

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΙ

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΜΕΘΟΔΟΣ SBR)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

2.4	Βιολογική Επεξεργασία (μέθοδος SBR)	1
2.4.1	Γενικά	1
2.4.2	Δεξαμενή εξισορρόπησης (εφ' όσον περιλαμβάνεται στον σχεδιασμό)	1
2.4.3	Βιολογικός αντιδραστήρας	2
2.4.4	Είσοδος λυμάτων – απομάκρυνση διαυγασμένων	2
2.4.5	Συστήματα αερισμού και ανάμιξης	3
2.4.5.1	Πλωτοί αεριστήρες	3
2.4.5.2	Αερισμός με διάχυση αέρα	3
2.4.6	Απομάκρυνση περίσσειας ιλύος	4
2.4.7	Έλεγχος λειτουργίας	4

2.4 Βιολογική Επεξεργασία (μέθοδος SBR)

2.4.1 Γενικά

Με την βιολογική επεξεργασία επιτυγχάνεται η βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου, η νιτροποίηση και απονιτροποίηση, καθώς επίσης και η αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου.

Για την βιολογική επεξεργασία θα εφαρμοστεί η μέθοδος της ενεργού ιλύος σε αντιδραστήρες διακοπτόμενης λειτουργίας (Sequential Batch Reactor), όπου η αναερόβια, η ανοξική και η αερόβια ζώνες, καθώς επίσης η καθίζηση και η ανακυκλοφορία γίνεται σε μία δεξαμενή με την διακοπτόμενη τροφοδότηση των λυμάτων και την διακοπτόμενη λειτουργία των συστημάτων αερισμού και ανάμιξης. Ειδικότερα, ο βιολογικός αντιδραστήρας πρέπει να λειτουργεί σε δύο ή περισσότερους κύκλους το 24ωρο. Κάθε κύκλος λειτουργίας αποτελείται από τέσσερις διακριτές φάσεις:

- Πλήρωση – ανάδευση: Κατά την φάση αυτή ο βιολογικός αντιδραστήρας τροφοδοτείται με ανεπεξέργαστα λύματα, τα οποία μαζί με την ενεργό ιλύ που έχουν μείνει στην δεξαμενή από τον προηγούμενο κύκλο αναδεύονται. Κατά την φάση αυτή ο αντιδραστήρας λειτουργεί ως αναερόβια και ανοξική δεξαμενή επιτυγχάνοντας βιολογική απομάκρυνση του φωσφόρου και απονιτροποίηση.
- Αερισμός: Κατά την φάση αυτή το ανάμικτο υγρό αερίζεται και ο αντιδραστήρας λειτουργεί σαν αερόβια δεξαμενή. Έτσι κάτω από αερόβιες συνθήκες αποικοδομείται το οργανικό φορτίο και οξειδώνεται η αμμωνία.
- Καθίζηση: Κατά την φάση αυτή το ανάμικτο υγρό ηρεμεί και ο αντιδραστήρας λειτουργεί σαν δεξαμενή καθίζησης, με αποτέλεσμα να διαχωρίζονται με την βαρύτητα τα λύματα από την ενεργό ιλύ.
- Απομάκρυνση: Κατά την φάση αυτή απομακρύνονται τα λύματα από την δεξαμενή, καθώς επίσης και η περίσσεια ιλύς. Η ενεργός ιλύς παραμένει στην δεξαμενή, ώστε να υπάρχει επαρκής βιομάζα για την έναρξη του επόμενου κύκλου λειτουργίας.

Λόγω της διακοπτόμενης τροφοδότησης της βιολογικής βαθμίδας, είναι απαραίτητη η κατασκευή δεξαμενής εξισορρόπησης ανάντη της βιολογικής βαθμίδας. Η επιλογή του κατάλληλου όγκου εξισορρόπησης είναι σημαντική και εξαρτάται από τον αριθμό των αντιδραστήρων SBR και των κύκλων τροφοδότησης κατά την διάρκεια του 24ώρου.

2.4.2 Δεξαμενή εξισορρόπησης (εφ' όσον περιλαμβάνεται στον σχεδιασμό)

Στην περίπτωση που περιλαμβάνεται στον σχεδιασμό, κατασκευάζεται δεξαμενή εξισορρόπησης, ικανού ενεργού όγκου που θα διαθέτει αποτελεσματικό σύστημα ανάμιξης. Ο αριθμός, η θέση και τα χαρακτηριστικά των αναδευτήρων (τύπος, ισχύς, στροφές, διάμετρος πτερωτής κτλ.) θα επιλεγούν από κατασκευαστή – προμηθευτή του σχετικού εξοπλισμού, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία της δεξαμενής, την συγκέντρωση στερεών κτλ. Για τον σκοπό αυτό η τεχνική προσφορά θα συνοδεύεται από σχετικό φύλλο υπολογισμού, με το οποίο θα τεκμηριώνεται η επιλογή και ο σχεδιασμός του συστήματος ανάμιξης από τον προμηθευτή του σχετικού εξοπλισμού.

Η δεξαμενή εξισορρόπησης θα είναι καλυμμένη και θα διαθέτει σύστημα εξαερισμού, που θα οδηγεί τον δύσοσμο αέρα σε μονάδα απόσμησης. Στη πλάκα οροφής θα προβλεφθούν επαρκή ανοίγματα, που θα είναι καλυμμένα από στεγανά καλύμματα, για την επίσκεψη, την εγκατάσταση και την απομάκρυνση του εξοπλισμού.

Στη δεξαμενή πρέπει να προβλεφθεί υπερχειλίση υψηλής στάθμης, που θα οδηγεί την υπερχειλίζουσα παροχή¹ στον αγωγό παράκαμψης της εγκατάστασης, ενώ στο πυθμένα θα διαμορφωθεί φρεάτιο για την εγκατάσταση ή την αναρρόφηση των αντλιών εξισορρόπησης. Οι αντλίες εξισορρόπησης θα έχουν επαρκή δυναμικότητα και θα ελέγχονται από inverter.

¹ Καθορίζεται ο αποδέκτης των υπερχειλισμάτων της δεξαμενής (πχ. αγωγός παράκαμψης)

Στη δεξαμενή εξισορρόπησης θα εγκατασταθούν τουλάχιστον δύο διακόπτες στάθμης, που θα ενεργοποιούν οπτικό και ηχητικό συναγερμό:

- ένας υψηλής στάθμης, που θα ενημερώνει το ΚΕΛ της εγκατάστασης ότι έχει ενεργοποιηθεί η υπερχειλίση υψηλής στάθμης και ένας
- χαμηλής στάθμης, που θα διακόπτει την λειτουργία των αντλιών εξισορρόπησης

2.4.3 Βιολογικός αντιδραστήρας

Θα κατασκευαστεί ένας τουλάχιστον αντιδραστήρας SBR επαρκούς όγκου, ώστε να ικανοποιούνται τα παρακάτω κριτήρια:

Αριθμός παράλληλων μονάδων	[#]	≥ 2
Συγκέντρωση αναμίκτου υγρού (MLSS) ²	[mg/l]	≤ 5.000
Φόρτιση στερεών (F/M)	[kg BOD ₅ /kg MLSS .d]	$\leq 0,10$
Ηλικία ιλύος (SRT) ³	[d]	≥ 20
SVI	[lt/kg]	150

2.4.4 Είσοδος λυμάτων – απομάκρυνση διαυγασμένων

Στην είσοδο των λυμάτων στη δεξαμενή θα διαμορφωθεί πέτασμα ηρεμίας, ώστε τα ανεπεξέργαστα λύματα να εισέρχονται στη δεξαμενή από χαμηλή στάθμη για να μεγιστοποιείται η επαφή των μικροοργανισμών της λάσπης με τα εισερχόμενα λύματα.

Για την εκκένωση του βιολογικού αντιδραστήρα θα εγκατασταθεί τηλεσκοπική ή επιπλέουσα διάταξη υπερχειλίσης. Η θέση της διάταξης ή των διατάξεων υπερχειλίσης πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να εξασφαλίζεται, κατά το δυνατό η ομοιόμορφα και από όλη την επιφάνεια της δεξαμενής, απομάκρυνση των διαυγασμένων.

Στη περίπτωση επιπλέουσας διάταξης υπερχειλίσης, η απομάκρυνση των διαυγασμένων γίνεται δια μέσου βυθισμένων διάτρητων σωλήνων, που με την βοήθεια πλωτήρων πρέπει να διατηρούνται περί τα 30cm κάτω από τη στάθμη υγρού μέσω, ώστε να μην απομακρύνονται επιπλέοντα μαζί με τα λύματα. Θα πρέπει να εξασφαλιστούν κατάλληλες διατάξεις για την αποφυγή απομάκρυνσης αναμίκτου υγρού κατά τις φάσεις ανάδευσης και αερισμού.

Η τηλεσκοπική διάταξη υπερχειλίσης θα βρίσκεται ψηλότερα από την ΑΣΥ, κατά τις φάσεις αερισμού και ανάδευσης, ενώ κατά την φάση απομάκρυνσης των διαυγασμένων, με τη βοήθεια ηλεκτροκινητήρα, θα βυθίζεται περί τα 30cm κάτω από τη στάθμη υγρού. Η κατακόρυφη κίνηση της διάταξης υπερχειλίσης πρέπει να καλύπτει όλο το εύρος διακύμανσης του ύψους διαύγασης ομαλά, για να αποφεύγεται η δημιουργία αναταράξεων μέσα στη δεξαμενή, έτσι ώστε να μη δημιουργείται ανύψωση στερεών από τον πυθμένα. Πρέπει να παρέχεται η δυνατότητα ηλεκτρονικής ρύθμισης τόσο της ταχύτητας κατακόρυφης μετακίνησης του υπερχειλιστή, όσο και του εύρους κατακόρυφης μετακίνησης. Ο τηλεσκοπικός μηχανισμός υπερχειλίσης πρέπει να διαθέτει κατάλληλες διατάξεις για την αποφυγή εξόδου επιπλεόντων μαζί με τα διαυγασμένα λύματα.

Στην έξοδο των διατάξεων υπερχειλίσης πρέπει να υπάρχει χειροκίνητη δικλείδα απομόνωσης για τη συντήρηση του συστήματος. Οι διατάξεις υπερχειλίσης πρέπει να είναι βιομηχανικά προϊόντα κατασκευαστή, που θα διαθέτουν ISO για τον σχεδιασμό και την κατασκευή παρόμοιων μονάδων.

² Συγκέντρωση αναμίκτου υγρού σε πλήρη όγκο

³ Για τον υπολογισμό της ηλικίας ιλύος λαμβάνεται υπόψη η συγκέντρωση του αναμίκτου υγρού (MLSS) σε πλήρη όγκο και ο όγκος της ανοξικής και αερόβιας ζώνης.

Λόγω της διακοπτόμενης λειτουργίας της απομάκρυνσης διαυγασμένων, θα πρέπει να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την διαχείριση των εκροών από τις τους αντιδραστήρες SBR: π.χ. πρόβλεψη δεξαμενής εξιορρόπησης των εκροών ή διαστασιολόγηση των κατόντη έργων (απολύμανσης ή / και τριτοβάθμια επεξεργασίας) με την παροχή εξόδου από τις διατάξεις υπερχειλίσσης.

2.4.5 Συστήματα αερισμού και ανάμιξης

Στους βιολογικούς αντιδραστήρες θα εγκατασταθούν αναδευτήρες για την πλήρη ανάδευση του περιεχομένου τους, κατά τις φάσεις λειτουργίας που αυτό προβλέπεται. Ο αριθμός, η θέση και τα χαρακτηριστικά των αναδευτήρων (τύπος, ισχύς, στροφές, διάμετρος πτερωτής κτλ.) θα επιλεγούν από κατασκευαστή – προμηθευτή του σχετικού εξοπλισμού, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία της δεξαμενής, την συγκέντρωση στερεών κτλ. Για τον σκοπό αυτό η τεχνική προσφορά θα συνοδεύεται από σχετικό φύλλο υπολογισμού, με το οποίο θα τεκμηριώνεται η επιλογή και ο σχεδιασμός του συστήματος ανάμιξης από τον προμηθευτή του σχετικού εξοπλισμού.

Ο αερισμός των λυμάτων μπορεί να γίνεται είτε με πλωτούς αεριστήρες, με διαχυτήρες ή με συνδυασμένα συστήματα ανάδευσης και αερισμού. Κατά το σχεδιασμό των συστημάτων αερισμού πρέπει να ληφθεί συντελεστής αιχμής τουλάχιστον ίσος με 1,50, ώστε να καλυφθούν οι απαιτήσεις οξυγόνωσης του ανάμικτου υγρού κατά τη πρώτη περίοδο της φάσης αερισμού.

2.4.5.1 Πλωτοί αεριστήρες

Ο αερισμός των δεξαμενών βιολογικής επεξεργασίας θα πραγματοποιείται μέσω πλωτών επιφανειακών βραδύστροφων αεριστήρων κατακόρυφου άξονα.

Σε κάθε δεξαμενή αερισμού θα εγκατασταθεί ένα αεριστήρας βραδύστροφος (ταχύτητα περιστροφής μέχρι 80rpm), με κατάλληλη αντιδιαβρωτική προστασία, που θα καλύπτει πλήρως τη ζήτηση οξυγόνου της δεξαμενής εντός του προβλεπόμενου κύκλου λειτουργίας της.

Κάθε αεριστήρας πρέπει να είναι βιομηχανικό προϊόν κατασκευαστή, που διαθέτει ISO 9001 ή ισοδύναμο για τον σχεδιασμό και την κατασκευή παρόμοιου εξοπλισμού, με εμπειρία, η οποία πρέπει να αποδεικνύεται με κατάλογο έργων στα οποία εγκαταστάθηκε παρόμοιος εξοπλισμός.

Το όλο συγκρότημα του αεριστήρα θα εδράζεται σε βάση, η οποία θα στηρίζεται πάνω σε σύστημα ανοξείδωτων πλωτήρων. Θα πρέπει να εξασφαλίζεται η δυνατότητα προσέγγισης προσωπικού συντήρησης στον ηλεκτρομειωτήρα αεριστήρα (πχ. με κατάλληλη γέφυρα προσέγγισης). Οι πλωτήρες θα είναι μεταβλητού βάρους (με μερική πλήρωση με νερό), ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση της βύθισης της πτερωτής του αεριστήρα. Το όλο σύστημα της πλωτής βάσης θα μπορεί να ολισθαίνει κατακόρυφα σε σταθερούς ανοξείδωτους οδηγούς ακολουθώντας τις διακυμάνσεις της στάθμης του υγρού της δεξαμενής παραμένοντας σταθερά στο κέντρο της.

Η διάταξη των πλωτήρων πρέπει να είναι σχεδιασμένη από τον οίκο κατασκευής των αεριστήρων. Για τον λόγο αυτό η Τεχνική προσφορά θα συνοδεύεται από σχέδια λεπτομερειών ή / και οδηγίες των κατασκευαστών για τυπικές διατάξεις αντίστοιχων πλωτών συστημάτων.

2.4.5.2 Αερισμός με διάχυση αέρα

Οι διαχυτήρες θα είναι λεπτής φυσαλίδας (μέση διάμετρος φυσαλίδας 1,5mm - 2,0mm), τύπου εύκαμπτης μεμβράνης από EPDM με μεγάλη μηχανική αντοχή και ανθεκτικότητα σε χημική αλλοίωση. Οι διαχυτήρες θα είναι εφοδιασμένοι με βαλβίδα αντεπιστροφής, που θα εμποδίζει την είσοδο λυμάτων, σε περίπτωση διακοπής της παροχής αέρα. Η βαλβίδα αντεπιστροφής μπορεί να αποτελεί τμήμα της μεμβράνης κατάλληλα διαμορφωμένο, που να φράσσει τη διέλευση του υγρού στις σωληνώσεις αέρα ή ανεξάρτητο ειδικό τεμάχιο κατασκευασμένο από πλαστικό υλικό.

Η διάταξη των διαχυτήρων θα καλύπτει ομοιόμορφα τον πυθμένα της δεξαμενής για την αποφυγή ασύμμετρων καταστάσεων παροχής οξυγόνου και ανάδευσης. Η μέγιστη παροχή αέρα ανά μονάδα ενεργού επιφάνειας μεμβράνης διάχυσης δεν θα ξεπερνά τα $85 \text{ Nm}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$, ενώ για την εξασφάλιση επαρκούς ανάμιξης στην αερόβια ζώνη η ελάχιστη παροχή αέρα πρέπει να είναι τουλάχιστον $2,0 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ανά m^2 επιφάνειας δεξαμενής.

Ο αριθμός των διαχυτήρων θα πρέπει να προσδιοριστούν από τον προμηθευτή του εξοπλισμού λαμβάνοντας υπόψη τις διαστάσεις της δεξαμενής, καθώς επίσης και την εξασφάλιση ικανοποιητικής οξυγόνωσης και ανάδευσης του ανάμικτου υγρού. Για τον σκοπό αυτό, η διάταξη των διαχυτήρων στη δεξαμενή, που θα υποβληθεί κατά την προσφορά, πρέπει να έχει προκύψει αποδεδειγμένα σε συνεργασία και με την επικύρωση του προμηθευτικού οίκου των διαχυτών. Οι διαχυτήρες πρέπει να είναι βιομηχανικό προϊόν κατασκευαστή, που διαθέτει ISO 9001 ή ισοδύναμο για τον σχεδιασμό και την κατασκευή παρόμοιου εξοπλισμού, και εμπειρία, η οποία πρέπει να αποδεικνύεται με κατάλογο έργων στα οποία εγκαταστάθηκε παρόμοιος εξοπλισμός

Κάθε συστοιχία διάχυσης θα τροφοδοτείται με ξεχωριστό αγωγό τροφοδότησης, που θα απομονώνεται από τον αγωγό μεταφοράς με δικλείδα απομόνωσης και ρύθμισης της παροχής αέρα, τύπου πεταλούδας ή ισοδύναμου. Επίσης θα πρέπει να προβλεφθούν παγίδες συμπτυκνωμάτων και κρουνοί αποστράγγισης. Οι αγωγοί διανομής αέρα που θα φέρουν τους διαχυτές θα στηρίζονται στον πυθμένα της δεξαμενής σε ειδικά στηρίγματα από ανοξείδωτο χάλυβα ή GRP, ρυθμίσιμα καθ' ύψος ώστε να είναι δυνατή η τοποθέτηση των διαχυτών στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Σε κάθε συστοιχία διάχυσης θα πρέπει να υπάρχει μόνιμη ή φορητή διάταξη μέτρησης της παροχής αέρα.

Η διάμετρος των σωληνώσεων αέρα θα υπολογιστούν, ώστε η ταχύτητα αέρα να μην ξεπερνά τα 15m/sec, ενώ στο δίκτυο αέρα πρέπει να προβλεφθούν κατάλληλα εξαρτήματα σύνδεσης των σωληνώσεων, ικανά να παραλαμβάνουν τις διαμήκεις παραμορφώσεις τους, λόγω συστολοδιαστολών,

Οι σωληνώσεις αέρα, που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του νερού πρέπει να είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα ή από πλαστικό (πχ. uPVC, PE κτλ.) επαρκούς αντοχής στη θερμοκρασία του πεπιεσμένου αέρα.

Ο απαιτούμενος αέρας θα παρέχεται από φυσητήρες, που θα είναι εγκατεστημένοι σε αίθουσα με κατάλληλη ηχομόνωση και εξαερισμό. Εάν δεν προδιαγράφεται διαφορετικά, όταν θα λειτουργούν όλοι οι φυσητήρες στο ονομαστικό τους φορτίο θα πρέπει:

- ⇒ η στάθμη θορύβου σε απόσταση 1,0m από τον τοίχο του κτιρίου να είναι μικρότερη από 65dBA,
- ⇒ η αύξηση θερμοκρασίας μέσα στην αίθουσα να είναι μικρότερη από 5⁰C.

2.4.6 Απομάκρυνση περίσσειας ιλύος

Οι περίσσεια ιλύς θα απομακρύνεται από τη δεξαμενή κατά την φάση απομάκρυνσης με αντλίες προς την γραμμή επεξεργασίας της ιλύος. Οι αντλίες περίσσειας ιλύος μπορεί να είναι φυγοκεντρικές (ξηρού ή υποβρύχιου τύπου), ή αντλίες θετικής εκτόπισης, σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές. Οι αντλίες θα λειτουργούν με χρονοπρόγραμμα, που θα ρυθμίζεται από το ΚΕΛ.

2.4.7 Έλεγχος λειτουργίας

Στους βιολογικούς αντιδραστήρες θα εγκατασταθούν τα παρακάτω όργανα για τον έλεγχο λειτουργίας των SBR:

- Διακόπτες στάθμης: ένας υψηλής στάθμης, που θα διακόπτει τη λειτουργία των αντλιών τροφοδότησης από την δεξαμενή εξισορρόπησης και ένας χαμηλής στάθμης, που διακόπτει τη λειτουργία της αντλίας περίσσειας ιλύος
- Ένας μετρητής συνεχούς μέτρησης της στάθμης υγρού, η ένδειξη του οποίου θα μεταφέρεται στο ΚΕΛ, για τον έλεγχο των κύκλων λειτουργίας του SBR
- Ένας μετρητής οξυγόνου, η ένδειξη του οποίου θα μεταφέρεται στο ΚΕΛ, για την ρύθμιση της λειτουργίας του συστήματος αερισμού
- Ένας μετρητής της στάθμης ιλύος (sludge blanket) που διαμορφώνεται μετά τη φάση καθίζησης, μέσω του οποίου θα ελέγχεται η κατώτατη στάθμη λειτουργίας της διάταξης υπερχειλίσσης, ώστε αυτή να βρίσκεται μερικά εκατοστά (περί τα 20cm) ψηλότερα από την στάθμη ιλύος.

Η λειτουργία του συστήματος αερισμού θα ρυθμίζεται αυτόματα από το ΚΕΛ, λαμβάνοντας υπόψη την μέτρηση διαλυμένου οξυγόνου, που θα γίνεται κατά τη φάση αερισμού. Η ρύθμιση της παροχής οξυγόνου μπορεί να γίνει με ρύθμιση έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- Αεριστήρες: Αλλαγή στροφών περιστροφής της πτερωτής είτε βαθμιδωτά (π.χ. κινητήρας δύο ταχυτήτων) ή συνεχώς μέσω ρυθμιστή στροφών
- Αερισμός με διάχυση: Αλλαγή στροφών περιστροφής των φυσητήρων είτε βαθμιδωτά (π.χ. κινητήρας δύο ταχυτήτων) ή συνεχώς μέσω ρυθμιστή στροφών

Η λειτουργία των SBR (λειτουργία επιμέρους φάσεων λειτουργίας) και η λειτουργία του συστήματος αερισμού θα γίνεται αυτόματα με χρονοπρόγραμμα, που θα ρυθμίζεται από το ΚΕΛ της εγκατάστασης. Στη τεχνική προσφορά πρέπει να γίνεται εμπεριστατωμένη περιγραφή του συστήματος ελέγχου και ρύθμισης του συστήματος αερισμού.