

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΛΙΕΥΤΙΚΗΣ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ - ΜΟΝΑΔΑ ΕΝΥΔΡΕΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Περιγραφή και λειτουργικά χαρακτηριστικά των φίλτρων σε
ενυδρεία γλυκού και αλμυρού νερού»**

Νικολακόπουλος Λουκάς

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2013

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΛΙΕΥΤΙΚΗΣ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ - ΜΟΝΑΔΑ ΕΝΥΔΡΕΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Περιγραφή και λειτουργικά χαρακτηριστικά των φίλτρων σε
ενυδρεία γλυκού και αλμυρού νερού»**

Νικολακόπουλος Λουκάς

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

Δρ Γεώργιος Χώτος

Καθηγητής

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

Νικόλαος Βλάχος

Ιχθυολόγος ΤΕ-MSc

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2013

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) **Γεώργιος Χώτος**, Καθηγητής, Δρ Βιολόγος-Ιχθυολόγος, Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου, **Επιβλέπων**
- 2) **Αικατερίνη Κριμπένη**, Καθηγήτρια Εφαρμογών, Βιολόγος - MSc Περιβάλλοντος, Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου, **Μέλος**
- 3) **Δημήτριος Μουτόπουλος** Καθηγητής Εφαρμογών, Δρ Βιολόγος-Ιχθυολόγος, Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου, **Μέλος**
- 4) **Νικόλαος Βλάχος**, Εργαστηριακός Συνεργάτης (Ιχθυολόγος Τ.Ε-MSc, Υποψήφιος Διδάκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας). Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου, **Συνεπιβλέπων**

Στους γονείς μου

Περίληψη

Τα ενυδρεία αποτελούν μια μικρογραφία των κλειστών κυκλωμάτων εκτροφής ψαριών και είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Η λειτουργία των συστημάτων επανακυκλοφορίας νερού προϋποθέτει τη λειτουργία βιολογικών φίλτρων, τα οποία αποδεσμεύουν το νερό του ενυδρείου από το ρυπαντικό φορτίο.

Η απόδοση και η αποτελεσματικότητα των βιολογικών φίλτρων αυξάνει τις απαιτήσεις των ενυδρείων για την εκτροφή ψαριών. Τα ενυδρεία με γλυκό νερό έχουν λιγότερο κόστος συντήρησης σε σχέση με τα ενυδρεία θαλασσινού νερού. Προβλήματα στην προσαρμογή και διαχείριση των φίλτρων στα θαλασσινά νερά δικαιολογούν την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για τη ρύθμιση και λειτουργία των φίλτρων.

Η λειτουργία του βιολογικού φίλτρου εξαρτάται από τη συγκέντρωση της αμμωνίας που υπάρχει στο σύστημα και επηρεάζει το ρυθμό ανάπτυξης των νιτροποιητικών βακτηρίων στο φίλτρο. Στα ενυδρεία η διεργασία της απονιτροποίησης, σύμφωνα με μελέτες, διατηρεί σε σταθερές συγκεντρώσεις τα νιτρικά ιόντα ώστε να μην φθάνουν σε τοξικά επίπεδα.

Πρόλογος - Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, εκπονήθηκε στο εργαστήριο των ενυδρείων του τμήματος Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου υπό την επίβλεψη του εργαστηριακού Συνεργάτη και Ε.Τ.Π, Νικόλαου Βλάχου, MSc και αφορά στην περιγραφή και λειτουργικά χαρακτηριστικά των φίλτρων σε ενυδρεία γλυκού και αλμυρού νερού.

Η ενασχόληση με το εν λόγω θέμα, έγινε μετά από ανάθεση, σύμφωνα με την αριθμ. 5/9-12-2010, απόφαση Συνέλευσης του τομέα Β με εισηγητή τον Εργαστηριακό Συνεργάτη Νικόλαο Βλάχο. Σύμφωνα με την αριθμ. 5/30-11-2011 απόφαση Συνέλευσης του τομέα Β και επειδή δεν προσλήφθηκαν εργαστηριακοί συνεργάτες για το Ακαδημαϊκό έτος 2011-2012, σύμφωνα με απόφαση του Υπουργείου Παιδείας και Δια Βίου Μάθησης, ορίστηκε εκ νέου εισηγητής ο Δρ Γεώργιος Χώτος, προκειμένου να περατωθεί η εξέταση και παρουσίαση της παρούσης εργασίας.

Μέσα από την παρούσα εργασία θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Δρ Γεώργιο Χώτο, για τις χρήσιμες πληροφορίες και παρατηρήσεις του κατά τη συγγραφή της εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ εγκάρδια τον συνεπιβλέπων της εργασίας Νικόλαο Βλάχο, Ιχθυολόγο Τ.Ε, MSc, Υποψήφιο Διδάκτορα και Ε.Τ.Π του τμήματος Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Επίσης ευχαριστώ τα μέλη της επιτροπής Δημήτριο Μουτόπουλο και Αικατερίνη Κριμπένη για τις χρήσιμες συμβουλές και παρατηρήσεις τους.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Πρόλογος - Ευχαριστίες	6
Περιεχόμενα	7
Κεφάλαιο πρώτο.....	9
Εισαγωγικά Στοιχεία	9
1.1 Εισαγωγή.....	9
Κεφάλαιο Δεύτερο	11
Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....	11
2.1 Κλειστά κυκλώματα εκτροφής.....	11
2.2 Ενυδρεία Γλυκού Νερού	12
2.2 Ενυδρεία Θαλασσινού Νερού	14
Κεφάλαιο Τρίτο.....	16
Δομικά χαρακτηριστικά φίλτρων	16
3.1.Υλικά πλήρωσης φίλτρων	16
3.1.1 Υαλοβάμβακας.....	17
3.1.2 Σφουγγάρι.....	18
3.1.3 Κεραμικοί κύλινδροι (μακαρόνι)	18
3.1.4 Βιόσφαιρες	19
3.1.5 Siroxax.....	19
3.1.6 Ενεργός άνθρακας.....	20
3.1.7 Άμμος	20
3.1.8 Τύρφη	21
3.1.9 Χαλίκι-χαλαζιακά υλικά.....	22
3.1.10 Ζεόλιθος	23
3.1.11 Τριμμένο κοράλλι -αραγωνίτης.....	24
Κεφάλαιο τέταρτο	25
Συστήματα επεξεργασίας νερού.....	25

4.1 Φίλτρα	25
4.2. Μηχανικό φίλτρο.....	26
4.3 Βιολογικό φίλτρο.....	27
4.3.1. Φίλτρο βυθού.....	29
4.3.2 Φίλτρα Ψεκασμού (Trickling).....	30
4.3.3. Canister φίλτρα.....	32
4.3.4. Φίλτρα απονιτροποίησης.....	33
4.3.5 Φίλτρα γης διατόμων.....	35
4.4 Χημικό φίλτρο.....	37
4.4.1 Φίλτρα ενεργού άνθρακα.....	38
4.4.2 Φίλτρο μοριακής προσρόφησης.....	43
4.5 Φίλτρα απομάκρυνσης οργανικών αποβλήτων (Protein skimmer).....	44
4.5.1 Λειτουργία του skimmer.....	46
4.5.2. Τύποι skimmer.....	50
4.5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του φίλτρου.....	53
4.5.4 Φίλτρο απομάκρυνσης φωσφόρου.....	57
4.6 Εναλλακτικοί τρόποι φίλτραρίσματος.....	57
4.6.1 Ζωντανός βράχος.....	57
4.6.2 Σύστημα Βερολίνου.....	59
4.6.3 Τα φυσικά συστήματα.....	60
4.6.4 Φίλτρα απομάκρυνσης μικροφυκών (Refugia).....	60
4.6.5 Φίλτρο τύπου Αμβούργου.....	61
4.6.6 Φίλτρο υπερχειλίσης.....	63
4.6.7 Βιολογικό φίλτρο κλειστού τύπου Canister.....	64
4.7 Συντήρηση φίλτρου.....	66
Κεφάλαιο Έκτο.....	67
Συμπεράσματα.....	67
7. Abstract.....	69
8. Βιβλιογραφία.....	70

Κεφάλαιο πρώτο

Εισαγωγικά Στοιχεία

1.1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων δεκαετιών, πραγματοποιήθηκαν σημαντικές αλλαγές στην υδατοκαλλιέργεια, οι οποίες οδήγησαν σε μετεξέλιξη των οικογενειακών επιχειρήσεων του παρελθόντος σε ιχθυοτροφικές δραστηριότητες με μεγάλη εμπορική αξία (N.C.R, 1992).

Η παραγωγή από τη συλλεκτική αλιεία αυξήθηκε με ετήσιο μέσο ρυθμό 1,2%, ενώ η παραγωγή από την υδατοκαλλιέργεια (εκτός από την καλλιέργεια φυτών) αυξήθηκε κατά 9,1%. Ο ταχύτερος ρυθμός που παρουσίασε η υδατοκαλλιέργεια σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη μονάδα παραγωγής τροφίμων όπως η αλιεία και χερσαία παραγωγή κρέατος (FAO, 2003).

Η αύξηση της μέσης κατανάλωσης ψαριών ανά κάτοικο η οποία αυξήθηκε κατά 24% το χρονικό διάστημα 1970 - 1998, η κατανάλωση οσπρίων και αυγών αυξήθηκαν κατά 13%, σε σχέση με την μέση κατανάλωση κρέατος η οποία μειώθηκε.

Για τον παραπάνω λόγο η ανάγκη για αύξηση της παραγωγής στην υδατοκαλλιέργεια οδήγησε τον κλάδο σε διαφορετικές και εντατικές πρακτικές. Μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν την τάση αυτή είναι οι εξής:

- ο έλεγχος της ποιότητας και ποσότητας του νερού
- η διαθεσιμότητα και το κόστος της γης
- η μείωση των αποθεμάτων νερού
- ο έλεγχος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Η χρησιμοποίηση νέων τεχνολογιών και πρακτικών όπως της επαναχρησιμοποίησης του νερού συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των προβλημάτων που δημιουργούνται από τους εν λόγω παράγοντες. Οι απαιτήσεις σε νερό καθώς και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος μειώνονται από τη χρήση υπερεντατικών συστημάτων εκτροφής σε σχέση με τα εντατικά συστήματα εκτροφής (Goldburg et al., 2001).

Τα κλειστά συστήματα εκτροφής ψαριών (RAS), έχουν την ιδιότητα να περιορίζουν την επιβάρυνση του φυσικού αποδέκτη, από τα απόβλητα τα οποία δημιουργούνται κυρίως από την παροχή της τροφής (Lorsordo et al., 1998). Τα

τελευταία χρόνια, υπήρξε μια αυξανόμενη ανησυχία για τις επιπτώσεις της υδατοκαλλιέργειας στο περιβάλλον (Buschmann et al, 1996, Harache, 2002, Naylor et al., 2000 ; Cranford et al., 2003, Johnson et al., 2004).

Εκτιμάται ότι το 85% του φωσφόρου, το 80-88% του άνθρακα, το 52-95% του αζώτου (Wu, 1995) και 60% της τροφής που εισέρχεται στην υδατοκαλλιέργεια καταλήγουν με μορφή αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία είτε διαλύονται μέσω χημικών διεργασιών ή με τη μορφή αερίων (Masser et al., 1999). Η αύξηση των πιέσεων με επίκεντρο την επιβάρυνση των φυσικών υδάτινων συστημάτων οδήγησε τους παραγωγούς να υιοθετήσουν μεθόδους εκτροφής οι οποίες είναι φιλικές προς το περιβάλλον (White et al., 2004).

Η τεχνολογία των υπερεντατικών συστημάτων εκτροφής ψαριών μειώνει τον όγκο των αποβλήτων κατά 500-1000 μονάδες σε σχέση με τα εντατικά συστήματα εκτροφής (Chen et al., 1997, Timmons et al., 2001). Η καλλιέργεια ψαριών σε ανακυκλούμενα νερά αναγνωρίζεται ως ένα από τους δύο σημαντικούς τομείς έρευνας στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας (NOAA, 2001) και είναι ένας από τους προτεινόμενους τομείς για έρευνα στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Martin, 2002).

Το σημαντικό χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι ο έλεγχος της παραγωγής διαμέσου βιολογικού φίλτρου, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να αποφορτίζει το νερό του συστήματος εκτροφής από τις οργανικές ενώσεις και την αμμωνία, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των συστημάτων συνεχούς ροής στα εντατικά συστήματα εκτροφής.

Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας είναι να παρουσιάσει τη σημαντικότητα και την αναγκαιότητα χρήσης των βιολογικών φίλτρων στα ενυδρεία με γλυκό και θαλασσινό νερό.

Κεφάλαιο Δεύτερο

Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

2.1 Κλειστά κυκλώματα εκτροφής

Τα κλειστά κυκλώματα εκτροφής ψαριών είναι ένας νέος και μοναδικός τρόπος εκτροφής ψαριών. Αντί του παραδοσιακού τρόπου εκτροφής ψαριών σε λίμνες και καναλόμορφες δεξαμενές, εκτρέφονται μεγάλες ποσότητες ψαριών, στο ελεγχόμενο περιβάλλον των κλειστών κυκλωμάτων, όπου το νερό φιλτράρεται, καθαρίζεται και ξαναχρησιμοποιείται στις δεξαμενές. Το νερό που εξατμίζεται ή χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων, αναπληρώνεται με νέο καθαρό νερό για την καλή και επαρκή λειτουργία του κυκλώματος (Malone & Pfeiffer, 2006).

Τα ψάρια που εκτρέφονται με αυτό το τρόπο, πρέπει εκτός από την συνεχή ανανέωση του νερού, στην κατάλληλη θερμοκρασία, να έχουν και την αναγκαία ποσότητα οξυγόνου για την καλύτερη ανάπτυξή τους. Σε καθημερινή βάση, τα ψάρια ταΐζονται με θρεπτικές τροφές που ενθαρρύνουν τη γρήγορη εκτροφή τους αλλά και την καλύτερη επιβίωση τους. επίσης, είναι αναγκαία η χρήση βιολογικού φίλτρου για τον καθαρισμό του νερού, αλλά και για την απομάκρυνση των τοξικών που παράγονται από την τροφή που δεν καταναλώθηκε (Rijn, 2006).

- Το κλειστό κύκλωμα περιέχει :
- δεξαμενή εκτροφής
- φίλτρο απομάκρυνσης υπολειμμάτων τύπου «sump»
- βιολογικό φίλτρο
- οξυγόνωση με σωλήνες σχήματος U
- αντλίες ανακύκλωσης νερού

Αναγκαίο είναι επίσης το σύστημα θέρμανσης του νερού, το οποίο εξαρτάται από την θερμοκρασία του νερού, που χρησιμοποιείται αλλά και το είδος του ψαριού εκτροφής. Η απολύμανση με όζον και UV ακτινοβολία μπορεί να είναι ωφέλιμη για την μείωση του οργανικού φορτίου και των βακτηρίων.

Το νερό που χρησιμοποιείται σε αυτά κυκλώματα δεν είναι επιφανειακό νερό από ποτάμια, λίμνες, χείμαρρους γιατί μπορεί να μεταφέρουν ασθένειες για τα ψάρια, παράσιτα, εντομοκτόνα ή άλλους μικροοργανισμούς που μπορεί να σκοτώσουν ή να καθυστερήσουν την ανάπτυξη των ψαριών. Σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται νερά που προέρχονται από δημοτικές παροχές, θα πρέπει όμως να

γίνει η χλωρίωση, η φθορίωση και να απομακρυνθούν όλων τα χημικά που είναι παρόντα. Η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των διαθέσιμων νερών, είναι ίσως ο πρώτος έλεγχος που γίνεται από ένα μελλοντικό καλλιεργητή ψαριών, για να εξασφαλίσει την παροχή αλλά και την καλή ποιότητα του νερού. Τα ενυδρεία είναι μια μικρογραφία των κλειστών κυκλωμάτων εκτροφής ψαριών, ακολουθώντας την ίδια φιλοσοφία λειτουργίας (Malone & Pfeiffer, 2006).

2.2 Ενυδρεία Γλυκού Νερού

Η εκτροφή ψαριών γλυκού νερού (χέλια,τιλάπια,πέστροφα) σε ανακυκλούμενα συστήματα, έχει μελετηθεί εκτενώς (Broussard & Simco, 1976 ; Buckling et al., 1993). Το πλεονέκτημα των κλειστών συστημάτων είναι ο έλεγχος της θερμοκρασίας η οποία αποσκοπεί στην αύξηση της παραγωγής των ψαριών (Lazur & Britt, 1997 ; Funge-Smith & Phillips, 2001).

Τα κλειστά κυκλώματα εκτροφής ψαριών αποτελούν μια οικονομική εναλλακτική λύση με υψηλό κόστος ενέργειας το οποίο σχετίζεται με τον έλεγχο θερμοκρασίας και την άντληση του νερού. Η μέση εξοικονόμηση ενέργειας σε μια μονάδα παραγωγής διακοσμητικών ψαριών η μέση εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση υπολογίστηκε σε 0,96 δολάρια ανά κιλό παραγόμενου ψαριού (Buckling et al.,1993). Οι εγκαταστάσεις παραγωγής γατόψαρου και χελιού στην Ολλανδία χρησιμοποιούν συστήματα θέρμανσης (Bovendeur et al., 1987 ; Kamstra et al., 1998).

Οι απαιτήσεις σε νερό είναι μεγάλες, και χαρακτηρίζονται ως ένας παράγοντας που επιβάλλει την υιοθέτηση τεχνολογιών στα κλειστά συστήματα εκτροφής (Varadi, 2000).

Η βιομηχανία του εμπορίου των διακοσμητικών ψαριών στη Φλόριντα αντιμετωπίζει σοβαρούς περιορισμούς χρήσης νερού ως αποτέλεσμα της αύξησης του πληθυσμού στην ευρύτερη περιοχή του Ορλάντο. Οι Asano et al., (2003), περιγράφουν τη χρήση νερού στη βιομηχανία των διακοσμητικών ψαριών στη Χαβάη και την υιοθέτηση τεχνολογιών στα κλειστά συστήματα εκτροφής.

Ο όγκος του νερού που χρησιμοποιείται από τις μονάδες εκτροφής ψαριών ενισχύουν την άποψη για την επαναχρησιμοποίησή του, ακόμη και στην εκτροφή της πέστροφας όπου απαιτείται κρύο νερό (Heinen et al., 1996 ; Schuster & Stelz, 1998).

Τα κλειστά συστήματα εκτροφής ψαριών ανταγωνίζονται τα συστήματα συνεχούς ροής ή τα συστήματα των υδατοσυλλογών με σκοπό την παραγωγή ψαριών για διατροφή (Malone, 2002). Η επαναχρησιμοποίηση του νερού στα κλειστά συστήματα εκτροφής τα καθιστά λιγότερο ανταγωνιστικά στο εμπόριο των ψαριών. Οι Lørsordo et al.(1998) αναφέρουν ότι το κόστος επένδυσης στα ανοικτά συστήματα εκτροφής φθάνει τα 0,90 δολάρια ανά κιλό της ετήσιας παραγωγής, σε αντίθεση με τα κλειστά συστήματα εκτροφής ψαριών όπου το κόστος κυμαίνεται από 1,00 έως 4,00 δολάρια.

Παρόλο που το κόστος στα υπερεντατικά συστήματα εκτροφής μειώνεται και οι ανησυχίες για την χρήση νερού και τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς εξακολουθούν να απειλούν τις στρατηγικές που εφαρμόζονται, η εκτροφή σε υδατοσυλλογές κατά πάσα πιθανότητα παραμένει ο πιο αποδοτικός τρόπος για την παραγωγή βασικών προϊόντων διατροφής.

Οι στρατηγικές που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια της εκτροφής στα ιχθύδια και στους γεννήτορες αποσκοπούν στη μείωση του κόστους παραγωγής σε σχέση με τη διάρκεια παραγωγής. Το κόστος παραγωγής κυμαίνεται από 5,00 έως 40,00 δολάρια ανά κιλό ψαριού (Rakocy & McGinty, 1989 ; Davis & Lock, 1997 ; Hinshaw & Thompson, 2000).

Τα κλειστά κυκλώματα εκτροφής ψαριών παίζουν σημαντικό ρόλο στο περιβάλλον και στην έρευνα που πραγματοποιείται στην βίο-ιατρική υιοθετώντας ορισμένα υδρόβια είδη όπως το ψάρι ζέμπρα (*Danio rerio*), (Zon & Peterson, 2005) ή το ψάρι medaka (*Oryzias latipes*) (Sarmaski,2003), μεταξύ άλλων, χρησιμοποιούνται ως ζώα «μοντέλα» για την έρευνα.

Τα κλειστά κυκλώματα εκτροφής ψαριών χρησιμοποιούνται ερευνητικά στη γενετική (μεταλλάξεις, μοριακές μελέτες, παραγωγή διαγονιδιακών ψαριών), στην ενδοκρινολογία και στην ανάπτυξη εξαιτίας του ελέγχου, απαιτούν προσοχή ενώ συνίσταται οι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται στα πειράματα να είναι σε άριστη κατάσταση. Η χρήση των ενυδρείων στις διάφορες πειραματικές διαδικασίες προϋποθέτει έλεγχο του πληθυσμού ανά τακτά διαστήματα προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος εκδήλωσης ασθενειών (Gutierrez-Wing & Malore, 2006).

Η χρησιμοποίηση βιολογικών φίλτρων προϋποθέτει το διαχωρισμό τους σε κύριες κατηγορίες με βάση τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Όταν το υπόστρωμα του φίλτρου χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών οι οποίοι διατηρούνται και αναπτύσσονται

2. Όταν οι μικροοργανισμοί διατηρούνται με τη μορφή εναιωρήματος στο φίλτρο

Τα περισσότερα φίλτρα ενυδρείων εστιάζουν στην αερόβια διαδικασία και στο υπόστρωμα (υλικό πλήρωσης των φίλτρων) (Malone & Beecher, 2000), όπου το υπόστρωμα χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη του φίλτρου το οποίο χρησιμοποιεί οξυγόνο για να μετατρέψει την αμμωνία σε νιτρικά ιόντα μέσω της παραγωγής νιτρωδών ιόντων.

2.2 Ενυδρεία Θαλασσινού Νερού

Παράλληλα με την εξέλιξη των διαφόρων συστημάτων εκτροφής, ο συστημάτων των ενυδρείων ο κλάδος των ενυδρείων βρίσκεται σε μεταβατική περίοδο. Τα ενυδρεία θαλασσινού νερού ως μέσο χρησιμοποιούνται για την αναπαραγωγή και την εκτροφή κυρίως των θαλάσσιων ειδών, αυξάνοντας το κόστος που προκύπτει από τη χρησιμοποίηση διαφόρων μονάδων επεξεργασίας των αποβλήτων του ενυδρείου (Gutierrez-Wing & Malore, 2006). Οι υψηλές τιμές που καταγράφονται σχετίζονται με την ανάπτυξη των ιχθυδίων και εν γένει των διακοσμητικών ειδών, προωθώντας τη υιοθέτηση νέων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για ανακύκλωση. Οι τεχνολογίες χρησιμοποιούνται προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες που προκύπτουν από τη διαδικασία παραγωγής ιχθυδίων και προνυμφών με στόχο να διασφαλιστεί η ποιότητα των προϊόντων (Otoshi et al., 2003).

Στα ενυδρεία θαλασσινού νερού μειώνεται δραματικά η ανάπτυξη διαφόρων παθογενών (Goldburg et al., 2001). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί, η καλλιέργεια γαρίδας σε ενυδρεία η οποία απαιτεί ξεχωριστό εξοπλισμό και ενυδρεία μικρού όγκου ελάχιστης ιχθυοφόρτισης ή χαμηλής πυκνότητας (5-7 γαρίδες /m²), και τροφή πλούσια σε πρωτεΐνη. Η ανάπτυξη της γαρίδας γίνεται σε τρία διαφορετικά στάδια τα οποία απαιτούν διαφορετικές διατροφικές συνθήκες και υψηλά χαρακτηριστικά ποιότητας του νερού, δεδομένου ότι είναι πολύ ευαίσθητες στα αιωρούμενα στερεά και τις βακτηριακές λοιμώξεις.

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι σημαντικός και γίνεται με ηλεκτρονικά θερμόμετρα. Σε πολλές περιπτώσεις η θερμοκρασία πορεία να παίζει ανασταλτικό παράγοντα και να προκαλέσει θνησιμότητα. Σε αυτά τα στάδια, η τροφή που χορηγείται συνήθως καλλιεργείται στα ίδια ενυδρεία και αποτελείται κυρίως από

μικροφύκη και ζωοπλαγκτόν. Οι απαιτήσεις των τροφών είναι διαφορετικές, αλλά με τα ίδια ποσοστά ασφάλειας. Στο στάδιο των νεαρών ατόμων οι γαρίδες μπορούν να τοποθετηθούν σε λίμνες και να αναπτυχθούν (Gutierrez-Wing & Malore, 2006).

Η χορήγηση της τροφής στα αρχικά στάδια τροφοληψίας του ψαριού είναι ένα κρίσιμο στάδιο (Sahin, 2001). Η απορρόφηση του λεκιθικού σάκου, ο οποίος είναι μικρός σε μέγεθος, το ανώριμο πεπτικό σύστημα, καθιστούν τις προνύμφες αυτές ευάλωτες στους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Στο στάδιο αυτό, το μέγεθος της τροφής η σύνθεση της τροφής και το μέγεθος της στοματικής κοιλότητας απαιτούν ιδιαίτερης προσοχής.

Τα περισσότερα ψάρια του θαλασσινού ενυδρείου θέλουν ζωντανές τροφές προκειμένου να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις τους. Η ανάπτυξη των νυμφών μπορεί να καθυστερήσει και να παρεμποδιστεί εφόσον διαταραχθεί η τροφοληπτική ικανότητα του ψαριού (Mercier et al., 2004). Σε ένα βιολογικό φίλτρο η ολική αμμωνία (T.A.N), πρέπει να είναι κάτω από της τάξης 1.0 mg/L (Zhu & Chen, 2001). Οι απαιτήσεις σε αμμωνία σε συστήματα ανάπτυξης προνυμφών είναι μικρότερες από 0.1 mg / L (Malone & Beecher, 2000).

Η σωστή επιλογή και το μέγεθος των φίλτρων επηρεάζουν την λειτουργία και την οικονομική επιτυχία των συστημάτων επανακυκλοφορίας του νερού και εξαρτάται από τις συνθήκες που ισχύουν κάθε φορά. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στα κλειστά κυκλώματα εκτροφής ψαριών αποσκοπεί στην αύξηση της παραγωγικότητας ψαριών και καρκινοειδών που εκτρέφονται. Τα νιτροποιητικά βακτήρια είναι ευαίσθητα στην ποιότητα του νερού και στις στρατηγικές διαχείρισης των φίλτρων. Τα υψηλά επίπεδα αμμωνίας καθώς και τα νιτρώδη ιόντα είναι υπεύθυνα για την εκδήλωση των ασθενειών στο ενυδρείο (Malone & Pfeiffer, 2006).

Κεφάλαιο Τρίτο

Δομικά χαρακτηριστικά φίλτρων

3.1.Υλικά πλήρωσης φίλτρων

Το υλικό πλήρωσης που χρησιμοποιείται σ' ένα φίλτρο θα πρέπει να είναι ουδέτερο και χρησιμεύει ως επιφάνεια για την ανάπτυξη μικροοργανισμών, ενώ δεν προσβάλλεται από μικρόβια και βακτήρια, πρέπει δηλαδή να είναι ουδέτερο (Πιν.1) (Anonymous, 1992 Gunderson et al., 1992) .

Πίνακας 1. Είδη Φίλτρων και υλικά πλήρωσης φίλτρων

ΦΙΛΤΡΑ		
Μηχανικά φίλτρα	Χημικά φίλτρα	Βιολογικά φίλτρα
Είδη φίλτρων & υλικά φιλτραρίσματος		
Σφουγγάρια*	Ενεργός άνθρακας**	Κεραμικό κυλινδρικό υλικό
Πολυεστερικές ίνες	Απορρόφηση ενώσεων αζώτου	Διάφορα πορώδη υλικά***
Πολυεστερικό «αυλοβάμβακα»	Απορρόφηση φωσφορικών αλάτων	ζεόλιθος
Πλαγκτονικά δίχτυα	Απορρόφηση χαλκού	Ενεργός άνθρακας**
Φίλτρα γης διατόμων	Τύρφη	βιόσφαιρες
Φίλτρα άμμου	Skimmers	Σφουγγάρια*
	Φίλτρα μοριακής προσρόφησης	Φίλτρα trickling
	Οζονιστήρες	Ζωντανός βράχος- άμμος
		Φυσικά συστήματα****
		Algal turf scrubbers
		Ενυδρεία φίλτρα απομάκρυνσης μικροφυκών (refugia)*****

* Τα σφουγγάρια όταν χρησιμοποιούνται σωστά (αναλογία όγκου νερού/όγκου σφουγγαριού/πυκνότητα σφουγγαριού/κυκλοφορία νερού) χρησιμεύουν και ως βιολογικό υλικό. ** Ο ενεργός άνθρακας, λόγω της πορώδους δομής του λειτουργεί και ως βιολογικό υλικό. *** Οποιοδήποτε μη τοξικό υλικό με πόρους ή μεγάλη επιφάνεια είναι κατάλληλο για βιολογικό υπόστρωμα. **** Τα φυσικά συστήματα ενυδρείων έχουν ταυτοχρόνως χημικές και βιολογικές λειτουργίες. ***** Τα refugia είναι συστήματα εκτός του ενυδρείου τα οποία με τη βοήθεια κατάλληλου φωτισμού αναπτύσσονται οργανισμοί χωρίς τους φυσικούς τους θηρευτές (ψάρια ασπόνδυλα). Σε αυτά τα συστήματα κατακάθονται ιζήματα, πλούσια σε θρεπτικά συστατικά. Οι διάφοροι οργανισμοί (φύκη, μικρά καρκινοειδή, οστρακόδερμα, μικρές γαρίδες κλπ) αποδομούν τα θρεπτικά συστατικά και τα χρησιμοποιούν για τροφή. Το αποτέλεσμα είναι η αύξηση τέτοιων πληθυσμών στα refugia που στη συνέχεια συλλέγονται ώστε να εισαχθούν στο ενυδρείο και χρησιμοποιούνται ως ζωντανές τροφές άριστης ποιότητας για τα είδη.

Υπάρχουν υλικά που διαθέτουν μικρούς πόρους με αποτέλεσμα να μειώνεται η περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο και το φίλτρο να λειτουργεί με αναερόβια βακτηρίδια που είναι αζωτοδεσμευτικά (Spotte,1979 ; Adey & Loveland, 1991).

Σκοπός του υλικού πλήρωσης είναι το μέσο να βρίσκεται σε επαφή με νερό και αέρα αυξάνοντας τη βιομάζα των βακτηριδίων τα οποία είναι υπεύθυνα να οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη και νιτρικά ιόντα. Τα βασικά υλικά πλήρωσης που χρησιμοποιούνται σ' ένα φίλτρο είναι υαλοβάμβακας, σφουγγάρι, κεραμικοί κύλινδροι, ενεργός άνθρακας, τύρφη, τριμμένο κοράλλι, βιόσφαιρες, siporax, ασβεστολιθικά υλικά (δολομίτης, ασβεστίτης, τριμμένα κοράλλια, κελύφη οστράκων), χαλίκι, άμμο, βαμβακερά ή συνθετικά νημάτια (Tullock, 1991, Adey & Loveland, 1991).

Τα βακτήρια είναι φυσικοί πληθυσμοί που απαντώνται σ' όλα τα οικοσυστήματα. Η πλειοψηφία των υλικών πλήρωσης είναι υπεύθυνα για την ανάπτυξη και καλλιέργεια των βακτηριδίων. Στα βιολογικά φίλτρα διάφορα είδη αερόβιων βακτηριδίων, μετατρέπουν τα τοξικά απόβλητα σε μη τοξικά. Για παράδειγμα η αμμωνία και τα νιτρώδη ιόντα τα οποία είναι τοξικά για τα ψάρια οξειδώνονται σε νιτρικά ιόντα, τα οποία ακόμη και σε υψηλές συγκεντρώσεις δεν είναι τοξικά για τα ψάρια. Τα βακτήρια και άλλοι μικροοργανισμοί αυξάνονται στο υλικό πλήρωσης του φίλτρου απομακρύνοντας το οργανικό υλικό το οποίο καταναλώνουν ως τροφή (Spotte,1979 ; Adey & Loveland, 1991) .

Καθώς τα βακτήρια αυξάνονται και πολλαπλασιάζονται μετατρέπουν το οργανικό υλικό σε βιομάζα εξαιτίας των αποσαθρωμάτων, επιτρέπεται στο φίλτρο να χρησιμοποιείται μικρής διαμέτρου κόκκου όπως για παράδειγμα η άμμος (Tullock, 1991, Adey & Loveland, 1991).

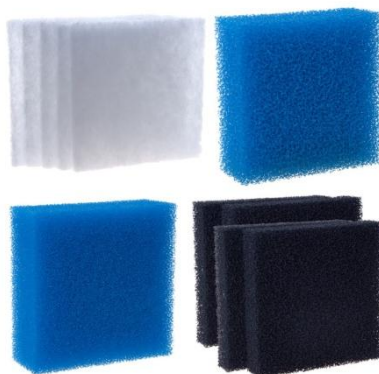
3.1.1 Υαλοβάμβακας

Είναι κατάλληλος για τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται ως μηχανικά φίλτρα ή Αν βάλουμε μεγάλη ποσότητα μπορεί να εργαστεί και σαν βιολογικό φίλτρο, αλλά επειδή κατακρατεί τα αιωρούμενα σωματίδια οπότε θα πρέπει να καθαρίζεται ή να αντικαθίσταται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Καθαρίζεται και επαναχρησιμοποιείται 2 ή 3 φορές, αλλά είναι ακόμα καλύτερα να τον αντικαθιστούμε κάθε φορά, αφού δεν πρόκειται για ακριβό υλικό και δεν χρειάζεται να βάζουμε κάθε φορά μεγάλη ποσότητα. Πριν από την χρήση του πρέπει να τον

πλένουμε με χλιαρό νερό ώστε να απομακρυνθούν τα μικρής διαμέτρου αιωρούμενα σωματίδια (Tullock, 1991).

3.1.2 Σφουγγάρι

Το σφουγγάρι που χρησιμοποιείται ως υλικό πλήρωσης του φίλτρου είναι ένα από τα διαδεδομένα υλικά φιλτραρίσματος από πολυουρεθάνη (Polyurethane - PUR) με πολλούς πόρους (Εικ. 1). Η επιφάνειά του κυμαίνεται από 20 έως 25 cm² για την κατακράτηση των αιωρούμενων σωματιδίων. Στο εμπόριο υπάρχει σε κομμάτια 1 X 1 m και 0,5 X 0,5 m και σε πάχος 3 cm, 5 cm και 10 cm. Υπάρχουν σφουγγάρια με λεπτούς (45 ppi), μεσαίους (30 ppi) και μεγάλους (10 ppi) πόρους, ανάλογα με την χρήση τους. Πολλά εσωτερικά, αλλά και εξωτερικά φίλτρα γνωστών εταιρειών χρησιμοποιούν μόνο αυτό το είδος σφουγγαριού σαν υλικό φιλτραρίσματος (Tullock, 1991).



Εικόνα 1. Σφουγγάρι πολυουρεθάνης για ενυδρεία (Πηγή: www.aquazone.gr)

3.1.3 Κεραμικοί κύλινδροι (μακαρόνι)

Η επιφάνειά τους είναι μικρή οπότε δεν μπορεί να αναπτυχθεί μεγάλος αριθμός βακτηριδίων με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται σε μεγάλες ποσότητες. Το υλικό παρασκευής είναι από ψημένη άργιλο που κάνει το υλικό πλήρωσης περισσότερο ανθεκτικό (Εικ. 2), (Tullock, 1991).



Εικόνα 2. Κεραμικό υλικό πλήρωσης φίλτρου (Πηγή: www.aquazone.gr)

3.1.4 Βιόσφαιρες

Οι βιόσφαιρες έχουν μικρή επιφάνεια και είναι χρήσιμες εξαιτίας του μικρού τους βάρους που παρουσιάζουν. Χρησιμοποιούνται στα φίλτρα τύπου trickling, χωρίς να παρουσιάζουν ιδιαίτερες απαιτήσεις ως προς την καθαριότητα και τη συντήρησή τους (Εικ.3), (Spotte,1979).



Εικόνα 3. Βιόσφαιρες φίλτρου (Πηγή: www.aquazone.gr)

3.1.5 Siporax

Η επιφάνεια του εν λόγω υλικού πλήρωσης καλύπτει μια επιφάνεια της τάξης των 270 m² /L. Λόγω της ιδανικής επιφάνειας και του μεγέθους των πόρων, τα βακτήρια αρχίζουν να αναπτύσσονται σε διάστημα 14 ημερών από την έναρξη του φίλτρου, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα που αναπτύσσονται κατά μέσο όρο σε διάστημα 3 έως 6 εβδομάδων (Εικ. 4), (Delbeek,1992).



Εικόνα 4 Sirox υλικό πλήρωσης φίλτρου (www.aquazone.gr)

Το υλικό αποτελείται κατά 70% από αέρα, με μικρούς πόρους, που σε ποσοστό της τάξης του 90% είναι διάτρητοι. Είναι κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη αερόβιων και αναερόβιων βακτηριδίων. Ο χρόνος ζωής του εν λόγω υλικού πλήρωσης είναι μεγάλος με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται αντικατάσταση και να μειώνεται η απόδοσή του. Εξαιτίας του μεγάλου κόστους προμήθειας δεν χρησιμοποιείται σε μεγάλες ποσότητες.

3.1.6 Ενεργός άνθρακας

Ο ενεργός άνθρακας έχει την ιδιότητα να κατακρατά και να απομακρύνει από το νερό τοξικές ουσίες ακατάλληλες για τα ψάρια και τα φυτά. Έχει την ιδιότητα να απομακρύνει οργανικές ουσίες από το νερό, λόγω της διάσπασης των υπολειμμάτων των πρωτεϊνών η ανανέωση και η φροντίδα των υλικών αυτών γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Τοποθετείται μετά τον υαλοβάμβακα, εξαιτίας των πόρων που διαθέτει που αν φράξουν από τα αιωρούμενα σωματίδια που βρίσκονται στο νερό, μειώνεται η αποτελεσματικότητά του (Spotte,1979 ; Delbeek,1992).

3.1.7 Άμμος

Η άμμος χαρακτηρίζεται ως υλικό με μεγάλη επιφάνεια για τα φίλτρα σε σχέση με υπόλοιπα υλικά πλήρωσης του φίλτρου με αποτέλεσμα να αυξάνεται η επιφάνεια και να αυξάνεται ο αριθμός των βακτηριδίων ανά μονάδα (Εικ.5). Εξαιτίας της αύξησης ο αριθμός των βακτηριδίων, το ολικό μέγεθος του φίλτρου μπορεί να μειώνεται χωρίς να αυξάνεται η αποτελεσματικότητα του φίλτρου (Shimek, 2001). Ο αέρας ανακυκλώνεται δίνοντας στα βακτήρια το απαραίτητο οξυγόνο για την ανάπτυξή τους. Για να μην υπάρχει απώλεια του υλικού πλήρωσης στο φίλτρο,

συνίσταται η τοποθέτηση στο φίλτρο μιας ημιπερατής μεμβράνης όπου επιτρέπει στο νερό του ενυδρείου να περνά διαμέσου του υλικού και προστατεύει την απομάκρυνση του από το φίλτρο. Η άμμος σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά έχει καλύτερα αποτελέσματα (Gunderson et al., 1992).



Εικόνα 5. Υλικά πλήρωσης φίλτρου διαφορετικής διαμέτρου κόκκου (Πηγή: www.fmueller.com)

3.1.8 Τύρφη

Η τύρφη ή ποάνθραξ (Εικ.6) είναι οργανικό υλικό, ορυκτός άνθρακας ο οποίος σχηματίζεται στο υπέδαφος κυρίως εύκρατου και υγρού περιβάλλοντος, από την αργή μερική αποσύνθεση φυτικών υπολειμμάτων που συγκεντρώνονται υπό συνθήκες ελλιπούς αποστράγγισης, σε τεράστιες μάζες (ποανθρακωρυχεία). Είναι νεότερος γαιάνθρακας, σχηματίζεται και σήμερα ακόμα με περιεκτικότητα σε άνθρακα μέχρι 50%. Η τύρφη έχει μορφή σπογγώδη και ινώδη και χρώμα καφέ σκούρο. Είναι ελαφρό και μαλακό υλικό και χρησιμοποιείται κυρίως σε ενυδρεία με φυτά ως υπόστρωμα και σε τροπικά ενυδρεία ως υλικό πλήρωσης του φίλτρου για τη μείωση της σκληρότητας του νερού επειδή δεσμεύει τα ιόντα μαγνησίου και ασβεστίου από το νερό. Όταν το ενυδρείο λειτουργεί ικανοποιητικά η αντικατάστασή της γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα (20-30 ημέρες).

Το οξύγονο που παράγεται από τα φωτοσυνθετικά μικροφύκη, αυξάνουν τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου στο ενυδρείο. Με τη φωτοσύνθεση απομακρύνεται το CO₂ που παράγεται από τους οργανισμούς στη σκοτεινή δεξαμενή με αποτέλεσμα να σταθεροποιεί το pH. Η τύρφη κατακρατά τα βαρέα μέταλλα και άλλες τοξίνες από το νερό (Adey & Loveland, 1991). Η ικανότητα που παρουσιάζει ώστε να κατακρατά

τα βαρέα μέταλλα και άλλες τοξίνες από το νερό είναι το κλειδί για τη λειτουργία του συστήματος. Υπάρχουν είδη κοραλλιών που επηρεάζονται από τα νιτρικά ιόντα, ενώ κάποια άλλα κοράλλια τα οποία προέρχονται από τον Ινδικό ωκεανό αναπτύσσονται σε αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων (40mg/L). Δεν παρατηρείται άμεση σχέση μεταξύ των επιπέδων των νιτρικών ιόντων και της υγείας των κοραλλιών. Είναι γνωστό ότι τα μειωμένα επίπεδα νιτρικών ιόντων (0,015mg/L) είναι κατάλληλα για τη σταθερότητα της αλκαλικότητας και του οικοσυστήματος (Adey & Loveland, 1991).



Εικόνα 6. Τύρφη ως υλικό πλήρωσης φίλτρου ενυδρείου (Πηγή: fyta.createforumhosting.com)

3.1.9 Χαλίκι-χαλαζιακά υλικά

Υπάρχουν πολλά είδη υλικών που είναι κατάλληλα που χρησιμοποιούνται ως υλικό πλήρωσης του φίλτρου βυθού και υπόστρωμα για το ενυδρείο, με διαφορετικό χρώμα, μέγεθος κόκκου και ιδιότητες. Το χαλαζιακό χαλίκι είναι κατάλληλο για τα περισσότερα ενυδρεία με γλυκό νερό με διαμέτρηση κόκκων που κυμαίνεται από 1 έως 12 mm (Εικ. 7), (Tullock,1991).

Στα φίλτρα βυθού, συνίσταται να μην χρησιμοποιούνται ως υλικό πλήρωσης του φίλτρου ασβεστολιθικά υλικά γιατί αυξάνουν την σκληρότητα του νερού, με εξαίρεση τα ενυδρεία που προστίθενται ψάρια που προέρχονται από τις λίμνες της Αφρικής όπου διαβιούν σε σκληρό νερό. Το χαλίκι επιτρέπει σε υπολείμματα τροφής να εισχωρούν ανάμεσα στους κόκκους και να καθιζάνουν στον πυθμένα. Αυτό με την σειρά του επιτρέπει στα βακτηρίδια να αποσυνθέτουν αυτά τα στοιχεία και να τα μετατρέπουν σε ουσίες που μπορούν να φανούν χρήσιμες στα φυτά (Βλάχος, 2004).



Εικόνα 7. Χαλαζιακό χαλίκι διαμέτρου 1-3mm (Πηγή: Βλάχος, 2010)

3.1.10 Ζεόλιθος

Ο ζεόλιθος (Εικ. 8) χρησιμοποιείται ως μέσο προσρόφησης και ανταλλαγής ιόντων ή ως μέσο μοριακού κοσκινίσματος. Η ανταλλαγή ιόντων και το μοριακό κοσκίνισμα είναι διαφορετικοί μηχανισμοί, που καταλήγουν στο ίδιο αποτέλεσμα, ενώ είναι παρόμοια για τα κατιόντα των βαρέων μετάλλων και το ζεόλιθο. Οι ζεόλιθοι κυριαρχούν σε ορισμένα ιόντα μετάλλων όπως για παράδειγμα το ασβέστιο (Ca^{2+}), το νατρίου (Na^+) και το κάλιο (K^+).

Οι Yapar και Yilmaz (2004) προσδιόρισαν τη μέση διάμετρο των πόρων στα 38.6 (Å), σε αντίθεση με τους Cabrera et al., (2005), όπου η μέση διάμετρος των πόρων είναι 101Å. Η διαφορά στο μέγεθος των πόρων εξηγείται εν μέρει από το γεγονός, ότι οι ζεόλιθοι προέρχονται από διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς από διαφορετικές ηπείρους. Το σχετικά μικρό μέγεθος των πόρων, εξηγεί, γιατί το αμμώνιο και τα μεταλλικά κατιόντα είναι κατάλληλα για την ανταλλαγή ιόντων, ενώ τα μεγάλα οργανικά μόρια, όπως για παράδειγμα οι πρωτεΐνες δεν μπορούν να κατακρατηθούν από το ζεόλιθο.

Με την χρήση του ζεόλιθου αυξάνεται το ποσοστό οξυγόνου στο ενυδρείο κατά 5-10% με συνέπεια να μην χρειάζονται συχνές αλλαγές στο νερό του ενυδρείου. Ο ζεόλιθος δεσμεύει την αμμωνία, τα νιτρικά και τα φωσφορικά άλατα. Το ενυδρείο παραμένει καθαρό μειώνοντας έως και εξαλείφοντας εντελώς προβλήματα ανάπτυξης μικροφυκών, ενώ η θολερότητα του νερού μειώνεται.



Εικόνα 8. Ζεόλιθος (Πηγή: www.zeolit.gr)

3.1.11 Τριμμένο κοράλλι -αραγωνίτης

Ο αραγωνίτης (Εικ.9) έχει τη χαρακτηριστική ιδιότητα της μειωμένης περιεκτικότητας σε πυρίτιο. Η κοινή άμμος περιέχει μεγάλη περιεκτικότητα σε πυρίτιο με αποτέλεσμα να ευνοείται η ανάπτυξη των καφέ διατομικών φυκιών. Μια τεχνική για την γρήγορη και άμεση εκκίνηση των βιολογικών διεργασιών στο ενυδρείο είναι η προσθήκη ζωντανού αραγωνίτη και η ανάμειξή του με νεκρό (Ling & Chen, 2005).

Ο ζωντανός αραγωνίτης αναμειγνύεται με το νεκρό με αποτέλεσμα να εμβολιάζεται και να ενεργοποιείται σε μικρό χρονικό διάστημα (Βλάχος, 2010). Ένα πολύ φυσικό, αποτελεσματικό και παθητικό σύστημα υποστήριξης και του ασβεστίου και της αλκαλικότητας μέσω της διάλυσης του αραγωνίτη σε ισορροπημένες ποσότητες. Χαρακτηριστικά είναι η μείωση των νιτρικών ιόντων εάν υπάρχει στρώμα πάχους (>10 cm). Έλλειψη καλής κυκλοφορίας νερού ή το λανθασμένο βάθος αυξάνουν τα θρεπτικά και τα μικροφύκη. Η προμήθεια αραγωνίτη σε σχέση με ένα ασβεστολιθικό υπόστρωμα γίνεται λόγω καλύτερης διαλυτοποίησης του αραγωνίτη. Το μέγεθος του κόκκου είναι λεπτό με ύψος 10 cm. Πιο χοντρή άμμος απαιτεί ακόμα περισσότερο ύψος και πιο δυνατή ροή για να επιτύχει (Βλάχος, 2010).



Εικόνα 9. Διάφορα μεγέθη αραγωνίτη που χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα στα φίλτρα (Πηγή: Βλάχος, 2010)

Κεφάλαιο τέταρτο

Συστήματα επεξεργασίας νερού

4.1 Φίλτρα

Στα θαλασσινά ενυδρεία, το φιλτράρισμα του νερού περιλαμβάνει τρεις (3) βασικούς τύπους: το Μηχανικό, το Βιολογικό και το Χημικό. Οι διαφορές που παρατηρούνται εξαρτώνται από τον τύπο του ενυδρείου καθώς και τον τρόπο λειτουργίας. Το μηχανικό φίλτρο κατασκευάζεται από πορώδες υλικό (σφουγγάρι) ή συνθετικά και βαμβακερά νημάτια τα οποία τοποθετούνται στο εσωτερικό του φίλτρου. Η βιολογική επεξεργασία του νερού επιτυγχάνεται μέσω ενός φίλτρου μικρό σε έκταση είτε με τη βοήθεια ζωντανού βράχου και του υποστρώματος του ενυδρείου. Το χημικό φίλτρο περιλαμβάνει διάφορες μικροσυσκευές και υπόστρωμα που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των τοξικών ουσιών από το ενυδρείο (Malone & Beecer, 2000).

Οι Jae-Koan et al., (2001), μελέτησαν τα χαρακτηριστικά της διαδικασίας της νιτροποίησης στα φίλτρα για θαλασσινό νερό με ομάδες βακτηριδίων. Υπολογίστηκε η δραστηριότητα των βακτηριδίων σ' ένα αντιδραστήρα 45L για 45 ημέρες. Ο αποδοτικότερος ρυθμός απομάκρυνσης της αμμωνίας ανά ημέρα ήταν 98%. Η αμμωνία απομακρύνθηκε εξολοκλήρου ενώ παρατηρήθηκε συσσώρευση νιτρικών ιόντων 6 mg/L, ενώ μετά από διάστημα 45 ημερών τα νιτρικά ιόντα μειώθηκαν στα 0,1mg/L. Ο μεγαλύτερος ρυθμός απομάκρυνσης της αμμωνίας που παρατηρήθηκε σε όλη την πειραματική διαδικασία ήταν 63g/m³/ανά ημέρα ενώ ο χρόνος παραμονής ήταν 1 ώρα.

Οι Grommen et al., (2005), μελέτησαν την επίδραση της αλατότητας στους πληθυσμούς των βακτηριδίων που αναπτύσσονται στο φίλτρο του ενυδρείου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στα ενυδρεία γλυκού νερού η σύνθεση των βακτηρίων διαφοροποιείται σε 4-7 ομάδες μετά την πάροδο 30 ημερών, ενώ στα φίλτρα με θαλασσινό νερό η παρουσία του *Nitrosomonas marina* ήταν αισθητή.

4.2. Μηχανικό φίλτρο

Η βασική λειτουργία του μηχανικού φίλτρου είναι η απομάκρυνση μεγάλων μορίων πριν την αποσύνθεσή τους και οδηγεί σε μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων και των διαλυμένων ουσιών. Το μηχανικό φίλτρο (Εικ.10) στα θαλασσινά ενυδρεία μπορεί να παρομοιαστεί σαν τα παλιρροϊκά ρεύματα, τα οποία προσκρούουν σ' έναν ύφαλο συνεισφέροντας στην απομάκρυνση των σωματιδίων από τους βράχους. Τα φίλτρα τύπου τυμπάνου χρησιμοποιούνται ως μηχανικό φίλτρο σε όλα τα συστήματα εκτροφής ψαριών σε ενυδρεία.

Ο άριστος σχεδιασμός του μηχανικού φίλτρου προϋποθέτει τον καθαρισμό του φίλτρου και βοηθάει στη διατήρηση της οξειδοαναγωγικής ικανότητας του φίλτρου (Paletta,1989) και φυσικά αποτελεί το κλειδί για την αποφυγή προβλημάτων που προκαλούνται κυρίως από τα φύκη. Υπάρχουν πολλοί και διάφοροι τύποι μηχανικών φίλτρων τα οποία χρησιμοποιούνται στα ενυδρεία, ενώ τα υλικά πλήρωσης που χρησιμοποιούνται στο φίλτρο είναι πορώδη υλικά (σφουγγάρια) ή συνθετικά νημάτια (Blasiola, 2000).

Το μηχανικό φίλτρο μπορεί να τοποθετηθεί στην υπερχειλίση ή στο πρώτο μισό του φίλτρου ροής ενώ δεν επηρεάζει το ενυδρείο. Οι σωληνώσεις κατά τη λειτουργία τους υπάρχει περίπτωση να φράζουν με αποτέλεσμα το ενυδρείο να υπερχειλίζει. Για την αντιμετώπιση προβλημάτων, μπορεί να κατασκευαστεί μια οπή ως εναλλακτικό σύστημα υπερχειλίσης μερικά εκατοστά (cm) από την επιφάνεια του νερού. Η διατομή της οπής είναι κατάλληλου μεγέθους ώστε να αντέχει τη ροή του νερού. Στις κατασκευές αυτές πολλές φορές, συνίσταται η προσθήκη ενός πολυεστερικού διάτρητου καλαθιού, το οποίο παίζει το ρόλο του μηχανικού φίλτρου. Ο τρόπος απλοποιεί τη διαδικασία αλλαγής του φίλτρου και ο έλεγχος σε σχέση με το θάλαμο υπερχειλίσης. Επίσης, δεν ενδείκνυται η χρήση μεταλλικών κυλίνδρων με αναδιπλώσεις, εξαιτίας της συχνής συντήρησής τους ή λόγω δυσλειτουργίας (Martin, 1995).

Ένα από τα συνήθη προβλήματα των φίλτρων υπερχειλίσης είναι ότι γεμίζουν με νερό. Τα φίλτρα σχεδιάζονται να είναι κρεμαστά και να λειτουργούν με ένα σιφόνιο, το οποίο ελαχιστοποιεί τη δυνατότητα δημιουργίας οπών στο ενυδρείο ενώ παράλληλα το ενυδρείο μετατρέπεται, σε ενυδρείο με φίλτρο επιφάνειας ή με φίλτρο ροής (Delbeek & Sprung, 2005).

Η επεξεργασία του νερού γίνεται παθητικά μέσω καθαρισμού του καναλιού ή με ένα επιπρόσθετο ενυδρείο. Σε περίπτωση που το κανάλι έχει κλίση, τότε το οργανικό φορτίο συσσωρεύεται στο χαμηλότερο σημείο και απομακρύνεται με το σιφόνιο ή με μια βαλβίδα καθαρισμού, η οποία προστίθεται στο κατάλληλο σημείο (Delbeek, 1990).



Εικόνα 10. Μηχανικό φίλτρο ενυδρείου (Πηγή: www.erdingtonaquatics.com)

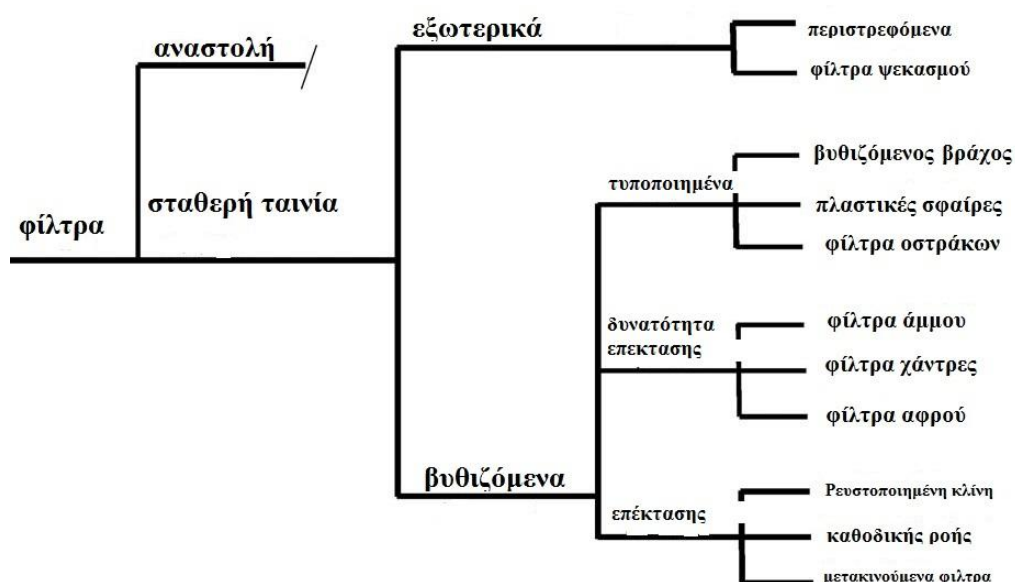
4.3 Βιολογικό φίλτρο

Το βιολογικό φίλτρο, αναφέρεται στις βιολογικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στα ενυδρεία, όταν η αμμωνία που παράγεται ως μεταβολικό προϊόν οξειδώνεται από βακτήρια σε λιγότερα βλαβερά προϊόντα όπως τα νιτρικά ιόντα (νιτροποίηση), τα οποία ανάγονται στη συνέχεια μέσω της απονιτροποίησης σε αέριο άζωτο. Η διαδικασία επιτυγχάνεται μέσω των βακτηριδιακών κύκλων στους ύφαλους (Malone & Pfeiffer, 2006).

Η ενεργοποίηση των ενυδρείων σχετίζεται με τον συνολικό όγκο του ενυδρείου ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη κυκλοφορία του νερού στο ενυδρείο (Πιν. 2). Η μέγιστη ταχύτητα φιλτραρίσματος εξαρτάται από τον όγκο του ενυδρείου και κυμαίνεται από 3 έως 10 περάσματα την ώρα. Για παράδειγμα ένα ενυδρείο 378L απαιτεί πέντε περάσματα την ώρα, το οποίο ισοδυναμεί με ένα ενυδρείο όγκου 1600L με ένα πέρασμα την ώρα. Ο χρόνος ανακύκλωσης του νερού για τα θαλασσινά ενυδρεία είναι κυμαίνεται από 5 έως 10 περάσματα την ώρα (Εικόνα 11), (Scott, 2006, Malone & Pfeiffer, 2006).

Πίνακας 2. Κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό των βιολογικών φίλτρων

φίλτρο	Μηχανισμοί μεταφοράς οξυγόνου	Διαχείριση	Ειδική επιφάνεια
RBC	Καταρράκτης	Εσχαροποίηση	Χαμηλό
Φίλτρο ψεκασμού	Καταρράκτης	Εσχαροποίηση	Χαμηλό
Βυθιζόμενο φίλτρο βράχου	Μεταφορά ροής	-	Χαμηλό
Βυθιζόμενο φίλτρο με κελύφη	Μεταφορά ροής	-	Χαμηλό
Βυθιζόμενο φίλτρο τυποποιημένο	Μεταφορά ροής	-	Χαμηλό
Ανοδικής ροής φίλτρο άμμου	Μεταφορά ροής	Αντίστροφη πλύση	Υψηλό
Φίλτρο επίπλευσης	Μεταφορά ροής	Αντίστροφη πλύση	Υψηλό
Φίλτρο σφουγγαριού	Μεταφορά ροής	Αντίστροφη πλύση	Υψηλό
Φίλτρο Ρευστοποιημένης κλίνης	Μεταφορά ροής	Συνεχής τριβή	Πολύ υψηλό
Φίλτρο υποστρώματος	Μεταφορά ροής	Συνεχής τριβή	Πολύ υψηλό
Φίλτρο μετακινούμενο	Αερισμός	Συνεχής τριβή	Μέτρια



Εικόνα 11. Χαρακτηριστικά και κατηγορίες βιολογικών φίλτρων (Πηγή:Malone & Pfeiffer, 2006)

4.3.1. Φίλτρο βυθού

Το φίλτρο βυθού (Εικ.12) αποτελεί ένα από τους βασικούς τύπους βιολογικού φίλτρου που χρησιμοποιείται ευρέως στα ενυδρεία γλυκού και αλμυρού νερού. Για παράδειγμα ένα ενυδρείο υφάλου με φίλτρο βυθού και εξωτερικό φίλτρο παρουσιάζει μειονεκτήματα. Τα μειονεκτήματα συνοψίζονται στον εγκλωβισμό των περιττωμάτων των ψαριών και των υπολειμμάτων τροφής στο υπόστρωμα του ενυδρείου, το οποίο επηρεάζει την ποιότητα του νερού και μειώνει τα επίπεδα οξυγόνου στο ενυδρείο. Πολλά φίλτρα βυθού είναι σχεδιασμένα να αποτρέπουν τη συσσώρευση και το πέρασμα του νερού από το στρώμα του χαλικιού το οποίο οδηγεί στο σχηματισμό ζωνών απονιτροποίησης (Spotte, 1979).



Εικόνα 12. Φίλτρο βυθού (Πηγή: <http://newaquariuminformation.com>)

Το φίλτρο βυθού (undergravel filter) αποτελείται από ένα πλαίσιο που βρίσκεται κάτω από ένα παχύ στρώμα χαλικιών. Στις δυο γωνίες του πλαισίου υπάρχουν συνδεδεμένοι δυο πλαστικοί αεροσωλήνας με πέτρες πωρόλιθου στο εσωτερικό τους προκειμένου το νερό να κυκλοφορεί (Tullock, 2001) .

Το πάχος των χαλικιών, η επιφάνεια και η διάμετρος τους, είναι τα χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη για την ανάπτυξη των βακτηριδίων. Όσο αυξάνεται η επιφάνεια του μέσου (χαλικιού), τόσο αυξάνεται ο αριθμός των βακτηριδίων. Από τα σημαντικότερα προβλήματα των φίλτρων βυθού είναι συσσώρευση των οργανικών αποβλήτων κάτω από το χαλίκι, που δύσκολα απομακρύνεται (Spotte 1979, Tullock 2001, Wilkinson 2004).

Προκειμένου να αποφευχθεί η συσσώρευση οργανικού υλικού κάτω από το χαλίκι, συνίσταται ο συχνός καθαρισμός του χαλικιού ώστε να απομακρυνθούν τα

απόβλητα που συσσωρεύονται κάτω από το χαλίκι. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζουν και τα υλικά διακόσμησης που θα χρησιμοποιηθούν στο ενυδρείο για να μην δημιουργούν προβλήματα με την ροή του νερού στο ενυδρείο (Wilkinson, 2004).

Στα μειονεκτήματα του φίλτρου βυθού συγκαταλέγονται η ανάπτυξη μικροφυκών εξαιτίας της οργανικής ύλης που συσσωρεύεται στο χαλίκι με αποτέλεσμα τα θρεπτικά συστατικά να αναδιανέμονται στη στήλη του νερού τροφοδοτώντας την ανάπτυξη των μικροφυκών (Clark et al., 2001).

4.3.2 Φίλτρα Ψεκασμού (Trickling)

Οι Wilkens (1973) και Anonymous (1992) περιέγραψαν τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν τα φίλτρα τύπου dry-wet (στεγνό-υγρό καθάρισμα) όταν χρησιμοποιούνται σε ενυδρεία ύφαλου. Η εμπειρία δείχνει ότι τα φίλτρα με μικρή επιφάνεια (φίλτρα trickling) δεν ενδείκνυται να χρησιμοποιούνται σε ενυδρεία με κοράλλια, ανεξάρτητα από την ποσότητα των βράχων που έχει προστεθεί στο ενυδρείο για ενίσχυση του φίλτρου.

Το βασικό πλεονέκτημα ενός φίλτρου ψεκασμού είναι η ικανότητα του να οξυγονώνει πλήρως το νερό στο θάλαμο του φίλτρου, πράγμα που κάνει την διεργασία της νιτροποίησης να επιτυγχάνεται γρηγορότερα. Ένα φίλτρο τύπου trickling αποτελείται από ένα θάλαμο μέσω του οποίου το νερό προσκρούει στο υπόστρωμα (Εικ. 13 & 14). Το νερό μέσω του υποστρώματος ρέει αργά προς τα κάτω διαπερνώντας όλο το φίλτρο. Το νερό στη συνέχεια συγκεντρώνεται σε ένα τμήμα του φίλτρου, και στη συνέχεια μεταφέρεται στο ενυδρείο μέσω ενός θαλάμου που βρίσκεται κάτω από το ενυδρείο. Το φίλτρο είναι βυθισμένο στο νερό, ενώ ένα μέρος του δεν βρέχεται (Andersson et al., 1994, Αιγινίτης, 2011).

Παρόμοιοι τύποι φίλτρων χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερη κλίμακα στην υδατοκαλλιέργεια και σε δημόσια ενυδρεία. Το ενυδρείο στη Βαλτιμόρη χρησιμοποιεί φίλτρα μικρής έκτασης στην πλειοψηφία των εκθεμάτων του, συμπεριλαμβανομένου και το 1Τη ενυδρείο υφάλου με εκθέματα από τον ατλαντικό ωκεανό (Αγραφιώτη, 2012, Μπινίκος, 2012).

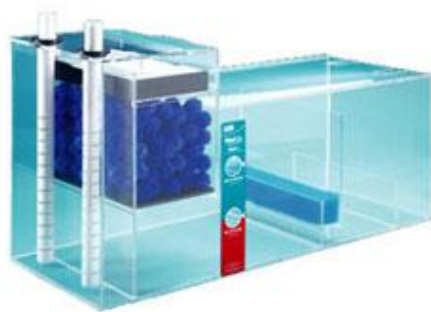
Όταν το νερό διέρχεται από το φίλτρο, μια λεπτή μεμβράνη καλύπτει το υλικό πλήρωσης ενώ το οξυγόνο εύκολα τη διαπερνά, επιτρέποντας άμεση ανταλλαγή αερίων για τα νιτροποιητικά βακτήρια που αναπτύσσονται στην επιφάνεια του υλικού πλήρωσης του φίλτρου. Η άριστη λειτουργία του φίλτρου προϋποθέτει την ύπαρξη

και λειτουργία ενός προ-φίλτρου, όπου θα χρησιμοποιείται για την αρχική επεξεργασία του νερού. Στις περιπτώσεις αυτές δεν συνίσταται ο καθαρισμός της κεντρικής μονάδας του φίλτρου (Andersson et al., 1994, Αιγινίτης, 2011). Το νερό εισέρχεται στο φίλτρο trickling μέσω μιας περιστρεφόμενης μπάρας ψεκασμού ή μέσω ενός δίσκου στον οποίο υπάρχουν πολλές και μικρές οπές. Οι μπάρες ψεκασμού διασκορπίζουν το νερό με ακρίβεια απευθείας στο υλικό πλήρωσης. Τα φίλτρα του τύπου αυτού προκειμένου να καθαριστούν και να συντηρηθούν απαιτείται να μην λειτουργούν για κάποιο χρονικό διάστημα (Anthoni, 2005).

Τα φίλτρα τύπου τυμπάνου συγκαταλέγονται στα φίλτρα ψεκασμού με τη διαφορά ότι κατά την περιστροφή τους δημιουργούνται ζώνες με υγρό-στεγνό καθαρίσμα. Η ροή του νερού έχει ως αποτέλεσμα την περιστροφή του φίλτρου. Καθώς ο τροχός περιστρέφεται, το υλικό πλήρωσης βυθίζεται στο νερό ενώ καθώς περιστρέφεται εξέρχεται χωρίς να παραμένει βυθισμένο μόνιμα επιτρέποντας στο νερό να αναμιγνύεται και να στραγγίζεται (Delbeek, 2005). Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια που δημιουργείται, τόσο τα βακτήρια, αυξάνονται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η οξειδωτική ικανότητα του φίλτρου. Οι κατασκευάστριες εταιρείες μειώνουν το μέγεθος ή αυξάνουν την επιφάνεια του υλικού πλήρωσης προκειμένου τα βακτήρια να αυξάνονται (Hoff, 1996).



Εικόνα 13. Φίλτρο τύπου trickling (Πηγή: <http://newaquariuminformation.com>)



Εικόνα 14. Φίλτρο τύπου trickling (Πηγή: <http://newaquariuminformation.com>)

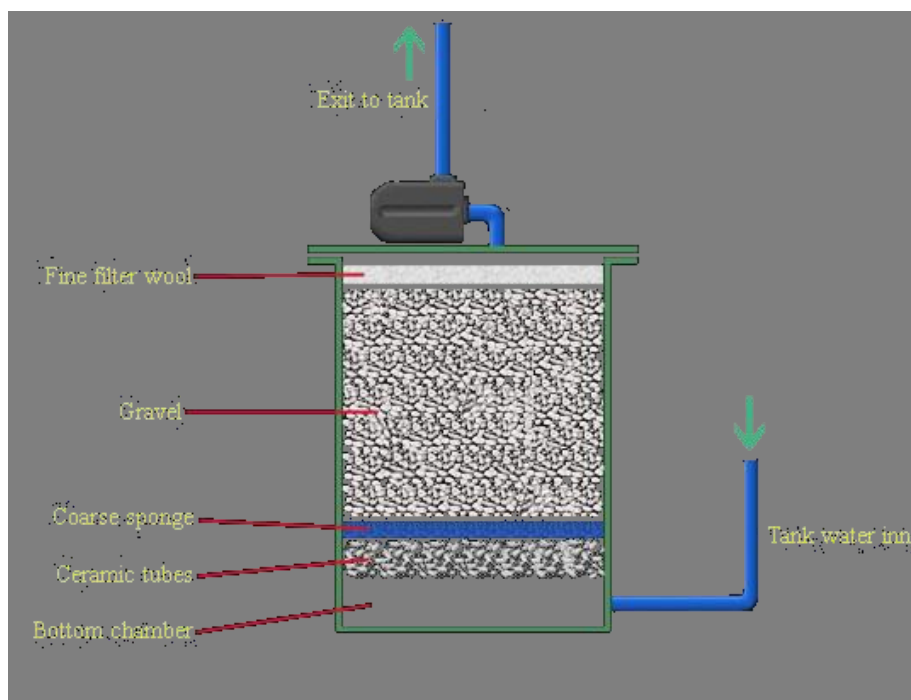
Το κενό που μεσολαβεί μεταξύ του φίλτρου χρησιμοποιείται ώστε να αποφευχθεί το «μπούκωμα» του μέσου από περιττώματα, υπολείμματα τροφής και φύκη. Όταν μεταξύ του υλικού πλήρωσης και του φίλτρου δεν υπάρχει μεγάλη απόσταση και μεγάλη επιφάνεια, τότε παρεμποδίζεται η ανταλλαγή των αερίων και το φράξιμο των πόρων του υλικού πλήρωσης του φίλτρου. Όταν το κενό που υπάρχει είναι μεγάλο τότε η ανταλλαγή αερίων γίνεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, ενώ η επιφάνεια για την ανάπτυξη των νιτροποιητικών βακτηρίων δεν είναι μεγάλη (Delbeek, 2005).

Καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν η επιφάνεια του φίλτρου είναι μεγάλη, με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται μεγάλος αριθμός βακτηρίων, χωρίς να μειώνει αισθητά το κενό που πρέπει να υπάρχει μεταξύ του μέσου και του φίλτρου. Στα ενυδρεία θαλασσινού νερού χρησιμοποιείται μεγάλη ποσότητα ζωντανού βράχου ώστε να αυξάνεται η αποδοτικότητα του φίλτρου. Η απόδοση του φίλτρου οφείλεται κυρίως στον πληθυσμό των βακτηριδίων που αναπτύσσονται στο βράχο, στην ανάπτυξη μικροφυκών (άλγη) καθώς και στους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς που δεσμεύουν νιτρικά ιόντα (Anthoni, 2005).

Η απόδοση των φίλτρων τύπου trickling είναι μεγαλύτερη εξαιτίας της διεργασίας της νιτροποίησης και εξαρτάται από τους οργανισμούς που θα προστεθούν στο ενυδρείο. Στην πραγματικότητα η τάση που επικρατεί είναι ο συνδυασμός των φυσικών βιολογικών διεργασιών στο ενυδρείο προκειμένου το νερό να διατηρήσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του (Gutierrez-wing & Malone, 2006).

4.3.3. Canister φίλτρα

Τα φίλτρα canister (Εικ. 15), χρησιμοποιούνται για ενυδρεία όγκου από 20 L έως 180 L. Τοποθετούνται συνήθως εξωτερικά του ενυδρείου, οπότε ο όγκος του μπορεί να είναι μεγαλύτερος του ενυδρείου, ώστε να αυξάνεται η οξειδωτική ικανότητα του φίλτρου. Είναι φίλτρα υψηλών προδιαγραφών με καλύτερη απόδοση σε σχέση με τα φίλτρα βυθού. Η εισροή και απορροή του νερού γίνεται μέσω σωληνώσεων οι οποίοι προσαρμόζονται κατάλληλα στο ενυδρείο.



Εικόνα 15. Φίλτρο τύπου Canister (Πηγή: www.jonolavsakvarium.com)

Το υλικό πλήρωσης των φίλτρων περιλαμβάνει μια γκάμα υλικών που ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο νερού. Για παράδειγμα ένα τυπικό canister φίλτρο για γλυκό νερό πληρώνεται με υλικά όπως υαλοβάμβακας, χαλίκι, σφουγγάρι, κυλινδρικά κεραμικά υλικά (μακαρόνι). Τα canister φίλτρα που χρησιμοποιούνται για θαλασσινό νερό συνίσταται να μην χρησιμοποιείται το κεραμικό υλικό εξαιτίας της αύξησης των νιτροδών ιόντων στο ενυδρείο (www.triventek-ductcleaning.com).

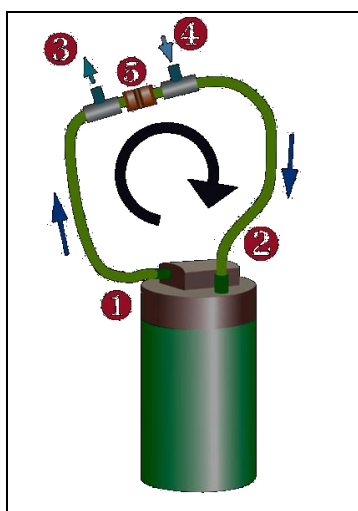
4.3.4. Φίλτρα απονιτροποίησης

Πρόκειται για ένα είδος φίλτρου που στοχεύει στην απομάκρυνση με βιολογικό τρόπο των νιτρικών αλάτων από το νερό του ενυδρείου (Εικ.16). Τα νιτρικά ιόντα, είναι το τελικό προϊόν του κύκλου του αζώτου και απομακρύνονται συνήθως με τακτικές αλλαγές νερού. Είναι φίλτρο που συμπληρώνει το σύστημα φιλτραρίσματος ενώ αν λειτουργεί σωστά είναι αποτελεσματικό (Εικ.17), (Grommen et al., 2005).

Τα βακτηρίδια στο φίλτρο μετατρέπουν τις ενώσεις του Αζώτου σε νιτρώδη ιόντα και στην συνέχεια σε νιτρικά ιόντα χρειάζονται οξυγόνο. Αυτό το οξυγόνο το λαμβάνουν από το νερό που περνά από το φίλτρο. Αν το νερό περνά πολύ αργά από τα υλικά, τότε το διαθέσιμο οξυγόνο εξαντλείται γρήγορα με συνέπεια τα βακτηρίδια

που βρίσκονται πίσω από την είσοδο του νερού, ζουν σε αναερόβιες συνθήκες (Rijn, 1996, Grommen et al., 2005).

Σε αυτή την περίπτωση εξαναγκάζονται για να αναπνέουν, να αποσπών άτομα οξυγόνου από τα νιτρικά (NO_3) και κατά συνέπεια να τα μειώνουν, απελευθερώνοντας άζωτο. Αυτή η κατάσταση πολλές φορές λαμβάνει χώρα στο εσωτερικό των φίλτρων. Όταν το φίλτρο δεν καθαρίζεται μειώνεται η ροή του νερού αισθητά, σε κάποια σημεία του δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες με συνέπεια την απονιτροποίηση. Κάτι τέτοιο δεν είναι και τόσο ασφαλές, αφού μπορεί να έχει συνέπειες στο ενυδρείο αν δημιουργηθούν νεκρές ζώνες (Rijn, 1996, Grommen et al., 2005).



Εικόνα 16 . Φίλτρο απονιτροποίησης (Πηγή: www.jonolavsakvarium.com)

1: έξοδος του νερού από τον κάδο, **2:** είσοδος του νερού στον κάδο, **3:** σημείο εξόδου του νερού από την κυκλοφορία, **4:** είσοδος του νερού στην κυκλοφορία, **5:** γέφυρα που ενώνει τους σωλήνες εξόδου και εισόδου του φίλτρου.



Εικόνα 17. Φίλτρο απονιτροποίησης (Πηγή: www.jonolavsakvarium.com)

4.3.5 Φίλτρα γης διατόμων

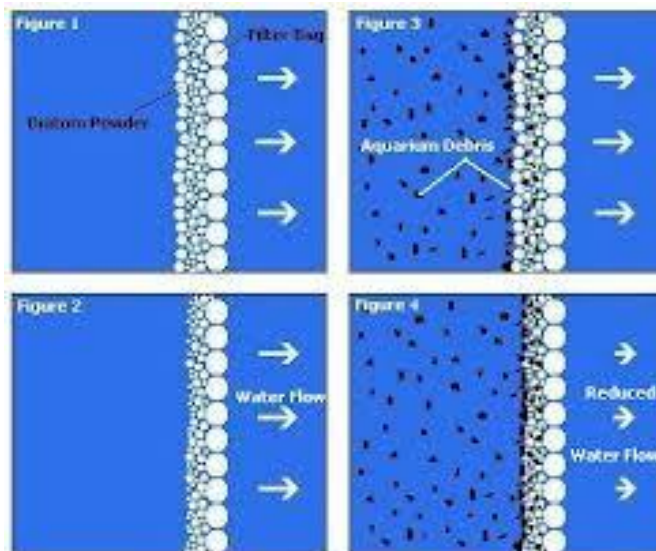
Πρόκειται για ειδικά φίλτρα που πραγματοποιούν μηχανικό καθαρισμό του νερού. Έχουν την δυνατότητα να κατακρατούν και τα πιο μικρά σωματίδια, καθώς και αιωρούμενα μικροφύκη, αλλά και βακτηρίδια που βρίσκονται ελεύθερα στο νερό. Τα φίλτρα αυτά λειτουργούν με την χρήση γης διατόμων (Εικ.18), ένα λεπτό στρώμα της οποίας έχει την ικανότητα να κατακρατεί σωματίδια μεγέθους 1/1000 mm. Η γη διατόμων πωλείται σε μορφή σκόνης και πρέπει να αντικαθίσταται μετά από κάθε χρήση. Υπάρχουν φίλτρα γης διατόμων μεγάλου μεγέθους κατάλληλα για πισίνες με το υλικό πλήρωσης του φίλτρου να είναι σε συσκευασία 30 K (Rijn, 1996, Grommen et al., 2005).



Εικόνα 18. φίλτρο γης διατόμων (Πηγή: www.aquahobby.com)

Η λειτουργία του φίλτρου αυτού είναι απλή: Το φίλτρο είναι χωρισμένο σε δυο διαμερίσματα από ειδικό ύφασμα. Το νερό εισέρχεται στο ένα διαμέρισμα, περνά μέσα από το ύφασμα και καταλήγει στο δεύτερο διαμέρισμα και από εκεί επιστρέφει στο ενυδρείο. Το υλικό πλήρωσης του φίλτρου τοποθετείται στο πρώτο διαμέρισμα. Το νερό με την ροή του, ωθεί το υλικό πλήρωσης επάνω στο ύφασμα σχηματίζοντας ένα λεπτό στρώμα (Crab et al., 2007).

Το νερό εισέρχεται από το στρώμα της διατομικής γης και βρίσκεται στο δεύτερο διαμέρισμα. Το χρώμα της γης διατόμων αλλάζει σε μικρό χρονικό διάστημα και χρωματίζεται καφέ ή πράσινη ανάλογα με τον τύπο των ρύπων που κατακρατά. Σε φίλτρα γης διατόμων νέας γενιάς το ύφασμα έχει αντικατασταθεί από άλλα ειδικά υλικά, αλλά η βασική αρχή λειτουργίας παραμένει η ίδια (Εικ.19), (Crab et al., 2007).



Εικόνα 19. Λειτουργία του φίλτρου γης διατόμων σε ενυδρείο (Πηγή: www.aquahobby.com)

Το παρών φίλτρο δεν λειτουργεί σε μόνιμη βάση στο ενυδρείο, αλλά περιοδικά έως ότου διαπιστωθεί ότι το νερό είναι τελείως διαυγές και έχουν απομακρυνθεί οι ρυπαντικές ουσίες. Η θολερότητα του νερού πολλές φορές προέρχεται από βακτηρίδια όταν στο νερό υπάρχουν διαλυμένα πολλά θρεπτικά συστατικά. Επίσης είναι πιθανό η θολερότητα να προέρχεται από αιωρούμενα μικροφύκη. Με τα μικροφύκη έμμεσα απομακρύνονται και θρεπτικά συστατικά τα οποία δεσμεύονται από αυτά. Είναι γνωστό ότι αν το ενυδρείο τοποθετηθεί σε σημείο με ηλιοφάνεια ακόμη για λίγο χρονικό διάστημα, το έντονο φως χρωματίζει το νερό πράσινο λόγω των μικροφυκών (Sprung & Delbeek, 1990).

Τα φίλτρα συνήθως χρησιμοποιούνται κατά των ασθενειών που προέρχονται από βακτηριδιακές ή παρασιτικές μολύνσεις. Με το φίλτρο απομακρύνονται παράσιτα και βακτηρίδια με αποτέλεσμα το νερό σε μεγάλο βαθμό απαλλάσσεται, όπως στην περίπτωση ανάπτυξης του μύκητα fungus κατά την επώαση των αυγών. Το θετικό με αυτά τα φίλτρα είναι ότι δεν επηρεάζουν την ποιότητα του νερού καθώς και την πανίδα των χρησιμων βακτηριδίων που αναπτύσσονται στα υλικά του φίλτρου, αλλά στο ενυδρείο. Στα μειονεκτήματά τους συγκαταλέγεται η μικρή διάρκεια ζωής, ο συχνός καθαρισμός και αντικατάστασή του (Sprung & Delbeek, 1990).

4.4 Χημικό φίλτρο

Υπάρχουν πολλοί τύποι φίλτρων που εντάσσονται στην κατηγορία του χημικού φίλτρου (Εικ.20), οι οποίοι εξαρτώνται από τον τύπο λειτουργίας τους. Εξαιτίας των διάφορων βιολογικών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε ένα ενυδρείο, έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία οργανικών ουσιών εξαιτίας του άνθρακα που περιέχουν (Spotte, 1989). Οι ουσίες αυτές είναι αμινοξέα, πρωτεΐνες, φαινόλες, λίπη, υδατάνθρακες, υδρογονάνθρακες, ορμόνες, βιταμίνες, χρωστικές ουσίες (καροτενοειδή), οργανικά οξέα (λιπαρά) (Moe, 1989).

Οι οργανικές ουσίες δημιουργούν προβλήματα στα ψάρια του ενυδρείου συμπεριλαμβανομένου, της μειωμένης ανάπτυξης, της μειωμένης αντίστασης στους ιούς και μεταβολικό στρες. Όταν οι ενώσεις περιέχουν άζωτο, αυτά σχηματίζουν βακτήρια που δεσμεύουν αμμωνία (Moe, 1989)

Η αμμωνία οξειδώνεται από νιτροποιητικά βακτήρια και μετατρέπεται σε νιτρικά ιόντα, τα οποία συσσωρεύονται στο ενυδρείο, γι' αυτό συνίσταται να γίνονται αλλαγές νερού με σκοπό τη μείωση της περιεκτικότητας σε διαλυμένο οργανικό άνθρακα. Στα Θαλασσινά ενυδρεία ο διαλυμένος οργανικός άνθρακας συσσωρεύεται σε αντίθεση με τα νιτρικά ιόντα, εξαιτίας της απονιτροποίησης και της χρήσης της αμμωνίας από τα μικροφύκη, τα κοράλλια και τα μαλάκια (Rijn, 1996).



Εικόνα 20. Χημικό φίλτρο (Πηγή: www.aquariumproductswholesale.com)

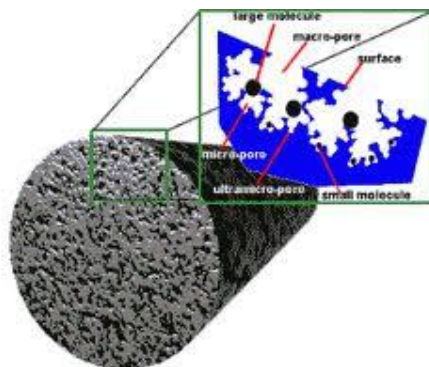
Η απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών αποβλήτων (DOC) πριν συσσωρευτούν ή οξειδωθούν σε αμμωνία, μειώνεται το φορτίο στο φίλτρο, καθώς μειώνονται τα επίπεδα των νιτρικών ιόντων και βελτιώνεται η ανάπτυξη και η υγεία των οργανισμών. Επίσης με τη διαδικασία αυτή μειώνεται η ανάγκη για αλλαγές νερού (Rijn, 1996).

Τα χημικά φίλτρα δεν είναι αποτελεσματικά, ενώ πολλές ουσίες δεν απομακρύνονται με αυτό. Επίσης οι αλλαγές του νερού, στα χημικά φίλτρα θα πρέπει να αποφεύγονται, μιας και απομακρύνουν τις διαλυμένες ουσίες ή γίνεται έλεγχος του pH. Στόχος του χημικού φίλτρου είναι η ισορροπία των ιχνοστοιχείων, καθώς το ασβέστιο μειώνεται και η συμπλήρωσή του με ιχνοστοιχεία (Moe, 1989).

Στα περισσότερα ενυδρεία, η επίδραση της αλλαγής του νερού στα ψάρια του ενυδρείου είναι μεγάλη. Αυτό είναι πολύ σημαντικό όταν υπάρχουν ασπόνδυλα ή σκληρά κοράλλια. Τα κοράλλια, τα φύκη και τα άλλα θαλάσσια είδη, αποδεσμεύουν πολλούς τύπους DOC στο νερό. Η πυκνότητα αυτών των οργανισμών σε ένα κλειστό σύστημα ενυδρείου, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των DOC εκτός και αν υπάρχει φίλτρο για την απομάκρυνση τους (Moe, 1989, Calfo, 2007).

4.4.1 Φίλτρα ενεργού άνθρακα

Ο άνθρακας στα ενυδρεία γλυκού νερού αποτελείται από ακανόνιστα, σχηματισμένα κομμάτια άνθρακα. Αυτό το είδος άνθρακα δεν είναι κατάλληλος για χρήση στα θαλασσινά ενυδρεία και αντικαταστήθηκε από τον «ενεργό» άνθρακα (Εικ.21). Σε αυτή τη μορφή ο άνθρακας έχει υποβληθεί σε μεγάλες πιέσεις και θερμοκρασίες για να αποβάλλει όλο το φορτίο και τα αέρια, ώστε να καθαρίσει το νερό (Wilkens, 1973, Anonymous, 1992, Marin, 2007).



Εικόνα 21. Ενεργός άνθρακας (Πηγή: www.bkk09.blogspot.com)

Το μέγεθος των μορίων, ο τύπος των αερίων που χρησιμοποιείται, η θερμοκρασία ενεργοποίησης και τα ανόργανα άλατα ψευδαργύρου, χαλκού, φωσφορικού άλατος, του πυριτικού άλατος και του θειικού άλατος που προστίθενται πριν την ενεργοποίηση, παρέχουν στον άνθρακα ειδικά χαρακτηριστικά προσρόφησης (Moe,1989,Marini, 2002). Ο ενεργός άνθρακας προσαρμόζεται στο συγκεκριμένο τύπο φορτίου που πρόκειται να απομακρυνθεί, δημιουργώντας πορώδης δομές ανάμεσα στους κόκκους του άνθρακα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα «τεράστιο σφουγγάρι» που απορροφά το ρυπαντικό φορτίο από το νερό που προέρχεται από τα απόβλητα (Dwivedy, 1973).

Ο ενεργός άνθρακας απομακρύνει μια μεγάλη ποικιλία από οργανικά μόρια τα οποία τα παγιδεύει, στους πόρους του προσροφώντας τα. Η προσρόφηση στηρίζεται στη διαδικασία ότι πολλά οργανικά μόρια είναι πολικά από τη φύση τους. Αυτό σημαίνει ότι τα δύο άκρα ενός μορίου διαφέρουν στο «ενδιαφέρον» τους για νερό (Delbeek, 1992).

Το ένα άκρο απωθείται από το νερό και ονομάζεται υδροφοβικό, ενώ το άλλο άκρο έλκεται από το νερό και ονομάζεται υδρόφιλο. Όταν ένα πολικό μόριο έρχεται κοντά σε μια πολική επιφάνεια, προσκολλάται, απομακρύνοντας αποτελεσματικά τα ιόντα από το διάλυμα, οι παράγοντες αυτοί καθορίζουν την αποτελεσματικότητα και την απόδοση του φίλτρου (Moe,1989,Palette,1989).

Οι περισσότεροι κάτοχοι ενυδρείων σχεδιάζουν κατά τέτοιο τρόπο το φρεάτιο τους, ώστε το φίλτρο να καλύπτει ένα χώρο για τον ενεργό άνθρακα με όλο ή ελάχιστο από το νερό που υπάρχει στο θάλαμο. Εναλλακτικά, μπορεί να κρέμεται ένα δοχείο στο φρεάτιο, γεμισμένο με άνθρακα. Μια άλλη επιλογή είναι η κατασκευή ενός δοχείου που συγκοινωνεί με το φίλτρο, και αποτελείται από ένα πλαστικό σωλήνα PVC με ενώσεις και στα δύο άκρα. Ο σωλήνας γεμίζεται με άνθρακα και τοποθετείται στο σωλήνα επιστροφής, έτσι ώστε το νερό επιστρέφοντας στη δεξαμενή διέρχεται από αυτό (Spotte, 1979,Moe, 1989,Tulloch, 1991).

Όταν το νερό πιέζεται μέσα στο θάλαμο που περιέχει σακουλάκια με άνθρακα, αυτά τείνουν να φράζουν από τα μοριακά απόβλητα στην επιφάνεια γιατί το λεπτό πλέγμα που είναι απαραίτητο για την κατακράτηση των μορίων του άνθρακα και δρα ως μηχανικό φίλτρο. Η απομόνωση του άνθρακα είναι αποτελεσματική, δημιουργώντας πίεση στο εσωτερικό του σωλήνα μειώνοντας την παροχή του νερού (Toonen, 2000a).

Το νερό καταλήγει να λιμνάζει στα σακουλάκια. Το πρόβλημα μπορεί να λυθεί αποφεύγοντας τη χρήση σακουλών ή αποφεύγοντας τη χρήση τόσο λεπτού πλέγματος. Οι σακούλες χαρακτηρίζουν τον άνθρακα εύκολο στη χρήση και η τοποθέτησή τους γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε το νερό να διέρχεται περιμετρικά του άνθρακα. Η διαδικασία αποσκοπεί στην διατήρηση της καθαρότητας του νερού από κίτρινες ουσίες. Η προσθήκη του άνθρακα στα ειδικά σακουλάκια μέσω της επαφής με το νερό και μέσω της διάχυσης απορροφά τις οργανικές ουσίες, διατηρώντας το νερό διάφανο με μείωση των ιχνοστοιχείων από ότι με την καθορισμένη μέθοδο (Spotte, 1979, Moe, 1989, Tullock, 1991).

Οι ειδικές σακούλες με τον άνθρακα δεν μπορούν να κατευθυνθούν προς το σωλήνα και να απορροφηθούν από την αναρρόφηση των αντλιών. Τα πλαστικά καλάθια ή τα πλαστικά πλαίσια χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός θαλάμου με άνθρακα.

Στα φυσικά συστήματα ενυδρείων δεν χρησιμοποιούνται εξωτερικά φίλτρα, αλλά σακουλάκια με άνθρακα και τοποθετούνται πίσω από το βράχο ώστε να μπορούν να ανακτηθούν άμεσα. Η ροή του νερού που πηγάζει από τον αέρα λόγω των φυσαλίδων. Η παθητική ροή εμποδίζει το να χρωματιστεί κίτρινο για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι σακούλες ενεργού άνθρακα που θάβονται κάτω από το υλικό πλήρωσης (χαλίκι) σε ενυδρεία, εμποδίζει το νερό να χρωματιστεί κίτρινο για μεγάλο διάστημα (Αιγινίτης, 2011).

Η αντικατάσταση του ενεργού άνθρακα εξαρτάται από τον τύπο του φίλτρου που χρησιμοποιείται και από το φορτίο. Οι διαφορές στο φορτίο και στον τύπο των οργανισμών που διατηρούνται στο ενυδρείο επηρεάζουν τον τύπο και την ποσότητα των διαλυμένων οργανικών ουσιών. Για παράδειγμα, στα ενυδρεία που αναπτύχθηκαν μικροφύκη παράγουν μεγάλη ποσότητα διαλυμένου άνθρακα από τα συστήματα με πολύ λίγη ανάπτυξη φυκών. Ο Thiel (1986), προτείνει τη χρησιμοποίηση 1K ενεργού άνθρακα σε 190L ενυδρείο, ενώ οι Wilkens & Birkholz (1986), προτείνουν 500 g ανά 100 L ενυδρείο.

Είναι δύσκολο να προταθεί μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο όπου ο άνθρακας θα πρέπει να αλλάγεται, εξαιτίας των διαφορών που παρουσιάζονται στους κόκκους του άνθρακα και στη σύνθεση του πληθυσμού. Ο άνθρακας παραμένει ενεργός για μια περίοδο 5-7 μήνες πριν χρειαστεί αντικατάσταση (Moe, 1989, Wilkens & Birkholz 1986).

Η εμφάνιση κίτρινων ουσιών στο νερό χρησιμοποιείται σαν οδηγός και καθορίζει την αντικατάσταση του ενεργού άνθρακα, μιας και αυτές οι ενώσεις ευχερώς αποκολλούνται και συσσωρεύονται όταν μειώνεται η δράση του άνθρακα.

Η τεχνική που εφαρμόζεται προκειμένου να αντικατασταθεί ο άνθρακας στηρίζεται σύμφωνα με τον Moe (1989), στη λήψη ενός λευκού πλαστικού με λεπτό πάχος το οποίο βάφεται κατά το ήμισυ απαλό κίτρινο. Το τμήμα αυτό στη συνέχεια τοποθετείται στο ενυδρείο, ώστε ο παρατηρητής να είναι σε θέση να το διακρίνει από την απέναντι πλευρά του ενυδρείου. Σε περίπτωση που δεν διακρίνεται, το νερό περιέχει χρωστικές ουσίες (συνήθως κίτρινες), οπότε συνίσταται η αντικατάσταση του άνθρακα.

Ο άνθρακας είναι πορώδες υλικό, με αποτέλεσμα στην επιφάνειά του να αναπτύσσονται βακτήρια υπεύθυνα για την νιτροποίηση και απονιτροποίηση. Η χρησιμοποίηση μεγάλων ποσοτήτων άνθρακα, επιβάλλει την αντικατάστασή του κάθε 6 μήνες μιας και επηρεάζει το ρυθμό απονιτροποίησης του ενυδρείου όταν το υπόστρωμα είναι λεπτό.

Πολλές φορές προτείνεται η αντικατάσταση κατά 30% του άνθρακα, ενώ το υπόλοιπο 70% εμβαπτίζεται σε διάλυμα θαλασσινού νερού προκειμένου να καθαριστεί (Wilkins & Birkholz, 1986). Ο άνθρακας στη συνέχεια τοποθετείται σε ειδικό σακουλάκι και τοποθετείται έμπροσθεν του παλαιού. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ανάπτυξη και διατήρηση των βακτηριδίων. Οι ίδιοι συγγραφείς προτείνουν σταδιακά την προσθήκη 20 g άνθρακα μηνιαίως για κάθε 100 L νερού, μέχρι τα 500 g για κάθε 100 L.

Στο εμπόριο υπάρχουν ποικίλοι τύποι άνθρακα (Σχ.22) με την ίδια αποτελεσματικότητα και ποιότητα. Το μέγεθος του κόκκου του άνθρακα είναι της τάξης των 10⁰Α, είναι θαμποί μαύροι στο χρώμα και όσο γίνεται πιο καθαρό. Με την προσθήκη του άνθρακα στο φίλτρο απαιτείται η απομάκρυνση της σκόνης που παρουσιάζει, χωρίς να επηρεάζει την απόδοσή του (Thiel, 1986).



Εικόνα 22. Τύποι ενεργού άνθρακα διαφορετικής διαμέτρου (Πηγή: <http://www.google.gr/imgres>)

Κάποιοι τύποι άνθρακα εκλύουν φωσφορικό αλάτι στο νερό, εξαιτίας της επεξεργασίας που γίνεται με φωσφορικό οξύ με σκοπό να αυξήσουν την πορώδη υφή του. Το φωσφορικό οξύ δημιουργεί οπές εσωτερικά δημιουργώντας έναν αποτελεσματικό και ενεργό άνθρακα. Σε ενυδρεία υφάλου δεν συνίσταται χρησιμοποίηση του εν λόγω τύπου άνθρακα προκειμένου να μην αυξηθούν τα φωσφορικά άλατα στο ενυδρείο και αυξηθούν τα μικροφύκη. Συνήθως ο άνθρακας του τύπου αυτού χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του αέρα και όχι του νερού (Calfo, 2007).

Η πρακτική που εφαρμόζεται προκειμένου να εξεταστεί αν ο άνθρακας απελευθερώνει φωσφορικά άλατα είναι η προσθήκη σε ένα αντιδραστήρα με αποστειρωμένο γλυκό νερό μερικοί κόκκοι άνθρακα. Η διαπίστωση γίνεται παρατηρώντας τους κόκκους του άνθρακα κατά πόσο αφήνουν μπλε απόχρωση. Ένα άλλο πρόβλημα που παρατηρείται είναι ότι με την πάροδο του χρόνου κάποιες από τις ουσίες που έχει απορροφήσει και προσροφήσει αποδεσμεύονται στο νερό (Spotte, 1979).

Το φίλτρο του άνθρακα για να έχει τη μέγιστη απόδοση θα πρέπει να γίνεται αλλαγή ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Ένα άλλο πρόβλημα που δημιουργείται είναι ότι μαζί με τις τοξικές ουσίες που απορροφά δεσμεύει και χρήσιμα ιχνοστοιχεία όπως το ιώδιο. Οι τακτικές αλλαγές του νερού και η προσθήκη ιχνοστοιχείων είναι πολύ σημαντικές όταν πρόκειται για χημικό φιλτράρισμα. Ο άνθρακας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και περιοδικά σ' ένα ενυδρείο. Το πρόβλημα έλλειψης των ιχνοστοιχείων αντιμετωπίζεται με ημερήσια προσθήκη μερικής ποσότητας νερού ή με αλλαγές νερού (Delbeek, 1992).

4.4.2 Φίλτρο μοριακής προσρόφησης

Τα φίλτρα μοριακής προσρόφησης ή ιοντοεναλλάκτες (Εικ.23) χρησιμοποιούνται στα θαλασσινά ενυδρεία και είναι υπεύθυνα για την απομάκρυνση των νιτρικών και φωσφορικών αλάτων. Τα φίλτρα αυτά περιέχουν πολυμερή τα οποία προσροφούν ενώσεις που δημιουργούν δίπολα μόρια όπως είναι οι ενώσεις που περιέχουν άζωτο. Τα μέσα μοριακής προσρόφησης τοποθετούνται σε σημείο ενώ το νερό που εισέρχεται στο φίλτρο είναι υπό πίεση προκειμένου το μέσο να μην φράζει. Η συχνή χρήση των φίλτρων πιθανών να προσροφά ιχνοστοιχεία από το ενυδρείο (Moe, 1989).

Κοινό χαρακτηριστικό μεταξύ των διεργασιών της ιονανταλλαγής και της ρόφησης είναι η απομάκρυνση των μεταλλικών ιόντων από την υδατική στη στερεή φάση. Η βασική διαφορά τους έγκειται στο γεγονός ότι κατά την ιονανταλλαγή σε αντίθεση με την προσρόφηση, λαμβάνει χώρα στοιχειομετρική κατανομή των μεταλλικών ιόντων στις ενεργές ομάδες του απορροφητικού μέσου. Σε αυτή την περίπτωση κατιόντα ή ανιόντα από την υγρή φάση (συνήθως υδατικό διάλυμα) αντικαθιστούν ανόμοια ιόντα παρόμοιου φορτίου που βρίσκονται στη στερεή (ιονανταλλάκτης), (Αναστασιάδου, 2011).

Αντίθετα, κατά το μηχανισμό της προσρόφησης η προσροφημένη ουσία απομακρύνεται από το διάλυμα στο οποίο βρίσκεται σε διαλυμένη μορφή χωρίς να αντικαθίστανται από άλλα ιόντα. Οι ιονανταλλάκτες περιέχουν ενεργές ομάδες αντίθετου φορτίου σε σχέση με το φορτίο των ιόντων που δεσμεύονται. Συγκεκριμένα, οι κατιονανταλλακτικές ρητίνες περιέχουν σουλφονικές, καρβοξυλικές, φωσφονικές ομάδες, ενώ οι ανιονανταλλακτικές ρητίνες περιέχουν τεταρτοταγείς βάσεις του αμμωνίου ή άλλες αμινο-ομάδες. Οι συνθετικές ρητίνες χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Η ιονανταλλαγή θεωρείται μια αντιστρέψιμη αντίδραση που πραγματοποιείται μεταξύ χημικώς ισοδύναμων ποσοτήτων (Αναστασιάδου, 2011).



Εικόνα 23. Φίλτρα μοριακής προσρόφησης (Πηγή: www.marispolymers.com)

4.5 Φίλτρα απομάκρυνσης οργανικών αποβλήτων (Protein skimmer)

Τα φίλτρα απομάκρυνσης οργανικών αποβλήτων διακρίνονται σε 2 τύπους, τα skimmer που η λειτουργία τους στηρίζεται στον αέρα και στα skimmer που λειτουργούν με αντλίες. Κατασκευάζονται από πλαστικό, ακρυλικό υλικό ή plexiglass και απομακρύνουν από το νερό λίπη, λιπαρά οξέα, οργανικά οξέα, αμινοξέα, λιπίδια, φωσφορικά άλατα, φαινόλες, υδρογονάνθρακες, άλατα ιωδίου, διάφορα συμπλέγματα μετάλλων με πρωτεΐνες και πρωτεΐνες (Suzuki et al., 2003).

Η λίστα των ουσιών και των ενώσεων που απομακρύνονται με τα skimmer είναι μεγάλη, αφού το συμπλέγμα μετάλλων και πρωτεϊνών βρίσκονται επίσης στα κατάλοιπα τριβής και αποσάθρωσης και στα προϊόντα διάβρωσης, που προέρχονται από φυτικούς ή ζωικούς οργανισμούς, οπότε και οι βιταμίνες αποτελούν επίσης πηγή νιτρικών αλάτων (Blasiola, 2000).

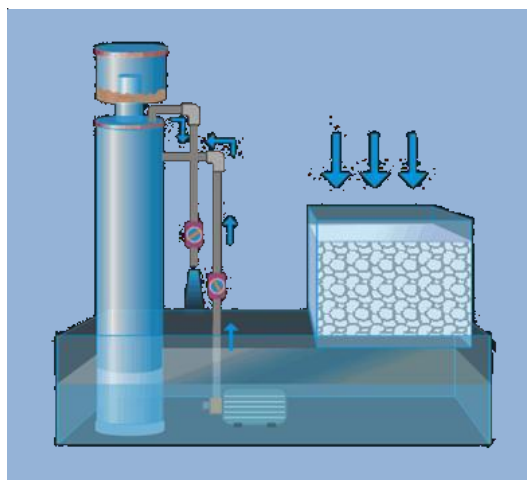
Τα «πρωτεϊνικά» (protein) skimmers αποτελούνται από ένα κυλινδρικό θάλαμο επαφής και ένα αποσπώμενο, δοχείο συλλογής. Στο θάλαμο επαφής, το νερό αναμειγνύεται με αέρα ενώ στο δοχείο συλλογής, ανέρχονται οι πρωτεΐνες με τη μορφή αφρού (Εικ.24).

Τα skimmer που λειτουργούν με αέρα, τοποθετούνται στο εσωτερικό του ενυδρείου, οπότε όταν το νερό εισέρχεται και βρίσκεται στο θάλαμο επαφής από τον πυθμένα, στο σημείο δηλαδή όπου γίνεται η εισροή του νερού. Στο θάλαμο επαφής τοποθετείται μια πέτρα πωρόλιθου, προκειμένου να τροφοδοτεί το σύστημα με αέρα. Ο αέρας δημιουργείται από αντλία αέρα, με σκοπό να παράγονται όσο το δυνατόν περισσότερες φυσαλίδες. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση ξύλινων πωρόλιθων (Suzuki et al., 2003).

Η λειτουργία του skimmer που λειτουργεί με αντλία (μηχανικά) είναι σύνθετη. Το νερό, εισέρχεται στο θάλαμο επαφής από μία θέση εισόδου νερού και εξέρχεται από μία αντίστοιχη θέση εξόδου, που είναι τοποθετημένες στον κυρίως θάλαμο επαφής της συσκευής και μπορούν να τροφοδοτούνται, είτε από την υπερχειλίση του ενυδρείου, είτε από την αντλία του νερού (Suzuki et al., 2003).

Μία δεύτερη αντλία νερού, κυκλοφορεί το νερό στο εσωτερικό του θαλάμου επαφής. Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται γι' αυτήν την διαδικασία είναι εξοπλισμένες με μία βαλβίδα Venturi (Εικ.25). Η βαλβίδα Venturi είναι ένα μικρό εξάρτημα, συνήθως τοποθετημένο στη βάση του θαλάμου επαφής και κατευθύνει το νερό μέσω μιας συστολής στο σωλήνα. Η πίεση πριν και μετά την συστολή

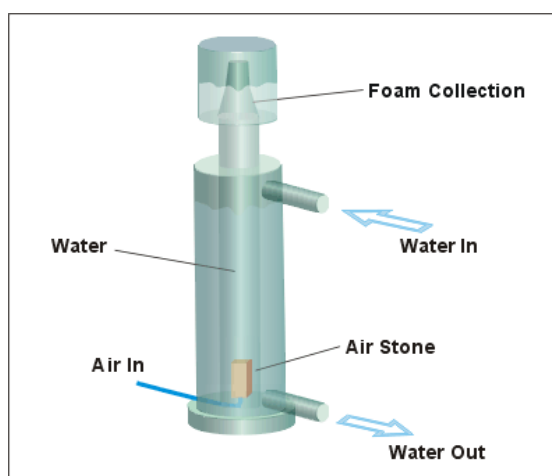
αυξομειώνεται. Με τη χαμηλή πίεση ο αέρας αναρροφάται, μέσω μιας ή περισσοτέρων θυρίδων εισρόφησης στο σύστημα Venturi δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο λεπτές φυσαλίδες (Blassiola, 2000).



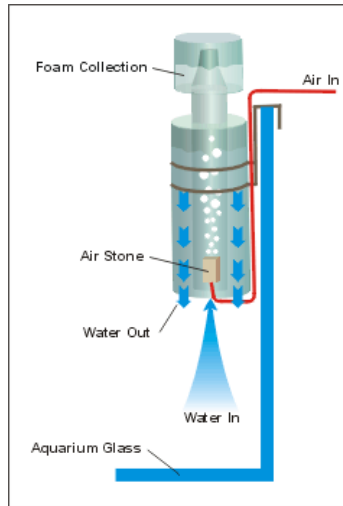
Εικόνα 24. Skimmer τύπου venture τοποθετημένο σε φίλτρο τύπου sump (www.cichlidhomepage.com)

Οι βαλβίδες Venturi μειώνουν τον όγκο του νερού που κυκλοφορεί από την κεντρική αντλία νερού, οι φτερωτές αυτών των αντλιών αντικαταστάθηκαν με αστεροειδείς φτερωτές. Το σχήμα τους ομοιάζει με του αστεριού και είναι πολύ ισχυρές, μιας και περιστρέφονται με ταχύτητα πάνω από τρεις χιλιάδες στροφές ανά λεπτό της ώρας (3.000 r/min), (Suzuki et al., 2003) .

Υπάρχουν δύο (2) τύποι πρωτεϊνικά skimmers. Ο πρώτος λειτουργεί με συνδυασμό ρεύματος αέρα και νερού, ενώ ο δεύτερος τύπος λειτουργεί με αντίστροφη ροή ρεύματος (Εικ. 25 & 26).



Εικόνα 25. Protein skimmer λειτουργίας αντίθετης ροής από τις φυσαλίδες (Πηγή: www.cichlidhomepage.com)



Εικόνα 26. Φίλτρο skimmer (νερό και αέρας κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση)
(Πηγή: www.cichlidhomepage.com)

4.5.1 Λειτουργία του skimmer

Η οργανική επιφάνεια των ενεργών μορίων, προσκολλάται στην εξωτερική επιφάνεια των φυσαλίδων, μιας και οι τελευταίες λειτουργούν ως κοινή συγκολλητική επιφάνεια γι' αυτά. Τα οργανικά μόρια δημιουργούν πόλους και διακρίνονται σε υδρόφιλα και υδρόφοβα (Suzuki et al., 2003).

Το υδρόφοβο μέρος των μορίων επιτρέπει τη διάλυσή τους σε οργανικούς διαλύτες, ενώ το υδρόφιλο μέρος, επιτρέπει να παραμένουν σε σταθερή επαφή με το νερό. Συνεπώς οι φυσαλίδες συλλέγουν μόρια, κατά τη διάρκεια επαφής τους με το νερό, στο θάλαμο επαφής, γιατί τους προσφέρονται οργανικά υλικά. Στα skimmer οι φυσαλίδες είναι μικροσκοπικές και γίνονται εμφανείς όταν οι φυσαλίδες «εκρήγνυνται». Η αλληλεπίδραση του νερού και του αέρα επηρεάζει την απομάκρυνση των πρωτεϊνικών αφρών (skimming). Η λειτουργία αυτή χρησιμοποιεί το δυναμικό επιφανείας και τη διαφορετικότητα του πόλου του μορίου που πρόκειται να διασπαστούν. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια ανταλλαγής, τόσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα αντικατάστασης των, οπότε και υψηλότερη η απόδοση του skimmer (Suzuki et al., 2003).

Οι φυσαλίδες είναι σφαιρικές προσφέροντας τη μέγιστη επιφάνεια ανά όγκο. Ο αριθμός των φυσαλίδων που απαιτείται είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερος, με όσο το δυνατόν μικρότερο όγκο. Όταν το μέγεθος των φυσαλίδων αυξηθεί, ή ο αριθμός τους μειωθεί, η αποτελεσματικότητα του skimmer μειώνεται. Ο αριθμός και το

μέγεθος των φυσαλίδων στο θαλασσινό νερό είναι μεγαλύτερος σε αντίθεση με τις φυσαλίδες που παράγονται στο γλυκό νερό. Η πρακτική που εφαρμόζεται είναι αντικατάσταση του πωρόλιθου ή απαιτείται καθαρισμός των σωλήνων παροχής αέρα του skimmer. Τα skimmer είναι περισσότερο αποδοτικά στα θαλασσινά ενυδρεία σε αντίθεση με τα ενυδρεία γλυκού νερού όπου έχουν περιορισμένες δυνατότητες. Στο γλυκό νερό το skimmer για να λειτουργήσει αποδοτικά θέλει ισχυρή αντλία αέρα και περισσότερες πέτρες πωρόλιθου (Suzuki et al., 2003).

Στα ενυδρεία θαλασσινού νερού τα skimmer χρησιμοποιούνται επειδή δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν συχνές αλλαγές νερού, οι οποίες αυξάνουν το κόστος συντήρησης του ενυδρείου, σε αντίθεση με τα ενυδρεία του γλυκού νερού όπου οι αλλαγές νερού είναι περισσότερο εφικτές (Marini, 2002).

Το ρυπαντικό φορτίο μειώνεται καθώς το νερό οδηγείται προς την κορυφή του θαλάμου, με αποτέλεσμα οι περισσότεροι ρυπαντές να παραμένουν προσκολλημένοι στις φυσαλίδες, με αποτέλεσμα ο αφρός σχηματίζεται μέσα στο δοχείο συλλογής. Ο αφρός αποτελείται από νιτρικά άλατα, και θα πρέπει να απομακρύνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Σε περίπτωση, που δεν απομακρυνθεί και παραμείνει στη στήλη του νερού τότε κρυσταλλώνονται και συσσωρεύονται στο σύστημα (Suzuki et al., 2003).

Τα skimmer, χαρακτηρίζονται ως χημικά φίλτρα και είναι αποτελεσματικά, διότι απομακρύνουν την πλειοψηφία των οργανικών ενώσεων από το νερό, με φυσικό τρόπο (μιας και οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούν μόνον νερό και αέρα), πριν διασπαστούν σε τοξικές ουσίες, υποστηρίζοντας τη λειτουργία των βιολογικών φίλτρων (Sprung & Delbeek, 1990).

Επιπροσθέτως, κάποια βακτηρίδια και φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί, παγιδεύονται μηχανικά στον αφρό με αποτέλεσμα να απομακρύνονται με τις οργανικές ουσίες. Το επαρκές skimming, οδηγεί στην απομάκρυνση των οργανικών θρεπτικών συστατικών, ενώ θεωρείται η κατάλληλη μέθοδος ελέγχου αύξησης των Κυανοβακτηριδίων (Blassiola, 2000).

Οι παράγοντες που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα των skimmers, είναι:

- ✓ το μέγεθος των παραγομένων φυσαλίδων
- ✓ η συχνότητα κυκλοφορίας του αέρα
- ✓ ο χρόνος επαφής των φυσαλίδων στη συσκευή

Το επιθυμητό μέγεθος της διαμέτρου των φυσαλίδων κυμαίνεται από 0,5 mm έως 1,0 mm, με αποτέλεσμα να αυξάνει την επιφάνεια των φυσαλίδων, χωρίς να

μειώνεται η πλευστότητά τους. Η κυκλοφορία του αέρα, καθορίζει τη σχετική αναλογία νερού/φυσαλίδων στη συσκευή. Η προτεινόμενη συχνότητα κυκλοφορίας αέρα, για τα πρωτεϊνικά skimmers αφρού, είναι $1,8 \text{ cm/sec/cm}^2$.

Η σωστή αναλογία της κυκλοφορίας αυξάνει την αποτελεσματικότητα του skimmer, δημιουργώντας αρκετά καλής ποιότητας αφρό σε σχέση με την ενεργό επιφάνεια των φυσαλίδων που παράγονται από τη συσκευή του.

Ο ενεργός χρόνος επαφής των φυσαλίδων εξαρτάται από τους παράγοντες

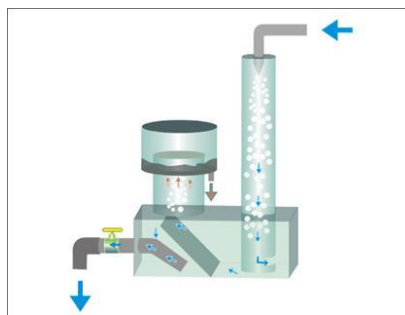
- ✓ το ύψος του κυλίνδρου της συσκευής
- ✓ τη συχνότητα κυκλοφορίας του νερού στο skimmer

Ένα skimmer ύψους 120 cm, με διάμετρο θαλάμου επαφής περίπου 15 cm και συχνότητα 1.200 L/h, χρησιμοποιείται σε ενυδρεία όγκου 600 L. Τα skimmer με αντίστροφη ροή ρεύματος υποτροφοδοτούνται με αέρα. Ο όγκος του αέρα μετράται με τη βοήθεια μιας πλαστικής σακούλας χωρητικότητας τεσσάρων λίτρων όπου προσαρμόζεται κατάλληλα στο σημείο διαφυγής του αέρα. Μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται για να «φουσκώσει» υπολογίζεται ο όγκος (Suzuki et al., 2003).

Στα ενυδρεία χρησιμοποιούνται τρεις βασικού τύπου φίλτρων απομάκρυνσης οργανικών αποβλήτων

- ✓ τα skimmers με αντίστροφη ροή ρεύματος
- ✓ τα skimmers με σύστημα Venturi
- ✓ τα skimmer που χρησιμοποιούνται σε φίλτρα τύπου sump

Το skimmer (Εικ. 27) τοποθετείται εσωτερικά ή εξωτερικά του ενυδρείου. Στο φίλτρο τύπου sump εγκαθίσταται στο θάλαμο όπου εισέρχεται αρχικά το νερό, και πριν το χημικό ή μηχανικό φίλτρο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πολλά σωματίδια και απόβλητα απομακρύνονται μέσω του μηχανικού φίλτρου, πριν εισέλθουν στο skimmer, οπότε το χημικό φίλτρο διαχειρίζεται λιγότερα ρυπαντικά φορτία, παρατείνοντας την αποτελεσματικότητά του και το χρόνο που παραμένει ενεργός.



Εικόνα 27. Skimmer με την άντληση να γίνεται η άντληση από το κάτω μέρος (Πηγή: www.cichlidhomepage.com)

Η διάσπαση των οργανικών αποβλήτων στο σύστημα εξαρτάται από το μέγεθος του skimmer, τον όγκο ροής του νερού στη μονάδα του χρόνου, ο οποίος θα πρέπει να είναι διπλάσιος από τον όγκο νερού του συστήματος, το μέγεθος και ο αριθμός των φυσαλίδων, ενώ ο χρόνος επαφής θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερος (Blassiola, 2000).

Το κατάλληλο μέγεθος των φυσαλίδων είναι της τάξης των 0,5mm & 0,8mm. Όσο πιο μικροσκοπικές είναι οι φυσαλίδες, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνειά τους και συνεπώς απαιτείται περισσότερος χρόνος στις φυσαλίδες για να ανέβουν στο θάλαμο. Όσο αυξάνει το ύψος του θαλάμου επαφής της συσκευής, τόσο αυξάνει και ο χρόνος επαφής (Anonymous, 1992).

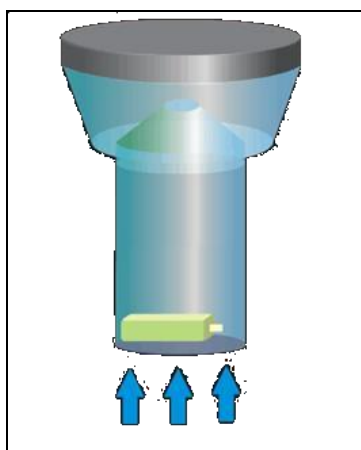
Η προμήθεια ενός skimmer απαιτεί τον έλεγχο των εξής χαρακτηριστικών:

- ✓ έλεγχος της συσκευής
- ✓ έλεγχος του θαλάμου συλλογής και του δοχείου συλλογής του αφρού (απομάκρυνση χωρίς προβλήματα). Ο θάλαμος συλλογής θα πρέπει να είναι μακρύς έτσι ώστε ο συγκεντρωμένος αφρός να στεγνώνει για να συγκεντρώνεται σωστά
- ✓ έλεγχος των σωληνώσεων και της διατομής συνδεσμολογιών στην είσοδο και έξοδο του νερού
- ✓ έλεγχος λειτουργίας των βανών του συστήματος
- ✓ έλεγχος της ιπποδύναμης της αντλίας αέρα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στο σύστημα
- ✓ έλεγχος και υπολογισμός των πωρόλιθων

Ο αριθμός των πωρόλιθων θα πρέπει να είναι κατάλληλος για να λειτουργεί το σύστημα. Συνιστάται η χρησιμοποίηση διπλάσιου αριθμού πωρόλιθων από αυτόν που προτείνεται από τον κατασκευαστή. Οι ξύλινοι πωρόλιθοι παράγουν λεπτές φυσαλίδες. Το skimmer με διάμετρο μεγαλύτερη των 10 cm, λειτουργούν αποτελεσματικότερα με δύο (2) πωρόλιθους. Επίσης απαιτείται μεγιστοποίηση του όγκου παραγωγής αέρα, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να ελαχιστοποιείτε το μέγεθος των φυσαλίδων.

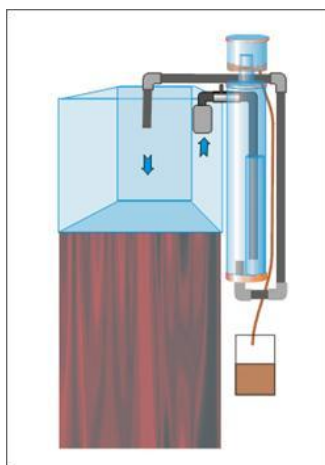
4.5.2. Τύποι skimmer

Σ' ένα skimmer με συνεχόμενη ροή, λόγω του μικρού θαλάμου αντίδρασης, ο χρόνος επαφής είναι μικρός (Εικ.27). Αυτός ο τύπος είναι ο λιγότερο αποτελεσματικός από τα υπόλοιπα πρωτεϊνικά skimmer και κυρίως χρησιμοποιείται ενυδρεία μικρού όγκου ενυδρεία. Υπάρχουν τύποι με μεγαλύτερο θάλαμο επαφής αλλά απαιτούν πάρα ισχυρές αντλίες αέρα.



Εικόνα 27. skimmer με συνεχόμενη ροή (Πηγή: www.cichlidhomepage.com)

Τα κρεμαστά skimmer (Εικ. 28) είναι πολύ ευαίσθητα στις αλλαγές που συμβαίνουν. Η σκόνη, τα εντομοκτόνα ή τα αρωματικά χώρου και οι αναθυμιάσεις βαφών επηρεάζουν τη λειτουργία τους. Αυτές οι ουσίες ελαττώνουν την παραγωγή πρωτεϊνικού αφρού. Τα τάισμα μειώνει προσωρινά την παραγωγή πρωτεϊνικού αφρού. Αυτό συμβαίνει γιατί οι λιπαρές ουσίες, όταν εισάγονται στο σύστημα του ενυδρείου, μειώνουν το δυναμικό της επιφάνειας του νερού, με αποτέλεσμα να μειώνεται η παραγωγή αφρού (Suzuki et al., 2003).



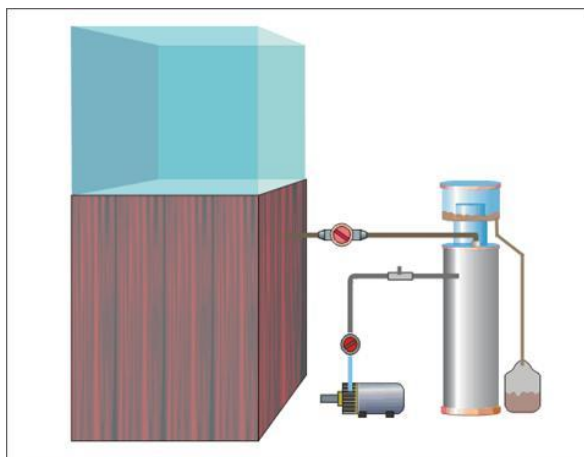
Εικόνα 28. Κρεμαστό skimmer (Πηγή: www.cichlidhomepage.com)

Η θερμοκρασία, το pH, η συχνότητα κυκλοφορίας νερού και αέρα, οι διαστάσεις skimmer, το δυναμικό επιφανείας, η πυκνότητα του νερού, το μέγεθος, η ποσότητα και η διάχυση των φυσαλίδων αέρα, αλλά και ο τρόπος λειτουργίας της εκάστοτε συσκευής, επηρεάζουν την απόδοση του skimmer (Spotte, 1979).

Ο καθαρισμός του skimmer γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Ο αφρός σε υγρή και ξηρή μορφή είναι δηλητηριώδης, λόγω της υψηλής του περιεκτικότητας σε τοξικές ενώσεις. Μερικά εργοστασιακά skimmer είναι εξοπλισμένα με υπερχειλίση εγκατεστημένη στο επάνω μέρος του δοχείου συλλογής. Μέσω της υπερχειλίσης, ο αφρός απομακρύνεται από το δοχείο συλλογής. Σε περίπτωση που το skimmer δεν φέρει υπερχειλίση μπορεί να κατασκευαστεί με μια οπή (διαμέτρου 12/16 mm) επάνω στο δοχείο συλλογής και με σωλήνα ανάλογης διατομής ο αφρός κατευθύνεται απευθείας στην αποχέτευση (Suzuki et al., 2003).

Η δυνατή παροχή ρεύματος νερού στην κορυφή του θαλάμου επαφής, εμποδίζει τον σωστό διαχωρισμό του ξηρού αφρού και του νερού που έχει υποστεί διάσπαση, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η λειτουργία της συσκευής (Εικ. 29). Το pH επίσης επηρεάζει την παραγωγή αφρού. Όταν το pH μεταβάλλεται το skimmer λειτουργεί με διαφορετική απόδοση. Όσο υψηλότερες είναι οι τιμές του pH, τόσο έντονοι γίνονται οι δεσμοί των οργανικών μορίων στην επιφάνεια των φυσαλίδων (Βλάχος, 2010).

Η πυκνότητα, επίσης επηρεάζει τη διάσπαση, λόγω των διαλυμένων αλάτων, και αυξάνει τη σταθερότητα των φυσαλίδων (ισχυρότερο ιξώδες στο νερό). Τέλος, η θερμοκρασία αυξάνει την επιφανειακή τάση. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία, τόσο πιο εύκολα διασπάται ο αφρός και έχει μορφή ξηρή και σταθερή (Βλάχος, 2010).



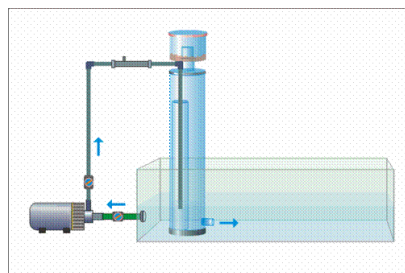
Εικόνα 29. Εξωτερικό skimmer (Πηγή: www.cichlidhomepage.com)

Μια εναλλακτική μέθοδος είναι η χρήση βαλβίδας τύπου Venturi. Η βαλβίδα Venturi (Εικ. 30) αποτελείται από μια μικρή συσκευή που κατευθύνει τη ροή του νερού σε ένα σωλήνα μέσω ενός μικρού ανοίγματος, στο σωλήνα. Δημιουργείται διαφορά στις πιέσεις στα δυο ανοίγματα του σωλήνα: υψηλή πίεση πριν από αυτό και χαμηλή πίεση μετά από αυτό. Η μείωση της πίεσης μετά το άνοιγμα προκαλεί την απορρόφηση του αέρα από αυτά τα ανοίγματα, σχηματίζοντας ένα πολύ λεπτό μείγμα αέρα και νερού που πηγαίνει στον πυθμένα του skimmer (Dwivedy, 1973, Moe, 1989, Suzuki et al., 2003).



Εικόνα 30. Skimmer τύπου Venturi (Πηγή: <http://www.google.gr/imgres?q=skim>)

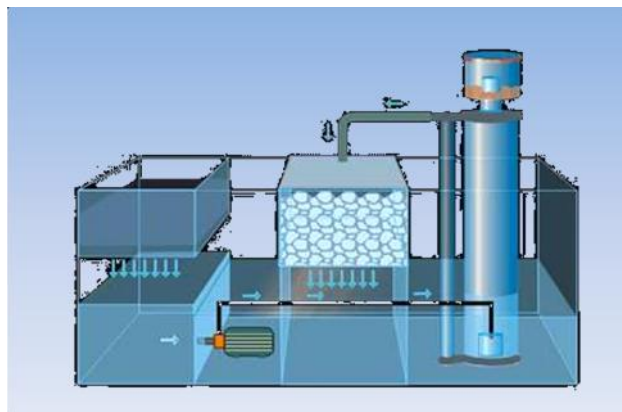
Το skimmer τύπου Venturi δεν χρειάζεται αντικατάσταση και παρακάμπτει πολλά από τα προβλήματα που δημιουργούνται από τις πέτρες αέρα (ξύλινες). Η λειτουργία της βαλβίδας, οφείλεται στο νερό που εισέρχεται με πίεση, και δημιουργείται μέσω της αντλίας νερού. Μερικά skimmer τύπου Venturi έχουν ήδη μια βαλβίδα που προσαρμόζεται προκειμένου να αυξήσει τον όγκο του αέρα ώστε να δημιουργηθεί η κατάλληλη διάμετρο φυσαλίδων. Η βαλβίδα ελέγχεται και προσαρμόζεται κατά τη διάρκεια καθαρισμού του φίλτρου. Υπάρχουν skimmer τύπου Venturi με αντλία συνδεδεμένη σε κλειστό κύκλωμα, αντλώντας νερό από το skimmer και το επανακυκλοφορεί, με σκοπό να παρέχει πυκνές φυσαλίδες με αέρα (Εικ. 30), (Blassiola, 2000, Suzuki et al., 2003).



Εικόνα 31. Skimmer τύπου venturi (Πηγή: www.cichlidhomepage.com)

Τα protein skimmer, εφ' όσον είναι σωστά σχεδιασμένα και σωστά εγκατεστημένα σε ένα ενυδρείο, είναι αποτελεσματικά σε ότι αφορά την απομάκρυνση των οργανικών ενώσεων, που σε διαφορετική περίπτωση εάν παρέμειναν στο ενυδρείο, διασπώνται σε τοξικές ενώσεις (Εικ. 32), (Dwivedy, 1973).

Με την επιφανειακή διάσπαση των αποβλήτων, απομακρύνεται η ελαιώδης επικάλυψη της επιφάνειας του νερού, οπότε και η ανταλλαγή αερίων είναι πραγματοποιείται στα επιφανειακά νερά. Με τη διαδικασία αυτή το λεπτό στρώμα ξαφρισμένου νερού εκτίθεται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Τα πρωτεϊνικά skimmer, αφαιρούν από το σύστημα τους οργανικούς ρυπαντές, πριν την αποδόμησή τους, κατά τη διάρκεια της οποίας τόσο το BOD, όσο και το COD είναι υψηλά (Spotte, 1979, Suzuki et al., 2003).



Εικόνα 32. Τοποθέτηση skimmer σε φίλτρο sump (www.cichlidhomepage.com)

4.5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του φίλτρου

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του protein skimmer, συμπεριλαμβανομένου της συχνότητας ροής του αέρα, της συχνότητας ροής του νερού, την ώρα επαφής, τις διακυμάνσεις, τη θερμοκρασία, το pH, την ένταση της επιφάνειας, τη βαρύτητα, το ύψος του σωλήνα και το πλάτος του και ακόμη ο τρόπος διάσπασης. Η μέθοδος εισαγωγής του αέρα και τα χαρακτηριστικά των φυσαλίδων, το μέγεθος της διανομής και αφθονίας, συγκαταλέγονται στους παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του φίλτρου (Suzuki et al., 2003).

Δυο μεγάλοι παράγοντες που μπορούν να ρυθμίσουν οι κάτοχοι ενυδρείων είναι το μέγεθος των φυσαλίδων και ο χρόνος επαφής. Οι μικρότερες φυσαλίδες αυξάνουν την επιφάνεια ανά cm^3 για τα ενεργά επιφανειακά μόρια και ανυψώνονται

με μικρότερο ρυθμό στη μονάδα του χρόνου, παρέχοντας περισσότερη ώρα επαφής. Εάν οι φυσαλίδες είναι μικρές, δεν ανυψώνονται γιατί δεν επιπλέουν και τείνουν να διαλυθούν στο νερό παρά να συλλέγουν επιφανειακές ουσίες (Moe, 1989).

Καθώς οι ουσίες στην επιφάνεια σχηματίζουν ένα στρώμα πάνω από την επιφάνεια των φυσαλίδων, δημιουργείται μια «επιδερμίδα» (Moe, 1989) που παρέχει στις φυσαλίδες τη σταθερότητα του αφρού, αλλά βοηθάει και στη διατήρηση του μεγέθους τους. Αυτό προκαλείται από την επίδραση που έχουν τα επιφανειακά μόρια στην επιφάνεια των φυσαλίδων.

Όσο περισσότερες ενεργές ουσίες υπάρχουν, τόσο μικρότερες θα είναι οι φυσαλίδες μέχρι που να φτάσουν σε ένα σημείο υπερκορεσμού: τότε η τάση της επιφάνειας που διατηρεί το ανεξάρτητο μέγεθος κάθε φυσαλίδας, σπάει, οι φυσαλίδες ενώνονται και γίνονται μεγαλύτερες. Εάν επέλθει κορεσμός στο σωλήνα, οι φυσαλίδες γίνονται μεγαλύτερες, ο αφρός «καταρρέει», με αποτέλεσμα το skimmer να μην λειτουργεί κανονικά. Η επιφανειακή τάση σπάει από λίπη και έλαια που εισέρχονται στο νερό (Spotte, 1979).

Στην κορυφή του σωλήνα ανύψωσης αφρού, η υψηλή περιεκτικότητα των ουσιών που συγκεντρώνονται, προκαλεί τη συσσώρευση και τη μεγέθυνση τους. Καθώς το ανώτατο στρώμα ανυψώνεται και μετά καταρρέει, το επιπρόσθετο νερό κινείται προς τα πίσω, επιτρέποντας το σχηματισμό από ένα παχύ, σταθερό, στεγνό αφρό στην κορυφή ενός πιο υγρού στρώματος αφρού. Ο Wilkens (1973) περιγράφει δυο βασικούς τύπους αφρών που αναπτύσσονται στο skimmer. Ο πρώτος τύπος υγρού αφρού αναφέρεται ως «τυπικός» αφρός και ο δεύτερος σαν «πρωτεϊνικός» αφρός, ο οποίος συγκεντρώνει επιβλαβή οργανικές ουσίες από το διάλυμα. Ο «τυπικός» αφρός είναι το στρώμα αφρού που αναπτύσσεται ως αποτέλεσμα μοριακών πρωτεϊνών που ενώνονται με λεπτές φυσαλίδες. Ο αφρός που προέρχεται από την διάσπαση των πρωτεϊνών βρίσκεται να επιπλέει στην κορυφή, όπου συγκεντρώνει πιο πολλές οργανικές ενώσεις σε σχέση με τον τυπικό αφρό. Ο πρωτεϊνικός αφρός αφήνει ένα συμπαγές κοίτασμα στην εσωτερική επιφάνεια του ανώτερου τμήματος του σωλήνα του skimmer. Η συνεχής παροχή αέρα ωθεί το στεγνό αφρό προς τα πάνω και έξω από τον σωλήνα επαφής, σε ένα σωλήνα συλλογής, ή σε έναν άλλο σωλήνα που οδηγεί τον αφρό στην αφοροδόχο (Blassiola, 2000).

Οι φυσαλίδες έρχονται σε επαφή με το νερό του σωλήνα και ο χρόνος επαφής αυξάνει σε σχέση με το ύψος του σωλήνα. Υπάρχουν skimmer με ύψος μεγαλύτερο από 2.6m. Οι πιο στενόμακροι θάλαμοι, θέλουν περισσότερη ώρα για το στράγγισμα,

παράγοντας πιο ξηρό αφρό, ειδικά με αέρα υψηλού όγκου (Tulloch, 2001). Το skimmer που είναι τοποθετημένο στο επάνω μέρος του ενυδρείου ή στο φίλτρο έχουν περιορισμένο ύψος. Τα ανεξάρτητα skimmer είναι περισσότερο κατάλληλα γιατί τοποθετημένα εξωτερικά του ενυδρείου. Παρόλα αυτά, τα μικρά skimmer τύπου Venturi, είναι αποτελεσματικά εξαιτίας της υψηλής πυκνότητας και ομοιομορφίας μεταξύ των μικρών φυσαλίδων στο εσωτερικό του σωλήνα, λόγω του στροβιλισμού, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο το χρόνο επαφής – διάσπασης και επιβραδύνοντας την άνοδο των φυσαλίδων (Sprung & Delbeek, 1990).

Ο στροβιλισμός του νερού, δεν πρέπει να είναι δυνατός στην κορυφή του σωλήνα όταν παράγεται ο αφρός. Οι αναταραχές, αποτρέπουν το σωστό διαχωρισμό του στεγνού αφρού. Η φυγόκεντρος δράση προκαλεί διαχωρισμό του αφρού και του νερού, κάνοντας το νερό να διαφεύγει προς τα έξω λόγω βαρύτητας και τις φυσαλίδες αέρα να συγκεντρώνονται στο κέντρο του σωλήνα επαφής. Ένα φυσικό εμπόδιο εγκαθίστανται για να αποτρέψει τη στροβιλιστική δράση να υπερβεί την κορυφή του σωλήνα και επιτρέπει την ομαλή κίνηση των φυσαλίδων και το σχηματισμό του αφρού.

Η φυγόκεντρος δύναμη, η οποία παρέχει πολύ καλή επαφή μεταξύ αέρα και νερού σε σχετικά μικρό χώρο, παρουσιάζει το εξής μειονέκτημα. Οργανικές ενώσεις παραμένουν στο νερό, χύνονται έξω προς το θάλαμο επαφής και επιστρώνουν την εσωτερική επιφάνεια. Η συσσώρευση αυτής της κίτρινης λάσπης υδατανθράκων καθαρίζεται κατά διαστήματα ώστε να διατηρείται η βέλτιστη λειτουργία του skimmer. Το pH του νερού επηρεάζει το σχηματισμό του αφρού. Όσο υψηλότερο pH, τόσο μεγαλύτερη η έλξη των οργανικών μορίων στις επιφάνειες των φυσαλίδων εξαιτίας της ενισχυμένης ηλεκτροστατικής έλξης. Η δομή πολλών πρωτεϊνών είναι επίσης ευαίσθητη στο pH και η εξαγωγή ενός τύπου πρωτεΐνης είναι μεγαλύτερη στο μοριακό ισοηλεκτρικό pH. Αφού οι πρωτεΐνες έχουν διαφορετικές ισοηλεκτρικές τιμές pH, κάποιες μπορεί να διασπαστούν καλύτερα από τις άλλες μέσα στο ενυδρείο.

Η συγκεκριμένη βαρύτητα επηρεάζει τη διάσπαση των οργανικών αποβλήτων και των υπόλοιπων οργανικών ενώσεων στο νερό, αυξάνουν τη σταθερότητα των μικροσκοπικών φυσαλίδων αυξάνοντας την εσωτερική τριβή του νερού. Η βαρύτητα επίσης επηρεάζει την έλξη των ενώσεων στις φυσαλίδες και την τάση επιφάνειας του νερού. Η επιφανειακή τάση αυξάνεται, όταν αυξάνεται και η βαρύτητα. Το skimmer δεν λειτουργεί ικανοποιητικά στο γλυκό νερό, με εξαίρεση λειτουργούν όταν

υπάρχουν αρκετοί οργανισμοί (γλίτσα) στο νερό, ενισχύοντας τη σταθερότητα των μικροσκοπικών φυσαλίδων (Suzuki et al., 2003).

Η θερμοκρασία επίσης, επηρεάζει τον ρυθμό διάσπασης των οργανικών μορίων. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται η επιφανειακή τάση μειώνεται. Σε υψηλές θερμοκρασίες, ο αφρός διασπάται χωρίς δυσκολίες με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται ο σχηματισμός του αφρού. Η ιδανική θερμοκρασία για τα ενυδρεία υφάλων, είναι μεταξύ 21- 27 °C και επηρεάζει την αποτελεσματικότητα του skimmer και τη δημιουργία αφρού. Δεν απομακρύνονται όλες οι ενεργές επιφανειακές ουσίες από το νερό ενώ, ορισμένες απομακρύνονται με αργό ρυθμό σε σχέση με άλλες, γιατί η θερμοκρασία δεν είναι ιδανική για να σχηματιστεί αφρός (Malone & Beecher, 2000).

Ο όγκος του αέρα, το ποσοστό ροής του νερού, το μήκος του θαλάμου μέχρι το στόμιο για την ανύψωση του αφρού και ο σωλήνας εξόδου του νερού από το skimmer του ενυδρείου, επηρεάζουν την ικανότητα φιλτραρίσματος του ενυδρείου.

Η αύξηση του όγκου του αέρα, έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η επιφάνεια προσκόλλησης των οργανικών ενώσεων, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο σχηματισμός του αφρού και η αποδοτικότητα απομάκρυνσης των οργανικών αποβλήτων από το νερό. Η αύξηση της ροής του νερού αυξάνει το ποσοστό καθαρότητας του νερού. Συνδυάζοντας τις δυο παραμέτρους, διαφαίνεται ότι στο skimmer γνωστού όγκου, υπάρχει μια μέγιστη ροή νερού και ένας μέγιστος όγκος αέρα που να εισέρχονται στο skimmer προκειμένου να αξιοποιηθεί πλήρως το μέγεθος και η κατασκευή του (Tulloch, 1991).

Όταν στο skimmer εισέρχεται μεγάλος όγκος αέρα με μικρό και πολύ λεπτό στόμιο, τότε ο υγρός αφρός υπερχειλίζει απότομα από την κορυφή του skimmer. Ομοίως, εάν αυξηθεί ο όγκος του αέρα στο skimmer τότε αυξάνεται και ο όγκος του νερού που ρέει εσωτερικά ωθώντας με αυτό τον τρόπο τα επίπεδα του αφρού, το οποίο οδηγεί σε παρόμοιο αποτέλεσμα.

Όταν το στόμιο δεν είναι λεπτό, και πολύ ψηλό, τότε η αύξηση του αέρα και του νερού δεν προκαλούν υπερχειλίση κι έτσι το skimmer γεμίζει από μικροσκοπικές φυσαλίδες αέρα το οποίο επεξεργάζεται μια αρκετά μεγάλη ποσότητα νερού. Υψηλότερα επίπεδα ροής αέρα, αυξάνουν την επιφάνεια των φυσαλίδων, μέχρι να δημιουργηθεί μεγάλη κινητικότητα στο σωλήνα, με ταχύτερο ρυθμό από ότι η δημιουργία νέων επιφανειών (Wilkinson, 2004).

4.5.4 Φίλτρο απομάκρυνσης φωσφόρου

Τα νιτρικά άλατα και τα φωσφορικά άλατα είναι πρωταρχικής σημασίας για την επιβίωση των θαλάσσιων οργανισμών αλλά παρουσιάζονται μόνο σε μικρές ποσότητες στο θαλάσσιο νερό. Απορροφώνται από τα φύκια και συνεπώς από τις ζωοξανθέλες. Υψηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου οδηγούν σε αύξηση των φυκιών και των ζωοξανθέλων. Επιπλέον τα φωσφορικά περιορίζουν την ανάπτυξη των κοραλλιών επειδή συγκρατούν ασβέστιο για το σχηματισμό του σκελετού τους. Συγκεντρώσεις φωσφορικών της τάξης των 0,5 mg/lit είναι αυξημένες για την ανάπτυξη των σκληρών κοραλλιών. Συνιστάται η προσθήκη φίλτρων φωσφόρου για περιορισμό ανάπτυξης των μικροφυκών.

4.6 Εναλλακτικοί τρόποι φιλτραρίσματος

4.6.1 Ζωντανός βράχος

Η χρησιμοποίηση του ζωντανού βράχου ως μέσο βιολογικού φιλτραρίσματος στο ενυδρείο, επιτρέπει να λαμβάνουν φυσικές βιολογικές διαδικασίες όπως γίνονται στα φυσικά οικοσυστήματα. Ο ζωντανός βράχος περιλαμβάνει μια ποικιλία βακτηρίων εξωτερικά και εσωτερικά, εκ των οποίων τα περισσότερα βακτηρίδια είναι παρόμοια με εκείνα που βρίσκονται στο φίλτρο trickling και είναι ικανά για τη βιολογική διεργασία της νιτροποίησης (Αιγινίτης, 2011).

Ο ζωντανός βράχος θα πρέπει να ξεπλένεται με αλατόνερο έτσι ώστε να απομακρυνθούν κάποιες ουσίες όπως τα μικροφύκη που έχουν αναπτυχθεί, άμμο, αμμωνία που αποδεσμεύτηκε από τους οργανισμούς του βράχου που εκκρίνεται κατά τη μεταφορά. Το υπάρχον νερό του ενυδρείου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτή τη καθάρσιμα του βράχου. Τα υπολείμματα σφουγγαριών και μικροφυκών θα πρέπει επίσης να απομακρύνονται πριν ο βράχος προστεθεί στο ενυδρείο (Davies, 1984).

Το κουράρισμα του βράχου συνίσταται να γίνεται σε θερμοκρασία 21⁰ και 29⁰C και διατηρείται στο ενυδρείο καραντίνας έως ότου απομακρυνθούν οι ανεπιθύμητοι οργανισμοί (γαρίδες, μαλάκια, σκουλήκια και σαρκοφάγα σαλιγκάρια) από τον βράχο. Το χρονικό διάστημα που χρειάζεται ώστε το ενυδρείο να ρυθμιστεί είναι 10 έως 15 ημέρες (Delbeek, 1992).

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κουραρίσματος, στο ενυδρείο δεν λειτουργεί ο φωτισμός ώστε να μην αναπτυχθούν μικροφύκη. Όταν η αμμωνία και τα

νιτρώδη ιόντα φτάσουν σε ικανοποιητικά επίπεδα (< 1ppm), τότε στο ενυδρείο μπορούν να προστεθούν οι οργανισμοί, όπως για παράδειγμα τα σαλιγκάρια *Astranea (Lithoroma tectum)*, σε αναλογία 1 σαλιγκάρι ανά 4L (Tulloch, 1991).

Η άμμος τοποθετείται στο ενυδρείο από την αρχή, αλλά είναι καλύτερο να παρέλθει 1μήνας περίπου και μετά να προστεθεί η άμμος (ζωντανή ή νεκρή ή τριμμένο κοράλλι) ή κάποιο άλλο υλικό. Η κοραλλιογενής άμμος είναι φυσική και συμβάλλει στην μείωση του φωσφόρου και στην σταθεροποίηση του pH, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται παχιά στρώματα (Wilkens, 1973).

Η αμμωνία που παράγεται σ' ένα ενυδρείο εκλύεται από τα βράχια ως μεταβολικό προϊόν των ψαριών, ή με αποσύνθεση των περιττωμάτων. Τα προϊόντα δεν επεξεργάζονται από το φίλτρο trickling, αντιθέτως χρησιμοποιούνται από οποιοδήποτε οργανισμό έρθει πρώτο σε επαφή μαζί τους και λαμβάνοντας υπόψη τη μεγάλη ροή που συστήνεται για τα ενυδρεία υφάλου και είναι συνήθως οι βράχοι, τα μικροφύκη και τα ασπόνδυλα. Τα μικροφύκη αυξάνονται στο ζωντανό βράχο, όπως και ποικίλα φωτοσυνθετικά ασπόνδυλα, απορροφούν αμέσως τη διαλυμένη αμμωνία (Αιγινίτης, 2011).

Επιπλέον, ποικίλα ετερότροφα βακτήρια στο σύστημα διασπών τα περιττώματα και πολλά ασπόνδυλα όπως οι αστερίες, τα σκουλήκια και οι γαρίδες σιτίζονται με τα περιττώματα παρά με οποιαδήποτε άλλη αποσυντεθειμένη ύλη. Στη συνέχεια, εάν η αμμωνία εκκρίνεται από αυτούς τους οργανισμούς καταναλώνεται άμεσα από τα μικροφύκη και τα φωτοσυνθετικά ασπόνδυλα που διαβιούν επάνω στο βράχο (Anonymous, 1992).

Τα νιτροποιητικά βακτήρια, στο βράχο είναι ενεργά μιας και οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη ιόντα και τα νιτρώδη ιόντα σε νιτρικά ιόντα καταναλώνοντας οξυγόνο. Σε αντίθεση με την κατάσταση στο φίλτρο trickling, τα νιτροποιητικά βακτήρια στο βράχο είναι πολύ κοντά στις αναερόβιες περιοχές που υπάρχουν στο εσωτερικό του βράχου. Τα νιτρικά ιόντα που παράγονται απονιτροποιούνται από ετερότροφα αναερόβια στον πυρήνα του βράχου, όπου πιθανό να υπάρχει πολύ οργανική ύλη για να επιτρέψει στη διαδικασία να γίνει όλη και αποτελεσματικά (Βλάχος, 2010).

Όταν ένα ενυδρείο λειτουργεί ένα wet-dry φίλτρο με σύστημα υπερχειλίσσης της επιφάνειας σε συνδυασμό με το βράχο, τότε το φίλτρο γίνεται περισσότερο αποτελεσματικό. Η διεργασία της νιτροποίησης, έχει ενισχυθεί από την υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου, γρήγορα μετατρέπει την αμμωνία σε νιτρώδη ιόντα.

Επομένως, όταν χρησιμοποιείται ένα φίλτρο wet-dry η παραγωγή νιτρικών ιόντων ελάχιστα μειώνεται από την απορρόφηση της αμμωνίας από τα φυτά και τα φωτοσυνθετικά ασπόνδυλα που υπάρχουν στο ενυδρείο, επειδή η περισσότερη αμμωνία και οι πιθανές πηγές της αμμωνίας μετατρέπονται σε νιτρικά ιόντα (Calfo, 2007).

Η παρουσία του ζωντανού βράχου στο ενυδρείο εμποδίζει τη συσσώρευση των νιτρικών ιόντων που παράγονται από το φίλτρο trickling, είτε εν μέρει είτε τελείως. Σε μερικά συστήματα, εξαρτάται από το βιοφορτίο (αριθμός ζώων και συχνότητα ταΐσματος). Στα συστήματα αυτά, παρατηρείται μικρή μείωση στα επίπεδα των νιτρικών όταν δεν λειτουργεί το φίλτρο trickling. Σε συστήματα με τα νιτρικά ιόντα να είναι μεγαλύτερα από 20ppm η απομάκρυνση του φίλτρου μπορεί να επιφέρει δραματική μείωση των νιτρικών ιόντων (Αιγινίτης, 2011).

Η σημαντικότητα του protein skimmer ως επιπρόσθετο εξοπλισμό στο φίλτρο trickling επιφέρει πολύ καλά αποτελέσματα, όπως η μείωση και η απομάκρυνση των νιτρικών ιόντων, πριν διασπαστούν. Το skimmer επίσης απομακρύνει τις οργανικές ενώσεις που παράγονται από τα φύκη και τα κοράλλια που επηρεάζουν την υγεία οργανισμών (Suzuki et al., 2003).

4.6.2 Σύστημα Βερολίνου

Το σύστημα του Βερολίνου περιλαμβάνει protein skimmer και όχι επιπρόσθετα φίλτρα ψεκασμού (trickling). Ο ζωντανός βράχος είναι απολύτως ικανός για να χειριστεί το φορτίο ενός ενυδρείου με πολλούς ζωικούς οργανισμούς. Ο βράχος χρειάζεται χρόνο για να καθαρίσει τα επιπλέον περιττώματα, που παράγονται από την αποσύνθεση διαφόρων σκουληκιών, φυκών, σφουγγαριών και μαλακίων πάνω και μέσα στο βράχο, που έχουν πεθάνει σαν αποτέλεσμα της μεταφοράς (Scott, 2000).

Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως φθορά επειδή το παραλληλίζει με τις συνθήκες ενός εξωτερικού βιολογικού φίλτρου. Μια επαρκής μάζα βράχου, υπερβαίνει την ικανότητα νιτροποίησης του καλύτερου φίλτρου, ακόμα και με προσθήκη ζωντανού βράχου στο σύστημα (Scott, 2000).

Ο βρώμικος βράχος δημιουργεί αρνητική εικόνα για το ενυδρείο. Εάν δεν είναι σταθερός, το ενυδρείο δεν είναι βιολογικά σταθερό. Όμως, κάποιος μπορεί να δομήσει ένα υγιές ενυδρείο σε μια μέρα χρησιμοποιώντας καλής ποιότητας ζωντανό

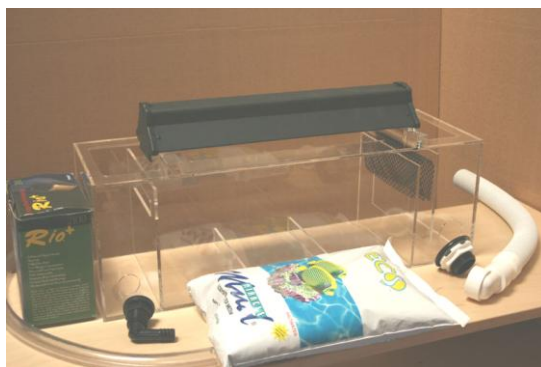
βράχο και ένα φίλτρο trickling, ή χωρίς καθόλου φίλτρο όπως θα περιγραφεί. Πρέπει επίσης να ξεκαθαριστεί ότι κάποιος δεν χρειάζεται να εγκαταστήσει φίλτρο trickling για να γίνει ο βράχος πλούσιος σε θρεπτικά συστατικά (Scott, 2000).

4.6.3 Τα φυσικά συστήματα

Η μέθοδος του Βερολίνου για τη διατήρηση των ενυδρείων συνδυάζει τα πλεονεκτήματα του protein skimmer και της προσθήκης ασβεστίου και ιχνοστοιχείων. Είναι απλά ενυδρεία, οικονομικά και για τη δημιουργία τους και τη διατήρησή τους συνίσταται η προσθήκη ζωντανού βράχου. Επίσης, το μέγεθος των φυσαλίδων επηρεάζει δραματικά την κυκλοφορία του νερού και την ταχύτητα των ρευμάτων που έχουν σχηματιστεί. Οι μικρές φυσαλίδες δημιουργούν κυκλικά ρεύματα παρόμοια με αυτά που δημιουργούν οι αντλίες σε αντίθεση με τις μεγαλύτερες φυσαλίδες όπου δημιουργούν διακυμάνσεις και οι πιο μεγάλες φυσαλίδες δημιουργούν μικρό κυματισμό στο ενυδρείο. Οι Adey και Loveland (1991) προτείνουν ότι, οι αλλαγές νερού κυμαίνονται από 1 έως 2% μηνιαίως.

4.6.4 Φίλτρα απομάκρυνσης μικροφυκών (Refugia)

Ο Adey & Loveland (1991) χρησιμοποιεί τον όρο «refugia» (Εικ.33), για να περιγράψει ένα ξεχωριστό ενυδρείο με ζωντανό ή νεκρό βράχο με ή χωρίς φωτισμό και είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό ενυδρείο, με αποτέλεσμα οι οργανισμοί να αναπτύσσονται. Τα φίλτρα refugia χρησιμεύουν στο διαχωρισμό των αποσαθραμάτων όπου δεν απομακρύνονται από το μηχανικό φίλτρο. Επίσης τα φίλτρα αυτά χρησιμοποιούνται για την εκτροφή και ανάπτυξη των διαφόρων κοιλιπόδων και οστρακοειδών που υπάρχουν στο ενυδρείο. Η χρήση της άμμου σε ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να μειώσει τα επίπεδα των νιτρικών ιόντων (Hauter & Hauter, 1989).

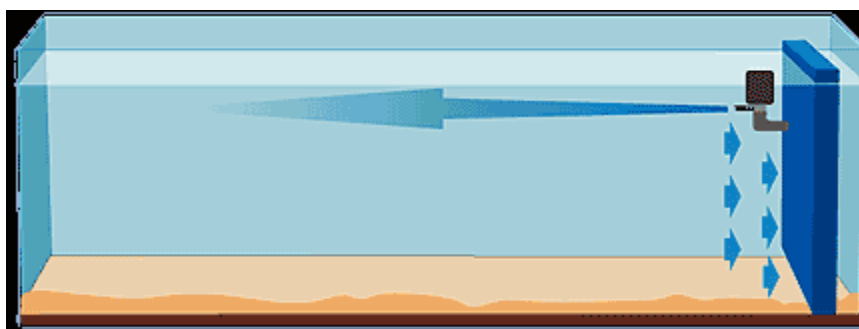


Εικόνα 33. Φίλτρα refugia (Πηγή: www.reefkeeping.org)

4.6.5 Φίλτρο τύπου Αμβούργου

Ένα φίλτρο που έχει δοκιμαστεί από ερασιτέχνες και επαγγελματίες ενυδρειολόγους με πολύ καλά αποτελέσματα είναι η χρησιμοποίηση ενός τεμαχίου σφουγγαριού και ενός κυκλοφορητή, με το πλεονέκτημα ότι αυτό το συγκεκριμένο φίλτρο χρειάζεται καθαρίσμα μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα. Για την κατασκευή του φίλτρου απαιτείται ένα κομμάτι σφουγγάρι πάχους 5 cm και με διαστάσεις μεγαλύτερες από το ύψος και το βάθος του ενυδρείου που πρόκειται να τοποθετηθεί. Για παράδειγμα σε ενυδρείο διαστάσεων 100 X 60 X 50cm, υπολογίζεται το ύψος της στάθμης του νερού και όχι το ύψος των υάλινων επιφανειών (Tullock,1991).

Συνεπώς αν το νερό φτάνει τα 50 cm, το σφουγγάρι που θα χρησιμοποιηθεί θα έχει διαστάσεις 53 X 53 cm, ώστε να εφάπτεται ακριβώς στις δυο υάλινες επιφάνειες που θα τοποθετηθεί και το νερό να μην ρέει πλευρικά. Στο βυθό συνίσταται το σφουγγάρι να εφάπτεται στον πυθμένα του ενυδρείου ώστε τα ψάρια να εισέρχονται στο τμήμα του φίλτρου που έχει κατασκευαστεί. Μετά την τοποθέτηση του σφουγγαριού προστίθεται η άμμος ή το χαλίκι ώστε να καλύψει το σφουγγάρι και να έρθει στο ίδιο επίπεδο με την υπόλοιπη άμμο. Η περιοχή ενδιάμεσα του σφουγγαριού και της υάλινης επιφάνειας του ενυδρείου έχει πλάτος περίπου 2 έως 5 cm όσο χρειάζεται προκειμένου να εγκατασταθεί ο κυκλοφορητής οπότε δεν μειώνεται και ο όγκος του ενυδρείου (Εικ. 34), (Wilkins, 1973,Tullock, 1991).

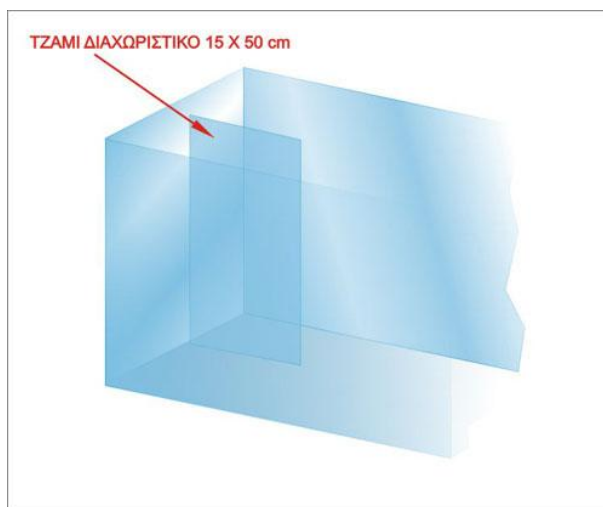


Εικόνα 34. Φίλτρου τύπου Αμβούργου (Πηγή:www.aquazone.gr)

Με το φίλτρο του τύπου αυτού, το νερό διέρχεται από το σφουγγάρι και ο κυκλοφορητής το επαναφέρει στο ενυδρείο. Το μέγεθος του σφουγγαριού προσφέρει μεγάλη επιφάνεια για την ανάπτυξη αποικιών βακτηριδίων και επί πλέον η ροή του νερού είναι αρκετά αργή, για να δίνει στα βακτηρίδια τον χρόνο που χρειάζονται για να πραγματοποιήσουν την νιτροποίηση και απονιτροποίηση (Moe,1989,Sprung, 1991). Ένα μειονέκτημα είναι ότι η μεγάλη επιφάνεια δεν επιτρέπει μεγάλες μάζες

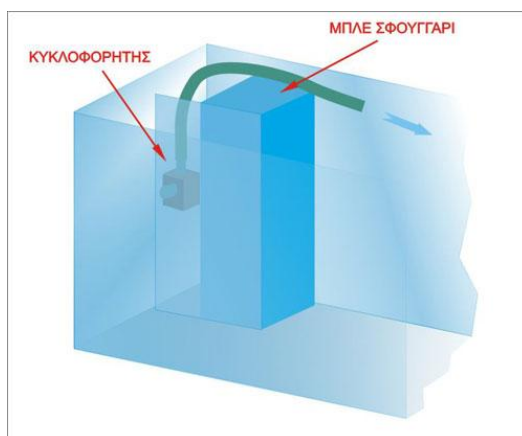
νερού να συσσωρεύονται σε ένα σημείο, με αποτέλεσμα να φράζει και να μειώνεται η ροή του νερού, ώστε το φίλτρο να μην χρειάζεται καθαρισμό. Επίσης στο φίλτρο μπορεί να προστεθούν φυτά όπως η *Anubia sp* και το *Microsorium pteropus*, τα οποία με την πάροδο του χρόνου και με την ανάπτυξη που θα έχουν τα φυτά θα καλύψουν το σφουγγάρι (Μοε, 1989).

Ένας διαφορετικός τρόπος για την τοποθέτηση του σφουγγαριού στο ενυδρείο για τη δημιουργία φίλτρου είναι κολλάμε στη διάσταση του πλάτους μια υάλινη επιφάνεια με διαστάσεις 45 X 15 cm (Εικ. 35). Στο διάκενο που δημιουργείται προστίθεται ένα σφουγγάρι με πάχος περίπου 10 cm (Μοε, 1989).



Εικόνα 35. Φίλτρο τύπου Αμβούργου (www.aquazone.gr)

Όταν τοποθετείται το σφουγγάρι τότε υπάρχει χώρος ώστε να προστεθεί στο φίλτρο ο θερμοστάτης και ο κυκλοφορητής (Εικ. 36).

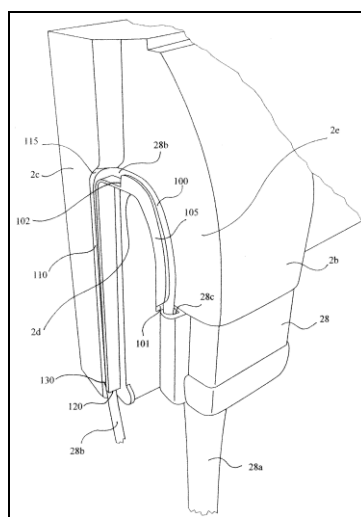


Εικόνα 36. Φίλτρο τύπου Αμβούργου σε λειτουργία (www.aquazone.gr)

4.6.6 Φίλτρο υπερχειλίσης

Ένα από τα βασικά φίλτρα ενυδρείου είναι το φίλτρο υπερχειλίσης ή τύπου U το οποίο αποτελείται από δύο αντίστοιχα εσωτερικά και εξωτερικά τμήματα, και τοποθετείται συνήθως στην πίσω πλευρά του ενυδρείου. Χρησιμοποιείται στο ενυδρείο για την κατακράτηση μικροποσότητας στερεών αποβλήτων μέσω ενός πλέγματος και κατευθύνει το νερό προς το κεντρικό φίλτρο.

Το φίλτρο τύπου U αποτελείται από ένα δοχείο με εσωτερικά και εξωτερικά παράλληλες επιφάνειες (τοιχώματα) (Εικ. 37), δημιουργώντας εσωτερικά ένα θάλαμο όπου με κατάλληλη προσαρμογή του σωλήνα και της αντλίας έχει ως αποτέλεσμα να φιλτράρει το νερό (Guoli & Bellia, 2009).



Εικόνα 37. Φίλτρο υπερχειλίσης (Πηγή: Guoli & Bellia, 2009)

Ο σχεδιασμός του φίλτρου ενός ενυδρείου εξαρτάται από το μέγεθος του ενυδρείου και προσδιορίζεται από την αποτελεσματικότητα και το ρυθμό φιλτραρίσματος. Η συχνότητα χρησιμοποίησης των φίλτρων εξαρτάται κυρίως τις απαιτήσεις του ενυδρείου. Για παράδειγμα τα φίλτρα cartridge, βελτιώνουν κατά πολύ τη συντήρηση του ενυδρείου, χρησιμοποιώντας ανά τακτά διαστήματα περιοχές ανακύκλωσης όπως για το μηχανικό και το χημικό στάδιο φιλτραρίσματος.

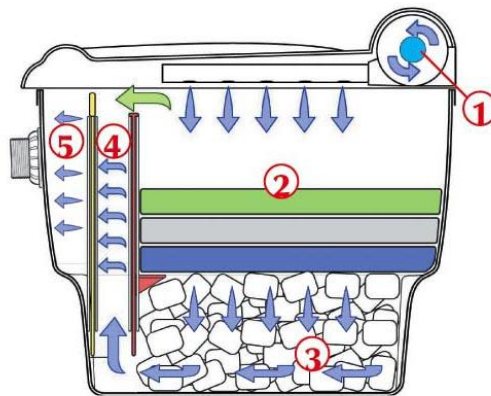
- Η αντλία θα πρέπει να πληρώνεται με νερό όταν το φίλτρο είναι άδειο.
- Ο όγκος του φίλτρου είναι μικρότερος εξαιτίας του όγκου που καταλαμβάνει η αντλία. Συνίσταται η δημιουργία και ο σχεδιασμός

ενός ξεχωριστού τμήματος στο εσωτερικό του φίλτρου προκειμένου να τοποθετείται η αντλία.

- Η αντλία συνδέεται με το φίλτρο με πλαστικό σωλήνα.
- Για την αποφυγή προβλημάτων υπερχείλισης από το ενυδρείο συνίσταται η προσθήκη ανεπίστροφης βαλβίδας στο σωλήνα που οδηγεί στην αντλία

4.6.7 Βιολογικό φίλτρο κλειστού τύπου Canister

Ένα σύστημα φιλτραρίσματος (Εικ. 38) περιλαμβάνει ένα σύστημα επεξεργασίας του νερού ενός ενυδρείου. Το νερό του ενυδρείου διέρχεται από το βιολογικό φίλτρο προκειμένου να επεξεργαστεί με παράλληλη δράση των βακτηρίων που αναπτύσσονται στο υλικό φιλτραρίσματος.



Εικόνα 38. Κλειστό βιολογικό φίλτρο (Πηγή: www.creativepumps.com.au)

Τυπικά, οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για το φιλτράρισμα του νερού του ενυδρείου είναι συνήθως κλειστά δοχεία στο εσωτερικό των οποίων περιέχεται το μέσο που είναι υπεύθυνο για τον καθαρισμό του νερού του οποίου είναι ρυπασμένο. Το καθαρό νερό στη συνέχεια οδηγείται μέσω της αντλίας στο ενυδρείο, οξυγονώνοντας το νερό του ενυδρείου. Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι που εφαρμόζονται καθώς το νερό διέρχεται μέσα από το φίλτρο και ειδικά όταν διαπερνά το υλικό πλήρωσης του φίλτρου. Αρχικά το νερό καθαρίζεται μέσω ενός περιστρεφόμενου φίλτρου το οποίο βυθίζεται εσωτερικά και απομακρύνεται από το νερό του ενυδρείου (Gunderson et al., 1992).

Για παράδειγμα, το φίλτρο μπορεί να ρυθμιστεί όπως ένας μηχανισμός που περιστρέφεται σε έναν άξονα μέσω του κέντρου του. Ο άξονας είναι τοποθετημένος

κατά μήκος του φίλτρου της δεξαμενής (οριζόντια) έτσι ώστε, καθώς περιστρέφεται ο τροχός, το κάθε τμήμα του φίλτρου να βυθίζεται κυκλικά και να εξέρχεται από το νερό του ενυδρείου. Το επιθυμητό αποτέλεσμα της πλήρους εμβάπτισης και η επακόλουθη έκθεση στον αέρα επιτυγχάνεται, αλλά κατά την περιστροφή του φίλτρου ο ανιχνευτής ελέγχει για τυχόν προβλήματα δυσλειτουργίας. Επίσης όταν ο τροχός σταματήσει να περιστρέφεται τότε το φίλτρο αδρανοποιείται (Gunderson et al., 1992).

Μία δεύτερη μέθοδος για την έκθεση ενός φίλτρου στο ενυδρείο νερό αποτελεί από το νερό του ενυδρείου με καταιονισμό πάνω από ένα σταθερό υλικό πλήρωσης. Με τον τρόπο αυτό, το νερό κατανέμεται από ένα σταθερό σύστημα ψεκασμού ή σταγόνες σε πιάτο. Το φίλτρο εκθέτω στο νερό του ενυδρείου και ο αέρας σε ένα τυχαίο τρόπο από στάζει ή με ράντισμα του νερού πάνω στο φίλτρο. Ο μεγάλος αριθμός των μικρών οπών που υπάρχει στο εσωτερικό του φίλτρου χρησιμεύει για ψεκασμό (Gunderson et al., 1992).

Από τα σημαντικότερα προβλήματα που δημιουργούνται στα φίλτρα είναι η μείωση της αποτελεσματικότητας του φίλτρου εξαιτίας των στερεών υπολειμμάτων που καθιζάνουν με αποτέλεσμα το μέσο φιλτραρίσματος να «φράζει» (Gunderson et al., 1992).

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατήρηση και αύξηση των βακτηριδίων στο φίλτρο, τα οποία αναπτύσσονται στο υλικό φιλτραρίσματος, είναι η παροχή οξυγόνου και η αμμωνία μιας και τα βακτήρια δεσμεύουν την αμμωνία που υπάρχει στο νερό. Σε αντίθετη περίπτωση που δεν ισχύουν οι δυο προϋποθέσεις τότε παρατηρείται δυσλειτουργία στο φίλτρο με αποτέλεσμα τα βακτήρια να θανατώνονται και να μειώνεται η αποτελεσματικότητα του φίλτρου (Gunderson et al., 1992).

Με κάθε κύκλο φιλτραρίσματος ολοκληρώνεται η διαδικασία πλήρωσης και αποχέτευσης και συνεπώς το νερό και το οξυγόνο καλύπτει όλη την επιφάνεια του υλικού φιλτραρίσματος, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται συνολικά όλη η επιφάνεια του φίλτρου. Η ικανοποιητική λειτουργία οδηγεί στην αύξηση της βακτηριδιακής πανίδας στο εσωτερικό του φίλτρου, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η απόδοση του φίλτρου και το φίλτρο να λειτουργεί ικανοποιητικά (Gunderson et al., 1992).

Επίσης η αποτελεσματικότητα εξαρτάται από το διάκενο που δημιουργείται από το υλικό πλήρωσης του φίλτρου, χωρίς να μετακινούνται τα διάφορα τμήματα εσωτερικά του φίλτρου, χωρίς την αναγκαιότητα ύπαρξης συστήματος ψεκασμού με

οπές. Επίσης, η αδυναμία μετακίνησης των εσωτερικών τμημάτων του φίλτρου ισχυροποιεί περισσότερο το σύστημα με αποτέλεσμα να αποτρέπονται οι μηχανικές βλάβες. Επίσης για την άριστη λειτουργία του φίλτρου συνίσταται η καλλιέργεια βακτηριδίων, ώστε ανά τακτά χρονικά διαστήματα να προστίθενται βακτήρια στο φίλτρο.

Κατά την περίοδο καθαρισμών στο σύστημα φίλτρου η απομάκρυνση του νερού από το φίλτρο, προϋποθέτει την προσθήκη συνεχόμενου αερισμού και όχι ολική απομάκρυνση του νερού από το φίλτρο. Επίσης στα βασικά πλεονεκτήματα του φίλτρου κατά το σχεδιασμό του θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η απομάκρυνσή του από το ενυδρείο όταν αυτό κριθεί απαραίτητο.

Το σύστημα φίλτρου (Εικ. 38) έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να χρησιμοποιούνται μόνιμα υλικά πλήρωσης, τα οποία είναι υπεύθυνα για την ανάπτυξη των βακτηριδίων. Στο σύστημα παρέχεται αέρας ώστε να πληρούνται οι προϋποθέσεις ανάπτυξης των βακτηριδίων με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αποτελεσματικότητα του φίλτρου, ώστε το νερό απαλλαγμένο από το ρυπαντικό φορτίο να κατευθύνεται καθαρό προς το ενυδρείο (Gunderson et al., 1992).

4.7 Συντήρηση φίλτρου

Η δυναμικότητα ενός βιολογικού φίλτρου εξαρτάται από την συντήρηση του. Ο έλεγχος πρέπει να γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα ενώ δεν πρέπει να γίνεται συνέχεια για να μην επηρεαστεί η πανίδα του φίλτρου. Ο σταδιακός καθαρισμός του φίλτρου δεν καταστρέφει τα βακτήρια ενώ εξασφαλίζει καλή κυκλοφορία στο νερό (Εικ. 39). Ο ενεργός άνθρακας χρησιμοποιείται για να δεσμευτούν οι χρωστικές ουσίες και πρέπει να αντικαθίσταται τακτικά διότι τα ζώα αντέχουν καλύτερα σε μια μικρή ποσότητα άνθρακα που ανανεώνετε συχνά παρά μια μεγάλη ποσότητα που φθάνει μέχρι κορεσμό.



Εικόνα 39. Δομή εσωτερικού φίλτρου (<http://www.aqua-fish.net/>)

Κεφάλαιο Έκτο

Συμπεράσματα

Τα ενυδρεία είναι μια μικρογραφία ενός κλειστού συστήματος εκτροφής ψαριών και κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον τύπο του φίλτρου που χρησιμοποιούν και την αποτελεσματικότητα που παρουσιάζει το φίλτρο. Τα μηχανικά κριτήρια, το μέγεθος και ο αερισμός του φίλτρου καθορίζουν τις απαιτήσεις των φίλτρων ανεξάρτητα από τον τύπο τους.

Η έρευνα για τα συστήματα υδατοκαλλιέργειας με ανακυκλούμενο νερό αναπτύσσεται με ταχύ ρυθμό. Το νερό εκτροφής στα συστήματα αυτά προϋποθέτει την επεξεργασία του νερού μέσα από ειδικές μονάδες. Η βελτίωση των μεθόδων παραγωγής, ο αερισμός, η κυκλοφορία του νερού, οι μέθοδοι επεξεργασίας του νερού (φίλτρα), ο έλεγχος και η βελτιστοποίηση των συστημάτων αυτοματισμού για την παρακολούθηση των συστημάτων εκτροφής, είναι από τους βασικούς παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό των φίλτρων.

Η οικονομική σημασία των ενυδρείων και εν γένει των κλειστών συστημάτων εκτροφής, επηρεάζεται από την ισορροπία που επιτυγχάνεται μεταξύ του λειτουργικού κόστους, της απόδοσης και της διαχείρισης του περιβάλλοντος του ενυδρείου. Ο έλεγχος της ποιότητας του νερού στα ενυδρεία επικεντρώνεται κυρίως στη πρόληψη για τη συσσώρευση της αμμωνίας μέσω της βιολογικής διεργασίας της νιτροποίησης. Η συσσώρευση των νιτρικών και φωσφορικών ιόντων απαιτεί περισσότερη προσοχή και ανάλυση.

Η λειτουργία του βιολογικού φίλτρου εξαρτάται από την συγκέντρωση της αμμωνίας που υπάρχει στο σύστημα και επηρεάζει το ρυθμό ανάπτυξης των νιτροποιητικών βακτηρίων στο φίλτρο. Στα ενυδρεία η διεργασία της απονιτροποίησης σύμφωνα με μελέτες διατηρεί σε σταθερές συγκεντρώσεις τα νιτρικά ιόντα ώστε να μην φθάνουν σε τοξικά επίπεδα.

Μια τεχνική για την εκτίμηση της ποσότητας των νιτρικών και φωσφορικών ιόντων χρησιμοποιεί το λόγο C/N για να εκτιμηθεί η παραγόμενη αμμωνία (T.A.N), τα νιτρώδη ιόντα καθώς και ο βαθμός της οξειδωτικής ικανότητας που χρειάζεται για τη μετατροπή του τοξικού παράγοντα σε μη τοξικό. Η αναλογία C/N προσδιορίζει τη συγκέντρωση της σακχαρόζης εμφανίζοντας έντονη δραστηριότητα όταν χρησιμοποιούνται τροφές με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 45%.

Ο βαθμός επιβάρυνσης του φίλτρου, εξαρτάται από την παραγόμενη συγκέντρωση της αμμωνίας στο νερό και επηρεάζει τη λειτουργία του φίλτρου. Ο ρυθμός μείωσης της αμμωνίας στην έξοδο από το φίλτρο μειώνεται κατά 80% σε σχέση με την είσοδο του νερού στο φίλτρο. Όταν η επιβάρυνση στο σύστημα είναι 194K το ποσοστό μείωσης της αμμωνίας είναι 96,7%, ενώ όταν το φορτίο στο σύστημα είναι 154K το ποσοστό μείωσης είναι 87,3%, ή 82,7% για επιβάρυνση 89K (Rijn, 1986).

Η επεξεργασία του νερού συνδέεται με την ικανότητα που παρουσιάζει το φίλτρο και ιδίως το υλικό πλήρωσης του φίλτρου ως προς την αποτελεσματικότητά του.

Οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί καθορίζουν την ολοκληρωμένη βιολογική επεξεργασία του νερού των ενυδρείων, ώστε να αποφευχθούν και να περιοριστούν προβλήματα στην ανάπτυξη και εκτροφή των οργανισμών σε ενυδρεία. Ο άριστος σχεδιασμός των συστημάτων εκτροφής προϋποθέτει την ικανοποιητική λειτουργία του φίλτρου η οποία πηγάζει μέσα από την σωστή διάταξη των φίλτρων.

Η ρύθμιση ενός ενυδρείου και η λειτουργία του επηρεάζονται από τη λειτουργία του βιολογικού και μηχανικού φίλτρου. Ο ρόλος του μηχανικού φίλτρου, είναι η μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων και των υπολειμμάτων τροφής τα οποία δεν κατευθύνονται απευθείας στο βιολογικό φίλτρο έτσι ώστε να αυξάνεται η αποδοτικότητά του.

Η ρύθμιση της ποιότητας του νερού, η ανάπτυξη και η υγιεινή των ψαριών, αλλά και η διαχείριση του φίλτρου καθορίζουν τη βιωσιμότητα του συστήματος εκτροφής.

7. Abstract

Aquariums are micrography of a Closed Systems fish farming that it is environmentally friendly. The function of the water recirculating system requires the function of biological filters, which release the aquarium water from pollution load.

The performance and effectiveness of biological filters increases the requirements for breeding aquarium fish. Fresh water aquarium has less maintenance cost compared to saltwater aquariums. Problems in the adaptation and management of filters in sea water justify the development of new technologies for the regulation and operation of the filters.

The function of a biofilter depends on the concentration of ammonia in the system and influence the growth rate of nitrifying bacteria in the filter. Denitrification process in aquariums, according to studies, maintains constant concentrations nitrates so do not reach toxic levels.

8. Βιβλιογραφία

- Adey, W.H., Loveland, K., 1991. *Dynamic Aquaria: Building Living Ecosystems*. Academic Press, San Diego, CA. 643 pp.
- Andersson, B, Aspegra, D.S., Parker, S and Lutz, M.P. (1994). High rate nitrifying trickling filters. *Water Science and Technology*. 29(10-11):47-52.
- Anonymous, 1992. *Captive Seawater Fishes: Science and Technology*. Interscience, John Wiley and Sons, New York, 942pp.
- Anthoni, F., (2005). *Seafriends Aquariums describing the Seafriends marine aquariums*. www.seafriends.org.nz/dda/aqua1.htm
- Asano, L., Ako, H., Shimizu, E., Tamaru, C.S., 2003. Limited water exchange production systems for freshwater ornamental fish. *Aquacult. Res.* 34, 937–941
- Blasiola, G.C., 2000. *The Saltwater Aquarium Handbook*. Barrons Education, Happaage, NY. 165 pp.
- Bovendeur, J., Zding, G.H., Henken, A.M., 1987. Design and performance of a water recirculation system for high-density culture of the African Catfish, *Clarias ariepinus* (Burchell, 1822). *Aquaculture* 63, 329–353.
- Broussard, M.C., Simco, B.A., 1976. High-density culture of Channel Catfish in a recirculation system. *Prog. Fish. Cult.* 38, 138–141.
- Buckling, R.A., Baird, C.D., Watson, C.A., Chapman, F.A., 1993. Energy use of recycling water aquaculture systems for ornamental fish production. Circular 1095. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, FL, 5 pp.
- Buschmann, A.H., Lopez, D.A., Medina, A., 1996. A review of the environmental effects and alternative production strategies of a marine aquaculture in Chile. *Aquacult. Eng.* 15, 397–421.
- Cabrera, C., Gabaldon, C., and Marzal, P., (2005). Sorption Characteristics of Heavy Metal Ions by a Natural Zeolite, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 80:477-481.
- Calfo, A. (2007). *Book of Coral Propagation*, In: *Reef Gardening for Aquarists*. 2nd ed., Aquarists, Reading Trees (1):90-105
- Chen, S., Coffin, D.E., Malone, R.F., 1997. Sludge production and management for recirculating aquacultural systems. *J. World Aquacult. Soc.* 28, 303–315.
- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture* 270, 1-14
- Cranford, P., Dowd, M., Grant, J., Hargrave, B., McGladdery, S., 2003. Ecosystem level effects of marine bivalve aquaculture. In: *A scientific review of the potential environmental effects of aquaculture in aquatic ecosystems*. vol. I. Fisheries and Oceans Canada. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2450 (1), 12–20.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M., 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. PRIMERE Ltd., Plymouth Marine Laboratories, Plymouth, UK. 140 pp.
- Davis, J.T., Lock, J.T., 1997. *Culture of Largemouth Bass Fingerlings*. SRAC Publication No. 201 (revised), 4 pp.
- Davies, P.S., 1984. The role of zooxanthellae in the nutritional energy requirements of *Pocillopora eydouzi*. *Coral Reefs* 2, 181–186.
- Delbeek, J. C. 1990a. Reef Aquariums Part 6: Coral Aggression. *Aquarium Fish Intl.* 2(7):26-32.

- Delbeek, J.C., and Sprung, J., (2005). The reef aquarium, Vol 3: Science, Art and Technology, Published by Ricordea.
- Delbeek, J.C. (1992). Dutch minireefs: An update. *Aquarium Fish Magazine* 4(11):52-59.
- Dwivedy, R.C. (1973). Removal of dissolved Organics through Foam Fractionation in Closed Cycle Systems for Oyster Production. Paper No. 73-561, American Society of Agricultural Engineers. St. L Joseph, MI.
- FAO, 2003. Review of the state of world aquaculture. FAO Fisheries Circular No. 886, Rev. 2, Rome, 95 pp.
- Funge-Smith, S., Phillips, M.J., 2001. Aquaculture systems and species. In: Subasinghe, R.P., Bueno, P., Phillips, M.J., Hough, C., McGladdery, S.E., Arthur, J.R. (Eds.), *Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium*, Bangkok, Thailand, February 20–25, 2000. NACA/FAO, Bangkok/ Rome, pp. 129–135.
- Goldburg, R.J., Elliott, M.S., Naylor, M.A., 2001. *Marine Aquaculture in the United States: Environmental Impacts and Policy Options*. Pew Oceans Commission, Arlington, VA, 44 pp.
- Grommen, R., Daw, L., Verstaete, W. (2005) Elevated salinity selects for a less diverse ammonia-oxidizing population in aquarium biofilters. *Microbiology ecology*. 52:1-11
- Gutierrezal -Wing, M.T., Malone, F.R. (2006). Biological filter in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. *Aquacultural engineering*, 34:163-171.
- Guenderson, E.D., Madison, W., Guinderson, E.G. (1992). Method for filtering aquarium water. United States Patent, 5,160,622.
- Guoli, G., Bellia, F. (2007). Aquarium filter, European patent Application, EP.2 123 154 A1.
- Harache, Y., 2002. Responsible aquaculture in the next century: an evolutionary perspective. In: Creswell, R.L., Flos, R. (Eds.), *Perspectives on Responsible Aquaculture for the New Millennium*, World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA/The European Aquaculture Society, Oostende, Belgium, pp. 1–27.
- Hinshaw, J.M., Thompson, S.L., 2000. Trout Production. Handling Eggs and Fry. SRAC Publication No. 220 (revised), 4 pp.
- Hauter, S., & Hauter, D. (1889). Building a salt water aquarium refugium. (www.about.com).
- Hoff, F.H. 1996. Conditioning, spawning and rearing of fish with emphasis on marine clown-fish. *Aquaculture Consultants Inc.* 212 p.
- Johnson, S.C., Treasurer, J.W., Bravo, S., Nagasawa, K., Kabata, Z., 2004. A review of the impact of parasitic copepods on marine aquaculture. *Zool. Stud.* 43 (2), 229–243.
- Kamstra, A., van der Heul, J.W., Nijhof, M., 1998. Performance and optimization of trickling filters on eel farms. *Aquacult. Eng.* 17, 175–192.
- Lazur, A.M., Britt, D.C., 1997. Pond recirculating production systems. SRAC Publication No. 455. USDA, 8 pp.
- Lorsordo, T.M., Masser, M.P., Rakocy, J., 1998. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: An Overview of Critical Considerations. SRAC Publication No. 451 USDA, 6 pp.

- Ling, J., and Chen, S. (2005). Impact of organic carbon on nitrification performance of different biofilters. *Aquaculture Engineering* 33, 150-162.
- Malone, R.F., Beecher, L.E., (2000). Use of floating bead filters to recondition recirculating waters in warmwater aquaculture production systems. *Aquacult. Eng.* 22, 57-74.
- Malone, F.R. Pfeiffer, J.T. (2006). Rating fixed film nitrifying biofilters used in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural engineering*, 34:389-402.
- Malone, R.F., 2002. Engineering for a responsible aquaculture with focus on growout facilities for commodity finfish. In: Creswell, R.L., Flos, R. (Eds.), *Perspectives on Responsible Aquaculture for the New Millennium*, World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA/The European Aquaculture Society, Oostende, Belgium, pp. 94-111.
- Martin, H., 2002. Report on aquaculture in the European Union: present and future (2002/2058(INI)) European Parliament. Committee on Fisheries. Final A5-0448/2002, 18 pp.
- Masser, M.P., Rakocy, J., Losordo, T.M., 1999. *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems. Management of Recirculating Systems*. SRAC Publication No. 452 USDA, 12 pp.
- Martin, M., (1995). *Ενυδρεία, Πρακτικό εγχειρίδιο και πολυμήχανο για τους φίλους των ενυδρείων*, Εκδόσεις Βασδέκης, σς 170.
- Marini, F. (2002). A Serpent for your reef tank: A look at fish – safe eels. *Reefkeeping*, 1(11):13-17.
- Marin, G.L. (2007). The art and science of aquarium management. *Advanced aquarist's on line magazine*. 42:20-30.
- Mercier, L., Audeta, C., de la Noue, J., Parenta, B., Parrish, C.C., Ross, N.W., 2004. First feeding of winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) larvae: use of *Brachionus plicatilis* acclimated at low temperature as live prey. *Aquaculture* 229, 361-376.
- Moe, M. Jr. (1989). *Marine Aquarium Reference: systems and Invertebrates*. Green Turtle Publ., Plantation, FL., 512pp.
- NOAA, 2001. NOAA's Aquaculture Policy. <http://swr.ucsd.edu/fmd/bill/aquapol.htm>.
- National Research Council (NRC), 1992. *Marine Aquaculture Opportunities for Growth*. National Academy Press, Washington, DC, 452 pp.
- Naylor, R.L., Goldberg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., Troell, M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405, 1017-1024.
- Otoshi, C.A., Arce, S.M., Moss, S.M., 2003. Growth and reproductive performance of broodstock shrimp reared in a biosecure recirculating aquaculture system versus a flow-through pond. *Aquacult. Eng.* 29, 93-107.
- Rakocy, J.E., McGinty, A.S., 1989. *Pond Culture of Tilapia*. SRAC Publication No. 280, 4 pp.
- Rijn, J.V. (1996). The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture—a review. *Aquaculture* 139:181-201.
- Sahin, T., 2001. Larval rearing of the Black Sea Turbot, *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758), under Laboratory Conditions. *Turk. J. Zool.* 25, 447-452.
- Sarmaski, A., 2003. Application of gene transfer technology for genetic improvement of fish. *Turk. J. Zool.* 27, 1-6.
- Schuster, C., Stelz, H., 1998. Reduction in the make-up water in semi-closed recirculating aquaculture systems. *Aquac. Eng.* 17, 167-174.

- Scott, W., M., (2006). Reef Aquarium fishes 500+ essential to know species, Microcosm Ltd.
- Scott, W. M. (2000). Berlin Method reef aquarium. Wwfish channel.com.
- Spotte, S. (1979). Seawater Aquariums: The Captive Environment. Wiley-Interscience, John Wiley and Sons, New York, 413pp.
- Shimek, R., 2001. Sand Bed Secrets: The Common-Sense Way to Biological Filtration. Marc Weiss Companies, Inc. 36 pp.
- Sprung, J. and J. C. Delbeek. 1990. New trends in reef keeping: Is it time for another change? *Freshwater and Marine Aquarium* 13(12):8-22, 180-184.
- Suzuki, Y., Maruyama, T., Numata, H., Sato, H., Asakawa, M., 2003. Performance of a closed recirculating system with foam separation, nitrification and denitrification units for intensive culture of eel: towards zero emission. *Aquacultural Engineering* 29, 165– 182.
- Paletta, M. (1989). Suggestions for reef maintenance. seaScope Vol. 6, Summer 1989.
- Thiel, A. 1989. Advanced Reef Keeping I. Aardvark Press, Bridgeport, CT.
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T., Vinci, B.J., 2001. Recirculating Aquaculture Systems. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY, 647 pp.
- Toonen, R., 2000a. Are plenums obsolete? Another viewpoint: Part 1. *Freshwater and Marine Aquarium (FAMA)* 23, 44– 66.
- Tullock, H.J. (2001). Natural Reef Aquariums: Simplified Approaches to Creating Living Saltwater Microcosms. In: TFH publications
- Tullock, J.H. (1991). The reef tank Owner's Manual. Aardvark Press, Bridgeport, CT, USA, 272 pp.
- Varadi, L., 2000. Responsible Management of inland waters for fisheries and aquaculture. In: Creswell, R.L., Flos, R. (Eds.), Perspectives on Responsible Aquaculture for the New Millennium, World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA/The European Aquaculture Society, Oostende, Belgium, pp. 125–141.
- Wilkinson, C., 2004. Status of Coral Reefs of the World: 2004. Australian Institute of Marine Science, Townsville. 316 pp
- Wilkins, P. (1973). The Saltwater Aquarium for Tropical Marine Invertebrates. Engelbert Pfiem Verlag, Wuppertal, Germany, 216pp.
- White, K., O'Neill, B.N., Tzankova, Z., 2004. At a crossroads: will aquaculture fulfill the promise of the blue revolution? Report. SeaWeb Aquaculture Clearinghouse, Washington, DC.
- Wu, R.S.S., 1995. The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. *Mar. Pollut. Bull.* 31 (4–12), 159– 166.
- Yap, H.T., Molina, R.A., 2003. Comparison of coral growth and survival under enclosed, semi-natural conditions and in the field. *Mar. Pollut. Bull.* 46, 858–864.
- Yapar, S. and Yilmaz, M., (2004). Removal of Phenol by Using Montmorillonite, Clinoptilolite, and Hydrotalcite, *Adsorption*, 10: 287-298.
- Zhu, S., Chen, S., 2001. Effects of organic carbon on nitrification rate in fixed film biofilters. *Aquacult. Eng* 25, 1–13.
- Zon, L.I., Peterson, R.T., 2005. In vivo drug discovery in the zebrafish. *Nat. Rev. Drug Discov.* 4, 25–44.

B) Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Αγραφιώτη,Α.,(2012).Περιγραφή και λειτουργία ενυδρείων υφάλων για χλαμύδες. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών & Αλιευτικής Διαχείρισης. Τ.Ε.Ι.Μεσολογγίου.σσ67.
- Αναστασιάδου,Κ.(2011). Μελέτη προσρόφησης ιόντων μολύβδου και νικελίου από απομελανωμένη μηχανική χαρτομάζα. Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών Τομέας Ι,σσ132.
- Αιγινίτης,Σ.,(2011). Τεχνολογία και τεχνοτροπία για την πρότυπη κατασκευή ενός ενυδρείου υφάλου (reef) στο εργαστήριο του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου. Αναπαραγωγή και συνθήκες εκτροφής του είδους *Amphiprion ocellaris* στον ύφαλο. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών & Αλιευτικής Διαχείρισης. Τ.Ε.Ι.Μεσολογγίου.σσ114.
- Βλάχος, Ν. (2004). Ενυδρεία, Σημειώσεις Μαθήματος, 1^η έκδοση, Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, Μεσολόγγι, σσ55.
- Βλάχος, Ν., (2010). Καλλιέργειες Διακοσμητικών Ψαριών, 2^η έκδοση, Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, Μεσολόγγι, σσ380.
- Μπινίκος,Κ.(2012). Ανάλυση και χρησιμότητα των δομικών χαρακτηριστικών των ενυδρείων υφάλου Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών & Αλιευτικής Διαχείρισης. Τ.Ε.Ι.Μεσολογγίου.σσ76.

Γ) Διαδικτυακή βιβλιογραφία

www.aquazone.gr
www.fmueller.com
www.yta.createforumhosting.com
www.zeolit.gr
www.erdingtonaquatics.com
<http://newaquariuminformation.com>
www.jonolavsakvarium.com
www.aquahobby.com
www.aquahobby.com
www.aquariumproductswholesale.com
www.bkk09.blogspot.com
<http://www.google.gr/imgres>
www.marispolymers.com
www.cichlidhomepage.com
www.reefkeeping.org
www.aquazone.gr
www.creativepumps.com.au
<http://www.aqua-fish.net>