

## **Εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων: Ένας ζωντανός οργανισμός στην υπηρεσία του εργοστασίου.**

Οι τρεις βασικές διεργασίες οι οποίες διακρίνονται στην επεξεργασία των λυμάτων σε εργοστάσια τροφίμων είναι οι εξής:

- **Φυσικές:** π.χ λιποδιαχωρισμός μέσω επίπλευσης και υποβοήθησης με αερισμό (DAF)
- **Χημικές:** π.χ οξειδωση και καταβύθιση συστατικών μέσω χημικών και κροκιδωτικών
- **Βιολογικές:** πχ. Μείωση οργανικού φορτίου (άνθρακα) μέσω κατανάλωσης του από μικροοργανισμούς.

Στο άρθρο αυτό θα επικεντρώσουμε στις βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στις Μονάδες Βιολογικού Καθαρισμού (ΜΒΚ) και οι οποίες παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες ιδιαιτερότητες αλλά και «μυστήρια» για τους συντηρητές.

Συχνά καλούμαστε να ελέγξουμε την απόδοση των εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων που λειτουργούν σε εργοστάσια παραγωγής τροφίμων. Ο λόγος στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ο χαμηλός βαθμός καθαρισμού της μονάδας έτσι ώστε η εκροή να μην ικανοποιεί τα όρια που ορίζει η νομοθεσία.

Οι τεχνικοί και συντηρητές του εργοστασίου θεωρούν ότι φροντίζουν τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις σύμφωνα τις οδηγίες του κατασκευαστή και πάρα ταύτα τα διάφορα προβλήματα παραμένουν.

Τι είναι λοιπόν αυτός ο βιολογικό καθαρισμός ενεργού ιλύος για τον οποίο τόσοσ λόγος γίνεται και που βασίζεται η λειτουργία του; Όπως φανερώνει και το ίδιο το όνομα του, πρόκειται για μια **«ζωντανή» (βιολογική) διεργασία**. Τα μηχανήματα (φουσητήρες, αντλίες) και ο λοιπός Η/Μ εξοπλισμός που χρησιμοποιούνται, δεν κάνουν τίποτα περισσότερο από το να διατηρούν τις κατάλληλες συνθήκες διαβίωσης για την κοινωνία των μικροοργανισμών (βιομάζα ή ενεργός ιλύς) που αναπτύσσονται στην δεξαμενή αερισμού. Το σημείο αυτό αποτελεί και το πρώτο βήμα για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας κάθε ΜΒΚ. Η απόδοση της μονάδας δεν σχετίζεται μόνο με τη λειτουργία των μηχανικών μερών της εγκατάστασης αλλά πρωτίστως με τη **«βιολογική ρύθμιση»** αυτής. Η λογική του «μαύρου κουτιού» στο οποίο εισέρχονται λύματα και εξέρχεται νερό, θα πρέπει να καταρριφθεί. Στην περίπτωση μιας ΜΒΚ, **δεν πρόκειται για κάποιο «μηχάνημα καθαρισμού»** που πρέπει ελέγχουμε τη σωστή πίεση και να

του αλλάζουμε φίλτρα και λάδια. Ο υπεύθυνος συντηρητής θα πρέπει να εξοικειωθεί και να νιώσει άνετα με αυτή την προσέγγιση. Θα πρέπει δηλαδή να συνειδητοποιήσει ότι «φροντίζει» κάτι ζωντανό και για το οποίο θα πρέπει να εξασφαλίζει σωστές συνθήκες ανάπτυξης όπως τακτική τροφή, οξυγόνο, θρεπτικά στοιχεία και προστασία από εχθρούς.

### **Περιγραφή του συνηθέστερου βιολογικού αντιδραστήρα που συναντάται σε εργοστάσια παραγωγής τροφίμων**

Για μικρές και μεσαίες μονάδες (παροχές μέχρι 500 m<sup>3</sup>/day) η μορφή του αντιδραστήρα που συναντάται ευρέως είναι ο βιολογικός αντιδραστήρας χαμηλής οργανικής φόρτισης (F/M < 0,1 kg BOD<sub>5</sub> / kg MLVSS). Η μορφή αυτή προσαρμόζεται καλύτερα στο μέγεθος και στις απαιτήσεις ενός εργοστασίου τροφίμων αφού συντελεί στο να απορροφούνται καλύτερα οι αιχμές της παροχής και να μειώνεται η παραγωγή περίσσειας ιλύος.

Χαρακτηριστικό του αντιδραστήρα χαμηλής φόρτισης είναι οι μεγάλοι όγκοι δεξαμενών αερισμού. Σαν αποτέλεσμα ο χρόνος παραμονής και αερισμού των λυμάτων είναι πολύ μεγαλύτερος του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος ενώ η παραγόμενη ιλύς είναι σε υψηλό βαθμό σταθεροποιημένη.

Ενώ στη συμβατική μέθοδο ενεργού ιλύος έως και 50% του οργανικού υλικού (άνθρακας) του λύματος μεταφέρεται από την υγρή φάση (λύμα) σε στερεή φάση (περίσσεια βιομάζα), στον αντιδραστήρα χαμηλής φόρτισης ιλύος, το διαθέσιμο υπόστρωμα (άνθρακας / BOD) καταναλώνεται πρωτίστως για τις ανάγκες κυτταρικής συντήρησης (maintenance) ενώ η παραγωγή νέων κυττάρων είναι ιδιαίτερα χαμηλή ή μηδενική. Αν δεν επαρκεί η ποσότητα άνθρακα, τότε μέρος των μικροοργανισμών πεθαίνουν (αυτόλυση ή λύση μη συντηρήσιμων κυττάρων) και αποδίδονται τα συστατικά τους ως υπόστρωμα στον υπόλοιπο πληθυσμό. Έτσι αυξάνεται σταδιακά η βιολογική απαίτηση οξυγόνου (BOD) και η οποία προσεγγίζει την τιμή COD. Οι συγκεντρώσεις οργανικών συστατικών θα πρέπει πλέον να αναφέρονται ως COD ή BOD<sub>20</sub> (αφού οι τιμές BOD<sub>5</sub> δεν αντιπροσωπεύουν τις συνθήκες λειτουργίας του αντιδραστήρα).

Από την Δεξαμενή Αερισμού (Δ.Α.) το μικτό υγρό (μίγμα μικροοργανισμών και επεξεργασμένων λυμάτων) οδηγείται στη Δεξαμενή Καθίζησης (Δ.Κ.) όπου με ανάλογο χρόνο παραμονής (3-4 ώρες σε μέγιστα ωριαία φορτία) η ενεργός ιλύς διαχωρίζεται από το μικτό υγρό και καθιζάνει στον πυθμένα της δεξαμενής. Ταυτόχρονα εκτελείται

ανακυκλοφορία συγκεκριμένου ποσοστού της καθιζάνουσας ιλύος από την δεξαμενή καθίζησης (συσσωματωμένοι μικροοργανισμοί) στη δεξαμενή αερισμού. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η διατήρηση της επιθυμητής συγκέντρωσης βιομάζας στη Δ.Α. (σε αντίθετη περίπτωση ο αντιδραστήρας θα «ξεπλενόταν» από τους απαραίτητους μικροοργανισμούς).

Κλασικό παράδειγμα αντιδραστήρα που ακολουθεί τη θεωρία της χαμηλής φόρτιση ιλύος είναι η μέθοδος του **παρατεταμένου αερισμού**, ενώ και ο αντιδραστήρας διαλείποντος έργου (**SBR**) μπορεί να λειτουργήσει σε αυτήν τη λογική.

### **“...Troubleshooting...”**

Παρακάτω παρουσιάζουμε κάποια από τα συχνότερα ζητήματα που συναντάμε κατά την αναγνωριστική επίσκεψη σε μια MBK και τα οποία θα πρέπει ο τεχνικός υπεύθυνος της μονάδας να τα έχει αντιμετωπίσει πριν αποταθεί σε ειδικό για περαιτέρω βοήθεια. Όπου απαιτείται θα γίνεται και μια παράθεση της θεωρίας που ισχύει σε κάθε περίπτωση ώστε ο αναγνώστης να συνδυάσει άμεσα τη θεωρία με τα πρακτικά προβλήματα που συναντώνται κατά τη λειτουργία της MBK. Πριν όμως προχωρήσουμε σε τεχνικά ζητήματα, θα αναφερθούμε στο πιο βασικό ζήτημα από όλα: την **φιλοσοφία της διοίκησης απέναντι στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ)**. Μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων θα πρέπει να αποτελεί κόσμημα για το εργοστάσιο και σημείο υπερήφανης επίδειξης από πλευράς της διοίκησης του. Η λογική της χωροθέτησης της, στην πιο μακρινή δυνατή θέση ώστε μην τη βλέπουμε και της αντιμετώπισης της ως αναγκαίο κακό είναι από καιρό ξεπερασμένη. Ειδικά με τις νέες τιμολογιακές πολιτικές των εταιριών νερού, αποχέτευσης και ηλεκτρικού ρεύματος, η ΕΕΛ γίνεται σήμερα περισσότερο από ποτέ, ένα μεσομακροπρόθεσμο παραγωγικό μέσο για το εργοστάσιο.

1. **Ποσότητα και ποιότητα λυμάτων.** Η μονάδα σχεδιάστηκε αρχικά για συγκεκριμένη παροχή αλλά με την πάροδο των χρόνων, τα ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα των λυμάτων άλλαξαν. Στο καίριο και πρωταρχικό αυτό ζήτημα παρατηρείται η πρώτη παράλειψη: Ανυπαρξία οργάνων (ροόμετρο, μετρητής Parshal κλπ) που να μετράνε την μέση και μέγιστη παροχή εισόδου αλλά και ανυπαρξία ενός σημείου δειγματοληψίας για το μέσο ομογενοποιημένο οργανικό φορτίο εισόδου. Αν δεν γνωρίζει ο μηχανικός πόσο και τι μπαίνει στη μονάδα δεν μπορεί να υπολογίσει με ακρίβεια τι θα βγει.
2. **Λειτουργία αεριστήρων:** Οι αεριστήρες δουλεύουν αλλά ο βαθμός αερισμού είναι μικρός ενώ συχνά απαιτείται αλλαγή ρουλεμάν. Όμως σε τι πίεση δουλεύει ο αεριστήρας; Εδώ συχνά απουσιάζει ή δεν δουλεύει ένα απαραίτητο όργανο, το **μανόμετρο** ώστε να πληροφορηθούμε για την αντίθλιψη που συναντάει ο κινητήρας. Αυξημένη αντίθλιψη συνεπάγεται χαμηλή παροχή αέρα, αυξημένη θερμοκρασία λειτουργίας, συχνές βλάβες στα ρουλεμάν και πρόωρη φθορά. Συνήθως δε υποδηλώνει κακή κατάσταση των υποβρύχιων διαχυτών. Εκτός από το μανόμετρο θα πρέπει ακόμη να υπάρχει ανακουφιστική βαλβίδα, διάταξη προοδευτικής εκκίνησης, κατάλληλος ρυθμιστής παροχής και αντεπίστροφη βαλβίδα.
3. **Μέτρηση στερεών MLSS αλλά και περιοδική μέτρηση MLVSS.** Μας ενδιαφέρουν τόσο τα ολικά στερεά της μονάδας όσο και η **περιεκτικότητα σε ενεργή βιομάζα**. Από την παράμετρο αυτή θα εξαχθούν συμπεράσματα για την **ηλικία ιλύος** της βιομάζας, το **ρυθμό ανάπτυξης** της καθώς και τον απαιτούμενο ρυθμό απόρριψης. Ακόμη και οι MBK με πολύ χαμηλή φόρτιση (και μεγάλη ηλικία ιλύος) πρέπει περιοδικά να απορρίπτουν λάσπη (η οποία περιέχει ως επί το πλείστον ανόργανα και μη οξειδώσιμα συστατικά).
4. **Ανακυκλοφορία ιλύος και ρυθμός απόρριψης.** Μην εκπλαγείτε εάν ακούσετε, ειδικά για το δεύτερο την ερώτηση: «τι είναι αυτό, δεν έχουμε αδειάσει ποτέ λάσπη», ή «ο δικός μας βιολογικός δεν παράγει λάσπη». **Όλες** οι MBK απαιτούν για τη σωστή λειτουργία του βιοαντιδραστήρα, τακτική παρακολούθηση και ρύθμιση του ποσοστού ανακυκλοφορίας και του ποσοστού απόρριψης ιλύος. Ο υπολογισμός της ανακυκλοφορίας γίνεται με βάση την συγκέντρωση σχεδιασμού MLSS στη δεξαμενή αερισμού. Αν η μεταβολή της βιομάζας θεωρηθεί αμελητέα (μόνο για χαμηλή φόρτιση ιλύος) μπορεί να γίνει

ισοζύγιο μάζας γύρω από τη δεξαμενή αερισμού. Για τις ανάγκες των συντηρητών ισχύει ο τύπος

$$r = \frac{X}{X_R - X}$$

όπου

r : ποσοστό της παροχής εισόδου που πρέπει να ανακυκλοφορείται

X: συγκέντρωση MLSS στη δεξαμενή αερισμού.

X<sub>R</sub>: συγκέντρωση MLSS στη δεξαμενή καθίζησης.

Με μια συνήθη τιμή X = 4.000 mg/lit και X<sub>R</sub> = 11.000 mg/lit προκύπτει ότι η παροχή της επιστροφής ιλύος (ανακυκλοφορία) θα πρέπει να είναι περίπου ίση με το 60% της μέσης παροχής εισόδου.

5. **Ανεπαρκής δεξαμενή αερισμού και Η/Μ εξοπλισμός:** Μια MBK μπορεί να σχεδιάστηκε σωστά προ αρκετών ετών, να ήταν επαρκής για τα δεδομένα της εποχής αλλά πλέον να μην μπορεί να ανταποκριθεί στα αυξημένα ρυπαντικά φορτία. Στην περίπτωση αυτή και δεδομένου ότι είναι πρακτικά δύσκολο να μεγαλώσουμε ή να ανακατασκευάσουμε την μονάδα (που θα ήταν βέβαια και το πιο σωστό) δυο λύσεις υπάρχουν :
- Μπορούμε να αυξήσουμε την συγκέντρωση MLVSS μέχρι την τιμή των 4.000 mg/lit. Μεγαλύτερη αύξηση της συγκέντρωσης βιομάζας είναι άνευ ουσίας γιατί είναι πρακτικά αδύνατο να τροφοδοτηθεί με οξυγόνο (περιορισμένη διαλυτότητα οξυγόνου στο νερό). Επίσης η δεξαμενή καθίζησης θα ήταν ανεπαρκής για τον επιτυχή διαχωρισμό στερεών και νερού.
  - Λειτουργία της MBK σε δύο mode: σε περιόδους χαμηλού και μεσαίου υδραυλικού φορτίου, βιοοξειδωση της περίσσειας βιομάζας εντός της δεξαμενής αερισμού. Στις περιόδους αιχμής, τακτική απόρριψη λάσπης. Αυτό απαιτείται γιατί η υπάρχουσα δεξαμενή αερισμού επαρκεί για την οξείδωση του οργανικού φορτίου (BOD) των λυμάτων, όχι όμως και για την εξολοκλήρου οξείδωση της καθημερινά παραγόμενης (περίσσειας) βιομάζας.