

Χωρική κατανομή των βενθικών κοινοτήτων σε ημιβυθισμένο σπήλαιο του βορείου Αιγαίου: συμβολή στη γνώση της βιοποικιλότητας των θαλάσσιων σπηλαίων

Δημαρχοπούλου, Δ.¹, Γεροβασιλείου, Β.¹, Βουλτσιάδου, Ε.¹

¹Τομέας Ζωολογίας, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, ddimarch@bio.auth.gr, vgerovas@bio.auth.gr, elvoults@bio.auth.gr

Περίληψη

Στο πλαίσιο μιας προσπάθειας εμπλουτισμού της ελλιπούς γνώσης για τη βιοποικιλότητα των θαλάσσιων σπηλαίων έγινε μελέτη ημιβυθισμένης σπηλιάς στο Βόρειο Αιγαίο, με τη χρήση μη καταστρεπτικής μεθόδου φωτογραφικών πλαισίων, και δόθηκαν ποσοτικά στοιχεία για τη βιοτική κάλυψη του σκληρού υποστρώματος και τη ζώνωση των βενθικών βιοκοινοτήτων σε σχέση με την ιδιαίτερη τοπογραφία του σπηλαίου.

Λέξεις κλειδιά: σκληρό υπόστρωμα, φωτογραφικά πλαίσια, τοπογραφία

Spatial patterns of benthic communities in a semi-submerged cave of the north Aegean Sea: contribution to the knowledge of marine cave biodiversity

Dimarchopoulou, D.¹, Gerovasileiou, V.¹, Voultsiadou, E.¹

¹Department of Zoology, School of Biology, Aristotle University of Thessaloniki, ddimarch@bio.auth.gr, vgerovas@bio.auth.gr, elvoults@bio.auth.gr

Abstract

In an effort to enrich the incomplete knowledge concerning the biodiversity of marine caves we studied a semi-submerged cave in the north Aegean Sea, using a non-destructive method (photo-quadrats), and provided quantitative data on hard substrate biotic coverage and zonation of benthic communities in relation to the particular cave topography.

Keywords: hard substrate, photo-quadrats, topography

1. Εισαγωγή

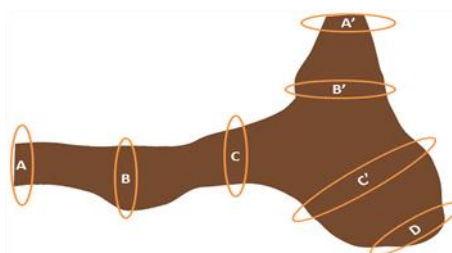
Τα θαλάσσια σπήλαια αποτελούν χαρακτηριστικό γεωλογικό σχηματισμό της μεσογειακής ακτογραμμής. Συγκεκριμένα στην ανατολική Μεσόγειο έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα περίπου 1000 σπήλαια, δηλαδή το ένα τρίτο του συνόλου των σπηλαίων στη λεκάνη της Μεσογείου (Giakoumi et al., 2013). Η αξία της μελέτης τους υπογραμμίζεται τόσο από τον χαρακτηρισμό τους ως ταμειυτήρων βιοποικιλότητας (Gerovasileiou & Voultsiadou, 2012), όσο και από το καθεστώς προστασίας τους (Οδηγία 92/43/EEC; Σχέδια δράσης UNEP-MAP-RAC/SPA, 2008; 2013).

Παρόλα αυτά, οι έρευνες για τα σπήλαια στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου είναι ελάχιστες και ακόμα λιγότερες είναι αυτές που δίνουν ποσοτικά στοιχεία για τη σύνθεση των βενθικών βιοκοινοτήτων των σπηλαίων. Πρόσφατα ξεκίνησαν να πραγματοποιούνται τέτοιου είδους έρευνες στην περιοχή του Αιγαίου (e.g. Gerovasileiou et al., 2013b). Η παρούσα εργασία στοχεύει στην ποσοτική περιγραφή της βιοποικιλότητας σε ημιβυθισμένο σπήλαιο του βορείου Αιγαίου, καθώς και των προτύπων που αυτή παρουσιάζει σε σχέση με την ιδιαίτερη τοπογραφία του, κάνοντας χρήση σύγχρονης και φιλικής προς το περιβάλλον μεθόδου.

2. Υλικά και μέθοδοι

Η ημιβυθισμένη «Τρύπια Σπηλιά» που μελετήθηκε βρίσκεται στις δυτικές ακτές του Αγίου Ευστρατίου, στο Βόρειο Αιγαίο. Πρόκειται για ένα μεγάλο σπήλαιο με ιδιαίτερη γεωμορφολογία, καθώς διαθέτει δύο εισόδους από όπου ξεκινούν δυο επιμήκεις σήραγγες διαφορετικού

προσανατολισμού, οι οποίες ενώνονται σχηματίζοντας έναν εσωτερικό θάλαμο (Εικ. 1). Η χαρτογράφηση του σπηλαίου έγινε με χρήση του εξειδικευμένου λογισμικού τρισδιάστατης απεικόνισης σπηλαίων, *cavetoro* (Gerovasileiou et al., 2013a). Η ποσοτική διερεύνηση των βενθικών βιοκοινοτήτων έγινε με τη χρήση μη καταστρεπτικής φωτογραφικής μεθόδου. Χρησιμοποιήθηκαν φωτογραφικά πλαίσια επιφάνειας 25 επί 25 cm. Η σπηλιά χωρίστηκε σε επτά τομείς, εκ των οποίων ο καθένας βρισκόταν σε διαφορετική απόσταση από τις δύο εισόδους (Εικ. 1). Σε κάθε τομέα φωτογραφήθηκαν 9 πλαίσια σε 3 θέσεις (3 πλαίσια σε κάθε τοίχο, δεξί και αριστερό, και 3 στον πυθμένα). Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε ποιοτική δειγματοληψία των ειδών που απεικονίζονταν στα πλαίσια για τον ταξινομικό τους προσδιορισμό. Η επεξεργασία των 63 συνολικά πλαισίων, για τον υπολογισμό της επιφάνειας κάλυψης υποστρώματος από ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς, έγινε με το εξειδικευμένο λογισμικό επεξεργασίας εικόνας *photoQuad* (Trygonis & Sini, 2012). Οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν με τη χρήση των λογισμικών *MS Excel*, *PRIMER-E* και *IBM SPSS Statistics*.



Εικ. 1. Κάτοψη της Τρύπιας Σπηλιάς όπου φαίνονται οι τομείς δειγματοληψίας.

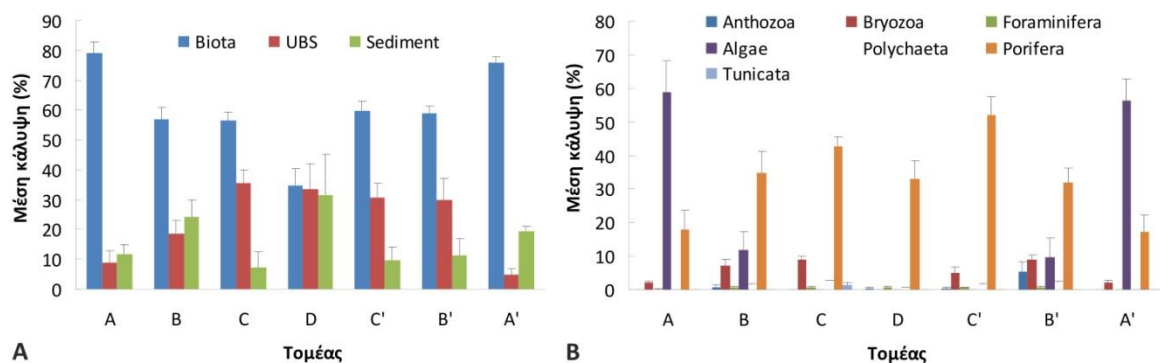
3. Αποτελέσματα

Από την ανάλυση των φωτογραφικών πλαισίων σε συνδυασμό με την ταυτοποίηση των ποιοτικών δειγμάτων προέκυψαν 47 τάξα, τα περισσότερα από τα οποία (55,3%) ταξινομήθηκαν στο φύλο *Porifera*, 21,3% ήταν μακροφύκη (*Algae*, κυρίως *Rhodophyta*), 10,6% *Anthozoa*, 6,4% *Bryozoa* και το υπόλοιπο 7% ήταν *Foraminifera*, *Polychaeta* και *Tunicata*.

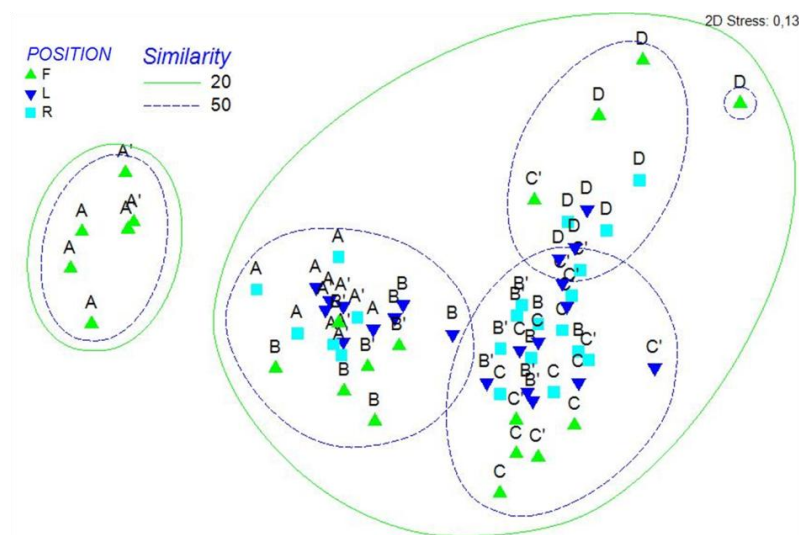
Η μέγιστη μέση βιοτική κάλυψη του υποστρώματος παρατηρήθηκε στις δυο εισόδους του σπηλαίου (τομείς A και A'), όπου πλησίαζε το 80%, ενώ η ελάχιστη (κοντά στο 35%) βρέθηκε στο εσωτερικό του σπηλαίου, στον τομέα D. Στους τομείς B, C και B', C' παρατηρήθηκε παρόμοιο ποσοστό μέσης κάλυψης (60%). Η υπόλοιπη επιφάνεια των πλαισίων καλυπτόταν από απροσδιόριστο, μη ζωντανό, βιογενές υπόστρωμα, το οποίο αυξανόταν από τις εισόδους προς το εσωτερικό του σπηλαίου, καθώς και από ίζημα (Εικ. 2).

Σε ό,τι αφορά στην κάλυψη του υποστρώματος από τις διάφορες ταξινομικές ομάδες οργανισμών ξεχωριστά (Εικ. 2), βρέθηκε ότι τα μακροφύκη κυριαρχούσαν στα πλαίσια των τομέων A και A', με το ποσοστό μέσης κάλυψης να πλησιάζει το 60%. Οι σπόγγοι βρισκόταν στα πλαίσια όλων των τομέων κατά μήκος του σπηλαίου και κάλυπταν σημαντικό ποσοστό του υποστρώματος (από 17% στις εισόδους έως 52% στο μέσο του σπηλαίου και 33% στο βαθύτερο σημείο).

Η πολυδιάστατη χωρική ταξινόμηση (MDS) διαχώρισε το σύνολο των πλαισίων σε 5 ομάδες. Έτσι, τα πατώματα των δύο εισόδων ομαδοποιήθηκαν μαζί. Σε διαφορετική ομάδα τοποθετήθηκαν οι τοίχοι των δυο εισόδων, μαζί με τα πατώματα των τομέων B και B' καθώς και τους αριστερούς τοίχους του B. Μια τρίτη ομάδα συγκρότησαν όλα τα πλαίσια του τομέα C και C', οι τοίχοι του B' και οι δεξιοί τοίχοι του B. Η τέταρτη ομάδα αποτελείται από ένα πάτωμα του τομέα C' καθώς και τα πλαίσια του τομέα D, πλην ενός το οποίο διαφοροποιήθηκε (Εικ. 3).



Εικ. 2. Μέση ποσοστιαία κάλυψη του υποστρώματος (A) από οργανισμούς (biota), απροσδιόριστο βιογενές υπόστρωμα (UBS) και ίζημα (sediment) και (B) από τις διαφορετικές ταξινομικές ομάδες οργανισμών, σε κάθε τομέα του σπηλαίου.



Εικ. 3. Ανάλυση MDS με βάση τη μέση ποσοστιαία κάλυψη στις διάφορες θέσεις των τομέων του σπηλαίου.

4. Συμπεράσματα/Συζήτηση

Τα γενικά βιοτικά χαρακτηριστικά της Τρύπιας Σπηλιάς (συνολική βιοτική κάλυψη του υποστρώματος, επικρατούσες ομάδες οργανισμών και πρότυπο κάλυψης κυρίαρχων ομάδων) είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών σε ημιβυθισμένα σπήλαια της Μεσογείου (Corriero et al., 2000; Martí et al., 2004; Bussotti et al., 2006). Από την ομαδοποίηση των πλαισίων προέκυψαν ομάδες που φαίνεται να αντιστοιχούν στην «κοραλλιγενή βιοκοινότητα» (C) της ζώνης των δύο εισόδων, όπου επικρατούσαν τα ροδοφύκη (π.χ. *Peyssonnelia* spp.) και στη «βιοκοινότητα των ημι-σκοτεινών σπηλαίων» (GSO), όπου κυριαρχούσαν οι σπόγγοι (π.χ. *Spirastrella cunctatrix* και *Agelas oroides*) που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του σπηλαίου (*sensu* Pérès & Picard, 1949). Ωστόσο, εντός της τελευταίας βιοκοινότητας παρατηρήθηκαν κατά τόπους αποκλίσεις, λόγω της επικράτησης διαφορετικών οργανισμικών ομάδων, γεγονός που θα πρέπει να αποδοθεί στη διαμόρφωση των αβιοτικών συνθηκών εξαιτίας της ιδιαίτερης γεωμορφολογίας του σπηλαίου.

Συγκεκριμένα, τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του σπηλαίου (ημιβυθισμένο σπήλαιο με μικρό βάθος και δύο μεγάλες εισόδους) συμβάλουν στη μεγαλύτερη διείσδυση του φωτός και την

ανανέωση του νερού μέσω του κυματισμού έως το εσωτερικό του. Έτσι, δεν παρατηρείται απότομη πτώση της βιοτικής κάλυψης προς το εσωτερικό του σπηλαίου, σε αντίθεση με ό,τι συμβαίνει στα περισσότερα βυθισμένα αδιέξοδα σπήλαια (Riedl, 1966; Martí et al., 2004). Η ομαδοποίηση των πατωμάτων των εισόδων και ο διαχωρισμός τους από τους αντίστοιχους τοίχους πιθανότατα οφείλεται στη μεγαλύτερη κάλυψη των πατωμάτων των εισόδων από μακροφύκη, καθώς φαίνεται πως η θέση αυτή στο συγκεκριμένο σπήλαιο εξασφαλίζει περισσότερο φως σε σχέση με τους αντίστοιχους τοίχους που είναι πιο σκιεροί αν και βρίσκονται επίσης στην είσοδο. Ακόμη, η ομαδοποίηση των πλαισίων του δεξιού τοίχου του τομέα Β με την ομάδα του ημι-σκοτεινού εσωτερικού θαλάμου θα πρέπει να οφείλεται στο κοίλωμα που σχηματίζεται στο σημείο αυτό, με αποτέλεσμα να επικρατούν τοπικά σκιερότερες συνθήκες. Πρόσφατες μελέτες επισημαίνουν τον ρόλο της τοπογραφίας των σπηλαίων γενικά στη διαμόρφωση των χωρικών προτύπων διαβάθμισης των βιοκοινοτήτων που φιλοξενούν (Gerovasileiou et al., 2013a, 2013b). Τα αποτελέσματα της μελέτης επιβεβαιώνουν τη μοναδικότητα που χαρακτηρίζει τα θαλάσσια σπήλαια, γεγονός που αναδεικνύει και την ιδιαίτερη αξία διατήρησής τους.

5. Βιβλιογραφία

- Bussotti, S., Terlizzi, A., Frascchetti, S., Belmonte, G. and Boero, F. 2006. Spatial and temporal variability of sessile benthos in shallow Mediterranean marine caves. *Marine Ecology Progress Series*, 325, 109-119.
- Corriero, G., Liaci, L.S., Ruggiero, D. and Pansini, M. 2000. The sponge community of a semi-submerged Mediterranean cave. *Marine Ecology*, 21 (1), 85-96.
- Gerovasileiou, V. and Voultziadou, E. 2012. Marine caves of the Mediterranean Sea: a sponge biodiversity reservoir within a biodiversity hotspot. *PLoS ONE*, 7 (7).
- Gerovasileiou, V., Trygonis, V., Sini, M., Koutsoubas, D. and Voultziadou, E. 2013a. Three-dimensional mapping of marine caves using a handheld echosounder. *Marine Ecology Progress Series*, 486, 13-22.
- Gerovasileiou, V., Vafidis, D., Koutsoubas, D. and Voultziadou, E. 2013b. Spatial heterogeneity of sessile benthos in a submerged cave of the eastern Mediterranean. *Rapport de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, 40.
- Giakoumi, S., Sini, M., Gerovasileiou, V., Mazon, T., Beher, J. et al. 2013. Ecoregion-based conservation planning in the Mediterranean: dealing with large-scale heterogeneity. *PloS One*, 8 (10).
- Martí, R., Uriz, M., Ballesteros, E. and Turon, X. 2004. Benthic assemblages in two Mediterranean caves: species diversity and coverage as a function of abiotic parameters and geographic distance. *Journal of the Marine Biological Association U.K.*, 84, 557-572.
- Pérès, J.M. and Picard, J. 1949. Notes sommaires sur le peuplement des grottes sous-marines de la région de Marseille. *Comptes Rendus de t'a Société de Biogéographie*, 277, 42-45.
- Riedl, R., 1966. *Biologie der Meereshöhlen*. Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin, 639 pp.
- Trygonis, V. and Sini, M. 2012. photoQuad: A dedicated seabed image processing software, and a comparative error analysis of four photoquadrat methods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 424-425, 99-108.