

Η ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ

1. ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΛΥΜΑΤΟΛΑΣΠΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΘΕΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ (ΒΙΟΕΝΙΣΧΥΣΗ)

Γ. Ευθήμερος

Δρ. Χημ. Μηχανικός

I. Εισαγωγή



Αποτελεί γεγονός ότι η διαχείριση της περίσσειας λυματολάσπης σε Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.), αντιστοιχεί περίπου στο 40-50% του λειτουργικού κόστους της Ε.Ε.Λ. Διάφορες τεχνικές και τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία 50 χρόνια που κυρίως αποσκοπούν στην αύξηση της συγκέντρωσης στερεών στην περίσσεια λυματολάσπη ώστε να μειώνεται ο όγκος της. Τέτοιες είναι η χρήση κροκκιδωτικών, η πάχυνση, η αφυδάτωση με μηχανικά μέσα όπως φυγοκεντρικοί διαχωριστές, ταινιοφιλτράρες, κοχλίες αφυδάτωσης,

μέχρι και κλίνες ξήρανσης ή άλλες μέθοδοι. Η διάθεση αφορά συνήθως εφαρμογές σαν υλικό εδάφους ή εδαφοβελτιωτικό, ή ακόμη και η καύση, κυρίως στις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες. Ανεξάρτητα όμως των παραπάνω, το κόστος διαχείρισης της περίσσειας λυματολάσπης είναι μεγάλο και υπό την παρούσα παγκόσμια συγκυρία, η εκτίμηση είναι ότι θα συνεχίσει να αυξάνεται.

Καθώς οι μέθοδοι της προηγούμενης παραγράφου αποσκοπούν τη μείωση του όγκου της δευτεροβάθμιας λάσπης που έχει ήδη απορριφθεί σε μια Ε.Ε.Λ., το ενδιαφέρον στρέφεται πλέον σε μέσα και τρόπους που εστιάζονται στη μείωση του όγκου που απορρίπτεται αρχικά και κατά συνέπεια στην ποσότητα της λάσπης που παράγεται κατά την επεξεργασία. Ήδη αρκετές ΕΕΛ σε Δήμους ανά την Ελλάδα, εφαρμόζουν προγράμματα προσθήκης μικροοργανισμών στη δευτεροβάθμια επεξεργασία προς αυτό τον στόχο.

Σε αυτή τη βάση εξετάζονται:

- i) Εάν η προσθήκη αυτή επιτυγχάνει τη μείωση της περίσσειας προς απόρριψη λυόσ
- ii) Σε ποιο μέγιστο βαθμό μπορεί να επιτυγχάνεται αυτή η απόρριψη
- iii) Με ποια μέθοδο και διαδικασία πιστοποιείται η απόδοση αυτή.

Τις απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά δίδουν μόνο η επιστημονική τεκμηρίωση και η διεθνής πρακτική.

II. Βιοτεχνολογία και πως υπεισέρχεται στη μείωση της απορριπτόμενης περίσσειας

Τα βακτήρια που αποτελούν τη 'βιομάζα' ενός βιολογικού αντιδραστήρα, σαν και αυτούς που απαντώνται στη δευτεροβάθμια επεξεργασία σε Ε.Ε.Λ. μεταβολίζουν το υπόστρωμα των λυμάτων. Ως υπόστρωμα νοείται το οργανικό κυρίως και σε πολύ μικρότερο βαθμό το ανόργανο, φορτίο των αποβλήτων. Για να μπορέσουν τα βακτήρια να το πετύχουν, το υπόστρωμα πρέπει να είναι τόσο μικρό ώστε να μπορεί να διέλθει από την κυτταρική μεμβράνη των βακτηρίων.

Σωματιδιακό και κολλοειδές φορτίο κατά συνέπεια, λόγω του μεγέθους του (πολλαπλάσιο των βακτηρίων) δεν μπορεί να μεταβολιστεί και μετέχει ανεπεξέργαστο στον όγκο και το βάρος της περίσσειας λυματολάσπης, καθώς δεν υπάρχει άλλος τρόπος να απομακρυνθεί.

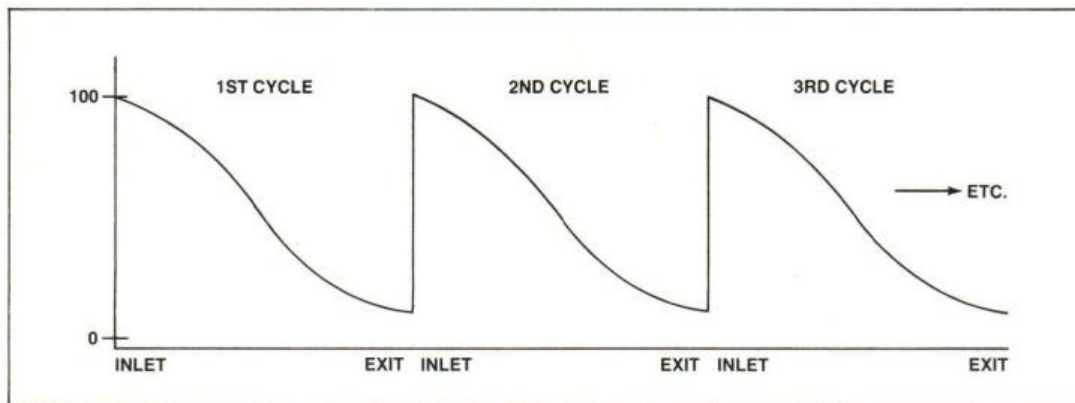
Τυπικά, για κάθε γραμμάριο υποστρώματος που τα βακτήρια καταναλώνουν, παράγονται 0,6-0,7 γραμμάρια νέας κυτταρικής μάζας, η οποία προσμετράται στη μάζα της 'ενεργούς ιλύος'. Εύλογα προκύπτει το συμπέρασμα ότι αν με κάποιο τρόπο είναι εφικτό το σωματιδιακό και κολλοειδές φορτίο να 'σπάσει' σε μικρότερα κομμάτια που μπορούν να αφομοιωθούν από τα βακτήρια, αυτομάτως η μάζα του μειώνεται κατά ένα επιπλέον 30-40%.

Εδώ ακριβώς υπεισέρχεται η βιοτεχνολογία, καθώς ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτή η 'διαλυτοποίηση' του σωματιδιακού/κολλοειδούς φορτίου, είναι οι καταλύτες της βιολογίας, τα ένζυμα.

Πολλά βακτήρια είναι ικανά να παράγουν ένζυμα που διαλυτοποιούν τέτοιες πολύπλοκες ενώσεις και τις μετατρέπουν σε ενώσεις μικρότερου μοριακού βάρους. Μάλιστα, τα ένζυμα αυτά αποκαλούνται 'εξωκυτταρικά', αφού αποβάλλονται από τα βακτήρια στο περιβάλλον τους. Σε συνθήκες όπου στο περιβάλλον τους περικλύζονται από διαλυτή τροφή, τα βακτήρια δεν έχουν λόγο να παράγουν εξωένζυμα, ή τα παράγουν με μειωμένο ρυθμό, καθώς δεν υπάρχει ανάγκη για διαλυτοποίηση υποστρώματος ώστε να τραφούν.

Εντούτοις, υπάρχουν ποικιλίες βακτηρίων που παράγουν εξωένζυμα ακόμη και σε συνθήκες επάρκειας τροφής. Τα βακτήρια αυτά υπάρχουν στην πανίδα μιας Ε.Ε.Λ. αλλά τείνουν να αναπαράγονται αργά, αφού η έμφαση δίνεται στην παραγωγή ενζύμων και όχι στην αναπαραγωγή. Έτσι δεν μπορούν να επικρατήσουν και αποτελούν μια μικρή μειονότητα στο σύστημα.

Τα βακτήρια υπό συνθήκες έλλειψης τροφής παράγουν εξωένζυμα με ταχύτερο ρυθμό, καθώς με τα ένζυμα είναι πιθανότερο να μπορέσουν να δημιουργήσουν τροφή από το σωματιδιακό / κολλοειδές υπόστρωμα. Κατά την παραμονή τους σε ένα βιολογικό αντιδραστήρα, τα βακτήρια διέρχονται από διάφορα περιβάλλοντα ως προς το διαθέσιμο υπόστρωμα. Έτσι, τα βακτήρια ζουν μέσα στη δεξαμενή αερισμού με επάρκεια / περίσσεια υποστρώματος, προωθούνται στη δεξαμενή καθίζησης σε συνθήκες έλλειψης υποστρώματος για να επιστρέψουν με την ανακυκλοφορία στην είσοδο της δεξαμενής αερισμού με περίσσεια υποστρώματος.



Αυτή η εναλλαγή στη συγκέντρωση BOD στο περιβάλλον των βακτηρίων περιορίζει την ικανότητα των ενδογενών βακτηρίων να παράγουν εξωένζυμα. Έτσι, οι Ε.Ε.Λ. είναι άριστα συστήματα για την απομάκρυνση διαλυτού οργανικού φορτίου, αλλά αντιμετωπίζουν δυσκολία στη διαλυτοποίηση σωματιδιακού ή κολλοειδούς.

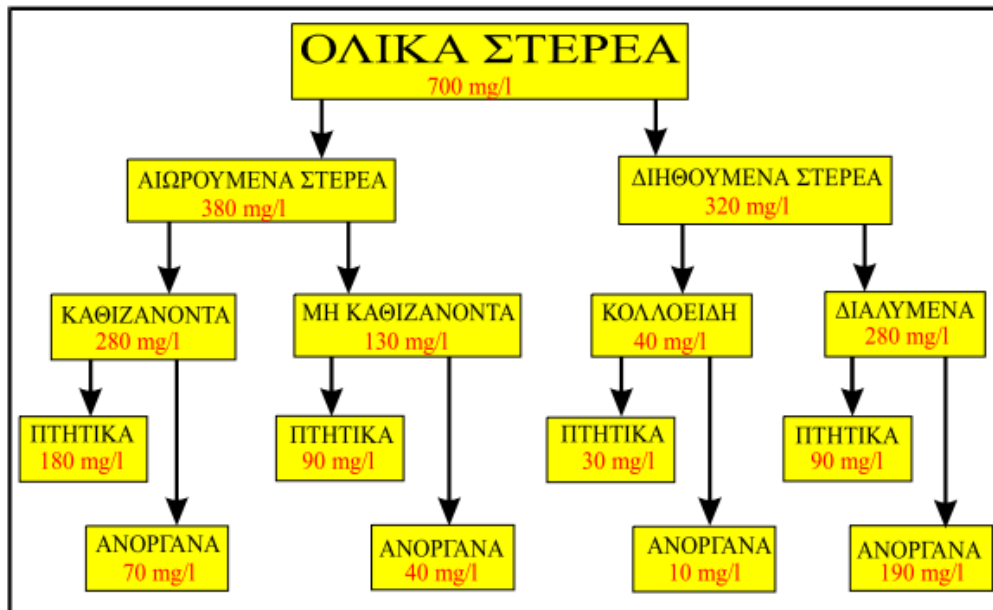
Η εφαρμογή της βιοτεχνολογίας αφορά την προσθήκη ειδικών ποικιλιών βακτηρίων, τα οποία αναπτύσσονται συνήθως σε συνθήκες 'πείνας', τα οποία προστιθέμενα στον αντιδραστήρα παράγουν σταθερά αυξημένη ποσότητα εξωενζύμων ώστε να προάγεται η διαλυτοποίηση σωματιδιακού και κολλοειδούς φορτίου. **Συνήθως στις εφαρμογές αυτές, τα βακτήρια αυτά αποτελούνται από διάφορα είδη ώστε να παράγονται διαφορετικά είδη ενζύμων, αφού το σωματιδιακό φορτίο σε μια Ε.Ε.Λ. είναι διαφορετικών συστάσεων (υδατάνθρακες, σάκχαρα, πολυσακχαρίτες, λίπη, κλπ.) και όχι από ένα είδος μόνο.** Κατ' αυτόν τον τρόπο είναι εφικτή η μείωση της μάζας και του όγκου της παραγόμενης λάσπης, αφού όσο περισσότερο διαλυτό είναι το φορτίο, τόσο περισσότερη η μεταβολική δραστηριότητα των βακτηρίων, άρα μεγαλύτερο ποσοστό οργανικής ύλης μετατρέπεται σε CO₂, νερό και νέα κυτταρική μάζα.

Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό, ότι τα οφέλη από την εφαρμογή της βιοτεχνολογίας δεν περιορίζονται μόνο στη μείωση της παραγόμενης λυματολάσπης, αλλά έχουν και άλλες εφαρμογές, όπως η βελτίωση των διεργασιών της νιτροποίησης-απονιτροποίησης, η καταπολέμηση των οσμών, η διαλυτοποίηση λιπαρών ουσιών, κλπ. τα οποία θα αναφερθούν σε επόμενα άρθρα.

III. Μέχρι ποιο βαθμό είναι ρεαλιστική η μείωση της περίσσειας λυματολάσπης

Εύλογα γεννιέται το ερώτημα: **Αφού η βιοτεχνολογία μπορεί να ενισχύσει τη διαλυτοποίηση του οργανικού φορτίου στο υπόστρωμα, είναι εφικτή η ολική εξαφάνιση της περίσσειας ιλύος, ώστε όλο το οργανικό υπόστρωμα να μετατρέπεται σε CO₂ και νερό;** Η απάντηση είναι προφανώς **ΟΧΙ**, αφού δεν πρέπει να ξεχνάμε την ποσότητα νέας κυτταρικής βιομάζας που θα παραχθεί, αφετέρου δε γιατί η διαλυτοποίηση δεν είναι ρεαλιστικό να συμβαίνει με 100% απόδοση στο 100% των στερεών στις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας μιας Ε.Ε.Λ.

Για να γίνει πιο αντιληπτός ο βαθμός απόδοσης της βιοτεχνολογίας, πρέπει να εξετάσουμε τη σύσταση των λυμάτων ώστε να εκτιμήσουμε το τι μπορεί να αποτελέσει υπόστρωμα για τους μικροοργανισμούς. Σε αυτό θα βοηθήσει το παρακάτω διάγραμμα που απεικονίζει την **τυπική σύσταση στερεών** στα αστικά λύματα:



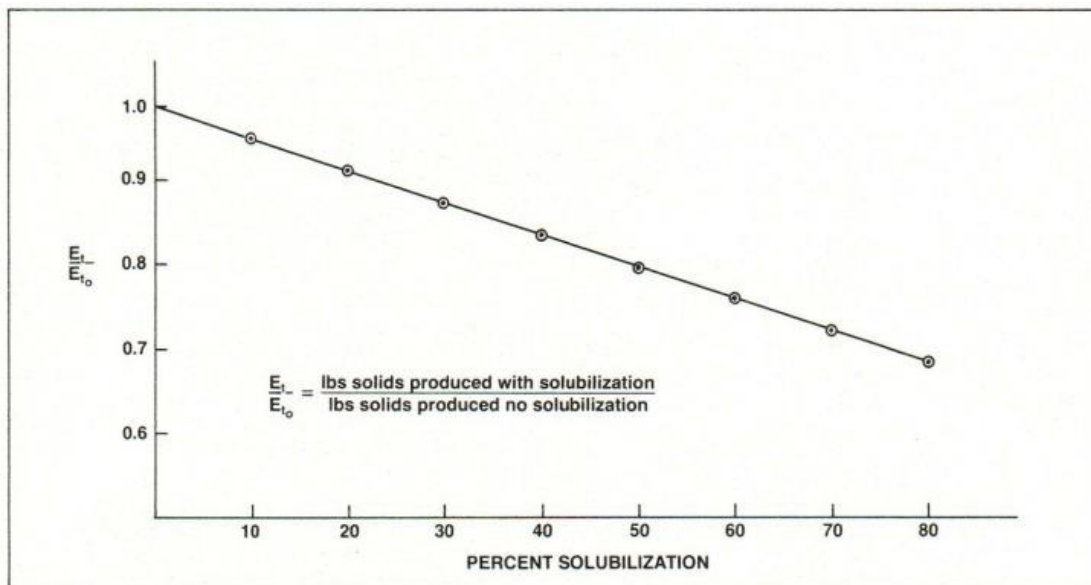
Πηγή: Απ. Βλυσίδης: Χαρακτηριστικά Αστικών Λυμάτων, 2007, Ε.Μ.Π.

Από το παραπάνω σχήμα, είναι φανερό ότι το άθροισμα των πτητικών στερεών σε ένα τυπικό αστικό λύμα, αγγίζει το 56% της συνολικής εισερχόμενης ποσότητας. Αυτό το κλάσμα αποτελεί υπόστρωμα για τους μικρο-οργανισμούς, οι οποίοι θα το μετατρέψουν σε CO₂, νερό και 0,6-0,7 g νέας κυτταρικής βιομάζας ανά 1 g υποστρώματος.

Το ισοζύγιο των πτητικών στερεών περιλαμβάνει στα ισχύοντα θεωρητικά μοντέλα (π.χ. Benedict et. al. 1979) τρεις όρους: τα μη διασπώμενα πτητικά στερεά, τα πτητικά στερεά που παράγονται λόγω της βιομάζας και το κλάσμα των διασπώμενων πτητικών που δεν μεταβολίζονται και καταλήγουν στην έξοδο του συστήματος. Τμήμα των διαλυτών πτητικών στερεών καταναλώνεται από ανώτερες μορφές ζωής (πρωτόζωα, rotifers κλπ.) και αφομοιώνεται από τα κύτταρα των βακτηρίων προς παραγωγή CO₂ σαν αποτέλεσμα της αναπνοής των κυττάρων ή κατά την ενδογενή φάση τους.

Για τα πτητικά στερεά, τα ισχύοντα θεωρητικά μοντέλα δείχνουν ότι η επεξεργασία μιας ποσότητας μη διαλυτών πτητικών στερεών, έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή διπλάσιας ποσότητας στερεών σε σχέση με την επεξεργασία της ίδιας ποσότητας διαλυτών. **Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση της ποσότητας υποστρώματος (εισερχόμενο BOD₅) κατά 50%, δίνει 59% περισσότερα στερεά, αν η αύξηση αυτή οφείλεται σε μη διαλυτά πτητικά, ενώ μόλις 28% αν η αύξηση είναι σε διαλυτά πτητικά (35,6% μείωση).**

Το συμπέρασμα λοιπόν που προκύπτει, και το οποίο αποτελεί τη βάση των εφαρμογών βιοενίσχυσης, είναι ότι προάγοντας τη διαλυτοποίηση αδιάλυτων πτητικών ενώσεων, προάγεται η μετατροπή αυτών σε CO₂ έναντι της παραγωγής στερεών ή της ενσωμάτωσης στη βιολογική ιλύ. Αυτό απεικονίζεται στο διάγραμμα του επόμενου σχήματος που εφαρμόζει το μοντέλο του Benedict.



Ακόμη και στην ιδανική περίπτωση που όλο το πτητικό κλάσμα των λυμάτων διαλυτοποιηθεί από εξω-ένζυμα και αποτελέσει υπόστρωμα για τους μικροοργανισμούς, από τα 700 mg/l στερεών (βλ. προηγούμενη εικόνα) θα παραμείνουν 427 mg/l ανόργανων και νέων κυττάρων. Άρα η μέγιστη μείωση στην περίπτωση αυτή θα είναι 39% στο σύνολο των στερεών ή 70% στο υποσύνολο των πτητικών.

Καθώς στην πράξη 100% διαλυτοποίηση δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί για πάρα πολλούς λόγους που σχετίζονται με τη διακύμανση των λυμάτων και των λειτουργικών παραμέτρων της Ε.Ε.Λ. από μέρα σε μέρα, **μειώσεις της τάξης του 25-50% στην παραγόμενη ποσότητα λάσπης είναι ρεαλιστικές και έχουν καταγραφεί στο παρελθόν** με τη χρήση βακτηρίων βιοενίσχυσης. Ήδη από το διάγραμμα της προηγούμενης εικόνας, **ακόμη και για 80% ποσοστό διαλυτοποίησης, η φαινόμενη μείωση είναι της τάξης του 32%** όπως προκύπτει από τα θεωρητικά μοντέλα.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα ποσοστά που αναφέρθηκαν νωρίτερα αφορούν το σύνολο των μετρούμενων στερεών (πτητικά και ανόργανα), παρά του ότι η **διαλυτοποίηση αφορά τα πτητικά**.

IV. Ο ρόλος των ανόργανων στερεών στην ποσότητα λάσπης

Για τα πτητικά στερεά η προηγούμενη ενότητα περιγράφει με βάση τα θεωρητικά μοντέλα τη μοίρα τους σε μια μονάδα επεξεργασίας. Τα ανόργανα στερεά καταλήγουν ως εξής:

- Τμήμα των αιωρούμενων στερεών καταλήγει στην περίσσεια βιολογική ιλύ.
- Από τα διηθούμενα στερεά, το ανόργανο κλάσμα των διαλυμένων στερεών συνήθως εξέρχεται αυτούσιο της μονάδας στην έξοδο της Ε.Ε.Λ.
- Τμήμα των κολλοειδών και το σύνολο σχεδόν των ανόργανων αιωρούμενων στερεών καταλήγει στη λάσπη ή απομακρύνεται με χημικά μέσα.

Συνήθως στις Ε.Ε.Λ. η δευτεροβάθμια περίσσεια (βιολογική) λυματολάσπη ανακατεύεται με τα υπόλοιπα στερεά (πρωτοβάθμια λάσπη και χημική λάσπη) και η διαχείρισή τους γίνεται από κοινού (πάχυνση, αφυδάτωση, κλπ.).

Για παράδειγμα, σε μια Ε.Ε.Λ. δυναμικότητας 10.400 ι.π., η οποία λαμβάνει καθημερινά 2.080 m³/d λυμάτων, η ημερήσια θεωρητικά υπολογιζόμενη ποσότητα απορριπτόμενης βιολογικής περίσσειας υλός είναι περίπου 350 kgSS/d ενώ η παραγόμενη περίσσεια πρωτοβάθμια-χημική, της τάξης των 205 kgSS/d. Σε αυτή τη βάση, **μείωση της παραγόμενης περίσσειας υλός κατά 25% σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, θα αντιστοιχούσε σε μείωση κατά ~16% στη συνολική ποσότητα στερεών που απορρίπτονται από τη μονάδα, αφού το ανόργανο κλάσμα (χημική λάσπη) δεν μεταβάλλεται.**



Είναι φανερό από τα παραπάνω ότι τα ανόργανα στερεά μετέχουν και αυτά στις ποσότητες στερεών τόσο στον αντιδραστήρα όσο και στις απορριπτόμενες ποσότητες στερεών και μάλιστα σε μεγάλο βαθμό. Εύλογα λοιπόν προκύπτει το ερώτημα, σε μονάδες που εφαρμόζουν μεθόδους βιοενίσχυσης, πως μετρείται η επιτυγχανόμενη μείωση.

V. Πως μετρείται η επιτυγχανόμενη μείωση

Ίσως η πιο σημαντική παράμετρος σε μια τέτοια εφαρμογή βιο-ενίσχυσης για τη μείωση της παραγόμενης περίσσειας λυματολάσπης, είναι ο τρόπος που αυτή μπορεί να πιστοποιηθεί. Ο τρόπος αυτός δεν είναι εύκολος, καθώς σε μια Ε.Ε.Λ. συντρέχουν τα κάτωθι καθημερινά:

- **Διακύμανση οργανικού και υδραυλικού φορτίου**. Όσο περισσότερο BOD καταναλώνεται από τα βακτήρια, τόσο αυξάνει ο όγκος της παραγόμενης περίσσειας.
- **Διακύμανση λειτουργικών παραμέτρων** όπως ρυθμός ανακυκλοφορίας, ρυθμός οξυγόνωσης κλπ τα οποία έχουν άμεση επίπτωση στην παραγωγή υλός.
- **Διακύμανση παραγωγής πρωτοβάθμιας και χημικής λάσπης** που μετέχει στο ισοζύγιο εξερχόμενων στερεών από την Ε.Ε.Λ.
- **Αλλαγή συγκεντρώσεων MLSS** σε δεξαμενή αερισμού και ανακυκλοφορία.
- **Ικανότητα προσωρινής αποθήκευσης περίσσειας** σε ενδιάμεσες δεξαμενές σε κάποιες Ε.Ε.Λ.

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η χρονική μονάδα μέτρησης δεν μπορεί να είναι η μια ημέρα. Θα πρέπει τα αποτελέσματα και οι αναλύσεις να εξετάζονται σε βάθος μήνα ώστε να εξαχθούν σωστά συμπεράσματα. Τα αποτελέσματα αυτά, θα πρέπει κατ' ελάχιστο να είναι τα εξής:

- **Μέσος μηνιαίος όρος συγκεντρώσεων πτητικών και αιωρούμενων στερεών του ρεύματος απόρριψης (mg/l).**
- **Μέσος μηνιαίος όρος στερεών στην έξοδο της Ε.Ε.Λ.**
- **Μέσος μηνιαίος όρος των ημερήσιων όγκων απορριπτόμενης λάσπης (m³).**

- **Μέση τιμή μήνα του συντελεστή παραγωγής βιομάζας, εκφρασμένος σαν kgSS ανά kg BOD.**
- **Μηνιαίο ζυγολόγιο απομακρυνόμενης αφυδατωμένης λυματολάσπης. Κάθε Ε.Ε.Λ. απομακρύνει την αφυδατωμένη λάσπη τακτικά, συνήθως σε κάποιο συμβεβλημένο υπεργολάβο, οπότε υπάρχουν στοιχεία βάρους και ποσότητας (αριθμός φορτηγών).**

Τα παραπάνω στοιχεία είναι μόνο κάποια ελάχιστα που μπορούν να δώσουν μια ορθή απεικόνιση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής βιοενίσχυσης. Σε κάθε περίπτωση, η οποιαδήποτε σύγκριση θα πρέπει να στηρίζεται **μόνο σε πραγματικά δεδομένα λειτουργίας** της Ε.Ε.Λ. και όχι σε θεωρητικά στοιχεία ή σε στοιχεία της διαστασιολόγησης της μονάδας, τα οποία μπορεί να έγιναν σε κάποια στιγμή στο παρελθόν όπου τα δεδομένα των εισερχόμενων λυμάτων να ήταν διαφορετικά.

Οι παραπάνω μετρήσεις δίνουν επακριβώς τις παραγωγές περίσσειας βιολογικής ιλύος και απορριπτόμενων στερεών από μια Ε.Ε.Λ. και για να μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα ως προς την απόδοση της εφαρμοζόμενης βιοενίσχυσης, θα πρέπει να καθοριστεί η βάση αναφοράς.

Ως βάση αναφοράς, πρέπει προ της εφαρμογής της μεθόδου βιοενίσχυσης να καθοριστούν μέσω αναλύσεων τα εξής:

- **Αρχική μέτρηση συνολικών στερεών σε όλο το βιοαντιδραστήρα** (βιοεπιλογέας-απονιτροποίηση-δεξαμενή αερισμού-δεξαμενή καθίζησης-περίσσειας/πάχυνσης-φρεάτιο εξόδου). Η μέτρηση απαιτεί γνώση του ωφέλιμου όγκου κάθε δεξαμενής και δειγματοληψίες για μετρήσεις αιωρούμενων στερεών.
- **Αρχική μέτρηση του κλάσματος πτητικών στερεών σε όλο το βιοαντιδραστήρα.** Η μέτρηση γίνεται μετρώντας το πτητικό κλάσμα στα παραπάνω δείγματα.
- **Αρχική μέτρηση του συντελεστή παραγωγής ιλύος**, δηλαδή της ποσότητας στερεών που παράγονται ανά μονάδα εισερχόμενου οργανικού φορτίου (εκφρασμένου σαν BOD₅ ή COD – gVSS/gCOD ή gVSS/gBOD₅). Ο υπολογισμός αυτός απαιτεί τη μέτρηση του εισερχόμενου φορτίου (συγκέντρωση, όγκος εισερχομένων), τη μέτρηση των στερεών (ολικά και πτητικά) στον αντιδραστήρα, τα στερεά στην έξοδο της Ε.Ε.Λ. και τα στερεά προς απόρριψη.

Τέλος, έχοντας καθορίσει τη μέθοδο μετρήσεων, τη βάση αναφοράς, μένει μόνο ο **καθορισμός της έκφρασης της απόδοσης της εφαρμογής βιοενίσχυσης**. Πιθανές τέτοιες εκφράσεις, είναι:

- Μείωση της **συνολικής παραγωγής στερεών**
- Μείωση της **παραγωγής πτητικών στερεών**
- Μείωση του **όγκου της απορριπτόμενης ποσότητας ιλύος**
- Μείωση του **συντελεστή παραγωγής ιλύος ως προς το εισερχόμενο φορτίο**

Ανεξάρτητα του κριτηρίου από τα παραπάνω (ή διαφορετικού) που θα επιλεγεί, η έκφραση της μείωσης θα πρέπει να άπτεται παραμέτρων που **σχετίζονται άμεσα με την παραγωγή στερεών και όχι σε έμμεσους τρόπους**, καθώς για παράδειγμα η ποσότητα της αφυδατωμένης λάσπης που απομακρύνεται από την Ε.Ε.Λ. εξαρτάται από την απόδοση της αφυδάτωσης. Έτσι **οι όποιοι υπολογισμοί θα πρέπει να γίνονται σε ξηρή βάση και να αφορούν μόνο τα στερεά και εξυπακούεται ότι θα πρέπει να αφορούν πραγματικά δεδομένα λειτουργίας (βάση αναφοράς).**

V. Συμπεράσματα

Οι εφαρμογές της βιοτεχνολογίας για την υποστήριξη της βιολογικής επεξεργασίας, αλλά με διάφορες ποικιλίες βακτηρίων:

- ✓ **Αποδεδειγμένα βοηθούν αποτελεσματικά στη μείωση της παραγόμενης περίσσειας λυματολάσπης.**
Άλλες, διαφορετικές επιλεγμένες ποικιλίες μικροοργανισμών βοηθούν επίσης και σε άλλες διεργασίες της βιολογικής επεξεργασίας όπως π.χ. αύξηση της απόδοσης, γρήγορη εκκίνηση και επανεκκίνηση της βιολογικής δράσης, επαναφορά από διάφορα σοκ, ομαλή λειτουργία, εποχιακή λειτουργία, μείωση του κόστους λειτουργίας, νιτροποίηση, διάσπαση λιπαρών, βελτίωση καθαρισιμότητας κ.τ.λ.
- ✓ **Είναι τελείως αδύνατον να μειώνουν υπερβολικά ή και να εξαφανίζουν την παραγόμενη περίσσεια ιλύος προς απόρριψη.**
Είναι εφικτές μόνο αποδόσεις μείωσης της συνολικής ιλύος από **25-50%** (και σε lagoon ίσως έως 60%).
- ✓ **Προκειμένου να αποφεύγονται εσφαλμένες εντυπώσεις, η πιστοποίηση της επιτυχούς εφαρμογής και του αποτελέσματος πρέπει να γίνεται με βάση προκαθορισμένες επιστημονικές μεθόδους, μετρήσεις και εργαστηριακές αναλύσεις και όχι με αυθαίρετες εκτιμήσεις και πρακτικές προσεγγίσεις.**