

Βενθικές κοινότητες σκληρού υποστρώματος σε επιλεγμένα λιμάνια και μαρίνες της Ελλάδας με έμφαση στην καταγραφή αλλόχθονων ειδών

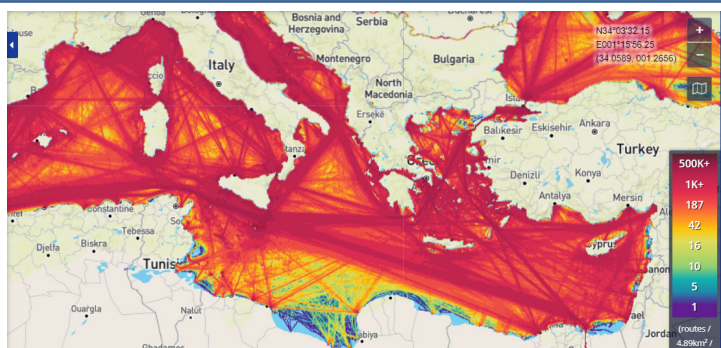
Ιωάννης Ράλλης
Επιβλέπων: Δρ. Αρβανιτίδης Χρήστος

Περίληψη

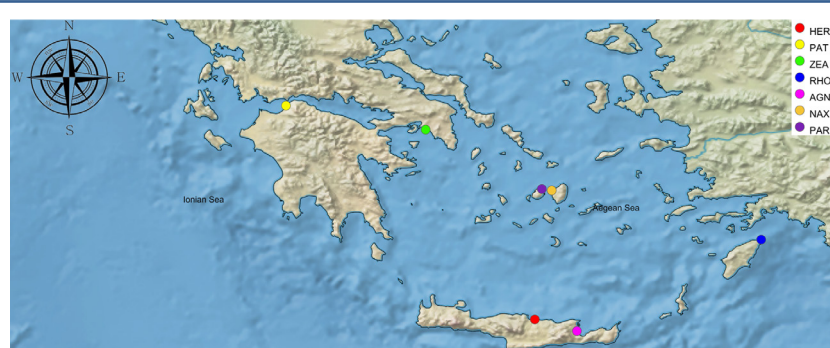
Στις ελληνικές θάλασσες η ναυτιλιακή δραστηριότητα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μέσα εισαγωγής αλλόχθονων ειδών. Τα λιμάνια και οι μαρίνες είναι οι αποδέκτες των βιολογικών εισβολών, κυρίως μέσω των υφάλων και των ερμάτων των πλοίων. Ωστόσο, μέχρι σήμερα δεν υπάρχει συστηματικός τρόπος παρακολούθησης τους στην ελληνική επικράτεια. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η περιγραφή των προτύπων βιοποικιλότητας σε τεχνητά σκληρά υποστρώματα και η καταγραφή αλλόχθονων ειδών που εντοπίζονται σε επτά λιμάνια και μαρίνες ενδιαφέροντος της νότιας Ελλάδας με εφαρμογή φωτογραφικών πρωτοκόλλων δειγματοληψίας. Τα αποτελέσματα της εργασίας ανέδειξαν διαφορές στη δομή των κοινοτήτων μεταξύ των διαφορετικών περιοχών και εντοπίστηκαν 16 αλλόχθονα είδη. Οι διαφορές στα πρότυπα βιοποικιλότητας και την παρουσία αλλόχθονων ειδών υποδεικνύουν το μοναδικό προφίλ κάθε περιοχής μελέτης. Παράλληλα, κρίνεται αναγκαία η τακτική παρακολούθηση των λιμανιών και μαρίνων στα πλαίσια δημιουργίας ενός συστήματος παρακολούθησης, προειδοποίησης και πρόληψης τους διασποράς τους, κατά τα πρώτα στάδια εντοπισμού τους. Οι οπτικές μέθοδοι αποδεικνύονται ένα χρήσιμο εργαλείο για το σκοπό αυτό.

Εισαγωγή

Η γεωγραφική θέση της Ελλάδος είναι σημαντική αιτία για την αυξημένη ναυτιλιακή δραστηριότητα (Εικόνα 1). Τα πλοία αποτελούν σημαντικό μέσο μεταφοράς αλλόχθονων ειδών στις ελληνικές θάλασσες¹. Έτσι, οι περιοχές ελλιμενισμού τους αποτελούν και σημεία υψηλού ενδιαφέροντος για τον εντοπισμό τους. Οι ιδιαίτερες συνθήκες των λιμανιών και των μαρίνων ευνοούν την εγκατάσταση αλλόχθονων ειδών και μπορούν να αποτελέσουν πύλες εισόδου για τη δευτερογενή αποίκισή τους σε κοντινά φυσικά περιβάλλοντα. Οι συνηθέστεροι τρόποι δειγματοληψίας στις περιοχές ελλιμενισμού σκαφών δεν ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο πρωτόκολλο αφού συνήθως πρόκειται για συλλογή ποιοτικών δειγμάτων από βυθισμένα σχοινιά, λάστιχα ή και άλλες κατασκευές². Μεταξύ των μεθόδων δειγματοληψίας βένθους, έχουν προταθεί τα φωτογραφικά πλαίσια ως ένας τρόπος περιγραφής των προτύπων βιοποικιλότητας σε σκληρά υποστρώματα³. Η μέθοδος αυτή εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, τόσο στην εξοικονόμηση χρόνου και πόρων, όσο και στην ικανότητα να αποτυπώνει ποσοτικά τη σύνθεση των εδραίων βενθικών τάξων σε σκληρά υποστρώματα, ενώ βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε μελέτες περιγραφής προτύπων εδραίας βιοποικιλότητας^{4,5}. Λαμβάνοντας υπόψιν την προηγούμενη πληροφορία, προτάθηκε το ερευνητικό πρόγραμμα AlienPorts (<https://alienports.hcmr.gr>) που μεταξύ των στόχων του προβλέπει την πρόταση σταθερού πρωτοκόλλου δειγματοληψίας για λιμάνια και μαρίνες με στόχευση σε αλλόχθονα είδη και την παρακολούθηση των προτύπων εξάπλωσής τους. Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος του ερευνητικού προγράμματος AlienPorts και εξετάζει τα φωτογραφικά δείγματα που συλλέχθηκαν. Οι στόχοι αφορούν i) την καταγραφή της σύνθεσης των εδραίων βενθικών κοινοτήτων σε τεχνητά σκληρά υποστρώματα περιοχών ελλιμενισμού με έμφαση στην καταγραφή αλλόχθονων ειδών. ii) Τον προσδιορισμό της ποσοστιαίας κάλυψης των κυρίαρχων ταξινομητικών ομάδων που εντοπίζονται. iii) Τη σύγκριση των περιοχών μελέτης και τέλος, iv) την αξιολόγηση της απόδοσης των φωτογραφικών μεθόδων για περιοχές με θολά νερά όπως τα λιμάνια και τις μαρίνες.



Εικόνα 1. Η πυκνότητα μετακινήσεων σκαφών στην περιοχή της Μεσογείου.



Εικόνα 2. Οι περιοχές μελέτης που επιλέχθηκαν.

Υλικά και Μέθοδοι

Επιλέχθηκαν επτά λιμάνια και μαρίνες σε περιοχές της νότιας Ελλάδας με μεγάλη ναυτιλιακή δραστηριότητα – HER: Ηράκλειο, PAT: Πάτρα, ZEA: Ζέα, RHO: Ρόδος, AGN: Άγιος Νικόλαος, NAX: Νάξος, PAR: Πάρος (Εικόνα 2).

Η συλλογή των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με τη λήψη φωτογραφικών πλαισίων επιφάνειας 25x25 εκ. και ποιοτικές από είδη ενδιαφέροντος με προσπάθεια την συλλογή δειγμάτων από το σύνολο των βενθικών συνευρέσεων κάθε περιοχής ελλιμενισμού. Σε τρεις περιοχές υπήρξε δυνατότητα λήψης φωτογραφιών κάτω από πλωτές πλατφόρμες, δλδ περιοχές με λιγότερη προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και λιγότερη ιζηματοπόθεση στα εδραία είδη.

Περίπου 1500 φωτογραφίες εξετάσθηκαν συνολικά για την κατασκευή της λίστας παρουσίας ειδών και 95 φωτογραφικά πλαίσια αναλύθηκαν για την σύγκριση των προτύπων βιοποικιλότητας στις περιοχές μελέτης. Η ανάλυση έγινε με το λογισμικό photoQuad⁶. Τα αποτελέσματα μεταφέρθηκαν σε υπολογιστικά φύλλα και αναλύθηκαν στατιστικά με τα λογισμικά Primer-v.6⁷ και R-Studio⁸.

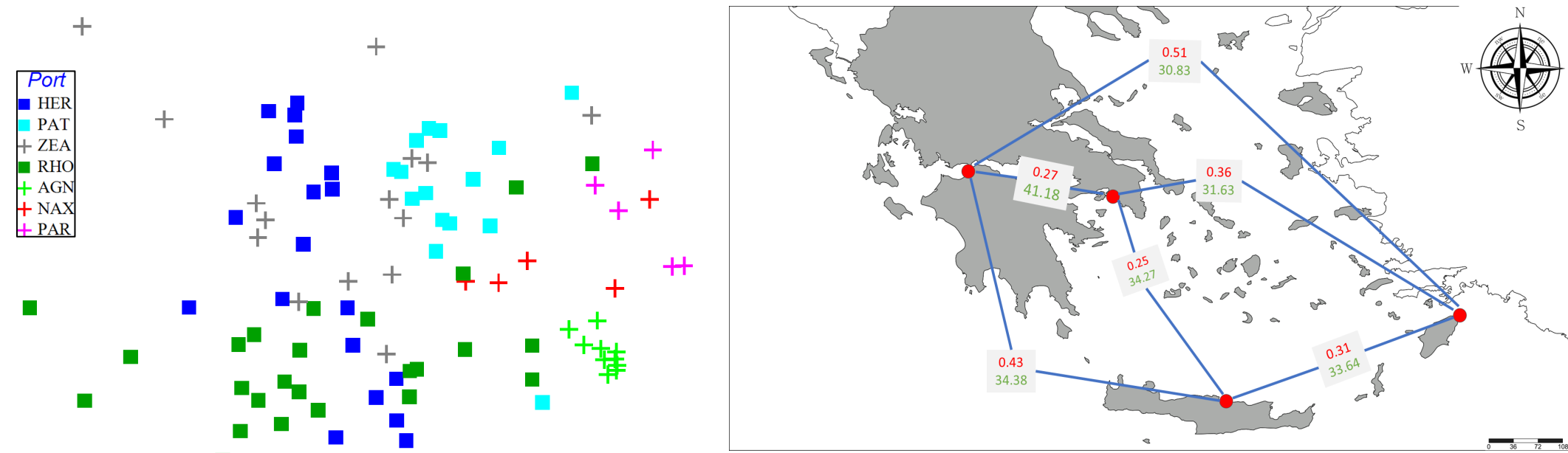
Αποτελέσματα

Συνολικά 75 τάξα εντοπίστηκαν στο σύνολο των φωτογραφιών που λήφθηκαν και 45 εξ αυτών προσδιορίστηκαν σε επίπεδο είδους. Οι περισσότερες καταγραφές τάξων έγιναν στο λιμάνι του Ηρακλείου με τα ασκίδια και τα φύκη να εμφανίζουν τη μεγαλύτερη ποικιλότητα. Για την ανάλυση των πλαισίων κατασκευάστηκε μια βιβλιοθήκη ειδών / τάξων. Τα φύκη ήταν η κατηγορία οργανισμών με μεγαλύτερη κάλυψη του υποστρώματος (σε κάθετο υπόστρωμα) και ακολούθησαν οι σπόγγοι και τα βρυόζωα (κάτω από πλωτές πλατφόρμες). Για τον εντοπισμό σχέσεων μεταξύ των περιοχών μελέτης εφαρμόστηκαν στατιστικές δοκιμασίες (ANOVA, SIMPER, MDS). Από αυτές προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των περιοχών καθώς και διαφορετικά κυρίαρχα είδη για κάθε περιοχή. Επίσης, διαφορετικά πρότυπα εντοπίστηκαν και με βάση την παρουσία ή μη, δειγμάτων κάτω από πλωτές εξέδρες (Σχήμα 1).

Η μέθοδος ανάλυσης φωτογραφικών πλαισίων παρουσίασε συγκεκριμένες δυσκολίες που οφείλονται στα χαρακτηριστικά των επιβαρυμένων περιοχών μελέτης. Συγκεκριμένα, η μεγάλη ιζηματοπόθεση στα εδραία είδη και η ανάπτυξη φυκών μπλεγμένων μεταξύ τους (Turf) περιόρισαν την ικανότητα προσδιορισμού ορισμένων τάξων σε επίπεδο είδους. Τέλος, 16 αλλόχθονα είδη εντοπίστηκαν στα φωτογραφικά δείγματα που λήφθηκαν (Πίνακας 1). Από αυτά τα 9 καταγράφηκαν σε μοναδική περιοχή, ενώ 2 (το βρυόζωο *Amathia verticillata* και το ασκίδιο *Herdmania momus*) είχαν ευρεία κατανομή (καταγραφές σε 5 από τις 7 περιοχές).

Πίνακας 1. Πίνακας με τα αλλόχθονα είδη που καταγράφηκαν στις περιοχές δειγματοληψίας.

Είδος	Περιοχές καταγραφής	Είδος	Περιοχές καταγραφής
<i>Styropodium schimperi</i>	RHO	<i>Didemnum</i> sp.	HER
<i>Paraleucilla magna</i>	HER	<i>Ecteinascidia turbinate</i>	RHO
<i>Oculina patagonica</i>	PAT, ZEA	<i>Herdmania momus</i>	HER, PAT, RHO, AGN, PAR
<i>Brachidontes pharaonis</i>	HER	<i>Phallusia nigra</i>	HER, RHO
<i>Dendostrea folium</i>	HER, PAT, RHO	<i>Styela plicata</i>	HER, PAT, AGN, NAX
<i>Pinctada radiata</i>	HER	<i>Diadema setosum</i>	RHO
<i>Amathia verticillata</i>	HER, PAT, ZEA, NAX, PAR	<i>Percnon gibbesi</i>	HER
<i>Bugula neritina</i>	HER, ZEA, RHO	<i>Synaptula reciprocans</i>	RHO



2D Stress: 0,24

Σχήμα 1. Ανάλυση πολυδιάστατης κλιμάκωσης (MDS). Τα χρώματα διαχωρίζουν τις περιοχές και τα σχήματα υποδηλώνουν την ύπαρξη (■) ή μη (+) πλωτής πλατφόρμας.

Σχήμα 2. Αποτελέσματα ANOSIM και SIMPER συγκρίνοντας ανά ζεύγη τις περιοχές. Με κόκκινο σημειώνεται η τιμή R από την ANOSIM. Με πράσινο το ποσοστό ομοιότητας που προέκυψε από την ανάλυση SIMPER

Συζήτηση

Τα λιμάνια και οι μαρίνες αποτελούν περιοχές που δέχονται διαρκώς πιέσεις και για το λόγο αυτό δεν μπορούν να φτάσουν σε οικολογική ισορροπία⁹. Ο δυναμικός χαρακτήρας αυτών των οικοσυστημάτων επιτρέπει σε ομορτουνιστικά είδη, όπως είναι τα αλλόχθονα, να αποικίσουν εύκολα τις περιοχές αυτές. Ιδιαίτερα στις ελληνικές θάλασσες υπάρχει μεγάλος αριθμός καταγραφών αλλόχθονων ειδών¹⁰. Παράλληλα οι ασταθείς βιοτικές αλληλεπιδράσεις δημιουργούν πολύπλοκα συστήματα που παρουσιάζουν διαφορετικό και μεταβλητό προφίλ βιοποικιλότητας. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας επιβεβαιώνουν τις παραπάνω παραδοχές. Παράλληλα, με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων ANOSIM και SIMPER φαίνεται να υπάρχει σχέση μεταξύ της γεωγραφικής θέσης και της απόστασης των κοινοτήτων που συνθέτουν τα σκληρά υποστρώματα κάθε περιοχής (Σχήμα 2).

Οι φωτογραφικές μέθοδοι αποδεικνύονται χρήσιμο εργαλείο για την περιγραφή της σύνθεσης των εδραίων βενθικών τάξων σε σκληρά υποστρώματα σε λιμάνια και μαρίνες. Η προσαρμογή του πρωτοκόλλου - με επιπλέον φωτογραφίες εστιασμένες στα τεταρτημόρια των πλαισίων - λειτουργεί βοηθητικά στον προσδιορισμό των τάξων.

Συμπεράσματα

- Η φωτογραφική μέθοδος φαίνεται να δίνει ικανοποιητική πληροφορία σχετικά με τη σύνθεση των εδραίων βενθικών κοινοτήτων σε λιμάνια και μαρίνες.
- Στο κάθετο υπόστρωμα κυριαρχούν τα φύκη ενώ στο οριζόντιο, κάτω από πλωτές πλατφόρμες κυριαρχούν σπόγγοι και βρυόζωα.
- Κάθε περιοχή παρουσιάζει ξεχωριστό προφίλ βιοποικιλότητας και αριθμό αλλόχθονων ειδών αποτυπώνοντας τα διαφορετικά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά.
- Στο λιμάνι του Ηρακλείου εντοπίζεται ιδιαίτερα μεγάλη βιοποικιλότητα και αλλόχθονα είδη (κυρίως ασκίδια).
- Τα πρότυπα ποικιλότητας σε κάθε λιμάνι ή μαρίνα φαίνεται να συσχετίζονται με τη γεωγραφική θέση της περιοχής και των αποστάσεων μεταξύ των περιοχών.
- Η ιζηματοπόθεση και η φυκοκάλυψη λειτουργούν περιοριστικά στην απόδοση της φωτογραφικής μεθόδου.
- Το προτεινόμενο πρωτόκολλο για περιοχές με θολά νερά είναι: 1 γενική φωτογραφία πλαισίου (25 x 25 cm) και 4 επιμέρους εστιασμένες στα τεταρτημόρια.

Αναφορές

1. Zenetos, A., Karachle, P. K., Corsini-Foka, M., Gerovasileiou, V., Simbora, N., Xentidis, N. J., & Tsiamsi, K. (2020). Is the trend in new introductions of marine non-indigenous species a reliable criterion for assessing good environmental status? The case study of Greece. *Mediterranean Marine Science*, 21(3), 775. <https://doi.org/10.12681/mms.25136>
2. Corsini-Foka, M. (2015). Inventory of alien and cryptogenic species of the Dodecanese (Aegean Sea, Greece): Collaboration through COST action training school. *Management of Biological Invasions*, 6(4), 351–366. <https://doi.org/10.3391/mbi.2015.6.4.04>
3. Bianchi, C. N., Pronzato, R., Cattaneo-Vietti, R., Benedetti Cecchi, L., Morri, C., Pansini, M., Chemello, R., Milazzo, M., Fraschetti, S., Terlizzi, A., Peirano, A., Salvati, E., Benzioni, F., Calcina, B., Cerrano, C., & Bavestrello, G. (2004). Hard bottoms. In M. C. Gambi & M. Dapiano (Eds.), *Mediterranean marine benthos: A manual of methods for its sampling and study* Vol. 11 (*Suppl. 1*) (pp. 185–215).
4. Sedano, F., Florido, M., Rallis, I., Espinosa, F., & Gerovasileiou, V. (2019). Comparing sessile benthos on shallow artificial versus natural hard substrates in the Eastern Mediterranean Sea. *Mediterranean Marine Science*, 20(4), 688. <https://doi.org/10.12681/mms.17897>
5. Rallis, I., Chatzigeorgiou, G., Florido, M., Sedano, F., Procopiou, A., Chertz-Bynchaki, M., Vernadou, E., Plati, W., Koulouri, P., Dounas, C., Gerovasileiou, V., & Dailianis, T. (2022). Early Succession Patterns of Benthic Assemblages on Artificial Reefs in the Oligotrophic Eastern Mediterranean Basin. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(5), 620. <https://doi.org/10.3390/jmse10050620>
6. Tyngis, V., & Shi, 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. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.04.018>
7. Clarke, K. R., & Gorley, R. N. (2006). *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E Ltd.
8. RStudio Team. (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio. <http://www.rstudio.com/>.
9. Chatziniolaou, E., Mandalakis, M., Damiandis, P., Dailianis, T., Gambineri, S., Rossano, C., Scapini, F., Carucci, A., & Arvanitidis, C. (2018). Spatiotemporal benthic biodiversity patterns and pollution pressure in three Mediterranean touristic ports. *Science of The Total Environment*, 624, 648–660. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.111>
10. Tempesti, J., Mangano, M. C., Langeneck, J., Lardicci, C., Maltagliati, F., & Castelli, A. (2020). Non-indigenous species in Mediterranean ports: A knowledge baseline. *Marine Environmental Research*, 161, 105056. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105056>.