

Περίληψη

Το Ιόνιο Πέλαγος είναι από τις πιο σημαντικές περιοχές του ελληνικού θαλασσίου χώρου, υψηλής βιοποικιλότητας και οικολογικής σημασίας. Μέσω της παρακολούθησης (monitoring) και τη χρήση βενθικών δεικτών συλλέγονται δεδομένα για να εξεταστεί η επίδραση διαφόρων οικολογικών παραμέτρων και παραγόντων στο βένθος, την δομή και την εξέλιξη των κοινοτήτων του.

Στο πλαίσιο αυτό **η μελέτη στοχεύει α)** στη χαρτογράφηση των βενθικών κοινοτήτων περιοχών του Ιονίου, **β)** στην εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης των περιοχών αυτών με τη χρήση δεικτών και στην διερεύνηση της συσχέτισης των δεικτών, καθώς και της επίδρασης περιβαλλοντικών παραγόντων σε αυτές (π.χ. απορριπτόμενα αλιεύματα), **γ)** στη σύγκριση της ποικιλότητας μεταξύ του Ιονίου και γειτονικών θαλασσών της Μεσογείου.

Εισαγωγή

- Η βενθική μακροπανίδα ως μέρος του θαλάσσιου περιβάλλοντος χρησιμοποιείται στο monitoring λόγω **α)** της υψηλής ποικιλότητας σε επίπεδο είδους **β)** της γρήγορης απόκρισης στις περιβαλλοντικές μεταβολές, **γ)** της μειωμένης κινητικότητας και **δ)** τα διαφορετικά επίπεδα οικολογικής λειτουργίας και ανοχής στην διατάραξη (Sanz-Lázaro & Marin, 2011).
- Λόγω της πολυπλοκότητας των βενθικών οικοσυστημάτων, επιλέγεται ένα σύνολο δεικτών που αντιπροσωπεύει τις λειτουργικές και δομικές πλευρές- κλειδιά του οικοσυστήματος που είναι απαραίτητες για την εκάστοτε μελέτη (Noble- James et al., 2018). Για την εκτίμηση διαφορετικών βενθικών δεικτών χρησιμοποιούνται διαφορετικά δεδομένα π.χ. αφθονία, βιομάζα, μέγεθος των οργανισμών, κατάταξη σε ομάδες ανάλογα με την ευαισθησία τους στο στρες (π.χ. BENTIX), λειτουργική ταυτότητα όπως στον δείκτη ικανότητας βιοανάδευσης (Renz et al, 2018).
- Το Ιόνιο είναι σημαντικό για: **α)** την οικολογία και τη βιοποικιλότητα της Μεσογείου **β)** τη διαβίωση και αναπαραγωγή προστατευόμενων ειδών **γ)** ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως αλιεία, υδατοκαλλιέργειες, τουρισμός και βιομηχανία (Issaris et al., 2012).

- Τα απορριπτόμενα αλιεύματα (discards) ως αποτέλεσμα της αλιείας θεωρούνται σπατάλη τροφής με επιπτώσεις στο οικοσύστημα και τις τροφικές σχέσεις, ενδεχομένως εις βάρος της δομής και της λειτουργίας του οικοσυστήματος. Ωστόσο, οι θετικές τους επιδράσεις συχνά παραβλέπονται, καθώς **α)** αποτελούν πηγή τροφής για πολλά είδη και ιδιαίτερα τα πτωματοφάγα, **β)** συμβάλλουν στην αύξηση της δευτερογενούς παραγωγικότητας και **γ)** επιταχύνουν τη μεταφορά οργανικής ύλης στην τροφική αλυσίδα ((Tsarakis et al., 2014).

- Όσον αφορά στην βιοποικιλότητα της Μεσογείου, αυτή φαίνεται να παρουσιάζει **α)** μεγαλύτερη ποικιλότητα από του Ατλαντικού, **β)** υψηλά ποσοστά ενδημισμού, **γ)** περιβαλλοντική διαβάθμιση της ποικιλότητας από τα δυτικά προς τα ανατολικά με τις τιμές τις να μειώνονται (Coll et al.,2010, Danovaro et al., 2009)

Υλικά και Μέθοδοι

- Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος ECODISC στην περιοχή του Ιονίου με το ερευνητικό πλοίο «Φιλία». Παρουσιάζονται δεδομένα από 17 σταθμούς (Κεφαλονιά, Ιθάκη, Λευκάδα, Πατραϊκός).
- Υπολογίστηκαν οι τιμές δεικτών: αριθμός ειδών S , D' , H' , $ES(10)$, W - statistic (από τις καμπύλες Abundance- Biomass), BQI , BQI Family, $BENTIX$, δείκτης ικανότητας βιοανάδευσης (BPC), Biomass fractionation Index (BFI), Abundance fractionation Index ($Abund\ fr$). Ο δείκτης BFI (Lampadariou et al., 2008) υπολογίζεται από τη διαίρεση της βιομάζας των ατόμων που συγκρατούνται σε κόσκινο με άνοιγμα 0.5mm (μέγεθος <0.1mm), με τη συνολική βενθική βιομάζα (0.5mm και 1mm) του κάθε σταθμού. Αντίστοιχα, υπολογίστηκε και ο δείκτης Abundance fractionation αλλά με δεδομένα αφθονίας.
- Για τις συγκρίσεις και αναλύσεις μεταξύ σταθμών από διαφορετικές θάλασσες επιλέχθηκε ένα σύνολο 126 σταθμών από την Αδριατική, το Αιγαίο και Ιόνιο Πέλαγος και την Κρήτη.

Αποτελέσματα

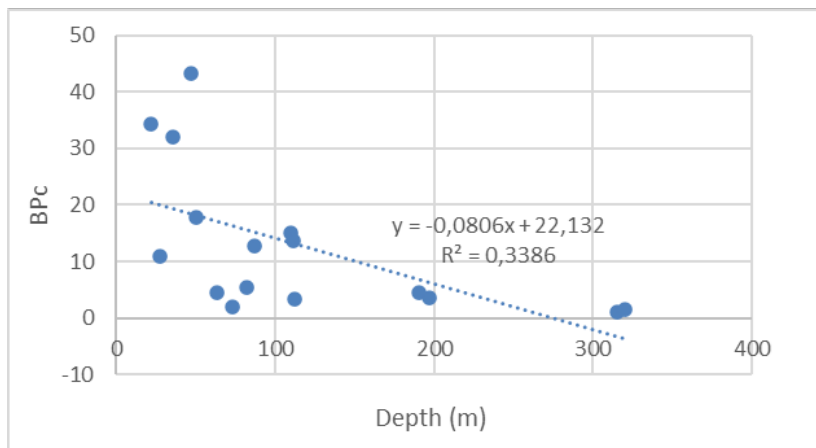
- Μείωση σε μεγάλα βάθη της οικολογικής κατάστασης των σταθμών βάσει των BQI και BQI Family, καθώς και του BPC (Πίνακας 1, 3, 4, Σχήμα 1, 2). Από τον Πίνακα 2 και Σχήμα 3: **ο πιο απλός στον υπολογισμό του από τους δείκτες, BFI (χρησιμοποιεί μόνο δεδομένα βιομάζας) σχετίζεται αρνητικά στατιστικά σημαντικά με τον πιο πολύπλοκο από τους δείκτες που είναι ο BPC (χρησιμοποιεί δεδομένα αφθονίας, την κατάταξη των ατόμων σε είδη, ζύγισμα βιομάζας ανά είδος και την λειτουργική ταυτότητα των ατόμων δηλαδή κινητικότητα και sediment reworking type). Το BFI και το BPC συσχετίζονται σημαντικά με BQI , BQI - Family, S , H' και $Abund\ fr$.**
- Εκ πρώτης όψεως **η ύπαρξη των discards δε φαίνεται να συμβάλλει στις διαφορές των σταθμών** ($p>0.05$) αν και ο αριθμός των σταθμών είναι μικρός (όχι ολοκληρωμένη εικόνα).
- Πρότυπο ομαδοποίησης πανιδικής σύνθεσης με βάση τη θάλασσα στην οποία στην οποία ανήκουν οι σταθμοί (Σχήμα 5) και τη στρωματοποίηση του βάθους (Σχήμα 6)**, με στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p<0.05$). Οι καμπύλες rarefaction (Σχήμα 4) για τις συγκρίσεις ποικιλότητας μεταξύ των γειτονικών θαλασσών έδειξαν ότι **στο Ιόνιο εντοπίζεται η μέγιστη ποικιλότητα, ενώ στην Αδριατική η μικρότερη**.

Πίνακας 1. Βάθος και οικολογική κατάσταση

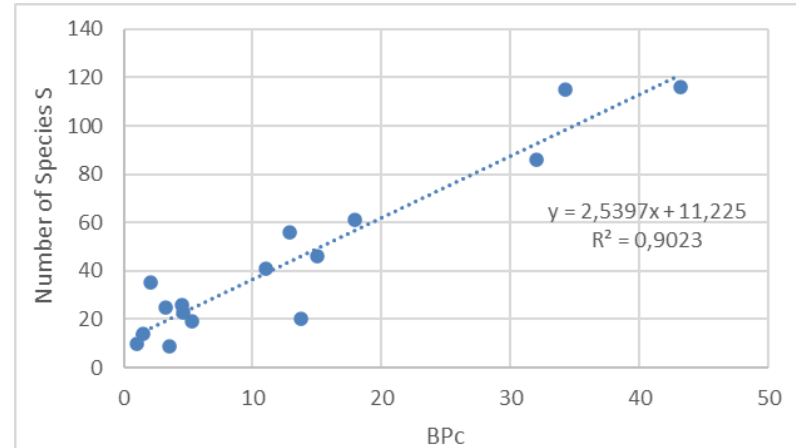
Stations	Depth(m)	Ecological Status BQI	Ecological Status BQI Family	Ecological Status BENTIX
ED_ITHAKA1	112	HIGH	GOOD	HIGH
ED_ITHAKA2	87	HIGH	GOOD	HIGH
ED_ITHAKA3	62.8	GOOD	GOOD	GOOD
ED_ITHAKA4	27.5	HIGH	GOOD	HIGH
ED_ITHAKA5	197	POOR	MODERATE	HIGH
ED_ITHAKA6	315	MODERATE	MODERATE	GOOD
ED_KEF1	110	HIGH	GOOD	HIGH
ED_KEF2	73	HIGH	GOOD	HIGH
ED_KEF3	50	HIGH	HIGH	HIGH
ED_KEF4	35.5	HIGH	GOOD	HIGH
ED_KEF5	190	GOOD	GOOD	GOOD
ED_KEF6	320	MODERATE	MODERATE	GOOD
ED_LEF1	22	HIGH	GOOD	GOOD
ED_LEF2	47	HIGH	HIGH	HIGH
ED_LEF3	82.3	HIGH	GOOD	GOOD
ED_PS	111	GOOD	GOOD	GOOD
ED_PT	53.2	HIGH	GOOD	GOOD

Πίνακας 2. Συντελεστής συσχέτισης Spearman rank μεταξύ περιβαλλοντικών δεικτών

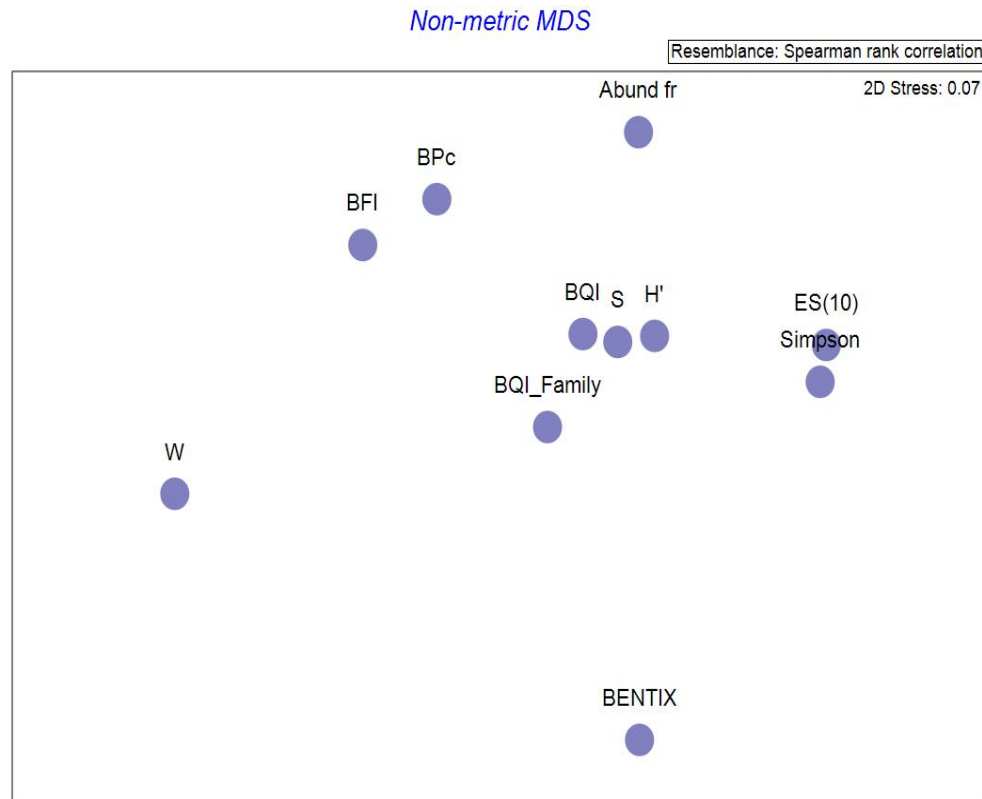
	BPC	BQI	BQI_Family	$BENTIX$	S	$ES(10)$	H'	D'	W	BFI	$Abund\ fr$
BPC	-										
BQI	0.799**	-	1								
BQI_Family	0.718**	0.939**	-	1							
$BENTIX$	ns	ns	ns	-	1						
S	0.738**	0.953**	0.873**	ns	-	1					
$ES(10)$	ns	0.547*	0.450*	ns	0.691**	-	1				
H'	0.608**	0.897**	0.806**	ns	0.966**	0.816**	-	1			
D'	ns	0.525*	0.429**	ns	0.659**	0.990**	0.797**	-	1		
W	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	1	
BFI	-0.826**	-0.591*	-0.460*	ns	-0.534*	ns	-0.455*	ns	ns	-	1
$Abund\ fr$	-0.469*	-0.574*	ns	ns	-0.620**	-0.488*	-0.600*	-0.473*	ns	0.468*	-
ns= not significant											
**=p<0.01											



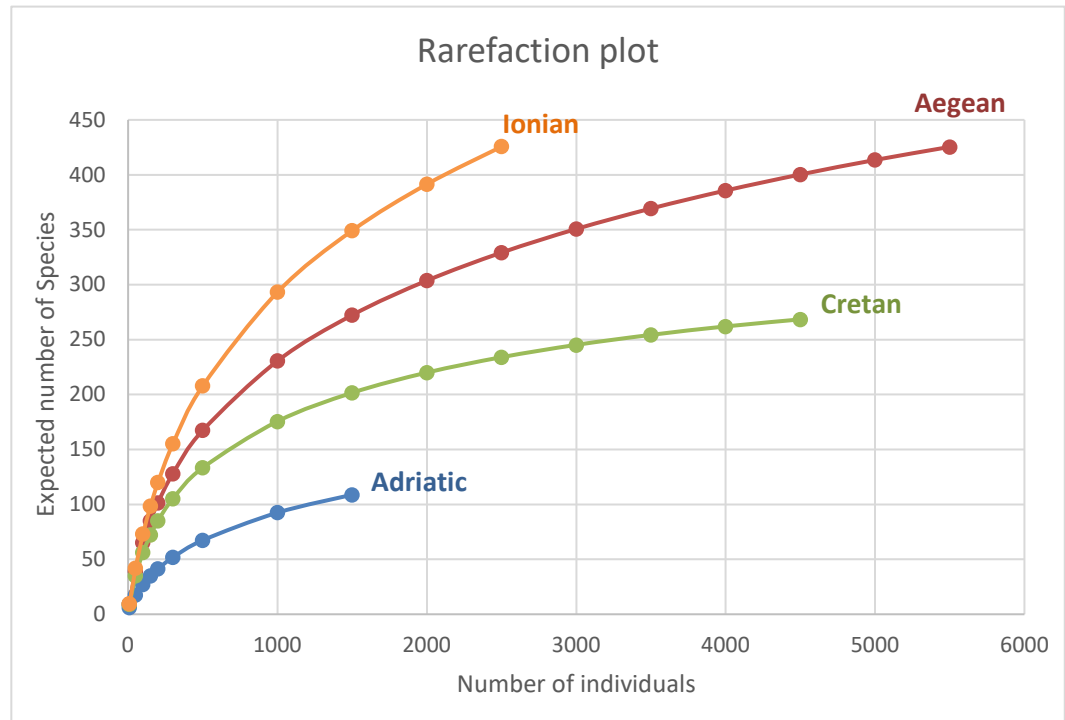
Σχήμα 1. Βιοανάδευση - Βάθος



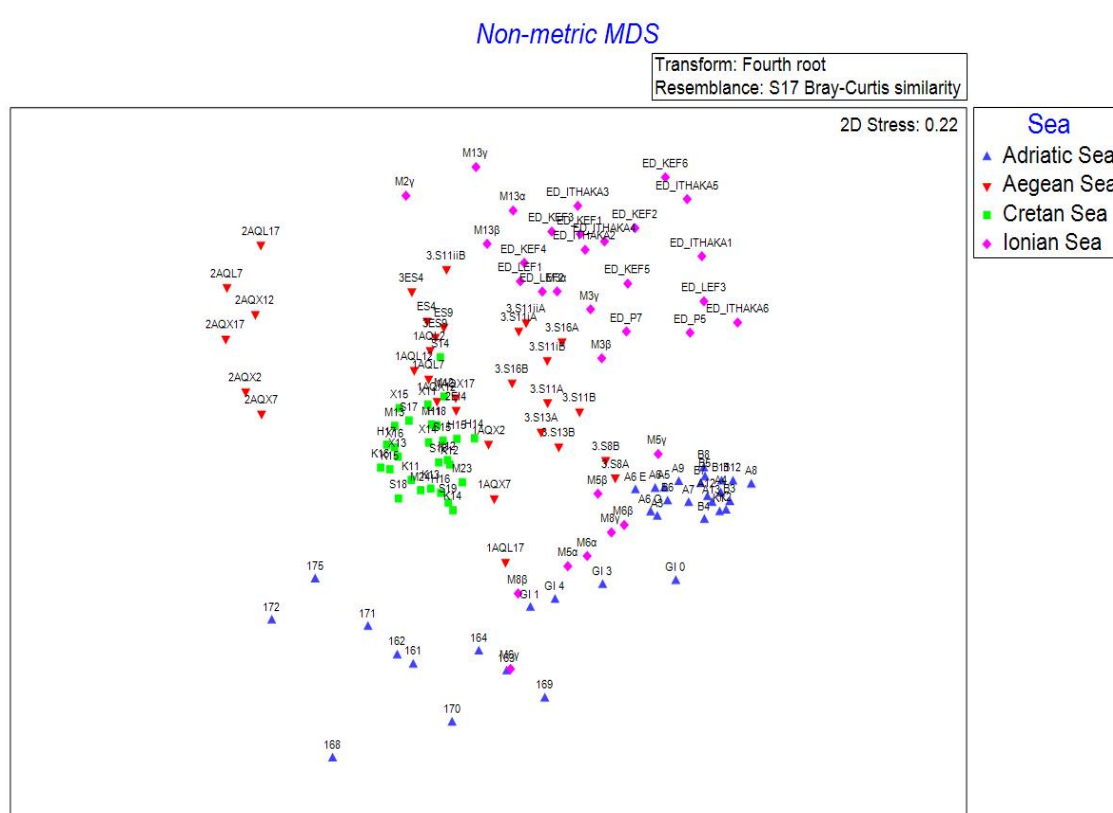
Σχήμα 2. Βιοανάδευση – Αριθμός ειδών



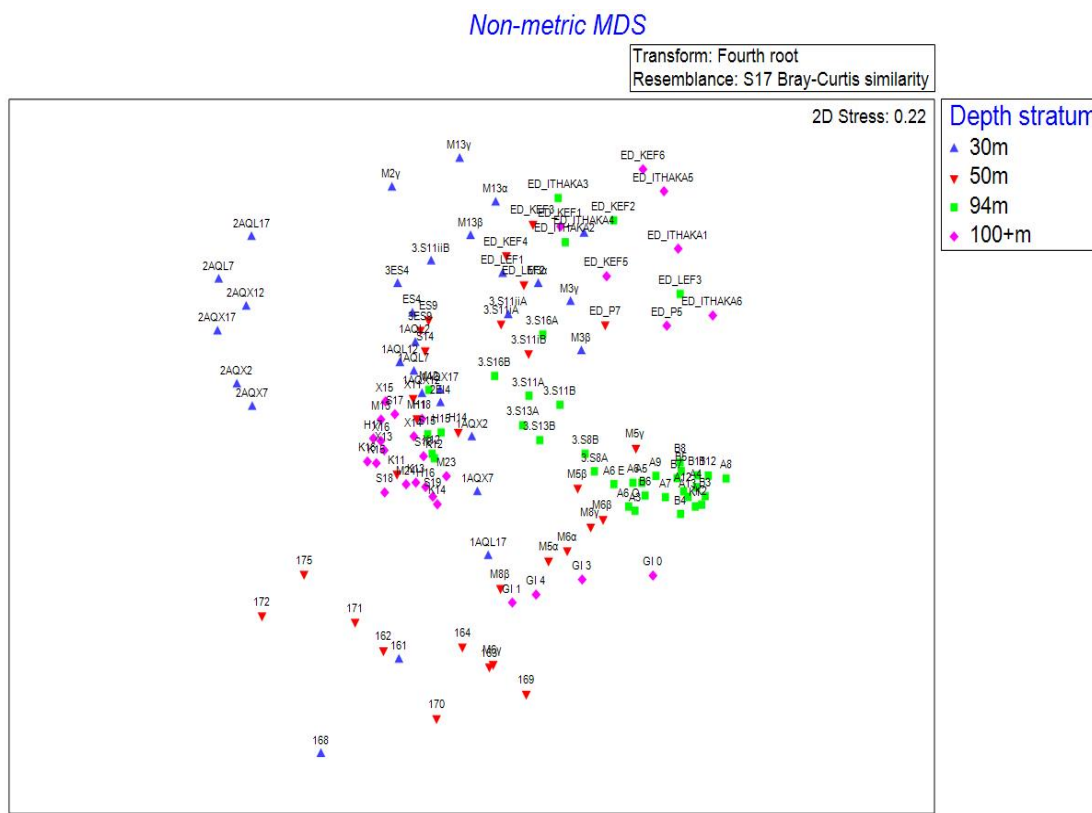
Σχήμα 3. Second stage nMDS μεταξύ των οικολογικών δεικτών



Σχήμα 4. Καμπύλες rarefaction των τεσσάρων θαλασσών



Σχήμα 5. nMDS ομαδοποίησης σταθμών με βάση τη θάλασσα στην οποία ανήκουν



Σχήμα 6. nMDS για την ομαδοποίηση των σταθμών με βάση τη διαβάθμιση του βάθους

Συζήτηση/ Συμπεράσματα

- Οι συγκρίσεις μεταξύ των δεικτών έδειξαν ότι **δεν χάνεται μεγάλο μέρος της πληροφορίας σε ανώτερα ταξινομικά επίπεδα**.
- Χωρίς τα δεδομένα από το κόσκινο των 0.5mm δεν διαφοροποιείται σε μεγάλο βαθμό η αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης (αποδεκτή η **αξιολόγηση και για ανώτερες ταξινομικές βαθμίδες**, Lampadariou et al., 2006).
- Επιβεβαιώνεται το **diversity-stability hypothesis** από τη σχέση βιοανάδευσης-αριθμού ειδών: Όσο αυξάνει ο αριθμός των ειδών στο σύστημα τόσο αυξάνει η πιθανότητα να βρεθούν είδη μεγάλης αποτελεσματικότητας.
- Μείωση των τιμών** των δεικτών οικολογικής κατάστασης στα βαθιά λόγω της μείωσης της πυκνότητας του πληθυσμού όπου επικρατούν μικρόσωμα και, ενδεχομένως, ομορπονιστικά είδη.
- Διαφορές στις συγκρίσεις των σταθμών μεταξύ θαλασσών μπορούν να αποδοθούν σε **γεωγραφικές και μεθοδολογικές διαφορές** (τύπος μελέτης, εύρος βαθών, εποχές, μέγεθος κόσκινου, διαφορές στην ταξινόμηση ειδικά σε επίπεδο είδους).
- Μεγάλη ποικιλότητα στο Ιόνιο** με είδη indicators που μπορεί να οφείλεται σε τοπικούς ενδημισμούς και αφήνει χώρο για διερεύνηση.

Αναφορές

- Sanz- Lázaro & Marin, 2011. Diversity Patterns of Benthic Macrofauna Caused by Marine Fish Farming. *Diversity*, 3, 4, 176-199.
- Noble-James, T., Jesus, A. & McBrean, F., 2018. Monitoring guidance for marine benthic habitats. *JNCC Report No: 598*. JNCC, Peterborough.
- Renz, J.R., Powilleit, M., Gogina, M., Zettler, M.L., Moys, C., Forster, S., 2018. Community bioirrigation potential (BIPc), an index to quantify the potential for solute exchange at the sediment-water interface. *Marine Environmental Research*, 141, 214-224.
- Issaris, Y., Katsanevakis, S., Pantazi, M., Vassilopoulos, V., Panayiotidis, P., Kavadas, S., et al., 2012. Ecological mapping and data quality assessment for the needs of ecosystem-based marine spatial management: Case study Greek Ionian Sea and the adjacent gulfs. *Mediterranean Marine Science*, 13, 297-311.
- Tsarakis, K., Palalexis, A., Vassilopoulos, V., 2014. Mediterranean fishery discards: review of the existing knowledge. *ICES Journal of Marine Science*, 71, 5, 1219–1234.
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbek, J., et al. 2010. The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PLoS One*, 5(8): e11842.
- Danovaro, R., Canals, M., Gambi, C., Heussner, S., Lampadariou, N., Vanreusel, A., 2009. Exploring Benthic Biodiversity Patterns and Hotspots on European Margin Slopes. *Oceanography*, 22, 1.
- Lampadariou, N., Akoumianaki, I. & Karakasis, I., 2008. Use of the size fractionation of the macrobenthic biomass for the rapid assessment of benthic organic enrichment. *Ecological Indicators*, 8, 729–742.
- Lampadariou, N., Karakasis, I. & Pearson, T. (2006). Cost-benefit analysis of a benthic monitoring program of organic enrichment using different sampling and analysis methods. *Marine pollution bulletin*. 50, 1606-18.