

## «Ζωντανά ξενοδοχεία» σε υποθαλάσσια σπήλαια: ο σπόγγος *Agelas oroides*

Γεροvasileiou, Β.<sup>1,2</sup>, Χινητήρογλου, Χ.<sup>1</sup>, Κωνσταντίνου Δ.<sup>1</sup>, Βουλτσιάδου, Ε.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, [vgerovas@bio.auth.gr](mailto:vgerovas@bio.auth.gr), [chintigl@bio.auth.gr](mailto:chintigl@bio.auth.gr), [kidespoi@bio.auth.gr](mailto:kidespoi@bio.auth.gr), [elvoults@bio.auth.gr](mailto:elvoults@bio.auth.gr)

<sup>2</sup>Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών, Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, [vgerovas@hcmr.gr](mailto:vgerovas@hcmr.gr)

### Περίληψη

Παρόλο που οι σπόγγοι κυριαρχούν στα υποθαλάσσια σπήλαια, δεν είχε μελετηθεί μέχρι σήμερα ο ρόλος τους ως μηχανικών οικοσυστήματος στο συγκεκριμένο οικοσύστημα. Στην παρούσα εργασία διερευνάται ο λειτουργικός ρόλος του κοινού Μεσογειακού σπόγγου *Agelas oroides* σε υποθαλάσσιο σπήλαιο της Λέσβου, στο ΒΑ Αιγαίο. Εξετάστηκαν 9 δείγματα του σπόγγου από 3 διαφορετικές οικολογικές ζώνες του σπηλαίου και μελετήθηκε η συμβιωτική του πανίδα. Συνολικά καταγράφηκαν 56 τάξα μακροπανιδικών οργανισμών. Ο σπόγγος φάνηκε να διατηρεί το λειτουργικό του ρόλο ως «ζωντανό ξενοδοχείο» προσφέροντας καταφύγιο σε πλήθος συμβιωτών στις διαφορετικές ζώνες του σπηλαίου, καταδεικνύοντας τη σημασία του για αυτό το ιδιαίτερο οικοσύστημα.

**Λέξεις κλειδιά:** Porifera, συμβιώτες, ενδοπανίδα, μηχανικοί οικοσυστήματος, Ανατολική Μεσόγειος

## “Living hotels” in marine caves: the sponge *Agelas oroides*

Gerovasileiou, V.<sup>1,2</sup>, Chintiroglou, C.<sup>1</sup>, Konstantinou, D.<sup>1</sup>, Voultsiadou, E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Biology, Aristotle University of Thessaloniki, [vgerovas@bio.auth.gr](mailto:vgerovas@bio.auth.gr), [chintigl@bio.auth.gr](mailto:chintigl@bio.auth.gr), [kidespoi@bio.auth.gr](mailto:kidespoi@bio.auth.gr), [elvoults@bio.auth.gr](mailto:elvoults@bio.auth.gr)

<sup>2</sup>Institute of Marine Biology, Biotechnology & Aquaculture, Hellenic Centre for Marine Research, [vgerovas@hcmr.gr](mailto:vgerovas@hcmr.gr)

### Abstract

Although sponges are dominant in marine caves, their functional role as ecosystem engineers had not been studied in this habitat. In this study the functional role of the sponge *Agelas oroides* was investigated in a marine cave of Lesbos Island, NE Aegean Sea. Nine sponge specimens were collected from 3 distinct cave zones and their symbiotic fauna was studied. A total of 56 taxa were identified. The sponge was found to maintain its functional role as a “living hotel” by providing refuge to several symbionts across the cave; these results highlight the significant role of sponges for this individual ecosystem.

**Keywords:** Porifera, symbionts, infauna, ecosystem engineers, Eastern Mediterranean

### 1. Εισαγωγή

Οι σπόγγοι συνεισφέρουν σημαντικά στη λειτουργία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων μέσα από διαφορετικούς λειτουργικούς ρόλους (Bell, 2008 και εκεί αναφορές). Μεταξύ άλλων, αποτελούν «μηχανικούς οικοσυστήματος», αφού μια από τις κυριότερες λειτουργίες τους είναι ότι αποτελούν μικρο-ενδιαιτήματα που φιλοξενούν μεγάλη ποικιλία μακροπανιδικών ειδών (π.χ. Koukouras et al., 1985, 1992, 1996 και εκεί αναφορές) και για αυτό από πολύ νωρίς είχαν χαρακτηριστεί «ζωντανά ξενοδοχεία» (Pearse, 1950).

Τα υποθαλάσσια σπήλαια της Μεσογείου έχουν χαρακτηριστεί ως «ταμιευτήρες βιοποικιλότητας» καθώς φιλοξενούν μεγάλο πλούτο ειδών και σημαντικό ποσοστό της βιοποικιλότητας της Μεσογείου για πολλές ομάδες βενθικών οργανισμών (Gerovasileiou & Voultsiadou, 2014). Οι σπόγγοι, αποτελούν την επικρατέστερη ομάδα οργανισμών στο συγκεκριμένο οικοσύστημα από πλευράς βιοποικιλότητας, κάλυψης επιφάνειας και βιομάζας και έχουν μελετηθεί περισσότερο από κάθε άλλη ομάδα οργανισμών στα υποθαλάσσια σπήλαια της Μεσογείου (Gerovasileiou & Voultsiadou, 2012 και εκεί αναφορές). Ωστόσο, δεν είχε μελετηθεί μέχρι σήμερα ο

ρόλος τους ως μηχανικών στο συγκεκριμένο οικοσύστημα, που αποτελεί ερευνητικό αντικείμενο της παρούσας μελέτης.

## 2. Υλικά και μέθοδοι

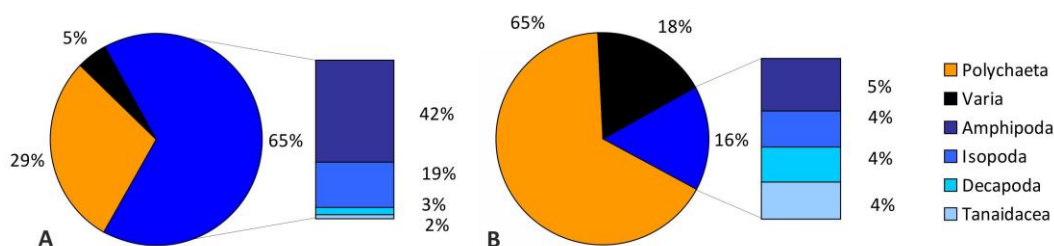
Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε υποθαλάσσιο σπήλαιο της νησίδας του Όρμου Φαρών στη Λέσβο. Το σπήλαιο βρίσκεται σε βάθος 18m, έχει μήκος 32m και φιλοξενεί μια από τις πλουσιότερες συνευρέσεις σπόγγων της Μεσογείου (Gerovasileiou & Voultziadou, 2012). Για τη μελέτη του ρόλου των σπόγγων ως «μηχανικών οικοσυστήματος» επιλέχθηκε το είδος *Agelas oroides*. Το είδος αυτό παρουσιάζει κάποια χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για μια τέτοια μελέτη: (α) ήταν κοινό σε όλο το μήκος του σπηλαίου που μελετήθηκε, (β) σύμφωνα με μελέτες σε άλλες περιοχές του Βόρειου Αιγαίου, φιλοξενεί πλούσια ενδοπανίδα (Koukouras et al., 1985, 1992, 1996) και (γ) θεωρείται αντιπροσωπευτικό του οικοσυστήματος των σπηλαίων καθώς έχει βρεθεί σε περισσότερα υποθαλάσσια σπήλαια από κάθε άλλο είδος σπόγγου της Μεσογείου (Gerovasileiou & Voultziadou, 2012).

Συλλέχθηκαν 3 δείγματα του σπόγγου από 3 διαφορετικές θέσεις: ζώνη εισόδου (CE), ενδιάμεση ημισκοτεινή ζώνη (SD) και σκοτεινό εσωτερικό του σπηλαίου (D). Η συλλογή των σπόγγων και η επεξεργασία των δειγμάτων στο εργαστήριο έγιναν σύμφωνα με τους Koukouras et al. (1985). Επειδή τα δείγματα είχαν διαφορετικό όγκο, έγινε εκτίμηση της πυκνότητας των συμβιωτών (αφθονία ανά  $\text{cm}^3$  σπόγγου) και υπολογίστηκαν 3 δείκτες ποικιλότητας: (α) αριθμός ειδών (S), (β) δείκτης Shannon-Wiener (H') και (γ) δείκτης ομοιομορφίας κατανομής των ειδών Pielou (J'). Για τη διερεύνηση της μεταβλητότητας των παραπάνω δεικτών στις διαφορετικές ζώνες του σπηλαίου εφαρμόστηκε η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA). Για την αξιολόγηση της σχέσης μεταξύ του όγκου των σπόγγων με την αφθονία και τον αριθμό ειδών συμβιωτών, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Spearman ( $r_s$ ).

## 3. Αποτελέσματα

Στα κανάλια και τις κοιλότητες του σπόγγου *A. oroides* βρέθηκαν 450 άτομα μακροπανιδικών συμβιωτών. Τα άτομα αυτά ταξινομήθηκαν σε 56 τάξα από 8 κύριες ομάδες (Nemertea, Nematoda, Crustacea, Polychaeta, Sipuncula, Mollusca, Echinodermata και Pisces). Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονταν 5 είδη που αναφέρονται για πρώτη φορά ως συστατικά της βιοποικιλότητας των υποθαλάσσιων σπηλαίων της Μεσογείου, 9 είδη που αναφέρονται για πρώτη φορά γενικά ως συμβιώτες σπόγγων και 22 είδη που αναφέρονται για πρώτη φορά ως συμβιώτες του *A. oroides*. Τα καρκινοειδή (κυρίως Amphiroda και Isopoda) κυριαρχούσαν από πλευράς αφθονίας ενώ οι πολύχαιτοι υπερτερούσαν από πλευράς αριθμού ειδών (Εικ. 1). Η συσχέτιση ανάμεσα στον όγκο των δειγμάτων σπόγγων και την αφθονία των συμβιωτών ήταν θετική ( $r_s = 0,9$ ,  $P < 0,01$ ,  $n = 9$ ) ενώ δε βρέθηκε στατιστικώς σημαντική συσχέτιση του όγκου με τον αριθμό ειδών συμβιωτών.

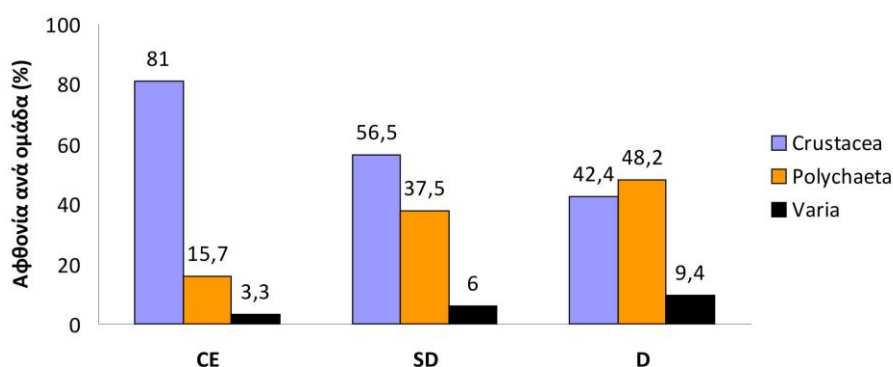
Ο συνολικός αριθμός ειδών παρουσίασε μείωση από την είσοδο προς το εσωτερικό του σπηλαίου (Πίνακας 1) και τα δείγματα που συλλέχθηκαν στη σκοτεινή του ζώνη φιλοξενούσαν τα μισά τάξα (18) σε σχέση με αυτά της εισόδου (37). Η σύνθεση της κοινότητας μεταβαλλόταν προς το εσωτερικό καθώς παρατηρήθηκε αύξηση της μέσης αφθονίας των πολυχαιτών, των οφίουρων και των νημερτίων και παράλληλη μείωση των καρκινοειδών (Εικ. 2). Η πυκνότητα συμβιωτών παρέμενε σταθερή κατά μήκος του σπηλαίου ενώ ο μέσος αριθμός ειδών μειωνόταν (Πίνακας 1). Οι τιμές των δεικτών ποικιλότητας Shannon-Wiener και ομοιομορφίας κατανομής ειδών αυξάνονταν προς το εσωτερικό του σπηλαίου (Πίνακας 1). Ωστόσο, η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) έδειξε ότι οι παραπάνω μεταβολές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.



**Εικ. 1.** Αφθονία (A) και αριθμός ειδών (B) ανά ομάδα συμβιωτών στον σπόγγο *Agelas oroides*. Στα Varia έχουν συμπεριληφθεί οι ταξινομικές ομάδες Nemertea, Nematoda, Sipuncula, Mollusca, Echinodermata και Pisces.

**Πίνακας 1.** Δείκτες ποικιλότητας και πυκνότητα συμβιωτών ανά ζώνη του σπηλαίου. Στην παρένθεση σημειώνεται το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου των 3 επαναληπτικών δειγμάτων του σπόγγου *Agelas oroides*.

Δείκτης	Είσοδος	Ημισκοτεινή ζώνη	Σκοτεινή ζώνη
Συνολικός αριθμός ειδών	37	21	18
Μέσος αριθμός ειδών	16,000 (6,429)	9,667 (1,333)	9,667 (2,667)
Δείκτης Shannon-Wiener	0,681 (0,096)	0,808 (0,029)	0,842 (0,076)
Ομοιομορφία κατανομής	1,798 (0,425)	1,825 (0,181)	1,853 (0,260)
Πυκνότητα συμβιωτών	0,120 (0,010)	0,156 (0,010)	0,094 (0,029)



**Εικ. 2.** Αφθονία συμβιωτών ανά ομάδα στις ζώνες του σπηλαίου (CE: είσοδος, SD: ημισκοτεινή ζώνη, D: σκοτεινή ζώνη). Στα Varia περιλαμβάνονται οι ομάδες Nemertea, Nematoda, Sipuncula, Mollusca, Echinodermata και Pisces.

#### 4. Συμπεράσματα/Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι ο σπόγγος *A. oroides* στο υπό μελέτη σπήλαιο του ΒΑ Αιγαίου φιλοξενεί πλούσια συμβιωτική πανίδα. Στην πλειοψηφία τους τα είδη αυτά έχουν αναφερθεί ως συστατικά της συμβιωτικής πανίδας του σπόγγου *A. oroides* σε προηγούμενες μελέτες από ρηγά νερά του Βόρειου Αιγαίου (Koukouras et al., 1985, 1992, 1996) ενισχύοντας την άποψη των ερευνητών αυτών ότι οι σπόγγοι φιλοξενούν «σταθερές» κοινότητες συμβιωτικής πανίδας που αποτελούνται από είδη με συγκεκριμένες οικολογικές προτιμήσεις. Επίσης, η εύρεση αρκετών ειδών συμβιωτών που έχουν καταγραφεί ως συστατικά της βιοποικιλότητας των υποθαλάσσιων σπηλαίων της Μεσογείου και μάλιστα κάποια χαρακτηριστικά είδη αυτού του οικοσυστήματος (π.χ. *Vermiliopsis monodiscus*) επιβεβαιώνει την άποψη ότι ο τύπος της ευρύτερης βιοκοινότητας στην οποία ζει ο σπόγγος επηρεάζει, τουλάχιστον ως ένα βαθμό, τη σύνθεση της συμβιωτικής του πανίδας (Koukouras et al., 1996; Gherardi et al., 2001).

Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι στους σπόγγους υπάρχει μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση ανάμεσα στην αφθονία των καρκινοειδών και των πολυχαίτων, πιθανόν ως αποτέλεσμα ανταγωνισμού για τροφικούς πόρους ή/και σχέσης θηρευτή-λείας (Koukouras et al., 1985, 1992, Voultsiadou-Koukoura et al., 1987). Στην παρούσα μελέτη, τα καρκινοειδή κυριαρχούσαν στα δείγματα από την είσοδο και την ημισκοτεινή ζώνη του σπηλαίου, ενώ το ποσοστό των πολυχαίτων αυξανόταν προς το σκοτεινό εσωτερικό. Σε αυτό πιθανότατα παίζει ρόλο η απουσία μακροφυκών και προσκολλημένων βενθικών ασπονδύλων που αποτελούν καταφύγια για καρκινοειδή (Navarro-Barranco et al., 2014).

Γενικά, έχει παρατηρηθεί προς το εσωτερικό των υποθαλασσιών σπηλαίων σταδιακή μείωση της βιοτικής κάλυψης και του αριθμού ειδών καθώς και απουσία τρισδιάστατων δομών (Harmelin et al., 1985) που θα μπορούσαν να αποτελέσουν καταφύγιο για μακροασπόνδυλα με δυνατότητα μετακίνησης. Έτσι, η παρουσία σπόγγων με συμπαγή ή/και σωληνοειδή μορφή που αποτελούν «ζωντανά ξενοδοχεία» είναι ιδιαίτερα σημαντική για το εν λόγω οικοσύστημα. Το γεγονός ότι ενώ ο συνολικός αριθμός ειδών συμβιωτών μειωνόταν προς το εσωτερικό του σπηλαίου, η αφθονία ανά κυβικό εκατοστό και οι τιμές των δεικτών ποικιλότητας δε μεταβάλλονταν σημαντικά καταδεικνύει ότι ο σπόγγος *A. oroides* διατηρεί το λειτουργικό του ρόλο ως μηχανικού οικοσυστήματος κατά μήκος των σπηλαίων. Η διαπίστωση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία δεδομένης της συχνής παρουσίας του *A. oroides* στα Μεσογειακά υποθαλάσσια σπήλαια.

## 6. Βιβλιογραφία

- Bell, J.J. 2008. The functional roles of marine sponges. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 79, 341-353.
- Gerovasileiou, V. and Voultsiadou, E. 2012. Marine caves of the Mediterranean Sea: a sponge biodiversity reservoir within a biodiversity hotspot. *PLoS ONE*, 7 (7), e39873.
- Gerovasileiou, V. and Voultsiadou, E. 2014. Mediterranean marine caves as biodiversity reservoirs: a preliminary overview. p. 45-50. In: *1<sup>st</sup> Mediterranean Symposium on the conservation of Dark Habitats, 31 October, 2014, Portoroz, Slovenia. Book of Proceedings*.
- Gherardi, M., Giangrande, A. and Corriero, G. 2001. Epibiontic and endobiontic polychaetes of *Geodia cydonium* (Porifera, Demospongiae) from the Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*, 443, 87-101.
- Harmelin, J.G., Vacelet, J. and Vasseur, P. 1985. Les grottes sous-marines obscures: un milieu extrême et un remarquable biotope refuge. *Téthys*, 11, 214-229.
- Koukouras, A., Russo, A., Voultsiadou-Koukoura, E., Arvanitidis, C. and Stefanidou, D. 1996. Macrofauna associated with sponge species of different morphology. *PSNI Marine Ecology*, 17, 569-582.
- Koukouras, A., Russo, A., Voultsiadou-Koukoura, E., Dounas, C. and Chintiroglou, C. 1992. Relationship of sponge macrofauna with the morphology of their hosts in the North Aegean Sea. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie*, 77, 609-619.
- Koukouras, A., Voultsiadou-Koukoura, E., Chintiroglou, H. and Dounas, C. 1985. Benthic bionomy of the North Aegean Sea, III. A comparison of the macrobenthic animal assemblages associated with seven sponge species. *Cahiers de Biologie Marine*, 26, 301-319.
- Navarro-Barranco, C., Guerra-García, J.M., Sánchez-Tocino, L. and García-Gómez, J.C. 2014. Unnoticed inhabitants of marine caves: amphipod assemblages in caves of the Alboran Sea. p. 51-56. In: *1<sup>st</sup> Mediterranean Symposium on the conservation of Dark Habitats, 31 October, 2014, Portoroz, Slovenia. Book of proceedings*.
- Pearse, A.S. 1950. Notes on the inhabitants of certain sponges at Bimini. *Ecology*, 31, 149-150.
- Voultsiadou-Koukoura, E., Koukouras, A. and Eleftheriou, A. 1987. Macrofauna associated with the sponge *Verongia aerophoba* in the north Aegean Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 24, 265-278.