

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

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ - ΜΟΝΑΔΑ ΕΝΥΔΡΕΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Το Μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας και οι διαφορές
του με το ενυδρείο υφάλου μικρής κλίμακας»**

Γεώργιος Τσουνάπης

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2013

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

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ - ΜΟΝΑΔΑ ΕΝΥΔΡΕΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Το Μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας και οι διαφορές
του με το ενυδρείο υφάλου μικρής κλίμακας»**

Γεώργιος Τσουνάπης

Επιβλέποντες

Κοσμάς Βιδάλης
Καθηγητής

Νικόλαος Βλάχος
Ιχθυολόγος Τ.Ε.-MSc

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2013

Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) **Κοσμάς Βιδάλης**, Καθηγητής, Δρ Βιολόγος-Ιχθυολόγος, Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, **Επιβλέπων**
- 2) **Αικατερίνη Κριμπένη**, Καθηγήτρια Εφαρμογών, Βιολόγος, MSc Περιβάλλοντος Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, **Μέλος**
- 3) **Κωνσταντίνος Πούλος**, Καθηγητής Εφαρμογών, Δρ Βιολόγος-Ιχθυοπαθολόγος Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, **Μέλος**

- 4) **Νικόλαος Βλάχος**, Ιχθυολόγος Τ.Ε – MSc Περιβαλλοντικών Επιστημών, Ε.Τ.Π, (Υποψήφιος Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας). Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, **Συνεπιβλέπων.**

Στους γονείς μου

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 με θέμα «Το Μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας και οι διαφορές του με το ενυδρείο υφάλου μικρής κλίμακας»

Οι λόγοι που αποτέλεσαν το έναυσμα για την επιλογή του παρόντος θέματος ήταν:

- 1) Το εμπορικό ενδιαφέρον που παρουσιάζουν τα ενυδρεία
- 2) Η μελλοντική επαγγελματική ενασχόλησή μου με τα ενυδρεία

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. 9/22-11-2012 απόφαση Συνέλευσης του τομέα Β και επειδή δεν προσλήφθηκαν εργαστηριακοί συνεργάτες για τα Ακαδημαϊκά έτη 2011-2013, σύμφωνα με απόφαση του Υπουργείου Παιδείας και Δια Βίου Μάθησης, ορίσθηκε εκ νέου εισηγητής ο Δρ Κοσμάς Βιδάλης προκειμένου να ολοκληρωθεί η παρουσίαση της εργασίας.

Μέσα από την παρούσα εργασία θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους κάτωθι:

- Δρ Κοσμά Βιδάλη επιβλέπων, για τις χρήσιμες πληροφορίες και παρατηρήσεις του, κατά τη συγγραφή της εργασίας.
- Νικόλαο Βλάχο, MSc, Ε.Τ.Π, συνεπιβλέπων της εργασίας, για την αμέριστη και διαρκεί συμπαράστασή του, την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.
- Στα μέλη της επιτροπής Δρ Κων/νο Πούλο και Αικατερίνη Κριμπένη, MSc, για τις χρήσιμες συμβουλές και παρατηρήσεις τους.
- Τέλος, εκφράζω τις εγκάρδιες ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου, για την υλική και ψυχολογική υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Η διατήρηση οργανισμών σε ενυδρεία εξαρτάται από το περιβάλλον που προέρχονται τα ψάρια και τα ασπόνδυλα. Η κατασκευή και λειτουργία ενός ενυδρείου είναι το αποτέλεσμα κυρίως της προσωπικής ικανοποίησης για τον τύπο του ενυδρείου που θα κατασκευαστεί (νάνο-μεσογειικό ενυδρείο ή νάνο-υφάλου ενυδρείο). Η κατασκευή και η συντήρηση ενός νάνο-μεσογειικού ενυδρείου, διαφοροποιείται σημαντικά από την κατασκευή και τη λειτουργία ενός ενυδρείου νάνο-υφάλου.

Οι σύγχρονες αντιλήψεις σχετίζονται με τη διατήρηση οργανισμών σε ενυδρεία, ενισχύοντας την ιδέα της καλύτερης προσομοίωσης χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της φυσικής διαδικασίας. Το ενυδρείο της Μεσογείου μπορεί να ονομαστεί και να χαρακτηριστεί ως μεσογειικό ενυδρείο μικρής κλίμακας υφάλου.

Από την άλλη πλευρά το ενυδρείο νάνο-υφάλου παρουσιάζει μοναδικές προκλήσεις. Εκτός, από τη διατήρηση των παραμέτρων του νερού ενυδρεία του τύπου αυτού απαιτούν ένα διαφορετικό τρόπο διαχείρισης η οποία έγκειται στη λεπτομέρεια. Χωρίς την κατάλληλη ανάλυση της ποιότητας του νερού, το ενυδρείο νάνο-υφάλου, μπορεί να παύσει να λειτουργεί. Η αξιοποίηση στο έπακρο των πληροφοριών των ενυδρείων υφάλου, οδηγεί στην κατανόηση της λειτουργίας των νάνο-υφάλου ενυδρείων.

Λέξεις κλειδιά: Νάνο-μεσογειικό ενυδρείο μικρής κλίμακας, νάνο-υφάλου ενυδρείο, ψάρια-ασπόνδυλα, λειτουργία και διαφορές.

Περιεχόμενα

Πρόλογος -Ευχαριστίες.....	5
Περίληψη	6
Περιεχόμενα.....	7
1.Γενικές αρχές ενυδρείων με θαλασσινό νερό	9
1.1. Εισαγωγή.....	9
1.2.Η μεσόγειος θάλασσα-γενικές πληροφορίες	10
1.3. Γενικά χαρακτηριστικά μεσογειακού και ενυδρείου νάνο-υφάλου μικρής κλίμακας..	11
2.Αρχιτεκτονική & σχεδιασμός ενυδρείων.....	13
2.1.Αρχιτεκτονική ενυδρείου	13
2.2.Σχεδιασμός ενυδρείου-γενικές αρχές	13
2.3. Παράγοντες σχεδιασμού	14
2.3.1. Μέγεθος ενυδρείου (Διαστάσεις-Όγκος).....	14
2.3.2. Φωτισμός	18
2.3.2.1.Τύποι λαμπτήρων, ένταση, χρωματισμός.....	20
2.4. Ζωντανός βράχος- γενικές αρχές	24
2.4.1. Προμήθεια –προσθήκη ζωντανού βράχου.....	27
2.4.2. Εξαλίευση βράχου-άμμου.....	29
2.4.3. Τοποθέτηση στο ενυδρείο – ρύθμιση βιολογικού φίλτρου.....	30
3.Εξοπλισμός μεσογειακών ενυδρείων και ενυδρείων υφάλου μικρής κλίμακας.....	33
3.1.Βασικός εξοπλισμός.....	33
3.2. Επιπρόσθετος εξοπλισμός.....	35
4.Λειτουργικά χαρακτηριστικά μεσογειακού ενυδρείου υφάλου μικρής κλίμακας.....	39
4.1. Παρασκευή-προετοιμασία νερού ενυδρείου	39
4.2.Εκκίνηση και ρύθμιση του ενυδρείου (διαδικασία set-up).....	39
4.2.1.Ρύθμιση με ψάρια	40
4.2.2.Ρύθμιση με ζωντανό βράχο και άμμο	40
4.2.3.Ρύθμιση με βιολογικό υλικό	40
4.2.4.Δημιουργία βιολογικού υποστρώματος.....	40
4.3.Βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού.....	41

4.3.1. Ανάλυση βασικών παραμέτρων νερού-επιθυμητά επίπεδα	43
5. Συμβολή των οργανισμών στη Βιολογική Ισορροπία	46
5.1.Βιολογία βράχου μεσογειακού ενυδρείου	46
5.2. Συλλογή Οργανισμών μεσογειακού ενυδρείου και ενυδρείου υφάλου μικρής... κλίμακας.....	47
5.3 Τεχνολογία ή Βιολογία.....	55
6. Συμπεράσματα	57
7.Abstract.....	60
8.Βιβλιογραφία	61

1.Γενικές αρχές ενυδρείων με θαλασσινό νερό

1.1. Εισαγωγή

Η επαγγελματική ή η ερασιτεχνική ενασχόληση με τα ενυδρεία αυξήθηκε σημαντικά τα τελευταία χρόνια καθώς ολοένα και περισσότεροι καταναλωτές, επιχειρούν να προσομοιώσουν ένα μικρό τμήμα της φύσης και να το μεταφέρουν μέσω των ενυδρείων στο χώρο κατοικίας τους ή στο χώρο εργασίας τους (Βλάχος 2004). Σύμφωνα με μελέτες, τα ενυδρεία συνεισφέρουν στην καταπολέμηση του στρες, ενώ αποτελούν ένα μοναδικό μέσο εκτίμησης και γνώσης της ποικιλομορφίας της υδρόβιας πανίδας και χλωρίδας (Calfo, 2001; Delbeek & Sprung, 2005).

Η διατήρηση ψαριών σε ενυδρεία προσφέρει εμπειρίες και γεγονότα τα οποία εξάπτουν τη διαδικασία της μάθησης. Συνεπώς, μέσα από τα ενυδρεία αντλούνται πληροφορίες σχετικά με τα δομικά και βιολογικά χαρακτηριστικά τόσο των ενυδρείων όσο και των οργανισμών που ζουν σ' αυτά, καθώς και οι συμβιωτικές σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ του περιβάλλοντος του ενυδρείου και των οργανισμών (Anthoni,2005).

Η ενασχόληση ολοένα και μεγαλύτερου ηλικιακού φάσματος με τα ενυδρεία, έχει ως αποτέλεσμα, την ανάπτυξη ευθύνης για την κατασκευή και λειτουργία των ενυδρείων γλυκού και θαλασσινού νερού (Delbeek, 1987).

Η δημιουργία ενός θαλασσινού ενυδρείου προϋποθέτει την επιλογή του οργανισμού που πρόκειται να εκτραφεί, του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί και της γνώσης των συνθηκών και βιολογικών χαρακτηριστικών που απαιτούνται για την εκτροφή. Η αρχική επιλογή για την κατασκευή του ενυδρείου, πολλές φορές τροποποιείται από τον προκαθορισμένο στόχο, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος κατασκευής του ενυδρείου.

Οι κατηγορίες των θαλασσινών ενυδρείων είναι:

- Μεσογειακό
- Θαλασσινό με συγκεκριμένο είδος (species tank),(ιππόκαμπος, ανεμώνη)
- Τροπικό με ψάρια (fish only)
- Τροπικό υφάλου με κοράλλια (reef)

Από πλευράς δυσκολίας, κόστους και εξοπλισμού, τα πιο απλά είναι τα ενυδρεία με ψάρια μόνο, ενώ ο βαθμός δυσκολίας αυξάνεται στο ενυδρείο υφάλου σε σχέση με τα υπόλοιπα. Τα ενυδρεία υφάλου, περιλαμβάνουν μαλακά κοράλλια (χωρίς

ασβεστολιθικό σκελετό) και τα σκληρά κοράλλια (με ασβεστολιθικό σκελετό και μεγάλους πολύποδες). Το μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας, αποτελείται από μεγάλο εύρος οργανισμών της Μεσογείου ενώ η κατασκευή, λειτουργία και συντήρησή του, διαφοροποιείται σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη ενυδρείων.

Οι απαιτήσεις, ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού στα θαλασσινά ενυδρεία, είναι παρόμοιες με τη διαφορά ότι στα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας απαιτούνται τακτικές μετρήσεις στο ασβέστιο και το μαγνήσιο. Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών (NO_3^-) και φωσφορικών ιόντων (PO_4^{--}) θα πρέπει να διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα για την επιβίωση και ανάπτυξη των οργανισμών (ασπονδύλων και ψαριών) που συμβιώνουν στο ενυδρείο (Sprung & Delbeek, 1990).

Η βασική και θεμελιώδη αρχή του ενυδρείου εστιάζεται στις χημικές αντιδράσεις που περιγράφουν τη διεργασία ρύθμισης του ενυδρείου και περιγράφεται από το ρυθμό που λαμβάνουν χώρα οι διεργασίες. Στο θαλασσινό ενυδρείο οι χημικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα με αργό ρυθμό, σε σχέση με το ενυδρείο γλυκού νερού όπου οι χημικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα με γρήγορο ρυθμό (Calfo, 2001).

Σκοπός της παρούσης εργασίας, είναι να παρουσιάσει τις βασικές διαφορές του μεσογειακού ενυδρείου μικρής κλίμακας από το ενυδρείο nanoporeef.

1.2. Η μεσόγειος θάλασσα-γενικές πληροφορίες

Η Μεσόγειος Θάλασσα, τα όρια της οποίας σχηματίζονται από τρεις Ηπείρους, την Ευρωπαϊκή, την Ασιατική και την Αφρικανική Ήπειρο και χαρακτηρίζεται ως κλειστή αφού τα σημεία επικοινωνίας με τους Ωκεανούς είναι σχετικά μικρά και η συχνή ανανέωση των νερών γίνεται με αργό σχετικά ρυθμό (Clark & Warwick, 2001).

Οι δίοδοι επικοινωνίας με άλλα θαλάσσια τμήματα είναι νότια, η διώρυγα του Σουέζ, όπου επικοινωνεί με την Ερυθρά Θάλασσα και τον Ινδικό Ωκεανό, στα δυτικά με τον πορθμό του Γιβραλτάρ, όπου επικοινωνεί με τον Ατλαντικό Ωκεανό και στα βορειοανατολικά μέσω του Ελλήσποντου επικοινωνεί με την Προποντίδα και τον Εύξεινο πόντο. Οι συνθήκες αυτές προσδίδουν στη Μεσόγειο μια ιδιαιτερότητα, σε ότι αφορά την ποιότητα του νερού, σε σχέση με τις υπόλοιπες ανοικτές θάλασσες (Clark & Warwick, 2001).

Η ιδιαιτερότητα που παρουσιάζει η Μεσόγειος θάλασσα συνίσταται στο γεωφυσικό της χαρακτήρα, όπου λόγω των μικρών διόδων επικοινωνίας με τους ωκεανούς, μειώνεται κατά πολύ ο τροφικός εμπλουτισμός της (Suzuki et al., 2003).

Ο εμπλουτισμός γίνεται, από τις εκβολές των ποταμών των ηπειρών που περιβάλλουν τη Μεσόγειο θάλασσα. Η ανθρώπινη δραστηριότητα είναι έντονη και δρα καταστροφικά, αφού η ανανέωση των υδάτων είναι πενιχρή. Η απουσία ισχυρών ρευμάτων στη Μεσόγειο είναι άλλη μία αιτία διαφοροποίησής της από τις υπόλοιπες θαλάσσιες μάζες ανά την υφήλιο, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει δυνατότητα αντίδρασης σε οποιαδήποτε οικολογική διαταραχή παρατηρηθεί.

Επίσης, η Μεσόγειος θάλασσα, δεν αποκαθιστά, με επάρκεια, την απώλεια του μεγάλου όγκου νερού, το οποίο χάνεται λόγω εξάτμισης. Σε σύγκριση με άλλες θαλάσσιες μάζες ή Ωκεανούς, η Μεσόγειος θάλασσα έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αλάτι. Οι ιδιομορφίες αυτές, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην περίπτωση που επιχειρηθεί η κατασκευή ενός μεσογειακού (Blassiolo, 2000 ; Wabnitz et al., 2003).

1.3. Γενικά χαρακτηριστικά μεσογειακού και ενυδρείου νάνο-υφάλου μικρής κλίμακας

Το μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας, χαρακτηρίζεται από πολλούς ερευνητές ως ενυδρείο Μεσογειακού υφάλου. Η κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση του Μεσογειακού ενυδρείου, δεν διαφέρει από το τροπικό ενυδρείο. Ένα μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας λειτουργεί με επιτυχία, όταν υποστηρίζεται από εξωτερικά βιολογικά φίλτρα, σε αντίθεση με το nanoreef η λειτουργία του οποίου, στηρίζεται στο βιολογικό βράχο.

Σ' ένα μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας ενυδρείο οι οργανισμοί προέρχονται από τη λωρίδα της θάλασσας, που αποτελείται από άμμο, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα τμήματα της θάλασσας. Οι περιοχές, αυτές, αποτελούν τις αποκλειστικές περιοχές αναπαραγωγής για τους περισσότερους οργανισμούς σε σχέση με τις απόμακρες περιοχές του βυθού της θάλασσας. Στα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας (nanoreef), οι οργανισμοί προέρχονται κυρίως από τους κοραλλιογενείς υφάλους (Calfio,2001)

Το μεσογειακό και το τροπικό ενυδρείο υφάλου μικρής κλίμακας είναι μια προσομοίωση του φυσικού μεσογειακού περιβάλλοντος και του υφάλου σε μικρή κλίμακα. Όπως και στη φύση, έτσι και στον περιορισμένο όγκο ενός ενυδρείου ο

βράχος και η άμμος λειτουργούν με τον ίδιο μηχανισμό, αποτελώντας το βιοχημικό εργαστήριο του ενυδρείου. Στα περιφερειακά και τα εξωτερικά στρώματα του βράχου, αναπτύσσονται αποικίες αερόβιων βακτηριδίων, τα οποία οξειδώνουν την αμμωνία, που παράγεται από τους ζωντανούς οργανισμούς του ενυδρείου σε νιτρώδη και αδρανή νιτρικά ιόντα (Clark & Warwick, 2001; Vlahos et al., 2004).

Και στους δυο τύπους ενυδρείων, στα περιφερειακά τμήματα του βράχου αναπτύσσονται, μεγαλύτεροι ή μικρότεροι οργανισμοί, όπως οστρακόδερμα, πολύχαιτοι, σκουλήκια, καρκινοειδή, παράσιτα, κωπήποδα οι οποίοι χρησιμεύουν στον καθαρισμό του ενυδρείου από τα οργανικά απόβλητα. Επίσης, με το συνεχή πολλαπλασιασμό τους, τροφοδοτούν το νερό του ενυδρείου με πλαγκτονικούς οργανισμούς, που με τη σειρά τους αποτελούν τροφή τόσο για τα ψάρια, όσο και για τα ασπόνδυλα είδη, που φιλοξενούνται στο ενυδρείο (Calfo, 2001).

2.Αρχιτεκτονική & σχεδιασμός ενυδρείων

2.1.Αρχιτεκτονική ενυδρείου

Η αρχιτεκτονική του ενυδρείου συνδυάζει την ομορφιά με τους νόμους της βιολογίας και της φυσικής, ενώ η διαδικασία κατασκευής ενός ενυδρείου (μεσογειακού και nanop reef) συνδυάζει την εφευρετικότητα, τον σχεδιασμό και την υπομονή. Η διατήρηση και η λειτουργία του ενυδρείου αποτελεί μια ευχάριστη πρόκληση, επινοώντας μοναδικούς τρόπους για την ανάπτυξη και επιβίωση των οργανισμών προκειμένου να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον όμοιο με το φυσικό (Calfo,2001).

2.2.Σχεδιασμός ενυδρείου-γενικές αρχές

Το βασικό χαρακτηριστικό που συμβάλλει στο σχεδιασμό ενός ενυδρείου, είναι η δημιουργία ενός βιότοπου όμοιου με το φυσικό περιβάλλον, με σκοπό την γρήγορη ανάπτυξη και επιβίωση των οργανισμών. Ο άριστος σχεδιασμός συμβάλλει στη δημιουργία ενός κατάλληλου περιβάλλοντος για τη διαβίωση των οργανισμών στο ενυδρείο. Η συνήθης ενασχόληση ενός επαγγελματία ή ερασιτέχνη ενυδρειολόγου περιλαμβάνει ενυδρεία που αποτελούνται από:

1. είδη που προέρχονται από τη Μεσόγειο (Μεσογειακό Θαλασσινό ενυδρείο)
2. ένα συγκεκριμένο είδος οργανισμού γλυκού και αλμυρού νερού (species aquarium), για τη δημιουργία ενός βιοτοπικού ενυδρείου όπως για παράδειγμα οι ιππόκαμποι, οι ανεμώνες, χρυσόψαρα κ.λ.π.
3. τροπικά ψάρια θαλασσινού και γλυκού νερού (fish-only)
4. κοράλλια (reef)

Ο σχεδιασμός και η τεχνοτροπία κατασκευής του ενυδρείου προϋποθέτει την επιλογή του είδους των ψαριών που θα τοποθετηθεί στο ενυδρείο μιας και απαιτείται διαφορετικός εξοπλισμός σε κάθε περίπτωση, επιβαρύνοντας οικονομικά τον προϋπολογισμό (Clark & Warwick,2001;Anthoni,2005).

Για πολλούς «ενυδρείοφίλους» και ενυδρειολόγους η αρχιτεκτονική και η τεχνοτροπία κατασκευής αποτελεί από τα πιο ευχάριστα βήματα για τη δημιουργία του ενυδρείου (Calfo,2001). Απαραίτητη προϋπόθεση για το σχεδιασμό του ενυδρείου είναι η κλίμακα που θα σχεδιαστεί το ενυδρείο, ώστε να μπορέσει να εξασφαλιστεί η λειτουργία του. Στα περισσότερα μεσογειακά ενυδρεία, η διάσταση

του μήκους συνήθως δεν είναι σταθερή, εξαιτίας, της τεχνοτροπίας που εφαρμόζεται προκειμένου να τοποθετηθεί σ' αυτή ο λαμπτήρας για το φωτισμό του ενυδρείου.

Ο σωστός σχεδιασμός του ενυδρείου εξασφαλίζει (Yap & Molina, 2003):

1. το νερό με φυσικό τρόπο διέρχεται μέσω της υπερχειλίσης στο φίλτρο προκειμένου να επεξεργαστεί.
2. τη διατήρηση του όγκου του νερού στο ενυδρείο σε σταθερά επίπεδα.
3. το πιθανό συμπλήρωμα του νερού λόγω της εξάτμισης.
4. παρέχει επίσης ασφάλεια κατά το άδειασμα του ενυδρείου σε περίπτωση ατυχήματος.

2.3. Παράγοντες σχεδιασμού

Πολλοί παράγοντες συντελούν στο σχεδιασμό και την υλοποίηση του ενυδρείου. Ο βασικός κανόνας επιλογής, δεν απέχει πολύ από τη γενική αρχή σχεδιασμού η οποία περιγράφεται σύμφωνα με τον Delbeek (1990), ως εξής:

1. Η επιλογή των ψαριών δε γίνεται με βάση οικονομικά κριτήρια (φθηνά αλλά ψάρια της αρεσκείας μας).
2. Η επιλογή γίνεται με βάση τη συμπεριφορά και τις συνήθειες των ψαριών που πρόκειται να τοποθετηθούν στο ενυδρείο (ψάρια επιθετικά).
3. Επιλογή λίστας αγορών και δεν γίνεται αγορά σε ότι προτείνεται από τους καταστηματάρχες ενυδρείων (ενδιαφέρει μόνο η πώληση).
4. Η επιστημονική κατάρτιση του καταστηματάρχη, η υπευθυνότητα και η φερεγγυότητα

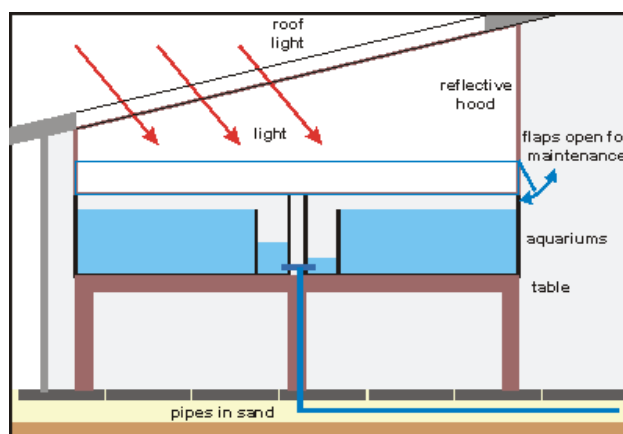
Ο σχεδιασμός των ενυδρείων, εξαρτάται από τα υλικά που επιλέγονται για να κατασκευαστεί το ενυδρείο, ενώ δεν περιορίζεται στο εσωτερικό του ενυδρείου, αλλά περιλαμβάνει και το εξωτερικό τμήμα του ενυδρείου ή τον ευρύτερο χώρο που πρόκειται να τοποθετηθεί το ενυδρείο στην περίπτωση των ενυδρείων εσωτερικών χώρων. Επίσης, ο σωστός σχεδιασμός προϋποθέτει τη δημιουργία χώρων προκειμένου να γίνει τοποθέτηση των καλωδίων ή των υδραυλικών εγκαταστάσεων (σωλήνες υπερχειλίσης, επιστροφής, υδραυλικές εγκαταστάσεις κλπ.) προκειμένου να μην είναι ορατοί (Adey & Loveland, 1991).

2.3.1. Μέγεθος ενυδρείου (Διαστάσεις-Όγκος)

Το μέγεθος και κατ' επέκταση ο όγκος του ενυδρείου καθορίζουν το οικονομικό μέγεθός του. Από την άλλη πλευρά, όσο μεγαλύτερο το μέγεθος του ενυδρείου, τόσο περισσότερο αυξάνεται το κόστος κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας του. Συνεπώς, τα μεσογειακά ενυδρεία μικρής κλίμακας είναι μεσαίου

κυβισμού (100-200L) και είναι περισσότερο εντυπωσιακά, με περισσότερο περιεχόμενο και με αυξημένη βιοποικιλότητα αναλογικά, σε σχέση με ένα μικρότερο ενυδρείο (<100 L). Τα μεσογειακά ενυδρεία μικρής κλίμακας των οποίων ο όγκος τους κυμαίνεται από 100L έως 200 L χαρακτηρίζονται ως μεσαίου τύπου ενυδρεία (Εικ.1).

Μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης έχουν τα μεσογειακά ενυδρεία μικρής κλίμακας τα οποία πωλούνται έτοιμα σε σύγκριση με εκείνα που κατασκευάζονται από τους ενυδρειολόγους. Πολλές φορές χρειάζεται να τροποποιούνται προκειμένου να δεχτούν επιπρόσθετο εξοπλισμό (Tulloch, 1997). Σε περίπτωση που το ενυδρείο δεν σχεδιάστηκε σωστά, για την προσθήκη του επιπρόσθετου εξοπλισμού τίθενται ερωτήματα για το που ακριβώς θα τοποθετηθεί ο επιπρόσθετος εξοπλισμός (skimmer, υπερχειλίση, φωτισμός κ.λ.π).

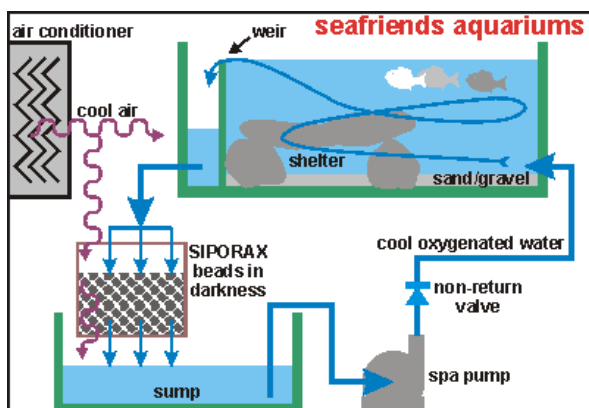


Εικόνα 1. Μεσαίου μεγέθους μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας (Πηγή: www.aquazone.gr).

Ο σχεδιασμός του μεσογειακού ενυδρείου μικρής κλίμακας στηρίζεται στην απλότητα χρησιμοποιώντας υλικά τα οποία μπορούν εύκολα να αναζητηθούν έτσι ώστε η συντήρηση να γίνεται χωρίς δυσκολίες. Για παράδειγμα για την κατασκευή ενός ενυδρείου με διαστάσεις 120 x 60 x 60 cm χρειάζεται εκτός από τις υάλινες επιφάνειες μια ανθεκτική ξύλινη ή μεταλλική βάση, ώστε το ενυδρείο να τοποθετηθεί επάνω, χωρίς να είναι ορατές οι σωληνώσεις.

Η τοποθέτησή τους συνίσταται να γίνεται στο κάτω μέρος του ενυδρείου και να καλύπτονται με κόντρα πλακέ θαλάσσης (Delbeek & Sprung 2005). Κατά το σχεδιασμό του ενυδρείου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η προσθήκη ενός καλύμματος στο επάνω μέρος του ενυδρείου, ώστε να περιορίζεται η εξάτμιση και να προστατεύονται τα ψάρια (Paletta, 1990).

Για την καλύτερη λειτουργία του μεσογειακού ενυδρείου μικρής κλίμακας, αλλά και για λόγους αισθητικής συνίσταται η τοποθέτησή του 120 cm από το έδαφος, ενώ στην περίπτωση που προστεθεί φίλτρο τύπου sump (Εικ.2), θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 40cm από το έδαφος, ώστε να εξασφαλισθεί μεγαλύτερη απορροή από το ενυδρείο στο φίλτρο (Anthony & Hoegh-Guldberg, 2003; Suzuki et al.,2003).



Εικόνα 2. Μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας με φίλτρο sump (Πηγή: www.aquazone.gr).

Η ενίσχυση του πυθμένα, σ' ένα μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας ενυδρείο είναι αναγκαία εξαιτίας της αύξησης του βάρους από την άμμο. Η άμμος είναι πλούσια σε άλατα πυριτίου, τα οποία αντιδρούν χημικά με την σιλικόνη και οι κόκκοι της εισχωρούν σε αυτή. Η μεσογειακή άμμος έχει πολλαπλάσιο βάρος το οποίο φτάνει μέχρι και πέντε φορές το βάρος της κοραλλιογενούς άμμου λόγω της περιεκτικότητας της σε ασβέστιο (Clark et al.,2001; Suzuki et al.,2003). Η αντιμετώπιση, συνίσταται στην ενίσχυση του πυθμένα του ενυδρείου με ισχυρές υάλινες κόντρες καθώς και με προσθήκη μεγάλης ποσότητας σιλικόνης.

Η χωρητικότητα ενός μεσογειακού ενυδρείου μικρής κλίμακας που πρόκειται να κατασκευαστεί, προτείνεται να είναι μεγαλύτερη από 100 L με όσο το δυνατό μεγαλύτερο πλάτος, ώστε να αυξάνεται το βάθος του ενυδρείου. Η αύξηση του βάθους του ενυδρείου οδηγεί στη σωστή τοποθέτηση του ζωντανού βράχου (Delbeek & Sprung,2005; Wabnitz et al.,2003). Το ύψος του ενυδρείου φθάνει περίπου τα 60 cm, προκειμένου να υπάρχει καλύτερη πρόσβαση για την εκτέλεση των επιμέρους εργασιών.

Σε αντίθεση με τα μεσογειακά ενυδρεία μικρής κλίμακας, ο σχεδιασμός ενός ενυδρείου νάνο-υφάλου περιλαμβάνει ενυδρεία με χωρητικότητα που κυμαίνεται από

100L έως 140L, (Εικ.3). Τα ενυδρεία νάνο-υφάλου έχουν γίνει αρκετά δημοφιλή τα τελευταία χρόνια ανάμεσα εκείνους που ασχολούνται με τη διατήρηση ψαριών, κυρίως λόγω του μικρότερου μεγέθους, της συντήρησής τους, καθώς και της δυνατότητας μείωσης του κόστους κατασκευής σε σχέση με τα υπόλοιπα ενυδρεία.



Εικόνα 3. Ενυδρείο νάνο-υφάλου (www.swelluk.com)

Ο σχεδιασμός ενός ενυδρείου νάνο-υφάλου βασίζεται κυρίως στην απλότητα χρησιμοποιώντας υλικά που προσδίδουν ικανοποιητικό τρόπο λειτουργίας, έτσι ώστε η συντήρηση να γίνεται χωρίς δυσκολίες. Για παράδειγμα για την κατασκευή ενός ενυδρείου νάνο-υφάλου με διαστάσεις 100 x 30 x 35 cm και χωρητικότητας 105L, χρειάζεται για την άριστη λειτουργία του η προσθήκη ενός φίλτρου τύπου sump.

Η τοποθέτηση του φίλτρου γίνεται στο κάτω μέρος του ενυδρείου, ενώ οι σωληνώσεις μπορούν να καλύπτονται με κόντρα πλακέ θαλάσσης. Κατά το σχεδιασμό του ενυδρείου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η προσθήκη ενός καλύμματος στο επάνω μέρος του ενυδρείου, ώστε να περιορίζεται η εξάτμιση (Delbeek & Sprung 2005).

Το αυξημένο ενδιαφέρον και η τάση που επικρατεί σήμερα οδήγησαν στην ενασχόληση με τα ενυδρεία νάνο-υφάλου, χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο εξοπλισμό προκειμένου να λειτουργούν σε ικανοποιητικά επίπεδα (εξειδικευμένα φίλτρα, συστήματα υψηλής έντασης φωτισμού, μικρότερες σε ένταση αντλίες κυκλοφορίας), (Calfo,2001).

Τα ενυδρεία νάνο-υφάλου περιλαμβάνουν είδη με διαφορετικά επίπεδα δυσκολίας, σε σχέση με τα μεσογειακά ενυδρεία. Η άριστη προσομοίωση με το

φυσικό περιβάλλον γίνεται σε μικρή κλίμακα (nanoreef) και περιλαμβάνει ενυδρεία με μεγάλη ποικιλία ειδών (Χυτήρης, 2009).

Ο βαθμός δυσκολίας, εξαρτάται από το είδος των οργανισμών που πρόκειται να φιλοξενηθούν, χωρίς να παρουσιάζουν αυξημένες απαιτήσεις στο σχεδιασμό τους.

Τα ενυδρεία νάνο-υφάλου σύμφωνα με τον Calfo (2001), ως προς τον σχεδιασμό τους χαρακτηρίζονται:

- εύκολα επειδή αποτελούνται από μαλακά κοράλλια, χωρίς ασβεστολιθικό σκελετό
- δύσκολα επειδή αποτελούνται από κοράλλια με ασβεστολιθικό σκελετό και μεγάλους πολύποδες
- πολύ δύσκολα εξαιτίας των αυξημένων απαιτήσεων επειδή περιλαμβάνουν κοράλλια με ασβεστολιθικό σκελετό και μικρούς πολύποδες

Στα ενυδρεία νάνο υφάλου, μεγάλο ενδιαφέρον επίσης, αποτελεί και ο συνδυασμός των παραπάνω κατηγοριών με αρκετά μεγάλο σημαντικό βαθμό δυσκολίας, ο οποίος σχετίζεται με τη διατήρηση των οργανισμών και τη λειτουργία του ενυδρείου.

2.3.2. Φωτισμός

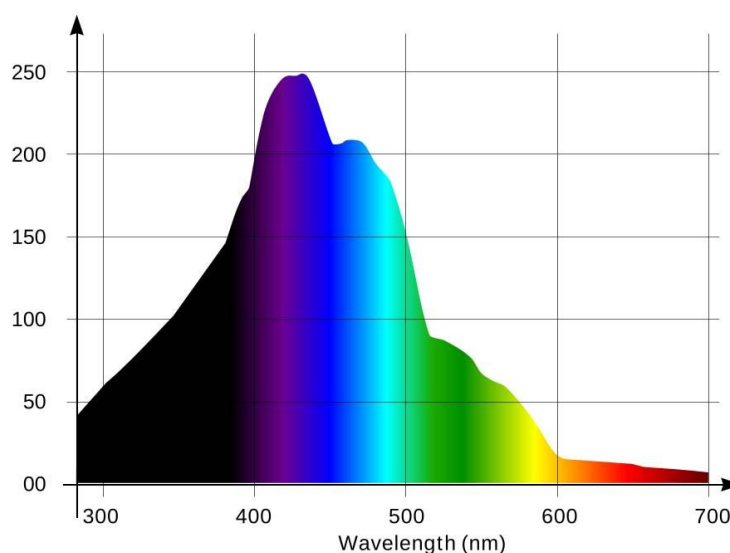
Ο φωτισμός, αποτελεί μια από τις βασικές παραμέτρου σχεδιασμού αφού καθορίζει τη λειτουργία του ενυδρείου και εξαρτάται από τον τύπο του ενυδρείου. Και στους δυο τύπους ενυδρείου (μεσογειακό και νάνο-υφάλος) ο φωτισμός είναι σημαντικός αφού επηρεάζει την ανάπτυξη των οργανισμών του ενυδρείου (Joshi & Morgan, 1998).

Εκτός από το αισθητικό κομμάτι του ενυδρείου, ο φωτισμός βοηθάει τόσο τα φυτά στην απαραίτητη φωτοσύνθεση, όσο και τα ψάρια και τα κοράλλια να αναπτυχθούν. Κατά την διαδικασία της φωτοσύνθεσης τα φυτά βοηθούν στην αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα από το νερό, ενώ εκλύουν οξυγόνο, απαραίτητο για όλους τους οργανισμούς του ενυδρείου.

Κατά την τοποθέτηση των λαμπτήρων στο ενυδρείο, πρέπει αν διασφαλίζεται η στεγανότητα τους, για να μην υπάρχουν διαρροές ρεύματος, ενώ επίσης ο λαμπτήρας πρέπει να τοποθετείται στο μπροστινό σημείο του ενυδρείου, για να μην αυξάνει τη σκίαση στον παρατηρητή.

Για να φωτιστούν τόσο το μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας όσο και το ενυδρείο υφάλου, χρησιμοποιούνται ειδικοί λαμπτήρες που είναι τοποθετημένοι στο επάνω μέρος του, ενώ η διείσδυση του εξαρτάται από το μήκος κύματος του λαμπήρα (Εικ.4). Σε περίπτωση που τοποθετηθούν στα πλευρικά τοιχώματα του ενυδρείου τότε τα ψάρια αποπροσανατολίζονται, επειδή λόγω της φύσης τους, δέχονται το φως του ήλιου από πάνω και όχι από το πλάι (Calfo,2001).

Διαφορετικά είδη κοραλλιών ζουν σε διάφορα βάθη: μερικά ζουν σε πολύ ρηγά νερά, κοράλλια βαθέων περιοχών, όπως για παράδειγμα τα είδη *Bathypates spp*, τα οποία απαντώνται σε βάθη έως και 8.000 m. Το 20% περίπου των κοραλλιών είναι μη φωτοσυνθετικά, με αποτέλεσμα να μην απαιτούν φωτισμό στο ενυδρείο. Το υπόλοιπο 80% των κοραλλιών που τοποθετούνται στα ενυδρεία είναι φωτοσυνθετικά, με αποτέλεσμα στο ενυδρείο, να απαιτείται φωτισμός (Calfo,2001).



Εικόνα 4. Διείσδυση του φωτός σε ένα ενυδρείο ανάλογα με το μήκος κύματος (Πηγή: www.aquazone.gr)

Σύμφωνα με την Εικόνα 4, ο οριζόντιος άξονας είναι το μήκος κύματος φωτός, εκφρασμένο (nm), και ο κάθετος άξονας είναι το βάθος (m). Σύμφωνα με την εικόνα 4, η ένταση του εν λόγω μήκος κύματος είναι ίσο με το 1% της έντασης στην επιφάνεια. Είναι σαφές από το γράφημα ότι, μήκη κύματος μεταξύ 370 και περίπου 500nm διεισδύουν καλύτερα σε σχέση με το βάθος. Δηλαδή, το μοβ και μπλε τμήματα του φάσματος διεισδύουν καλύτερα στο θαλασσινό νερό, ενώ το πράσινο φως το κίτρινο-πορτοκαλί διεισδύουν ελάχιστα έως καθόλου σε σχέση με το βάθος. Το κόκκινο φως με μήκη κύματος μεγαλύτερα από 600 nm διεισδύει στα ρηγά νερά (Calfo,2001).

Ο φωτισμός που χρησιμοποιείται στα μεσογειακά ενυδρεία με ψάρια, ζωντανό βράχο ή μεσογειακά κοράλλια ή ενυδρείο νάνο-υφάλου με βράχο και τροπικά κοράλλια, προκειμένου να διατηρηθεί και να αναπτυχθεί η κοράλλινη και οι υπόλοιπες μορφές ζωής στον βράχο, απαιτούνται τουλάχιστον 1-2W/L. Όταν το ενυδρείο διατηρείται χωρίς μεγάλες απαιτήσεις σε φως, ο ζωντανός βράχος σταδιακά χάνει τη ζωτικότητα του και τις αναλογίες των διάφορων μικροοργανισμών που ζουν στο εσωτερικό και το εξωτερικό του βράχου, με αποτέλεσμα να διαταράσσεται η ισορροπία του, αλλά και η εμφάνισή του.

Για να υπάρχει η σωστή ανάπτυξη και ο σωστός χρωματισμός των μεσογειακών και τροπικών κοραλλιών, οι απαιτήσεις σε φωτισμό είναι της τάξης του 0,5 W/L. Σε περίπτωση που η ένταση αυξηθεί στα 2 W/L, τότε υπάρχει καλύτερη ανάπτυξη στα χρώματα, αλλά και στην παραγωγή ζωοξανθέλων (Davies, 1984).

Συνεπώς οι δυο τύποι των ενυδρείων που μελετώνται στην παρούσα πτυχιακή εργασία διαφοροποιούνται ως προς το φωτισμό στον τύπο του λαμπήρα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί.

2.3.2.1. Τύποι λαμπτήρων, ένταση, χρωματισμός

Οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό τόσο του μεσογειακού όσο και του νάνο-υφάλου ενυδρείου, μπορεί να είναι είτε βολφραμίου, είτε φθορισμού, ή και συνδυασμό και των δύο. Ορισμένοι οργανισμοί, για να παρουσιάσουν την μέγιστη δυνατή ανάπτυξή τους χρειάζονται κάποια συγκεκριμένα μήκη κύματος φωτός και επιτυγχάνονται με συγκεκριμένους λαμπτήρες φθορισμού που εκπέμπουν φως σε αυτές τις συχνότητες. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν λαμπτήρες διαφορετικού χρώματος σε επιθυμητές συχνότητες.

Ο τύπος και το είδος του φωτισμού που μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις ενός μεσογειακού ενυδρείου μικρής κλίμακας (Sprung & Delbeek, 1990 ; Martin, 1995 ; Wabnitz, 2003) είναι οι εξής:

- Λαμπτήρες T8: Είναι οι απλοί λαμπτήρες φθορισμού. Χρησιμοποιούνται στα μεσογειακά ενυδρεία με μη φωτοσυνθετικά κοράλλια, πολύποδες πολύχαιτοι και μανιτάρια. Έχουν μικρή διάρκεια ζωής (6 με 10 μήνες) και μικρή εκπομπή θερμότητας, ενώ στο εμπόριο απαντώνται σε 15,20,30 ή 40 W.
- Λαμπτήρες T5: Οι λαμπτήρες του τύπου αυτού έχουν αυξημένη διάρκεια ζωής (18 μήνες) σε σχέση με τους T8 αναλογικά στην ίδια περίπου ένταση

(watt), η απόδοση τους είναι περίπου 2,5 φορές μεγαλύτερη. Συνίσταται η χρησιμοποίησή τους σε ενυδρεία νάνο-υφάλου είτε με απαιτητικά κοράλλια ή χλαμύδες. Εκπέμπουν μεγαλύτερη θερμοκρασία από τις T8 οπότε στο ενυδρείο απαιτείται ψύξη του νερού. Στο εμπόριο απαντώνται σε 24,39,54 ή 80 W.

- Λάμπες Power compact: Έχουν κοινά σημεία με τις λάμπες T5, αλλά με διαφορετικό σχήμα. Χρησιμοποιούνται στα ενυδρεία νάνο-υφάλου με επιτυχία. Περιλαμβάνει λάμπες που παράγουν λευκό φως (10.000K) και μια λάμπα ακτινική που παράγει μπλε φως στα 5000K. στο εμπόριο απαντώνται σε 9,13,55 ή 96 W.
- Λάμπες Metal Halide:Οι λαμπτήρες του τύπου αυτού, είναι από τις καλύτερες επιλογές για υψηλού επιπέδου φωτισμό στα ενυδρεία υφάλου. Εκπέμπουν μεγάλα ποσοστά θερμότητας, ενώ συνίσταται η χρήση ανεμιστήρα για την ψύξη του νερού. Αποδίδουν 100% σε ένταση, με οικονομία στην κατανάλωση. Στο εμπόριο απαντώνται σε 75,150,250,400ή 1000W. Δεν είναι κατάλληλες για ενυδρεία νάνο-υφάλου ή μεσογειακά ενυδρεία.

Ο φωτισμός στα ενυδρεία νάνο-υφάλου, διαφοροποιείται από τα μεσογειακά ενυδρεία εξαιτίας των προβλημάτων που δημιουργούνται και εστιάζονται συνήθως στη μικρή επιφάνεια που διαθέτουν και στην υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας κάνοντας τη λειτουργία του φωτιστικού, εξαιρετικά δύσκολη.

Κατάλληλοι λαμπτήρες για τα ενυδρεία νάνο-υφάλου είναι οι λαμπτήρες power compact (PC), οι T8 λόγω της μεγάλης ποικιλίας τους όσον αφορά το μήκος (Εικ.5), ενώ οι λαμπτήρες T5 παρόλο την αποτελεσματικότητά τους, έχουν μικρό μήκος (55cm), και είναι ακατάλληλα για τα ενυδρεία νάνο-υφάλου.



Εικόνα 5. Λαμπτήρες T8 σε ενυδρείο νάνο-υφάλου (Πηγή: www.aquazone.gr)

Επίσης για κάθε 30 cm ενυδρείου απαιτούνται 10Watt ισχύς για λαμπτήρες φθορισμού, ή 40Watt για λαμπτήρες βολφραμίου (T8) ενώ η διάρκεια λειτουργίας τους ανέρχεται σε 10 ώρες ημερησίως. Ο χρόνος λειτουργίας του λαμπτήρα, εξαρτάται από το είδος του οργανισμού που υπάρχει στο ενυδρείο. Θα πρέπει να

λαμβάνεται υπόψη ότι, κατά τη διάρκεια της φωτοπεριόδου να μην αναπτύσσονται διάφορα μικροφύκη τα οποία οφείλονται στην ανάπτυξη των νιτρικών και φωσφορικών ιόντων στο νερό, με αποτέλεσμα να επιβαρύνουν την επιβίωση είτε των ψαριών είτε των κοραλλιών.

Επίσης οι λαμπτήρες παράγουν θερμότητα η οποία συνεισφέρει στην εξάτμιση του νερού. Για να αποτραπεί το εν λόγω πρόβλημα ανάμεσα στην λάμπα και το νερό, τοποθετείται γυάλινο καπάκι, το οποίο εμποδίζει παράλληλα και τα ψάρια να έξω από το νερό.

Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν λαμπτήρες βολφραμίου, στα μεσογειακά ενυδρεία εξαιτίας της θερμότητας που παράγουν, θα πρέπει να ελέγχεται η θερμοκρασία του νερού ώστε να μην αυξάνεται. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η άνοδος της θερμοκρασίας στα επιφανειακά στρώματα του νερού σ' ένα νάνο-ύφαλο, αυξάνει τη θνησιμότητα στα ψάρια.

Η προσθήκη για παράδειγμα κοραλλιών, σε σχέση με το βάθος του ενυδρείου διαφοροποιείται ως προς τις απαιτήσεις τους, δηλαδή αν τοποθετηθούν υψηλότερα ή χαμηλότερα σε σχέση με την απόσταση που διαγράφεται από το λαμπτήρα μέχρι το ενυδρείο (Sprung & Delbeek, 1990).

Οι περισσότεροι τροπικοί οργανισμοί είναι ετεροτροφικοί, με αποτέλεσμα να μην απαιτείται ισχυρός φωτισμός. Συνεπώς, ένα, φωτιστικό που αποτελείται από λάμπες αλογόνου T8 με ένταση που κυμαίνεται από 6.500 έως 10.000 Kelvin, με προσομοίωση Ανατολής-Δύσης και προσομοίωση του φεγγαριού, θεωρείται ικανοποιητικό και επαρκές (Clark & Warwick, 2001).

Ένα μεσογειακό κοράλλι από βαθιά σχετικά νερά δεν χρειάζεται ιδιαίτερες απαιτήσεις σε φως προκειμένου να καλύψει τις φωτοσυνθετικές του ανάγκες. Ένας λαμπτήρας T8 έντασης 150 watt έχει απόδοση 10000 Lux αν τοποθετηθεί 20 cm από την επιφάνεια του νερού στο ενυδρείο μέχρι τον λαμπτήρα, αν μεταφερθεί 20 cm ακόμα πιο κάτω, τότε η απόδοση του μειώνεται στα 7000 Lux (Sprung & Delbeek, 1990).

Σ' ένα μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας 200 L έχουμε διαφορετικά αποτελέσματα αν προστεθούν 500W με ακτινικές λάμπες ή με λαμπτήρες T5, ενώ σ' ένα ενυδρείο νάνο-υφάλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν 2 ανεξάρτητες λάμπες ecolight 11w (μία λευκή στα 10.000K και μία ακτινική στα 20.000K) ώστε να εξυπηρετήσει τις ανάγκες και του ποιο απαιτητικού κοραλλιού που θα προστεθεί στο ενυδρείο (Calfio, 2001).

Η τοποθέτηση των κοραλλιών σε σχέση με το βάθος του ενυδρείου, διαφοροποιείται ως προς τις απαιτήσεις αν τοποθετηθούν υψηλότερα ή χαμηλότερα σε σχέση πάντα με την απόσταση που καλύπτεται από τον λαμπτήρα μέχρι το ενυδρείο (Sprung & Delbeek,1990).

Στα ενυδρεία νάνο-υφάλου και τα μεσογειακά ενυδρεία μικρής κλίμακας, η ένταση του φωτισμού επηρεάζεται από το βάθος του ενυδρείου. Στην επιφάνεια του νερού, η ένταση είναι πιο δυνατή, ενώ μειώνεται σε σχέση με το βάθος. Επίσης σύμφωνα με τον Calfo (2001), η καθαρότητα του νερού επηρεάζει την ένταση. Τα πολλά οργανικά κατάλοιπα που επιπλέουν μπλοκάρουν το φως μειώνοντας την έντασή του.

Η αποτελεσματικότητα του λαμπτήρα και στους δυο τύπους ενυδρείου, εξαρτάται από τη διάρκεια λειτουργίας του λαμπτήρα η οποία μπορεί να φθάσει τις 12 h, ή ακόμα και τις 13 με 14h. Η αύξηση των ωρών θα πρέπει να αποφεύγεται μιας και τα κοράλλια απαιτούν μια περίοδο ανάπαυσης (Calfo,2001).

Ο χρωματισμός είναι από τα βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το φωτισμό ενός ενυδρείου. Ο χρωματισμός εξαρτάται από την ένταση του λαμπτήρα. Όσο λιγότερους βαθμούς Kelvin έχει ένας λαμπτήρας (ψυχρός φωτισμός), τόσο πιο κίτρινο χρώμα αποκτά το νερό, ενώ όσο αυξάνονται οι βαθμοί Kelvin (θερμός φωτισμός), αποκτά μπλε φως. Στα επιφανειακά νερά το φως του ήλιου δεν διαφοροποιείται, ενώ όσο αυξάνεται το βάθος το κόκκινο και το κίτρινο χρώμα απορροφώνται και σταδιακά επικρατεί το μπλε (Calfo,2001).

Στα μεσογειακά ενυδρεία μικρής κλίμακας χρησιμοποιούνται λαμπτήρες με ένταση μικρότερο από 6500 °K,σε αντίθεση με τα ενυδρεία υφάλου όπου η ένταση είναι μεγαλύτερη από 6500 °K. Στα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας η μπλε απόχρωση επιτυγχάνεται με ακτινικές λάμπες. Οι συγκεκριμένες λάμπες μπορούν να λειτουργούν ελάχιστα πριν τις 6500°K και να σβήνουν λίγο μετά κάνοντας με αυτό τον τρόπο την προσομοίωση της ανατολής δύσης του ήλιου σε όλους τους τύπους των ενυδρείων (Calfo, 2001).

Τα χαμηλά βάθη ενός τροπικού υφάλου σε ένα νάνο ενυδρείο επιτυγχάνονται με λάμπες που κυμαίνονται από 12000°K έως 15000°K. Για παράδειγμα μια λάμπα 150W με ένταση 6500°K, έχει παρόμοια ένταση με μια παρόμοια ένταση 250W έντασης 20000°K. Όσο αυξάνεται η ένταση του φωτός, τόσο επιτυγχάνονται ωραιότερα και έντονα χρώματα στους οργανισμούς του ενυδρείου (κοράλλια).

2.4. Ζωντανός βράχος- γενικές αρχές

Ο ζωντανός βράχος είναι ασβεστολιθικός βράχος και προέρχεται είτε από τον ασβεστολιθικό σκελετό νεκρών κοραλλιών, είτε από άλλους νεκρούς οργανισμούς. Ο όρος ζωντανός προσδιορίζει τους οργανισμούς που ζουν και αναπτύσσονται στο βράχο. Οι μικροοργανισμοί και τα βακτηρίδια διαβιούν στην επιφάνεια και ακόμη και μέσα στους πόρους του βράχου. Επίσης η κοραλλίνη καλύπτει ένα μεγάλο μέρος του βράχου δίνοντάς του ένα χρώμα πορφυρό. Σε πολύ καλής ποιότητας βράχο, οι κάτοικοί του μπορεί να είναι ακόμη, διάφορα είδη μικροφύκη, σπόγγοι, σκουλήκια, σαλιγκάρια, στρείδια, γαρίδες, καβούρια, ανεμώνες, ακόμη και μικρά κοράλλια (Calfo,2001 ; Βλάχος, 2010).

Ο βράχος χρησιμοποιείται σ' ένα ενυδρείο για δυο λόγους:

- ✓ Διαρρύθμιση
- ✓ Φίλτρο

Στα μεγάλα ενυδρεία όπως στα μεσογειακά, ο βράχος είναι το βασικό στοιχείο διαρρύθμισης. Από την τοποθέτησή του εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος και η αισθητική εμφάνιση του ενυδρείου. Η αισθητική που εξασφαλίζεται μέσα από το σωστό σχεδιασμό και η εσωτερική διακόσμηση του ενυδρείου παίζουν σημαντικό ρόλο στην τελική εικόνα του ενυδρείου καθορίζοντας σε μεγάλο βαθμό την επιτυχή κάλυψη των αναγκών και τις απαιτήσεις των ψαριών (Εικ.6). Ο σχεδιασμός έχει άμεση σχέση με το είδος του ψαριού που θα εισαχθεί στο ενυδρείο, ενώ καθορίζει έμμεσα και την επιπρόσθετη διακόσμηση (Shimek,2001; Αιγινίτης, 2011).



Εικόνα 6. Τεχνοτροπία τοποθέτησης βράχου σε ενυδρείο. **Αριστερά:** τοποθέτηση του βράχου ακανόνιστα, **Κέντρο:** αρχιτεκτονική τοποθέτηση του βράχου με κλίση, **Δεξιά:** τοποθέτηση του βράχου στο κέντρο για δημιουργία σπηλιάς (Πηγή: Βλάχος, 2010).

Ανεξάρτητα από το αν το ενυδρείο είναι μεσογειακό ή νάνο υφάλου, η προσθήκη του βράχου γίνεται με γνώμονα τη μέγιστη απόδοσή του, η οποία εξαρτάται από την τοποθέτησή του στο ενυδρείο. Ο βράχος προστίθεται κατά τέτοιο

τρόπο ώστε να μην έρχεται σε επαφή με το υπόστρωμα, γιατί σταδιακά το σημείο νεκρώνεται. Για να αποφευχθεί η νέκρωση συνίσταται η προσθήκη μιας πλαστικής σχάρας ώστε να πατήσει ο βράχος (Εικ.7).



Εικόνα 7. Τοποθέτηση του βράχου σε διάτρητο πλαστικό υπόστρωμα (Πηγή: www.aquazone.gr)

Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η εξοικονόμηση δυο σημαντικών οφελών. Με την εξοικονόμηση σε ύψος απαιτούνται λιγότερα κιλά βράχου. Παράλληλα εξασφαλίζεται καλύτερη κυκλοφορία ανάμεσα στο βράχο στα χαμηλά σημεία, με αποτέλεσμα να μη δημιουργούνται νεκρές περιοχές με αποτέλεσμα να μειώνεται η αποδοτικότητά του (Carlson,1999). Με αυτό τον τρόπο τα νιτρικά ιόντα δεν αυξάνονται και δεν δημιουργούνται κυανοβακτήρια με αποτέλεσμα να βελτιώνεται κατά πολύ η όψη του υποστρώματος (Clark & Warwick, 2001).

Επίσης στις ζώνες αυτές δημιουργείται υδρόθειο (H_2S) το οποίο είναι τοξικό για τους οργανισμούς του ενυδρείου. Η τεχνοτροπία κατασκευής και η αρχιτεκτονική προτείνουν την προσθήκη ενός πλαστικού σωλήνα (σε διαφορετικά ύψη και σχέδια) πάνω στην οποία τοποθετείται ο βράχος.

Η πρακτική που εφαρμόζεται για την τοποθέτηση του βράχου στο ενυδρείο, είναι να μην εφάπτονται όλα τα τεμάχια μεταξύ τους ώστε να κατασκευάζονται μικρές σπηλιές και ανοίγματα. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται φυσικά καταφύγια για τα ψάρια και αφετέρου δε, η ροή του νερού που δημιουργείται στα κατώτερα στρώματα του ενυδρείου έχει ως αποτέλεσμα ο βράχος να παραμένει πάντα καθαρός και αποτελεσματικός (Calfo, 2001).

Ο ζωντανός βράχος και στους δυο τύπους ενυδρείων, παίζει το ρόλο του βιολογικού φίλτρου. Τα βακτηρίδια που αναπτύσσονται και όλοι οι μικροοργανισμοί

που αναπτύσσονται στο βράχο, συμβάλλουν στον κύκλο του αζώτου. Ανάλογα την ιχθυοφόρτιση του ενυδρείου, την ποσότητα και την ποιότητα του ζωντανού βράχου, στο μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας, τότε αναλάβει εξ ολοκλήρου τη βιολογική επεξεργασία του νερού. Στα ενυδρεία νάνο-υφάλου, εξαιτίας της περιορισμένης ποσότητας του βράχου που προστέθηκε στο ενυδρείο, συμβάλλει λιγότερο στην βιολογική επεξεργασία του νερού (Calfio,2007).

Η αποτελεσματικότητα του βράχου εξαρτάται, από το υπόστρωμα που τοποθετείται ο βράχος, όπως για παράδειγμα η άμμος. Σε περίπτωση που στο ενυδρείο υπάρχει αυξημένη ιχθυοφόρτιση ή μικρότερη ποσότητα βράχου από την απαιτούμενη τότε συνίσταται η προσθήκη φίλτρων άμμου ή φίλτρο canister. Η παρουσία των φίλτρων, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των νιτρικών ιόντων (NO_3^-), επηρεάζοντας την λειτουργία του ενυδρείου, περισσότερο στα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας σε σχέση με τα μεσογειακά ενυδρεία (Carlson,1999).

Η ποσότητα του βράχου που πρόκειται να προστεθεί, στο ενυδρείο ώστε να μένει αρκετός ελεύθερος χώρος για τα ψάρια και να εξασφαλιστεί αρκετή ροή ανάμεσα στο βράχο ώστε να μη δημιουργηθούν νεκρές περιοχές λόγω της μικρής έως ανύπαρκτης ροής ανάμεσα στα βράχια. Συνήθως, προστίθεται το 10-15% του όγκου του νερού, σε βράχο η οποία είναι αρκετή ποσότητα με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται καλύτερη εκμετάλλευση ολόκληρου σχεδόν του βράχου ως βιολογικό μέσο, ενώ αφήνει αρκετό χώρο για την κολύμβηση των ψαριών (Calfio,2007).

Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο βράχος στοιβάζεται κατά μήκος της οπίσθιας πλευράς του ενυδρείου, τυχαία τη δεκαετία του 1980. Ο ζωντανός βράχος διαχωρίζεται από την άμμο με προεξοχές και σπηλιές μιας και όσοι ασχολούνται με τα ενυδρεία διαπιστώνουν ότι δεν ισχύει ο παραπάνω κανόνας. Η χρήση νέων τεχνικών στην προσθήκη και στήριξη του βράχου και η χρήση άλλων υλικών που μοιάζουν με βράχους αφήνουν περιθώριο για δημιουργικό σχεδιασμό του υδρόβιου περιβάλλοντος (Sprung & Delbeek, 1990).

Σε ενυδρείο νάνο-υφάλου χωρητικότητα 140 L (Εικ.7), περιέχει 4,5 έως 7 k ζωντανό βράχο, ενώ προτείνεται η προσθήκη μικρών τεμαχίων βράχων ή ζωντανών κοραλλιών σε αντίθεση με τα μεσογειακά ενυδρεία, στα οποία η ποσότητα του βράχου στο ενυδρείο κυμαίνεται από 15k έως 28k (Calfio, 2007).



Εικόνα 7. Ενυδρείο νάνο υφάλου με ελάχιστη ποσότητα βράχου (Πηγή: www.aquazone.gr)

2.4.1. Προμήθεια –προσθήκη ζωντανού βράχου

Κατά την προσθήκη του ζωντανού βράχου στο ενυδρείο απαιτείται προσοχή, καθώς θα πρέπει να γνωρίζουμε τις συνθήκες διατήρησής του στο κατάστημα και αν η συντήρησή του ήταν σε συνθήκες σκότους, ώστε κατά την τοποθέτησή του στο ενυδρείο να αποφευχθεί η αύξηση μικροφυκών (Calfo, 2007).

Όταν ο βράχος τοποθετηθεί στο ενυδρείο, οι λαμπτήρες θα πρέπει να έχουν μικρή ένταση, ενώ ανά τακτά χρονικά διαστήματα (πέντε έως επτά ημέρες) θα αυξάνεται σταδιακά η ένταση των λαμπτήρων. Αν κατά την προσαρμογή του βράχου παρατηρηθεί αύξηση μικροφυκών, τότε η διαδικασία εγκλιματισμού του βράχου γίνεται με γρήγορο ρυθμό και όχι σταδιακά (Sprung & Delbeek, 1990). Ο ζωντανός βράχος συλλέγεται από τις θαλάσσιες περιοχές του Νοτίου Ειρηνικού Ωκεανού και εισάγεται από τα νησιά Fiji, Marshal, Tonga και Samoa. Ανάλογα με την προέλευσή του ο ζωντανός βράχος ταξινομείται σε ποιότητες με βάση τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- να είναι όσο περισσότερο πορώδης γίνεται
- να περιέχει μεγάλη πλειοψηφία μικροοργανισμών
- να έχει ακανόνιστο σχήμα
- να έχει κατάλληλη οσμή

Όσο περισσότερο πορώδες είναι ο βράχος, τόσο λιγότερο νερό εκτοπίζει με την εισαγωγή του στο ενυδρείο και τόσο περισσότερα βακτηρίδια και μικροοργανισμοί θα αποικίσουν σ' αυτόν. Ο βράχος έχει λιγότερο βάρος, αλλά αυξημένο κόστος, ενώ η προμήθεια τους γίνεται από τα νησιά Fiji και Marshal. Ο βράχος αυτός είναι κατάλληλος για τα ενυδρεία νάνο-υφάλου (Marini, 2002).

Κατά τη μεταφορά του βράχου πολλοί από τους ζωντανούς οργανισμούς πεθαίνουν, αυτό έχει ως αποτέλεσμα όταν τοποθετείται στο ενυδρείο να αυξάνεται η αμμωνία. Για τη μείωση της αμμωνίας προτείνεται, καλή κυκλοφορία του νερού και χρησιμοποίηση protein skimmer για τη διάσπαση των οργανικών μορίων ή αλλαγή νερού. Η διαδικασία αυτή περιγράφεται ως «κουράρισμα» ή «θεραπεία» του βράχου. Η διαδικασία της θεραπείας ολοκληρώνεται όταν η αμμωνία και τα NO_2^- μηδενιστούν και ο βράχος θα αναδύει οσμές θάλασσας.

Εξαιτίας του αυξημένου κόστους αγοράς του βράχου, πολλές φορές προτείνεται η χρησιμοποίηση νεκρού βράχου και η ανάμειξή του με ζωντανό βράχο σε αναλογία 3:7. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται περισσότερο στα μεσογειακά ενυδρεία παρά στα ενυδρεία νάνο-υφάλου. Με την πάροδο του χρόνου, ο νεκρός βράχος θα εποικιστεί από μικροοργανισμούς θα παράγει κοραλλίνη και θα γίνει ζωντανός.

Αρχικά, σ' ένα ενυδρείο προστίθεται 50% του όγκου του σε βράχο ενώ στη συνέχεια μπορεί να προστεθούν τμήματα βράχου έως το 100% της ποσότητας του βράχου στο ενυδρείο. Όταν ο βράχος χρωματίζεται μωβ-βυσσινί τότε η κοραλλίνη, αρχίζει να παράγεται, σε συνθήκες μέτριου φωτισμού. Σ' ένα ενυδρείο νάνο-υφάλου δεν μπορούμε να προσθέσουμε μεσογειακό βράχο διότι ο μεσογειακός βράχος δεν είναι πορώδες και δεν έχει την ίδια σύσταση με τον τροπικό βράχο (Tulloch,2001).

Ο ζωντανός βράχος είναι αναγκαίος για τα νάνο-υφάλου ενυδρεία και προαιρετικός για τα ενυδρεία μόνο με ψάρια, αφού αποτελεί το κλειδί της ισορροπίας σ' ένα μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας ή νάνο-υφάλου ενυδρείο, αποτελώντας το άριστο βιολογικό μέσο, γιατί συνδυάζει τις διεργασίες της νιτροποίησης και της απονιτροποίησης μειώνοντας τα νιτρικά ιόντα έως ότου διατηρηθούν σε σταθερά επίπεδα (<5 mg/L). Επίσης, ο βράχος και προσφέρει τη βάση για την τοποθέτηση των κοραλλιών, φιλοξενώντας μικροσκοπικούς οργανισμούς (πλαγκτόν), γαρίδες ή ανεμώνες (aptaisia), (Εικ.8), (Sprung & Delbeek,1990).



Σχήμα 8: Προσθήκη βράχου στο μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας (Πηγή: www.aquazone.gr).

2.4.2. Εξαλίευση βράχου-άμμου

Η εξαλίευση του βράχου και της άμμου, γίνεται μακριά από κατοικημένες περιοχές, και σε βάθη μεγαλύτερα των 10 m, προκειμένου να αποφευχθεί η μεταφορά στο ενυδρείο επιβλαβών ουσιών οι οποίες προέρχονται από τα αστικά ή και βιομηχανικά απόβλητα. Η σωστή επιλογή του βράχου διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο για την εξασφάλιση της καλύτερης δυνατής βιολογικής ικανότητας του ενυδρείου.

Πολύ καλής ποιότητας βράχος είναι ο πορώδης ασβεστολιθικός φυσικός ή προερχόμενος από την παραγωγή αλάτων ασβεστίου που δημιουργούν διάφοροι οργανισμοί, όπως είναι τα οστρακόδερμα (πετροσωλήνες). Αντίθετα ο κροκαλοπαγής πυριτιούχος ή ο συμπαγής ασβεστολιθικός βράχος είναι εντελώς ακατάλληλος να χρησιμοποιηθεί ως βιολογικό υπόστρωμα αλλά μπορεί να χρησιμοποιείται για διακοσμητικούς σκοπούς. Ο βράχος που θα επιλεγεί θα πρέπει να είναι πορώδης ώστε να αυξάνεται κατά πολύ η ωφέλιμη επιφάνειά του και να έχει καλύτερα βιολογικά αποτελέσματα, και λιγότερο βάρος (Calfio, 2007).

Το βάρος και η ποσότητα του Μεσογειακού βράχου, που απαιτείται για τον εμπλουτισμό ενός μεσογειακού ενυδρείου μικρής κλίμακας είναι συνήθως διπλάσιος από την ποσότητα του βράχου που χρησιμοποιείται στο ενυδρείο νάνο-υφάλου, επειδή είναι περισσότερο συμπαγής με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα όγκου και κατ' επέκταση και βάρους, ώστε να επιτυγχάνονται τα ίδια βιολογικά αποτελέσματα (Sprung & Delbeek, 1990).

Η εξαλίευση της άμμου, δεν γίνεται από την παραλία, αλλά από βάθος 2 m περίπου (Εικ.9). Η Μεσογειακή άμμος είναι λεπτόκοκκη και διαφέρει από την κοραλλιογενή στο ότι το κύριο συστατικό της είναι το πυρίτιο και όχι το ασβέστιο. Η διαφορά της χημικής σύστασης οφείλεται κυρίως στη διαφορά του ειδικού βάρους των δυο υλικών. Όταν ολοκληρωθεί η εξαλίευση τους, μεταφέρονται με ασφάλεια στο ενυδρείο.



Εικόνα 9. Συλλογή άμμου (Πηγή: www.marine-aquarium.com)

Μία πολύ καλή λύση, αποτελεί η τοποθέτησή τους σε κουτιά φελιζόλ ή σε πλαστικά ψυγεία με νερό προκειμένου να μην νεκρωθούν οι διάφοροι μικρο-οργανισμοί που υπάρχουν. Σε περίπτωση που η συλλογή γίνεται την περίοδο του καλοκαιριού τότε απαιτείται η χρησιμοποίηση παγοκυστών κατά τη μεταφορά, προκειμένου η θερμοκρασία να διατηρείται σε σταθερά επίπεδα (Calfo,2007).

Η μεταφορά τους γίνεται γρήγορα στο ενυδρείο και με προσθήκη ατμοσφαιρικού αέρα στο δοχείο μεταφοράς, ώστε να έχουμε τις λιγότερες δυνατές απώλειες στην πανίδα.

2.4.3. Τοποθέτηση στο ενυδρείο – ρύθμιση βιολογικού φίλτρου

Η τοποθέτηση του βράχου και της άμμου στο ενυδρείο, ακολουθεί τη συνήθη πρακτική που εφαρμόζεται και στα ενυδρεία υφάλου. Όταν ο βράχος τοποθετηθεί, σωστά και λειτουργικά, στο ενυδρείο, αμέσως μετά την μεταφορά του, παρατηρείται ότι η βιολογική του ικανότητα είναι άμεση (Clark & Warwick, 2001).

Τις περισσότερες φορές ανιχνεύονται μικρά επίπεδα νιτρικών ιόντων που οφείλονται συνήθως στο θάνατο μικρών ασπόνδυλων και ευαίσθητων οργανισμών,

κυρίως οστρακόδερμων (χτένια). Η βιολογική ισορροπία αποκαθίσταται σε σύντομο χρονικό διάστημα περίπου μιας εβδομάδας (Carlson, 1999).

Η άμμος τοποθετείται στον πυθμένα του ενυδρείου σε στρώμα περίπου 6-12 cm, ανάλογα με το μέγεθος του κόκκου της, δημιουργώντας ένα παχύ υπόστρωμα (DSB). Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η δημιουργία ενός πρόσθετου βιολογικού φίλτρου, όπου στην επιφάνειά του και στα πρώτα εκατοστά βάθους του επιτυγχάνεται η διάσπαση των αμμωνιακών αποβλήτων των οργανισμών, σε νιτρώδεις ιόντα και κατόπιν σε νιτρικά ιόντα εξαιτίας των οξειδωτικών αερόβιων βακτηριδίων (Calfo, 2001; Calfo, 2007).

Στο βάθος όμως της άμμου, όπου πλέον οι συνθήκες είναι αναερόβιες, τα αναερόβια βακτηρίδια αναλαμβάνουν την διάσπαση των νιτρικών ιόντων σε αέριο άζωτο, το οποίο διαχέεται στην ατμόσφαιρα, ολοκληρώνοντας με αυτό τον τρόπο τον κύκλο του αζώτου (Βλάχος, 2010).

Πάνω από την άμμο τοποθετείται ο βράχος. Η τοποθέτηση του βράχου πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η καλύτερη ροή του νερού σε περισσότερα σημεία της επιφάνειάς του και να δημιουργείται η καλύτερη δυνατή βιολογική του απόδοση (Barak et al., 2003). Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση τμημάτων του βράχου, με τέτοιο τρόπο ώστε να μην δημιουργείται μια συμπαγής μάζα, αλλά αντίθετα να υπάρχουν πολλά κενά για να μπορεί το νερό να κυκλοφορεί εύκολα ανάμεσά τους (Calado, 2006).

Ο βράχος, επίσης, δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια της άμμου. Αυτό επιτυγχάνεται με τοποθέτηση πλαστικής σχάρας, η οποία στηρίζεται σε αποστάτες (Moe, 1992), για παράδειγμα τμήματα σωλήνα PVC, που εφάπτονται στο κρύσταλλο του πυθμένα και πάνω σε αυτήν τοποθετείται ο βράχος, έτσι ώστε να απέχει τουλάχιστον 2 cm από την άμμο και να μην βυθίζεται σε αυτήν (Spotte, 1992).

Με αυτόν τον τρόπο τοποθέτησης, εξασφαλίζεται μία καλή ροή νερού ανάμεσα στον βράχο και την άμμο, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η συσσώρευση περιττωμάτων και υπολειμμάτων τροφής, ενώ ταυτόχρονα γίνεται καλύτερη εκμετάλλευση της βιολογικής ικανότητας της άμμου λόγω της μεγαλύτερης λειτουργικής της επιφάνειας (Wabnitz et al., 2003; Βλάχος, 2010).

Η βιολογική λειτουργία του βράχου είναι παρόμοια με την αντίστοιχη της άμμου, που αναφέρθηκε πιο πάνω (Calado & Narciso, 2003). Όπου τα αερόβια βακτηρίδια βρίσκονται στα επιφανειακά στρώματα ενώ βαθιά στον πυρήνα

κατοικούν τα αναερόβια και συμβάλουν κατά την γνωστή διαδικασία στην ολοκλήρωση του κύκλου του αζώτου (Shimek, 2003).

Αφού τοποθετηθούν σύμφωνα με τα παραπάνω και με την προϋπόθεση ότι ο ζωντανός βράχος και η άμμος δεν έχουν στεγνώσει κατά τη μεταφορά τους, τότε το ενυδρείο, αρχίζει να λειτουργεί μέχρι το μέγιστο σημείο όπου επιτυγχάνεται η ρύθμιση του ενυδρείου, σε διάστημα από μερικές εβδομάδες ή το πολύ μετά από ένα με ενάμιση μήνα (Calado & Narciso, 2003).

Η ρύθμιση του ενυδρείου δεν προϋποθέτει την υπερφόρτιση του συστήματος με οργανισμούς από τη θάλασσα. Η προσθήκη οργανισμών γίνεται σταδιακά, ανάλογα με οξειδωτική ικανότητα του φίλτρου. Η πρακτική αυτή προϋποθέτει τον καθημερινό έλεγχο των παραμέτρων του νερού (Βλάχος, 2010).

Θα πρέπει τέλος να σημειωθεί, ότι μετά την τοποθέτηση της άμμου στον πυθμένα και τη βιολογική ωρίμανσή της, δεν θα πρέπει να αποδιοργανώνεται η ισορροπία της με τον καθαρισμό, όπως για παράδειγμα σιφωνισμός, όπου προκαλείται ανατάραξη του πυθμένα του ενυδρείου (Βλάχος, 2010). Αντίθετα ο βράχος μπορεί να αναζωογονείται τακτικά με καθαρισμό, ο οποίος επιτυγχάνεται με την καθοδηγούμενη παροχή ρεύματος νερού από ένα μεταφερόμενο κυκλοφορητή (Suzuki et al.,2003).

3.Εξοπλισμός μεσογειακών ενυδρείων και ενυδρείων υφάλου μικρής κλίμακας

3.1.Βασικός εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός που θα προστεθεί σ' ένα μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας ή νάνο-υφάλου ενυδρείο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό του ενυδρείου, για την άριστη λειτουργία του και διακρίνεται στο βασικό και στο δευτερεύοντα εξοπλισμό (Wabnitz et al.,2003;Wilkinson,2004).

Στο ενυδρείο υφάλου μικρής κλίμακας για παράδειγμα, σημαντικό ρόλο παίζει ο ζωντανός βράχος, ο οποίος αντικαθιστά το βιολογικό φίλτρο και η άμμος που θα προστεθεί στοχεύει στη ρύθμιση του βιολογικού υλικού. Επίσης, σε ένα μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας με ψάρια μόνο, αν είναι σχετικά ελεγχόμενη η πυκνότητα των οργανισμών, δεν απαιτείται επιπρόσθετο βιολογικό υλικό. Προϋπόθεση αποτελεί η καλή κυκλοφορία του νερού προκειμένου το ενυδρείο να αξιοποιήσει τα βιολογικά υλικά (Calfo, 2001).

Ο εξοπλισμός ο οποίος λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό τόσο του μεσογειακού ενυδρείου μικρής κλίμακας, όσο και του ενυδρείου νάνο-υφάλου είναι ο εξής (Attes, 1989;Adey & Loveland, 1991;Tulloch, 1997; Blasiola, 2000; Calfo,2001;Shimek, 2001;William, 2005; Scott, 2006; Βλάχος, 2010):

Μηχανικό φίλτρο: Η παρουσία του είναι υποχρεωτική προκειμένου να κατακρατήσει τα αιωρούμενα σωματίδια, τα στερεά απόβλητα των ψαριών και τα υπολείμματα της τροφής. Σ' ένα ενυδρείο νάνο-υφάλου, το μηχανικό φίλτρο δεν είναι αναγκαίο, σε σχέση με το μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας.

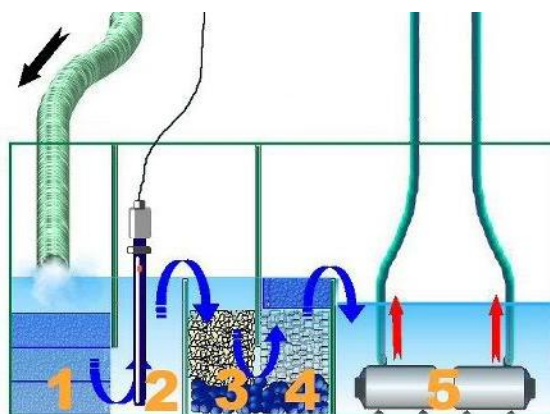
Βιολογικό φίλτρο: Η παρουσία ενός αποτελεσματικού βιολογικού φίλτρου, το οποίο μπορεί να είναι σε μορφή φίλτρου άμμου, φίλτρο καταιονισμού ή ακόμη και φίλτρο τύπου τυμπάνου με στεγνή-βρεγμένη επιφάνεια (wet/dry). Στα θαλασσινά ενυδρεία ενδείκνυται η χρησιμοποίηση βράχου με ζωντανό βιολογικό υλικό σε αντικατάσταση των υπολοίπων τύπων φίλτρων, προκειμένου να μειωθούν μακροπρόθεσμα τα νιτρικά ιόντα.

Χημικό φίλτρο: Το χημικό φίλτρο χρησιμοποιείται και στους δύο τύπους ενυδρείων, προκειμένου να δεσμεύει τα φωσφορικά ιόντα και τα νιτρικά ιόντα, χρησιμοποιώντας ως υλικό πλήρωσης αντιφώσφορο, ενεργό άνθρακα ή ζεόλιθο. Στα ενυδρεία νάνο υφάλου η χρησιμοποίηση του χημικού φίλτρου είναι υποχρεωτική για την απομάκρυνση των φωσφορικών ιόντων από το νερό.

Protein skimmer: Ο βασικότερος τρόπος φιλτραρίσματος στα θαλασσινά ενυδρεία ενώ χρησιμοποιείται για τη διάσπαση των οργανικών αποβλήτων. Στα ενυδρεία γλυκού νερού δεν χρησιμοποιούνται. Η αποτελεσματικότητα του φίλτρου αυξάνει όταν χρησιμοποιείται όζον (O_3) για τη διάσπαση των μορίων των οργανικών ενώσεων. Το protein skimmer, χρησιμοποιείται και στους δυο τύπους ενυδρείων.

Φίλτρα απομάκρυνσης φυκών (refugium): Ειδικά φίλτρα τα οποία συνδέονται με τα ενυδρεία και είναι υπεύθυνα για την απορρόφηση της αμμωνίας, των νιτρικών και φωσφορικών ιόντων από το ενυδρείο. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία του φίλτρου είναι ο φωτισμός σε 24ωρη βάση, χρησιμοποιώντας ως υλικό το φύκος caulerpa ή μαγκρόβιες ρίζες. Ο τύπος αυτών των φίλτρων είναι ιδιαίτερα αποδοτικός στα ενυδρεία νάνο-υφάλου.

Φίλτρα τύπου Sump: Τα φίλτρα τύπου sump αποτελούν τον ιδανικό τύπο φιλτραρίσματος για όλους τους τύπους ενυδρείων, η παροχή νερού γίνεται από το ενυδρείο με φυσική ροή μέσω υπερχειλίσης. Περιλαμβάνονται όλα τα στάδια φιλτραρίσματος (μηχανικό φιλτράρισμα, βιολογικό φιλτράρισμα, Protein skimmer, χημικό φιλτράρισμα) καθώς και επιπρόσθετος εξοπλισμός (θερμαντικά σώματα, ψύκτρες, θερμομέτρα, κ.λ.π). Επίσης σε ένα φίλτρο τύπου sump, μπορεί να κατασκευαστεί επιπλέον φίλτρο απομάκρυνσης φυκών (refugium filter) το οποίο θα συνεισφέρει και θα συντελέσει στη βέλτιστη διαχείριση του συστήματος, αυξάνοντας την απόδοση του ενυδρείου (Εικ.10). Χρησιμοποιείται και στους δυο τύπους ενυδρείων.



Εικόνα 10. Φίλτρο τύπου sump σε ενυδρείο (Πηγή: Βλάχος,2010). Σύμφωνα με το σχήμα, το νερό από το ενυδρείο διέρχεται στο πρώτο διαμέρισμα του φίλτρου, όπου γίνεται η μηχανική επεξεργασία του νερού (κατακράτηση στερεών αποβλήτων). Στη συνέχεια το νερό περνάει διαδοχικά από το τμήμα 2 θερμαίνεται, και από τα τμήματα 3 και 4 προκειμένου να πραγματοποιηθεί η βιολογική επεξεργασία του νερού (νιτροποίηση). Στο τέλος μέσω μιας αντλίας όπου βρίσκεται στο τμήμα 5 το νερό κατευθύνεται προς το ενυδρείο.

Επίσης, στο ενυδρείο νάνο-υφάλου μπορούν να προστεθούν ένα protein skimmer, υπεριώδη ακτινοβολία (UV) ή ένας οζονιστήρας. Ένα ενυδρείο υφάλου μπορεί επίσης να γίνει πιο σύνθετο ως προς τον εξοπλισμό του, αν προστεθεί ένα σύστημα υπερχειλίσης με φίλτρο τύπου sump ή ένα μικρό φίλτρο απομάκρυνσης μικροφυκών (refugium) (Εικ.11). Επίσης τα φίλτρα refugium, συνεισφέρουν στην ολοκλήρωση του κύκλου του αζώτου, η οποία επιτυγχάνεται από την ανάπτυξη μικροφυκών και τη χρήση ανάλογου βαθιού υποστρώματος (DSB), (Calfo,2007).



Εικόνα 11. Φίλτρο τύπου Sump και φίλτρο απομάκρυνσης μικροφυκών (Πηγή:www.aquazone.gr)

3.2. Επιπρόσθετος εξοπλισμός

Τα επιμέρους στοιχεία τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό του ενυδρείου, τα οποία συμβάλλουν στην εύρυθμη λειτουργία του ενυδρείου προκειμένου να εξασφαλίζουν (Adey & Loveland, 1991;Tullock 1997; Blasiola, 2000, Calfo, 2001):

1. Τις ιδανικές συνθήκες για το ενυδρείο.
2. Την άριστη κυκλοφορία νερού.
3. Την καλή οξυγόνωση.
4. Την υλικοτεχνική υποδομή προκειμένου να διακοσμηθεί σωστά το ενυδρείο.
5. Την προσθήκη κατάλληλων υλικών για τη δημιουργία ενδαιτημάτων για τα ψάρια και τα ασπόνδυλα του ενυδρείου
6. Την προσθήκη υποστρώματος για αποφυγή δημιουργίας νεκρών ζωνών στο ενυδρείο.

Θερμαντικά σώματα: Βασικό στοιχείο για κάθε ενυδρείο. Οι ελάχιστες απαιτήσεις είναι 0,5 w/L. Όταν το νερό είναι αρκετά κρύο τότε οι απαιτήσεις αυξάνονται σε 1 w/ L.

Αντλίες νερού-αεραντλίες: Η κυκλοφορία του νερού είναι από τα βασικότερα στοιχεία στο θαλασσινό νερό προκειμένου να εξομοιωθούν οι συνθήκες του

περιβάλλοντος για όλους τους οργανισμούς του ενυδρείου. Η εναλλαγή στους κυκλοφορητές έχει ως σκοπό τη δημιουργία φυσικών κυμάτων, το οποίο αυξάνει την αποτελεσματικότητα του ενυδρείου. Οι αεραντλίες προσφέρουν καλή ανατάραξη των επιφανειακών υδάτων, αυξάνοντας την κυκλοφορία του νερού από τα χαμηλότερα στα υψηλότερα στρώματα του ενυδρείου με σκοπό να μην δημιουργούνται νεκρές ζώνες.

Άμμος-Αραγωνίτης: Ο αραγωνίτης έχει μειωμένη περιεκτικότητα σε πυρίτιο, σε σχέση με την άμμο η οποία έχει αυξημένη περιεκτικότητα σε πυρίτιο με αποτέλεσμα να ευνοείται η ανάπτυξη διατόμων. Για τη γρήγορη και άμεση εκκίνηση των βιολογικών διεργασιών στο ενυδρείο η συνήθης πρακτική που εφαρμόζεται είναι η προσθήκη αραγωνίτη με βιολογικό υλικό και η ανάμειξη του με νεκρό (χωρίς νεκρό βιολογικό υλικό). Η ενεργοποίηση του νεκρού αραγωνίτη γίνεται σε μικρό χρονικό διάστημα κατόπιν εμβολιασμού με ζωντανό αραγωνίτη.

Υπόστρωμα ενυδρείου: Το πάχος της άμμου σε ένα ενυδρείο θαλασσινό μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας ή σ' ένα ενυδρείο νάνο-υφάλου κυμαίνεται από 5 έως 10 cm. Ο τύπος της άμμου, που χρησιμοποιείται είναι ζωντανή άμμος ή αραγωνίτης και μπορεί να τοποθετηθεί στο ενυδρείο, σε ανάμειξη με άμμο χωρίς βιολογικό υλικό.

Σύστημα αναπλήρωσης: Αναπληρώνει αυτόματα το νερό που εξατμίζεται από το ενυδρείο. Περιλαμβάνει φωτοκύτταρο, το οποίο τοποθετείται στο ύψος της στάθμης νερού του ενυδρείου. Όταν η στάθμη μειωθεί, δίνει εντολή στην αντλία που βρίσκεται τοποθετημένη σε έναν κουβά με νερό από αντίστροφη όσμωση να λειτουργήσει και να στείλει νερό στο ενυδρείο, έως ότου το φωτοκύτταρο να εφάπτεται με το νερό.

Αντιδραστήρας Kalkwasser: Το kalk είναι σκόνη που διαλύεται σε νερό (kalkwasser-ανθρακικό ασβέστιο) και χρησιμοποιείται από πολλούς σαν εναλλακτικός τρόπος προσθήκης και συντήρησης ασβεστίου. Επειδή έχει την τάση να αυξάνει απότομα και παροδικά το pH και αν χρησιμοποιηθεί αλόγιστα και λανθασμένα οδηγεί σε ανεπιθύμητες καταστάσεις. Ο αντιδραστήρας (kalkwasser) συγκεντρώνει στο κάτω μέρος του το στερεό kalk και στο πάνω μέρος το αραιό. Συνοδεύεται από αντλία η οποία αναλαμβάνει να προσθέτει ελεγχόμενα και με χαμηλή ροή το αραιό kalk στο ενυδρείο. Σε ενυδρεία με μεγάλη κατανάλωση ασβεστίου δεν μπορούν να συντηρηθούν τα επίπεδα που χρειάζονται και τελικά προορίζεται στην περιστασιακή ενίσχυση του pH. Είναι κατάλληλος για τα ενυδρεία νάνο-υφάλου και όχι στα μεσογειακά ενυδρεία.

Αντιδραστήρας ασβεστίου: Πρόκειται για έναν αντιδραστήρα ο οποίος για υλικό πλήρωσης περιλαμβάνει αραγωνίτη, το οποίο έχει την ιδιότητα σε συνθήκες χαμηλού pH να διαλύεται. Στο εσωτερικό του αντιδραστήρα, υπάρχει μια εσωτερική αεραντλία για να ανακινεί το υλικό πλήρωσης του αντιδραστήρα. Το διαλυμένο υλικό προστίθεται με χαμηλή ροή στο ενυδρείο εμπλουτίζοντας με ποσότητες ασβεστίου (και μαγνησίου, ανάλογα με το υλικό) ενώ ταυτόχρονα ενισχύει την αλκαλικότητα του συστήματος (Εικ.12), (Atkinson et al.,1995).

Η διατήρηση του pH σε μειωμένα επίπεδα στον αντιδραστήρα, πραγματοποιείται με CO₂, η οποία ψεκάζει διοξείδιο στο εσωτερικό του αντιδραστήρα μειώνοντας το pH. Για την ελεγχόμενη χρήση του CO₂, προτείνεται η χρήση pH-controller. Όταν ανιχνεύονται υψηλά επίπεδα pH στον αντιδραστήρα (το pH του έχει την τάση να αυξάνεται αφού τροφοδοτείται με νερό υψηλού pH από το ενυδρείο. Όταν το pH μειωθεί τότε σταματά η τροφοδοσία και η παροχή CO₂ διακόπτεται. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται περισσότερο στα ενυδρεία υφάλων σε σχέση με τα μεσογειακά ενυδρεία (Calfo,2007).



Εικόνα 12. Αντιδραστήρας παραγωγής ασβεστίου (Πηγή:www.aquazone.gr)

Φίλτρα άμμου: Η άμμος τοποθετείται είτε ως υπόστρωμα στο ενυδρείο είτε σε στήλες οι οποίες είναι συνδεδεμένες παράλληλα. Στα ενυδρεία που χρησιμοποιείται άμμος με βιολογικό υλικό δεν ενδείκνυται η χρησιμοποίηση μηχανικού ή χημικού φίλτρου, αλλά συνίσταται η χρήση φωτισμού, για να καλυφθούν οι φωτοσυνθετικές ανάγκες των κοραλλιών, ανεμώνων και μικροφυκών (Marin, 2007).

Στον πυθμένα του ενυδρείου συνίσταται η τοποθέτηση ειδικής σχάρας σε απόσταση 3 cm από τον πυθμένα, παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιείται στα φίλτρα βυθού ή πλαστικό πλέγμα προκειμένου να μη δημιουργηθούν νεκρές ζώνες όταν θα προστεθεί η άμμος (Calfo, 2001).

Στα ανώτερα στρώματα της άμμου αναπτύσσονται αποικίες αερόβιων βακτηριδίων τα οποία οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη και νιτρικά ιόντα (Marin 2007), σε αντίθεση με τα κατώτερα στρώματα της άμμου, όπου λόγω έλλειψης οξυγόνου οι συνθήκες είναι αναερόβιες με αποτέλεσμα, να αναπτύσσονται ετεροτροφικές αποικίες απονιτροποιητικών βακτηριδίων, που είναι υπεύθυνες για την αναγωγή των νιτρικών ιόντων σε αέριο άζωτο (Moe,1992).

Όταν το ύψος της άμμου κυμαίνεται από 10 έως 20 cm, η κυκλοφορία του νερού μεταξύ των διαστρωματώσεων της άμμου εξασφαλίζεται με κυκλοφορητές αυξημένης ιπποδύναμης (Calfo, 2007). Το φυσικό αυτό σύστημα άμμου αποτελεί μια πλήρη εξομοίωση λειτουργίας της άμμου των ανοικτών θαλάσσιων συστημάτων, ενώ εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια κυρίως στα θαλασσινά ενυδρεία (Shimek, 2001;Clark & Warwick, 2001).

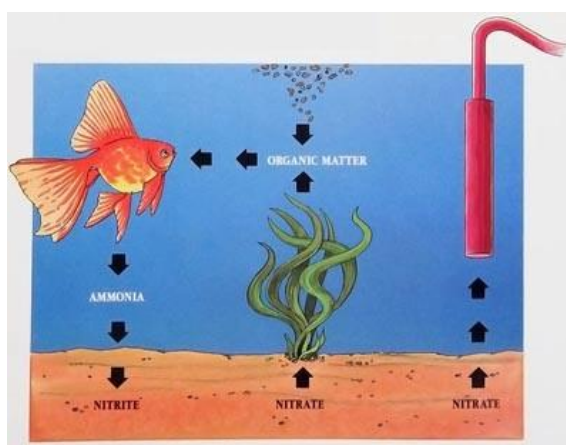
4.Λειτουργικά χαρακτηριστικά μεσογειακού ενυδρείου υφάλου μικρής κλίμακας

4.1. Παρασκευή-προετοιμασία νερού ενυδρείου

Η συνήθης πρακτική που εφαρμόζεται προκειμένου να διασφαλιστεί η βέλτιστη λειτουργία του ενυδρείου είναι η προσθήκη καθαρού νερού εφόσον διέλθει από συσκευή αντίστροφης όσμωσης ή ρητίνες, προκειμένου να γίνει κατακράτηση των ιόντων που έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση των αλάτων. Θρεπτικά συστατικά όπως νιτρικά, φωσφορικά και πυριτικά ιόντα δημιουργούν σημαντικά προβλήματα στα ενυδρεία ενώ κρίνεται σκόπιμο να μην προστίθενται στο ενυδρείο με προσθήκη νερού βρύσης (Calfo, 2001; Qian et al.,2001;Sabatter & Yap, 2004).

4.2.Εκκίνηση και ρύθμιση του ενυδρείου (διαδικασία set-up)

Η ρύθμιση του ενυδρείου είναι η περισσότερο χρονοβόρα διαδικασία, και η πλέον απαραίτητη. Σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι η εκκίνηση λειτουργίας του κύκλου του αζώτου προκειμένου το ενυδρείο να ρυθμιστεί (Βλάχος, 2010; Χώτος, 2008). Ο όρος ρύθμιση του ενυδρείου, ερμηνεύεται ως η βιολογική οξείδωση της αμμωνίας σε νιτρώδη ιόντα μέσω των βακτηρίων *Nitrosomonas sp* και η βιολογική οξείδωση των νιτρωδών ιόντων σε νιτρικά ιόντα μέσω των βακτηρίων *Nitrobacter sp* (Εικ.13) και είναι ίδια σε όλους τους τύπους ενυδρείων.



Εικόνα 13. Διαργασία νιτροποίησης σε ενυδρείο γλυκού και θαλασσινού νερού (Πηγή:www.aquazone.gr)

Η εκκίνηση και η διαδικασία ρύθμισης σ' ένα ενυδρείο επιτυγχάνεται με ποικίλους τρόπους εκ των οποίων οι βασικότεροι είναι οι εξής (Marini, 2002; Marin, 2007).

4.2.1.Ρύθμιση με ψάρια

Η διαδικασία αυτή είναι επικίνδυνη, γιατί τα ψάρια στρεσάρονται και οδηγούνται σε θάνατο, εξαιτίας των μόνιμων βλαβών που δημιουργούνται, όπως μερικό κάψιμο στα βράγχια (Calfo,2001).

4.2.2.Ρύθμιση με ζωντανό βράχο και άμμο

Η διαδικασία ρύθμισης με ζωντανό βράχο, προϋποθέτει τη χρησιμοποίηση «στρωμένου» βράχου, γιατί σε διαφορετική περίπτωση αυξάνεται το βιολογικό φορτίο στο ενυδρείο. Στην περίπτωση της άμμου, η ποσότητα που απαιτείται για τη διαδικασία είναι ελάχιστη προκειμένου να καλυφθεί το βαθύ στρώμα του νεκρού αραγωνίτη που υπάρχει ως υπόστρωμα στο ενυδρείο. Ο νεκρός αραγωνίτης καλύπτεται με ζωντανό αραγωνίτη και κυμαίνονται από 0,5 έως 1 cm, με σκοπό την ενεργοποίησή του (Calfo,2001).

4.2.3.Ρύθμιση με βιολογικό υλικό

Χρησιμοποιείται βιολογικό υλικό από κάποιο άλλο ενυδρείο το οποίο λειτουργεί ικανοποιητικά για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτή είναι ίσως η καλύτερη λύση σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Απαιτείται προσοχή, γιατί σε ένα ενυδρείο με ψάρια είναι αποδοτικότερο και χρησιμοποιείται σε μόνιμη βάση, ενώ σε ένα ενυδρείο με κοράλλια οι ενέργειες πρέπει να γίνονται με σταδιακή προσθήκη βράχου από άλλο ενυδρείο. Κατά τη διαδικασία ενεργοποίησης συνίσταται η χρησιμοποίηση ενός φίλτρου protein skimmer προκειμένου να ελαχιστοποιείται το φορτίο ρύπανσης του ενυδρείου (Calfo,2001).

4.2.4.Δημιουργία βιολογικού υποστρώματος

Η δημιουργία ενός βαθύ υποστρώματος στοχεύει στη δημιουργία ενός φίλτρου στο ενυδρείο (Tulloch, 2001). Ένα τυπικό βαθύ στρώμα ενός υποστρώματος

ενυδρείου κυμαίνεται από 10 έως 12 cm για να είναι λειτουργικό με τη δημιουργία αναερόβιων συνθηκών. Σύμφωνα με τον Calfo (2001), όταν στο ενυδρείο υφάλου προστίθενται κοράλλια, τότε το πάχος του υποστρώματος όταν πληρώνεται με αραγωνίτη θα πρέπει να κυμαίνεται από 20 έως 25 cm. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η βέλτιστη λειτουργία του φίλτρου. Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί το ύψος του ενυδρείου, το οποίο θα πρέπει να είναι στα επιθυμητά επίπεδα. Επίσης όταν το πάχος του υποστρώματος ξεπερνάει τα 12 cm, αυξάνει το βάρος του ενυδρείου (Suzuki et al., 2003; Delbeek & Sprung, 2005).

Βασική προϋπόθεση για να λειτουργήσει ικανοποιητικά το βαθύ στρώμα άμμου αποτελεί η τοποθέτηση στο ενυδρείο υφάλου, ζώων που δεν αναμοχλεύουν τον πυθμένα. Θα πρέπει να αποφεύγεται η προσθήκη ζώων όπως Damsel, ψάρια κλόουν, αστερίες, κ.λ.π) που σκάβουν στον πυθμένα προκειμένου να κατασκευάσουν τα ενδιαιτήματά τους, με αποτέλεσμα να διαταράσσεται η ισορροπία του υποστρώματος (Hoff, 1996).

Για να είναι λειτουργικό το βαθύ υπόστρωμα θα πρέπει να χρησιμοποιείται αραγωνίτης μέχρι το επιθυμητό ύψος, το οποίο μπορεί τις περισσότερες φορές να αποτελείται από μίγμα ζωντανού και νεκρού βράχου ή να αποτελείται από μίγμα νεκρού αραγωνίτη, με διαφορετικό διαμέτρημα κόκκου ή η προσθήκη διαφορετικών ειδών αραγωνίτη τα οποία θα είναι αναμειγμένα μεταξύ τους (Durville et al., 2004; Calfo, 2007).

Ο χρόνος που απαιτείται για τη ρύθμιση ενός ενυδρείου είναι 6 μήνες ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί, ενώ για λόγους ασφαλείας θα πρέπει να αποφεύγεται η προσθήκη θρυμματισμένου κοραλλιού ως υπόστρωμα, γιατί περιέχει ίχνη φωσφορικών ιόντων και οδηγεί σε αυξημένα ποσοστά ανάπτυξης κυανοβακτηρίων και φυκών (Calfo & Fenner, 2003).

4.3.Βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού

Η επιβίωση, η αύξηση και εν γένει διαβίωση των οργανισμών του μεσογειακού ενυδρείου μικρής κλίμακας και του ενυδρείου υφάλου είναι το αποτέλεσμα της άριστης λειτουργίας του ενυδρείου και εξαρτάται από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού (Calfo & Fenner, 2003; Delbeek & Sprung, 2005; Calfo, 2007).

Οι βασικοί παράμετροι που πρέπει να ελέγχονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και στους δυο τύπους ενυδρείων είναι: pH, αλατότητα (ppt), αμμωνία (NH_3), νιτρώδη ιόντα (NO_2^-) νιτρικά ιόντα (NO_3^-), ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg), Ιώδιο (I), στρόντιο (Sr), Φωσφορικά ιόντα (PO_4^-), αλκαλικότητα (KH), θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$), (Spotte, 1992; Βλάχος, 2004).

Στα ενυδρεία, η ποιότητα του νερού μεταβάλλεται συνέχεια, με αποτέλεσμα πολλές φορές να υπάρχουν στοιχεία σε αυξημένες συγκεντρώσεις με αποτέλεσμα να γίνονται τοξικά για τους ζώντες οργανισμούς που φιλοξενούνται στο ενυδρείο (Spotte, 1992). Ειδικά στα νέα ενυδρεία έως ότου επέλθει ισορροπία στο σύστημα και αρχίσει να λειτουργεί ικανοποιητικά, απαιτείται προσεκτική διαχείριση (συχνές αλλαγές νερού, ρύθμιση φωτισμού, ημερήσιες μετρήσεις κ.λ.π.), (Calfo & Fenner, 2003; Βλάχος, 2004 & 2010).

Το ενυδρείο χαρακτηρίζεται ρυθμισμένο, όταν λειτουργεί ικανοποιητικά, δηλαδή, όταν συγκέντρωση της ολικής αμμωνίας (T.A.N: $\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$) και των νιτρωδών ιόντων (NO_2^-) ελαχιστοποιείται, δηλαδή τείνει στο μηδέν ή αποκτά μηδενική τιμή, ενώ η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων (NO_3^-) αρχίζει να αυξάνεται (10 ppm), (Spotte, 1992). Δηλαδή, με τη ρύθμιση του βιολογικού φίλτρου επέρχεται ισορροπία στο σύστημα με αποτέλεσμα να διασφαλίζεται η άριστη λειτουργία του ενυδρείου και η διαβίωση των οργανισμών (Spotte, 1992; Vlahos et al., 2004).

Μελέτες, στα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας όπου εκτρέφονται σκληρά κοράλλια δείχνουν ότι όταν οι τιμές των νιτρικών ιόντων (NO_3^-) κυμαίνονται από 0,5 έως 1 ppm τότε επιβαρύνεται η ανάπτυξη τους ακόμη και κατά 50%, συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 40 ppm είναι τοξικές για τα κοράλλια (Calfo, 2001). Συγκεντρώσεις στα φωσφορικά ιόντα της τάξης των 2 ppm έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια του χρώματος των μαλακών κοραλλιών και αύξηση των μικροφυκών στο ενυδρείο (Calfo, 2007).

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει το εύρος τιμών της ποιότητας νερού για τα μεσογειακά ενυδρεία (Atkinson et al., 1995).

Πίνακας 1. Εύρος τιμών για τα μεσογειακά ενυδρεία θαλασσινού νερού και ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας

Παράμετροι	Ενυδρείο υφάλου	Μεσογειακά ενυδρεία	Ενυδρείο Με κοράλλια
Πυκνότητα	1.023 - 1.025	1.020 - 1.025	1.025
Θερμοκρασία	72 - 78°F	72 - 78°F	82°F
pH	8.1 - 8.4	8.1 - 8.4	8.0 - 8.5
Αλκαλικότητα	8 - 12 dKH	8 - 12 dKH	6 - 8 dKH
Αμμωνία (NH ₃)	Μη ανιχνεύσιμη	Μη ανιχνεύσιμη	Μηδέν
Νιτρώδη (NO ₂ ⁻)	Μη ανιχνεύσιμη	Μη ανιχνεύσιμη	Μηδέν
Νιτρικά (NO ₃ ⁻)	< 1.0 ppm	< 30 ppm	0.25 ppm
Φωσφορικά (PO ₄)	< 0.2 ppm	< 1.0 ppm	0.13 ppm
Ασβέστιο	350 - 450 ppm	350 - 450 ppm	380 - 420 ppm
Μαγνήσιο	1250 - 1350 ppm	1150 - 1350 ppm	1300 ppm
Ιώδιο	0.06 - 0.10 ppm	0.04 - 0.10 ppm	0.06 ppm
Στρόντιο	8 - 14 ppm	4 - 10 ppm	8 - 10 ppm

4.3.1. Ανάλυση βασικών παραμέτρων νερού-επιθυμητά επίπεδα

Οι βασικοί παράμετροι του νερού που θα πρέπει ανά τακτά χρονικά διαστήματα να μετρώνται στους δύο τύπους ενυδρείων είναι:

pH: Επιθυμητά επίπεδα: 7,8 - 8,4. Η αύξηση επιτυγχάνεται με ειδικά ρυθμιστικά διαλύματα και καλύτερη οξυγόνωση του νερού.

Αμμωνία (NH₃) και νιτρώδη ιόντα (NO₂⁻): Κυμαίνονται σε μηδενικές τιμές (0mg/L), διαφορετικά κινδυνεύουν τα ζώα στα ενυδρεία. Μειώνονται καθώς ωριμάζει το ενυδρείο, με τη χρησιμοποίηση: θεραπευμένου ζωντανού βράχου, βιολογικών φίλτρων και skimmer.

Νιτρικά ιόντα (NO₃⁻): Κυμαίνονται σε μηδενικές τιμές για τα ενυδρεία υφάλου και περίπου 5mg/Lg για τα μεσογειακά ενυδρεία μικρής κλίμακας. Τα ψάρια έχουν μια σχετική ανοχή στα αυξημένα νιτρικά (>20 ppm) πράγμα που δεν έχουν πολλά κοράλλια και ασπόνδυλα. Για τη μείωση των νιτρικών βοηθάει η χρήση skimmer, διαφόρων οργανισμών που καταναλώνουν οργανικά υπολείμματα, τακτικές αλλαγές νερού και καθαρισμός των βράχων και του υποστρώματος, ή ακόμα και ειδική συσκευή απονιτροποίησης.

Specific Gravity: Κυμαίνεται από 1024-1026 για τα ενυδρεία υφάλου ενώ στα μεσογειακά συστήματα κυμαίνεται από 1022 έως 1024. Και σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να αποφευχθούν οι απότομες διακυμάνσεις.

Αλκαλικότητα: Μετριέται σε meq/l ή dKH. Αποδεκτές τιμές 2.5-3.5 meq/l ή 8-12 dKH για τα μεσογειακά και ενυδρεία υφάλου. Επιχειρείτε να διατηρείτε στα μέγιστα επίπεδα. Αυξάνεται με τη χρήση ειδικών ρυθμιστικών διαλυμάτων ή με χρήση αντιδραστήρα παραγωγής ασβεστίου.

Φωσφορικά (PO₄): Η τιμή τους πρέπει να είναι μηδενική, ή μη ανιχνεύσιμη. Σε αντίθετη περίπτωση έχουμε υπέρβαση ανάπτυξη μικροφυκών και στασιμότητα στην ανάπτυξη των κοραλλιών. Για τη μείωση τους χρησιμοποιείται νερό αντίστροφης όσμωσης και αντιφώσφορο. Θα πρέπει να μετράται τόσο σε μεσογειακά ενυδρεία και ενυδρεία υφάλου.

Ασβέστιο (Ca): Απαραίτητο για την ανάπτυξη των μαλακών κοραλλιών και γενικά οργανισμών με κέλυφος. Οι τιμές που είναι αποδεκτές για τα ενυδρεία υφάλου κυμαίνονται από 380 έως 450 ppm, σε αντίθεση με τα μεσογειακά ενυδρεία μικρής κλίμακας όπου η περιεκτικότητα σε ασβέστιο κυμαίνεται μέχρι 400 ppm. Αυξάνεται με χρήση ειδικών πρόσθετων ουσιών ή αντιδραστήρα που να παράγει ασβέστιο.

Μαγνήσιο (Mg): Βοηθάει στην αύξηση και διατήρηση του ασβεστίου σε υψηλά επίπεδα. Αποδεκτή τιμή 1200-1300 ppm. Υπάρχουν ειδικά πρόσθετα τόσο σε μορφή υγρών ή σκόνης, όσο και ως υλικό που διαλύεται στον αντιδραστήρα παραγωγής ασβεστίου. Χρησιμοποιείται περισσότερο στα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας και όχι στα μεσογειακά ενυδρεία μικρής κλίμακας, η περιεκτικότητα σε μαγνήσιο είναι μικρότερη από 1200ppm.

Στρόντιο (Sr): Βασικό συστατικό για την ανάπτυξη των σκληρών κοραλλιών. Προστίθεται σε υγρή μορφή ή σε σκόνη. Προσοχή, γιατί η υπερδοσολογία μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα. Χρησιμοποιείται στα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας και όχι στα μεσογειακά ενυδρεία μικρής κλίμακας.

Ιώδιο (I): Βοηθάει στην υγεία των κοραλλιών και ασπόνδυλων και την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος. Απαιτείται προσοχή στην υπερδοσολογία. Χρησιμοποιείται περισσότερο στα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας παρά στα μεσογειακά ενυδρεία μικρής κλίμακας.

Redox: Το Redox είναι ο δείκτης της Οξειδωτικής αποτελεσματικότητας του ενυδρείου. Μας δείχνει πόσο «βρώμικο» ή «καθαρό» είναι το νερό, ανάλογα με την

τιμή, επηρεάζει και δείχνει πολλά άλλα πράγματα στο ενυδρείο, όπως την ποσότητα των παθογόνων οργανισμών. Όσο πιο υψηλό είναι, τόσο λιγότερους παθογόνους οργανισμούς έχουμε στο ενυδρείο. Ιδιαίτερα υψηλή τιμή Redox (> 450 ppm) όμως δεν σημαίνει απαραίτητα πως όλα λειτουργούν ικανοποιητικά, αλλά μπορεί να αποβεί άκρως επικίνδυνο για τα ζώα του ενυδρείου. Το Redox, παρόλα αυτά, είναι η δεύτερη καλύτερη εικόνα που μπορούμε να έχουμε πρόχειρη για το ενυδρείο. Ο καλύτερος τρόπος αύξησης του Redox είναι η σωστή λειτουργία και διαχείριση του ενυδρείου και η παρουσία Όζοντος, σε συνδυασμό με το όργανο μέτρησης Redox (Πιν.2).

Πίνακας 2: Ενδεικτικές τιμές Redox (Πηγή: Spotte, 1992).

Χαρακτηρισμός νερού	Συγκέντρωση (ppm)
Πολύ βρώμικο νερό	100-150
Βρώμικο νερό	150-200
Μετρίως βρώμικο νερό	200-250
Νερό Θαλασσινό καινούργιο	250
Μέτριο νερό	250-300
Καλό νερό	300-350
Αρκετά καθαρό νερό	350-400
Πολύ καθαρό νερό	400 ⁺

5. Συμβολή των οργανισμών στη Βιολογική Ισορροπία

5.1.Βιολογία βράχου μεσογειακού ενυδρείου μικρής κλίμακας

Μαζί με το βράχο στο ενυδρείο μεταφέρονται μία μεγάλη ποικιλία μικρών οργανισμών, τόσο του ζωικού όσο και του φυτικού βασιλείου (Εικ.14), (Calado, 2006).



Εικόνα 14: Μικροοργανισμοί σε βράχο μεσογειακού ενυδρείου (Πηγή: www.saltaquarium.com)

Η έντονη παρουσία του μικρόκοσμου, ο οποίος μεταφέρεται μαζί με τον βράχο στο ενυδρείο, γίνεται άμεσα αντιληπτός. Από τις πρώτες ημέρες, παρατηρείται στο ενυδρείο πλούσια παρουσία ζωοπλαγκτόν κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως κωπήποδα, σκόληκες, αλλά και κατά τη διάρκεια της νύχτας με μορφή αιωρούμενων μικροοργανισμών που φωσφορίζουν (Wabnitz et al., 2003).

Τα είδη αυτά παρουσιάζουν σταδιακή μείωση μέχρι σταθεροποίησης του πληθυσμού τους μετά από δέκα περίπου ημέρες και εφόσον δεν έχουν εγκατασταθεί ψάρια στο ενυδρείο. Η κοράλλινη αυξάνεται ιδίως στα τμήματα του ενυδρείου τα οποία χαρακτηρίζονται ως σκοτεινά, τα οποία αλιευτήκαν από βάθη άνω των 10 m.

Το φως στις περιοχές αυτές δε είναι ορατό και η συγκομιδή γίνεται με τεχνικό φώς (υποβρύχιος φακός). Επίσης στην επιφάνεια του βράχου απαντώνται διάφορα είδη μικροφυκών και μεγάλη ποικιλία μεγαλύτερων οργανισμών, όπως καρκινοειδή, οστρακοειδή σπόγγοι από τα οποία ορισμένα επιβιώνουν, άλλα με την πάροδο του χρόνου αποθνήσκουν χωρίς να προκαλούν διαταραχή στη βιολογική ισορροπία του

ενυδρείου. Όλα αυτά τα είδη των οργανισμών και μικροοργανισμών, τα οποία ζουν στην επιφάνεια ή στο εσωτερικό του βράχου και της άμμου, επιτελούν ένα σημαντικό έργο, συμβάλλοντας ουσιαστικά στην ισορροπία του ενυδρείου, δημιουργώντας ένα φυσικό βιοχημικό εργαστήριο (Shimek, 2003).

5.2. Συλλογή Οργανισμών μεσογειακού ενυδρείου και ενυδρείου υφάλου μικρής κλίμακας

Η μεγάλη ποικιλία οργανισμών, που αλιεύονται, σε αβαθείς και βαθιές περιοχές, δίνουν μεγάλες δυνατότητες επιλογών, τόσο σε ψάρια όσο και σε ασπόνδυλα. Ο εμπλουτισμός του ενυδρείου με οργανισμούς γίνεται σταδιακά και όχι απότομα. Με τον τρόπο εξασφαλίζεται η προοδευτική ανάπτυξη των μικροοργανισμών και κατά συνέπεια η σταθεροποιείται η βιολογική ικανότητα του βράχου και της άμμου (Barak et al., 2003).

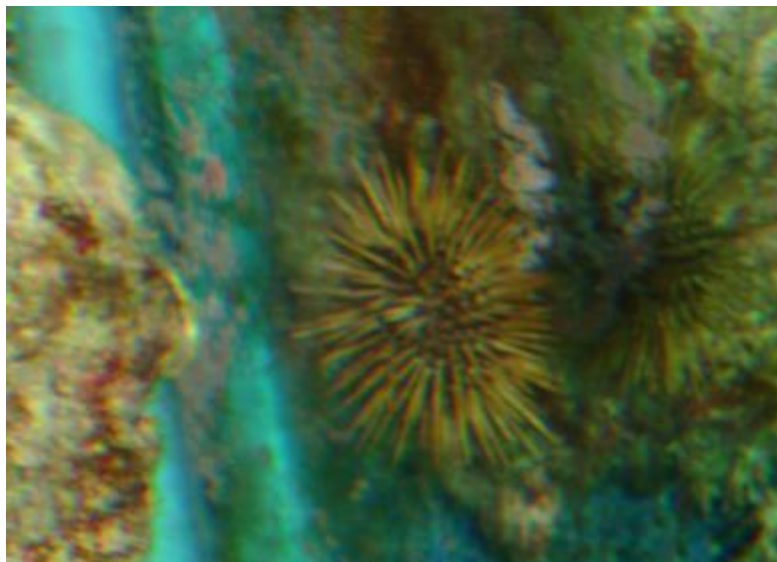
Ενδεικτικά αναφέρονται κάποιοι οργανισμοί οι οποίοι μπορούν να επιβιώσουν σ' ένα μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας. Οι πρώτοι οργανισμοί, οι οποίοι μπορούν να εγκατασταθούν στο κυρίως ενυδρείο, είναι φυτοφάγοι, όπου επιτυγχάνεται ο έλεγχος της ανάπτυξης ανεπιθύμητων ειδών φυκιών (Εικ.15), είδη χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις σε φωτισμό.



Εικόνα 15. Φυτοφάγοι οργανισμοί σε μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας (Πηγή www.saltaquarium.com)

Σε αυτούς ανήκουν ορισμένα είδη ερημιτών, σαλιγκαριών, αμφίποδων και αχινών (Εικ.16), είδη γνωστά, που εύκολα συναντάμε στις Ελληνικές θάλασσες. Η Μεσογειακή Tridachia, η οποία ανήκει στην κατηγορία των σαλιγκαριών χωρίς

κέλυφος. Ο νυκτόβιος αυτός οργανισμός, με το πολύ εντυπωσιακό τρόπο κολύμβησης, περιφέρεται σε όλα τα σημεία του ενυδρείου και τρέφεται με μεγάλη ποικιλία ειδών μικροφυκών.



Εικόνα 16. Αχινοί σε Μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας (Πηγή: www.Saltaquarium.com)

Σε δεύτερο στάδιο, τοποθετούνται διάφοροι άλλοι ασπόνδυλοι οργανισμοί, όπως γαρίδες, οστρακόδερμα, ολοθούρια και αστερίες (Εικ.17).



Εικόνα 17. Γαρίδες σε Μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας (Πηγή: www.saltaquarium.com)

Οι πιο πάνω οργανισμοί, διαδραματίζουν, χρήσιμο ρόλο στο ενυδρείο, όπως άλλωστε και στη φύση. Οι γαρίδες τρέφονται με μικρούς οργανισμούς με αποτέλεσμα να συνεισφέρουν στον έλεγχο της ανάπτυξης των παρασίτων. Τα οστρακόδερμα και

ειδικά τα μύδια, «φιλτράρουν» συνεχώς το νερό απορροφώντας τα οργανικά απόβλητα και συμβάλουν έμμεσα, στη μείωση των νιτρικών αλάτων. Οι αστερίες της άμμου και τα ολοθούρια συμβάλουν στον καθαρισμό της άμμου του ενυδρείου .

Υπάρχουν, όμως και οργανισμοί με μεγαλύτερες διατροφικές απαιτήσεις και οι οποίοι απαιτούν την εξασφάλιση συστηματικής παροχής τροφής. Σε αυτούς τους οργανισμούς ανήκουν οι εντυπωσιακές Μεσογειακές ανεμώνες, οι σπόγγοι, και μία ποικιλία σκληρών ετεροτροφικών κοραλλιών, των οποίων η επιβίωση αποτελεί σε μεγάλο βαθμό πρόκληση. (Εικ.18 και Εικ.19).



Εικόνα 18. Ανεμώνες σε Μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας (Πηγή: www.reefaquarium.com)



Εικόνα 20. Μεσογειακή ανεμώνη (Πηγή: www.aquazone.gr).

Τέλος στο Μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας, θα πρέπει να αποφασιστεί το είδος του ψαριού που διατηρηθούν σ' αυτό (Εικ.21). Η επιλογή των ψαριών θα πρέπει να γίνεται με τα ακόλουθα κριτήρια:

1. Διατροφικές συνήθειες ψαριού,
2. Το μέγεθος του ψαριού
3. Η κολυμβητική ικανότητα
4. Η μεταναστευτικότητα



Εικόνα 21. Μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας με ψάρια (Πηγή: www.aquazone.gr)

Η σωστή επιλογή ψαριών, είναι εκείνα που ενδημούν στη Μεσόγειο Θάλασσα, μετακινούνται λίγο στο φυσικό τους περιβάλλον, δεν μεγαλώνουν πολύ και δεν χρειάζονται μεγάλες ποσότητες τροφής (Εικ.22). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ποικιλίες των γοβιών, τα Μεσογειακά Wrashes, οι γύλοι αλλά και τα μαύρα και κόκκινα Μεσογειακά Damsels ή κοινώς καλογριές.

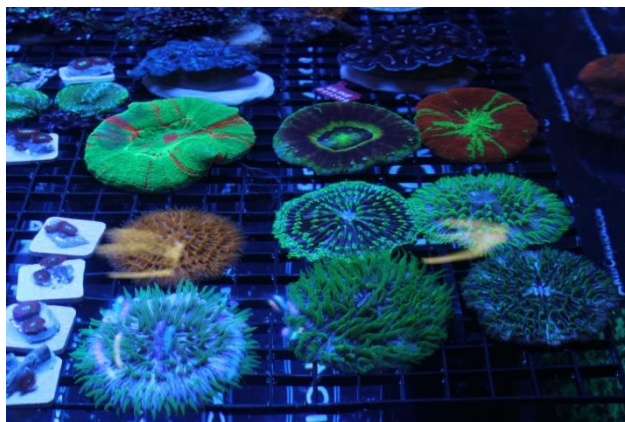
Το ενυδρείο απομάκρυνσης των μικροφυκών, μπορεί να περιέχει επίσης άμμο και βράχο, τα οποία είναι τοποθετημένα με τον προαναφερόμενο τρόπο, χωρίς να καλύπτει υποχρεωτικά την αισθητική του χώρου, αφού ο βασικός ρόλος του, είναι η ενίσχυση του βιολογικού φίλτρου και η υποστήριξη όλου του μεσογειακού ενυδρείου. Σε αυτό μπορούν να τοποθετηθούν διάφορα είδη μικροφυκών και μακροφυκών, από τη μεγάλη ποικιλία των Μεσογειακών ειδών, όπως επίσης και έναν ή περισσότερους ιππόκαμπους ανάλογα με τον όγκο του νερού του ενυδρείου (Wabnitz et al.,2003).



Εικόνα 22. Γοβιός σε Μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας (Πηγή: www.aquazone.gr)

Σε ότι αφορά τα ενυδρεία νάνο-υφάλου φιλοξενεί κυρίως οργανισμούς που προέρχονται από τον τροπικό ύφαλο σε μικρή κλίμακα όπως για παράδειγμα διάφορα είδη ασπονδύλων και ψαριών. Τα κοράλλια που φιλοξενούνται στα νάνο-υφάλου ενυδρεία, είναι κυρίως αυτότροφα με όσο το δυνατό μικρότερες απαιτήσεις σε φως, με αποτέλεσμα να μην έχουν ιδιαίτερες διατροφικές απαιτήσεις ώστε να χορηγείται επιπρόσθετη τροφή στο ενυδρείο. Τα είδη που επιλέγονται για τα ενυδρεία νάνο-υφάλου δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις σε φως και σε θέρμανση (Calfio,2001).

Αρκετά είδη μαλακών κοραλλιών αλλά και ορισμένα σκληρά κοράλλια με μεγάλους πολύποδες (LPS) είναι κατάλληλα για τα ενυδρεία (Εικ.23). Επιλέγονται τα κοράλλια εκείνα τα οποία εκτός από τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά, θα πρέπει να μην είναι ιδιαίτερα επιθετικά ως τα προς τα υπόλοιπα είδη που θα προστεθούν στο ενυδρείο.



Εικόνα 23. Διάφορα κοράλλια με μεγάλου πολύποδες (LPS) (Πηγή: www.blog.aquanered.com)

Τοξικά κοράλλια με μεγάλη ανάπτυξη πλοκαμιών ή πολυπόδων, θα πρέπει να αποφεύγονται εξαιτίας της επιθετικότητας που αναπτύσσουν σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη κοραλλιών. Το είδος των ψαριών που θα εισαχθούν διάφορα είδη κοραλλιών, εξαρτάται από την επιθυμία του ερασιτέχνη ενυδρείοφιλου σύμφωνα με τις απαιτήσεις του συστήματος (Calfio,2001).

Ο αριθμός των ψαριών που μπορεί να δεχθεί το σύστημα, ο μικρός όγκος του νερού, είναι περιορισμένος. Για το λόγο αυτό συνιστάται η προτίμηση ειδών, που δεν έχουν μεγάλο τελικό μέγεθος, όπως για παράδειγμα κάποια είδη γοβιοειδών, όπου το τελικό μέγεθός τους στη φύση δεν ξεπερνά τα 2,5 έως 3cm (Εικ.24).



Εικόνα 24. Γοβιός σε ενυδρείο νάνο-υφάλου (Πηγή: www.nanoreefblog.com)

Επίσης τα φυτοφάγα ή αγλοφάγα ψάρια, είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της ισορροπίας του συστήματος και τον έλεγχο των μικροφυκών. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα είδη, tangs, dwarf angels, saliaras, το τελικό μέγεθος των οποίων είναι κατάλληλο για τον περιορισμένο όγκο ενός ενυδρείου νάνο υφάλου (Εικ.25).



Εικόνα 25. Διάφορα είδη dwarf angels σε ενυδρείο νάνο-υφάλου (Πηγή: www.centropyge.net)

Η επιλογή των ειδών που θα τοποθετηθούν στο ενυδρείο νάνο-υφάλου είναι μικρά σε ηλικία και κατ' επέκταση μικρά σε μέγεθος, και να εναρμονίζονται πλήρως με το ενυδρείο νάνο-υφάλου (Εικ.26).



Εικόνα 26. Διάφοροι οργανισμοί που ταιριάζουν στην μικρή κλίμακα ενός ενυδρείο νάνο-υφάλου (Πηγή:www.aquazone.gr)

Επίσης σε ένα ενυδρείο νάνο-υφάλου, μπορούν να τοποθετηθούν διάφορα είδη καρκινοειδών όπως για παράδειγμα οι γαρίδες καθαριστές που συμβάλλουν στην ισορροπία του συστήματος ελέγχοντας την ανάπτυξη των πληθυσμών των παρασίτων, των σκουληκιών και εν γένει των μικροοργανισμών που ζουν στα επιφανειακά στρώματα του βράχου και της άμμου (Εικ.27), (Calfo,2007).



Εικόνα 27. Γαρίδα καθαριστής σε ενυδρείο νάνο-υφάλου (Πηγή:www.aquariumdomain.com)

Τα σαλιγκάρια, της κατηγορίας *astrea*, είναι κατάλληλα για την απομάκρυνση του τριχοειδούς φύκους. Η παρουσία των οργανισμών σ' ένα ενυδρείο νάνο-υφάλου, επιβάλλεται για την ισορροπία του συστήματος, όπως άλλωστε και σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα τροπικού υφάλου ή μεσογειακού ενυδρείου και ο αριθμός τους εξαρτάται από τον όγκο του ενυδρείου και τις διατροφικές απαιτήσεις των φιλοξενούμενων οργανισμών (Εικ.28), (Calfo,2007).



Εικόνα 28. Σαλιγκάρια του είδους *astrea* σε ένα ενυδρείο νάνο-υφάλου (Πηγή: www.nano-reef.com)

5.3 Τεχνολογία ή Βιολογία

Τα ενυδρεία των δύο κατηγοριών μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας και νάνο-υφάλου ενυδρείο δεν μπορούν να συντηρηθούν και να λειτουργούν μόνο με τις παραδοσιακές τεχνικές συντήρησης (εσωτερικά ή εξωτερικά φίλτρα, μηχανικά και βιολογικά). Μετά από πολλά χρόνια οι ερευνητές κατέληξαν σε ένα κοινό συμπέρασμα ότι η επιβίωση των ευαίσθητων και πολύ απαιτητικών οργανισμών, σε ένα θαλασσίνο ενυδρείο, επιτυγχάνεται με την άριστη λειτουργία και την τεχνική υποστήριξη.

Η βασική και καθιερωμένη μέθοδος διατήρησης, συμβίωσης και ανάπτυξης οργανισμών (ψαριών και σπονδυλίων), αποτελεί μια μέθοδος η οποία τελειοποιήθηκε με τις παρατηρήσεις του Nielsen οι οποίοι εστιάζονται στα εξής θέματα (Sprung & Delbeek,1990):

1. Η βιολογική επεξεργασία του νερού πραγματοποιείται από την ύπαρξη ζωντανού ασβεστολιθικού βράχου και άμμου, όπου ο κύκλος του αζώτου ολοκληρώνεται με το τελικό στάδιο της διάσπασης των νιτρικών ιόντων σε άζωτο και νερό.
2. Η χημική επεξεργασία του νερού πραγματοποιείται από το skimmer, τα φίλτρα άνθρακα και φωσφόρου.
3. Η παρουσία μειωμένης ποσότητας φωτισμού.
4. Η προσθήκη ιχνοστοιχείων δεν κρίνεται απαραίτητη.
5. Η καλή κυκλοφορία του νερού.
6. Η διατήρηση σε υψηλά επίπεδα των τιμών του pH και της KH με φυσικές μεθόδους όπως για παράδειγμα η προσθήκη διαλύματος ασβεστίου/νερού (Kalkwasser) κατά τις αλλαγές νερού.
7. Στο βασικό σχεδιαστικό κορμό του ενυδρείου προστέθηκαν και άλλα βασικά στοιχεία, αλλά και παραλλαγές αυτών, τα οποία αυξάνουν την βιολογική απόδοση του ενυδρείου.

Επισημαίνεται ότι το βαθύ υπόστρωμα (Deep Sand Bed, DSB) το οποίο ερμηνεύεται ως ένα παχύ στρώμα (10 - 15cm) λεπτόκοκκης άμμου ως υπόστρωμα. Ο συνεχής εμπλουτισμός του νερού με ιχνοστοιχεία απαραίτητα για τη διατήρηση του νερού του ενυδρείου είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη διασφάλιση της λειτουργίας του ενυδρείου (Calfo,2007).

Νέα στοιχεία έρχονται και προστίθενται στα λειτουργικά χαρακτηριστικά του νάνο-μεσογειακού ενυδρείου και του νάνο-υφάλου ενυδρείου, όπως για παράδειγμα η χρησιμότητα του ιχνοστοιχείου Μολυβδένιου όπου σύμφωνα με νεώτερες μελέτες θεωρείται ένα από τα βασικά συστατικά, μαζί με το ασβέστιο και το μαγνήσιο, απαραίτητο για τον σκελετικό σχηματισμό των ακροπορών των κοραλλιών, το οποίο ήταν εντελώς άγνωστο πριν μερικά χρόνια (Calfo,2007).

Στα θαλασσινά ενυδρεία, για την καλύτερη διαχείριση του συστήματος ώστε να αυξάνεται η απόδοση του ενυδρείου απαιτείται «Λιγότερη Τεχνολογία με περισσότερη Βιολογία» (Sprung & Delbeek,1990).

6. Συμπεράσματα

Η γνώση της φυσικής λειτουργίας των ενυδρείων, η μεθοδικότητα και ο σεβασμός προς τη φύση, οδηγούν στην κατανόηση της αρχιτεκτονικής και τεχνοτροπίας κατασκευής μέσα από το σχεδιασμό και τη λειτουργία ενός ενυδρείου θαλασσινού μεσογειακού (νάνο) ή υφάλου (νάνο), μεταφέροντας κάθε φορά την ιδιομορφία που παρουσιάζει το κάθε οικοσύστημα.

Ο σχεδιασμός, εξαρτάται από τα υλικά που επιλέγονται για να κατασκευαστεί το ενυδρείο, ενώ δεν περιορίζεται στο εσωτερικό του, αλλά περιλαμβάνει και το εξωτερικό μέρος του ενυδρείου ή τον ευρύτερο χώρο που πρόκειται να τοποθετηθεί το ενυδρείο. Επίσης, ο σωστός σχεδιασμός προϋποθέτει τη δημιουργία χώρων προκειμένου να γίνει τοποθέτηση των καλωδίων ή των υδραυλικών εγκαταστάσεων (σωλήνες υπερχειλίσης, επιστροφής, υδραυλικές εγκαταστάσεις κλπ.) ώστε να μην είναι ορατοί.

Ο σχεδιασμός του ενυδρείου στηρίζεται στην απλότητα χρησιμοποιώντας υλικά τα οποία μπορούν εύκολα να αναζητηθούν έτσι ώστε η συντήρηση να γίνεται χωρίς δυσκολίες. Ο φωτισμός, αποτελεί από τις βασικές παραμέτρους που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό του ενυδρείου μιας και επηρεάζει τη λειτουργικότητα του ενυδρείου και τη διαβίωση των οργανισμών.

Το ενυδρείο είναι μια επένδυση, οπότε η λειτουργία του καθορίζεται από τον άριστο σχεδιασμό του ενυδρείου, ενώ με την κατάλληλη διαχείριση αποφεύγεται η δημιουργία προβλημάτων τα οποία διαταράσσουν την ισορροπία του συστήματος.

Η ρύθμιση του ενυδρείου επιτυγχάνεται, όταν η συγκέντρωση της ολικής αμμωνίας (T.A.N: $\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$) και των νιτρωδών ιόντων (NO_2^-) ελαχιστοποιείται, δηλαδή τείνει στο μηδέν ή αποκτά μηδενική τιμή, ενώ η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων (NO_3^-) αυξάνεται κυμαίνεται στα 5ppm ή είναι μικρότερη από 5ppm. Με τη ρύθμιση του βιολογικού φίλτρου επέρχεται ισορροπία στο σύστημα με αποτέλεσμα να διασφαλίζεται η άριστη λειτουργία του ενυδρείου και η διαβίωση των οργανισμών.

Σύμφωνα, με τα προηγούμενα και οι δυο κατηγορίες των ενυδρείων αποτελούν μια πολύ ενδιαφέρουσα κατηγορία κατά τη διάρκεια ενασχόλησης, διότι μέσα από την ενασχόλησή αναδεικνύεται η σημαντικότητα ύπαρξης και της δημιουργίας του. Στην περίπτωση του μεσογειακού ενυδρείου μικρής κλίμακας, τα βασικά υλικά και οι οργανισμοί, προσφέρονται απλόχερα, χωρίς κόστος από τις

πλούσιες πανίδα και χλωρίδα που υπάρχει στις θάλασσες ανά την Ελληνική επικράτεια, αλλά και οι σχετικά μικρές απαιτήσεις συντήρησης σε σχέση με τα πολυπλοκότερα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας. Επίσης, προσοχή απαιτείται ως προς τη μεγάλη χρήση των χημικών σε συνδυασμό με τις μη τακτικές αλλαγές νερού διότι μπορεί να διαταραχθεί η ισορροπία του ενυδρείου. Δεν θα πρέπει να γίνεται χρήση χημικών χωρίς να γνωρίζουμε τις παρενέργειές τους, για λόγους ασφαλείας και αποφυγής προβλημάτων.

Οι οργανισμοί που φιλοξενούνται στα διάφορα είδη ενυδρείων (νάνο-μεσογειακό και νάνο-ύφαλος), επιβιώνουν και συμβιώνουν σε συνθήκες αιχμαλωσίας. Για την επιτυχή διατήρηση ενός μεσογειακού ενυδρείου μικρής κλίμακας, είναι η καλύτερη δυνατή προσέγγιση των παραμέτρων του νερού και η διατήρηση μιας μέσης θερμοκρασίας, η οποία θα εξασφαλίσει την υγιή διαβίωση των οργανισμών στο ενυδρείο.

Η μικρότερη κατανάλωση ρεύματος, λόγω των μικρότερων απαιτήσεων σε φωτισμό που έχει το μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας, οι αλλαγές νερού απευθείας από τη θάλασσα, αν υπάρχει τέτοια δυνατότητα, το κατατάσσουν στα συστήματα με το μικρότερο οικονομικό κόστος, σε σχέση με τα ενυδρεία νάνο-υφάλου έχουν αυξημένο κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

Μια αποδεκτή διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού, τους χειμερινούς μήνες για το μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας κυμαίνεται από 18°C έως 20°C και για το ενυδρείο νάνο υφάλου κυμαίνεται από 28°C έως 30° C. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται τους καλοκαιρινούς μήνες για να μην αυξηθεί η θερμοκρασία των ενυδρείων απαιτείται η λειτουργία ψηκτρών ιδιαίτερα στα ενυδρεία νάνο-υφάλου.

Στο μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας τα επίπεδα του ασβεστίου κυμαίνονται από μέχρι 350 ppm, η αλκαλικότητα από 8 έως 12°dKH και το pH από 7,7 έως 8,0. Σε αντίθεση με τα ενυδρεία νάνο-υφάλου όπου τα επίπεδα του ασβεστίου κυμαίνονται από 350 έως 450 ppm, του μαγνησίου από 1200 έως 1300 ppm, η αλκαλικότητα από 9 έως 14 °dKH και το pH από 8,2 έως 8,4.

Σε καμία περίπτωση, ο μικρός όγκος των συστημάτων (νάνο-μεσογειακό και νάνο-ύφαλος), δεν θα πρέπει να υποβαθμίζει τις απαιτήσεις για την φροντίδα και επίβλεψη των ενυδρείων, ώστε να εξασφαλίζεται η μακροχρόνια ισορροπία και ανάπτυξή του. Η γνώση της φυσικής λειτουργίας του θαλασσινού ενυδρείου, η μεθοδικότητα και ο σεβασμός στη φύση, οδηγούν στην ενασχόληση με τα ενυδρεία

ούτως ώστε να μεταφέρεται το μεγαλείο του ιδιαίτερου και ιδιόμορφου οικοσυστήματος, στην καθημερινότητά μας.

7. Abstract

The preservation organisms in aquariums depend on the environment that the fish or the invertebrate became from. This attempt is a result of the personal satisfaction to how create an aquarium with a nano mediterranean type or a nano reef type. The construction and maintenance of a nano-mediterranean aquarium, differs significantly from the construction and functioning of nano reef aquariums.

The Mediterranean aquarium maintained successfully, since it is supported by external biological filters. Modern perceptions associated with maintaining a closed ecosystem, converging and reinforcing the idea of better simulation using the natural process. Basically the Mediterranean aquarium could be named and described as Mediterranean reef aquarium or aquarium Mediterranean abstinence (because of diversification of the operation).

In the other hand the nano reef aquarium presents unique challenges. In addition to maintaining ideal water parameters, nano reef aquariums require another type of attention to detail. Without proper aesthetic consideration, the "reef-in-miniature" quality that exemplifies nano reef aquariums is lost. Get the most out of your nano reef aquarium - learn how to maximize visual impact in small aquarium space

Keywords: Marine Mediterranean aquarium (nano), nano reef aquarium, fish, main differences

8.Βιβλιογραφία

A. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Adey, W.H., Loveland, K., 1991. *Dynamic Aquaria: Building Living Ecosystems*. Academic Press, San Diego, CA. 643 pp.
- Anthoni,F., (2005). Seafriends Aquariums describing the Seafriends marine aquariums.www.seafriends.org.nz/dda/aqual.htm
- Anthony, K.R.N., Hoegh-Guldberg, O., 2003. Variation in coral photosynthesis, respiration and growth characteristics in contrasting light microhabitats: an analogue to plants in forest gaps and understoreys? *Funct. Ecol.* 17, 246–259.
- Atkinson, M.J., Carlson, B., Crow, G.L., 1995. Coral growth in high-nutrient, low-pH seawater: a case study of corals cultured at the Waikiki Aquarium, Honolulu, Hawaii. *Coral Reefs* 14, 215–223.
- Ates, R. 1989. Aggressive behavior in corals. *Freshwater and Marine Aquarium* 12(8):104-105,107,110,112.
- Barak, Y.,Crytryn, E., Gelfand, I Krom, M and Van Rijin, J. (2003). Psosphorus removal in a marine prototype, recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 220:313-316.
- Blasiola, G.C., 2000. *The Saltwater Aquarium Handbook*. Barrons Education, Happaage, NY. 165 pp.
- Calfo, A., 2001. *Book of Coral Propagation — Reef Gardening for Aquarists*. Reading Trees, United States of America. 450 pp.
- Calfo, A and Fenner, M.R. (2003). Reef Invertebrates: An Essential Guide to Selection, Care and Compatibility, In: Reading Trees New York: 50-65.
- Calfo, A. (2007). *Book of Coral Propagation*, In: Reef Gardening for Aquarists. 2nd ed., Aquarists, Reading Trees (1):90-105
- Clark, 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.
- Calado, R. & Narciso, L. 2003. Seasonal variation on embryo production and brood loss in the Monaco shrimp *Lysemata seticaudata* (Risso, 1816) (Decapoda: Hippolytidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 83: 959-962.
- Calado, R. 2006. Marine ornamental species from European waters: a valuable overlooked resource or a future threat for the conservation of marine ecosystems? *Scientia Marina*. 70: 389-398.
- Carlson, B.A., 1999. Organism responses to rapid change: what aquaria tell us about nature. *American Zoologist* 39, 44– 55.
- Davies, P.S., 1984. The role of zooxanthellae in the nutritional energy requirements of *Pocillopora eydouzi*. *Coral Reefs* 2, 181–186.
- Delbeek, J. C. 1987. The care and feeding of mushroom anemones (Corallimorpharia). *Freshwater and Marine Aquarium* 10(10):4-6.
- Delbeek, J. C. 1990. 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.
- Durville, P., Fabre, J.N., Germain, G.and Mulochan, T. (2004).The breeding of the clown fish *Amphiprion chrysogaster* (Cuvier, 1830) endemic to the Mascarene Islands (Indian Ocean)., *Sea scope.*, 21(1):10-13.

- Hoff, F.H. (1996). Conditioning, spawning and rearing of fish with emphasis on marine clown-fish. Aquaculture Consultants Inc. 212 p.
- Joshi, S., Morgan, D., 1998. Spectral analysis of metal halide lamps used in the reef aquarium hobby, Part 1: new 400-watt lamps. Aquar. Front.online. <http://web.archive.org/web/20001017234419/www.animalnetwork.com/fish2/aqfm/1998/nov/features/1/default.asp> 1998 November.
- 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 awuarist' s on line magazine. 42:20-30.
- Moe A. M. (1992). The marine aquarium handbook. Beginner to breeder. Green Turtle (Ed.), Florida, USA. 318 p.
- Paletta, M. 1990. Coral aggression in reef aquaria. *SeaScope* 7 (Winter):1-2.
- Qian, P.-Y., Wu, M.C.S., and Ni, I.H. (2001). Comparison of nutrients release among some maricultured animals. Aquaculture 200, 305– 316.
- Sabater, M.G., and Yap, H.T. (2004). Long-term effects of induced mineral accretion on growth, survival and corallite properties of *Porites cylindrica* Dana. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 311, 355–374.
- Scott, W., M., (2006). Reef Aquarium fishes 500+ essential to know species, Microcosm Ltd.
- Shimek, R., 2001. Sand Bed Secrets: The Common-Sense Way to Biological Filtration. Marc Weiss Companies, Inc. 36 pp.
- Shimek, L.R. (2003). The toxicity of some Freshly mixed artificial sea water. www.Aquariumreefkeeping.com. 2(3):15-22.
- Spotte, S. (1992). Captive Seawater Fishes. John Wiley & Sons, New York. 942 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.
- Tullock, J.H., 1997. Natural Reef Aquariums. Microcosm Ltd., Shelburne, Vermont. 336 pp.
- vanRijn, J., 1996. The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture—a review. *Aquaculture* 139, 181– 201.
- Tullock, H.J. (2001). Natural Reef Aquariums: Simplified Approaches to Creating Living Saltwater Microcosms. In: TFH publications
- Vlahos, N., Hotos, G. and Kapetanios, N. (2004). The effect of temperature on the conditioning of the filter bed in aquaria. 2nd International Congress on Aquaculture, Fisheries Technology and Environmental Management. Athens 18-19 June 2004.
- Wabnitz, C., Taylor, M., Green, E., Razak, T., 2003. From ocean to aquarium: the global trade in marine ornamental species. UNEPWCMC Biodiversity Series, vol. 17. Cambridge, UK, p. 64.
- Wilkinson, C., 2004. Status of Coral Reefs of the World: 2004. Australian Institute of Marine Science, Townsville. 316 pp.
- William, B., (2005). Tropical Fish. A Beginners guide. Published by William Berg and AC Tropical Fish. (www.aquaticcommunity.com).

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.

Β.Ελληνική βιβλιογραφία

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.

Βλάχος, Ν. (2004). Ενυδρεία, Σημειώσεις Μαθήματος, 1^η έκδοση, Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, Μεσολόγγι, 55.

Βλάχος, Ν., (2010). Καλλιέργειες Διακοσμητικών Ψαριών, 2^η έκδοση, Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, Μεσολόγγι, 380.

Χυτήρης,Ν.,(2009). Αρχιτεκτονική ενυδρείων υφάλου. Διπλωματική εργασία ΤΕΙ Μεσολογγίου. Σελ.153.

Χώτος, Γ. (2008). Καλλιέργειες σε Ανακυκλούμενα Νερά, Σημειώσεις Μαθήματος, 1^η έκδοση, Εκδόσεις, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, Μεσολόγγι, 1-10.

Γ. Διαδικτυακή βιβλιογραφία

1. www.aquazone.gr
2. www.swelluk.com
3. www.marine-aquarium.com
4. www.saltaquarium.com
5. www.reefaquarium.com
6. www.blog.aquanered.com
7. www.nanoreefblog.com
8. www.centropyge.net
9. www.aquariumdomain.com
10. www.nano-reef.com