



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ, ΙΣΤΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

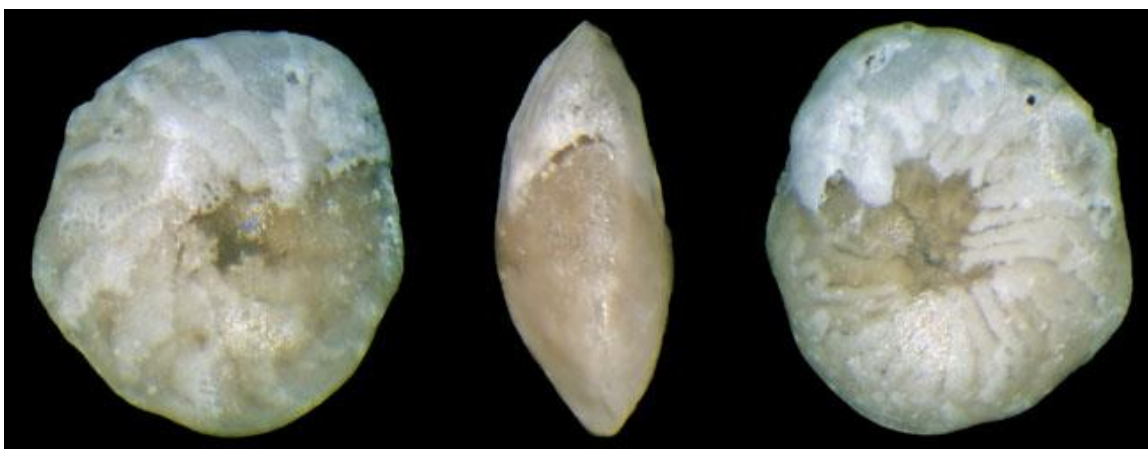
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΑΡΣΕΝΟΓΛΟΥ

Η ΠΟΡΕΙΑ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΒΕΝΘΟΝΙΚΟΥ
ΤΡΗΜΑΤΟΦΟΡΟΥ *AMPHISTEGINA LOBIFERA* LARSEN ΣΤΗ
ΜΕΣΟΓΕΙΟ ΘΑΛΑΣΣΑ ΜΕΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ ΔΙΩΡΥΓΑΣ ΤΟΥ
ΣΟΥΕΖ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2023





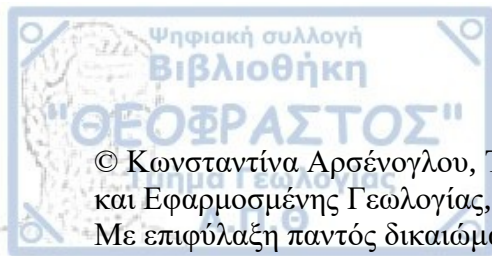
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΑΡΣΕΝΟΓΛΟΥ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5611

Η ΠΟΡΕΙΑ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΒΕΝΘΟΝΙΚΟΥ
ΤΡΗΜΑΤΟΦΟΡΟΥ AMPHISTEGINA LOBIFERA LARSEN ΣΤΗ
ΜΕΣΟΓΕΙΟ ΘΑΛΑΣΣΑ ΜΕΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ ΔΙΩΡΥΓΑΣ ΤΟΥ
ΣΟΥΕΖ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Τεκτονικής, Ιστορικής και Εφαρμοσμένης
Γεωλογίας, Εργαστήριο Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας.

Επιβλέπουσα

Δρ. Κουκουσιούρα Όλγα, ΕΔΙΠ, Α.Π.Θ.



© Κωνσταντίνα Αρσένoglou, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Τεκτονικής, Ιστορικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Η ΠΟΡΕΙΑ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΒΕΝΘΟΝΙΚΟΥ ΤΡΗΜΑΤΟΦΟΡΟΥ
AMPHISTEGINA LOBIFERA LARSEN ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ ΘΑΛΑΣΣΑ ΜΕΤΑ ΤΗ
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ ΔΙΩΡΥΓΑΣ ΤΟΥ ΣΟΥΕΖ

– Διπλωματική Εργασία

© Konstantina Arsenoglou, School of Geology, Department of Structural, Historical and Applied Geology, 2023

All rights reserved.

THE MIGRATION PATH OF THE BENTHIC FORAMINIFER AMPHISTEGINA
LOBIFERA LARSEN IN THE MEDITERRANEAN SEA AFTER THE OPENING OF
THE SUEZ CANAL

– Bachelor Thesis

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Εικόνα Εξωφύλλου: Hesemann, M., 2023: *Amphistegina lobifera* Larsen, 1976. In: Hesemann, 2021 Foraminifera. Eu Project Database.



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να αναδείξει τη διαδρομή του μεγάλου βενθονικού τρηματοφόρου *Amphistegina lobifera* Larsen στη Μεσόγειο Θάλασσα μετά τη διάνοιξη της Διώρυγας του Σουέζ. Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται μια λεπτομερής ανάλυση για την κάθε τοποθεσία ξεχωριστά όπου έχει μελετηθεί η παρουσία του είδους *Amphistegina lobifera*, παραθέτοντας τα απαραίτητα στοιχεία κατανομής ώστε να προβάλλουμε τη σημαντικότητα αυτού του είδους στα παράκτια οικοσυστήματα της Μεσογείου. Όπως θα δούμε και παρακάτω, για το σκοπό αυτό θα ακολουθήσουν κεφάλαια στα οποία θα δούμε αρχικά πού εγκαταστάθηκε σε περιοχές της Ελλάδας, πού βρίσκεται σε μεγαλύτερο και σε μικρότερο βαθμό και για ποιους λόγους συμβαίνει αυτό. Μετέπειτα, θα αναλύσουμε την εξάπλωση του είδους και σε κάποια παράκτια μέρη της Μεσογείου με τον ίδιο τρόπο, έτσι ώστε να γίνει μια πιο λεπτομερής περιγραφή της εξάπλωσης του. Μαζί με όλα τα παραπάνω θα αναφερθεί και η επίδραση που μπορεί να προκληθεί σε ένα οικοσύστημα μετά την εισβολή αυτού του είδους και ο ρόλος της θερμοκρασίας του νερού στην πιο επιτυχημένη εγκατάσταση του. Τέλος, θα ακολουθήσει ένα μοντέλο κατανομής που θα αναφέρει τις καταλληλότερες και μη τοποθεσίες εύρεσης του *Amphistegina lobifera* στο παρόν και μελλοντικά και ένας συγκεντρωτικός χάρτης της Μεσογείου με επιβεβαιωμένη παρουσία αυτού του είδους.



• ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
• ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
• ABSTRACT	8
• ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1 ΒΕΝΘΟΝΙΚΑ ΤΡΗΜΑΤΟΦΟΡΑ	9
1.1.1. Η προέλευση του είδους <i>Amphistegina lobifera</i> Larsen	10
1.1.2. <i>Amphistegina lobifera</i> και περιβάλλον	11
• ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΚΥΡΙΟ ΜΕΡΟΣ	13
2.1 Το είδος <i>A. lobifera</i> σε διάφορες περιοχές της Ελλάδος (Αιγαίο Πέλαγος)	13
2.1.1. Η περιοχή της Νήσου Άνδρου (Κόλπος Κάστρου, Κόλπος Κορθίου)	20
2.1.2. Η περιοχή της Βραυρώνας (Αττική)	23
2.2 Το είδος <i>A. lobifera</i> στα παράκτια οικοσυστήματα της Τουρκίας και τα αποτελέσματα έρευνας για την προέλευσή της	26
2.3 Το είδος <i>A. lobifera</i> στο Κανάλι της Σικελίας	30
2.4 Το είδος <i>A. lobifera</i> στα Πελάγια Νησιά	37
2.5 Το είδος <i>A. lobifera</i> στο Ισραήλ	41
2.6 Μοντέλο κατανομής του είδους <i>A. lobifera</i> στη Μεσόγειο	43
2.7 Συγκεντρωτικός χάρτης της Μεσογείου με ευρήματα <i>Amphistegina lobifera</i>	45
• ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	47
• ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	48

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το είδος *Amphistegina lobifera* Larsen είναι το πιο άφθονο ολιγοτροφικό, μεγάλο βενθονικό τρηματοφόρο, που φέρει συμβιωτικά διάτομα, στη Μεσόγειο Θάλασσα. Η ταχεία εξάπλωση του τα τελευταία χρόνια οφείλεται στην κλιματική αλλαγή, καθώς εξαρτάται άμεσα από την αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων της Μεσογείου (SST). Η συνεχιζόμενη αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται να διευρύνει την εξάπλωση αυτού του είδους προς τα βορειοδυτικά, σε περιοχές στις οποίες δεν έχει αναφερθεί μέχρι στιγμής. Σύμφωνα με κάποιες απόψεις η γρήγορη διασπορά αυτού του είδους και η ικανότητα του να πολλαπλασιάζεται εύκολα έχει προκαλέσει μείωση της αφθονίας και της ποικιλότητας των ειδών σε αρκετές παράκτιες περιοχές της Μεσογείου, καθιστώντας το στην λίστα με τα 100 πλέον "χωροκατακτητικά" είδη, που έχουν εισβάλλει στη Μεσόγειο και έχουν αλλάξει το θαλάσσιο οικοσύστημα. Έχει αποδειχθεί πως το είδος *A. lobifera* βρισκόταν στη Μεσόγειο ήδη πολύ νωρίτερα από το άνοιγμα της διώρυγας του Σουέζ και μπορεί να βρισκόταν στην Μεσόγειο ήδη από το Πλειστόκαινο. Το είδος *Amphistegina lobifera* έχει καταγραφεί στο Δέλτα του Νείλου, στη λεκάνη της Λεβαντίνης (Αίγυπτο, Γάζα, Ισραήλ, Λίβανο, Συρία και Κύπρο), σε παράκτιες περιοχές του Αιγαίου Πελάγους (Τουρκία, Ελλάδα), κατά μήκος των ακτών της βόρειας Αφρικής (Αίγυπτο, Λιβύη και Τυνησία), στη Μάλτα, τη Λευκάδα, την Ιθάκη, τα Πελάγια Νησιά και το Κανάλι της Σικελίας.



ABSTRACT

Amphistegina lobifera Larsen is the most abundant oligotrophic larger foraminifer bearing symbiotic diatoms in the Mediterranean Sea. The rapid spread in recent years is due to climate change, as it is directly dependent on the increase in the Mediterranean surface temperature (SST). Continued warming is expected to shift the spread of this species to the northwest, into previously unreported areas. Several studies have concluded that the rapid spread of these species and the ability to multiply easily has caused a decline in species richness and diversity in several coastal areas of the Mediterranean, placing it on the list of the 100 worst “invasive” species. It has been shown that *A. lobifera* was present in the Mediterranean long before the opening of the Suez Canal and may have originated from ancient introductions that occurred during the Pleistocene through a different natural waterway. *Amphistegina lobifera* Larsen has been recorded in the Nile of Delta, in the Levantine basin (Egypt, Gaza, Israel, Lebanon, Syria and Cyprus), in coastal areas of the Aegean Sea (Turkey, Greece), along the coasts of northern Africa (Egypt, Libya and Tunisia), in Malta, Corfu, the Pelagian Islands and the Sicily Channel.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΒΕΝΘΟΝΙΚΑ ΤΡΗΜΑΤΟΦΟΡΑ

Τα βενθονικά τρηματοφόρα συμπεριλαμβάνονται στην ευρύτερη κατηγορία των τρηματοφόρων μαζί με τα πλαγκτονικά τρηματοφόρα. Γενικά, τα βενθονικά τρηματοφόρα διαβιούν ελεύθερα ή προσκολλημένα. Μπορούν να ζουν είτε στην επιφάνεια του πυθμένα (επιπανιδικός τρόπος ζωής), είτε μέσα στα ιζήματα (ενδοπανιδικός τρόπος ζωής) (Τριανταφύλλου και Δήμιζα 2012).

Τα amphisteginids είναι τα πιο ευδιάκριτα και συχνότερα βενθονικά τρηματοφόρα στους κοραλλιογενείς υφάλους και στις τροπικές ανθρακικές πλατφόρμες (Langer and Hottinger 2000) και συχνά αναφέρονται ως «ζωντανοί άμμοι» (Lee 1995). Παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, επειδή έχουν μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση σε όλους τους ωκεανούς (Langer and Hottinger 2000). Τα μεσογειακά amphisteginids περιλαμβάνουν δύο είδη: το *Amphistegina lobifera* Larsen και το *Amphistegina lessonii* d'Orbigny (Langer 2008a). Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα μας απασχολήσει αποκλειστικά το είδος *Amphistegina lobifera* Larsen.

1.1.1. Η προέλευση του είδους *Amphistegina lobifera* Larsen

Τις τελευταίες δεκαετίες εκατοντάδες είδη προέλευσης Ινδο-Ειρηνικού, από την Ερυθρά Θάλασσα διέσχισαν τη διώρυγα του Σουέζ και εγκαταστάθηκαν στην Ανατολική Μεσόγειο (Hyams et al. 2002; Zenetos et al. 2005, 2008; Streftaris and Zenetos 2006; Hyams-Kaphzan et al. 2008; Langer 2008a; Langer et al 2012; Meriç et al. 2008; Triantaphyllou et al. 2009; Koukousioura et al. 2010, 2011; Weinmann et al. 2013). Οι θαλάσσιοι οργανισμοί που ακολουθούν αυτή την πορεία, ονομάζονται λεσσεψιανοί μετανάστες ή μεταναστευτικά είδη. Το είδος *Amphistegina lobifera* Larsen είναι ο πιο άφθονος λεσσεψιανός μετανάστης στη Μεσόγειο Θάλασσα (e.g., Cherif 1970; Avsar 1997; Hollaus and Hottinger 1997; Langer and Hottinger 2000; Hyams et al. 2002; Triantaphyllou et al. 2005; Koukousioura et al. 2006; Gruber et al. 2007; Langer 2008a; Meriç et al. 2008).

Είναι γενικά αποδεκτό ότι το είδος *Amphistegina lobifera* Larsen έχει εισαχθεί στη Μεσόγειο Θάλασσα, μέσω της διώρυγας του Σουέζ, αλλά πρόσφατες παρατηρήσεις αυτού του είδους σε ιζήματα από το Akkuyu (Mersin, Ανατολική Μεσόγειος), τα οποία είναι πολύ παλαιότερα από τη διώρυγα του Σουέζ, υποδηλώνουν πως το *Amphistegina lobifera* μπορεί να βρισκόταν στη Μεσόγειο πολύ πριν από το άνοιγμα της διώρυγας του Σουέζ (Yokes et al. 2007; Zenetos et al. 2008; Triantaphyllou et al. 2009). Οι Meriç et al. (2016), ανέφεραν πρόσφατα πως η μεσογειακή *Amphistegina lobifera* μπορεί να προήλθε πολύ παλαιότερα κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου, μέσω κάποιας φυσική υδάτινης οδού που συνδέει τον Ινδο-Ειρηνικό ωκεανό με την Ανατολική Μεσόγειο. Κάτι τέτοιο όμως δεν μπορεί να ισχύει αποδεδειγμένα, εφόσον η σύνδεση των δύο αυτών λεκανών διήρκησε μέχρι το Γελάσιο (Poron et al. 2006).

Το είδος *A. lobifera* έχει γίνει εξαιρετικά άφθονο στα παράκτια οικοσυστήματα της Ανατολικής Μεσογείου και έχει επεκτείνει το εύρος του δυτικά έως τη Λιβύη και την Τυνησία (e.g., Avsar 1997; Langer and Hottinger 2000; Hyams et al. 2002; Gruber et al. 2007; Yokes et al. 2007, 2014; Langer 2008; Meriç et al. 2008; Triantaphyllou et al. 2009; Koukousioura et al. 2010). Η Μεσόγειος Θάλασσα είναι μία από τις βορειότερες τοποθεσίες στον κόσμο όπου ζει σήμερα αυτό το είδος. Τα δυτικότερα όρια που μπορεί να παρατηρηθεί στη Μεσόγειο το *A. lobifera* είναι η Μάλτα (Yokes et al. 2007) και τα

Πελάγια Νησιά (Σικελία) (Caruso and Cosentino 2014). Γενικά, έχει καταγραφεί στην Ελλάδα, στο Ισραήλ, στο Λίβανο, στην Ιταλία, στη Μάλτα, στην Τουρκία, στην Αίγυπτο και στην Τυνησία.

Η επιτυχημένη μετανάστευση και εγκατάσταση της στη Μεσόγειο την καθιστά εξαιρετικά σημαντική στον εμπλουτισμό της τοπικής βιοποικιλότητας και μπορεί να μεταβάλλει τους βιότοπους και τα ιζήματα κατά μήκος των ακτών της Ανατολικής Μεσογείου (Yokes and Meriç 2004; Streftaris and Zenetos 2006; Koukousioura et al. 2010), κυριαρχώντας ως είδος σε ολόκληρα τμήματα της ακτογραμμής. Σήμερα το *A. lobifera* έχει κατοικήσει επιτυχώς στη Μεσόγειο και αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα της γηγενούς επιφυτικής πανίδας τρηματοφόρων, προσελκύοντας το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών για νέες μελέτες.

1.1.2. Amphisteginids και περιβάλλον

Η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας είναι ένας βασικός περιβαλλοντικός παράγοντας που ρυθμίζει τα εύρη κατανομής πολλών ειδών (Hoegh-Gulberg and Bruno 2010; Tittensor et al. 2010). Εκτός από τις επιπτώσεις που φέρει η άνοδος της θερμοκρασίας στην κλιματική αλλαγή, έχει μεγάλη επίδραση στη διαβίωση πολλών ειδών, οδηγώντας τα σε περιοχές που προηγουμένως δεν υπήρχαν (Simberloff 2000; Dale et al. 2001).

Το είδος *Amphistegina lobifera* Larsen 1976, ανήκει στην οικογένεια των Amphisteginidae Cushman και στο γένος *Amphistegina* d'Orbigny. Τα κύρια χαρακτηριστικά του γνωρίσματα είναι τα λοβώδη διαφράγματα που είναι ορατά και στις δύο πλευρές των μεγάλων ενήλικων τρηματοφόρων. Τα νεότερα δεν εμφανίζουν αυτούς τους ισχυρούς λοβούς και τα πολύ μικρά δείγματα μοιάζουν εξαιρετικά με το συγγενικό είδος *A. lessonii* (Hohenegger et al. 1999). Είναι ένα ευρέως γνωστό βενθονικό τρηματοφόρο που φέρει συμβιωτικά φύκη και ζει σε ζεστά, καθαρά και ολιγοτροφικά περιβάλλοντα.

Ζει κυρίως σε σκληρά και φυτικά υποστρώματα, σε χαμηλό έως μεσαίο βάθος (<20 m), σε τροπικές και υποτροπικές θάλασσες (Hansen and Buchardt 1977; Hallock 1984, 1999; Hohenegger 1994, 1996; Hohenegger et al. 1999; Renema and Troelstra 2001) και

κάποια πειραματικά δεδομένα έδειξαν ότι προτιμά συνθήκες μεσαίου και υψηλού φωτισμού (Hallock 1981). Η γεωγραφική κατανομή των μεγάλων τρηματοφόρων που φέρουν συμβιωτικούς οργανισμούς, άρα και του *A. lobifera*, ρυθμίζεται κατά κύριο λόγο από τη θερμοκρασία (Hollaus and Hottinger 1997; Langer and Hottinger 2000). Εργαστηριακά πειράματα έδειξαν πως το *A. lobifera* σταματάει κάθε κίνησή του εάν εκτεθεί σε θερμοκρασίες κάτω των 12°C (Zmiri et al. 1974) και μπορεί να ζει και να εξαπλώνεται μόνο σε συνθήκες ζεστού νερού, που οριοθετούνται από τη χειμερινή ισόθερμο των 14°C (Hallock 1999; Langer and Hottinger 2000; Triantaphyllou et al. 2012).

Στην ακτογραμμή του Ατλαντικού και ανοιχτά του Γιβραλτάρ τα amphisteginids απουσιάζουν (Levy et al. 1995), καθώς οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλές για να επιτρέψουν τη μόνιμη εγκατάστασή τους.

Το παχύ τοίχωμα του κελύφους του *A. lobifera*, του επιτρέπει να ευδοκιμεί σε υδροδυναμικές συνθήκες υψηλής ενέργειας. Μαζί με άλλα συμβιωτικά τρηματοφόρα, το *A. lobifera* είναι ένας σημαντικός παραγωγός ανθρακικών σε ρηχές υφαλοκρηπίδες και υφάλους, με κατακρήμνιση έως και 2 kg/m²/yr.

Ως βασικοί παραγωγοί ανθρακικών, συμβάλλουν σημαντικά στη σταθερότητα του υποστρώματος, την ανάπτυξη των δομών των υφάλων και στο σχηματισμό οικοτόπων (Hallock 1981; Langer et al. 1997; Yamano et al. 2000; Langer 2008a, b).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΥΡΙΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 Το είδος *A. lobifera* σε περιοχές της Ελλάδας (Αιγαίο Πέλαγος)

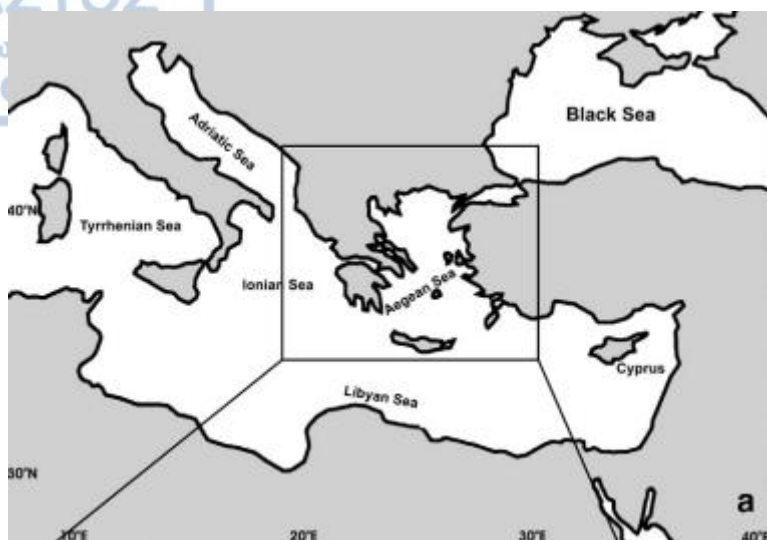
Το Αιγαίο Πέλαγος βρίσκεται στη Μεσόγειο Θάλασσα και συγκεκριμένα στο βορειοανατολικό τμήμα της. Τον Αύγουστο με Σεπτέμβριο εμφανίζει τις μέγιστες θερμοκρασίες της επιφάνειας της θάλασσας (SST) με $>24^{\circ}\text{C}$, ενώ τον χειμώνα τις ελάχιστες (SSTs) με $<13^{\circ}\text{C}$.

Η αλατότητα (SSS) της επιφάνειας της θάλασσας παρουσιάζει εύρος τιμών ανάλογα με την εποχή με τιμές κάτω από 31,0 psu έως και πάνω από 39,0 psu. Γενικά, η θερμοκρασία και η αλατότητα τείνουν να αυξάνονται στις νότιες περιοχές του Αιγαίου.

Μετά το άνοιγμα της διώρυγας του Σουέζ, το είδος *Amphistegina lobifera* είναι από τους σημαντικότερους μετανάστες στα παράκτια οικοσυστήματα της Ανατολικής Μεσογείου. Στη συνέχεια θα αναλυθεί η παρουσία του είδους *Amphistegina lobifera* στα παράκτια οικοσυστήματα του Αιγαίου Πελάγους.

Για την πραγματοποίηση της έρευνας που διεξήχθη από τους Koukousioura et. al. (2010) και Triantaphyllou et al. (2009), δείγματα φυκών συλλέχθηκαν το χρονικό διάστημα μεταξύ του 2001 έως το 2009 από τα παράκτια οικοσυστήματα του Αιγαίου και συγκεκριμένα από:

- Το Νότιο Αιγαίο (Κρήτη (Φαλάσαρνα) και Νήσος Χρυσή)
- Το Κεντρικό Αιγαίο (Πόρτο Χέλι, Αττική (Μαύρο Λιθάρι, Βραυρώνα), Κάλαμο, Άνδρο (Κόλπος Κάστρου, Κόλπος Κορθίου)
- Το Βόρειο Αιγαίο (Κατερίνη, Ν. Καλλικράτεια Χαλκιδικής, Άβδηρα Ξάνθης)



Εικόνα 1. Χάρτης της Μεσογείου (Αιγαίο Πέλαγος) (Koukousioura et al. 2011).



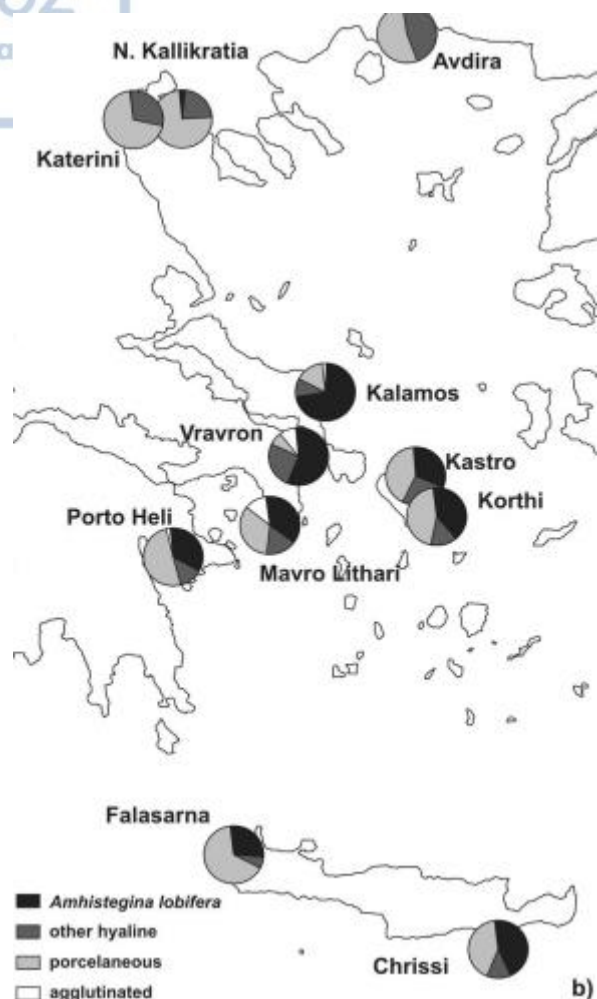
Εικόνα 2. Τοποθεσίες δειγματοληψίας στο Αιγαίο (Triantaphyllou et al. 2009).



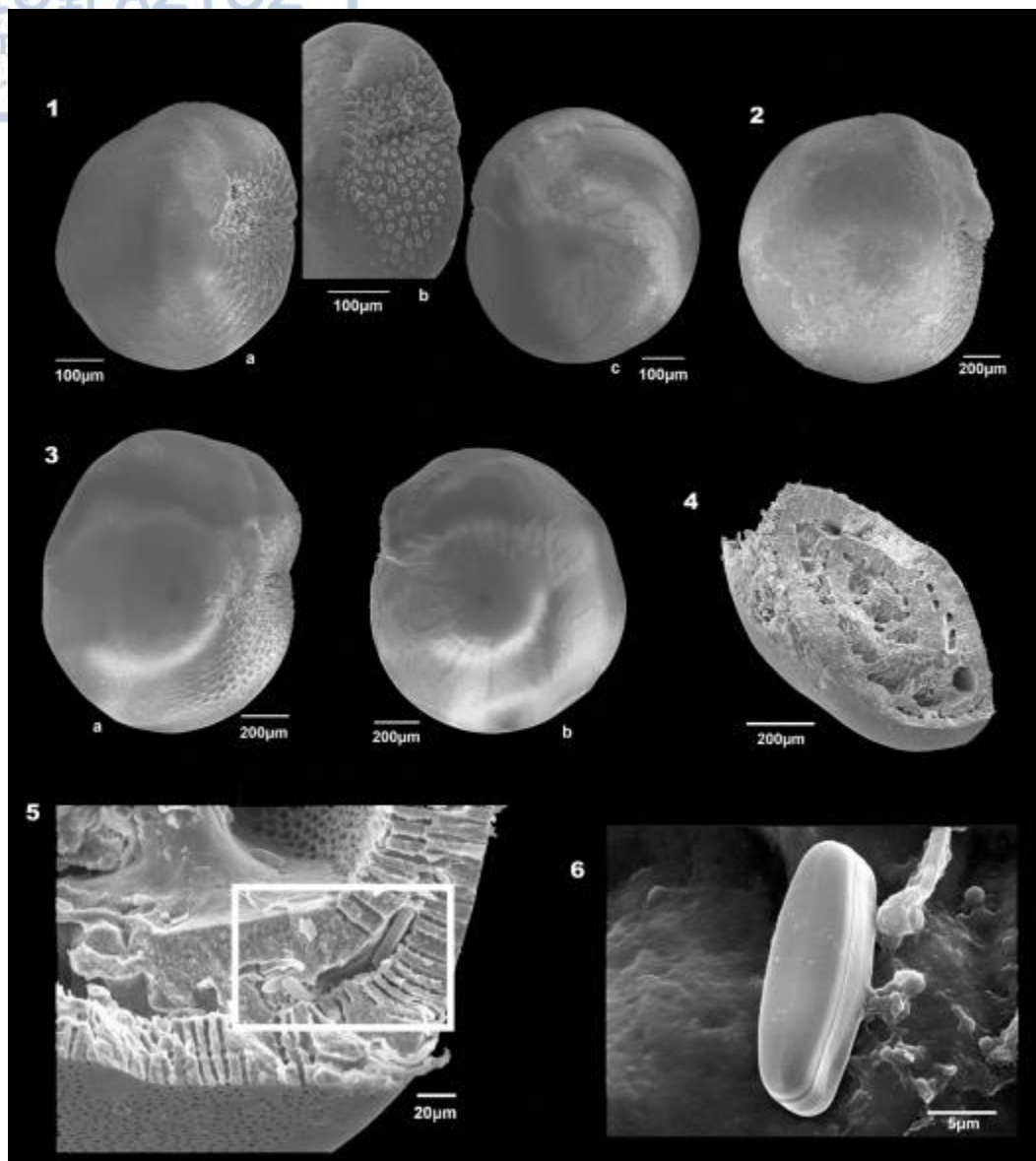
Μετά τη δειγματοληψία και την εργαστηριακή επεξεργασία των δειγμάτων που μελετήθηκαν, βρέθηκαν πολλά βενθονικά τρηματοφόρα. Κυριαρχούν γένη με ασβεστολιθικά κελύφη, υαλώδη και πορσελανώδη. Στα ασβεστολιθικά υαλώδη ανήκει και το είδος *Amphistegina lobifera*, το οποίο καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό στο Νότιο και Κεντρικό Αιγαίο και ακολουθούν και κάποια άλλα είδη σε μικρότερο ποσοστό (π.χ., *Rosalina*, *Elphidium*, *Ammonia*, κ.α.).

Στην Εικόνα 3 φαίνεται η κυριαρχία του *A. lobifera*, όπου στον Κάλαμο και τη Βραυρώνα Αττικής επικρατεί με ποσοστά 71,2% και 55,5% του συνόλου των τρηματοφόρων αντίστοιχα. Στη Ν. Καλλικράτεια Χαλκιδικής βρίσκεται με ελάχιστα άτομα, ενώ στην Κατερίνη και τα Άβδηρα απουσιάζει εντελώς.

Στην Εικόνα 3 φαίνεται η ποσοστιαία συμμετοχή του *A. lobifera* στα Φαλάσαρνα, στη Νήσο Χρυσή, στο Μαύρο Λιθάρι, στο Πόρτο Χέλι, στη Βραυρώνα, στον Κάλαμο, σε δύο περιοχές της Άνδρου, στη Νέα Καλλικράτεια Χαλκιδικής, στην Κατερίνη και στα Άβδηρα (Koukousioura et al. 2010).



Εικόνα 3. Διάγραμμα πίτας που παρουσιάζει την κατανομή του είδους *A. lobifera* στις τοποθεσίες Κρήτη (Φαλάσαρνα), Νήσο Χρυσή, Πόρτο Χέλι, Αττική (Μαύρο Λιθάρι, Βραυρώνα), Κάλαμο, Άνδρο (Κόλπος Κάστρου, Κόλπος Κορθίου), Νέα Καλλικράτεια Χαλκιδικής, Άβδηρα Ξάνθης, Κατερίνη (Koukousioura et al. 2010).



Εικόνα 4 *Amphistegina lobifera* Larsen: 1a: κοιλιακή όψη, 1b: λεπτομέρειες ανοίγματος, 1c: ραχιαία όψη (Άνδρος), 2: κοιλιακή όψη (Βραυρώνα), 3a: κοιλιακή όψη (Χρυσή), 3b: ραχιαία όψη (Χρυσή), 4: λεπτομέρειες εσωτερικής δομής, 5: συμβιωτικά διάτομα μέσα σε κέλυφος του είδους *A. lobifera*, 6: κέλυφος συμβιωτικού διατόμου (Άνδρος) (Triantaphyllou et al. 2009).

Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την κατανομή του *Amphistegina lobifera* και άλλων βενθονικών τρηματοφόρων είναι η γεωγραφική θέση (Πίνακας 2).

Η υψηλότερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε τον Ιούλιο με 24,45°C στη Νήσο Χρυσή και η χαμηλότερη με 18,26°C στη Βραυρώνα Αττικής.

Η αλατότητα παρουσίασε επίσης αύξηση προς τα νότια με υψηλότερες τιμές στη Νήσο Χρυσή. Εισροές ποτάμιων υδάτων από την ηπειρωτική χώρα στο Βόρειο Αιγαίο προκάλεσαν την παρατηρούμενη μείωση της αλατότητας στα Άβδηρα Ξάνθης, την Κατερίνη και τη Ν. Καλλικράτεια Χαλκιδικής.

Γενικά, τα μεγάλα τρηματοφόρα που φέρουν συμβιωτικούς οργανισμούς, άρα και το είδος *A. lobifera*, προτιμούν κανονικές συνθήκες αλατότητας, τροπικές θάλασσες, ενώ η κατανομή τους επηρεάζεται τη θερμοκρασία του νερού (Langer and Hottinger 2000).

Πίνακας 1. Η αφθονία του είδους *Amphistegina lobifera* στις περιοχές μελέτης (Triantaphyllou et al. 2009).

Site	Latitude	Longitude	Date of collection	Water depth (m)	mean monthly Temperature (°C)	mean monthly Salinity (‰)	<i>Amphistegina lobifera</i> (%)
Chrissi	34.58	25.39	7/06	0-3	24.45	39.03	42.5
Falasarna	35.29	23.34	7/06	0-3	24.16	38.86	26.5
Porto Heli	37.27	23.06	9/07	0-3	23.05	38.40	32.0
Mavro Lithari	37.43	23.56	10/06	0-3	21.07	38.51	34.0
Vravron	37.56	24.03	5/06	0-3	18.26	38.38	55.5
Korthi Andros	37.46	24.58	8/01	0-3	24.04	38.18	36.8
Kastro Andros	37.51	24.57	8/01	0-3	24.04	38.18	34.5
Kalamos	38.31	24.14	6/08	0-3	21.53	38.01	71.2
Katerini	40.23	22.39	6/08	0-3	21.44	37.07	0.0
Nea Kallikratia	40.23	22.55	6/08	0-3	21.44	37.07	3.0
Avdira	40.56	24.57	6/08	0-3	21.41	35.52	0.0

Στην εργασία των Koukousioura et al. (2010), που δημοσιεύτηκε ένα χρόνο αργότερα από αυτή που αναλύσαμε προηγουμένως, πραγματοποιήθηκε μελέτη των πανίδων τρηματοφόρων στα παράκτια οικοσυστήματα του Αιγαίου, και έρευνα σε μερικές επιπλέον τοποθεσίες της Αττικής (Γλυφάδα, Βάρκιζα, Φάληρο, Πέραμα), συμπεριλαμβανομένων και των προηγούμενων (Πίνακας 2).

Στον Πίνακα που ακολουθεί περιλαμβάνονται επιπλέον 5 μεταναστευτικά είδη, αλλά στην παρούσα εργασία θα αναλυθεί αποκλειστικά η παρουσία του είδους *Amphistegina lobifera* Larsen.

Πίνακας 2. Τα ποσοστά κατανομής 6 ειδών βενθονικών τρηματοφόρων συμπεριλαμβανομένου και του είδους *A. lobifera* σε 14 διαφορετικές τοποθεσίες (Koukousioura et al. 2010).

Site	Latitude	Longitude	Date of collection	Water depth (m)	mean monthly Temperature (°C)	mean monthly Salinity (‰)	Alien foraminiferal species (%)
southern Aegean Sea							
Chrissi	34.58	25.39	7/06	0-3	24.45	39.03	<i>Amphistegina lobifera</i> (42.5) <i>Sorites orbiculus</i> (2.0)
Falasarna	35.29	23.34	7/06	0-3	24.16	38.86	<i>Amphistegina lobifera</i> (26.5) <i>Sorites orbiculus</i> (7.5) <i>Triloculina fichteliana</i> (0.5)
central Aegean Sea							
Porto Heli	37.27	23.06	9/07	0-3	23.05	38.40	<i>Amphistegina lobifera</i> (32.0) <i>Planogypsina acervalis</i> (0.5)
Mavro Lithari	37.43	23.56	10/06	0-3	21.07	38.51	<i>Amphistegina lobifera</i> (34.0) <i>Cymbaloporeta plana</i> (4.5) <i>Planogypsina acervalis</i> (1.0) <i>Triloculina fichteliana</i> (0.5) <i>Sorites orbiculus</i> (0.5)
Glyfada	37.54	23.44	10/09	0-3	21.07	38.51	<i>Amphistegina lobifera</i> (43.6) <i>Cymbaloporeta plana</i> (2.0)
Varkiza	37.49	23.51	10/09	0-3	21.07	38.51	<i>Amphistegina lobifera</i> (68.0) <i>Cymbaloporeta plana</i> (4.0) <i>Sorites orbiculus</i> (2.5)
Faliro	37.56	23.52	11/09	0-3	18.85	38.60	<i>Amphistegina lobifera</i> (24.2) <i>Sorites orbiculus</i> (1.5)
Perama	37.59	23.35	1/09	0-3	18.85	38.60	<i>Planogypsina acervalis</i> (0.5)
Vravron	37.56	24.03	5/06	0-3	18.26	38.38	<i>Amphistegina lobifera</i> (55.5) <i>Planogypsina acervalis</i> (0.5) <i>Sorites orbiculus</i> (0.5) <i>Coscinospira hemprichii</i> (0.1)
Korthi Andros	37.46	24.58	8/01	0-3	24.04	38.18	<i>Amphistegina lobifera</i> (36.8) <i>Planogypsina acervalis</i> (0.5) <i>Sorites orbiculus</i> (0.1)
Kastro Andros	37.51	24.57	8/01	0-3	24.04	38.18	<i>Amphistegina lobifera</i> (34.5) <i>Cymbaloporeta plana</i> (0.5) <i>Coscinospira hemprichii</i> (0.1) <i>Sorites orbiculus</i> (0.1)

Site	Latitude	Longitude	Date of collection	Water depth (m)	mean monthly Temperature (°C)	mean monthly Salinity (‰)	Alien foraminiferal species (%)
Kastro Andros	37.51	24.57	7/03	0-3	23.26	38.53	<i>Amphistegina lobifera</i> (24.6) <i>Coscinospira hemprichii</i> (1.5) <i>Cymbaloporeta plana</i> (1.0) <i>Planogypsina acervalis</i> (1.0)
Kalamos	38.31	24.14	6/08	0-3	21.53	38.01	<i>Amphistegina lobifera</i> (71.2)
northern Aegean Sea							
Nea Kallikratia	40.23	22.55	6/08	0-3	21.44	37.07	<i>Cymbaloporeta plana</i> (10.3) <i>Amphistegina lobifera</i> (3.0) <i>Coscinospira hemprichii</i> (0.5)

Το είδος *A. lobifera* κατέχει σημαντικό ρόλο στην πανίδα επιφυτικών τρηματοφόρων στα ελληνικά παράκτια οικοσυστήματα. Οι υψηλές σχετικές αφθονίες αυτού του είδους που καταγράφηκαν στα οικοσυστήματα του Αιγαίου επιβεβαιώνουν αυτή την άποψη και οφείλονται στην όλο και αυξανόμενη τάση της θερμοκρασίας των υδάτων της Μεσογείου τα τελευταία 30 χρόνια, εξαιτίας της υπερθέρμανσης του πλανήτη (Theocharis 2008; Vargas-Yanez et al. 2008; Lejeusne et. al. 2009).

Η ισχυρή παρουσία της υποδηλώνει oligotροφικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

2.1.1. Η περιοχή της Άνδρου (Κόλπος Κάστρου, Κόλπος Κορθίου)

Η Άνδρος είναι το βορειότερο νησί των Κυκλάδων και βρίσκεται στο Αιγαίο Πέλαγος. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία από τους Koukousioura et al. (2011), στον Κόλπο του Κάστρου (βόρεια της πόλης της Άνδρου) σε 18 σταθμούς τον Αύγουστο του 2001 και σε 7 σταθμούς τον Ιούλιο του 2003, καθώς και στον Κόλπο του Κορθίου (νότια του Κόλπου του Κάστρου) σε 17 σταθμούς τον Αύγουστο του 2001.



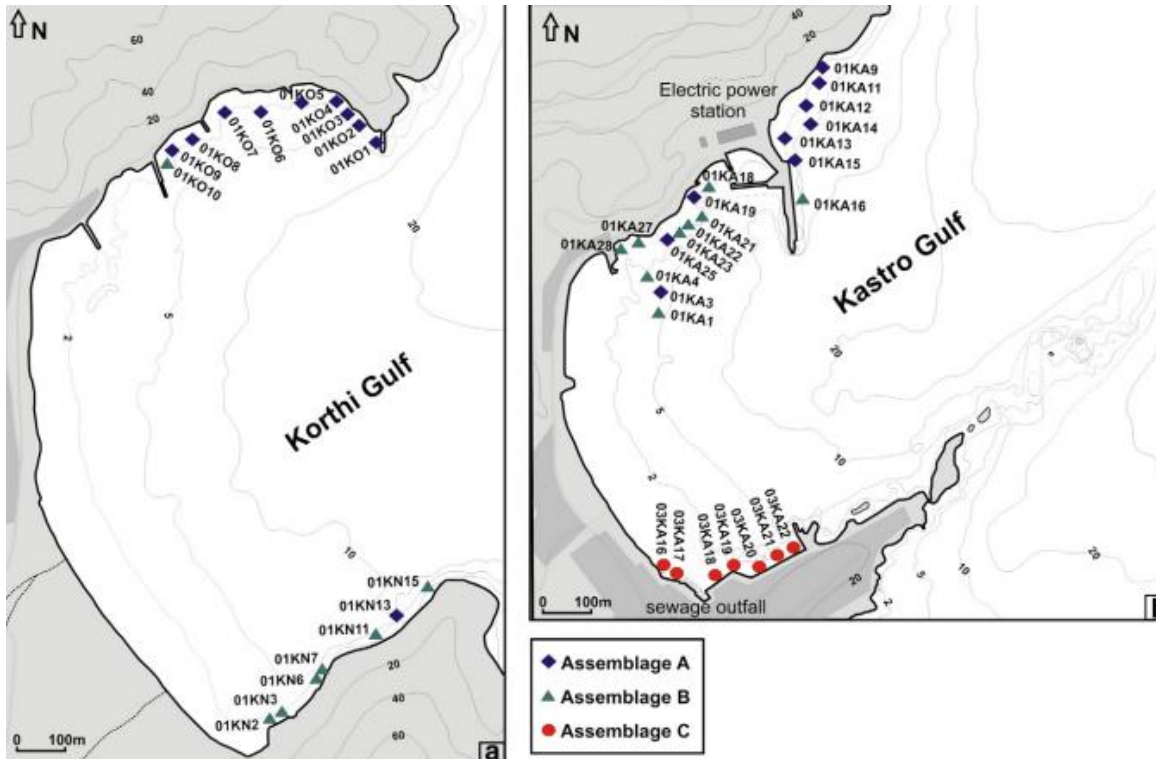
Εικόνα 5. Τοποθεσία των περιοχών μελέτης (Κόλπος Κάστρου και Κόλπος Κορθίου (Άνδρος) (Koukousioura et al. 2011).

Τα δείγματα που συλλέχθηκαν, χρωματίστηκαν με Rose Bengal, στη συνέχεια πλύθηκαν με υγρά κόσκινα, διαχωρίστηκαν σε κλάσμα μεταξύ 125 και 225 μm και ξηράθηκαν. Μόνο τα τρηματοφόρα που χρωματίστηκαν έντονα κόκκινα καταμετρήθηκαν ως ζωντανά. Εφαρμόστηκε ο δείκτης FORAM (FI), ο οποίος ελέγχει την οικολογική ποιότητα των υδάτων.

Εφαρμόστηκε επίσης και η στατιστική ανάλυση Q-mode Hierarchical Cluster Analysis (Ιεραρχική Ανάλυση κατά Συστάδες), η οποία διαχώρισε τρεις ομάδες συναθροίσεων (assemblages) (Πίνακας 1):

- ο Στην Ομάδα Α (Assemblage A), το είδος *Amphistegina lobifera* κυριαρχεί με ποσοστό 47-61% του συνόλου της ζωντανής πανίδας, υποδηλώνοντας υψηλή ποιότητα νερού και oligotrophic περιβαλλοντικές συνθήκες.
- ο Στην Ομάδα Β (Assemblage B), το *A. lobifera* εμφανίζεται με λίγο μικρότερο ποσοστό απ'ότι στην Ομάδα Α, ενώ αυξάνονται τα μικρότερα ετερότροφα είδη, υποδεικνύοντας υψηλότερες πηγές θρεπτικών συστατικών.

- Στην Ομάδα C (Assemblage C), η ύπαρξη του *A. lobifera* είναι ελάχιστη ενώ κυριαρχούν τα μικρότερα είδη, δείχνοντας έτσι την επίδραση της ρύπανσης.



Εικόνα 6. Σταθμοί δειγματοληψίας των περιοχών μελέτης (α) Κόλπος Κορθίου και (β) Κόλπος Κάστρου (Koukousioura et al. 2011).

Πίνακας 3. Οι τιμές του δείκτη FI για κάθε ομάδα συνάθροισης (Koukousioura et al. 2011).

	Assemblage A	Assemblage B	Assemblage C
FI	7.49	6.23	2.28
<i>Ammonia</i> spp.	0.000	0.000	1.307
<i>Amphistegina lobifera</i>	61.034	46.599	1.961
<i>Elphidium</i> spp.	0.327	0.335	3.595
<i>Miliolinella subrotunda</i>	5.574	5.768	0.980
<i>Peneroplis pertusus</i>	8.532	5.574	1.538
<i>Quinqueloculina berthelotiana</i>	3.093	5.812	0.452
<i>Quinqueloculina bicarinata</i>	1.948	9.533	50.549
<i>Quinqueloculina padana</i>	1.942	2.891	4.945
<i>Rosalina globularis</i>	3.425	3.226	5.229
<i>Textularia conica</i>	0.000	0.000	8.571
<i>Vertebralina striata</i>	2.273	5.517	0.000
Foraminiferal group I	0.344	0.340	17.320
Foraminiferal group II	61.034	46.599	1.961
Foraminiferal group III	27.986	40.137	64.835

Οι υψηλές σχετικές αφθονίες του *A. lobifera* που καταγράφηκαν είναι αποτέλεσμα της πολύ επιτυχημένης εισβολής αυτού του είδους στα παράκτια οικοσυστήματα του Αιγαίου (Koukousioura et al. 2010; Meriç et al. 2008; Triantaphyllou et al. 2009), γεγονός που υποδηλώνει ότι έχει γίνει σημαντικό μέρος της επιφυτικής πανίδας τρηματοφόρων. Αυτή η επιτυχημένη προσαρμογή, μπορεί να είναι συνέπεια μιας προηγουμένως κενής θέσης για συμβιωτικά τρηματοφόρα σε oligotροφικές περιοχές όπως το Αιγαίο. Αν και χωροκατακτητικό είδος το *A. lobifera*, φαίνεται πως είναι και ένας ευαίσθητος δείκτης για την οικολογική ποιότητα των υδάτων (Hallock et al. 1986, 1995, 2003; Williams 2002) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτων των παράκτιων περιβαλλόντων που προκαλείται από τον ευτροφισμό.

2.1.2. Η περιοχή της Βραυρώνας (Αττική)

Η Βραυρώνα είναι παράκτια περιοχή της Αττικής και ανήκει στον Νότιο Ευβοϊκό Κόλπο. Σε αυτή την περιοχή πραγματοποιήθηκε μελέτη του πληθυσμού του *Amphistegina lobifera* Larsen από τους Triantaphyllou et al. (2012), κατά την οποία συλλέγονταν δείγματα κάθε μήνα από τον Ιούνιο του 2008 έως και τον Μάιο του 2009. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα κρύους χειμώνες με χαμηλές θερμοκρασίες (περίπου 13,7°C), οι οποίες είναι κάτω από αυτές που ενδείκνυνται για την παρουσία αυτού του είδους. Κατά το διάστημα της έρευνας, η υψηλότερη θερμοκρασία επιφανειακών υδάτων παρατηρήθηκε τον Αύγουστο (26,2°C) και η χαμηλότερη τον Ιανουάριο (13,8°C). Η αλατότητα της επιφάνειας της θάλασσας κυμαινόταν μεταξύ 38,2-38,8 psu, ενώ οι τιμές pH μεταξύ 7,97-8,37 (Πίνακας 4).



Εικόνα 7. Χάρτης της περιοχής της Βραυρώνας Αττικής (Triantaphyllou et al. 2012).

Πίνακας 4: Η θερμοκρασία, η αλατότητα και το pH της επιφάνειας της θάλασσας κατά ημερομηνίες δειγματοληψίας (Triantaphyllou et al. 2012).

Date	Sampling Time	Sea-Surface temperature (°C)	Sea-Surface Salinity (psu)	pH
30/6/2008	12:00–14:00	23.6	38.4	8.10
23/7/2008	12:00–14:00	25.8	38.4	8.10
31/8/2008	12:00–14:00	26.2	38.3	8.10
30/9/2008	12:00–14:00	22.4	38.3	8.15
31/10/2008	12:00–14:00	21.1	38.2	8.03
30/11/2008	12:00–14:00	18.0	38.6	8.01
27/12/2008	12:00–14:00	16.8	38.5	8.01
15/1/2009	12:00–14:00	13.8	38.5	8.01
8/2/2009	12:00–14:00	14.2	38.5	7.97
8/3/2009	12:00–14:00	14.1	38.8	8.23
7/4/2009	12:00–14:00	14.3	38.3	8.37
25/5/2009	12:00–14:00	21.1	38.8	8.10

Κάθε μήνα συλλέγονταν δύο δείγματα φυκών από βάθος 0,5-1,0 μέτρων και αφού επεξεργάστηκαν εργαστηριακά μελετήθηκαν σε διοφθάλμιο στερεοσκοπικό μικροσκόπιο.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν πως ο πληθυσμός του *Amphistegina lobifera* ήταν στο σύνολό του καλοδιατηρημένος. Τα δείγματα με σπασμένα κελύφη (broken tests) δεν ξεπερνούσαν το 12%, ενώ αυτά με επιφυτιωμένα κελύφη (epiphytized tests) ήταν σπάνια, υποδεικνύοντας έτσι τη γενικότερη καλή διατήρηση. Όπως διαπιστώθηκε και φαίνεται και στον Πίνακα 5, ο μικρότερος αριθμός του *A. lobifera* με

μόλις 153 άτομα παρατηρήθηκε τον Ιούλιο (SST=25,8°C) και άρχισε να αυξάνεται σταδιακά μέχρι τον Οκτώβριο (SST=21,1°C). Από τον Νοέμβριο (SST=18,0°C) μέχρι τον Απρίλιο (SST=14,3°C), η αφθονία των ειδών παρουσίασε χαμηλή μεταβλητότητα και γι' αυτό η θνησιμότητα ήταν ελάχιστη.

Πίνακας 5. Πληροφορίες για τον πληθυσμό του είδους *Amphistegina lobifera* για κάθε μήνα στο διάστημα Ιούνιος 2008-Μάιος 2009 στην περιοχή της Βραυρώνας Αττικής (Triantaphyllou et al. 2012).

Sampling Date	Living Specimens								No. Dead Specimens
	Total Number	% Normal-Healthy	% Broken	% Epiphytized	% White	Size			
						% Small	% Intermediate	% Large	
30/6/2008	307.0	81.2	11.6	0.0	7.2	6.0	43.7	50.4	297.0
23/7/2008	153.0	79.8	11.1	0.0	9.1	58.4	20.0	21.7	220.5
31/8/2008	227.0	94.7	3.1	0.2	2.0	47.0	41.8	11.2	96.0
30/9/2008	198.0	94.4	3.3	0.0	2.3	33.9	50.4	15.8	41.5
31/10/2008	342.5	95.9	2.7	0.4	1.0	10.5	49.1	40.4	35.0
30/11/2008	352.0	96.0	2.2	0.1	1.7	12.6	47.6	39.9	44.0
27/12/2008	313.5	96.2	1.8	0.0	2.0	13.9	46.4	39.7	33.0
15/1/2009	268.0	98.1	1.5	0.0	0.4	16.0	45.5	38.6	11.5
8/2/2009	355.5	91.3	3.5	0.1	5.1	5.6	41.5	53.0	95.0
8/3/2009	356.5	96.6	2.1	0.4	0.9	6.2	43.5	50.4	35.0
7/4/2009	363.5	92.9	3.9	0.9	2.3	5.8	50.1	44.2	45.0
25/5/2009	192.0	88.9	6.1	0.0	5.0	3.2	44.8	52.1	83.5

Από την άποψη του μεγέθους των κελυφών το *A. lobifera* χωρίζεται σε:

- Μικρά (<0,5 mm)
- Ενδιάμεσα(0,5-1,0 mm)
- Μεγάλα(>1,0 mm)

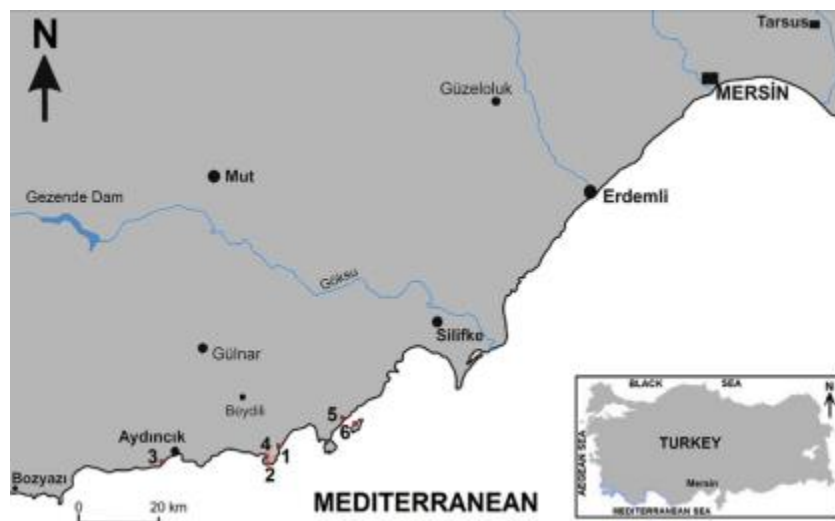
Από τον Ιούλιο μέχρι τον Αύγουστο τα άτομα με μικρά κελύφη ήταν πολύ άφθονα με το ποσοστό τους να ξεπερνάει το 30%, αλλά τον Μάιο μειώθηκαν σε μεγάλο βαθμό.

Τα λευκά και τα ενδιάμεσα είχαν παρόμοιο μοτίβο με τα μικρά, με κορύφωση που έφτασε 9% τον Ιούλιο και χαμηλή αφθονία από τον Αύγουστο μέχρι τον Μάιο.

Τέλος, αποδείχθηκε πως το *A. lobifera* αναπαράγεται κυρίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όταν η σεξουαλική και η ασεξουαλική αναπαραγωγή συμβαίνει την ίδια στιγμή. Αντίθετα, το χειμώνα η αναπαραγωγή και η ανάπτυξη του είδους περιορίζεται αρκετά, εξαιτίας κυρίως της χαμηλής έντασης του φωτός, της μειωμένης αλατότητας και των χαμηλών θερμοκρασιών.

2.2 Το είδος *A. lobifera* στα παράκτια οικοσυστήματα της Τουρκίας και τα αποτελέσματα της έρευνας για την προέλευσή της

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της παρούσας εργασίας, δεν είναι απολύτως κατανοητό εάν η προέλευση του είδους *Amphistegina lobifera* προέρχεται μέσω της διώρυγας του Σουέζ, ή από πολύ παλαιότερα από μία διαφορετική φυσική υδάτινη οδό, που συνδέει τον Ινδο-Ειρηνικό με την Ανατολική Μεσόγειο. Για να διερευνηθεί το πότε και το πώς το *A. lobifera* μετανάστευσε στη Μεσόγειο, πραγματοποιήθηκαν έρευνες από τους Meriç et al. (2016), στην περιοχή Akkuyu (Μερσίνη) της Τουρκίας.



Εικόνα 8. Χάρτης της περιοχής μελέτης (1-Kusyuvasi, 2-Camalani, 3-Aydincik, 4-Mavi Cini, 5-Seal Cave, 6-Dana Island) (Meriç et al. 2016).

Το 2012 συλλέχθηκαν 16 δείγματα ιζημάτων από τις περιοχές Aydıncık, Mavi Cini, Camalani, Kusyuvasi, Dana Island και Seal Cave (Εικ. 8). Ύστερα από την επεξεργασία που υποβλήθηκαν, μελετήθηκαν σε στερεοσκοπικό μικροσκόπιο. Οι ηλικίες 8 δειγμάτων από αυτά προσδιορίστηκαν με OSL (Πανεπιστήμιο ISIK). Η μέθοδος OSL μας επιτρέπει να μάθουμε πόσος χρόνος έχει περάσει από την τελευταία φορά που ένας κόκκος εκτέθηκε στο φως του ηλίου και βοηθάει στην κατανόηση της εξέλιξης ενός περιβάλλοντος με την πάροδο του χρόνου.

Πίνακας 6. Είδη τρηματοφόρων που βρέθηκαν στην κάθε περιοχή μελέτης (Meriç et al. 2016).

Species	Samples					
	Akkuyu-1	Kuy-1	MC-1	PSC	PD-1	AYD-2
<i>Vertebralina striata</i>						+
<i>Nubecularia lucifuga</i>						+
<i>Adelosina clarensis</i>						+
<i>Spiroloculina antillarum</i>						+
<i>Siphonaperta agglutinans</i>	+					
<i>Cycloforina contorta</i>						+
<i>Lachlanella undulata</i>						+
<i>Quinqueloculina disparilis</i>						+
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	+					
<i>Pseudotriloculina laevigata</i>						+
<i>Triloculina marioni</i>						+
<i>Sigmoilinita costata</i>						+
<i>Sigmoilinita edwardsi</i>						+
<i>Articulina carinata</i>						+
<i>Peneroplis planatus</i>	+					+
<i>Peneroplis pertusus</i>	+					+
<i>Lenticulina orbicularis</i>			+			
<i>Rosalina bradyi</i>						+
<i>Amphistegina lobifera</i>	+	+	+	+	+	
<i>Elphidium crispum</i>						+

Πίνακας 7. Οι ηλικίες με OSL για κάθε δείγμα μελέτης (Meriç et al. 2016).

Lab. No.	Depth (cm)	Age (ka)	Dose (Gy)	(n)	Dose rate (Gy/ka)
Akkuyu-1	15	227.3 ± 17.8	100.9 ± 5.2	22	0.4 ± 0.0
Akkuyu-2	20	167.2 ± 20.1	61.4 ± 5.7	14	0.3 ± 0.0
Kuy-1	20	113.1 ± 15.0	47.9 ± 5.4	14	0.4 ± 0.0
Kuy-2	20	92.6 ± 7.6	47.0 ± 2.7	12	0.5 ± 0.0
Kuy-3	15	87.7 ± 9.6	49.8 ± 4.7	14	0.5 ± 0.0
MC-1	300	6.0 ± 0.6	1.9 ± 0.1	9	0.3 ± 0.0
MC-2	250	2.7 ± 0.3	0.9 ± 0.0	10	0.3 ± 0.0
AYD-1	25	427.5 ± 29.4	231.6 ± 9.2	24	0.5 ± 0.0
AYD-2	No results have been obtained since the sample did not include quartz.				

Τοποθεσία 1: Kusyvasi Cave

Τρία δείγματα ελήφθησαν από το σπήλαιο Kusyvasi με τη μέθοδο OSL (Kuy-1, 2 και 3) και 3 παλαιοντολογικά δείγματα, όπου απέδωσαν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Kuy-1: 113,1 ka (Κ. Πλειστόκαινο)

Kuy-2: 92,6 ka (Κ. Πλειστόκαινο)

Kuy-3: 87,7 ka (Κ. Πλειστόκαινο)

Το δείγμα από το Kuy-1 έδωσε μόνο ένα άτομο *Amphistegina lobifera* (Πίνακας 6).

Τοποθεσία 2: Κόλπος Camalani

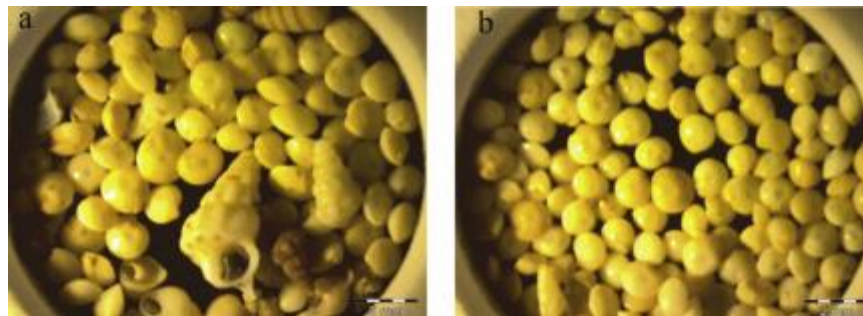
Συλλέχθηκαν δύο δείγματα με OSL (Akkuyu-1 και 2) και τρία παλαιοντολογικά δείγματα (S-6, S-7, S-8) και προέκυψαν τα αποτελέσματα:

Akkuyu-1: 227,3 ka (Μ. Πλειστόκαινο)

Akkuyu-2: 167,2 ka (Μ. Πλειστόκαινο)

Στο δείγμα από το Akkuyu-1 βρέθηκαν >150 άτομα *A. lobifera* μεγέθους μεταξύ 0,5-2,0 mm.

Στο S-6 συλλέχθηκαν 35 άτομα *A. lobifera*, ενώ στα S-7 και S-8 δεν βρέθηκε κανένα (Πίνακας 6).



Εικόνα 9. *Amphistegina lobifera* Larsen ηλικίας $227,000 \pm 17,861$ από το Akkuyu-1 9a=2-1 mm, 9b=1-0,5 mm (Meriç et al. 2016).

Τοποθεσία 3: Aydıncık

Συλλέχθηκαν δύο δείγματα με OSL (AYD-1 και 2) και τέσσερα παλαιοντολογικά (AYD-1A, 1B, 1 και 2). Το AYD-1 χρονολογείται στο Μ. Πλειστόκαινο (427,5 ka). Στο δείγμα AYD-2 βρέθηκαν πολλά διαφορετικά τρηματοφόρα, αλλά όχι *A. lobifera*, το οποίο επίσης δεν έδωσε αποτελέσματα χρονολόγησης, καθώς το δείγμα δεν περιλάμβανε χαλαζία. Βρίσκεται παρόλα αυτά πάνω από το δείγμα AYD-1, γι' αυτό προτείνεται ως νεότερο. Από τα δείγματα AYD-1A και AYD-1B δεν λήφθηκαν απολιθώματα (Πίνακας 6).

Τοποθεσία 4: Mavi Cini

Συλλέχθηκαν δύο δείγματα με OSL (MC-1 και 2) και έδωσαν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

MC-1: 6,0 ka (Ολόκαινο)

MC-2: 2,7 ka (Ολόκαινο)

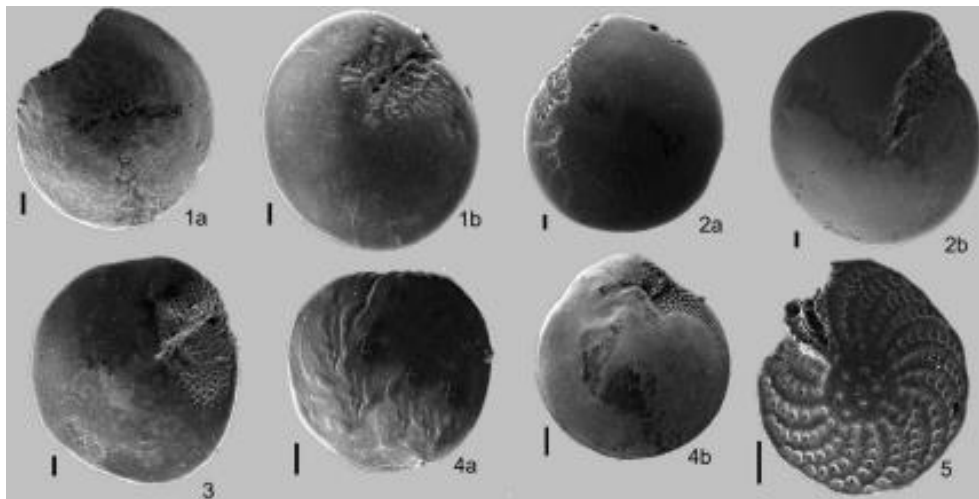
Στο δείγμα MC-1 βρέθηκαν 9 άτομα *Amphistegina lobifera* Larsen (Πίνακας 6).

Τοποθεσία 5: Seal Cave

Συλλέχθηκε ένα μόνο παλαιοντολογικό δείγμα με OSL (PSC) και απέδωσε *Amphistegina lobifera* ηλικίας Πλειστόκαινου-Ολόκαινου (Πίνακας 6).

Τοποθεσία 6: Dana Island

Συλλέχθηκε ένα παλαιοντολογικό δείγμα (PD-1), το οποίο απέδωσε *A. lobifera* ηλικίας Πλειστόκαινου-Ολόκαινου (Πίνακας 6).



Εικόνα 10. *Amphistegina lobifera* Larsen: 1a, b=πλάγιες όψεις (PD-1, Dana Island), 2a, b=πλάγιες όψεις (Akkuyu-1, Camalani), 3=πλάγια όψη (KUY-1, Kusyuvasi), 4a, b=πλάγιες όψεις (MC-01, Mavi Cini) (Meriç et al. 2016).

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα χρονολόγησης των δειγμάτων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, βρέθηκε πως το είδος *Amphistegina lobifera* Larsen

διαβιούσε στο Akkuyu το χρονικό διάστημα μεταξύ του Μέσο (781-126 ka) και Άνω Πλειστόκαινου (126-11,6 ka) (International Chronostratigraphic Chart 2013,).

Σε πιο πρόσφατη μελέτη των Guastella et al. (2019), που έγινε στο Δέλτα της Ασίας (Ανατολική Μεσόγειος), συλλέχθηκαν δείγματα στα οποία δε βρέθηκε σε κανένα από αυτά *A. lobifera*, αλλά βρέθηκαν είδη προέλευσης από τον Ινδο-Ειρηνικό και την Ερυθρά Θάλασσα (Meriç et al. 2016). Η απουσία του *A. lobifera* σε αυτά τα δείγματα υποδηλώνει πως μπορεί να βρέθηκε στη Μεσόγειο είτε σε διαφορετικό χρονικό πλαίσιο, είτε να εισήλθε με διαφορετικό τρόπο (Meriç et al. 2016). Οι Popov et al. (2006), έδειξαν πως κατά το άνω Ηώκαινο ο Ινδο-Ειρηνικός συνδεόταν με τη Μεσόγειο μέσω της λεκάνης της Μεσοποταμίας. Το σκηνικό παρέμεινε ως έχει το Ολιγόκαινο και το Μειόκαινο και τελείωσε το Μέσο-Άνω Μειόκαινο (Popov et al. 2004, 2006). Η παρουσία του *A. lobifera* μαζί με είδη όπου υπήρχαν ήδη στην περιοχή φανερώνει πως ο Ινδο-Ειρηνικός ένωνε ακόμα τη Μεσόγειο με τη Λεκάνη της Μεσοποταμίας μέχρι και το Μέσο-Άνω Μειόκαινο.

Στην παρούσα εργασία στα 7 από τα μελετηθέντα δείγματα βρέθηκε *A. lobifera*. Το *A. lobifera* που βρέθηκε στο Halic, χρονολογήθηκε στο Ολόκαινο (Suner et al. 2012). Η μέθοδος ESR (μέθοδος χρονολόγησης), έδωσε ηλικίες για το κάτω μέρος της ακολουθίας του ιζήματος $7,4 \pm 1,3$ ka και για το άνω $6,1 \pm 1,3$ ka και $5,7 \pm 1,8$ ka (Goksu et al. 1990), δείχνοντας έτσι πως η άφιξη του είδους σε αυτή την περιοχή ήταν περίπου 6.000 χρόνια πριν. Καθώς η διώρυγα του Σουέζ άνοιξε πολύ αργότερα, αποδεικνύεται πως το *A. lobifera* βρισκόταν στη Μεσόγειο πολύ πιο πριν από αυτό το γεγονός.

2.3 Το είδος *A. lobifera* στο Κανάλι της Σικελίας

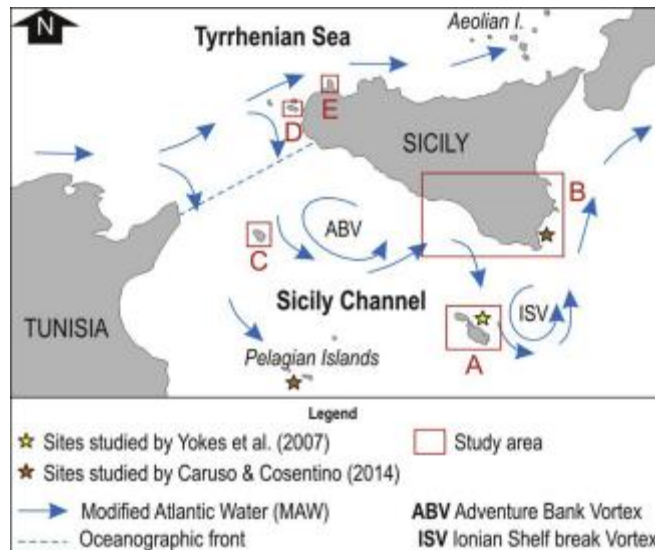
Το Κανάλι της Σικελίας αντιπροσωπεύει το ωκεανογραφικό όριο μεταξύ της ψυχρότερης δυτικής και της θερμότερης λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου (Azzurro et al. 2014; Di Lorenzo et al. 2017). Για αυτόν το λόγο είναι η ιδανική τοποθεσία για να διερευνηθεί εάν τα θερμόφιλα τρηματοφόρα μπορούν να εξαπλωθούν και πέρα από αυτό το όριο. Όπως είδαμε και στην αρχή, το *Amphistegina lobifera* ζει και εξαπλώνεται σε ζεστά νερά και σύμφωνα με τη χειμερινή ισόθερμο των 14°C (Hallock 1999; Langer and Hottinger 2000; Triantaphyllou et al. 2012).

Στο Κανάλι της Σικελίας υπάρχει μία τάση αυξανόμενης θερμοκρασίας μεταξύ του βόρειου και του νότιου τμήματος του. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 15°C έως 24°C στα βόρεια και από 18°C έως 28°C στα νότια και τον χειμώνα δεν πέφτει κάτω από 14°C πουθενά στο Κανάλι.

Η προέλαση του είδους φαίνεται να προχωράει προς την Κεντρική και τη Δυτική Μεσόγειο σύμφωνα με πρόσφατα ευρήματα σε Τυνησία, Αλβανία, Πελάγια Νησιά και Μάλτα που επιβεβαίωσαν αυτή την συνθήκη (Yokes et al. 2007; Caruso and Cosentino 2014; Langer and Mouanga 2016; Mouanga and Langer 2014; El Kateb et al. 2018).

Σύμφωνα με μελέτη που έγινε το 2019 συλλέχθηκαν δείγματα από πέντε περιοχές, τα νησιά της Μάλτας (A), την ΝΑ ακτή της Σικελίας (B), την ΒΔ ακτή της Σικελίας (E) και από τα νησιά Pantelleria (C) και Favignana (D).

Το είδος *Amphistegina lobifera* συνηθίζει να ζει τόσο σε ιζημάτα όσο και σε φύκη (Hallock 1999; Langer and Hottinger 2000; Hohenegger 2011). Εμφανίζεται στα περισσότερα δείγματα ιζημάτων των νησιών της Μάλτας και για πρώτη φορά βρέθηκε σε δείγματα φυκιών και ιζημάτων της ΝΑ Σικελίας και στα νησιά Pantelleria και Favignana.

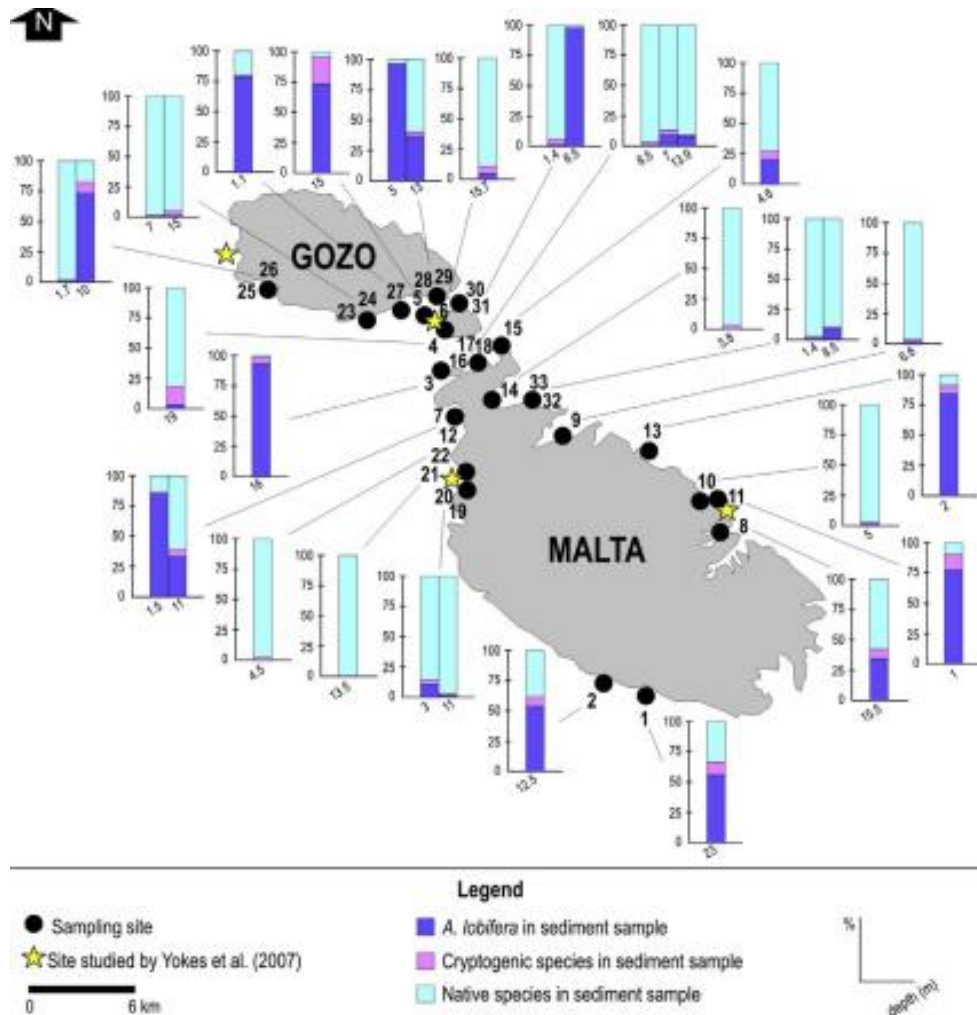


Εικόνα 11. Η επιφανειακή κυκλοφορία στο Κανάλι της Σικελίας και οι πέντε περιοχές δειγματοληψίας, (A) Νησιά της Μάλτας, (B) ΝΑ Σικελία, (C) νησί Pantelleria, (D) νησί Favignana, (E) ΒΔ Σικελία (Yokes et al. 2007; Caruso and Cosentino 2014).

Νησιά της Μάλτας

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 12 το είδος *A. lobifera* βρίσκεται σε όλες τις θέσεις που μελετήθηκαν εκτός από τρεις (μαύρες κουκίδες, θέσεις 14, 21 και 22).

Την υψηλότερη αφθονία την παρουσιάζει στο βόρειο τμήμα της Μάλτας, ανάμεσα στα νησιά Comino και Gozo (1%-98%).



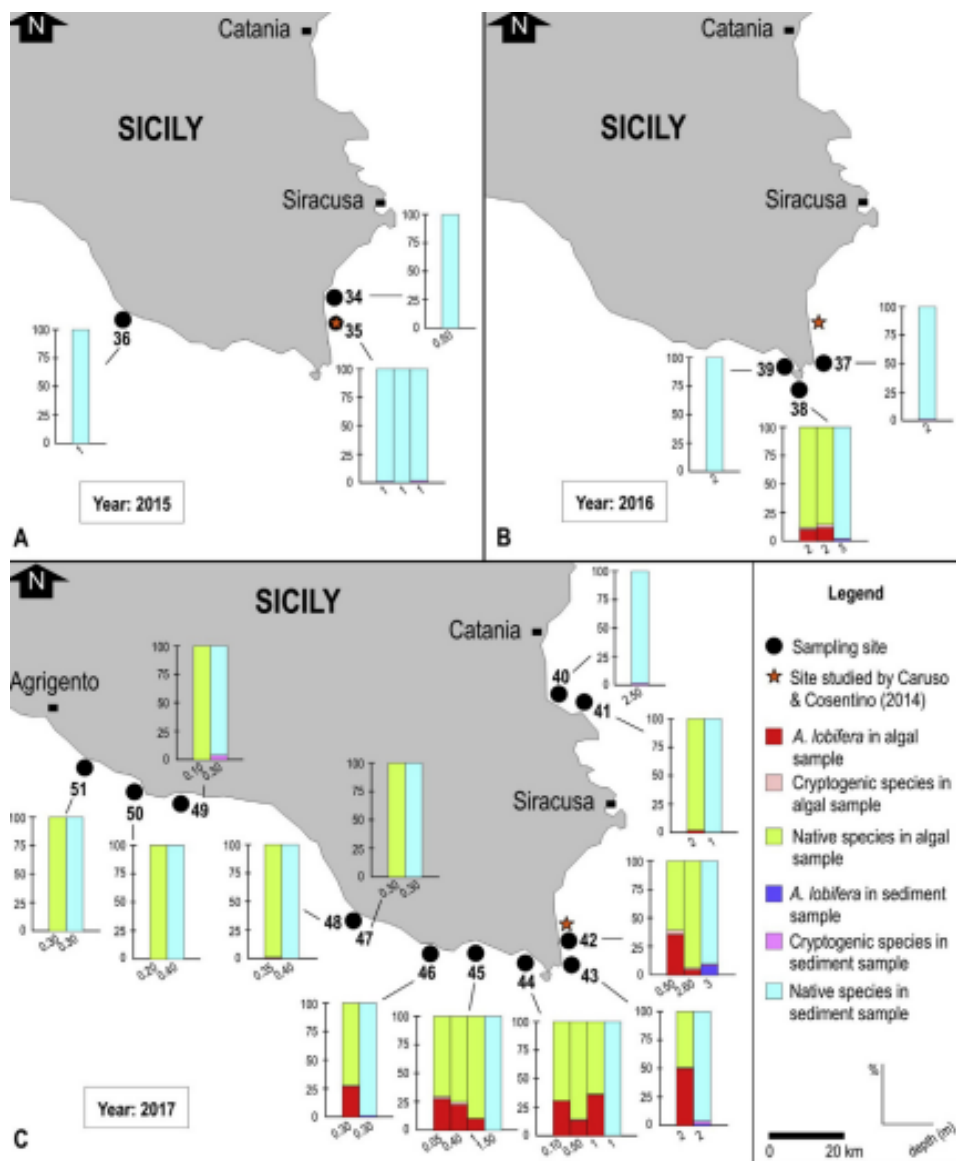
Εικόνα 12. Σχετικές αφθονίες του είδους *Amphistegina lobifera* και άλλων ειδών που καταγράφηκαν στα νησιά της Μάλτας (Malta και Gozo) (Yokes et al. 2007).

Νότια Σικελία

Στη Νότια Σικελία διερευνήθηκαν 18 διαφορετικές θέσεις σε διάστημα τριών ετών (2015-2016). Το 2015 δεν καταγράφηκε *Amphistegina lobifera* στο Vendicari.

Το 2016 καταγράφηκε για πρώτη φορά στην θέση 38 (Εικ. 13B), με ποσοστά 10-12% στα φύκη και <1% στο ιζημα.

Το 2017 καταγράφηκε με ποσοστά από 1% έως 50% στις επτά από τις 12 τοποθεσίες που έγινε δειγματοληψία (θέσεις 41, 42, 43, 44, 45, 46 και 48) (Εικ. 13C).



Εικόνα 13. *Amphistegina lobifera* που καταγράφηκε στην Νότια Σικελία (με κόκκινο *A. lobifera* σε φύκη και με μπλε *A. lobifera* σε ιζήματα) (Caruso and Cosentino et al. 2014).

Σε κάποιες τοποθεσίες της Νότιας Σικελίας βρέθηκαν ζωντανά δείγματα του *Amphistegina lobifera* σε φύκη σε βάθος μέχρι και μόλις 5 εκατοστά (Εικ. 13; θέσεις 42,

44, 45, 46). Στα πολύ μικρά βάθη η ακτινοβολία είναι ιδιαίτερα αυξημένη και η θερμοκρασία μπορεί να ξεπεράσει τους 30°C. Το *A. lobifera* βρίσκει καταφύγιο κάτω από τους θαλλούς των φυκών, έτσι ώστε να προστατευτεί, και έτσι αποδεικνύεται το πόσο καλά μπορεί να προσαρμοστεί αυτό το είδος σε ιδιαίτερες συνθήκες.

Νησί Pantelleria

Το είδος *Amphistegina lobifera* καταγράφηκε σε όλες τις θέσεις στις οποίες έγινε μελέτη (συνολικά τέσσερις), με ποσοστά από 2% έως 82%. Οι υψηλότερες τιμές παρουσιάστηκαν στις θέσεις 53 και 54 (Εικ. 14Α).

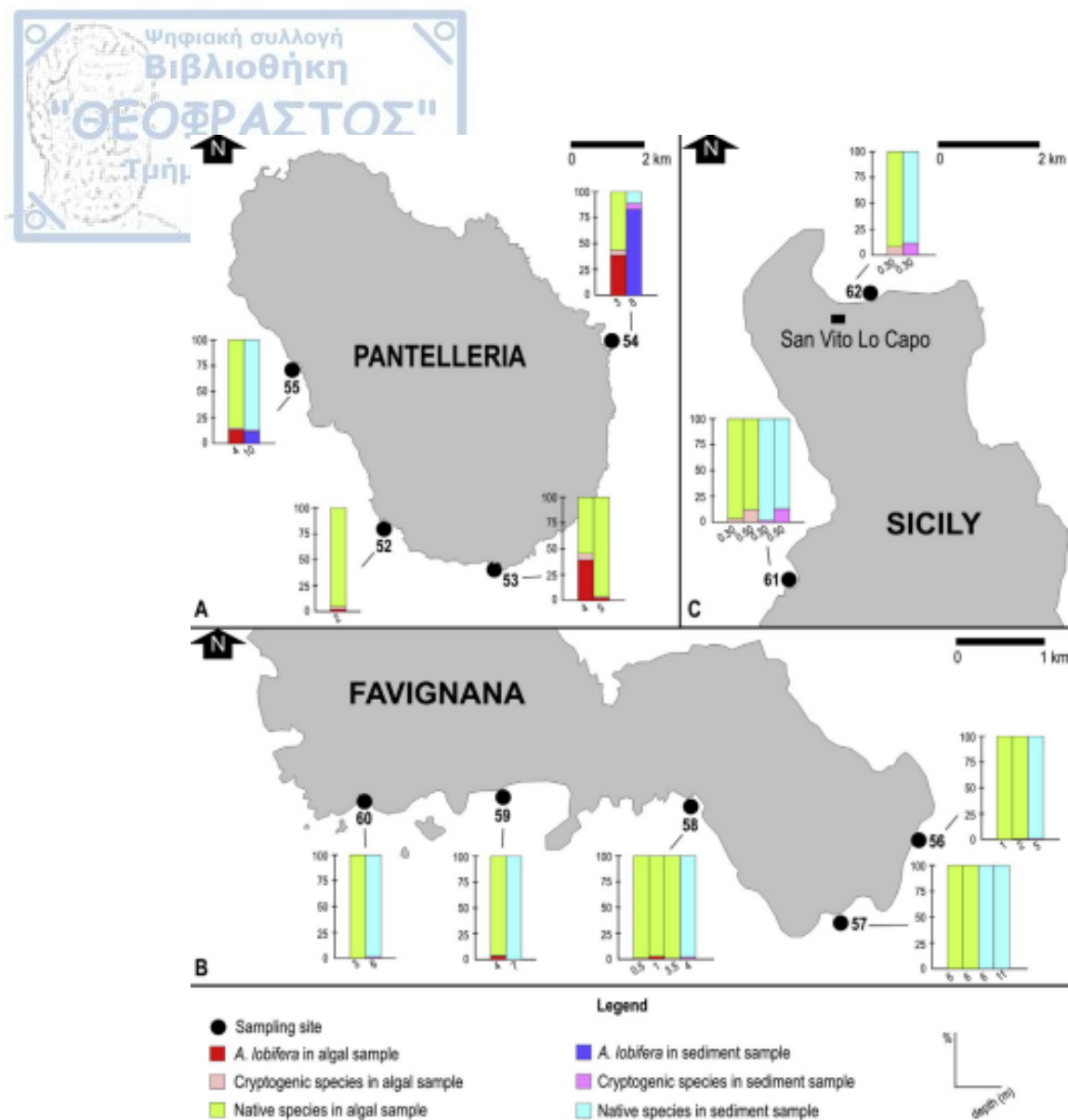
Αν και η πρώτη καταγραφή του *A. lobifera* στο νησί Pantelleria έγινε πρόσφατα, το πολύ μεγάλο ποσοστό στο οποίο βρίσκεται υποδηλώνει πως το είδος αυτό είχε φτάσει πολύ νωρίτερα αλλά δεν είχε καταγραφεί μέχρι τότε. Στις περισσότερες περιοχές που μελετήθηκαν βρίσκεται σε αρκετά μεγάλο ποσοστό που συχνά φαίνεται να έχει ξεπεράσει το 80%.

Νησί Favignana

Το είδος *A. lobifera* βρέθηκε το 2018 για πρώτη φορά σε δείγματα φυκών με ποσοστά 2%-3% σε δύο θέσεις (58, 59). Σε δείγματα ιζημάτων στις ίδιες τοποθεσίες απουσιάζει (Εικ. 14Β).

Βορειοδυτική Σικελία

Σε αυτή την περιοχή δε βρέθηκαν καθόλου amphisteginids, άρα ούτε και το είδος *Amphistegina lobifera* Larsen.



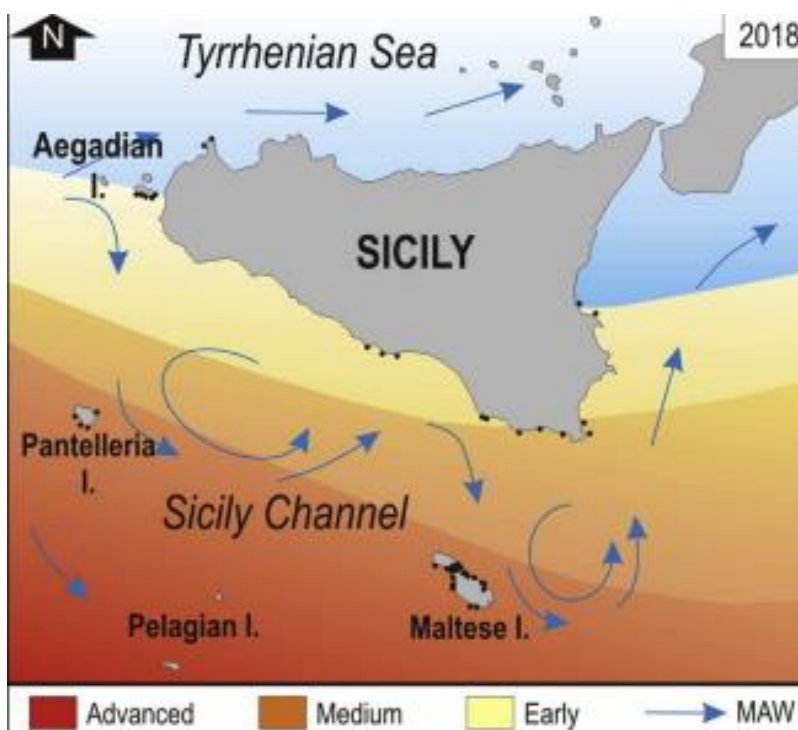
Εικόνα 14. Σχετική αφθονία του είδους *Amphistegina lobifera* στα νησιά Pantelleria και Favignana και στη Βόρεια Σικελία. Με κόκκινο το *A. lobifera* στα φύκη και με μπλε το *A. lobifera* στα ιζήματα (Caruso and Cosentino et al. 2014).

Τα στάδια αποικισμού του *Amphistegina lobifera* εντός του Καναλιού της Σικελίας είναι τρία (Εικ. 15).

Στο πρώιμο στάδιο το *Amphistegina lobifera* φαίνεται να εμφανίζεται σποραδικά και σπάνια (<20%), ενώ στο μεσαίο στάδιο βρίσκεται σε ορισμένες τοποθεσίες (20%-50%). Στο προχωρημένο στάδιο υπάρχει στις περισσότερες από τις θέσεις μελέτης με πολύ υψηλές αφθονίες (>50%).

Η εισβολή αυτή του *A. lobifera* φαίνεται να προχωρά προς τα βόρεια, φτάνοντας και στις νότιες ακτές της Σικελίας (Εικ. 15). Η διασπορά οφείλεται κατά πάσα

πιθανότητα σε επιφανειακά ρεύματα, στα φύκη στα οποία έχει προσκολληθεί και έχουν παρασυρθεί σε μεγάλες αποστάσεις, αλλά και στα ψάρια από τα οποία έχει φαγωθεί και βρεθεί στα κόπρανα τους.



Εικόνα 15. Η γεωγραφική κατανομή του είδους *Amphistegina lobifera* στο Κανάλι της Σικελίας (Guastella et al. 2019).

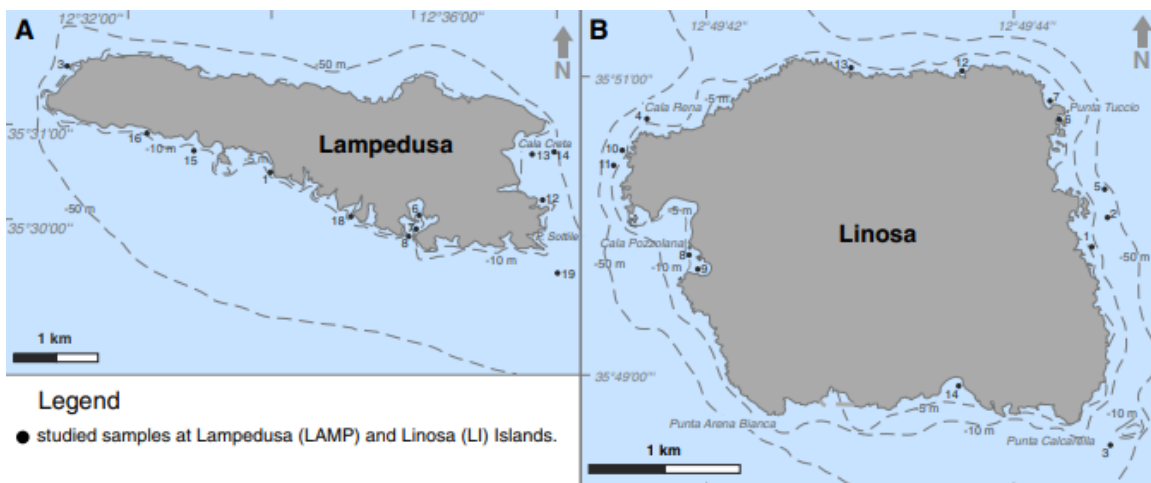
Ο ρυθμός επέκτασης του εύρους του *Amphistegina lobifera* από τη Μάλτα (Yokes et al. 2007), προς τα Πελάγια Νησιά (Caruso and Cosentino 2014), έως το νησί Favignana έχει αυξηθεί τα τελευταία 20 χρόνια με εξάπλωση περίπου 20 km/έτος.

Η εξάπλωση των amphisteginids, γενικά, έχει παρατηρηθεί πως εξαρτάται από τη σύγχρονη κλιματική αλλαγή και αυτό το επιβεβαιώνει η απότομη άνοδος της θερμοκρασίας στην Μεσόγειο Θάλασσα (Pastor et al. 2017). Οι μελέτες που έχουν γίνει και τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί προβλέπουν μια συνεχή επέκταση του είδους προς τη δυτική Μεσόγειο και τη βόρεια Αδριατική Θάλασσα, κάτι το οποίο τα προηγούμενα χρόνια δεν θα μπορούσε να συμβεί, καθώς οι χαμηλές θερμοκρασίες δεν το επέτρεπαν και λειτουργούσαν ως ωκεανογραφικό εμπόδιο για την διασπορά του.

2.4 Το είδος *A. lobifera* στα Πελάγια Νησιά

Τα Πελάγια Νησιά είναι 3, το Lampedusa, το Linosa και το Lampione τα οποία βρίσκονται στην καρδιά της Μεσογείου, ανάμεσα στη Σικελία και στις ακτές της Τυνησίας. Το Lampedusa και το Linosa είναι δύο μεγάλα νησιά του αρχιπελάγους με το δεύτερο να είναι ηφαιστειακής προέλευσης, ενώ το Lampione είναι πολύ μικρό σε μέγεθος. Το χειμώνα η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας δεν πέφτει κάτω από τους 16°C, ενώ το καλοκαίρι φτάνει μέχρι και στους 28-29°C.

Οι Caruso και Cosentino (2014), πραγματοποίησαν μελέτη στα νησιά Lampedusa, Linosa και Lampione, αλλά και σε κάποιες περιοχές της Σικελίας, έτσι ώστε να προσδιοριστούν τα είδη των τρηματοφόρων που κατοικούν εκεί και ποιό κυριαρχεί συγκριτικά με τα υπόλοιπα.

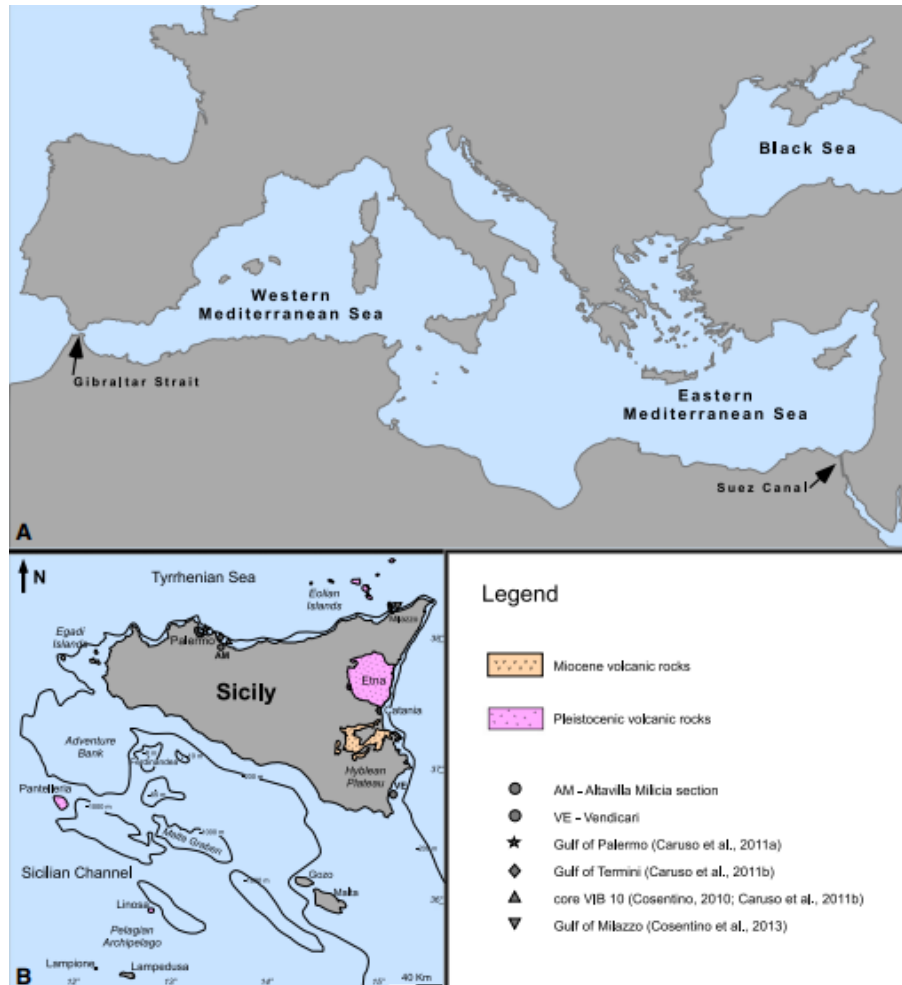


Εικόνα 16. Δύο από τις περιοχές μελέτης, Α) νησί Lampedusa, Β) νησί Linosa (Caruso and Cosentino et al. 2014).

Μελετήθηκαν συνολικά 35 δείγματα ιζημάτων σε διαφορετικές χρονικές περιόδους.

Το καλοκαίρι του 2005 συλλέχθηκαν 12 δείγματα θαλάσσιου ιζήματος παράκτια του νησιού Lampedusa (Εικ. 15Α). Το καλοκαίρι του 2009 συλλέχθηκαν 14 δείγματα ιζήματος και 3 δείγματα φυκών από το νησί Linosa (Εικ. 15Β). Το καλοκαίρι του 2012 συλλέχθηκαν 2 δείγματα ιζημάτων από το Vendicari (ΝΑ Σικελία) (Εικ. 17Β).

Επιπλέον συλλέχθηκαν 3 δείγματα από τους Πλειοκαινικούς καλκαρενίτες από την Altavilla Milicia (Εικ. 17B).



Εικόνα 17. Α) Μεσόγειος Θάλασσα, Β) Τοποθεσίες μελέτης στην περιοχή της Σικελίας (Caruso and Cosentino et al. 2014).

Συνολικά τα βενθονικά τρηματοφόρα που συλλέχθηκαν από τα ιζήματα ήταν άφθονα και καλά διατηρημένα. Τα τρηματοφόρα που έφεραν σπασμένο κέλυφος (Broken tests) ήταν σε ποσοστό <1% και αυτά με παραμορφωμένο κέλυφος (Deformed tests) το ίδιο, με μία μόνο εξαίρεση του δείγματος 6 (Lamp 6→9,2%).

Πίνακας 6. Ποσοστά των τρηματοφόρων στις περιοχές μελέτης (Lampedusa και Linosa Islands και Vendicari) (Caruso and Cosentino et al. 2014).

Sampling sites	Number of counted foraminifera	Porcelaneous tests (%)	Hyaline tests (%)	Agglutinant tests (%)	<i>Amphisorus hemprichii</i>	<i>A. lessonii</i>	<i>A. cf. lessonii</i>	<i>A. lobifera</i>	<i>A. cf. papillosa</i>	<i>Amphistegina spp.</i>	<i>Cymbaloporella squamosa</i>	<i>Entosigmomorphina sp.</i>	<i>Peneroplus pertusus</i>	<i>Peneroplus planatus</i>	<i>Peneroplus cf. P. planatus</i>	<i>Sorites orbiculus</i>
<i>Lampedusa Island</i>																
LAMP 1	308	47.40	52.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.48	3.90	0.00	1.62
LAMP 3	31	35.48	64.52	0.00	0.00	0.00	0.00	29.03	9.68	38.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LAMP 6	534	41.39	57.30	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.06	1.69	0.00	1.50
LAMP 7	229	44.54	55.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.86	1.75	0.00	0.44
LAMP 8	1227	44.99	54.60	0.41	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	7.09	8.23	0.08	2.12
LAMP 12	115	61.74	38.26	0.00	0.00	0.00	0.00	4.35	0.87	5.22	0.00	0.00	2.61	7.83	0.00	0.00
LAMP 13	247	62.75	36.03	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.74	6.07	0.00	4.05
LAMP 14	382	41.88	56.81	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.02	1.31	0.00	1.31
LAMP 15	247	51.01	48.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.46	4.86	0.00	3.24
LAMP 16	194	60.82	38.66	0.52	0.00	0.52	0.00	5.15	0.00	5.67	1.03	0.00	19.07	3.61	0.00	0.52
LAMP 18	392	68.37	3.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28	0.00	0.00	0.00
LAMP 19	521	41.27	58.35	0.38	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00	0.38	0.00	0.19	12.09	4.22	0.00	1.92
<i>Linosa Island</i>																
LI 09 1	474	15.19	84.81	0.00	0.84	12.03	0.00	66.45	0.21	78.69	0.00	0.00	9.28	1.27	0.21	0.00
LI 09 2	392	53.32	46.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.39	2.30	0.00	1.02
LI 09 3	120	21.67	78.33	0.00	0.00	0.83	0.00	2.50	0.00	3.33	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00
LI 09 4	283	73.85	26.15	0.00	0.00	0.00	4.59	1.06	0.00	5.65	7.42	0.00	39.93	27.21	0.35	0.35
LI 09 5	213	46.01	53.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	14.08	6.57	0.00	1.41
LI 09 6	519	65.13	34.87	0.00	0.19	0.00	25.24	1.73	0.00	26.97	1.93	0.00	25.24	28.52	0.00	2.70
LI 09 7	145	29.66	70.34	0.00	0.69	45.52	0.00	19.31	0.00	64.83	0.00	0.00	10.34	8.97	0.00	0.69
LI 09 8	354	16.10	83.90	0.00	0.28	16.10	0.00	65.54	0.00	81.64	0.00	0.00	7.91	3.67	0.00	0.00
LI 09 9	224	83.63	16.37	0.00	0.00	0.44	0.00	2.65	0.00	3.10	0.88	0.00	51.77	5.75	0.00	0.44
LI 09 10	181	19.34	80.66	0.00	0.00	6.08	0.00	45.30	0.00	51.38	0.55	0.00	3.31	3.31	0.00	0.00
LI 09 11	414	51.93	48.07	0.00	0.00	0.00	4.35	0.00	0.00	4.35	1.45	0.00	35.99	8.70	0.00	0.00
LI 09 12	387	2.07	97.93	0.00	0.26	9.82	0.00	87.60	0.00	97.42	0.00	0.00	0.52	0.78	0.00	0.00
LI 09 13	225	11.11	88.89	0.00	0.00	11.56	0.00	76.00	0.00	87.56	0.44	0.00	4.00	4.44	0.00	0.00
LI 09 14	138	71.01	28.99	0.00	0.00	5.80	0.00	13.77	0.00	19.57	0.72	0.00	36.96	11.59	0.00	0.00
<i>Vendicari</i>																
VE 2	477	39.62	59.12	1.26	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.37	3.14	0.21	0.00
VE 1	264	24.62	75.38	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	12.12	1.89	0.00	0.00

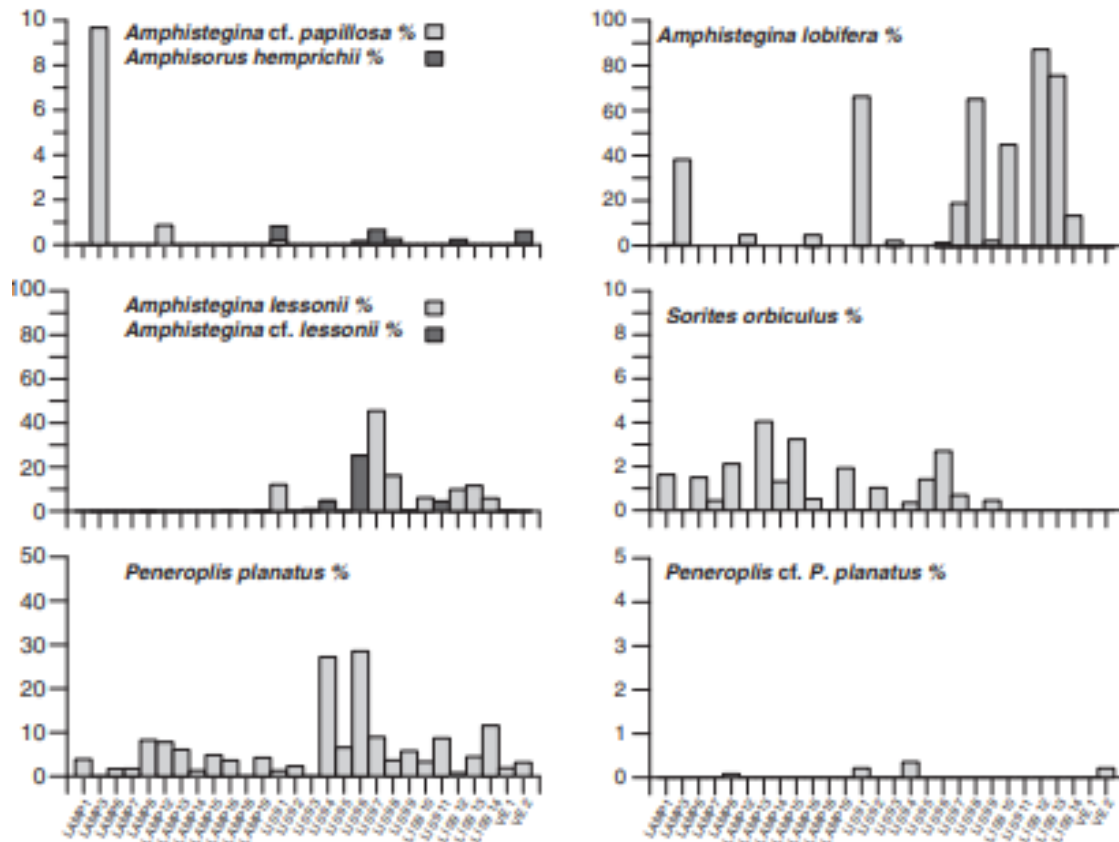
Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6 η μελέτη έγινε για τον γενικότερο πληθυσμό των βενθονικών τρηματοφόρων, αλλά η παρούσα εργασία θα επικεντρωθεί στα στοιχεία που δόθηκαν για το είδος *Amphistegina lobifera* Larsen. Το *A. lobifera* (Πίνακας 6), φαίνεται να είναι το πιο άφθονο είδος στις περισσότερες από τις περιοχές στις οποίες έγινε μελέτη.

Στο νησί Lampedusa το *A. lobifera* βρίσκεται με υψηλά ποσοστά στη θέση Lamp 3 (29,03%), στις θέσεις Lamp 12 ενώ στη θέση 16 με πολύ χαμηλότερα ποσοστά (4,35 και 5,15 αντίστοιχα), και στη θέση Lamp 19 ελάχιστα (Πίνακας 6).

Στο νησί Linosa το γένος *Amphistegina* συνολικά κυριαρχεί στην πλειοψηφία των περιοχών που μελετήθηκαν (Εικ. 18), με ποσοστά που φτάνουν έως και 97,4% (LI 09 12).

Το είδος *A. lobifera* αφθονεί σε περιοχές με βάθος <8 μέτρα. Όταν βρίσκεται σε αρκετά μεγάλη ποσότητα δίνει έναν τυπικό χρωματισμό "salt & pepper" στα μαύρα ηφαιστειακά ιζήματα. Στα δείγματα φυκών LI 09 4, LI09 6, LI 09 11 τα ποσοστά του *A. lobifera* είναι χαμηλότερα, ενώ σε αυτές τις θέσεις το πιο άφθονο είδος είναι το *A. cf. lessonii*.

Στην περιοχή Vendicari και Altavilla Milicia, δε βρέθηκε καθόλου *A. lobifera*. Καταγράφηκαν άτομα μόνο *A. lessonii* και *Amphisorus hemprichii* σε πολύ μικρό αριθμό στο Vendicari (<0,6%) (Πίνακας 6).



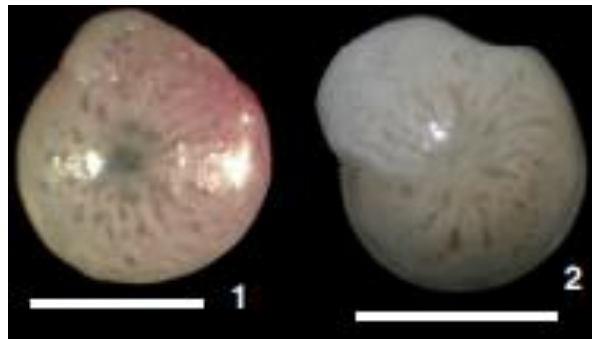
Εικόνα 18. Διαγράμματα αφθονίας των ειδών τρηματοφόρων των περιοχών Lampedusa και Linosa Islands και Vendicari (Caruso and Cosentino et al. 2014).

Όπως φάνηκε και από τα αποτελέσματα της μελέτης το *Amphistegina lobifera* Larsen εμφανίζει τα υψηλότερα ποσοστά σε δείγματα που συλλέχθηκαν από βάθη μικρότερα των 10 μέτρων. Χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλα κελύφη και βρίσκεται σε ποσοστά μέχρι και 80-90%.

Σε δείγματα φυκών που συλλέχθηκαν από το νησί Linosa βάθους 16-30 μέτρων, το *A. lobifera* βρίσκεται πολύ σπάνια. Στα ανοιχτά του νησιού Lampedusa παρατηρείται σε μικρότερο βαθμό από ότι στο Linosa, αλλά ίσως αυτό οφείλεται στη διαφορετική περίοδο δειγματοληψίας (Lampedusa το 2005, Linosa το 2009). Τα χαμηλότερα ποσοστά στο Lampedusa ίσως ερμηνεύουν έναν αρχικό αποικισμό, ενώ τα υψηλότερα ποσοστά

στο Linosa μετά από χρόνια να αποτελούν το τελικό αποτέλεσμα μια επιτυχημένης εγκατάστασης του γένους *Amphistegina*.

Η άφιξη του είδους *Amphistegina lobifera* έχει τροποποιήσει πλήρως τις προϋπάρχουσες κοινότητες των βενθονικών τρηματοφόρων με αποτέλεσμα τη δραστική μείωση της αφθονίας των ειδών όταν το γένος *Amphistegina* κυριαρχεί κατά κράτος και για αυτόν το λόγο έχει μπει στη λίστα με τα 100 πλέον χωροκατακτητικών ειδών της Μεσογείου (invasive species) (Streftaris and Zenetos 2006).

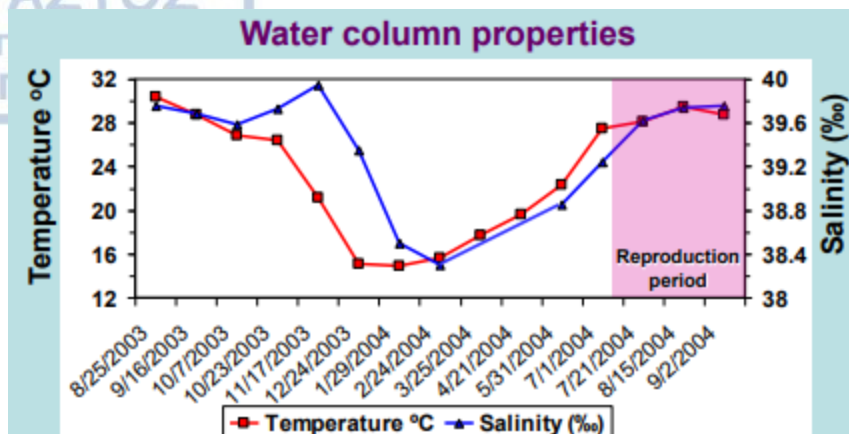


Εικόνα 19. 1. *Amphistegina lobifera*, ραχιαία όψη (Lamp 3), 2. *Amphistegina lobifera*, ομφαλική όψη (LI 09 8) (Caruso and Cosentino et al. 2014).

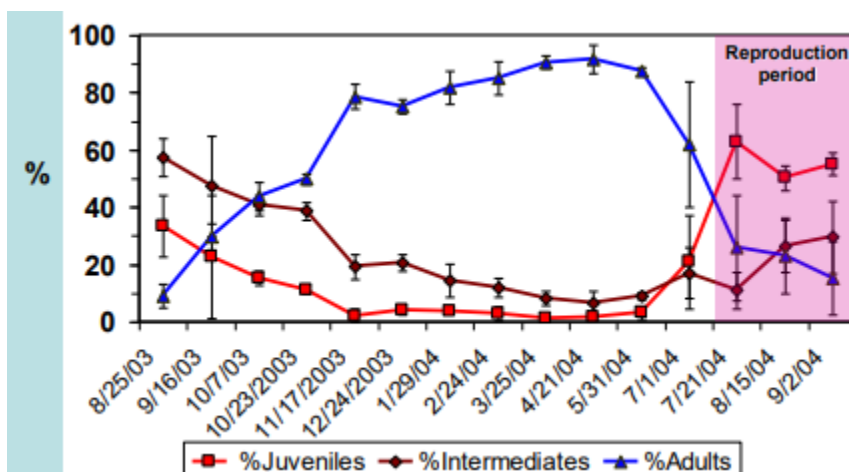
2.5 Το είδος *A. lobifera* στο Ισραήλ

Στη μελέτη των Agius et al. (2019), πραγματοποιήθηκε έρευνα στα ανοιχτά του Tel Shiqmona στη Haifa, στο Ισραήλ, έτσι ώστε να αναλυθεί η ετήσια πληθυσμιακή δυναμική του είδους *Amphistegina lobifera*. Η πρώτη καταγραφή για το Ισραήλ σημειώθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 με χαμηλό ποσοστό (10%).

Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία σε βάθος περίπου 1,5 μέτρο από τον Αύγουστο του 2003 έως και το Σεπτέμβριο του 2004 ανά 3 με 5 εβδομάδες.



Εικόνα 20. Η αφθονία του είδους *A. lobifera* σύμφωνα με τη θερμοκρασία και την αλατότητα (Agius et al. 2019).



Εικόνα 21. Η αφθονία του είδους *A. lobifera* σε διαφορετικές ημερομηνίες (κόκκινο=νεαρά άτομα, καφέ=ενδιάμεσο στάδιο ανάπτυξης, μπλε=ενήλικα άτομα) (Agius et al. 2019).

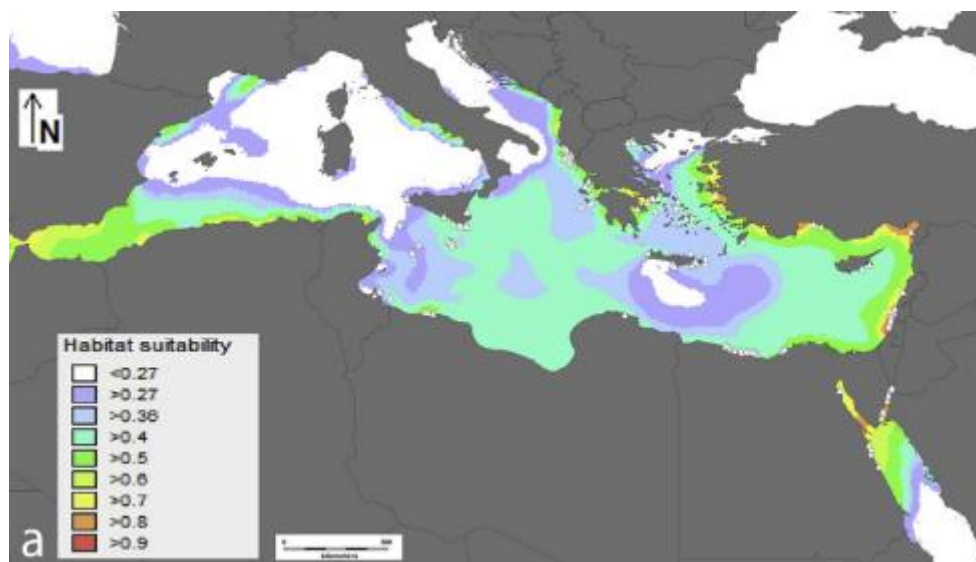
Το είδος *Amphistegina lobifera* είναι το πιο σύνηθες τρηματοφόρο στην περιοχή της Shiqmona και εμφανίζεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Υψηλότεροι αριθμοί παρουσιάζονται στα τέλη του καλοκαιριού με αρχές του φθινοπώρου και στα τέλη του χειμώνα με αρχές της άνοιξης. Οι θερμοκρασίες της επιφάνειας της θάλασσας ποικίλουν μεταξύ 15°C-30°C και η αλατότητα μεταξύ 38,5-40‰ και ρυθμίζουν όπως φαίνεται τον κύκλο αναπαραγωγής (Εικ. 20).

Η περίοδος αναπαραγωγής του *A. lobifera* είναι τον Ιούλιο με Αύγουστο, κάτι το οποίο αποδεικνύεται εύκολα, καθώς το ποσοστό των νεαρών ατόμων είναι υψηλότερο

(Εικ. 21). Άτομα *Amphistegina lobifera* με το μεγαλύτερο μέγεθος κελύφους (έως 1,5 mg) καταγράφηκε κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα.

2.6. Μοντέλο κατανομής του είδους *A. lobifera* στη Μεσόγειο

Υπολογίστηκε ένα μοντέλο κατανομής(SDM) του *Amphistegina lobifera* στη Μεσόγειο Θάλασσα (Εικ. 22a, 23b, 24c).



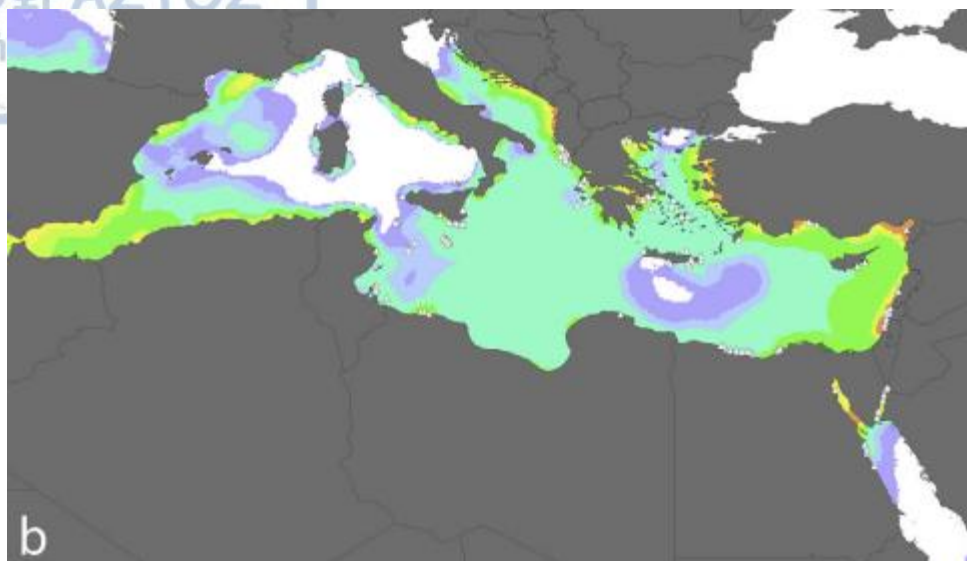
Εικόνα 22a. Σημερινές τιμές που καθορίζουν εάν ένα περιβάλλον είναι κατάλληλο (τιμές καταλληλότητας) για την ύπαρξη του είδους *A. lobifera* στη Μεσόγειο. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός τόσο αυξάνονται οι πιθανότητες ύπαρξης του *A.lobifera* (Guastella et al. 2019).

Υψηλότερες τιμές καταλληλότητας παρουσιάζονται κατά μήκος των παράκτιων περιοχών του Ανατολικού και Δυτικού Αιγαίου και του Λεβαντίνου Πελάγους.

Μεσαίες τιμές καταλληλότητας δίνονται για τις δυτικές ακτές της Ελλάδας, την ακτή της Αλβανίας και της βόρειας Τυνησίας.

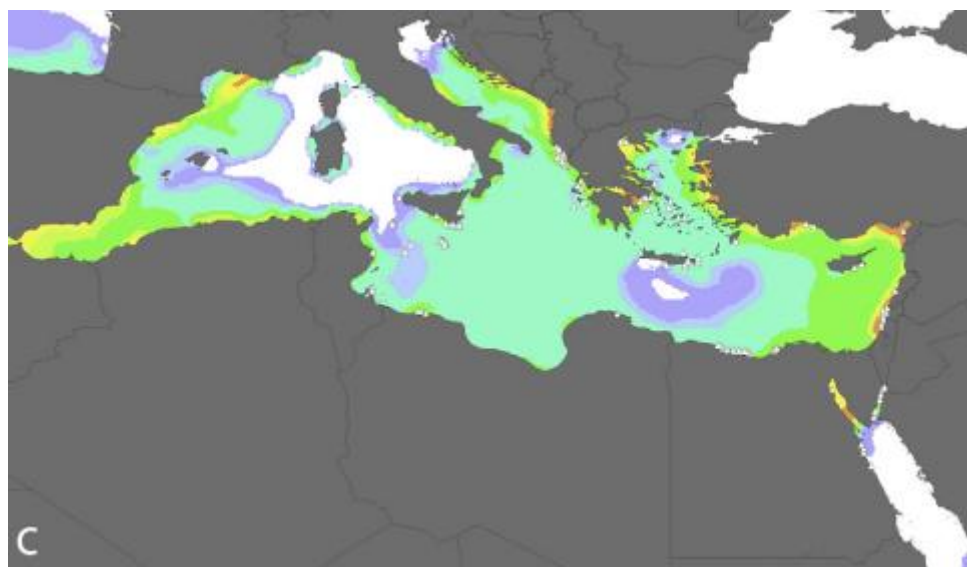
Τιμές καταλληλότητας παρουσίας του *A. lobifera* παρουσιάζονται κατά μήκος των ακτών της νότιας Κροατίας, της δυτικής Ιταλίας, της νότιας Γαλλίας, της ανατολικής και νότιας Ισπανίας, του Μαρόκου και της Αλγερίας.

Συγκεκριμένα στο εσωτερικό του Καναλιού της Σικελίας η καταλληλότητα μειώνεται προς τα δυτικά (Εικ. 22a).



Εικόνα 23b. Τιμές καταλληλότητας του είδους *A. lobifera* για το 2040-2050 (Guastella et al. 2019).

Προβλέπεται πως η καταλληλότητα εγκατάστασης του *A. lobifera* θα αυξηθεί το 2040-2050 με πιθανές επεκτάσεις εμβέλειας προς τη δυτική περιοχή της Μεσογείου και συγκεκριμένα κατά μήκος των ακτών της βόρειας Αφρικής και της Θάλασσας Βελεαρίδων, της Τυρρηνικής ακτής και της Αδριατικής Θάλασσας (Εικ. 23b).



Εικόνα 24c. Τιμές καταλληλότητας του είδους *A. lobifera* για τα έτη 2090-2100 (Guastella et al. 2019).

Για τα έτη 2090-2100 το μοντέλο προβλέπει ότι η καταλληλότητα των οικοτόπων θα αυξηθεί ελαφρώς περισσότερο προς τα δυτικά με τιμές καταλληλότητας >8.

Ευνοϊκές συνθήκες καταλληλότητας προβλέπονται και για τις ακτές της βόρειας Αλβανίας, του Μαυροβουνίου και της Κροατίας (Εικ. 24c).

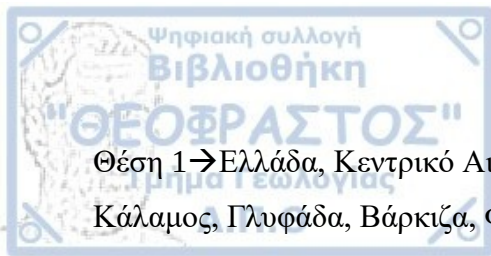
Η τρέχουσα επέκταση του εύρους του *Amphistegina lobifera* καθορίζεται κατά έναν πολύ μεγάλο βαθμό από τη σύγχρονη αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της Μεσογείου Θάλασσας (Coll et al. 2010; Lejeusne et al. 2010; Bianchi et al. 2013; Guastella et al. 2021). Τα τελευταία 20 με 30 χρόνια η θερμοκρασία της Δυτικής Μεσογείου έχει ανέβει από 0,8°C μέχρι 4,0°C (Priour 2002; Vargas-Yanez et al. 2008; Coma et al. 2009), ενώ της Ανατολικής Μεσογείου κατά 1°C (Theocharis 2008).

2.7 Συγκεντρωτικός χάρτης της Μεσογείου με καταγεγραμμένη παρουσία του είδους *Amphistegina lobifera*



Εικόνα 25. Χάρτης της Μεσογείου με αριθμημένες τις καταγεγραμμένες εμφανίσεις του είδους *Amphistegina lobifera* (δεν αναλύονται όλες οι τοποθεσίες στην παρούσα εργασία).

Στον παραπάνω χάρτη σημειώνονται οι τοποθεσίες στις οποίες έχει αναφερθεί το είδος *Amphistegina lobifera* Larsen στη Μεσόγειο Θάλασσα. Αναλυτικά:



Θέση 1→Ελλάδα, Κεντρικό Αιγαίο (Πόρτο Χέλι, Αττική (Μαύρο Λιθάρι, Βραυρώνα, Κάλαμος, Γλυφάδα, Βάρκιζα, Φάληρο)

Θέση 2→Ελλάδα, Κεντρικό Αιγαίο-Άνδρος (Κόλπος Κάστρου, Κόλπος Κορθίου)

Θέση 3→Ελλάδα, Νότιο Αιγαίο (Φαλάσαρνα (Κρήτη), Νήσος Χρυσή)

Θέση 4→Ελλάδα, Ιόνιο Πέλαγος (Ιθάκη, Λευκάδα)

Θέση 5→Ελλάδα, Βόρειο Αιγαίο (Νέα Καλλικράτεια Χαλκιδικής, Κατερίνη)

Θέση 6→Τουρκία (Kusyvasi, Camalani, Mavi Cini, Seal Cave, Dana Island, Antalya)

Θέση 7→Νησιά της Μάλτας (Gozo, Comino, Malta)

Θέση 8→Σικελία

Θέση 9→Κύπρος

Θέση 10→Πελάγια Νησιά (Lampedusa, Linosa, Lampione)

Θέση 11→Ισραήλ (Tel Shiqmona)

Θέση 12→Λιβύη

Θέση 13→Τυνησία

Θέση 14→Αίγυπτος

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε αναφορά σε μελέτες και έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου Θάλασσας, έτσι ώστε να παρατεθούν δεδομένα σχετικά με τον κυρίαρχο ρόλο του είδους *Amphistegina lobifera* στη θαλάσσια πανίδα τρηματοφόρων, μετά το άνοιγμα της διώρυγας του Σουέζ.

Η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας έχει τον κυρίαρχο ρόλο στην κατανομή των βενθονικών τρηματοφόρων, άρα και του είδους *Amphistegina lobifera*. Η εμφάνιση της οριοθετείται από την χειμερινή ισόθερμο των 14°C και διάφορες έρευνες επέδειξαν πως σταματάει κάθε κίνησή της εάν εκτεθεί σε θερμοκρασίες κάτω των 12°C.

Τα τελευταία χρόνια λόγω της θέρμανσης του κλίματος έχει κάνει τα *amphisteginids* να τείνουν να επεκτείνουν το εύρος τους με τελικό αποτέλεσμα να προκαλούνται σημαντικές αλλαγές στην λειτουργία των οικοσυστημάτων. Η μεγάλη αφθονία του έχει κάνει τα προηγούμενα τρηματοφόρα που ήταν εγκατεστημένα εκεί να μετατοπιστούν.

Συμπερασματικά τα τελευταία χρόνια με τη βοήθεια της ανόδου της θερμοκρασίας, λόγω της κλιματικής αλλαγής, το είδος *A. lobifera* αφθονεί σε πολλές περιοχές της Ανατολικής και Κεντρικής Μεσογείου και ενδέχεται τα επόμενες δεκαετίες να μπορέσει να εξαπλωθεί και να εγκατασταθεί και στο δυτικότερο τμήμα της, που μέχρι σήμερα δεν έχει βρεθεί.



Agius, D., Evans, J. and Schembri, P., 2019. Algal substratum preferences of the alien foraminifera *Amphistegina lobifera* in shallow water. *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.*, 42, 187.

Avsar, N., 1997. Foraminifera of the Eastern Mediterranean Costline. *Ç. Ü. Yerbilimleri (Geosound)*, 31, 67-81.

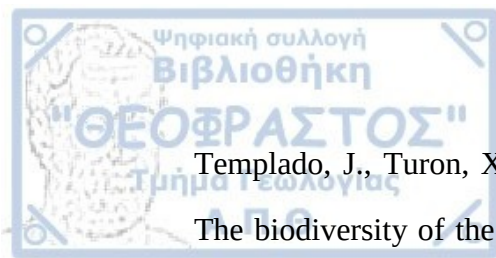
Azzurro, E., Ben Souissi, J., Boughedir, W., Castriota, L., Deidun, A., Falautano, M., Ghaen, R., Zammit-Mangion, M. and Andaloro, F., 2014. The Sicily Strait: a transitional observatory for monitoring the advance of non-indigenous species. *Biol. Mar. Mediterr.*, 21 (1), 105-106.

Bianchi, N. C., Boudouresque, C. F., Francour, P., Morri, C., Parravicini, V., Templado, J. and Zenetos, A., 2013. The changing biogeography of the Mediterranean Sea: from the old frontiers to the new gradients. *Boll. dei Musei degli Ist. Biol. dell Univ. Genova*, 75, 81-84.

Caruso, A. and Cosentino, C., 2014. The first colonization of the Genus *Amphistegina* and other exotic benthic foraminifera of the Pelagian Islands and south-eastern Sicily (central Mediterranean Sea). *Marine Micropaleontology*, 111, 38-52.

Cherif, O. H., 1970. *Die Miliolacea der West-Kiiste von Naxos (Griechenland) und ihre Lebensbereiche*. Ph.D. Thesis, University of Clausthal (Germany), 175 pp.

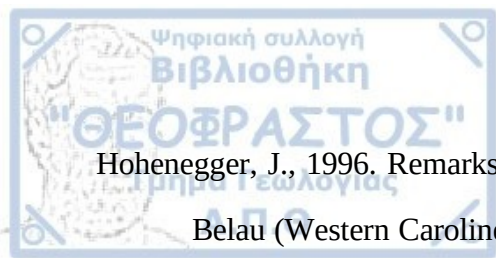
Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Ben Rais Lasram, F., Aguzzi, J., Ballesteros, E., Bianchi, C. N., Corbera, J., Dailianis, T., Danovaro, R., Estrada, M., Frogliia, C., Galil, B. S., Gasol, J. M., Gertwagen, R., Gil, J., Guilhaumon, F., Kesner-Reyes, K., Kitsos, M. S., Koukouras, A., Lampadariou, N., Laxamana, E., de la Cuadra, C.M.L.F., Lotze, H. K., Martin, D., Mouillot, D., Oro, D., Raicevich, S., Rius-Barile, J., Saiz-Salinas, J. I., San Vicente, C., Somot, S.,



- Templado, J., Turon, X., Vafidis, D., Villanueva, R. and Voultsiadou, E., 2010. The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns and threats. *PLoS One*, 5, e11842. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.K0011842>.
- Coma, R., Ribes, M., Serrano, E., Jiménez, E., Salat, J. and Pascual, J., 2009. Global warming enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 106, 6176-6181.
- Dale, V. H., Joyce, L. A., McNulty, S., Neilson, R. P., Ayres, M. P., Flannigan, M. D., Hanson, P. J., Irland, L. C., Lugo, A. E., Peterson, C. J., Simberloff, D., Swanson, F. J., Stocks, B. J. and Wotton, B. M., 2001. Climate change and forest disturbances. *BioScience*, 51, 723-734.
- Di Lorenzo, M., Sinerchia, M. and Colloca, F., 2017. The north sector of the Strait of Sicily: a priority area for conservation in the Mediterranean sea. *Hydrobiologia*, 821 (1), 235-253.
- El Kateb, A., Stalder, C., Stainbank, S., Fentimen, R. and Spezzaferri, S., 2018. The genus *Amphistegina* (benthic foraminifera): distribution along the southern Tunisian coast. *BioInvasions Rec.*, 7 (4), 391-398.
- Goksu, A. Y., Ozer, A. M. and Çetin, O., 1990. Mollusk kavkılarının Elektron Spin Rezonans (ESR) yontemi ile tarihlendirilmesi. In: Meriç, E., (ed.) Istanbul Bogazi güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip çokelleri, pp. 95-97.
- Gruber, L., Almogi-Labin, A., Sivan, D. and Herut, B., 2007. The life cycle of the symbiont-bearing larger foraminifera *Amphistegina lobifera*, a new arrival on the Israeli shelf. *Rapp. Comm. Int. Mer Medit.*, 38, 491.
- Guastella, R., Marchini, A., Caruso, A., Evans, J., Cobianchi, M., Cosentino, C., Langone, L., Lecii, R. and Mancin, N., 2021. Reconstructing Bioinvasion Dynamics Through Micropaleontologic Analysis Highlights the Role of



- Temperature Change as a Driver of Alien Foraminifera Invasion. *Frontiers Marine Science*, 8, 675807.
- Guastella, R., Marchini, A., Garuso, A., Cosentino, C., Evans, J., Weinmann, A., Langer, M. and Mancin, N., 2019. "Hidden invaders" conquer the Sicily Channel and knock on the door of the Western Mediterranean sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 225, 106234.
- Hallock, P., 1981. Light dependence in *Amphistegina*. *Journal of Foraminiferal Research*, 11, 40-46.
- Hallock, P., 1984. Distribution of larger foraminiferal assemblages on two Pacific coral reefs. *Journal of Foraminiferal Research*, 11, 195-208.
- Hallock, P., 1999. Symbiont-bearing foraminifera. In: Sen Gupta, B. K., (ed.) *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, pp. 123-139.
- Hallock, P., Forward, L. B. and Hansen, H. J., 1986. Environmental influence of test shape in *Amphistegina*. *Journal of Foraminiferal Research*, 16, 224-231.
- Hallock, P., Lidz, B. H., Cockey-Burkhard, E. M. and Donnelly, K. B., 2003. Foraminifera as bioindicators in coral reef assessment and monitoring: the FORAM Index. *Environmental Monitoring and Assessment*, 81(1-3), 221-238.
- Hallock, P., Talge, H. K., Cockey, E. M. and Muller, R. G., 1995. A new disease in reef-dwelling foraminifera: implications for coastal sedimentation. *Journal of Foraminiferal Research*, 25, 280-286.
- Hansen, H. J. and Buchardt, B., 1977. Depth distribution of *Amphistegina* in the Gulf of Elat, Israel. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, 15, 205-224.
- Hoegh-Guldberg, O. and Bruno, J. F., 2010. The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328, 1523-1528.
- Hohenegger, J., 1994. Distribution of living larger foraminifera NW of Sesoko Jima, Okinawa, Japan. *Marine Ecology*, 15, 291-334.



Hohenegger, J., 1996. Remarks on the distribution of larger foraminifera (Protozoa) from Belau (Western Carolines). *Occasional Papers, Kagoshima University, Kagoshima University Research Center for the South Pacific*, Korimoto, 30, 85-90.

Hohenegger, J., 2011. *Large Foraminifera. Greenhouse Constructions and Gardeners in the Oceanic Microcosm*. The Kagoshima University Museum, Kagoshima.

Hohenegger, J., Yordanova, E., Nakano, Y. and Tatzreiter, F., 1999. Habitats of larger foraminifera on the upper reef slope of Sesoko Island, Okinawa, Japan. *Marine Micropaleontology*, 36, 109-168.

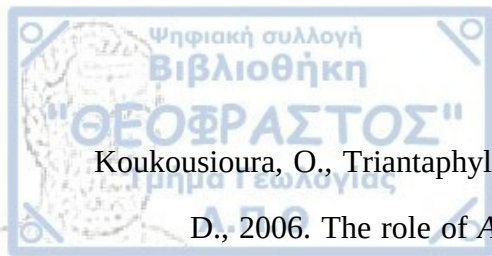
Hollaus, S. S. and Hottinger, L., 1997. Temperature dependance of endosymbiotic relationships? Evidence from the depth range of mediterranean *Amphistegina lessonii* (Foraminiferida) truncated by the thermocline. *Eclogae Geol. Helv.*, 90, 591-598.

Hyams, O., Almogi-Labin, A. and Benjamini, C., 2002. Larger foraminifera of the southeastern Mediterranean shallow continental shelf off Israel. *Israel J. Earth Sci.*, 51, 169-179.

Hyams-Kaphzan, O., Almogi Labin, A., Sivan, D. and Benjamini, C., 2008. Benthic foraminifera assemblage change along the southeastern Mediterranean inner shelf due to falloff of Nile-derived siliciclastics. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 248, 315-344.

Koukousioura, O., Dimiza, M. and Triantaphyllou, M., 2010. Alien foraminifers from Greek coastal areas (Aegean Sea, Eastern Mediterranean). *Medit. Mar. Sci.*, 11 (1), 155-172.

Koukousioura, O., Dimiza, M., Triantaphyllou, M. and Hallock, P., 2011. Living benthic foraminifera as an environmental proxy in coastal ecosystems: A case study from the Aegean Sea (Greece, NE Mediterranean). *Journal of Marine Systems*, 88, 489-501.



Koukousioura, O., Triantaphyllou, M. V., Tsourou, T., Dimiza, M. and Dermitzakis, M. D., 2006. The role of *Amphistegina lobifera* as an environmental health proxy in

coastal environments: a case study from Kastro and Korthi gulfs (Andros Island, middle Aegean Sea, Greece). *International Symposium of Foraminifera, FORAMS 2006*, 10-15 September 2006, Natal, Brazil, Anuario do Instituto de Geociencias, Universidade Federal do Rio de Janeiro, vol. 29-1, 268 p.

Langer, M. R. and Hottinger, L., 2000. Biogeography of selected “larger” foraminifera. *Micropaleontology*, 46, 105-127.

Langer, M. R. and Mouanga, G. H., 2016. Invasion of amphisteginid foraminifera in the Adriatic Sea. *Biol. Invasions*, 18, 1335-1349.

Langer, M. R., 2008a. Foraminifera from the Mediterranean and the Red Sea. In: Por, F. D., (ed.) *Aqaba-Eilat, the Improbable Gulf: Environment, Biodiversity and Preservation*, Magnes Press, p. 399-417.

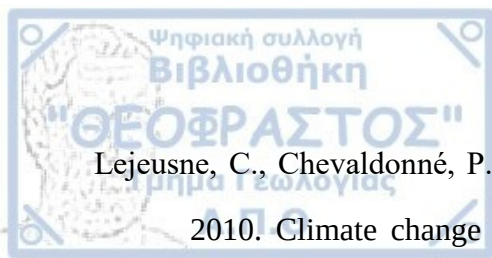
Langer, M. R., 2008b. Assessing the contribution of foraminiferal protists to global ocean carbonate production. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 55, 163-169.

Langer, M. R., Silk, M. T. and Lipps, J. H., 1997. Global ocean carbonate and carbon dioxide production: the role of reef foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 27, 271-277.

Langer, M., Weinmann, A., Lotters, S. and Rodder, D., 2012. “Strangers” in paradise modeling the biogeographic range expansion of the foraminifera *Amphistegina* in the Mediterranean Sea. *Journal of Foraminiferal Research*, 42 (3), 234-244.

Lee, J. J., 1995. Living sands. *BioScience*, 45, 252-261.

Lejeusne, C., Chevaldonne, P., Pergent-Martini, C., Boudour Esque, C. F. and Perez, T., 2009. Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends in Ecology and Evolution*, 25, 250-260.



Lejeusne, C., Chevaldonné, P., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C. F. and Pérez, T.

2010. Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends Ecol. Evol.*, 25, 250-260.

Levy, A., Mathieu, R., Poignant, A., Rosset-Moulinier, M., Ubaldo, M. L., and Lebreiro, S., 1995. Present-day foraminifera of the Portuguese continental margin: inventory and distribution. *Memorias do Instituto Geologico e Mineiro*, 32, 1-116.

Meriç, E., Avsar, N. and Yokes, B., 2008. Some alien foraminifers along the Aegean and southwestern coasts of Turkey. In: Meriç, E., Yokes, M. B., (eds.) Recent Benthic Foraminifera along the Southwest Coasts of Antalya (SW Turkey) and the Impact of Alien Species on Autochthonous Fauna, *Micropaleontology*, 54 (3-4), 307-349.

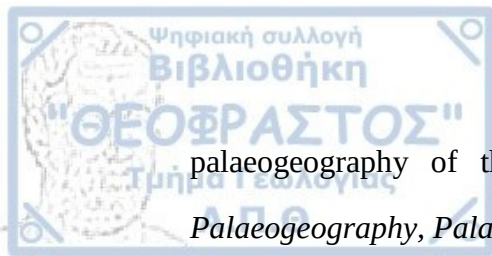
Meriç, E., Yokes, B., Avsar, N., Kiyak, N., Oner, E., Nazik, A., Demirtasli, E., Dincer, F. and Ozturk, M., 2016. Did *Amphistegina lobifera* Larsen reach the Mediterranean via the Suez Canal? *Quaternary International*, 401, 91-98.

Mouanga, G. H. and Langer, M. R., 2014. At the front of expanding ranges: Shifting community structures at amphisteginid species range margins in the Mediterranean Sea. *N. Jb. Geol. Palaont. Abh.*, 271 (2), 141-150.

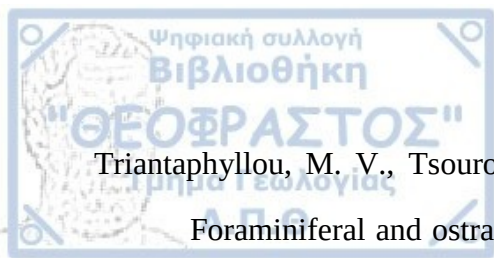
Pastor, F., Valiente, J. A. and Palau, J. L., 2017. Sea surface temperature in the Mediterranean: trends and spatial patterns (1982-2016). *Pure Appl. Geophys.*, 175 (11), 4017-4029.

Popov, S. V., Rogl, F., Rozanov, A. Y., Steininger, F. F., Shcherba, I. G. and Kovac, M., 2004. Lithological-paleogeographic maps of Paratethys, 10 maps Late Eocene to Pliocene. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 250, 1-46. Frankfurt A. M., Partly sponsored by European Science Foundation.

Popov, S. V., Shcherba, I. G., Ilyina, L. B., Nevesskaya, L. A., Paramonova, N. P., Khondkarian, S. O. and Magyar, I., 2006. Late Miocene to Pliocene



- palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238, 91-106.
- Prieur, L., 2002. Physical history data on the Ligurian Sea from Villefranche-sur-Mer Observatory. In: Briand, F., (ed.) *Tracking Long-Term Hydrological Change in the Mediterranean Sea*, CIESM, p. 37-40.
- Renema, W. and Troelstra, S. R., 2001. Larger foraminifera distribution on a mesotrophic carbonate shelf in SW Sulawesi (Indonesia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 175, 125-146.
- Simberloff, D., 2000. Introduced species: the threat to biodiversity and what can be done. American Institute of Biological Sciences. <http://www.actionbioscience.org/biodiversity/simberloff.html>.
- Streftaris, N. and Zenetos, A., 2006. Alien marine species in the Mediterranean – the 100 ‘worst invasives’ and their impacts. *Mediterranean Marine Science*, 7 (1), 87-118.
- Suner, F., Meriç, E., Avsar, N., Onal, B. Ç. and Avsar, N., 2012. Haliç (Istanbul-Kuzeybatı Türkiye) Holosen çokkellerinde jips oluşumu ile bentik foraminifer ve ostrakod topluluğu ilişkisi. *Türkiye Petrol Jeologları Dernegi Bülteni*, 24 (1), 49-57.
- Theocharis, A., 2008. Do we expect significant changes in the thermohaline circulation in the Mediterranean in relation to the observed surface layers warming?. In: Briand, F., (ed.) *Climate Warming and Related Changes in Mediterranean Marine Biota*. CIESM, p. 25-30.
- Tittensor, D. P., Mora, C., Jetz, W., Lotze, H. K., Ricard, D., Vanden Berghe, E. and Worm, B., 2010. Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa. *Nature*, 466, 1098-1101.
- Triantaphyllou, M. V., Koukousioura, O. and Dimiza, M., 2009. The presence of the Indo-Pacific symbiont-bearing foraminifer *Amphistegina lobifera* in Greek coastal ecosystems (Aegean Sea, Eastern Mediterranean). *Medit. Mar. Sci.*, 10 (2), 73-85.



Triantaphyllou, M. V., Tsourou, T., Koukousioura, O. and Dermitzakis, M. D., 2005.

Foraminiferal and ostracod ecological patterns in the coastal environments of SE Andros Island (Middle Aegean Sea, Greece). *Revue de Micropaleontologie*, 48, 279-302.

Triantaphyllou, M., Dimiza, M., Koukousioura, O. and Hallock, P., 2012. Observations on the life cycle of the symbiont-bearing foraminifer *Amphistegina lobifera* Larsen, an invasive species in coastal ecosystems of the Aegean Sea (Greece, E. Mediterranean). *Journal of Foraminiferal Research*, 42 (2), 143-150.

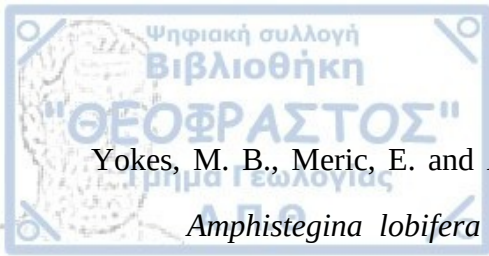
Vargas-Yáñez, M., García, M.J., Salat, J., García-Martínez, M. C., Pascual, J. and Moya, F., 2008. Warming trends and decadal variability in the western Mediterranean shelf. *Global and Planetary Change*, 63, 177-184.

Weinmann, A. E., Rodder, D., Lotters, S. and Langer, M. R., 2013. Traveling through time: The past, present and future biogeographic range of the invasive foraminifera *Amphistegina* spp. in the Mediterranean Sea. *Marine Micropaleontology*, 105, 30-39.

Williams, D. E., 2002. *Population ecology of bleaching-stressed Amphistegina gibbosa in the Florida Keys (1991-1999): influence of solar radiation on reef-dwelling foraminifera*. Dissertation, University of South Florida, Tampa, FL, Ph.D. 163 pp.

Yamano, H., Miyajima, T. and Koike, I., 2000. Importance of foraminifera for the formation and maintenance of a coral sand cay. *Coral Reefs*, 19, 5158.

Yokes, M. B. and Meric, E., 2004. Expanded populations of *Amphistegina lobifera* from the Southwestern coast of Turkey. In: Yanko-Hombach, V., Gormus, M., Ertunc, A., McGann, M., Martin, R., Jacob, J. and Ishman, S., (eds.) *4th International Congress 'Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology'*, 232-233.



Yokes, M. B., Meric, E. and Avsar, N., 2007. On the Presence of Alien Foraminefera *Amphistegina lobifera* Larsen on the coasts of the Maltese Islands. *Aquatic Invasions*, 2 (4), 439-441.

Yokes, M. B., Meric, E., Avsar, N., Oncel, M. S., Eryilmaz, M. and Barut, I., 2014. The expanded population of *Amphistegina lobifera* at Uc Adalar and Bes Adalar (Antalya, Turkey). *Marine Biodiversity Records*, 7, 1-10.

Zenetos, A., Cinar, M. E., Pancucii Papadopoulou, M. A., Harmelin, J. G., Furnari, G., Andaloro, F., Bellou, N., Steftaris, N. and Zibrowius, H., 2005. Annotated list of marine alien species in the Mediterranean with records of the worst invasive species. *Mediterranean Marine Science*, 6 (2), 63-118.

Zenetos, A., Meriç, E., Verlaqu, M., Galli, P., Boudouresque, C. F., Giangrande, A., Cinar, M. E. and Bilecenoglu, M., 2008. Additions to the annotated list of marine alien biota in the Mediterranean with special emphasis on Foraminifera and Parasites. *Mediterranean Marine Science*, 9 (1), 119-165.

Zmiri, A., Kahan, D., Hochstein, S. and Reiss, Z., 1974. Phototaxis and thermotaxis in some species of *Amphistegina* (Foraminifera). *Journal of Protozoology*, 21, 133-138.

Τριανταφύλλου, Μ. Δ. και Δήμιζα, Μ. Δ., 2012. Μικροπαλαιοντολογία & γεωπεριβάλλον. Εκδοτικός Όμιλος Ίων, Αθήνα.