

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Η επίδραση των οστρακοκαλλιεργειών στο θαλάσσιο περιβάλλον»

Πολυμέρης Χρήστος

ΒΟΛΟΣ 2018

«Η επίδραση των οστρακοκαλλιεργειών στο θαλάσσιο περιβάλλον»

Διμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) **Νικόλαος Νεοφύτου**, Επίκουρος Καθηγητής, Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων***.
- 2) **Παναγιώτα Παναγιωτάκη**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***.

Στην οικογένειά μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, Επίκουρο Καθηγητή κ. Νικόλαο Νεοφύτου για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και το μέλος της εξεταστικής επιτροπής, την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κα Παναγιώτα Παναγιωτάκη για τις χρήσιμες συμβουλές της και την καθοδήγησή της καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βασικός σκοπός της βιβλιογραφικής αυτής εργασίας είναι η συλλογή, αξιολόγηση, συζήτηση και ανάλυση στοιχείων σχετικών με την εκτροφή οστράκων και τα προβλήματα που εντοπίζονται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται ορισμένα εισαγωγικά στοιχεία σχετικά με την εκτροφή οστράκων τόσο σε εγχώριο όσο και σε διεθνές επίπεδο, στο δεύτερο καταγράφονται οι επιπτώσεις των οστρακοκαλλιεργειών στο θαλάσσιο περιβάλλον από την ανασκόπηση της Ελληνικής και Διεθνούς βιβλιογραφίας, ενώ στο τελευταίο κεφάλαιο παρατίθενται τα τελικά συμπεράσματα της εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1.1 Γενικά για τις οστρακοκαλλιέργειες	3
1.2 Οι οστρακοκαλλιέργειες σε διεθνές επίπεδο.....	6
1.3 Οι οστρακοκαλλιέργειες στην Ελλάδα.....	8
1.4 Εκτρεφόμενα είδη οστράκων	13
1.4.1 Στρείδι (<i>Ostrea edulis</i>)	13
1.4.2 Μύδι (<i>Mytilus galloprovincialis</i>).....	16
2. ΟΣΤΡΑΚΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	23
2.1 Επιπτώσεις οστρακοκαλλιεργειών στην υδάτινη στήλη.....	23
2.1.1 Επιδράσεις στη χημεία των θρεπτικών.....	25
2.1.2 Επιδράσεις σε φυτοπλαγκτόν και αιωρούμενα σωματίδια.....	27
2.1.3 Επιδράσεις στη ρευμάτωση και στον κυματισμό.....	30
2.2 Επιπτώσεις οστρακοκαλλιεργειών στο ίζημα.....	31
2.2.1 Μεταβολές στις φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ιζημάτων	32
2.2.2 Μεταβολές στις βιολογικά χαρακτηριστικά των ιζημάτων	35
3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	38
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	40
5. ABSTRACT.....	44

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά για τις οστρακοκαλλιέργειες

Καθώς ο ανθρώπινος πληθυσμός αυξάνεται και οι υδάτινοι πόροι μειώνονται, η υδατοκαλλιέργεια αναμένεται να διαδραματίσει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στη σίτιση της ανθρωπότητας, καθώς είναι το μοναδικό σύστημα παραγωγής τροφής μη εξαρτώμενο από την κατανάλωση γλυκού νερού (Dimitriou et al., 2015). Υδατοκαλλιέργεια είναι η καλλιέργεια ή εκτροφή υδρόβιων οργανισμών με τη χρήση διαφόρων τεχνικών με σκοπό την αύξηση, πέραν των φυσικών ικανοτήτων του περιβάλλοντος, της παραγωγής των εν λόγω οργανισμών ενώ οι οργανισμοί αυτοί παραμένουν καθ' όλη τη διάρκεια εκτροφής ή καλλιέργειάς τους και μέχρι την εξαλιεύσή τους, στην ιδιοκτησία φυσικού ή νομικού προσώπου. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Τροφίμων (FAO), αναφέρει ότι η παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας συνεχίζει με αυξητικές τάσεις και εξελίσσεται όσον αφορά την τεχνολογική καινοτομία και την ανάγκη να ανταποκριθεί στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις (Duthie, 2010).

Η υδατοκαλλιέργεια επεκτείνεται στην εκτροφή οργανισμών των χαμηλότερων τροφικών επιπέδων, των οστρακοειδών και αποτελεί την οστρακοκαλλιέργεια (Dimitriou et al., 2015). Η οστρακοκαλλιέργεια αποτελεί έναν από τους πιο αναπτυσσόμενους τομείς χάρη στη σύγχρονη τεχνολογία (Κουτσοστάθη, 2008). Με τον όρο «όστρακα» σύμφωνα με τη νομοθεσία (Π.Δ. 86/1998), χαρακτηρίζονται τα δίθυρα μαλάκια (bivalvia) (Εικ.1) και γαστερόποδα (gasteropoda) (Εικ.2). Στα δίθυρα μαλάκια ανήκουν τα μύδια (Εικ.1), στρείδια (Εικ.2), γυαλιστερές, χτένια, κυδώνια καλόγνωμες και αρκετά άλλα όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 1 (Κουτσοστάθη, 2008).

Πίνακας 1. Είδη οστράκων και χαρακτηριστικά τους (Κουτσοστάθη, 2008).

ΚΛΑΣΗ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΜΗΚΟΣ (cm)
Bivalvia Δίθυρα	<i>Mytilus edulis</i>	Μύδι Ατλαντικού	9
	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Μεσογειακό μύδι	15
	<i>Perna perna</i>	Καφέ μύδι	12
	<i>Perna viridis</i>	Πράσινο μύδι	8-10
	<i>Callista chione</i>	Γυάλιστερή	11
	<i>Chlamys glabra</i>	Χτένι	4-5
	<i>Arca noae</i>	Καλόγνωμη	10
	<i>Lithofaga lithofaga</i>	Πετροσωλήνας	12
	<i>Ostrea edulis</i>	Στρείδι	20
	<i>Crassostrea gigas</i>	Γίγας στρείδι	8-30
	<i>Pinna nobilis</i>	Πίννα	100
	<i>Solen marginatus</i>	Σολήνες	17-20
	<i>Venus verrucosa</i>	Κυδώνι	7
Gasteropoda Γαστρόποδα	<i>Stramonita haemastoma</i>	Στρόμπια	7



(α)

(β)

Εικόνα 1. Αποικόνιση του είδους *Mytilus provincialis* (α) και του είδους *Mytilus edulis* (β) (<http://www.fao.org/fishery/species/3529/en>)

(α)



(β)

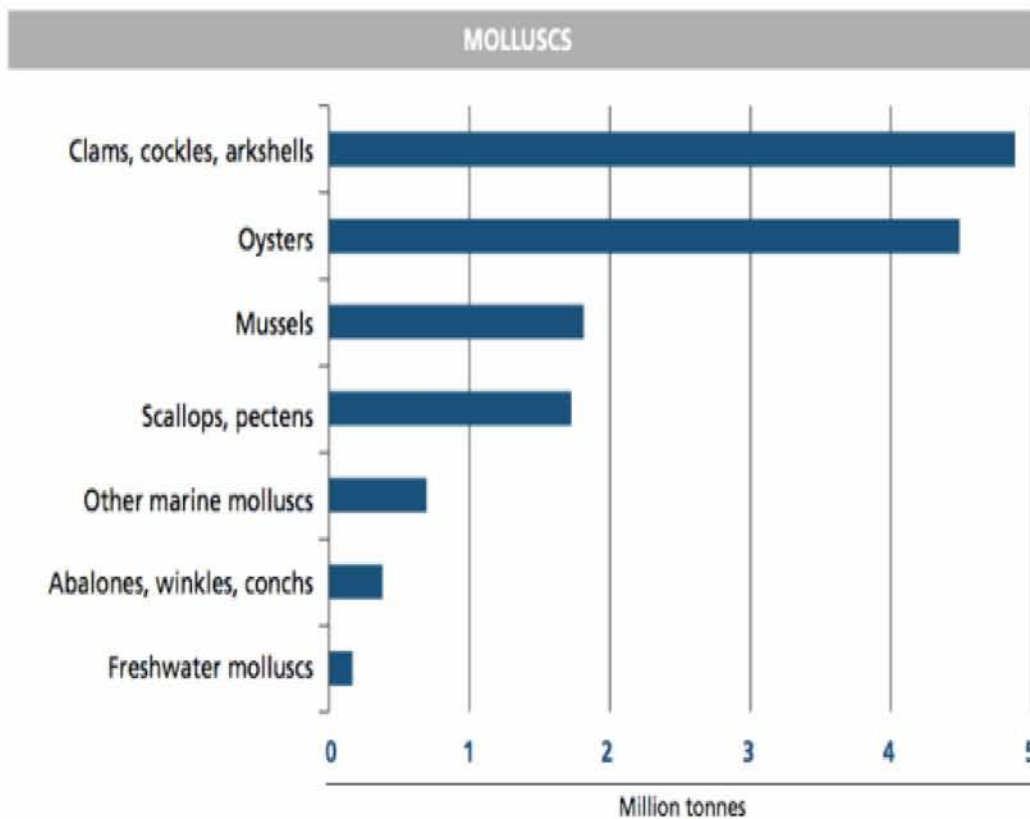
Εικόνα 2. *Ostrea edulis* (α) (<http://www.arkive.org/native-ovster/ostrea-edulis/>) και *Stramonita haemastoma* (β) (http://www.gastropods.com/6/Shell_1486.shtml)

Η εκτροφή των οστρακοειδών γίνεται αφού τοποθετηθεί ο γόνος σε ειδικούς υποδοχείς και τραφεί με φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς που φιλτράρει από το θαλάσσιο νερό. Ο ρυθμός φιλτραρίσματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία του θαλασσινού νερού, την ταχύτητα με την οποία κυκλοφορεί και τη συγκέντρωση των σωματιδίων που βρίσκονται σε αιώρηση. Τα όστρακα μπορούν να αναπτυχθούν σε θερμοκρασίες από 8-26 °C με pH 8-8,3. Η περιεκτικότητα σε οξυγόνο, η κυκλοφορία του νερού και η συνολική ποσότητα φυτοπλαγκτονικών οργανισμών επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη των οστράκων. Το φως αποτελεί ακόμη ένα σημαντικό παράγοντα ανάπτυξης των οστράκων. Επίσης, έχει βρεθεί ότι το μικρό βάθος έως τα 10m ευνοεί την ανάπτυξή τους. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες είναι το μέγεθος, η ηλικία, το σύστημα, το είδος υδατοσυλλογής, η αλμυρότητα-αλατότητα νερού και η καθαρότητα (Μ.Π.Ε., 2014).

1.2 Οι οστρακοκαλλιέργειες σε διεθνές επίπεδο

Στην περιοχή της Μεσογείου η εκτροφή των οστρακοειδών αντιπροσωπεύεται κυρίως από τέσσερα είδη (*M. edulis*, *M. galloprovincialis*, *Crassostrea gigas* και *Ruditapes philippinarum*) που συγκεντρώνονται σε τρεις χώρες της ΕΕ: μύδια στην Ισπανία (άνω των 250.000 τόνων), στρείδια στη Γαλλία (άνω των 135.000 τόνων) και αχιβάδες στην Ιταλία (άνω των 50.000 τόνων) το έτος 2001. Η συμβολή των άλλων μεσογειακών χωρών ήταν πολύ χαμηλή. Ενώ η παραγωγή μυδιών βασίζεται σε δύο αυτόχθονα είδη (*M. edulis* και *M. provincialis*), η καλλιέργεια του στρειδιού και της αχιβάδας υποστηρίζεται από δύο αλλόχθονα είδη (*C. gigas* και *R. philippinarum*). Άλλα είδη μαλακίων είχαν λιγότερο σημαντική παραγωγή, π.χ (*C. edule*) με 2.098 τόνους και το χτένι του Μεξικού (*Pecten maximus*) με 140 τόνους (Basurco & Lovatelli, 2003).

Σύμφωνα με έκθεση του FAO (2012) (Εικ.3), σημαντικό μέρος της παγκόσμιας καλλιέργειας των θαλάσσιων μαλακίων, ειδικά σε Ευρώπη και Αμερική, βασίζεται στα εισαχθέντα *R. philippinarum* και στο στρείδι του Ειρηνικού (*C. gigas*). Η Κίνα παράγει επίσης μεγάλες ποσότητες του στρειδιού του Ειρηνικού, του χτενιού (*Argopecten irradians*) και του χτενιού (*Petinopecten yessoensis*) (Duthie, 2010).



Εικόνα 3. Παγκόσμια καλλιέργεια οστρακοειδών (FAO, 2012).

Η καλλιέργεια μυδιών ξεπερνά το 80% όλων των θαλάσσιων υδατοκαλλιεργειών στην Ισπανία και το 95% στη Γαλλία. Στη Γαλλία αναπτύσσονται κυρίως τα είδη κυδωνιών *R. philippinarum* (1225 τόνοι), *R. decussates* (200 τόνοι) και *Venerupis pullastra* (150 τόνοι). Άλλα σημαντικά δίθυρα είναι το *C. edule* (900 τόνοι), το *O. edulis* (862 τόνοι) και το ιαπωνικό στρείδι *C. Gigas*. Το 2010 στη Γαλλία παρήχθησαν περίπου 194.000 τόνοι μαλακίων εκ των οποίων το 39% μύδια (*M. edulis* και *M. galloprovincialis*, οι 60.000 τόνοι ήταν από καλλιέργεια), το 59% στρείδια *C. gigas* (113.000 τόνοι) και 2% διάφορα (3.800 τόνοι) όπως το κυδώνι *C. edule*, αχιβάδα *R. philippinarum* και *R. decussates*, το χτένι *P. maximus* και το στρείδι *O. edulis* (Robert et al., 2013).

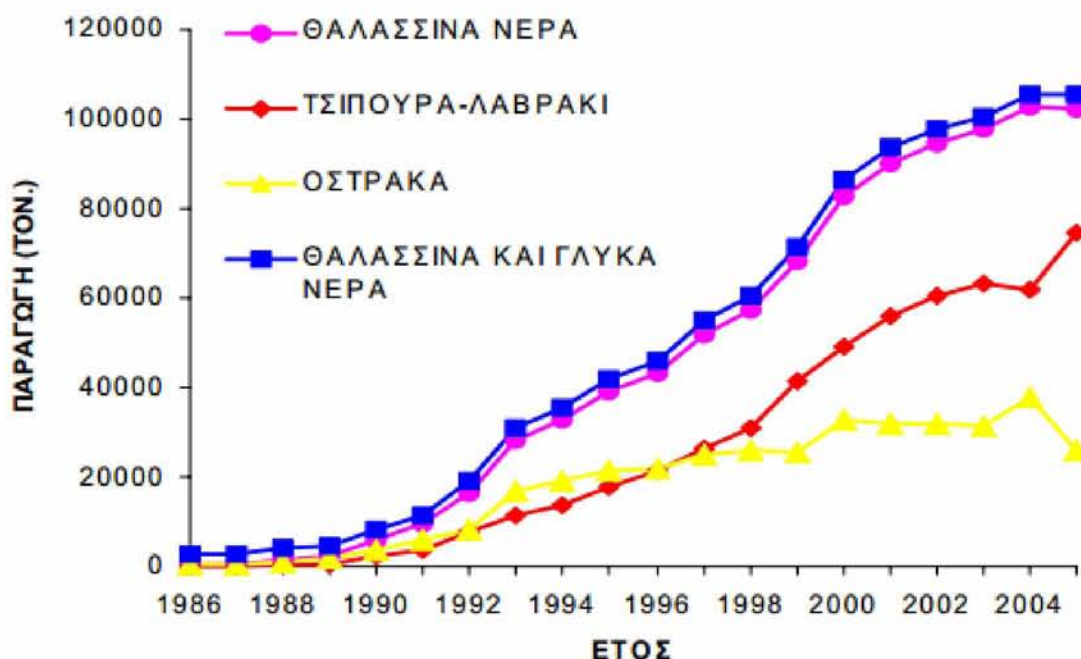
Στην Ολλανδία καλλιεργούνται τρία είδη δίθυρων οστρακοειδών: το μπλε μύδι *M. edulis* (38.000 τόνοι το 2011), το στρείδι του Ειρηνικού *C. gigas* (1.500 τόνοι το 2009) και το ευρωπαϊκό στρείδι *O. edulis* (100 τόνοι το 2009). Η κύρια μέθοδος παραγωγής είναι η καλλιέργεια στον θαλάσσιο πυθμένα. Τα μύδια παράγονται στο

δυτικό τμήμα της Θάλασσας Wadden στα βορειοδυτικά της χώρας και στις εκβολές του ποταμού Oosterschelde στα νοτιοδυτικά όπως και τα στρείδια (Robert et al., 2013).

Το 2014 σύμφωνα με έκθεση του FAO (2016), η Ευρώπη παρήγαγε μέσω οστρακοκαλλιέργειας 632.000 τόνους διθύρων μαλακίων με κύριες χώρες-παραγωγούς την Ισπανία (223.000 τόνους), τη Γαλλία (155.000 τόνους) και την Ιταλία (111.000 τόνους). Η καλλιέργεια διθύρων στην Κίνα το 2014 έφτασε περίπου τους 12 εκατομμύρια τόνους, 5 φορές μεγαλύτερη από την ποσότητα που παράγουν όλες οι υπόλοιπες χώρες του κόσμου μαζί. Άλλοι παραγωγοί διθύρων είναι η Ιαπωνία με παραγωγή 377.000 τόνους, η Δημοκρατία της Κορέας (347.000 τόνοι) και η Ταϊλάνδη (210.000 τόνοι). Επίσης αναφέρονται η Χιλή (246.400 τόνους), οι ΗΠΑ (160.050 τόνοι), το Βιετνάμ (198.900 τόνοι). Συνολικά, η παγκόσμια παραγωγή μαλακίων έφτασε το 2014 τους 16.113.200 τόνους (FAO, 2016).

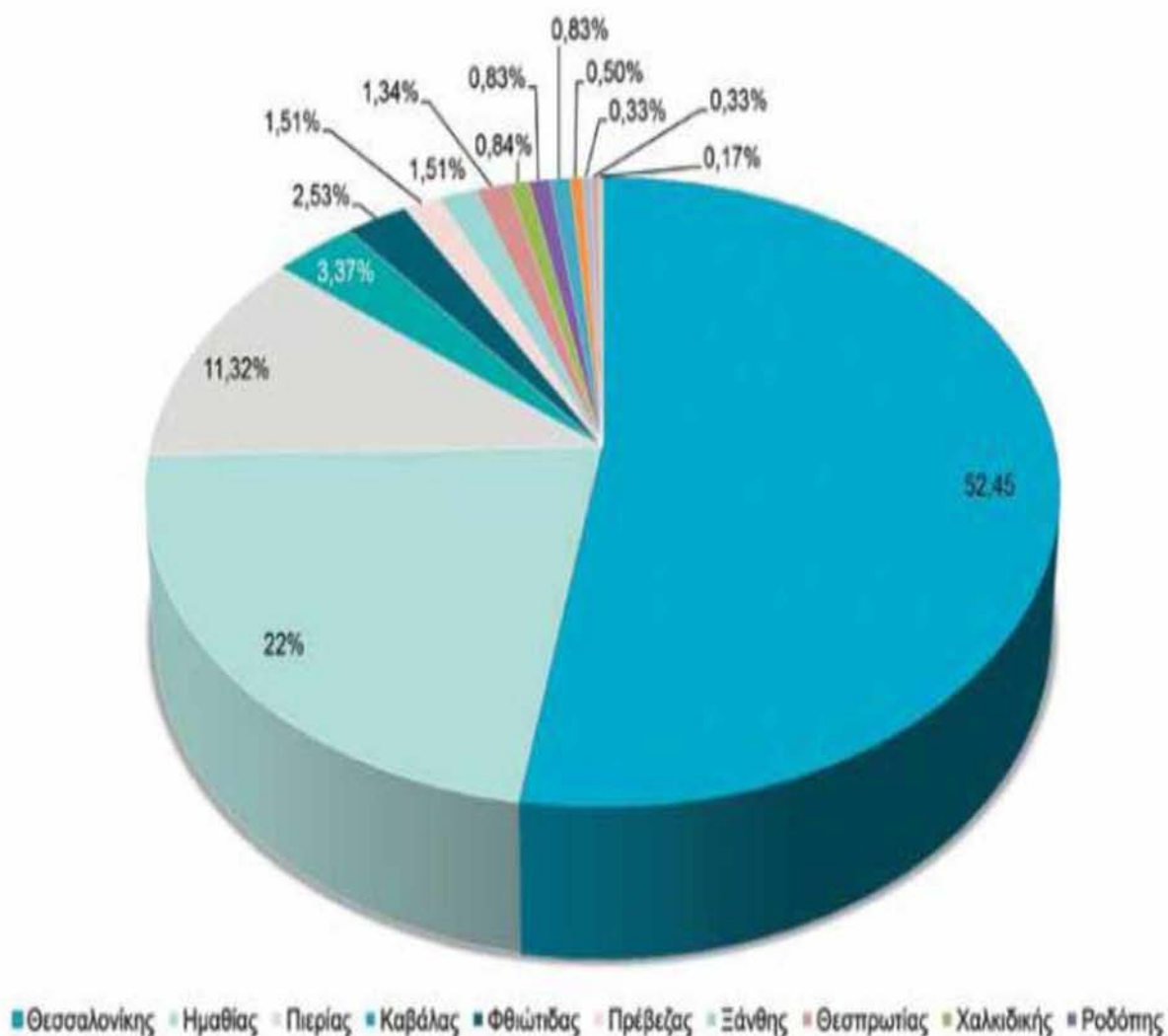
1.3 Οι οστρακοκαλλιέργειες στην Ελλάδα

Οι οστρακοκαλλιέργειες σε 577 παραγωγικές μονάδες στην Ελλάδα εμφάνισαν αύξηση από 32.550 το έτος 2000 σε 37.794 το 2004 (Εικ.4). Ωστόσο, το 2005 παρουσιάστηκε μείωση στους 26.066 τόνους σε 553 μονάδες που οφείλονταν σε παρουσία βιοτοξιγόνου πλαγκτού (Ε.Σ.Σ.Α.Α.Λ., 2007).



Εικόνα 4. Εξέλιξη υδατοκαλλιέργειών στην Ελλάδα (Ε.Σ.Σ.Α.Α.Λ., 2007).

Το 2015 οι μονάδες οστρακοκαλλιέργειας ανήλθαν στις 591 με συνολική ετήσια παραγωγή περίπου 23.000 τόνους. Τα μύδια αντιπροσωπεύουν το 16% της ποσότητας των καλλιεργούμενων ειδών (<https://www.wwf.gr/images/pdfs/AquacultureLow.pdf>). Το μεγαλύτερο ποσοστό (52,45%) των μονάδων οστρακοκαλλιέργειών βρίσκεται στον Ν.Θεσσαλονίκης και ακολουθούν οι Ν.Ημαθίας και Πιερίας με 22% και 11,32%, αντίστοιχα (Εικ.5).



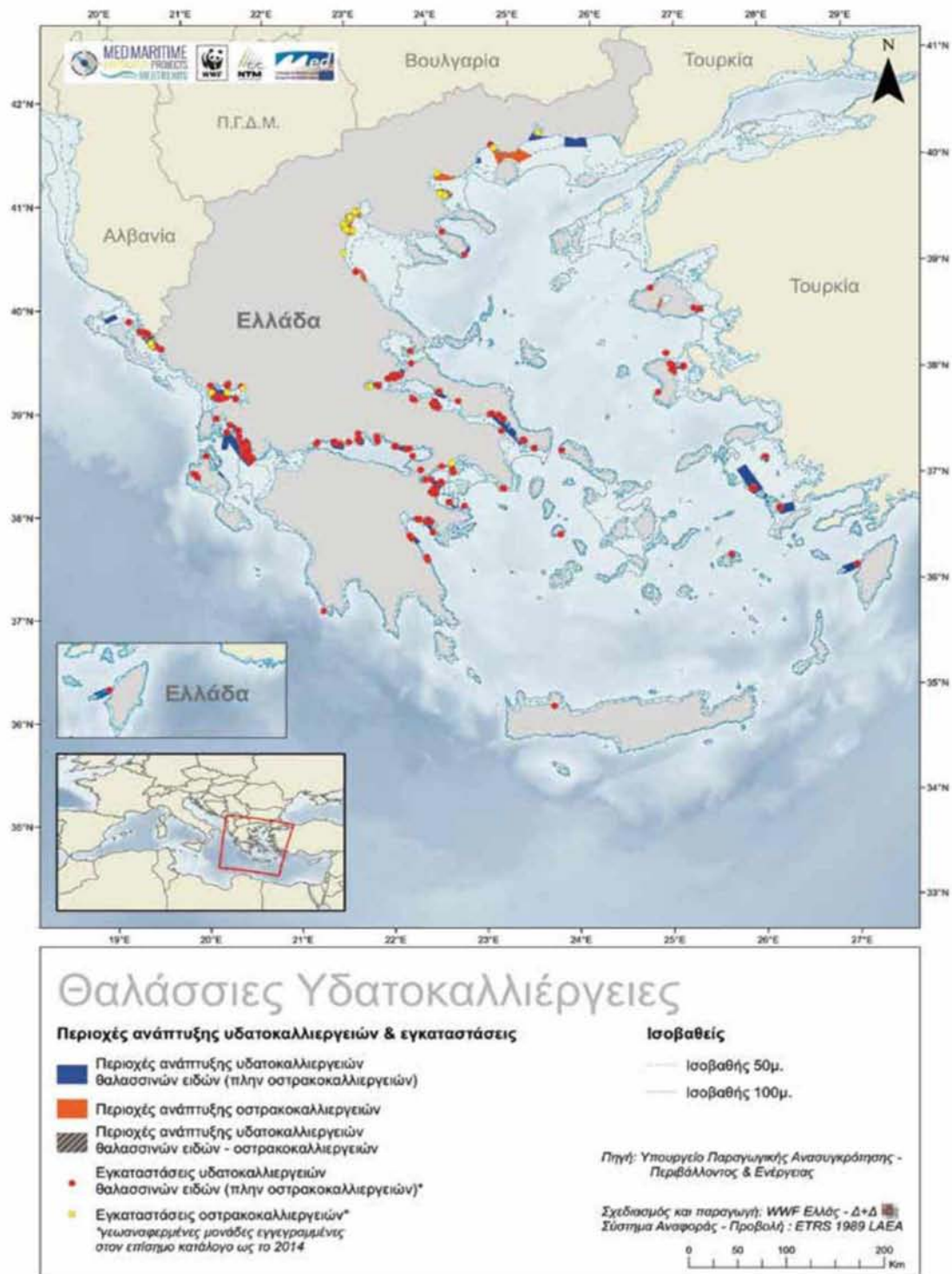
Εικόνα 5. Κατανομή των μονάδων οστρακοκαλλιέργειας στον ελλαδικό χώρο (<https://www.wwf.gr/images/pdfs/AquacultureLow.pdf>)

Οι περιοχές της Ελλάδας οι οποίες δραστηριοποιούνται στην οστρακοκαλλιέργεια είναι:

- Σαγιαδα-Καλαμάς (Θεσπρωτία)
- Σαλαμίνα (Αττική)
- Μέγαρα (Αττική)
- Μαλιακός Κόλπος (Φθιώτιδα)
- Μακρύγιαλος (Πιερία)
- Χαλάστρα-Επανωμή (Θεσσαλονίκη)
- Στόμιο (Λάρισα)
- Στρυμωνικός κόλπος-Κεραμωτή (Καβάλα)
- Γέρα-Λέσβου (Λέσβος)
- Βιστωνικός κόλπος (Ξάνθη-Ροδόπη)

http://www.opengov.gr/minenv/wpcontent/uploads/downloads/2011/03/PAR_ARTIMA-1.pdf):

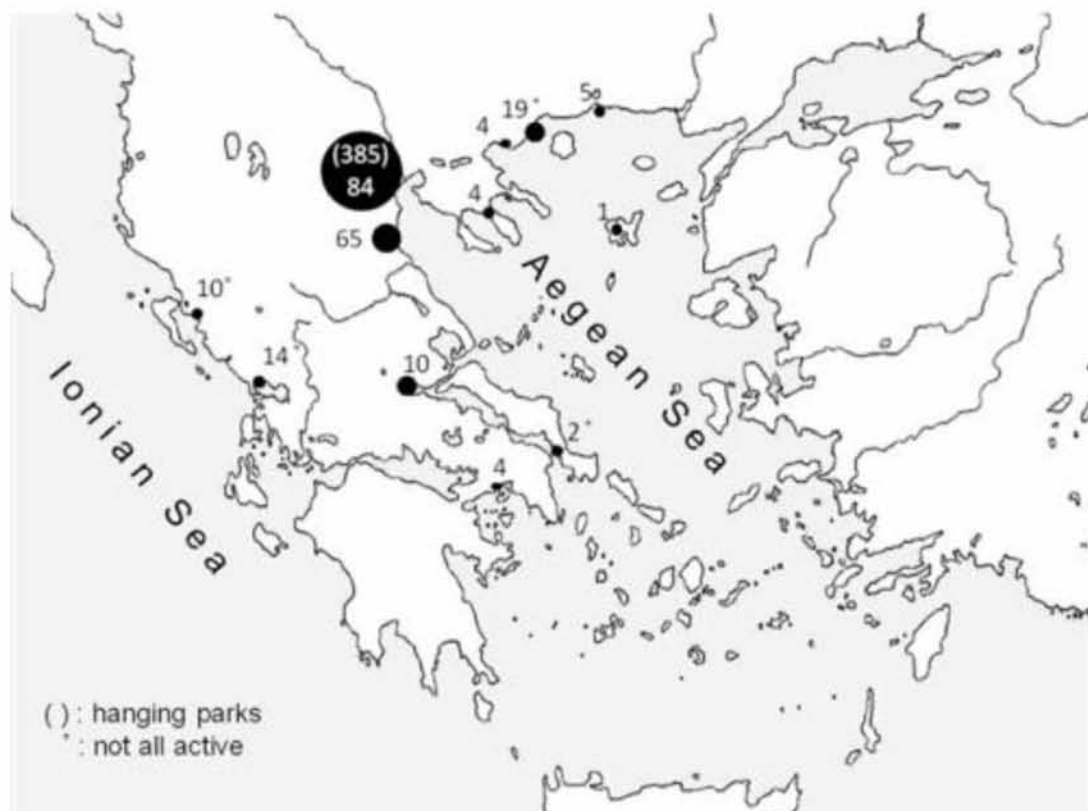
Στην Εικόνα 6 παρουσιάζονται οι μονάδες οστρακοκαλλιέργειας σε διάφορες περιοχές της χώρας.



Εικόνα 6. Περιοχές ανάπτυξης υδατοκαλλιεριγιών-οστρακοκαλλιεριγιών
(<https://www.wwf.gr/images/pdfs/AquacultureLow.pdf>)

Ειδικότερα, η εκτροφή των μυδιών έχει επεκταθεί κυρίως στο βόρειο τμήμα του Αιγαίου (Εικ.7). Το 90% των μονάδων εκτροφής βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου αντιπροσωπεύοντας το 80-90% του συνόλου. Αυτό είναι αποτέλεσμα της μοναδικής σύγκλισης αρκετών μεγάλων ποταμών, με ρεύματα που μετακινούν μεγάλους όγκους γλυκού νερού και συνεπώς παρέχονται σημαντικές ποσότητες θρεπτικών ουσιών που εξασφαλίζουν επιθυμητή υψηλή πρωτογενή παραγωγή (Theodorou et al., 2011).

Σχετικά νέες περιοχές ανάπτυξης μυδοκαλλιέργειας, μικρότερης μεταφορικής ικανότητας, είναι ο Μαλιακός κόλπος στο κεντρικό-δυτικό Αιγαίο και η ημίκλειστη περιοχή του Αμβρακικού κόλπου στην κεντρικο-δυτική Ελλάδα. Μικρές μονάδες βρίσκονται επίσης στον κόλπο του Σαρωνικού στην ανατολική Αττική και στη Σαγιάδα στο βορειοδυτικό Ιόνιο πέλαγος. Έχουν αναφερθεί προσπάθειες εκτροφής περιορισμένης ποσότητας (50-100 τόνοι) οστρακοειδών σε Φωκίδα, Λήμνο και Λέσβο (Theodorou et al., 2011).



Εικόνα 7. Περιοχές εκτροφής μυδιών στην Ελλάδα (Theodorou et al., 2011).

1.4 Εκτρεφόμενα είδη οστράκων

1.4.1 Στρείδι (*Ostrea edulis*)

Το *Ostrea edulis* είναι ένα δίθυρο μαλάκιο το οποίο έχει ωσειδές ή σε σχήμα αχλαδιού κέλυφος, με ακανθώδη εξωτερικά και λεία εσωτερικά επιφάνεια. Η αριστερή θυρίδα του μαλάκιου είναι κυρτή και η δεξιά είναι επίπεδη (Εικ.8). Οι εσωτερικές επιφάνειες των θυρίδων είναι απόχρωσης λευκής ή μπλε-γκρι με περιοχές σκούρας απόχρωσης μπλε. Οι θυρίδες συγκρατούνται στα άκρα μεταξύ τους με ένα ελαστικό σύνδεσμο. Ένας μεγάλος κεντρικός μυς χρησιμεύει για το κλείσιμο των θυρίδων ενάντια στην έλξη του συνδέσμου. Το κέλυφος είναι κρεμώδους, κιτρινωπής ή λευκής απόχρωσης με ομόκεντρες λωρίδες καφέ ή μπλε απόχρωσης στη δεξιά θυρίδα. Το όστρακο εμφανίζει μεγάλη σκληρότητα σε συνθήκες υψηλής αλατότητας ενώ η σκληρότητά του μειώνεται σε χαμηλές τιμές αλατότητας. Το *O. edulis* εμφανίζεται από την ακτογραμμή της Νορβηγίας μέχρι τα νερά του Μαρόκου, στη λεκάνη της Μεσογείου και στον Εύξεινο Πόντο. Το στρείδι μπορεί να φτάσει σε μέγεθος τα 20 cm και η ηλικία του τα 20 έτη και άνω (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012; http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ostrea_edulis/en).

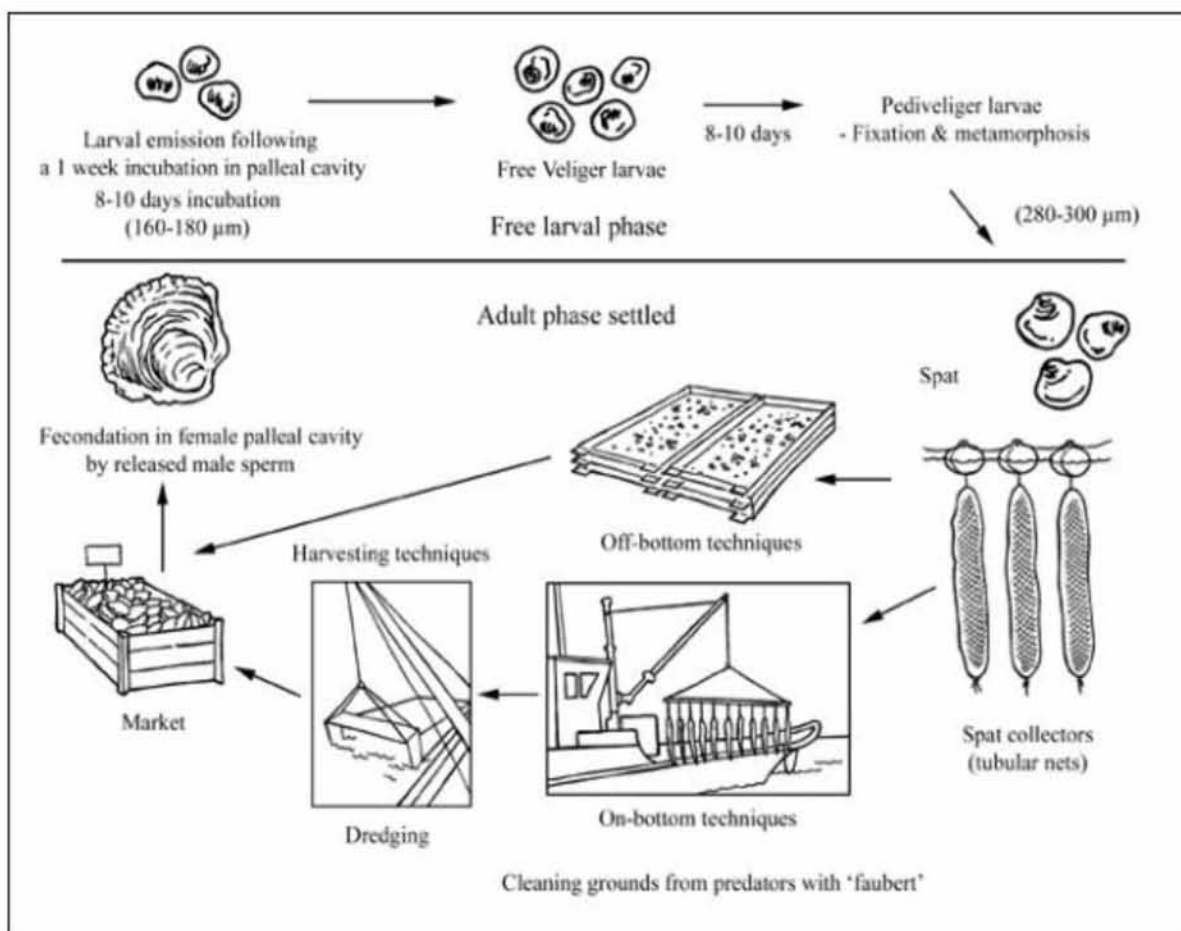


©Francis Kerckhof/RBINS

Εικόνα 8. *Ostrea edulis* (OSPAR, 2009).

Το *O. edulis* είναι ένας πρωτανδρικός ερμαφρόδιτος οργανισμός, που αλλάζει φύλο δύο φορές κατά τη διάρκεια της εποχής. Τα στρείδια λειτουργούν ως αρσενικά στην αρχή της ωοτοκίας και αργότερα μετατρέπονται σε θηλυκά και αντίστροφα. Στην Ισπανία απαιτείται θερμοκρασία ωοτοκίας 12-13 °C για την αναπαραγωγή ενώ στα νορβηγικά φιορδ η θερμοκρασία ανέρχεται στους 25 °C και στη Γαλλία μεταξύ 14 και 16 °C. Η ωοτοκία πραγματοποιείται μέσα στην κοιλότητα του οστράκου και τα ωάρια γονιμοποιούνται από τα σπερματοζώαρια ενός άλλου ατόμου που απελευθερώνονται στο θαλάσσιο περιβάλλον και στη συνέχεια μεταφέρονται στο εσωτερικό του οστράκου με τις κινήσεις των θαλάσσιων ρευμάτων (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012; http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ostrea_edulis/en).

Για την εκτροφή των στρειδιών εφαρμόζονται πολλές μέθοδοι (Εικ.9), οι οποίες εξαρτώνται από τις υπάρχουσες τοπικές συνθήκες. Τα καλύτερα αποτελέσματα δίνουν οι αιωρούμενες καλλιέργειες (μέθοδος της σχεδίας, μέθοδος των μακριών γραμμών “long line”, μέθοδος των αιωρούμενων δίσκων και καλαθιών, μέθοδος του πάρκου) (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).



Εικόνα 9. Παραγωγικός κύκλος του *O. edulis* (http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ostrea_edulis/en)

Η εκτροφή στον θαλάσσιο πυθμένα χρησιμοποιείται ακόμη στη Γαλλία και στην Ολλανδία αλλά στη χώρα μας έχει σχεδόν εγκαταλειφθεί. Τα νεαρά στρείδια ηλικίας ενός έτους τοποθετούνται τον Μάιο ή Ιούνιο σε σάκους ή δίσκους και γίνεται απόθεσή τους στον βυθό. Προϋπόθεση είναι να αποτελείται ο βυθός από κροκάλες ή σκληρή άμμο, διότι με την παρουσία ιλύος τα στρείδια μπορεί να καταστραφούν καθώς θάβονται, όπως επίσης να υπάρχουν συνθήκες ικανής ποσότητας φωτός ώστε να έχουν πρόσβαση στο φυτοπλαγκτόν με το οποίο τρέφονται. Τα στρείδια παραμένουν για εκτροφή περίπου 2-3 χρόνια λόγω φόβου προσβολής από το παράσιτο *Bonamia ostreae* που προσβάλλει οργανισμούς άνω των τριών ετών. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει χαμηλή παραγωγικότητα με χαμηλό κόστος (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

Η εκτροφή σε επιπλέουσες εγκαταστάσεις είναι μία επιτυχημένη μέθοδος στην οποία τα στρείδια προσκολλώνται σε σκοινιά (Εικ.10) ή τοποθετούνται σε καλάθια που κρέμονται από σχεδίες ή μακριές γραμμές σκοινιών (long line) που επιπλέουν στη μεσοαιγαλίτιδα ζώνη όπου αφενός υπάρχει μεγαλύτερη παραγωγή φυτοπλαγκτού και αφετέρου κατάλληλη κινητικότητα των θαλάσσιων νερών με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη μεταφορά των φυτικών οργανισμών που αποτελούν τροφή για τα στρείδια (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).



Εικόνα 10. Νεαρά άτομα στρειδιών σε σκοινιά (Duthie, 2010).

Η μέθοδος αυτή πλεονεκτεί σε σχέση με τις άλλες μεθόδους διότι:

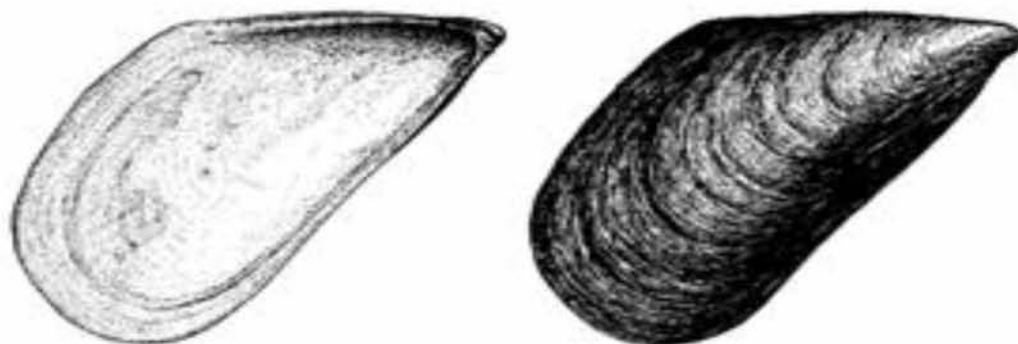
- Γίνεται μεταφορά μεγαλύτερης ποσότητας τροφής λόγω θαλασσίων ρευμάτων.
- Επιτρέπει την αξιοποίηση της περιοχής ανεξάρτητα από τη μορφή του πυθμένα.
- Είναι εύκολη η διαδικασία της αραίωσης, ελέγχου και συγκομιδής των στρειδιών.
- Τα νερά της μεσοαιγαίτιδας ζώνης είναι πιο καθαρά από τα νερά των αβαθών παράκτιων περιοχών όπου λαμβάνουν χώρα και άλλου είδους δραστηριότητες όπως οι γεωργικές που ρυπαίνουν το περιβάλλον λόγω χρήσης λιπασμάτων.
- Υπάρχει προστασία των στρειδιών από τους θηρευτές τους.

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει κάθετες δοκούς μπηγμένες στο πάρκο ή πλωτήρες που συγκρατούν τα μακριά σκοινιά ή τις σχεδίες. Ο αριθμός των πλωτήρων που συγκρατούν τα σκοινιά αυξάνει ανάλογα με το βάρος των στρειδιών. Από τους πασσάλους, τα σκοινιά ή τις σχεδίες στερεώνεται το κεντρικό σκοινί παράλληλα προς την επιφάνεια της θάλασσας και σε βάθος 1-1,5 m. Από αυτό το κεντρικό σχοινί, κρεμιούνται σχοινιά ή νήματα πάνω στα οποία είναι κολλημένα τα στρείδια ή τα καλάθια ή οι δίσκοι μέσα στα οποία τοποθετούνται τα προς εκτροφή στρείδια. Η απόσταση μεταξύ των καλάθιων ή των δικτύων εξαρτάται από το μέγεθος των εκτρεφόμενων στρειδιών, καθώς και από την πυκνότητα τοποθέτησής τους (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

1.4.2 Μύδι (*Mytilus galloprovincialis*)

Τα μύδια αναπτύσσονται στην υποτροπική ζώνη τόσο του βορείου όσο και του νοτίου ημισφαιρίου στις εκβολές ποταμών καθώς τροφοδοτούνται με τους απαραίτητους φυτικούς οργανισμούς που αποτελούν την τροφή τους (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012). Το γένος *galloprovincialis* (Εικ.11) απαντάται στις βόρειες και δυτικές ευρωπαϊκές ακτές καθώς και στη Μεσόγειο. Η παρουσία του είναι αφθονη

στην παλιρροϊκή ζώνη και προτιμά τα αλμυρά ή υφάλμυρα νερά προσκολλώντας στις βραχώδεις επιφάνειες με τη βύσσο του (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

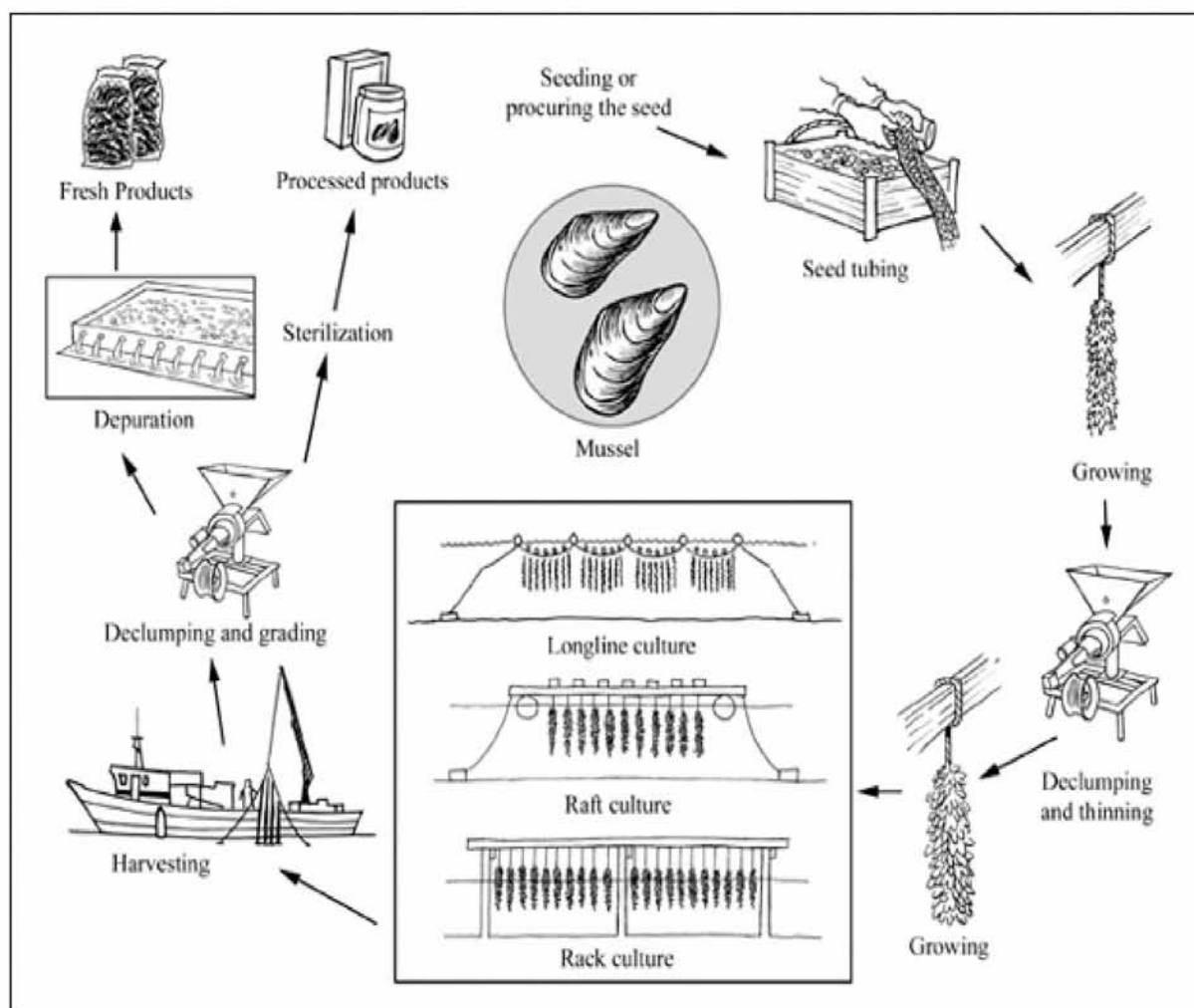


Εικόνα 11. Εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια του μυδιού *M. galloprovincialis* (http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mytilus_galloprovincialis/en)

Τα μύδια είναι γονοχωριστικά και μέσω της διήθησης του θαλασσινού νερού γίνεται κατακράτηση των αιωρούμενων σωματιδίων φυτοπλαγκτού, δινομαστιγιωτών μεγέθους έως 5 μm, καθώς και άλλων αιωρούμενων μικροοργανισμών από τη στήλη του θαλασσινού νερού (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012). Ένα μύδι μήκους 5 cm μπορεί να φιλτράρει περίπου 5 λίτρα την ώρα και η πέψη πραγματοποιείται σε αδένα καστανοπράσινης απόχρωσης που βρίσκεται στο κέντρο της σάρκας. Τα μύδια παράγουν εκατομμύρια αυγα, χάνοντας σημαντικό ποσό από το αποθεματικό τους γλυκογόνο. Τα γονιμοποιημένα αυγά εξελίσσονται σε προνύμφη και έπειτα σε νυμφικό στάδιο «Veliger». Οι νύμφες μετά από τροφοδοσία τους με φυτοπλαγκτόν για τέσσερις εβδομάδες, αναπτύσσουν ένα μικρό πόδα που τους επιτρέπει την κίνηση και αφού έλθουν στο επόμενο στάδιο (pediveligers) μπορούν με την παραγόμενη βύσσο να προσκολλώνται στις επιφάνειες. Μετά τη μεταμόρφωση σε νύμφες μετασχηματίζονται σε νεαρά άτομα (spats) και είναι σε θέση να προσκολλώνται και να αποκολλώνται από τις επιφάνειες (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012; Picker & Griffiths, 2011).

Όλες οι μέθοδοι εκτροφής μυδιών είναι εκτατικές καθώς δεν προσφέρεται τροφή στα εκτροφόμενα μύδια. Στόχος είναι η μεγαλύτερη αξιοποίηση του υπάρχοντος θαλάσσιου φυτοπλαγκτόν για την παραγωγή καλύτερης ποιότητας μυδιού το

συντομότερο δυνατό. Οι μέθοδοι εκτροφής συνίστανται στις εκτροφές σε βάσεις στήριξης και στις εκτροφές σε πλωτές κατασκευές με τις υποκατηγορίες τους (Εικ.12) (Theodorou et al., 2011; Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).



Εικόνα 12. Παραγωγικός κύκλος του μυδιού *M. Galloprovincialis* (http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mvtilus_galloprovincialis/en).

Οι εκτροφές σε βάσεις στήριξης αποτελούν τις αρχικές κατασκευές καθώς είναι εύκολο να τοποθετηθούν τα μύδια επάνω τους και να αποφευχθεί η προσέγγιση των θηρευτών. Οι μέθοδοι που ακολουθούνται σε αυτό τον τύπο εκτροφής είναι η μέθοδος “Bouchot”, οι πασσαλωτές εκτροφές και οι εκτροφές στον θαλάσσιο πυθμένα (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

Στη μέθοδο “Bouchot” (Εικ.13), πάσσαλοι βελανιδιάς διαμέτρου 15-20 cm και μήκους 3 m τοποθετούνται σε σειρά κάθετα στην ακτή σε απόσταση 35-40 cm μεταξύ τους αφού βυθιστούν σε βάθος 1 m στον λασπώδη πυθμένα. Τα μύδια έπειτα

τοποθετούνται σε διχτυωτά πλέγματα πάνω στους πασσάλους. Είναι αναγκαία η αραίωση, καθώς λόγω ταχείας ανάπτυξης των νεαρών μυδιών υπάρχει πιθανότητα αυτά να αποκολληθούν και να πέσουν στον βυθό (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).



Εικόνα 13. Εκτροφή μυδιών με τη μέθοδο Bouchot (<http://en.aquaculture.ifremer.fr/>)

Οι πασσαλωτές εκτροφές (Εικ. 14) αποτελούνται από πασσάλους τοποθετημένους στον βυθό οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους στο επάνω μέρος με οριζόντιες δοκούς δεμένες με σχοινιά, ώστε να προκύψει κατασκευή με μορφή ικριώματος. Οι οριζόντιες δοκοί απέχουν μεταξύ τους 5 m και βρίσκονται σε ύψος 1 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Από τα σχοινιά κρέμονται άλλα από τα οποία κρέμονται δίχτυα που περιέχουν τα εκτρεφόμενα μύδια (αρμαθίες). Τα δίχτυα βρίσκονται σε απόσταση 1 m από το βυθό ώστε να αποφεύγεται η επαφή των μυδιών με γαστερόποδα και άλλους οργανισμούς. Η εκτροφή ξεκινά τον Απρίλιο-Μάιο με τη μεταφορά των νεαρών ατόμων στις μονάδες εκτροφής. Σε ένα έτος η αρμαθιά ζυγίζει 40 kg και τα μύδια έχουν μήκος 5-6 cm. Με τη μέθοδο αυτή, σε μία εγκατάσταση 1000 m² μπορούν να παραχθούν 40 τόνοι μυδιών (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).



Εικόνα 14. Πασσαλωτές μυδοκαλλιέργειες (<http://axiosdelta.gr/>)

Οι εκτροφές στον θαλάσσιο πυθμένα (Ολλανδική μέθοδος) αποτελούν βιομηχανοποιημένη μέθοδο όπου τα νεαρά άτομα των μυδιών ρίχνονται στον βυθό στον οποίο υπάρχουν χαλίκια. Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την εκτροφή εξαιτίας των χαμηλών θερμοκρασιών. Πλεονέκτημα είναι το χαμηλό κόστος της.

Η εκτροφή σε πλωτές κατασκευές περιλαμβάνουν αυτή σε επιπέδουσες σχεδίες και τις μακριές γραμμές (long line).

Η εκτροφή σε πλωτές σχεδίες (ισπανική μέθοδος) (Εικ.15), περιλαμβάνει σχεδίες διαστάσεων 20x20 m από τις οποίες κρέμονται έως και 500 σχοινιά διαμέτρου 1,5 cm, μήκους 5-15 m με διάρκεια ζωής τα 10 έτη. Οι σχεδίες αυτές τοποθετούνται σε βάθος 15-30 m. Η συλλογή του γόνου γίνεται από τον Απρίλιο ως τον Μάιο. Οι εκτροφείς των μυδιών μπορούν να συγκεντρώσουν ως και 1500 kg σε μόλις τέσσερις ώρες. Τα νεαρά μύδια φθάνουν τα 100 mm σε λίγους μήνες. Η κάθε σχεδία, δεδομένου ότι έχει 500 σχοινιά και το καθένα από αυτά αποδίδει 120-150 kg μυδιών, συνολικά παράγονται 60.000-70.000 kg μυδιών. Λαμβάνοντας υπόψη ότι σε έκταση

10 στρεμμάτων βρίσκονται 10 σχεδίες, τότε παράγονται έως και 750 τόνοι μυδιών (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).



Εικόνα 15. Εκτροφή του *M. galloprovincialis* σε πλωτές σχεδίες

http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mvtilus_galloprovincialis/en

Η εκτροφή σε μακριές γραμμές (long line) είναι μία ευρέως εφαρμοζόμενη μέθοδος στην Ελλάδα. Οι μακριές γραμμές αποτελούνται από πλωτήρες που συγκρατούν οριζόντια στη θαλάσσια επιφάνεια ένα ή περισσότερα χονδρά σχοινιά. Σε πολλές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται διπλές ή και τριπλές γραμμές με δύο ή τρία παράλληλα χονδρά σκοινιά σε σταθερή απόσταση μεταξύ τους με τη βοήθεια κυλινδρικών οδηγών που επιπλέουν στην επιφάνεια της θάλασσας. Τα σκοινιά έχουν μήκος 100-250 m και βρίσκονται στη θαλάσσια επιφάνεια ή σε βάθος 1-2 m από αυτή. Από το σχοινί κρέμονται άλλα μικρότερα, κάθετα στη θαλάσσια επιφάνεια, που φέρουν τα δίχτυα μέσα στα οποία τοποθετούνται τα μύδια (αρμαθίες). Οι μακριές γραμμές διακρίνονται σε επιφανειακές, αιωρούμενες και υποβρύχιες (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

Η επιφανειακή μακριά γραμμή περιλαμβάνει το κύριο σχοινί (μάννα), έχει διάμετρο 40-50 mm και μένει παράλληλα στη θαλάσσια επιφάνεια με τη βοήθεια πλωτήρων ή

αιωρείται σε συγκεκριμένο βάθος. Η απόσταση μεταξύ των συστοιχιών των μακριών γραμμών δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το πλάτος του πλωτού μέσου που περνά ανάμεσά τους. Το ύψος της αρμαθιάς φτάνει τα 2-3 m και πρέπει να βρίσκεται τουλάχιστον 4 m από τον πυθμένα ώστε να μη μπορούν να πλησιάσουν θηρευτές. Η απόδοση της μεθόδου είναι πολύ ικανοποιητική με 8-10 τόνους για μία μακριά γραμμή των 100 m, αν και δεν είναι σταθερή λόγω μεταβαλλόμενων συνθηκών (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

Σε περιπτώσεις που οι ταχύτητες των ρευμάτων υπερβαίνουν τα 1,5-2 m/sec και το ύψος των κυμάτων τα 8-10 m, δεν μπορεί να εφαρμοστεί η προηγούμενη μέθοδος και έτσι κατασκευάζονται ειδικές εγκαταστάσεις και αναπτύσσονται οι υποβρύχιες εκτροφές. Μία τέτοια περιοχή με αυτές τις συνθήκες είναι η Languedoc-Rousillon της Γαλλίας όπου αναπτύχθηκαν εγκαταστάσεις σε βάθος 5-7 m. Το συνολικό μήκος της μακριάς γραμμής είναι 250 m αν συνυπολογιστεί το μήκος των αγκυρώσεων. Η παραγωγικότητα μια υποβρύχιας μακριάς γραμμής φθάνει τα 10-15 kg/m συμπεριλαμβανομένων και των νεαρών μυδιών που έχουν προσκολληθεί (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

Η τελευταία μέθοδος εκτροφής του *M. galloprovincialis* είναι η εκτροφή σε δίσκους ή πλαστικούς ιμάντες στις μακριές γραμμές, η οποία προτιμάται σε περιπτώσεις όπου τα είδη των οστράκων δεν έχουν τη δυνατότητα επανασύνδεσής τους με την επιφάνεια του σταθερού υποστρώματος μέσω της βύσσου, μετά την αποκόλλησή τους. Η εκτροφή πραγματοποιείται αφού τα μύδια τοποθετηθούν στους δίσκους και αυτοί σε διάτρητο πλαστικό δοχείο ώστε να μη μετακινούνται κατά τις αναταράξεις από τα κύματα. Τα διάτρητα πλαστικά δοχεία αναρτώνται από σχεδίες ή μακριές γραμμές με τη βοήθεια συστημάτων ανάρτησης. Τα πλαστικά πλέγματα ανασύρονται από γερανούς για περιοδικό έλεγχο. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η πλήρης αξιοποίηση της κατακόρυφης υδάτινης στήλης μέχρι το μέγιστο βάθος χωρίς να κινδυνεύουν τα μύδια από θηρευτές όπως αστερίες, γαστερόποδα και καβούρια. Η εγκατάσταση αυτών των μονάδων εκτροφής γίνεται σε μικρή απόσταση από την ακτή όπου τα βάθη είναι μικρά και μπορεί να διεισδύσει η ηλιακή ακτινοβολία που είναι πηγή ζωής για το φυτοπλαγκτό, την τροφή των μυδιών. Μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η αδυναμία ελέγχου των ασθενειών των οργανισμών και ο κίνδυνος καταστροφής των εγκαταστάσεων λόγω των σφοδρών κυμάτων. Για αυτό το λόγο επιλέγονται περιοχές υπήνεμες (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

2. ΟΣΤΡΑΚΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

2.1 Επιπτώσεις οστρακοκαλλιεργειών στην υδάτινη στήλη

Τα οστρακοειδή είναι διηθηματοφάγοι οργανισμοί και αφαιρούν από το υδάτινο περιβάλλον οργανικό υλικό, πλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν καθώς και βακτήρια και αιωρούμενα στερεά. Κάθε μύδι μπορεί να διηθεί 2 έως και 5 l θαλασσινού νερού σε μία ώρα. Αυτές οι ποσότητες εάν αναχθούν στην εκτροφή με τη μέθοδο της ισπανικής σχεδίας, σημαίνει ότι ένα σκοινί μήκους 10 m στο οποίο είναι αναρτημένα 120 ως 150 kg διθύρων και συγκεκριμένα μυδιών, διηθεί περίπου 90.000 l την ημέρα και το σύνολο της σχεδίας 70 εκατ. l θαλασσινού νερού. Η μείωση του φυτοπλαγκτού και των αιωρούμενων στερών ουσιών του θαλασσινού νερού κατά τη δίοδο μέσα από το «δάσος» των σκοινιών στο οποίο προσδένονται τα εκτρεφόμενα όστρακα κυμαίνεται από 35 έως 40% (Κλαουδάτος και Κλαουδάτος, 2012). Σύμφωνα με τον Figueras; (1989) τα μύδια μιας σχεδίας της ισπανικής μεθόδου με παραγωγή 600 τόνους το χρόνο απορροφούν περί τους 180 τόνους φυτοπλαγκτού και αποθέτουν στον θαλάσσιο πυθμένα περί τους 100 τόνους παραπροϊόντων στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Η μέση συγκέντρωση του αζώτου και του φωσφόρου στη σάρκα των μυδιών βρέθηκε ότι είναι 1.4% και 0,14%, αντίστοιχα, που αν αναχθεί σε ένα τόνο μυδιών αντιστοιχεί σε 14 kg αζώτου και 1,4 kg φωσφόρου. Αυτό σημαίνει ότι (αν και οι αποδόσεις των διαφόρων μεθόδων εκτροφής δεν είναι ίδιες, αλλά για τις εκτροφές στις μεσογειακές χώρες κυμαίνονται από 40 ως 100 τόνους ανά στρέμμα,) κατά τη συγκομιδή αφαιρούνται από κάθε στρέμμα θαλάσσιας έκτασης 560 έως 1400 kg φωσφόρου. Αυτή η αφαίρεση αζώτου και φωσφόρου από τα εκτρεφόμενα μύδια συντελεί στη δημιουργία ενός απαλλαγμένου θαλάσσιου περιβάλλοντος από θρεπτικά συστατικά και είναι πολύ θετική για την διατήρηση της καλής ποιότητας των νερών ενός οικοσυστήματος (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

Η εκτροφή των οστρακοειδών γενικότερα συμβάλλει στην αρμονική ισορροπία του οικοσυστήματος, ειδικά στην περίπτωση δημιουργίας ευτροφισμού (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

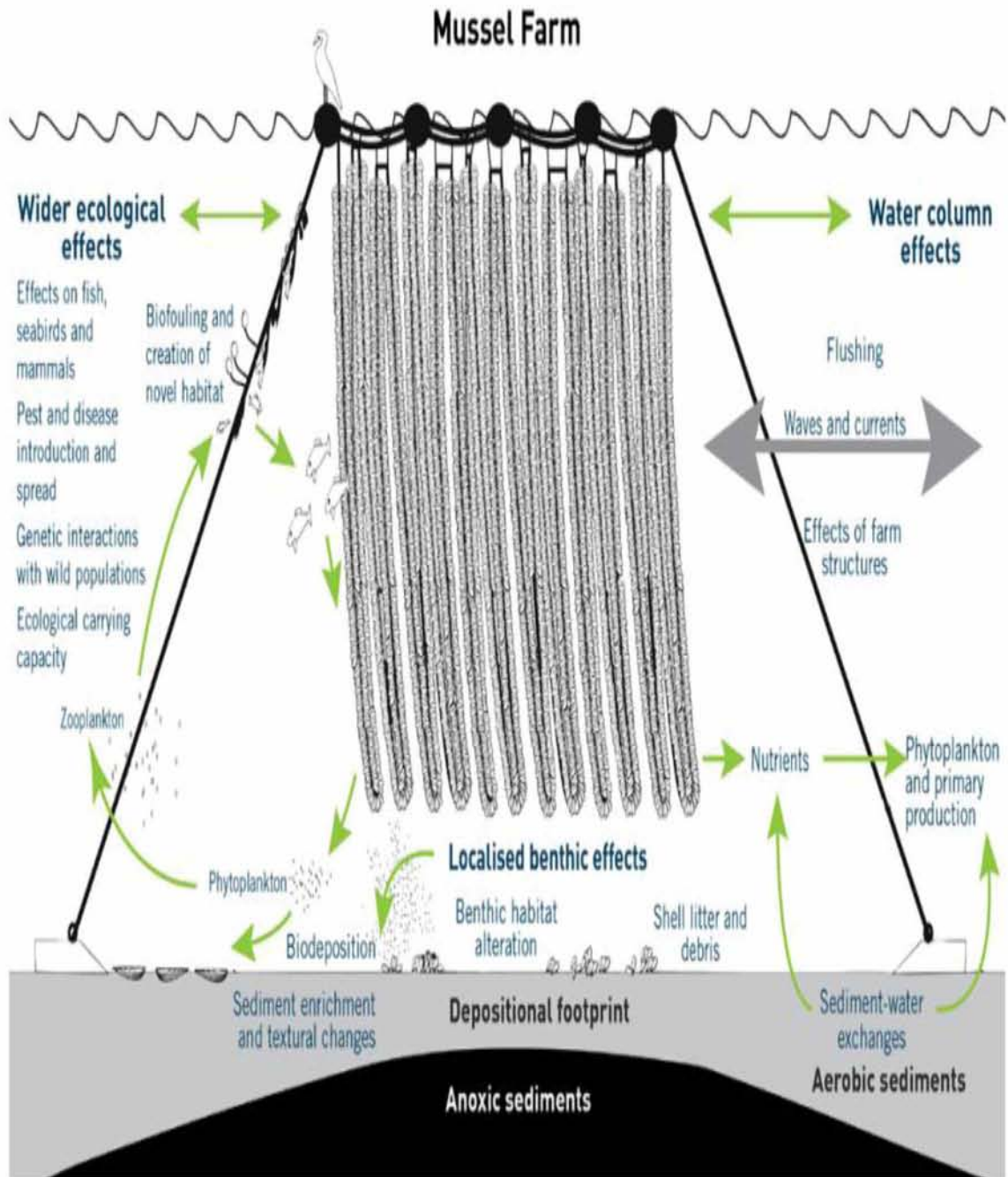
Η εκτροφή των διθύρων μαλακίων έχει ευεργετική δράση στο θαλάσσιο οικοσύστημα με την προϋπόθεση να τηρούνται ορισμένοι κανόνες για την αποφυγή εμφάνισης δυσμενών επιπτώσεων και κυρίως του φαινομένου του ευτροφισμού, που

με μεγάλη συχνότητα εμφανίζεται στις παράκτιες και παραθαλάσσιες αβαθείς περιοχές, όπου και πραγματοποιείται η εκτροφή τους (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

Τα δίθυρα επιδρούν στην υδάτινη στήλη μέσω της διήθησης και της τροποποίησης του κύκλου των θρεπτικών και έχουν την ικανότητα να μεταβάλλουν τους πληθυσμούς του φυτοπλαγκτού. Μπορούν να ρυθμίζουν την αφθονία του σε ρηχά νερά και να μειώνουν την ανάπτυξή του. Η μειωμένη θολερότητα λόγω της εκτροφής των διθύρων μπορεί να αυξήσει τη διαπερατότητα του φωτός, που αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη άλλων ειδών όπως είναι τα φύκη. Το πικοπλαγκτόν ευνοείται από τα θερμότερα νερά και από τις μεταβολές της αφθονίας σε οργανικό και ανόργανο άζωτο και καταναλώνεται λιγότερο από τα δίθυρα, σε αντίθεση με το νανοπλαγκτόν. Επομένως, κατά τη διάρκεια των θερμότερων εποχών, με τη βοήθεια των διθύρων, το πικοπλαγκτόν γίνεται περισσότερο άφθονο απ' ότι μεγαλύτερα είδη (Gallardi, 2014).

Οι επιδράσεις των διθύρων στον κύκλο των θρεπτικών περιλαμβάνουν μεταβολές στην κατανομή του αζώτου, ιδίως με τη μορφή του αμμωνίου (NH_4^+), την απομάκρυνση του φωσφόρου μέσω της βιοαποδόμησης και την ανακύκλωση του πυριτικού άλατος με την μεταφορά του από την υδάτινη στήλη στο ίζημα. Το αμμώνιο που εκκρίνεται από τα δίθυρα είναι άμεσα διαθέσιμο για πρωτογενή παραγωγή. Ως εκ τούτου, τα δίθυρα έχουν θετική επίδραση στην πρωτογενή παραγωγή αυξάνοντας την κυκλοφορία του αζώτου στην υδάτινη στήλη. Τα δίθυρα όπως είναι τα μύδια, μπορούν να συσσωρεύσουν ορισμένα μέταλλα όπως ο χαλκός στα ψευδοπεριττώματά τους. Η έκταση στην οποία ο συνολικός αριθμός των θρεπτικών και η πρωτογενής παραγωγή δέχονται επίδραση από τα δίθυρα εξαρτάται από την αφθονία τους, την τοποθεσία καθώς και από το χρόνο παραμονής (Dimitriou et al., 2015; Gallardi, 2014).

Οι επιπτώσεις της εκτροφής των οστρακοειδών στην υδάτινη στήλη είναι λιγότερο καθορισμένες από ότι για τον πυθμένα, διότι είναι δυσκολότερο να προσδιοριστούν ποσοτικά (Εικ.16). Η υδάτινη στήλη είναι ένα εξαιρετικά δυναμικό περιβάλλον που ποικίλλει σημαντικά στον χώρο και στον χρόνο, λόγω της πολύπλοκης υδροδυναμικής και των χημικών και βιολογικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα σε αυτή. Αυτή η πολυπλοκότητα συνδέεται περαιτέρω με τον τρόπο με τον οποίο οι φυσιολογικές διεργασίες των οστρακοειδών αλληλεπιδρούν με το υδάτινο περιβάλλον (Keeley et l., 2009).

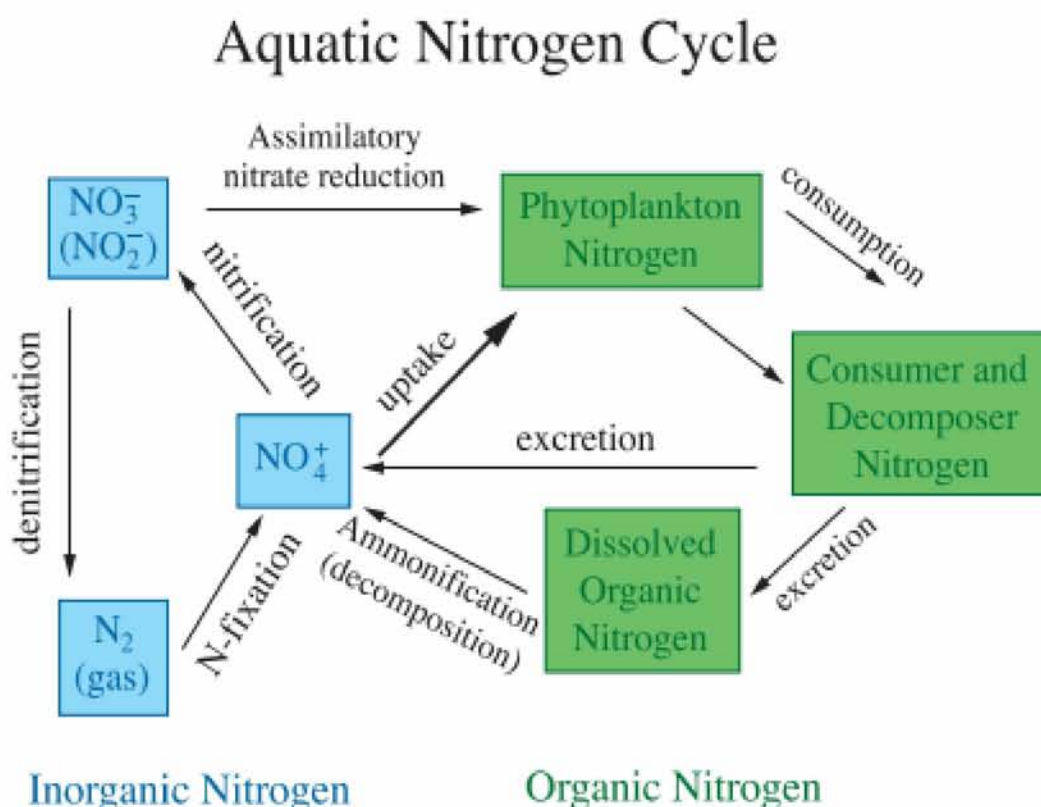


Εικόνα 16. Επιπτώσεις της εκτροφής μυδιών και άλλων οστρακοειδών στην υδάτινη στήλη και στο βένθος (Keeley et al., 2009).

2.1.1 Επιδράσεις στη χημεία των θρεπτικών

Τα μύδια καθώς και άλλα οστρακοειδή επελευθερώνουν διαλυμένες μορφές του αζώτου (π.χ. αμμώνιο) απευθείας στην υδάτινη στήλη ως μεταβολικά απόβλητα. Οι συγκεντρώσεις αζώτου στην υδάτινη στήλη μπορεί επίσης να αυξηθούν λόγω της

αύξησης του ρυθμού βενθικής αποδόμησης κάτω από τις εγκαταστάσεις εκτροφής (δηλ. της μικροβιακής διάσπασης των βιοαποθεμάτων των μυδιών στην επιφάνεια των ιζημάτων και της ροής του αμμωνίου στην υδάτινη στήλη). Αυτή η επιταχυνόμενη ανακύκλωση του οργανικού αζώτου στα αιωρούμενα οργανικά και ανόργανα σωματίδια (seston), παρέχει ένα μηχανισμό ανάδρασης ο οποίος μπορεί να διεγείρει περαιτέρω παραγωγή φυτοπλαγκτού αντισταθμίζοντας την εξάντληση του seston. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο απαιτούμενος χρόνος διπλασιασμού των κυττάρων για τα περισσότερα είδη φυτοπλαγκτού είναι μεγαλύτερος από μία ημέρα, οποιαδήποτε απόκριση θα μπορούσε να συμβεί εκτός της άμεσης περιοχής ανάπτυξης, επιτρέποντας επαρκή χρόνο ανάμιξης για τη μείωση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών σε επίπεδα περιβάλλοντος (Εικ.17) (Keeley et al., 2009).



Εικόνα 17. Υδατικός κύκλος του αζώτου (Rice, 2008)

Το ανόργανο άζωτο θεωρείται γενικά περισσότερο περιοριστικό σε εύκρατα παράκτια ύδατα από ό,τι άλλα θρεπτικά συστατικά που ενισχύουν την παραγωγή φυτοπλαγκτού. Η ποσότητα του αζώτου που απομακρύνεται από την περιοχή

ανάπτυξης των μυδιών μέσω της συγκομιδής είναι μικρή σε σχέση με την ποσότητα που απελευθερώνεται στο περιβάλλον ως ανακυκλούμενο άζωτο. Εν τούτοις, η ποσότητα που εξάγεται μέσω της συγκομιδής θα μπορούσε να είναι σημαντική σε περίπτωση που ο ρυθμός αναπλήρωσης από εξωτερικές πηγές θαλασσιών και γλυκών υδάτων είναι μειωμένος (Keeley et al., 2009).

Η διέλευση του νερού από μια εγκατάσταση εκτροφής μυδιών μπορεί να μεταβάλλει τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου. Το οξυγόνο καταναλώνεται μέσω της αναπνοής των μυδιών και των επικαθήμενων οργανισμών στις γραμμές εκτροφής. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να οξυνθεί με την αυξημένη κατανάλωση οξυγόνου από τους βενθικούς οργανισμούς λόγω εναπόθεσης και αποικοδόμησης των σωματιδιακών οργανικών υλικών κάτω από τις μονάδες εκτροφής (Keeley et al., 2009). Σε έρευνα των Moriki et al., (2008), έγινε αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εκτρεφόμενων μυδιών από 43 μονάδες (pole και long-line) της ευρύτερης περιοχής του κόλπου της Θεσσαλονίκης στην υδάτινη στήλη για την περίοδο Αυγούστου – Σεπτεμβρίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν την υψηλότερη τιμή φωσφορικών ($1,02 \mu\text{g-at P/l}$) στις μονάδες εκτροφής και τη χαμηλότερη ($0,01 \mu\text{g-at P/l}$) εκτός αυτών. Οι τιμές των φωσφορικών και της αμμωνίας βρέθηκαν αυξημένες στο μέγιστο βάθος, κοντά στον πυθμένα, ενώ οι μέσες τιμές των θρεπτικών ήταν ελαφρώς αυξημένες στις μονάδες εκτροφής σε αντίθεση με το σημείο δειγματοληψίας που βρίσκονταν μακριά από αυτές. Ωστόσο, οι τιμές των θρεπτικών ήταν μάλλον χαμηλές για την περιοχή εκτροφής. Φαίνεται ότι τα θρεπτικά αφαιρούνται από την υδάτινη στήλη ή κατά τη διάρκεια σχηματισμού στρωμάτωσης στην υδάτινη στήλη, οι εκτροφές απομονώνονται από τα θρεπτικά του πυθμένα. Η μεγάλη αύξηση της πυκνότητας των διθύρων μπορεί να μεταβάλλει τα πρότυπα κατανομής των θρεπτικών και της ανακύκλωσής τους. Οι χαμηλές τιμές του διαλυμένου οξυγόνου ($1,8-5,0 \text{ mg/l}$) χαρακτηρίζονται ως υποξία και μπορεί να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στους θαλάσσιους οργανισμούς (Moriki et al., 2008).

2.1.2 Επιδράσεις σε φυτοπλαγκτόν και αιωρούμενα σωματίδια

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκτροφής των μυδιών, τα αιωρούμενα σωματίδια τα οποία διηθούνται και καταναλώνονται πιο αποτελεσματικά από αυτά

έχουν μέγεθος που κυμαίνεται από 5-200 μm (Safi & Gibbs, 2003), ωστόσο μπορούν να κατακρατούνται και σωματίδια μεγέθους έως 600 μm (Zeldis et al., 2004). Στους οργανισμούς οι οποίοι καταναλώνονται από τα δίθυρα περιλαμβάνονται το φυτοπλαγκτόν, το ζωοπλαγκτόν (συμπεριλαμβανομένων των κωπηπόδων, των αυγών και των προνυμφών των ιχθύων και των ασπόνδυλων), τα πρωτόζωα, τα βακτήρια, η οργανική ύλη και το ανόργανο ίζημα. Κατα τη διάρκεια της διαδικασίας εκτροφής, τα μύδια καταναλώνουν επίσης οξυγόνο και απελευθερώνουν διαλυμένα θρεπτικά στο νερό. Έτσι, μπορεί να μεταβληθεί η σύσταση του νερού με διάφορους τρόπους, τόσο από την άποψη της ποσότητας και της σύστασης της σωματιδιακής ύλης όσο και των διαλυμένων θρεπτικών (Keeley et al., 2009).

Ο βαθμός με τον οποίο μία μονάδα εκτροφής οστρακοειδών απομακρύνει τα αιωρούμενα μικροσωματίδια από την υδάτινη στήλη, εξαρτάται από τον χρόνο έκπλυσης προς το ρυθμό με τον οποίο τα οστρακοειδή διηθούν και απομακρύνουν τα σωματίδια αυτά από το νερό. Η εισαγωγή πρόσθετης μονάδας οστρακοκαλλιέργειας σε μια περιοχή θα αυξήσει το ρυθμό απομάκρυνσης, τόσο μέσω της νέας μονάδας η οποία αυξάνει τον χρόνο έκπλυσης (λόγω της περαιτέρω μείωσης των ρευμάτων) όσο και της μείωσης του χρόνου διηθήσεως του νερού από τα όστρακα. Τα μύδια εκχυλίζουν λιγότερα σωματίδια από νερό που απορροφάται ταχύτερα από μία μονάδα εκτροφής διθύρων. Σε περίπτωση σημαντικού περιορισμού της διαθέσιμης τροφής, τα εκτρεφόμενα μύδια μπορεί θεωρητικά να μην είναι ικανά να ανταγωνιστούν άλλους θηρευτές (ζωοπλαγκτόν και βενθικά οστρακοειδή) για τροφή ή να υπερβούν το όριο της φέρουσας ικανότητας μιας περιοχής εκτροφής (Keeley et al., 2009).

Έρευνες που έχουν γίνει με αντικείμενο την υδάτινη στήλη μαρτυρούν για τη μείωση του φυτοπλαγκτού εντός των μονάδων εκτροφής μυδιών στη Ν. Ζηλανδία. Από τις συνολικά 36 έρευνες που διεξήχθησαν για τη μέτρηση της χλωροφύλλης α ($\text{chl } \alpha$), τόσο εντός όσο και εκτός των περιοχών εκτροφής, οι 21 είχαν συγκεντρώσεις που ήταν κατά 1-15% χαμηλότερες σε σχέση με τα σημεία αναφοράς. Οι υπόλοιπες 15 έρευνες βρήκαν μη σημαντικές διαφορές ή οριακά υψηλότερες συγκεντρώσεις μέσα στις περιοχές εκτροφής. Με βάση τις έρευνες αυτές, φαίνεται ότι οι μικρές μονάδες εκτροφής μυδιών έχουν μικρή επίδραση στη συνολική συγκέντρωση φυτοπλαγκτού στην υδάτινη στήλη (Keeley et al., 2009).

Η απομάκρυνση των αιωρούμενων μικροσωματιδίων από τα εκτρεφόμενα δίθυρα θεωρείται από ορισμένους επιστήμονες ως ένα φαινόμενο που θα μπορούσε να έχει ευεργετικές περιβαλλοντικές επιδράσεις, μέσω της μείωσης του ευτροφισμού και της

αύξησης της διαύγειας του νερού. Ωστόσο άλλοι ερευνητές αμφισβητούν το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος της απορροφούμενης οργανικής ύλης ανακυκλώνεται ταχέως στην υδάτινη στήλη ως ανόργανα θρεπτικά για την ενίσχυση της παραγωγής φυτοπλαγκτού. Ως εκ τούτου, η καθαρή επίδραση στη δυναμική του φυτοπλαγκτού θα μπορούσε να είναι η αύξηση της συνολικής παραγωγής παρά η μείωση της βιομάζας του φυτοπλαγκτού (Nizzoli et al., 2005).

Άλλες έρευνες δείχνουν ότι ορισμένα δίθυρα επιλέγουν την τροφή τους με βάση το μέγεθός τους (Bourgrier et al., 1997. Οι Safi & Gibbs (2003), αναφέρουν ότι τα μύδια δεν μπορούν να κατακρατήσουν αποτελεσματικά κύτταρα φυτοπλαγκτού μεγέθους <2 μm. Συνεπώς, το πικοπλαγκτόν το οποίο μπορεί να συνιστά μεγάλο μέρος της κοινότητας φυτοπλαγκτού, μπορεί να αποβληθεί από τα μύδια με αποτέλεσμα τα νερά της μονάδας εκτροφής να περιέχουν υψηλότερο ποσοστό πικοπλαγκτού σε σχέση με τα μεγαλύτερα μεγέθη πλαγκτού. Επομένως, οι τροφικές συνήθειες των διθύρων μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή στη δομή του μεγέθους των πλαγκτονικών κοινοτήτων σε μία περιοχή εκτρεφόμενων οστρακοειδών, ιδιαίτερα σε περιοχές χαμηλής ρευμάτωσης (Keeley et al., 2009).

Οι πληθυσμοί των οστρακοειδών μπορεί να επηρεάσουν και το ζωοπλαγκτόν, όπως έδειξαν οι Zeldis et al. (2004) σε έρευνα τους όπου έγινε προσδιορισμός του ρυθμού απομάκρυνσης των κωπήποδων από τα μύδια (49 l/άτομο/ημέρα). Οι περισσότεροι ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί θεωρούνται αρκετά μεγάλοι για να μπορούν να αποτελούν τροφή για τα μύδια. Ωστόσο υπάρχει η δυνατότητα των οστρακοειδών να καταναλώνουν προνύμφες ζωοπλαγκτού (Keeley et al., 2009).

2.1.3 Επιδράσεις στη ρευμάτωση και στον κυματισμό

Η εκτροφή μυδιών και στρειδιών βασίζεται και επηρεάζει τις υδροδυναμικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Η φυσική παρουσία μονάδων εκτροφής διθύρων μπορεί να μεταβάλλει και να μειώσει τις τρέχουσες τιμές, με επιπτώσεις σε βιολογικές διεργασίες, όπως η παραγωγή και κατανάλωση του φυτοπλαγκτού. Η εκτροφή μυδιών έχει αποδειχθεί ότι επιδρά στα ρεύματα σε μικρότερη και μεγαλύτερη κλίμακα. Η έκταση της επίδρασης εξαρτάται από το μέγεθος, τη διάταξη των μονάδων και τη θέση τους. Γενικά, η επίδραση είναι μεγαλύτερη στην περιοχή εγγύς της εκτροφής και μειώνεται όσο αυξάνεται η απόσταση από αυτή (Ministry for Primary Industry, 2013).

Επίσης, σε μονάδες οστρακοειδών πραγματοποιείται ορισμένη απόσβεση των κυμάτων, εξαιτίας της κυματοειδούς αντίστασης στις εγκαταστάσεις αυτών. Ένα κύμα μειωμένης ενέργειας μπορεί να επεκταθεί πέρα από τις περιοχές εκτροφής, ενδεχομένως επηρεάζοντας το παράκτιο περιβάλλον και τη μεταφορά ιζημάτων. Η επίδραση είναι πιθανόν μη ανιχνεύσιμη στις μικρές μονάδες ή σε προστατευμένες περιοχές. Η εκτροφή στρειδιού πιστεύεται ότι έχει μεγαλύτερες επιπτώσεις στην υδροδυναμική, λόγω εγκαταστάσεων που καταλαμβάνουν το σύνολο της υδάτινης στήλης και είναι σε επαφή με τον πυθμένα (Ministry for Primary Industry, 2013).

Η μέθοδος αιωρούμενης εκτροφής έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των ρευμάτων σε όλη την έκταση. Η λιγότερο εντατική εκτροφή εξακολουθεί να έχει επιπτώσεις στην ταχύτητα των ρευμάτων, φαινόμενο που μπορεί να εξαπλωθεί σε ολόκληρη την περιοχή εγκατάστασης και λειτουργίας ή και πέραν αυτής. Γενικά, οι επιπτώσεις των υδατοκαλλιεργειών στην υδροδυναμική είναι πολύ μικρότερες σε σύγκριση με αυτές άλλων ανθρώπινων δραστηριοτήτων του θαλάσσιου οικοσυστήματος. Η επίδραση στις υδροδυναμικές συνθήκες διατηρείται για όσο χρονικό διάστημα βρίσκονται και λειτουργούν οι μονάδες εκτροφής, ενώ η επαναφορά στην προτέρα κατάσταση είναι σχεδόν άμεση μετά την απομάκρυνσή τους. Οι έμμεσες οικολογικές συνέπειες στον πυθμένα από την μείωση των κυμάτων ενδέχεται να κρατήσουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Ministry for Primary Industry, 2013).

2.2 Επιπτώσεις οστρακοκαλλιιεργειών στο ίζημα

Έρευνες αποδεικνύουν ότι τα μύδια αποβάλλουν στο περιβάλλον περιττώματα και ψευδοπεριττώματα, δηλαδή υλικό που δεν έχει πεφθεί και αποβάλλεται αυτούσιο με σπασμωδικές κινήσεις των βραγχίων, καθώς και αμμωνία, φώσφορο και άλλες μοριακές ενώσεις. Οι Rodhouse et al. (1985), αναφέρουν ότι το 42% του αζώτου και το 58% του άνθρακα που περιέχουν οι οργανισμοί και οι οργανικές ενώσεις που διήθησαν αποβάλλονται αμέσως στο θαλάσσιο περιβάλλον δια μέσου του πρωτονεφριδίου και των βραγχίων, ενώ τα υπόλοιπα ποσοστά είτε κατακρατούνται από αυτά είτε αποβάλλονται με τα περιττώματά τους (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

Η εκτροφή μυδιών δημιουργεί προβλήματα στις περιπτώσεις εκείνες που η συγκέντρωση των μονάδων εκτροφής είναι μεγάλη και δεν τηρούνται στοιχειώδεις κανόνες απόρριψης των κελύφων των οστράκων κατά τη συγκομιδή και διαλογή των αρμαθιών στην ξηρά, αλλά αφήνονται να αποτεθούν στον θαλάσσιο πυθμένα. Τότε υπάρχει περίπτωση να μολυνθεί το βενθικό υπόστρωμα, να προκληθεί υποβιβασμός της βενθικής κοινότητας και να εμφανιστούν ανοξικές συνθήκες στα υδατικά στρώματα που εφάπτονται του βενθικού υποστρώματος (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012).

Σύμφωνα με μεγάλο αριθμό δημοσιευμένων επιστημονικών ερευνών, η κύρια περιβαλλοντική επίπτωση της εκτροφής οστρακοειδών είναι η αύξηση του οργανικού υλικού στον πυθμένα κάτω από την περιοχή εγκατάστασής τους, μέσω της βιοαπόθεσης. Τα μύδια φιλτράρουν σωματιδιακά υλικά, όπως φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν, οργανικά κατάλοιπα και ανόργανα ιζήματα από το νερό. Τα σωματιδιακό υλικό αφού προσλαμβάνεται από τα οστρακοειδή και απορροφάται εκλεκτικά, αποβάλλεται μέσω των περιττωμάτων (Keeley et al., 2009). Συγκεκριμένα, τα δίθυρα απομακρύνουν αποτελεσματικά την αιωρούμενη ύλη με μέγεθος σωματιδίων διαμέτρου 1 έως 7 μm και αποβάλλουν σφαιρίδια περιττωμάτων (μεγέθους 500-3.000 μm) τα οποία επικάθονται στον πυθμένα (Netto & Vargas, 2009). Το μη βρώσιμο σωματιδιακό υλικό αποβάλλεται από την κοιλότητα του κελύφους ως ψευδοπεριττώματα (Keeley et al., 2009). Τα περιττώματα και τα ψευδοπεριττώματα αποτελούνται από χλωροχρωστικές ουσίες, οργανικό άνθρακα,

οργανικό άζωτο και βιογενές διοξείδιο του πυριτίου (Netto & Valgas, 2009) και έχουν μεγαλύτερες ταχύτητες βύθισης από τα συστατικά τους. Τα εκτροφεία μυδιών προκαλούν την αύξηση του ρυθμού καθίζησης κάτω από τις μονάδες. Επιπλέον, τα κατάλοιπα που προέρχονται από τους επιβιωτικούς οργανισμούς που προσκολλώνται στις εγκαταστάσεις εκτροφής συμβάλλουν στην αυξημένη καθίζηση. Ο ρυθμός καθίζησης κάτω από μονάδες εκτροφής μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με την εποχή, τα εκτρεφόμενα είδη και τις συνθήκες περιβάλλοντος (Keeley et al., 2009).

2.2.1 Μεταβολές στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ιζημάτων

Αυτές περιλαμβάνουν μεταβολές στην υφή των ιζημάτων, στον εμπλουτισμό τους σε οργανικά υλικά και με σχετική αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου, στον αυξημένο ρυθμό απελευθέρωσης του αζώτου, στα θειικά άλατα και στο οξειδοαναγωγικό δυναμικό (REDOX) (Christensen et al., 2003; Giles and Pilditch, 2006; Nizzoli et al., 2006; Keeley et al., 2009; Netto & Valgas, 2009).

Η παρακολούθηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των ιζημάτων στις θέσεις των μονάδων εκτροφής μυδιών, περιλαμβάνει μία σειρά δεικτών όπως η απόχρωση των ιζημάτων (Εικ. 18), η οσμή, το οξειδοαναγωγικό δυναμικό, τα θειώδη και το οργανικό υλικό των ιζημάτων (Keeley et al., 2009).



Εικόνα 18. Δείγματα ιζηματος κάτω ή δίπλα από μονάδες εκτροφής μυδιών. Τα ιζήματα γκριζας-καφέ απόχρωσης δείχνουν ελάχιστο ή καθόλου οργανικό υλικό ενώ της γκριζας-μαύρης απόχρωσης αποτελούν ένδειξη συνθηκών αυξημένης βιοαπόθεσης και μειωμένου οξυγόνου (Keeley et al., 2009).

Οι Hartstein & Rowden (2004), σε έρευνα τους διαπίστωσαν αυξημένα επίπεδα (διπλάσια από εκείνα στη θέση αναφοράς) οργανικού υλικού στο ίζημα σε δύο μονάδες εκτροφής διθύρων στη Ν. Ζηλανδία. Ωστόσο, παρατήρησαν ότι τα επίπεδα κάτω από τις μονάδες που βρίσκονται σε περιβάλλον υψηλής ενέργειας ήταν παρόμοια με εκείνα που παρατηρήθηκαν στις θέσεις αναφοράς, τονίζοντας πως ένα δυναμικό περιβάλλον μπορεί να συμβάλλει στη μείωση των επιπτώσεων στον πυθμένα.

Τα αποτελέσματα της έρευνας των Netto & Valgas (2009), έδειξαν ότι οι εντατικές εκτροφές μυδιών σε μία παράκτια περιοχή της νότιας Βραζιλίας, άλλαξαν σημαντικά τα χαρακτηριστικά των ιζημάτων. Τα έντονα οργανικά φορτία λόγω της βιοαπόθεσης από τις μονάδες εκτροφής, μετέτρεψαν τον αμμώδη πυθμένα σε ιλυώδη με σημαντικά υψηλότερο οργανικό περιεχόμενο, τρεις φορές υψηλότερο σε σχέση με το σημείο αναφοράς. Συγκεκριμένα, τα ιζήματα κάτω από τις εγκαταστάσεις εκτροφής αποτελούνταν από ιλυώδες υλικό με σημαντικά υψηλότερο οργανικό περιεχόμενο σε σχέση με τη θέση αναφοράς, με μέσο ποσοστό οργανικού περίπου 30%. Παρόλο που δεν έγινε άμεση μέτρηση του οξειδοαναγωγικού δυναμικού, οι τροποποιημένες οξειδοαναγωγικές συνθήκες στα οργανικά εμπλουτισμένα ιζήματα κάτω από τις πασαλωτές εγκαταστάσεις εκτροφής ήταν εμφανείς σε σχέση με τις θέσεις αναφοράς από τη μέτρια οσμή τους σε θειούχα και τη γκριζόμαυρη απόχρωση.

Τα αποτελέσματα της έρευνας των Stenton-Dozey et al. (2001), σχετικά με την εκτροφή του μυδιού *M. Galloprovincialis* σε κόλπο της Ν. Αφρικής, έδειξαν υψηλό οργανικό εμπλουτισμό καθώς και ανοξία στα ιζήματα. Η οργανική σωματιδιακή ύλη (particulate organic matter, POM) ήταν υψηλή κάτω από τις πλωτές εγκαταστάσεις έναντι των θέσεων αναφοράς, ειδικά στα πρώτα 10 cm του ιζήματος (C=7,5 αντί 0,4%, N=0,7 έναντι 0,08%). Το σύνολο των θειούχων ενώσεων (total reducible sulphides, TRS) αυξήθηκε στο τριπλάσιο (από 0,04 σε 0,12%). Οι υψηλές αναλογίες C:N (12-15) έδειξαν τη συσσώρευση οργανικού υλικού, προερχόμενου κυρίως από τα περιττώματα των μυδιών. Η εκκροή N, κυρίως του αμμωνίου, κυμάνθηκε στην περιοχή $825 \pm 500 \text{ m mol NH}_4^+ \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Η αυξημένη συγκέντρωση φωσφορικών αλάτων ($25\text{-}140 \text{ m mol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) δεν μπορεί να αποδοθεί στη βιοαπόθεση της εκτροφής. Οι Nizzoli et al. (2005), προσδιόρισαν τις τιμές οξυγόνου, αζώτου και φωσφόρου σε μία λιμνοθάλασσα που δέχθηκε επιπτώσεις από την εκτροφή του

μυδιού *M. Galloprovincialis*. Η εκτροφή προκάλεσε έντονη βιοαπόθεση οργανικής ύλης στα υποκείμενα ιζήματα, με μειωμένο οξυγόνο στα ιζήματα και αύξηση του αζώτου και φωσφόρου σε σύγκριση με την περιοχή αναφοράς. Οι τιμές που καταγράφηκαν στη μονάδα εκτροφής είναι μεταξύ των υψηλότερων που έχουν βρεθεί ποτέ για μία περιοχή οστρακοκαλλιέργειας και αμφισβητούν τη θεωρία που υποστηρίζει ότι η εκτροφή των διθύρων έχει μικρότερες επιπτώσεις σε σχέση με την ιχθυοκαλλιέργεια.

Σε κάποιες περιοχές έχει καταγραφεί οργανικός εμπλουτισμός εξαιτίας της βιοαπόθεσης από τα στρείδια. Οι Nugues et al. (1996), παρατήρησαν αύξηση στην οργανική και ιλυώδη σύσταση των ιζημάτων κάτω από βάσεις στήριξης των στρειδιών. Οι Martin et al. (1991), έδειξαν ότι η εκτροφή των στρειδιών είναι υπεύθυνη για την αυξημένη καθίζηση οργανικής ύλης (Εικ.19). Έχει θεωρηθεί ότι η συσσώρευση των βιοαποθέσεων από στρείδια επιφέρει αισθητές γεωλογικές τροποποιήσεις του υποκείμενου ιζήματος (Ahmed & Solomon, 2016).



Εικόνα 19. Συσσώρευση ιζήματος κάτω από μονάδα εκτροφής στρειδιών (Martin et al. 1991)

Οι Christensen et al. (2003), σύγκριναν τα ιζήματα από δύο κόλπους στη Ν. Ζηλανδία, ο ένας με αρκετές μονάδες εκτροφής μυδιών μακριάς γραμμής και ο άλλος ως θέση αναφοράς. Διαπίστωσαν ότι ο ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου στη θέση

αναφοράς ήταν ~650 ενώ στις μονάδες εκτροφής ήταν ~1700 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{h}^{-1}$, που είναι τριπλάσιος από ότι στη θέση αναφοράς. Οι Christensen et al. (2003), κατέδειξαν διαφορές στις αναλογίες C:N μεταξύ των ιζημάτων στα οποία επέδρασε η εκτροφή και στα ιζήματα που ήταν ανεπηρέαστα, πιθανόν λόγω υψηλότερων ρυθμών καθίζησης, ασθενέστερων ρευμάτων του πυθμένα ή βραδύτερης ανοργανοποίησης.

Οι Huyn et al. (2013), ερεύνησαν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εκτροφής με τη μέθοδο μακράς γραμμής (longline) των στρειδιών του Ειρηνικού *C. gigas* στη γεωχημεία των ιζημάτων και στην οξείδωση του άνθρακα με μείωση θεικών αλάτων σε ένα παράκτιο οικοσύστημα στην Κορέα. Οι ποσότητες των NH_4^+ και HPO_4^{2-} στο χώρο εκτροφής ήταν 7,7-11,5 και 1,8-8,0 φορές υψηλότερες, αντίστοιχα, από εκείνες στη θέση αναφοράς. Οι ρυθμοί μείωσης θεικών (SSRs) στη μονάδα εκτροφής των στρειδιών ήταν 2,4-5,2 φορές υψηλότεροι από αυτούς στη θέση αναφοράς. Οι θειούχες ενώσεις ήταν υπεύθυνες για το 48-99% της οξείδωσης του ολικού οξυγόνου στην επιφάνεια του πυθμένα.

Σε άλλες περιπτώσεις, οι Dimitriou et al (2015), διαπίστωσαν ότι οι επιπτώσεις μονάδας εκτροφής μυδιών του Μαλιακού κόλπου στα βιοχημικά χαρακτηριστικά του ιζήματος ήταν ελάχιστες. Η περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα ήταν 7,5% στη μονάδα εκτροφής και 6% στη θέση αναφοράς. Οι Neofitou et al. (2014) βρήκαν πολύ μικρές διαφορές στο οργανικό περιεχόμενο μεταξύ των ιζημάτων στην περιοχή εκτροφής και στη θέση αναφοράς, υποστηρίζοντας ότι το εκβολικό σύστημα ενός ποταμού, υπερκαλύπτει την επίδραση της εκτροφής μυδιών στη μεταβλητότητα των ιζημάτων.

2.2.2 Μεταβολές στα βιολογικά χαρακτηριστικά των ιζημάτων

Η συσσώρευση οργανικής ύλης και άλλες σχετικές μεταβολές στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μπορεί να δημιουργήσουν τέτοιες συνθήκες, που να έχουν ως συνέπεια μεταβολές στην αφθονία και στην ποικιλομορφία της μικρο- και μακροσκοπικής πανίδας στο ίζημα. Για παράδειγμα, η αυξημένη βιοαπόθεση κάτω από μονάδες εκτροφής μπορεί να μειώσει την παραγωγή των μικροσκοπικών φυτών και να έχει έντονη επίδραση στις συνθήκες οξυγόνου στο ίζημα καθώς και στους ρυθμούς απονιτροποίησης. Παρομοίως, η σύσταση μικροβενθικής κοινότητας μπορεί

να μεταβληθεί σημαντικά εξαιτίας της παρουσίας αυξημένης οργανικής ύλης κάτω από τις εγκαταστάσεις εκτροφής μυδιών (Keeley et al., 2009).

Ωστόσο, ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος δείκτης των επιπτώσεων από την εγκατάσταση και τη λειτουργία οστρακοκαλλιεργητικών μονάδων είναι η μακροπανίδα των ιζημάτων. Τα ιζήματα που υπόκεινται σε αυξημένο οργανικό φορτίο θα παρουσιάσουν αυξημένη αφθονία ατόμων, μειωμένη ποικιλότητα ειδών και μετατόπιση της κυριαρχίας των τροφικών ομάδων (Keeley et al., 2009).

Οι μεταβολές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κάτω από τις εγκαταστάσεις εκτροφής, είναι πιθανό να επηρεάσουν αρνητικά τη βιοποικιλότητα της μακροπανίδας και να ευνοήσουν τα ευκαιριακά είδη με μεγάλη ανθεκτικότητα στις διαταραχές, όπως είναι κάποια είδη πολύχαιτων. Η μείωση της βιοποικιλότητας έχει αρνητικές επιδράσεις στη δυναμική του ιζήματος, λόγω της μείωσης της βιοανάδευσής τους (Christensen et al., 2003).

Η αφθονία ατόμων είναι σημαντικά υψηλότερη κάτω από μονάδες εκτροφής διθύρων σε σύγκριση με τα σημεία αναφοράς. Ο τρόπος με τον οποίο οι ζωοβενθικές κοινότητες αποκρίνονται στον σχετιζόμενο με τις δομές εμπλουτισμό ήταν ποικίλος ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες όπως το βάθος και η μέση ταχύτητα ρεύματος (Keeley et al., 2009).

Μελέτες των ιζημάτων κάτω από μονάδες εκτροφής έδειξαν αύξηση της σχετικής αναλογίας των πολύχαιτων (Keeley et al., 2009), συμπέρασμα το οποίο βρίσκεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Christensen et al. (2003). Ωστόσο, ενώ η αφθονία των πολυχαιτών ήταν σημαντικά υψηλότερη κάτω από τις μονάδες εκτροφής, η σύσταση των άλλων μεγάλων μακροζωοβενθικών ομάδων (εχινόδερμα, μαλάκια) ήταν συγκρίσιμη μεταξύ των περιοχών εκτροφής και αναφοράς, γεγονός που υποδηλώνει τη θετική επίδραση του εμπλουτισμού παρά την ενδεχόμενη διατάραξη των χαρακτηριστικών των ιζημάτων.

Οι Chamberlain et al. (2001), σε έρευνά τους για τις επιπτώσεις της εκτροφής του *M. edulis* στο ίζημα, διαπίστωσαν ότι υπήρχε ελάχιστη διαφοροποίηση στην ποικιλομορφία των ειδών στην περιοχή γύρω από τη θέση εκτροφής, γεγονός που δείχνει ότι η εκτροφή είχε μικρή επίδραση. Ωστόσο, παρατηρήθηκε μείωση της ποικιλομορφίας κοντά στη θέση εκτροφής όπου η βιοκοινότητα κυριαρχήθηκε από ευκαιριακά είδη πολύχαιτων. Η έρευνα κατέδειξε μικρή ή και καθόλου επίδραση πέραν των 40 m από τη θέση εκτροφής των μυδιών. Σε πιο ανοιχτές περιοχές το

ίζημα που προέρχεται από την εκτροφή είναι πιθανό να επηρεαστεί σε μεγαλύτερη έκταση. Επομένως, θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να εξετάζονται οι τοπικές υδρογραφικές συνθήκες για να καταλήξουμε σε ασφαλέστερα συμπεράσματα σχετικά με το εάν μια μονάδα εκτροφής έχει αρνητικές επιπτώσεις στη μακροβενθική κοινότητα.

Ωστόσο, άλλοι επιστήμονες όπως οι Kraufvelin & Diaz (2015), σε έρευνά τους σχετικά με τις επιπτώσεις μιας μικρής μονάδας εκτροφής στη Βαλτική, του μυδιού *Mytilus trossulus* στις ιδιότητες του ιζήματος, υποστηρίζουν ότι παρατήρησαν υψηλή αφθονία και πλούτο των ειδών της μακροπανίδας στα ιζήματα συμπεριλαμβανομένων πολλών βιοαναδευτών, γεγονός που μπορεί να προσφέρει πρόσθετη ανθεκτικότητα στο οικοσύστημα ενάντια στην ανοξία και να επιτρέψει την ταχεία ανάκαμψη των βενθικών κοινοτήτων μετά τη συγκομιδή των μυδιών. Οι υψηλές τιμές μπορούν να αποδοθούν στην παρουσία της μάζας μυδιών (ζωντανά ή κελύφη) ως αποθέσεις που προέρχονται από τα σχοινιά και καθιζάνουν στα ιζήματα κάτω από τη μονάδα εκτροφής. Τα κελύφη χρησιμεύουν ως καταφύγιο/υπόστρωμα για διάφορα μακροασπόνδυλα και συμβάλλουν στη διακριτή σύσταση των ειδών κάτω από τη μονάδα. Οι συγκεντρώσεις των μυδιών αυξάνουν με τον τρόπο αυτό τον πλούτο και την αφθονία των ειδών στις κοινότητες των ιζημάτων στην περιοχή εκτροφής, γεγονός που μπορεί να θεωρηθεί ως θετική επίδραση στην τοπική βιοποικιλότητα. Επίσης, θα μπορούσαν να προσελκύσουν πουλιά και ψάρια καθώς και άλλα είδη της τροφικής αλυσίδας. Επομένως, οι μικρές μονάδες εκτροφής δεν φαίνεται να αποτελούν κίνδυνο για το βενθικό περιβάλλον, αλλά πιθανότατα θα μπορούσαν να οφελήσουν με την ενσωμάτωση των ειδών που μπορεί να προστατεύσουν τα ιζήματα από την υποξία και την ανοξία.

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε μία βιβλιογραφική ανασκόπηση της επίδρασης της εκτροφής, κυρίως μυδιών και στρειδιών, στις παράκτιες ζώνες και κόλπους και περιγράφηκε ο τρόπος με τον οποίο τα δίθυρα αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον. Η διεθνής βιβλιογραφία κάνει αναφορά περισσότερο στις επιπτώσεις από την εκτροφή μυδιού και στρειδιού από ό,τι από τα υπόλοιπα οστρακοειδή.

Η εκτροφή οστρακοειδών σημειώνει συνεχή αύξηση τις τελευταίες δεκαετίες. Αυτού του είδους η υδατοκαλλιέργεια θεωρείται ότι έχει μικρότερη περιβαλλοντική επίπτωση σε σύγκριση με την ιχθυοκαλλιέργεια, δεδομένου ότι απαιτεί ελάχιστες παρεμβάσεις στο περιβάλλον.

Η εκτροφή των οστρακοειδών γενικότερα συμβάλλει στην αρμονική ισορροπία του οικοσυστήματος, ειδικά στην περίπτωση δημιουργίας ευτροφισμού. Η αφαίρεση αζώτου και φωσφόρου από τα εκτρεφόμενα μύδια συντελεί στη δημιουργία ενός απαλλαγμένου θαλασσιού περιβάλλοντος από θρεπτικά συστατικά και είναι πολύ θετική για την διατήρηση της καλής ποιότητας των νερών ενός οικοσυστήματος. Η μείωση των οργανικών ουσιών μέσω της πρόσληψης τροφής έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της διαύγειας του νερού με συνέπεια τη διείσδυση του φωτός στα βαθύτερα στρώματα, που οδηγεί με τη σειρά της σε αύξηση πρωτογενούς παραγωγής με βελτίωση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Οι εκτροφές των διθύρων μαλακίων έχουν ευεργετική δράση στο θαλάσσιο οικοσύστημα με την προϋπόθεση να τηρούνται οι περιβαλλοντικοί κανόνες για την αποφυγή εμφάνισης δυσμενών επιπτώσεων και κυρίως του φαινομένου του ευτροφισμού, που με μεγάλη συχνότητα εμφανίζεται στις παράκτιες και παραθαλάσσιες αβαθείς περιοχές όπου και πραγματοποιούνται οι εκτροφές αυτές.

Η εκτροφή μυδιών δημιουργεί προβλήματα στις περιπτώσεις εκείνες που η συγκέντρωση των μονάδων είναι υψηλή, η εκτροφή είναι εντατική και δεν τηρούνται στοιχειώδεις κανόνες απόρριψης των κελύφων των οστράκων κατά τη συγκομιδή και διαλογή των αρμαθιών στην ξηρά, αλλά αφήνονται να αποτεθούν στο θαλάσσιο πυθμένα. Τότε υπάρχει περίπτωση να επηρεαστεί το βενθικό υπόστρωμα, να προκληθεί αλλοίωση της βενθικής κοινότητας και να εμφανιστούν ανοξικές συνθήκες στην επιφάνεια του βενθικού υποστρώματος. Η αυξημένη βιοαπόθεση κάτω από μονάδες εκτροφής διθύρων, μπορεί να μειώσει την παραγωγή των μικροσκοπικών

φυτών και να έχει έντονη επίδραση στις συνθήκες οξυγόνωσης του ιζήματος καθώς και στους ρυθμούς απονιτροποίησης. Έρευνες έδειξαν ότι η εκτροφή των στρειδιών είναι υπεύθυνη για την αυξημένη βιοαπόθεση της οργανικής ύλης. Έχει θεωρηθεί ότι η συσσώρευση των βιοαποθέσεων από στρείδια επιφέρει αισθητές γεωλογικές τροποποιήσεις του υποκείμενου ιζήματος. Οι μεταβολές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κάτω από τις εγκαταστάσεις εκτροφής είναι πιθανό να επηρεάσουν αρνητικά τη βιοποικιλότητα της μακροπανίδας και να αυξήσουν τα ευκαιριακά είδη με μεγάλη ανθεκτικότητα στις διαταραχές όπως είναι οι πολύχαιτοι. Η μείωση της βιοποικιλότητας των ιζημάτων μπορεί να έχει επίδραση στη δυναμική τους, λόγω της μείωσης της βιοανάδευσης.

Τα αποτελέσματα στη βιβλιογραφία σχετικά με τις επιπτώσεις της εκτροφής οστρακοειδών στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι αντικρουόμενα. Για κάθε επιστημονική έρευνα που διαπιστώνει σημαντικές αρνητικές επιδράσεις, υπάρχει κάποια άλλη η οποία αποδεικνύει το αντίθετο. Αυτό οφείλεται σε ένα μεγάλο βαθμό στις τοπικές συνθήκες, που μπορεί να περιλαμβάνουν τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά της περιοχής, την επιλεγθείσα μέθοδο εκτροφής (προστατευμένη ή μη προστατευμένη περιοχή) και τις τοπικές βιοκοινότητες. Οι επιδράσεις μπορούν να θεωρηθούν τόσο θετικές όσο και αρνητικές ανάλογα με τον τρόπο αξιολόγησης των διαφορετικών παραγόντων. Σε κάθε περίπτωση όμως, το μόνο βέβαιο είναι ότι οι οστρακοκαλλιέργειες αποτελούν ένα πολύ πιο ήπιο είδος εκτροφής σε σχέση με τις ιχθυοκαλλιέργειες, όπου εκεί λόγω της παροχής τροφής στα εκτρεφόμενα ψάρια οι επιπτώσεις είναι εμφανώς μεγαλύτερες. Άρα η ταυτόχρονη εκτροφή διθύρων και ψαριών σε μια περιοχή (πολυκαλλιέργεια), θα μπορούσε να θεωρηθεί ένα σημαντικό διαχειριστικό εργαλείο για την άμβλυνση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των υδατοκαλλιέργειών.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

Ε.Σ.Σ.Α.ΑΛ (2007) Εθνικό στρατηγικό σχέδιο ανάπτυξης της αλιείας 2007-2013. Υπουργείο αγροτικής ανάπτυξης και τροφίμων.

Κλαουδάτος Σ., & Κλαουδάτος Δ. (2012) Καλλιέργειες φυτικών και εκτροφές υδρόβιων ζωικών οργανισμών. Εκδόσεις Προπομπός, Αθήνα.

Κουτσοστάθη Ε. (2008) Όστρακα στην ελληνική αγορά: είδος και τρόπος προσφερόμενων γευμάτων σε καταστήματα εστίασης στις περιοχές Αιδηψού, Βόλου και Χαλκίδας. Πτυχιακή Εργασία, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Μ.Π.Ε. (2014) Μελέτη Περιβαλλοντικών Όρων λειτουργίας μονάδας οστρακοκαλλιέργειας για τη μετεγκατάσταση και λειτουργία της από τη θέση «ΣΚΑΜΙΟΥΔΗ» Κόλπου Καλλονής σε θέση δυτικά της υφιστάμενης, εντός του κόλπου Καλλονής, Δ. Λέσβου.

Ξένη βιβλιογραφία

Ahmed OO & Solomon OO (2016) Ecological Consequences of Oysters Culture. J Fisheries Livest Prod 4:1-6.

Basurco B. & Lovatelli A., (2003) The aquaculture situation in the Mediterranean Sea predictions for the future.

Bougrier S, Hawkins AJS, Heral M. (1997) Preingestive selection of different microalgal mixtures in *Crassostrea gigas* and *Mytilus edulis* analysed by flow cytometry. Aquaculture, 150: 123-134.

Chamberlain J., Fernandes T.F., Read P., Nickell T.D. & Davies I.M. (2001) Impacts of biodeposits from suspended mussel (*Mytilus edulis* L.) culture on the surrounding surficial sediments. ICES Journal of Marine Science, 58: 411-416.

Christensen P.B., Glud R.N., Dalsgaard T., Gillespie P. (2003) Impacts of longline mussel farming on oxygen and nitrogen dynamics and biological communities of coastal sediments. Aquaculture, 218: 567-588.

Dimitriou P., Karakassis I., Pitta P., Tsagaraki T., Apostolaki E., Magiopoulos I., Nikolioudakis N., Diliberto S., Theodorou J., Tzovenis I., Kagalou I., Beza P., Tsapakis M. (2015) Mussel farming in Maliakos Gulf and quality indicators of the marine environment: Good benthic below poor pelagic ecological status Marine Pollution Bulletin, 101: 784-793.

Duthie I., (2010) Shellfish production aquaculture technology. A report for Nuffield Australia Farming scholars. Nuffield Australia project No 1017.

FAO (2012) The state of World fisheries and aquaculture, Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United, Rome.

FAO (2016) The state of world fisheries and aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all. Rome, 200 p.

Gallardi D., (2014) Effects of Bivalve Aquaculture on the Environment and Their Possible Mitigation: A Review. *Fish Aquaculture, Journal*, 5: 105.

Giles H., Pilditch C.A. (2006) Effects of mussel (*Perna canaliculus*) biodeposit decomposition on benthic respiration and nutrient fluxes. *Marine Biology*, 150: 261–271.

Hartstein N.D., Rowden A.A. (2004) Effect of biodeposits from mussel culture on macroinvertebrate assemblages at sites of different hydrodynamic regime. *Marine Environment Research*, 57: 339-357.

Hyun J.H., Kim S.H., Mok J.S., Lee J.S., An S.U., Lee W.C., (2013) Impacts of longline aquaculture of Pacific oyster (*Crassostera gigas*) on sulfate reduction and diffusive nutrient flux in the coastal sediments of Jinhae-Tongyeong, Korea *Marine Pollution Bulletin*, 74: 187–198.

Keeley N., Forrest B., Hopkins G., Gillespie P., Clement D., Webb S., Gardner J. (2009) Sustainable aquaculture in New Zealand: Review of the Ecological Effects of farming shellfish and other non finfish species. Prepared for the Ministry of Fisheries. Cawthron Report, No. 1476. 150 p.

Kraufvelin P., Díaz E. (2015) Sediment macrofauna communities at a small mussel farm in the northern Baltic proper. *Boreal Environmental Research*, 20: 378-390.

Martin J.L.M, Sornin J.M., Marchand M (1991). The significance of oyster biodeposition in concentrating organic matter and contaminants in the sediment In: N. De Pauw and J. Joyce (eds). *Aquaculture and the environment. Short communications and abstracts presented at the International Conference Aquaculture Europe 1991*, Dublin, Ireland, 207: 10-12.

Ministry of Primary Industry (2013) Overview of ecological effects of aquaculture ISBN 978-0-478-40536-1 (online).

Moriki A., Galinou-Mitsoudi S., Petridis D., Kosti D., Savvidis Y., Dimitriadis X., Koutitas C., Alvanou L. (2008) Environmental Impacts of Intensive Mussel Culture in the Coastal Waters of the Gulf of Thessaloniki (N. Greece), *Fresenius Environmental Bulletin*, 17: 1945 - 1955.

Neofitou N., Charizopoulos N., Vafidis D., Skordas K., Tziantziou L., Neofitou C., (2014) Mussel farming impacts on trophic status and benthic community structure in Maliakos Gulf (Eastern Mediterranean). *Aquaculture International*, 22: 843–857.

Netto S.A., Valgas I. (2009) The response of nematode assemblages to intensive mussel farming in coastal sediments (Southern Brazil). *Environmental Monitoring Assessment*, 162: 81-93.

Nizzoli D., Welsh D T., Bartoli M., Viaroli P. (2005) Impacts of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) farming on oxygen consumption and nutrient recycling in a eutrophic coastal lagoon. *Hydrobiologia*, (2005) 550: 183–198.

Nizzoli D., Welsh D.T., Fano E.A., Viaroli P. (2006) Impact of clam and mussel farming on benthic metabolism and nitrogen cycling, with emphasis on nitrate reduction pathways. *Marine Ecology Progress Series*, 315: 151–165.

Nugues M.M., Kaiser M.J., Spencer B.E., Edwards D.B. (1996) Benthic community changes associated with intertidal oyster cultivation. *Aquaculture Research*, 27: 913-924.

Picker D., Griffiths L. (2011) *Alien and Invasive Animals – A South African Perspective*. Randomhouse/Struik Cape Town. 240 p.

Rice M.A., (2008) *Environmental Effects of Shellfish Aquaculture in the Northeast*. Department of Fisheries. NRAC Publication No. 105.

Robert R., Sánchez J., Pérez-Parallé L., Ponis E., Kamermans P., O'Mahoney M. (2013) A glimpse on the mollusc industry in Europe *Aquaculture Europe*, 38 (1): 5-15.

Safi KA, Gibbs M. (2003) Importance of different size classes of phytoplankton in Beatrix Bay, Marlborough Sounds, New Zealand, and the potential implications for the aquaculture of the mussels, *Perna canaliculus*. *New Zealand Journal of Marine & Freshwater Research*, 37: 267-272.

Sornin JM, Feuillet M, Heral M, Paoli DJM (1983) Effect des biodepots de l'huitre *Crassostrea Gigas* (Thunberg) sur l'accumulation de matieres organiques dans les parcs du bassin de Marennes-Oleron. *J Moll Stud*: 185-197.

Stenton-Dozey J, Probyn T, Busby Al (2001) Impact of Mussel (*Mytilus Galloprovincialis*) Raft-Culture on Benthic Macro-Fauna, in Situ Oxygen Uptake, and Nutrient Fluxes in Saldanha Bay, South Africa. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58: 1021-1031.

Viaroli, M. Mistri, M. Troussellier, S. Guerzoni & A.C. Cardoso (eds), *Structure, Functions and Ecosystem Alterations in Southern European Coastal Lagoons*.

Zeldis J, Robinson K, Ross A, Hayden B (2004) First observations of predation by New Zealand Greenshell mussels *Perna canaliculus* on zooplankton. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 311(2): 287-299.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

https://ec.europa.eu/fisheries/sites/fisheries/files/docs/body/oyster_en.pdf

http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ostrea_edulis/en

<http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2011/03/PARARTIMA-1.pdf>

<http://www.arkive.org/native-oyster/ostrea-edulis>

http://www.gastropods.com/6/Shell_1486.shtml

https://qsr2010.ospar.org/media/assessments/Species/P00428_ostrea_edulis_and_beds.pdf

<http://www.opengov.gr/minenv/?p=1626>

<https://www.wwf.gr/images/pdfs/AquacultureLow.pdf>

<https://www.e-nomothesia.gr/kat-naytilia-nausiploia/kat-alieia/pd-86-1998.html>

<http://en.aquaculture.ifremer.fr/>

<http://axiosdelta.gr/>

ABSTRACT

The main purpose of this bibliographic essay is to collect, evaluate, discuss and analyze data related to shellfish farming and the problems identified in the marine environment. The first chapter presents some introductory data on shellfish farming both domestically and internationally, the second records the impact of shellfish farming on the marine environment from the review of Greek and international literature, while the final chapter presents the final conclusions of the thesis.