είναι απαραίτητη για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Πρέπει να επισημανθεί η μεγαλύτερη απόδοση στην τέταρτη συνθήκη λειτουργίας (αερισμό+ανακ. $Q$ ) για όλες τις παραμέτρους που εξετάστηκαν.

Για την απόδοση στην απομάκρυνση του COD, η υψηλότερη απόδοση (σε μέσους όρους, 61,13% απομάκρυνση) παρουσιάζεται στη συνθήκη (4) με αερισμό και ανα-

κυκλοφορία παροχής Q, χωρίς όμως σημαντική διαφορά από τις συνθήκες (1) και (2), με απόκλιση περίπου 3 με 4 %. Η χειρότερη απόδοση παρουσιάζεται στην συνθήκη (5) (απομάκρυνση 49,68%) χωρίς αερισμό ή ανακυκλοφορία.

Για την απόδοση στην απομάκρυνση του BOD, η υψηλότερη απόδοση (56,53% απομάκρυνση) παρουσιάζεται στη συνθήκη (4), με αερισμό και ανακυκλοφορία Q, με μικρή διαφορά από τις συνθήκες (3) και (5) με, απόκλιση περίπου 1-2 %. Η χειρότερη απόδοση παρουσιάζεται στη συνθήκη (1) (41,03% απομάκρυνση).

Για την απόδοση στην απομάκρυνση αμμωνιακών, η υψηλότερη απόδοση (απομάκρυνση 32,67%) παρουσιάζεται στη συνθήκη (4), τιμή που είναι σχετικά κοντά στις συνθήκες (2) και (5) (32,53 και 32,48% αντίστοιχα), γεγονός που δείχνει ότι η προσθήκη τουλάχιστον του αερισμού η απόδοση βελτιώνεται σημαντικά.

## **8. Συμπεράσματα και Προτάσεις**

Η χρήση πραγματικών αποβλήτων για επεξεργασία είχε ως συνέπεια να υπάρχουν σημαντικές διακυμάνσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία λύματος. Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμο η σύγκριση των αποτελεσμάτων να γίνει με βάση τα ποσοστά απομάκρυνσης κάθε εξεταζόμενης παραμέτρου, σε κάθε συνθήκη μέτρησης.

### **8.1. Συμπεράσματα**

Σκοπός της παρούσας εργασίας αποτελεί η σύγκριση μεταξύ των δύο υλικών πλήρωσης του βιολογικού φίλτρου καθώς και η σύγκριση διαφορετικών συνθηκών λειτουργίας (διαφοροποίηση ως προς τη χρήση αερισμού και ως προς την παροχή ανακυκλοφορίας), το υλικό τυχαίας ροής εμφάνισε τα καλύτερα αποτελέσματα σαν γενική εικόνα αλλά και σταθερότητα ανάμεσα στις ημέρες.

Σύγκριση μεταξύ των δύο φίλτρων είναι πολύ εύκολο να γίνει, το φίλτρο του υλικού (A) έχει πολύ καλύτερη απόδοση για όλες τις παραμέτρους και σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας. Είναι επίσης πολύ πιο σταθερό στην απόδοσή του, σε σχέση με το (B) που παρουσιάζει κάποιες ακραίες διακυμάνσεις (αρνητικές). Αυτό έχει να κάνει κυρίως με την διάταξη του πληρωτικού υλικού του φίλτρου και βγαίνει σαν τελικό συμπέρασμα ότι το Φίλτρο A είναι αποδοτικότερο σε σχέση με το B, ειδικά με την προσθήκη αερισμού. Το φίλτρο τυχαίας ροής έχοντας μεγαλύτερα διάκενα επέτρεπε την ομαλότερη και πληρέστερη διέλευση και επαφή του οξυγόνου με τους αερόβιους μικροοργανισμούς υπεύθυνους για την βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων, σε αντίθεση με το φίλτρο διασταυρούμενης ροής που έχει πολύ μικρότερα διάκενα.



Παρατηρούμε επίσης ότι η προσθήκη ανακυκλοφορίας δεν επιφέρει βελτίωση της απόδοσης. Αυτό πιθανώς οφείλεται στο ότι το ύψος των φίλτρων επαρκεί, για την συγκεκριμένη παροχή, ώστε να γίνει η μέγιστη δυνατή απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ουσιών με μία διέλευση του απόβλητου από το φίλτρο.

Πρέπει επίσης να επισημανθεί η κατακόρυφη πτώση της απόδοσης και των δύο φίλτρων, ιδιαίτερα όμως για το φίλτρο (Α), στην τελευταία συνθήκη λειτουργίας (αερισμός και ανακυκλοφορία  $2,5*Q$ ), για όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους. Γνωρίζουμε από τα αποτελέσματα των προηγούμενων συνθηκών, πως ο αερισμός έχει θετική επίδραση στην απόδοση, μικρή έως καθόλου αύξηση παρατηρείται με την προσθήκη ανακυκλοφορίας  $Q/2$  και  $Q$ , ενώ η ανακυκλοφορία  $2,5*Q$  οδηγεί σε πτώση της απόδοσης, πιθανώς λόγω της μεγάλης φόρτισης που δέχεται το φίλτρο.

Η εξήγηση της καλύτερης απόδοσης του υλικού τυχαίας ροής (Α):

- Το φίλτρο τυχαίας ροής, έχοντας μεγαλύτερα διάκενα επέτρεπε την ομαλότερη και πληρέστερη διέλευση και επαφή του οξυγόνου με τους αερόβιους μικροοργανισμούς, υπεύθυνους για την βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων
- Ακόμα και χωρίς την προσθήκη αερισμού, τα μεγάλα διάκενα του πληρωτικού υλικού Α επέτρεπαν τον αερισμό των μικροοργανισμών και έτσι το φίλτρο είχε καλή απόδοση και χωρίς την προσθήκη αερισμού

## **8.2. Προτάσεις**

Οι προτάσεις αφορούν την επιπλέον εξέταση της απόδοσης των δύο φίλτρων αλλά και τρόπων αύξησης της απόδοσης των δύο φίλτρων.

Σε αυτή την πειραματική διαδικασία εξετάστηκε κυρίως η διακύμανση της απόδοσης με διαφοροποίηση της ανακυκλοφορίας. Έχοντας παρατηρήσει την μεγάλη αύξηση της απόδοσης που επιφέρει η προσθήκη αερισμού (κυρίως στο φίλτρο (Α)), θα ήταν σκόπιμο να εξεταστούν διαφορετικές παροχές αερισμού στα δύο υλικά, καθώς επίσης και τεχνικές για καλύτερο αερισμό του φίλτρου διασταυρούμενης ροής, καθώς καλύτερος αερισμός του φίλτρου πιθανώς να αυξήσει την απόδοσή του.

Η προσθήκη ανακυκλοφορίας ίσως να επέφερε αύξηση της απόδοσης σε αντίστοιχα φίλτρα με μικρότερη αναλογία παροχής-ύψους φίλτρου. Θα μπορούσε να εξεταστεί διάταξη με μικρότερο φίλτρο (ύψος), ίση ή μεγαλύτερη παροχή και έπειτα προσθήκη ανακυκλοφορίας, ώστε να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα για την επίδραση που μπορεί να έχει η ανακυκλοφορία στο σύστημα.

Θα μπορούσε επίσης να γίνει χρήση των φίλτρων σε σειρά, με πρώτο το φίλτρο τυχαίας ροής του υλικού NET 150 και ακολούθως το φίλτρο διασταυρωμένης ροής KZP 612, είτε των δύο διαφορετικών φίλτρων είτε 2 φίλτρων ίδιου τύπου, ώστε να ελεγ-

χθεί πιθανή αύξηση στην απομάκρυνση των ρυπαντικών φορτίων με χρήση και των δύο. Επίσης είναι δυνατή η χρήση σε σειρά διατηρώντας τη δεύτερη δεξαμενή σε αναερόβιες συνθήκες.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βλυσίδης, 2007, «Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων και νερών» , (σελ. 3-21), Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Envima, 2013, «Τεχνολογία Επεξεργασίας Λυμάτων: Προσκολλημένη Βιομάζα», Τεχνική Τεκμηρίωση, Έκδοση 1η
- Λιμπεράτος –Βαγενάς, 2012, «Διαχείριση υγρών αποβλήτων», Εκδόσεις Τζιόλα, (σελ.172-174, 205-217)
- Λώλη, 2006, «Σχεδιασμός συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με βιολογικά φίλτρα», Μεταπτυχιακή διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης
- Μήτρακας, 2001, «Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού», Εκδόσεις Τζιόλα
- Μιχαλίδης, Διδακτορική διατριβή, «Βιολογική αναγωγή εξασθενούς χρωμίου» , (σελ. 59-62)
- Νταρακάς , 2014, “Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Τεχνική Περιβάλλοντος)”, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής & Τεχνικής Περιβάλλοντος
- Ντοκούτση, 2011, «Αξιολόγηση εναλλακτικών αποκεντρωμένων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων μικρής κλίμακας »
- Παρασκάκη, 2013, «Κατασκευή και λειτουργία δύο συστημάτων προσκολλημένης ανάπτυξης για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων», Μεταπτυχιακή εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος (σελ. 19-23)
- Στάμου, 1995, «Βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων, με παρατεταμένο αερισμό και βιολογική απομάκρυνση θρεπτικών» , (σελ. 25-39)
- Στάμου - Βογιατζής, 1994, «Βασικές αρχές και σχεδιασμός συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων» ,(σελ. 3-34, 165-200)
- Στάμου, 2001, “Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων

- Τέγου, 2004, «Επιλογή βέλτιστου συστήματος διαχείρισης των υγρών αποβλήτων του δήμου Λουτροπόλεως Θέρμης»
- Τσακρής, 2008, «Μικροβιακή εξέλιξη - Ονοματολογία - Ταξινόμηση μικροοργανισμών», (σελ 12-15).
- Τσόντζος , 2015, «Επίδραση του πληρωτικού υλικού στην απόδοση των βιοφίλτρων, για την επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων», Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
- Τσώνης, 2004, «Επεξεργασία λυμάτων», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, (σελ. 23-52, 57-65, 381-395)
- Φουντουκίδης, “Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand, BOD)” (σελ.2,3,7,17-18)
- Χουρδάκης, 2007, «Επεξεργασία αστικών αποβλήτων με κροκίδωση», Πολυτεχνείο Κρήτης
- Medcalf & Eddy, 2003, «Μηχανική υγρών αποβλήτων, επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση», Εκδόσεις Τζιόλα, (τόμος 1 σελ. 52-59 , τόμος 2 σελ. 1103-1160)
- “Trickling Filters , Achieving Nitrification” , ETI
- [www.gea-2h.co.uk](http://www.gea-2h.co.uk) , εταιρία κατασκευής πληρωτικού υλικού
- United States EPA (Environmental Protection Agency), 2000, «Wastewater technology fact sheet trickling filter nitrification»

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- Αναλυτικές μετρήσεις

Το σύνολο των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν με τα ακριβή αποτελέσματα που λήφθηκαν καθώς και τις αντίστοιχες πράξει μετατροπής τους (όπου αυτές χρειάστηκαν).

**I. Μετρήσεις συνθήκης (1), (χωρίς αερισμό ή ανακυκλοφορία):**

**ΜΕΤΡΗΣΗ 14/1/2016**

<b>COD</b>	ΑΡΑΙΩΣΗ 1:2	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	165	<b>330</b>	0
(Α) ΕΞΟΔΟΣ ΣΤΗΛΗ 1	48,4	<b>96,8</b>	70
(Β) ΕΞΟΔΟΣ ΣΤΗΛΗ 2	67,2	<b>134,4</b>	59

**ΜΕΤΡΗΣΗ 29/1/2016**

<b>COD</b>	ΑΡΑΙΩΣΗ 1:2	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	232,4	<b>464,8</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	85,54	<b>171,08</b>	63
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	112,56	<b>225,12</b>	52

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	2,34	25,00	<b>58,5</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	2,96	12,50	<b>37</b>	37
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	3,64	12,50	<b>45,5</b>	22

<b>BOD</b>	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (AP) (mg/l)	<b>BOD (ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ) (mg/l)</b>	<b>BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	8A	8,99	4,08	4,91	<b>245,5</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	7A	9,00	4,21	4,79	<b>239,5</b>	<b>242,5</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	3A	9,51	5,26	4,25	<b>127,5</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	4A	9,53	5,49	4,04	<b>121,2</b>	<b>124,35</b>	<b>49</b>

ΕΞΟΔΟΣ (Β)	5Α	8,47	2,95	5,52	<b>165,6</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	6Α	8,47	3,38	5,09	<b>152,7</b>	<b>159,15</b>	<b>34</b>

#### ΜΕΤΡΗΣΗ(12/2/2016)

<b>COD</b>	ΑΡΑΙΩΣΗ 1:1 (ΧΩΡΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗ)	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ-ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	436	<b>436</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	134,6	<b>134,6</b>	69
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	238	<b>238</b>	45

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ-ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕ-ΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	1,5	25,00	<b>37,5</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	0,87	25,00	<b>21,75</b>	42
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,21	25,00	<b>30,25</b>	19

<b>BOD</b>	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (ΑΡ) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑ-ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	<b>BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ-ΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	(1:50)	8Α	8,69	3,83	4,86	<b>243</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	(1:50)	7Α	8,72	3,61	5,11	<b>255,5</b>	<b>249,25</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	(1:30)	3Α	9,30	5,81	3,49	<b>104,7</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	(1:30)	4Α	9,27	5,51	3,76	<b>112,8</b>	<b>108,75</b>	<b>56</b>
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	(1:30)	5Α	8,99	2,98	6,01	<b>180,3</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	(1:30)	6Α	9,00	2,74	6,26	<b>187,8</b>	<b>184,05</b>	<b>26</b>

#### ΜΕΤΡΗΣΗ 21-3-2016

<b>COD</b>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Α-ΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Α-ΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	1/	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	86,4	4,00	373,6	0
ΕΞΟΔΟΣ (A)	83,8	1,00	88,8	76
ΕΞΟΔΟΣ (B)	61,7	2,00	139,4	63

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	2,07	25,00	<b>51,75</b>	0
(A) ΣΤΗΛΗ 1	1,08	25,00	<b>27</b>	48
(B) ΣΤΗΛΗ 2	1,6	25,00	<b>40</b>	23

<b>BOD</b>	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (AP) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑ-ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	<b>BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	3A	9,21	4,24	4,97	<b>248,5</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	4A	9,22	4,19	5,03	<b>251,5</b>	<b>250,0</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (A)	25	5A	9,30	6,72	2,58	<b>64,5</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (A)	25	6A	9,27	6,67	2,60	<b>65</b>	<b>64,8</b>	<b>74,1</b>
ΕΞΟΔΟΣ (B)	30	7A	9,46	5,06	4,40	<b>132</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (B)	30	8A	9,44	4,97	4,47	<b>134,1</b>	<b>133,1</b>	<b>46,8</b>

#### **ΜΕΤΡΗΣΗ 22-3-2016**

<b>COD</b>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	1/	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	98	4,00	392	0

ΕΞΟΔΟΣ (Α)	96,4	1,00	96,4	75
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	71,6	2,00	143,2	63

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑ- ΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	2,01	25,00	<b>50,25</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	1,02	25,00	<b>25,5</b>	49
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,52	25,00	<b>38</b>	24

<b>BOD</b>	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (AP) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑ- ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	<b>BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	1B	9,45	3,42	6,03	<b>301,5</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	2B	9,45	3,34	6,11	<b>305,5</b>	<b>303,5</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	3B	9,09	6,67	2,42	<b>60,5</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	4B	9,11	6,58	2,53	<b>63,25</b>	<b>61,9</b>	<b>79,6</b>
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	5B	9,18	4,12	5,06	<b>151,8</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	6B	9,13	3,92	5,21	<b>156,3</b>	<b>154,1</b>	<b>49,2</b>

<b>D.O.</b>	
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	(mg/L)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	0,55
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	3,3



ΕΞΟΔΟΣ (B)	2,4
------------	-----

TS (ΣΤΕΡΕ- Α)	ΔΙΗΘΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ(ml)	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ (gr)	ΤΕΛΙΚΗ ΤΙ- ΜΗ (mg/100ml)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟ- ΜΑΚΡΥΝΣΗΣ %
A	40	0,6691	0,6702	0,0011	<b>2,75</b>	95,18
B	40	1,276	1,2775	0,0015	<b>3,75</b>	93,42
IN	20	0,5547	0,5661	0,0114	<b>57,00</b>	

### ΜΕΤΡΗΣΗ 23-3-2016

COD	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Α- ΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Α- ΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡ- ΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	1/	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	77,6	4,00	<b>310,4</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (A)	90,8	1,00	<b>90,8</b>	71
ΕΞΟΔΟΣ (B)	53,6	2,00	<b>107,2</b>	65

ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	2,17	25,00	<b>54,25</b>	0
(A) ΣΤΗΛΗ 1	1,1	25,00	<b>27,5</b>	49
(B) ΣΤΗΛΗ 2	1,4	25,00	<b>35</b>	35

BOD	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (AP) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑ- ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	7B	9,83	6,2	3,63	<b>181,5</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	9A	9,77	6,21	3,56	<b>178</b>	<b>179,8</b>	

ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	22Α	9,31	7,55	1,76	<b>44</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	24Α	9,33	7,63	1,70	<b>42,5</b>	<b>43,3</b>	<b>75,9</b>
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	8Β	9,57	6,36	3,21	<b>96,3</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	9Β	9,63	6,68	2,95	<b>88,5</b>	<b>92,4</b>	<b>48,6</b>

**II. Μετρήσεις συνθήκης (2), (με αερισμό, χωρίς ανακυκλοφορία):**

**ΜΕΤΡΗΣΗ(18/2/2016)**

<b>COD</b>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	117,5	4,00	<b>470</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	51	2,00	<b>102</b>	78
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	89,5	2,00	<b>179</b>	62

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	2,07	25,00	<b>51,75</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	0,98	25,00	<b>24,5</b>	53
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,6	25,00	<b>40</b>	23

<b>BOD</b>	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (ΑΡ) (mg/l)	<b>BOD (ΜΕΤΑ-ΤΡΟΠΗ) (mg/l)</b>	<b>BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	(1:50)	8Α	7,99	1,87	6,12	<b>305,90</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	(1:50)	7Α	8,01	1,92	6,09	<b>304,70</b>	<b>305,30</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	(1:30)	3Α	8,01	5,09	2,92	<b>87,60</b>		

ΕΞΟΔΟΣ (Α)	(1:30)	4Α	8,02	5,45	2,58	<b>77,25</b>	<b>82,43</b>	73
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	(1:30)	5Α	8,05	2,83	5,22	<b>156,72</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	(1:30)	6Α	8,04	2,59	5,45	<b>163,56</b>	<b>160,14</b>	48

TS (ΣΤΕ-ΡΕΑ)	ΔΙΗΘΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ(ml)	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ (gr)	ΤΕΛΙΚΗ ΤΙ-ΜΗ (mg/100ml)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟ-ΜΑΚΡΥΝΣΗΣ %
A	50	0,5941	0,5946	0,0005	<b>1</b>	94
B	50	0,5008	0,5022	0,0014	<b>2,8</b>	82
IN	20	0,5767	0,5798	0,0031	<b>15,5</b>	

#### ΜΕΤΡΗΣΗ(11/3/2016)

COD	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ-ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	1/	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	116	4,00	<b>464</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	55,5	1,00	<b>55,5</b>	88
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	146	2,00	<b>292</b>	37

ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩ-ΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ-ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡ-ΓΑΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	1,53	25,00	<b>38,25</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	0,17	25,00	<b>4,25</b>	89
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,16	25,00	<b>29</b>	24

<b>BOD</b>	<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ</b>	<b>DO(0) (mg/l)</b>	<b>DO(5) (mg/l)</b>	<b>BOD (AP) (mg/l)</b>	<b>BOD (ΜΕΤΑ- ΤΡΟΠΗ) (mg/l)</b>	<b>BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	<b>% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ</b>
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	10B	9,71	2,5	7,21	<b>360,5</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	11B	9,67	2,51	7,16	<b>358</b>	<b>359,3</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (A)	25	12B	9,65	8,15	1,50	<b>37,5</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (A)	25	13B	9,63	8,08	1,55	<b>38,75</b>	<b>38,1</b>	<b>89,4</b>
ΕΞΟΔΟΣ (B)	30	14B	9,33	0,91	8,42	<b>252,6</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (B)	30	15B	9,34	0,95	8,39	<b>251,7</b>	<b>252,2</b>	<b>29,8</b>

<b>TS (ΣΤΕ- ΡΕΑ)</b>	<b>ΔΙΗΘΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ(ml)</b>	<b>ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)</b>	<b>ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)</b>	<b>ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ (gr)</b>	<b>ΤΕΛΙΚΗ ΤΙ- ΜΗ (mg/100ml)</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟ- ΜΑΚΡΥΝΣΗΣ %</b>
A	50	0,6688	0,6692	0,0004	<b>0,80</b>	98,37
B	40	0,9091	0,9140	0,0049	<b>12,25</b>	75,00
IN	20	0,5526	0,5624	0,0098	<b>49,00</b>	

#### **ΜΕΤΡΗΣΗ(17/3/2016)**

<b>COD</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Α- ΡΑΙΩΣΗΣ</b>	<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ</b>	<b>ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ</b>	<b>% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ</b>
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>COD (mg/L)</b>	<b>1/</b>	<b>COD (mg/L)</b>	<b>(%)</b>
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	95,9	4,00	<b>383,6</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (A)	88,8	1,00	<b>88,8</b>	77
ΕΞΟΔΟΣ (B)	79	2,00	<b>158</b>	59

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ</b>	<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ</b>	<b>ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ</b>	<b>% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ</b>
------------------	-------------------------------	---------------------------------	------------------	-----------------------------

ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	(mg/L)	1/	(mg/L)	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	1,78	25,00	<b>44,5</b>	0
(A) ΣΤΗΛΗ 1	0,35	25,00	<b>8,75</b>	80
(B) ΣΤΗΛΗ 2	0,93	25,00	<b>23,25</b>	48

BOD	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (AP) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑ-ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	10B	9,92	3,22	6,70	<b>335</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	11B	9,88	3,1	6,78	<b>339</b>	<b>337,0</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (A)	25	12B	9,87	7,87	2,00	<b>50</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (A)	25	13B	9,84	7,81	2,03	<b>50,75</b>	<b>50,4</b>	<b>85,1</b>
ΕΞΟΔΟΣ (B)	30	14B	9,75	4,26	5,49	<b>164,7</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (B)	30	15B	9,74	4,1	5,64	<b>169,2</b>	<b>167,0</b>	<b>50,5</b>

TS (ΣΤΕΡΕΑ)	ΔΙΗΘΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ(ml)	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ (gr)	ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ (mg/100ml)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ %
A	30	0,6704	0,6737	0,0033	<b>11,00</b>	33,33
B	30	0,9064	0,9085	0,0021	<b>5,25</b>	68,18
IN	20	0,5517	0,5550	0,0033	<b>16,50</b>	

ΝΙΤΡΙΚΑ (NO3-N)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (mg/L)	ΤΕΛΙΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (mg/L)
A	2	4,3	<b>8,6</b>
B	2	2	<b>4</b>
IN	5	0,2	<b>1</b>

**ΜΕΤΡΗΣΗ(18/3/2016)**

<b>COD</b>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	1/	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	95,5	4,00	<b>382</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	58,4	1,00	<b>58,4</b>	85
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	61,8	2,00	<b>123,6</b>	68

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	1,86	25,00	<b>46,5</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	0,49	25,00	<b>12,25</b>	74
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,2	25,00	<b>30</b>	35

<b>BOD</b>	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (AP) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ) (mg/l)	<b>BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	20Α	10,10	4,85	5,25	<b>262,5</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	21Α	10,09	4,77	5,32	<b>266</b>	<b>264,3</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	15Α	10,23	8,19	2,04	<b>51</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	17Α	10,25			<b>0</b>	<b>51,0</b>	<b>80,7</b>
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	13Α	10,19	7,52	2,67	<b>80,1</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	14Α	10,17	7,75	2,42	<b>72,6</b>	<b>76,4</b>	<b>71,1</b>

<b>ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ</b>	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΜΕΤΡΗΣΗ (mg/l)	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ (mg/l)
IN	10	0,6	6

A	10	0,49	4,9
B	10	0,46	4,6

**III. Μετρήσεις συνθήκης (2), (με αερισμό, και ανακυκλοφορία Q/2):**

**ΜΕΤΡΗΣΗ(19/2/2016)**

<b>COD</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ</b>	<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ</b>	<b>ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ</b>	<b>% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ</b>
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>COD (mg/L)</b>	<b>1/</b>	<b>COD (mg/L)</b>	<b>(%)</b>
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	81,2	4,00	<b>324,8</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (A)	36,2	2,00	<b>72,4</b>	78
ΕΞΟΔΟΣ (B)	80,1	2,00	<b>160,2</b>	51

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩ- ΣΗ</b>	<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ</b>	<b>ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ</b>	<b>% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ</b>
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡ- ΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>1/</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>(%)</b>
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	1,88	25,00	<b>47</b>	0
(A) ΣΤΗΛΗ 1	0,61	25,00	<b>15,25</b>	68
(B) ΣΤΗΛΗ 2	1,36	25,00	<b>34</b>	28

<b>BOD</b>	<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ</b>	<b>DO(0) (mg/l)</b>	<b>DO(5) (mg/l)</b>	<b>BOD (AP) (mg/l)</b>	<b>BOD (ΜΕΤΑ- ΤΡΟΠΗ) (mg/l)</b>	<b>BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	<b>% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ</b>
<b>ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)</b>	(1:50)	1B	8,54	4,6	3,94	197		
<b>ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)</b>	(1:50)	2B	8,52	4,52	4,00	200	198,5	
<b>ΕΞΟΔΟΣ (A)</b>	(1:30)	3B	8,19	7,38	0,81	24,3		

<b>ΕΞΟΔΟΣ (Α)</b>	(1:30)	4B	8,23	7,53	0,70	21	22,65	89
<b>ΕΞΟΔΟΣ (Β)</b>	(1:30)	5B	7,91	4,88	3,03	90,9		
<b>ΕΞΟΔΟΣ (Β)</b>	(1:30)	6B	7,88	4,84	3,04	91,2	91,05	54

<b>TS (ΣΤΕ-ΡΕΑ)</b>	<b>ΔΙΗΘΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ(ml)</b>	<b>ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)</b>	<b>ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)</b>	<b>ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ (gr)</b>	<b>ΤΕΛΙΚΗ ΤΙ-ΜΗ (mg/100ml)</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟ-ΜΑΚΡΥΝΣΗΣ %</b>
<b>A</b>	50	0,5945	0,5953	0,0008	1,6	64
<b>B</b>	50	0,5005	0,5022	0,0017	3,4	24
<b>IN</b>	20	0,5767	0,5776	0,0009	4,5	

#### **ΜΕΤΡΗΣΗ(25/2/2016)**

<b>COD</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Α-ΡΑΙΩΣΗΣ</b>	<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ</b>	<b>ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ</b>	<b>% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ-ΣΗΣ</b>
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>COD (mg/L)</b>	<b>1/</b>	<b>COD (mg/L)</b>	<b>(%)</b>
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	391	1,00	<b>391</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	82,7	1,00	<b>82,7</b>	79
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	164	1,00	<b>164</b>	58

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ</b>	<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ</b>	<b>ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ</b>	<b>% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ</b>
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡ-ΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>1/</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>(%)</b>
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	2,27	25,00	<b>56,75</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	0,3	25,00	<b>7,5</b>	87
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,57	25,00	<b>39,25</b>	31

<b>BOD</b>	<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ</b>	<b>DO(0) (mg/l)</b>	<b>DO(5) (mg/l)</b>	<b>BOD (AP) (mg/l)</b>	<b>BOD (ΜΕΤΑ-ΤΡΟΠΗ) (mg/l)</b>	<b>BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	<b>% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ-ΣΗΣ</b>
------------	-----------------------------	------------------------	---------------------	---------------------	------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------



ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	3A	8,00	3,19	4,81	240,5		
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	4A	7,92	3,05	4,87	243,5	242	
ΕΞΟΔΟΣ (A)	30	5A	9,37	8,67	0,70	21		
ΕΞΟΔΟΣ (A)	30	6A	9,41	8,86	0,55	16,5	19	92
ΕΞΟΔΟΣ (B)	30	7A	8,29	4,63	3,66	109,8		
ΕΞΟΔΟΣ (B)	30	8A	8,36	4,42	3,94	118,2	114	53

#### ΜΕΤΡΗΣΗ 26/2/2016

COD	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	COD (mg/L)	1/	COD (mg/L)	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	338	1,00	338	0
ΕΞΟΔΟΣ (A)	63,9	1,00	63,9	81
ΕΞΟΔΟΣ (B)	128	1,00	128	62

ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	(mg/L)	1/	(mg/L)	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	2,29	25,00	57,25	0
(A) ΣΤΗΛΗ 1	0,51	25,00	12,75	78
(B) ΣΤΗΛΗ 2	1,67	25,00	41,75	27

BOD	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (AP) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ) (mg/l)	BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	1B	9,14	5,02	4,12	206		
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	2B	9,12	4,95	4,17	208,5	207,25	
ΕΞΟΔΟΣ (A)	25	3B	8,42	6,87	1,55	38,75		
ΕΞΟΔΟΣ (A)	25	4B	8,42	7,13	1,29	32,25	35,5	82,9

ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	5B	8,77	6,62	2,15	64,5		
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	6B	8,81	6,37	2,44	73,2	68,85	66,8

TS (ΣΤΕ-ΡΕΑ)	ΔΙΗΘΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ(ml)	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ (gr)	ΤΕΛΙΚΗ ΤΙ-ΜΗ (mg/100ml)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟ-ΜΑΚΡΥΝΣΗΣ %
A	50	0,5945	0,5953	0,0008	1,6	68
B	50	0,4363	0,4370	0,0007	1,4	72
IN	20	0,5974	0,5984	0,0010	5	

ΝΙΤΡΙΚΑ (NO <sub>3</sub> -N)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩ-ΣΗΣ (1/_)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΣΥΓΚΕ-ΝΤΡΩΣΗ (mg/L)	ΤΕΛΙΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩ-ΣΗ (mg/L)
A	2	0,06	0,12
B	2	13,5	27
IN	2	2,19	4,38

#### ΜΕΤΡΗΣΗ(3/3/2016)

COD	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Α-ΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ-ΣΗΣ
ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙ-ΑΣ	COD (mg/L)	1/	COD (mg/L)	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	425	1,00	<b>425</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	73,6	1,00	<b>73,6</b>	83
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	288	1,00	<b>288</b>	32

ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ Α-ΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ-ΣΗΣ
ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡ-ΓΑΣΙΑΣ	(mg/L)	1/	(mg/L)	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	2,28	25,00	<b>57</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	0,31	25,00	<b>7,75</b>	86
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,79	25,00	<b>44,75</b>	21

BOD	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (AP) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑ-ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	3A	8,72	1,62	7,10	355		
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	4A	8,68	1,56	7,12	356	355,5	
ΕΞΟΔΟΣ (A)	25	5A	9,01	6,38	2,63	65,75		
ΕΞΟΔΟΣ (A)	25	6A	9,02	6,6	2,42	60,5	63,1	82
ΕΞΟΔΟΣ (B)	30	7A	8,02	1,49	6,53	195,9		
ΕΞΟΔΟΣ (B)	30	8A	8,01	1,35	6,66	199,8	197,9	44

ΔΙΑΛΥΜ.ΟΞΥΓΟΝΟ(DO)	ΜΕ ΑΕΡΙΣΜΟ (mg/l)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	3
ΕΞΟΔΟΣ (A)	8,1
ΕΞΟΔΟΣ (B)	5,7

TS (ΣΤΕ-ΡΕΑ)	ΔΙΗΘΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ(ml)	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ (gr)	ΤΕΛΙΚΗ ΤΙ-ΜΗ (mg/100ml)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟ-ΜΑΚΡΥΝΣΗΣ %
A	35	0,5739	0,5743	0,0004	1,14	74,60
B	40	0,4066	0,4081	0,0015	3,75	16,67
IN	20	0,5558	0,5567	0,0009	4,50	

**IV. Μετρήσεις συνθήκης (3), (με αερισμό, και ανακυκλοφορία Q):**

**ΜΕΤΡΗΣΗ(4/3/2016)**

COD	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Α-ΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Α-ΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙ-ΑΣ	COD (mg/L)	1/	COD (mg/L)	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	423	1,00	423	0

ΕΞΟΔΟΣ (Α)	78,6	1,00	<b>78,6</b>	81
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	63,6	2,00	<b>127,2</b>	70

ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ Α-ΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	(mg/L)	1/	(mg/L)	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	2,1	25,00	<b>52,5</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	0,76	25,00	<b>19</b>	64
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,57	25,00	<b>39,25</b>	25

BOD	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (ΑΡ) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑ-ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	50	1B	9,67	2,64	7,03	<b>351,5</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	50	2B	9,65	2,03	7,62	<b>381</b>	<b>366,3</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	3B	9,41	7,55	1,86	<b>46,5</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	4B	9,40	8,41	0,99	<b>24,75</b>	<b>35,6</b>	<b>90,3</b>
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	5B	8,53	3,59	4,94	<b>148,2</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	6B	8,50	2,85	5,65	<b>169,5</b>	<b>158,9</b>	<b>56,6</b>

TS (ΣΤΕ-ΡΕΑ)	ΔΙΗΘΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ(ml)	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ (gr)	ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ (mg/100ml)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟ-ΜΑΚΡΥΝΣΗΣ %
A	50	0,5747	0,5757	0,0010	<b>2,00</b>	91,30
B	40	0,4084	0,4099	0,0015	<b>3,75</b>	83,70
ΙΝ	20	0,5543	0,5589	0,0046	<b>23,00</b>	

**ΜΕΤΡΗΣΗ(5/3/2016)**

<b>COD</b>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Α-ΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	1/	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	325,4	1,00	<b>325,4</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	96,7	1,00	<b>96,7</b>	70
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	155	1,00	<b>155</b>	52

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	1,62	25,00	<b>40,5</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	0,58	25,00	<b>14,5</b>	64
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,33	25,00	<b>33,25</b>	18

<b>BOD</b>	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (ΑΡ) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑ-ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	<b>BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	10B	9,00	4,96	4,04	<b>202</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	11B	9,00	5,01	3,99	<b>199,5</b>	<b>200,75</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	12B	8,63	7,14	1,49	<b>37,25</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	13B	8,63	7,15	1,48	<b>37</b>	<b>37,125</b>	<b>81,5</b>
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	14B	8,89	7,02	1,87	<b>56,1</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	15B	8,87	7,03	1,84	<b>55,2</b>	<b>55,65</b>	<b>72,3</b>

#### **ΜΕΤΡΗΣΗ(10/3/2016)**

<b>COD</b>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	1/	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	82,9	4,00	<b>331,6</b>	0

ΕΞΟΔΟΣ (Α)	49,2	1,00	<b>49,2</b>	85
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	62,7	2,00	<b>125,4</b>	62

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙ- ΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	1,91	25,00	<b>47,75</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	0,19	25,00	<b>4,75</b>	90
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,04	25,00	<b>26</b>	46

<b>BOD</b>	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (AP) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑ- ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	<b>BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	50	3Α	9,80	3,98	5,82	<b>291</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	50	4Α	9,79	3,82	5,97	<b>298,5</b>	<b>294,8</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	5Α	9,82	7,39	2,43	<b>60,75</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	6Α	9,79	7,33	2,46	<b>61,5</b>	<b>61,1</b>	<b>79,3</b>
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	7Α	9,71	4,98	4,73	<b>141,9</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	8Α	9,68	4,86	4,82	<b>144,6</b>	<b>143,3</b>	<b>51,4</b>

<b>TS (ΣΤΕΡΕΑ)</b>	ΔΙΗΘΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ(ml)	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ (gr)	<b>ΤΕΛΙΚΗ ΤΙ- ΜΗ (mg/100ml)</b>	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟ- ΜΑΚΡΥΝΣΗΣ %
A	50	0,6708	0,6716	0,0008	<b>1,60</b>	78,67
B	40	0,9076	0,9095	0,0019	<b>4,75</b>	36,67
ΙΝ	20	0,5556	0,5571	0,0015	<b>7,50</b>	

#### **ΜΕΤΡΗΣΗ(11/3/2016)**

<b>COD</b>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
------------	-----------------------	-------------------------	-----------	---------------------

ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	COD (mg/L)	1/	COD (mg/L)	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	79,2	4,00	<b>316,8</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	57,5	1,00	<b>57,5</b>	82
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	63,3	2,00	<b>126,6</b>	60

ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	(mg/L)	1/	(mg/L)	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	1,48	25,00	<b>37</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	0,12	25,00	<b>3</b>	92
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,05	25,00	<b>26,25</b>	29

BOD	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (AP) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑ- ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	1B	9,80	4,26	5,54	<b>277</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	50	2B	9,74	4,14	5,60	<b>280</b>	<b>278,5</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	3B	9,67	7,81	1,86	<b>46,5</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	4B	9,65	7,83	1,82	<b>45,5</b>	<b>46,0</b>	<b>83,5</b>
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	5B	9,24	4,22	5,02	<b>150,6</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	6B	9,23	4,19	5,04	<b>151,2</b>	<b>150,9</b>	<b>45,8</b>

TS (ΣΤΕΡΕΑ)	ΔΙΗΘΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ(ml)	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ (gr)	ΤΕΛΙΚΗ ΤΙ- ΜΗ (mg/100ml)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟ- ΜΑΚΡΥΝΣΗΣ %
A	50	0,6679	0,6686	0,0007	<b>1,40</b>	89,23
B	40	0,9078	0,9113	0,0035	<b>8,75</b>	32,69
IN	20	0,5553	0,5579	0,0026	<b>13,00</b>	

**Ι. Μετρήσεις συνθήκης (5), (με αερισμό, και ανακυκλοφορία 2,5\*Q):**

**ΜΕΤΡΗΣΗ 12-4-2016 , (ΜΕ ΑΕΡΙΣΜΟ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ 2,5Q)**

<b>COD</b>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕ- ΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	1/	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	103	4,00	<b>412</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	81,1	2,00	<b>162,2</b>	61
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	104	2,00	<b>208</b>	50

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩ- ΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑ- ΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	1,8	25,00	<b>45</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	0,87	25,00	<b>21,75</b>	52
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,19	25,00	<b>29,75</b>	34

<b>BOD</b>	ΣΥΝΤΕΛΕ- ΣΤΗΣ ΑΡΑΙ- ΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘ- ΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0 ) (mg/l )	DO(5 ) (mg/l )	BOD (AP) (mg/l )	BOD (ΜΕΤΑ- ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	<b>BOD (ΜΕ- ΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	% ΑΠΟΜΑ- ΚΡΥΝΣΗΣ
ΕΙΣΟ- ΔΟΣ (IN)	50	1A	8,79	1,52	7,27	<b>363,5</b>		
ΕΙΣΟ- ΔΟΣ (IN)	50	2A	8,76	1,45	7,31	<b>365,5</b>	<b>364,5</b>	
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	3A	8,66	2,84	5,82	<b>145,5</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	4A	8,37	2,95	5,42	<b>135,5</b>	<b>140,5</b>	<b>61,5</b>
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	5A	7,86	1,71	6,15	<b>184,5</b>		



ΕΞΟΔΟΣ (B)	30	6A	7,87	1,81	6,06	181,8	183,2	49,8
---------------	----	----	------	------	------	-------	-------	------

**ΜΕΤΡΗΣΗ 13-4-2016 ,ΜΕ ΑΕΡΙΣΜΟ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ 2,5Q**

<b>COD</b>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕ- ΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	1/	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	117	4,00	<b>468</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (A)	97,4	2,00	<b>194,8</b>	58
ΕΞΟΔΟΣ (B)	124	2,00	<b>248</b>	47

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩ- ΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕ- ΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩ- ΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡ- ΓΑΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	1,9	25,00	<b>47,5</b>	0
(A) ΣΤΗΛΗ 1	0,93	25,00	<b>23,25</b>	51
(B) ΣΤΗΛΗ 2	1,43	25,00	<b>35,75</b>	25

<b>BOD</b>	ΣΥΝΤΕΛΕ- ΣΤΗΣ ΑΡΑΙ- ΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘ- ΜΟΣ ΔΟΧΕΙ- ΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l )	BOD (AP) (mg/l )	BOD (ΜΕΤΑ- ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	BOD (ΜΕ- ΣΗ ΤΙ- ΜΗ) mg/L	% ΑΠΟΜΑ- ΚΡΥΝΣΗΣ
ΕΙΣΟ- ΔΟΣ (IN)	50	1B	9,07	0,52	8,55	<b>427,5</b>		
ΕΙΣΟ- ΔΟΣ (IN)	50	2B	9,06	0,45	8,61	<b>430,5</b>	<b>429,0</b>	
ΕΞΟ- ΔΟΣ (A)	25	3B	8,36	1,34	7,02	<b>175,5</b>		
ΕΞΟ- ΔΟΣ (A)	25	4B	8,37	1,75	6,62	<b>165,5</b>	<b>170,5</b>	<b>60,3</b>

ΕΞΟ-ΔΟΣ (B)	30	5B	7,86	1,21	6,65	<b>199,5</b>		
ΕΞΟ-ΔΟΣ (B)	30	6B	7,87			<b>0</b>	<b>199,5</b>	<b>53,5</b>

### ΜΕΤΡΗΣΗ 13-4-2016 ,ΜΕ ΑΕΡΙΣΜΟ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ 2,5Q

<b>COD</b>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟ- ΠΗ	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕ- ΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	1/	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	125	4,00	<b>500</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (A)	73,6	2,00	<b>147,2</b>	71
ΕΞΟΔΟΣ (B)	122	2,00	<b>244</b>	51

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕ- ΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩ- ΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟ- ΠΗ	% ΑΠΟΜΑ- ΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡ- ΓΑΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (IN)	2,1	25,00	<b>52,5</b>	0
(A) ΣΤΗΛΗ 1	0,9	25,00	<b>22,5</b>	57
(B) ΣΤΗΛΗ 2	1,34	25,00	<b>33,5</b>	36

<b>BOD</b>	ΣΥΝΤΕ- ΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩ- ΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘ- ΡΙΘ- ΜΟΣ ΔΟ- ΧΕΙΟΥ	DO( 0) (mg /l)	DO( 5) (mg /l)	BO D (AP) (mg /l)	BOD (ΜΕ- ΤΑΤΡΟ- ΠΗ) (mg/l)	<b>BOD (ΜΕ ΣΗ ΤΙ- ΜΗ) mg/ L</b>	% ΑΠΟΜΑ- ΚΡΥΝΣΗΣ
ΕΙΣΟ- ΔΟΣ (IN)	50	7B	8,58	1,16	7,42	<b>371</b>		
ΕΙΣΟ- ΔΟΣ (IN)	50	8B	8,58	1,44	7,14	<b>357</b>	<b>364, 0</b>	
ΕΞΟ- ΔΟΣ (A)	25	9B	8,99	5,01	3,98	<b>99,5</b>		

ΕΞΟ-ΔΟΣ (Α)	25	10B	8,99	5,07	3,92	98	98,8	72,9
ΕΞΟ-ΔΟΣ (Β)	30	11B	8,67			0		
ΕΞΟ-ΔΟΣ (Β)	30	12B	8,68	3,61	5,07	152,1	152,1	58,2

**ΜΕΤΡΗΣΗ 12-4-2016 ,ΜΕ ΑΕΡΙΣΜΟ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ 2,5Q**

<b>COD</b>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟ- ΠΗ	% ΑΠΟΜΑ- ΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕ- ΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	COD (mg/L)	1/	<b>COD (mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	101	4,00	<b>404</b>	0
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	73,3	2,00	<b>146,6</b>	64
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	99	2,00	<b>198</b>	51

<b>ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ</b>	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩ- ΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕ- ΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩ- ΣΗΣ	ΜΕΤΑΤΡΟ- ΠΗ	% ΑΠΟΜΑ- ΚΡΥΝΣΗΣ
<b>ΣΤΗΛΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑ- ΣΙΑΣ</b>	(mg/L)	1/	<b>(mg/L)</b>	(%)
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	1,88	25,00	<b>47</b>	0
(Α) ΣΤΗΛΗ 1	0,84	25,00	<b>21</b>	55
(Β) ΣΤΗΛΗ 2	1,22	25,00	<b>30,5</b>	35

<b>BOD</b>	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ (1/_)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ	DO(0) (mg/l)	DO(5) (mg/l)	BOD (AP) (mg/l)	BOD (ΜΕΤΑ- ΤΡΟΠΗ) (mg/l)	<b>BOD (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ) mg/L</b>	% ΑΠΟΜΑΚΡΥΝ- ΣΗΣ
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	50	13B	8,79	1,16	7,63	<b>381,5</b>		
ΕΙΣΟΔΟΣ (ΙΝ)	50	14B	8,76	1,44	7,32	<b>366</b>	<b>373,8</b>	

ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	15B	8,66	4,61	4,05	<b>101,25</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Α)	25	16B	8,99	4,57	4,42	<b>110,5</b>	<b>105,9</b>	<b>71,7</b>
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	17B	8,67	3,51	5,16	<b>154,8</b>		
ΕΞΟΔΟΣ (Β)	30	18B	8,68	3,53	5,15	<b>154,5</b>	<b>154,7</b>	<b>58,6</b>