



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ»**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Καταγραφή και ανάλυση προβλημάτων λειτουργίας Εγκαταστάσεων  
Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ – βιολογικοί καθαρισμοί ) και προτάσεις  
λύσης αυτών.**

**ΤΣΙΓΑΡΔΑΣ ΣΩΚΡΑΤΗΣ –ΙΩΑΝΝΗΣ  
ΔΙΠΛ.ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΒΟΛΟΣ  
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2015**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας ειδίκευσης είναι η Καταγραφή και ανάλυση προβλημάτων λειτουργίας Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ – βιολογικοί καθαρισμοί) και προτάσεις λύσης αυτών.

Η Διαχείριση των υδάτων αποτελεί μια από τις κύριες προτεραιότητες περιβαλλοντικής πολιτικής σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο. Σε αυτό το πλαίσιο, η αποδοτική και ολοκληρωμένη επεξεργασία των αστικών υγρών αποβλήτων, είναι ζωτικής σημασίας στην προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος.

Για την εκπλήρωση του παραπάνω σκοπού δημιουργήθηκε ερωτηματολόγιο και σε συνδυασμό με την επιτόπια επίσκεψη της αντίστοιχης ΕΕΛ (εφόσον ήταν εφικτό) έγινε προσπάθεια για την αποτελεσματικότερη διεξαγωγή της έρευνας.

Για την πραγματοποίηση της εργασίας επισκέφτηκα συνολικά έξι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων. Οι ΕΕΛ βρίσκονται στην περιοχή της Ευβοίας και της Θεσσαλίας.

Η διπλωματική εργασία δομείται από πέντε βασικά κεφάλαια και ένα κεφάλαιο βασικών συμπερασμάτων και προτάσεων για περαιτέρω έρευνα.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των βασικών παραμέτρων και εννοιών, των βασικών διεργασιών ενός συστήματος βιολογικής επεξεργασίας καθώς και η παρουσίαση των εναλλακτικών τύπων λειτουργίας ενός συστήματος ενεργού ιλύος.

Η γνώση της μικροβιολογίας ενός συστήματος ενεργού ιλύος, είναι ιδιαίτερης σημασίας στην προσπάθεια βελτιστοποίησης της όλης διεργασίας, αλλά και της λήψης σωστών αποφάσεων σε έκτακτες συνθήκες. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν θέματα που έχουν να κάνουν με τα είδη των μικροοργανισμών που ενδέχεται αναπτυχθούν στο σύστημα, την επικράτηση των διαφόρων μικροοργανισμών ανάλογα με τα στάδια της επεξεργασίας και τον κύκλο ζωής των μικροοργανισμών.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά για τον έλεγχο των διεργασιών σε ένα σύστημα ενεργού ιλύος. Το σύστημα της ενεργού ιλύος είναι ένα δυναμικό σύστημα, που εξαρτάται άμεσα από τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Έτσι, κάτω από ορισμένες συνθήκες είναι δυνατή η ανάπτυξη συγκεκριμένου είδους μικροοργανισμών το οποίο κάτω από άλλες συνθήκες μπορεί να βρίσκεται σε ελάχιστα ποσοστά ή ακόμα να μην αναπτύσσεται στην ενεργό ιλύ. Συνεπώς, συγκεκριμένες συνθήκες μπορούν να αποτρέψουν ή να προάγουν την απόδοση της διεργασίας. Για τον επιτυχημένο έλεγχο της διεργασίας, οι λειτουργοί της εγκατάστασης θα πρέπει να κατανοούν τις βιολογικές και χημικές διεργασίες, καθώς και να μπορούν να χρησιμοποιούν την κρίση τους και τη γνώση τους για την επίλυση έκτακτων καταστάσεων, αλλά και για τη βελτιστοποίηση του συστήματος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο καταγράφονται τα σημαντικότερα προβλήματα που μου επισημανθήκαν από το προσωπικό των ΕΕΛ. Περιγράφονται οι λύσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση των προβλημάτων και τα αποτελέσματα που επετεύχθησαν.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται προσπάθεια ανάλυσης των προβλημάτων που αναφέρθηκαν καθώς και προτάσεις για λύσεις άμεσες και μακροχρόνιες για κάθε πρόβλημα χωριστά. Οι προτάσεις έγιναν με βάση τη βιβλιογραφία καθώς και τη προσωπική μου εμπειρία από την απασχόληση μου σε μια ΕΕΛ, αλλά και σε συνεργασία με την επιβλέπουσα της διπλωματικής διατριβής καθηγήτρια.

Τέλος, στο κεφάλαιο των συμπερασμάτων συνοψίζονται τα αποτελέσματα της έρευνας και γίνονται προτάσεις για μελλοντική ενασχόληση με το ζήτημα της λειτουργίας των ΕΕΛ.

## ABSTRACT

The purpose of this postgraduate theses is the recording and analysis of operating problems in Wastewater Treatment Plants (WTP- Biological Treatment) and their solution proposals.

Water management suggests one of the main priorities of environmental policy in European and National level. In this context, the effective and integrated treatment of urban waste is vital for the environmental protection efforts.

To fulfil the above purpose a questionnaire was created and along with the site visit of the related WWTP (if this is feasible) there was an effort for the most successful results of the research.

To complete this theses I visited totally six Wastewater Treatment Plants. These WTP are located in Evoia and Thessaly.

This theses is structured by five basic chapters and a chapter of basic conclusions and recommendations for further investigation.

The first chapter includes the basic parameters and concepts, the basic processes of a biological treatment system as well as the presentation of alternative types of operating a system of activated sludge.

The knowledge of microbiology of a system activated sludge is of particular importance in the effort not only to optimize the entire process but also to make the right decisions in exceptional circumstances.

In the second chapter the topics presented have to do with the species of micro- organisms which might develop in the system, the prevalence of several micro- organisms depending on the treatment stages and the lifecycle of these micro- organisms.

In the third chapter there is extensive reference for process control in a system of activated sludge. The system of activated sludge is a dynamic system which is directly dependent on environmental conditions. Therefore, under certain conditions there is the likelihood of development of a certain kind of micro- organisms which under different conditions might be found in minimum rates or even not grow in activated sludge. Therefore, certain conditions can prevent or promote the efficiency of process. For the succesful control of the process the ones responsible for the operation of the facility should understand the biological and chemical processes and also be able to use their judgment and knowledge to solve emergency situations and also to optimize the system.

The fourth chapter records the major problems identified by the staff of the WTP. It also describes the solutions used to address the problems and the results obtained.

In the fifth chapter there is an effort to analyze the above- mentioned problems and there are suggestions for immediate and long- term solutions for each problem separately. The proposals were made based on the bibliography as well as my personal experience from my employment in a WTP but also in co- operation with the supervisor of the dissertation professor.

Finally, the chapter of conclusions summarizes the results of research and there are suggestions for future involvement with the issue of WTP operation.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια ολοκλήρωσης του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ» ροή Β «ανάλυση και προσομοίωση υδραυλικών συστημάτων και υδατίνων πόρων» του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Βόλου το ακαδημαϊκό έτος 2012-2013.

Η Διαχείριση των υδάτων αποτελεί μια από τις κύριες προτεραιότητες περιβαλλοντικής πολιτικής σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο.

Σε αυτό το πλαίσιο, η αποδοτική και ολοκληρωμένη επεξεργασία των αστικών υγρών αποβλήτων, είναι ζωτικής σημασίας στην προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος.

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας ειδίκευσης είναι η Καταγραφή και ανάλυση προβλημάτων λειτουργίας Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ – βιολογικοί καθαρισμοί ) και προτάσεις λύσης αυτών.

Για την εκπλήρωση του παραπάνω σκοπού δημιουργήθηκε ερωτηματολόγιο και σε συνδυασμό με την επιτόπια επίσκεψη της αντίστοιχης ΕΕΛ (εφόσον είναι εφικτό) έγινε προσπάθεια για την αποτελεσματικότερη διεξαγωγή της έρευνας.

Η εργασία υλοποιήθηκε σε συνεργασία με την επιβλέπουσα καθηγήτρια, του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Π.Θ. κ. Λασπίδου Χρυσή.

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια κ. Λασπίδου Χρυσή για τη καθοδήγηση και τη συνεργασία με σκοπό την άρτια εκπόνηση της εργασίας.

Τέλος, ιδιαίτερα ευχαριστώ το προσωπικό των ΕΕΛ που επισκέφτηκα. Ο χρόνος που μου αφιέρωσαν, οι πληροφορίες και η συνολική συζήτηση για τη λειτουργία των ΕΕΛ ήταν πολύτιμες και αρκετά διαφωτίστηκες για την αρτιότερη πραγματοποίηση της εργασίας μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	i
ABSTRACT .....	ii
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	iv
<b>1.ΚΕΦΑΛΑΙΟ. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΥΡΙΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Ενεργός ιλύς.....	1
1.1.2 Ανάμικτο υγρό .....	1
1.1.3 Άνθρακας (C).....	1
1.1.4 Στερεά .....	2
1.1.5 Απαιτήση οξυγόνου για την επεξεργασία των λυμάτων .....	3
1.1.6 Μορφές αζώτου .....	3
1.1.7 Φώσφορος.....	4
<b>1.2 ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΥΡΙΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Βιολογική απομάκρυνση οργανικού φορτίου .....	5
1.2.2 Βιολογική απομάκρυνση αζώτου .....	5
1.2.3 Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου.....	6
1.2.4 Συνδυασμένη βιολογική απομάκρυνση αζώτου φωσφόρου – Συστήματα BNR.....	7
<b>1.3 ΟΡΙΣΜΟΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....</b>	<b>7</b>
1.3.1 Πρωτοβάθμια επεξεργασία.....	7
1.3.2 Εσχαρισμός .....	7
1.3.3 Αμμοσυλεκτής.....	8
1.3.4 Πρωτοβάθμια καθίζηση .....	9
1.3.5 Δευτεροβάθμια επεξεργασία .....	9
1.3.6 Τριτοβάθμια επεξεργασία.....	10
1.3.7 Περαιτέρω επεξεργασία.....	10
<b>1.4 ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΥΡΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ .....</b>	<b>11</b>
<b>2 . ΚΕΦΑΛΑΙΟ. ΘΕΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 ΕΙΔΗ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ .....</b>	<b>12</b>
2.1.1 Βακτήρια .....	12
2.1.2 Πρωτόζωα .....	13
2.1.3 Τριχόποδα .....	14
2.1.4 Μύκητες .....	14
2.1.5 Αλγη – φύκια.....	15
<b>2.2 ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ .....</b>	<b>15</b>
2.2.1 Κύκλος ζωής μικροοργανισμών.....	16
<b>3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ. ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Χαρακτηριστικά εισερχόμενων λυμάτων.....</b>	<b>19</b>
3.1.1 BOD και COD .....	19
3.1.2 Θερμοκρασία .....	19
3.1.3 Ph .....	20
3.1.4 Θρεπτικές ουσίες.....	20
3.1.5 Τοξικές ουσίες .....	21
<b>3.2 Εισερχόμενες παροχές .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3 Διαλυμένο οξυγόνο.....</b>	<b>21</b>
3.3.1 Διαλυμένο οξυγόνο και απομάκρυνση θρεπτικών συστατικών .....	21
<b>3.4 Έλεγχος πληθυσμού αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών στη Β΄ βάρθμια επεξεργασία. ....</b>	<b>22</b>
3.4.1 Ρυθμός απομάκρυνσης περισσειας ιλύος (WAS) .....	22
3.4.2 Λόγος Τροφή: Μικροοργανισμοί (F:M) .....	23
3.4.3 Μέση ηλικία λάσπης (MCRT).....	23
3.4.4 Χρόνος παραμονής στερεών (SRT ή ΘC).....	24

3.4.5 Θερμοκρασία .....	25
3.5 Λειτουργία Β΄ βάρθμιας καθίζησης .....	25
3.5.1 Ανακυκλοφορία Ενεργού Ιλύος (RAS) .....	25
3.5.2 Δείκτης καθιζησιμότητας SVI (Sludge Volume Index) .....	26
3.5.3 Ρυθμός επιφανειακής φόρτισης στερεών (SLR) .....	26
3.6 Ανάπτυξη μικροοργανισμών-νηματοειδή βακτήρια.....	27
3.6.1 Είδος μικροοργανισμών .....	27
3.6.2 Νηματοειδή βακτήρια .....	27
4 . ΚΕΦΑΛΑΙΟ. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....	29
4.1 Εσχαρισμός.....	30
4.2 Εξάμμωση – Συστήματα αμμοσυλλογής-λιποσυλλεκτής.....	30
4.3 Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας Καθίζησης.....	32
4.4 Δεξαμενή αερισμού .....	32
4.5 Δευτεροβάθμιας δεξαμενές καθίζησης .....	34
4.6 Αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας και περισσειας ιλύος.....	36
4.7 Τμήμα αφυδάτωσης ιλύος.....	37
4.8 Αντλιοστάσιο στραγγιδίων .....	39
4.9 Απολύμανση λυμάτων στην εκροή .....	39
4.10 Διάφορα ζητήματα λειτουργίας.....	41
5 . ΚΕΦΑΛΑΙΟ. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ .....	43
5.1 Εσχαρισμός.....	43
5.2 Εξάμμωση – Συστήματα αμμοσυλλογής-λιποσυλλεκτής.....	43
5.3 Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας Καθίζησης.....	43
5.4 Δεξαμενή αερισμού .....	44
5.5 Δευτεροβάθμιας δεξαμενές καθίζησης .....	45
5.6 Αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας και περισσειας ιλύος.....	49
5.7 Τμήμα αφυδάτωσης ιλύος.....	49
5.8 Απολύμανση λυμάτων στην εκροή .....	50
5.9 Διάφορα ζητήματα λειτουργίας.....	50
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	54
ΠΙΝΑΚΕΣ, ΣΧΗΜΑΤΑ, ΕΙΚΟΝΕΣ .....	vi
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΡΟΗΣ.....	61
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ .....	63

## ΠΙΝΑΚΕΣ, ΣΧΗΜΑΤΑ, ΕΙΚΟΝΕΣ

Πίνακας 1 : Μορφές οξυγόνου για την επεξεργασία των λυμάτων. ....	3
Πίνακας 2: Κύριοι λειτουργικοί παράμετροι .....	11
Πίνακας 3: Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων .....	29
Πίνακας 4: Απαιτούμενο προσωπικά ΕΕΛ αυξημένης δυναμικότητας.....	52
Πίνακας 5: Απαιτούμενο προσωπικά ΕΕΛ μέσης δυναμικότητας.....	53
Πίνακας 6: Απαιτούμενο προσωπικά ΕΕΛ μικρής δυναμικότητας .....	53
Σχήμα 1 : Κατηγοριοποίηση ολικών στερεών. ....	2
Σχήμα 2 : Μορφές αζώτου στα αστικά λύματα.....	4
Σχήμα 3 : Χωριστικές δεξαμενές νιτροποίησης – απονιτροποίησης.....	6
Σχήμα 4 : Οξειδωτική τάφρο.....	6
Σχήμα 5: Επικράτηση επιμέρους μικροοργανισμών σε σχέση με το χρόνο. ....	16
Σχήμα 6 : Εκθετική φάση – Χρόνος.....	16
Σχήμα 7: Φθίνουσα φάση – Χρόνος.....	17
Σχήμα 8: Ενδογενής φάση – Χρόνος.....	17
Σχήμα 9: Βέλτιστη περιοχή- Χρόνος .....	18
Σχήμα 10: Διάγραμμα ροής βιολογικού αντιδραστήρα .....	28
Εικόνα 1: Βακτήρια. ....	12
Εικόνα 2 : Νηματοειδή Βακτήρια .....	13
Εικόνα 3 : Πρωτόζωα.....	14
Εικόνα 4 : Τριχόποδα.....	14
Εικόνα 5: Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων .....	29
Εικόνα 6: Διάταξης σχαρών σε ΕΕΛ. ....	30
Εικόνα 7: Μονάδα αμμοσυλλογής και λιποσυλλογή. ....	31
Εικόνα 8: Μονάδα αμμοσυλλογής και λιποσυλλογή .....	31
Εικόνα 9: Διαχωριστής άμμου.....	31
Εικόνα 10: Ορθογώνια δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης. ....	32
Εικόνα 11: Δεξαμενή αερισμού με φυσητήρες. Χαμηλός δείκτηςF:M .....	33
Εικόνα 12: Δεξαμενή αερισμού με επιφανειακό αερισμό. Χαμηλός δείκτηςF:M.....	33
Εικόνα 13: Δεξαμενή αερισμού με επιφανειακό αερισμό. Υψηλός δείκτης F:M.....	34
Εικόνα 14: Θολή εκροή δεξαμενής καθίζησης.....	35
Εικόνα 15: Ανύψωση ιλύος σε δεξαμενή καθίζησης.....	36
Εικόνα 16: Άλγη-φύκι στην υπερχειλίση της δεξαμενής καθίζησης.....	36
Εικόνα 17: Κλίνες ξήρανσης με μικρότερη συγκέντρωση MLSS.....	38
Εικόνα 18: Υδαρή ιλύς σε ταινιφιλτροπρεσσα .....	38
Εικόνα 19: Αφυδάτωση ιλύος με φυγοκεντρική μέθοδο.....	39
Εικόνα 20: Χλωρίωση επεξεργασμένων λυμάτων.....	40
Εικόνα 21: Απολύμανση με UV .....	40
Εικόνα 22: Εκροή επεξεργασμένου λύματος. ....	42
Εικόνα 23: Δεξαμενή αερισμού.....	44
Εικόνα 24: Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης .....	46

## 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο στόχος του παρόντος κεφαλαίου είναι η παρουσίαση των βασικών παραμέτρων και εννοιών, των βασικών διεργασιών ενός συστήματος βιολογικής επεξεργασίας, καθώς και η παρουσίαση των εναλλακτικών τύπων λειτουργίας ενός συστήματος ενεργού ιλύος.

### 1.1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΥΡΙΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

#### 1.1.1 Ενεργός ιλύς

Η ενεργός ιλύς μπορεί να οριστεί ως αιώρημα από συσσωματωμένες κροκίδες μικροοργανισμών, νερό, αδρανή στερεά, βιοδιασπώμενα και μη βιοδιασπώμενα, διαλυμένα, αιωρούμενα και κολλοειδή συστατικά. Το οργανικό αυτό τμήμα, μπορεί να παρασταθεί με τον τύπο  $C_5H_7NO_2$ . Επίσης, αποτελείται από ανόργανα στερεά όπως K, Na Mg, S, Ca, Fe και άλλα ιχνοστοιχεία(Τσώνης Σ.2004).

#### 1.1.2 Ανάμικτο υγρό

Το υγρό που περιέχεται στο βιολογικό αντιδραστήρα αποτελείται από ανεπεξέργαστα απόβλητα ή/και από απόβλητα που έχουν επιστρέψει από τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, καθώς και από την ενεργό ιλύ.

Τα πιο βασικά χημικά στοιχεία και οι παράμετροι που ενδιαφέρουν περισσότερο για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, στα οποία θα αναφερθούμε με περισσότερες λεπτομέρειες παρακάτω, είναι ο **άνθρακας (C)**, το **άζωτο (N)**, ο **φώσφορος (P)** και οι **στερεές ουσίες** (αδιάλυτες, διαλυμένες, κολλοειδείς, επιπλέουσες, αιωρούμενες, καθιζάνουσες(Τσώνης Σ.2004).

#### 1.1.3 Άνθρακας (C)

Ο άνθρακας που αποτελεί το πιο βασικό χημικό στοιχείο σύνθεσης των οργανικών ουσιών, υπάρχει στα υγρά απόβλητα κυρίως με τη μορφή των οργανικών ενώσεων (Total Organic Carbon, TOC), αλλά και με τη μορφή ανόργανων χημικών ενώσεων (Total Inorganic Carbon, TIC). Ο οργανικός άνθρακας (TOC) που κυρίως ενδιαφέρει, βρίσκεται στα απόβλητα είτε διαλυμένος (Dissolved Organic Carbon, DOC) είτε σε σωματιδιακή μορφή (Particulate Organic Carbon, POC) είτε σε πτητικές ενώσεις (Volatile Organic Carbon, VOC).

Το οργανικό φορτίο των λυμάτων, δηλαδή η οργανική ύλη, αποτελεί τον συνηθέστερο και τον πιο σημαντικό ρύπο του νερού. Υψηλή συγκέντρωση οργανικής ύλης στο νερό προκαλεί αποξυγόνωση του νερού πράγμα που μπορεί να μειώσει ή ακόμη και να εξαφανίσει τους υδρόβιους οργανισμούς. Οι οργανικές ουσίες αποτελούν τη βασική τροφή των αερόβιων ετεροτροφικών – χημικοσυνθετικών μικροοργανισμών οι οποίοι καταναλώνουν το διαλυμένο οξυγόνο για την επιβίωσή τους. Υψηλές όμως συγκεντρώσεις οργανικής ύλης συνεπάγονται μεγαλύτερη μάζα μικροοργανισμών και συνεπώς ταχύτερη κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου. Αν η ταχύτητα αυτή είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα οξυγόνωσης, προκύπτει μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό.

Η οργανική ύλη ή οργανικό φορτίο των λυμάτων μετρείται και αποδίδεται σε όρους Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (Biochemical Oxygen Demand **BOD**), Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (Chemical Oxygen Demand **COD**) και Ολικού Οργανικού Άνθρακα (Total Organic Carbon **TOC**)(Νταρακάς Ε.2010).

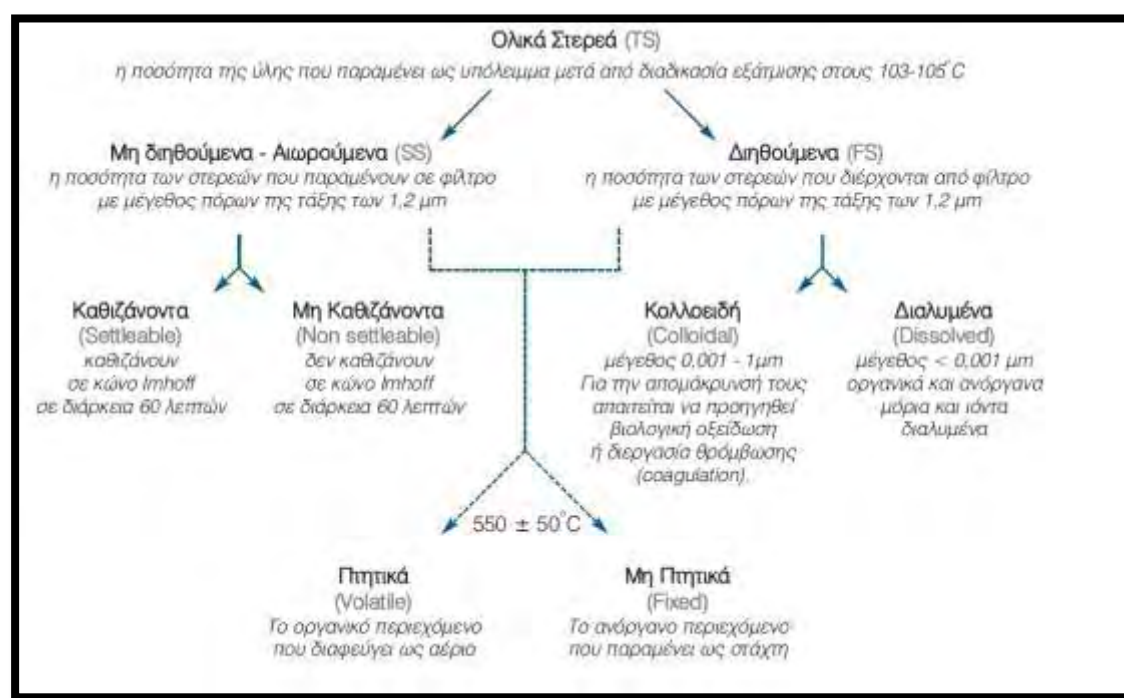


### 1.1.4 Στερεά

Η σύνθεση των αστικών αποβλήτων όσον αφορά στα περιεχόμενα στερεά είναι συνοπτικά:

Συνθετικές οργανικές ύλες (όπως πτητικές ενώσεις, όξινα, βασικά ή ουδέτερα μικροβιοκτόνα, και PCBs, χουμικά οξέα, θρεπτικές ύλες (ενώσεις αζώτου και φωσφόρου), χλωροφύλλες, υδρογονάνθρακες (π.χ. γλυκόζες, φρουκτόζες κ.λπ.), πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες, βιταμίνες, λιπαρά οξέα, ιοί, βακτήρια και φλόκοι βακτηρίων, άλγη, πρωτόζωα, οργανικά υπολείμματα (π.χ. Υπολείμματα τροφών, ανθρώπινης προέλευσης απόβλητα κ.λπ.

Η κατηγοριοποίηση των ολικών στερεών συνοψίζεται στο σχήμα 1 (Αιβαζίδης Α.2000) που ακολουθεί.



Σχήμα 1 : Κατηγοριοποίηση ολικών στερεών(Αιβαζίδης Α.2000).

Στερεά ανάμικτου υγρού: Κατά τον ίδιο τρόπο κατηγοριοποίησης με τα ολικά στερεά, πραγματοποιείται κατηγοριοποίηση και των στερεών που περιέχονται στο ανάμικτο υγρό, οπότε και δημιουργούνται παράμετροι παρακολούθησης της βιολογικής διεργασίας.

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες παράμετροι, που αφορούν σε αυτήν την κατηγορία είναι:


Αιωρούμενα Στερεά Ανάμικτου Υγρού (Mixed Liquor Suspended Solids - MLSS), τα οποία αποτελούν τη συγκέντρωση (mg/L) των αιωρούμενων στερεών στο ανάμικτο υγρό.

Πτητικά Αιωρούμενα Στερεά Ανάμικτου Υγρού (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids – MLVSS), τα οποία αποτελούν το οργανικό κλάσμα των αιωρούμενων στερεών του ανάμικτου υγρού, το οποίο όπως σημειώθηκε και προηγουμένως, αποτελείται από στερεά τα οποία διαφεύγουν ως αέρια σε θερμοκρασίες της τάξης των 550°C.

### 1.1.5 Απαιτήση οξυγόνου για την επεξεργασία των λυμάτων

Παρακάτω παρουσιάζεται ο συνοπτικός πίνακας 1 των διαφόρων μορφών οξυγόνου που απαιτούνται για την επεξεργασία των λυμάτων.

Πίνακας 1 : Μορφές οξυγόνου για την επεξεργασία των λυμάτων (Τσώνης Σ.2004).

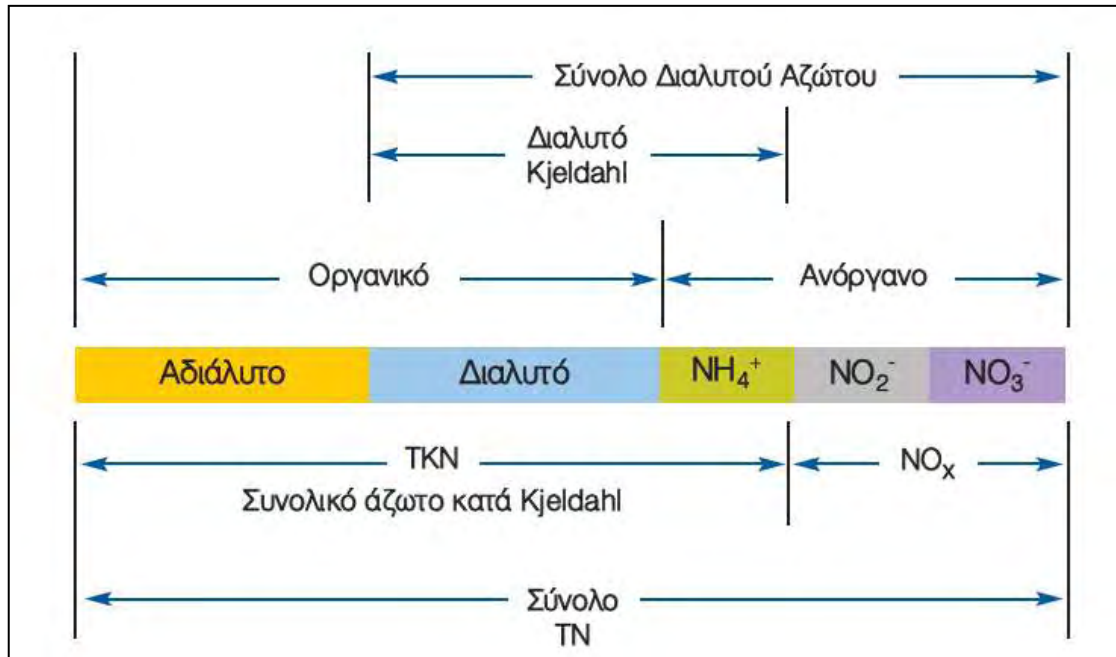
<b>BOD</b> (Βιολογικός απαιτούμενο οξυγόνο Biological Oxygen Demand)	Η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς, για να πραγματοποιηθεί η βιολογική οξείδωση (ή «μεταβολισμός») της εισερχόμενης ρυπαντικής ύλης.
<b>CBOD</b> (οργανικό BOD - carbonaceous BOD)	Η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς για το μεταβολισμό του οργανικού ρυπαντικού φορτίου.
<b>NBOD</b> (αζωτούχο BOD - nitrogenous BOD)	Η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται από τους νιτροποιητικούς μικροοργανισμούς για το μεταβολισμό του αζωτούχου ρυπαντικού φορτίου.
<b>TBOD</b> (ολικό BOD - total BOD)	Το ολικό οξυγόνο που απαιτείται για τη μείωση του οργανικού και αζωτούχου ρυπαντικού φορτίου. 
<b>COD</b> (Χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο Chemical Oxygen Demand)	Η απαραίτητη ποσότητα οξυγόνου για τη χημική οξείδωση της εισερχόμενης οργανικής ύλης.
<b>BOD/COD</b>	Η τιμή του COD είναι υψηλότερη από την τιμή του BOD, αφού περισσότερες ουσίες μπορούν να οξειδωθούν χημικά, παρά βιολογικά.  Για την τυπική περίπτωση των ανεπεξεργαστων οικιακών λυμάτων η σχέση μεταξύ των δύο παραμέτρων BOD <sub>5</sub> /COD ποικίλλει μεταξύ των τιμών 0,4 - 0,8.

### 1.1.6 Μορφές αζώτου.

Το άζωτο περιέχεται στα λύματα σε μια ποικιλία μορφών όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 2, από την αμμωνία έως την πιο οξειδωμένη μορφή του, που είναι τα νιτρικά ιόντα.

Εισερχόμενα λύματα: Η μορφή του αζώτου που κυριαρχεί είναι το αμμωνιακό άζωτο (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) σε ποσοστό 60-65%, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό αποτελείται κυρίως από οργανικό άζωτο, σε επίπεδα της τάξης του 40%. Η ποσότητα του αζώτου στη μορφή των νιτρικών και νιτρικών ιόντων, στα εισερχόμενα στην εγκατάσταση λύματα είναι εξαιρετικά μικρή, οπότε και η εύρεση του TKN είναι συνήθως ενδεικτική του συνολικού αζώτου για τα αστικά λύματα.

Το επίπεδο των συγκεντρώσεων κάθε μορφής, εξαρτάται κυρίως από το pH και τη θερμοκρασία (αυξημένο pH και T, ευνοούν τη δημιουργία μοριακής αμμωνίας). Η μοριακή μορφή της αμμωνίας αποτελεί ουσιαστικά την τοξική της μορφή.



Σχήμα 2 : Μορφές αζώτου στα αστικά λύματα (Νταρακάς Ε.2010).

Το άζωτο διακρίνεται σε οργανικό (σύνθετα μόρια, όπως αμινοξέα, πρωτεΐνες, νουκλεοτίδια και ουρία) και ανόργανο.

Ο συνδυασμός της αμμωνίας (η οποία ανήκει στην κατηγορία του ανόργανου αζώτου) με το σύνολο του οργανικού αζώτου αποτελεί το συνολικό άζωτο κατά Kjeldahl (TKN).

### 1.1.7 Φώσφορος

Η συγκέντρωση του φωσφόρου (P) ο οποίος αποτελεί βασικό συστατικό για τη σύνθεση του κυτταρικού ιστού των μικροοργανισμών, στα φρέσκα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα κυμαίνεται από 5 – 30 mg/lit. Στις οργανικές ενώσεις των λυμάτων ανήκει περίπου το 75 % του συνολικά υπάρχοντος φωσφόρου, ενώ ο υπόλοιπος (25 % περίπου) βρίσκεται στα υγρά απόβλητα κυρίως με τη μορφή των ορθοφωσφορικών ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) διαλυτών ιόντων από 70 - 90 % και πολυφωσφορικών ( $\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$ ) ιόντων τα οποία είναι περίπλοκα μόρια, αλλά και με τη μορφή άλλων οργανικών φωσφορικών ενώσεων. Ο οργανικά δεσμευμένος φώσφορος δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για τα αστικά λύματα, τα δε ορθοφωσφορικά ιόντα χρησιμεύουν για το βιολογικό μεταβολισμό χωρίς να διασπώνται περαιτέρω (Νταρακάς Ε. 2010).

Λόγω των φαινομένων ευτροφισμού που δημιουργεί ο φώσφορος στα επιφανειακά νερά πρέπει να απομακρυνθεί από τα υγρά απόβλητα.

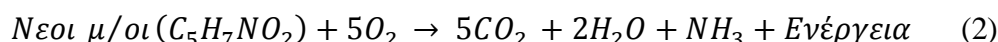
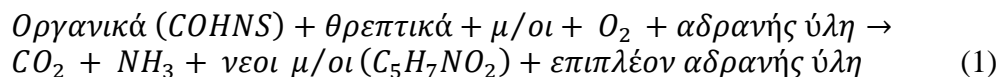
## 1.2 ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΥΡΙΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

Στη συνέχεια θα εξεταστούν οι κύριες βιολογικές διεργασίες, που μπορούν να λάβουν χώρα σε ένα σύστημα ενεργού ιλύος, σε συνδυασμό πάντα με το σχεδιασμό του συστήματος.

### 1.2.1 Βιολογική απομάκρυνση οργανικού φορτίου

Αερόβια, βιολογική διεργασία κατά την οποία παρατηρείται ανάπτυξη μικροοργανισμών σε αιώρημα. Μέσω του φυσικού μεταβολισμού των μικροοργανισμών, επιτυγχάνεται αφομοίωση (assimilation) της οργανικής ύλης (COHNS – διαλυμένα και κolloειδή οργανικά καθώς και οργανικά στη μορφή σωματιδίων) με στόχο την αναπαραγωγή τους (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

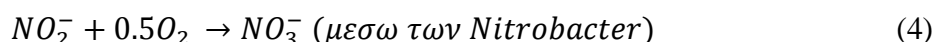
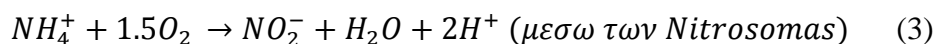
Συνοπτικά η διεργασία απομάκρυνσης οργανικού φορτίου αποτυπώνεται ως εξής:



### 1.2.2 Βιολογική απομάκρυνση αζώτου

Η διαδικασία απομάκρυνσης αζώτου πραγματοποιείται μέσω των διεργασιών της νιτροποίησης και απονιτροποίησης, μέσω συγκεκριμένων βακτηριδίων (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

#### **Νιτροποίηση:**



Συνθήκες οξειδωτικές: παρουσία διαλυμένου οξυγόνου

Πηγή οξυγόνου: διαλυμένο οξυγόνο λυμάτων

Πηγή άνθρακα: CO<sub>2</sub> των εισερχομένων αποβλήτων (αυτότροφα βακτήρια)

#### **Απονιτροποίηση:**



Συνθήκες ανοξικές: απουσία διαλυμένου οξυγόνου,

Πηγή οξυγόνου: νιτρώδη (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) και νιτρικά (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ιόντα

Πηγή άνθρακα: οργανικές ενώσεις λυμάτων (ετερότροφα βακτήρια)

Για να πραγματοποιηθεί η παραπάνω διαδικασία χρησιμοποιούνται χωριστές δεξαμενές νιτροποίησης – απονιτροποίησης σχήμα 3:

Η ανοξική δεξαμενή προηγείται της δεξαμενής αερισμού γιατί:

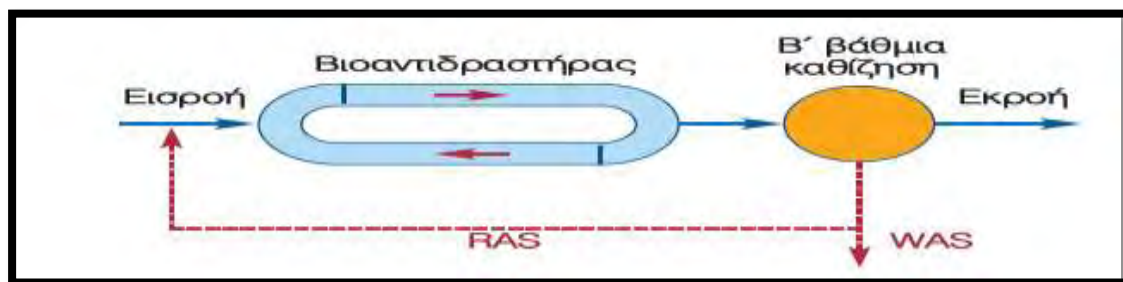
1. χρησιμοποιείται το οργανικό υπόστρωμα που περιέχεται στα εισερχόμενα λύματα, το οποίο αποτελεί την τροφή των ετερότροφων βακτηριδίων που αναπτύσσονται στις ανοξικές συνθήκες.



Σχήμα 3 : Χωριστικές δεξαμενές νιτροποίησης – απονιτροποίησης (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006)

- τα νιτρικά ιόντα που περιέχονται στη γραμμή ανακυκλοφορίας RAS, αναμιγνύονται με τα εισερχόμενα λύματα και ανάγονται σε άζωτο στην ανοξική δεξαμενή. Με αυτόν τον τρόπο, η συνολική απόδοση που αφορά στην απομάκρυνση του αζώτου από το σύστημα, εξαρτάται πλήρως από την ποσότητα των νιτρικών ιόντων στη γραμμή RAS. Για να αποφευχθεί αυτός ο περιορισμός, προστίθεται και μια εσωτερική γραμμή ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού από τη δεξαμενή αερισμού, προς την είσοδο της ανοξικής δεξαμενής.

Επιπλέον, μια διαδεδομένη μέθοδος είναι η βιοαντιδραστήρα - οξειδωτική τάφρος. Στην οξειδωτική τάφρο, σχήμα 4, αναπτύσσονται συγκεκριμένες ζώνες ανοξικές και συγκεκριμένες αερόβιες, οπότε και δεν απαιτείται εσωτερική ανακυκλοφορία.



Σχήμα 4 : Οξειδωτική τάφρος(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

### 1.2.3 Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

Η βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου στηρίζεται στην ανάπτυξη και λειτουργία συγκεκριμένων μικροοργανισμών, των PAO (Phosphate Accumulating Organisms) (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

#### Αναερόβιες συνθήκες:

Δράση: Μετατροπή της άμεσα διαθέσιμης οργανικής ύλης σε πολυμερή και αποθήκευσή τους ως πηγή ενέργειας.

Λήψη Ενέργειας για τη δράση: Μέσω της αποσύνθεσης των πολυφωσφορικών μορίων και της αποσύνθεσης των γλυκογόνων ουσιών.

Επισημάνση: Παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης των λυμάτων σε φωσφορικά ιόντα (λόγω της αποσύνθεσης των πολυφωσφορικών οξέων). Επίσης σε αυτό το στάδιο, εκλύονται ιόντα μαγνησίου και καλίου.

### **Αερόβιες ή ανοξικές συνθήκες:**

**Λάση:** Οι ΡΑΟ, οξειδώνουν τις αποθηκευμένες πολυμερείς ενώσεις για την πρόσληψη ενέργειας με σκοπό την ανάπτυξη και συντήρησή τους και ανανέωση της αποθήκης των γλυκογόνων ουσιών.

**Λήψη Ενέργειας:** Μέσω της πρόσληψης των φωσφορικών ιόντων που είχαν εκλυθεί κατά το πρώτο στάδιο (απαραίτητη η παρουσία ιόντων καλίου και μαγνησίου για επίτευξη της πρόσληψης).

**Επισήμανση:** Η εκροή από τους αντιδραστήρες της συγκεκριμένης διεργασίας περιέχει πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου, αφού η μεγαλύτερη ποσότητά του είναι πλέον αποθηκευμένη στη βιομάζα. Επίσης εφαρμόζεται εσωτερική ανακυκλοφορία προς τη δεξαμενή αναερόβιων συνθηκών, για την ανανέωσή της σε γλυκογόνες ουσίες.

#### **1.2.4 Συνδυασμένη βιολογική απομάκρυνση αζώτου φώσφορου – Συστήματα BNR.**

Με τα συστήματα BNR επιτυγχάνεται συνδυασμένη απομάκρυνση των θρεπτικών, δηλαδή των μορφών αζώτου και φωσφόρου, μέσω καθαρά βιολογικών διεργασιών(Ο.Ε.Λ.Σ. 2006).

Θα πρέπει να υπάρχουν τρεις τουλάχιστον διαφορετικές ζώνες, ώστε να αποφευχθεί η πολύ πιθανή σε αντίθετη περίπτωση αλληλεπίδραση των νιτρικών ιόντων με τα φωσφορικά ιόντα. Θα πρέπει λοιπόν να πραγματοποιείται :

\_ νιτροποίηση (αερόβιες συνθήκες στις οποίες η αμμωνία μετατρέπεται σε νιτρικά ιόντα και στις οποίες το οξυγόνο βρίσκεται σε ελεύθερη μορφή διαλυμένο),

\_ απονιτροποίηση (ανοξικές συνθήκες στις οποίες τα νιτρικά ιόντα μετατρέπονται σε αέριο άζωτο, και στις οποίες το οξυγόνο είναι δεσμευμένο π.χ. στη μορφή νιτρικών ιόντων) και

\_ αποφωσφόρωση (αναερόβιες συνθήκες, στις οποίες δεν υπάρχει οξυγόνο σε καμία μορφή - διαλυμένο ή δεσμευμένο- διαθέσιμο).

### **1.3 ΟΡΙΣΜΟΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Το συνολικό σύστημα επεξεργασίας ενδέχεται να περιλαμβάνει συνοπτικά τις εξής επιμέρους διεργασίες:

#### **1.3.1 Πρωτοβάθμια επεξεργασία**

Η **πρωτοβάθμια** ή **μηχανική** επεξεργασία περιλαμβάνει τον εσχαρισμό, την αμμοσυλλογή, τη λιποσυλλογή και την πρωτοβάθμια καθίζηση. Σ' αυτό το τμήμα της εγκατάστασης απομακρύνονται από τα λύματα όλες οι ανόργανες φερτές ύλες και από τις οργανικές ουσίες αυτές που καθιζάνουν και αυτές που επιπλέουν(Νταρακάς Ε. 2004).

Απόδοση μηχανικού καθαρισμού:

- Μείωση αιωρούμενων σωματιδίων (**TSS**) κατά **40 – 50 %**.

- Μείωση οργανικού φορτίου ως **BOD<sub>5</sub>** κατά **25 – 30 %**.

#### **1.3.2 Εσχαρισμός**

Με την είσοδό τους στην Ε.Ε.Λ. τα λύματα διέρχονται από σχάρες όπου συγκρατούνται τα ευμεγέθη στερεά όπως τεμάχια ξύλου, πανιά, γυαλιά, πλαστικά, φλοιοί φρούτων και λαχανικών κ.λ.π. τα οποία είναι δυνατόν να προκαλέσουν εμφράξεις στις σωληνώσεις και τις αντλίες της εγκατάστασης παρεμποδίζοντας την επεξεργασία των λυμάτων. Μερικές φορές τοποθετούνται στη σειρά διαδοχικά σχάρες με μεγάλο και μετά σχάρες με μικρό άνοιγμα.

Ο βαθμός καθαρισμού των λυμάτων (απόδοση) είναι φυσικά διαφορετικός.

Οι σχάρες είναι διατάξεις οι οποίες κατασκευάζονται συνήθως από κεκλιμένες ράβδους από ανοξείδωτο χάλυβα ορθογώνιας διατομής με στρογγυλεμένες ακμές. Η απόσταση των ράβδων ποικίλει από μερικά χιλιοστά έως μερικά εκατοστά. Υπάρχουν σχάρες με μεγάλο άνοιγμα (απόσταση ράβδων 40 – 100 mm) οι οποίες καθαρίζονται χειρονακτικά, σχάρες με μικρό άνοιγμα (απόσταση ράβδων 6 – 40 mm) και σχάρες με πολύ μικρό άνοιγμα (απόσταση ράβδων 3 – 6 mm) οι οποίες καθαρίζονται με μηχανικά μέσα. Οι διατάξεις που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι μηχανικά αυτοκαθαριζόμενες σχάρες. Σχάρες χρησιμοποιούνται όπου αλλού απαιτείται προστασία ευαίσθητων τμημάτων της Ε.Ε.Λ. (π.χ. σίφωνες) (Νταρακάς Ε. 2004).

Τα εσχαρίσματα που προκύπτουν από τον εσχαρισμό των λυμάτων συμπίεζονται ελαφρά, αφυδατώνονται και οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής στερεών αποβλήτων.

Απόδοση εσχαρισμού αποβλήτων (εξαρτάται από το άνοιγμα των σχαρών και την κατά μέγεθος κατανομή των αιωρούμενων σωματιδίων των αποβλήτων):

- Μείωση αιωρούμενων σωματιδίων (TSS) κατά 5 – 10 %.

- Μείωση οργανικού φορτίου ως BOD<sub>5</sub> κατά 0 – 10 %.

Μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται με πιο λεπτές σχάρες.

### **1.3.3 Αμμοσυλλεκτής**

Η άμμος που υπάρχει στα λύματα πρέπει να απομακρυνθεί μόλις τα λύματα εισέλθουν στην Ε.Ε.Λ. γιατί δημιουργεί προβλήματα στην λειτουργία της. Κατακάθεται στον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης και φθείρει τον μηχανολογικό εξοπλισμό των δεξαμενών (αναδευτήρες, σαρωτές, αντλίες κ.λπ.). Επίσης αυξάνει τον απαιτούμενο όγκο των δεξαμενών επεξεργασίας ιλύος. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την εξάμωση ονομάζονται αμμοσυλλέκτες και η λειτουργία τους βασίζεται είτε στην επίδραση της βαρύτητας είτε στην επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης.

Η διάταξη της εξάμωσης, δηλαδή ο αμμοσυλλέκτης, είναι στην πραγματικότητα μια δεξαμενή καθίζησης στην οποία τα διακεκριμένα στερεά τα οποία βρίσκονται σε υγρό με μικρότερη πυκνότητα, επιταχύνονται μέχρις ότου φθάσουν να κινούνται με μια τερματική ή οριακή ταχύτητα. Τότε η δύναμη βαρύτητας εξισορροπείται με τη οπισθέλκουσα δύναμη με αποτέλεσμα την καθίζηση των στερεών. Ο στόχος είναι ο διαχωρισμός των κόκκων άμμου, των σωματιδίων αργίλου ή των άλλων αδρανών υψηλής πυκνότητας, με διάμετρο μεγαλύτερη από 200 μm που δεν είναι οργανικά και έχουν ταχύτητες καθίζησης σημαντικά μεγαλύτερες από εκείνες των οργανικών στερεών. Η ταυτόχρονη καθίζηση και μικρής ποσότητας οργανικών ουσιών αντιμετωπίζεται με διατάξεις πλύσης της άμμου οι οποίες τοποθετούνται στους αμμοσυλλέκτες. Οι κόκκοι της άμμου καθιζάνουν με ταχύτητες που εξαρτώνται από τις διαστάσεις και το ειδικό τους βάρος. Στους αμμοσυλλέκτες τα λύματα δεν είναι στάσιμα αλλά βρίσκονται σε συνεχή ροή. Συνεπώς και η ροή (στρωτή ή τυρβώδης) παίζει σημαντικό ρόλο καθώς επίσης και η θερμοκρασία των λυμάτων. Με στρωτή ροή η καθίζηση της άμμου γίνεται ομαλά, με την ίδια ταχύτητα όπως και στα στάσιμα νερά. Όταν όμως η ροή δεν είναι στρωτή η καθίζηση της άμμου επιβραδύνεται και δημιουργούνται προβλήματα στον αμμοσυλλέκτη. Συγκεκριμένα οι υπερβολικά μικρές ταχύτητες οδηγούν στη καθίζηση οργανικών σωματιδίων με επακόλουθο τη σήψη των οργανικών ενώσεων και τις δυσάρεστες οσμές.

Οι αμμοσυλλέκτες είναι απολύτως απαραίτητοι στις Ε.Ε.Λ. ιδιαίτερα όμως σε παντοροϊκά συστήματα αποχέτευσης, επειδή σε περιπτώσεις μεγάλης βροχής συμπαρασύρονται μεγάλες ποσότητες άμμου, οι οποίες λόγω μεγάλου στροβιλισμού παραμένουν σε αιώρηση.

Οι κυριότεροι τύποι αμμοσυλλεκτών είναι οι οριζόντιοι, οι κατακόρυφοι, οι κυκλικοί. Οι αμμοσυλλέκτες μπορεί να είναι αεριζόμενοι ή μη.

Η απομάκρυνση της άμμου γίνεται με το χέρι σε μικρές εγκαταστάσεις και με αντλίες ή ξέστρα που αναρτώνται σε κινούμενες γέφυρες σε μεγάλες εγκαταστάσεις. Η άμμος συνήθως πλένεται αφυδατώνεται και απομακρύνεται.

**Τα λίπη και τα έλαια** τα οποία υπάρχουν στα υγρά απόβλητα δημιουργούν προβλήματα στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων. Η λιποσυλλογή μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν ή και ταυτόχρονα με την αμμοσυλλογή. Συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος της επίπλευσης επειδή τα λίπη έχουν την ικανότητα να επιπλέουν στην επιφάνεια των υγρών αποβλήτων, απ' όπου απομακρύνονται συνήθως με ξέστρα επιφανείας ή με αναρρόφηση (Νταρακάς Ε. 2004).

### **1.3.4 Πρωτοβάθμια καθίζηση**

Με την καθίζηση επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός από τα λύματα των ουσιών που καθιζάνουν και αυτών που επιπλέουν. Πρόκειται για μια φυσική διεργασία διαχωρισμού των αιωρούμενων σωματιδίων, το ειδικό βάρος των οποίων είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του νερού. Για σωματίδια με μέσο μέγεθος μεγαλύτερο από 100 μm και συγκέντρωση μεγαλύτερη από 50 mg/l, η καθίζηση είναι η κατ' εξοχήν εφαρμοζόμενη μέθοδος διαχωρισμού. Στηρίζεται στο φαινόμενο της βαρύτητας και εφαρμόζεται για την απομάκρυνση διαφόρων στερεών που καθιζάνουν.

Τα σωματίδια καθιζάνουν με βαρύτητα και η ταχύτητα καθίζησης σε ηρεμία εξαρτάται από το μέγεθος, το ειδικό βάρος και το σχήμα των σωματιδίων καθώς και την κινηματική συνεκτικότητα του ρευστού, η οποία είναι συνάρτηση και της θερμοκρασίας (Νταρακάς Ε. 2004).

Απόδοση πρωτοβάθμιας καθίζησης:

- Μείωση αιωρούμενων σωματιδίων (**TSS**) κατά **40 – 50 %**.
- Μείωση οργανικού φορτίου ως **BOD<sub>5</sub>** κατά **25 – 30 %**.

### **1.3.5 Δευτεροβάθμια επεξεργασία**

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των αστικών λυμάτων ακολουθεί συνήθως την πρωτοβάθμια και αποσκοπεί στη περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου (BOD) και των αιωρούμενων στερεών (S.S.), ενώ ακόμα μπορεί να στοχεύει στη μείωση των αζωτούχων (N) και φωσφορικών (P) ενώσεων, που μπορεί να υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Με δεδομένο ότι το κυριότερο ρυπαντικό φορτίο στα αστικά λύματα είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος (σε ποσοστό περίπου 70 %) οργανικής σύνθεσης, η βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στηρίζεται στη βιοχημική αποικοδόμηση και μετατροπή των πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα, τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται με καθίζηση. Διακρίνεται ανάλογα με τους μικροοργανισμούς οι οποίοι παίζουν το σπουδαιότερο ρόλο και είναι υπεύθυνοι για τη διάσπαση και τη σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών σε:

- **αερόβια**, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς,
- **αναερόβια**, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αναερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς και
- **αερόβια-αναερόβια**, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση και από τα τρία είδη των οργανισμών (αερόβιοι, αναερόβιοι και επαμφοτερίζοντες).

Κατά τη βιολογική διεργασία οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν ένα μέρος της τροφής (του υποστρώματος) σε διεργασίες αποσύνθεσης, εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη για τις λειτουργικές τους ανάγκες ενέργεια, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούν ένα άλλο μέρος του υποστρώματος για τη σύνθεση της κυτταρικής τους δομής.



Στα αερόβια συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων κυριαρχεί η μέθοδος της « **ενεργού ιλύος**». Η ενεργός ιλύς αποτελείται από μια συσσωμάτωση ζωντανών και νεκρών μικροοργανισμών που δεν έχουν ακόμα αποσυντεθεί, οργανικών αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών που δεν έχουν απομακρυνθεί στο στάδιο της προεπεξεργασίας των αποβλήτων, οργανικών ουσιών κολλοειδούς υφής, ενδιάμεσων προϊόντων βιολογικής αποικοδόμησης οργανικών ενώσεων και αδρανών στερεών που δεν επιδέχονται αποσύνθεση.

Η μέθοδος της ενεργού ιλύος εφαρμόζεται σε έναν αριθμό παραλλαγών που παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, είναι όμως κατά περίπτωση επιλέξιμες για την ικανοποίηση των ιδιαιτεροτήτων κάθε εφαρμογής. Η διαδικασία συνίσταται από δύο βασικές διεργασίες, τον **αερισμό** και την **καθίζηση** (Νταρακάς Ε. 2004).

### **1.3.6 Τριτοβάθμια επεξεργασία**

Είναι προφανές ότι στα λύματα είναι δυνατόν να υπάρχουν και ουσίες οι οποίες προέρχονται από τη βιομηχανία και τη βιοτεχνία και οι οποίες δεν κατακρατούνται στις κοινές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Επίσης οι προδιαγραφές για τη διάθεση κατεργασμένων λυμάτων σε αποδέκτες τα νερά των οποίων χρησιμοποιούνται για την ύδρευση οικισμών, είναι πολύ αυστηρές. Στις περιπτώσεις αυτές επιβάλλεται η χρήση μεθόδων προχωρημένου καθαρισμού, δηλαδή συστημάτων τριτοβάθμιας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Η τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία έπεται της δευτεροβάθμιας και αποσκοπεί στην περαιτέρω αφαίρεση στερεών, οργανικού φορτίου, χρώματος, αμμωνιακών, νιτρικών, φωσφορικών και άλλων ρυπαντών όπως τα βαριά μέταλλα, το αρσενικό (As), οι τοξικές οργανικές ενώσεις, τα θειούχα ( $S^2$ ), τα κυανιούχα (CN) κ.λ.π. (μη συμβατικοί ρύποι του νερού) (Νταρακάς Ε. 2004).

Οι διατάξεις και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι:

- η διήθηση με πολλές παραλλαγές όπως η διήθηση χώρου, η διήθηση επιφάνειας κ.λ.π. με διάφορους συνδυασμούς διηθητικών μέσων όπως η άμμος, ο ανθρακίτης και διάφορες συνθετικές ίνες και μεμβράνες. Σημειώνεται ότι στις πιο προχωρημένες εφαρμογές μεμβρανών ανήκει η μικροδιήθηση (**MF**), η υπερδιήθηση (**UF**), η νανοδιήθηση (**NF**),
- η αντίστροφη ώσμωση (**RO**),
- η χημική επεξεργασία (οξείδωση, αναγωγή κ.λ.π.),
- οι διεργασίες προχωρημένης οξείδωσης (Advanced Oxidation Processes AOP).
- η προσρόφηση (κυρίως σε ενεργό άνθρακα),
- η ιοντοεναλλαγή,
- η απογύμνωση αερίου, η οποία συνίσταται στη μεταφορά μάζας ενός αερίου από την υγρή στην αέρια φάση και εφαρμόζεται κυρίως για την απομάκρυνση αερίων όπως το υδρόθειο ( $H_2S$ ), η αμμωνία ( $NH_3$ ) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds VOC).

### **1.3.7 Περαιτέρω επεξεργασία**

Συνήθως αποτελείται από τη μονάδα απολύμανσης, η οποία είναι χλωρίωση, απολύμανση με UV ή απολύμανση με όζον ( $O_3$ ). Στην περίπτωση απολύμανσης με ακτινοβολία UV, για να είναι αποδοτική η δράση της ακτινοβολίας, θα πρέπει να έχουν αφαιρεθεί σε υψηλά ποσοστά τα αιωρούμενα στερεά. Για το λόγο αυτό, συνίσταται πριν την απολύμανση η διαδικασία της διύλισης μέσω φίλτρων (Νταρακάς Ε. 2004).

## 1.4 ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΥΡΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Οι λειτουργικές παράμετροι έχουν άμεση σχέση με την αποτύπωση της ποιότητας λειτουργίας μιας μονάδας επεξεργασίας, οπότε και είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην πρόβλεψη και αντιμετώπιση ενδεχόμενων προβλημάτων. Αυτές παρουσιάζονται στο παρακάτω πινάκα 2.

Πίνακας 2: Κύριοι λειτουργικοί παράμετροι(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

Λειτουργική παράμετρος	Ορισμός
<p>ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ MCRT - Mean Cell Residence Time ή SRT - Solids Residence Time ή ΘC</p>	<p>Εκφράζεται ως η μάζα των στερεών που παραμένουν στο σύστημα επεξεργασίας, προς τη μάζα των στερεών που απομακρύνονται από το σύστημα επεξεργασίας ημερησίως.</p> $MCRT = \frac{M_{\text{ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ [kg]}}{M_{\text{ΣΤΕΡΕΩΝ ΠΟΥ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ [kg/d]}}$ <p>Η μονάδα μέτρησης είναι χρόνος, συνήθως ημέρες (d).</p>
<p>ΛΟΓΟΣ F : M Food to Microorganism Ratio</p> <p>Μέσω του λόγου αυτού επιτυγχάνεται ο προσδιορισμός της βέλτιστης ποσότητας μικροοργανισμών που απαιτείται (MLVSS-οργανικό κλάσμα στερεών στο ανάμικτο υγρό) για την απομάκρυνση του BOD (οργανικό ρυπαντικό φορτίο) από τα εισερχόμενα λύματα.</p>	$F : M = \frac{BOD [kg/d]}{MLVSS [kg]}$ <p>Η μονάδα μέτρησης είναι d<sup>-1</sup>.</p> <p>Η παράμετρος F αποτελεί την τροφή (ρυπαντικό φορτίο εισερχομένων λυμάτων) που διατίθεται στους αναπτυσσόμενους μικροοργανισμούς και εκφράζεται ουσιαστικά μέσω της μέτρησης του BOD.</p> <p>Η παράμετρος M αποτελεί την ποσότητα των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στο σύστημα με σκοπό την αφομοίωση της τροφής.</p>

### 2 . ΘΕΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Η γνώση της μικροβιολογίας ενός συστήματος ενεργού ιλύος, είναι ιδιαίτερης σημασίας στην προσπάθεια βελτιστοποίησης της όλης διεργασίας, αλλά και της λήψης σωστών αποφάσεων σε έκτακτες συνθήκες. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν θέματα που έχουν να κάνουν με τα είδη των μικροοργανισμών που ενδέχεται αναπτυχθούν στο σύστημα, την επικράτηση των διαφόρων μικροοργανισμών, ανάλογα με τα στάδια της επεξεργασίας και τον κύκλο ζωής των μικροοργανισμών(Τσώνης Σ. 2004).

#### 2.1 ΕΙΔΗ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

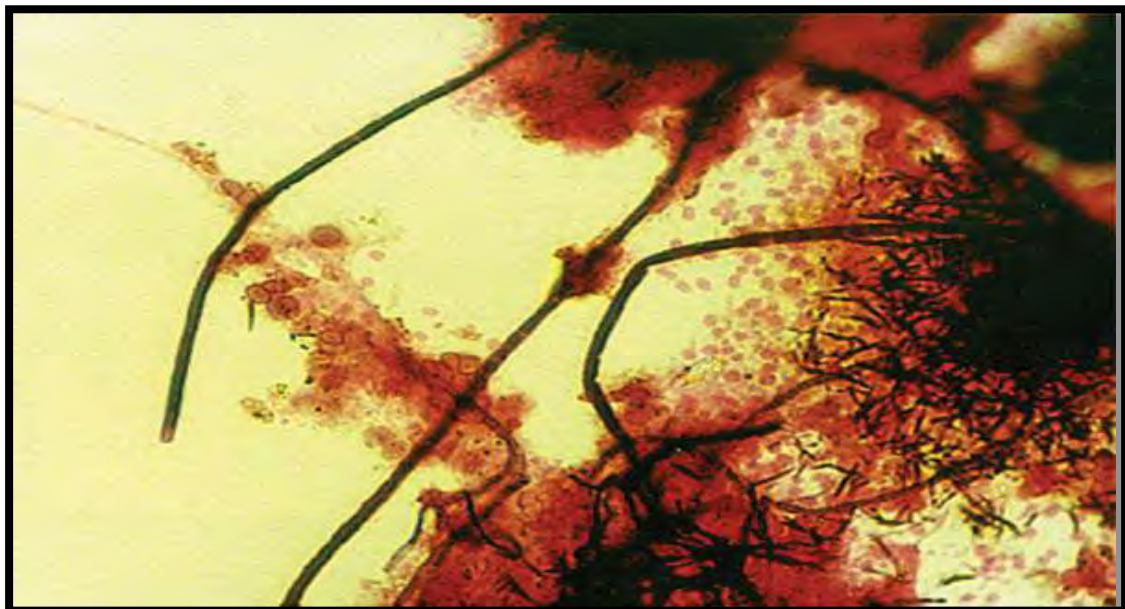
##### 2.1.1 Βακτήρια:

Τα βακτήρια, εικόνα 1, αποτελούν έναν από τους πιο σημαντικούς αναπτυσσόμενους μικροοργανισμούς σε σύστημα ενεργού ιλύος. Τα κύτταρά τους μπορεί να έχουν σχήμα σφαίρας, ράβδου ή ακόμα και σπειροειδή μορφή, ενώ το μέγεθός τους κυμαίνεται από 0,5-5,0 μm.

Η συνηθέστερη διάκριση μεταξύ των βακτηριδίων στηρίζεται στην τροφή που απαιτείται για την ανάπτυξή τους. Τα βακτήρια λοιπόν διακρίνονται σε αυτότροφα (οξειδώνουν τις ανόργανες ουσίες και χρησιμοποιούν το CO<sub>2</sub> ως πηγή ενέργειας) και ετερότροφα (χρησιμοποιούν οργανικές ενώσεις ως ενέργεια και πηγές άνθρακα για να πραγματοποιήσουν τον κύκλο ζωής τους, ενώ διακρίνονται σε αερόβια, αναερόβια και επαμφοτερίζοντα ανάλογα με την απαίτησή τους σε διαλυμένο οξυγόνο).

Ο ρόλος των βακτηρίων είναι πολύ σημαντικός, αφού εκκρίνουν ένα είδος πολυσακχαρώδους ουσίας, η οποία βοηθά στη συγκράτηση των σωματιδίων που συνιστούν τη δομή του φλόκου (μικροοργανισμοί και άλλα αιωρούμενα στερεά).

Ένα πολύ σημαντικό είδος βακτηριδίου είναι τα νηματοειδή βακτήρια εικόνα 2 , τα οποία έχουν άμεση σχέση με τη δημιουργία φλόκων, αλλά και με την ανάπτυξη ενός υγιούς ανάμικτου υγρού(Τσώνης Σ. 2004).



Εικόνα 1: Βακτήρια(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).



Εικόνα 2 : Νηματοιδή Βακτήρια(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006)

### **2.1.2 Πρωτόζωα**

Το μέγεθος των πρωτόζωων, εικόνα 3, κυμαίνεται από 100-500  $\mu\text{m}$  και καταναλώνουν βακτήρια ως τροφή, ενώ απορροφούν στερεά οργανική ύλη, την οποία χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας και άνθρακα(Τσώνης Σ. 2004).

Τα πιο συχνά αναπτυσσόμενα πρωτόζωα στην ενεργό ιλύ, είναι:

- τα βλεφαριδωτά (ciliates), τα οποία χρησιμοποιούν μικροσκοπικές προεξοχές για να κινηθούν και να τραφούν.

Τα βλεφαριδωτά πρωτόζωα διακρίνονται σε:

- ελεύθερα
  - και διακλαδισμένα
- τα μαστιγοφόρα (flagellates), τα οποία κινούνται στο χώρο για την απόκτηση τροφής κινώντας τις προεξοχές τους.
  - οι αμοιβάδες (amoebas) χρησιμοποιούν επίσης τις προεξοχές τους που ονομάζονται ψεύτικα πόδια «false feet» για να κινηθούν και να αποκτήσουν τροφή.



Εικόνα 3 : Πρωτόζωα(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006)

### 2.1.3 Τριχόποδα

Τα τριχόποδα επικρατούν μόνο σε αερόβιες συνθήκες εικόνα 4. Καταναλώνουν στερεά τροφή(συμπεριλαμβανομένων και βακτηρίων) και χρησιμοποιούν τις βλεφαρίδες που υπάρχουν στο κεφάλι τους για την απόκτηση της τροφής τους (Τσώνης Σ. 2004).



Εικόνα 4 : Τριχόποδα(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006)

### 2.1.4 Μύκητες

Οι μύκητες αποτελούν μικροσκοπικά μη φωτοσυνθετικά φυτά, τα οποία δεν παίζουν κάποιο ρόλο στη διεργασία της ενεργού ιλύος. Η παρουσία τους όμως αποτελεί προειδοποίηση επικράτησης ανωμαλιών στο σύστημα (χαμηλό pH) (Τσώνης Σ. 2004).

### **2.1.5 Αλγη – φύκια**

Είναι μικροσκοπικά φωτοσυνθετικά φυτά, αυτότροφα (χρήση CO<sub>2</sub> ως πηγή άνθρακα) και απαιτούν άζωτο, φώσφορο και ηλιακό φως για την ανάπτυξή τους. Αποτελούν συχνό πρόβλημα στις υπερχειλίσσεις των δεξαμενών καθίζησης, όπου οι συνθήκες ευνοούν την ανάπτυξή τους.

## **2.2 ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ**

Σε μόνιμες συνθήκες, οι μικροοργανισμοί που επικρατούν σχετίζονται άμεσα με το χρόνο παραμονής τους στο σύστημα, σχήμα 5. Επειδή κάθε αναπτυσσόμενο είδος έχει διαφορετικές απαιτήσεις όσον αφορά στην τροφή και ποικίλους αναπαραγωγικούς κύκλους, διαφορετικοί τύποι μικροοργανισμών επικρατούν στα διάφορα στάδια της διεργασίας (Τσώνης Σ. 2004).

Οι αμοιβαδοειδείς σχηματισμοί, επικρατούν στο ξεκίνημα μιας εγκατάστασης ή μετά από ένα υδραυλικό σοκ ή σοκ φόρτισης ή λόγω μεγάλης ανακυκλοφορίας. Στη φάση αυτή παρατηρείται ελάχιστος ή καθόλου σχηματισμός λάσπης.

Τα μαστιγοφόρα, επικρατούν σε αραιό ανάμικτο υγρό, σε συνθήκες υψηλού F/M και μικρού χρόνου παραμονής SRT, κατά τη διάρκεια του οποίου, η ποιότητα εκροής είναι χαμηλή λόγω των αιωρημάτων – κολλοειδών σωματιδίων (stragglers) που διαφεύγουν.

Κατά την επικράτηση των βλεφαριδωτών, η εκροή και η ποιότητα της λάσπης είναι συνήθως βέλτιστες.

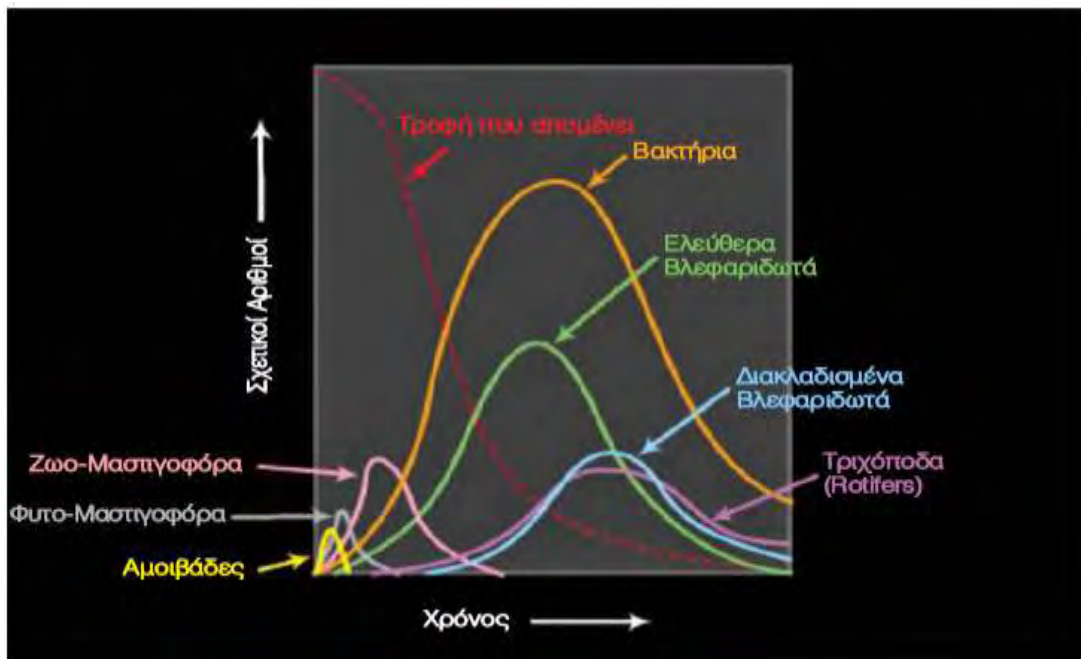
Πιο συγκεκριμένα:

- Τα ελεύθερα βλεφαριδωτά, επικρατούν όσο η τροφή τους (βακτήρια) αυξάνει (ελάττωση F/M και αύξηση SRT).
- Τα διακλαδισμένα βλεφαριδωτά, επικρατούν όταν υπάρξει αφθονία βακτηριδίων, οπότε και προσκολλώνται στα συσσωματώματα λάσπης, χωρίς να απαιτούνται μεγάλες μετακινήσεις.

Με την πάροδο του χρόνου η τροφή ελαττώνεται, τα τριχόποδα επικρατούν ως ανώτερες μορφές ζωής.

Επισημαίνεται όμως ότι σε εγκαταστάσεις που έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν σε συνθήκες χαμηλού F/M και μεγάλου SRT όπως ο παρατεταμένος αερισμός, οι οξειδωτικές τάφροι, οι μονάδες με νιτροποίηση κ.λπ. είναι φυσιολογική και αναμενόμενη η επικράτησή τους. Το είδος των μικροοργανισμών που θα αναπτυχθεί στην ενεργό ιλύ εξαρτάται από:

- Τη σύνθεση των εισερχομένων στην εγκατάσταση λυμάτων (π.χ. επίπεδα σακχάρων, λιπών και ελαίων κ.λπ.)
- Την ηλικία της λάσπης
- Το pH στον βιοαντιδραστήρα
- Τη θερμοκρασία στον βιοαντιδραστήρα
- Τη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στον βιοαντιδραστήρα



Σχήμα 5: Επικράτηση επιμέρους μικροοργανισμών σε σχέση με το χρόνο (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

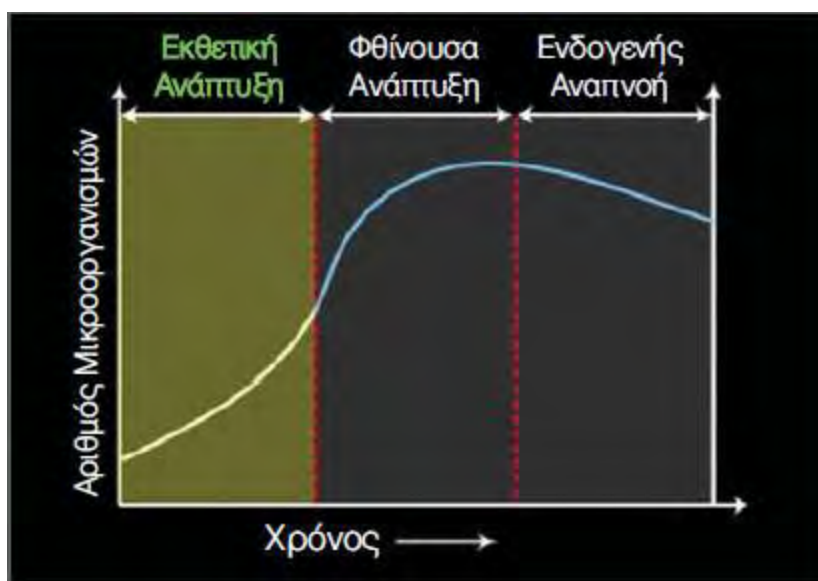
### 2.2.1 Κύκλος ζωής μικροοργανισμών

Ο κύκλος της ζωής των μικροοργανισμών αποτελείται από τρεις φάσεις, ενώ η κύρια παράμετρος που βοηθά στον καθορισμό των τριών φάσεων είναι ο λόγος F/M (Τσώνης Σ. 2004):

Εκθετική φάση :

Στην εκθετική φάση, σχήμα 6, παρατηρείται υπεραφθονία της διαθέσιμης οργανικής ύλης (τροφή). Η ανάπτυξη των μικροοργανισμών εξαρτάται μόνο από το χρόνο που απαιτείται για την αναπαραγωγή τους.

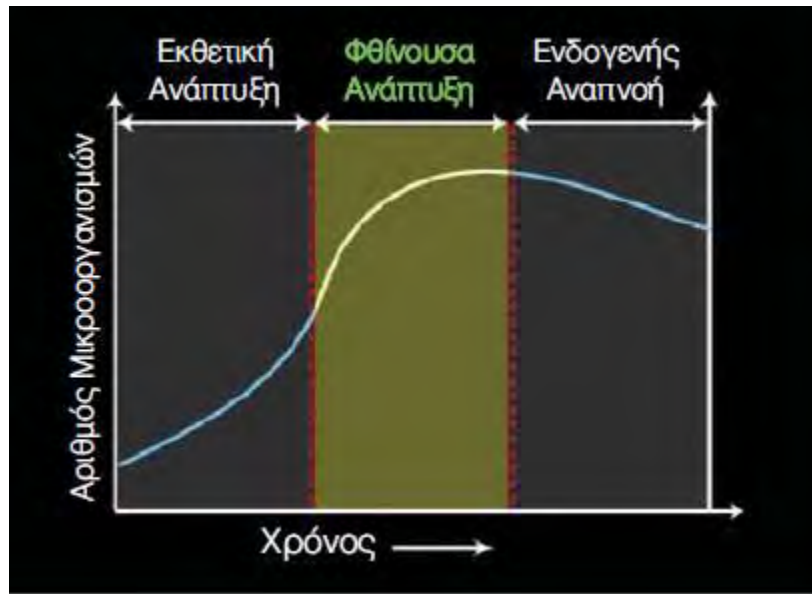
Η διεργασία της ενεργού ιλύος δε λειτουργεί σωστά σε αυτή τη φάση, αφού η παρουσία αυξημένης ποσότητας οργανικής ύλης επηρεάζει αρνητικά τη δυνατότητα καθίζησης της βιομάζας.



Σχήμα 6 : Εκθετική φάση – Χρόνος(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006)

Φθίνουσα φάση :

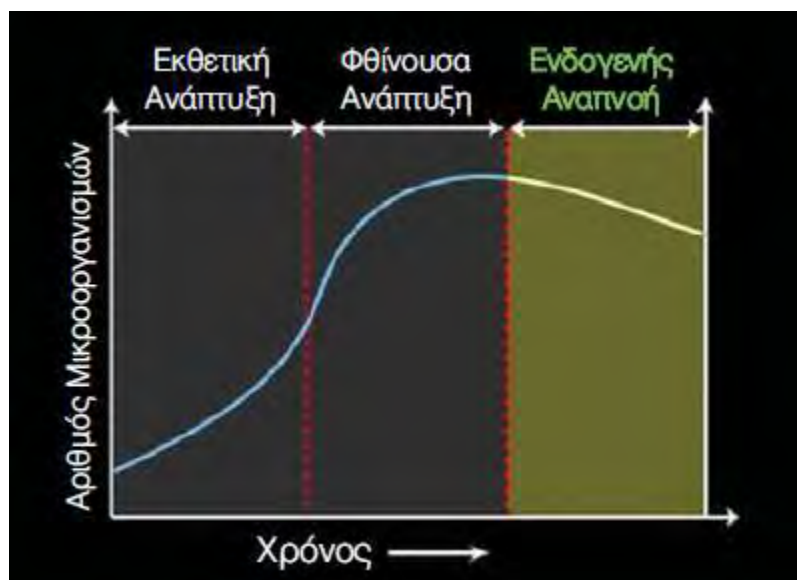
Κατά τη διάρκεια της φθίνουσας φάσης συμβαίνει λόγω της μείωσης της διαθέσιμης τροφής στο σύστημα, σχήμα 7. Συνεπώς οι μικροοργανισμοί προσπαθούν εντονότερα για την εύρεση τροφής με αποτέλεσμα οι ρυθμοί αναπαραγωγής να αρχίζουν να μειώνονται.



Σχήμα 7: Φθίνουσα φάση – Χρόνος(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006)

Ενδογενής αναπνοή-φάση:

Σε αυτήν τη φάση δεν υπάρχει επαρκής ποσότητα τροφής, ώστε να μπορούν οι μικροοργανισμοί να διατηρηθούν στη ζωή, σχήμα 8. Συνεπώς, κάποιοι από αυτούς πεθαίνουν, ενώ άλλοι χρησιμοποιούν το πρωτόπλασμά τους ως πηγή ενέργειας.



Σχήμα 8: Ενδογενής φάση – Χρόνος(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006)

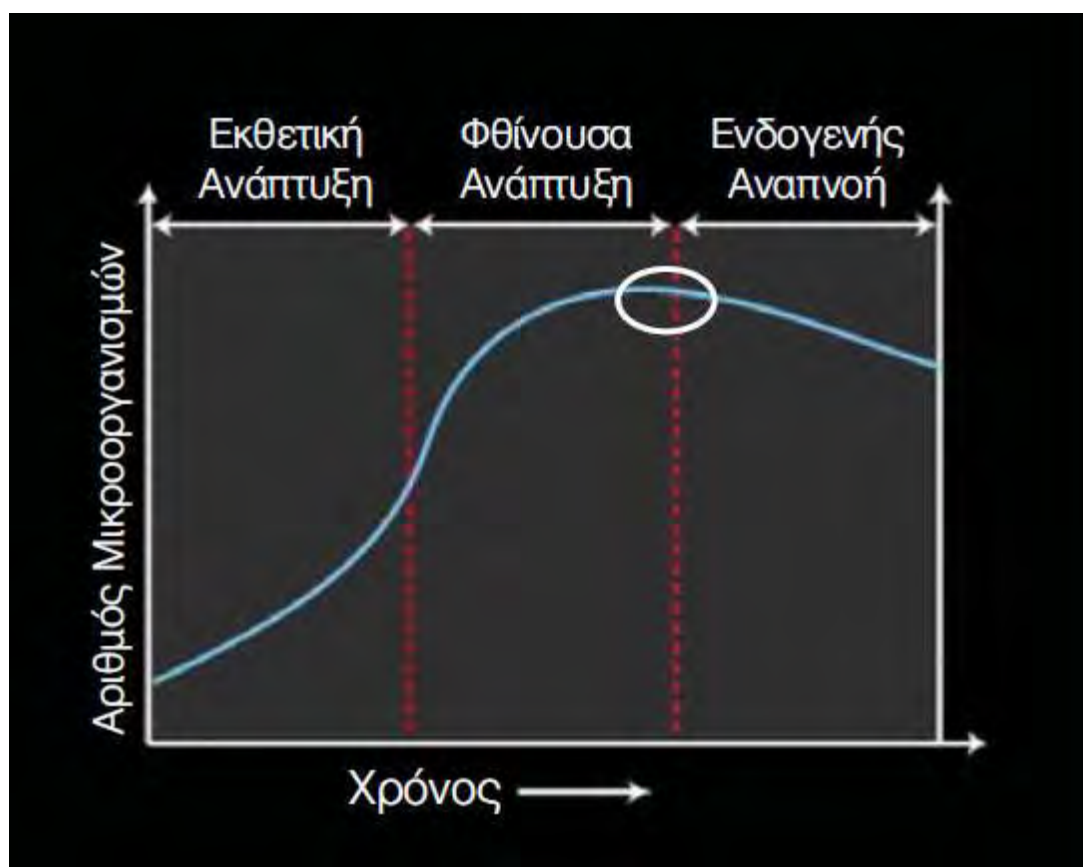


Βέλτιστη περιοχή :

Η βέλτιστη περιοχή λειτουργίας μιας διεργασίας ενεργού ιλύος είναι στο τέλος της φθίνουσας ανάπτυξης και στην αρχή της ενδογενούς αναπνοής, σχήμα 9.

Σε αυτήν την περίπτωση:

- παρατηρείται αυξημένη καθιζηματικότητα του ανάμικτου υγρού στις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης
- το μεγαλύτερο μέρος του εισερχόμενου οργανικού φορτίου έχει απομακρυνθεί
- πραγματοποιείται βελτιστοποίηση της ενεργειακής χρήσης, αφού οι περίοδοι αερισμού δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλοι



Σχήμα 9: Βέλτιστη περιοχή- Χρόνος(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006)

### 3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

Το σύστημα της ενεργού ιλύος είναι ένα δυναμικό σύστημα, που εξαρτάται άμεσα από τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Έτσι, κάτω από ορισμένες συνθήκες είναι δυνατή η ανάπτυξη συγκεκριμένου είδους μικροοργανισμών το οποίο κάτω από άλλες συνθήκες μπορεί να βρίσκεται σε ελάχιστα ποσοστά ή ακόμα να μην αναπτύσσεται στην ενεργό ιλύ. Συνεπώς, συγκεκριμένες συνθήκες μπορούν να αποτρέψουν ή να προάγουν την απόδοση της διεργασίας.

Για τον επιτυχημένο έλεγχο της διεργασίας, οι λειτουργοί της εγκατάστασης θα πρέπει να κατανούν τις βιολογικές και χημικές διεργασίες, καθώς και να μπορούν να χρησιμοποιούν την κρίση τους και τη γνώση τους για την επίλυση έκτακτων καταστάσεων, αλλά και για τη βελτιστοποίηση του συστήματος.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κύριες παράμετροι ελέγχου ενός συστήματος ενεργού ιλύος.

#### 3.1 Χαρακτηριστικά εισερχόμενων λυμάτων

Τα χαρακτηριστικά (παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω) των εισερχόμενων λυμάτων είναι δεδομένα και οι λειτουργοί της εγκατάστασης δεν μπορούν να έχουν τον άμεσο έλεγχο τους, αλλά παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του τύπου του μικροοργανισμού, ο οποίος θα κυριαρχήσει στο σύστημα(Αιβαζίδης Α.2000).

##### 3.1.1 BOD και COD

Αποτελούν μέτρηση της οργανικής ύλης που θα χρησιμοποιηθεί από τους αναπτυσσόμενους μικροοργανισμούς για την αναπαραγωγή και ανάπτυξή τους, αφού οι περισσότεροι είναι ετερότροφοι (Αιβαζίδης Α.2000).

**Χρησιμότητα:** Γνωρίζοντας το BOD και COD, καθώς και πληροφορίες σχετικά με το είδος των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών, είναι δυνατός ο προσδιορισμός του λόγου F/M, ο οποίος αποτελεί μια πολύ κρίσιμη παράμετρο ελέγχου της διεργασίας.

**Διακυμάνσεις:** Διακυμάνσεις για μικρό χρονικό διάστημα (1-2 ώρες) θα έχουν μάλλον μικρή επίδραση στη διεργασία. Διακυμάνσεις μεγαλύτερων χρονικών διαστημάτων (πολλές ώρες ή ημέρες), μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα σημαντική επίδραση στην κατάσταση της ενεργού ιλύος.

##### 3.1.2 Θερμοκρασία

Οι μικροοργανισμοί έχουν συγκεκριμένα θερμοκρασιακά όρια στα οποία η ανάπτυξή τους βελτιστοποιείται. Αν η θερμοκρασία της διεργασίας βρίσκεται εκτός αυτών των καθορισμένων ορίων, παρατηρείται μειωμένη ανάπτυξή τους. Κατά τη διάρκεια κρύου καιρού, μπορεί να παρατηρηθεί μειωμένη ποιότητα επεξεργασίας λόγω των μικρότερων ρυθμών ανάπτυξης των μικροοργανισμών.

Το φαινόμενο αντιμετωπίζεται με αύξηση του χρόνου παραμονής των μικροοργανισμών στο σύστημα (MCRT ή  $\Theta_c$ ), με σκοπό να υπάρχει αυξημένος χρόνος διαθέσιμος για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

Ειδικότερα για τα συστήματα που έχουν σχεδιαστεί με τη διεργασία της νιτροποίησης, η βέλτιστη θερμοκρασία του ανάμικτου υγρού, θεωρείται στους 20-30°C (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

### **3.1.3 pH**

Η μέτρηση pH καθορίζει αν το εισερχόμενο λύμα είναι όξινο, ουδέτερο ή αλκαλικό. Για την αποφυγή προβλημάτων στη διεργασία, προτείνονται οι παρακάτω τιμές (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006):

Βιολογική διεργασία	Εύρος τιμών pH
• Απομάκρυνση ανθρακούχου ρύπου	6,5 - 8,5
• Με διεργασία νιτροποίησης	7,0 - 8,0
• Με διεργασία αποφωσφόρωσης	6,6 - 7,4

Για τιμές  $pH < 2,0$  ή  $pH > 10,0$  ενδέχεται να παρατηρηθεί διακοπή της διεργασίας.

Για τιμές  $pH \leq 4,0$  ενδέχεται να κυριαρχήσουν μύκητες (fungi) με επιβλαβή αποτελέσματα στη διεργασία της καθίζησης.

Σε συστήματα ενεργού ιλύος που πραγματοποιείται νιτροποίηση, παρατηρείται “κατανάλωση” αλκαλικότητας.

Ως γενικός κανόνας για τον έλεγχο της διεργασίας προτείνεται:

- η διατήρηση της αλκαλικότητας της εκροής σε επίπεδα της τάξης των 50 mg/L στην περίπτωση που η ρύθμιση πραγματοποιείται μέσω αυτοματισμών.
- στην περίπτωση που δεν υπάρχει αυτόματος έλεγχος, τα επίπεδα αλκαλικότητας της εκροής συνίστανται στα 100 mg/L, ώστε να υπάρχει περιθώριο αντίδρασης από τους χειριστές.

### **3.1.4 Θρεπτικές ουσίες**

Η έλλειψη θρεπτικών υλών στα εισερχόμενα λύματα, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την υγιή ανάπτυξη των μικροοργανισμών (ενεργός ιλύς).

Αν και υπάρχουν πολλές θρεπτικές ύλες για τους μικροοργανισμούς, οι σοβαρότερες επιπτώσεις προέρχονται από την έλλειψη Αζώτου (N) και Φωσφόρου (P).

Η ελάχιστη αναλογία του BOD προς το N και τον P είναι:

$$BOD : N : P = 100 : 5 : 1$$

Όταν η συγκέντρωση των κύριων θρεπτικών συστατικών μειωθεί κάτω από τα συνιστώμενα όρια, τότε οι μικροοργανισμοί που συνήθως αναπτύσσονται δεν είναι πλέον ανταγωνιστικοί σε σχέση με άλλους ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς.

Προβλήματα μπορεί να παρουσιαστούν στην περίπτωση διοχέτευσης στο σύστημα αυξημένης ποσότητας βιομηχανικών αποβλήτων, κυρίως βιομηχανίας τροφίμων (κονσερβοποιία, βιομηχανίες χυμών, γαλακτοκομικές βιομηχανίες κ.λπ.) τα οποία περιέχουν αρκετά υψηλό BOD.

Σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει πλέον ανάγκη προσθήκης διαλυμάτων θρεπτικών ουσιών, ώστε να διατηρηθεί μια υγιής ενεργός ιλύς (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

### **3.1.5 Τοξικές ουσίες**

Τοξικές ουσίες μπορεί να είναι τα βαρέα μέταλλα και τα μικροβιοκτόνα (pesticides) όταν βρίσκονται σε αυξημένες συγκεντρώσεις ή σε αιφνίδια παρουσία τους στα εισερχόμενα λύματα.

Ένα αυξημένο εισερχόμενο φορτίο τοξική ύλης, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα το θάνατο του συνόλου του πληθυσμού των μικροοργανισμών.

Με την πάροδο του χρόνου, οι ίδιοι μικροοργανισμοί μπορούν να προσαρμοστούν σε ένα σταθερό ή ακόμα σταδιακά αυξανόμενο επίπεδο εισερχόμενων τοξικών ουσιών (Νταρακάς Ε. 2004).

### **3.2 Εισερχόμενες παροχές**

Παροχή Σχεδιασμού: Οι βιολογικοί αντιδραστήρες, οι δεξαμενές καθίζησης, καθώς και οι αντλίες του συστήματος ενεργού ιλύος, κατασκευάζονται και επιλέγονται ώστε να δεχθούν συγκεκριμένη παροχή λυμάτων - την παροχή σχεδιασμού (Νταράκας Ε. 2004).

Υδραυλική υπερφόρτιση: Στην περίπτωση που η εισερχόμενη παροχή είναι σημαντικά υψηλότερη από την παροχή σχεδιασμού, η απόδοση της εγκατάστασης θα μειωθεί σημαντικά και μπορεί να προκληθεί παρασυρμός φλόκων «washing out» στη δεξαμενή καθίζησης (λόγω της μείωσης του χρόνου παραμονής των στερεών στη δεξαμενή). Το αποτέλεσμα είναι η αυξημένη περιεκτικότητα της εκροής σε ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS), τα οποία προσδίδουν αυξημένη θολότητα (Νταρακάς Ε. 2004).

### **3.3 Διαλυμένο οξυγόνο D.O.**

Ο αερισμός ή παροχή οξυγόνου στο βιοαντιδραστήρα εξυπηρετεί δύο σκοπούς:

- την τροφοδότηση του συστήματος με διαλυμένο οξυγόνο, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί από τους αναπτυσσόμενους μικροοργανισμούς και
- την ανάδευση του συστήματος, ώστε να μην παρατηρείται καθίζηση των μικροοργανισμών από το ανάμικτο υγρό.

Τυπικά, οι απαιτήσεις συγκέντρωσης D.O. στο ανάμικτο υγρό είναι της τάξης των 2 mg /L ή και περισσότερο, για να πραγματοποιηθεί επιτυχώς η διεργασία της νιτροποίησης, αλλά συνίσταται η διεξαγωγή πειραμάτων σε κάθε συγκεκριμένη εγκατάσταση, ώστε να καθοριστεί η βέλτιστη συγκέντρωση του D.O κάθε συγκεκριμένου συστήματος (Νταρακάς Ε. 2004).

#### **3.3.1 Διαλυμένο οξυγόνο και απομάκρυνση θρεπτικών συστατικών.**

Στη συνέχεια, συνοψίζονται κάποιες επισημάνσεις που αφορούν στη σχέση μεταξύ των επιπέδων συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου και των συστημάτων που είναι σχεδιασμένα για την απομάκρυνση θρεπτικών συστατικών.

Συστήματα επεξεργασίας σχεδιασμένα για απομάκρυνση θρεπτικών συστατικών (N ή /και P) και επίπεδα συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου:

Στις δεξαμενές απονιτροποίησης θα πρέπει να εξασφαλίζεται η απουσία διαλυμένου οξυγόνου. Συγκεντρώσεις της τάξης ακόμα και του 0,2 mg/L μειώνουν το ρυθμό απονιτροποίησης στο μισό.

Σε χωριστές δεξαμενές νιτροποίησης και απονιτροποίησης όπου πραγματοποιείται εσωτερική ανακυκλοφορία ανάμικτου υγρού από τη δεξαμενή νιτροποίησης στη δεξαμενή απονιτροποίησης, πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα, ώστε να μην ανακυκλοφορείται μεγάλη ποσότητα οξυγόνου στη δεξαμενή απονιτροποίησης.

Τα επίπεδα συγκέντρωσης στα σημεία ανακυκλοφορίας πρέπει να διατηρούνται στο 1 mg/L περίπου.

Σημαντικό ρόλο σε αυτό, έχει και η επιλογή της αντλίας ανακυκλοφορίας.

Τελος, σε συστήματα που περιλαμβάνουν και απομάκρυνση φωσφόρου στο τέλος δεξαμενής αερισμού, είναι απαραίτητη η παρουσία διαλυμένου οξυγόνου σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 2 mg/L, ώστε να εξασφαλιστεί η επιτυχής πρόσληψη του φωσφόρου από τους μικροοργανισμούς.

Στην είσοδο της εγκατάστασης και γραμμή ανακυκλοφορίας από τη δεξαμενή καθίζησης προς την αναερόβια δεξαμενή, τα επίπεδα οξυγόνου θα πρέπει να ελαχιστοποιηθούν, λόγω των καταστροφικών αποτελεσμάτων της παρουσίας οξυγόνου στις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην αναερόβια δεξαμενή (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

### **3.4 Έλεγχος πληθυσμού αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών στη Β' βάρθμια επεξεργασία.**

Ο έλεγχος των στερεών στη διεργασία της ενεργού ιλύος αποτελεί μια πολύ σημαντική παράμετρο, αφού δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί επιτυχής επεξεργασία των εισερχόμενων λυμάτων, χωρίς τη κατάλληλη ποσότητα βιολογικών στερεών. Η αποτυχία καταγραφής των στερεών είναι ίσως η πιο συνηθισμένη αιτία μικρής απόδοσης (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

Στο πλαίσιο αυτό θα εξεταστούν:

- οι εναλλακτικές παράμετροι παρακολούθησης (F:M, MCRT, SRT ή  $\Theta_c$  ,)
- οι απαραίτητες ενέργειες προσαρμογής, ώστε ο έλεγχος των στερεών να είναι αντιπροσωπευτικός.

#### **3.4.1 Ρυθμός απομάκρυνσης περίσσειας ιλύος (WAS):**

Ο σκοπός της απομάκρυνσης περίσσειας ιλύος είναι η αποφυγή υπερφόρτισης των δεξαμενών καθίζησης.

Ο τρόπος υπολογισμού του ρυθμού απομάκρυνσης περίσσειας ιλύος είναι ο εξής (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006):

$$M_w \text{ (kd/d)} = Q_w \text{ (L/d)} \times TSS_w \text{ (kg/L)} \quad (6)$$

όπου

$M_w$  = ο ζητούμενος ρυθμός απομάκρυνσης της περίσσειας ιλύος.

$Q_w$  = η παροχή της γραμμής περίσσειας ιλύος.

$TSS_w$  = η συγκέντρωση των στερεών στη γραμμή απομάκρυνσης περίσσειας ιλύος.

$Q_w$ : Η μέτρηση μέσω ροόμετρου. Επειδή το κόστος των ροομέτρων είναι υψηλό, η μέτρησή του στα σημεία που υπάρχουν αντλίες, μπορεί να πραγματοποιηθεί με έναν ωρομετρητή λειτουργίας της αντλίας, σε συνδυασμό με τη γνώση της δυναμικότητάς της.

$TSS_w$  : Η συγκέντρωση υπολογίζεται μέσω δειγματοληψίας και εργαστηριακής ανάλυσης, που αφορά στα ολικά αιωρούμενα στερεά.

### 3.4.2 Λόγος Τροφή: Μικροοργανισμοί (F:M)

Ο δείκτης F:M αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους ελέγχου της διεργασίας.

Οι τυπικές τιμές του είναι:

Εύρος τιμών F/M	Βιολογική Διεργασία
0,2 - 0,5 (d <sup>-1</sup> )	Με απομάκρυνση ανθρακούχου ρύπου
≤ 0,1 (d <sup>-1</sup> )	Με διεργασία νιτροποίησης

Πραγματοποιώντας συνεχείς μετρήσεις του λόγου F:M, ανά τακτά χρονικά διαστήματα και κρατώντας αντίστοιχο αρχείο, αποτελεί ένα πολύ καλό εργαλείο παρακολούθησης της λειτουργίας της ΕΕΛ (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

Ο υπολογισμός του δείκτη F:M με βάση του BOD έχει ως εξής:

$$F = \text{BOD}_{\text{εισοδου}} (\text{mg/L}) \times Q_{\text{εισοδου}} (\text{L/d}) \quad (7)$$

$$M = \text{MLVSS} (\text{mg/L}) \times V_R (\text{L}) \quad (8)$$

$\text{BOD}_{\text{εισοδου}}$  = BOD εισερχομένων λυμάτων (από εργαστηριακή ανάλυση)

$Q_{\text{εισοδου}}$  = παροχή των εισερχομένων λυμάτων (μέσω ροομέτρου ή άλλης διάταξης π.χ. διάυλος Parshall)

MLVSS = η συγκέντρωση των μικροοργανισμών στο βιοαντιδραστήρα (μέσω εργαστηριακής ανάλυσης)

$V_R$  = ο όγκος του βιοαντιδραστήρα

Ο υπολογισμός του δείκτη F:M με βάση του COD έχει ως εξής (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006):

$$(F:M)_{\text{COD}} = (F : M) \text{BOD} / (\text{BOD} : \text{COD}) \quad (9)$$

### 3.4.3 Μέση ηλικία λάσπης (MCRT)

Η μέση ηλικία λάσπης αντιπροσωπεύει το μέσο χρόνο παραμονής των μικροοργανισμών στο βιολογικό αντιδραστήρα.

Τυπικές τιμές είναι:

Βιολογική διεργασία.	MCRT (d)
Τυπική	5-15
Νιτροποίηση	8-20
Ξεχωριστή νιτροποίηση	15-100
Παρατεταμένος Αερισμός	20-30

Ο υπολογισμός της Μέση ηλικία λάσπης (MCRT) πραγματοποιείται ως εξής (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006):

$$MCRT = \frac{M_{\text{ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ [kg]}}{M_{\text{ΣΤΕΡΕΩΝ ΠΟΥ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ [kg/d]}} \quad (10)$$

$$MCRT = \frac{(MLSS \times V_R) + (TSS_{\text{καθίζηση}} \times V_{\text{καθίζησης}})}{(TSS_W \times Q_W) + (TSS_{\text{ΕΚΡΟΗΣ}} \times Q_{\text{ΕΚΡΟΗΣ}})} \quad (11)$$

$M_{\text{στερεών στη διεργασία}}$  = Μάζα στερεών στο βιολογικό αντιδραστήρα + Μάζα στερεών στη δεξαμενή Β' βάρθμιας καθίζησης =  $(MLSS \times V_R) + (TSS_{\text{καθίζησης}} \times V_{\text{καθίζησης}})$

$M_{\text{στερεών που απομακρύνονται από τη διεργασία}}$  = Μάζα στερεών στη γραμμή περίσσειας ιλύος + Μάζα στερεών στη γραμμή επεξεργασμένων λυμάτων =  $(TSS_W \times Q_W) + (TSS_{\text{εκροής}} \times Q_{\text{εκροής}})$

Όλες οι παράμετροι είναι γνωστές από:

- τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης (π.χ. όγκοι δεξαμενών) και από
- εργαστηριακές αναλύσεις

Ανακύπτει δυσκολία στην εκτίμηση της συγκέντρωσης των στερεών που παραμένουν στο στρώμα λάσπης της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης.

Αυτό οφείλεται στην:

- ανομοιομορφία της συγκέντρωσης των στερεών στο στρώμα της λάσπης,
- μεταβολή του όγκου του στρώματος της λάσπης

τα οποία καθιστούν τη μέτρηση της συγκέντρωσης των στερεών δύσκολη και μη αναπαραγωγίσιμη.

Ανάμεσα στις παραμέτρους F:M και MCRT, χρησιμοποιείται:

- Ο λόγος F:M, στην περίπτωση που παρουσιάζονται έντονες διακυμάνσεις στο εισερχόμενο στην εγκατάσταση BOD.
- Η ηλικία της λάσπης MCRT, στην περίπτωση που οι διακυμάνσεις είναι πιο ήπιες και σταδιακές.

#### **3.4.4 Χρόνος παραμονής στερεών (SRT ή $\Theta_c$ )**

Ο χρόνος παραμονής στερεών υπολογίζεται ως εξής (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006):

$$SRT = \frac{(MLSS \times V_R)}{(TSS_W \times Q_W) + (TSS_{\text{ΕΚΡΟΗΣ}} \times Q_{\text{ΕΚΡΟΗΣ}})} \quad (12)$$

Δε λαμβάνεται υπόψη η συγκέντρωση των στερεών στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η ποσότητα των στερεών στη δεξαμενή καθίζησης, είναι μικρή σε σχέση με την ποσότητα των στερεών στο βιοαντιδραστήρα, δηλαδή στην περίπτωση που τα επίπεδα του στρώματος της λάσπης διατηρούνται μικρά.

### **3.4.5 Θερμοκρασία**

Κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής θερμοκρασίας, περισσότερη βιομάζα πρέπει να συντηρηθεί στο σύστημα.

Η θερμοκρασία επηρεάζει το ρυθμό μεταφοράς οξυγόνου, αλλά και το ρυθμό καθίζησης των στερεών, οπότε και είναι απαραίτητες κατάλληλες ρυθμίσεις στο βιοαντιδραστήρα, αλλά και στον αριθμό των δεξαμενών καθίζησης που βρίσκονται σε λειτουργία (Αιβαζίδης Α.2000).

### **3.5 Λειτουργία Β' βάθμιας καθίζησης**

Παρά το γεγονός ότι η «καρδιά» του συστήματος είναι ο βιοαντιδραστήρας, οι δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης είναι απαραίτητες για το διαχωρισμό των στερεών από το επεξεργασμένο υγρό. Αν η λειτουργία της καθίζησης δεν πραγματοποιείται σωστά, επηρεάζει άμεσα και τη λειτουργία του βιοαντιδραστήρα.

Στη συνέχεια, θα εξεταστούν οι τρόποι υπολογισμού των κύριων παραμέτρου ελέγχου της δευτεροβάθμιας καθίζησης.

#### **3.5.1 Ανακυκλοφορία Ενεργού Ιλύος (RAS)**

Η ανακυκλοφορία ενεργού ιλύος σκοπό έχει την επίτευξη βέλτιστου στρώματος ενεργού ιλύος στη δεξαμενή καθίζησης και σταθεροποίησή του, καθώς και την ανανέωση του πληθυσμού των μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού.

Η ποσότητα ενεργού ιλύος ανακυκλοφορεί από τη δεξαμενή καθίζησης στη δεξαμενή αερισμού.

Για μικρές ηλικίες λάσπης, το ποσοστό ανακυκλοφορίας κυμαίνεται από 25 - 50% της εισερχόμενης παροχής με τυπικές τιμές της τάξης του 30-40%. Για συστήματα με αυξημένες ηλικίες λάσπης, το ποσοστό ανακυκλοφορίας είναι της τάξης του 100-150% της εισερχόμενης στην εγκατάσταση παροχής (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

Ο υπολογισμός της ανακυκλοφορία ενεργού ιλύος γίνεται ως εξής (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006):

Ισοζύγιο μάζας στερεών γύρω από τη δεξαμενή καθίζησης.

$$MLSS (Q_{\text{εισόδου}} + Q_R) = TSS_{\text{εκροής}} Q_{\text{εκροής}} + TSS_W Q_W + TSS_R Q_R$$

$$Q_R = \frac{(MLSS \times Q_{\text{ΕΙΣ.}}) - (TSS_{\text{ΕΚΡ.}} \times Q_{\text{ΕΚΡ.}}) - (TSS_W \times Q_W)}{(TSS_R - MLSS)} \quad (13)$$

MLSS = συγκέντρωση στερεών στο ανάμικτο υγρό και στην είσοδο της δεξαμενής καθίζησης

$Q_{\text{εισ}}$  = η παροχή εισόδου

$TSS_{\text{εκρ}}$  = η συγκέντρωση των στερεών στην εκροή (επεξεργασμένα λύματα)



$Q_{εκρ}$  = η παροχή εκροής (επεξεργασμένων λυμάτων)

$TSS_w$  = η συγκέντρωση των στερεών στη γραμμή περίσσειας ιλύς

$Q_w$  = η παροχή της περίσσειας

$TSS_R$  = η συγκέντρωση των στερεών στη γραμμή ανακυκλοφορίας

Όταν πραγματοποιείται το ισοζύγιο μάζας, πρέπει να εξασφαλίζεται ότι το βάθος του στρώματος ιλύος είναι σταθερό. Συνίσταται ο καθημερινός υπολογισμός των ισοζυγίων μάζας, ώστε να εξασφαλιστεί ο καλός έλεγχος της επεξεργασίας, καθώς και η σταθερή και αποδοτική λειτουργία.

### **3.5.2 Δείκτης καθιζησιμότητας SVI (Sludge Volume Index)**

Ο δείκτης καθιζησιμότητας είναι μια παράμετρος με την οποία εκφράζεται ο βαθμός καθιζησιμότητας της ιλύος και αποτελεί χρήσιμο εργαλείο στην παρακολούθηση της βιολογικής επεξεργασίας. Ορίζεται ως ο όγκος (ml) που καταλαμβάνει 1 gr στερεών ενεργού ιλύος μετά από καθίζηση ανάμεικτου υγρού ενεργού ιλύος για 30 min. Η τιμή του SVI αυξάνεται με μείωση της καθιζησιμότητας. Τιμές SVI άνω του 150 δηλώνουν προβλήματα στην καθίζηση, με πιθανό αίτιο τη διόγκωση της ιλύος (Αιβαζίδης Α.2000).

### **3.5.3 Ρυθμός επιφανειακής φόρτισης στερεών (SLR)**

Ο ρυθμός επιφανειακής φόρτισης στερεών εκφράζει την ποσότητα των στερεών που εφαρμόζονται στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης προς την επιφάνεια της δεξαμενής.

Οι τυπικές τιμές για την περίπτωση συστημάτων παρατεταμένου αερισμού είναι μικρότερες των 170 kg/ (m<sup>2</sup>.d).

Ο υπολογισμός του ρυθμού επιφανειακής φόρτισης στερεών πραγματοποιείται ως εξής (Ο.Ε.Λ.Σ. 2006):

$$SLR = \frac{MLSS(Q_{EIS} + Q_R)}{A_C} \quad (14)$$

$Q_{εισ}$  = η παροχή εισόδου

$Q_R$  = η παροχή ανακυκλοφορίας

MLSS = συγκέντρωση στερεών στο ανάμικτο υγρό και στην είσοδο της δεξαμενής καθίζησης

$A_C$  = η επιφάνεια της δεξαμενής καθίζησης

Στην περίπτωση που παρουσιάζεται δυσκολία στην καθίζηση των στερεών, ο ρυθμός επιφανειακής φόρτισης θα πρέπει να μειώνεται.

### 3.6 Ανάπτυξη μικροοργανισμών-νηματοειδή βακτήρια.

Επίσης σημαντική παράμετρος ελέγχου της διεργασίας είναι τα χαρακτηριστικά των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών στην ενεργό ιλύ, τα οποία παρουσιάζουν άμεση συσχέτιση με:

- Τα χαρακτηριστικά της ενεργού ιλύος,
- Την ικανότητα του συνόλου του συστήματος για την επεξεργασία των εισερχόμενων λυμάτων.

#### **3.6.1 Είδος μικροοργανισμών**

Το είδος των μικροοργανισμών που θα αναπτυχθεί στην ενεργό ιλύ εξαρτάται από:

- τη σύνθεση των εισερχομένων στην εγκατάσταση λυμάτων (π.χ. επίπεδα σακχάρων, λιπών και ελαίων κ.λπ.),
- την ηλικία της λάσπης,
- το pH στον βιοαντιδραστήρα,
- τη θερμοκρασία στον βιοαντιδραστήρα,
- τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στον βιοαντιδραστήρα.

#### **3.6.2 Νηματοειδή βακτήρια**

Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες τα νηματοειδή βακτήρια μπορούν να προκαλέσουν ιδιαίτερα προβλήματα στην επεξεργασία.

Τα κύτταρά τους αναπτύσσονται γραμμικά, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ινών (filaments).

Σε κατάλληλες ποσότητες παίζουν το ρόλο του «σκελετού» του δημιουργούμενου φλόκου, με αποτέλεσμα τα συσσωματώματα της ενεργού ιλύος να καθιζάνουν σωστά στη δεξαμενή καθίζησης.

Παρουσία μεγάλων ποσοτήτων νηματοειδών βακτηρίων, η καθίζηση είναι ιδιαίτερα φτωχή. Σε αυτήν την περίπτωση αναπτύσσεται το φαινόμενο της «διογκωμένης ιλύος».

Σε μικρές ποσότητές τους, η δομή του δημιουργούμενου φλόκου είναι ασθενής, αφού δε δημιουργείται ο κατάλληλος «σκελετός», με αποτέλεσμα η καθίζηση να είναι προβληματική (λόγω θραύσης πλέον του φλόκου).

Παρουσία συγκεκριμένων νηματοειδών βακτηρίων (Nocardia ή Microthrix parvicella) μπορεί να αναπτυχθεί αφρισμός στις δεξαμενές αερισμού. Ιδιαίτερα στην περίπτωση του νηματοειδούς Nocardia, δημιουργείται αφρός καφέ χρώματος σε ιδιαίτερα μεγάλες ποσότητες που μπορεί να ξεχειλίσει από το βιοαντιδραστήρα (Νταρακάς Ε. 2004).

Ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης νηματοειδών βακτηρίων είναι (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006):

- χαμηλή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στο βιοαντιδραστήρα
- χαμηλό pH
- αυξημένη συγκέντρωση εισερχόμενου στην εγκατάσταση BOD

Η αντιμετώπιση της περαιτέρω ανάπτυξης των νηματοειδών βακτηρίων είναι:

- περαιτέρω αερισμός, μέσω ρύθμισης του μηχανολογικού εξοπλισμού
- προσθήκη χημικού μέσου (ασβέστης, καυστική σόδα ή όξινο ανθρακικό άλας) για την αύξηση του pH (λιγότερο από 8,5)
- χρήση βιοεπιλογέα πριν τη δεξαμενή αερισμού, οπότε και ευνοείται η ανάπτυξη μικροοργανισμών ανταγωνιστικών προς τους νηματοειδείς

Σε περίπτωση έκτακτης αντιμετώπισης της ανάπτυξης νηματοειδών βακτηρίων είναι η χλωρίωση λυμάτων στη γραμμή ανακυκλοφορίας.

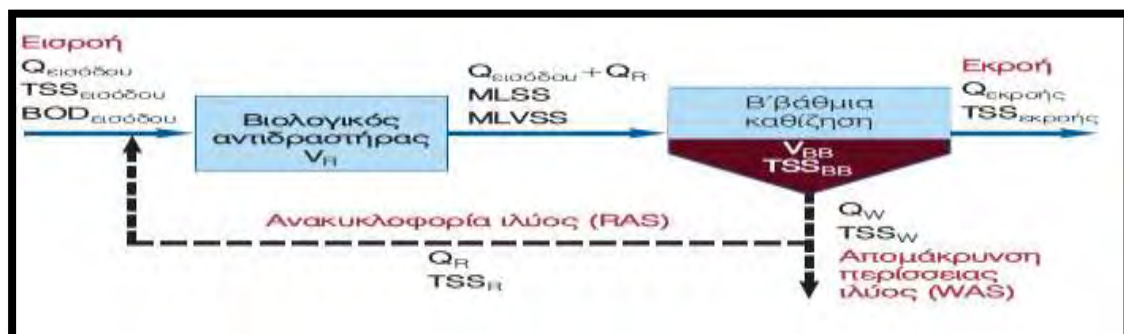
Σε αυτή τη περίπτωση απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, γιατί αυξημένη χλωρίωση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα και την καταστροφή των επιθυμητών μικροοργανισμών στον βιοαντιδραστήρα.

Τυπικές δόσεις πρέπει να κυμαίνονται σε  $4 \text{ kg Cl}_2 / 1.000 \text{ kg MLVSS/μέρα}$  με αύξηση κατά  $2 \text{ kg Cl}_2 / 1.000 \text{ kg MLVSS/μέρα}$  μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Συνολική δόση =  $M_{\text{MLVSS}} \times \text{Συνιστώμενη δόση}$   $M_{\text{MLVSS}} = C_{\text{MLVSS}} \times V_R$

Τέλος, η αντιμετώπιση των μικροοργανισμών *Nocardia*, με ηλικία υλός  $\Theta_c < 1$  ημέρα (ζεστές ημέρες), πραγματοποιείται με φυσική απομάκρυνση και διάθεση χλωρίωση (Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

Στο σχήμα 10 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα ροής συμβατικού συστήματος ενεργού υλός.



Σχήμα 10: Διάγραμμα ροής συμβατικού συστήματος ενεργού υλός (Αιβαζίδης Α.2000).

### 4 . ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Για την πραγματοποίηση της εργασίας επισκέφτηκα συνολικά έξι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων. Οι ΕΕΛ βρίσκονται στην περιοχή της Ευβοίας και της Θεσσαλίας πίνακας 3, εικόνα 5 . Οι πέντε απ' αυτές εκρέουν το επεξεργασμένο λύμα στη θάλασσα και μια σε ένα παρακείμενο αρδευτικό ποτάμι.

Πίνακας 3: Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων

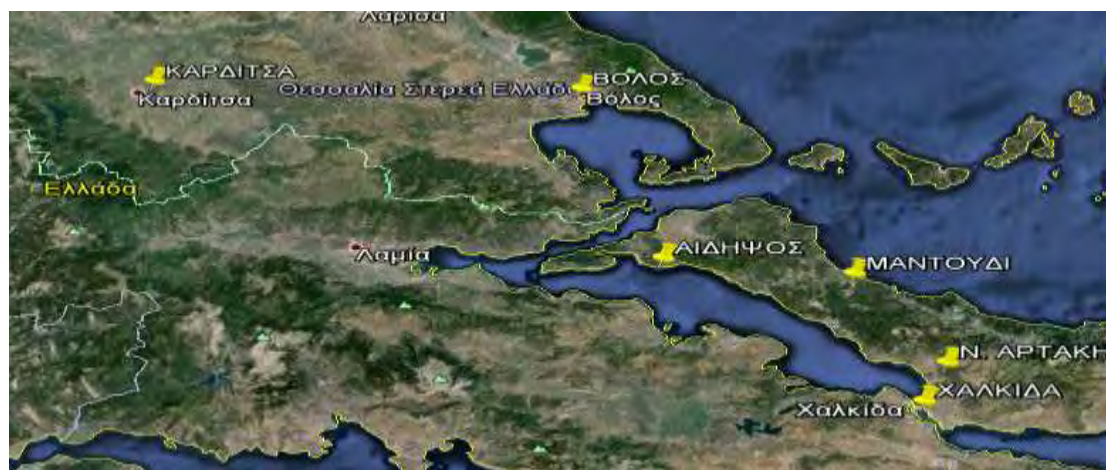
α/α	Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων
1	Χαλκίδας
2	Καρδίτσας
3	Αιδηψού
4	Ν.Αρτάκη
5	Μαντουδίου
6	Βόλου

Η γραμμή επεξεργασίας λυμάτων στις ΕΕΛ Βόλου και Χαλκίδας είναι η εξής:

Προεπεξεργασία, Πρωτοβάθμια, Δευτεροβάθμια, Απομάκρυνση, Αζώτου, Απομάκρυνση φωσφόρου Απολύμανση, Φίλτρα βαρύτητας, Πάχυνση, Σταθεροποίηση (Αναερόβια), Αφυδάτωση.

Η γραμμή επεξεργασίας λυμάτων στις ΕΕΛ Αιδηψου, Καρδίτσας Ν. Αρτάκη και Μαντουδίου είναι η εξής:

Προεπεξεργασία, , Δευτεροβάθμια, Απομάκρυνση, Αζώτου, Απομάκρυνση φωσφόρου, Απολύμανση, Πάχυνση, Σταθεροποίηση (αερόβια), Αφυδάτωση.



Εικόνα 5: Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων

Παρακάτω καταγράφονται τα σημαντικότερα προβλήματα που μου επισημανθήκαν από το προσωπικό των ΕΕΛ. Μου περιέγραψαν τις λύσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση των προβλημάτων και τα αποτελέσματα που επετεύχθησαν.

Τα κυριότερα προβλήματα λειτουργίας που εντοπιστήκαν σε κάθε τμήμα-μονάδα των ΕΕΛ καταγράφονται παρακάτω.

#### 4.1 Εσχαρισμός

Τα προβλήματα που αναφέρθηκαν από τους υπεύθυνους λειτουργίας των εγκαταστάσεων ήταν η κατακράτηση μεγάλων στερεών στις σχάρες. Η κατακράτηση οφείλεται κυρίως σε μεγάλο αριθμό κυβικών βοθρολυμάτων που δέχονται κάποιες μονάδες, αλλά και σε περιπτώσεις όπου το σύστημα αποχέτευσης είναι παντοροικό. Το πρόβλημα εντείνεται κυρίως το καλοκαίρι και έχει σαν αποτέλεσμα τις έντονες οσμές, όπου οι σχάρες είναι εξωτερικές και όχι μέσα σε κτήριο. Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με συχνή πλύση των σχαρών με αντλίες πίεσης νερού. Έτσι μειώθηκε και η έντονη οσμή σε μονάδες εξωτερικές. Σε μονάδες που οι σχάρες είναι σε εσωτερικό κτηρίων οι οσμές εξαλείφονται με σύστημα απόσμησης. Σε τέσσερις από τις έξι ΕΕΛ οι σχάρες είναι εξωτερικές. Στην εικόνα 6 εικονίζονται διατάξεις σχαρών από τις ΕΕΛ που επισκέφτηκα.

Εδώ πρέπει να επισημανθεί και το γεγονός, ότι σε κάποιες από τις ΕΕΛ εξαιτίας έλλειψης προσωπικού ο καθαρισμός των σχαρών δε πραγματοποιείται σε καθημερινή βάση.



Εικόνα 6: Διατάξεις σχαρών σε ΕΕΛ.

#### 4.2 Εξάμμωση – Συστήματα αμμοσυλλογής-λιποσυλλεκτής

Σε πέντε από τις έξι ΕΕΛ οι μονάδες του αμμοσυλλέκτη είναι εξωτερικές. Δεν αναφέρθηκαν ιδιαίτερα προβλήματα από το προσωπικό. Συχνά σε περιπτώσεις που κάποιο βυτίο μεταφέρει λύματα κυρίως από ελαιοτριβεία ή άλλη βιομηχανία εμφανίζονται επιπλέοντα λίπη στην επιφάνεια και κατ' επέκταση επικρατούν δυσάρεστες οσμές.

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού σε μεγάλες παροχές λυμάτων γίνεται ρύθμιση του αυτοματισμού ώστε να απομακρύνονται οι ποσότητες άμμου στο κανάλι του αμμοσυλλέκτη πιο συχνά από το χειμώνα.

Από το προσωπικό δύο ΕΕΛ αναφέρθηκε ότι κάθε 2 με 3 έτη πραγματοποιείται αντικατάσταση των αντλιών άμμου. Επιπλέον, επισημάνθηκε και το γεγονός ότι η συντήρηση των κινητήρων και των μειωτήρων γίνεται όλο και πιο αργά εξαιτίας της έλλειψης χρημάτων και γι' αυτό εμφανίζονται συχνότερα φθορές που επηρεάζουν τη σωστή λειτουργία των μονάδων.

Στις υπόλοιπες μονάδες πραγματοποιείται καλύτερη συντήρηση.

Οι εικόνες 7,8,9 παρουσιάζουν μονάδες αμμοσυλλογής και διαχωριστών άμμου.



Εικόνα 7: Μονάδα αμμοσυλλογής και λιποσυλλογή.



Εικόνα 8: Μονάδα αμμοσυλλογής και λιποσυλλογή



Εικόνα 9: Διαχωριστής άμμου.

### 4.3 Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας Καθίζησης (Δ.Π.Κ.)

Σε δύο από τις ΕΕΛ υπήρχαν ΔΠΚ. Τα προβλήματα που αναφέρθηκαν είναι τα επιπλέοντα στην επιφάνεια των δεξαμενών. Αυτό το πρόβλημα εντείνεται όταν μεταφέρονται στις μονάδες λύματα από ελαιοτριβεία ή άλλες βιομηχανίες. Το προσωπικό πραγματοποιεί συχνή συντήρηση στις αντλίες ιλύος και στα ελαστικά των ξέστρων. Αυτό ελαχιστοποιεί τα προβλήματα όπως οσμές και δυσλειτουργίες στην μεταφορά της ιλύος.



Εικόνα 10: Ορθογώνια δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης.

### 4.4 Δεξαμενή αερισμού

Σε τέσσερις ΕΕΛ το σύστημα αερισμού γίνεται με παροχή οξυγόνου από επιφανειακά μέσα. Στις δυο απ' αυτές με βούρτσες και στις άλλες δύο με κατακόρυφους επιφανειακούς αεριστήρες (συστήματα ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό). Στις ΕΕΛ με πρωτοβάθμια δεξαμενή καθίζησης ο αερισμός πραγματοποιείται με φυσητήρες.

Το προσωπικό ανέφερε ποικίλα προβλήματα. Αυτά σχετίζονται με την έλλειψη έλεγχου και την απουσία ρύθμισης παραμέτρων όπως η συγκέντρωση οξυγόνου, ο δείκτης F:M κ.α. Αξίζει να σημειωθεί και το γεγονός πως τα προβλήματα στις δεξαμενές αερισμού έχουν αρνητικό αντίκτυπο και σε περαιτέρω τμήματα των βιολογικών διεργασιών. Κυρίως στις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης.

Σε κάποιες ΕΕΛ εμφανίστηκε ένας σκούρος καφέ, λιπαρός αφρός. Η αιτία ήταν ο χαμηλός δείκτης F:M, όπως φαίνεται στις εικόνες 11 και 12, ως αποτέλεσμα μεγάλης συγκέντρωσης MLSS. Εμφάνιση νηματοειδών μικροοργανισμών *Nocardia*. Το προσωπικό μας ανέφερε ότι υπήρχε πρόβλημα στο σύστημα αφυδάτωσης ιλύος και αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μην απομακρύνεται η περίσσεια ιλύς για μήνες.

Η διόρθωση του προβλήματος αυτού, η αύξηση του δείκτη F:M, καθώς και η σταθερή συγκέντρωση οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού σε συγκέντρωση 2mg/l έλυσε το πρόβλημα. Η απομάκρυνση του αφρού επίσης έγινε και με χειρωνακτικά μέσα. Δε χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος χλωρίωσης του αφρού.

Το παραπάνω φαινόμενο εμφανίστηκε σε μια από της ΕΕΛ κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η πτώση της θερμοκρασίας και η έλλειψη οξυγόνου <2mg/l ευνόησαν την επικράτηση νηματοειδών μικροοργανισμών *Nocardia*. Η αύξηση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στη δεξαμενή έλυσε το πρόβλημα.

Το προσωπικό μας ανέφερε επίσης πως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού με την απότομη αύξηση της παροχής λυμάτων και με την άστοχη ρύθμιση του οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού εμφανίστηκε σκούρος παχύς καφέ αφρός. Αυτό αύξησε τα MLSS στη δεξαμενή αερισμού. Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με την αύξηση της απομάκρυνσης περίσσειας λύου και μείωση του ρυθμού ανακυκλοφορίας.



Εικόνα 11: Δεξαμενή αερισμού με φυσητήρες. Χαμηλός δείκτης F:M



Εικόνα 12: Δεξαμενή αερισμού με επιφανειακό αερισμό. Χαμηλός δείκτης F:M

Σε κάποια ΕΕΛ παρατηρήθηκε υψηλός δείκτης F:M, εικόνα 13. Δηλαδή μικρή συγκέντρωση MLSS σε σχέση με το BOD εισόδου. Το παραπάνω φαινόμενο εμφάνισε ένα λευκό αφρό στη δεξαμενή αερισμού. Οι αιτίες που αναφέρθηκαν από τους εργαζόμενους ήταν διαφορετικές. Η είσοδος στη μονάδα βιομηχανικών αποβλήτων με pH < 6 κυρίως από ελαιολιβεύματα. Άλλη αιτία ήταν η ανεπαρκής



ανακυκλοφορία ιλύος εξαιτίας λάθους ρύθμισης. Επιπλέον, οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα μειώνουν το ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών.

Τα παραπάνω προβλήματα αντιμετωπίστηκαν κυρίως με την αύξηση της ανακυκλοφορίας ιλύος καθώς και σε κάποιες περιπτώσεις με τη καλλιέργεια βιομάζας σε εργαστήριο και τοποθέτηση της στη δεξαμενή αερισμού.



Εικόνα 13: Δεξαμενή αερισμού με επιφανειακό αερισμό. Υψηλός δείκτης F:M.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα και συχνότερα προβλήματα εντοπίζονται σε ΕΕΛ όπου η ανακυκλοφορία ιλύος από τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης γίνεται απευθείας στη δεξαμενή αερισμού. Αυτό καταγράφηκε σε δύο ΕΕΛ. Στις υπόλοιπες ΕΕΛ η ιλύς από τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης οδηγείται σε αεριζόμενη δεξαμενή βιοεπιλογέα πριν τη δεξαμενή αερισμού. Επιπλέον, τα προβλήματα με τις λάθος ρυθμίσεις κρίσιμων παραμέτρων όπως του οξυγόνου, αλλά και η μη γνώση της συγκέντρωσης MLSS ή του pH οδηγεί σε καθυστερημένες ενέργειες με αρνητικές συνέπειες στο αποτέλεσμα εκροής των ΕΕΛ. Τα παραπάνω οφείλονται στο γεγονός πως οι αισθητήρες μετρήσεων των κρίσιμων παραμέτρων δε λειτουργούσαν εξαιτίας φθορών ή ελλιπών συντηρήσεων.

Σε δύο ΕΕΛ τα προβλήματα ήταν σπανιότερα εξαιτίας και συχνών μετρήσεων των κρίσιμων παραμέτρων και των συντηρήσεων των αισθητήρων και οργάνων μέτρησης.

#### 4.5 Δευτεροβάθμιες δεξαμενές καθίζησης

Σε πέντε ΕΕΛ οι δεξαμενές καθίζησης είναι στρόγγυλες και σε μια ορθογώνιες.

Ένα από τα προβλήματα που αναφέρθηκαν ήταν η θολή εκροή, εικόνα 14, από παρασυρόμενα στερεά στην εκροή. Αυτό παρατηρείται κυρίως το καλοκαίρι ή μετά από έντονες βροχοπτώσεις. Δεν υπάρχει αρκετός χρόνος καθίζησης των στερεών. Το προσωπικό ανέφερε πως το παραπάνω φαινόμενο οφείλεται σε αυξημένες παροχές λυμάτων κυρίως πρωινές ώρες το καλοκαίρι και σε έντονες βροχοπτώσεις. Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με αύξηση της ανακυκλοφορίας των αντλιών ιλύος. Σε άλλη ΕΕΛ τέθηκαν σε λειτουργία και η δυο γραμμές επεξεργασίας χωρίς να είναι αναγκαίο, με συνέπεια τη μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Και σε άλλη το προσωπικό έθεσε σε λειτουργία και τις δύο δεξαμενές καθίζησης.



Εικόνα 14: Θολή εκροή δεξαμενής καθίζησης.

Σε κάποια από της ΕΕΛ εντοπίστηκε το πρόβλημα της διόγκωσης ιλύος στη δεξαμενή, εικόνα 15. Δεν υπήρχε η δυνατότητα διαχωρισμού των στερεών από το υγρό σε συνθήκες ηρεμίας. Στη συγκεκριμένη ΕΕΛ η ιλύς προς ανακυκλοφορία οδηγείται απευθείας από τη δεξαμενή καθίζησης στον αερισμό. Παρατηρήθηκε αργή καθίζηση στη δεξαμενή, έλλειψη οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού και παράλληλη ανάπτυξη νηματοειδών μικροοργανισμών. Ο λόγος F:M ήταν χαμηλός με αποτέλεσμα να κυριαρχούν *Nocardia* μικροοργανισμοί. Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με αύξηση της ποσότητας οξυγόνου στον αερισμό και στη συνέχεια με απομάκρυνση μεγάλης ποσότητας περίσσειας ιλύος αφού έγινε προσθήκη ανόργανων χημικών στη δεξαμενή καθίζησης  $FeCl_3$  - τριχλωριούχος σίδηρος για την γρήγορη καθίζηση της ιλύος στη δεξαμενή. Το φαινόμενο πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι.

Ένα πρόβλημα που εμφανίζεται συχνά είναι η ανύψωση ιλύος στη δεξαμενή καθίζησης. Ιλύς με καλά χαρακτηριστικά καθίζησης μπορεί να εμφανιστεί στην επιφάνεια της δεξαμενής. Η πιθανή αιτία είναι η απονιτροποίηση που λαμβάνει χώρα στη δεξαμενή καθίζησης. Εμφανίστηκαν λεπτές φυσαλίδες κοντά στην υπερχειλίση της δεξαμενής. Επίσης, συμπαγής μάζες λάσπης επέπλεαν στην επιφάνεια. Η θερμοκρασία στη δεξαμενή ήταν αυξημένη. Υπήρξαν μεγάλες συγκεντρώσεις αμμωνίας στην εκροή.

Στη δεξαμενή αερισμού υπήρχε χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου με συνέπεια να καταναλώνεται γρήγορα από τους μικροοργανισμούς. Όποτε και ως πηγή οξυγόνου χρησιμοποιούνται νιτρώδη και νιτρικά ιόντα και ξεκινά η διαδικασία απονιτροποίησής στη δεξαμενή καθίζησης και όχι στη δεξαμενή αερισμού που θα έπρεπε να γίνεται φυσιολογικά. Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με αύξηση του ρυθμού ανακυκλοφορίας και συνεχόμενη απομάκρυνση περίσσειας ιλύος ώστε να μειωθεί η ιλύς στη δεξαμενή αερισμού και να αρχίσει φυσιολογικά η διαδικασία νιτροποίησης – απονιτροποίησης. Το πρόβλημα εμφανίστηκε κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.



Εικόνα 15: Ανύψωση ιλύος σε δεξαμενή καθίζησης

Επιπλέον, σε ΕΕΛ με αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών και αμμωνίας στην εκροή της δεξαμενής καθίζησης εμφανίζονται άλγη και φύκια στο κανάλι υπερχείλισης κυρίως το καλοκαίρι. Αντιμετωπίζονται με άμεση απομάκρυνση αυτών από το προσωπικό, εικόνα 16.



Εικόνα 16: Άλγη-φύκια στην υπερχείλιση της δεξαμενής καθίζησης.

Οι εργαζόμενοι των ΕΕΛ μας ανέφεραν ότι γίνεται συχνά αντικατάσταση των ελαστικών των επιφανειακών ξέστρων.

#### **4.6 Αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος**

Οι εργαζόμενοι των ΕΕΛ δε μας ανέφεραν κάποια ιδιαίτερα προβλήματα στα αντλιοστάσια. Στις περισσότερες περιπτώσεις πραγματοποιείται η κατάλληλη συντήρηση του εξοπλισμού, κυρίως στις αντλίες. Σε μία ΕΕΛ οι αντλίες είχαν αντικατασταθεί μετά από πέντε έτη λειτουργίας, εξαιτίας ελλιπής συντήρησης οι αντλίες αχρηστεύτηκαν.

Στην ερώτηση για το ποσοστό ανακυκλοφορίας της ιλύος μου δόθηκαν διαφορετικές απαντήσεις.

Οι περισσότεροι μας είπαν πως η παροχή ανακυκλοφορίας ιλύος ρυθμίζεται σε 20-25% της παροχής εισόδου. Συνήθως οι ρυθμίσεις πραγματοποιούνταν το χειμώνα και το καλοκαίρι, δηλαδή δυο φορές

το χρόνο, όπου η παροχή παρουσιάζει αυξομειώσεις. Επιπλέον, αλλαγές πραγματοποιούνται όταν εμφανίζονται προβλήματα όπως αυτά που περιγράφηκαν παραπάνω.

Σε δυο από τις ΕΕΛ οι εργαζόμενοι ρυθμίζουν το ποσοστό της οι παροχής ανακυκλοφορίας ιλύος με τον υπολογισμό του ισοζυγίου μάζας στερεών γύρω από τη δεξαμενή καθίζησης σύμφωνα με το παρακάτω τύπο.

$$MLSS (Q_{\text{εισόδου}} + Q_R) = TSS_{\text{εκροής}} Q_{\text{εκροής}} + TSS_W Q_W + TSS_R Q_R$$

$$Q_R = \frac{(MLSS \times Q_{\text{ΕΙΣ.}}) - (TSS_{\text{ΕΚΡ.}} \times Q_{\text{ΕΚΡ.}}) - (TSS_W \times Q_W)}{(TSS_R - MLSS)}$$

MLSS = συγκέντρωση στερεών στο ανάμικτο υγρό και στην είσοδο της δεξαμενής καθίζησης

$Q_{\text{εισ}}$  = η παροχή εισόδου

$TSS_{\text{εκρ}}$  = η συγκέντρωση των στερεών στην εκροή (επεξεργασμένα λύματα)

$Q_{\text{εκρ}}$  = η παροχή εκροής (επεξεργασμένων λυμάτων)

$TSS_W$  = η συγκέντρωση των στερεών στη γραμμή περίσσειας ιλύος

$Q_W$  = η παροχή της περίσσειας

$TSS_R$  = η συγκέντρωση των στερεών στη γραμμή ανακυκλοφορίας

Οι εργαζόμενοι μας ανέφεραν ότι οι παραπάνω μέθοδος βοηθά στη διατήρηση ενός σταθερού βάρους στρώματος ιλύος στη δεξαμενή καθίζησης.

#### 4.7 Τμήμα αφυδάτωσης ιλύος

Σε τρεις από τις ΕΕΛ η αφυδάτωση της ιλύος πραγματοποιείται με ταινιοφιλτρόπρεσες, εικόνα 18. Σε μια ΕΕΛ με κλίνες ξήρανσης, εικόνα 17. Σε μια ΕΕΛ υπάρχουν και κλίνες ξήρανσης και ταινιοφιλτρόπρεσες. Και σε άλλη ταινιοφιλτροπρεσες και αφυδάτωση με φυγοκεντρική μέθοδο, εικόνα 19.

Σε περιπτώσεις που η αφυδάτωση πραγματοποιείται με κλίνες ξήρανσης αναφέρθηκαν προβλήματα οσμών, σε περιπτώσεις που η ιλύς δεν είχε την απαραίτητη συγκέντρωση MLSS. Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκαν με το μεγαλύτερο χρόνο παραμονής της ιλύος στις δεξαμενές πάχυνσης. Στις ΕΕΛ που υπήρχαν μεγάλες ποσότητες αποξηραμένης ιλύος, έπρεπε να γινόταν συνέχεια αλλαγή του φίλτρου χαλικιού και άμμου. Αυτό αύξανε το κόστος συντήρησης και αναζητήθηκαν και άλλες μέθοδοι αφυδάτωσης.



Εικόνα 17: Κλίνες ξήρανσης με μικρότερη συγκέντρωση MLSS

Σε κάποιες ΕΕΛ με ταινιοφιλτρόπρεσες εμφανίστηκε το φαινόμενο της υδαρούς ιλύος, εικόνα 17. Αυτό εμπόδιζε την αποτελεσματικότερη αφυδάτωση της ιλύος με αποτέλεσμα μέσω του αντλιοστασίου στραγγιδίων να οδηγείται πάλι στην αρχή της επεξεργασίας. Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με αύξηση της συγκέντρωσης πολυηλεκτρολύτη, με παράλληλη αύξηση του οικονομικού κόστους.



Εικόνα 18: Υδαρή ιλύς σε ταινιοφιλτροπρεσσα.

Στην ΕΕΛ που χρησιμοποιεί τη φυγοκεντρική μέθοδο, εικόνα 18, δε αναφέρθηκαν ιδιαίτερα προβλήματα.



Εικόνα 19: Αφυδάτωση ιλύος με φυγοκεντρική μέθοδο.

Σχεδόν σε όλες τις ΕΕΛ μας αναφέρθηκε το γεγονός πως στο τμήμα της αφυδάτωσης ιλύος εμφανίζονται προβλήματα εμφράξεων των σωληνώσεων.

Σε όλες τις ΕΕΛ χρησιμοποιούνται ανοξείδωτα μεταλλικά τμήματα για να αποφεύγονται φθορές. Οι εργαζόμενοι μας είπαν πως οι καθημερινές καθαριότητες και συχνές συντηρήσεις των εγκαταστάσεων αφυδάτωσης και του εξοπλισμού, μειώνουν κατά πολύ τα προβλήματα.

#### **4.8 Αντλιοστάσιο στραγγιδίων**

Σε καμία από τις ΕΕΛ που επισκέφτηκα δεν αναφέρθηκαν προβλήματα στο αντλιοστάσιο στραγγιδίων. Μόνο σε περιπτώσεις που υδαρή ιλύς από τη πρέσα οδηγηθεί εκεί με αποτέλεσμα το φράξιμο των αντλιών. Ο άμεσος καθαρισμός των αντλιών είναι η αντιμετώπιση του προβλήματος.

#### **4.9 Απολύμανση λυμάτων στην εκροή**

Σε πέντε από τις έξι ΕΕΛ που επισκέφτηκα, η απολύμανση πραγματοποιείται με χλώριο. Σε μια ΕΕΛ χρησιμοποιείται η μέθοδο υπεριώδους ακτινοβολίας UV.

Τα προβλήματα που αναφέρθηκαν στη μέθοδο της απολύμανσης με χλώριο, εικόνα 20, ήταν τα προβλήματα στη ρύθμιση της κατάλληλης παροχής χλωρίου τη δεξαμενή. Εξαιτίας των μεταβαλλόμενων παροχών αλλάζει συχνά η ρύθμιση του αυτοματισμού, με αποτέλεσμα πολλές φορές να παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωρίου από την απαιτούμενη. Σε κάποιες ΕΕΛ μας αναφέρθηκε, πως όταν παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση στερεών στην έξοδο της δευτεροβάθμιας καθίζησης, διακόπτεται η παροχή χλωρίου μέχρι η συγκέντρωση στερεών να φτάσει στα κατάλληλα όρια. Σε κάποιες ΕΕΛ με έντονα προβλήματα συγκεντρώσεις στερεών στη έξοδο της δευτεροβάθμιας καθίζησης διαπιστώθηκε από τους εργαζόμενους ένα στρώμα 10-30 cm καθιζάνουσας ιλύος στο πάτο της δεξαμενής χλωρίωσης. Οι εργαζόμενοι καθαρίζουν συχνά την ιλύς αυτή με υποβρύχιες αντλίες οδηγώντας τη στο αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας για περαιτέρω καθαρισμό της από το σύστημα επεξεργασίας. Επιπλέον, σε ΕΕΛ με αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών και αμμωνίας στην εκροή εμφανίζονται άλγη και φύκια. Αντιμετωπίζονται με άμεση απομάκρυνση από το προσωπικό.



Εικόνα 20: Χλωρίωση επεξεργασμένων λυμάτων

Στην ΕΕΛ με την χρήση UV, εικόνα 21, ως μέθοδο απολύμανσης αναφέρθηκαν προβλήματα συχνής αντικατάστασης των λαμπτήρων, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν προβλήματα διακοπών ρεύματος.



Εικόνα 21: Απολύμανση με UV



Εικόνα 22: Εκροή επεξεργασμένου λύματος

#### 4.10 Διάφορα ζητήματα λειτουργίας

Σε όλες τις ΕΕΛ που επισκέφτηκα έγινε και μια συζήτηση με το προσωπικό, σχετικά με τη συνολική λειτουργία των μονάδων. Οι εργαζόμενοι ανέφεραν αρκετά προβλήματα σε ηλεκτρομηχανολογικά ζητήματα. Σε διακοπές ρεύματος καταστρέφονται ασφάλειες από τους ηλεκτρολογικούς πίνακες και μοτέρ κινητήρων. Σε πολλές περιπτώσεις τα προβλήματα αποκαθίστανται άμεσα, σε ορισμένες περιπτώσεις η αποκατάσταση καθυστερεί εξαιτίας έλλειψης χρημάτων ή από την έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού. Σε τμήματα της επεξεργασίας όπου ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός λειτουργεί για πολλές ώρες το μήνα, προκύπτουν τα συχνότερα προβλήματα. Το προσωπικό ανέφερε πως σε αυτά τα τμήματα πραγματοποιείται συντήρηση αρκετά συχνά, καθώς λιμνάζοντα προβλήματα σε αυτά τα τμήματα λειτουργίας, όπως π.χ. στον αερισμό, δημιουργούν ανεπανόρθωτες δυσλειτουργίες σε όλη την εγκατάσταση.

Τα παραπροϊόντα των ΕΕΛ, όπως ιλύς, λίπη, άμμος και αλλά όπως καθαριότητες κτηρίων και εξωτερικών χώρων (χόρτα) οδηγούνται σε ΧΥΤΑ όπως προβλέπει η περιβαλλοντική μελέτη των έργων.

Σε τέσσερις από τις έξι μονάδες ΕΕΛ που επισκέφτηκα η συντήρηση και η λειτουργία πραγματοποιούταν από της ΔΕΥΑ των αντίστοιχων δήμων. Σε δύο από τις ΕΕΛ η συντήρηση και η λειτουργία πραγματοποιούταν από ιδιωτικές τεχνικές εταιρίες μετά από διαγωνισμό.

Σε τρεις από τις ΕΕΛ οι χημικές-εργαστηριακές αναλύσεις πραγματοποιούταν σε εργαστήριο που διέθεταν οι μονάδες. Αυτές πραγματοποιούταν δυο φορές το μήνα. Στις υπόλοιπες οι αναλύσεις λάμβαναν χώρα σε εξωτερικό πιστοποιημένο εργαστήριο.

Σημαντικό είναι να αναφέρω και την επάνδρωση των μονάδων και τον εξοπλισμό που διέθεταν. Σε δύο από τις μονάδες, τις μεγαλύτερες και σε δυναμικότητα πάνω από 17.000 m<sup>3</sup>/day η επάνδρωση σε προσωπικό ήταν η απαραίτητη.



Διέθεταν το κατάλληλο επιστημονικό προσωπικό( χημικούς μηχανικούς, χημικούς ειδικευμένους μηχανολόγους και ηλεκτρολόγους) και τους απαραίτητους εργάτες γενικών καθηκόντων και βοηθούς του παραπάνω επιστημονικού δυναμικού. Σε αυτές τις μονάδες πραγματοποιούνταν και η απαραίτητη συντήρηση του εξοπλισμού (η/μ, αισθητήρες, αντλίες εξωτερικός χώρος κ.α.). Σε αυτές η μια είχε σαν υπεύθυνο λειτουργίας τη ΔΕΥΑ και η άλλη ιδιωτική τεχνική εταιρία.

Στη μεσαίας δυναμικότητας ΕΕΛ περίπου 8.000 m<sup>3</sup>/day, υπήρχε το απαραίτητο επιστημονικό δυναμικό σε μόνιμη εργασία. Υπήρχε και το κατάλληλο προσωπικό γενικών καθηκόντων. Το υπόλοιπο προσωπικό, όπως ηλεκτρολόγοι και μηχανολόγοι, εργαζόταν μόνο σε περιπτώσεις προβλημάτων ή βλαβών καθώς και σε περιόδους συντήρησης του εξοπλισμού. Αυτό πολλές φορές πραγματοποιούνταν με καθυστέρηση καθώς απασχολούνταν και σε άλλες εργασίες του Δήμου. Γενικά τα προβλήματα λυνόντουσαν σχετικά γρήγορα, αλλά αναφέρθηκαν και περιπτώσεις ανεπαρκής συντήρησης του εξοπλισμού.

Στις υπόλοιπες μονάδες με δυναμικότητα κάτω από 2.000 m<sup>3</sup>/day το επιστημονικό προσωπικό και οι εργάτες γενικών καθηκόντων αναλάμβαναν όλες τις εργασίες συντήρησης και καθαριότητας. Η βοήθεια από τους Δήμους γινόταν μόνο σε περιπτώσεις συντήρησης και προβλημάτων. Το προσωπικό δεν απασχολούνταν μόνιμα εκεί καθώς αναλάμβανε και άλλες εργασίες στο Δήμο. Ηλεκτρολόγοι και μηχανολόγοι ήταν εξωτερικοί συνεργάτες. Η συντήρηση πολλές φορές πραγματοποιούνταν εκτός χρονοδιαγραμμάτων των κατασκευαστών. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να εμφανίζονται συχνά προβλήματα που λιμνάζουν στο χρόνο. Σε αυτές τις μονάδες εμφανίζονταν και τα σημαντικότερα από τα προβλήματα που καταγράφηκαν παραπάνω.

### 5 . ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε η καταγραφή των κυριοτέρων προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι εργαζόμενοι των ΕΕΛ που επισκέφτηκα. Επιπλέον, σημειώθηκε η αίτια των προβλημάτων όπως παρατηρήθηκε από το προσωπικό καθώς και ο τρόπος που τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίστηκαν. Σε αυτό το κεφάλαιο θα προσπαθήσω να κάνω μια ανάλυση των προβλημάτων που αναφέρθηκαν καθώς και να προτείνω λύσεις άμεσες και μακροχρόνιες για κάθε πρόβλημα χωριστά. Οι προτάσεις έγιναν με βάση τη βιβλιογραφία καθώς και τη προσωπική μου εμπειρία από την απασχόληση μου σε μια ΕΕΛ, αλλά και σε συνεργασία με την επιβλέπουσα, της μεταπτυχιακής διατριβής, καθηγήτρια.

#### 5.1 Εσχαρισμός

Απαιτείται καθημερινός καθαρισμός των σχαρών με πίεση νερού. Αν το πρόβλημα εντείνεται θα μπορούσε να τοποθετηθεί και μια σχάρα μεγάλου ανοίγματος πριν τη μηχανική σχάρα.

#### 5.2 Εξάμμωση – Συστήματα αμμοσυλλογής-λιποσυλλεκτής

Αρχικά πρέπει να γίνει η κατάλληλη ρύθμιση του αυτοματισμού ώστε να απομακρύνεται όλη η ποσότητα άμμου από το κανάλι εξάμμωσης και το χειμώνα και το καλοκαίρι. Σε μονάδες που δέχονται μεγάλες ποσότητες βοθρολυμάτων αναγκαίο είναι να τοποθετηθεί αισθητήρας μέτρησης pH στο σημείο που αποχετεύουν τα βυτία. Αυτό θα βοηθήσει στον έλεγχο των λυμάτων που μεταφέρουν και θα γίνεται απομάκρυνση του βυτίου που μεταφέρει βιομηχανικά λύματα. Έτσι θα προληφθούν προβλήματα όπως επιπλέοντα λίπη στην επιφάνεια της εξάμμωσης, αλλά και δυσλειτουργίες στα επόμενα τμήματα επεξεργασίας όπως ο αερισμός κ.α.

Για τις αντλίες άμμου απαραίτητα πρέπει να ανυψώνονται εκτός του υγρού, να καθαρίζονται και να αντικαθίστανται τα λάδια τους όπου είναι αναγκαίο. Η λίπανση στους μειωτήρες με γράσο είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται σύμφωνα με τις ώρες λειτουργίας που προτείνει ο κατασκευαστής. Μεταλλικά μέρη όπως οι παλινδρομικές γέφυρες καλό είναι να κατασκευάζονται από ανοξείδωτα υλικά και να γίνεται τακτικός έλεγχος και ευθυγράμμιση των τροχών κύλισης.

#### 5.3 Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας Καθίζησης.

Σε μονάδες με μεγάλες ποσότητες βοθρολυμάτων αναγκαίο είναι να τοποθετηθεί αισθητήρας μέτρησης pH στο σημείο που αποχετεύουν τα βυτία. Αυτό θα βοηθήσει στον έλεγχο των λυμάτων που μεταφέρουν και θα γίνεται απομάκρυνση του βυτίου που μεταφέρει βιομηχανικά λύματα. Έτσι θα προληφθούν προβλήματα όπως επιπλέοντα λίπη στην επιφάνεια.

Για τις αντλίες ιλύος απαραίτητα πρέπει να ανυψώνονται εκτός του υγρού και να καθαρίζονται και να αντικαθίστανται τα λάδια τους όπου είναι αναγκαίο. Στους μειωτήρες λίπανση με γράσο είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται σύμφωνα με τις ώρες λειτουργίας που προτείνει ο κατασκευαστής.

Μεταλλικά μέρη όπως οι παλινδρομικές γέφυρες καλό είναι να κατασκευάζονται από ανοξείδωτα υλικά και τέλος να γίνεται τακτικός έλεγχος και ευθυγράμμιση των τροχών κύλισης. Καθημερινός καθαρισμός του ηλεκτρομειωτήρα. Τακτικός έλεγχος της αλυσίδας κύλισης όταν η δεξαμενή είναι ορθογώνια.

## 5.4 Δεξαμενή αερισμού.

Στη **δεξαμενή αερισμού** ή **δεξαμενή ενεργού ιλύος** ή **βιοαντιδραστήρα**, παρέχεται ο κατάλληλος χρόνος για την ανάμιξη και τον αερισμό των εισερχόμενων υγρών αποβλήτων με την αιωρούμενη βιομάζα, δηλαδή το μικροβιακό εναιώρημα, το οποίο γενικά αναφέρεται ως αιωρούμενα στερεά ανάμικτου υγρού (Mixed Liquor Suspended Solids, MLSS) και πτητικά στερεά ανάμικτου υγρού (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids, MLVSS) που είναι ουσιαστικά το οργανικό περιεχόμενο των MLSS. Η δεξαμενή ενεργού ιλύος προσφέρει το κατάλληλο περιβάλλον όπου η αιωρούμενη βιολογικά ενεργός μάζα, αυξάνεται συνεχώς. Οι μικροοργανισμοί προσροφούν διαλυμένες οργανικές ενώσεις, τις οξειδώνουν και τις απομακρύνουν από το ρεύμα των αποβλήτων. Οι συνθήκες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν κατά κύριο λόγο την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων με ένα συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος είναι κυρίως η θερμοκρασία και το pH. Η θερμοκρασία έχει σημαντική επίδραση στην ταχύτητα βιοαποικοδόμησης των οργανικών ουσιών. Συνεπώς η παράμετρος αυτή συνδέεται με τον χρόνο παραμονής των αποβλήτων στη δεξαμενή αερισμού, αυτός όμως καθορίζει και το μέγεθος αυτής της δεξαμενής. Ακόμα, για τη σωστή λειτουργία του βιολογικού συστήματος απαιτείται η ύπαρξη θρεπτικών συστατικών σε σωστές αναλογίες.

Τα προβλήματα που αναφέρθηκαν στις δεξαμενές αερισμού από το προσωπικό των ΕΕΛ, είχαν να κάνουν με την εμφάνιση αφρού στην επιφάνεια των δεξαμενών.

Σε ένα σύστημα ενεργού ιλύος που λειτουργεί σωστά, ένα ποσοστό της τάξης 10-25% της επιφάνειας της δεξαμενής αερισμού ενδέχεται να καλύπτεται με ένα λεπτό στρώμα αφρού χρώματος ανοιχτού καφέ, εικόνα 23. Η σταθερή συγκέντρωση οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού σε συγκέντρωση 2 mg/l είναι απαραίτητη για την αποδοτικότερη λειτουργία δεξαμενών.



Εικόνα 23: Δεξαμενή αερισμού

Σε ορισμένες περιπτώσεις που εντοπίστηκε σκούρος παχύς καφέ, λιπαρός αφρός.

Η αιτία ήταν χαμηλός δείκτης F:M και εμφάνιση νηματοειδών μικροοργανισμών *Nocardia*.

Το φαινόμενο μπορεί να αντιμετωπιστεί με τις παρακάτω εναλλακτικές λύσεις:

- Αύξηση του ρυθμού απομάκρυνσης της περίσσειας λάσπης (WAS), οπότε μειώνεται ο χρόνος παραμονής της λάσπης στο σύστημα και αυξάνεται ο λόγος F:M.
- Χειρωνακτική απομάκρυνση του δημιουργούμενου αφρού (στον οποίο βρίσκονται παγιδευμένα τα *Nocardia*).
- Ασφαλής διάθεσή του αφρού εκτός της διεργασίας (αποφυγή διοχέτευσής του στο σύστημα επεξεργασίας λάσπης).
- Χλωρίωση του αφρού.

Όταν η αιτία οφείλεται σε μηχανικό πρόβλημα στη γραμμή απομάκρυνσης περίσσειας ιλύος, Η άμεση επίλυση του μηχανικού προβλήματος και η απομάκρυνση περίσσειας ιλύος είναι επιβεβλημένη.

Ένα άλλο είδος αφρισμού που εντοπίστηκε, ήταν λευκός αφρός στην επιφάνεια.

Η αιτία είναι υψηλός δείκτης F:M.

Οι επιμέρους αιτίες μπορεί να είναι η αυξημένη διαθέσιμη τροφή (BOD) και όχι πλήρως ανεπτυγμένοι μικροοργανισμοί ή η είσοδος τοξικής ουσίας στην ΕΕΛ. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να επηρεαστεί ο πληθυσμός των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών.

Οι εναλλακτικές και αποτελεσματικές λύσεις αντιμετώπισης είναι :

- Μεγιστοποίηση του ρυθμού ανακυκλοφορίας.
- Μείωση του ρυθμού απομάκρυνσης περίσσειας λάσπης.
- Παροχή επαρκών ποσοτήτων διαλυμένου οξυγόνου για την αναπτυσσόμενη βιομάζα.

Άλλη αιτία είναι η ανεπαρκής ποσότητες θρεπτικών συστατικών. Συνήθως εντοπίζεται όταν στη μονάδα εισέρθουν βιομηχανικά λύματα. Ο λόγος BOD:N:P πρέπει να διατηρείται σε αναλογία 10:5:1.

Οι μεταβολές pH πολλές φορές είναι υπεύθυνες για το παραπάνω φαινόμενο αφρισμού. Αν το pH είναι εκτός της βέλτιστης περιοχής **6,5-8,5** η ανάπτυξη των μικροοργανισμών αναστέλλεται.

Σημειώνεται:

- Όταν αρχίζει η διεργασία νιτροποίησης, παρατηρείται μείωση του pH.
- Τα βιομηχανικά απόβλητα μπορούν να επηρεάσουν την τιμή του pH.

Η βραχυπρόθεσμη λύση είναι η προσθήκη χημικών για τη διόρθωση του pH. Απαραίτητο επίσης είναι ο εντοπισμός της αιτίας των μεταβολών, όπως η τοποθέτηση οργάνου μέτρησης pH στη μονάδα βοθρολυμάτων για τη αποφυγή μεταφοράς παράνομα λυμάτων από βυτία.

Οι χαμηλές θερμοκρασίες μειώνουν το ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού. Έτσι έχουμε εμφάνιση του παραπάνω είδους αφρού. Με την αύξηση του ρυθμού ανακυκλοφορίας ιλύος θα αυξηθεί και η συγκέντρωση MLSS και θα λυθεί το πρόβλημα.

Επιβεβλημένος είναι ο έλεγχος στη γραμμή ανακυκλοφορίας. Τυχόν προβλήματα, μειώνουν αισθητά τη συγκέντρωση των μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού, και κατ' επέκταση αυξάνουν το φαινόμενο του λευκού αφρού στην επιφάνεια. Αυτό προκαλεί δυσλειτουργία σε όλη τη βιολογική βαθμίδα.

Σημαντικό επίσης είναι η κατασκευή μιας δεξαμενής ομογενοποίησης-βιοεπιλογής της ανακυκλοφορουμένης ιλύος πριν τη δεξαμενή αερισμού. Μια τέτοια αεριζόμενη δεξαμενή με συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου > 2 mg/l θα βοηθήσει στην αναστολή ανάπτυξης νηματοειδών μικροοργανισμών (Rosseti et al 2002).

## **5.5 Δευτεροβάθμιες δεξαμενές καθίζησης**

Στη δεξαμενή καθίζησης, η αιωρούμενη βιολογική μάζα, δηλαδή οι οργανικές ενώσεις που δεν οξειδώθηκαν προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό, αλλά μετατράπηκαν σε βακτηριακή μάζα καθιζάνει και απομακρύνεται από το σύστημα. Ένα μέρος όμως αυτής της βακτηριακής μάζας επιστρέφει από τη δεξαμενή καθίζησης στη δεξαμενή αερισμού. Αυτό ονομάζεται ανακυκλοφορία ιλύος (βιομάζας). Ο σκοπός της ανακυκλοφορίας είναι να διατηρηθεί επαρκής συγκέντρωση ενεργού ιλύος στη δεξαμενή αερισμού έτσι ώστε να επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας στο χρονικό διάστημα που είναι επιθυμητό. Με αυτόν δηλαδή τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλή συγκέντρωση μικροοργανισμών ικανή για την προσρόφηση και αποικοδόμηση του εισερχόμενου

οργανικού φορτίου. Η επανακυκλοφορία της βιομάζας, η οποία μπορεί να φτάσει σε ποσοστό και το 100 %, είναι σημαντικότερη λειτουργική παράμετρος ελέγχου που ρυθμίζει τη λειτουργία της διεργασίας. Η ελεγχόμενη δηλαδή αυξομείωση της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών στον βιοαντιδραστήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτευχθεί απόκριση σε μεταβαλλόμενες συνθήκες εισόδου. Σημειώνεται τέλος, ότι η ορθή λειτουργία της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης παίζει σπουδαίο ρόλο στην βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.



Εικόνα 24: Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης

Σε αρκετές μονάδες αναφέρθηκαν προβλήματα στις δεξαμενές καθίζησης. Τα προβλήματα είναι ποικίλα. Τα πιο σημαντικά και συχνά εμφανιζόμενα είναι η θολή εκροή με παρασυρόμενα στερεά, η διόγκωση ιλύος και η ανύψωση ιλύος. Παρακάτω θα γίνει μια ανάλυση πιθανόν αιτιών των φαινομένων αυτών και θα προταθούν λύσεις για το καθένα ξεχωριστά.

Η μη ύπαρξη αρκετού χρόνου καθίζησης των στερεών δημιουργεί το πρόβλημα της θολής εκροής.

Αυτό μπορεί να οφείλεται σε απότομη υδραυλική υπερφόρτωση της μονάδας. Απότομη αύξηση εισερχόμενων παροχών ή και ανισοκατανομή σε επιμέρους μονάδες εντείνουν το πρόβλημα. Η βελτιστοποίηση της χωρητικότητας της εγκατάστασης και μείωση του κινδύνου υδραυλικών υπερφορτίσεων, ώστε να υπάρχει ισοκατανομή των εισερχόμενων παροχών στις επιμέρους μονάδες θα λύσει το πρόβλημα της θολής εκροής.

Μια σημαντική αιτία για τη θολή εκροή είναι και η υπερφόρτωση στερεών. Υπερφόρτωση στερεών συμβαίνει όταν ο ρυθμός εισόδου στερεών στη δεξαμενή καθίζησης > ρυθμός εξόδου στερεών από τη δεξαμενή καθίζησης. Η διάφορα αυτή αυξάνει το ύψος στρώματος λάσπης στη δεξαμενή.

Η πρώτη ενέργεια αντιμετώπισης του φαινομένου είναι η αύξηση της ανακυκλοφορίας ιλύος κατά 20% περισσότερο. Αν το ύψος στρώματος ιλύος παραμένει ίδιο ή αυξάνεται τότε πρέπει να μειωθεί ο ρυθμός ανακυκλοφορίας στα αρχικά του επίπεδα. Απαραίτητο είναι στη συνέχεια να πραγματοποιηθεί απομάκρυνση της περίσσειας ιλύος για να μειωθεί η συγκέντρωση των στερεών.

Αυτό θα έχει σαν συνέπεια την αύξηση του λόγου F:M και μείωση του χρόνου παραμονής στερεών (SRT).

Τέλος, το πρόβλημα της θολής εκροής μπορεί να οφείλεται και σε φαινόμενα διαφορετικής θερμοκρασίας στον όγκο της δεξαμενής ή σε διαφορετικά στρώματα πυκνότητας λάσπης στη δεξαμενή. Πρέπει να πραγματοποιούνται συχνά μετρήσεις της θερμοκρασίας και με ειδικά καλύμματα, όπου υπάρχουν θερμοκρασιακές διαφορές, να επιτυγχάνεται μια ομοιόμορφη

θερμοκρασιακή κατανομή. Σε περιπτώσεις διαφορετικής πυκνότητας με προσθήκη ειδικών διαχωριστικών διατάξεων περιμετρικά της δεξαμενής καθίζησης να γίνει προσπάθεια διοχέτευσης των στερεών στο κέντρο της δεξαμενής καθίζησης.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που εντοπίστηκε είναι η διόγκωση ιλύος, δηλαδή δεν υπάρχει δυνατότητα διαχωρισμού των στερεών από το υγρό στις συνθήκες ηρεμίας που επικρατούν στη δεξαμενή καθίζησης.

Η κύρια αιτία είναι η μικροβιακές αλλαγές στην ενεργό ιλύ με επικράτηση νηματοειδών μικροοργανισμών. Αυτό μπορεί να διαπιστωθεί με μικροβιακή ανάλυση. Αν διαπιστωθεί αυξημένη παρουσία νηματοειδών, πρέπει να καθοριστούν οι περιβαλλοντικές και λειτουργικές παράμετροι που ευνοούν την ανάπτυξή τους στη διεργασία, και να μεταβληθούν.

Σε περίπτωση που διαπιστωθεί μικρή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού θα έχουμε επικράτηση μικροοργανισμών *Sphaerotilus natans*. Αυτό εντείνει τη διόγκωση της ιλύος. Με μετρήσεις σε όλο τον όγκο της δεξαμενής αερισμού πρέπει να εντοπιστούν τα σημεία που έχουν διαφορετική συγκέντρωση οξυγόνου. Με την αύξηση του αερισμού και την προσθήκη επιπλέον φυσητήρων στα σημεία που χρειάζεται πρέπει αποκτηθεί ένα ομοιόμορφο προφίλ οξυγόνου σε όλη τη δεξαμενή.

Όταν ο δείκτης F:M είναι χαμηλός, επικρατούν μικροοργανισμοί *Microthrix parvicella* και *Nocardia*. Απαιτείται άμεση απομάκρυνση περίσσειας ιλύος από το σύστημα και χλωρίωση του αφρού για αντιμετώπιση των νηματοειδών μικροοργανισμών *Microthrix parvicella* και *Nocardia*.

Η διόγκωση της ιλύος οφείλεται πολλές φορές και στις μεγάλες συγκεντρώσεις σουλφιδίων. Αποτέλεσμα είναι η κυριαρχία νηματοειδών μικροοργανισμών *Thiothrix*. Πρέπει να εντοπιστούν άμεσα σημεία που επικρατούν σηπτικές συνθήκες και να διορθωθούν άμεσα.

Σημαντικό είναι επίσης να γίνει έλεγχος του pH. Αν διαπιστωθούν μεγάλες διακυμάνσεις τότε έχουμε επικράτηση νηματοειδών μικροοργανισμών. Προσθήκη ισχυρής βάσης όπως καυστική σόδα ( $\text{NaOH}$ ), όξινο ανθρακικό νάτριο ( $\text{NaHCO}_3$ ) ή οξειδίο του ασβεστίου  $\text{Ca(OH)}_2$  για ρύθμιση του pH είναι επιβεβλημένη.

Τέλος, για την αποφυγή επικράτηση νηματοειδών μικροοργανισμών, που είναι υπεύθυνοι για τη διόγκωση της ιλύος τις δεξαμενές καθίζησης πρέπει να τα θρεπτικά συστατικά να είναι την παρακάτω απαιτούμενη αναλογία : BOD:N: P και Fe είναι 100:5:1:0,5 αντίστοιχα.

Οι λύσεις που προταθήκαν παραπάνω είναι αποδοτικές σε περιπτώσεις που πραγματοποιείται συχνός έλεγχος στις διαφορές παραμέτρους λειτουργιάς των ΕΕΛ. Και αντιστοιχών ενεργειών όταν εντοπιστούν αποκλείσεις αυτών των παραμέτρων.

Σε περιπτώσεις άμεσης αντιμετώπισης του φαινομένου προτείνονται οι παρακάτω προσωρινές λύσεις:

- Χλωρίωση ανακυκλοφορίας για τη μείωση των νηματοειδών, χωρίς σημαντική καταστροφή του δημιουργούμενου φλόκου. Προτείνεται χρήση 4kgCl<sub>2</sub>/ 1.000 kg MLVSS (πτητικά αιωρούμενα στερεά ανάμικτου υγρού). Αύξηση δόσης κατά 10% ημερησίως, μέχρι να γίνει προφανής η καταστροφή των νηματοειδών μικροοργανισμών. Η χλωρίωση συνίσταται να πραγματοποιείται για χρονικό διάστημα μέχρι τις 72 ώρες.
- Προσθήκη χημικού μέσου καθίζησης για να ευνοηθεί η καθίζηση. Αναγκαίο να πραγματοποιηθούν ειδικά τεστ (jar tests). Ο σκοπός του τεστ είναι πραγματοποιηθεί η βέλτιστη καθίζηση, χρησιμοποιώντας τη μικρότερη δυνατή προσθήκη χημικού μέσου. Τα συνήθως χρησιμοποιούμενα χημικά που ευνοούν την καθίζηση είναι:
  - Na<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub> - Αργιλικό νάτριο

- $M^+_2 SO_4 \cdot M^{3+}_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$  - Κρυσταλλικά θειικά άλατα
- $M^+$ :  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Li^+$  ή άλλο
- $M^{3+}$ : τρισθενές μεταλλικό ιόν ( $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ )
- $FeCl_3$  - Τριχλωριούχος σίδηρος
- Εκτός από τα παραπάνω ανόργανα χημικά μέσα, μπορεί να χρησιμοποιηθούν και διαλύματα πολυμερών. Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να ληφθούν υπόψη οι οδηγίες του προμηθευτή για τον τρόπο τροφοδοσίας (συνεχής ή κατά διαστήματα -batch- τροφοδοσία).

Στην ειδική περίπτωση που τα εισερχόμενα λύματα, παρουσιάζουν χαμηλή αλκαλικότητα, η προσθήκη του χημικού μέσου θα πρέπει να πραγματοποιείται με συγκεκριμένο ρυθμό, ώστε το pH, να μην είναι μικρότερο του 6,5 για πολλές ημέρες. Ο χαμηλός ρυθμός προσθήκης, έχει ως αποτέλεσμα τη σταδιακή συσσώρευση ανόργανων φλόκων με το χρόνο, οπότε και παρατηρούνται καλύτερες συνθήκες καθίζησης.

Η ανύψωση λύος στις δεξαμενές καθίζησης είναι ένα πρόβλημα που εντοπίστηκε σε κάποιες ΕΕΛ. Λάσπη με καλά χαρακτηριστικά καθίζησης μπορεί να εμφανιστεί στην επιφάνεια της δεξαμενής. Το φαινόμενο μπορεί να συνεχίζεται, ακόμα και στην περίπτωση που πραγματοποιηθεί προσθήκη χημικού μέσου καθίζησης χημικών μέσων που ευνοούν την καθίζηση. Συμπαγείς μάζες επιπλέουν στην επιφάνεια, ενώ μπορεί να παρατηρηθούν και μικρές φυσαλίδες. Η πιο πιθανή αιτία είναι φαινόμενα απονιτροποίησης που λαμβάνουν χώρα στις δεξαμενές καθίζησης.

Η απονιτροποίηση μπορεί να λάβει χώρα σε:

- συστήματα τα οποία έχουν σχεδιαστεί για να πραγματοποιείται νιτροποίηση, οπότε και είναι σχεδιασμένα για μεγαλύτερους χρόνους παραμονής της λάσπης (SRT), σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα στα οποία στόχος είναι η απομάκρυνση μόνο το BOD.
- συμβατικά συστήματα στα οποία όταν λειτουργούν σε χαμηλούς λόγους F:M, είναι δυνατόν να αρχίσει η διαδικασία της νιτροποίησης.
- περιοχές με αυξημένες θερμοκρασίες, οι οποίες μπορούν να επιτρέψουν την έναρξη της διεργασίας της νιτροποίησης, σε μεγαλύτερους λόγους F:M.

Η διαπίστωση του φαινομένου επιτυγχάνεται με τη μέτρηση συγκέντρωσης αμμωνίας στην εκροή της επεξεργασίας. Μείωση επιπέδων αμμωνίας στην εκροή είναι ένδειξη έναρξης νιτροποίησης στα συμβατικά συστήματα (όπου ο στόχος είναι η απομάκρυνση του οργανικού φορτίου). Αυξημένος χρόνος παραμονής λάσπης στη δεξαμενή καθίζησης με αποτέλεσμα όλο το διαθέσιμο διαλυμένο οξυγόνο να καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς, οπότε και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται τα νιτρώδη και νιτρικά ιόντα ως πηγές οξυγόνου. Κατά αυτόν τον τρόπο ξεκινά η διαδικασία της απονιτροποίησης με αποτέλεσμα την έκλυση αζώτου, την προσκόλληση των εκλυόμενων φυσαλίδων αζώτου στα στερεά και την ανύψωση των στερεών που είναι προσκολλημένα με τις φυσαλίδες αζώτου στην επιφάνεια της δεξαμενής, λόγω διαφοράς ειδικού βάρους.

Οι βραχυπρόθεσμες ενέργειες αντιμετώπισης φαινομένου είναι :

Αν είναι δυνατόν θα πρέπει να μειωθεί ο χρόνος παραμονής της λάσπης στις δεξαμενές καθίζησης με:

- αύξηση του ρυθμού ανακυκλοφορίας (RAS) - θα πρέπει να ελέγχεται περιοδικά το βάθος λάσπης, ώστε να επιτευχθεί ο κατάλληλος ρυθμός ανακυκλοφορίας,
- αύξηση του ρυθμού απομάκρυνσης της λάσπης από τη δεξαμενή (WAS),

- μείωση των εν λειτουργία δεξαμενών καθίζησης.

Σε περίπτωση που η νιτροποίηση δεν αποτελεί στόχο του συστήματος τότε συνίσταται:

- Σταδιακή αύξηση του ρυθμού απομάκρυνσης της περίσσειας ιλύος (WAS) – μείωση του χρόνου παραμονής της λάσπης στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης – αύξηση του λόγου F:M. Αρχικά, ο πληθυσμός των στερεών θα πρέπει να μειωθεί κατά 20-30% σε περίοδο μιας περίπου εβδομάδας. Ταυτόχρονα θα πρέπει να πραγματοποιείται έλεγχος της διαδικασίας για να διαπιστωθεί η μείωση των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων (μείωση φαινομένου νιτροποίησης).
- Αν μετά την παρέλευση 2 περίπου εβδομάδων τα επίπεδα δεν έχουν πέσει κάτω από 5mg/L, τότε ο πληθυσμός των στερεών θα πρέπει να μειωθεί επιπλέον κατά 20-30%.
- Σε συνθήκες αυξημένων θερμοκρασιών, μπορεί να χρειαστεί επιπλέον μείωση του χρόνου παραμονής των στερεών στη δεξαμενή καθίζησης για να σταματήσει η διαδικασία της νιτροποίησης.

Για την ηλεκτρομηχανολογική συντήρηση των δεξαμενών καθίζησης, απαιτείται καθημερινός έλεγχος, οπτικός και ακουστικός. Ο ηλεκτρομειωτήρας πρέπει να καθαρίζεται καθημερινά από σκόνες και ρύπους ώστε να εξασφαλίζεται η ψύξη του. Αλλαγή λιπαντικού του μειωτήρα κάθε 4.000 ώρες ή το αργότερο μετά από 1 χρόνο λειτουργίας. Συνιστάται έλεγχος στάθμης λαδιών του μειωτήρα κάθε 1-2 μήνες. Οι δεξαμενές καθίζησης θα πρέπει περιοδικά να εκκενώνονται έτσι ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος των βρεχόμενων μερών (ράβδοι στήριξης ξέστρων, κομβοελάσματα, ξέστρα πυθμένα). Σε περίπτωση φθοράς του ξέστρου πυθμένα, πρέπει να αντικαθίσταται. Οι τροχοί περιστροφής θα πρέπει να ελέγχονται και σε περίπτωση φθοράς τους να αντικαθίστανται. Απαραίτητη η περιοδική λίπανση των εδράνων σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

## 5.6 Αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος

Η συχνή και συστηματική συντήρηση των αντλιών του αντλιοστασίου συμφώνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή θα αύξηση την απόδοση τους. Επιπλέον θα μειωθούν και προβλήματα που θα επηρεάσουν τη δεξαμενή αερισμού και καθίζησης.

Ένα σημαντικό θέμα είναι να ρυθμιστεί και το ποσοστό της ανακυκλοφορίας ιλύος και το ποσοστό της απομάκρυνσης περίσσειας. Αυτό θα εξασφάλιση ένα σταθερό ύψος στρώματος λάσπης στη δεξαμενή καθίζησης και θα βοηθήσει στη κατάλληλη απομάκρυνση μικροοργανισμών ή ανανέωση τους με σκοπό την αποδοτικότερη λειτουργία της κατάστασης. Σε προηγούμενο κεφάλαιο έγινε αναλυτική αναφορά στους τύπους των ισοζυγίων μαζών που πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για τη ρύθμιση των παραπάνω ποσοστών.

## 5.7 Τμήμα αφυδάτωσης ιλύος

Για την αποτελεσματικότερη αφυδάτωση ιλύος απαραίτητη είναι η κατάλληλη πάχυνση της ιλύος. Η ιλύς πριν την αφυδάτωση πρέπει να διαθέτει την απαραίτητη συγκέντρωση MLSS. Μια συγκέντρωση περίπου 60kg/m<sup>3</sup> θεωρείται είναι απαιτητή (Αγγελάκης κ.α. 2005).

Η παραπάνω συγκέντρωση μειώνει την υδαρή λάσπη, που εμφανίζει προβλήματα δυσοσμίας στις κλίνες ξήρανσης. Επιπλέον, είναι σημαντικό οι κλίνες ξήρανσης να βρίσκονται κάτω από στέγατρο ώστε να αποφεύγεται αραίωση της λάσπης από βροχοπτώσεις. Τέλος, απαιτείται συχνή καθαριότητα των φίλτρων για την αποφυγή εμφράξεων από ξήρανση της ιλύος. Αυτό θα αυξήσει το χρόνο ζωής των φίλτρων και μείωση του κόστους από συχνή αντικατάστασή τους.

Στην αφυδάτωση με ταινιοφιλτροπρεσσοε η απαραίτητη συγκέντρωση MLSS και η ρύθμιση της ποσότητας πολυηλεκτρολύτη θα μεγιστοποιήσει την απόδοση της αφυδάτωσης και την αποφυγή υδαρής ιλύος. Σημαντική είναι η σωστή συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού.



Η ταινιοφιλτρόπρεσσα πρέπει να ελέγχεται καθημερινά τόσο οπτικά όσο και ακουστικά. Αν στην επιφάνειά του ιμάντα παρατηρηθούν περιοχές οι οποίες δεν καθαρίζονται επαρκώς, αποτελεί ένδειξη ότι έχει συμβεί μερική έμφραξη των ακροφυσίων (μπεκ) έκπλυσης. Σε αυτή τη περίπτωση θα πρέπει να γίνει διακοπή της λειτουργίας της ταινιοφιλτρόπρεσσας, \ αποσυναρμολόγηση των ακροφυσίων και καθαρισμός τους με μηχανικά μέσα ή με αέρα υπό πίεση. Επίσης τακτικός έλεγχος πρέπει να γίνεται για τυχόν φθορά του. Σε περίπτωση έντονης φθοράς του πρέπει να γίνεται άμεση αντικατάσταση του. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στο να μην εξέχουν σύρματα από τον «οπλισμό» (λινά) του ιμάντα. Η τάνυση του ιμάντα πρέπει να γίνεται με βάση τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Τακτικός έλεγχος και ρύθμιση πρέπει να γίνεται και στις λεπίδες (blades) καθαρισμού των ιμάντων. Διακόπτες ελέγχου (emergency stop switches) και οριοδιακόπτες (limit switches): Πρέπει να ελέγχονται περιοδικά για τη σωστή ρύθμισή τους και για το αν παραμένουν ενεργοί. Έδρανα και βαλβίδες: Πρέπει να λιπαίνονται περιοδικά βάσει των προδιαγραφών του κατασκευαστή. Κύλινδροι περιστροφής (τύμπανα) και οι κύλινδροι κύλισης του ιμάντα (ράουλα): Πρέπει να ελέγχονται τακτικά και σε περίπτωση φθοράς τους να επισκευάζονται ή να αντικαθίστανται. Πίεση τάνυσης: Πρέπει να κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 1 έως 6 bar.

## 5.8 Απολύμανση λυμάτων στην εκροή

Οι δεξαμενές απολύμανσης πρέπει να είναι πάντα καθαρές στην επιφάνεια, αλλά και στο πάτο όπου εντοπιστεί λάσπη. Σε περιπτώσεις που χρησιμοποιείται χλώριο αναγκαίο είναι να λειτουργεί σύστημα αυτοματισμού, ώστε σύμφωνα με τη παροχή να χρησιμοποιείται η απαραίτητη ποσότητα χλωρίου. Αυτό θα βοηθήσει στην αποδοτικότερη απολύμανση της εκροής και στην οικονομικότερη λειτουργία των ΕΕΛ.

Σε μονάδες που χρησιμοποιούν UV για απολύμανση απαιτείται συχνή συντήρηση των λαμπτήρων. Το μόνο εξάρτημα μιας μονάδας υπεριώδους ακτινοβολίας που χρειάζεται προγραμματισμένη αντικατάσταση είναι ο λαμπτήρας υπεριώδους ακτινοβολίας. Τυπικά οι λαμπτήρες αντικαθίστανται κάθε 13.500 ώρες λειτουργίας. Ο πραγματικός χρόνος αντικατάστασης των λαμπτήρων μπορεί να διαφέρει σύμφωνα με τις ιδιαίτερες συνθήκες λειτουργίας τις κάθε εγκατάστασης επεξεργασίας. Για να διασφαλιστεί ότι οι λαμπτήρες λειτουργούν στη μέγιστη απόδοση τους, είναι καλύτερο να αντικαθίστανται όλοι οι λαμπτήρες μετά από συγκεκριμένη χρονική λειτουργία και να γίνεται μια καταγραφή του χρόνου λειτουργίας και της ημερομηνίας αντικατάστασης σε κάθε μονάδα. Για την αντικατάσταση των λαμπτήρων θα πρέπει η συστοιχία να αποσυνδεθεί από την ηλεκτρική εγκατάσταση. Στην συνέχεια αποσυνδέεται ο λαμπτήρας από την θέση του. Ο νέος λαμπτήρας δεν πρέπει να έρθει σε επαφή με γυμνά χέρια γιατί θα μείνουν μόνιμα αποτυπώματα στο τοίχωμα του λαμπτήρα, με αποτέλεσμα τη μείωση της μεταδιδόμενη υπεριώδους ακτινοβολίας. Για το λόγο αυτό πρέπει το προσωπικό να είναι εφοδιασμένο με βαμβακερά γάντια κατά την αντικατάσταση των λαμπτήρων.

## 5.9 Διάφορα ζητήματα λειτουργίας

Σημαντικό είναι να πραγματοποιείται στις ΕΕΛ συντήρηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Σε όλες τις ΕΕΛ αναφέρθηκαν προβλήματα με έμφαση στους ηλεκτροκινητήρες (Ο.Ε.Ε.Σ. 2006).

Στόχος της διαδικασίας συντήρησης είναι η εξασφάλιση της ορθής και ικανοποιητικής λειτουργίας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Οι απαραίτητες εργασίες περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων:

- Επιθεωρήσεις
- Μελέτες αξιοπιστίας και συντήρησης
- Προληπτικούς ελέγχους και επεμβάσεις Διαχείριση ανταλλακτικών
- Λίπανση
- Τεχνική τεκμηρίωση
- Επισκευές
- Τήρηση Προδιαγραφών
- Περιοδικές αντικαταστάσεις
- Γνώση Τεχνικών οδηγιών κ.λπ.

- Μετατροπές και μετασκευές

Η συντήρηση όμως, εκτός από τις απλές εργασίες που τη στοιχειοθετούν, είναι αναγκαίο να χαρακτηρίζεται από:

- Προσχεδιασμένες και οργανωμένες διαδικασίες, ώστε να εξασφαλίζεται η οικονομική και συνεχής λειτουργία της μονάδας.
- Προγραμματισμό των απαραίτητων ενεργειών και εργασιών, οι οποίες να στοχεύουν:
  - Στη διατήρηση του υπάρχοντος εξοπλισμού σε άριστη κατάσταση και ετοιμότητα.
  - Στη βελτίωση του, με ανασκευές ή προσθήκες, οι οποίες κοστίζουν πολύ λιγότερο από πιθανές αντικαταστάσεις.
- Ενέργειες προληπτικής συντήρησης του εξοπλισμού, οι οποίες εξασφαλίζουν αυξημένο χρόνο ζωής και μακροπρόθεσμα αποτελούν την πιο οικονομική μέθοδο συντήρησης. Οι ενέργειες αυτές μπορεί να προγραμματιστούν σε περιόδους λειτουργίας με χαμηλές εισερχόμενες παροχές, οπότε και μειώνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό η πιθανότητα αστοχίας του εξοπλισμού.

Ποιο συγκεκριμένα για τους ηλεκτροκινητήρες πρέπει να πραγματοποιείται ουσιαστική και συστηματική συντήρηση και έλεγχος. Αποτελούν σημαντικά τμήματα των ΕΕΛ και τα πιο ακριβά για αντικατάσταση και φθορές(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006).

Αρχικά για τον έλεγχο ενός ηλεκτροκινητήρα απαιτούνται 2 μετρήσεις(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006):

- Έλεγχος μόνωσης του ηλεκτροκινητήρα με κατάλληλο όργανο. Ελέγχεται ο ηλεκτροκινητήρας μεταξύ φάσεων και μεταξύ φάσεων - γης. Οι ενδείξεις πρέπει να είναι μεγαλύτερες από 1 ΜΩ. Πολύ χαμηλές τιμές μόνωσης υποδεικνύουν πιθανώς εισχώρηση ελαίου ή μίγματος ελαίου – λύματος στον χώρο του ηλεκτροκινητήρα. Στην περίπτωση αυτή προτείνεται ο καθαρισμός και στέγνωμα του ηλεκτροκινητήρα καθώς και η επαναμόνωσή του με βερνίκι καλής ποιότητας (π.χ. Sterling).
- Έλεγχος ισορροπίας μεταξύ των φάσεων του ηλεκτροκινητήρα. Η αντίσταση κάθε τυλίγματος του ηλεκτροκινητήρα πρέπει να είναι ίση ή παρόμοια με τα άλλα δύο τυλίγματα. Κάθε ηλεκτροκινητήρας εμπεριέχει στα τυλίγματα του θερμικούς διακόπτες. Σε περίπτωση που πραγματοποιηθεί περιέλιξη ηλεκτροκινητήρα είναι πολύ σημαντικό να επανατοποθετηθούν νέοι θερμικοί διακόπτες καθώς και υλικά περιέλιξης κλάσης Η.

Κατά τη συνδεσμολογία πρέπει να ελεγχθεί η ρύθμιση των θερμικών διακοπών του πίνακα, ώστε να μην υπερβαίνει το ονομαστικό του εξοπλισμού (αναγράφεται στην ταμπέλα του εξοπλισμού).

Κατά τακτά διαστήματα θα πρέπει να γίνεται έλεγχος σωστής λειτουργίας με αμπερομέτρηση.

Σε υποβρύχια συστήματα το σημαντικότερο μέλημά, είναι η διατήρηση της στεγανότητάς του. Αυτό επιτυγχάνεται αντικαθιστώντας και ελέγχοντας το λάδι σε τακτά χρονικά διαστήματα ανάλογα με τη χρήση του προϊόντος αλλά σε γενικές γραμμές και για εξοπλισμό που λειτουργεί στο 50-70% της δυναμικότητάς του, μία φορά το χρόνο. Είναι φυσιολογικό για ένα τέτοιο χρονικό διάστημα να έχουμε μια μικρή εισχώρηση λύματος και ανάμιξή του με το λάδι. Μέχρι κάποιο όριο, της τάξης του 20%, δεν αποτελεί λόγο ανησυχίας. Απλώς πραγματοποιείται αντικατάσταση του λαδιού και η αντλία αναμένεται να λειτουργήσει κανονικά μέχρι την επόμενη συντήρηση.

Σημαντικό είναι κάθε φορά που πραγματοποιείται επέμβαση στον κινητήρα ενός υποβρύχιου συγκροτήματος, ακόμα και για αντικατάσταση ελαίου, να γίνεται αντικατάσταση των δακτυλίων στεγανοποίησης - Ο - .

Σε μη υποβρύχια συγκροτήματα, θα πρέπει να ελέγχονται οι ηλεκτροκινητήρες οπτικά και ακουστικά σε καθημερινή βάση. Επίσης πρέπει να καθαρίζονται τακτικά από σκόνες και ρύπους ώστε να εξασφαλίζεται η ψύξη τους.

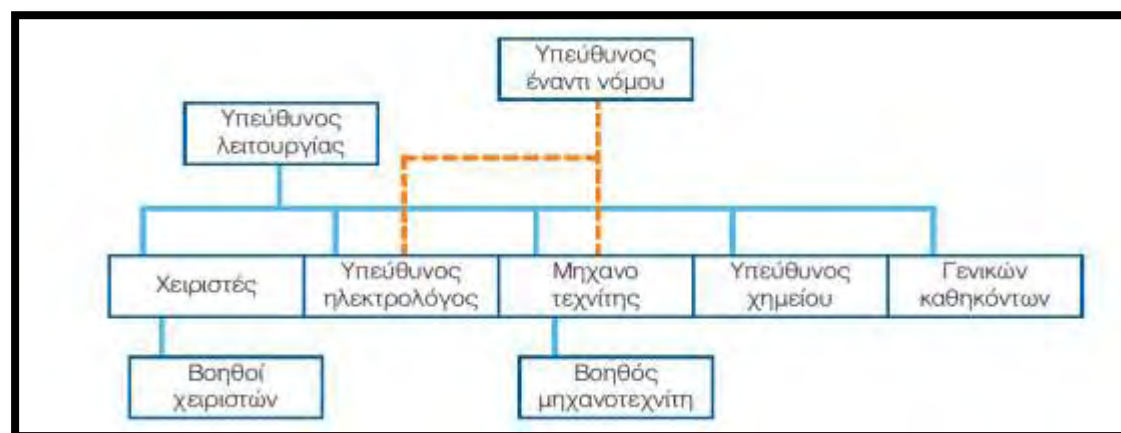
Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται, ειδικά σε υποβρύχιες εφαρμογές, πρέπει να παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή σε διάβρωση από λύματα καθώς και πολύ μικρή απορρόφηση (φούσκωμα). Δεν συνίσταται η επανασύνδεσή τους (μάτισμα) σε περίπτωση κοπής του.

Ένα από τα μεγάλα θέματα που πρέπει να λυθούν σε ΕΕΛ είναι η απαραίτητη στελέχωση σε προσωπικό. Παρακάτω θα αναφέρω προτάσεις για τη φιλοσοφία στελέχωσης ΕΕΛ με βάση τη δυναμικότητα τους.

Σε μονάδες αυξημένης δυναμικότητας προτείνεται η στελέχωση του απαιτούμενου προσωπικού σύμφωνα με το παρακάτω πίνακα 4 και το οργανόγραμμα.

Πίνακας 4: Απαιτούμενο προσωπικά ΕΕΛ αυξημένης δυναμικότητας(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006)

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ
1	Υπεύθυνος Εγκατάστασης	1
2	Χειριστές 4 βάρδιες x 2 άτομα	8
3	Βοηθοί χειριστών 4 βάρδιες x 2 άτομα	8
4	Υπεύθυνος Ηλεκτρολόγος	1
5	Υπεύθυνος Μηχανοτεχνίτης	1
6	Βοηθός Μηχανοτεχνίτη	1
7	Εργάτες Γενικών καθηκόντων	2
8	Αναλυτής χημείου	1
9	Καθαριστής εργασία	1
	Σύνολο	24



Οργανόγραμμα Προσωπικού.

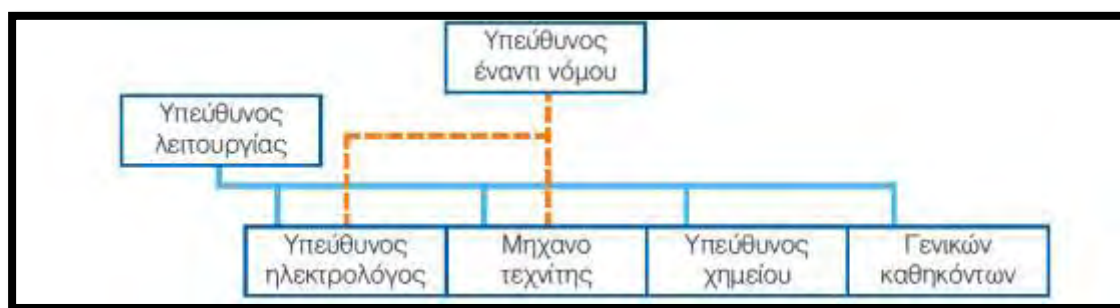
Κρίνεται σκόπιμη η συνεχής παρουσία τουλάχιστον 2 ατόμων. Έναν επικεφαλής, τον υπεύθυνο χειριστή της βάρδιας και ένα βοηθό, το βοηθό χειριστού. Τα κύρια καθήκοντα των χειριστών είναι η εκτέλεση των λειτουργικών χειρισμών και η στενή επίβλεψη της εγκατάστασης.

### ΕΕΛ μέσης δυναμικότητας

Σε μονάδες μέσης δυναμικότητας προτείνεται η στελέχωση του απαιτούμενου προσωπικού σύμφωνα με το παρακάτω πίνακα 5 και το οργανόγραμμα.

Πίνακας 5: Απαιτούμενο προσωπικά ΕΕΛ μέσης δυναμικότητας(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006)

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ
1	Υπεύθυνος Εγκατάστασης	1
2	Υπεύθυνος Ηλεκτρολόγος	1
3	Υπεύθυνος Μηχανοτεχνίτης	1
4	Εργάτες Γενικών καθηκόντων	2
5	Αναλυτής χημείου	1
6	Καθαριστής εργασία	1
	Σύνολο	7



Οργανόγραμμα Προσωπικού.

### ΕΕΛ μικρής δυναμικότητας

Σε μονάδες μικρης δυναμικότητας προτείνεται η στελέχωση του απαιτούμενου προσωπικού σύμφωνα με το παρακάτω πίνακα 6 και το οργανόγραμμα.

Πίνακας 6: Απαιτούμενο προσωπικά ΕΕΛ μικρής δυναμικότητας(Ο.Ε.Ε.Λ.Σ. 2006)

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ
1	Υπεύθυνος Εγκατάστασης	1
2	Υπεύθυνος Ηλεκτρολόγος(εξωτερικός συνεργάτης)	1
3	Υπεύθυνος Μηχανοτεχνίτης	1
4	Εργάτες Γενικών καθηκόντων	2
	Σύνολο	5



Οργανόγραμμα Προσωπικού.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ερευνά μας είναι περιορισμένη και σε μικρό πεδίο εφαρμογής, για να θεωρηθεί βασική οδηγία. Αποτελεί μια καταγραφή προβλημάτων και προτάσεων-σύμβουλων λύσης μέσα από τη βιβλιογραφία και την εμπειρία. Η εργασία αποτελεί μια καταγραφή εμπειρίας και αρωγής στο σύνθετο πρόβλημα της αποδοτικότερης λειτουργίας των ΕΕΛ.

Από την επίσκεψη σε συνολικά έξι ΕΕΛ προέκυψαν τα παρακάτω συγκεκριμένα συμπεράσματα.

Τα κυριότερα λειτουργικά προβλήματα εντοπίστηκαν στο τμήμα της βιολογικής διεργασίας. Στη δεξαμενή αερισμού και στις δευτεροβάθμιες δεξαμενές καθίζησης. Ουσιαστικά στο σημαντικότερο τμήμα των ΕΕΛ. Από το οποίο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και η απόδοση τους.

Τα προβλήματα εντείνονται εξαιτίας της έλλειψης έλεγχου και της απουσίας ρύθμισης παραμέτρων όπως η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού, ο δείκτης F:M, η συγκέντρωση MLSS κ.α.

Στις δεξαμενές αερισμού εντοπίστηκαν προβλήματα αφρισμού.

Σε ορισμένες περιπτώσεις εντοπίστηκε σκούρος παχύς καφέ, λιπαρός αφρός. Η αιτία ήταν χαμηλός δείκτης F:M και επικράτηση νηματοειδών μικροοργανισμών *Nocardia* καθώς και αυξημένη συγκέντρωση MLSS.

Το φαινόμενο μπορεί να αντιμετωπιστεί με τις παρακάτω εναλλακτικές λύσεις:

- Αύξηση του ρυθμού απομάκρυνσης της περίσσειας λάσπης (WAS), οπότε μειώνεται ο χρόνος παραμονής της λάσπης στο σύστημα και αυξάνεται ο λόγος F:M.
- Χειρωνακτική απομάκρυνση του δημιουργούμενου αφρού (στον οποίο βρίσκονται παγιδευμένα τα *Nocardia*).
- Ασφαλής διάθεσή του αφρού εκτός της διεργασίας (αποφυγή διοχέτευσής του στο σύστημα επεξεργασίας λάσπης).
- Χλωρίωση του αφρού.

Ένα άλλο είδος αφρισμού που εντοπίστηκε, ήταν λευκός αφρός στην επιφάνεια. Η αιτία είναι υψηλός δείκτης F:M. Οι επιμέρους αιτίες είναι η αυξημένη διαθέσιμη τροφή (BOD) και όχι πλήρως ανεπτυγμένοι μικροοργανισμοί για την επεξεργασία της διαθέσιμης τροφής ή η είσοδος τοξικής ουσίας στην ΕΕΛ.

Οι εναλλακτικές και αποτελεσματικές λύσεις αντιμετώπισης είναι :

- Μεγιστοποίηση του ρυθμού ανακυκλοφορίας.
- Μείωση του ρυθμού απομάκρυνσης περίσσειας λάσπης.
- Παροχή επαρκών ποσοτήτων διαλυμένου οξυγόνου για την αναπτυσσόμενη βιομάζα.

Σημαντικό, επίσης είναι η κατασκευή μια δεξαμενής ομογενοποιήσεις-βιοεπιλογέα της ανακυκλοφορουμένης ιλύος πριν τη δεξαμενή αερισμού. Μια τέτοια αεριζόμενη δεξαμενή με συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου > 2 mg/l θα βοηθήσει στην αναστολή ανάπτυξης νηματοειδών μικροοργανισμών.

Σε αρκετές μονάδες αναφέρθηκαν προβλήματα στις δεξαμενές καθίζησης. Τα προβλήματα είναι ποικίλα. Τα πιο σημαντικά και συχνά εμφανιζόμενα είναι η θολή εκροή με παρασυρόμενα στερεά, η διόγκωση ιλύος και η ανύψωση ιλύος. Παρακάτω θα γίνει μια ανάλυση πιθανόν αιτιών των φαινομένων αυτών και θα προταθούν λύσεις για το καθένα ξεχωριστά.

Η μη ύπαρξη αρκετού χρόνου καθίζησης των στερεών δημιουργεί το πρόβλημα της θολής εκροής. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε απότομη υδραυλική υπερφόρτωση της μονάδας. Απότομη αύξηση εισερχόμενων παροχών ή και ανισοκατανομή σε επιμέρους μονάδες εντείνουν το πρόβλημα.

Μια σημαντική αιτία για τη θολή εκροή είναι και η υπερφόρτωση στερεών. Υπερφόρτωση στερεών συμβαίνει όταν ο ρυθμός εισόδου στερεών στη δεξαμενή καθίζησης > ρυθμός εξόδου στερεών από τη δεξαμενή καθίζησης. Η διάφορα αυτή αυξάνει το ύψος στρώματος λάσπης στη δεξαμενή.

Η βελτιστοποίηση της χωρητικότητας της εγκατάστασης και μείωση του κινδύνου υδραυλικών υπερφορτίσεων, ώστε να υπάρχει ισοκατανομή των εισερχόμενων παροχών στις επιμέρους μονάδες θα λύσει το πρόβλημα της θολής εκροής.

Η ρύθμιση του ποσοστού ανακυκλοφορίας και απομάκρυνσης περίσσειας ιλύος, δημιουργώντας ένα στρώμα ιλύος στη δεξαμενή καθίζησης που θα μείωση τη θολή εκροή εξαιτίας της υπερφόρτωσης στερεών.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που εντοπίστηκε είναι η διόγκωση ιλύος, δηλαδή δεν υπάρχει δυνατότητα διαχωρισμού των στερεών από το υγρό στις συνθήκες ηρεμίας που επικρατούν στη δεξαμενή καθίζησης.

Η κύρια αιτία είναι η μικροβιακές αλλαγές στην ενεργό ιλύ με επικράτηση νηματοειδών μικροοργανισμών. Αυτό μπορεί να διαπιστωθεί με μικροβιακή ανάλυση. Αν διαπιστωθεί αυξημένη παρουσία νηματοειδών, πρέπει να καθοριστούν οι περιβαλλοντικές και λειτουργικές παράμετροι που ευνοούν την ανάπτυξή τους στη διεργασία, και να μεταβληθούν.

Αύξηση της συγκέντρωσης οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού, προσθήκη χημικού μέσου καθίζησης για να ευνοηθεί η καθίζηση και χλωρίωση ανακυκλοφορίας για τη μείωση των νηματοειδών, χωρίς σημαντική καταστροφή του δημιουργούμενου φλόκου. Είναι μερικοί τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος.

Η ανύψωση ιλύος στις δεξαμενές καθίζησης είναι ένα πρόβλημα που εντοπίστηκε σε κάποιες ΕΕΛ. Λάσπη με καλά χαρακτηριστικά καθίζησης μπορεί να εμφανιστεί στην επιφάνεια της δεξαμενής. Το φαινόμενο μπορεί να συνεχίζεται, ακόμα και στην περίπτωση που πραγματοποιηθεί προσθήκη χημικού μέσου καθίζησης χημικών μέσων που ευνοούν την καθίζηση. Συμπαγείς μάζες επιπλέουν στην επιφάνεια, ενώ μπορεί να παρατηρηθούν και μικρές φυσαλίδες.

Η πιο πιθανή αιτία είναι φαινόμενα απονιτροποίησης που λαμβάνουν χώρα στις δεξαμενές καθίζησης.

Οι βραχυπρόθεσμες ενέργειες αντιμετώπισης φαινομένου είναι :

Αν είναι δυνατόν θα πρέπει να μειωθεί ο χρόνος παραμονής της λάσπης στις δεξαμενές καθίζησης με:

- αύξηση του ρυθμού ανακυκλοφορίας (RAS) - θα πρέπει να ελέγχεται περιοδικά το βάθος λάσπης, ώστε να επιτευχθεί ο κατάλληλος ρυθμός ανακυκλοφορίας,
- αύξηση του ρυθμού απομάκρυνσης της λάσπης από τη δεξαμενή (WAS),
- μείωση των εν λειτουργία δεξαμενών καθίζησης.

Σε περίπτωση που η νιτροποίηση δεν αποτελεί στόχο του συστήματος τότε συνίσταται:

- Σταδιακή αύξηση του ρυθμού απομάκρυνσης της περίσσειας ιλύος (WAS) \_ μείωση του χρόνου παραμονής της λάσπης στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης \_ αύξηση του λόγου F:M. Αρχικά, ο πληθυσμός των στερεών θα πρέπει να μειωθεί κατά 20-30% σε περίοδο μιας περίπου εβδομάδας. Ταυτόχρονα θα πρέπει να πραγματοποιείται έλεγχος της

διαδικασίας για να διαπιστωθεί η μείωση των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων (μείωση φαινομένου νιτροποίησης).

- Αν μετά την παρέλευση 2 περίπου εβδομάδων τα επίπεδα δεν έχουν πέσει κάτω από 5mg/L, τότε ο πληθυσμός των στερεών θα πρέπει να μειωθεί επιπλέον κατά 20-30%.
- Σε συνθήκες αυξημένων θερμοκρασιών, μπορεί να χρειαστεί επιπλέον μείωση του χρόνου παραμονής των στερεών στη δεξαμενή καθίζησης για να σταματήσει η διαδικασία της νιτροποίησης.

Στα αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας σημαντικό θέμα είναι να ρυθμιστεί και το ποσοστό της ανακυκλοφορίας υλός και το ποσοστό της απομάκρυνσης περισίσειας. Αυτό θα εξασφάλιση ένα σταθερό ύψος στρώματος λάσπης στη δεξαμενή καθίζησης και θα βοηθήσει στη κατάλληλοι απομάκρυνση μικροοργανισμών ή ανανέωση τους με σκοπό την αποδοτικότερη λειτουργία της κατάστασης.

Στα υπόλοιπα τμήματα των ΕΕΛ, όπως εσχαισμό, λιποσυλλογή, πρωτοβάθμια καθίζηση, αφυδάτωση υλός και απολύμανση τα προβλήματα οφείλονται σε κακή ή ελλιπή συντήρηση.

Στις ΕΕΛ πρέπει να πραγματοποιείται συντήρηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Σε όλες τις ΕΕΛ αναφέρθηκαν προβλήματα με έμφαση στους ηλεκτροκινητήρες.

Στόχος της διαδικασίας συντήρησης είναι η εξασφάλιση της ορθής και ικανοποιητικής λειτουργίας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Οι απαραίτητες εργασίες περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων:

- Επιθεωρήσεις
- Μελέτες αξιοπιστίας και συντήρησης
- Προληπτικούς ελέγχους και επεμβάσεις Διαχείριση ανταλλακτικών
- Λίπανση
- Τεχνική τεκμηρίωση
- Επισκευές
- Τήρηση Προδιαγραφών
- Περιοδικές αντικαταστάσεις
- Γνώση Τεχνικών οδηγιών κ.λπ.
- Μετατροπές και μετασκευές

Η συντήρηση όμως, εκτός από τις απλές εργασίες που τη στοιχειοθετούν, είναι αναγκαίο να χαρακτηρίζεται από:

- Προσχεδιασμένες και οργανωμένες διαδικασίες, ώστε να εξασφαλίζεται η οικονομική και συνεχής λειτουργία της μονάδας.
- Προγραμματισμό των απαραίτητων ενεργειών και εργασιών, οι οποίες να στοχεύουν:
  - Στη διατήρηση του υπάρχοντος εξοπλισμού σε άριστη κατάσταση και ετοιμότητα.
  - Στη βελτίωση του, με ανασκευές ή προσθήκες, οι οποίες κοστίζουν πολύ λιγότερο από πιθανές αντικαταστάσεις.
- Ενέργειες προληπτικής συντήρησης του εξοπλισμού, οι οποίες εξασφαλίζουν αυξημένο χρόνο ζωής και μακροπρόθεσμα αποτελούν την πιο οικονομική μέθοδο συντήρησης. Οι ενέργειες αυτές μπορεί να προγραμματιστούν σε περιόδους λειτουργίας με χαμηλές εισερχόμενες παροχές, οπότε και μειώνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό η πιθανότητα αστοχίας του εξοπλισμού.



Ένα από τα μεγάλα θέματα που πρέπει να λυθούν σε ΕΕΛ είναι η απαραίτητη στελέχωση σε προσωπικό. Σε όλες τις ΕΕΛ αναφέρθηκε έλλειψη του κατάλληλου προσωπικού.

Σύμφωνα με τα παραπάνω τα ζητήματα λειτουργίας των ΕΕΛ πρέπει να αποτελέσουν αντικείμενο έρευνας και ενασχόλησης από θεσμικούς φορείς της πολιτείας.

Άμεση διασύνδεση και συνεργασία του ΥΠΕΚΑ και των φορέων αυτοδιοίκησης που ανήκουν οι ΕΕΛ με τα πανεπιστήμια. Τα πανεπιστήμια οφείλουν αν πρωτοστατήσουν στην ερεύνα και στις προτάσεις εφαρμοσμένων αμέσων λύσεων για την βελτιστοποίηση λειτουργία των ΕΕΛ. Απαραίτητες είναι οι επισκέψεις σε όλες τις ΕΕΛ της χώρας που βρίσκονται σε λειτουργία. Αυτό μπορεί να γίνει με το κάθε πανεπιστημιακό ίδρυμα να αναλάβει τις ΕΕΛ ανάλογα με τη περιφέρεια που ανήκει. Να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων και να προταθούν λύσεις. Κάθε αποτέλεσμα της ερευνας οφείλει να δημοσιεύεται στη βάση δεδομένων και να πραγματοποιούνται τακτικά προγράμματα ενημέρωσης και επιμόρφωσης του προσωπικού των ΕΕΛ.

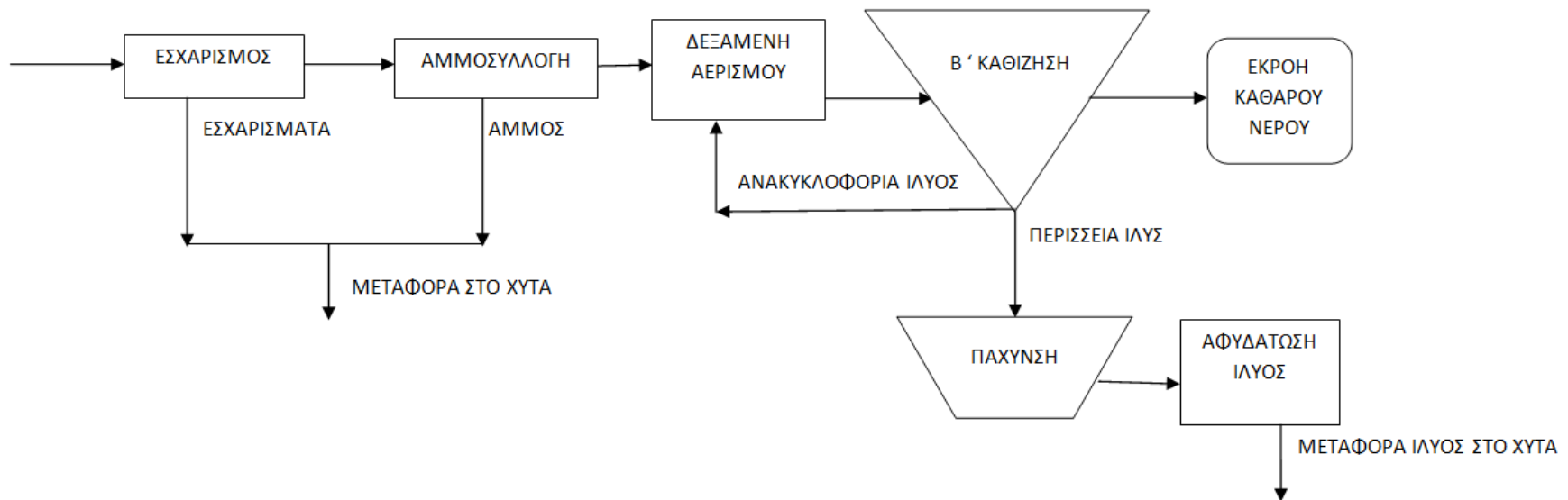
## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Διαλυνάς Γ. «Λειτουργία και συντήρηση μικρών μονάδων επεξεργασίας λυμάτων», 1994.
- Metcalf & Eddy (Tchobanoglou) « Μηχανική υγρών αποβλήτων» Τόμος Α&Β
- Λυμπεράτος Γερ.& Βαγενάς Δ. «Διαχείριση υγρών αποβλήτων», 2011
- Οδηγός λειτουργίας μονάδων επεξεργασίας λυμάτων Στ.Τραγανίτης Χημ.Μηχ/κός, Ι.Σκουμπούρης Χημ.Μηχ/κός ΕΕΤΑΑ Δεκ. 1995.
- ΟΔΗΓΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ, ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ 2006
- Ελληνική Εταιρία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης ΑΕ, «Οδηγός Αντλιών», 2000
- Αποστολίδης Χαρ., «Οδηγός για την οργάνωση της συντήρησης μονάδων επεξεργασίας λυμάτων», Σειρά: Επεξεργασία Νερού:2, (Ε.Ε.Τ.Α.Α. Α.Ε), Δεκέμβριος 1995.
- Μαρκαντωνάτος Γρηγόρης, «Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων», Β΄ Έκδοση, Αθήνα 1990.
- Στάμου Αναστάσιος, “Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Λυμάτων - με παρατεταμένο αερισμό και βιολογική απομάκρυνση θρεπτικών”, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1996.
- Τσώνης Στυλιανός, «Επεξεργασία Λυμάτων», Παπασωτηρίου 2004.
- Μαυρουδής Ιωάννης, «Αντλίες και Σωληνώσεις», 2000
- Ευθύμιος Νταρακάς, Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Α.Π.Θ. 2010
- Αϊβαζίδης Αλέξανδρος, Τεχνολογία διαχείρισης υγρών αποβλήτων Δ.Π.Θ.2000
- Αϊβαζίδης Αλέξανδρος, Περιβαλλοντική μικροβιολογία Δ.Π.Θ.1999
- Αγγελάκης Α., Βούρβαχη Κ., Διαβάτης Η., Ευμορφοπούλου Α., Κάρτσωνας Ν., Μαμάης Δ., Στάμου Α. και Μποσδογιάννη Α. (2005). Εναλλακτικοί τρόποι διαχείρισης των παραπροϊόντων από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. ΤΕΕ, Μόνιμη Επιτροπή Οικολογίας Περιβάλλοντος.
- S Rossetti, MC Tomei, PH Nielsen, V Tandoi FEMS microbiology reviews 29 (1), 49-64 “Microthrix parvicella”, a filamentous bacterium causing bulking and foaming in activated sludge systems: a review of current knowledge

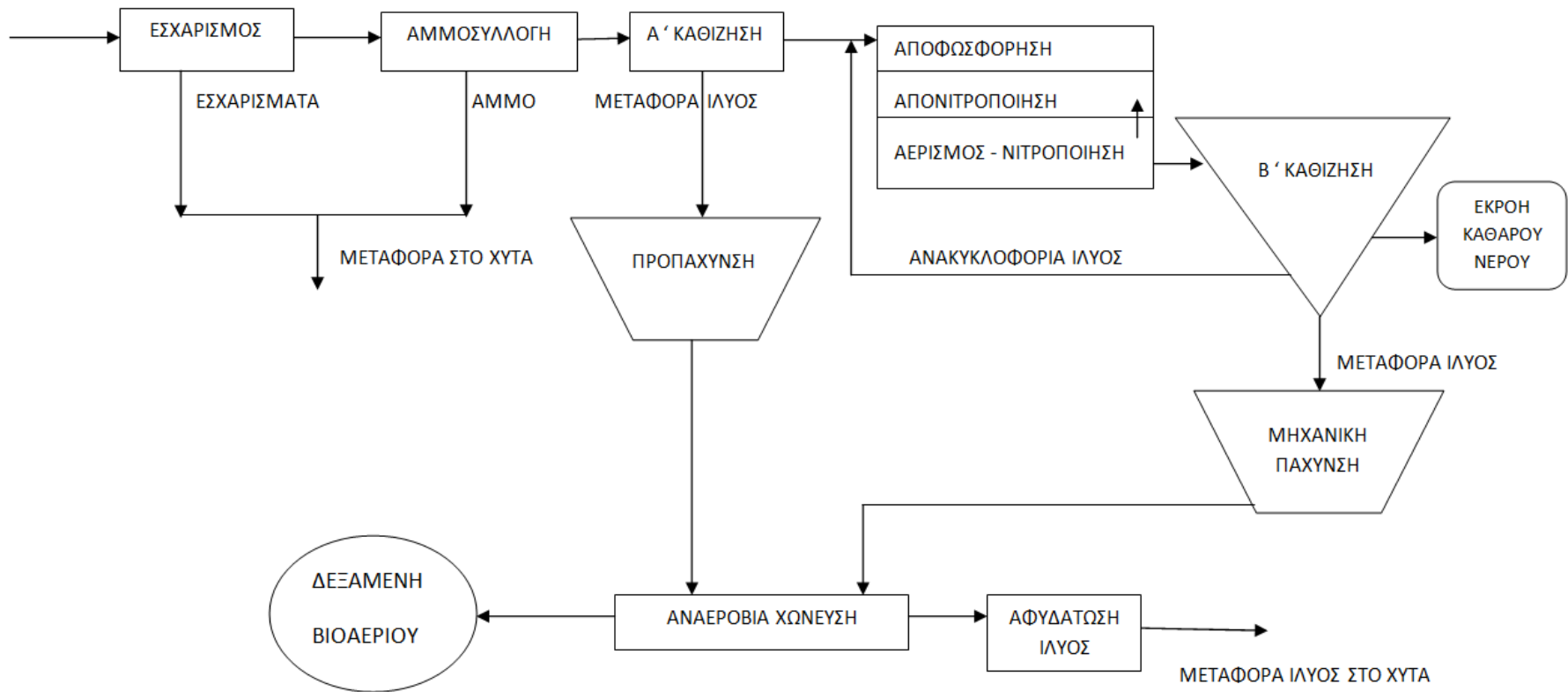
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

---

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



Διάγραμμα ροής: ΕΕΛ ενεργού ιλύος με το σύστημα παρατεταμένου αερισμού.



Διάγραμμα ροής: EEL ενεργού ιλύος με ταυτόχρονη απομάκρυνση φωσφόρου και αζώτου (νιτροποίηση – απονιτροποίηση).

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

**Θέμα : Καταγραφή και ανάλυση προβλημάτων λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων (ΜΕΥΑ – βιολογικοί καθαρισμοί ) και προτάσεις λύσης αυτών.**

Αξιότιμοι κύριοι/κύριες

Στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής εργασίας ειδίκευσης μου, θα πραγματοποιήσω μια έρευνα σχετικά με τα προβλήματα που εμφανίζονται στη λειτουργία ΜΕΥΑ. Αφού ολοκληρωθεί η καταγραφή και ανάλυση των προβλημάτων λειτουργίας θα δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων με τα προβλήματα αυτά και θα προταθούν λύσεις αντιμετώπισης τους.

Η εργασία θα υλοποιηθεί σε συνεργασία με την επιβλέπουσα καθηγήτρια, του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Π.Θ. κ. Λασπίδου Χρυσή.

Για την εκπλήρωση του παραπάνω σκοπού δημιουργήθηκε το παρακάτω ερωτηματολόγιο και σε συνδυασμό με την επιτόπια επίσκεψη της αντίστοιχης ΜΕΥΑ (εφόσον είναι εφικτό) θα προσπαθήσω για την αποτελεσματικότερη διεξαγωγή της έρευνας.

Τα αποτελέσματα της εργασίας θα σας είναι διαθέσιμα μετά την ολοκλήρωση της, εφόσον το επιθυμείτε.

Ευχαριστούμε προκαταβολικά.  
Πληροφορίες :

**Δρ. Λασπίδου Χρυσή** ([laspidou@uth.gr](mailto:laspidou@uth.gr))  
Περιβαλλοντολόγος Μηχανικός  
Επίκουρη Καθηγήτρια  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Τηλέφωνα επικοινωνίας: 6972621998  
2421074147

Τσιγαρδάς Σωκράτης - Ιωάννης ([tsigsok@yahoo.gr](mailto:tsigsok@yahoo.gr))  
Μηχανικός Περιβάλλοντος ΔΠΘ  
Μεταπτυχιακός φοιτητής  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Τηλέφωνα επικοινωνίας: 6976432257

A. Δυναμικό και χαρακτηριστικά της ΜΕΥΑ.

Ποιος φορέας είναι υπεύθυνος για τη συντήρηση και λειτουργία της ΜΕΥΑ:.....

.....  
.....

Ποιος είναι ο αριθμός των ισοδύναμων κατοίκων (ι.κ.) που μπορεί να εξυπηρετήσει η ΜΕΥΑ:.....

.....  
.....

Ποιος ο τρέχων αριθμός ι.κ. που εξυπηρετείται από την ΜΕΥΑ σήμερα:.....

.....  
.....

Τι βαθμό επεξεργασίας λυμάτων (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια) παρέχει σήμερα η ΜΕΥΑ;.....

.....

Ποιο βασικό τύπο επεξεργασίας λυμάτων ακολουθεί η ΜΕΥΑ, διάγραμμα ροής ΜΕΥΑ;.....

.....  
.....

Οι εργαστηριακές μετρήσεις των διαφόρων παραμέτρων των λυμάτων, πραγματοποιούνται εντός της ΜΕΥΑ ή σε άλλο εργαστήριο;.....

.....

Υπάρχει η κατάλληλη <<επάνδρωση>> σε προσωπικό (επιστημονικό και μη), εργαστηριακό εξοπλισμό και εξοπλισμό γενικά για τη λειτουργία της μονάδας;.....

.....

B. Εσχάρωση

Ποιοι είναι οι τύποι εσχάρων που χρησιμοποιούνται;.....  
.....

Ποια η απόσταση των διάκενων των εσχάρων (mm);.....  
.....

Οι εσχάρες βρίσκονται σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο;.....  
.....

Ποια είναι τα συχνότερα λειτουργικά προβλήματα που εμφανίζονται;

- Φράξιμο εσχάρων; .....
- Οσμές;.....
- Καθίζηση ιλύος στο κανάλι μεταφοράς προς την επομένη διεργασία;.....

Ποια εποχιακή περίοδο του έτους εμφανίζονται τα προβλήματα κυρίως;

- Χειμώνα;
- Καλοκαίρι;

Οι βροχοπτώσεις εντείνουν τα προβλήματα;.....  
.....

Πόσο συχνά εμφανίζονται τυχόν προβλήματα;.....  
.....

Πως τα αντιμετωπίζεται;.....  
.....

Γ.Εξάμμωση-Συστήματα αμμοσυλλογής

Ποιος είναι ο τύπος αμμοσυλλέκτη που χρησιμοποιείται;

- Μακρόστενοι
- Τετραγωνικοί
- Κυκλικοί

Αεριζόμενοι;.....  
.....

Βρίσκονται σε κλειστό ή ανοικτό χώρο;.....  
.....



Ποια είναι τα κυριότερα προβλήματα που εμφανίζονται;.....

.....

- Ιζήματα και συγκέντρωση άμμου στο κανάλι;.....

- Επιπλέοντα λίπη;.....

- Οσμές;.....

Ποια εποχιακή περίοδο του έτους εμφανίζονται τα προβλήματα κυρίως;.....

.....

Οι βροχοπτώσεις επηρεάζουν τα προβλήματα;.....

.....

Πόσο συχνά εμφανίζονται τυχόν προβλήματα;.....

.....

Πώς τα αντιμετωπίζεται;.....

.....

Δ. Πρωτοβάθμιες δεξαμενές καθίζησης.
--------------------------------------

Υπάρχουν δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης;.....

.....

Ποια είναι τα συχνότερα προβλήματα που εμφανίζονται;

- Λίπη στην επιφάνεια;

- Οσμές ;

- Βούλωμα αντλιών;

Ποσό συχνά εμφανίζονται;.....

.....

Ποια περίοδο του έτους;.....

.....

Πώς τα αντιμετωπίζεται;.....

.....

Δ. Δεξαμενή αερισμού/Βιοαντιδραστήρες

Ποια είναι τα συχνότερα προβλήματα που εμφανίζονται στη φάση του αερισμού των λυμάτων;

- Ανομοιόμορφη ανάμιξη:

Οσμές;

Καθίζηση ιλύος;

- Αφρισμός:

Καθίζηση ιλύος;

Οσμές ;

Χρώμα αφρού;

Υπάρχουν ικανοποιητικές ενδείξεις των παραμέτρων που καταγράφονται;

Ph, διαλυμένο οξυγόνο, θερμοκρασία κ.α.....  
.....

Ποια χρονική περίοδο εμφανίζονται κυρίως τα προβλήματα αυτά;

- Χειμώνα;
- Καλοκαίρι;

Πιθανές αιτίες των παραπάνω φαινομένων;.....  
.....  
.....

Συχνότητα εμφάνισης των παραπάνω προβλημάτων;.....  
.....

Πώς τα αντιμετωπίζετε;.....  
.....

Ε. Δευτεροβάθμια δεξαμενή καθίζησης.

Ποια είναι τα σημαντικότερα προβλήματα που εμφανίζονται στη διαδικασία αυτή;

- Μεγάλη συγκέντρωση παρασυρόμενων στερεών στην εκροή;
- Διόγκωση ιλύος στην επιφάνεια της δεξαμενής;
- Ανύψωση ιλύος στην επιφάνεια της δεξαμενής; (Πιθανή απονιτροποίηση στη ΔΔΚ)
- Σταχτώδη επιπλέοντα;

- Θολή εκροή;
- Αποχωρισμένοι φλόκοι;
- Οσμές;

Ποσό συχνά εμφανίζονται;.....  
.....

Ποια χρονική περίοδο του έτους;.....  
.....

Υπάρχουν ενδείξεις σε μετρήσεις που προμηνύουν τέτοια φαινόμενα;.....  
.....

Πώς τα αντιμετωπίζεται;.....  
.....  
.....

Ζ. Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ιλύος .

Ποιο είναι το ποσοστό ανακυκλοφορίας της ιλύος (R);.....  
.....

Πραγματοποιούνται συχνές ρυθμίσεις στο ποσοστό επανακυκλοφορίας της ιλύος;.....  
.....

Η ανακυκλοφορία της ιλύος γίνεται απευθείας στη ΔΑ ή σε δεξαμενή βιολεπιλογής;... ..  
.....

Ποια προβλήματα εμφανίζονται συνήθως;

- Έμφραξη αντλιών;
- Οσμές;

Πόσο συχνά εμφανίζονται;.....  
.....

Πώς τα αντιμετωπίζεται;.....  
.....

Η. Τμήμα επεξεργασίας λάσπης.

Ποια μέθοδο χρησιμοποιείτε για την αφυδάτωση της ιλύος;

- Κλίνες ξήρασης;
- Ταινιοφιλτρόπρεσσα;

- Πάχυνση;
- Άλλη μέθοδος;
- Ποια είναι τα συχνότερα προβλήματα που εμφανίζονται;
- Δυσσομία;
- Πόσο συχνά εμφανίζονται;

Πώς τα αντιμετωπίζεται;.....  
.....

Θ. Αντλιοστάσιο στραγγιδίων.

Ποια προβλήματα εμφανίζονται στη λειτουργία του αντλιοστασίου στραγγιδίων;.....  
.....

Πόσο συχνά;.....  
.....

Πως τα αντιμετωπίζεται;.....  
.....

Ι. Απολύμανση λυμάτων στην εκροή.

Η απολύμανση πραγματοποιείται με :

- Όζον;
- Χλώριο;

Ποια προβλήματα εμφανίζονται στην απολύμανση;

- Πιθανή υψηλή χρήση χημικών;
- Εμφάνιση λάσπης;

Πόσο συχνά εμφανίζονται;.....  
.....

Πώς τα αντιμετωπίζεται;.....  
.....

Κ. Γενικές ερωτήσεις.

Πόσο συχνά εμφανίζονται Η/Μ προβλήματα;.....  
.....

Σε ποιο τμήμα του τραίνου της επεξεργασίας;.....  
.....

Πόσο συχνά επιδιορθώνεται / ανανεώνεται / συντηρείται ο Η/Μ εξοπλισμός;.....  
.....

Τι γίνεται με τα λίπη που εμφανίζονται σε κάποια τμήματα της ΕΕΛ;.....  
.....

Πού κατευθύνεται η επεξεργασμένη λάσπη;.....  
.....

Πού εκρέουν τα επεξεργασμένα λύματα;.....

