



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΤΜΗΜΑ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Ν.Π.Μ.Σ.**  
**Περιβαλλοντική &  
Οικολογική Μηχανική**  
**«Θεοφράστειο»**

Υπεύθυνοι καθηγητές:  
Λέκκας Θ.  
Παρασκευάς Π.

## ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

### Προβλήματα & Λύσεις

*Πτυχιακή Εργασία*

**Επιμέλεια: Δαμιανός Παντελής**  
**Μυτιλήνη, 2004**

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ</b>	1
<b>ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ</b>	
ΚΡΟΚΙΔΩΣΗ	6
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ	7
ΡΗ	7
Θερμοκρασία	8
Διαλυμένο οξυγόνο	8
Θρεπτικά	9
Φύση των υγρών αποβλήτων	10
ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ	10
Βακτήρια	11
Μύκητες	11
Πρωτόζωα	12
Νηματοειδής μικροοργανισμοί	12
Τροχόζωα	12
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ	14
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	15
Χρόνος αερισμού	15
Οργανική φόρτιση	15
Ηλικία ιλύος	16
Άλλες παράμετροι	17
<b>ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	
Οπτικές/αισθητικές ενδείξεις	18
Χρώμα	18
Μυρωδιά	18
Αφροί	19
Ανάπτυξη φυκών	19
Θολότητα των επεξεργασμένων νερών	19
	20
<b>Φυσαλίδες</b>	
Επιπλέοντα υλικά	20
Συσώρευση στερεών	20
Ροή ρευστών	20
Αιώρηση ανάμεικτου υγρού	21
Αναλυτικές ενδείξεις	21
Διαλυμένο οξυγόνο	21
BOD & COD	22
Ειδικός ρυθμός ανάλωσης διαλυμένου οξυγόνου	23
SS & VSS	23
Test καθίζησης 30 min (SVI & SSVI)	24
Θρεπτικά	25

ph & Redox Potential	25
Λάδια & λίπη	26
Θερμοκρασία	26
Ύψος λάσπης στον καθιζητήρα	27
Παρατηρήσεις με μικροσκόπιο	27
Μορφολογικά χαρακτηριστικά των φλόκων σε σχέση με τη λειτουργία της Εγκατάστασης	27
Παρουσία και το είδος των πρωτόζωων σε σχέση με την ποιότητα των επεξεργασμένων νερών	28
Ταυτοποίηση νηματοειδών βακτηρίων	30
Διαπίστωση εισόδου τοξικών στο σύστημα	30
Τα πρωτόζωα, δείκτες λειτουργίας της εγκατάστασης	30
<b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	37
Η ανάλυση του συστήματος	38
Οι απαραίτητες χημικές αναλύσεις	38
Μετρήσεις των παροχών των σημαντικότερων ρευστών στην εγκατάσταση	38
Η κατάστρωση των ισοζυγίων	39
Συλλογή στοιχείων κατανάλωσης και κατάστρωση της μηνιαίας αναφοράς της	40

απόδοσης της εγκατάστασης

#### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΙΛΥΟΣ

##### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΗ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ

Αποκροκίδωση	47
Φλόκος με μέγεθος κεφαλής καρφίτσας	47
Απονιτροποίηση	48
Αφρισμός	48

<b>ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ (TROUBLE SHOOTING) ΜΗ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ</b>	
ΟΔΗΓΟΣ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΜΗ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ	52

#### ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΙΛΥΟΣ

Νηματοειδής διόγκωση	67
Μη νηματοειδής διόγκωση	75

#### ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ (TROUBLE SHOOTING) ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ

Προσδιορισμός προβλημάτων	76
Παρουσία νηματοειδών	77
Καθιζησιμότητα ιλύος	79
Κώνος του Imhoff	79
Έλεγχος της διόγκωσης	79
Ειδικά μέτρα ελέγχου	86

Λειτουργικός έλεγχος	87
Φορτίο στερεών	87
Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου	89
Σημτικότητα των λυμάτων	91
Ισορροπία θρεπτικών	91
Έλεγχος φόρτισης ιλύος	92
Προσθήκη χημικών	93
Βιοκτόνα	93
Κροκιδωτικά	94
Τροποποίηση της διεργασίας	96
Καθεσώς ανάμειξης	96
Επιλογέας	96
Ανοξική ζώνη	97

## ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΟΧΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥΣ

ΟΧΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΘΕΣΕΙΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ	99
Δυσσομίες	100
Θέσεις δημιουργίας δυσσομιών	101
Σταγονίδια	102
Τοξικοί αέριοι ρύποι	102
Θόρυβοι	103
Έντομα	104
ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΟΧΛΗΣΕΩΝ	106
Γενικές μέθοδοι	106
Προσθήκη χημικών	106
Αερισμός	107
Υδραυλικός σχεδιασμός	107
Κανόνες καθαριότητας	108
Διατάξεις απόσμησης	108
Αναχώματα και δέντρα	108
Ειδικές μέθοδοι αντιμετώπισης καιά μονάδα	109
Αποχετευτικό σύστημα	109
Προκαταρκτική επεξεργασία	109
Βιολογική επεξεργασία	111
Επεξεργασία Λάσπης	112
Γεννήτριες	113

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (CASE STUDIES)

Καλαμάτα, Καλαμπάκα, Κόρινθος – Λουτράκι	114
Αλεξανδρούπολη, Κομοτηνή, Ξάνθη	116
Σέρρες	117
Καρδίτσα	117
Μυτιλήνη	118
Κοζάνη	118
Καστοριά	118
Ορεστιάδα	119



## *ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ*

Η απόρριψη υπερβολικών ποσοτήτων αστικών λυμάτων σε υδάτινους αποδέκτες είναι ένα από τα εκτεταμένα προβλήματα ρύπανσης που αντιμετωπίζει η παράκτια ζώνη. Με τον όρο αστικά λύματα νοούνται τα οικιακά λύματα ή το μείγμα οικιακών με βιομηχανικά λύματα ή/και όμβρια ύδατα. Η επίδραση των αστικών λυμάτων πάνω στο περιβάλλον (για την Ελλάδα, κυρίως στο υδατικό) έχει μια σειρά από αρνητικά αποτελέσματα – προβλήματα:

- Αισθητικής άποψης
- Υγείας από παθογόνους οργανισμούς
- Υγείας από τοξικά ή καρκινογόνα οργανικά και μη συστατικά
- Ευτροφισμού

Σε ότι αφορά το τελευταίο, τα θρεπτικά άλατα (νιτρικά και φωσφορικά) που περιέχονται στο οργανικό φορτίο των οικιακών λυμάτων είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε μια εντυπωσιακή αύξηση της βιομάζας των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών που όταν αποσυντίθενται καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες διαλυμένου οξυγόνου. Ύστερο αποτέλεσμα μπορεί να είναι η δημιουργία ανοξικών έως αναερόβιων συνθηκών και η παραγωγή τελικών προϊόντων όπως  $H_2S$ ,  $NH_3$  και  $CH_4$ , προϊόντα δύσοσμα και τοξικά σε πολλούς οργανισμούς (Κουτσούμπας, 2003, Φυτιάνος, 1996).

Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους αντιμετώπισης της ρύπανσης των υδάτινων πόρων από τα λύματα είναι οι Μονάδες Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων (ΜΕΥΑ). Οι ΜΕΥΑ έχουν ως σκοπό τον καθαρισμό (διαχωρισμό) των υγρών αποβλήτων από τα “βλαβερά” συστατικά που περιέχουν, ώστε αυτά να διατεθούν ακίνδυνα στο περιβάλλον (Ανδρεαδάκης, 1986, Στάμου,1995).

Ως “βλαβερά” συστατικά των αποβλήτων θεωρούνται τα ογκώδη αντικείμενα, η άμμος, τα μικρού μεγέθους στερεά που αιωρούνται στη μάζα των αποβλήτων (αιωρούμενα στερεά), τα οργανικά – φυσικά συστατικά (π.χ. υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη), οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα θρεπτικά στοιχεία (άζωτο και φώσφορος) (Στάμου,1995).

Το συμβούλιο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων εξέδωσε στις 21 Μαΐου 1991 μια οδηγία (91/271/ΕΟΚ) για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (ΚΥΑ 5673/400/1997 για εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας), στην οποία προβλέπεται ότι θα πρέπει να εγκατασταθούν ΜΕΥΑ σε όλες τις πόλεις της Κοινότητας.

Συγκεκριμένα, προτείνεται ότι τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε τα αστικά λύματα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα να υποβάλλονται, πριν την απόρριψή τους, σε δευτεροβάθμια ή σε ισοδύναμη επεξεργασία, ως εξής:

- το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2000, για όλες τις απορρίξεις λυμάτων από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 15.000,

- το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005, για όλες τις απορρίψεις λυμάτων από οικισμούς με Ι.Π. μεταξύ των 10.000 και 15.000,
- το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005, για τα λύματα που αποβάλλονται σε γλυκά ύδατα και σε εκβολές ποταμών, από οικισμούς με Ι.Π. μεταξύ 2.000 και 10.000

Το αργότερο μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1998, τα αστικά λύματα που αποβάλλονται σε ευαίσθητες περιοχές να υποβάλλονται σε επεξεργασία αυστηρότερη από εκείνη που περιγράφεται παραπάνω, για όλες τις απορρίψεις από οικισμούς με Ι.Π. άνω των 10.000.

Οι προθεσμίες είτε έχουν λήξει είτε λήγουν σε ενάμιση χρόνο. Οι περισσότεροι Δήμοι και Κοινότητες της χώρας μας, έχουν συμμορφωθεί με τη σχετική οδηγία και κατόπιν επιχορηγήσεων έχουν προχωρήσει στην κατασκευή και λειτουργία ΜΕΥΑ. Η μονάδες κατασκευάστηκαν γρήγορα, με αποτέλεσμα κακοτεχνίες που εν μέρει οφείλονται και στην ανευθυνότητα και αναζήτηση του εύκολου χρήματος από τις τεχνικές εταιρίες. Επιπρόσθετα επανδρώθηκαν με προσωπικό που σε αρκετές περιπτώσεις δεν είναι κατάλληλα καταρτισμένο, με αποτέλεσμα αρκετές μονάδες να λειτουργούν με πολλά προβλήματα και άλλες να μην λειτουργούν καθόλου. Να σημειώσουμε στο σημείο αυτό ότι ενώ η κατασκευή επιχορηγείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, τα λειτουργικά έξοδα επιβαρύνουν τον Δήμο και κατ' ουσία τον πολίτη.

Για τους παραπάνω λόγους έγινε μια προσπάθεια να εντοπιστούν τα προβλήματα αυτά και να δοθούν λύσεις. Αρχικά έγινε μία βιβλιογραφική επισκόπηση του θέματος και κατόπιν εστάλησαν



ερωτηματολόγια σε μια πληθώρα υπάρχουσών εγκαταστάσεων μεγάλων και μικρών Δήμων, ώστε να λάβουμε μια εικόνα της κατάστασης που επικρατεί στον ελλαδικό χώρο. Το αποτέλεσμα είναι η πτυχιακή που κρατάτε στα χέρια σας.

### *ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ*

Η διεργασία της ενεργού ιλύος είναι η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων. Αναπτύχθηκε αρχικά από τους Arden και Lockett στο Μάντσεστερ της Αγγλίας στις αρχές του προηγούμενου αιώνα, αλλά η ευρεία εφαρμογή της ξεκίνησε μετά το 1940. Ονομάστηκε έτσι λόγω της παραγώμενης ενεργού λάσπης από μικροοργανισμούς, που έχουν

την ικανότητα της αερόβιας σταθεροποίησης των αποβλήτων (Ανδρεαδάκης, 1986).

Η διαδικασία της ενεργού ιλύος αποτελείται από δύο φάσεις, τον αερισμό και την καθίζηση της ιλύος. Στην πρώτη φάση, τα λύματα οδηγούνται στην δεξαμενή αερισμού που περιέχει τον ανάμικτο μικροβιακό πληθυσμό και προστίθεται αέρας είτε με επιφανειακή ανάδευση ή μέσω διαχυτών πεπιεσμένου αέρα. Ο αερισμός επιτελεί διττή λειτουργία – να προμηθεύει οξυγόνο στους αερόβιους μικροοργανισμούς στον αντιδραστήρα και να διατηρεί τους μικροβιακούς φλόκους σε μια διαρκή κατάσταση αιώρησης, διασφαλίζοντας τη μέγιστη πιθανότητα επαφής της επιφάνειας του φλόκου και των λυμάτων. Αυτή η διαρκής ανάμιξη είναι σημαντική όχι μόνο για τη διασφάλιση επαρκούς τροφής, αλλά και γιατί η μέγιστη συγκέντρωση οξυγόνου αυξάνει τη μεταφορά μάζας και βοηθά τη διασπορά των τελικών προϊόντων του μεταβολισμού έξω από το φλόκο. Καθώς τα λύματα εισέρχονται στη δεξαμενή αερισμού εκτοπίζουν το ανάμικτο υγρό (το μίγμα των λυμάτων και της μικροβιακής μάζας) στη δεξαμενή καθίζησης. Αυτή είναι η δεύτερη φάση, όπου η κροκιδομένη βιομάζα καθιζάνει γρήγορα για να δημιουργήσει την ιλύ και το επιφανειακό στρώμα (θεωρητικά χωρίς στερεά) που υπερχειλίζει της δεξαμενής καθίζησης.

Στα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος παράγονται περίπου 0,5 – 0,8 kg ξηρής λάσπης για κάθε kg βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου ( $BOD_5$ ) που απομακρύνεται. Η ιλύς είναι μία μάλλον αρκετά υδαρής λάσπη με 0,5 – 2,0 % σε στερεά, πράγμα που την καθιστά αντλίσιμη.

Ένα μεγάλο ποσοστό της ενεργού ιλύος επιστρέφει στην δεξαμενή αερισμού όπου λειτουργεί ως υλικό εμβολιασμού μικροοργανισμών, διασφαλίζοντας ότι υπάρχει επαρκής μικροβιακός πληθυσμός για να οξειδώσει πλήρως τα λύματα κατά την παραμονή τους στον αντιδραστήρα. Η περίσσεια της ιλύος απαιτεί επιπλέον επεξεργασία πριν τη διάθεσή της.

Οι δεξαμενές τελικής καθίζησης πρέπει να είναι ικανές να δεχτούν μια μεγάλη ημερήσια και εποχιακή διακύμανση στην παροχή και το ρυπαντικό φορτίο, να ανταπεξέρχονται σε περιπτώσεις όπου παράλληλες γραμμές είναι εκτός για συντήρηση και επίσης να προσαρμόζονται σε λάσπες με προβλήματα καθιζησιμότητας όπως αφρώδεις λάσπες (Gray, 1990).

Ο μηχανισμός απομάκρυνσης, αφομοίωση ή αποδόμηση, μπορεί να επιλεγεί χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες λειτουργικές συνθήκες με συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, η πιο γρήγορη απομάκρυνση του υποστρώματος επιτυγχάνεται με την αφαίρεση της οργανικής ύλης μόνο με αφομοίωση στη βιομάζα που στη συνέχεια καθιζάνει. Τέτοια συστήματα παράγουν περισσότερη ιλύ, που συνεπάγεται αναλογικά μεγαλύτερο κόστος επεξεργασίας και διάθεσης. Η πλήρης οξείδωση (αποδόμηση) των λυμάτων είναι πολύ πιο αργή διαδικασία και απαιτεί μεγάλους χρόνους αερισμού. Έτσι παράγεται πολύ λιγότερη ιλύς, οπότε και μικρότερο το κόστος επεξεργασίας και διάθεσής της, αλλά το κόστος αερισμού είναι κατά πολύ μεγαλύτερο. Συνολικά οι παραλλαγές τις μεθόδου τις ενεργού ιλύος μπορούν να ομαδοποιηθούν στις εξής κατηγορίες:

➤ Συμβατικό (κλασικό) σύστημα

- Πλήρης ανάμιξη
- Βηματικός αερισμός
- Επαφή – σταθεροποίηση
- Εκτεταμένος αερισμός
- Μέθοδος Kraus

Η επιλογή μιας συγκεκριμένης παραλλαγής της μεθόδου της ενεργού ιλύος εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες με τον σημαντικότερο το μέγεθος του πληθυσμού που εξυπηρετεί. Για παράδειγμα, ο παρατεταμένος αερισμός όπως η οξειδωτική τάφρος, χρησιμοποιείται σε μονάδες με ισοδύναμο πλυθισμό από 100 μέχρι 20.000 ενώ η Carrousel από 10.000 έως 100.000, ενώ το συμβατικό σύστημα γενικά για Ι.Π. από 10.000 έως 2.000.000 (Λέκκας, 2001, Gray,1990).

## ΚΡΟΚΙΔΩΣΗ

Η βασική λειτουργική μονάδα της ενεργού ιλύος είναι ο φλόκος.

Κάτω από το μικροσκόπιο, η ενεργός ιλύς, περιλαμβάνει διακριτές συστάδες μικροοργανισμών, γνωστές ως φλόκοι, που ποικίλουν σε μέγεθος και σχήμα. Η καλή κροκίδωση είναι σημαντική για την επιτυχή λειτουργία της διαδικασίας, έτσι ώστε αιωρούμενη, κολλοειδής και ιονισμένη ύλη μέσα στα λύματα να μπορεί να απομακρυνθεί με προσρόφηση και συσσωμάτωση στον αερόβιο αντιδραστήρα και κατόπιν στη δεξαμενή καθίζησης με γρήγορο και αποτελεσματικό διαχωρισμό της λάσπης από την επεξεργασμένη υπερχειλίση. Υπάρχει μια γρήγορη συσσωμάτωση της σωματιδιακής και κολλοειδής ύλης πάνω στους φλόκους μόλις αναμιχθούν η

ενεργός ιλύς και τα λύματα, πράγμα που οδηγεί σε μια δραματική πτώση του υπολειμματικού BOD των λυμάτων.

Η περιεκτικότητα των φλόκων σε πτητικά στερεά είναι γενικά μεγάλη μεταξύ 60 και 90%, αν και αυτό εξαρτάται από την φύση των λυμάτων και την περιεκτικότητα σε ευκολοδιασπάσιμη οργανική ύλη και κολλοειδή, αδρανή συστατικά. Η αναλογία της οργανικής ύλης στο φλόκο επίσης εξαρτάται από το φορτίο ιλύος. Όσο υψηλότερο είναι το τελευταίο, τόσο μεγαλύτερο το ποσοστό οργανικής ύλης του φλόκου, το ίδιο και σε συστήματα που συμπεριλαμβάνεται πρωτοβάθμια καθίζηση. Εκεί όπου η πρωτοβάθμια καθίζηση δεν συγκαταλέγεται στην επεξεργασία, η αναλογία της ανόργανης ύλης με το οργανικό κλάσμα είναι μικρότερη από 40%, συγκρινόμενο με μονάδες που διαθέτουν πρωτοβάθμια καθίζηση που η αναλογία κυμαίνεται στο 70-75%.

Η προσροφητική ικανότητα του φλόκου εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα κατάλληλων κυτταρικών επιφανειών. Μόλις όλες οι “προσροφητικές θέσεις” καταληφθούν, ο φλόκος δεν μπορεί να προσροφήσει άλλες οργανικές ενώσεις μέχρις ότου μεταβολίσει τις προηγούμενες. Η υδρόλυση και αφομοίωση (σταθεροποίηση) των συσσωματωμένων ενώσεων προχωράει πολύ πιο αργά. Έτσι εάν ο υδραυλικός χρόνος παραμονής ( $\theta_c$ ) των λυμάτων στην δεξαμενή αερισμού είναι πολύ μικρός, θα υπάρχει μια σταδιακή μείωση της αφαίρεσης BOD, διότι δεν επαρκεί ο χρόνος για να σταθεροποιηθεί η προσροφημένη οργανική ύλη. Αν και όλοι οι φλόκοι έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο της μονάδας μόνο οι καλά σχηματισμένοι φλόκοι θα καθιζήσουν, με τους μικρούς φλόκους, τους διασκορπισμένους μικροοργανισμούς και στερεά να εκρέουν από την υπερχείλιση. Η

δυνατότητα απομάκρυνσης στις δεξαμενές καθίζησης είναι πολύ χαμηλότερη για μικρότερα σωματίδια, ειδικά για αυτά με διάμετρο μικρότερη από 5  $\mu\text{m}$ .

Η διεργασία εξαρτάται από το συνεχή επανεμβολιασμό με ανακυκλοφορού-μενη ενεργό ιλύ, έτσι ώστε το σύστημα να επιλέγει μόνο τους οργανισμούς που σχηματίζουν φλόκους και μάλιστα καθιζάνουν καλά. Η διαδικασία είναι μικροβιακά αυτορυθμιζόμενη, ανακυκλοφορώντας τους “καλύτερους”, των φλόκων (Gray,1990).

## ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ

Η δραστηριότητα των μικροβιακών πληθυσμών στα απόβλητα καθώς και ο ρυθμός βιοχημικών αντιδράσεων επηρεάζονται από έναν αριθμό περιβαλλοντικών παραγόντων όπως είναι το pH, η θερμοκρασία, το διαλυμένο οξυγόνο, η συγκέντρωση θρεπτικών και η φύση των αποβλήτων.

**pH:** Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στο νερό συνδέεται στενά με το βαθμό ιονισμού των μορίων του νερού. Το βέλτιστο εύρος pH για ανθρακογενή οξείδωση κυμαίνεται από 6.5-8.5. Σε pH μεγαλύτερο του 9 αναστέλλεται η μικροβιακή δραστηριότητα, ενώ σε pH μικρότερο του 6.5 οι μύκητες επικρατούν των βακτηρίων κατά τον ανταγωνισμό για το υπόστρωμα

**Θερμοκρασία:** οι δεξαμενές αερισμού σε συστήματα ενεργού ιλύος λειτουργούν συνήθως σε θερμοκρασίες αποβλήτων 12-25 °C. Οι υψηλές θερμοκρασίες οδηγούν σε αύξηση της μικροβιακής

δραστηριότητας, με συνέπεια την αύξηση του ρυθμού απομάκρυνσης υποστρώματος . Ο αυξημένος μεταβολισμός όμως μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα ανεπάρκειας οξυγόνου. Σύμφωνα με το νόμο του Vant Hoff ο ρυθμός βιολογικής δραστηριότητας διπλασιάζεται για κάθε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10 °C ( για εύρος 5-35 °C). Η μεταβολή στο ρυθμό αντίδρασης, συνάρτηση της θερμοκρασίας, ακολουθεί την εξίσωση του Arrhenius.

$$K_T = K_{20} * \Theta^{T-20}$$

όπου:

T: θερμοκρασία (°C )

$K_T$  : σταθερά ρυθμού αντίδρασης σε θερμοκρασία T ( $d^{-1}$ )

$K_{20}$ : σταθερά ρυθμού αντίδρασης σε θερμοκρασία 20 °C ( $d^{-1}$ )

$\Theta$ : συντελεστής θερμοκρασίας

Αύξηση της θερμοκρασίας σε τιμές μεγαλύτερες των 35 °C, οδηγεί σε μείωση του ρυθμού ανάπτυξης, ο οποίος μηδενίζεται όταν η θερμοκρασία πλησιάζει τους 45 °C.

Διαλυμένο οξυγόνο: ο αερισμός των αποβλήτων στην δεξαμενή αερισμού γίνεται με σκοπό :

- Την ικανοποιητική και συνεχή παροχή διαλυμένου οξυγόνου για την οξειδωση της οργανικής ύλης από τα βακτήρια
- Τη διατήρηση του μικτού υγρού σε αιώρηση
- Τη μίξη του μικτού υγρού και των εισερχομένων αποβλήτων
- Την απομάκρυνση από το διάλυμα της περίσσειας CO<sub>2</sub>, που παράγεται κατά την οξειδωση του οργανικού υλικού.

Ο αερισμός των αποβλήτων γίνεται, είτε με μηχανικά μέσα (π.χ. επιφανειακοί αεριστήρες), είτε με διαχυτήρες αέρα. Η απαίτηση σε διαλυμένο οξυγόνο σε συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος εξαρτάται από τη μέση ηλικία ιλύος ( $\theta_c$ ). Μεγάλο  $\theta_c$  , επιτρέπει τη νιτροποίηση της NH<sub>4</sub>/N στο σύστημα με συνέπεια την αύξηση της απαίτησης σε διαλυμένο οξυγόνο.

Η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 2 mg/l, διότι υπερβολική οξυγόνωση δεν επιταχύνει τις βιολογικές διεργασίες αλλά δημιουργεί προβλήματα αποκροκίδωσης, λόγω της έντονης ανάμιξης. Το διαλυμένο οξυγόνο δεν θα πρέπει να πέφτει κάτω από 0,5 mg/l, διότι μειωμένη παροχή οξυγόνου περιορίζει το μεταβολισμό για την ανθρακογενή οξείδωση . Όταν επιδιώκεται και νιτροποίηση το διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να βρίσκεται κοντά στα 2 mg/l.

Θρεπτικά: οι μικροοργανισμοί για την ανάπτυξή τους χρησιμοποιούν εκτός από τις κύριες θρεπτικές ύλες (C, H, O) που παίρνουν από την οργανική τροφή και κάποια δευτερεύοντα θρεπτικά όπως N, P καθώς και μερικά ιχνοστοιχεία όπως Fe, S, K κλπ. Το σύστημα της ενεργού ιλύος είναι ένα βιολογικό σύστημα με αποτέλεσμα οι απαιτήσεις σε θρεπτικά να καθορίζονται από τη ποσότητα της παραγόμενης βιομάζας. Η βιομάζα σε συστήματα ενεργού ιλύος περιέχει κατά μέσο όρο 8-12% κατά βάρος σε άζωτο (N) και 1-2% κατά βάρος σε φώσφορο (P). Συνεπώς οι απαιτήσεις σε θρεπτικά είναι οι εξής:

Απαιτήσεις σε N (kg/ημ) =  $0.10 * Y_{\text{παρ}} * Q * (S_0 - S_1)$

Απαιτήσεις σε P (kg/ημ) =  $0.015 * Y_{\text{παρ}} * Q * (S_0 - S_1)$

Όπου  $Y_{\text{παρ}}$  = Παρατηρούμενος Συντελεστής Παραγωγής Βιομάζας

Q = Παροχή λυμάτων

$S_0$  = Συγκέντρωση οργανικής τροφής στην εισροή

$S_1$  = Συγκέντρωση διαλυτής οργανικής τροφής στην εκροή

Σε τυπικά συστήματα ενεργού ιλύος που δέχονται αστικά λύματα οι απαιτήσεις σε θρεπτικά δίνονται από το λόγο  $BOD_5/N/P = 100/5/1$  . Συνήθως τα αστικά λύματα περιέχουν οργανική τροφή και θρεπτικά σε αναλογία  $BOD_5/N/P = 100/15/5$  με αποτέλεσμα πολύ σπάνια να εμφανίζονται φαινόμενα έλλειψης θρεπτικών .

Η ανεπάρκεια θρεπτικών εμποδίζει τους μικροοργανισμούς να παράγουν βασικά ένζυμα ή άλλα κυτταρικά συστατικά . Έτσι παρουσιάζεται μειωμένη ανάπτυξη και επηρεάζεται η ικανότητα μεταβολισμού των οργανικών ρύπων. Ανεπάρκεια αζώτου και φωσφόρου προκαλεί επίσης, προβλήματα στην καθίζηση της ιλύος . Εξαιτίας της μείωσης της συγκέντρωσης αζώτου πολλοί μικροοργανισμοί συνθέτουν περισσότερο



εξωκυτταρικό πολυμερές. Αυτό αλλάζει τα χαρακτηριστικά επιφανείας του κυττάρου, με αποτέλεσμα τα κύτταρα να μην σχηματίζουν φλόκους. Η ανεπάρκεια αζώτου και φωσφόρου τέλος είναι μια από τις αιτίες πρόκλησης διόγκωσης της ιλύος (filamentous bulking).

Φύση υγρών αποβλήτων: παρουσία τοξικών ουσιών στα υγρά απόβλητα επηρεάζει τη μεταβολική δραστηριότητα των αερόβιων ετεροτροφικών μικροοργανισμών. Επίσης η διακύμανση του οργανικού φορτίου των υγρών αποβλήτων επηρεάζει τη διεργασία της ενεργού ιλύος και κυριότερα τα χαρακτηριστικά της ιλύος και της καθιζησιμότητας της. Για παράδειγμα, παρουσία υδατανθράκων ευνοεί την ανάπτυξη νηματοειδών μικροοργανισμών στην ιλύ , οδηγώντας σε αύξηση του SVI. Τέλος, η παρουσία απορρυπαντικών στα απόβλητα οδηγεί σε σχηματισμό αφρού στην επιφάνεια της δεξαμενής αερισμού και απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών από το σύστημα μέσω εγκλωβισμού τους στον αφρό.

## ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ

**Η ενεργός ιλύς είναι ένα σύνθετο οικολογικό σύστημα που αποτελείται από διάφορα είδη τα οποία ανταγωνίζονται μεταξύ τους σε όλα τα τροφικά επίπεδα. Τα κυριότερα βιολογικά είδη που παρατηρούνται είναι τα βακτήρια, οι μύκητες, τα πρωτόζωα, τα τροχόζωα και οι νηματοειδείς. Τα κριτήρια επιλογής των μικροοργανισμών στην ενεργό ιλύ είναι :**

- Καλύτερη προσαρμογή στις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες και πιο αποτελεσματική κατανάλωση της διαθέσιμης τροφής.
- Ρυθμός ανάπτυξης μεγαλύτερος του ρυθμού απομάκρυνσης στερεών
- Συμμετοχή στο σχηματισμό βιοκροκίδων και τάση καθίζησης στη δεξαμενή τελικής καθίζησης (ΔΤΚ).

Στο σύστημα της ενεργού ιλύος παρατηρείται μια αύξηση στη μικροβιακή μάζα, κυρίως στα ετεροτροφικά βακτηρίδια και για αυτόν κρίνεται απαραίτητη η αποβολή της περίσσειας ιλύος από τη δεξαμενή τελικής καθίζησης.

Βακτήρια: Τα βακτήρια είναι μονοκύτταροι, ετεροτροφικοί ή αυτοτροφικοί μικροοργανισμοί, αερόβιοι ή αναερόβιοι μεγέθους 0,5-5 μm. Αναπαράγονται κυρίως με διχοτόμηση, με χρόνους αναπαραγωγής που κυμαίνονται από μερικά λεπτά έως και μερικές μέρες. Αποτελούνται από 80% νερό και 20% στερεά ύλη. Η δομική ύλη των βακτηρίων είναι κατά 90% οργανική με κύρια συστατικά τα C, H, O και N και αναλογία  $C_5H_7O_2N$ . Τα στοιχεία που αποτελούν το ανόργανο τμήμα των βακτηρίων είναι κυρίως P, S, N, Ca, Mg, και K. ( Ανδρεαδάκης, 1996)

Στη διεργασία της ενεργού ιλύος τα βακτήρια παρουσιάζονται ως ανεξάρτητα ελεύθερα διεσπαρμένα κύτταρα στο μικτό υγρό, ως βακτήρια που σχηματίζουν βιοκροκίδες (floc formers) και ως διεσπαρμένα μη φλοκοποιά βακτήρια που προσροφούνται όμως στη βιοκροκίδα.

Για την επιλογή τους, σημαντικό ρόλο παίζουν το είδος των αποβλήτων, το pH, η θερμοκρασία, το διαλυμένο οξυγόνο, η συγκέντρωση θρεπτικών, το φορτίο και η ηλικία της ιλύος. Για παράδειγμα υψηλοί ρυθμοί αποβολής ιλύος οδηγούν σε υψηλό ρυθμό ανάπτυξης βακτηρίων. Έτσι επιλέγονται βακτήρια γρήγορα αναπτυσσόμενα και αποκλείονται μικροοργανισμοί από υψηλότερα τροφικά επίπεδα, με συνέπεια την ατελή απομάκρυνση του υποστρώματος.

**Μύκητες:** Οι μύκητες είναι μονοκύτταροι, ετεροτροφικοί, αερόβιοι μικροοργανισμοί νηματώδους κυρίως μορφής με μήκος 300-1000 μm. Είναι ανθεκτικοί σε χαμηλό pH και αρχίζουν να ανταγωνίζονται τα βακτήρια σε pH μικρότερο του 6.0. Για αυτό η έντονη παρουσία τους στη διεργασία της ενεργού ιλύος αποτελεί δείκτη τοξικού σοκ. Οι μύκητες καταναλώνουν μεγάλο εύρος πρωτόζωων και νηματοειδών βακτηρίων και παίζουν ρόλο στο σχηματισμό της βιοκροκίδας όσο και στον έλεγχο της πληθυσμιακής πυκνότητας των νηματοειδών.

**Πρωτόζωα:** Τα πρωτόζωα είναι μονοκύτταροι, ετεροτροφικοί αερόβιοι μικροοργανισμοί μεγέθους 5-500 μm και αποτελούν το 5-12% του ξηρού βάρους του ανάμικτου υγρού. Τα πρωτόζωα επηρεάζουν την απόδοση της διεργασίας καθώς δρουν ως θηρευτές βακτηρίων και αιωρούμενου οργανικού υλικού. Καταναλώνοντας το αιωρούμενο υλικό καθαρίζουν τα επεξεργασμένα απόβλητα μειώνοντας τη θολερότητα της τελικής εκροής και επίσης συμβάλλουν και αυτά, όπως και οι μύκητες στο σχηματισμό βιοκροκίδων, αφού εκκρίνουν πολυσακχαρίτες που ευνοούν τη βιοκροκίδωση. Με αυτόν τον τρόπο βελτιώνουν τη καθιζησιμότητα του ανάμικτου υγρού. Εκτός από τα βακτήρια και τη διαλυτή οργανική τροφή τα πρωτόζωα τρέφονται επίσης και με άλλα άτομα του είδους τους. (Gray, 1990)

**Νηματοειδείς μικροοργανισμοί:** Οι νηματοειδείς είναι πολύ σημαντικοί μικροοργανισμοί. Καταρχήν παρέχουν το στερεό δίκτυο (σκελετό) πάνω στο οποίο αναπτύσσεται η βιοκροκίδα. Απαντώνται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στην ενεργό ιλύ, αφού ο ρυθμός ανάπτυξης τους είναι

*πολύ χαμηλός. Σε συνθήκες χαμηλής συγκέντρωσης διαλυμένων οργανικών, θρεπτικών,  $pH < 6.5$  οι νηματοειδείς πλεονεκτούν έναντι των άλλων μικροοργανισμών, λόγω μεγαλύτερης επιφανείας.*

Στους νηματοειδείς μικροοργανισμούς οφείλεται το φαινόμενο της νηματοειδούς διόγκωσης . Οι νηματοειδείς μικροοργανισμοί εκτείνονται εκτός των βιοκροκίδων και επηρεάζουν τη συμπύκνωση, καθίζηση και πάχυνση της ιλύος. η επίδραση της ύπαρξης νηματοειδών μικροοργανισμών στις βιοκροκίδες προκαλεί δύο είδη δομής : είτε χαλαρή και ανοικτή δομή, είτε δομή γεφύρωσης μεταξύ των βιοκροκίδων. Και στις δύο καταστάσεις, οι νηματοειδείς εμποδίζουν μηχανικά τη καλή καθιζησιμότητα της ενεργού ιλύος.

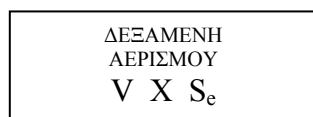
Τροχόζωα: Τα τροχόζωα έχουν μέγεθος 50-500  $\mu m$  και είναι πιο σύνθετοι μικροοργανισμοί από τα πρωτόζωα. Παρουσιάζουν τους υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης στους 20 °C. Παίζουν σημαντικό ρόλο στη σταθεροποίηση των οργανικών αποβλήτων. Αυτό περιλαμβάνει αναζωογόνηση της αποσυνθετικής δραστηριότητας, ενίσχυση της διείδυσης του οξυγόνου και ανακύκλωση των ανόργανων θρεπτικών. Καταναλώνοντας μεγάλες ποσότητες βακτηρίων διατηρούν υγιή το βακτηριακό πληθυσμό και σε μια κατάσταση ενεργειακής ανάπτυξης. Ορισμένα είδη είναι ένδειξη υψηλής ηλικίας ενεργού ιλύος.

Στη διεργασία της ενεργού ιλύος ιδιαίτερη σημασία έχει η επιλογή των μικροοργανισμών. Όταν οι μικροοργανισμοί βρίσκονται στη λογαριθμική φάση π.χ. δεν έχουν τη τάση να συσσωματωθούν με αποτέλεσμα τη συνεχή διαφυγή τους από το σύστημα. Το φαινόμενο της διεσπαρμένης ανάπτυξης παρατηρείται σε μονάδες που λειτουργούν με ηλικία ιλύος ( $\theta_c$ ) μικρότερη των δύο ημερών. Το φαινόμενο της διόγκωσης της ιλύος οφείλεται στη παρουσία νηματοειδών μικροοργανισμών.

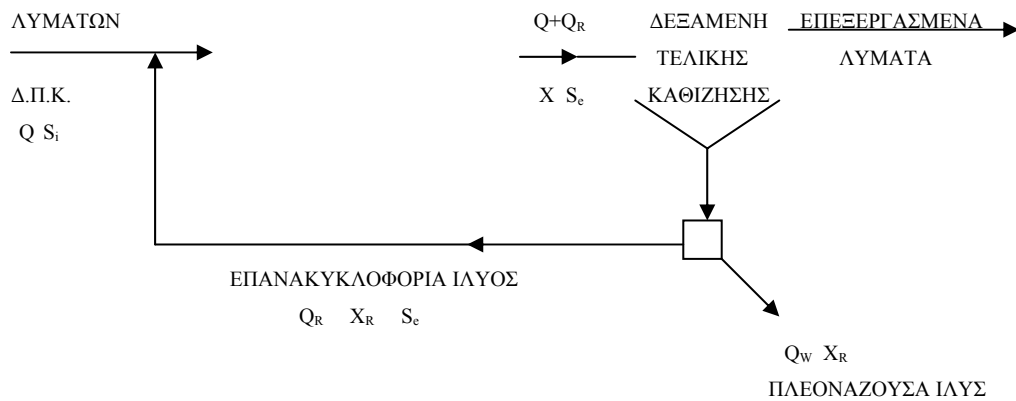
## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ

Το τυπικό σύστημα ενεργού ιλύος περιλαμβάνει συνήθως, δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης, βιολογικό αντιδραστήρα, δεξαμενή τελικής καθίζησης, αντλιοστάσιο επανακυκλοφορίας και αφαίρεση πλεονάζουσας ιλύος και το σύστημα αερισμού του βιολογικού αντιδραστήρα. Η δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης δεν είναι απαραίτητη από λειτουργικής άποψης. Απομακρύνει όμως ένα σημαντικό τμήμα των στερεών (SS) 60-65% και του οργανικού φορτίου 30-40% (COD ή BOD) των λυμάτων, με αποτέλεσμα συχνά να αποτελεί το οικονομικότερο σύστημα.

ΕΙΣΟΔΟΣ



$(Q-Q_w) S_e \quad X_e$



Σχήμα 1 : Βασικές μονάδες συστήματος ενεργού ιλύος

όπου:

$V$ : όγκος δεξαμενής αερισμού ( $m^3$ )

$Q_R$ : παροχή επανακυκλοφορίας ( $m^3/d$ )

$Q$  : παροχή εισόδου ( $m^3/d$ )

$Q_w$  : παροχή πλεονάζουσας ιλύος ( $m^3/d$ )

$X$  : συγκέντρωση μικροοργανισμών στο ανάμικτο υγρό ( $mgVSS/l$ )

$X_e$  : συγκέντρωση μικροοργανισμών στην εκροή ( $mgVSS/l$ )

$S_i$  : συγκέντρωση υποστρώματος στην εισροή ( $mg/l$ )

$S_e$  : συγκέντρωση υποστρώματος στην εκροή ( $mg/l$ )

#### ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Τα αρχικά κριτήρια σχεδιασμού μιας μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ήταν καθαρά εμπειρικά. Ένα από τα πρώτα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για σχεδιαστικούς σκοπούς ήταν το κριτήριο του χρόνου αερισμού (υδραυλικός χρόνος παραμονής) των λυμάτων :

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

όπου,

$V$  : όγκος δεξαμενής αερισμού

$Q$  : παροχή των λυμάτων ( $m^3d^{-1}$ )

Για το σύστημα παρατεταμένου αερισμού ο υδραυλικός χρόνος παραμονής είναι 18-36 ώρες, ενώ για το τυπικό σύστημα ενεργού ιλύος είναι 4-8 ώρες.

Αργότερα, λόγω της εμπειρικά διαπιστωμένης ισχύος των λυμάτων, άρχισε να χρησιμοποιείται η ογκομετρική φόρτιση οργανικού φορτίου (kg οργανικής ύλης ανά m<sup>3</sup> δεξαμενής ανά ημέρα) με χρήση του BOD<sub>5</sub> για την έκφραση του οργανικού φορτίου.

Εκτός από τους παραπάνω παράγοντες, την απόδοση μιας εγκατάστασης επηρεάζει και η συγκέντρωση των μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού. Για το λόγο αυτό το επόμενο κριτήριο που άρχισε να χρησιμοποιείται ήταν η φόρτιση οργανικού φορτίου ανά μονάδα μάζας μικροοργανισμών και όχι ανά μονάδα όγκου του αντιδραστήρα. Το κριτήριο αυτό είναι γνωστό και σαν λόγος τροφή προς μικροοργανισμούς (Food/microorganisms ratio ή F/M).

$$\frac{F}{M} = \frac{S_i}{\theta X}$$

Για το τυπικό σύστημα ενεργού ιλύος το οργανικό φορτίο κυμαίνεται από 0,2 - 0,4 mg BOD/ mg MLVSS \* d, ενώ για το σύστημα παρατεταμένου αερισμού το οργανικό φορτίο είναι χαμηλότερο της τάξεως των 0,05 - 0,15 mg BOD/ mg MLVSS \* d).

Η μέση ηλικία της ιλύος  $\theta_c$  (ημ) αποτελεί το χρόνο ανανέωσης των μικροοργανισμών του συστήματος και ορίζεται από τη σχέση:

$$\theta_c = \frac{\text{μάζα μικροοργανισμών στο σύστημα}}{\text{}}$$

---

ταχύτητα απομάκρυνσης  
πλεονάζουσας ιλύος

$$\theta_c = \frac{VX}{Q_w X_r + (Q - Q_w) X_e}$$

Όπου,

$X_r$ : συγκέντρωση στερεών στη πλεονάζουσα ιλύ (mg VSS/L)

$X_e$ : συγκέντρωση στερεών στη τελική εκροή (mg VSS/L)

$X$ : συγκέντρωση στερεών στην δεξαμενή αερισμού (mg VSS/L)

$V$ : όγκος δεξαμενής αερισμού

$Q_w$ : παροχή πλεονάζουσας ιλύος

$Q$ : παροχή λυμάτων (m<sup>3</sup>/ ημέρα)

Το  $\theta_c$  συσχετίζεται και με το βαθμό απόδοσης  $E$  σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο

$$\frac{1}{\theta_c} = YF/M \frac{E}{100} - K_d = YU - K_d$$

Όπου:

$Y$ : συντελεστής απόδοσης αύξησης (mg MLVSS/mg BOD)

$E$ : βαθμός απόδοσης του συστήματος

$k_d$ : ειδικός ρυθμός θανάτωσης μικροοργανισμών (d<sup>-1</sup>)

$U$ : αποδόμηση που επιτυγχάνεται ανά μονάδα βιομάζας και χρόνου (mg MLVSS/mg BOD)

Η ηλικία της ιλύος  $\theta_c$  σε ένα τυπικό σύστημα ενεργού ιλύος κυμαίνεται από 5 - 15 ημέρες ενώ στο σύστημα παρατεταμένου αερισμού είναι 20-30 ημέρες.

Ο σχεδιασμός μπορεί επίσης να βασιστεί στις εξισώσεις:



$$X = \frac{\theta_c Y (S_i - S_e)}{\theta (1 + K_d \theta_c)}$$

$$S_e = \frac{K_s (1 + \theta_c K_d)}{\theta_c (K_m Y - K_d) - 1}$$

Όπου:

$\theta_c$  = ηλικία της ιλύος (d)

$Y$  = συντελεστής μετατροπής υποστρώματος σε βιομάζα (mg VSS/mg BOD)

$k$  = ειδικός ρυθμός χρήσης υποστρώματος ( $d^{-1}$ )

$k_d$  = ειδικός ρυθμός φθοράς μικροοργανισμών ( $d^{-1}$ )

Χρησιμοποιούνται όμως και οι ακόλουθες παράμετροι που η τιμή τους ελέγχει την ύπαρξη σωστού σχεδιασμού, ή την σωστή λειτουργία της μονάδας.

Η ειδική ταχύτητα χρήσης υποστρώματος:

$$U = \frac{Q}{V} \frac{S_i - S_e}{X}$$

Ο ρυθμός ανάπτυξης των βακτηρίων είναι ευθέως ανάλογος της ειδικής ταχύτητας χρήσης υποστρώματος  $U$  (φόρτιση  $F/M$ ) και αντιστρόφως ανάλογος της ηλικίας αυτών  $\theta_c$

Επιπρόσθετα, έλεγχος καλής λειτουργίας μπορεί να γίνει και με τον παρατηρούμενο συντελεστή μετατροπής του υποστρώματος σε βιομάζα :

$$Y_0 = \frac{Y}{1 + K_d \theta_c}$$

Ο έλεγχος μπορεί να γίνει και με το ποσοστό ανακυκλοφορίας, α καθώς επίσης και με το συντελεστή συμπύκνωσης της βιομάζας  $C$ :

$$a = \frac{Q_r}{Q} \quad \& \quad C = \frac{X_r}{X}$$

### ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ

**Ο υπεύθυνος της λειτουργίας της εγκατάστασης μπορεί να χρησιμοποιήσει οπτικές/αισθητικές και αναλυτικές ενδείξεις**

#### Οπτικές / Αισθητικές ενδείξεις

Οι παρακάτω αισθητικές πληροφορίες μπορεί να χρησιμεύσουν στη διαπίστωση της λειτουργικής κατάστασης του συστήματος (Τραγανίτης, 1995):

- |                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| 1. Χρώμα           | 6. Φυσαλίδες                 |
| 2. Μυρωδιά         | 7. Επιπλέοντα υλικά          |
| 3. Αφροί           | 8. Συσσώρευση στερεών        |
| 4. Ανάπτυξη φυκιών | 9. Ροή ρευστών               |
| 5. Θολότητα νερών  | 10. Αιώρηση ανάμεικτου υγρού |

## 1. Χρώμα

Η λάσπη στη δεξαμενή αερισμού πρέπει να έχει το χρώμα της σοκολάτας

- Χρώμα πολύ σκούρο ή μαύρο δείχνει φτωχό αερισμό
- Αν το χρώμα είναι ασυνήθιστο, πιθανόν να έχουν πέσει βιομηχανικά απόβλητα
- Χρώμα ανοικτό είναι ενδεικτικό μικρών ηλικιών των λασπών, ενώ σκούρο χρώμα μεγάλων ηλικιών
- Αν το χρώμα είναι γκριζο, τότε έχουμε ανεπαρκή οξυγόνωση της ενεργού ιλύος εποχιακή αυτή μεταβολή της σύστασης της βιομάζα

## 2. Μυρωδιά

Τα νερά στη δεξαμενή αερισμού πρέπει να έχουν ελαφρώς την μυρωδιά της μούχλας

- **Αν οι δεξαμενές αερισμού μυρίζουν μάλλον ευχάριστα, σαν νερά ποταμού, τότε έχουμε μικρή φόρτιση στις δεξαμενές, καλό αερισμό και υψηλή απόδοση καθαρισμού.**
- Αν η μυρωδιά είναι δυσάρεστη, τότε οι δεξαμενές δεν αερίζονται καλά, εργάζονται μάλλον σε υψηλή φόρτιση ή έχει πέσει στις δεξαμενές βοθρόλυμα με έντονη μυρωδιά.
- Μυρωδιά κλούβιου αυγού ή ψαρίλας ή μυρωδιά τουαλέτας είναι ενδεικτική αναερόβιων συνθηκών.

## 3. Αφροί

Οι αφροί δείχνουν ή ανεπαρκή ποσότητα ανάμεικτου υγρού, ή χαμηλή ηλικία λασπών ή ύπαρξη νηματοειδών βακτηρίων.

Τα προβλήματα και η αντιμετώπιση των αφρών αναλύονται στο κεφάλαιο "Προβλήματα διαχωρισμού που δεν σχετίζονται με τη διόγκωση".

Συνοπτικά αναφέρεται ότι:

- Λεπτός και λευκός αφρός, σαν τον αφρό των απορρυπαντικών, σημαίνει λάσπη πολύ μικρής ηλικίας.
- Αν ο αφρός έχει το χρώμα του μους σοκολάτας και είναι παχύς στην υφή, τότε έχουμε αφρολάσπες με λίπη ή αφρολάσπες με νηματοειδή.
- Οι αφροί αυτοί είναι περισσότεροι σε ζώνες απονιτροποίησης.

- Παχύς και σκούρος αφρός υποδηλώνει μεγάλη ηλικία μικροοργανισμών.
- Υπερβολικός αφρός υποδηλώνει ή την ύπαρξη μεγάλης ποσότητας απορρυπαντικών (λευκός αφρός) ή την παρουσία νηματοειδών μικροοργανισμών (ανοιχτός καστανός αφρός).

#### **4. Ανάπτυξη φυκών**

Τα φύκια αναπτύσσονται πάντοτε στα τοιχώματα των δεξαμενών αερισμού και στα κανάλια των δευτεροβαθμίων καθιζήσεων. Η ανάπτυξη αυτή είναι η συνέπεια της ύπαρξης αζώτου και φωσφόρου στα νερά. Υπερβολική ανάπτυξη όμως των φυκών οφείλεται σε αυξημένες στα νερά ποσότητες είτε αζώτου είτε φωσφόρου.

#### **5. Θολότητα των επεξεργασμένων νερών**

Η θολρότητα των επεξεργασμένων νερών υποδηλώνουν λειτουργικά προβλήματα. Το διήθημα του επεξεργασμένου νερού πρέπει να είναι διαυγές, άσχετα αν το νερό έχει λίγα ή πολλά αιωρούμενα στερεά, ως επίσης πρέπει να έχει υποκίτρινη χροιά και όχι δυσάρεστη μυρωδιά.

Αν το νερό είναι θολό και η θολότητα του δεν οφείλεται στα αιωρούμενα στερεά, τότε:

- η οξυγόνωση είναι ανεπαρκής ή
- η φόρτιση των δεξαμενών είναι παρά πολύ μεγάλη.

#### **6. Φυσαλίδες**

Φυσαλίδες στον καθιζητήρα δείχνουν ότι η λάσπη έχει μεγάλο χρόνο παραμονής σε αυτόν. Αν η λάσπη παραμένει στον καθιζητήρα πολύ χρόνο, τότε η λάσπη κοντά στον πυθμένα καθίσταται αναερόβια, με αποτέλεσμα την έκλυση αερίων όπως διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και υδροθείου. Η έκλυση των αερίων αυτών προκαλεί ανύψωση λασπών οι οποίες επιπλέουν και στη συνέχεια καταλήγουν ενδεχόμενα στο επεξεργασμένο νερό.

#### **7. Επιπλέοντα υλικά**

Τα επιπλέοντα υλικά είναι ενδείξεις:

- εισόδου μεγάλων ποσοτήτων ελαίων και λιπών
- υπερβολικού αερισμού
- διογκωμένης λάσπης

#### **8. Συσσώρευση στερεών**

Συσώρευση στερεών σε διάφορα σημεία των δεξαμενών είναι ένδειξη ανεπαρκούς ανάμειξης. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να διαπιστώσει κανείς με μία ράβδο, αναμοχλεύοντας σημεία που πιθανόν να υπάρχουν στερεά. Στα συσσωματώματα αυτά είναι δυνατόν να αναπτυχθούν αναερόβιες συνθήκες. Εάν στη συνέχεια αυτά, μετά από ανάδευση, βρεθούν πάλι εν αιωρήσει, οι λάσπες οι οποίες τα συνέθεταν θα καταλήξουν στον καθιζητήρα σαν διαλυμένοι φλόκοι (αποκροκίδωση).

Σε περίπτωση εναπόθεσης στερεών στις δεξαμενές, ελέγχουμε την ένταση της ανάδευσης και τη λειτουργία του εξαμμωτή.

### **9. Ροή ρευστών**

Η παρατήρηση του τρόπου, με τον οποίο προχωρούν τα ρευστά από δεξαμενή σε δεξαμενή, είναι εξαιρετικά χρήσιμη. Διότι μπορεί να διαπιστωθούν υδραυλικά βραχυκυκλώματα, κατά τα οποία τα ρευστά οδεύουν από την είσοδο μιας δεξαμενής κατ' ευθεία προς την έξοδο αυτής. Τα βραχυκυκλώματα αυτά προκαλούν μείωση στο χρόνο παραμονής των ρευστών στις δεξαμενές, με συνέπεια, ανεπαρκή επεξεργασία και λειτουργικά προβλήματα στον καθιζητήρα. Τα βραχυκυκλώματα αυτά πρέπει να εξαλείφονται με κάθε θυσία. Η διαπίστωση των βραχυκυκλωμάτων μπορεί να γίνει από τη ροή αφρών ή άλλων επιπλεόντων υλικών.

### **10. Αιώρηση ανάμεικτου υγρού**

Το είδος της αιώρησης του ανάμεικτου υγρού και το τυρβώδες της ροής του είναι δυνατόν να αποκαλύψουν τυχόν βλάβες στην λειτουργία του εξοπλισμού αερισμού π.χ. έμφραξη διάχυτων ή κακή ρύθμιση του χρονοδιακόπτη που οδηγεί ένα επιφανειακό αεριστήρα, η κακή βύθιση του επιφανειακού αεριστήρα.

### **Αναλυτικές ενδείξεις**

Οι αναλυτικές ενδείξεις είναι σημαντικές γιατί αποτελούν τα πρώτα εργαλεία του λειτουργού μιας εγκατάστασης, για τον έλεγχο της και τον υπολογισμό άλλων κρίσιμων λειτουργικών παραμέτρων (Τραγανίτης, 1995). Οι αναλυτικές ενδείξεις είναι:

1. Το διαλυμένο οξυγόνο
2. BOD και COD
3. Ρυθμός κατανάλωσης του οξυγόνου από τα βακτήρια
4. SS και VSS
5. Τεστ καθίζησης 30 min.

6. θρεπτικά
7. ΡΗ και οξειδοαναγωγικό δυναμικό (Redox potential)
8. Λάδια και λίπη
9. θερμοκρασία
10. Βάθος λάσπης στον καθιζητήρα

### **1. Το διαλυμένο οξυγόνο, DO**

Στο σημείο αυτό θα συνοψίσουμε αυτά που ήδη αναφέρθηκαν προηγουμένως:

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου καθορίζει:

- τη φύση των μικροοργανισμών
- επηρεάζει την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας

Η συγκέντρωση του οξυγόνου εξαρτάται από την εποχή του έτους και από την ποιότητα της δραστικής λάσπης. Το καλοκαίρι το DO μπορεί να είναι πολύ μικρότερο από το DO του χειμώνα. Αν το σύστημα ενεργού ιλύος δεν έχει προβλήματα καθίζησης, αφρών, απονιτροποίησης, τότε συνιστάται, η συγκέντρωση του οξυγόνου να είναι: DO <1 mg/l το καλοκαίρι και DO >2 mg/l το χειμώνα. Από τα ανωτέρω συμπεραίνεται η εξαιρετική σημασία του διαλυμένου οξυγόνου στη λειτουργία της εγκατάστασης. Για το λόγο αυτό, πέραν της ανάγκης να υπάρχει αυτόματο σύστημα μέτρησης του DO και λειτουργίας των αεριστήρων, για την εξοικονόμηση ενέργειας, πρέπει να γίνονται τακτικοί έλεγχοι και μετρήσεις με φορητά οξυγονόμετρα σε πολλά σημεία μέσα στις δεξαμενές αερισμού. Ο αριθμός των σημείων μέτρησης και ελέγχου εξαρτάται από τον τύπο του αντιδραστήρα. Οι έλεγχοι αυτοί πρέπει να γίνονται σε πλήρη φόρτιση της εγκατάστασης (μετά το μεσημέρι), τουλάχιστον 2 φορές την εβδομάδα. Το οξυγονόμετρο μετρά σωστά όταν το ανάμεικτο υγρό έχει ταχύτητα μεγαλύτερη από 0,5 m/s.

### **2. BOD & COD**

**Στο επεξεργασμένο νερό**

Τα δύο αυτά μεγέθη στο επεξεργασμένο νερό δίνουν την πρώτη ένδειξη της απόδοσης της μονάδας. Οι μετρήσεις αυτές, τουλάχιστον το COD, καλόν είναι να γίνονται όσο το δυνατόν τακτικότερα, ανάλογα με τις δυνατότητες της εγκατάστασης.

Προσοχή, η παρουσία μεγάλης συγκέντρωσης αιωρούμενων στερεών στο επεξεργασμένο νερό, αυξάνει σημαντικά το BOD και COD αυτού και ενδεχόμενα να οδηγήσει σε εσφαλμένα για την απόδοση της εγκατάστασης συμπεράσματα. Η μέτρηση του BOD επηρεάζεται από την παρουσία αμμωνιακών ενώ του COD όχι. Η εκτίμηση του BOD δύναται να γίνει μέσα από τις μετρήσεις του COD, εάν είναι γνωστός ο λόγος COD/BOD. Ο λόγος αυτός εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα των λυμάτων και από την ύπαρξη ή όχι βιομηχανικών αποβλήτων και κυμαίνεται από 3,5 μέχρι 5 (αστικά λύματα).

### **Στην είσοδο των λυμάτων**

Τα μεγέθη αυτά δείχνουν το φορτίο της εισόδου και αποτελούν τα κύρια μεγέθη για την εκτίμηση της φόρτισης της εγκατάστασης F/M.

Ο λόγος COD/BOD για αστικά λύματα κυμαίνεται από 1,6 έως 2.

### **3. Ο ειδικός ρυθμός ανάλωσης διαλυμένου οξυγόνου (specific DO uptake rate)**

Ο ειδικός ρυθμός ανάλωσης διαλυμένου οξυγόνου είναι η μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου στη μονάδα του χρόνου ανά μονάδα VSS της δεξαμενής αερισμού και δείχνει το επίπεδο της μεταβολικής δραστηριότητας των βακτηρίων. Μετρώντας τον ρυθμό αυτό σε συγκεκριμένο σημείο των δεξαμενών και συγκρίνοντας τον με τον κανονικό ρυθμό που συνήθως εμφανίζει η εγκατάσταση, εξάγονται συμπεράσματα κατά πόσο έχει αλλάξει η δραστηριότητα των βακτηρίων. Κανονικός ρυθμός είναι ο ρυθμός που συνήθως μετράται σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας και φόρτισης, δηλαδή σε καταστάσεις χωρίς λειτουργικά προβλήματα, στην ίδια ποιότητα και ποσότητα λυμάτων.

Αν ο ρυθμός είναι μικρότερος του κανονικού, τότε η αιτία μπορεί να είναι μία από τις ακόλουθες:

- μικρότερη του κανονικού φόρτιση
- χαμηλή συγκέντρωση DO
- μεταβολή στο PH
- παρουσία τοξικών
- μεταβολή της σύνθεσης των λυμάτων π.χ. έλλειψη θρεπτικών

Αν ο ρυθμός είναι μεγαλύτερος του κανονικού, τότε η φόρτιση των δεξαμενών έχει αυξηθεί πέραν του κανονικού ή έχει αλλάξει η ποιότητα και η σύνθεση των λυμάτων (είσοδος ευκολοδιασπάσιμων οργανικών).

#### 4. SS & VSS

Τα αιωρούμενα στερεά, MLSS και πτητικά αιωρούμενα στερεά, MLVSS στις δεξαμενές αερισμού, είναι απαραίτητα για την εκτίμηση της φόρτισης των δεξαμενών, της ηλικίας των λασπών, του ρυθμού επανακυκλοφορίας, του SVI και του ρυθμού ανάλωσης οξυγόνου. Τα στερεά SS δεν μεταβάλλονται απότομα μέσα στις δεξαμενές αερισμού. Για το λόγο αυτό είναι καλό οι μετρήσεις των να γίνονται τουλάχιστον κάθε 3 ημέρες.

Με την τιμή των SS εκτιμάται η φόρτιση των δεξαμενών και η ηλικία των λασπών ως ακολούθως:

$$\theta_c = \frac{V * SS_a}{Q_w * SS_u}, \text{ημέρες}$$

οπού

- V, όγκος των δεξαμενών, m<sup>3</sup>,
- SS<sub>a</sub>, τα SS στη δεξαμενή αερισμού, kg/m<sup>3</sup>,
- SS<sub>u</sub>, τα SS της επανακυκλοφορίας, kg/m<sup>3</sup>
- Q<sub>w</sub>, η περίσσεια της λάσπης, m<sup>3</sup> ανά ημέρα

#### 5. TEST καθίζησης 30min

Είναι σπουδαίος δείκτης και δείχνει την καθιζησιμότητας της λάσπης. Ένα λίτρο λάσπης αφήνεται να καθιζήσει μέσα σε ένα κύλινδρο επί 30 min. Στη μισή αυτή ώρα διαχωρίζεται η λάσπη από το νερό.

Αν V είναι ο όγκος σε ml της διαχωρισθείσας λάσπης και SS τα στερεά της λάσπης πριν από την καθίζηση σε gr/l, τότε: SVI = Sludge volume index = V/SS

Ο δείκτης αυτός μας πληροφορεί για επικείμενη διόγκωση της λάσπης, όταν αρχίζει να αυξάνεται πέραν του 150.

Όταν η λάσπη είναι διογκωμένη και ο SVI είναι μεγαλύτερος του 300 ml/g, τότε πρέπει να εκτιμούμε την καθιζησιμότητα της λάσπης με το δείκτη DSVI, diluted sludge volume index. Ο δείκτης DSVI εκτιμάται ως ακολούθως:

- Παίρνουμε τη λάσπη και την αραιώνουμε με νερό, σε αναλογία νερό/λάσπη = 1.
- Κάνουμε στη συνέχεια το τεστ καθίζησης των 30 min με ένα λίτρο του μείγματος.
- Συμβολίζουμε με SV<sub>30</sub> τον όγκο της διαχωρισθείσας λάσπης



- Αν  $SV_{30} > 200$  ml τότε παίρνουμε εκ νέου την αρχική λάσπη, κάνουμε αραιώση με λόγο νερό/λάσπη = 2 και προχωρούμε στην καθίζηση. Αν  $SV_{30} > 200$  ml κάνουμε νέα αραιώση με λόγο 3 και ούτω καθεξής μέχρι να επιτύχουμε  $SV_{30} < 200$  ml.

Ο δείκτης DSVI ορίζεται:

$$DSVI = \frac{SV_{30} * 2^N}{SS}$$

οπού

N, η αναλογία νερού/λάσπης, στην οποία  $SV_{30} < 200$  ml

SS, τα στερεά SS της αρχικής λάσπης (μη αραιωμένης) σε g/l

Ένας άλλος δείκτης καθίζησημότητας, που χρησιμοποιείται κυρίως για ερευνητικούς και σχεδιαστικούς σκοπούς, είναι το Stirred Specific Volume Index (SSVI). Το SSVI προσομοιάζει καλύτερα τις συνθήκες που επικρατούν μέσα στην δεξαμενή καθίζησης αφού το SSVI μετριέται ενώ το ανάμεικτο υγρό ανακινείται ελαφρά σε σταθερή θερμοκρασία, σε αντίθεση με το SVI που υπολογίζεται σε συνθήκες ηρεμίας.

Η μέτρηση γίνεται σε μια ειδική στήλη καθίζησης βάθους 0,5 m και περίπου 0,1 m διάμετρο με περιστρεφόμενο αναδευτήρα στις 1 σ.α.λ. (r.p.m.).

## **6. Θρεπτικά**

Τα βακτήρια χρειάζονται άζωτο και φώσφορο για να αναπτυχθούν σωστά. Ανεπάρκεια αυτών προκαλεί ανάπτυξη νηματοειδών ή ακόμη ανάπτυξη φλόκων εν διασπορά, με αποτέλεσμα δημιουργία προβλημάτων στην καθίζηση και στην απόδοση της μονάδας. Πρέπει να υφίσταται η αναλογία BOO: N: P = 100: 5: 1. Οι αναλύσεις N και P πρέπει να γίνονται στο διήθημα των δειγμάτων.

## **7. PH & Redox potential**

Το PH επηρεάζει τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών. Πρέπει να είναι μεταξύ 6,5 μέχρι 8.5. Τα συστήματα που κάνουν νιτροποίηση και απονιτροποίηση πρέπει να παρακολουθούνται τακτικά όσον αφορά το PH.

Το οξειδοαναγωγικό δυναμικό συμβολίζεται με  $E_h$  και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της κατάστασης των νερών και συγκεκριμένα κατά πόσο τα νερά είναι σε συνθήκες αναερόβιες ή αερόβιες κ.λ.π.

Το συνημμένο διάγραμμα 4.23. δείχνει την εξάρτηση του **Redox potential (RP)** συναρτήσει του pH και των συνθηκών που επικρατούν στα νερά

Τα φρέσκα αστικά λύματα έχουν RP περίπου 100 mV

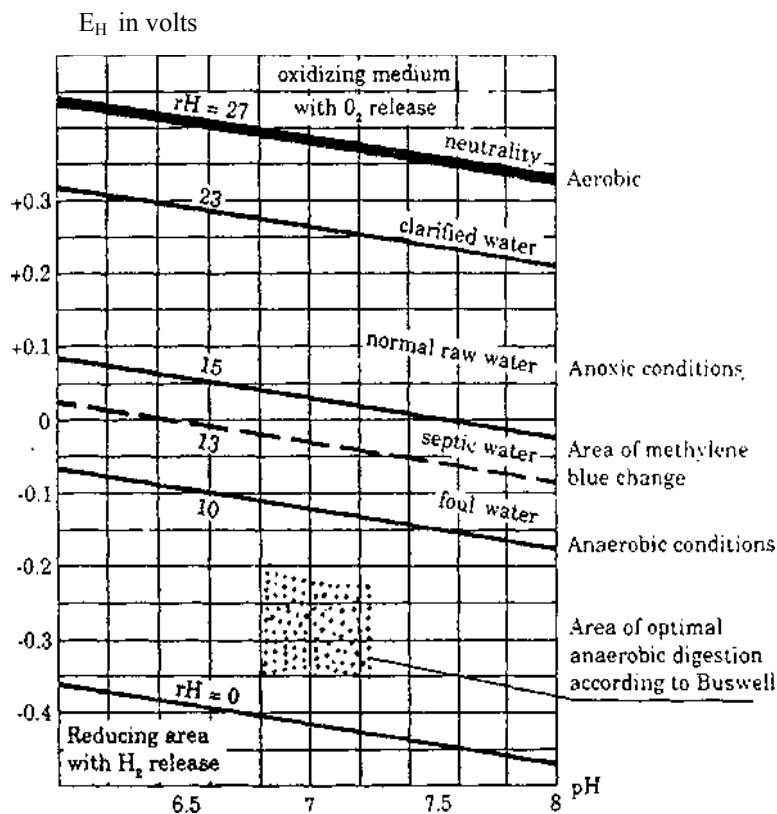
Όταν  $RP < 40$  mV τότε έχουμε σηπτικό περιβάλλον

Όταν  $RP < 250$  mV τότε έχουμε συνθήκες αναερόβιας χώνευσης

Όταν  $RP > 300$  mV τότε το περιβάλλον είναι έντονα και υπερβολικά οξειδωτικό.

Το RP είναι χρήσιμο στη λειτουργία της αναερόβιας χώνευσης και των αναερόβιων δεξαμενών που κάνουν αφαίρεση φωσφόρου.

Διάγραμμα δυναμικού οξειδοαναγωγής - pH των λυμάτων (Gray, 1990)



## 8. Λάδια και λίπη

Τα λάδια και τα λίπη επηρεάζουν δυσμενώς τη μεταφορά τροφής και οξυγόνου προς τα βακτήρια και δημιουργούν συσσωματώματα με το ανάμεικτο υγρό. Τα λάδια και τα λίπη αποτελούν ιδανικό υπόστρωμα ανάπτυξης επικινδύνων νηματοειδών βακτηρίων όπως *microthrix parvicella* & *nocardia*.

## 9. Θερμοκρασία

Η σημασία της θερμοκρασίας στη λειτουργία του συστήματος της ενεργού ιλύος αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο (ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ). Η θερμοκρασία του ανάμεικτου υγρού πρέπει να μετράται τακτικά κατά τη μεταβατική περίοδο του φθινοπώρου προς τον χειμώνα. Οι μετρήσεις αυτές στοχεύουν στο να κατευθύνουν την προοδευτική αύξηση του διαλυμένου οξυγόνου στο ανάμεικτο υγρό.

## 10. Το ύψος της λάσπης στον καθιζητήρα

Το ύψος της λάσπης στον καθιζητήρα πρέπει να παρακολουθείται καθημερινά 2 ή και 3 φορές, για τη διασφάλιση της σωστής λειτουργίας του συστήματος της ενεργού ιλύος. Η μέτρηση του βάθους της λάσπης γίνεται με φανό αδιάβροχο προσδεδεμένο σε ράβδο, ο οποίος βυθίζεται ανάποδα μέσα στο νερό του καθιζητήρα. Στο σημείο που θα εξαφανισθεί το φως του φανού αρχίζει η λάσπη. Το βάθος της λάσπης πρέπει να τηρείται μεγάλο με κατάλληλη ρύθμιση της επανακυκλοφορίας.

## Παρατηρήσεις με μικροσκόπιο

Οι παρατηρήσεις της ενεργού ιλύος με το μικροσκόπιο είναι εξαιρετικά χρήσιμες (Τραγανίτης, 1995), γιατί με αυτές εξάγουμε συμπεράσματα για:

1. Τις συνθήκες λειτουργίας, παρατηρώντας τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φλόκων
2. Την ποιότητα των επεξεργασμένων νερών, παρατηρώντας τα πρωτόζωα και τα τροχόζωα
3. Το είδος των νηματοειδών βακτηρίων, σε περίπτωση διόγκωσης της λάσπης

#### 4. Τυχόν είσοδο τοξικών

1. Μορφολογικά χαρακτηριστικά των φλόκων σε σχέση με τη λειτουργία της εγκατάστασης

Στον φλόκο παρατηρούμε τα παρακάτω χαρακτηριστικά

- **μορφή**  
φλόκοι σφαιρικοί, φυλλώδεις, αστροειδείς, άμορφοι
- **πυκνότητα**  
φλόκοι συμπαγείς, ζελατινώδεις, χαλαροί/ασταθείς
- **μέγεθος**  
micro-φλόκοι < 50 μm, μικροί 50 - 250 μm,  
μέσου μεγέθους 240 - 500 μm, μεγάλοι 500 - 1000 μm
- **κυρίαρχοι μικροοργανισμοί**  
βακτήρια, μύκητες, Zoogloea, φλόκοι nocardia ή microthrix κ.λ.π.

Το μέγεθος και η μορφολογία των φλόκων εξαρτάται από τη φόρτιση των δεξαμενών.

- **Μονάδες χαμηλής φόρτισης ( $0,05 < F/M < 0,2$ )**
  - \* έχουν φλόκους μικρούς
  - \* με μαύρα στίγματα (ανόργανα άλατα) στο εσωτερικό τους
  - \* ανοιχτόχρωμοι περιφερειακά
  - \* υπάρχουν λίγα πρωτόζωα (βλεφαριδωτά)
  - \* παρατηρούνται επίσης πολλά τροχόζωα και σκώληκες
- **Μονάδες μέσης φόρτισης ( $0,2 < F/M < 0,5$ )**
  - \* έχουν μέσου μεγέθους φλόκους
  - \* συμπαγείς
  - \* με άφθονα πρωτόζωα  
*Vorticella convallaria*  
*Opercularia coarcta*  
*Aspidisca costata*  
*Eulotes affinis*  
Λίγα μαστογοφόρα
- **Μονάδες υψηλής φόρτισης ( $0,5 < F/M$ )**
  - \* έχουν μεγάλους φλόκους

- \* αστροειδών προεκτάσεων
- \* υπάρχουν άφθονα μαστιγοφόρα και αμοιβάδες

## 2. Η παρουσία και το είδος των πρωτόζωων σε σχέση με την ποιότητα των επεξεργασμένων νερών

Το είδος και ο αριθμός των πρωτόζωων στην ενεργό ιλύ έχουν άμεση σχέση με την ποιότητα των επεξεργασμένων νερών.

Ο πίνακας που ακολουθεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί με 85% πιθανότητα για την πρόβλεψη της περιοχής BOD των νερών. Αφορά την πιθανότητα εμφάνισης συγκεκριμένων πρωτόζωων σε περιοχές BOD, 0-10 mg/l, 11-20 mg/l, 21 -30 mg/l και > 30mg/l, με τη βοήθεια της κατανομής αριθμού 10 πρωτόζωων στο νερό. Είναι πολύ χρήσιμη η παρατήρηση του αριθμού και του είδους των πρωτόζωων της ενεργού ιλύος σε κάθε μονάδα.

*Πίνακας κατανομής συνηθέστερων πρωτόζωων (βλεφαριδωτά) στα συστήματα ενεργού ιλύος για την εκτίμηση της BOD<sub>5</sub> των επεξεργασμένων νερών (Τραγανίτης, 1995)*

<b>BOD<sub>5</sub> επεξεργασμένων νερών</b>				
<b>Είδη</b>	<b>0-10</b>	<b>11 -20</b>	<b>21 - 30</b>	<b>&gt; 30</b>
<b>Acineta cuspidata</b>	10	0	0	0
A. Foetida	0	0	10	0
Aspidisca costata	3	3	2	2
A. Lynceus	5	5	0	0
A turrata	10	0	0	0
Carchesium polypinum	3	5	2	0
Chilodonella cucullia	4		1	1
Ch. Uncinata	3	6	1	0
Cinetochilum	7	3	0	0
Coleps hiitus	10	0	0	0
Colpidium campylintn	2	2	2	4
C. colpoda	0	0	4	6
Discophrya elongata	0	10	0	0
Drepanomonas revoluia	1	4	5	0
Epistylis plicanilis	0	4	4	
E. rotans	10	0	0	0
Eupioties affinis	6	4	0	0
Eu. carinatus	2	4	4	0
Eu. euryostomus	2	4	4	0
Eu. moebiusi	3	3	3	1
Eu. patella	4	3	1	0
Glaucoma scintillans	2		3	3
Hemiosphrys fusidens	3	4	3	0
H. Pleurosigma	10	0	0	0
Linotus carinatus	10	0	0	0
L. fasciola	0	10	0	0
Opercularia coarctata	2	2	4	2
Paramecium caudatutn	2	.5	3	0
P. trichium	4	3	2	1

Podophryya fixa	0	2	7	1
P. mauposi	0	10	0	0
Tokophryya quadtipartita	4	3	3	0
Trachelophyllum	3	3	3	1
Trochilia minuta	0	10	0	0
Votricella aequiliata	2	2	3	3
Valba	3	3	3	1
V.campanula	8	2	0	0
V convallaria	3	4	2	1
V. fromenteli	5	4	1	0
V. hamata	7	2	1	0
V. micmstoma	2	4	2	2
V. octava	3	3	2	2
No ciliates	0	0	0	10

Αλλαγές στον αριθμό και το είδος των πρωτόζωων είναι σημάδια σημαντικών αλλαγών στις λειτουργικές συνθήκες του συστήματος.

### 3. Ταυτοποίηση νηματοειδών βακτηρίων

Στην περίπτωση διογκωμένης λάσπης, είναι απαραίτητο να γίνει αναγνώριση και ταυτοποίηση των υπευθύνων νηματοειδών. Η παρατήρηση γίνεται συνήθως με φακό που μεγεθύνει 1000 φορές, σε κεχρωσμένα δείγματα λάσπης κατά GRAM, NIESSER κ.λ.π. Μετά την παρατήρηση με το μικροσκόπιο, γίνεται καταγραφή των μορφολογικών χαρακτηριστικών των νηματοειδών και με τα αποτελέσματα των χρώσεων χρησιμοποιούνται στη συνέχεια πίνακες με τους οποίους γίνεται η αναγνώριση.

### 4. Διαπίστωση εισόδου τοξικών στο σύστημα

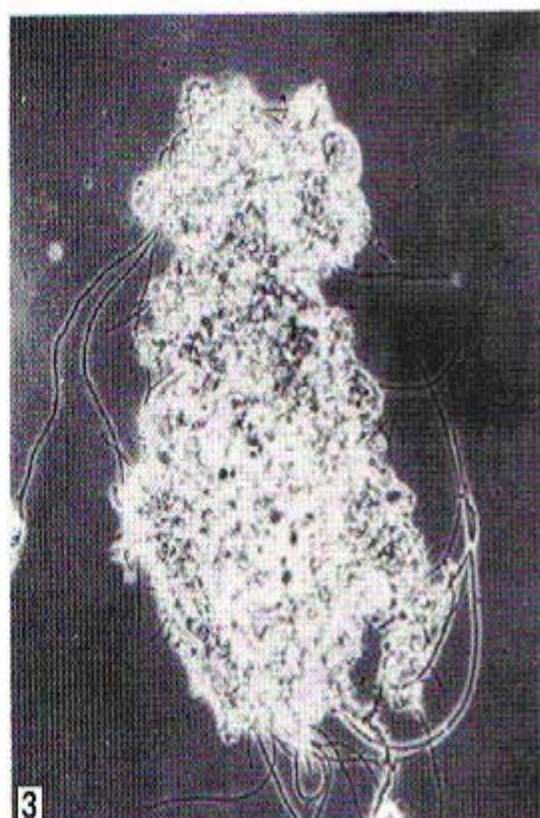
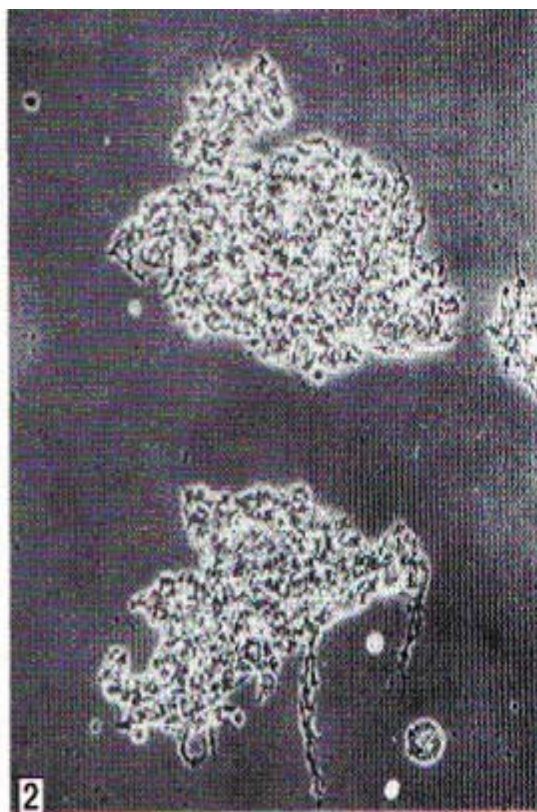
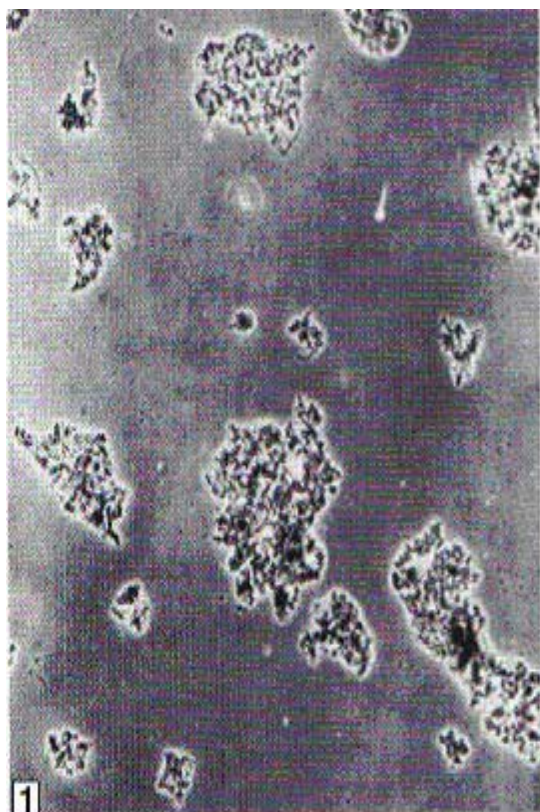
Τα πρωτόζωα και τροχόζωα είναι πολύ περισσότερο ευαίσθητα σε τοξικές ουσίες από ότι είναι τα βακτήρια. Έτσι οι μικροοργανισμοί αυτοί χρησιμεύουν σαν δείκτες εισόδου τοξικών στις δεξαμενές. Πέραν αυτών, η αλλαγή στον αριθμό και το είδος τους είναι ενδείξεις μεγάλων μεταβολών στις λειτουργικές παραμέτρους. Για παράδειγμα, αναφέρεται η συμπεριφορά των βλεφαριδωτών (ciliates). Ξαφνική μείωση των ζώντων βλεφαριδωτών είναι ένδειξη απότομης υπερφόρτισης με τοξικές ουσίες (είσοδος βιομηχανικών αποβλήτων, κοπρολυμάτων κ.λ.π.) ή παρατεταμένη ανεπάρκεια οξυγόνου. Τέλος αναφέρουμε, ότι ανάπτυξη νηματοειδών βακτηρίων ή μυκήτων είναι ένδειξη μετατόπισης της ισορροπίας του συστήματος προς καταστάσεις όπως έλλειψη οξυγόνου, πτώση του pH, έλλειψη θρεπτικών, αλλαγή της ποιότητας και ποσότητας των λυμάτων και εισόδο τοξικών.

### 5. Τα πρωτόζωα, δείκτες λειτουργίας της εγκατάστασης

Ακολουθούν εικόνες πρωτόζωων και οι παράμετροι ανάπτυξης των, σαν δείκτες λειτουργίας της εγκατάστασης.







- (1): Μικροί φλόκοι, μέγεθος 150  $\mu\text{m}$   
(2): Φλόκοι μέσου μεγέθους, 250  $\mu\text{m}$  - 500  $\mu\text{m}$   
(3): Μεγάλοι φλόκοι, μέγεθος 500  $\mu\text{m}$   
(4): Φλόκος μικρής συνεκτικότητας





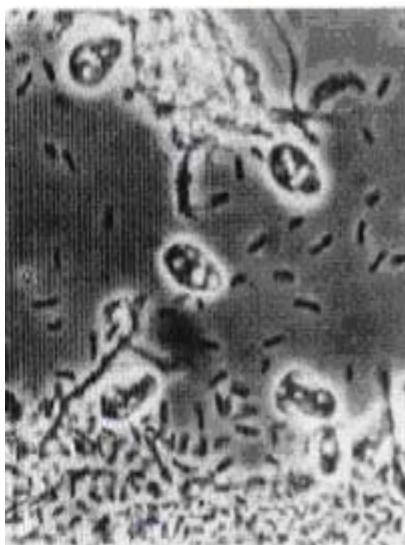
### Αμοιβάδες

- 10  $\mu\text{m}$  μέχρι 3 mm
- εμφανίζονται:
  - στην εκκίνηση των εγκαταστάσεων
  - σε υψηλά F/M



### Μαστιγοφόρα

- 5-22  $\mu\text{m}$
- εμφανίζονται:
  - στην εκκίνηση των εγκαταστάσεων
  - υψηλά F/M

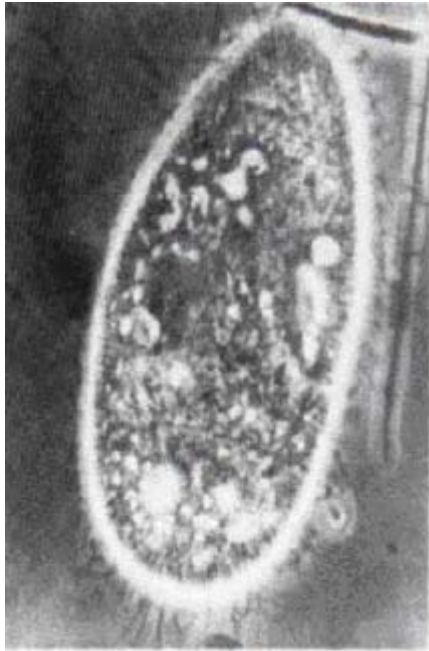


(β) Trigonomonas

ως το (α)  
δείκτης  
αναερόβιων  
συνθηκών  
(ανεπαρκής αερισμός)

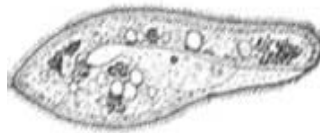
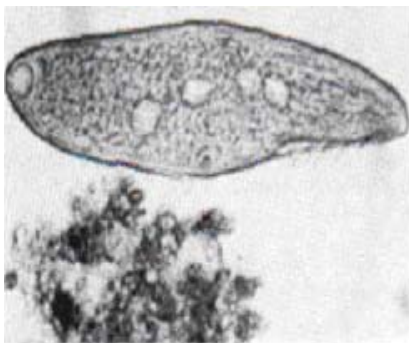
(Τραγανίτης, 1995)

### Βλεφαριδωτά



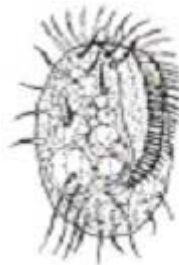
#### *Colpidium campylum*

- $\approx 100 \mu\text{m}$
- εμφανίζεται σε
  - υψηλά F/M
  - ανεπαρκή αερισμό



#### *Paramecium candatum*

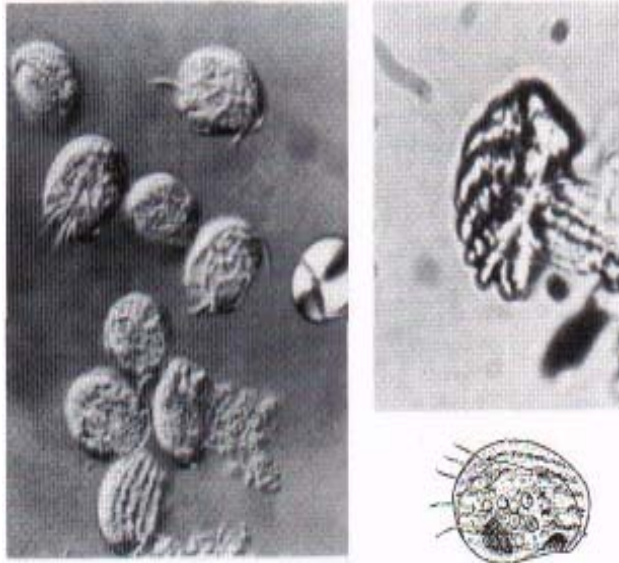
- 200 - 300  $\mu\text{m}$
- εμφανίζεται σε μέσες φορτίσεις



#### *Euplotis affinis*

- 80 - 100  $\mu\text{m}$
- ιδέ *Aspidisca costata*

(Τραγανίτης, 1995)

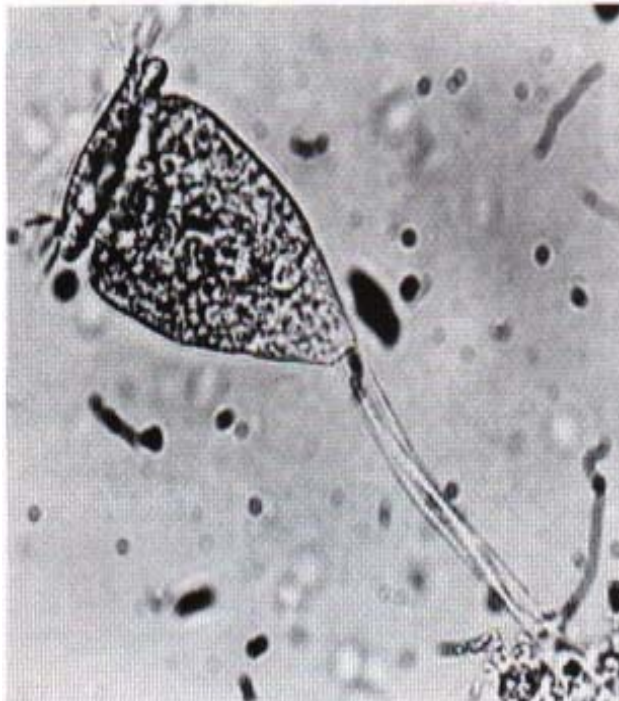


**Βλεφαριδωτά**

- 40μm
- $0.05 < F/M < 0.3$ 
  - \* ευαίσθητο σε ανεπαρκή αερισμό
  - \* εμφανίζεται όταν  $O_2 > 2$  mg/l

**Ciliates, *Aspidisca costata***

- 60 μm



**(α) *Vorticella microstoma***

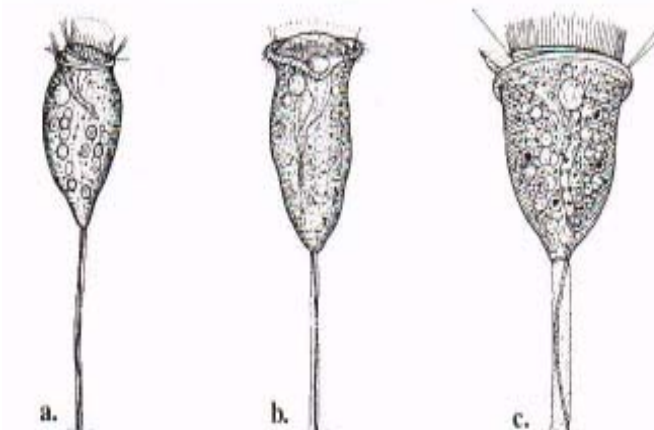
- δείκτης υψηλής φόρτισης
- $F/M \approx 1$
- ανεπαρκούς αερισμού ( $O_2 < 1$  mg/l)

**(b) *V. Convallaria***

- $0,15 < F/M < 0.3$

**(c) *V. Campanula***

- $F/M 0.05-0.1$



- (b) και (c) δείκτες καλού αερισμού ( $O_2 > 2$  mg/l)

(Τραγανίτης, 1995)

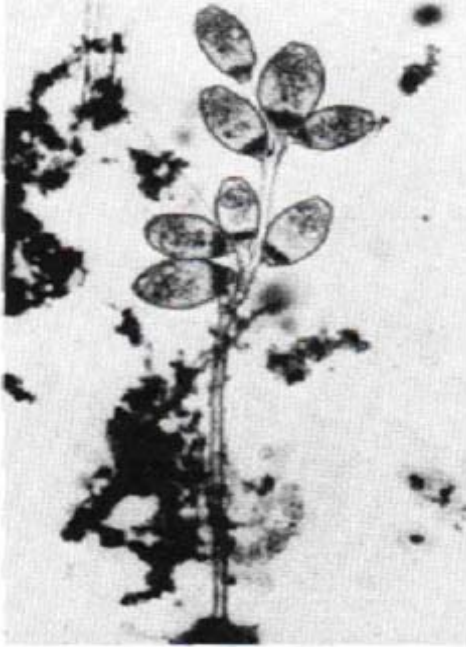
### Εδραία βλεφαριδωτά



*Ciliates, Carchesium, polypinum*

εμφανίζεται ως η *Vorticella Convallaria*





*Ciliates, Opercularia, Coarctata*

(Τραγανίτης, 1995)

- Δείκτες καλού αερισμού  $1 \text{ mg/l} < \text{O}_2$
- Δείκτης υψηλής φόρτισης

Μυζητικά (Suctoria)



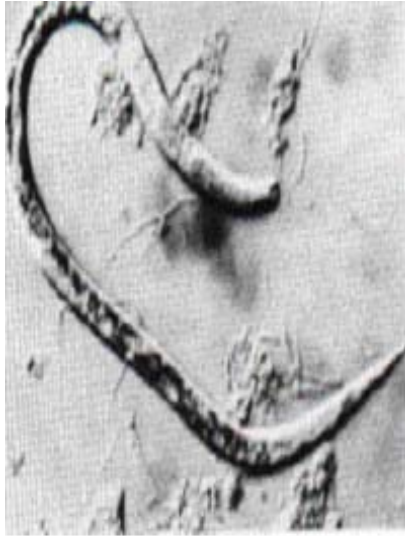
- $\approx 40 \mu\text{m}$
- $0,05 < F/M < 0,1$
- δείκτης καλού αερισμού
- δείκτης σταθεροποιημένης λάσπης

Τροχόζωα (Rotatoria)



Τροχόζωα

- 0.5 - 1 mm
- $0.05 < F/M < 0.3$



Σκώληκες

- 2 -3 mm
- $0.05 < F/M < 0.1$

(Τραγανίτης, 1995)

## ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

### ΓΕΝΙΚΑ

Τον υπεύθυνο λειτουργίας της εγκατάστασης πρέπει, να απασχολούν τα ακόλουθα :

- η υψηλή απόδοση της εγκατάστασης
- το χαμηλό κόστος λειτουργίας
- οι διεργασίες ανεπαρκούς δυναμικότητας της εγκατάστασης και η βελτίωση αυτών
- η ασφάλεια και η υγιεινή των εργαζομένων

**Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στον τρόπο παρακολούθησης της απόδοσης και της συνολικής εικόνας της εγκατάστασης.**

### Η ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Για την οργάνωση της παρακολούθησης πρέπει να αναπτυχθεί ένα σύστημα συλλογής λειτουργικών δεδομένων και δαπανών, το οποίο θα επεξεργάζεται τα στοιχεία αυτά και συγκεντρωτικά, μέσω αναφορών, θα δίνει την εικόνα της εγκατάστασης.

Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει :

1. Διεξαγωγή των απαραίτητων χημικών αναλύσεων
2. Μετρήσεις των παροχών των σημαντικότερων ρευστών στην εγκατάσταση
3. Κατάστρωση των ισοζυγίων

- μαζών
  - αποδόσεων για απομάκρυνση BOD, N και στερεών όλης της εγκατάστασης και του αεροβίου βιολογικού σταδίου
4. Συλλογή των στοιχείων κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας, του πολυηλεκτρολύ-τη και των άλλων βοηθητικών χημικών υλών
5. Κατάστρωση μιας μηνιαίας αναφοράς, η οποία θα παρουσιάζει :
- παροχές και φορτία στην είσοδο και έξοδο της εγκατάστασης
  - αποδόσεις όλης της μονάδας και του αερόβιου σταδίου, όπως
    - κατανάλωση Kwh/kg BOD
    - ηλικία λασπών, θc
    - φόρτιση F/M
    - παροχή περίσσειας και επανακυκλοφορίας
    - στερεά δεξαμενών
  - την πλήρη εικόνα του σταθμού επεξεργασίας της λάσπης
  - τα λειτουργικά στοιχεία της αφυδάτωσης

Το σύστημα αυτό αν υποστηριχθεί από ένα πρόγραμμα (spreadsheet) ηλεκτρονικού υπολογιστή, μπορεί να επεκταθεί και να εκδίδει αναφορές και στατιστικά στοιχεία για κάθε σημείο της εγκατάστασης.

Το σύστημα χρησιμοποιείται για να :

- παρακολουθείται η διαχρονική εξέλιξη του φορτίου της εγκατάστασης και να προγραμματίζεται σωστά η επέκταση αυτής
- ελέγχεται η απόδοση όλου του σταθμού ή τμημάτων αυτού
- διαπιστώνονται οι διεργασίες μικρής δυναμικότητας που απαιτούν βελτίωση
- παρακολουθείται η συμπεριφορά κρίσιμων διεργασιών του σταθμού
- εξάγονται επίσης τεχνολογικά συμπεράσματα
- εκδίδονται αξιόπιστες αναφορές κόστους

## **Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

### **Οι απαραίτητες χημικές αναλύσεις**

Στους πίνακες Α και Β περιγράφονται:

- τα σημεία στα οποία πρέπει να γίνουν χημικές αναλύσεις

- ποιες αναλύσεις χρειάζονται
- η ελάχιστη συχνότητα αυτών

Ο πίνακας A αφορά εγκατάσταση παρατεταμένου αερισμού, ενώ ο πίνακας B μία εγκατάσταση με αναερόβια χώνευση των λασπών. Οι πίνακες των διαγραμμάτων είναι ενδεικτικοί. Γι' αυτό ο λειτουργός της εγκατάστασης θα επιλέξει ο ίδιος τη συχνότητα και την έκταση των αναλύσεων που χρειάζεται.

### **Μετρήσεις των παροχών των σημαντικότερων ρευστών στην εγκατάσταση**

Αναφερόμενοι στους πίνακες A και B, οι κατασκευαστές τοποθετούν συνήθως ροόμετρα στα σημεία 3 και 8.

Για να γίνει όμως ένα αξιόπιστο ισοζύγιο απαιτείται η μέτρηση και άλλων παροχών όπως των σημείων 2, 9 και 11 του πίνακα A και των 2, 9, 11, 12, 13, 14, του πίνακα B.

Επειδή το κόστος των ροόμετρων είναι υψηλό, η μέτρηση των παροχών στα σημεία που υπάρχουν αντλίες, μπορεί να γίνει με ένα ωρομετρητή της λειτουργίας της αντλίας και με τη γνώση της δυναμικότητας της αντλίας. Η δυναμικότητα σε κρίσιμα σημεία όπως το 9 αμφότερων των διαγραμμάτων και του 12 του πίνακα B, είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί με πραγματικά δεδομένα της λειτουργίας της αντλίας.

Μεγάλη δυσκολία υπάρχει στην εκτίμηση του φορτίου από τα βοθρολύματα, η οποία οφείλεται αφ' ενός μεν στο γεγονός ότι δεν είναι δυνατόν να μετράται ο πραγματικός όγκος κάθε βυτίου και αφ' ετέρου στο ότι οι χημικές αναλύσεις που γίνονται στα δείγματα βοθρολυμάτων, λόγω των δυσκολιών της δειγματοληψίας, είναι αδύνατον να δώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα.

### **Η κατάσταση ισοζυγίων**

Γίνεται πρώτα η εκτίμηση των παροχών ( κυβ. μέτρα ανά ημέρα) όλων των ρευστών της εγκατάστασης, ήτοι παροχών της περίσσειας, πρωτοβάθμιας λάσπης, παχυντών, τροφοδοσία των πρεσσών και στη συνέχεια η εκτίμηση των ρευστών που επιστρέφουν στην κεφαλή της εγκατάστασης, ήτοι της υπερχείλισης του παχυντή και το διήθημα από τις πρέσες.



Ακολουθεί η εκτίμηση της παροχής των λυμάτων της πόλης με βάση το παροχόμετρο στο σημείο 3 των πινάκων Α και Β.

Η εκτίμηση του φορτίου των λυμάτων, των βοθρολυμάτων, του συνόλου της εισόδου της εγκατάστασης, της εισόδου στις δεξαμενές αερισμού σε Kg BOD ή COD ή SS ή TKN ανά ημέρα, γίνεται πολλαπλασιάζοντας τις παροχές με τη συγκέντρωση του αντίστοιχου ρύπου.

Ο υπολογισμός του φορτίου κάθε μέρα είναι δυνατόν να γίνει μόνο αν υπάρχουν καθημερινά χημικές αναλύσεις. Επειδή αυτό δεν συμβαίνει στις περισσότερες εγκαταστάσεις, ο υπολογισμός γίνεται κάθε 10 ημέρες ή κάθε μήνα.

Πόσο αξιόπιστη είναι η εκτίμηση αυτή εξαρτάται από την ακρίβεια των μετρήσεων των παροχών και κυρίως από την αξιοπιστία των δειγμάτων στα οποία έγιναν οι χημικές αναλύσεις. Η αξιοπιστία των δειγμάτων είναι τόσο μεγαλύτερη όσο περισσότερα δείγματα λαμβάνονται ή όταν υπάρχουν αυτόματοι δειγματολήπτες

Συλλογή στοιχείων κατανάλωσης και κατάστροψη της μηνιαίας αναφοράς της απόδοσης της εγκατάστασης

Στη συνέχεια υπολογίζονται τα λειτουργικά μεγέθη  $\theta_c$ , F/M, R, Kwh/kg, BOD στο αερόβιο βιολογικό στάδιο και οι αποδόσεις της εγκατάστασης και των άλλων σταθμών αυτής.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην απόδοση αφαίρεσης του αζώτου, η οποία δηλώνει και το βαθμό εκμετάλλευσης της απονιτροποίησης στην οικονομία ηλεκτρικής ενέργειας.

Τυπική μηνιαία αναφορά της απόδοσης μιας εγκατάστασης λυμάτων φαίνεται στον πίνακα Δ.

Με βάση τις μηνιαίες αναφορές γίνεται η έγκριση της απόδοσης της εγκατάστασης μέσα στο χρόνο και η ετήσια αναφορά.

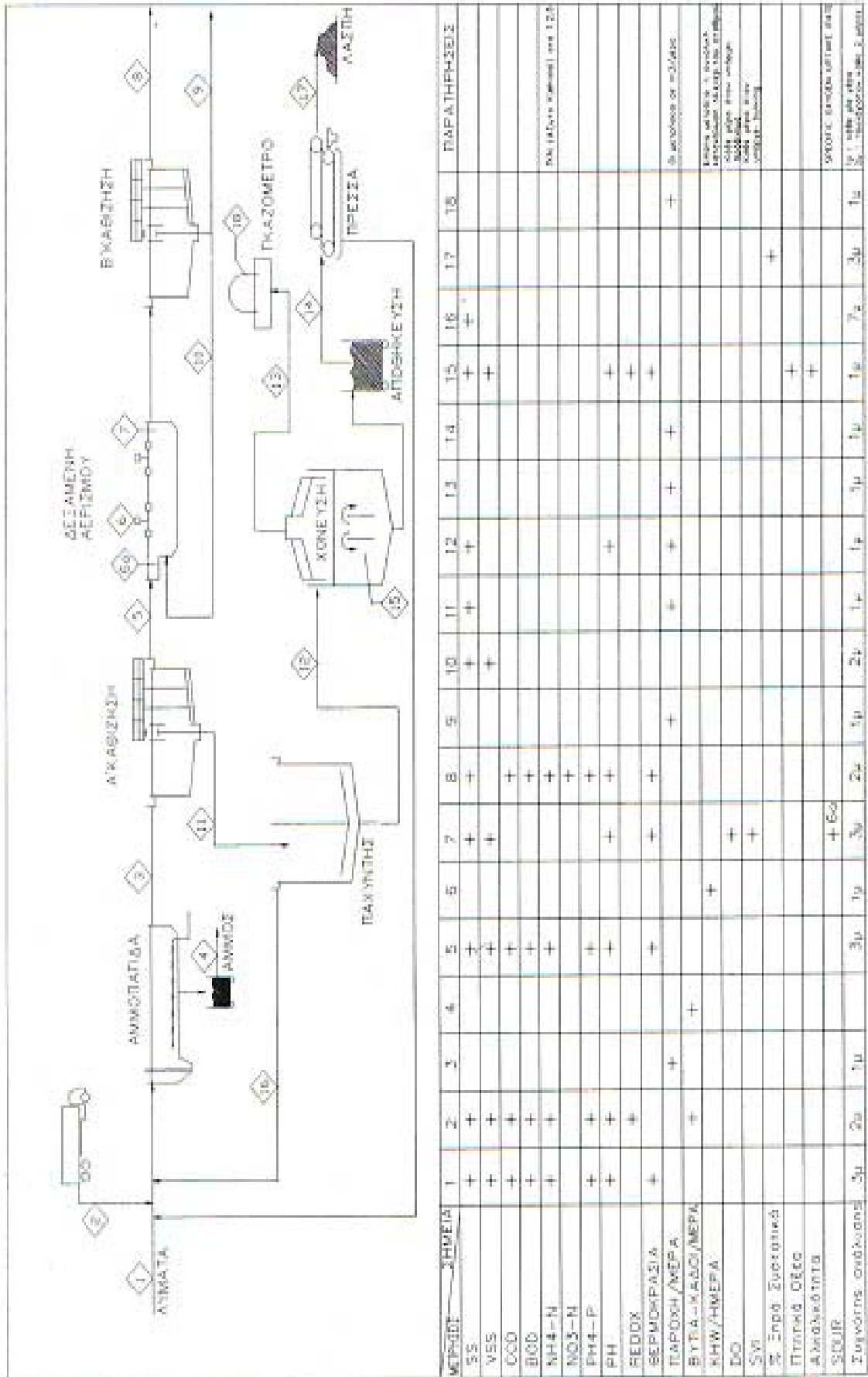


ΠΙΝΑΚΑΣ Α

ΜΕΤΡΩΤ	ΣΗΜΕΙΑ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
SS		+	+	+			+	+	+		+	+					
VSS		+	+	+			+										
COO		+	+	+													
BCO		+	+	+													
NH4-N		+	+	+													
NO3-N		+	+	+													
PH4-P		+	+	+													
PH		+	+	+				+	+								
ΣΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		+	+	+				+	+								
ΠΑΡΟΜΗ										+							
ΒΥΤΙΑ/ΚΑΔΟΙ			+														Μέτρηση κάθε 2 εβδομάδες
KHW/ΗΜΕΡΑ							+										Μέτρηση κάθε 2 εβδομάδες
DO																	
SV																	
% Εργάσιμος																	
SDUR																	
Συχνότητα μέτρησης		3y	2y	3y	1y	10y	1y	4y	3y	1y	3y	4y	7y	10y			Μέτρηση κάθε 10 μέρες 2x Μέτρηση τριμηνιαία, κάθε 2 εβδομάδες

(Τραγανίτης, 1995)

ΠΙΝΑΚΑΣ Β



(Τραγανίτης, 1995)

**ΠΙΝΑΚΑΣ Γ**

**ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΝΔΕΙΞΕΩΝ ΤΩΝ ΠΑΡΟΧΟΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΩΡΟΜΕΤΡΩΝ**

*ΜΗΝΑΣ:* ..... *ΕΤΟΣ:* .....

**Βιολογικός καθαρισμός χαμηλής φόρτισης με αναερόβια χώνευση**

ΗΜ/ΝΙΑ	ΡΟΟΜΕΤΡΟ ΜΕΤΑ ΕΞΑΜΜΩΣΗ	ΡΟΟΜΕΤΡΟ ΕΞΟΔΟΥ	ΑΝΤΛΙΕΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΛΑΣΠΗΣ		ΑΝΤΛΙΕΣ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ		ΑΕΡΙΣΤΗΡΕΣ Ή ΚΟΜΠΡΕΣΕΡ			ΑΝΤΛΙΕΣ ΠΑΧΥΝΤΗ		ΑΝΤΛΙΕΣ ΠΡΕΣΣΩΝ		ΑΡΙΘΜΟΣ ΒΥΤΙΩΝ	ΡΟΟΜΕΤΡΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	Μ ΗΛ ΕΙ
			1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2			

**ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΥΓΡΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

*ΜΗΝΑΣ:* ..... *ΕΤΟΣ:* .....

**Βιολογικός καθαρισμός παρατεταμένου αερισμού**

ΗΜ/ΝΙΑ	ΛΥΜΑΤΑ ΠΟΛΗΣ								ΒΟΘΡΟΛΥΜΑΤΑ								ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ				ΕΠΑΝ/ΡΙΑ	ΕΞΟΔΟΣ				
	COD	BOD	SS	VSS	pH	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	°C	COD	BOD	SS	VSS	pH	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	REDOX	SS	VSS	O <sub>2</sub>	SVI	SS	COD	BOD	SS	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟ ΙΛΥ


(Τραγανίτης, 1995)

**ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ**  
**ΜΗΝΙΑΙΟ ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ**

**ΜΗΝΑΣ: -**

1. Απόδοση μονάδας		ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΑΠΟΔΟΣΗ %
m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /d					
COD	kg/d					
BOD	kg/d					
SS	kg/d					
NTK	kg/d					
N	kg/d					
COD	mg/l					
BOD	mg/l					
SS	mg/l					
NTK						
NH <sub>4</sub> - N						
NO <sub>3</sub> - N						
<b>2. Απόδοση αερισμού</b>						
m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /d					
COD	kg/d					
BOD	kg/d					
SS	kg/d					
Ηλικία λάσπης, μέρες = F/MLSS = F/MLVSS = FL αποχ gCOD/kg SS = F/MLSS αποχ =		kwh/BOD = SVI = R = Θερμοκρασία, °C = NH <sub>4</sub> -N πρρωτ =		S <sub>a</sub> = S <sub>u</sub> = Q <sub>w</sub> = % αεριστ = NO <sub>3</sub> -N ανοξ. εις. = NO <sub>3</sub> -N ανοξ. Εξ. =		
<b>2. Αναερόβια χώνευση</b>						
Φορτίο kg VS/m <sup>3</sup> d = Παραγωγή βιοαερίου m <sup>3</sup> /d = VA/TAC = Αέριο ανά kg VS στην τροφοδ. ανά ημέρα = Απόδοση = % VS in = % VS out = Χρόνος παραμονής, μέρες = kg VS στην τροφοδ. ανά 100 kg VS στον χωνευτή =						
<b>4. Μηχανική Αφυδάτωση</b>						
Λάσπη από Presdeg, τόνοι ανά ημέρα = Ξηρά συστατικά λάσπης Presdeg = kg πολυμερούς ανά 1000 kg SS =						

(Τραγανίτης, 1995)

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΙΛΥΟΣ

Οι πιο κοινές λειτουργικές δυσκολίες που σχετίζονται με την ενεργό ιλύ έχουν να κάνουν με τον διαχωρισμό της λάσπης από τα επεξεργασμένα απόβλητα στην δεξαμενή καθίζησης. Προβλήματα στην καθίζηση της λάσπης μπορούν να προκληθούν από διόγκωση (bulking), αποκροκίδωση (deflocculation), φλόκοι στο μέγεθος κεφαλής καρφίτσας (pin-point floc), αφρισμό (foaming) και απονιτροποίηση (denitrification) ή ανερχόμενη ιλύς (rising sludge). Αυτοί οι όροι περιγράφουν τα αποτελέσματα αν και οι ορισμοί είναι μάλλον ανακριβείς και υπάρχουν πολλές αλληλεπικαλύψεις.

Εξαιρώντας την απονιτροποίηση όλα τα προβλήματα καθιζησιμότητας μπορούν να αποδοθούν στη δομή του φλόκου της ενεργού ιλύος. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία μεγεθών στο ανάμικτο υγρό της ενεργού ιλύος από τα μεμονωμένα βακτήρια μεταξύ 0,5-5 μm μέχρι τους μεγάλους φλόκους που μπορεί να είναι μεγαλύτεροι από 1 mm σε διάμετρο. Το μέγιστο μέγεθος του φλόκου εξαρτάται από τις συνεκτικές δυνάμεις και βαθμό διάτμησης που ασκείται από την τυρβώδη κίνηση μέσα στην δεξαμενή αερισμού. Η δομή του φλόκου έχει χωριστεί σε δύο ξεχωριστές κατηγορίες, τη μικρο και τη μακρο-δομή. Μικρο-δομή έχουμε όταν οι φλόκοι είναι μικροί (λιγότερο από 75 μm σε διάμετρο), σφαιρικοί, συμπαγείς και σχετικά αραιοί. Αποτελούνται από βακτήρια που σχηματίζουν φλόκους (floc-forming bacteria) και σχηματίζονται από συσσωμάτωση και βιοκροκίδωση όταν ξεχωριστοί μικροοργανισμοί κολλούν μεταξύ και συσσωματώνονται. Η δομή αυτών των φλόκων είναι αραιή διότι στις τυρβώδεις συνθήκες που επικρατούν μέσα στην δεξαμενή αερισμού μπορούν εύκολα να διασπαστούν σε μικρότερα κομμάτια. Ενώ αυτοί οι φλόκοι καθιζάνουν γρήγορα, τα μικρότερα συσσωματώματα που έχουν διασπαστεί μπορούν εύκολα να υπερχειλίσουν από την δεξαμενή καθίζησης στην έξοδο, αυξάνοντας το BOD και την θολότητα της εκροής. Όταν νηματοειδής μικροοργανισμοί είναι παρόντες, ο φλόκος αποκτά μια μακρο-δομή, με τους μικροοργανισμούς να συσσωματώνονται γύρω από τους νηματοειδής σχηματίζοντας μεγαλύτερους φλόκους ακανόνιστου σχήματος, ικανούς να αντέξουν στις υψηλές δυνάμεις συνάφειας της δεξαμενής αερισμού εξαιτίας της επιπλέον στήριξης. Οι κύριες αιτίες και τα αποτελέσματα των κυριότερων προβλημάτων της ενεργού ιλύος συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί (Gray, 1990, Wanner, 1994, Τραγανίτης, 1995).

Ονομασία προβλήματος	Αιτία προβλήματος	Αποτέλεσμα προβλήματος
Διασκορπισμένη αύξηση (dispersed growth)	Οι μικροοργανισμοί δεν σχηματίζουν φλόκους άλλα παραμένουν διασκορπισμένοι, σχηματίζοντας μόνο μικρά συσσωματώματα	Θολότητα στην εκροή. Δεν υπάρχει ζώνη καθίζησης της λάσπης
Ιξώδης διόγκωση (Viscous bulking) ή μη νηματοειδής διόγκωση	Υπερβολική συσσωρευση εξωκυτταρικών πολυμερών από βακτήρια	Μειωμένοι ρυθμοί καθίζησης και συμπίεσης. Δεν υφίσταται σχεδόν καθόλου διαχωρισμός στερεών σε πολλές περιπτώσεις οδηγώντας σε υπερχειλίση του στρώματος της ιλύος (sludge blanket) από τη δευτεροβάθμια καθίζηση. Σε λιγότερες περιπτώσεις παρουσιάζεται ιξώδης αφρός
Φλόκος σε μέγεθος κεφαλής καρφίτσας	Μικροί, συμπαγείς, αδύναμοι, σχεδόν σφαιρικοί φλόκοι που καθιζάνουν αργά	Χαμηλό δείκτη καθιζησιμότητας (SVI) και θολότητα στην εκροή
Διόγκωση (bulking)	Νηματοειδής μικροοργανισμοί	Υψηλό SVI. Χαμηλή συγκέντρωση



	εξέχουν από το φλόκο δυσκολεύοντας την καθίζηση και τη συμπίεση της λάσπης	στερεών στην ανακυκλοφορία και στην περίσσεια. Σε πολλές περιπτώσεις το στρώμα λάσπης υπερχειλίζει. Η γραμμή επεξεργασίας της λάσπης υπερφορτίζεται υδραυλικά.
Ανερχόμενη ιλύς	Λόγω απονιτροποίησης στην δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, αέριο άζωτο προσκολλάται στους φλόκους και ανέρχονται στην επιφάνεια	Επιπλέουσα ενεργός ιλύς στην επιφάνεια της δεξαμενής τελικής καθίζησης
Αφρισμός	Οφείλεται α) σε μη βιοαποδομήσιμα απορρυπαντικά και β) στην παρουσία του <i>Nocardia sp.</i> και άλλων σχετικών με αφρούς ειδών	Οι αφροί επιπλέουν μεγάλες ποσότητες στερεών στην επιφάνεια της μονάδας επεξεργασίας. Οι αφροί <i>Nocardia</i> και <i>Microthrix</i> είναι επίμονοι και δύσκολο να σπάσουν μηχανικά. Οι αφροί συσσωρεύονται και μπορούν να στερεοποιηθούν. Τα στερεά μπορούν να υπερχειλίσουν από την καθίζηση στην εκροή ή ακόμη να υπερχειλίσουν των δεξαμενών στους διαδρόμους

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΗ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ

### A. Αποκροκίδωση

Η αποκροκίδωση ή τα “διασπορπισμένα βακτήρια” είναι ένα φαινόμενο που οφείλεται στην αποτυχία της μικρο-δομής των φλοκών είτε επειδή δεν μπορούν να γίνουν περισσότερα σταθερά οπότε σπάνε, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση υψηλών δυνάμεων συνάφειας λόγω τύρβης από υπεραερισμό είτε επειδή τα βακτήρια αποτυγχάνουν να συσσωματωθούν σε φλόκους. Οι μικροοργανισμοί είτε αποτελούν ξεχωριστές οντότητες είτε μικρά συσσωματώματα που παραμένουν εν αιώρηση στην υγρή φάση της δεξαμενής καθίζησης οπότε συνεχώς εκπλένονται μαζί με την εκροή. Αν και τμήμα της λάσπης συνεχίζει να καθιζάνει, η εκροή προοδευτικά γίνεται πιο θολή λόγω του ότι οι εναπομείνοντες φλόκοι σπάνε. Αποτελεί κυρίως πρόβλημα όταν η ενεργός ιλύς έχει χαρακτήρα μικρο-δομής, αλλά σχετίζεται επίσης και με την διόγκωση της λάσπης. Εάν η αποκροκίδωση δεν ελεγχθεί τότε σταδιακά γίνεται πιο δύσκολο να διατηρηθεί η συγκέντρωση των MLSS στην δεξαμενή αερισμού, λόγω του ότι η βιομάζα εκπλένεται, συνεπάγοντας σταδιακή αύξηση στο λόγο F/M. Η αποκροκίδωση θεωρείται ότι οφείλεται στην χαμηλή συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, το χαμηλό pH ή σε σοκ φορτίσεις. Επίσης φορτία ιλύος μεγαλύτερα από  $0,4 \text{ kg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$  μπορεί να οδηγήσουν σε αποκροκίδωση, αρχικά δείχνοντας μια εικόνα μικρο-δομής έως ότου σε υψηλή φόρτιση να έχουμε αποκροκίδωση. Συγκεκριμένα τοξικά υγρά απόβλητα μπορεί να οδηγήσουν τους φλόκους σε διαχωρισμό σε μικρά συσσωματώματα με αποτέλεσμα θολότητα στην έξοδο και μια ολική κατάλυση της λειτουργίας καθώς τα MLSS γρήγορα μειώνονται. Επίσης υψηλές συγκεντρώσεις πληθυσμών πρωτόζωων ελεύθερων-κολυμβητών (free-swimming protozoans) όπως τα *Colpoda spp.* και τα *Paramecium spp.* είναι γνωστό ότι οδηγούν σε αυξημένη θολότητα στην τελική εκροή, αν και η καθιζησιμότητα της λάσπης δεν επηρεάζεται (Gray, 1990, Wanner, 1994).

### B. Φλόκος με μέγεθος κεφαλής καρφίτσας

Φλόκοι ενεργού ιλύος απουσία νηματοειδών μικροοργανισμών παρουσιάζουν μια καθαρή μικροδομή. Εξαιτίας της έλλειψης της μακροδομής οι φλόκοι είναι μικροί, συμπαγείς και σφαιρικοί με αδύναμη δομή, έτοιμοι να διασπαστούν σε μικρότερους φλόκους μέσα στην δεξαμενή αερισμού. Αυτή η εξάρτηση της μικρο-δομής και των δυνάμεων συνάφειας των μεμονωμένων βακτηρίων να συγκρατούν μεταξύ τους τη συσσωματωμένη μάζα των κυττάρων, έχει ως αποτέλεσμα οι φλόκοι να γίνονται πιο ασταθείς όσο μεγαλώνουν. Ως αποτέλεσμα υπάρχει μια μεγάλη αναλογία φλοκών με μικρό μέγεθος που χρειάζονται πολύ μεγαλύτερο χρόνο να καθιζάνουν σε σχέση με τους μεγαλύτερους φλόκους και έτσι μπορεί να οδηγηθούν έξω από τη δεξαμενή καθίζησης στην τελική εκροή. Αυτοί οι μικροί φλόκοι, γνωστοί και σαν pin-point ή pin-flocs, δεν προσδίδουν θολότητα στην εκροή, όπως στην περίπτωση του φαινομένου της αποκροκίδωσης, μιας και τα σωματίδια είναι αρκετά πιο μεγάλα και σχετικά ορατά με γυμνό μάτι ως διακεκριμένοι φλόκοι στην τελική εκροή. Το SVI συνήθως παραμένει χαμηλό με το μεγαλύτερο μέρος της ιλύος να συνεχίζει να καθιζάνει, αν και η συνεχής απώλεια μικροβιακού πληθυσμού λόγω των φλοκών σε μέγεθος καρφίτσας μπορεί τελικά να θέσει το πρόβλημα διατήρησης ικανοποιητικής συγκέντρωσης MLSS στην δεξαμενή αερισμού. Οι φλόκοι με μέγεθος κεφαλής καρφίτσας συνήθως σχετίζονται με ηλικίες ιλύος μεγαλύτερες από 5-6 μέρες και οργανικές φορτίσεις μικρότερες από  $0,2 \text{ kg}$

$\text{kg}^{-1} \text{d}^{-1}$  οπότε πρακτικά είναι ένα πρόβλημα που απαντάται σε συστήματα με παρατεταμένο αερισμό (Gray, 1990, Wanner, 1994).

### Γ. Απονιτροποίηση

Στην δεξαμενή καθίζησης το διαλυμένο οξυγόνο καταναλώνεται γρήγορα από τους φλόκους που διαχωρίζονται από το υπερκείμενο υγρό και επομένως οι συνθήκες μέσα στην δεξαμενή είναι συνήθως ανοξικές. Αυτό μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα όταν ο χρόνος παραμονής της λάσπης είναι πολύ μεγάλος και τα λύματα έχουν υποστεί πλήρης νιτροποίηση στην δεξαμενή αερισμού, οπότε τα νιτρώδη και τα νιτρικά ιόντα μπορούν να αναχθούν σε αέριο άζωτο ή υποξείδιο του αζώτου από απονιτροποιό βακτήρια. Το αέριο που απελευθερώνεται παγιδεύεται στους φλόκους κάνοντάς τους επιπλέωντες ώστε να ανυψωθούν προς την επιφάνεια και να οδηγηθούν στην υπερχειλίση μαζί με την τελική εκροή. Το φαινόμενο είναι γνωστό ως ανερχόμενη ιλύς (rising sludge). Ο ρυθμός παραγωγής των αερίων μπορεί να είναι αρκετά υψηλός τις θερμές μέρες δημιουργώντας σημαντική αναταραχή μέσα στην δεξαμενή οπότε και παρεμποδίζεται η κανονική καθίζηση. Εκτός από κομμάτια λάσπης ορατά στην επιφάνεια της δεξαμενής, ιδιαίτερα εμφανείς είναι και οι φυσαλίδες που ανέρχονται στην επιφάνεια. Αυτό το πρόβλημα δεν σχετίζεται με την δομή των φλόκων αλλά μάλλον με λειτουργικές πρακτικές. Μολαταύτα, το φαινόμενο της ανερχόμενης ιλύος γίνεται πιο σοβαρό εάν στους φλόκους επικρατεί η μακρο-δομή, διότι το ακανόνιστο σχήμα τους παγιδεύει τις φυσαλίδες πιο εύκολα σε σχέση με τους μικρούς, σφαιρικούς φλόκους και επίσης διότι μιας και οι φλόκοι με μακροδομή είναι αξιοσημείωτα μεγαλύτεροι, περισσότερη λάσπη θα χαθεί από το σύστημα.

Το φαινόμενο της ανερχόμενης ιλύος μπορεί να αποφευχθεί διασφαλίζοντας ότι η λάσπη δεν θα παραμένει για μεγάλα χρονικά διαστήματα στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης πριν ανακυκλοφορηθεί ή απορριφθεί. Το πρόβλημα μπορεί να οφείλεται σε κακό σχεδιασμό της δεξαμενής καθίζησης. Δεξαμενές με επίπεδο πυθμένα και απομάκρυνση της λάσπης από το κέντρο τους είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς στο πρόβλημα της απονιτροποίησης καθώς η λάσπη μπορεί να παραμείνει για μεγάλα χρονικά διαστήματα στην περίμετρο των δεξαμενών αυτών. Εάν δεν απαιτείται νιτροποίηση η ευκολότερη θεραπεία είναι να μη προλάβει να λάβει χώρα νιτροποίηση μέσα στην δεξαμενή αερισμού ώστε να μην υπάρχουν διαθέσιμα οξείδια του αζώτου στην δευτεροβάθμια δεξαμενή καθίζησης. Το παραπάνω μπορεί να επιτευχθεί είτε μειώνοντας την ένταση του αερισμού είτε αυξάνοντας το φορτίο της ιλύος στην δεξαμενή αερισμού. Εκεί όπου η νιτροποίηση απαιτείται, τα οξείδια του αζώτου μπορούν να απομακρυνθούν με απονιτροποίηση χρησιμοποιώντας μια ανοξική ζώνη πριν τον αερισμό. Η απονιτροποίηση έχει επίσης ελεγχθεί αυξάνοντας τον ρυθμό ανακυκλοφορίας της λάσπης ή διασφαλίζοντας ότι το ανάμικτο υγρό είναι καλά αερισμένο πριν εισέρθει στην δεξαμενή καθίζησης. Εάν η λάσπη παραμείνει για ακόμα μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα μέσα στην δεξαμενή καθίζησης, μπορεί να έχουμε πλήρη αποξυγόνωση οπότε αναερόβιες συνθήκες και αποσύνθεση, με ταυτόχρονη παραγωγή υδρόθειου και μια δυσάρεστης σαπρής ιλύος (Gray, 1990, Wanner, 1994, Τραγανίτης, 1995, Μαμάης, 1998, Metcalf and Eddy, 2003).

### Δ. Αφρισμός

Μετά την απαγόρευση της χρήσης μη διασπάσιμων απορρυπαντικών, ο σχηματισμός μεγάλων ποσοτήτων άσπρου αφρού που συχνά σκέπαζε τις δεξαμενές αερισμού συναντιέται σπάνια σε μονάδες ενεργού ιλύος. Μολαταύτα, η ένταση του συστήματος αερισμού παράγει μικρές ποσότητες ελαφρού, παροδικού αφρού που διαλύεται

γρήγορα. Ο πιο πυκνός αφρός, όμοιος με το μους σοκολάτας στην υφή και στο χρώμα, που εμφανίζεται συνήθως στις δεξαμενές αερισμού αποτελεί το πρόβλημα που καλείται αφρισμός ενεργού ιλύος ή *Nocardia foam*. Αυτός ο τύπος αφρού προκαλείται από την υπερβολική αύξηση συγκεκριμένων νηματοειδών μικροοργανισμών του γένους *Nocardia*, οι οποίοι παγιδεύουν φυσαλίδες αέρα και επιπλέουν στην επιφάνεια της δεξαμενής αερισμού σχηματίζοντας ένα πυκνό, σταθερό στρώμα αφρού. Ο μηχανισμός παγίδευσης του αέρα από τους *Nocardia* είναι κατά πολύ πιο πολύπλοκος από αυτόν της ανερχόμενης ιλύος. Το μικκύλιο αυτών των ειδών είναι γενικά υδροφοβικό, δηλαδή πολύ φιλικό στην προσκόλληση φυσαλίδων. Ο αφρός μπορεί να μεταφερθεί στην δεξαμενή καθίζησης και επομένως και στην τελική εκροή. Αν και οι πληθυσμιακές πυκνότητες των νηματοειδών αυτών μικροοργανισμών είναι μεγάλες μέσα στο ανάμικτο υγρό η ποιότητα της λάσπης που καθιζάνει παραμένει γενικά καλή. Και αυτό διότι οι *Nocardia* σχηματίζουν πολλές διακλαδώσεις, προσδίδοντας στον φλόκο μια δυνατή μακρο-δομή και μεγάλους σταθερούς φλόκους που εύκολα καθιζάνουν. Αντίθετα με άλλους νηματοειδής μικροοργανισμούς οι διακλαδώσεις περιορίζονται εντός του φλόκου και δεν εκτείνονται από την επιφάνειά του, γεγονός που βοηθά στην καθιζησιμότητα. Το πάχος του αφρού μπορεί να είναι αξιοσημείωτο, καλύπτοντας τους διαδρόμους, το μηχανολογικό εξοπλισμό, υπερχειλίζοντας των εξωτερικών φραγμάτων και γενικά κάνοντας τη συντήρηση και τη λειτουργία δύσκολη και επικίνδυνη. Ο αφρισμός σε δεξαμενές αερισμού κλειστού τύπου μειώνει τον ωφέλιμο όγκο και το υδραυλικό ύψος. Τα MLSS παγιδεύονται μέσα στο αφρό προσδίδοντάς του ένα σκούρο καφέ χρώμα, και μέχρι 30-50 % της συνολικής ενεργού ιλύος μπορεί να παγιδευτεί μέσα στον αφρό κάνοντας λειτουργικά δύσκολη τη διατήρηση επαρκής συγκέντρωσης MLSS στο ανάμικτο υγρό για την ορθή επεξεργασία. Ο αφρός περιέχει αξιοσημείωτη ποσότητα αέρα, καθώς επίσης και φλόκους *Nocardia* και ενεργού ιλύος δίνοντας μια πυκνότητα της τάξης του 0,7 g ml<sup>-1</sup>. Όπως αναμένεται η πυκνότητα των *Nocardia* εμπλουτίζεται στους αφρούς με περισσότερες από 10<sup>12</sup> μικροαποικίες ml<sup>-1</sup>, συγκριτικά με τις 10<sup>6</sup> μικροαποικίες ml<sup>-1</sup> του ανάμικτου υγρού. Άλλα προβλήματα σχετικά με τον αφρισμό περιλαμβάνουν την παραγωγή οσμών το καλοκαίρι και εάν η λάσπη επεξεργάζεται με αναερόβια χώνευση μπορεί επακόλουθως να εμφανιστεί αφρός και στο χωνευτήρα.

**Οι ακτινομύκητες είναι οι πιο κοινά παρατηρούμενοι νηματοειδείς μικροοργανισμοί στην ενεργό ιλύ σε Η.Π.Α., νότια Αφρική και Ευρώπη. Συγκεκριμένα τα *N. amarae*, *N. rhodochus*, *N. asteroides*, *N. caviae*, *Mycobacterium*. Οι πιο κοινά απαντώμενοι (και στην Ελλάδα) μικροοργανισμοί είναι τα *Nocardia* και *Microthrix parvicella*.**

**Οι αιτίες δημιουργίας των αφρών *Nocardia* δεν είναι γνωστές, με αντιφατικές μαρτυρίες σχετικές με παράγοντες όπως η θερμοκρασία (πάνω από 18 °C), υψηλά επίπεδα φόρτισης και μεγάλες ηλικίες ιλύος (μεγαλύτερες από 9 μέρες). Η εμπειρία στην Ευρώπη έδειξε ότι η παρουσία γαλακτωματοποιημένων λιπαρών ουσιών μπορεί να είναι σημαντική. Υπάρχει σημαντική συσχέτιση του αφρισμού με απορρίψεις αποβλήτων σφαγείων, ειδικά αίματος. Ο ακριβής σχηματισμών των αφρών εξαρτάται από το εάν το ανάμικτο υγρό περιέχει επαρκή συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών (τα MLSS μεγαλύτερα από 5000 mg l<sup>-1</sup>). Αύξηση της θερμοκρασίας ή του αερισμού θα αυξήσουν το πάχος του στρώματος αφρού.**

Η πιο κοινά χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τον έλεγχο του *Nocardia* στην ενεργό ιλύ είναι η μείωση της ηλικίας της ιλύος. Αυξάνοντας το ρυθμό αποβολής της ιλύος είναι πιθανό να εκπλύνουμε τα *Nocardia* από το σύστημα, αν και η αποτελεσματική ηλικία ιλύος εξαρτάται από την θερμοκρασία, με όσο υψηλότερη τη θερμοκρασία τόσο μικρότερη την ηλικία ιλύος που απαιτείται. Εάν στην δεξαμενή αερισμού πραγματοποιείται και νιτροποίηση, αυτή η πρακτική θα πρέπει να αποκλεισθεί διότι η ηλικία ιλύος των νιτροποιών βακτηρίων είναι πολύ μεγαλύτερη από ηλικία ιλύος που απαιτείται για την έκπλυση των *Nocardia* (περίπου 1 μέρα). Οι αντιαφριστικές συσκευές με καταιονισμό νερού είναι ανεπαρκής για αυτό το σταθερό αφρό, και βοηθάει μόνο στην διάλυση του. Μολαταύτα, διαλύοντας και μειώνοντας το πάχος του αφρού στην επιφάνεια της δεξαμενής καθίζησης είναι πιο εύκολο για τα επιφανειακά ξέστρα και τις παγίδες επιπλεόντων να απομακρύνουν τις αφρολάσπες. Πρόβλημα όμως αποτελεί ότι οι παγίδες επιπλεόντων των δεξαμενών τελικής καθίζησης, σε αντίθεση με τις πρωτοβάθμιας καθίζησης, είναι μικρές με μικρού διαμέτρου σωληνώσεις, που δεν επιτρέπουν στην σημαντική ποσότητα των αφρών που μπορεί να συγκεντρωθεί να απομακρυνθεί. Μολαταύτα, κάποιος έλεγχος έχει επιτευχθεί με αυτή τη μέθοδο, διασφαλίζοντας όμως ότι οι αφροί δεν επιστρέφουν στην γραμμή επεξεργασίας των λυμάτων. Μια άλλη μέθοδος είναι ο ψεκασμός χλωρίου επάνω στον αφρό. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή σε ότι αφορά τις ποσότητες που χρησιμοποιούνται καθώς και τον τρόπο εφαρμογής τους ώστε να μην καταστραφεί η ενεργός βιομάζα. Τέλος ο περιορισμός της εισροής λιπών και ελαίων και η άψογη λειτουργία του λιποσυλλέκτη πιθανά να βοηθήσουν στον περιορισμό του προβλήματος ιδιαίτερα εάν πρόκειται για τον *Microthrix parvicella* (Gray, 1990, Jenkins *et al.*, 1993, Wanner, 1994, Τραγανίτης, 1995, Ανδρεαδάκης και άλλοι, 1999, Metcalf and Eddy, 2003).

## ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ (TROUBLE SHOOTING) ΜΗ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ

Τα προβλήματα της ενεργού ιλύος δεν σχετίζονται όλα με τον ανεπαρκή διαχωρισμό. Λειτουργικά προβλήματα όπως αύξηση του BOD ή των αιωρούμενων στερεών στην έξοδο, χαμηλή συγκέντρωση MLSS στη δεξαμενή αερισμού ή μείωση του ρυθμού κατανάλωσης οξυγόνου μπορούν όλα να προκληθούν από παράγοντες διαφορετικούς από τη διόγκωση της ιλύος. Ο βήμα-προς-βήμα οδηγός που ακολουθεί επιτρέπει στον λειτουργό με λογικές ερωτήσεις και δια της απόπου απαγωγής να προσδιορίσει και να διορθώσει τα προβλήματα μη διογκωμένης ιλύος. Αποτελεί μόνο έναν οδηγό και όχι μια πανάκεια, μιας και όλες οι μονάδες εξεργασίας υγρών αποβλήτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος είναι κατά κάτι διαφορετικές μεταξύ τους. Ο οδηγός αποτελεί ένα σημείο εκκίνησης για τους λειτουργούς και θα πρέπει να προσαρμόζεται σύμφωνα με την εμπειρία ώστε να ταιριάζει απόλυτα σε κάθε μονάδα. Ο οδηγός “δείχνει” τις ερωτήσεις που θα πρέπει να κάνει ο λειτουργός, μολαταύτα θα πρέπει να ακολουθήσει περισσότερες από μια από τις προτεινόμενες λύσεις καθώς οι πιθανές αιτίες δημιουργίας του προβλήματος μια προς μια εξαλείφονται. Η ουσία της επιτυχούς λειτουργίας της ενεργού ιλύος είναι η κατανόηση όλων των διεργασιών και των παραμέτρων που συμβαίνουν στην δεξαμενή αερισμού και την δεξαμενή καθίζησης και πως αυτά συσχετίζονται. Επομένως όσο καλύτερα γνωρίζουμε τη διεργασία, τόσο μεγαλώνει η πιθανότητα να προσδιορίσουμε και να διορθώσουμε το πρόβλημα. Για να χρησιμοποιήσουμε τον οδηγό ξεκινάμε από την ερώτηση 1. Οι απαντήσεις θα επιλέξουν την επόμενη ερώτηση και τις διαδοχικές που θα πρέπει να απαντηθούν, φθάνοντας τελικά στον προσδιορισμό του προβλήματος και στις διορθωτικές κινήσεις (Gray, 1990).



**ΟΔΗΓΟΣ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΜΗ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ**

1. *Καθιζησιμότητα.* Είναι το SVI μεγαλύτερο από 120 ml/g ή το SSVI μεγαλύτερο από 200 ml/g;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 2  
 Όχι \_\_\_\_\_ 3
2. Διόγκωση λάσπης
3. *BOD.* Είναι η συγκέντρωση του BOD στην έξοδο σημαντικά μεγαλύτερη από το κανονικό;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 11  
 Όχι \_\_\_\_\_ 4
4. *Αιωρούμενα στερεά.* Είναι η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών στην έξοδο σημαντικά μεγαλύτερη από το κανονικό;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 22  
 Όχι \_\_\_\_\_ 5
5. *Διαλυμένο οξυγόνο.* Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στην δεξαμενή αερισμού είναι μικρότερη από 1,0 mg/l;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 30  
 Όχι \_\_\_\_\_ 6
6. *Ρυθμός αύξησης συγκέντρωσης οξυγόνου.* Είναι χαμηλός ο ρυθμός; Για παράδειγμα, εκεί που οι αεριστήρες ελέγχονται με αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου του οξυγόνου (ηλεκτρόδια), παραμένουν εκτός λειτουργίας για αρκετή ώρα;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 41  
 Όχι \_\_\_\_\_ 7
7. Υπάρχει μείωση του ρυθμού καθίζησης μέσα στην δεξαμενή καθίζησης;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 64  
 Όχι \_\_\_\_\_ 8
8. Είναι το σύστημα σχεδιασμένο για νιτροποίηση και πιθανόν απονιτροποίηση;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 9  
 Όχι \_\_\_\_\_ 10
9. *Νιτροποίηση/απονιτροποίηση.* Υπάρχει αύξηση της συγκέντρωσης της αμμωνίας ή των νιτρικών στην έξοδο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 71  
 Όχι \_\_\_\_\_ 10
10. *Οσμή.* Αναδύεται δυνατή μυρωδιά από την δεξαμενή αερισμού και την τελική καθίζηση;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 92  
 Όχι \_\_\_\_\_ 11



11. MLVSS. Είναι η συγκέντρωση των MLVSS έξω από τα όρια λειτουργίας;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 12  
 Όχι \_\_\_\_\_ 13
12. Είναι τα MLVSS  
 Χαμηλότερα από το αναμενόμενο; \_\_\_\_\_ 58  
 Υψηλότερα από το αναμενόμενο; \_\_\_\_\_ 23
13. Είναι η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών στην έξοδο  
 Κανονική; \_\_\_\_\_ 14  
 Υψηλότερη από το αναμενόμενο; \_\_\_\_\_ 22
14. Είναι η οργανική φόρτιση ή η παροχή  
 Κανονική; \_\_\_\_\_ 15  
 Χαμηλότερη από το κανονικό; \_\_\_\_\_ 105  
 Υψηλότερη από το κανονικό \_\_\_\_\_ 24
15. Υπάρχει επαρκές διαλυμένο οξυγόνο στην δεξαμενή αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 16  
 Όχι \_\_\_\_\_ 30
16. Θρεπτικά. Υπάρχει ικανοποιητική ποσότητα αζώτου και φωσφόρου στα εισερχόμενα λύματα;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 17  
 Όχι \_\_\_\_\_ 106
17. pH. Είναι το pH μεταξύ 6,5 και 8,5;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 18  
 Όχι \_\_\_\_\_ 107
18. Υπάρχει καταγεγραμμένο κάποιο σοκ οργανικής φόρτισης ή τοξικό στην μονάδα;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 41  
 Όχι \_\_\_\_\_ 19
19. Υπήρξε καμιά ξαφνική αλλαγή στην θερμοκρασία;  
 Σημαντική μείωση \_\_\_\_\_ 109  
 Κανονική \_\_\_\_\_ 20  
 Σημαντική αύξηση \_\_\_\_\_ 110
20. Υπάρχουν ουσίες παρεμπόδισης στα εισερχόμενα λύματα;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 44  
 Όχι \_\_\_\_\_ 21
21. Ελέγξτε το σχεδιασμό
22. Είναι επαρκής η απομάκρυνση λάσπης από την δεξαμενή αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 23  
 Όχι \_\_\_\_\_ 111

23. Είναι η συγκέντρωση των MLVSS σημαντικά μεγαλύτερη;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 112  
 Όχι \_\_\_\_\_ 24
24. Είναι η παροχή στην δεξαμενή αερισμού σημαντικά υψηλότερη από το αναμενόμενο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 113  
 Όχι \_\_\_\_\_ 25
25. Είναι η οργανική φόρτιση στη δεξαμενή αερισμού σημαντικά υψηλότερη από το αναμενόμενο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 114  
 Όχι \_\_\_\_\_ 26
26. Είναι το στρώμα λάσπης (sludge blanket) στην δεξαμενή καθίζησης υψηλό;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 115  
 Όχι \_\_\_\_\_ 27
27. Υπάρχουν ορατοί φλόκοι ή κομμάτια λάσπης στην επιφάνεια της τελικής καθίζησης ή ένα διακριτό στρώμα αφρού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 48  
 Όχι \_\_\_\_\_ 28
28. Είναι η συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών μεγαλύτερη από 3000 mg/l;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 116  
 Όχι \_\_\_\_\_ 29
29. Υπεραερισμός. Είναι το σύστημα αερισμού πολύ “νευρικό” ή μεγάλο για τον όγκο της δεξαμενής αερισμού; Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την διασκορπισμένη ανάπτυξη εκεί που δεν υπάρχει ξεκάθαρη ζώνη καθίζησης και θολότητα στην έξοδο.  
 Ναι \_\_\_\_\_ 117  
 Όχι \_\_\_\_\_ 21
30. Οι αεριστήρες λειτουργούν με σύστημα ελέγχου διαλυμένου οξυγόνου με ηλεκτρόδια;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 31  
 Όχι \_\_\_\_\_ 33
31. Ελέγξτε τη βαθμονόμηση των ηλεκτροδίων διαλυμένου οξυγόνου. Είναι εντάξει;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 32  
 Όχι \_\_\_\_\_ 118
32. Είναι επαρκής οι ρυθμίσεις των ηλεκτροδίων on/off ελέγχου της συγκέντρωσης  
 Ναι \_\_\_\_\_ 33  
 Όχι \_\_\_\_\_ 119
33. Οι αεριστήρες λειτουργούν μόνο με χρονοδιακόπτες;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 34

- Όχι \_\_\_\_\_ 35
34. Είναι επαρκείς οι περίοδοι του αερισμού, ή η συχνότητα των κύκλων αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 35  
 Όχι \_\_\_\_\_ 120
35. Υπάρχει βλάβη στο σύστημα του αερισμού:  
 Όχι \_\_\_\_\_ 36  
 Ναι \_\_\_\_\_ 121
36. Υπήρχαν διακοπές ή διακυμάνσεις τάσης στην παροχή ηλεκτρισμού στους αεριστήρες;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 123  
 Όχι \_\_\_\_\_ 37
37. Έχει αυξηθεί το οργανικό φορτίο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 38  
 Όχι \_\_\_\_\_ 39
38. Η αύξηση στο οργανικό φορτίο είναι  
 Μόνιμη \_\_\_\_\_ 124  
 Προσωρινή \_\_\_\_\_ 125
39. Άμεση απαίτηση σε οξυγόνο. Υπάρχει κάποιο αναγωγικό μέσο στα εισερχόμενα λύματα που ασκεί μια άμεση χημική απαίτηση σε οξυγόνο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 126  
 Όχι \_\_\_\_\_ 40
40. Υπάρχει επαρκές διαλυμένο οξυγόνο όταν οι αεριστήρες λειτουργούν στην μέγιστη ταχύτητα ή στο βέλτιστη απορρόφηση το λιγότερο για ένα τμήμα της ημέρας;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 127  
 Όχι \_\_\_\_\_ 122
41. Υπήρξε σοκ οργανική ή τοξικής φόρτισης στην δεξαμενή αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 128  
 Όχι \_\_\_\_\_ 42
42. Υπήρξε μείωση της οργανικής φόρτισης στην δεξαμενή αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 129  
 Όχι \_\_\_\_\_ 43
43. Είναι η συγκέντρωση των MLVSS χαμηλότερη από την επιθυμητή βέλτιστη;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 58  
 Όχι \_\_\_\_\_ 44
44. Είναι το pH στη δεξαμενή αερισμού μεταξύ 6,5 και 8,5;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 45  
 Όχι \_\_\_\_\_ 107

45. Υπάρχουν ουσίες παρεμπόδισης στην είσοδο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 130  
 Όχι \_\_\_\_\_ 46
46. Υπήρξε μια σημαντική μείωση στην θερμοκρασία;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 109  
 Όχι \_\_\_\_\_ 47
47. Εξετάστε την βιοδιασπασσιμότητα / ικανότητα για επεξεργασία των εισερχόμενων λυμάτων χρησιμοποιώντας μια πιλοτική μονάδα υπό κλίμακα.
48. Υπάρχει στρώμα αφρού ή πυκνός αφρός όμοιος με το “μους σοκολάτας” τόσο σε υφή όσο και χρώμα; \_\_\_\_\_ 158  
 ή διακριτά σωματίδια ή φλόκοι που καλύπτουν την επιφάνεια της δεξαμενής αερισμού; \_\_\_\_\_ 49
49. Έχει η μονάδα νιτροποίησης;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 50  
 Όχι \_\_\_\_\_ 51
50. Γίνεται απονιτροποίηση στην δεξαμενή καθίζησης;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 131  
 Όχι \_\_\_\_\_ 51
51. Υπάρχει αναερόβια δραστηριότητα στην τελική καθίζηση;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 132  
 Όχι \_\_\_\_\_ 52
52. Λειτουργεί σωστά το επιφανειακό ξέστρο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 133  
 Όχι \_\_\_\_\_ 53
53. Είναι το SVI χαμηλό και η εκροή θολή;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 157  
 Όχι \_\_\_\_\_ 54
54. Υπάρχει στρώμα λεπτού, διαφανή αφρού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 134  
 Όχι \_\_\_\_\_ 55
55. Ελέγξτε τη λειτουργία της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης. Τα επιπλέοντα υλικά επιστρέφουν στη δεξαμενή αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 57  
 Όχι \_\_\_\_\_ 56
56. εξετάστε τα υλικά για προσδιορίσετε την προέλευσή τους. Εφαρμόστε διορθωτικά μέτρα όπως απαιτείται.

57. Ελέγξτε τη λειτουργία του ξέστρου και της παγίδας των επιπλεόντων. Εάν τα επιπλέοντα υλικά δεν μπορούν να συγκεντρωθούν και να απομακρυνθούν, μειώστε τα από την πηγή.
58. Είναι επαρκής ο ρυθμός επιστροφής της ιλύος;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 59  
 Όχι \_\_\_\_\_ 135
59. Υπήρξε μείωση της συγκέντρωσης της περίσσειας ιλύος στην δεξαμενή καθίζησης;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 136  
 Όχι \_\_\_\_\_ 60
60. Η είσοδος έχει υψηλή συγκέντρωση σε αιωρούμενα στερεά;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 22  
 Όχι \_\_\_\_\_ 61
61. Η καθιζησημότητα είναι μικρή στην δεξαμενή καθίζησης;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 62  
 Όχι \_\_\_\_\_ 63
62. Ο αριθμός των νηματοειδών, κάτω από μικροσκόπιο, είναι υπερβολικός;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 2  
 Όχι \_\_\_\_\_ 63
63. Το οργανικό φορτίο είναι χαμηλό;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 22  
 Όχι \_\_\_\_\_ 21
64. Το οργανικό φορτίο έχει μεταβληθεί σημαντικά από το κανονικό εύρος;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 105  
 Όχι \_\_\_\_\_ 65
65. Η συγκέντρωση των MLVSS έχει μεταβληθεί σημαντικά από το κανονικό εύρος;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 105  
 Όχι \_\_\_\_\_ 66
66. Υπάρχουν επαρκή θρεπτικά για πλήρη οξείδωση;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 67  
 Όχι \_\_\_\_\_ 106
67. Υπήρξε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 116  
 Όχι \_\_\_\_\_ 68
68. Εξετάστε δείγμα ανάμεικτου υγρού κάτω από το μικροσκόπιο. Υπάρχουν νηματοειδής παρόντες;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 137  
 Όχι \_\_\_\_\_ 69

69. Το στρώμα λάσπης (sludge blanket) είναι ψηλά στην δεξαμενή καθίζησης;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 26  
 Όχι \_\_\_\_\_ 70
70. Ελέγξτε το σχεδιασμό και τα χαρακτηριστικά των παροχών στην δεξαμενή καθίζησης.
71. Υπάρχει αύξηση της συγκέντρωσης της αμμωνίας στην έξοδο;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 72  
 Όχι \_\_\_\_\_ 80
72. *Ελάττωση νιτροποίησης.* Η θερμοκρασία έχει μειωθεί σημαντικά;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 138  
 Όχι \_\_\_\_\_ 73
73. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι τουλάχιστον 1,5 mg/l σε όλο το μήκος της δεξαμενής αερισμού;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 74  
 Όχι \_\_\_\_\_ 139
74. Η αλκαλικότητα στην έξοδο είναι τουλάχιστον 80 mg/l ως CaCO<sub>3</sub>;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 75  
 Όχι \_\_\_\_\_ 140
75. Το pH είναι μεταξύ 7,0 και 9,0;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 76  
 Όχι \_\_\_\_\_ 141
76. Η ηλικία ιλύος είναι επαρκής;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 77  
 Όχι \_\_\_\_\_ 142
77. Ανεπαρκή νιτροποιά βακτήρια; Ελέγξτε με χρήση πιλοτικής μονάδας.  
 Ναι \_\_\_\_\_ 143  
 Όχι \_\_\_\_\_ 78
78. Υπάρχουν ουσίες παρεμπόδισης ή τοξικές;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 145  
 Όχι \_\_\_\_\_ 79
79. Ελέγξατε το σχεδιασμό για νιτροποίηση
80. *Ελάττωση απονιτροποίησης.* Η συγκέντρωση των MLVSS έχει πέσει σημαντικά;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 105  
 Όχι \_\_\_\_\_ 81
81. Η θερμοκρασία του ανάμεικτου υγρού έχει πέσει σημαντικά;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 146  
 Όχι \_\_\_\_\_ 82

82. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στην ανοξική δεξαμενή είναι μικρότερο από 0,5 mg/l;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 83  
 Όχι \_\_\_\_\_ 147
83. Το pH στην ανοξική δεξαμενή είναι μεταξύ 6,5 και 8,0;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 84  
 Όχι \_\_\_\_\_ 148
84. Η ηλικία ιλύος είναι επαρκής για να συντηρηθούν τα απονιτροποια βκτήρια;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 85  
 Όχι \_\_\_\_\_ 149
85. Υπάρχει επαρκής οργανικός άνθρακας για να χρησιμοποιηθεί ως δότης ηλεκτρονίων;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 86  
 Όχι \_\_\_\_\_ 150
86. Υπήρξε απόρριψη πιθανής ουσίας παρεμπόδισης ή τοξικής στη μονάδα;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 87  
 Όχι \_\_\_\_\_ 88
87. Διενεργείστε εργαστηριακά πειράματα τοξικότητας. Η απονιτροποίηση παρεμποδίζεται;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 89  
 Όχι \_\_\_\_\_ 88
88. Υπάρχει ικανοποιητική βιομάζα απονιτροποίησης;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 91  
 Όχι \_\_\_\_\_ 90
89. Απομακρύνεται την πηγή της ουσίας παρεμπόδισης \_\_\_\_\_ 90
90. Επανεμβολιάστε με ενεργή βιομάζα απονιτροποίησης
91. Ελέγξτε το σχεδιασμό της απονιτροποίησης
92. Η οσμή αποτελεί καλό δείκτη της κατάστασης της ιλύος ή οποιασδήποτε αλλαγής των εισερχομένων λυμάτων. Υπάρχει μυρωδιά χαλασμένου αυγού (H<sub>2</sub>S);  
 Ναι \_\_\_\_\_ 93  
 Όχι \_\_\_\_\_ 98
93. Αναδύεται σηπτική μυρωδιά από τη δεξαμενή αερισμού; \_\_\_\_\_ 94  
 ή μόνο από τη δεξαμενή τελικής καθίζησης \_\_\_\_\_ 95
94. Ανεπαρκής μίξη του ανάμεικτου υγρού επιτρέποντας έτσι τη λάσπη να καθιζήσει. Αυξήστε την ικανότητα ανάμειξης αυξάνοντας τη δυναμικότητα των αεριστήρων ή κάνοντας χρήση διαχωριστικών (baffles) κλπ.
95. Η απομάκρυνση της λάσπης γίνεται συχνά;

Ναι \_\_\_\_\_ 96  
 Όχι \_\_\_\_\_ 151

96. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου του ανάμεικτου υγρού που εισέρχεται στην δεξαμενή καθίζησης είναι μικρότερο από 0,5 mg/l;

Ναι \_\_\_\_\_ 152  
 Όχι \_\_\_\_\_ 97

97. Ελέγξτε το σχεδιασμό της δεξαμενής καθίζησης, ειδικά το πάχος των ξέστρων της ιλύος στον πυθμένα, το βαθμό της ανάμειξης κλπ

98. Η οσμή είναι παρούσα στα εισερχόμενα λύματα και/ή στην δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης;

Ναι \_\_\_\_\_ 155  
 Όχι \_\_\_\_\_ 99

99. Υπήρξε τοξικό ή οργανικού φορτίου σοκ στη δεξαμενή αερισμού;

Ναι \_\_\_\_\_ 154  
 Όχι \_\_\_\_\_ 100

100. Υπάρχει αφρός ή παχύ στρώμα επιπλεόντων στην επιφάνεια της δεξαμενής αερισμού;

Ναι \_\_\_\_\_ 52  
 Όχι \_\_\_\_\_ 101

101. Υπάρχουν περιοχές στην δεξαμενή αερισμού με αναερόβιες συνθήκες;

Ναι \_\_\_\_\_ 153  
 Όχι \_\_\_\_\_ 102

102. Εισέρχονται στη μονάδα απόνερα από βιομηχανικές ή αγροτικές δραστηριότητες;

Ναι \_\_\_\_\_ 103  
 Όχι \_\_\_\_\_ 104

103. Υπάρχουν ουσίες στα εισερχόμενα λύματα που μπορούν να δώσουν οσμηρά προϊόντα κατά τη διάρκεια διακοπής της αερόβιας διαδικασίας;

Ναι \_\_\_\_\_ 156  
 Όχι \_\_\_\_\_ 104

104. Μειώστε τα MLVSS αυξάνοντας το λόγο F/M δηλαδή αυξήστε την ποσότητα της περίσσειας της ιλύος. Εάν δεν υπάρξει βελτίωση στο πρόβλημα των οσμών, ή το πρόβλημα επανεμφανιστεί, τότε οι οσμηρές ουσίες θα πρέπει να αναλυθούν εργαστηριακά για να προσδιοριστεί η πηγή.

105. Ρυθμίστε τη συγκέντρωση των MLVSS για να διατηρήσετε το βέλτιστο λόγο F/M

106. Βεβαιωθείτε ότι ο λόγος C:N:P είναι κατάλληλος. Συμπληρώστε με λίπασμα γεωργικής χρήσης σωστής αναλογίας N:P έτσι ώστε τα υπολειμματικά νιτρικά και φωσφορικά να ισούνται με 1 mg/l.

107. Ελέγξτε το αρχείο για αλλαγή του pH έξω από τα επιθυμητά όρια. Είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο ή ένα πρόσφατο πρόβλημα.



Ναι \_\_\_\_\_ 128  
 Όχι \_\_\_\_\_ 108

108. Ρυθμίστε το pH στην δεξαμενή αερισμού. Η συνεχής ρύθμιση του pH είναι μια ακριβή διαδικασία και δεν πρέπει να θεωρείται μόνιμη λύση. Απομονώστε τη πηγή των αλκαλικών ή όξινων λυμάτων στο αποχετευτικό δίκτυο και οδηγήστε τα προς προεπεξεργασία (ουδετεροποίηση) ή ξεχωριστή επεξεργασία.
109. Μείωση της θερμοκρασίας στο ανάμεικτο υγρό οδηγεί σε μείωση της βιολογικής δραστηριότητας. Είναι απαραίτητο να αυξήσετε τα MLVSS για να διατηρήσετε μια ικανοποιητική απομάκρυνση οργανικής ύλης.
110. Αύξηση στη θερμοκρασία του ανάμεικτου υγρού οδηγεί σε αύξηση της βιολογικής δραστηριότητας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα διατήρησης ικανοποιητικής συγκέντρωσης οξυγόνου ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του ανάμεικτου υγρού σε οξυγόνο. Μειώστε τα MLVSS ή, αν αυτό είναι αδύνατο, προσθέστε στη δυναμικότητα του αερισμού μια δευτερεύουσα πηγή αέρα ή οξυγόνου.
111. Ξεκινήστε την απομάκρυνση της ιλύος αμέσως. Εναλλακτικά μπορείτε να αυξήσετε την παροχή της περίσσειας της ιλύος.
112. Μειώστε τα MLVSS μειώνοντας της επιστροφή της ιλύος.
113. Αυξήστε το λόγο F/M μιας και οι χαμηλοί λόγοι μπορεί να οδηγήσουν σε διάσπαρτη ανάπτυξη των φλόκων και υπερχείλιση αιωρούμενων σωματιδίων στην καθίζηση. Εάν η αύξηση στο υδραυλικό φορτίο είναι μόνιμη, βεβαιωθείτε ότι η παροχή δεν υπερβαίνει τα σχεδιαστικά κριτήρια.
114. Αυξήστε τα MLVSS για διατηρήσετε το λόγο F/M. Βεβαιωθείτε ότι η αύξηση του οργανικού φορτίου δεν υπερβαίνει τα σχεδιαστικά κριτήρια.
115. Ένα μεγάλο στρώμα ιλύος (sludge blanket) μπορεί να προκληθεί από χαμηλή καθιζησιμότητα λόγω filamentous και non-filamentous bulking. Επίσης μπορεί να οφείλεται και σε μη επαρκή απομάκρυνση της περίσσειας της ιλύος. Ρυθμίστε την ανακυκλοφορία και την απομάκρυνση της περίσσειας για να μειώσετε το στρώμα της λάσπης αλλά διατηρείστε τη συγκέντρωση των MLVSS.
116. Μια μεγάλη αύξηση των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) θα οδηγήσει αυξημένη συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στην τελική εκροή. Απομονώστε την πηγή αύξησης των TDS και εξαλείψτε την από τα εισερχόμενα λύματα. Εάν αυτό δεν είναι δυνατόν, θα πρέπει να προστεθούν κροκιδωτικά στο ανάμεικτο υγρό πριν από τη δεξαμενή καθίζησης. Είναι πιθανό το ανάμεικτο υγρό να εγκλιματιστεί στην αυξημένη συγκέντρωση των TDS, αν και η μεγαλύτερη παραγωγή ιλύος είναι αναπόφευκτη μιας και απαιτούνται διαφορετικοί ρυθμοί στην ανακυκλοφορία και την περίσσεια της ιλύος.
117. Ασκούνται υψηλές δυνάμεις συνάφειας στους φλόκους οδηγώντας στην καταστροφή της δομής τους. Μειώστε την ανάδευση μειώνοντας το ρυθμό του αερισμού. Ελέγξτε εάν το μέγεθος των αεριστήρων και η ταχύτητα των στρωφών είναι κατάλληλα για τον όγκο και τη διάταξη στη δεξαμενή αερισμού.

118. Τα ηλεκτρόδια του διαλυμένου οξυγόνου θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά και να βαθμονομούνται κατεβάζοντας ένα άλλο ηλεκτρόδιο στη δεξαμενή. Η επαναβαθμονόμηση είναι απαραίτητη. Τα ηλεκτρόδια θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά για την αποφυγή επιστρώσεων και αλλοιώσεων των μεμβρανών, κλπ.
119. Οι ρυθμίσεις του αυτόματου ελέγχου θα πρέπει να ελεγχθούν. Επαναβαθμονομήστε ώστε το ανώτερο όριο (εκεί που οι αεριστήρες σταματούν τη λειτουργία τους) να είναι 1,0 mg/l πάνω από την κρίσιμη συγκέντρωση, ενώ το κατώτερο όριο (οι αεριστήρες θέτονται σε λειτουργία) να είναι 0,5 mg/l κάτω από τη κρίσιμη συγκέντρωση. Εάν οι αεριστήρες παραμένουν εκτός λειτουργίας για μεγάλο χρονικό διάστημα τότε μειώστε το ανώτερο όριο κατά 0,5 mg/l για την αποφυγή καθίζησης της ιλύος μέσα στη δεξαμενή αερισμού. Εάν οι αεριστήρες συνεχώς ανοίγουν και κλείνουν, τότε διευρύνετε τα όρια για να αποφύγετε τη φθορά του κινητήρα.
120. Χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια διαλυμένου οξυγόνου, προχωρήστε σε μέτρηση του ρυθμού αύξησης του διαλυμένου οξυγόνου στο ανάμικτο υγρό για να προσδιορίσετε το βέλτιστο κύκλο αερισμού. Αυτό θα πρέπει να επαναλαμβάνεται κάθε δύο με τρεις μήνες ή όταν αλλάξει η φόρτιση της δεξαμενής αερισμού. Ίσως να είναι πιο ωφέλιμο οικονομικά, σε όρους κατανάλωσης ενέργειας, να εγκαταστήσετε αυτόματο έλεγχο διαλυμένου οξυγόνου.
121. Οι αεριστήρες λειτουργούν ικανοποιητικά; Ελέγξτε και ρυθμίστε ή επιδιορθώστε εάν είναι απαραίτητο.
122. Ελέγξτε εάν το μέγεθος των αεριστήρων είναι κατάλληλο για το μέγεθος και το φορτίο της δεξαμενής αερισμού. Εάν είναι απαραίτητο, δοκιμάστε τους αεριστήρες για να εξασφαλίσετε ικανοποιητική μεταφορά οξυγόνου εάν αυτό είναι δυνατό. Διαφορετικά ελέγξτε το σχεδιασμό.
123. Μια συνεχής και σταθερή πηγή ρεύματος είναι ζωτικής σημασίας. Συμβουλευτείτε τα δεδομένα παροχής ρεύματος και διορθώστε το πρόβλημα στη στιγμή. Μια εφεδρική γεννήτρια μπορεί να απαιτηθεί.
124. Λειτουργείστε το σύστημα αερισμού στη μέγιστη δυναμικότητα. Εν τούτοις, η δυναμικότητα αερισμού θα πρέπει να αυξηθεί εάν η αύξηση στη φόρτιση είναι μόνιμη.
125. Λειτουργείστε το σύστημα αερισμού στη μέγιστη δυναμικότητα. Εάν η περίοδος του αυξημένου φορτίου είναι περισσότερη από λίγες μέρες τότε απαιτείται μια επιπρόσθετη πηγή αέρα ή οξυγόνου για την περίοδο του επιπλέον φορτίου. Εάν αεροσυμπιεστής ή μια μονάδα Nitox μάλλον θα είναι επαρκή.
126. Οποιοδήποτε αναγωγικό μέσο που καταναλώνει άμεσα το οξυγόνο θα πρέπει να προσδιοριστεί και να αποκλειστεί από την είσοδο
127. Ελέγξτε την ημερήσια απαίτηση σε οξυγόνο του ανάμεικτου υγρού σε σχέση με τις αλλαγές είτε στην παροχή είτε στο οργανικό φορτίο και ρυθμίστε τον αερισμό ή εξισορροπήστε το υδραυλικό/οργανικό φορτίο ώστε να καλύπτεται με τον υπάρχον

αερισμό. Μια εφεδρική πηγή αέρα μπορεί να απαιτείται για αντιμετώπιστούν επιτυχώς περίοδοι αιχμών.

128. Εάν το υλικό συνεχίζει να εισέρχεται στη μονάδα, προσπαθήστε να το απομονώσετε σε μια δεξαμενή βρόχινου νερού ή μια δεξαμενή εξισορρόπησης. Προσδιορίστε την πηγή και αποκόψτε την είσοδο από τη μονάδα. Εάν είναι δυνατό διορθώστε το αποτέλεσμα της έγχυσης στην δεξαμενή αερισμού. Μπορεί να είναι απαραίτητο να ερευνήσετε την τοξικότητα των υλικών και τα αποτελέσματα τους στο ανάμεικτο υγρό διενεργώντας μελέτες αναπνοής. Μπορεί δε να είναι απαραίτητο να αραιώσετε το ανάμεικτο υγρό και να επανεμβολιάσετε.
129. Εάν η ποιότητα της εξόδου έχει μειωθεί, είτε σε ότι αφορά τα αιωρούμενα στερεά είτε τη συγκέντρωση του BOD, τότε κρίνεται απαραίτητο να ρυθμίσετε τη συγκέντρωση των MLVSS για τη διατήρηση του συντελεστή F/M.
130. Εξαλείψτε και εξουδετερώστε όπου αυτό είναι δυνατόν. Εάν ο παράγοντας παρεμπόδισης εκκενώνετε ασυνεχώς, μπορεί να είναι δυνατή η αραιώση του αποθηκεύοντας τον και εκκενώνοντάς τον σύμφωνα με την παροχή στη μονάδα. Μολαταύτα μελέτες ικανότητας επεξεργασίας είναι απαραίτητο να γίνουν ώστε να εξακριβωθεί εάν το ανάμεικτο υγρό μπορεί να εγκλιματιστεί στην επεξεργασία τέτοιων ουσιών.
131. Αυξήστε τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού. Αυξήστε το ρυθμό επανακυκλοφορίας της ιλύος ώστε να μειωθεί ο χρόνος παραμονής της ιλύος στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης. Εμποδίστε την νιτροποίηση μέσα στη δεξαμενή αερισμού εκτός και αν αυτό είναι απαραίτητο. Πρόβλεψη για ανοξική δεξαμενή.
132. Αυξήστε το ρυθμό επανακυκλοφορίας της ιλύος ώστε να μειωθεί ο χρόνος παραμονής της ιλύος στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης. Αυξήστε τη συγκέντρωση του υπολειμματικού οξυγόνου στο ανάμεικτο υγρό που εισέρχεται στη δεξαμενή καθίζησης.
133. Ελέγξτε τη λειτουργία. Επιδιορθώστε όπου είναι απαραίτητο.
134. Ο χημικός αφρός μπορεί να διασκορπιστεί ψεκάζοντας επεξεργασμένα απόβλητα ή με τη βοήθεια αντιαφριστικών χημικών
135. Προσαρμόστε το ρυθμό επιστροφής της ιλύος
136. Διακόψτε την αποβολή ιλύος και αν είναι απαραίτητο μειώστε το ρυθμό ανακυκλοφορίας μέχρι να αυξηθεί η συγκέντρωση της ιλύος στην δεξαμενή καθίζησης. Στη συνέχεια αργά αυξήστε το ρυθμό ανακυκλοφορίας ώστε να αυξηθεί η επιστροφή λάσπης
137. Αυτό μπορεί να σημαίνει την απαρχή του φαινομένου της διόγκωσης της ιλύος. Έχουν εμφανιστεί πολλοί παράγοντες που ενθαρρύνουν την ανάπτυξη νηματοειδών μικροοργανισμών όπως το υψηλό ρυπαντικό φορτίο ή τα ανεπαρκή θρεπτικά συστατικά. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου θα πρέπει να αυξηθεί και να προστεθεί συμπλήρωμα θρεπτικών.

138. Ακόμα και μια μικρή μείωση στη θερμοκρασία του ανάμικτου υγρού θα έχει ως αποτέλεσμα μια σημαντική μείωση στο ρυθμό της νιτροποίησης. Θεωρητικά η χωρητικότητα της δεξαμενής αερισμού θα πρέπει να διπλασιαστεί κατά τη διάρκεια του χειμώνα, υποθέτοντας μια διαφορά θερμοκρασίας της τάξης των 10 °C, ώστε να έχουμε τον ίδιο βαθμό νιτροποίησης. Πρακτικά αυτό αποφεύγεται αυξάνοντας τα MLVSS στη δεξαμενή αερισμού κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών έτσι ώστε να αυξηθεί η ηλικία της ιλύος. Επομένως δύο προσεγγίσεις είναι πιθανές: (α) αύξηση του πληθυσμού νιτροποίησης αυξάνοντας την ηλικία της ιλύος ή (β) μείωση της απώλειας θερμότητας μειώνοντας τον αερισμό εάν αυτό είναι δυνατό. Επιτυχία στη μείωση των θερμικών απωλειών υπήρξε με την κάλυψη των δεξαμενών αερισμού, αν και αρχικά έγινε για έλεγχο των οσμών. Η χρήση θερμαινόμενου αέρα για τον αερισμό του ανάμικτου υγρού με διαχυτές αποτελεί μια άλλη εναλλακτική λύση, όταν όμως υπάρχει μια οικονομική πηγή ενέργειας διαφορετικά κρίνεται ασύμφορη.
139. Αυξήστε τον αερισμό ώστε το ελάχιστο διαλυμένου οξυγόνου σε κάθε σημείο της δεξαμενής αερισμού να είναι 1,5 mg/l. Μειώστε το οργανικό φορτίο ή τα MLVSS για να μειωθεί η πρόσληψη του οξυγόνου από τους ανθρακογενείς μικροοργανισμούς.
140. Τα νιτροποιά βακτήρια είναι ευαίσθητα στο pH. Επομένως απαιτείται μια υπολειμματική αλκαλικότητα στην έξοδο μεταξύ 50 και 100 mg/l ως CaCO<sub>3</sub> για να λειτουργεί ως ρυθμιστικό διάλυμα.
141. Τα νιτροποιά βακτήρια είναι ευαίσθητα στο pH. Το ανάμικτο υγρό θα πρέπει να λειτουργεί ως ρυθμιστικό διάλυμα κατά τη διάρκεια της νιτροποίησης γιατί το pH έχει την τάση να μειώνει τη διαδικασία νιτροποίησης εάν η ρυθμιστική ικανότητα είναι χαμηλή. Έλεγχος του pH μπορεί να θεωρείται απαραίτητος. Το πρόβλημα επίσης μπορεί να λυθεί εάν προβλεφθεί μια ανοξική ζώνη.
142. Απαιτείται μεγάλη ηλικία ιλύος, ειδικά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Επομένως θα πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν περισσότερο αυξάνοντας τα MLVSS.
143. Αυξήστε τα MLVSS ώστε να έχετε μια καλή ηλικία ιλύος. Ελέγξτε την παρουσία νιτροποιών βακτηρίων χρησιμοποιώντας τεχνικές απομόνωσης ή μελέτες αναπνοής. Εάν δεν υπάρχουν επανεμβολιάστε από μια μονάδα με καλά χαρακτηριστικά νιτροποίησης.
144. Ελέγξτε το σχεδιασμό
145. Μια μεγάλη ποικιλία ουσιών παρεμποδίζουν τη διαδικασία της νιτροποίησης. Διενεργήστε πειράματα τοξικότητας. Ταυτοποιείστε την ουσία και απομακρύνετε την από την πηγή. Είναι δυνατόν να εξουδετερωθούν ή να απομακρυνθούν ουσίες παρεμπόδισης πριν ή κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Για παράδειγμα, μπορεί να προστεθεί ενεργός άνθρακας στην δεξαμενή αερισμού ως προσωρινό μέτρο, αλλά θεωρείται ακριβό.
146. Αυξήστε τον πληθυσμό απονιτροποίησης αυξάνοντας την ηλικία της λάσπης. Εξετάστε τρόπους αύξησης της θερμοκρασίας στην ανοξική ζώνη. Ο

επανεμβολιασμός με ενεργή απονιτροποιό βιομάζα από άλλη μονάδα θα πρέπει επίσης να θεωρηθεί ως μια εναλλακτική λύση.

147. Βεβαιωθείτε ότι το οξυγόνο απουσιάζει από την ανοξική ζώνη. Επανεξετάστε το σύστημα αερισμού για να διασφαλίσετε ότι δεν μεταφέρεται επιπλέον οξυγόνο έξω από τον δεξαμενή αερισμού.
148. Ρυθμίστε εάν είναι απαραίτητο
149. Αυξήστε τα MLVSS ώστε να αυξηθεί η ηλικία ιλύος
150. Σε συνδυαστικά συστήματα συνήθως υπάρχει ικανοποιητική ποσότητα οργανικού άνθρακα. Διαφορετικά επανεξετάστε το σχεδιασμό και τη θέση της ανοξικής ζώνης και μην χρησιμοποιείται εξωτερική πηγή άνθρακα.
151. Η λάσπη δεν πρέπει να παραμένει για μεγάλα χρονικά διαστήματα μέσα στην δεξαμενή καθίζησης. Αυξήστε τη συχνότητα της απομάκρυνσης ιλύος.
152. Διασφαλίστε ότι υπάρχει υπολειμματικό διαλυμένο οξυγόνο στο ανάμεικτο υγρό καθώς εισέρχεται στη δεξαμενή καθίζησης. Μπορεί να απαιτείται αύξηση του αερισμού.
153. Πολλές οσμές παράγονται στην πρώιμη φάση της αναερόβιας αποδόμισης της οργανικής ύλης. Εμποδίστε το σχηματισμό αναερόβιων συνθηκών στην δεξαμενή αερισμού. Επανεκτιμήστε την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων διαλυμένου οξυγόνου στην δεξαμενή αερισμού.
154. Εξαλείψτε το φαινόμενο και προβείτε στις απαραίτητες διορθωτικές κινήσεις όπως εξουδετέρωση. Ο επανεμβολιασμός μπορεί να κριθεί απαραίτητος.
155. Οσμηρά συστατικά στα εισερχόμενα λύματα. Προσδιορίστε και εξαλείψτε όπως αρμόζει.
156. Προσδιορίστε και εξαλείψτε από τα εισερχόμενα όσο αυτό είναι δυνατόν. Η χρήση αποσμητικών ουσιών δεν συνιστάται για μεγάλα χρονικά διαστήματα.
157. Pin-point φλόκοι. Αν και η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών είναι αυξημένη, συχνά το BOD και η καθιζησημότητα της λάσπης παραμένουν καλά. Εάν τα αυξημένα αιωρούμενα στερεά αποτελούν πρόβλημα ή το BOD στην έξοδο αυξηθεί, τότε μειώστε την ηλικία της λάσπης.
158. Ο αφρός εξαφανίζεται γρήγορα όταν κλείσουν οι αεριστήρες;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 162  
 Όχι \_\_\_\_\_ 159
159. Ο αφρός μέσα στην δεξαμενή αερισμού είναι επίμονος και έχει υφή μους σοκολάτας;  
 Ναι \_\_\_\_\_ 163  
 Όχι \_\_\_\_\_ 160

160. Υπάρχει βιομηχανικό απορρυπαντικό στα εισερχόμενα λύματα;  
Ναι \_\_\_\_\_ 164  
Όχι \_\_\_\_\_ 161
161. Δοκιμάστε μια αντιαφριστική συσκευή όπως ένας υψηλής πίεσης καταιονισμός ή εφαρμόστε αντιαφριστικά χημικά. Εάν το πρόβλημα επιμένει, αναλύστε τον αφρό για τον προσδιορισμό του αιτίου και εξουδετερώστε το στην πηγή.
162. Μειώστε την ένταση του συστήματος αερισμού εάν ο αφρός μεταφέρετε δίπλα στην δεξαμενή καθίζησης.
163. Εάν η νιτροποίηση δεν πραγματοποιείται στην δεξαμενή αερισμού τότε προσπαθήστε να εκπλύνεται τους μικροοργανισμούς που προκαλούν τον αφρό αυξάνοντας τον ρυθμό αποβολής της ιλύος. Διαλύστε τον αφρό ψεκάζοντάς τον με νερό ή επεξεργασμένα απόβλητα και απομακρύνεται τον με την παγίδα επιπλεόντων. Μην επανακυκλοφορήσετε αυτό τον αφρό στην αρχή της μονάδας.
164. Προσδιορίστε την πηγή και εξαλείψτε (Gray, 1990).

## Διόγκωση ιλύος

### *Νηματοειδής διόγκωση*

Η διόγκωση είναι ένα φαινόμενο όπου νηματοειδής μικροοργανισμοί εξέχουν του φλόκου, παρεμποδίζοντας την καθίζηση και επακολούθως την συμπίεση της ιλύος, με SVI μεγαλύτερο από  $150 \text{ ml g}^{-1}$ . Αν και οι διογκωμένες λάσπες καθιζάνουν πιο αργά από τις κανονικές, συνήθως είναι σχετικά αποτελεσματικές στο καθαρισμό των υγρών αποβλήτων και παράγουν καλό προϊόν. Ακόμα και όταν η διόγκωση είναι σε μεγάλο βαθμό, επιτυγχάνεται αρκετά καθαρό υπερκείμενο υγρό, καθώς ο μεγάλος αριθμός των προεκτεινόμενων νηματοειδών φιλτράρει τα μικρά σωματίδια που προκαλούν θολερότητα. Η χαμηλή καθιζησιμότητα επεκτείνει το πάχος του στρώματος της λάσπης (sludge blanket), με αποτέλεσμα μεγάλοι φλόκοι να υπερχειλίζουν της καθίζησης αυξάνοντας τη συγκέντρωση του BOD και των αιωρούμενων στερεών στην τελική εκροή. Μολαταύτα, το κύριο πρόβλημα που σχετίζεται με τη διόγκωση είναι η ανεπαρκής συμπίεση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι λάσπες που επιστρέφουν στην δεξαμενή αερισμού να έχουν πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών που οδηγεί σε δυσκολία διατήρησης της επιθυμητής λειτουργικής συγκέντρωσης MLSS στη δεξαμενή αερισμού και τη διαδοχική μείωση της ποιότητας της εκροής. Προσπάθειες για έλεγχο του ύψους του στρώματος λάσπης μέσα στην δεξαμενή καθίζησης, πετώντας περισσότερη λάσπη από το κανονικό, οδηγεί σε γρήγορη ελάττωση της συγκέντρωσης των MLSS στην δεξαμενή αερισμού.

Η διόγκωση οφείλεται στο ότι ο φλόκος έχει μια δυνατή μακροδομή, λόγω της μεγάλης παρουσίας νηματοειδών μικροοργανισμών. Στον ιδεατό φλόκο, όπου το SVI είναι μεταξύ  $80$  και  $120 \text{ ml g}^{-1}$  και η τελική εκροή είναι ελεύθερη από αιωρούμενα στερεά και θολερότητα, υπάρχει μια σταθερότητα στην αναλογία νηματοειδών και συσσωματούμενων (floc-forming) μικροοργανισμών. Οι νηματοειδής μικροοργανισμοί περιορίζονται μέσα στο φλόκο προσδίδοντάς του δύναμη και συγκεκριμένη δομή. Αν και μερικά νηματοειδή προεξέχουν από το φλόκο, είναι ανεπαρκή και περιορισμένου μήκους ώστε δεν παρεμβαίνουν στην καθίζηση. Αντίθετα οι φλόκοι που αποτελούν

τμήμα διογκωμένης ιλύος, έχουν ένα μεγάλο αριθμό νηματοειδών που προεξέχουν από το φλόκο, δίνοντας δυο διακριτούς τύπους διογκωμένου φλόκου. Αρκετά συμπαγείς φλόκοι με μακριά νηματοειδή να αναπτύσσονται έξω από το φλόκο που ενώνουν ξεχωριστούς φλόκους μεταξύ τους (γεφύρωση) και σχηματίζοντας ένα δίκτυο νηματοειδών και φλόκων ή εναλλακτικά φλόκοι με μια πιο ανοιχτή (διάχυτη) δομή που σχηματίζεται από βακτήρια που συσσωματώνονται κατά μήκος των νηματοειδών σχηματίζοντας μάλλον λεπτούς και επιμήκεις φλόκους μεγάλου μεγέθους. Ο τύπος του φλόκου που θα σχηματιστεί, το πώς θα επηρεαστεί η καθιζησιμότητα και η συμπίεση, εξαρτάται από τον τύπο του νηματοειδούς οργανισμού. Η διόγκωση προκαλείται κυρίως από βακτηριακά είδη, με τη γεφύρωση να προκαλείται από το *Type 021N*, *Sphaerotilus natans*, *Type 0961*, *Type 0803*, *Thiothrix sp.*, *Type 0041* και *Haliscomenobacter hydrossis*. Η δομή του ανοιχτού φλόκου σχετίζεται με το *Type 1701*, *Type 0041*, *Type 0675*, *Nostocoida limicola* και *Microthrix parvicella*.

Περίπου 25 διαφορετικά νηματοειδή βακτήρια είναι γνωστό ότι μπορούν να προκαλέσουν διόγκωση ενεργού ιλύος. Επίσης ένα αριθμός μυκήτων και φυκών προκαλούν διόγκωση, αν και κανονικά δεν βρίσκονται ως κυρίαρχο είδος στην ενεργό ιλύ. Οι μύκητες *Geotrichium candidum* και *Zoophagus insidians* καθώς και το μπλε-πράσινο φύκος *Schizothrix calciola* έχουν εντοπιστεί σε ενεργό ιλύ. Τα ίδια βακτηριακά είδη έχουν παρατηρηθεί σε όλο τον κόσμο να προκαλούν διόγκωση ιλύος με περίπου δέκα από αυτά να αποτελούν την αιτία του 90% όλων των περιπτώσεων διόγκωσης. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κυριότεροι νηματοειδής μικροοργανισμοί που αναγνωρίστηκαν σε ιλύς που παρουσιάζουν προβλήματα καθιζησιμότητας και αφρισμού για διάφορες γεωγραφικές περιοχές. Οι νηματοειδής που κυριαρχούν είναι οι *Type 0041*, *Type 0092*, *Type 0675*, *Type 0914*, *Microthrix parvicella* και *Nocardia sp.* (Gray, 1990).



Γεωγραφική κατανομή και κατάταξη ανάλογα με το βαθμό εμφάνισης των επικρατέστερων νηματοειδών βακτηριδίων (Jenkins et al., 1993)

Νηματοειδής μικροοργανισμός	ΗΠΑ	Ολλανδία	Γερμανία	Ν. Αφρική
<i>Nocardia spp.</i>	1	-	-	7
Type 1701	2	5	8	-
Type 021N	3	2	1	-
Type 0041	4	6	3	6
<i>Thiothrix spp.</i>	5	13	-	-
<i>Sphaerotilus spp.</i>	6	7	4	-
<i>M. parvicella</i>	7	1	2	3
Type 0092	8	4	-	1
<i>H. hydrossis</i>	9	3	6	-
Type 0675	10	-	-	5
Type 0803	11	9	10	8
<i>N. limicola (I,II,III)</i>	12	11	7	-
Type 1851	13	12	-	4
Type 0961	14	10	9	-
Type 0581	15	8	-	-
Type 0914	16	-	-	2

Παρά την εκτεταμένη διερεύνηση και τις προσπάθειες αντιμετώπισης αυτών των φαινομένων που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, παραμένουν ακόμα άλυτα κρίσιμα ερωτήματα ως προς τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των νηματοειδών μικροοργανισμών και κυρίως της κατηγορίας των νηματοειδών που εμφανίζονται σε εγκαταστάσεις απομάκρυνσης θρεπτικών που λειτουργούν σε μεγάλους χρόνους παραμονής (παρατεταμένος αερισμός), όπως η πλειοψηφία των ΜΕΥΑ στην Ελλάδα.

Ο Ανδρεαδάκης και άλλοι το 1999 δημοσίευσαν μια μελέτη σχετικά με το πρόβλημα της διογκωμένης ιλύος στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα, όπου

έγιναν δειγματοληψίες σε 18 μονάδες (Αγ. Νικόλαος, Αλεξανδρούπολη, Άρτα, Βέροια, Χαλκίδα, Χανιά, Ιωάννινα, Καλαμάτα, Καρδίτσα, Καβάλα, Μεταμόρφωσης, Κως, Λαμία, Λάρισα, Λιβαδειά, Ρέθυμνο, Σπάρτη και Σίνδος Θεσσαλονίκης) κατά το χρονικό διάστημα 1994-1998 με τα ακόλουθα κύρια συμπεράσματα.

Ο *Microthrix parvicella* είναι ο πιο συνήθης νηματοειδής μικροοργανισμός με συχνότητα εμφάνισης ως επικρατέστερος νηματοειδής στην ενεργό ιλύ ίση με 41%. Άλλοι συχνά εμφανιζόμενοι νηματοειδής μικροοργανισμοί είναι ο *Type 0092* (21% των δειγμάτων), *Type 0041* (9% των δειγμάτων), *Actinomycetes (Nocardia spp.)*, 10% των δειγμάτων) και *Nostocoida limicola* (7% των δειγμάτων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι εκτός των προαναφερθέντων νηματοειδών μικροοργανισμών καταγράφηκαν και άλλοι νηματοειδής άλλοι συστηματικά και άλλοι περιστασιακά (12% των δειγμάτων), χωρίς όμως να παρουσιάζονται ως επικρατούντες της βιομάζας σε κάποια εγκατάσταση ώστε να δημιουργούν προβλήματα κακής καθιζησιμότητας. Τέτοιοι νηματοειδής είναι οι *Type 0675*, *Type 021N*, *Type 0581*, *Type 1701*, *Haliscomenobacter hydrssis*, *Type 1863*, *Sphaerotilus natans*, *Type 1851*, *Thiothrix*, *Type 0914* και *Streptococcus*.

Παρατηρείται μια έντονη εποχιακή μεταβολή της μικροβιακής σύστασης της ενεργού ιλύος. Είναι χαρακτηριστικό ότι ενώ ο *M.parvicella* είναι ο συχνότερα εμφανιζόμενος νηματοειδής κατά τη χειμερινή περίοδο (Νοέμβριος-Ιούνιος) με ποσοστά της τάξης του 47% επί των δειγμάτων, δεν συμβαίνει το ίδιο κατά τη θερινή περίοδο (Ιούλιος-Οκτώβριος) στην οποία το ποσοστό του μειώνεται στο 24% με παράλληλη αναπλήρωσή του κυρίως από τον *Type 0092* ο οποίος παρουσιάζεται πλέον ως ο επικρατέστερος νηματοειδής (με ποσοστά εμφάνισης 33% το καλοκαίρι έναντι 16% το χειμώνα) αλλά και από άλλους νηματοειδής μικροοργανισμούς.

Η εποχιακή αυτή μεταβολή της σύστασης της βιομάζας είχε ως συνέπεια μία συνεπακόλουθη εποχιακή μεταβολή τόσο των χαρακτηριστικών καθιζησιμότητας, όσο και του δείκτη των νηματοειδών (FI). Οι τιμές του δείκτη καθιζησιμότητας που μετρήθηκαν κατά τους χειμερινούς μήνες κυμαίνονται μεταξύ 50-1000 ml/gSS και είναι σημαντικά μεγαλύτερες των αντίστοιχων τιμών που μετρήθηκαν κατά την διάρκεια των θερινών μηνών (42- 330 ml/g SS). Οι μέσες τιμές του SVI για τον χειμώνα και το θέρος είναι αντίστοιχα 200 και 160 ml/g SS. Οι υψηλές τιμές SVI (> 250 ml/g SS) της χειμερινής περιόδου αποδίδονται κυρίως στην αυξημένη εμφάνιση του *M.parvicella* (74% των δειγμάτων) και

λιγότερο σε άλλους νηματοειδείς μικροοργανισμούς (26 % των δειγμάτων). Παράλληλα και οι τιμές του δείκτη νηματοειδών μικροοργανισμών (FI) που μετρήθηκαν κατά τους χειμερινούς μήνες ήταν υψηλότερες των τιμών FI που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια του θέρους (μέσες τιμές 2,50 και 2,00 αντίστοιχα). Τιμές  $FI > 3,50$ , παρατηρήθηκαν κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες (80%) και κατά μεγάλο ποσοστό (74%) συνδυάζονταν με υπερανάπτυξη του *M.parvicella*.

Εκτός από την καταγραφή των κυριοτέρων μικροοργανισμών που κυριαρχούν στις Ελληνικές ΜΕΥΑ, πραγματοποιήθηκε και συσχέτιση της εμφάνισής τους σε συνάρτηση με διάφορες λειτουργικές παραμέτρους και το σύστημα επεξεργασίας των ΜΕΥΑ.

Όσον αφορά την επίδραση του συστήματος επεξεργασίας, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η πλειοψηφία (71%) των νηματοειδών βακτηριδίων που καταγράφηκαν συστηματικά ως επικρατούντες στις Ελληνικές ΜΕΥΑ (*M.parvicella*, Type0092, Type0041) ανήκουν στην κατηγορία των χαμηλής οργανικής φόρτισης νηματοειδών (low F/M filamentous microorganisms), γεγονός που σχετίζεται άμεσα με τη λειτουργία της μεγάλης πλειοψηφίας των ΜΕΥΑ σε παρατεταμένο αερισμό με οργανικές φορτίσεις  $< 0.15$  g COD/g SS/day. Συστήματα επεξεργασίας τύπου οξειδωτικής τάφρου ή Carrousel, αλλά και συστήματα προαπονιτροποίησης και /ή βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου με μεγάλους χρόνους παραμονής, διαμορφώνουν ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη νηματοειδών μικροοργανισμών που έχουν την ικανότητα να αναπτύσσονται σε συνθήκες χαμηλής συγκέντρωσης οργανικής ύλης. Φαίνεται, ωστόσο, ότι συστήματα στα οποία δημιουργείται έντονη κλίση του λόγου τροφής/μικροοργανισμοί (Biodenitro ή εμβολοειδούς ροής) επιτυγχάνουν πιο αποτελεσματικό έλεγχο της ανάπτυξης νηματοειδών μικροοργανισμών και ειδικότερα του *M.parvicella*.

Παρατηρήθηκε ότι η παρουσία ανοξικών και/ή αναερόβιων συνθηκών στις ΜΕΥΑ δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για τον έλεγχο της ανάπτυξης ορισμένων νηματοειδών μικροοργανισμών που αναπτύσσονται σε καθαρά αερόβιες συνθήκες, όπως είναι οι *S.natans*, Type 021N, και Thiotrix. Είναι χαρακτηριστικό ότι, ενώ σε αρκετές εγκαταστάσεις με απομάκρυνση αζώτου υπάρχουν οι συνθήκες για την ανάπτυξη αυτών των νηματοειδών, όπως συνθήκες χαμηλού διαλυμένου οξυγόνου (*S.natans*) ή σηπτικών λυμάτων (Thiotrix), η αδυναμία των νηματοειδών αυτών βακτηριδίων να καταναλώσουν την εύκολα βιοδιασπασίμη οργανική ύλη παρουσία αποδέκτη ηλεκτρονίων διαφορετικού από το διαλυμένο οξυγόνο, καθιστά ουσιαστικά αδύνατη και την ανάπτυξη τους.

Είναι χαρακτηριστικό ότι μόνο πέντε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων δεν εμφανίζουν καθ' όλη την διάρκεια του έτους προβλήματα καθίζησης ή/και αφρισμού λόγω υπερανάπτυξης του *M. parvicella*. Καθώς η κοινή λειτουργική παράμετρος στις πέντε αυτές εγκαταστάσεις είναι η απουσία πρωτοβάθμιας καθίζησης, φαίνεται ότι η πρωτοβάθμια καθίζηση συντελεί στο έλεγχο της ανάπτυξης του *M. parvicella*. Το γεγονός αυτό αναφέρεται και από τον Eikelboom et al.. (1998), ο οποίος το αποδίδει στο γεγονός ότι ο *M. parvicella* χρησιμοποιεί κυρίως το δύσκολα βιοδιασπάσιμο κλάσμα της οργανικής ύλης και ιδιαίτερα τα προϊόντα υδρόλυσης του. Η ανάπτυξη αναερόβιων συνθηκών σε μία δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης, έχει ως αποτέλεσμα την υδρόλυση αυτού του κλάσματος και την παραγωγή λιπαρών οξέων τα οποία αποτελούν και τη προτιμότερη μορφή τροφής για την ανάπτυξη του *M. parvicella*.

Από τη σύγκριση της μικροσκοπικής εικόνας ιλύων από ΜΕΥΑ που περιλαμβάνουν αναερόβια φρεάτια επιλογής φαίνεται ότι, στην περίπτωση απουσίας δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης, τα αποτελέσματα είναι αρκετά ενθαρρυντικά όσον αφορά τον έλεγχο της ανάπτυξης του νηματοειδούς μικροοργανισμού *M. parvicella*. Αντίθετα, η παρουσία αναερόβιου φρεατίου επιλογής σε συστήματα επεξεργασίας λυμάτων που διαθέτουν πρωτοβάθμια καθίζηση δεν φαίνεται να προσφέρει ικανοποιητικό έλεγχο στην ανάπτυξη του *M. parvicella*. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και από τον Mamais et al. (1998), όπου η εργαστηριακή προσομοίωση συστημάτων με αναερόβιους και ανοξικούς επιλογείς τροφοδοτούμενων με πρωτοβάθμια επεξεργασμένα αστικά λύματα δεν έδωσε ενθαρρυντικά αποτελέσματα, όσον αφορά τον έλεγχο του *M. parvicella*.

Ο διακοπτόμενος αερισμός φαίνεται να ευνοεί την ανάπτυξη του *M. parvicella*, Ειδικότερα, όπως προκύπτει από την μικροσκοπική ανάλυση δειγμάτων ιλύος από όλες τις ΜΕΥΑ που λειτουργούν με διακοπτόμενο αερισμό και ιδίως όταν αυτός συνδυάζεται με πρωτοβάθμια επεξεργασία ο *M. parvicella* είναι ο επικρατέστερος νηματοειδής μικροοργανισμός στην μεγάλη πλειοψηφία των δειγμάτων (μέχρι και 76%) και ο δείκτης νηματοειδών (μέση χειμερινή τιμή 3.4) όπως και ο δείκτης καθιζησιμότητας έχει ιδιαίτερος υψηλές τιμές.

Έχουν προταθεί πολλές θεωρίες που εξηγούν την επικράτηση των νηματοειδών μικροοργανισμών. Μπορούν να χωριστούν σε αυτές που σχετίζονται με τη λειτουργική διαδικασία και σ' αυτές με τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων. Στις κύριες αιτίες

που προκαλούν την διόγκωση είναι η χαμηλή συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με το φορτίο ιλύος, η χαμηλή φόρτιση ιλύος στα συστήματα πλήρους μίξης, τα σηπτικά λύματα, η ανεπάρκεια θρεπτικών και το χαμηλό pH (μικρότερο από 6,5). Τα νηματοειδή τείνουν να επικρατήσουν όποτε υπάρχει έλλειψη υποστρώματος, διαλυμένου οξυγόνου, ή βασικών θρεπτικών όπως νιτρικά ή φώσφορος. Έχει προταθεί ότι η επικράτηση των νηματοειδών κάτω από τέτοιες συνθήκες οφείλεται στην μεγάλη ειδική τους επιφάνεια, που μεγιστοποιεί την ανάπτυξη των νηματοειδών εις βάρος των συσσωματούμενων (floc-forming) μικροοργανισμών. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να περιγραφεί από τρία διαδικαστικά στάδια:

(α) Επαρκής συγκέντρωση υποστρώματος, οξυγόνου ή θρεπτικών στο διάλυμα έχει ως αποτέλεσμα την επικράτηση στην ενεργό ιλύ φλόκων απουσία νηματοειδής ανάπτυξης. Η καθιζησιμότητα της ιλύος είναι καλή.

(β) Η έλλειψη ενός ή περισσοτέρων από τα ουσιώδη αυτά συστατικά το διάλυμα μειώνει το ρυθμό διάχυσης των συστατικών αυτών σε καθένα φλόκο ξεχωριστά. Υπάρχει μια διαβάθμιση της συγκέντρωσης των συστατικών αυτών στο φλόκο, με τη χαμηλότερη συγκέντρωση στο κέντρο του φλόκου, όπου και θα επικρατήσουν οι νηματοειδής. Οι νηματοειδής θα αναπτύσσονται από το κέντρο και θα απλώνονται ακτινωτά έξω από το φλόκο. Το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα των νηματοειδών έναντι των συσσωματούμενων μικροοργανισμών θα αυξάνεται γρήγορα καθώς τα νήματα των κυττάρων, που έχουν μεγάλη ειδική επιφάνεια, εισέρχονται στην υγρή φάση. Σε αυτό το στάδιο υπάρχει μια μείωση της καθιζησιμότητας.

(γ) Η ανάπτυξη των νηματοειδών θα συνεχίσει να αυξάνεται μέχρι τη γεφύρωση των φλόκων που μειώνει την καθιζησιμότητα των φλόκων ακόμα περισσότερο (Gray, 1990).

Εξετάζοντας ένα μεγάλο πλήθος διογκωμένων ιλύων και συσχετίζοντας τους επικρατούντες οργανισμούς με πλήθος λειτουργικών παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένων και των χαρακτηριστικών των λυμάτων, έχουν βρεθεί κάποιες ενδεικτικές αιτίες για τη διόγκωση της ιλύος. Οι συσχετίσεις αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Η χρήση των επικρατούντων τύπων νηματοειδών ως δείκτες των συνθηκών που προκαλούν τη διόγκωση της ενεργού ιλύος (Jenkins, 1993)

Προτεινόμενες αιτιολογικές συνθήκες	Ενδεικτικός τύπος νηματοειδούς
Χαμηλό DO	<i>Type 1701, S. natans, H. hydrossis, M. parvicella</i>
Χαμηλό F/M	<i>M. parvicella, H. Hydrossis, Nocardia sp., types 021N, 0041, 0675, 0092, 0581, 0961, 0803</i>
Σηπτικά λύματα	<i>Thiothrix sp., Beggiatoa, Type 021N</i>
Ανεπάρκεια θρεπτικών	<i>Thiothrix sp., S. Natans, Type 021N, H. hydrossis, Types 0041, 0675</i>
Χαμηλό pH	Μύκητες

Κάποιες από αυτές τις σχέσεις έχουν υψηλή συσχέτιση. Για παράδειγμα, οι μύκητες δείχνουν ότι στα λύματα έχει μειωθεί κατά πολύ το pH. Τα *Type 1701* και *S. Natans* δείχνουν ότι η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι πολύ χαμηλή εξαιτίας μιας υψηλής φόρτισης ιλύος, με τα *Type 1701* να καταδεικνύουν πιο σοβαρούς περιορισμούς λόγω διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με τα *S. Natans*. Ενώ η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου φαίνεται ότι μεταξύ κριτικών ορίων, η παρουσία αυτών των νηματοειδών δείχνει ότι το φορτίο της ιλύος είναι πολύ υψηλό για αυτές τις συνθήκες οξυγόνου. Άλλες συσχετίσεις που περιλαμβάνουν το *M. parvicella* και το *Type 021N* έχουν παρατηρηθεί. Για παράδειγμα, τα *M. parvicella* ακμάζουν σε περιόδους ή περιοχές χαμηλής συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, αλλά όχι κάτω από ανοξικές ή αναερόβιες συνθήκες και κάτω από συνθήκες μεγάλης ηλικίας ιλύος όπου υπάρχει χαμηλός λόγος F/M.

Αν και οι υπεύθυνοι νηματοειδής μικροοργανισμοί για τη διόγκωση της ενεργού ιλύος είναι γνωστοί, δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα μια συγκεκριμένη μέθοδος ελέγχου. Μάλιστα πολλές από τις μεθόδους που έχουν προταθεί είναι αλληλοσυγκρουόμενες ενώ άλλες μπορούν να χαρακτηριστούν αρκετά παράξενες. Οι λειτουργοί θα πρέπει να δοκιμάσουν μια σειρά διορθωτικών κινήσεων, ξεκινώντας με τη διόρθωση του

παράγοντα που ενδείκνυται από την παρουσία των γνωστών νηματοειδών, μέχρις ότου το πρόβλημα εξαφανιστεί. Ανάμεσα στο πλήθος των διορθωτικών κινήσεων που έχουν κατά καιρούς προταθεί, οι πιο κοινώς χρησιμοποιούμενες είναι ο έλεγχος της φόρτισης της ιλύος, η διόρθωση των θρεπτικών, η διόρθωση του διαλυμένου οξυγόνου, η δημιουργία μιας ανοξικής ζώνης (επιλογή), η μεταβολή του συστήματος ανάμιξης στην δεξαμενή αερισμού και η χρήση απολυμαντικών ή κροκιδωτικών (Gray, 1990).

Ένας αναλυτικός οδηγός για την επίλυση του προβλήματος της διόγκωσης της ιλύος δίνεται στο επόμενο κεφάλαιο.

### **Μη νηματοειδής διόγκωση**

Διόγκωση ιλύος μερικές φορές επιτυγχάνεται και απουσία νηματοειδών. Αυτό σχετίζεται με την αποκροκίδωση όπου τα διεσπαρμένα βακτήρια παράγουν μια zoogloeal matrix. Γνωστή και ως ιξώδης διόγκωση, οφείλεται σε αποτυχία της μικροδομής των φλόκων οι οποίοι παράγουν επιπλέον εξωκυτταρικά πολυμερή, με αποτέλεσμα το ανάμικτο υγρό να έχει μια παχύρρευστη ή ακόμα ζελατινοειδή εμφάνιση. Συνήθως τα πρωτόζωα που παρατηρούνται με το φαινόμενο αυτό είναι πολλές αμοιβάδες, μαστιγοφόρα και πολύ λίγα βλεφαριδοφόρα. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει συνήθως από την έλλειψη θρεπτικών στα λύματα και τη μεταβολή του λόγου C/N/P, παρατηρείται σε απόβλητα βιομηχανικών αγροτικών προϊόντων, στα οποία απουσιάζει άζωτο ή φώσφορος και έχει επίσης παρατηρηθεί σε ανεπαρκή οξυγόνωση της ενεργού ιλύος. Το φαινόμενο ταυτοποιείται με τη χρήση του india ink. Το μελάνι δεν βάφει τον φλόκο επειδή εμποδίζεται από τα εξωκυτταρικά πολυμερή. Αντίθετα βάφει βαθιά ένα φλόκο μιας δραστηκής μη διογκωμένης λάσπης. Για την αντιμετώπιση του φαινομένου θα πρέπει πρώτα να ελεγχθεί η οξυγονωτική ικανότητα των αεριστήρων και στη συνέχεια η χημική σύνθεση των αποβλήτων (COD, BOD, N και ιδιαίτερα P) σε συνδυασμό με το λόγο F/M (Gray, 1990, Τραγανίτης και άλλοι, 1995).

## ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ (TROUBLE SHOOTING) ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ

Το πιο συχνά αντιμετωπιζόμενο πρόβλημα στην λειτουργία της ενεργού ιλύος είναι ο διαχωρισμός του ανάμικτου υγρού στην δεξαμενή τελικής καθίζησης, με το ανάμικτο υγρό να υπερχειλίζει μαζί με το τελικό προϊόν. Το γεγονός αυτό έχει δυο γενικές επιπτώσεις:

(α) Μειώνει την ποιότητα της τελικής εκροής σε ότι αφορά το BOD και τα αιωρούμενα στερεά, αν και απουσία αυτών των στερεών η εκροή θα είχε πολύ καλή ποιότητα. Οι νηματοειδείς που προκαλούν τη διόγκωση της ιλύος είναι πολύ αποδοτικοί στην απομάκρυνση BOD, αλλά η αδυναμία τους να διαχωρίζονται γρήγορα από τα επεξεργασμένα λύματα στην δεξαμενή τελικής καθίζησης οδηγεί στην υπερχειλίση τους με την τελική εκροή.

(β) Αυτή η απώλεια ανάμικτου υγρού οδηγεί σε μια πολύ αδύνατη λάσπη με χαμηλή συγκέντρωση MLSS. Συνεπακόλουθα παρουσιάζονται προβλήματα στην ανακυκλοφορία ικανής ποσότητας λάσπης στην δεξαμενή αερισμού ώστε να διατηρηθεί η συγκέντρωση των MLSS σε ικανοποιητικά επίπεδα με αποτέλεσμα μια σταδιακή μείωση της απόδοσης της εγκατάστασης.

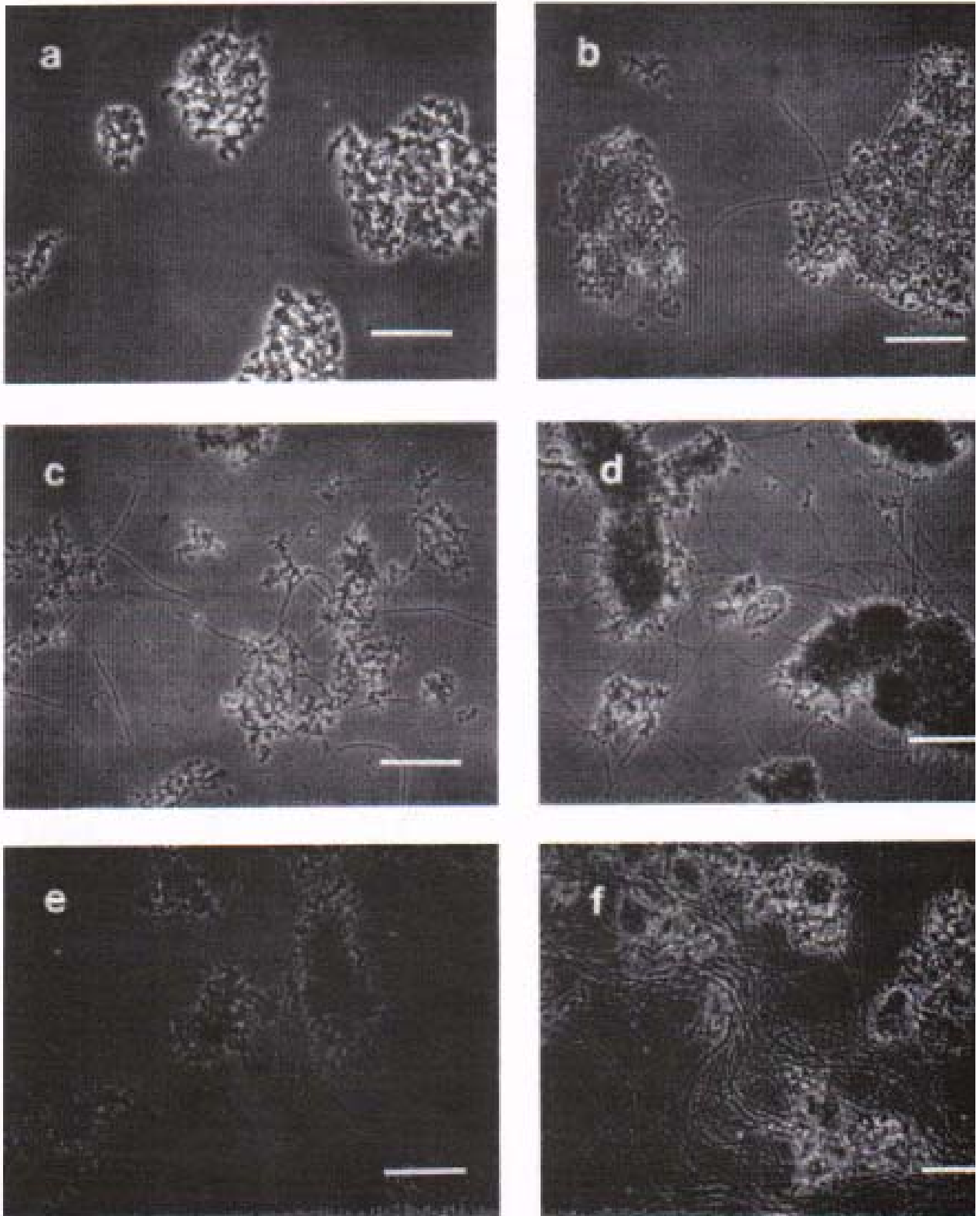
Αυτό το κεφάλαιο σχετίζεται κυρίως με τη διόγκωση, αν και όλα τα προβλήματα δεν σχετίζονται με τον ανεπαρκή διαχωρισμό. Για παράδειγμα, λειτουργικά προβλήματα όπως η αύξηση του BOD ή των αιωρούμενων στερεών στην τελική εκροή, η χαμηλή συγκέντρωση MLSS στην δεξαμενή αερισμού ή η μείωση του ρυθμού κατανάλωσης οξυγόνου στο ανάμικτο υγρό, μπορούν όλα να προκληθούν από παράγοντες διαφορετικούς από του νηματοειδής μικροοργανισμούς. Ένας οδηγός για το προσδιορισμό και τον έλεγχο προβλημάτων που δεν σχετίζονται με τη διόγκωση της ιλύος δίνεται στο επόμενο κεφάλαιο. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα - οχλήσεις, όπως υγιεινή, θόρυβος, οσμές και σχηματισμός σταγονιδίων παρουσιάζονται περιληπτικά στο τελευταίο κεφάλαιο.



### Προσδιορισμός προβλημάτων

Είναι επιθυμητό όχι μόνο να προσδιορίζεται ο βαθμός ενός υπάρχοντος προβλήματος αλλά επίσης να ανιχνεύεται το πρόβλημα στην αρχή του ώστε οι διορθωτικές κινήσεις που θα γίνουν να εμποδίσουν την ανάπτυξη κάποιου σημαντικού λειτουργικού προβλήματος. Είναι επίσης σημαντική η διάκριση μεταξύ της πραγματικής διόγκωσης και άλλων προβλημάτων διαχωρισμού στερεού – υγρού. Η συχνή χρήση διαφόρων χημικών, φυσικών και μικροσκοπικών αναλύσεων κρίνεται απαραίτητη ώστε ο λειτουργός να έχει μια σαφή ένδειξη ότι η ικανότητα καθίζησης αδυνατίζει. Συχνές χημικές αναλύσεις θα υποδείξουν τότε υπάρχει μια μείωση της απόδοσης της εγκατάστασης, αν και αποτελεί συνήθως το τελευταίο σύμπτωμα του προβλήματος. Πρώιμα σημάδια του επικείμενου προβλήματος μπορούν να παρατηρηθούν από την παρουσία νηματοειδών στην λάσπη, το υψηλό SVI ή μια αύξηση της θολερότητας της τελικής εκροής.

(α) *Παρουσία νηματοειδών.* Χρησιμοποιώντας ένα μικροσκόπιο με 100 ή 200 φορές μεγέθυνση, μπορεί να γίνει μια γρήγορη εκτίμηση της ανάπτυξης των νηματοειδών στην λάσπη. Μια τέτοια εκτίμηση απαιτεί λίγα μόνο λεπτά



Πληθυσμός νηματοειδών

(a) λίγα, (b) μερικά, (c) πολλά  
(d) πάρα πολλά, (e) άφθονα, (f) υπερβολικά πολλά  
οριζόντια ράβδος = 100 μm (Τραγανίτης, 1995)

Για πιο ακριβής εκτιμήσεις θα πρέπει να γίνουν χρώσεις (βλέπε παράρτημα). Οποιαδήποτε από αυτές τις μεθόδους θα δώσουν μια σύντομη πρόβλεψη για την εμφάνιση του προβλήματος της διογκωμένης ιλύος πριν το SVI αυξηθεί σημαντικά.

(β) *Καθιζησιμότητα ιλύος*. Εάν υπάρχει μια σταθερή αύξηση του SVI (πάνω από 150 ml g<sup>-1</sup>), τότε το φαινόμενο της διογκωσης είναι επικείμενο.

(γ) *Κώνος του Imhoff*. Κατά τη μέτρηση του SVI, είτε σε βαθμονομημένο κύλινδρο του ενός λίτρου είτε σε κώνο Imhoff, θα πρέπει να εξετάζεται και το υπερκείμενο υγρό. Η λάσπη θα πρέπει να σχηματίζει ένα διακριτό στρώμα (sludge blanket) και το υπερκείμενο να είναι καθαρό. Εάν ο όγκος της λάσπης στον κώνο είναι μεγάλος (περισσότερο από 650 ml) και το υπερκείμενο υγρό καθαρό τότε υπάρχει διογκωση. Εάν όμως το υπερκείμενο υγρό είναι θολό τότε κάποιο άλλο πρόβλημα που σχετίζεται με την καθιζησιμότητα της λάσπης αποτελεί την αιτία. Ο πίνακας που ακολουθεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάκριση του προβλήματος διαχωρισμού στερεού – υγρού.

*Ταυτοποίηση λειτουργικού προβλήματος διαχωρισμού της ιλύος σύμφωνα με απλές παραμέτρους*

	Διόγκωση	Μικροσκοπικός φλόκος	Αποκροκίδωση	Απονιτροποίηση (ανερχόμενη ιλύς)
Παρουσία νηματοειδών	ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ
Υψηλό SVI	ΝΑΙ	ΠΙΘΑΝΟ	ΠΙΘΑΝΟ	ΠΙΘΑΝΟ
Καθαρό υπερκείμενο υγρό	ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΠΙΘΑΝΟ
Ανερχόμενη ιλύς στην επιφάνεια	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ
Θολερότητα στην έξοδο λόγω μικρών σωματιδίων	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ

(Gray, 1990)

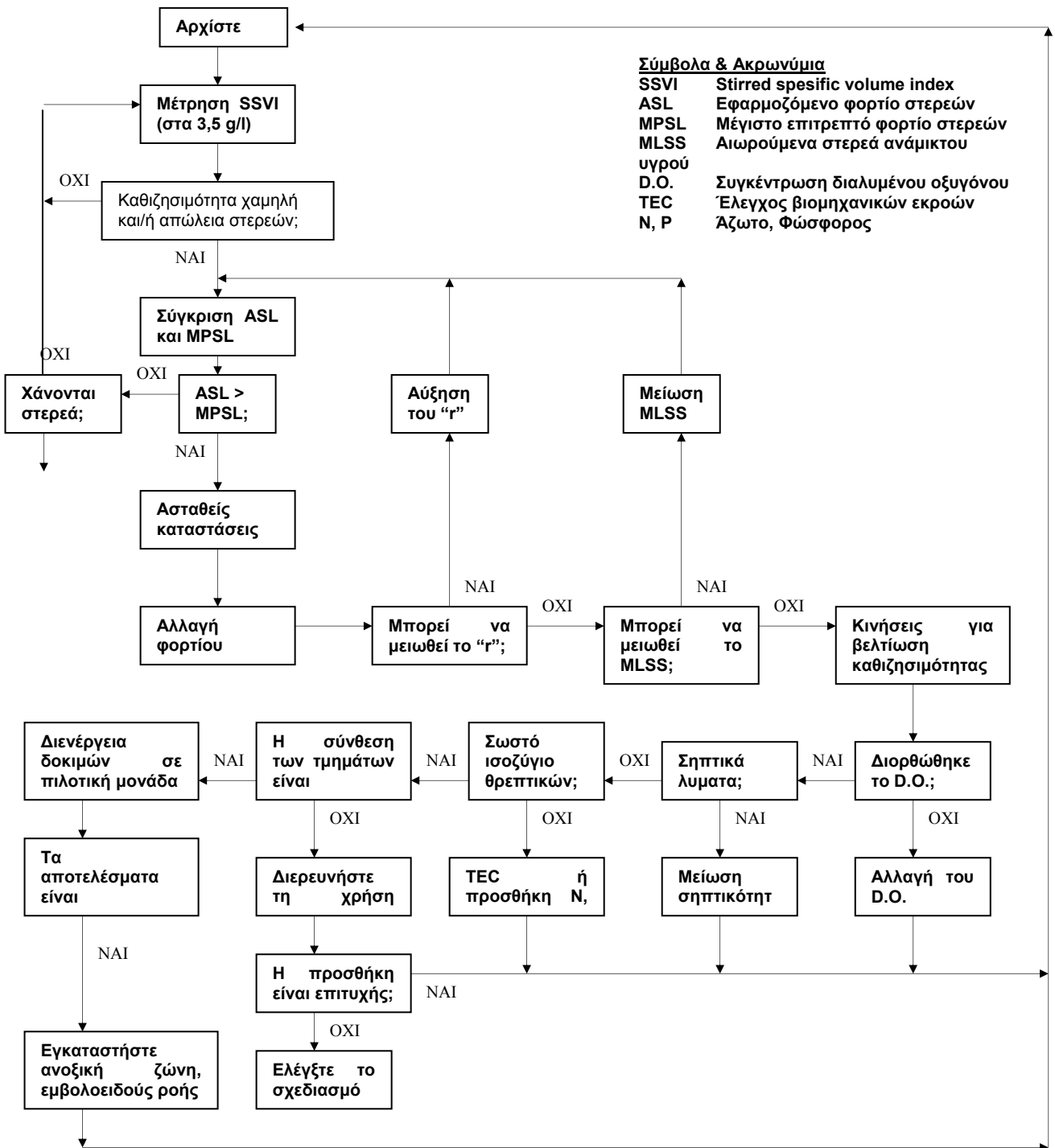
Άπαξ και το πρόβλημα έχει προσδιοριστεί, μπορούν να γίνουν διορθωτικές κινήσεις. Το πιο κοινά απαντώμενο πρόβλημα καθιζησιμότητας της ιλύος είναι αυτό της διογκωσης.

### Έλεγχος της διογκωσης

Πολλές από τις αιτίες που προκαλούν την διογκωση έχουν προσδιοριστεί αν και στην πράξη είναι πολύ δύσκολη η ακριβής διάγνωση του συγκεκριμένου λειτουργικού

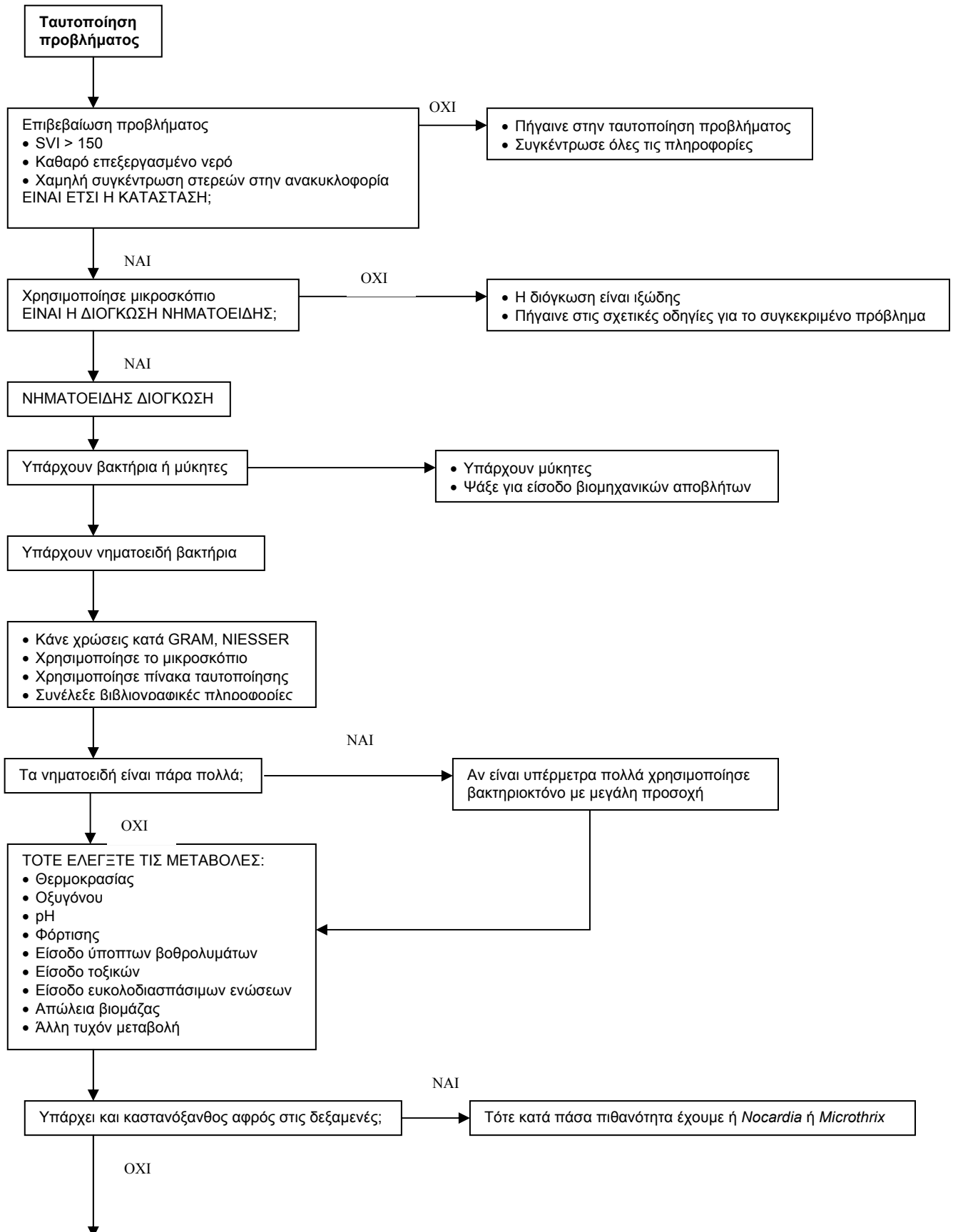
παράγοντα ή των συνθηκών που προκαλούν το ξεκίνημα της ανάπτυξης των νηματοειδών στο ανάμικτο υγρό. Οι πιο συχνά αναφερόμενες αιτίες της διόγκωσης είναι η χαμηλή συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στην δεξαμενή αερισμού, το χαμηλό οργανικό φορτίο (F/M), τα σηπτικά λύματα, η ανεπάρκεια των θρεπτικών αλάτων και το χαμηλό pH. Οι Tomlinson και Chambers το 1984 πρότειναν τη χρήση ενός διαγράμματος διάγνωσης και καταπολέμησης του φαινομένου της διογκωμένης ιλύος. Στην πράξη αυτή η προσέγγιση είναι αρκετά εκτενής και παίρνει πολύ χρόνο, μιας και μια πληθώρα παραγόντων εξετάζεται, χρόνος κατά τον οποίο η λάσπη συνεχίζει να υπερχειλίζει στην τελική εκροή και να εκπλένεται του συστήματος. Συχνά η έκπλυση αυτή από μόνη μπορεί να λύσει το πρόβλημα. Μολαταύτα το διάγραμμα διάγνωσης είναι χρήσιμο καθώς δείχνει μια λογική σειρά για τους ελέγχους που θα πρέπει να διενεργηθούν και περιλαμβάνει όλες τις λειτουργικές παραμέτρους που σχετίζονται με τη διόγκωση όπως λειτουργία της δεξαμενής καθίζησης, συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στην δεξαμενή αερισμού, σηπτικότητα των λυμάτων και ορθό ισοζύγιο θρεπτικών. Το διάγραμμα διάγνωσης είναι αρκετά χρήσιμο κατά τη διάρκεια των πρώτων ετών της λειτουργίας της εγκατάστασης όταν δοκιμάζεται η ικανότητα επεξεργασίας της μονάδας για πρώτη φορά κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Το τελικό στάδιο στο διάγραμμα διάγνωσης είναι η χρήση χημικών, είτε βιοκτόνων όπως υποχλωριώδες νάτριο ή υπεροξειδίο του υδρογόνου είτε κροκιδωτικών όπως πολυηλεκτρολύτες ή άλατα του σιδήρου και του αργιλίου. Η χρήση χημικών δεν αποτελεί μια μόνιμη λύση του προβλήματος της διόγκωσης. Σε πολλές περιπτώσεις αποτελεί την παραδοχή της αποτυχίας επίλυσης του προβλήματος, εκτός εάν αποτελεί προσωρινό στάδιο μέχρι την εφαρμογή κάποιας άλλης επιλογής ελέγχου, όπως η εγκατάσταση μιας ανοξικής ζώνης. Σε σπάνιες περιπτώσεις καμία διορθωτική κίνηση, ούτε η χρήση κροκιδωτικών, είναι επιτυχής. Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να επανεκτιμηθεί ο σχεδιασμός της μονάδας.

**Διάγραμμα διάγνωσης και καταπολέμησης του φαινομένου της διογκωμένης λάσπης των Tomlinson και Chambers, 1984**



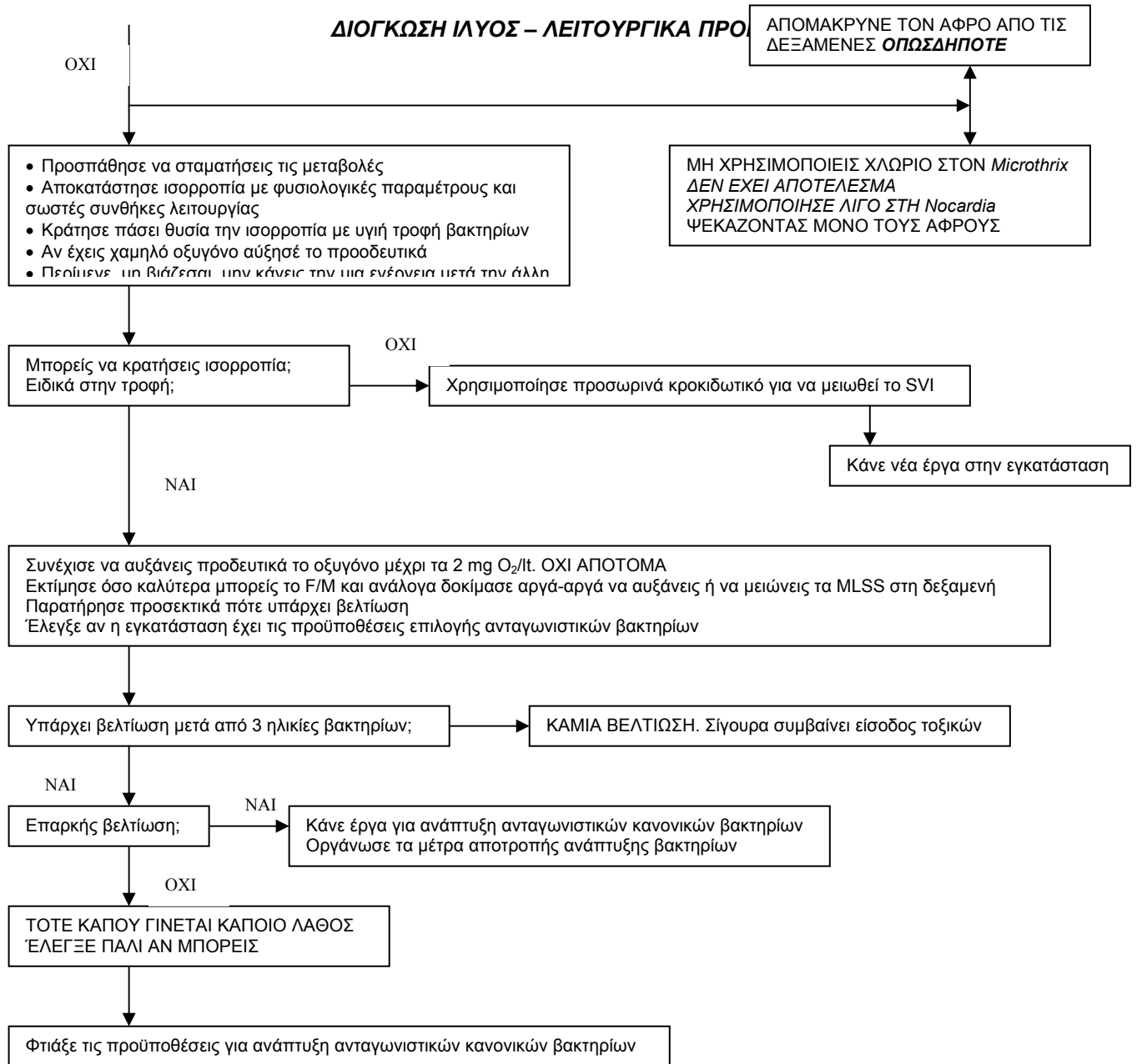
Επίσης οι Τραγανίτης και Σκουμπούρης το 1995 παρουσίασαν ίσως ένα πιο απλό διάγραμμα διάγνωσης και καταπολέμησης του φαινομένου της διογκωμένης ιλύος. Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζεται παρακάτω και είναι μάλλον ατελές, και διαφοροποιείται από αυτό των Tomlinson και Chambers στο ότι αναφέρεται κυρίως στους *Nocardia* και *Microthrix* και ότι οι τρόποι αντιμετώπισης σχετίζονται με την ανάπτυξη των ανταγωνιστικών προς τους νηματοειδής βακτήρια με επίλυση του προβλήματος στην πηγή του και όχι με προσθήκη χημικών.

**Διάγραμμα διάγνωσης και καταπολέμησης του φαινομένου της διογκωμένης λάσπης των Τραγανίτη και Σκουμπούρη, 1995**



## ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΙΛΥΟΣ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΠΡΟ

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΕ ΤΟΝ ΑΦΡΟ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ **ΟΠΩΣΔΗΠΟΤΕ**





Πιο ειδικά βοηθήματα διάγνωσης μπορεί να βοηθήσουν στον προσδιορισμό του παράγοντα στον οποίο οφείλεται η διόγκωση πιο γρήγορα από το διαγνωστικό διάγραμμα του Τραγανίτη και των Tomlinson and Chambers. Για παράδειγμα τα πρωτόζωα μπορούν να βοηθήσουν στην γρήγορη ανεύρεση των αιτιατών όπως την οργανική υπερφόρτιση, τον υποαερισμό ή τον ανεπαρκή χρόνο παραμονής των στερεών. Ένας γενικός οδηγός δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

---

#### Βιολογική μορφολογία του ανάμικτου υγρού

---

Υψηλής φόρτισης (προσωρινά υπερφορτωμένα/έναρξη)

Μαστιγοφόρα (κυρίαρχο είδος)

Αμοιβάδες

#### Κανονικής φόρτισης

Ακανόνιστοι φλόκοι

Βλεφαριδωτά (παρόντα σε μεγάλο αριθμό)

Τυπικά είδη:

*Vorticella convallaria*

*Opercularia coarcata*

*Aspidisca costata*

*Euplotes affinis*

Μαστιγοφόρα

Αμοιβάδες

} Παρόντα σε μικρό αριθμό

#### Χαμηλής φόρτισης

#### Μικροί συμπαγείς φλόκοι

Βλεφαριδωτά (παρόντα σε μικρό αριθμό)

Τυπικά είδη:

*Vorticella communis*

*Epistylis rotans*

*Stentor roeseli*

Αμοιβάδες

Τροχόζωα και νηματώδης παρόντες

Μυζητικά (άφθονα)

(Gray, 1990)

---

Η ταυτοποίηση των νηματοειδών που ευθύνονται για τη διόγκωση, έχει της αποδειχτεί χρήσιμη, καθώς συγκεκριμένοι λειτουργικοί παράγοντες συσχετίζονται με χαρακτηριστικούς τύπους νηματοειδών, αν και ορισμένα είδη σχετίζονται με περισσότερους από έναν παράγοντες που προκαλούν διόγκωση. Για παράδειγμα, η παρουσία του *M.parvicella* είναι ενδεικτική της χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου όταν υπάρχουν μεγάλες ηλικίες ιλύος και χαμηλοί λόγοι F/M. Επομένως όταν εμφανίζεται της ο μικροοργανισμός σε αντιδραστήρες με διακοπτόμενη παροχή οξυγόνου, της μια μονάδα παρατεταμένου αερισμού, μπορεί να εξαλειφθεί αποτελεσματικά με συνεχή

αερισμό για μεγάλα χρονικά διαστήματα ώστε η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου να διατηρείται στα 2 με 3 mg l<sup>-1</sup>. Στην Ιρλανδία ο *M.parvicella* εμφανίζεται σε μονάδες με επιφανειακούς αεριστήρες και όχι σ' αυτές με διαχυτές αέρος. Πιθανόν η διαφορά αυτή να οφείλεται στην πιο ομαλή κατανομή του διαλυμένου οξυγόνου και της καλύτερης μίξης με τη χρήση διαχυτών από αυτή των μηχανικών αεριστήρων. Η καλύτερη προσέγγιση για τη διάγνωση των προβλημάτων είναι ο συνδυασμός μικροσκοπικών αναλύσεων και χρήση του διαγράμματος διάγνωσης. Τακτικές μικροσκοπικές αναλύσεις του ανάμικτου υγρού θα παρέχουν μια χρήσιμη βάση δεδομένων απ' την οποία μπορούν να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα και να γίνουν συσχετίσεις μεταξύ της παρουσίας συγκεκριμένων μικροοργανισμών και των περιβαλλοντικών και λειτουργικών συνθηκών που επικρατούν. Ο πρώιμος προσδιορισμός της ανάπτυξης των νηματοειδών με συχνή χρήση της υποκειμενικού καταλόγου βαθμολόγησης όπου η αφθονία των νηματοειδών συγκρίνεται με ένα πλήθος εικόνων ή φωτογραφιών σε 100 φορές μεγέθυνση, ακολουθούμενη από ταυτοποίηση θα δώσει στο λειτουργό μια πρώιμη προειδοποίηση ότι η διόγκωση αναπτύσσεται και αρκετό χρόνο για να προσαρμόσει τον σχετικό λειτουργικό παράγοντα πριν επηρεαστεί το SVI. Μπορεί να υπάρχει αρκετός χρόνος για τη δοκιμή διάφορων πιθανών τρόπων αντιμετώπισης πριν το φαινόμενο πάρει την πλήρη διάστασή του.

### **Ειδικά μέτρα ελέγχου**

Ο έλεγχος της διόγκωσης μπορεί να χωριστεί σε τρεις γενικές κατηγορίες: αλλαγή διεργασίας, έλεγχος λειτουργίας και προσθήκη χημικών. Ενώ η κατανόηση της διόγκωσης έχει γίνει μεγάλη και ωθεί της στρατηγικές ελέγχου της της δύο πρώτες κατηγορίες, η προσθήκη χημικών παραμένει δημοφιλής καθώς συχνά παρέχει άμεσα αποτελέσματα. Σε αντίθεση με την αλλαγή διεργασίας δεν απαιτεί επενδυτικό κεφάλαιο και σε αντίθεση με τον έλεγχο λειτουργίας δεν απαιτεί περίπλοκες χημικές αναλύσεις που ακολουθούνται από περιόδου δοκιμών και σφαλμάτων ώστε να ρυθμιστούν οι σωστές παράμετροι. Παρ' όλ' αυτά, η προσθήκη χημικών δεν καταπολεμά την αιτία της διόγκωσης αλλά το αποτέλεσμα, και είναι πολύ πιθανόν το φαινόμενο να επανεμφανιστεί. Μπορεί της να είναι αρκετά ακριβό εάν τα κροκιδωτικά χρησιμοποιούνται συνεχώς για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

### **Λειτουργικός έλεγχος**

Από το διαγνωστικό διάγραμμα μπορούν να προσδιοριστούν αρκετοί παράγοντες που προκαλούν διόγκωση ιλύος. Σε της περιλαμβάνονται το διαλυμένο οξυγόνο, η σηπτικότητα, το ισοζύγιο θρεπτικών και ο έλεγχος του φορτίου ιλύος. Όλοι αυτοί οι παράγοντες ελέγχονται εύκολα και θα πρέπει να προστεθούν στο πρόγραμμα των καθημερινών παραμέτρων λειτουργικού ελέγχου. Ο πρώτος λειτουργικός παράγοντας της έλεγχου είναι η επίδραση του φορτίου της ιλύος στη δεξαμενή καθίζησης.

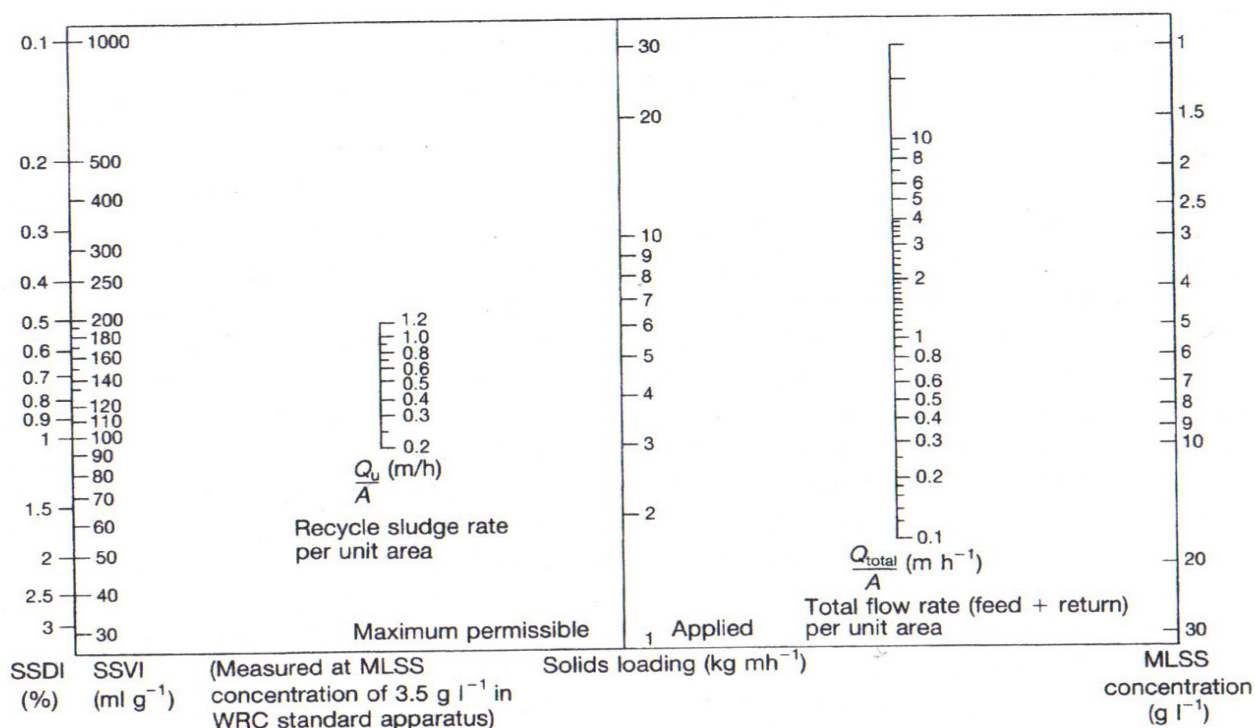
### **Φορτίο στερεών**

Ο ρυθμός με τον οποίο τα στερεά επιστρέφουν στη δεξαμενή αερισμού, το εφαρμοζόμενο φορτίο στερεών (applied solids loading) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$ASL = \frac{(Q + Q_R)}{A} MLSS \text{ σε } \text{kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

όπου Q η παροχή της εισόδου ( $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ ),  $Q_R$  η παροχή της επανακυκλοφορίας ( $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ ), και A η επιφάνεια της δεξαμενής αερισμού ( $\text{m}^2$ ). Ο βαθμός του ASL ελέγχεται από την ικανότητα της δευτεροβάθμιας καθίζησης να διαχωρίζει τα στερεά από την τελική εκροή. Η μέγιστη τιμή του ASL είναι γνωστή ως μέγιστη επιτρεπτή φόρτιση στερεών (maximum permissible solids loading), MPSL. Επομένως όσο πιο γρήγορα τα στερεά καθιζάνουν στην τελική καθίζηση και η λάσπη μπορεί να απομακρυνθεί, τόσο μεγαλύτερο το MPSL για τη συγκεκριμένη δεξαμενή. Εάν το ASL είναι μικρότερο από το MPSL, τότε το στρώμα της λάσπης (sludge blanket) παραμένει σταθερό στην δεξαμενή καθίζησης με ικανοποιητικό διαχωρισμό των στερεών. Εάν της το ASL είναι μεγαλύτερο από το MPSL, τότε τα στερεά συσσωρεύονται στην λάσπη, το επίπεδο του στρώματος της λάσπης υψώνεται και τελικά στερεά χάνονται από την υπερχειλίση μαζί με την τελική εκροή.

Το MPSL υπολογίζεται χρησιμοποιώντας το νομογράφημα που ανέπτυξαν οι Tomlinson και Chambers το 1984 και φαίνεται παρακάτω.



(Gray, 1990)

Το νομογράφημα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του ASL αντί για τη παραπάνω εξίσωση:

(α) Η καθιζησιμότητα της λάσπης μετριέται χρησιμοποιώντας το SSVI (stirred sludge volume Index) σε MLSS 3500 mg l<sup>-1</sup>. Το SVI είναι ακατάλληλο για αυτό το σκοπό μιας και επηρεάζεται από αλλαγές στη συγκέντρωση των στερεών της λάσπης και στην καθιζησιμότητά της. Το SSVI συχνά εκφράζεται με SSDI (stirred sludge density Index)

$$SSDI(\sigma\tau\alpha 3,5gl^{-1}) = \frac{100}{SSVI(\sigma\tau\alpha 3,5gl^{-1})}$$

Το SSVI ή το SSDI βρίσκονται στην αριστερή κλίμακα.

(β) Ο ρυθμός ανακυκλοφορίας μετριέται ανά μονάδα επιφανεΐας (Q<sub>R</sub>/A) και βρίσκεται στην δεύτερη από αριστερά κλίμακα

(γ) Τα δυο σημεία ενώνονται και επεκτείνονται προς την κεντρική κλίμακα όπου φαίνεται η τιμή του MPSL.

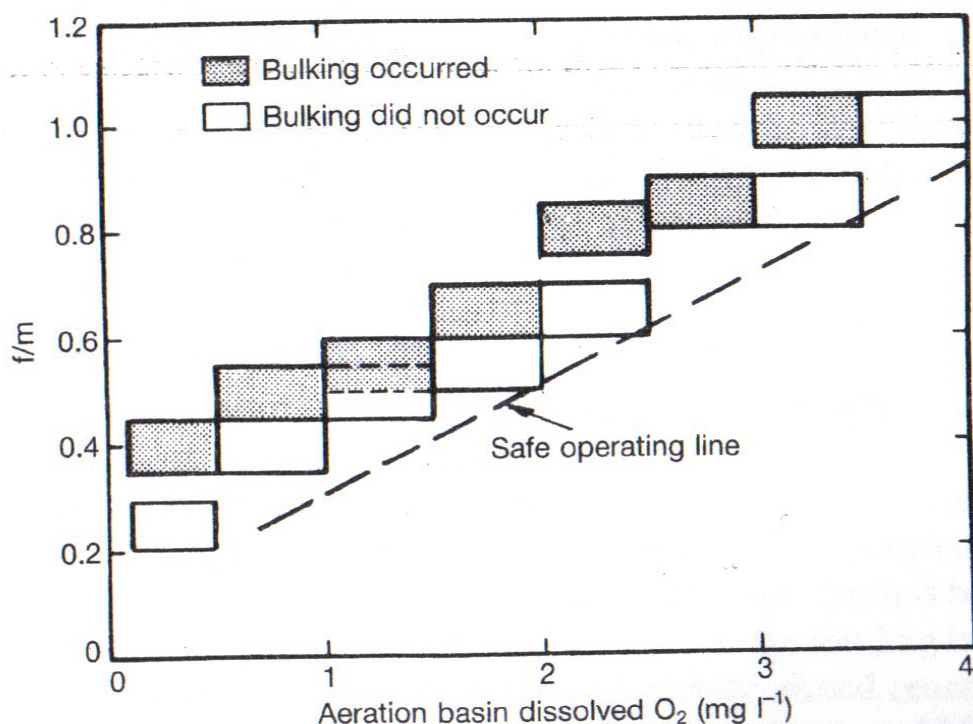
Η τιμή του ASL μπορεί επίσης να προσδιοριστεί από το νομόγραμμα τοποθετώντας τα MLSS στην δεξιά κλίμακα και την ολική παροχή ανά μονάδα επιφανείας  $[(Q+Q_R)/A]$  στην δεύτερη κλίμακα από τα δεξιά. Τα δύο αυτά σημεία ενώνονται και επεκτείνονται στην κεντρική κλίμακα όπου φαίνεται το ASL.

Εάν το ASL είναι μεγαλύτερο από το MPLS τότε η απώλεια στερεών από την δεξαμενή καθίζησης είναι αναπόφευκτη, εκτός και αν ληφθούν διορθωτικά μέτρα. Δυο λειτουργικές επιλογές είναι διαθέσιμες: (α) η αύξηση του MPLS ώστε να υπερβεί το ASL, αυξάνοντας το ρυθμό της ανακυκλοφορίας, ή (β) η μείωση του ASL ώστε να είναι μικρότερο του MPLS, μειώνοντας τη συγκέντρωση των MLSS. Το νομογράφημα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εύρεση MPLS εάν ο ρυθμός ανακυκλοφορίας ανά μονάδα επιφανείας υπερβαίνει την κρίσιμη τιμή των  $1,2 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ .

#### Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου

Η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού θα πρέπει να γίνεται επαναλαμβανόμενα σε όλες τις μονάδες. Ο υποαερισμός που οδηγεί σε χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου έχει αποδειχθεί ότι ευνοεί την ανάπτυξη των νηματοειδών βακτηρίων ενώ σε υψηλούς ρυθμούς αερισμού η χαμηλή καθιζησιμότητα οφείλεται στη διάσπαση των φλόκων λόγω των υψηλών δυνάμεων συνάφειας που ασκούνται από το σύστημα αερισμού. Η διόγκωση λόγω ανεπάρκειας οξυγόνου δεν θα έπρεπε να αποτελεί πρόβλημα εκεί όπου υπάρχει αυτόματος έλεγχος με χρήση ηλεκτροδίων μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου στην δεξαμενή. Μολαταύτα τέτοιου είδους ηλεκτρόδια θα πρέπει να ελέγχονται και να βαθμονομούνται τακτικά καθώς επίσης και η θέση τους μέσα στην δεξαμενή αερισμού να διασφαλίζει τα σημεία εκείνα που είναι τα πλέον ευαίσθητα σε ότι αφορά τη δημιουργία συνθηκών με μειωμένο διαλυμένο οξυγόνο. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου θα πρέπει να επιβλέπεται στενά εάν το σύστημα είναι οργανικά υπερφορτωμένο και οι αεριστήρες λειτουργούν συνέχεια ή σχεδόν συνέχεια. Μια επαρκής συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου για τα περισσότερα συστήματα ενεργού ιλύος ανέρχεται στο 10% της συγκέντρωσης κορεσμού για τα συστήματα που δεν νιτροποιούν και στο 20% για όσα διαθέτουν και νιτροποίηση. Στα συστήματα εμβολοειδούς ροής, η μέγιστη απαίτηση σε οξυγόνο τοποθετείται στην είσοδο, έτσι εκτός και αν απαιτείται κάποιο ανοξικό στάδιο όπου δεν έχουμε αερισμό, θα

πρέπει να παρέχεται περισσότερο οξυγόνο στην είσοδο ώστε να παρεμποδιστεί η ανάπτυξη των νηματοειδών. Έτσι για την πρόληψη της ανάπτυξης των νηματοειδών απαιτείται μια ελάχιστη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου της τάξης των  $2 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$  σε μονάδες που νιτροποιούν. Επιπρόσθετα η ελάχιστη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται εξαρτάται από την φόρτιση της ιλύος, αυξανόμενη όσο αυξάνεται το φορτίο ιλύος. Η σχέση αυτή φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



(Gray, 1990)

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στην δεξαμενή αερισμού (τόσο στην εμβολοειδή ροή όσο και στην πλήρη μίξη) ποικίλει κατά τη διάρκεια του 24ώρου λόγω της ημερήσιας διακύμανσης του οργανικού φορτίου και της επιστροφής της λάσπης. Επομένως η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου θα πρέπει να μετρείται σε διάφορα σημεία μέσα στην δεξαμενή αερισμού και σε διαφορετικές ώρες της ημέρας.

### *Σηπτικότητα των λυμάτων*

Λύματα τα οποία έχουν γίνει αναερόβια κατά την δίοδο τους από το αποχετευτικό σύστημα ή κατά την αποθήκευσή τους σε σηπτικές δεξαμενές (βόθροι) περιέχουν σημαντικές συγκεντρώσεις θειούχων και μια ποικιλία πτητικών οργανικών οξέων όπως ακετικό και προπιονικό οξύ, τα οποία αποτελούν προϊόντα του αναερόβιου

μεταβολισμού. Σηπτικότητα μπορεί να έχουμε και στην πρωτοβάθμια δεξαμενή καθίζησης λόγω παρατεταμένου χρόνου παραμονής ή ανεπαρκούς απομάκρυνσης λάσπης. Τα απόνερα σφαγείων και βυρσοδεψείων και τα στραγγίδια από χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων σχετίζονται με την σηπτικότητα, που αποτελεί μια γνωστή αιτία δημιουργίας διόγκωσης στην ιλύ.

Η σηπτικότητα μπορεί να προσδιοριστεί από την αύξηση της παραγωγής οσμών ή αναλύοντας τα ανεπεξέργαστα και τα καθιζήμενα λύματα για ύπαρξη θειούχων ή πτητικών οργανικών οξέων. Εάν τα ανεπεξέργαστα λύματα είναι σηπτικά τότε το πρόβλημα είτε έγκειται σε βιομηχανικές εισροές είτε σχετίζεται με μείωση των ταχυτήτων των λυμάτων στο αποχετευτικό δίκτυο. Εάν μόνο τα καθιζήμενα λύματα είναι σηπτικά τότε το πρόβλημα έγκειται καθαρά στην πρωτοβάθμια καθίζηση. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί απομακρύνοντας τη λάσπη πιο συχνά ή μειώνοντας τον υδραυλικό χρόνο παραμονής στην δεξαμενή καθίζησης. Πρακτικά αυτό μπορεί να επιτευχθεί μειώνοντας τον αριθμό των δεξαμενών καθίζησης που βρίσκονται σε λειτουργία, έτσι ώστε ο χρόνος παραμονής να μη γίνει μικρότερος από 2 ώρες και η ανοδική ταχύτητα να μην είναι μεγαλύτερη από  $2,5 \text{ m h}^{-1}$ . Η ανταπόκριση στις διορθωτικές κινήσεις μπορεί να είναι αργή και να χρειαστεί χρόνος ίσος με 4 έως 5 ηλικίες ιλύος πριν από οποιαδήποτε σημαντική βελτίωση.

### **Ισορροπία θρεπτικών**

*Για να αποτελεί κάποιο υγρό απόβλητο κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, θα πρέπει να περιέχει ικανοποιητικές ποσότητες κάποιας διαθέσιμης μορφής αζώτου και φωσφόρου, καθώς επίσης και άλλα ιχνοστοιχεία. Συνήθως στα αστικά λύματα υπάρχει περίσσεια  $N$  και  $P$ , ενώ ορισμένα βιομηχανικά ανεπαρκή. Ο προτεινόμενος λόγος  $BOD:N:P$  ισούται με  $100:5:1$  ώστε να μην εμφανίζεται διόγκωση στην ιλύ. Οι νηματοειδής μικροοργανισμοί έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν σημαντικές ποσότητες θρεπτικών όταν ο λόγος  $BOD:N$  ή  $BOD:P$  είναι υψηλός, και να τα χρησιμοποιούν όταν η συγκέντρωση των θρεπτικών μειωθεί. Το γεγονός αυτό δίνει στα νηματοειδή ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα εις βάρος των συσσωματούμενων (floc-forming) βακτηρίων. Η διόγκωση θα αυξηθεί ραγδαία εάν η παρούσα περίσσεια συγκέντρωση του υποστρώματος είναι σε ευκολοδιασπάσιμη μορφή όπως χαμηλού μοριακού βάρους*

υδρογονάνθρακες που συναντώνται στα λύματα ζυθοποιείων, γαλακτοβιομηχανιών και ζαχαρώδους. Αυτό ενθαρρύνει την ανάπτυξη των νηματοειδών, ιδιαίτερα του *Sphaerotilus natans*, που οδηγεί σε φτωχή καθιζησιμότητα.

Η ανεπάρκεια θρεπτικών προσδιορίζεται αναλύοντας την τελική εκροή. Εάν δεν υπάρχει περίσσεια  $N$  και  $P$ , τότε απαιτείται εξωτερική πρόσθεση. Συνήθως χρησιμοποιούνται αγροτικά λιπάσματα ως έτοιμη πηγή αυτών των θρεπτικών, ή ουρία ως πηγή μόνο αζώτου, τα οποία προστίθενται απευθείας στην δεξαμενή αερισμού. Εάν η διόγκωση οφείλεται σε μεγάλη συγκέντρωση υδρογονανθράκων μικρού μοριακού βάρους τότε ίσως να απαιτείται επεξεργασία με εκφύσηση ή έλεγχος των εκροών των βιομηχανικών μονάδων.

### **Έλεγχος φόρτισης ιλύος**

Η σχέση μεταξύ της φόρτισης της ιλύος και της καθιζησιμότητας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η διαμόρφωση των τμημάτων της μονάδας και τα χαρακτηριστικά των λυμάτων. Έχουν αναφερθεί πολλές διαφορετικές σχέσεις. Κανονικά η φόρτιση ιλύος παίρνει τιμές μεταξύ 0,2 και 0,45  $\text{kg kg}^{-1} \text{d}^{-1}$ , με τη διόγκωση να εμφανίζεται έξω από τα δύο αυτά όρια, αν και αυτό έχειδειχθεί ότι εξαρτάται από το καθεστώς μίξης με το κρίσιμο φορτίο ιλύος στα συστήματα εμβολοειδούς ροής να είναι σχεδόν διπλάσιο από αυτό των συστημάτων πλήρους μίξης. Επομένως για την αποφυγή της διόγκωσης το φορτίο ιλύος θα πρέπει να διατηρείται μεταξύ του 0,2 και του 0,45  $\text{kg kg}^{-1} \text{d}^{-1}$ . το φορτίο της λάσπης μπορεί να διαφοροποιηθεί αλλάζοντας την παροχή της εισόδου ή τη συγκέντρωση του εισερχόμενου  $BOD$ , τον όγκο της δεξαμενής αερισμού ή την συγκέντρωση των  $MLSS$ . Το τελευταίο είναι ο μόνος παράγοντας που μπορεί εύκολα να μεταβληθεί, έτσι μειώνοντας τα  $MLSS$  στη δεξαμενή αερισμού πετώντας περισσότερη λάσπη από το σύστημα, το φορτίο της ιλύος μπορεί να αυξηθεί. Συνίσταται η συγκέντρωση των  $MLSS$  να μην μειωθεί πέραν των 2000  $\text{mg l}^{-1}$ , ενώ το ανώτερο όριο καθορίζεται από την δυναμικότητα του συστήματος αερισμού και την ικανότητα της δευτεροβάθμιας καθίζησης να διαχειριστεί τα στερεά. Μολαταύτα, στα συστήματα εμβολοειδούς ροής είναι σημαντική η διατήρηση του ρυθμού ανακυκλοφορίας σε όσο το δυνατόν πιο χαμηλά επίπεδα ώστε να διατηρηθεί μια καλή διαβάθμιση της συγκέντρωσης μέσα στην δεξαμενή αερισμού. Η μεγάλη ανακυκλοφορία



θα περιορίσει τη διαβάθμιση αυτή δίνοντας μια πιο ομοιόμορφη συγκέντρωση στο υπόστρωμα. Γενικά θα δημιουργηθεί ένα περιβάλλον παρόμοιο προς τα συστήματα πλήρους μίξης.

### *Προσθήκη χημικών*

**Τα χημικά που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό και έλεγχο του φαινομένου της διόγκωσης της ιλύος μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες σε ότι αφορά τον τρόπο δράσης τους προς τους μικροοργανισμούς, είτε τοξικά (βιοκτόνα) είτε ως κροκιδωτικά.**

### *Βιοκτόνα*

Η θεωρία πίσω από τη χρήση βιοκτόνων για τον έλεγχο της διόγκωσης είναι απλή. Οι νηματοειδής μικροοργανισμοί που σχετίζονται με τη διόγκωση, αναπτύσσονται και έξω από τη μάζα του φλόκου στο περιβάλλον υγρό. Επομένως οι νηματοειδής είναι περισσότερο εκτεθειμένοι στα βιοκτόνα που τυχόν προστίθενται στο ανάμικτο υγρό, απ' ότι τα συσσωματούμενα (floc-forming) βακτήρια. Σκοπός είναι η επιλεκτική θανάτωση των νηματοειδών ενώ έχουμε τη μικρότερη δυνατή επιρροή στους συσσωματούμενους μικροοργανισμούς. Επομένως η δοσολογία που θα χρησιμοποιηθεί είναι κρίσιμη καθώς οποιαδήποτε υπερβολική δόση μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης της εγκατάστασης.

Δύο βιοκτόνα είναι σε γενική χρήση. Το χλώριο και το υποχλωριώδες νάτριο είναι ιδιαίτερα τοξικά στους μικροοργανισμούς σε χαμηλές συγκεντρώσεις, ενώ το υπεροξείδιο του υδρογόνου και το όζον είναι επίσης πολύ δραστικά αλλά προσθέτουν οξυγόνο στα λύματα καθώς αποσυντίθενται. Είναι καλύτερα η αρχή να γίνει σε χαμηλές δοσολογίες και να υπάρχει μια σταδιακή αύξηση μέχρις ότου επιτευχθεί η επιθυμητή βελτίωση στην καθιζησιμότητα της λάσπης. Σημάδια της υπερβολικής δόσης είναι η παρεμπόδιση της νιτροποίησης, η θανάτωση πρωτόζωων και η αύξηση της θολερότητας στην έξοδο λόγω λύσης των κυττάρων και αποσύνθεσης. Αναφερόμενες δοσολογίες κυμαίνονται μεταξύ 0,1 και 2,5 g Cl<sub>2</sub> ανά kg επιστρεφόμενης ιλύος, ενώ σε εισερχόμενα λύματα έχουν με επιτυχία δοσημετρηθεί 10 με 20 mg Cl<sub>2</sub> ανά λίτρο λυμάτων. Το υπεροξείδιο του υδρογόνου δεν χρησιμοποιείται τόσο συχνά και ο

υπολογισμός της αποτελεσματικής δόσολογίας είναι πιο πολύπλοκος. Έχει αναφερθεί ότι 0,1 kg H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ανά kg MLSS προκάλεσε μείωση του SVI κατά 50% μέσα σε 7 ημέρες, ενώ 0,4 kg H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> MLSS είχαν το ίδιο αποτέλεσμα σε 24 ώρες (Gray, 1990).

Το όζον είναι πιο ισχυρό και από τα δύο προηγούμενα σε ότι αφορά τη δραστηριότητα. Σε αντίθεση με το χλώριο, δεν παρεμβαίνει στην νιτροποίηση ή στη βιολογική απομάκρυνση του φωσφόρου και δεν επιβαρύνει την τελική εκροή με χλωριωμένους υδρογονάνθρακες και υπολειμματικό χλώριο. Σε ένα σύστημα Bardenpho τριών σταδίων έχει εφαρμοστεί με επιτυχία, δοσιμετρώντας 4 g όζοντος ανά kg ιλύος στην δεξαμενή αερισμού. Παρολαυτά τέτοια μέτρα ελέγχου μπορούν να είναι μόνο προσωρινά καθόσον άλλες αλλαγές γίνονται στην μονάδα για την επίλυση του προβλήματος στην πηγή του. Η χρήση βιοκτόνων θα είναι αποτελεσματική για τους περισσότερους τύπους νηματοειδούς διόγκωσης με το χλώριο να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό. Παρολαυτά η διόγκωση που οφείλεται σε ανεπάρκεια θρεπτικών δεν θα αντιδράσει τόσο καλά στην προσθήκη χημικών.

### ***Κροκιδωτικά***

Η χρήση κροκιδωτικών όλων των τύπων είναι ευρέως διαδεδομένη μέθοδος για τη βελτίωση της κροκίδωσης και την αύξηση της συνοχής του φλόκου και της καθιζησιμότητας. Χρησιμοποιούνται άλατα σιδήρου και αργιλίου καθώς επίσης και πολυηλεκτρολύτες, μόνο που η δράση τους στην δεξαμενή αερισμού διαφέρει μεταξύ τους.

Τα μεταλλικά άλατα έχουν μια μεταβολική επιρροή στους μικροοργανισμούς της λάσπης σε χαμηλές συγκεντρώσεις, έτσι τουλάχιστον θα πρέπει να περάσει χρόνος ίσος με μια ηλικία ιλύος για να παρατηρηθεί κάποια βελτίωση στην καθιζησιμότητα. Η κροκίδωση είναι επίσης σημαντική σε υψηλότερες δόσεις καθώς τα υδροξείδια των μετάλλων σχηματίζουν φλόκους. Ένα δευτερεύον αποτέλεσμα της χρήσης μεταλλικών αλάτων είναι η δέσμευση και απομάκρυνση των φωσφορικών. Ένα μεγάλο όμως πρόβλημα είναι η σημαντική αύξηση της παραγωγής της λάσπης που μπορεί ενδεχομένως να δημιουργήσει πρόβλημα στην γραμμή επεξεργασίας της ιλύος. Ο τριχλωριούχος σίδηρος και ο θειικός σίδηρος καθώς επίσης και το ένυδρο θειικό αργίλιο μπορούν να προστεθούν απευθείας στην δεξαμενή αερισμού. Απαιτούνται πιλοτικές δοκιμές για τον

καθορισμό της ακριβούς δοσολογίας, η οποία μεταβάλλεται ανάλογα με την φόρτιση της μονάδας, ωστόσο σαν γενικός κανόνας τα 10 mg Fe l<sup>-1</sup> είναι μια καλή δόση. Το αργίλιο προστίθεται σε χαμηλότερες δόσεις, αλλά όπως και με όλα τα χημικά είναι καλύτερο η αρχή να γίνει σε χαμηλές δόσεις που σταδιακά θα αυξάνουν.

Οι πολυηλεκτρολύτες είναι κροκιδωτικά διαλύματα με πολύ γρήγορη δράση. Η προσθήκη θα πρέπει να γίνεται στην υπερχειλίση της δεξαμενής αερισμού πριν τα λύματα οδηγηθούν στην δεξαμενή καθίζησης. Ένα φρεάτιο ανάμιξης θα αυξήσει την αποτελεσματικότητα, με δοσολογίες μεταξύ 1 και 2 mg l<sup>-1</sup>. Όπως και με τα μεταλλικά άλατα η δοσολογία θα πρέπει να ξεκινάει από μικρές τιμές και εάν δεν παρατηρείται βελτίωση στην καθαρισιμότητα της λάσπης, να αυξάνεται. Εάν δεν παρατηρηθεί ουδεμία βελτίωση, θα πρέπει να γίνει αλλαγή στην κροκιδωτική ουσία. Λόγω της μεγάλης ποικιλίας συνθετικών πολυηλεκτρολυτών στην αγορά, θα ήταν καλό πριν την οποιαδήποτε εφαρμογή να διενεργούνται εργαστηριακές δοκιμές με jar-test ώστε να βρεθεί ο καλύτερος πολυηλεκτρολύτης και η πιο αποτελεσματική δοσολογία. Οι περισσότεροι προμηθευτές χημικών είναι σε θέση και έχουν τη διάθεση να διενεργήσουν τέτοιου είδους δοκιμές σε ένα πιθανό πελάτη.

Το κόστος της προσθήκης χημικών μπορεί να είναι αρκετά μεγάλο, ακόμα και για ένα σύντομο χρονικό διάστημα, και αυτό θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψιν.

### **Τροποποίηση της διεργασίας**

**Για μικρή χρονική κλίμακα, η μεταβολή της διαμόρφωσης της δεξαμενής αερισμού μπορεί να είναι ακριβή και για αυτό το λόγο θα πρέπει να είναι το τελευταίο διορθωτικό μέτρο στο οποίο θα πρέπει να αποταθεί κανείς για την επίλυση του προβλήματος της διόγκωσης της ιλύος. Σε μεγάλη κλίμακα όμως, μπορεί να αξίζει τον κόπο, ιδιαίτερα εκεί όπου ο λειτουργικός έλεγχος έχει αποτύχει και χρησιμοποιούνται χημικά. Προτείνονται τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις: αλλαγή στο καθεστώς ανάμιξης, εγκατάσταση ενός επιλογέα ή η χρήση μιας ανοξικής ζώνης.**

Καθεστώς ανάμιξης

Η αλλαγή του καθεστώτος μίξης σε δεξαμενές αερισμού πλήρους μίξης σε σύστημα που πλησιάζει την εμβολοειδή ροή, μειώνει το βαθμό της διασποράς και δίνει καλύτερα χαρακτηριστικά καθίζησης. Μειώνεται επίσης το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα των νηματοειδών έναντι των συσσωματούμενων βακτηρίων λόγω της μεγάλης ειδικής τους επιφάνειας, που τα καθιστά πιο αποτελεσματικά στο να δεσμεύουν θρεπτικά σε συνθήκες χαμηλής συγκέντρωσης θρεπτικών και διαλυμένου οξυγόνου.

Η αύξηση προς εμβολοειδή ροή σε μια υπάρχουσα μονάδα είναι δύσκολη, αν και εξαρτάται από τις ελαστικότητες του αρχικού σχεδιασμού. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαχωριστικά τοιχώματα σε συστήματα με διαχυτές αέρα ή εάν υπάρχουν περισσότερες από μια δεξαμενές αερισμού να χρησιμοποιηθούν μια τη σειρά. Ένα κοινό σχεδιαστικό χαρακτηριστικό για τη διευκόλυνση της βελτιστοποίησης του καθεστώτος ροής είναι η διαμερισματοποίηση της δεξαμενής αερισμού σε δύο ή περισσότερα κομμάτια. Το κάθε διαμέρισμα έχει το δικό του αεριστήρα ή σύστημα αερισμού και μπορείς να λειτουργήσουν σαν ξεχωριστές δεξαμενές πλήρους μίξης ή σε σειρά για να δώσουν ένα σχηματισμό εμβολοειδούς ροής.

Επιλογέας

Αυτή η τροποποιημένη διεργασία βασίζεται στην θεωρία ότι η ανάπτυξη των νηματοειδών μπορεί να ελεγχθεί διασφαλίζοντας ότι οι πιο αποτελεσματικοί μικροοργανισμοί προσροφούν το μεγαλύτερο τμήμα του υποστρώματος κάτω από υψηλές συγκεντρώσεις υποστρώματος (οι οποίες ευνοούν τα συσσωματούμενα βακτήρια) σε μια ειδική ζώνη, πριν περάσουν στην περιοχή με τη χαμηλή

συγκέντρωση υποστρώματος όπου τα προσροφημένα υλικά επακολούθως μεταβολίζονται. Η δεξαμενή επαφής ή επιλογέας είναι ένα μικρό διαμέρισμα πριν την δεξαμενή αερισμού ή μια ζώνη της οξειδωτικής τάφρου, συνήθως αμέσως μετά τη βούρτσα. Εδώ το υπόστρωμα και η επιστρεφόμενη λάσπη συναντιόνται κάτω από συνθήκες έντονου αερισμού για τη διασφάλιση συνεχών αερόβιων συνθηκών. Η κύρια δεξαμενή αερισμού θα δεχτεί μια αρκετά χαμηλότερη συγκέντρωση υποστρώματος, επομένως διασφαλίζεται έτσι ότι πάντα θα υπάρχει διαβάθμιση στην συγκέντρωση. Το μέγεθος της δεξαμενής επαφής υπολογίζεται στο  $1/74$  με  $1/15$  του μεγέθους του μεγέθους της δεξαμενής αερισμού, αν και έχουν αναπτυχθεί ακριβή κριτήρια σχεδιασμού.

#### Ανοξική ζώνη

Αν και οι ανοξικές ζώνες αρχικά χρησιμοποιούνταν για απονιτροποίηση, βρέθηκε ότι βοηθούσαν στη βελτίωση της καθιζησιμότητας της λάσπης. Ο λόγος δεν έχει διευκρινιστεί αλλά μπορεί να οφείλεται εν μέρει σε μια μείωση της γενικής απαίτησης σε οξυγόνο μέσα στην δεξαμενή αερισμού, ή στην αύξηση της διαθεσιμότητας του οξυγόνου λόγω της απελευθέρωσης του δεσμευμένου στα νιτρικά οξυγόνου, ή εν μέρει σε μια μείωση του βαθμού της διαμήκουσ μίξης στο σύστημα.

#### ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΟΧΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥΣ

Στο Κεφάλαιο αυτό γίνεται μια συνοπτική και κριτική παρουσίαση των κυριοτέρων πιθανών περιβαλλοντικών οχλήσεων κατά τη λειτουργία μιας ΜΕΥΑ, που είναι οι δυσάρεστες οσμές, οι θόρυβοι, τα σταγονίδια, αέριοι ρύποι και έντομα. Στη συνέχεια

αναφέρονται οι θέσεις δημιουργίας τους και περιγράφονται συνοπτικά μια σειρά από μέτρα, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία μιας ΜΕΥΑ, ώστε να περιοριστούν στο ελάχιστο οι οχλήσεις αυτές.

**Οι δυο βασικές προϋποθέσεις για την επιτυχία μιας ΜΕΥΑ είναι:**

**(α) η τεχνική αρτιότητα της και**

**(β) η εναρμόνιση της με το περιβάλλον, ώστε να μη προκαλεί περιβαλλοντικές οχλήσεις.**

Η πρώτη προϋπόθεση εξασφαλίζεται με το σωστό σχεδιασμό, την ορθή κατασκευή και τη σύμφωνη με τις οδηγίες λειτουργία και συντήρηση της ΜΕΥΑ.

Η δεύτερη προϋπόθεση, που συνεισφέρει παράλληλα και στη τεχνική αρτιότητα εξασφαλίζεται με την πραγματοποίηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) πριν από την μελέτη-κατασκευή της ΜΕΥΑ.

Ανεξάρτητα από την ορθή και επιτυχή λειτουργία της ΜΕΥΑ και την τήρηση των κανονισμών για την ποιότητα εκροής συνήθως οι πολίτες κρίνουν την ΜΕΥΑ και αποδέχονται την αναμφίβολα θετική της συνεισφορά στην προστασία του περιβάλλοντος και με κριτήρια αισθητικής, ανάλογα με τις οχλήσεις που προκαλεί στις άμεσα γειτονικές περιοχές.

Είναι επομένως ιδιαίτερα σημαντικό κατά το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία μιας ΜΕΥΑ να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για τον περιορισμό των οχλήσεων στην μικρότερη δυνατή έκταση.

Κατά το σχεδιασμό πρέπει να αξιολογούνται όλες οι αναμενόμενες οχλήσεις από την ΜΕΥΑ και να λαμβάνονται από την αρχή όλα τα απαραίτητα μέτρα περιορισμού τους γιατί μεταγενέστερες επεμβάσεις έχουν σημαντικά μεγαλύτερο κόστος, αλλά και συχνά ενισχύουν την δυσπιστία των περιοίκων.

Κατά την κατασκευή πρέπει να αποφεύγονται όσο το δυνατόν οι οχλήσεις από τους θορύβους των μηχανημάτων και την σκόνη που συνήθως εκλύεται.

Κατά τη λειτουργία της η ΜΕΥΑ πρέπει να διατηρείται σε καθαρή κατάσταση.

## **ΟΧΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΘΕΣΕΙΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ**

Οι κυριότερες πιθανές περιβαλλοντικές οχλήσεις από μια ΜΕΥΑ είναι οι δυσάρεστες οσμές, τα σταγονίδια και οι τοξικοί αέριοι ρύποι (VOCs) που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα, οι θόρυβοι και τα έντομα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι πιθανές οχλήσεις από τις μονάδες μιας ΜΕΥΑ μεσαίου μεγέθους με παρατεταμένο αερισμό παραθέτοντας συνιστώμενες ελάχιστες αποστάσεις για κάθε μονάδα από γειτονικές κατοικημένες περιοχές, χωρίς να έχουν ληφθεί ειδικά μέτρα προστασίας. Σε περίπτωση που ακολουθούνται ειδικά μέτρα προστασίας οι αποστάσεις αυτές μπορεί να είναι σημαντικά μικρότερες.

*Οχλήσεις από ΜΕΥΑ μεσαίου μεγέθους (X:Λίγες, XX:Αρκετές, XXX: Σημαντικές) όταν δεν λαμβάνονται ειδικά μέτρα προστασίας.*

Μονάδα	Οσμές	θόρυβοι	Σταγονίδια	Έντομα	Απόσταση m
Εσχάρωση	XX	X		X	150
Αεριζόμενη εξάμμωση		X	X		150
Εξάμμωση σιαθ. ταχύτ. ροής	XX			X	200
Υποδοχή βοθρολυμάτων	XXX	XX		X	200
Αναερόβιες δεξαμενές φωσφόρου	X	X			100
Δεξαμενές αερισμού με διαχυτήρες	X	XXX			150
Δεξαμενές αερισμού με αεριστήρες	X	XXX	XXX		150
Δεξαμενές καθίζησης					100
Χλωρίωση		X			100
Πάχυνση	XX				200
Κλίνες ξήρανσης	XX			XX	200
Ταινιοφιλτρόπρεσες	XX	XX		X	200
Υποσταθμός		XX			100
Αγωγοί	X		X	X	100

(Στάμου, 1995)

Σημειώνεται ότι πολλές από τις παραπάνω οχλήσεις μειώνονται απομακρυνόμενες από τις εστίες δημιουργίας τους και εκμηδενίζονται στα όρια της ΜΕΥΑ. Τα σταγονίδια π.χ. υφίστανται μείωση κατά 90% σε απόσταση 25 m από τη θέση εκπομπής τους, ενώ 50% μείωση υφίστανται και οι δημιουργούμενοι από τους αεριστήρες θόρυβοι σε απόσταση 100 m.

### **Δυσσομίες**

Συνήθως, η σημαντικότερη όχληση από μια ΜΕΥΑ είναι οι δυσσομίες. Οι περισσότερες δύσσομες ουσίες που εκλύονται στις ΜΕΥΑ, προέρχονται από την αναερόβια διάσπαση οργανικών ουσιών που περιέχουν θείο (π.χ. υδρόθειο) ή άζωτο.

Το υδρόθειο είναι το πιο γνωστό δύσοσμο αέριο που εκλύεται στους αγωγούς μεταφοράς και στις μονάδες των ΜΕΥΑ. Έχει οσμή χαλασμένου αυγού, μπορεί να προκαλέσει έντονη διάβρωση, ενώ είναι παράλληλα και εξαιρετικά τοξικό.

Η έντονη διάβρωση προκαλείται στα εσωτερικά τοιχώματα των αγωγών και των κλειστών δεξαμενών επεξεργασίας, πάνω στα οποία επικάθονται υδρατμοί και σταγονίδια που περιέχουν υδρόθειο (το οποίο είναι πολύ διαλυτό στο νερό, σε συγκέντρωση 2800 mg/l στους 30°C και 5650 mg/l στους 5°C). Εξαιτίας βιολογικών διεργασιών, παράγεται θειικό οξύ που διαβρώνει τις βαμμένες επιφάνειες (με βαφές που έχουν ως βάση τον μόλυβδο), το σκυρόδεμα, τα μέταλλα και άλλα υλικά.

Το υδρόθειο έχει την ίδια τοξικότητα με το υδροκυάνιο και μπορεί να προκαλέσει τον θάνατο σε συγκέντρωση 225 mg/l. Υπάρχει έντονη επίδραση του pH. Σε pH μεγαλύτερο από 9 το υδρόθειο βρίσκεται σε ποσοστό 99 % διαλυμένο στο νερό (χωρίς να δημιουργεί πρόβλημα δυσσομίας), ενώ σε pH ίσο με 5 βρίσκεται σε ποσοστό 99 % σε αέρια δύσοσμη μορφή. Γενικά, για pH μεγαλύτερο από 8 δεν υπάρχει πρόβλημα δυσσομίας.

Το θείο περιέχεται στα ανθρώπινα περιττώματα και τα θειικά στο νερό ύδρευσης. Συνήθως υπάρχει αρκετή ποσότητα θείου στα αστικά απόβλητα με τη μορφή ανόργανων θειικών και θειωδών ή οργανικών θειωδών (π.χ. μερκαπτάνες, θειοαιθέρες και διθειώδη), το οποίο οδηγεί στην παραγωγή υδρόθειου. Το υδρόθειο παράγεται με αναγωγή των θειικών από αναερόβια βακτηρίδια τα οποία ευνοούνται σε χαμηλό ORP (-0.20 μέχρι -0.30), pH από 6 μέχρι 9 και θερμοκρασίες στην περιοχή των 30°C. Η παραγωγή υδρόθειου από "φρέσκα" απόβλητα (με παραμονή 1-2 ημερών στο αποχετευτικό σύστημα) είναι περιορισμένη εξαιτίας των υψηλών τιμών ORP.

Δε συμβαίνει το ίδιο όμως στην αναερόβια στρώση των βακτηριδίων πάνω στα τοιχώματα των αγωγών και στα φερτά που καθίζησαν στον πυθμένα, όπου η παραγωγή υδρόθειου είναι πολύ έντονη, εφόσον δεν υπάρχει διαλυμένο οξυγόνο ( $DO < 3$  mg/l) ή άλλη εναλλακτική πηγή οξυγόνου (π.χ. νιτρικά).

Ειδικότερα στα τοιχώματα των αγωγών που βρίσκονται σε επαφή με το νερό αρχικά υπάρχει ένα αερόβιο στρώμα πάχους 0.25 mm, όπου φτάνει το διαλυμένο οξυγόνο των αποβλήτων (όταν αυτό υπάρχει) και μετά ακολουθεί ένα αναερόβιο στρώμα πάχους 0.25 mm, όπου πραγματοποιείται η παραγωγή του υδρόθειου.

Εκτός από το υδρόθειο, άλλα δύσοσμο αέρια που εκλύονται στους αποχετευτικούς αγωγούς είναι η αμμωνία και οργανικές ενώσεις, όπως ινδόλες, σκατόλες (με οσμή περιττωμάτων), μερκαπτάνες, αμίνες κ.α.



## **Θέσεις δημιουργίας δυσοσμίων**

Οι μονάδες μιας ΜΕΥΑ στις οποίες εκλύονται δυσοσμίες είναι οι ακόλουθες:

### **1. Προκαταρκτική επεξεργασία**

Όταν τα φρέσκα απόβλητα εισέρχονται στις ΜΕΥΑ με βαρύτητα, μπορεί να περιέχουν ικανές συγκεντρώσεις δύσοσμων αερίων, τα οποία εκλύονται στα πρώτα σημεία της ΜΕΥΑ, όπου υπάρχει έντονη τύρβη. Τα πρώτα αυτά σημεία με έντονη τύρβη μπορεί να είναι κατάντη μιας πτώσης των αποβλήτων, στο δίαυλο μέτρησης παροχής ή στον αεριζόμενο εξαμμωτή.

Επίσης, δεξαμενές που βρίσκονται στην είσοδο της ΜΕΥΑ όπως π.χ. δεξαμενές υποδοχής βοθρολυμάτων και εξισορρόπησης, μπορεί να αποτελέσουν θέσεις έκλυσης δυσάρεστων οσμών, όταν οι συνθήκες σε αυτές γίνουν σηπτικές.

Προβλήματα δυσοσμίας μπορεί να προέλθουν και στις θέσεις συγκέντρωσης των εσχαρισμάτων και της άμμου.

### **2. Βιολογική επεξεργασία**

Δυσοσμίες μπορεί να εκλύονται από μονάδες βιολογικής επεξεργασίας, που δέχονται οργανικά φορτία μεγαλύτερα των φορτίων σχεδιασμού τους.

Στα συστήματα ενεργού ιλύος σπάνια αναμένονται προβλήματα οσμών, όταν έχουν σχεδιαστεί και λειτουργούν σωστά. Μόνο όταν δεν αερίζεται η ενεργός ιλύς μπορεί να καταστεί αναερόβια σε περίπου μισή ώρα και σηπτική σε μερικές ώρες. Οι ακριβείς χρόνοι εξαρτώνται από τη θερμοκρασία των αποβλήτων, τη συγκέντρωση των MLVSS και την αρχική συγκέντρωση του DO.

Στις δεξαμενές καθίζησης δεν αναμένονται συνήθως προβλήματα έκλυσης οσμών, εφόσον τα εισερχόμενα απόβλητα είναι αερόβια και τηρούνται τα απαραίτητα μέτρα καθαριότητας.

Η λάσπη που καθιζάνει στις χοάνες των πυθμένων των δεξαμενών μπορεί να γίνει σηπτική όταν παραμείνει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τότε, και η ανακυκλοφορία λάσπης είναι σηπτική και καθυστερεί τις βιολογικές διεργασίες, η περίσσεια λάσπης αφυδατώνεται δύσκολα και παράλληλα εκλύονται από αυτή δυσάρεστες οσμές.

### **3. Επεξεργασία Λάσπης**

Η λάσπη που παράγεται όταν δεν είναι πλήρως σταθεροποιημένη εκλύει πάντα οσμές. Όσο όμως πιο "φρέσκια" είναι η λάσπη, τόσο λιγότερες οσμές παράγονται.

Δυσσομίες αναμένονται σε μονάδες επεξεργασίας λάσπης (π.χ. σε παχυντές βαρύτητας, κλίνες ξήρασης), όπου η λάσπη (που δεν έχει υποστεί πλήρη σταθεροποίηση) παραμένει για μεγάλο σχετικά χρονικό διάστημα και αποσυντίθεται αναερόβια.

**Επίσης οι υπερχειλίσεις από τις διάφορες μονάδες λάσπης έχουν συνήθως σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις δύσοσμων αερίων που εκλύονται στην ατμόσφαιρα, όταν η ροή γίνεται με ανοιχτούς αγωγούς και σε περιοχές ροής με έντονη τύρβη.**

### **Σταγονίδια**

Τα σταγονίδια (aerosols) είναι μικρά (1-20 μm), υγρά σωματίδια, που μπορεί να περιέχουν και παθογόνους μικροοργανισμούς.

Εκλύονται από τις μονάδες μιας ΜΕΥΑ με έντονη διαταραχή της μάζας των αποβλήτων, όπως π.χ. σε μονάδες όπου γίνεται αερισμός (π.χ. αεριζόμενοι εξαμμωτές και δεξαμενές αερισμού), καθώς και σε θέσεις όπου δημιουργείται έντονη αναταραχή στην επιφάνεια των υγρών από την πτώση άλλων υγρών (π.χ. φρεάτια ανακυκλοφορίας της λάσπης, κατάντη υπερχειλιστών).

Η εκπομπή μικροοργανισμών, που είναι εξαιρετικά δύσκολο να μετρηθεί, εξαρτάται από τις διατάξεις αερισμού και ανάδευσης. Γενικά, η εκπομπή αναμένεται μεγάλη από κατακόρυφους επιφανειακούς αεριστήρες, μικρότερη από ρότορες και σημαντικά μικρότερη από διαχυτήρες. Η εκπομπή μπορεί να περιοριστεί σημαντικά με τη χρήση ειδικών πετασμάτων.

### **Τοξικοί αέριοι τύποι**

Οι τοξικές ουσίες οι οποίες μπορούν να εκλύονται ως αέριοι ρυπαντές από τις ΜΕΥΑ είναι σχετικά λίγες και αφορούν κυρίως πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) οι οποίες αποτελούν μικρό σχετικά ποσοστό των ευρύτερα γνωστών τοξικών αερίων. Στις ενώσεις αυτές περιλαμβάνονται αρωματικοί υδρογονάνθρακες (βενζόλιο, αιθυλοβενζόλιο, τολουόλη κλπ.), χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες (χλωροβενζόλια, αιθάνια, αιθυλένια και τετραχλωριούχοι άνθρακες] και αλειφατικοί και οξυγονομένοι υδρογονάνθρακες. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στις ενώσεις οι οποίες είναι πιθανόν καρκινογόνες (π.χ. βενζόλιο, χλωροφόρμιο).

Από εκτιμήσεις που έχουν γίνει οι τοξικοί αέριοι ρύποι φαίνεται ότι αποτελούν ένα πολύ

μικρό ποσοστό του συνόλου των τοξικών αερίων που εκπέμπονται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Χαρακτηριστικά έχει εκτιμηθεί ότι στις ΗΠΑ η ποσότητα των εκπεμπόμενων τοξικών αερίων από συνολικά 25000 ΜΕΥΑ δεν υπερβαίνει το 0.1 % του συνόλου των εκπεμπόμενων τοξικών αερίων από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Η εκπομπή των τοξικών αερίων έχει βρεθεί ότι κυμαίνεται από 35-550  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  αποβλήτων ανάλογα με το είδος της ΜΕΥΑ, αλλά και το ποσοστό των βιομηχανικών αποβλήτων στα αστικά απόβλητα. Από τις μέχρι τώρα παρατηρήσεις φαίνεται ότι η παρουσία σημαντικού ποσοστού βιομηχανικών αποβλήτων αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα για την ποσότητα των εκλυόμενων αερίων τοξικών ρύπων. Έτσι, αναμένεται να υπάρχει πρόβλημα εκπομπής τοξικών αερίων μόνο στις πολύ μεγάλες ΜΕΥΑ (με παροχές της τάξης των εκατοντάδων κυβικών/ $\text{m}^3\text{d}$ , από μεγάλες πόλεις με σημαντική συνεισφορά βιομηχανικών αποβλήτων).

**Οι σημαντικότερες πηγές πτητικών τοξικών ουσιών είναι τα απόβλητα από διυλιστήρια, βιομηχανίες παραγωγής πετρελαίου, βιομηχανίες απορρυπαντικών και βαφεία. Μικρή συνεισφορά έχουν και διάφορες οικιακές δραστηριότητες (όπως π.χ. διαλύτες των υγρών καθαρισμού, αποσμητικά κ.λ.π.), καθώς και η χλωρίωση του πόσιμου νερού και των λυμάτων.**

### Θόρυβοι

Οι θόρυβοι σε μια ΜΕΥΑ προέρχονται από τα τμήματα του Η/Μ εξοπλισμού της ΜΕΥΑ (π.χ. φυσητήρες, αντλίες, αεριστήρες, γεννήτριες κλπ.). Ενδεικτικά αναφέρονται μερικά επίπεδα ηχοσταθμών από μονάδες ΕΕΑΑ για πληθυσμό 50000 ατόμων στον πίνακα που ακολουθεί:

#### *Ενδεικτικά επίπεδα ηχοσταθμών.*

Μονάδα ΜΕΥΑ	Επίπεδο ηχοστάθμης DB
Υποδοχή και εξισορρόπηση βοθρολυμάτων	60-80
<i>Προεπεξεργασία</i>	60-75
Βιολογική επεξεργασία	70-100
Χλωρίωση	50-60
Αφυδάτωση λάσπης με φιλτρόπρεσσες	60-90

Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι το επίπεδο του ανεκτού θορύβου από βιομηχανικές εγκαταστάσεις (Π.Δ. 1180. ΦΕΚ 293Α'/6-10-81) σε περιοχές με έντονο το αστικό στοιχείο είναι 50 DB.

Τα επίπεδα των τιμών του θορύβου από τις μονάδες μιας ΜΕΥΑ εξαρτώνται από τα μέτρα ηχομόνωσης που λαμβάνονται (π.χ. σωστή έδραση με μόνωση, εύρυθμη λειτουργία σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, άμεση αποκατάσταση των βλαβών, τοποθέτηση των μηχανημάτων σε κλειστούς και ειδικά ηχομονωμένους χώρους, κ.λ.π.).

Η συνολική ηχητική ένταση του θορύβου που δημιουργείται από μια ΜΕΥΑ προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους εντάσεων των μονάδων επεξεργασίας στη θέση μέτρησης της ηχοστάθμης, που συνήθως είναι οι χώροι εργασίας στην ΜΕΥΑ (για την προστασία των εργαζομένων] και τα όρια αυτής (για την προστασία των περιοίκων].

Γενικά, η ηχορύπανση από τις ΜΕΥΑ σε συνθήκες ομαλής λειτουργίας δεν είναι προβληματική και συνήθως αντιμετωπίζεται επιτυχώς με απλές τεχνικά μεθόδους. Έντονη ηχορύπανση μπορεί να προκληθεί μόνο μετά από βλάβη των μηχανημάτων του Η/Μ εξοπλισμού.

**Συμπερασματικά. Εφόσον οι ΜΕΥΑ πληρούν τους απαραίτητους περιβαλλοντικούς όρους (τήρηση ελάχιστων αποστάσεων, εφαρμογή μέτρων ηχομόνωσης, χρήση ηχοφραγμάτων κ.α.), δεν αναμένεται να προκαλούν ηχορύπανση.**

### Έντομα

Στις ΜΕΥΑ μπορεί να αναπτυχθούν κυρίως κουνούπια και μύγες σε περιοχές της ΜΕΥΑ, όπου τα υγρά απόβλητα και τα στερεά παραπροϊόντα (εσχαρίσματα, άμμος και λάσπη) παραμένουν στάσιμα για αρκετό χρονικό διάστημα, όπως π.χ. στα τμήματα αγωγών όπου λιμνάζουν τα απόβλητα, στους χώρους συγκέντρωσης των εσχαρισμάτων και της άμμου, στις περιοχές υποδοχής βοθρολυμάτων, σε κλίνες ξήρανσης, αλλά και στους χώρους της μηχανικής αφυδάτωσης.

Όταν σε μια ΜΕΥΑ διατηρούνται οι θέσεις αυτές σε καθαρή κατάσταση, δεν αναμένεται να υπάρχουν προβλήματα ανάπτυξης εντόμων και μυγών. Σε περίπτωση όμως εμφάνισης τους, μπορεί να γίνει καταπολέμηση τους με εντομοκτόνα

### **ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΟΧΛΗΣΕΩΝ**

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών οχλήσεων. Για χάρη μιας συστηματικής παρουσίασης οι μέθοδοι αυτοί διακρίνονται σε (α) γενικές μεθόδους και (β) ειδικές μεθόδους για κάθε μονάδα των ΜΕΥΑ.

## ΓΕΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

### Προσθήκη χημικών

Με την προσθήκη ισχυρών οξειδωτικών ουσιών ή μεταλλικών αλάτων στα απόβλητα μπορεί να εξουδετερωθεί η κυριότερη δύσοσμη ουσία που είναι το υδρόθειο και να αποφευχθεί η έκλυση του ως αέριο στην ατμόσφαιρα.

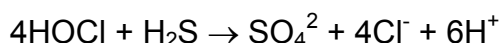
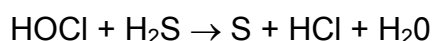
Η προσθήκη χημικών γίνεται συνήθως στις μονάδες προκαταρκτικής επεξεργασίας όπου το υδρόθειο είναι το κυριότερο πρόβλημα δυσοσμίας με σαφώς καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με την προσθήκη των χημικών στο αποχετευτικό σύστημα ή σε άλλες θέσεις.

Οι οξειδωτικές ουσίες που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι το χλώριο και το υπεροξείδιο του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ), που οξειδώνουν το υδρόθειο σε θείο και θειικά. Τα μεταλλικά άλατα αντιδρούν με το υδρόθειο σχηματίζοντας αδιάλυτα θειικά άλατα τα οποία καθιζάνουν.

#### 1) Χλωρίωση

**Η χλωρίωση είναι από τις παλαιότερες μεθόδους ελέγχου των οσμών. Το χλώριο είναι ισχυρή οξειδωτική ουσία και χρησιμοποιείται στις περισσότερες ΜΕΥΑ για την απολύμανση των επεξεργασμένων αποβλήτων.**

Το χλώριο αντιδρά με το υδρόθειο σύμφωνα με τις αντιδράσεις

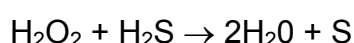


Το χλώριο αντιδρά κατά προτίμηση με το υδρόθειο. Επομένως δεν απαιτείται να ικανοποιηθούν πρώτα οι υπόλοιπες απαιτήσεις χλωρίου (π. χ. της αμμωνίας).

#### 2) Υπεροξείδιο του υδρογόνου

Το υπεροξείδιο του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ) είναι ασθενές οξειδωτικό μέσο, αλλά επαρκούς ισχύος ώστε να ελέγχεται ικανοποιητικά η έκλυση του υδρόθειου.

Οι χημικές αντιδράσεις του  $H_2O_2$  με το υδρόθειο είναι οι ακόλουθες

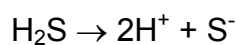


Η μέθοδος αυτή είναι περισσότερο αποτελεσματική, αλλά και περισσότερο ακριβή σε σχέση με τη χλωρίωση.

### 3) Μεταλλικά άλατα

Σε αρκετές ΕΕΑΑ γίνεται προσθήκη αλάτων του δισθενούς ή του τρισθενούς σιδήρου ( $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{FeCl}_3$ ), συνήθως στις μονάδες προκαταρκτικής επεξεργασίας.

Από την αντίδραση των ιόντων σιδήρου και των ιόντων του θείου παράγονται αδιάλυτες ουσίες ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{FeS}_2$ ) που καθίζουν καθώς και μερικώς διαλυτές ουσίες ( $\text{Fe}_5\text{S}_6$ ,  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ ) με την καθίζηση των αδιάλυτων ενώσεων τα ιόντα του θείου μειώνονται και η χημική ισορροπία της αντίδρασης



μετατοπίζεται προς τα δεξιά μειώνοντας έτσι τη συγκέντρωση του υδρόθειου.

### Αερισμός

Με τον αερισμό των αποβλήτων, συνήθως στους αεριζόμενους εξαμμωτές ή και στις δεξαμενές εξισορρόπησης, αυξάνεται η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου και απομακρύνεται το υδρόθειο και οι περισσότερες από τις δύσοσμες οργανικές ουσίες από την υγρή φάση.

### Υδραυλικός σχεδιασμός

Κατά τον υδραυλικό σχεδιασμό των διαφόρων σωληνώσεων της ΜΕΥΑ πρέπει να εξασφαλίζονται, έστω και περιοδικά, υψηλές ταχύτητες ροής που "ξεπλένουν" τους αγωγούς από τα στερεά (αλλά και τα λίπη) που καθίζησαν και δημιούργησαν ιζήματα, τα οποία με την πάροδο του χρόνου καθίστανται αναερόβια και εκλύουν δυσσομίες.

Επίσης, τα απόβλητα δεν πρέπει να παραμένουν στάσιμα για μεγάλο χρονικό διάστημα, π.χ. στους αγωγούς παράκαμψης, με αποτέλεσμα την έκλυση οσμών, και τη δημιουργία εστιών ανάπτυξης εντόμων και μυγών.

Τέλος, θα πρέπει να αποφεύγεται η ύπαρξη μεγάλων ελεύθερων υψών πτώσης κατάντη υπερχειλιστών γιατί με την έντονη αναταραχή που δημιουργείται διευκολύνεται η έκλυση των δύσοσμων αερίων και των σταγονιδίων από τα υγρά απόβλητα στην ατμόσφαιρα.

### Κανόνες καθαριότητας

Για λόγους αποφυγής δημιουργίας δυσσομιών, αλλά και για λόγους υγιεινής συνιστάται ο σχολαστικός καθαρισμός όλων των εξωτερικών και εσωτερικών χώρων της ΜΕΥΑ και ιδιαίτερα των τοιχωμάτων των φρεατίων και των διαφόρων δεξαμενών στα οποία επικάθονται στερεά και δημιουργούν αναερόβια στρώματα.

### **Διατάξεις απόσμησης**

Εκτός από τις μεθόδους περιορισμού της διαφυγής των δύσοσμων αερίων από την υγρή φάση των αποβλήτων στην ατμόσφαιρα υπάρχουν και οι διατάξεις απόσμησης που αναρροφούν τον δύσοσμο αέρα και τον καθαρίζουν πριν τον διοχετεύσουν στην ατμόσφαιρα.

Μια διάταξη απόσμησης αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα:

1) Σύστημα συλλογής και αναρρόφησης του δύσοσμου αέρα, αποτελούμενο από ανεμιστήρα ή φυσητήρα, φίλτρα αέρα και σύστημα σωληνώσεων που οδηγεί τον δύσοσμο αέρα στο φίλτρο απόσμησης.

2) Φίλτρο απόσμησης, αποτελούμενο από το μέσο προσρόφησης (ή υλικό πλήρωσης), σε απλές ή πολλαπλές στρώσεις. Το μέσο πλήρωσης είναι συνήθως ενεργός άνθρακας ή ειδικά βιολογικά μίγματα-φίλτρα, όπου προσροφώνται οι δύσοσμες ουσίες.

Οι διατάξεις απόσμησης με ενεργό άνθρακα ή τα βιολογικά φίλτρα έχουν συνήθως απλή και αξιόπιστη λειτουργία και προσροφούν πολλά είδη δύσοσμων ουσιών. Οι διατάξεις απόσμησης με ενεργό άνθρακα έχουν γενικά μικρότερο αρχικό και μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος σε σχέση με τις διατάξεις απόσμησης με βιολογικά φίλτρα.

### **Αναχώματα και δέντρα**

**Οι δημιουργούμενες οχλήσεις πρέπει να περιορίζονται μέσα στο χώρο της ΜΕΥΑ. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση αναχωμάτων και δένδρων.**

Οι δεξαμενές από τις οποίες υπάρχει περίπτωση να υπάρχουν οχλήσεις τοποθετούνται σε χώρους που προστατεύονται με ανάχωμα ικανού ύψους ή σε χώρους οι οποίοι βρίσκονται σε χαμηλότερο υψόμετρο.

Η πυκνή δενδροφύτευση στην περίμετρο των ΜΕΥΑ με πλατύφυλλα και ψηλά δέντρα, αποτελεί ένα αποτελεσματικό εμπόδιο στη μετάδοση των οχλήσεων.

### **Ειδικές μέθοδοι αντιμετώπισης κατά μονάδα**



Για τις διάφορες μονάδες της ΜΕΥΑ προτείνονται οι ακόλουθες μέθοδοι αντιμετώπισης, που μπορεί να γίνουν σε κάθε μονάδα, κυρίως κατά το στάδιο του σχεδιασμού. Με αυτές επιδιώκεται ο περιορισμός των οχλήσεων σε μικρή απόσταση και πάντα μέσα στα όρια της ΜΕΥΑ.

### **Αποχετευτικό σύστημα**

Ο σχεδιασμός των αγωγών αποχέτευσης πρέπει να γίνεται με τρόπο που μειώνει τη πιθανότητα δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών στο ελάχιστο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την ελαχιστοποίηση του χρόνου παραμονής των λυμάτων στο αποχετευτικό σύστημα, καθώς και με τις υψηλές ταχύτητες ροής που δεν επιτρέπουν την καθίζηση στερεών και τη συγκέντρωση ιζημάτων, που με την πάροδο του χρόνου καθίστανται αναερόβια και εκλύουν δυσοσμίες.

Οι δυσοσμίες σε υπάρχοντα αποχετευτικά συστήματα, μπορεί να μειωθούν με την προσθήκη οξυγόνου ή χημικών (χλώριο, υπεροξειδίο του οξυγόνου και μεταλλικά άλατα).

### **Προκαταρκτική επεξεργασία**

Οι εσχάρες προτείνεται να βρίσκονται στεγασμένες σε κτίριο, όπου συνιστάται να γίνεται καθαρισμός του αέρα με διατάξεις απόσμησης.

Σης μικρές ή/και απομακρυσμένες από κατοικημένες περιοχές ΜΕΥΑ οι εσχάρες μπορεί να είναι και υπαίθριες, κυρίως για λόγους οικονομίας.

**Οι εξαμμωτές και ειδικότερα οι αεριζόμενοι εξαμμωτές δεν τοποθετούνται συνήθως μέσα σε κτίριο, γιατί τα εκπεμπόμενα σταγονίδια σε κλειστό χώρο βρίσκονται σε μεγάλες σχετικά συγκεντρώσεις δημιουργώντας έτσι έντονα προβλήματα στους εργαζόμενους. Σε περίπτωση όμως που αποφασιστεί η τοποθέτηση των αεριζόμενων εξαμμωτών σε κτίριο, πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερη μέριμνα για τους εργαζόμενους και φυσικά να υπάρχει και κατάλληλη διάταξη απόσμησης.**

Προβλήματα οσμών μπορεί να δημιουργηθούν, όταν η άμμος περιέχει σημαντικές ποσότητες οργανικών ενώσεων. Αυτό συμβαίνει στους εξαμμωτές σταθερής ταχύτητας ή στους αεριζόμενους εξαμμωτές που δεν είναι κατάλληλα ρυθμισμένοι και απαιτούν σωστή ρύθμιση.

**Οι φουσητήρες των αεριζόμενων εξαμμωτών πρέπει απαραίτητα να τοποθετούνται σε ειδικό κλειστό χώρο για να μειώνονται οι θόρυβοι.**

### **Ένας τέτοιος χώρος μπορεί να προβλεφθεί στο κτίριο των εσχарών.**

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει επίσης να δίνεται στην έγκαιρη και τακτική αποκομιδή των εσχαρισμάτων και της άμμου, ώστε να μην αποτελούν εστίες συγκέντρωσης μυγών και εντόμων, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες. Έτσι, τα εσχαρίσματα που συκρατούνται στα διάκενα των εσχарών πρέπει να απομακρύνονται γρήγορα και οι εσχάρες να καθαρίζονται συχνά ώστε να μην αποτελούν θέσεις έκλυσης δυσοσμίων.

Καθαρές πρέπει να διατηρούνται και οι διατάξεις μεταφοράς των εσχαρισμάτων και της άμμου, και εάν είναι δυνατόν κλειστές (π.χ. χρήση κλειστού κοχλιωτού μεταφορέα εσχαρισμάτων, αντί ανοικτής μεταφορικής ταινίας). Τα δοχεία αποθήκευσης πρέπει επίσης να είναι κλειστά και εάν είναι δυνατόν αεροστεγή.

Στις δεξαμενές εξισορρόπησης για να αποφεύγεται η δημιουργία σηπτικών συνθηκών συνιστάται η εγκατάσταση κατάλληλου εξοπλισμού ανάμιξης για την αποφυγή καθίζησης των αιωρούμενων στερεών ή ακόμα και να προβλέπεται διάταξη απομάκρυνσης των στερεών που καθιζάνουν.

Οι θέσεις της ΜΕΥΑ, όπου μπορεί να προκληθεί έντονη ανατάραξη (π.χ. κατάντη μιας πτώσης των λυμάτων σε ένα δίαυλο μέτρησης παροχής ή σε ένα αεριζόμενο εξαμμωτή) μπορεί να στεγάζονται σε κλειστό χώρο, από τον οποίο θα συλλέγονται και θα επεξεργάζονται τα δύσοσμα αέρια. Εναλλακτικά, μπορεί στις θέσεις αυτές να γίνεται προσθήκη οξειδωτικών ή και απλά εξαερισμός.

Αν τα δύσοσμα αέρια προέρχονται από βιομηχανικά απόβλητα που διοχετεύονται στην ΜΕΥΑ, πρέπει να εξεταστεί και η εναλλακτική λύση της απομάκρυνσης τους στις ίδιες τις βιομηχανίες από τις οποίες προέρχονται.

**Οι δεξαμενές εξισορρόπησης βοθρολυμάτων θεωρείται απαραίτητο να κατασκευάζονται κλειστές και να εφοδιάζονται με κατάλληλο σύστημα ανάμιξης/αερισμού. Αν κριθεί αναγκαίο, μπορεί να εγκατασταθεί διάταξη απόσμησης. Ο δρόμος προσπέλασης και ο χώρος ελιγμών των βυτιοφόρων πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να εξασφαλίσουν την εύκολη και σύντομη εκκένωση των βυτιοφόρων καθώς και για την ελαχιστοποίηση των προκαλούμενων θορύβων. Επίσης, ο χώρος υποδοχής των βοθρολυμάτων πρέπει να διατηρείται ιδιαίτερα καθαρός για την αποφυγή δημιουργίας εστιών μυγών και εντόμων.**

### **Βιολογική επεξεργασία**

Στις αναερόβιες δεξαμενές, ανοξικές δεξαμενές και στους επιλογείς απαιτείται να υπάρχει κατάλληλη διάταξη ανάμιξης για να διατηρείται η βιομάζα σε αιώρηση και να μη δημιουργούνται προβλήματα οσμών.

Στις ΔΑ δημιουργούνται κυρίως προβλήματα θορύβων και διασποράς σταγονιδίων, που εκπέμπονται κατά την ισχυρή ανάδευση των λυμάτων με επιφανειακούς αεριστήρες. Και τα δύο προβλήματα αντιμετωπίζονται με την κατασκευή ειδικών πετασμάτων, που συχνά προτείνονται από τους κατασκευαστές των αεριστήρων.

Γενικά, τα σταγονίδια που διασπείρονται στον αέρα έχει διαπιστωθεί ότι δεν αποτελούν κίνδυνο για τους ανθρώπους και τις καλλιέργειες της γειτονικής περιοχής γιατί λίγα μόνα μέτρα μακριά από τις δεξαμενές αερισμού μειώνονται δραστικά. Παρολαυτά και για λόγους ασφάλειας προτείνεται η τοποθέτηση των δεξαμενών αερισμού μακριά από τα όρια του οικοπέδου της ΜΕΥΑ.

Προβλήματα οσμών μπορεί να εμφανιστούν μόνο αν οι δεξαμενές αερισμού και κυρίως το σύστημα αερισμού είναι υποδιαστασιοποιημένα και έτσι εμφανίζονται περιοχές με αναερόβιες συνθήκες. Αντίστοιχο πρόβλημα μπορεί να προέλθει από κακή λειτουργία του συστήματος αερισμού. Για να αποφεύγεται η δημιουργία αναερόβιων περιοχών πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα κατά τον σχεδιασμό, ώστε όταν υπάρχει διακοπή της λειτουργίας των διατάξεων αερισμού (αν αυτό απαιτηθεί ή συμβεί) σε μια δεξαμενή αερισμού, το περιεχόμενο της δεξαμενής να διοχετεύεται σε δεξαμενές που λειτουργούν. Δεν πρέπει να αποκλείεται και η δυνατότητα χρησιμοποίησης εφεδρικών διατάξεων αερισμού, αν και μια τέτοια λύση είναι συνήθως δαπανηρή και μάλλον υπερβολική.

Οι χρησιμοποιούμενες διατάξεις αερισμού θα πρέπει να εξασφαλίσουν την επαρκή ανάμιξη όλου του περιεχομένου των δεξαμενών, ώστε να μην παρατηρούνται καθιζήσεις της ενεργού ιλύος σε γωνίες των δεξαμενών. Τα καθιζήματα της ενεργού ιλύος μπορεί να καταστούν σπηττικά και να εκλύουν δύσσομα αέρια με πολύ πιο γρήγορους ρυθμούς από αυτούς με τους οποίους τροφοδοτούνται με οξυγόνο από τις γειτονικές αεριζόμενες περιοχές. Για να αποφεύγεται αυτό συνιστάται η κατάλληλη διαμόρφωση των γωνιών των δεξαμενών.

Η καθίζηση σωματιδίων της ενεργού ιλύος είναι συχνή στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται διαχυτήρες στον αερισμό. Για το λόγο αυτό συνιστάται η χρησιμοποίηση διαχυτήρων που επιτρέπουν τον εύκολο και γρήγορο καθαρισμό τους. Η έμφραξη των διαχυτήρων μπορεί εύκολα να αναγνωριστεί από την έλλειψη στροβίλων τύρβης και από τη συγκέντρωση επιπλεόντων και φυσαλίδων στην επιφάνεια των δεξαμενών αερισμού. Παράλληλα, οι σωληνώσεις του πεπιεσμένου αέρα και οι αεροσυμπιεστές συνιστάται πάντα να διατηρούνται σε καθαρή κατάσταση. Επιπλέον, συνιστάται ο τακτικός καθαρισμός των τοιχωμάτων των δεξαμενών αερισμού

για την αποφυγή δημιουργίας αναερόβιου στρώματος.

Η επιστροφή της ανακυκλοφορίας συνιστάται να γίνεται σε σημεία με επαρκή αερισμό και εάν είναι δυνατό ο τρόπος επιστροφής να προκαλεί έντονο αερισμό (π.χ. με την δημιουργία τύρβης). Αυτό γίνεται για να μην υπάρχουν θέσεις με μεγάλες φορτίσεις οργανικού φορτίου. Συχνά προτείνεται και ο αερισμός των θέσεων αυτών καθώς και η προσθήκη  $H_2O_2$  ή νιτρικών σε περιοδική βάση.

Στις δεξαμενές καθίζησης πρέπει να τηρούνται τα απαραίτητα μέτρα καθαριότητας, δηλ. ο τακτικός καθαρισμός-έκπλυση των ξέστρων, των υπερχειλιστών και των τοιχωμάτων των δεξαμενών.

Επίσης, η λάσπη δεν πρέπει να παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα στις χοάνες των πυθμένων των δεξαμενών καθίζησης, γιατί η τιμή του ORP θα μειωθεί αισθητά επιτρέποντας στα βακτηρίδια που παράγουν υδρόθειο να αναπυυχθούν. Αύξηση του ORP των αποβλήτων, όταν αυτά δεν περιέχουν DO, μπορεί να γίνει με χημική προσθήκη  $NaNO_3$  ή  $H_2O_2$ .

### **Επεξεργασία λάσπης**

Για τον περιορισμό των δυσοσμιών στις μονάδες μεταφοράς της λάσπης (αντλίες, μεταφορικές ταινίες ή κοχλιωτοί μεταφορείς) συνιστάται ο τακτικός καθαρισμός τους (συνήθως με θερμό νερό) καθώς και η πρόβλεψη κατάλληλων στραγγιστηρίων για το χρησιμοποιούμενο νερό καθαρισμού. Συνιστάται επίσης τα συστήματα αυτό, όπου είναι δυνατόν, να είναι κλειστά και οι κλειστοί χώροι να είναι εξοπλισμένοι με διατάξεις εξαερισμού-απόσμησης.

Είναι προτιμότερο η μεταφορά της λάσπης να γίνεται με αντλίες, αντί με μεταφορικά συστήματα π.χ. με ελικοειδείς μεταφορείς, γιατί έτσι μειώνονται οι εκλυόμενες οσμές και διατηρούνται σε καθαρή κατάσταση τα διάφορα κτίρια.

Τα υγρά φρεάτια των αντλιοστασίων μπορεί να αποτελέσουν πιθανές πηγές δυσοσμίας, όταν ο χρόνος παραμονής των λυμάτων σε αυτά είναι μεγάλος. Όταν δεν είναι δυνατόν να αποφευχθεί κάτι τέτοιο τότε συνιστάται η τοποθέτηση αεροστεγών καλυμμάτων.

Στις δεξαμενές αποθήκευσης λάσπης δεν πρέπει να παραμένει η λάσπη περισσότερο από 12 ώρες. Όταν όμως ο χρόνος παραμονής είναι περίπου 24 ώρες και αναμένεται να παρουσιαστούν προβλήματα οσμών, τότε συνιστάται ο αερισμός της λάσπης, αλλά όχι σε μεγάλο βαθμό ώστε να γίνεται δύσκολη η αφυδάτωση της.

Στις μονάδες πάχυνσης και αφυδάτωσης της λάσπης αναμένονται προβλήματα δυσοσμιών, όταν η λάσπη δεν είναι πλήρως σταθεροποιημένη. Στην περίπτωση

μηχανικής αφυδάτωσης π.χ. με ταινιοφιλτρόπρεσσες, αυτή πρέπει να γίνεται μέσα σε κτίριο επιστρωμένο και βαμμένο με κατάλληλα υλικά που δεν απορροφούν τις οσμές και καθαρίζονται εύκολα.

Στις κλίνες ξήρανσης λάσπης τα προβλήματα δυσσομιών αντιμετωπίζονται με την προσθήκη υποχλωριώδους ασβεστίου.

Η χρησιμοποίηση χημικών στις μονάδες επεξεργασίας λάσπης για τη βελτίωση της απόδοσης τους μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη των αναερόβιων βακτηριδίων που ενισχύουν σε ορισμένες περιπτώσεις την παραγωγή οσμών (π.χ. πολυηλεκτρολύτες, άλατα σιδήρου ή αργιλίου), αλλά μπορεί και να την εμποδίσουν (π.χ. ασβέστης).

Οι υπερχειλίσσεις από τις διάφορες μονάδες λάσπης έχουν συνήθως σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις δύσοσμων αερίων που εκλύονται στην ατμόσφαιρα, όταν η ροή γίνεται με ανοιχτούς αγωγούς και σε συνθήκες ροής με έντονη τύρβη. Επιπλέον, μπορεί να επιβαρύνουν τις μονάδες επεξεργασίας στις οποίες επιστρέφουν. Για τους παραπάνω λόγους συνιστάται ο περιορισμός του χρόνου παραμονής τους στις διάφορες μονάδες και η επιστροφή τους σε κατάλληλες θέσεις και με κατάλληλο τρόπο.

## **Γεννήτριες**

Οι γεννήτριες τοποθετούνται πάντα σε κτίριο για να αποφεύγονται οι οχλήσεις από θορύβους.

Τέλος, τονίζεται ότι δύο βασικές προϋποθέσεις για την αποφυγή περιβαλλοντικών οχλήσεων σε μια σωστά σχεδιασμένη και κατασκευασμένη ΜΕΥΑ είναι η σωστή λειτουργία της και η διατήρησή της σε καθαρή κατάσταση.

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (CASE STUDIES)

### Καλαμάτα – Καλαμπάκα – Κόρινθος- Λουτράκι

Η εμπειρία και από τις τρεις εγκαταστάσεις έχει δείξει την δυσκολία ρύθμισης της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές Carrousel, ώστε να επιτυγχάνονται οι απαραίτητες συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3\text{-N}$  στην ανακυκλοφορία ιλύος και κατ' επέκταση η λειτουργία των φρεατίων επιλογής υπό πραγματικά ανοξικές συνθήκες. Συνήθως οι συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3\text{-N}$  είναι αρκετά χαμηλές (επιτυγχάνεται πλήρης απονιτροποίηση) και οι συνθήκες που επικρατούν στα φρεάτια επιλογής αναερόβιες. Ικανοποιητικές συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3\text{-N}$  επιτυγχάνονται μόνο σε περιπτώσεις χαμηλής φόρτισης (ΜΕΥΑ Καλαμπάκας, ΜΕΥΑ Κορίνθου-Λουτρακίου – χειμερινή περίοδος).

Προσπάθειες αύξησης της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές Carrousel, ώστε να μειωθούν οι όγκοι των σχηματιζόμενων ανοξικών ζωνών κι ακολούθως η έκταση της απονιτροποίησης, δεν είναι πάντα επιτυχείς, με αποτέλεσμα στις περισσότερες περιπτώσεις να παρατηρείται σημαντική μείωση του όγκου απονιτροποίησης και ανεξέλεγκτη απονιτροποίηση στην δεξαμενή τελικής καθίζησης.

Δυσκολίες παρατηρούνται και με τα όργανα ελέγχου και ρύθμισης του αερισμού που περιλαμβάνουν αισθητήρια διαλυμένου οξυγόνου, βυθισμένα σε κατάλληλα σημεία των Carrousel. Τα όργανα αυτά απαιτούν σχολαστικό καθαρισμό και συντήρηση. Στις συνθήκες ροής εντός των Carrousel, είναι ιδιαίτερα συνηθισμένο τα στερεά που δεν συγκρατούνται στις εσχάρες, να συγκρατούνται στους άξονες στήριξης των αισθητηρίων και να συσσωρεύονται εκεί, με αποτέλεσμα την παρεμβολή στην μέτρηση (μετρούνται χαμηλότερες των πραγματικών συγκεντρώσεις). Το σύστημα αυτοματισμού του

αερισμού ενεργεί κατάλληλα ώστε να αυξηθεί η παροχή οξυγόνου, με αποτέλεσμα την μείωση των ανοξικών ζωνών και τελικά την απονιτροποίηση στην δεξαμενή τελικής καθίζησης.

Προβλήματα βιολογικού αφρισμού παρατηρήθηκαν συστηματικά στις ΜΕΥΑ Κορίνθου και Καλαμάτας. Αντίθετα η ΜΕΥΑ Λουτρακίου στα δύο χρόνια λειτουργίας της και η ΜΕΥΑ Καλαμπάκας στον ένα χρόνο δεν παρουσίασαν προβλήματα. Ο βιολογικός αφρισμός ήταν εντονότερος τους χειμερινούς μήνες οπότε και κυριαρχεί το είδος *Microthrix parvicella*, αλλά διατηρήθηκε αρκετά έντονος και το καλοκαίρι οπότε κυριαρχεί το είδος *Nocardia*.

Μετρήσεις στην ΕΕΛ Καλαμάτας έδειξαν ότι συγκεντρώσεις *Nocardia* της τάξης των  $10^5$  διατμήσεων νημάτων ανά g MLVSS ήταν ικανές για την δημιουργία προβλήματος βιολογικού αφρισμού. Αντίστοιχα για τον *Microthrix parvicella* συγκεντρώσεις της τάξης των  $8 \times 10^6$  διατμήσεων νημάτων του μικροοργανισμού ανά g MLVSS προκάλεσαν σημαντικά προβλήματα αφρισμού ενώ συγκεντρώσεις χαμηλότερες των  $2 \times 10^6$  διατμήσεων νημάτων ανά g MLVSS, δεν δημιούργησαν κανένα πρόβλημα στην ΜΕΥΑ Λουτρακίου. (Μαρτιμιανάκη και άλλοι, 2003).

Ο κ. Βασιλόπουλος Θεόδωρος, υπεύθυνος της ΜΕΥΑ περιοχής Καλαμπάκας και Μετεώρων, αναφέρει ότι δεν αντιμετωπίζει προβλήματα διόγκωσης και αφρισμού παρά μόνο προβλήματα ανερχόμενης ιλύος λόγω απονιτροποίησης. Τα διορθωτικά μέτρα που λήφθηκαν περιελάμβαναν αύξηση της ηλικίας της λάσπης και αύξηση του διαλυμένου οξυγόνου χωρίς όμως ικανοποιητικά αποτελέσματα. Πιθανή αιτία εκδήλωσης του φαινομένου είναι τα αυξημένα ποσοστά πτητικών (70-75%) και η είσοδος όμβριων στο δίκτυο αποχέτευσης με αποτέλεσμα κυρίως το χειμώνα αποκλίσεις στα φορτία της εισόδου.

Για την ΜΕΥΑ Κορίνθου – Λουτρακίου, το ερωτηματολόγιο το συμπλήρωσε ο κύριος Χρυσικόπουλος Κώστας, υπεύθυνος λειτουργίας από τον κατασκευαστή του έργου. Κατά τους χειμερινούς μήνες αντιμετωπίζουν προβλήματα ύπαρξης αφρών με πιθανή αιτία την μειωμένη απόδοση της απομάκρυνσης λιπών στη μονάδα προεπεξεργασίας. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος διενεργούν βιολογικά σοκ στο φρεάτιο εξόδου της προεπεξεργασίας και μεταβάλουν το χρονοπρόγραμμα της μονάδας

προεπεξεργασίας ώστε να γίνεται πιο συχνή απομάκρυνση των λιπών. Οι παραπάνω μέθοδοι αντιμετώπισης μερικές φορές στάθηκαν αποτελεσματικές.

Άλλα λειτουργικά προβλήματα που αντιμετώπισαν είναι:

(α) Δημιουργία κατάλληλων συνθηκών για την πραγματοποίηση της απονιτροποίησης σε προβλεπόμενες ανοξικές ζώνες (D.O. < 0,5 mg/l) εντός των δεξαμενών αερισμού – νιτροποίησης.

(β) Rising sludge (λόγω απονιτροποίησης) στις δεξαμενές καθίζησης λόγω βλάβης λειτουργίας του περιστροφικού ξέστρου για περισσότερο από 6 ώρες.

(γ) Υπέρβαση της ωριαίας παροχής αιχμής της μονάδας λόγω υπερδιαστασιολόγησης των αντλιών του κεντρικού αντλιοστασίου λυμάτων με αποτέλεσμα δημιουργία βραχυκυκλωμάτων ροής στις δεξαμενές καθίζησης.

Τα διορθωτικά μέτρα που έλαβαν αντίστοιχα, περιελάμβαναν:

(α) Συνεχή παρακολούθηση των μετρητών διαλυμένου οξυγόνου και κατάλληλη ρύθμιση λειτουργίας των επιφανειακών αεριστήρων

(β) Επιδιόρθωση βλάβης και αύξηση της παροχής ανακυκλοφορίας

(γ) Τοποθέτηση inverters (από το Δήμο Λουτρακίου) στις αντλίες

τα παραπάνω αφορούν στο έτος 1999 όταν η εγκατάσταση λειτουργούσε στο 15-20% της δυναμικότητάς της λόγω μερικής κατασκευής του δικτύου αποχέτευσης.

### *Αλεξανδρούπολη – Κομοτηνή – Ξάνθη*

Η ΜΕΥΑ της Αλεξανδρούπολης περιλαμβάνει ένα συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος, εμβολοειδούς ροής με πρωτοβάθμια καθίζηση. Ο κ. Κακαλής Χρήστος, Χημικός Μηχανικός, της ΔΕΥΑΑ, αναφέρει ότι προβλήματα διόγκωσης ιλύος με τιμές SVI μεγαλύτερες από 150 ml/g TSS είναι σχεδόν μόνιμα, εναλλασσόμενης έντασης καθώς επίσης και ότι σχεδόν μόνιμα αντιμετωπίζουν και προβλήματα ύπαρξης αφρών. Υπεύθυνες αιτίες για τα παραπάνω θεωρεί την ανεξέλεγκτη είσοδο λυμάτων και τα προβλήματα στην οξυγόνωση των λυμάτων στις δεξαμενές αερισμού (σύστημα αερισμού χαμηλής πίεσης) – συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στην δεξαμενή αερισμού της τάξης των 0,2 με 0,5 mg/l.

Οι μέθοδοι ελέγχου που εφαρμόστηκαν ήταν χλωρίωση με 0,5 mg/l, αύξηση της περίσσειας της ιλύος και αύξηση της επανακυκλοφορίας, χωρίς όμως δραστικά



αποτελέσματα. Έχει προταθεί αλλαγή στο σύστημα του αερισμού διότι υπάρχουν σημαντικές απώλειες στο τσιμεντένιο αγωγό που μεταφέρει τον αέρα στις δεξαμενές αερισμού.

Ο κ. Παπαδόπουλος Ιωάννης, Χημικός Μηχανικός, υπεύθυνος λειτουργίας της ΜΕΥΑ Κομοτηνής αναφέρει ότι το σύστημα παρατεταμένου αερισμού τύπου Carrousel, με νιτροποίηση – απονιτροποίηση και βιολογική και χημική απομάκρυνση φωσφόρου αντιμετωπίζει προβλήματα αφρών όταν η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών του ανάμικτου υγρού, MLSS υπερβαίνει τα 6000 mg/l (τυπική τιμή 4000-4500 mg/l) ή/και όταν αντιμετωπίζουν τυχόν προβλήματα λειτουργίας με τη χημική αποφωσφόρωση. Για τον περιορισμό του φαινομένου έχουν προβεί σε αύξηση της παροχής της περίσσειας και της επανακυκλοφορίας της ιλύος καθώς επίσης και ψεκασμό με νερό, με λίαν καλά αποτελέσματα.

Ο χημικός της ΔΕΥΑ Ξάνθης κ. Μελίδης σε τηλεφωνική επικοινωνία ανέφερε ότι στην μονάδα τους παρουσιάζονται προβλήματα διόγκωσης της λάσπης λόγω μεικτού αποχετευτικού δικτύου και καμία ενέργεια δεν έχει γίνει για την επίλυση του προβλήματος.

### *Σέρρες*

Η ΜΕΥΑ Σερρών – Σκουτάρεως, σύστημα οξειδωτικής τάφρου με νιτροποίηση και απονιτροποίηση, αναφέρει η κα. Ιακώβου Αλίκη παρουσίασε πρόβλημα αφρών (Απρίλιος έως Σεπτέμβριος 2003) μετά την ημερήσια υποδοχή 40 m<sup>3</sup> βοθρολυμάτων επί ένα μήνα (παροχή αστικών λυμάτων 12.000 m<sup>3</sup>/d). Έγιναν αλλαγές στον αερισμό (αύξηση) με αμφίβολα αποτελέσματα και στην παροχή (αύξηση) της περίσσειας της ιλύος καθώς επίσης και χειροκίνητη απομάκρυνση λασπών μέσω των αντλιοστασίων αφρολασπών από τις δεξαμενές οξειδωσης και καθίζησης. Τα δύο τελευταία μέτρα ήταν μάλλον αποτελεσματικά.

### *Καρδίτσα*

Ο κ. Παπαθανασίου Κώστας, υπεύθυνος λειτουργίας της ΜΕΥΑ Καρδίτσας, αναφέρει ότι πρόκειται για σύστημα παρατεταμένου αερισμού – BioDenitro, πλήρους μίξης, με συνεπεξεργασία βοθρολυμάτων (4-12,5% της συνολικής παροχής εισόδου και 8% του φορτίου BOD), χωρίς πρωτοβάθμια καθίζηση. Η μονάδα δεν αντιμετωπίζει προβλήματα

διόγκωσης ιλύος και αφρών και το μόνο λειτουργικό πρόβλημα έγκειται στην υπέρβαση του υδραυλικού φορτίου σχεδιασμού λόγω εισροών στο δίκτυο αποχέτευσης. Για την επίλυσή του έγινε τροποποίηση του προγράμματος εναλλασσόμενης φόρτισης των δεξαμενών αερισμού και κινήθηκε διαδικασία για έργα επέκτασης της εγκατάστασης, τα οποία αναμένονται να ολοκληρωθούν το 2005.

### *Μυτιλήνη*

Για τη ΜΕΥΑ της Μυτιλήνης τα στοιχεία αναφέρονται για το χρονικό διάστημα λειτουργίας με ευθύνη του εργολάβου από 11/11/2001 έως 11/11/2003. Ο κ. Dirk Schaelicke υπεύθυνος μηχανικός του έργου αναφέρει ότι το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού δεν έχει παρουσιάσει προβλήματα διόγκωσης παρά μόνο προβλήματα αφρών που δημιουργούν ένα μόνιμο καφέ στρώμα στην επιφάνεια των δεξαμενών αερισμού (για περίοδο 10 ημερών μέσα σε 24 μήνες). Πιθανή αιτία υπεύθυνη για το πρόβλημα θεωρεί την προσωρινή μεγάλη συγκέντρωση στερεών στο σύστημα. Η αύξηση της περισσειας της ιλύος ήταν επαρκής για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

### *Κοζάνη*

Η ΜΕΥΑ Κοζάνης, αναφέρει η κα. Μπάκαβου Ευαγγελία της ΔΕΥΑΚ, αποτελείται από ένα σύστημα παρατεταμένου αερισμού, με δεξαμενή πλήρους μίξης, επιφανειακούς αεριστήρες, νιτροποίηση – απονιτροποίηση και βιολογική και χημική απομάκρυνση φωσφόρου (80%). Το χειμώνα και την άνοιξη παρουσιάζει προβλήματα διόγκωσης της ιλύος ενώ καθ' όλη τη διάρκεια του έτους προβλήματα αφρών. Πιθανές αιτίες για τα προβλήματα αυτά θεωρεί τα λίπη που περνούν από την προεπεξεργασία στην κυρίως εγκατάσταση και ο χαμηλός λόγος F/M. Για την αντιμετώπιση του φαινομένου έχουν αυξήσει την παροχή της περισσειας της ιλύος την παροχή οξυγόνου κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

### *Καστοριά*

Η ΜΕΥΑ της Καστοριάς αποτελείται από σύστημα παρατεταμένου αερισμού, πλήρους μίξης με επιφανειακές ψήκτρες αερισμού οριζόντιου άξονα διακεκομμένης λειτουργίας. Δεν γίνεται απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου. Τα MLSS κυμαίνονται από 3000 μέχρι 6000 mg/l και το F/M είναι μικρότερο από 1 kg COD/kg MLSS/d. Ο κ. Βασιλειάδης Χρήστος, υπεύθυνος λειτουργίας, αναφέρει στο σχετικό ερωτηματολόγιο ότι

αντιμετωπίζουν προβλήματα διόγκωσης κατά τη χειμερινή περίοδο. Επίσης εποχιακά το χειμώνα, μόνο στη δεξαμενή καθίζησης υπάρχουν αφροί. Αιτία την οποία θεωρεί υπεύθυνη για τα παραπάνω προβλήματα είναι η πιθανή ανάπτυξη και επικράτηση νηματοειδών βακτηρίων. Για τον έλεγχο του φαινομένου προβαίνει σε αλλαγές τόσο στον αερισμό όσο και στην περίσσεια της ιλύος.

Τα παραπάνω στοιχεία αναφέρονται στην περσινή περίοδο όταν λειτουργούσε μόνο η παλαιά εγκατάσταση (από το 1990). Φέτος ξεκίνησε η λειτουργία των νέων εγκαταστάσεων με σύστημα αερισμού με διαχυτές, ανοξική ζώνη, πρόσδοση κροκιδωτικού διαλύματος (τρισθενής χλωριούχος θειικός σίδηρος), φίλτρα αιωρούμενων στην έξοδο, μηχανική αφυδάτωση ιλύος κ.λ.π..

### *Ορεστιάδα*

Ο υπεύθυνος λειτουργίας, από τον εργολάβο, της ΜΕΥΑ Ορεστιάδας, περιβαλλοντολόγος Παπαδόπουλος Αλέξανδρος αναφέρει σχετικά με τη μονάδα, της οποίας 1% του ρυπαντικού φορτίου οφείλεται σε βοθρολύματα, αποτελείται από σύστημα παρατεταμένου αερισμού πλήρους μίξης (MLSS - 4500 mg/l), νιτροποίηση και απονιτροποίηση με 98% απομάκρυνση αμμωνίας και 90% αζώτου, βιολογική και χημική ( $\text{FeClSO}_4$ ) απομάκρυνση φωσφόρου, ότι αντιμετωπίζει τόσο προβλήματα διόγκωσης ιλύος όσο και προβλήματα αφρισμού. Συγκεκριμένα δύο φορές το χρόνο, άνοιξη και χειμώνα, οι νηματοειδείς (filamentous) μικροοργανισμοί κάνουν την εμφάνισή τους. Για να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα αυτά αύξησαν τον αερισμό, την περίσσεια και την επανακυκλοφορία της ιλύος. Αν και χρειάστηκαν περίπου δύο μήνες ο αφρός τελικά εξαφανίστηκε και δεν εμφανίστηκε ξανά μέχρι σήμερα. Επίσης ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει η εγκατάσταση, αν και το αποχετευτικό δίκτυο είναι χωριστικό, είναι οι υπερβολικές εισροές βρόχινου νερού λόγω παράνομων συνδέσεων υδρορμών στο δίκτυο.

### **Αγγελχωρίου – Μηχανιώνας “ΑΙΝΕΙΑ” – Τουριστικών περιοχών Θεσσαλονίκης**

Η κα Χριστοδούλου Κατερίνα συμπλήρωσε το ερωτηματολόγιο όπου αναφέρει ότι το 40-50% της συνολικής παροχής εισόδου και το 60% του φορτίου BOD οφείλεται σε βοθρολύματα. Μετά την προεπεξεργασία τα λύματα οδηγούνται σε πρωτοβάθμια καθίζηση (στην παρούσα φάση χρησιμοποιείται ως δεξαμενή εξισορρόπησης των λυμάτων και των βοθρολυμάτων) και στην συνέχεια σε ένα σύστημα παρατεταμένου αερισμού πλήρους μίξης. Το σύστημα περιλαμβάνει νιτροποίηση – απονιτροποίηση

(96% απομάκρυνση αμμωνίας και 90% αζώτου) και βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου (81%). Τους μήνες Ιανουάριο έως Απρίλιο συνήθως εμφανίζεται πρόβλημα ύπαρξης αφρών που δημιουργούν ένα μόνιμο καφέ στρώμα στις δεξαμενές αερισμού και καθίζησης. Πιθανές αιτίες υπεύθυνες είναι:

(α) Πολλά λίπη από τα βοθρολύματα

(β) Βροχολύματα. Ανομοιογενής ποιότητα και ποσότητα λυμάτων

(γ) Δυσκολίες διαχείρισης της λάσπης στο σύστημα (κυρίως τη χειμερινή περίοδο) που συνεπάγεται και δυσκολία ελέγχου της ηλικίας της λάσπης.

Για την αντιμετώπιση του φαινομένου έχουν γίνει αλλαγές στον αερισμό, στην περίσσεια και την ανακυκλοφορία της ιλύος, τα οποία συχνά αποφέρουν αποτελέσματα με την πάροδο του χρόνου.

### Θεσσαλονίκη

Στην ΜΕΥΑ Θεσσαλονίκης το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από τον κ. Κωτούλα Κώστα, χημικό μηχανικό – υγειονολόγο της ΕΥΑΘ. Μια σύντομη περιγραφή της μονάδας είναι: πρωτοβάθμια καθίζηση, παρατεταμένος αερισμός εμβολοειδούς ροής, αερισμός με διάχυση, νιτροποίηση και απονιτροποίηση με ποσοστό απομάκρυνσης αζώτου 94%, απομάκρυνση φωσφορικών 80% (αν και το σύστημα δεν διαθέτει δεξαμενή για βιολογική απομάκρυνση), αναερόβιους χωνευτές για τη λάσπη. Προβλήματα διόγκωσης δεν αντιμετωπίζουν, τουλάχιστον σε σοβαρό βαθμό, αλλά από τον Οκτώβριο μέχρι τις αρχές του καλοκαιριού οι μικροοργανισμοί *Nocardia* και *Microthrix* δημιουργούν σοβαρά προβλήματα αφρισμού. Αιτία για την εμφάνιση του προβλήματος αποτελεί το παντοροϊκό σύστημα αποχέτευσης που επιπρόσθετα δέχεται και παράνομες εισροές με αποτέλεσμα μια μεγάλη διακύμανση στην ποιότητα των εισερχομένων λυμάτων. Για την αντιμετώπιση του φαινομένου γίνεται διαβροχή και απομάκρυνση με αντλίες τοποθετημένες επάνω στο ξέστρο της δεξαμενής καθίζησης. Οι αφροί δεν υπόκεινται σε καμία επεξεργασία και διαθέτονται μαζί με την αφυδατωμένη λάσπη στο χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων στους Ταγαράδες Θεσσαλονίκης. Ο παραπάνω τρόπος δεν είναι πάντοτε αποτελεσματικός ειδικά κατά τις χειμερινές μέρες που ο αφρός μπορεί να παγώσει και να μην αναρροφείται από τις αντλίες.

Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τις τελευταίες εβδομάδες είναι η αύξηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων στο ανάμεικτο υγρό (5500 – 6500 mg/l) καθώς και η συσσώρευση λάσπης στην καθίζηση λόγω του παλαιού εξοπλισμού στις ταινιοφιλτρόπρεσες, οι οποίες παρουσιάζουν αβαρίες με αποτέλεσμα να περιορίζεται

η δυναμικότητα της γραμμής επεξεργασίας της λάσπης και να συσσωρεύεται λάσπη στα προηγούμενα στάδια.

### Τυροκομείο “ΚΟΛΙΟΣ”

Το τυροκομείο του Κολιού στο Πολύκαστρο του Κιλκίς αποτελείται, εν σειρά, από μια δεξαμενή εξισορρόπησης της ροής, δεξαμενή αερισμού και καθίζηση, δευτεροβάθμια δεξαμενή αερισμού και δεξαμενή καθίζησης. Η περίσσεια της λάσπης οδηγείται σε μια δεξαμενή εξισορρόπησης – καθίζησης. Ως καθίζηση λειτουργεί μία φορά την εβδομάδα όταν οδηγούν τη λάσπη στις ταινιοφιλτρόπρεςσες. Τις υπόλοιπες μέρες λειτουργεί ως εξισορρόπηση με αερισμό για συνεχή ανάδευση και αποφυγή δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών. Τα στοιχεία αυτά μας δόθηκαν από τον κ. Χριστόπουλο Γιώργο, υπεύθυνος ηλεκτρολόγος της μονάδας. Το εισερχόμενο COD κυμαίνεται από 6.500 έως 10.000 mg/l.

Σε γενικές γραμμές δεν αντιμετωπίζουν ιδιαίτερα προβλήματα παρά μόνο ότι αφορά αμέλεια του προσωπικού. Παράδειγμα αποτελεί η διακοπή του αερισμού στη δεύτερη από τις δεξαμενές αερισμού για ένα σαββατοκύριακο λόγω κάποιου ηλεκτρολογικού προβλήματος. Αποτέλεσμα οι συσσωματούμενοι μικροοργανισμοί στη δεξαμενή αερισμού να θανατωθούν και να επικρατούν οι νηματοειδής. Η πρώτη δεξαμενή αερισμού είχε διατηρήσει κάποια βιομάζα, χρειάστηκε όμως να μεταφέρουν περίπου πέντε βυτία ενεργού ιλύος από την μονάδα επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων του Πολυκάστρου.

Περιστασιακά, προβλήματα διόγκωσης εμφανίζονται επίσης λόγω υπερφόρτισης της μονάδας εξαιτίας της λανθασμένης εκροής τυρογάλατος στα υγρά απόβλητα με αποτέλεσμα το COD να ανέρχεται σε μερικές δεκάδες χιλιάδες (το τυρόγαλα σε κανονικές συνθήκες επεξεργάζεται για ανάκτηση πρωτεϊνών και λακτόζης, ενώ στη ΜΕΥΑ οδηγούνται μόνο τα νερά από τα πλυσίματα).

Περιληπτικός πίνακας προβλημάτων ενεργού ιλύος, αιτιών και διορθωτικών μέτρων σε ελληνικές ΜΕΥΑ

	Διόγκωση ιλύος/Αφροί	Άλλα	Αιτίες	Διορθωτικά μέτρα
<b>Καλαμπάκα</b>	Όχι / Όχι	Απονιτροποίηση και όμβρια ύδατα στο δίκτυο αποχέτευσης (αποκλίσεις στο φορτίο εισόδου)	Πτητικά 70-75%	Αύξηση ηλικίας ιλύος και DO
<b>Κόρινθος - Λουτράκι</b>	Όχι / Ναι (χειμώνα)	- Απονιτροποίηση στη δεξαμενή αερισμού - Ανερχόμενη ιλύς στην καθίζηση - Υπέρβαση της παροχής αιχμής	Μειωμένη απόδοση της απομάκρυνσης λιπών στην προεπεξεργασία	- Βιολογικά σοκ φρεάτιο εξόδου της προεπεξεργασίας - Πιο συχνή απομάκρυνση των λιπών - Συνεχής παρακολούθηση των μετρητών DO
<b>Αλεξανδρούπολη</b>	Ναι / Ναι (μόνιμα)		- Ανεξέλεγκτη είσοδο λυμάτων - Προβλήματα οξυγόνωσης	- Χλωρίωση (0,5 mg/l) - Αύξηση περισσειας - αύξηση επανακυκλοφορίας
<b>Κομοτηνή</b>	Όχι / Ναι (όταν MLSS > 6000 mg/l)		- υψηλή τιμή MLSS - προβλήματα λειτουργίας χημικής αποφωσφόρυνσης	- Αύξηση περισσειας - Αύξηση επανακυκλοφορίας
<b>Ξάνθη Σέρρες</b>	Ναι / Όχι Όχι / Ναι		- Μεικτό δίκτυο - Είσοδο βοθρολυμάτων	- Ψεκάσμος με νερό - τίποτα - χειροκίνητη απομάκρυνση από καθίζηση και αερισμό - Αύξηση του αερισμού - Αύξηση περισσειας
<b>Καρδίτσα</b>	Όχι / Όχι	- Υπέρβαση υδραυλικού φορτίου σχεδιασμού		- Εναλλασσόμενη φόρτιση των δεξαμενών αερισμού - Επέκταση της εγκατάστασης (2005) - Αύξηση περισσειας
<b>Μυτιλήνη</b>	Όχι / Ναι	- Οσμές εισόδου	- Προσωρινή μεγάλη συγκέντρωση στερεών	
<b>Κοζάνη</b>	Ναι / Ναι	- Υψηλό φορτίο ιλύος και διαφυγή λάσπης (χειμώνα)	- Λίπη από προεπεξεργασία - Χαμηλό F/M	- Αύξηση περισσειας
<b>ΑΙΝΕΙΑ</b>	Όχι / Ναι (χειμώνα)		- Λίπη από βοθρολύματα - Βροχολύματα	- Αύξηση αερισμού - Αύξηση περισσειας

<b>Ορεστιάδα</b>	Ναι / Ναι	- Υπερβολικές εισροές όμβριων	- Δυσκολία διαχείρισης λάσπης οπότε και δυσκολία στον έλεγχο της ηλικίας ιλύος - Νηματοειδείς	- Αύξηση επανακυκλοφορίας - Αύξηση αερισμού - Αύξηση περίσσειας - Αύξηση επανακυκλοφορίας
<b>Θεσσαλονίκη</b>	Όχι / Ναι	- Περιοδική αύξηση των MLSS λόγω λειτουργικών προβλημάτων στις ταινιοφιλτρώπρεςσες	- Παντοροϊκό σύστημα - Παράνομες εισροές	- Διαβροχή και απομάκρυνση με το επιφανειακό ξέστρο
<b>Καστοριά</b>	Ναι / Ναι		- Πιθανή ανάπτυξη και επικράτηση νηματοειδών	- Μεταβολές στον αερισμό - Μεταβολές στην περίσσεια

**Συνοπτικός πίνακας με τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων**

	Καλαμπάκα	Κόρινθος-Λουτράκι	Αλεξανδρούπολη	Κομοτηνή	Σέρρες	Καρδίτσα
Ημερησια παροχή αστικών (m3/d)	1200	2500-4000	8500	8000	9500-13500	19000
παροχή βιομηχανικών (m3/d)				500		110
Επεξεργασία βοθρολυμάτων	ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ
% συνολικής παροχής	2		4	100		4-12,5
% φορτίου BOD	5		11	100		8
πρωτοβάθμια καθίζηση	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ
τύπος ενεργού ιλύος	παρ.αερισμός	παρ.αερισμός	συμβατικό	παρ.αερισμός	οξειδωτική τάφρος	παρ.αερ.-Biodenitro
τύπος δεξαμενής	πλήρους μίξης	εμβολ. ροής 4 διαμερισμάτων	εμβολ. ροής 2 διαμερισμάτων	εμβολ. ροής τύπου Carrousel	εμβολ. Ροής	πλήρους μίξης (τύπου ιπποδρομίου)
υδραυλικός χρόνος παραμονής (h)	19	18-22	6,5	21,5	20-24	7
μη αεριζόμενος χρόνος (h)		2-Απρ	0	5		2,7
αεριζόμενος χρόνος (h)		18-20	6,5	16,5		4,3
τύπος αεριστήρων	επιφανειακοί	επιφανειακοί	χαμηλής πίεσης	επιφανειακοί		βούρτσες επιφανειακές
συνεχούς λειτουργίας	ΝΑΙ	ΌΧΙ	μεταβαλλόμενης απόδοσης	ΌΧΙ		ΌΧΙ
νιτροποίηση και απονιτροποίηση	ΝΑΙ	ΝΑΙ		ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ποσοστό απομάκρυνσης αμμωνίας	96%	99%		99,50%		
ποσοστό απομάκρυνσης αζώτου	75%	87%		95%		
απομάκρυνση φωσφόρου	ΝΑΙ			ΝΑΙ		
χημική	FeClSO <sub>4</sub>			Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		
βιολογική	ΝΑΙ			ΝΑΙ		
ποσοστό απομάκρυνσης φωσφόρου	97%			96%		
ολικό COD (mg/l) χειμώνα	480-700	900	380	600	250	280
ολικό COD (mg/l) καλοκαίρι	680-750	650	420	600		310
ολικό BOD (mg/l) χειμώνα	180-280	400	140	280	180	105
ολικό BOD (mg/l) καλοκαίρι	260-280	300	150	280		120
ολικό Kjeldahl Άζωτο (mg/l) χειμώνα		65	58	60		18
ολικό Kjeldahl Άζωτο (mg/l) καλοκαίρι		50	63	60		20
αμμωνία (mg/l) χειμώνα	70	30	54	40	45	15
αμμωνία (mg/l) καλοκαίρι	60	25	59	40		17
ολικός φώσφορος (mg/l) χειμώνα	10,5		11	16		3,8
ολικός φώσφορος (mg/l) καλοκαίρι	12		12	16		4,5
MLSS (mg/l)	4000-5000	4500	3500	4000-4500	3500	4000
MLVSS (mg/l)	3200-3700	3200			2200	2400
DO στην αρχή της δεξ. Αερ. (mg/l)	1,5-2	5	0,04	2	2,5	4
DO στο τέλος της δεξ. Αερ. (mg/l)	1,5-2	0,5	1,8	1	1	2
pH	7,5	8	7,8	7,7	7	7,5
F/M (kg COD/kg MLSS d)	0,04	0,65	0,3	0,08	0,04-0,05	0,095
ηλικία ενεργού ιλύος (d)	25-35	> 22	12	20	18-23	16
θερμοκρασία το χειμώνα (οC)	10,5	15	14	11	12	15
θερμοκρασία το καλοκαίρι (οC)	24	25	23	21	23	18
SVI το χειμώνα (ml/g TSS)	150	120	320	60	95	90
SVI το καλοκαίρι (ml/g TSS)	125	100	320	60	110	100



	Μυτιλήνη	Κοζάνη	ΑΙΝΕΙΑ	Ορεσιτιάδα	Θεσσαλονίκη	Καστοριά
Ημερησια παροχή αστικών (m <sup>3</sup> /d)	4000	9000-10500	2500-3000	2800	160000	4500-5000
παροχή βιομηχανικών (m <sup>3</sup> /d)						100
Επεξεργασία βοθρολυμάτων	ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
% συνολικής παροχής	2-3%		40-50	1	0,6	1
% φορτίου BOD			60	3,2		
πρωτοβάθμια καθίζηση	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ
τύπος ενεργού ιλύος	παρ. αερ.	παρ. αερ.	παρ. αερ.	παρ.αερ.	παρ. αερ.	παρ. αερ.
τύπος δεξαμενής		πλήρους μίξης	πλήρους μίξης	πλήρους μίξης	εμβολ. Ροής	πλήρους μίξης
υδραυλικός χρόνος παραμονής (h)	1,9	25	25	33	24-26	18-36
μη αεριζόμενος χρόνος (h)	1,2	8	10	5	Οκτ-16	
αεριζόμενος χρόνος (h)	0,7	17	15	28		
τύπος αεριστήρων	διαχυτές	επιφανειακοί	επιφανειακοί	επιφανειακοί	διαχυτές	ψήκτρες αερισμού
συνεχούς λειτουργίας	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ
νιτροποίηση και απονιτροποίηση	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	
ποσοστό απομάκρυνσης αμμωνίας	95%		96%	98%		
ποσοστό απομάκρυνσης αζώτου			90%	90%	94%	
απομάκρυνση φωσφόρου		ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ		
χημική		FeSO <sub>4</sub>		FeClSO <sub>4</sub>		
βιολογική	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ		
ποσοστό απομάκρυνσης φωσφόρου	66-80%	80%	81%	94%	80-90%	
ολικό COD (mg/l) χειμώνα	200-250	590	750		46	300
ολικό COD (mg/l) καλοκαίρι		600	600			400
ολικό BOD (mg/l) χειμώνα	120-160	170	390		11,4	150
ολικό BOD (mg/l) καλοκαίρι		200	330			200
ολικό Kjeldahl Άζωτο (mg/l) χειμώνα		45	90		6,5	
ολικό Kjeldahl Άζωτο (mg/l) καλοκαίρι		60	90			
αμμωνία (mg/l) χειμώνα	25-40	30	50			15
αμμωνία (mg/l) καλοκαίρι		35	50			20
ολικός φώσφορος (mg/l) χειμώνα	15-25	8,5	25			7
ολικός φώσφορος (mg/l) καλοκαίρι		8,5	18			10
MLSS (mg/l)	3000-4500	5000	6000-7000	4500	4000-4500	3000-6000
MLVSS (mg/l)	2000-2500	3000	4000-4500	3500		
DO στην αρχή της δεξ. Αερ. (mg/l)	0,9-1,2	0,5-1,5	0,2		2-2,5	
DO στο τέλος της δεξ. Αερ. (mg/l)	1-1,5	0,5-1,5		0,5		1,5
pH	7-7,2	7,8-8	7,3	6,8-7,2	7,5	7,3
F/M (kg COD/kg MLSS d)	,11-,13	0,07	0,02		0,07	<1
ηλικία ενεργού ιλύος (d)	50-60	17	20-26	22	17	20
θερμοκρασία το χειμώνα (οC)	15	10	Δεκ-15	19		10
θερμοκρασία το καλοκαίρι (°C)	26	21	25-27	24		20
SVI το χειμώνα (ml/g TSS)	50-70	170	90-110		140	200
SVI το καλοκαίρι (ml/g TSS)	50-100	90	80-90			<150

## Συμπεράσματα

Η ευρωπαϊκή περιβαλλοντική νομοθεσία, η σχετική με τη διάθεση των αστικών αποβλήτων, είχε ως συνέπεια την κατασκευή και λειτουργία ενός σημαντικού αριθμού Μονάδων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα. Το σύνολο, περίπου, αυτών των ΜΕΥΑ ακολουθεί τη μέθοδο της ενεργού ιλύος λόγω της δυνατότητας επίτευξης υψηλών βαθμών απόδοσης και της μεγάλης της αξιοπιστίας. Στο 80% των περιπτώσεων εφαρμόζεται το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού, κατά κανόνα χωρίς την παρουσία δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης (70%), με αερόβια σταθεροποίηση της ιλύος μέσα στο βιολογικό αντιδραστήρα. Η εφαρμογή αναερόβιας σταθεροποίησης της ιλύος περιορίζεται στο 20% των ΜΕΥΑ και σε μονάδες μεγάλης κλίμακας και κατά κανόνα με υιοθέτηση πρωτοβάθμιας καθίζησης (Ανδρεαδάκης και άλλοι, 1999).

Από σχετικές αναφορές (Ανδρεαδάκης και άλλοι, 1999, Μαρτιμιανάκη και άλλοι, 2003) και τα ερωτηματολόγια που στάλθηκαν σε διάφορες μονάδες, γίνεται σαφές ότι τα σημαντικότερα λειτουργικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι υφιστάμενες στην Ελλάδα ΜΕΥΑ, οι οποίες χαρακτηρίζονται, όπως προαναφέρθηκε, από χαμηλές οργανικές φορτίσεις και επιτελούν βιολογική απομάκρυνση άνθρακα και αζώτου, σχετίζονται με τα φαινόμενα της κακής καθιζησιμότητας της ενεργού ιλύος - διόγκωση (bulking) και του αφρισμού (foaming) και μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντική μείωση της δυναμικότητας και της απόδοσης της εγκατάστασης. Η εμφάνιση των προβλημάτων αυτών αποδίδεται κυρίως στην υπερβολική ανάπτυξη των νηματοειδών βακτηριδίων (filamentous microorganisms) σε βάρος των επιθυμητών συσσωματούμενων μικροοργανισμών (floc forming microorganisms).

Ο Ανδρεαδάκης και άλλοι το 1999 δημοσίευσαν μια μελέτη σχετικά με το πρόβλημα της διογκωμένης ιλύος στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα, όπου έγιναν δειγματοληψίες σε 18 μονάδες (Αγ. Νικόλαος, Αλεξανδρούπολη, Άρτα, Βέροια, Χαλκίδα, Χανιά, Ιωάννινα, Καλαμάτα, Καρδίτσα, Καβάλα, Μεταμόρφωσης, Κως, Λαμία, Λάρισα, Λιβαδειά, Ρέθυμνο, Σπάρτη και Σίνδος Θεσσαλονίκης) κατά το χρονικό διάστημα 1994-1998 με τα ακόλουθα κύρια συμπεράσματα.

Ο *Microthrix parvicella* είναι ο πιο συνήθης νηματοειδής μικροοργανισμός με συχνότητα εμφάνισης ως επικρατέστερος νηματοειδής στην ενεργό ιλύ ίση με 41%. Άλλοι συχνά εμφανιζόμενοι νηματοειδής μικροοργανισμοί είναι ο *Type 0092* (21% των δειγμάτων), *Type 0041* (9% των δειγμάτων), *Actinomyces (Nocardia spp.)*, 10% των δειγμάτων) και

*Nostocoida limicola* (7% των δειγμάτων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι εκτός των προαναφερθέντων νηματοειδών μικροοργανισμών καταγράφηκαν και άλλοι νηματοειδής άλλοι συστηματικά και άλλοι περιστασιακά (12% των δειγμάτων), χωρίς όμως να παρουσιάζονται ως επικρατούντες της βιομάζας σε κάποια εγκατάσταση ώστε να δημιουργούν προβλήματα κακής καθαρισιμότητας. Τέτοιοι νηματοειδής είναι οι *Type 0675*, *Type 021N*, *Type 0581*, *Type 1701*, *Haliscomenobacter hydrssis*, *Type 1863*, *Sphaerotilus natans*, *Type 1851*, *Thiothrix*, *Type 0914* και *Streptococcus*.

Παρατηρείται μια έντονη εποχιακή μεταβολή της μικροβιακής σύστασης της ενεργού ιλύος. Είναι χαρακτηριστικό ότι ενώ ο *M.parvicella* είναι ο συχνότερα εμφανιζόμενος νηματοειδής κατά τη χειμερινή περίοδο (Νοέμβριος-Ιούνιος) με ποσοστά της τάξης του 47% επί των δειγμάτων, δεν συμβαίνει το ίδιο κατά τη θερινή περίοδο (Ιούλιος-Οκτώβριος) στην οποία το ποσοστό του μειώνεται στο 24% με παράλληλη αναπλήρωσή του κυρίως από τον *Type 0092* ο οποίος παρουσιάζεται πλέον ως ο επικρατέστερος νηματοειδής (με ποσοστά εμφάνισης 33% το καλοκαίρι έναντι 16% το χειμώνα) αλλά και από άλλους νηματοειδής μικροοργανισμούς.

Η εποχιακή αυτή μεταβολή της σύστασης της βιομάζας είχε ως συνέπεια μία συνεπακόλουθη εποχιακή μεταβολή τόσο των χαρακτηριστικών καθαρισιμότητας, όσο και του δείκτη των νηματοειδών (FI). Οι τιμές του δείκτη καθαρισιμότητας που μετρήθηκαν κατά τους χειμερινούς μήνες κυμαίνονται μεταξύ 50-1000 ml/gSS και είναι σημαντικά μεγαλύτερες των αντίστοιχων τιμών που μετρήθηκαν κατά την διάρκεια των θερινών μηνών (42- 330 ml/g SS). Οι μέσες τιμές του SVI για τον χειμώνα και το θέρος είναι αντίστοιχα 200 και 160 ml/g SS. Οι υψηλές τιμές SVI (> 250 ml/g SS) της χειμερινής περιόδου αποδίδονται κυρίως στην αυξημένη εμφάνιση του *M.parvicella* (74% των δειγμάτων) και λιγότερο σε άλλους νηματοειδείς μικροοργανισμούς (26 % των δειγμάτων). Παράλληλα και οι τιμές του δείκτη νηματοειδών μικροοργανισμών (FI) που μετρήθηκαν κατά τους χειμερινούς μήνες ήταν υψηλότερες των τιμών FI που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια του θέρους (μέσες τιμές 2,50 και 2,00 αντίστοιχα). Τιμές FI>3,50, παρατηρήθηκαν κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες (80%) και κατά μεγάλο ποσοστό (74%) συνδυάζονταν με υπερανάπτυξη του *M.parvicella* (Ανδρεαδάκης και άλλοι, 1999).

Σε ότι αφορά τις ΜΕΥΑ στις οποίες στάλθηκαν τα ερωτηματολόγια, μπορούμε να αναφέρουμε ότι οι διορθωτικές ενέργειες σε πολλές περιπτώσεις μπορούν να θεωρηθούν σπασμωδικές και

σίγουρα εμπειρικές. Πλην ελαχίστων εξαιρέσεων, δεν γίνεται ταυτοποίηση των νηματοειδών που είναι υπεύθυνοι για τη διόγκωση οπότε και να βρεθεί η πιθανή αιτία δημιουργίας του προβλήματος.

Κύριο μέσο αντιμετώπισης αποτελεί η εμπειρική αυξομείωση της παροχής της περίσσειας και της ανακυκλοφορίας της λάσπης με σκοπό την μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών του ανάμεικτου υγρού (MLSS) και της οργανικής φόρτισης (F/M) και η αύξηση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο ανάμικτο υγρό.

Σε σπάνιες περιπτώσεις γίνεται χρήση απολυμαντικών και κροκιδωτικών χημικών για αντιμετώπιση του φαινομένου της διόγκωσης (Καστοριά, Μύκονος), αν και αρκετές μονάδες χρησιμοποιούν άλατα σιδήρου και αργιλίου για δέσμευση των φωσφορικών (Κοζάνη, Κομοτηνή, Καρδίτσα) και του υδρόθειου (Χίος, ΑΙΝΕΙΑ, Βόλος) χωρίς όμως αυτό να έχει αποκλείσει την εμφάνιση του φαινομένου στις μονάδες αυτές.

Η απομάκρυνση του αφρού και η διάθεσή του σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων είναι μια άλλη τεχνική με ικανοποιητικά αποτελέσματα και ευρεία εφαρμογή. Στην τεχνική αυτή συμπεριλαμβάνεται και ο ψεκασμός του αφρού με νερό.

Σε καμία περίπτωση, όπου η αιτία δημιουργίας των προβλημάτων ήταν η ύπαρξη λιπών, τοξικών ή ουσιών παρεμπόδισης, δεν υπάρχει περιορισμός και έλεγχος των εκροών στην πηγή τους (εστιατόρια, βοθρολύματα, ελαιοτριβεία, βιομηχανίες γάλακτος, ζύθου, βυρσοδεψεία, σφαγεία κ.α.). Σε μερικές μάλιστα περιπτώσεις υπάρχει ανεξέλεγκτη διάθεση εν γνώσει των υπευθύνων των ΔΕΥΑ (Αλεξανδρούπολη, Καρδίτσα, Θεσσαλονίκη).

Οι κυριότερες αιτίες εμφάνισης της διόγκωσης και του αφρισμού στην Ελλάδα έχουν να κάνουν με σηπτικά λύματα, προβλήματα στον αερισμό και αυξομειώσεις του φορτίου.

Προβλήματα ανερχόμενης ιλύος λόγω απονιτροποίησης είναι σπάνια και κυρίως σε παλαιότερες μονάδες που δεν διαθέτουν σύστημα απονιτροποίησης (Μεταμόρφωση Αττικής, Καλαμπάκα, Κόρινθος - Λουτράκι) κυρίως κατά τη διάρκεια θερμών ημερών.

Επίσης αντιμετωπίζονται προβλήματα σε αρκετές μονάδες λόγω παλαιότητας

(Θεσσαλονίκη) και ελλιπής συντήρησης. Τα επιμέρους τμήματα μιας μονάδας αποτελούν μια αλυσίδα και αλληλοεπηρεάζονται τόσο ανάντη όσο και κατόντη. Η προβληματική λειτουργία ή διακοπή ενός από αυτά (π.χ. επεξεργασία λάσπης) δυσκολεύει τη λειτουργία των υπολοίπων με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης και την αστοχία της μονάδας.

Προβλήματα αποκροκίδωσης και φλόκων με μέγεθος κεφαλής καρφίτσας δεν αναφέρθηκαν. Πιθανόν σε μικρές μονάδες εμφανίζονται τα συγκεκριμένα προβλήματα αλλά οι λειτουργοί τους δεν είναι σε θέση να τα αναγνωρίσουν. Αιτία αποτελεί η μη ορθή τους κατάρτιση και θεωρώ ότι θα πρέπει να γίνουν πιο εντατικά συνέδρια, ημερίδες και σεμινάρια, ειδικά για τους λειτουργούς των μονάδων επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων. Οι κατά τόπους αναπτυξιακές εταιρίες και η Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης Αποχέτευσης (ΕΔΕΥΑ) κάνουν μια αρκετά καλή προσπάθεια σε ότι αφορά τα παραπάνω.

Τα παρακάτω στοιχεία θα χρησιμοποιηθούν μόνο στα πλαίσια της μεταπτυχιακής διατριβής μου. Δεν θα δημοσιευτούν σε κανένα μέσο, έντυπο ή ηλεκτρονικό, παρά μόνο το σύνολο των αποτελεσμάτων χωρίς να κοινοποιούνται ξεχωριστά οι μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Σας ευχαριστώ εκ των προτέρων

#### ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΑΡΑΛΗΠΤΗ

ΔΑΜΙΑΝΟΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ  
ΠΑΠΑΚΥΡΙΑΖΗ 22  
54 645 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ  
ΤΗΛΕΦΩΝΟ: 2310.855.462 & 6947.68.22.53  
FAX: 2310.  
e-mail : pdam\_env@hotmail.com

#### ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

.....  
.....  
ΤΗΛΕΦΩΝΟ.....  
FAX.....  
e-mail.....  
Ονοματεπώνυμο υπευθύνου που συμπληρώνει το ερωτηματολόγιο:  
.....

#### ΕΙΔΟΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Παροχή Αστικών Λυμάτων.....  
Παροχή Βιομηχανικών Αποβλήτων.....  
Βιομηχανικά Απόβλητα – Ποσοστό φορτίου BOD .....

Είδη και ποσοστό συμμετοχής στο φορτίο BOD των πιο κύριων Βιομηχανιών:

α).....  
β).....  
γ).....

Επεξεργασία βοθρολυμάτων      ΝΑΙ.....      ΟΧΙ.....

..... % συνολικής παροχής εισόδου  
 ..... % φορτίου BOD

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

α) Διαθέτει πρωτοβάθμια καθίζηση;

ΝΑΙ..... ΟΧΙ.....

β) Διαθέτει η εγκατάσταση λιποσυλλέκτη για την απομάκρυνση λιπών και ελαίων;

ΝΑΙ..... ΟΧΙ.....

γ) Τύπος ενεργού ιλύος

.....Τυπικό σύστημα ενεργού ιλύος  
 .....Σύστημα ενεργού ιλύος με καθαρό οξυγόνο  
 .....Σύστημα επαφής-σταθεροποίησης (contact stabilization)  
 .....Σύστημα υψηλής φόρτισης (ηλικία λάσπης < 2 ημέρες)  
 .....Οξειδωτική τάφρος  
 .....Αεριζόμενη λίμνη με πλήρη μίξη  
 .....Άλλο (παρακαλώ αναφέρατε τύπο) .....

δ) Τύπος δεξαμενής αερισμού

.....δεξαμενή πλήρους μίξης  
 .....εμβολοειδούς ροής (plug flow) – αριθμός διαμερισμάτων.....

Συνολικός υδραυλικός χρόνος παραμονής.....

Μη αεριζόμενος χρόνος παραμονής.....

Αεριζόμενος χρόνος παραμονής.....

Ποσοστό ενεργού ιλύος που δεν αερίζεται.....

Αριθμός μη αεριζόμενων διαμερισμάτων.....

Αριθμός αεριζόμενων διαμερισμάτων.....

ε) Τύπος αεριστών.....

Τρόπος λειτουργίας αεριστών

Συνεχούς λειτουργίας .....

Διακεκομμένης λειτουργίας (παρακαλώ περιγράψτε κύκλους λειτουργίας) .....

.....

στ) Είναι η εγκατάσταση σχεδιασμένη για απομάκρυνση αζώτου ή φωσφόρου:

ΝΑΙ..... ΟΧΙ.....

Αν ΝΑΙ παρακαλώ αναφέρατε ειδικότερα:

ζ) Άζωτο.....

.....μόνο νιτροποίηση. Ποσοστό απομάκρυνσης αμμωνίας.....

.....νιτροποίηση και απονιτροποίηση. Ποσοστό απομάκρυνσης αμμωνίας.....

Ποσοστό απομάκρυνσης αζώτου.....

η) Φώσφορος.....

.....Χημική απομάκρυνση – Προστιθέμενο χημικό .....

.....Βιολογική απομάκρυνση

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΩΝ ΠΡΟ ΤΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

	<b>Μέσες τιμές χειμώνα</b>	<b>Μέσες τιμές καλοκαιριού</b>
Ολικό COD (mg/l)	.....	.....
Διαλυμένο COD (mg/l)	.....	.....
Ολικό BOD <sub>5</sub> (mg/l)	.....	.....
Διαλυμένο BOD <sub>5</sub> (mg/l)	.....	.....
Ολικό Kjeldahl Άζωτο (mg/l)	.....	.....
Αμμωνία (mg/l)	.....	.....
Ολικός Φώσφορος (mg/l)	.....	.....
Λίπη και Έλαια (mg/l)	.....	.....

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΑΜΕΙΚΤΟΥ ΥΓΡΟΥ**

MLSS (mg/l)	.....
MLVSS (mg/l)	.....
DO στην αρχή της δεξαμενής αερισμού (mg/l)	.....
DO στο τέλος της δεξαμενής αερισμού (mg/l)	.....
pH	.....
F/M (kg COD/ kg MLSS * day)	.....
Ηλικία ενεργού ιλύος (ημέρες)	.....
Θερμοκρασία ανάμεικτου υγρού τον χειμώνα (°C)	.....
Θερμοκρασία ανάμεικτου υγρού το καλοκαίρι (°C)	.....
SVI τον χειμώνα (ml/gTSS)	.....
SVI το καλοκαίρι (ml/gTSS)	.....

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΙΛΥΟΣ**

Διαθέτει η εγκατάσταση αναερόβιους ή αερόβιους χωνευτές;

.....OXI .....NAI

.....Αερόβιους Χωνευτές ή .....Αναερόβιους Χωνευτές

Τα παραγόμενα υγρά από την επεξεργασία της λάσπης επανακυκλοφορούν στην είσοδο της εγκατάστασης; .....NAI - .....OXI

**ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ ΙΛΥΟΣ ΚΑΙ ΑΦΡΩΝ**

α) Αντιμετωπίζετε προβλήματα διόγκωσης ιλύος με τιμές SVI > 150 ml/gTSS.

.....OXI

.....NAI, πόσο συχνά; .....

Είναι το φαινόμενο εποχιακό και αν ναι ποια εποχή εμφανίζεται;.....

β) Αντιμετωπίζετε πρόβλημα ύπαρξης αφρών που δημιουργούν ένα μόνιμο καφέ στρώμα στις δεξαμενές αερισμού και καθίζησης

.....OXI

.....NAI, πόσο συχνά; .....

Εάν στην εγκατάσταση δημιουργείται διαφορετικού τύπος αφρός, παρακαλούμε

περιγράψτε τη μορφή του .....

.....

.....



γ) Ποιες αιτίες θεωρείται υπεύθυνες για τα προβλήματα καθιζησιμότητας και αφρών που παρουσιάζονται στην εγκατάσταση.....

.....

.....

.....

δ) Ποιες είναι οι μέθοδοι ελέγχου που χρησιμοποιείτε: SVI > 150 Αφρός

Καμια	.....	.....
Χλωρίωση (δόση.....)	.....	.....
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (δόση .....	.....	.....
Αλλαγές στον αερισμό (αύξηση..... μείωση.....)	.....	.....
Αλλαγές στην περίσσεια ιλύος (αύξηση..... μείωση.....)	.....	.....
Αλλαγές στην επανακυκλοφορία ιλύος (αύξηση..... μείωση.....)	.....	.....
Αντιαφριστικές ουσίες	.....	.....
Εάν ναι, ποιος τύπος .....		
Άλλο (παρακαλώ αναφέρατε τη συγκεκριμένη μέθοδο)	.....	.....
.....	.....	.....

ε) Ήταν αποτελεσματικές οι μέθοδοι ελέγχου που εφαρμόστηκαν

.....

.....

.....

**ΣΧΟΛΙΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Ανδρεδάκης, Α.Δ., 1986:** “Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας και Διάθεσης Αστικών Αποβλήτων”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
2. **Ανδρεδάκης, Α., Μαμάης, Δ., Νουτσόπουλος, Κ., Γαβαλάκη, Ε., 1999:** “Το πρόβλημα της διογκωμένης ιλύος στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα”, Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σάμος
3. **Βαβίζος, Γ., 1989:** “Βιολογικός Καθαρισμός”, ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα
4. **Barnes, D., Bliss, P.J., 1983:** “*Biological control of nitrogen in wastewater treatment*”, E. & F.N. Spon, London.
5. **Blackbeard, J.R., Gabb, D.M.D., Ekania, G.A. and Marais, G.v.R., 1988:** “*Identification of Filamentous Organisms in Nutrient Removal Activated Sludge Plants in South Africa*”, Water SA, 14(1):29-33.
6. **Degremont, 1979:** “*Water treatment handbook*”, fifth edition, Degremont, Paris

7. **De Renzo, D.J., 1978:** *“Nitrogen control and phosphorus removal in sewage treatment”*, Pollution Technology Review No. 44, NBC, New Jersey, USA
8. **Eikelboom D.H. and Van Buijsen, H.J.J., 1981:** *“Microscopic Sludge Investigation Manual”*, Delft: IMG-TOO, Report A94a.
9. **Eikelboom, D.H., Andreadakis, A., Andreasen, K., 1998:** *“Survey of filamentous populations in nutrient removal plants in four european countries”*, Water Science and Technology, Vol.37, No. 4-5, pp. 281-289
10. **Φυτιάνου, Κ., 1996:** *“Η ρύπανση των θαλασσών”*, University Studio Press, Β' Έκδοση, Θεσσαλονίκη
11. **Grady, L.C.P., Lim, H.C., 1980:** *“Biological Wastewater Treatment – Theory and Applications”*, Marcel Dekker, INC, New York
12. **Gray, N.F., 1990:** *“Activated Sludge – Theory and Practice”*, Oxford Science Publications, New York
13. **Horan, N.J., Lowe, P., Stentiford, E.I., 1994:** *“Nutrient removal from wastewaters”*, Technomic Publication, Lancaster, U.S.A.
14. **Jenkins, D., Richards, M. G., Daigger, G. T., 1993:** *“Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming”*, Lewis Publishers, USA.
15. **Κουτσούμπας, Δ., 2003:** *“Οικολογία παράκτιων υδατικών οικοσυστημάτων”*, Σημειώσεις για το ΝΠΜΣ “Θεοφράσειο” – Περιβαλλοντική και Οικολογική Μηχανική, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη
16. **Λέκκας, Θ., 2001:** *“Περιβαλλοντική Μηχανική II – Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων”*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη
17. **Μαμάης, Δ.Σ., 1998:** *“Προχωρημένες μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων”*, Σημειώσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη
18. **Mamais, D., Andreadakis, A., Noutsopoulos, C. and Kalergis, C., 1998:** *“Causes of and Control Strategies for Microthrix parvicella Bulking and Foaming in Nutrient Removal Activated Sludge Systems”*, Wat.Sci.Tech., Vol. 37, No 4-5, pp. 9-17.
19. **Μαρτιμιανάκη, Ε. και άλλοι, 2003:** *“Λειτουργικά Δεδομένα Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων στην Ελλάδα”*, Heleco '03, ΤΕΕ, Αθήνα, σελ. 350-352, Τόμος Α
20. **Metcalf and Eddy, 2003:** *“Wastewater Engineering - Treatment and Reuse”*, 4th edition, Mc Graw Hill, USA

21. **Orhon, D., Artan, N., 1994:** “*Modelling of Activated Sludge Systems*”, Technomic Publication, Lancaster, U.S.A.
22. **Στάμου, Α.Ι., 1995:** “*Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων – με παρατεταμένο αερισμό και βιολογική απομάκρυνση θρεπτικών*”, Παπασωτηρίου, Αθήνα
23. **Tomlinson, E.J., Chambers, B., 1984:** “*Control strategies for bulking sludge*”, Water Science and Technology, 16, 15-34.
24. **Τραγανίτης, Στ., Σκουμπούρης, Ι., 1995:** “*Οδηγός Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων*”, Ελληνική Εταιρία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης Α.Ε., Αθήνα
25. **Wanger, F., 1982:** “*Study of the Causes and Prevention of Sludge Bulking in Germany*”, Chapter 2 in *Bulking of Activated Sludge: Preventative and Remedial Methods*, Ellis Horwood Ltd., Chichester England.
26. **Wanner, J., 1994:** “*Activated sludge bulking and foaming control*”, Technomic Publishing, USA.
27. **Water Pollution Control Federation, 1971:** “*Aeration in Wastewater Treatment*”, WPCF, USA
28. **Way, C.T., 1983:** “*Sludge Dewatering – Manual of Practice 20*”, Water Pollution Control Federation, Washington, D.C.
29. **Jenkins, S.H., Bischofsberger, W., Hegemann, W., 1982:** “*Practical experiences of control and automation in wastewater treatment and water resources management*”, International Association on Water Pollution Research, Pergamon Press, UK

**Διευθύνσεις ΜΕΥΑ και υπεύθυνοι λειτουργίας που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο**

1. **Καλαμπάκα**, Βασιλόπουλος Θεόδωρος (ΔΕΥΑΚ), 2432 0 75368
2. **Κόρινθος – Λουτράκι**, Χρυσικόπουλος Κώστας (Envitec), [cochris@otenet.gr](mailto:cochris@otenet.gr)
3. **Αλεξανδρούπολη**, Κακαλής Α. Χρήστος (ΔΕΥΑΑ), 2251 0 31397, [chrkakalis@yahoo.gr](mailto:chrkakalis@yahoo.gr)
4. **Κομοτηνή**, Παπαδόπουλος Ιωάννης (ΔΕΥΑΚ), 2531 0 28789, [devakom@otenet.gr](mailto:devakom@otenet.gr)
5. **Ξάνθη**, Μελίδης (ΔΕΥΑΞ), 2541 0 26116
6. **Σέρρες**, Πολατίδου Αλίκη (ΔΕΥΑΣ), 2321 0 83863
7. **Καρδίτσα**, Παπαθανασίου Κωνσταντίνος (ΔΕΥΑΚ), 2441 0 71715
8. **Μυτιλήνη**, Dirk Schaelicke (εργολάβος), 2251 0 46755

9. **Κοζάνη**, Μπάκαβου Ευαγγελία (ΔΕΥΑΚ), 2461 0 64331, [deyakoz@otenet.gr](mailto:deyakoz@otenet.gr)
10. **Αγγελοχωρίου – Μηχανιώνας**, Χριστοδούλου Κατερίνα (Θεμελιοδομή), 2392 0 57677, [catchristo@hotmail.com](mailto:catchristo@hotmail.com)
11. **Ορεστιάδα**, Παπαδόπουλος Αλέξανδρος (ΕΚΟΚΑΤ – Παρασκευόπουλος), 2552 0 27698, [krounos@tee.gr](mailto:krounos@tee.gr) [aleksisp29@yahoo.gr](mailto:aleksisp29@yahoo.gr)
12. **Θεσσαλονίκη**, Κωτούλας Κώστας (ΕΥΑΘ), 231 0 751241
13. **Καστοριά**, Βασιλειάδης Χρήστος (ΔΕΥΑΚ), 2467 0 85647
14. **Τυροκομείο “ΚΟΛΙΟΣ”**, Χριστόπουλος Γιώργος, 6936 154 661

*ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ*

1. ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΝΗΜΑΤΟΕΙΔΩΝ

Βαθμός	Πλήθος	Επεξήγηση	Μέσος SVI (mg/l)
0	κανέ να	-	60
1	Λίγα	λίγα σε κάποιους από τους φλόκους	70
2	Μερικά	όχι όμως σε όλους τους φλόκους	100
3	σύνηθες πλήθος	σε όλους τους φλόκους (1-5 ανά φλόκο)	135
4	Πολλά	σε όλους τους φλόκους (5-20 ανά φλόκο)	265
5	Αφθονα	> 20 ανά φλόκο	400-500
6	υπερβολικά πολλά	υπέρμετρα σχετικά με τους φλόκους (τους καλύπτουν)	

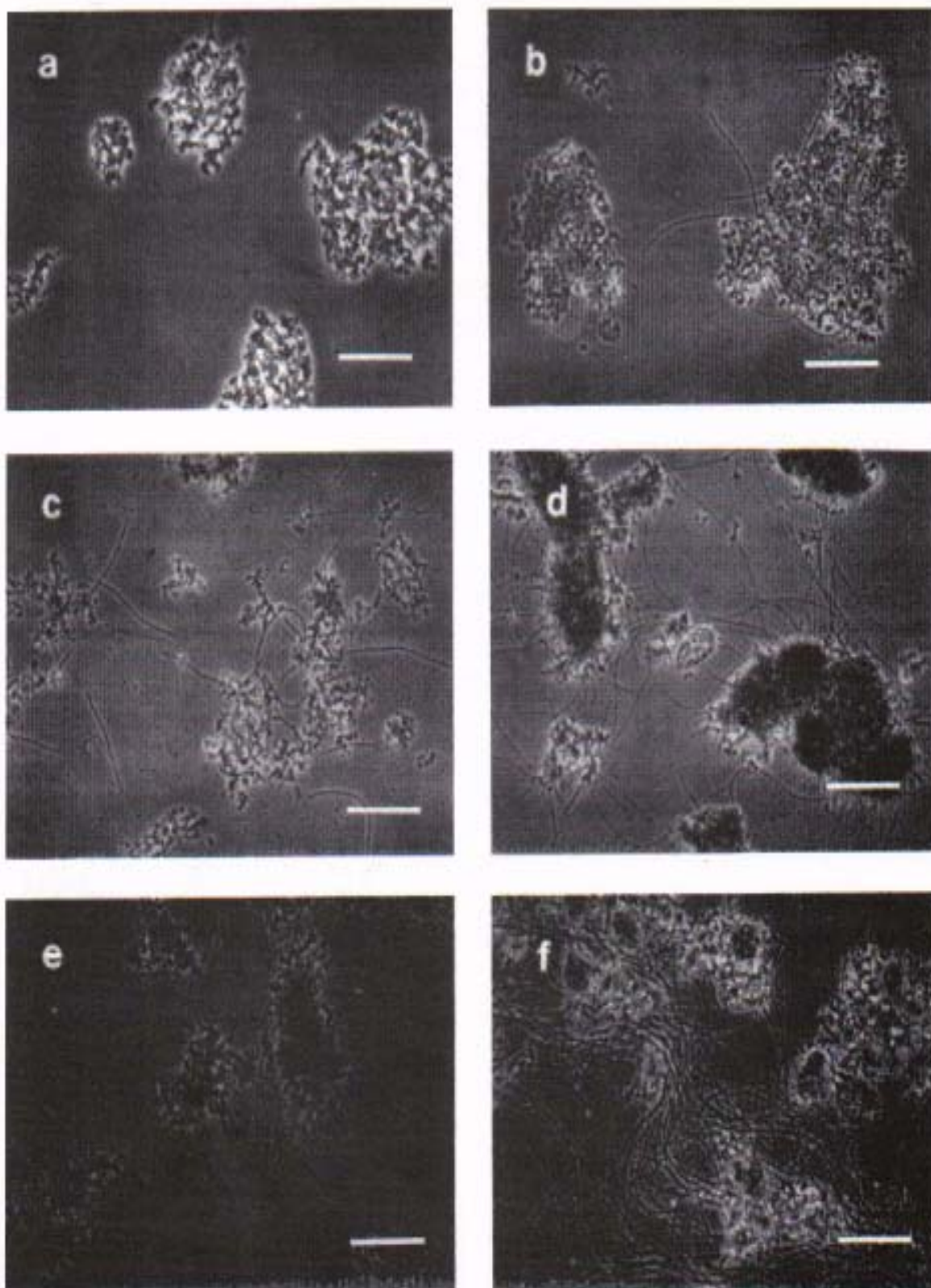
(Τραγανίτης, 1995)

**Πίνακας 2:** Τύπος φλόκου και κωδίκισμός φλόγων από διάφορα νηματοειδή

Γεφύρωμα	Φλόκος ελεύθερος
type 1701	type 1701
type 0041	type 0041
M.parvicella	M.parvicella
type 1851	type 1851
Nostocoida limicola	Nostocoida limicola
type 021N	type 0675
S.natans	type 0092
type 0961	
type 0803	
Thiothrix	
H.hydrossis	

(Τραγανίτης, 1995)

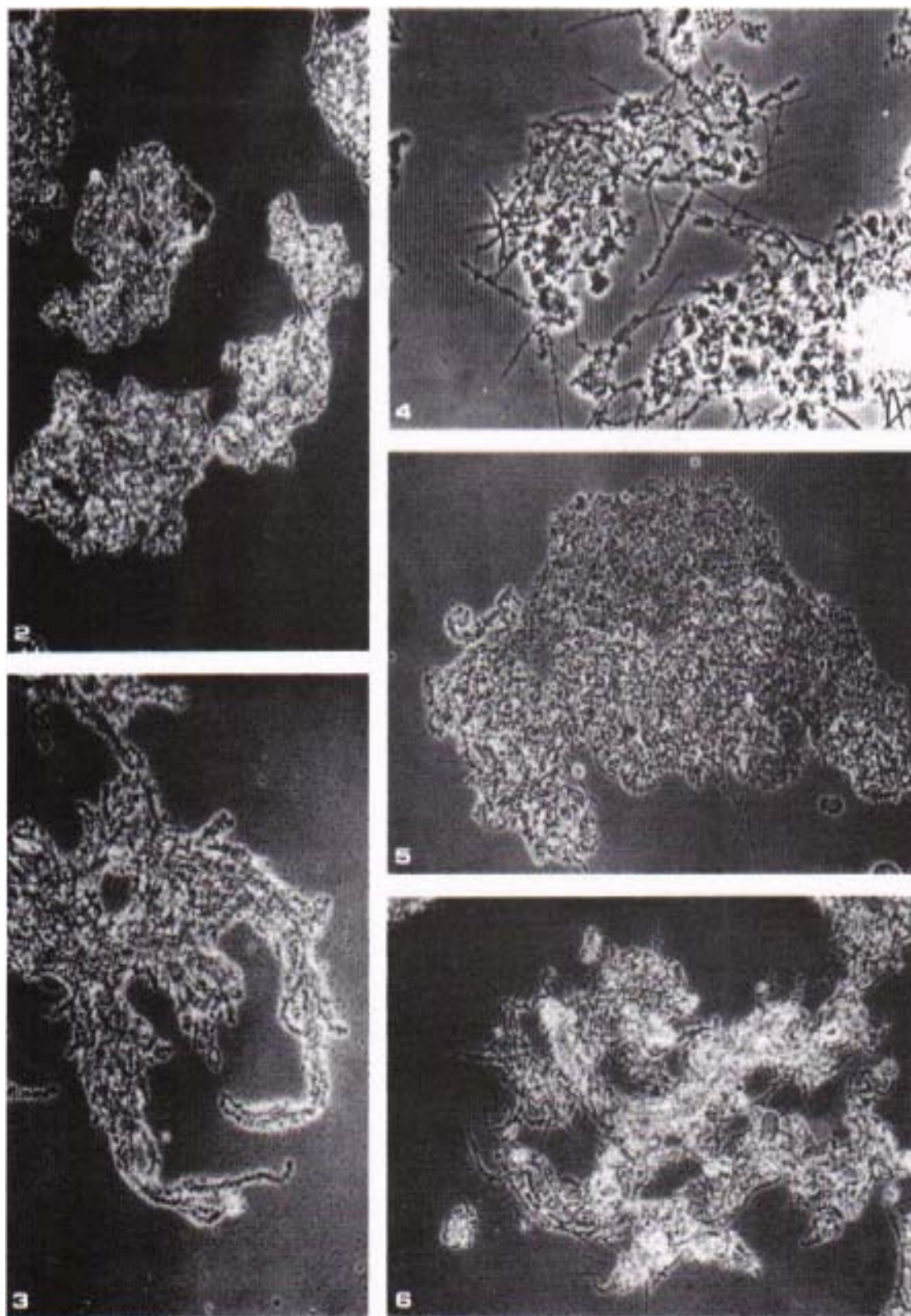




Εικόνα 1:

**Πληθυσμός νηματοειδών**

(a) λίγα, (b) μερικά, (c) πολλά  
(d) πάρα πολλά, (e) άφθονα, (f) υπερβολικά πολλά  
οριζόντια ράβδος = 100 μm, (Τραγανίτης, 1995)



Εικόνα 2: **ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΦΛΟΚΟΥ** (Τραγανίτης, 1995)  
2. Δυνατός και συμπαγής φλόκος  
3. Ακανόνιστου σχήματος, πολλά κολυμβώντα βακτήρια  
4. Ανοικτής δομής  
5. Μεγάλος φλόκος, χαλαρής δομής  
6. Νηματοειδή και μικροί φλόκοι δημιουργούν συσσωματώματα

**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟ ΦΛΟΚΟΥ**

Αριθμός δείγματος..... Τόπος δείγματος .....  
 Ημερομηνία δείγματος ..... Ημερομηνία παρατήρησης .....

	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف
Πληθυσμός νηματοειδών	0	1	2	3	4	5	6
	κανένα	λίγα	μερικά	πολλά	πάρα πολλά	άφθονα	υπερβολικά πολλά

Επίπτωση των νηματοειδών στη δομή του φλόκου	ف	ف	ف
	Μικρή ή καμία	Γέφυρες	Ελεύθερος φλόκος

Μορφολογία φλόκου	ف	ف	ف	ف	ف	ف
	δυνατός	αδύνατος	στρόγγυλος	ακανόνιστος	συμπαγής	Διεσπαρμένος

Μέγεθος (µm): (% περιοχής)	< 150	150-500	> 500
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Χαρακτηριστικά:**

Ελεύθερα βακτήρια εν αιωρήσει .....	Συσσωματώσεις Neisser θετικών κυττάρων .....
Zoogloeas .....	India Ink Test .....
Σπειρόχαιτες .....	Καταστροφή νηματοειδών από χλώριο .....
Ανόργανα/Οργανικά σωματίδια .....	

**FILAMENTOUS MIKROORGANISM SUMMARY**

	Βαθμός	Πληθυσμός		Βαθμός	Πληθυσμός
<i>Nocardia spp.</i>			<i>M. parvicella</i>		
Type 1701			Type 0581		
<i>S. natans</i>			Type 0092		
Type 021N			Type 0803		
<i>Thiothrix spp.</i>			Type 1851		
Type 0041			Type 0691		
<i>H. hydrossis</i>			Type 0675		
<i>N. limicola</i>			Άλλα		
<i>Fungus (μύκητες)</i>			Άλλα		

Παρατηρήσεις: .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Τραγανίτης, 1995)

**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΝΗΜΑΤΟΕΙΔΩΝ**

Αριθμός δείγματος ..... Τόπος δείγματος .....

Ημερομηνία ..... Ημερομηνία παρατήρησης .....

ΣΧΟΛΙΑ

ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΗΚΑΝ

Πρωτόζωα .....

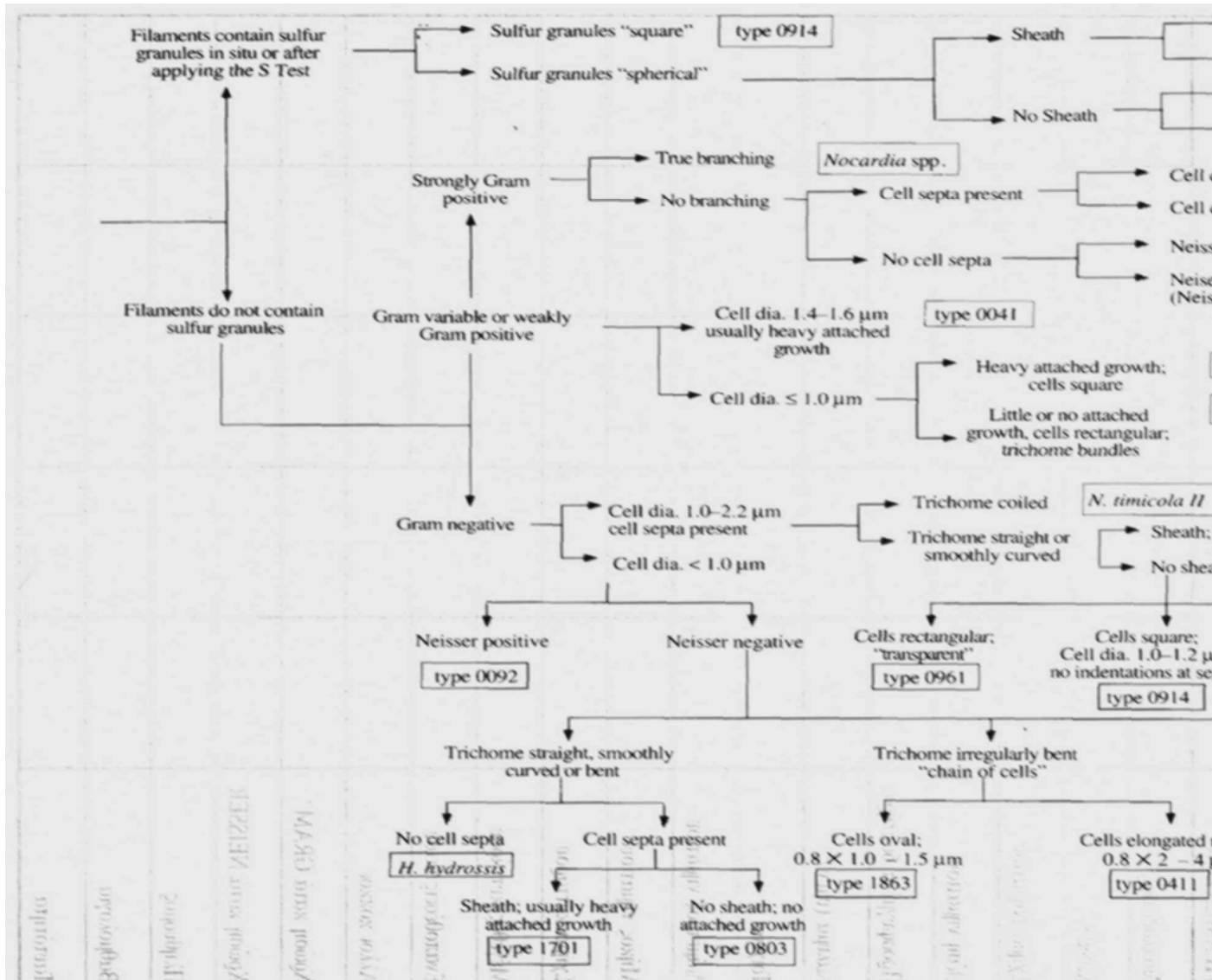
Μετάζωα .....

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 1000 x, ΦΑΚΟΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ ΓΙΑ ΝΗΜΑΤΟΕΙΔΗ  
 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ: 1000 x, ΦΑΚΟΣ ΦΩΤΕΙΝΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΓΙΑ ΧΡΩΣΕΙΣ

FILAMENT No.	A	B	C	D	E
Διακλαδώσεις					
Κίνηση					
Σχήμα νηματίου					
Θέση νηματίου					
Προσφυγμένα βακτήρια					
Κάλυμα (υμένας)					
Τοιχεία					
Διάμετρος νηματίου					
Μήκος νηματίου					
Σχήμα νηματίου					
Μέγεθος κυττάρου					
Εναποθέσεις θείου					
Άλλοι κόκκοι					
Χρώση κατά GRAM					
Χρώση κατά NEISSER					

Πληθυσμός					
Βαθμολογία					
Ταυτότητα					

(Τραγανίτης, 1995)



Διάγραμμα ταυτοποίησης νηματοειδών σε σύστημα ενεργού ιλύος (Jenkins et al., 1993)



DIRECT ILLUMINATION OBSERVATION						PHASE CONTRAST OBSERVATION AT 1000X								
Filament Type	Gram Stain	Neisser Stain		Sulfur Granules		Other Cell Inclusions	Trichome Diameter, $\mu\text{m}$	Trichome Length, $\mu\text{m}$	Trichome Shape	Trichome Location	Cell Septa Clearly Observed	Indentations at Cell Septa	Sheath	Attachment
		Trichome	Granules	in situ	S test									
<i>S. natans</i>	-	-	-	-	-	PHB	1.0-1.4	>500	St	E	+	+	+	
type 1701	-	-	-	-	-	PHB	0.6-0.8	20-80	St,B	I,E	+	+	+	
type 0041	+,V	-	-,+	-	-	-	1.4-1.6	100-500	St,SC	I,E	+	-	+	
type 0675	+,V	-	-,+	-	-	-	0.8-1.0	50-150	St,SC	I	+	-	+	+
type 021N	-	-	-,+	-,+	PHB	1.0-2.0	50-1000	St,SC	E	+	+	-	-	
<i>Thiothrix I</i>	-,+	-	-,+	+, -	+	PHB	1.4-2.5	100->500	St,SC	E	+	-	+	
<i>Thiothrix II</i>	-	-	-,+	+, -	+	PHB	0.8-1.4	50-200	St,SC	E	+	-	+	
type 0914	-,+	-	-,+	-,+	-	PHB	1.0	50-200	St	E,F	+	-	-	
<i>Beggiatoa</i> spp.	-,+	-	-,+	+, -	+	PHB	1.2-3.0	100->500	St	F	-,+	-	-	
type 1851	+ weak	-	-	-	-	-	0.8	100-300	St,SC	E	+, -	-	+	
type 0803	-	-	-	-	-	-	0.8	50-150	St	E,F	+	-	-	
type 0092	-	+	-	-	-	+	0.8-1.0	20-60	St,B	I	+, -	-	-	
type 0961	-	-	-	-	-	-	0.8-1.2	40-80	St	E	+	-	-	
<i>M. parvicella</i>	+	-	+	-	-	PHB	0.8	50-200	C	I	-	-	-	
<i>Nocardia</i> spp.	+	-	+	-	-	PHB	1.0	5-30	I	I	+, -	-	-	
<i>N. limicola I</i>	+	+	-	-	-	-	0.8	100	C	I,E	-	-	-	
<i>N. limicola II</i>	-,+	+, -	-	-	-	PHB	1.2-1.4	100-200	C	I,E	+	+	-	
<i>N. limicola III</i>	+	+	-	-	-	PHB	2.0	200-300	C	I,E	+	+	-	
<i>H. hydrossis</i>	-	-	-	-	-	-	0.5	10-100	St,B	E,F	-	-	+	
type 0581	-	-	-	-	-	-	0.5-0.8	100-200	C	I	-	-	-	
type 1863	-	-	-,+	-	-	-	0.8	20-50	B,I	E,F	+	+	-	
type 0411	-	-	-	-	-	-	0.8	50-150	B,I	E	+	+	-	

LEGEND: + positive  
 - negative  
 V variable  
 +, - or -, + variable, the first being most observed  
 single symbol invariant

Trichome Shape  
 St Straight  
 B Bent  
 SC Smoothly curved  
 C Coiled  
 I Irregularly shaped

Trichome Location  
 E Extends from  
 I Forms mostly  
 F Free in liquid

Σύνοψη τυπικών χαρακτηριστικών των νηματοειδών στις χρώσεις και τη μορφολογία τους (Τραγανίτης, 1995)

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΡΩΣΕΩΝ

**Πίνακας 3 : Χρώση Neisser (Eikelboom, 1981)****Αντιδραστήρια:** Ετοιμάστε φρέσκα κάθε 3-6 μήνες**Διάλυμα I:** Παρασκευάσατε ξεχωριστά και αποθηκεύσατε

A		B	
Μπλε του μεθυλενίου	0,1 g	Crystal Violet (10% κ.ο. σε 95% αιθανόλη)	3,3 ml
<b>Αιθανόλη 95%</b>	5 ml	Αιθανόλη 95%	6,7 ml
Οξικό οξύ (glacial) Απεσταγμένο νερό	5 ml 100 ml	Απεσταγμένο νερό	100 ml

Αναμείξατε 2 όγκους του A και 1 όγκο του B

*Διάλυμα 2*

Καφέ Bismark, C <sub>18</sub> H <sub>18</sub> N <sub>8</sub> (1% κ.ο. σε νερό)	33,3 ml
Απεσταγμένο νερό	66,7 ml

**Διαδικασία**

1. Βάλτε μια σταγόνα λάσπης σε πλακίδιο μικροσκοπίου. Απλώστε την και αφήστε την να ξηραθεί (χωρίς θέρμανση)
2. Ποτίστε την ξηραμένη λάσπη του πλακιδίου επί 30 sec με διάλυμα 1, ξεπλύνετε με νερό για 1 sec
3. Ποτίστε μετά με διάλυμα 2 επί 1 min, ξεπλύνετε καλά με νερό, στεγνώστε με απορροφητικό χαρτί
4. Παρατηρείστε το δείγμα με βύθιση, σε σταγόνα κεδρελαίου, φακού (1000 x) φωτεινού πεδίου (όχι φακό αντίθεσης).

Μπλε - βιολέ είναι θετικό κατά Neisser (είτε όλο το νηματοειδές ή χάνδρες).  
Κίτρινο - καφέ είναι αρνητικό κατά Neisser

**Πίνακας 4 : Χρώση κατά Gram, τροποποιημένη μέθοδος Huecker****Αντιδραστήρια:** Ετοιμάστε φρέσκα κάθε 3 - 6 μήνες**Διάλυμα 1:** Παρασκευάσατε ξεχωριστά τα ακόλουθα και μετά αναμείξατε

A		B	
Crystal violet	2 g	Οξαλικό αμμώνιο	0,8 g
Αιθανόλη 95%	20 ml	Απεσταγμένο νερό	80 ml

**Διάλυμα 2**

Ιώδιο 1 g  
Ιωδιούχο κάλιο 2 g  
Απεσταγμένο νερό 300 ml

**Διάλυμα αποχρωματισμού**

Αιθανόλη 95%



**Διάλυμα 3**

Safranin 0 (2,5% κ.ο. σε 95% αιθανόλη)	10 ml
Απεσταγμένο νερό	100 ml

**Διαδικασία**

1. Βάλτε μια σταγόνα λάσπης σε πλακίδιο μικροσκοπίου. Απλώστε την και αφήστε την να ξηραθεί (χωρίς θέρμανση)
2. Ποτίστε την ξηραμένη λάσπη επί 1 min με διάλυμα 1. Ξεπλύνετε με νερό επί 1 sec
3. Ποτίστε την ξηραμένη λάσπη επί 1 min με διάλυμα 2. Ξεπλύνετε με νερό πολύ καλά
4. Κρατείστε το πλακίδιο υπό γωνία και αποχρωματίστε τη λάσπη με 95% αιθανόλη, προσθέτοντας την στάγδην επί 25 sec ακριβώς. Μη κάνετε εξαντλητικό αποχρωματισμό. Στεγνώστε με απορροφητικό χαρτί.
5. Ποτίστε με το διάλυμα 3 για 1 min, ξεπλύνετε με νερό καλά, στεγνώστε με απορροφητικό χαρτί.
6. Παρατηρείστε το πλακίδιο με φακό φωτεινού πεδίου, εμβαπτισμένο σε κεδρέλαιο και σε μεγέθυνση 1000 (όχι φακό αντίθεσης)

Μπλε βιολέ χρώμα σημαίνει ότι ο μικροοργανισμός είναι κατά Gram θετικός.  
Κόκκινο χρώμα σημαίνει Gram αρνητικό.

**Πίνακας 5: Test θείου, S (Eikelboom και Van Buijen, 1981)**

*Αντιδραστήρια: Διάλυμα θειούχου νατρίου ( $Na_2S \cdot 9H_2O$ ), 1 g/l, ετοιμάστε κάθε εβδομάδα*

*Διαδικασία*

1. Αναμείψτε πάνω σε πλακίδιο μικροσκοπίου μια σταγόνα λάσπης και μια σταγόνα διαλύματος θειούχου νατρίου
2. Αφήστε το μείγμα, όπως είναι, για 10-20 min
3. Τοποθετείστε την καλυπτρίδα και πατείστε την μαλακά πάνω στο πλακίδιο, καθαρίστε το υγρό που εκτοπίσθηκε
4. Παρατηρείστε με φακό αντίθεσης σε μεγέθυνση 1000 x

Το test είναι θετικό αν φανούν εσωκυτταρικοί κόκκοι λαμπυρίζοντες χρώματος κίτρινο

**Πίνακα: 6 : Χρώση PHB (Poly-b-Hydroxybutyrate)****Αντιδραστήρια****Διάλυμα 1:** Sudan black B (IV), 0,3% κατ' όγκο σε 60% αιθανόλη**Διάλυμα 2:** Safranin O, 0.5% κατ' όγκο σε νερό**Διαδικασία**

1. Ετοιμάστε ένα ξηραμένο σε αέρα δείγμα λάσπης επάνω σε πλακίδιο μικροσκοπίου
2. Ποτίστε με το διάλυμα 1 επί 10 min, προσθέστε και άλλο διάλυμα αν το παρασκεύασμα της λάσπης στο πλακίδιο, αρχίζει να στεγνώνει.
3. Ξεπλύνετε με νερό επί 1 sec
4. Ποτίστε το πλακίδιο με διάλυμα 2 επί 10 sec, ξεπλύνετε καλά με νερό, στεγνώστε με απορροφητικό χαρτί.
5. Παρατηρείστε με φακό φωτεινού πεδίου σε μεγέθυνση 1000 x, οι κόκκοι PHB φαίνονται μπλε - μαύροι, ενώ το κυτόπλασμα θα είναι ροζ ή άβαφο.

**Πίνακας 7: Crystal violet sheath stain  
(χρώση για αποκάλυψη καλυπτικού υμενίου)****Αντιδραστήρια:** crystal violet 0,1%, κατ' όγκο σε νερό.**Διαδικασία**

Αναμείξτε μια σταγόνα λάσπης και μια σταγόνα του διαλύματος πάνω σε πλακίδιο, καλύψτε με την καλυπτρίδα και παρατηρείστε με φακό φωτεινού πεδίου σε μεγέθυνση 1000 x.

Τα κύτταρα χρωματίζονται σκούρα βιολέ, ενώ οι καλύπτοντες υμένες είναι άχρωμοι προς το ροζ. (Τραγανίτης, 1995)

**Πίνακας 8: Χρώση με ινδικό μελάνι (India ink reverse stain)****Αντιδραστήρια:** Ινδικό μελάνι. (india ink)**Διαδικασία**

1. Αναμείξτε μία σταγόνα ινδικού μελανιού με μία σταγόνα ενεργού ιλύος επάνω σε ένα πλακίδιο μικροσκοπίου.
2. Εξαρτώμενο από το μελάνι που χρησιμοποιείται, ο όγκος της λάσπης ίσως χρειασθεί να μειωθεί.
3. Τοποθετείστε την καλύπτρα και παρατηρείστε σε μεγέθυνση 100 x με φακό αντίθεσης.
4. Σε "κανονική" λάσπη, το ινδικό μελάνι ποτίζει τους φλόκους σχεδόν ολοσχερώς και αφήνει το κέντρο του φλόκου καθαρό (άβαφο).
5. Σε δραστική λάσπη, η οποία περιέχει μεγάλες ποσότητες εξωκυτταρικών πολυμερών, θα υπάρξουν μεγάλες άβαφες περιοχές, οι οποίες περιέχουν λίγα

κύτταρα. Τα πολυμερή εμποδίζουν το βάψιμο των περιοχών του φλόκου, τις οποίες περιβάλλουν. (Τραγανίτης, 1995)

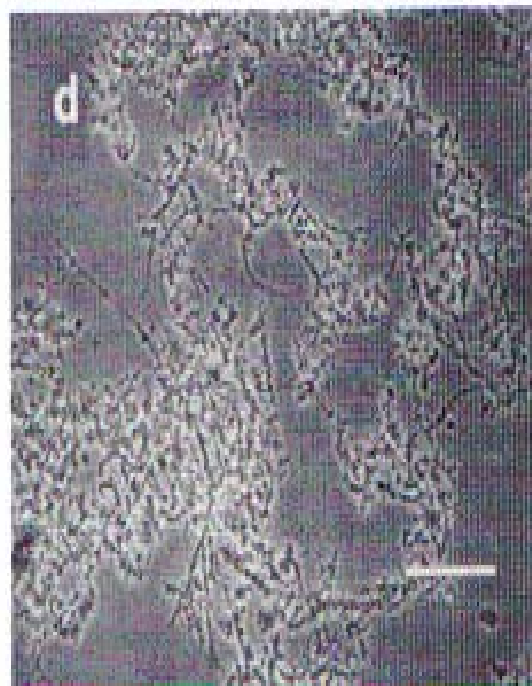
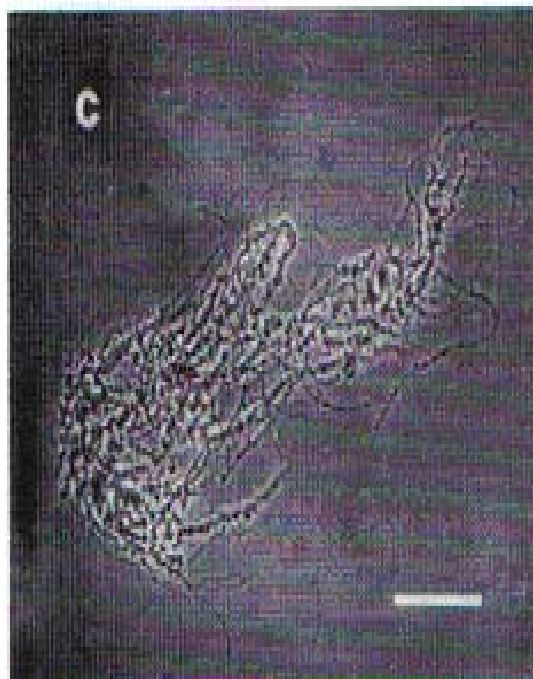
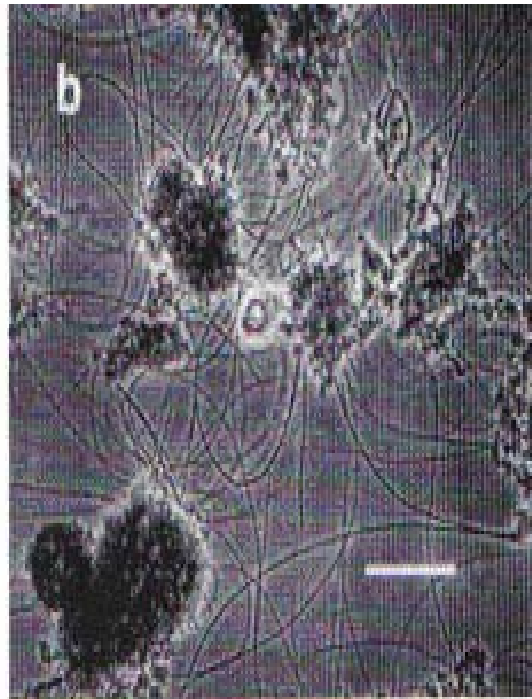
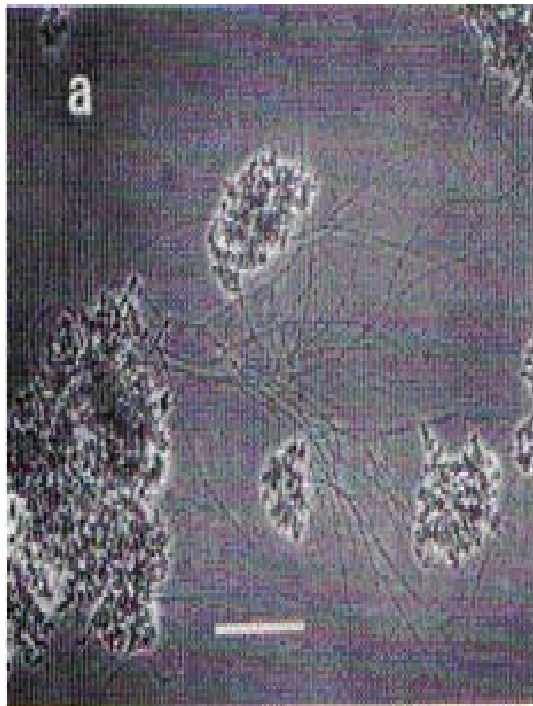
**3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΕΜΦΑΝΙΣΘΕΝΤΩΝ  
(ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ) ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΝΗΜΑΤΟΕΙΔΩΝ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ**

a. *Microthrix parvicella*

b. *Nocardia*

c. *type 0041*

d. *type 0021 N*



(Τραγανίης, 1995)

## A. *Microthrix parvicella*

### 1. Ανάπτυξη

- Ο *Microthrix P.* εμφανίζεται συχνά σε πολλές εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων, ως επίσης και σε διάφορες

**εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων. Το φάσμα των βιομηχανιών ξεκινά από βιομηχανίες χάρτου, υφαντουργεία, πλυντήρια, βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων (κρέατος, ιχθύων, πουλερικών), μέχρι σφαγεία που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λίπη.**

- Η φόρτιση των εγκαταστάσεων στις οποίες εμφανίζεται είναι πάντοτε χαμηλή, στην περιοχή μεταξύ 0,05 - 0,2 kg BOD/ kg MLSS\*d. Ο *Microthrix P.* αναπτύσσεται συχνά σε οξειδωτικές τάφρους. Το διαλυμένο οξυγόνο ήταν συνήθως πολύ χαμηλό, αλλά και ο *Microthrix P.* έχει επίσης αναπτυχθεί σε συγκέντρωση οξυγόνου μέχρι 7 mg/l. Κατά τον Eikelboom η επίπτωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι μικρότερη από την επίπτωση της ηλικίας των μικροοργανισμών. Σε μία άλλη περίπτωση ο *Microthrix P.* αναπτύχθηκε σε συνθήκες έλλειψης αζώτου (COD:N = 106:1).
- Εκτός από το ότι ο *Microthrix P.* προκαλεί διόγκωση της δραστικής λάσπης, βρίσκεται και ξεχωρίζει και στους αφρούς των δεξαμενών αερισμού.
- Ο *Microthrix P.* είναι σχετικά ανθεκτικός σε καταστάσεις ανοξικές ή αναερόβιες, γιατί στις συνθήκες αυτές μπορεί να καταναλίσει και να αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες τροφής. Γι' αυτό ο *Microthrix P.* καθώς και ο *type 0092*, αποτελούν τα κυρίαρχα νηματοειδή σε εγκαταστάσεις που αφαιρούν και φώσφορο.

## 2. Χαρακτηριστικά - Φυσιολογία

- Ο *Microthrix P.* είναι ένας αερόβιος μικροοργανισμός με υψηλή συνάφεια προς το οξυγόνο. Αυτό φαίνεται από την τιμή  $K_{DO}$ , που είναι 0,5  $\mu\text{mole/l}$  (ή 0,016 mg/l), πολύ μικρή σε σύγκριση με άλλα βακτήρια της δραστικής λάσπης, όπως το *Acinetobacter* με  $K_{DO}$  2,6  $\mu\text{mole/l}$ .

Έτσι ο *Microthrix P.* όχι μόνο επιζεί και ανταγωνίζεται άλλα βακτήρια σε συνθήκες υψηλής συγκέντρωσης οξυγόνου, αλλά και σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου.

Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο ανάμεικτο υγρό δεν μπορεί να αποτελέσει καθοριστικό παράγοντα επιλογής.

- Οι χαμηλές θερμοκρασίες είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη του. Πάνω από 22°C ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης μηδενίζεται.

- Το optimum pH ανάπτυξης είναι το 8 και για καλή ανάπτυξη απαιτείται ένα pH γύρω στο 7.

- Ο *Microthrix P.* έχει ένα πολύ περιορισμένο φάσμα υποστρώματος για ανάπτυξη. Χρησιμοποιεί λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας για πηγή άνθρακα και ενέργειας. Εκτός των λιπαρών οξέων, όπως η στεαρίνη και η παλμιτίνη χρησιμοποιεί ιδιαίτερα ελαϊκό οξύ. Σε πλούσιο περιβάλλον σε ελαϊκό οξύ, τούτο συγκεντρώνεται στη βιομάζα του μικροοργανισμού, έτσι ώστε ο λόγος C:N αυξάνει από 4,5 μέχρι 6,8. Μετά την αποθήκευση των λιπαρών οξέων ακολουθεί μία ταχεία αναπαραγωγή, έτσι ώστε ο *Microthrix P.* σε βραχυχρόνια υψηλή διάθεση λιπαρών οξέων είναι πολύ ανταγωνιστικός ως προς τα άλλα βακτήρια της δραστηρικής λάσπης.

Εν τούτοις το ελαϊκό οξύ σε καλλιέργεια του *Microthrix P.* δρα περιοριστικά σε συγκέντρωση 40 mg/g MLSS. Αποφασιστικός παράγων δεν είναι η απόλυτη τιμή της συγκέντρωσης αυτού του οξέος, αλλά η σχέση του με τη βιομάζα. Υδατάνθρακες και προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών χρησιμοποιούνται από τον *Microthrix P.* πολύ λίγο για πηγή άνθρακα και ενέργειας.

- Μη ιονικές, μη βιοαποικοδομήσιμες επιφανειακά ενεργές ουσίες συμβάλλουν στην αύξηση του ρυθμού λήψης οξυγόνου.

- Το άζωτο πρέπει να είναι σε μη οξειδωμένη μορφή, για να χρησιμοποιηθεί από τον *Microthrix P.*. Σαν πηγή αζώτου χρησιμοποιεί αμμωνιακές ενώσεις, ιδιαίτερα θειικό αμμώνιο. Επίσης το θείο πρέπει να είναι σε μη οξειδωμένη μορφή. Σαν πηγές θείου προσφέρονται τα θειούχα άλατα, καθώς επίσης αμινοξέα (cystein, L-methionin). Τα θειικά δεν χρησιμοποιούνται.

Μη οξειδωμένες ενώσεις αζώτου και θείου έχουν επιλεκτική σημασία στην ανάπτυξη του *Microthrix P.*, γιατί συχνά το καλοκαίρι ο *Microthrix P.*, όταν οι εγκαταστάσεις κάνουν νιτροποίηση, εκτοπίζεται από τον *type 0092*.

- Ο *Microthrix P.* αποθηκεύει στη βιομάζα του λιπίδια για εφεδρείες τροφής. Ο οργανισμός φέρει επίσης πολυφωσφορικά (volutingranula). Απαραίτητες ουσίες για την ανάπτυξη του είναι : thiamin και cyanocobalamin.

### 3. Συμπεριφορά στην πράξη

Ο *Microthrix P.* εξαφανίστηκε από πειραματική εγκατάσταση χωρίς την προσθήκη μακρομοριακών οξέων. Αυτό επιβεβαιώνει το γεγονός ότι η ύπαρξη του *Microthrix P.* εξαρτάται από την παρουσία λιπαρών οξέων με μακρά άλυσσο.

Η συγκέντρωση του οξυγόνου δεν αποτέλεσε παράγοντα επιλογής. Αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με τις διαπιστώσεις του Eikelboom, ότι μεγαλύτερο ρόλο παίζει η ηλικία της δραστικής λάσπης από το ρόλο της συγκέντρωσης του οξυγόνου. Αυτό, όμως αντιφάσκει με διαπιστώσεις των Slijkhuis και Deinema, που συνιστούν σαν μέσο καταπολέμησης του *Microthrix P.* την αύξηση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου πάνω από 2 mg/l (Τραγανίτης, 1995).

#### 4. Παράγοντες Επιλογής

Οι κύριοι παράγοντες επιλογής για τον *Microthrix P.* είναι:

- Παρουσία λιπαρών οξέων μακράς αλύσου
- Παρουσία αζώτου και θείου σε μη οξειδωμένη κατάσταση
- Χαμηλές φορτίσεις
- Χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου ευνοούν την ανταγωνιστικότητα του *Microthrix P.*
- Παρουσία επιφανειακά ενεργών ουσιών, μη ιονικών και μη βιοαποικοδομήσιμων, αυξάνει το ρυθμό λήψης του οξυγόνου από τον *Microthrix P.*

#### 5. Μέτρα καταπολέμησης

- Αύξηση του F/M

Ο V. Veen συνιστά μια μείωση των στερεών των δεξαμενών αερισμού κατά 30 - 50%.

- Αύξηση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου.

Οι Slijkhuis και Deinema εξάλειψαν τον *Microthrix P.* με συγκέντρωση οξυγόνου πάνω από 2 mg/l.

Η αυξημένη συγκέντρωση οξυγόνου, βοηθά στην ανάπτυξη ανταγωνιστικών του *Microthrix P.* αερόβιων βακτηρίων.

- Διάταξη διαβάθμισης του υποστρώματος. Ο Rensink καταπολέμησε τον *Microthrix P.*, σε χαμηλά F/M (0,1 kg/kg d), με αντιδραστήρα εμβολικής ροής.

Επίσης, επιλογέας (δεξαμενή επαφής), συνιστάται από τον Eikelboom.

Ο Daigger δοκίμασε έναν επιλογέα με τις παρακάτω συνθήκες:

10°C

χρόνος παραμονής χωρίς ανακυκλοφορία λάσπης, 15 min

φόρτιση δεξαμενής επιλογέα περίπου 15-25 kg COD/kg d

Η μείωση στον SVI ήταν μόνο από 400 σε 200 ml/g.

Πάντως, δεν είναι σίγουρη η αποτελεσματικότητα των επιλογέων.

- Χρήση χλωρίου κάνει κακό στα κανονικά βακτήρια. Ο *Microthrix P.* είναι αρκετά ανθεκτικός.
- Απομάκρυνση αφρολασπών.



## B. *Nocardia* (Ακτινομύκητας)

### 1. Ανάπτυξη

- Αναπτύσσεται σε εγκαταστάσεις αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων
- Ευνοείται από την παρουσία λιπαρών ενώσεων και από επιφανειακά ενεργές ουσίες
- Προκαλεί αφρούς
- Αναπτύσσεται σε ευρεία περιοχή F/M, από 0,1 μέχρι 0,7 kg BOD<sub>5</sub>/ kg MLSS d
- Ανεπτύχθη και σε πολύ χαμηλά F/M < 0,1
- Η δημιουργία αφρών δεν υποβοηθάται από την απονιτροποίηση, αλλά από τον αερισμό.
- Ζει σε ευρύτατη περιοχή διαλυμένου οξυγόνου, από 0,5 έως 6,5 mg/l.

### 2. Χαρακτηριστικά - φυσιολογία

- Το άριστο της θερμοκρασίας για την ανάπτυξη ποικίλει, ανάλογα με το γένος
  - Nocardia amrae*: 28 °C
  - Nocardia pinensis*: 18 - 25°C
  - Rhodococcus* & *Gordona*: 20°C
- Άριστο pH ανάπτυξης
  - Nocardia amarae*: 5 - 7
  - Rhodococcus* & *Gordona*: 5 - 9
- Υπόστρωμα ανάπτυξης

μονοσακχαρίδια  
πολυσακχαρίδια  
λιπαρά οξέα, μικρής αλύσου  
λιπαρά οξέα, μακράς αλύσου

- Θρεπτικά

Χρησιμοποιεί οξειδωμένες και μη οξειδωμένες μορφές αζώτου ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ )

- Συχνά χρησιμοποιεί PHB σαν πηγή ενέργειας

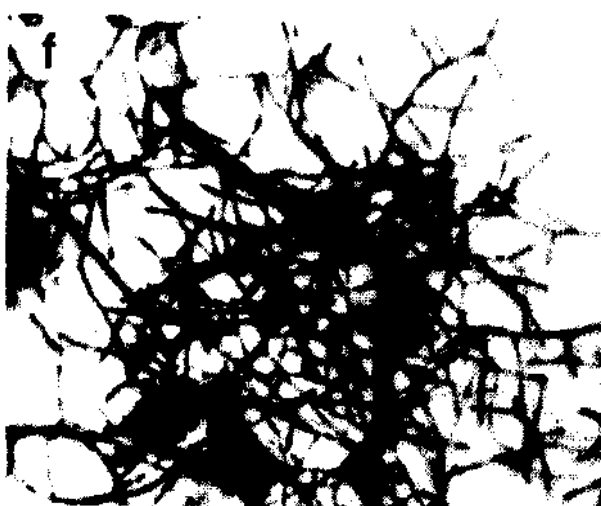
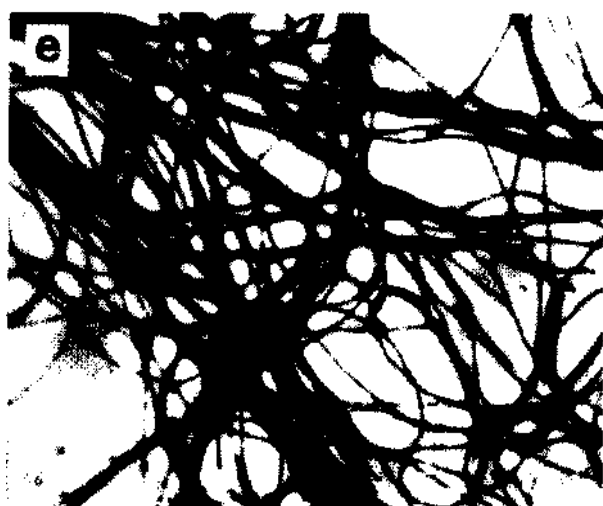
### 3. Παράγοντες επιλογής

- Παρουσία υδρόφοβων ενώσεων (λιπαρά οξέα, λάδια)
- Παρουσία επιφανειακά ενεργών ενώσεων
- Παρουσία λάσπης μεγάλης ηλικίας

### 4. Καταπολέμηση

- Απομάκρυνση των επιπλεόντων αφρολασπών
- Μείωση της ηλικίας λάσπης  $\theta_c$  (μέχρι 2,5-3 μέρες)
- Μείωση των MLSS στη δεξαμενή αερισμού
- Διακοπτόμενος αερισμός ή μείωση αερισμού  
Επιτυγχάνει όταν ο αφρός είναι μαλακός και δεν έχει σκληρυνθεί.
- Απομάκρυνση αφρολασπών με μηχανολογικό εξοπλισμό, αναρρόφησή των
- Αερόβιοι επιλογείς δεν είναι αποτελεσματικοί
- Ανοξικοί επιλογείς εργάζονται αποτελεσματικά.
- Αναερόβιοι επιλογείς δεν έχουν δοκιμασθεί ακόμη στην πράξη (Τραγανίτης, 1995)





a. type 021N

b. type 0092

c. type 0041

d. type 1851

e. *Microthrix parvicella*

f. *Nocardia* spp.  
(Τραγανίτης, 1995)

**Γ. Type 041****1. Ανάπτυξη**

- Αναπτύσσεται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων
- Περιοχή F/M, από 0,03 μέχρι 0,3.
- Αντιδραστήρες ολικής ανάμειξης ευνοούν την ανάπτυξη του.  
Πάντως αναπτύχθηκε και σε σειρά αντιδραστήρων ολικής ανάμειξης.
- Περιοχή DO ανάπτυξης, από 1 έως 6 mg/l.
- Ευνοείται από έλλειψη N και P.
- Ευρέθη και σε αφρούς από άλλους μικροοργανισμούς.

**2. Χαρακτηριστικά - φυσιολογία**

- Είναι αερόβιο βακτήριο
- Optimum θερμοκρασία : 20 - 25°C
- Optimum pH : 6,8- 7,2
- Χρησιμοποιεί σαν πηγή άνθρακα και ενέργειας λιπαρά οξέα μικράς αλύσου, όπως οξικό οξύ, αλκοόλες όπως γλυκερίνη.
- Εφεδρείες για την επιβίωση το PHB

**3. Παράγοντες επιλογής**

- Δεν διαπιστώθηκαν συγκεκριμένοι παράγοντες επιλογής
- Χαμηλά F/M μάλλον ευνοούν την ανάπτυξη
- Επιζεί και σε χαμηλό DO
- Η διακοπτόμενη τροφοδοσία δεν τον ευνοεί

**4. Καταπολέμηση**

- Δημιουργία διαβάθμισης υποστρώματος
- Χρήση αερόβιου επιλογέα
- Χρήση υπεροξειδίου του υδρογόνου 800 ml (35% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ανά 1 m<sup>3</sup> λάσπης επί 9 ώρες την ημέρα ή 75 ml/m<sup>3</sup> για 15 ώρες τη νύχτα.
- Προσθήκη αλάτων σιδήρου 26 g/m<sup>3</sup> FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O ή 5 g/m<sup>3</sup> Fe<sup>2+</sup>
- Προσθήκη φωσφορικών, παρατηρήθη, ότι μείωσε τον 0041.

## Δ. Type 021N

### 1. Ανάπτυξη

- Αναπτύσσεται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων (ζυθοποιεία, βιομηχανίες γάλακτος, πλυντήρια, βαφεία, σφαγεία, χαρτοβιομηχανίες)
- Ευνοείται σημαντικά από αναερόβια απόβλητα, τα οποία έχουν λιπαρά οξέα μικρής αλύσου και ενώσεις θείου (θειούχα μέχρι 10 mg/l σε H<sub>2</sub>S).
- Ευρέθη σε φορτίσεις F/M, από 0,1 μέχρι 0,7 kg BOD/kg MLSS d.
- Αναπτύσσεται και σε χαμηλή ή υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου.
- Αναπτύσσεται σε αντιδραστήρες ολικής ανάμειξης ως επίσης σε αντιδραστήρες που δημιουργούν διαβάθμιση υποστρώματος.
- Οι αντιδραστήρες όμως, εμβολικής ροής, κυκλικής λειτουργίας (batch sequencing reactors) ή αυτοί που έχουν επιλογή, μετριάζουν και δεν υποβοηθούν την ανάπτυξη του.
- Υψηλοί λόγο COD:N ή COD:N:P ευνοούν την ανάπτυξη του.
- Απότομη φόρτιση σε N ευνοεί την ανάπτυξη του.

### 2. Χαρακτηριστικά - φυσιολογία

- Αναπτύσσεται σε χαμηλή ή υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου.
- Πιο πολύ η εμφάνιση του εξαρτάται από την παρουσία θειούχων.
- Optimum θερμοκρασίας : 25°C - Περιοχή ανάπτυξης 15 - 30°C
- Optimum pH : 6.5 - 8, όταν PH > 8,5, ο 021N παύει να αναπτύσσεται.
- Χρησιμοποιεί ένα ευρύ φάσμα υποστρωμάτων αλδοεξόζες, κετοεξόζες, μονοσακχαρίδια, δισακχαρίδια, πρωτεΐνες, αμινοξέα, λιπαρά οξέα μικρής αλύσου.

Οι υδατάνθρακες μεγάλου μοριακού βάρους δεν χρησιμοποιούνται σαν πηγή άνθρακα.

- Χρησιμοποιεί άνθρακα από οργανικές ενώσεις και θείο από ανόργανες μη οξειδωμένες ενώσεις σαν πηγή ενέργειας.
- Σαν πηγή αζώτου, χρησιμοποιεί αμινοξέα και αμμωνιακά. Τα νιτρικά χρησιμοποιούνται μόνο με ταυτόχρονη παρουσία αμμωνιακών.
- Αύξηση της φόρτισης σε N ευνοεί πολύ τον 021 N.

- Η βέλτιστη συγκέντρωση P για τον 0021 N είναι 0,04 μέχρι 0,5 g/l. Αν P > 2,5 g/l τότε εμποδίζεται η ανάπτυξη του.
- Σαν πηγή εφεδρικής ενέργειας χρησιμοποιεί πολυφωσφορικά και ΡΗΒ.

### 3. Παράγοντες επιλογής

- Παρουσία σακχαριτών και ιδιαίτερα λιπαρών οξέων μικρής αλύσου
- Παρουσία θειούχων ενώσεων π.χ. θειοθειικών.
- Υπερφορτίσεις αμμωνιακού αζώτου.
- Πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών, επειδή εμφανίζει μικρές τιμές Ks στην εξίσωση κινητικής κατά Monod.
- Μικρότερης σημασίας, η χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου.

### 4. Καταπολέμηση

- Αντιδραστήρες με διαβάθμιση υποστρώματος

Ο 021N καταπολεμήθηκε σε αντιδραστήρες εμβολικής ροής, σε διατάξεις με ανοξικό ή αναερόβιο επιλογέα. Η βιβλιογραφία αναφέρει επίσης περιπτώσεις αποτυχίας του αντιδραστήρα εμβολικής ροής.

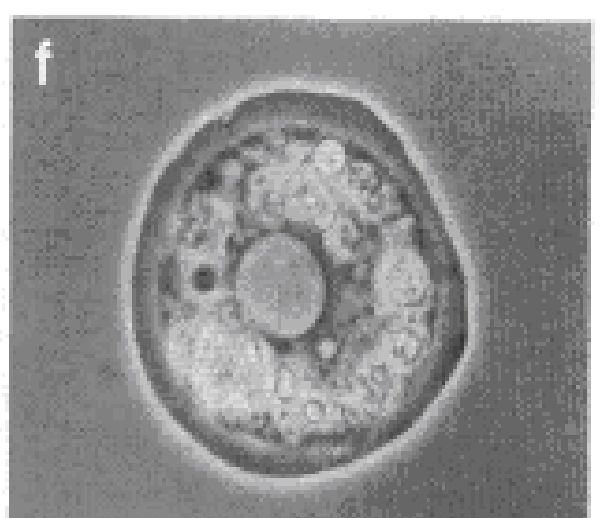
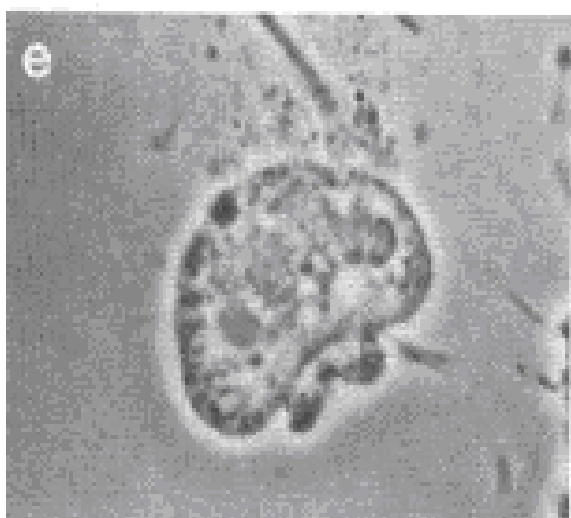
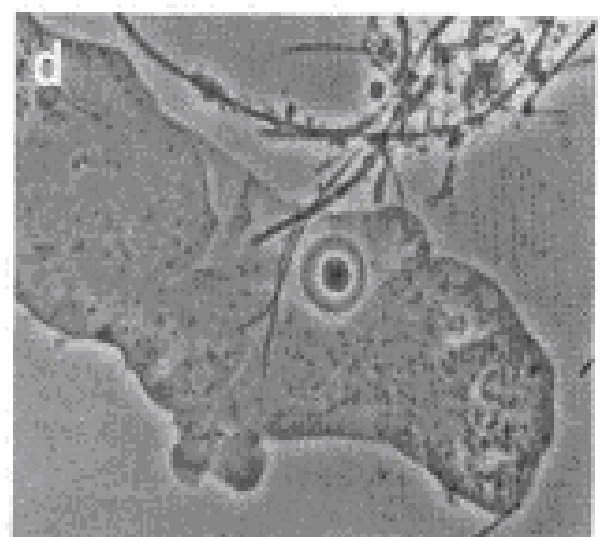
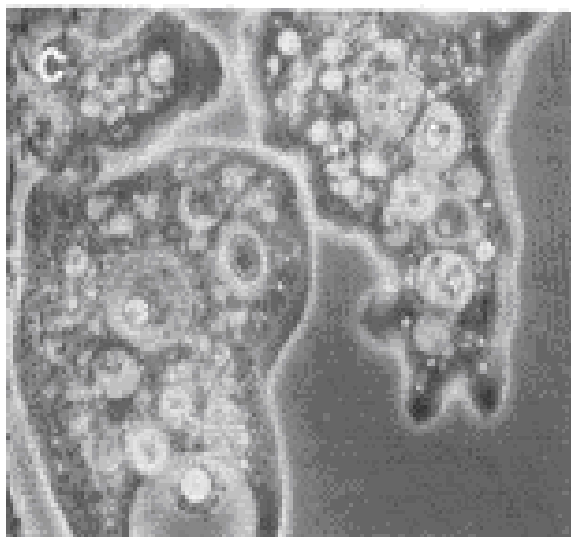
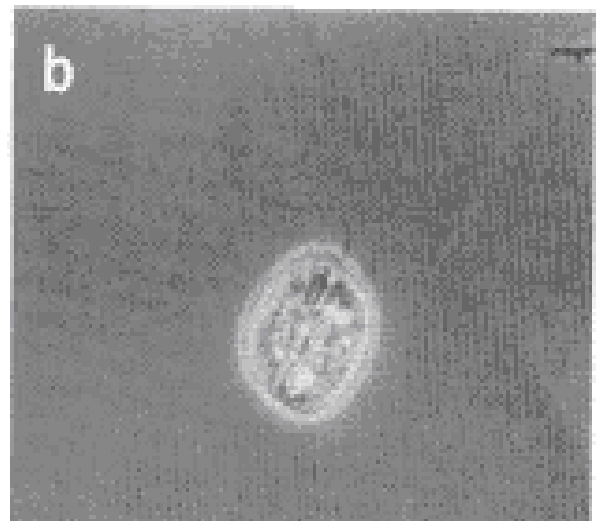
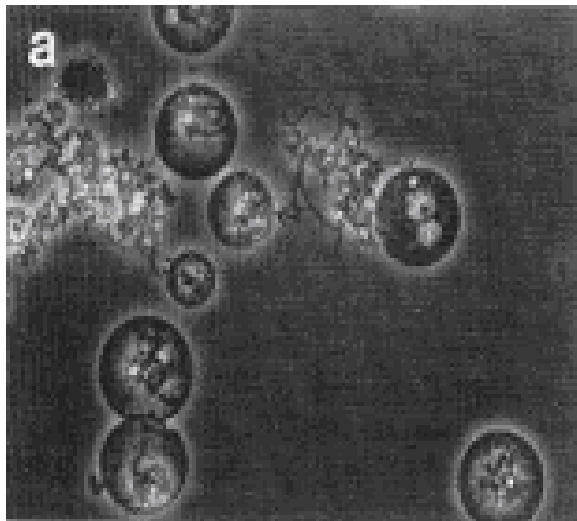
• Αερόβιοι επιλογείς, με 6 διαμερίσματα και μεγάλους χρόνους παραμονής στη δεξαμενή αερισμού. Περιορισμός υπερφορτίσεων με αμμωνιακό άζωτο.

Προσθήκη υπεροξειδίου του υδρογόνου. Συνιστάται προσθήκη υπεροξειδίου του υδρογόνου, 800 ml διαλύματος 37% σε H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ανά m<sup>3</sup> λάσπης για 9 ώρες την ημέρα ή 75 ml/m<sup>3</sup> για 15 ώρες τη νύχτα.

- Προσθήκη αλάτων σιδήρου

Συνιστάται η προσθήκη 50 - 70 g/m<sup>3</sup> θειικού σιδήρου (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) ή 10 -14 g/m<sup>3</sup> Fe<sup>2+</sup> στην είσοδο των δεξαμενών αερισμού.

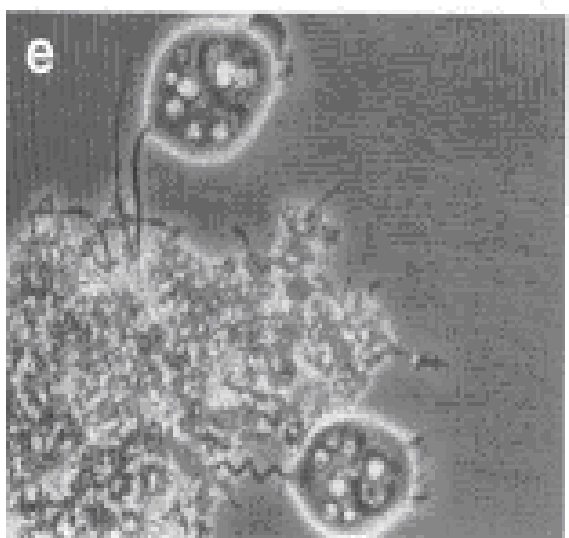
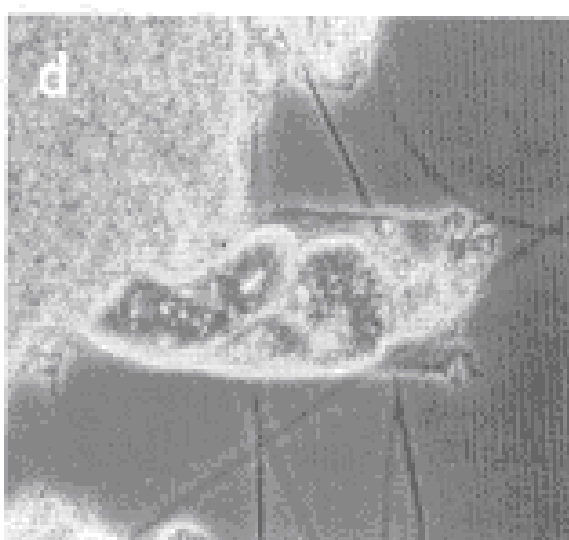
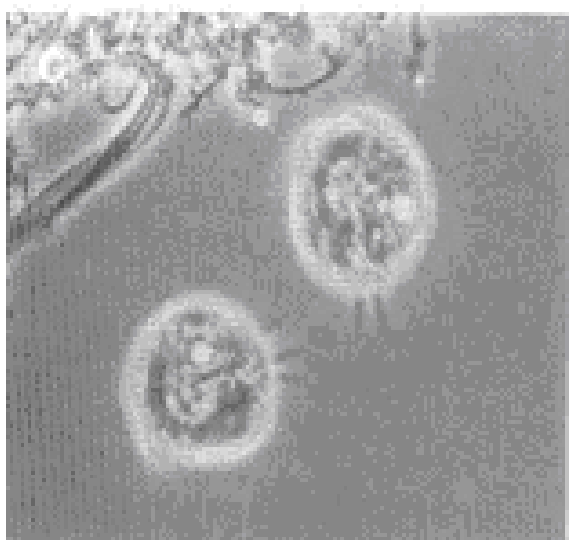
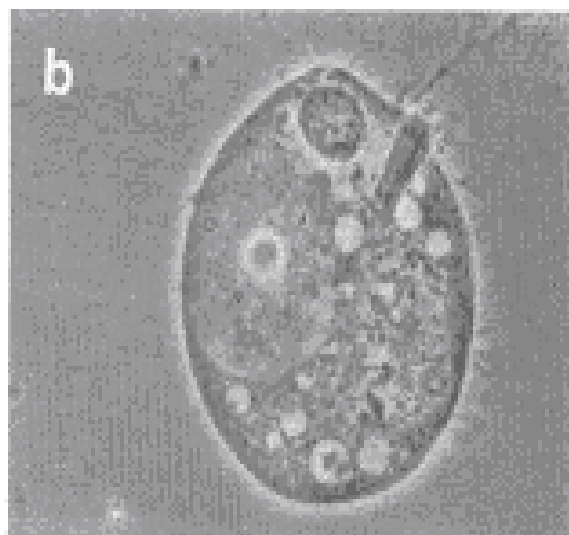
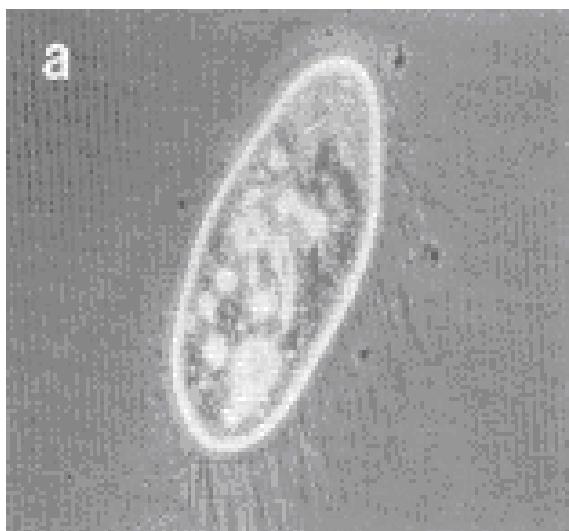
ΤΑ ΠΡΩΤΟΖΩΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ





Κοινά μαστιγοφόρα και αμοιβάδες της ενεργού ιλύος

- |                                |                                        |                                 |
|--------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|
| a. <i>Monas</i> spp. (400x)    | b. <i>Trigonomonas</i> spp.<br>(1000x) | c. <i>Polychaos</i> spp. (400x) |
| d. <i>Mayorella</i> spp.(400x) | e. και f. <i>Arcella</i> spp. (1000x)  | (Τραγανίτης, 1995)              |



Κοινά βλεφαριδωτά της ενεργού ιλύος

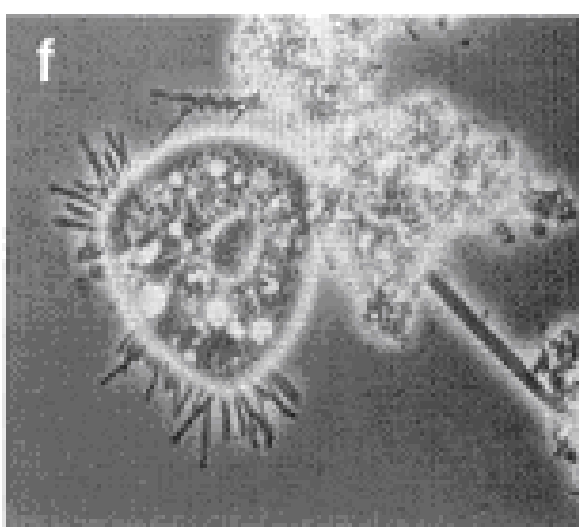
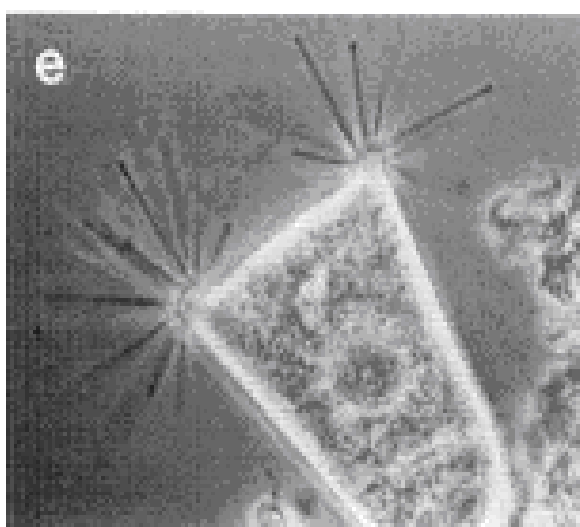
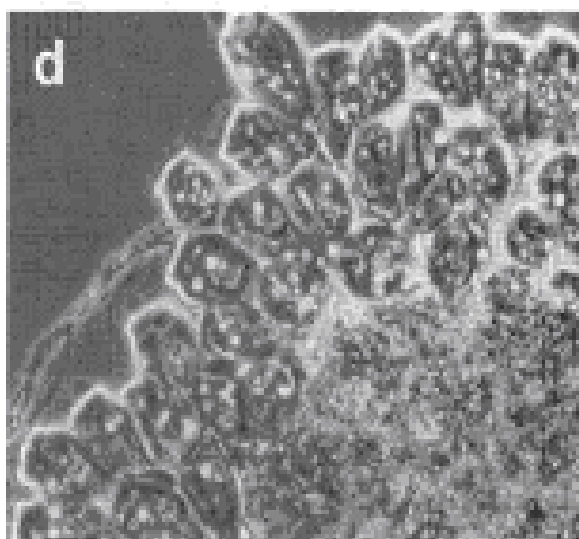
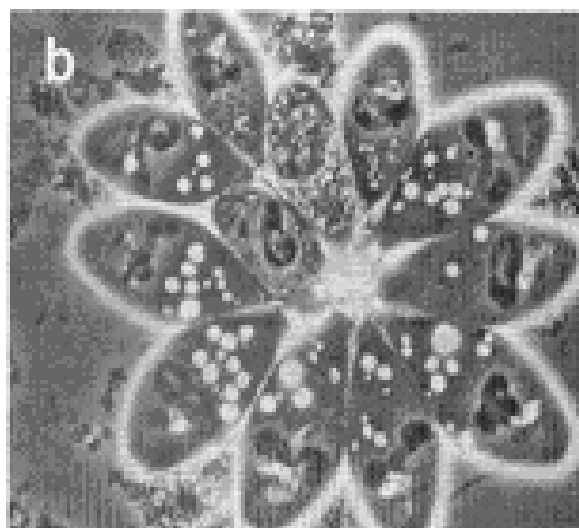
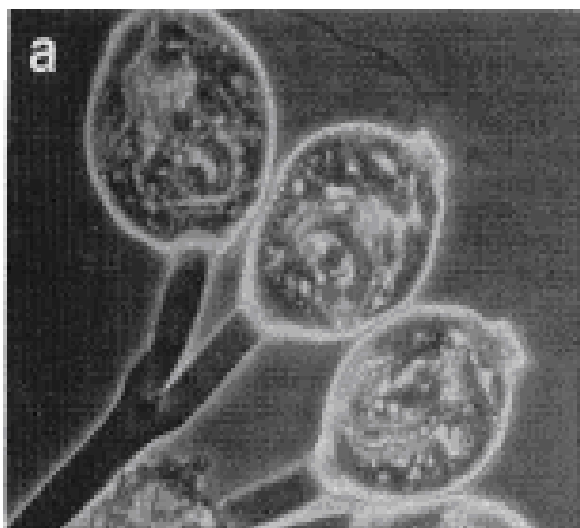
a. *Paramecium* spp. (200x)

b. *Chilodonella* spp. (400x)

c. *Aspidisca* spp. (400x)

d-f. *Vaginicola* spp. (200x)

(Τραγανίτης, 1995)



Κοινά βλεφαριδωτά (με μίσχο) της ενεργού ιλύος

a. Opercularia spp.

b. Opercularia spp.

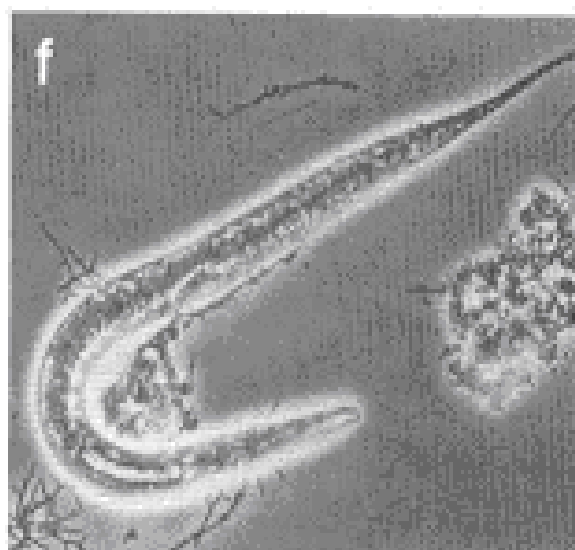
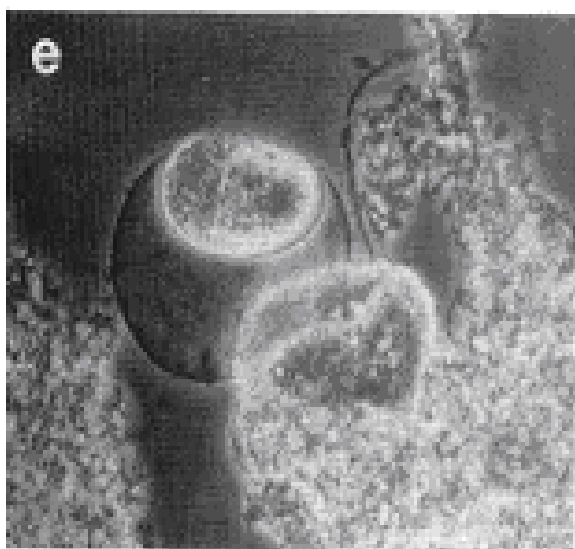
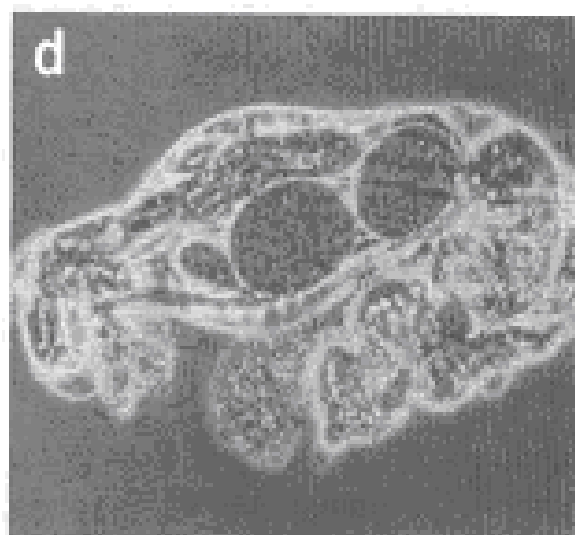
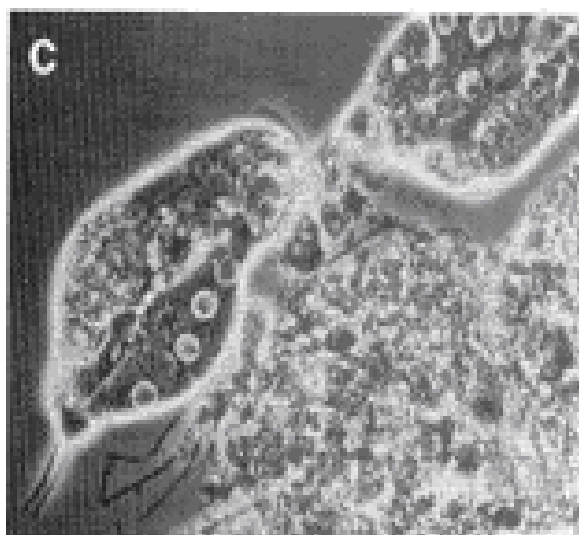
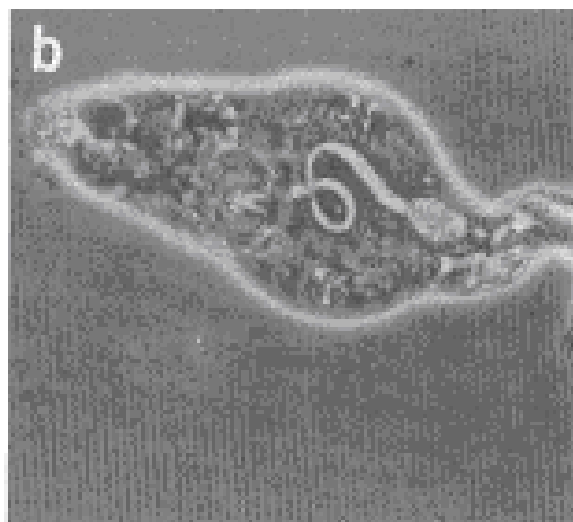
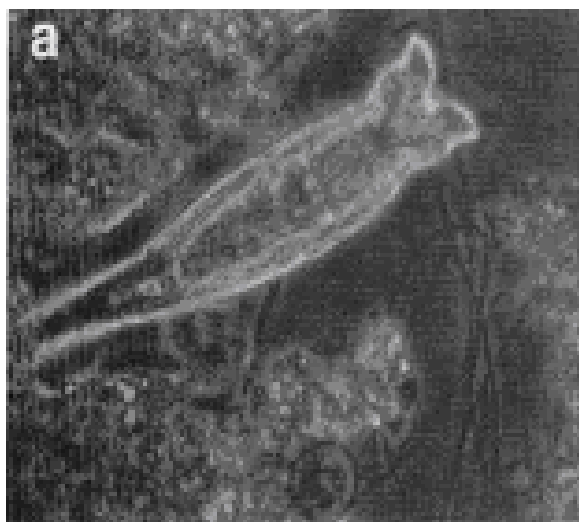
d. Carchesium spp.

e. Tokophrya spp.

c. Epistylis spp.

f. Podophrya spp.

(Τραγανίτης, 1995)



Κοινά ασπόνδυλα της ενεργού ιλύος

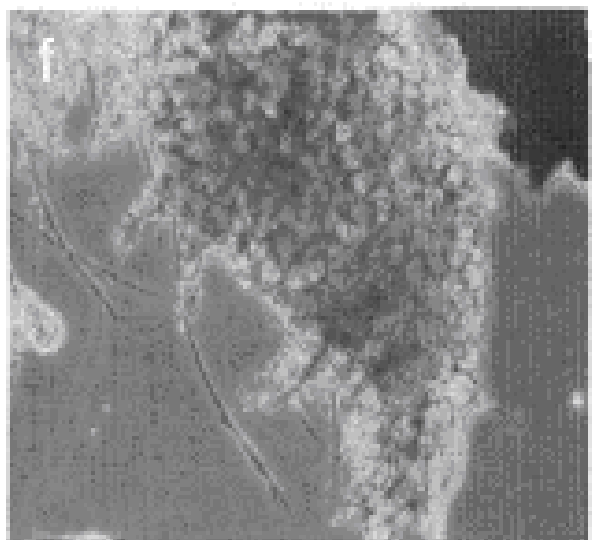
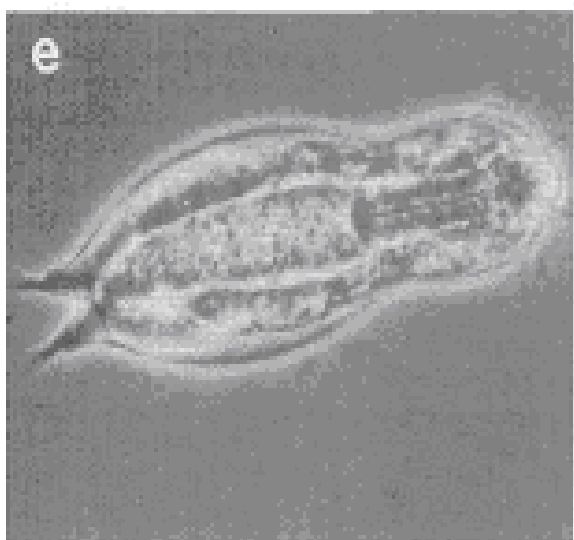
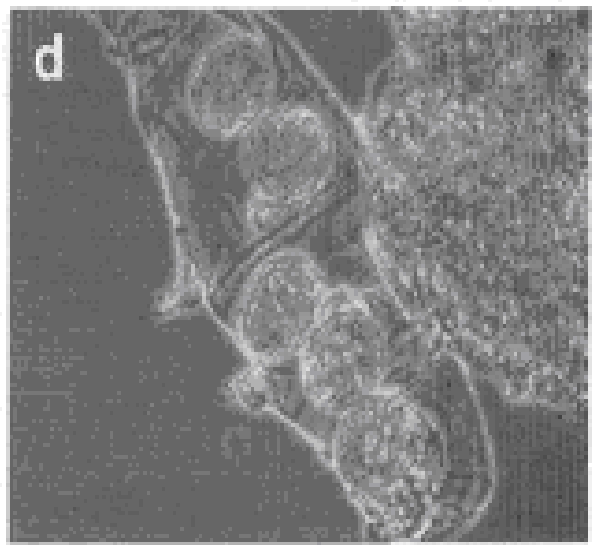
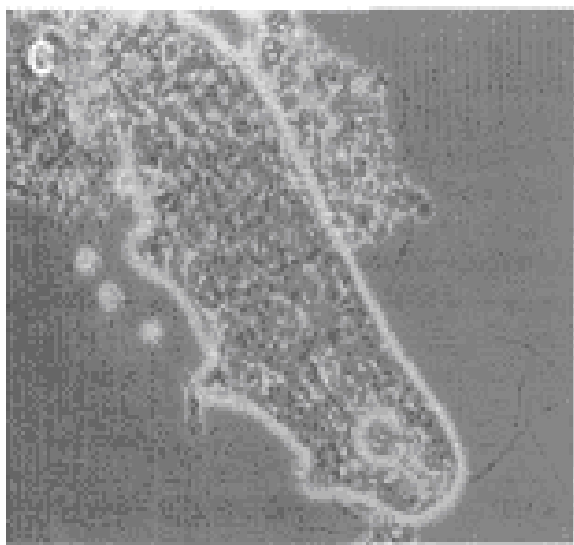
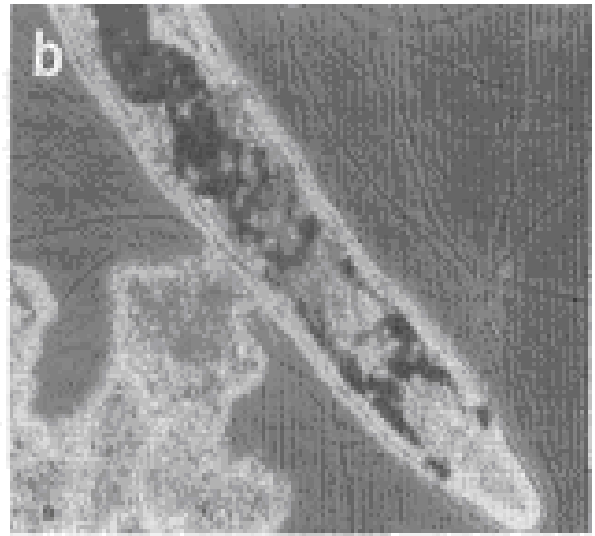
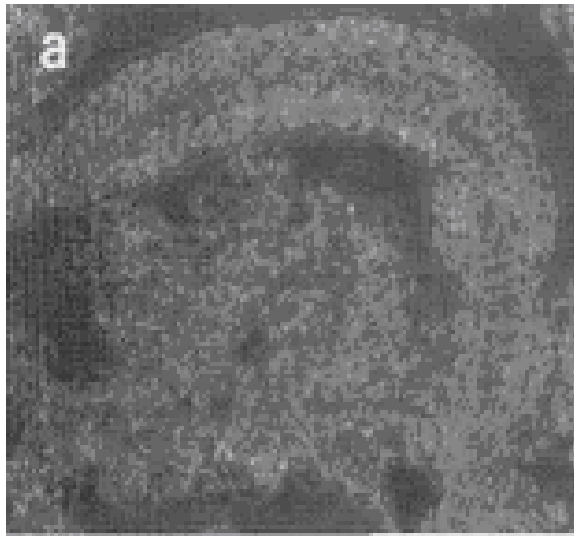
a. b. και c. Τροχόχωα  
(rotifers)

f. νηματόδης

d. Τροχόζωο με αυγά

(Τραγανίτης, 1995)

e. Κύστες τροχοζώων



Κοινά ανώτερα ασπόνδυλα της ενεργού ιλύος (Τραγανίτης, 1995)  
a. *Aeleosoma* spp. (100x)      b. *Nais* spp. (100x)      c. *Macrobiotus* spp. (200x)  
d. *Macrobiotus* spp. Eggs (200x)      e. *Ghaetonotus* spp. (200x)      f. hydrachnid (100x)

