

Υδρογονάνθρακες στα θαλάσσια ιζήματα

Ι. Χατζηανέστης, Χ. Πυργάκη, Ε. Πλακίδη

Εισαγωγή

Οι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες έχουν σαν κύρια πηγή το πετρέλαιο και τα υποπροϊόντα του, ενώ ένα μικρό ποσοστό από αυτούς μπορεί να έχει και βιογενή προέλευση είτε χερσαία είτε θαλάσσια. Έχει υπολογιστεί ότι στη Μεσόγειο εισέρχεται στο θαλάσσιο περιβάλλον μια ποσότητα πετρελαιοειδών υδρογονανθράκων που κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 1×10^6 τόνων ανά έτος (Burns & Saliot, 1986). Από αυτούς ένα ποσοστό 65-70 % προέρχεται από τις θαλάσσιες μεταφορές και την κίνηση των πλοίων, ένα ποσοστό 25-30 % από ανθρωπογενείς και βιομηχανικές δραστηριότητες που αναπτύσσονται στην ξηρά ενώ ένα ποσοστό 1-2 % σχετίζεται με τη μεταφορά μέσω της ατμόσφαιρας. Το 25 % των πετρελαιοειδών υδρογονανθράκων που φθάνουν στη θάλασσα καταλήγει τελικά στα ιζήματα (Burns & Saliot, 1986).

Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ) σχηματίζονται κυρίως κατά τη διάρκεια όλων των διαδικασιών καύσης οργανικής ύλης ενώ οι ελαφρύτεροι από αυτούς είναι και συστατικά του πετρελαίου. Στο θαλάσσιο χώρο εισέρχονται είτε μέσω των ποταμών και των πάσης φύσης χερσαίων εκροών είτε μέσω ατμοσφαιρικής εναπόθεσης. Οι ΠΑΥ παρουσιάζουν μεγάλο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον λόγω των ισχυρών καρκινογόνων ιδιοτήτων τους και η παρακολούθησή τους στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι επιβεβλημένη.

Όλες αυτές οι ενώσεις εκτός από την ανθεκτικότητά τους έχουν και ισχυρό λιπόφιλο χαρακτήρα με αποτέλεσμα η διαλυτότητά τους στο θαλασσινό νερό να είναι πολύ μικρή. Έτσι προσροφώνται εύκολα στην αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη, μεταφέρονται με αυτήν και τελικά καταλήγουν στα θαλάσσια ιζήματα όπου και συσσωρεύονται. Για το λόγο αυτό τα θαλάσσια ιζήματα αποτυπώνουν με τον πλέον αξιόπιστο τρόπο την κατάσταση μιας θαλάσσιας περιοχής από άποψη ρύπανσης από οργανικούς ρύπους.

Μεθοδολογία

Τα δείγματα των επιφανειακών ιζημάτων συλλέχθηκαν από 6 σταθμούς που φαίνονται στις Εικόνες 1, 2. Η δειγματοληψία έγινε με δειγματολήπτη τύπου αρπάγης (grab) και τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε αλουμινόχαρτο και καταψύχθηκαν στους -20 °C, μέχρι την ανάλυσή τους.

Στο εργαστήριο, τα δείγματα των ιζημάτων ξηράνθηκαν σε συσκευή λυοφίλησης, ομογενοποιήθηκαν και κοσκινίστηκαν από κόσκινο 250 μ για την απομάκρυνση των μεγάλων σωματιδίων.

Ο αναλυτικός προσδιορισμός των υδρογονανθράκων βασίστηκε στην μεθοδολογία που προτείνεται από τον IOC (IOC, 1993). Σύμφωνα με αυτή 3g του ιζήματος εκχυλίζονται σε συσκευή Soxhlet για 24 ώρες με μίγμα μεθανόλης-διχλωρομεθάνιου 2:1, στη συνέχεια γίνεται σαπωνοποίηση του εκχυλίσματος με μεθανολικό διάλυμα

καυστικού καλίου και εκχύλιση των μη σαπωνοποιημένων συστατικών με εξάνιο. Ακολουθεί καθαρισμός και κλασματοποίηση του εκχυλίσματος σε στήλη ενεργοποιημένης Silica gel και συλλογή δύο κλασμάτων: το πρώτο με 10 ml εξανίου που περιέχει τους αλειφατικούς υδρογονάνθρακες και το δεύτερο με 10 ml εξανίου – οξικού αιθυλεστέρα 9:1 που περιέχει τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των ενώσεων έγινε με αέρια χρωματογραφία - φασματοσκοπία μάζας (Hewlett-Packard GC/MS 6890) χρησιμοποιώντας την τεχνική της πλήρους σάρωσης των ιόντων.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται στον Πίνακα VI.

Οι συγκεντρώσεις των ολικών υδρογονανθράκων (Αλειφατικών + ΠΑΥ) κυμάνθηκαν μεταξύ 24.4 και 59.8 $\mu\text{g/g}$ ξηρού βάρους. Οι τιμές αυτές θεωρούνται σε γενικές γραμμές μικρές και είναι παρόμοιες με αυτές που έχουν μετρηθεί σε θαλάσσιες περιοχές που δεν έχουν σοβαρά προβλήματα ρύπανσης (Hatzianestis *et al.*, 2000, 2001, Sklivagou *et al.*, 2001, Hatzianestis *et al.*, 2003) (Πίνακας VII). Η μεγαλύτερη τιμή που δείχνει μια μικρή επιβάρυνση από πετρελαιοειδή μετρήθηκε στο δείγμα KAN1. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι φυσικοί υδρογονάνθρακες στα θαλάσσια ιζήματα έχουν συγκεντρώσεις που δεν ξεπερνούν συνήθως τα 10 $\mu\text{g/g}$. Οι τιμές των φυσικών υδρογονανθράκων μπορεί να είναι μεγαλύτερες σε παράκτιες περιοχές με μεγάλη παραγωγικότητα, αλλά σε κάθε περίπτωση συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 100 $\mu\text{g/g}$ είναι αδιαμφισβήτητη απόδειξη πετρελαϊκής ρύπανσης.

Πίνακας VI. Συγκεντρώσεις των αλειφατικών ($\mu\text{g/g}$) και των πολυκυκλικών αρωματικών (ng/g) υδρογονανθράκων στα επιφανειακά ιζήματα.

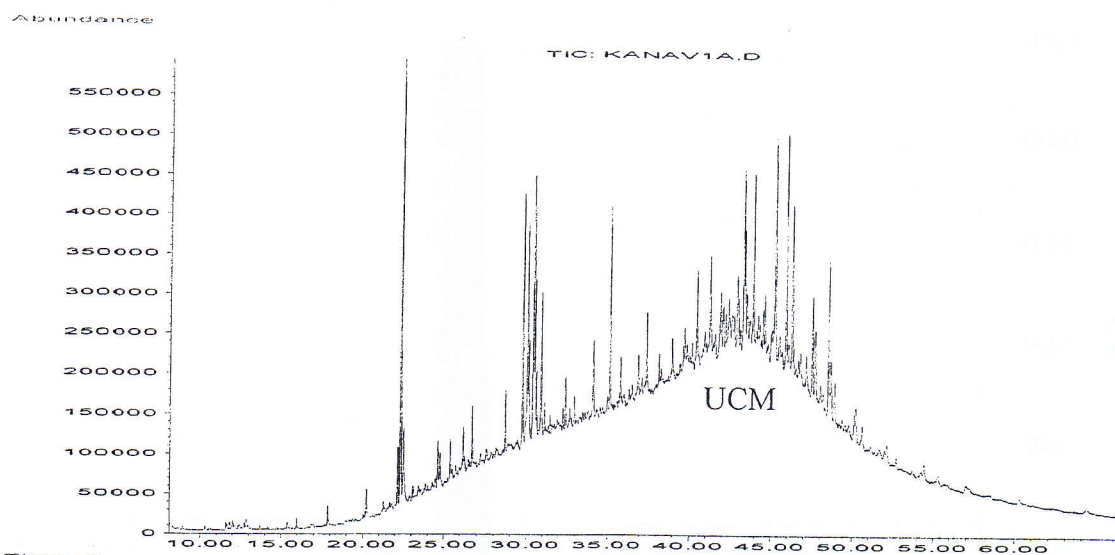
UCM: μη διαχωρισμένο σύνθετο μίγμα, U/R: λόγος των μη διαχωρισμένων προς τις διαχωρισμένες ενώσεις.

Σταθμός	ΑΜΠ1	ΑΜΠ2	ΑΜΠ3	KAN1	KAN2	Αναφορά
Αλειφατικοί υδρογονάνθρακες ($\mu\text{g/g}$)						
	24.3	17.5	24.7	58.4	40.9	25.5
UCM ($\mu\text{g/g}$)	21.9	14.9	22.0	54.3	38.9	21.2
U/R	9.3	5.8	8.4	13.2	9.7	9.3
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ) (ng/g)						
Ναφθαλένιο	2.5	2.6	2.2	11.6	1.4	0.6
Ακεναφθυλένιο	0.4	μ.α.	0.1	3.2	0.1	μ.α.
Ακεναφθένιο	0.2	0.2	0.2	6.4	0.1	0.1
Φλουορένιο	μ.α.	0.5	0.1	5.1	0.1	0.1
Διβενζοθειοφένιο	0.7	0.5	0.6	6.2	0.4	μ.α.
Φαινανθρένιο	4.2	5.6	4.8	77.8	3.2	0.3
Ανθρακένιο	0.6	1.0	0.2	9.3	0.1	0.1
Φλουορανθένιο	5.3	9.3	10.9	122.1	7.2	0.1
Πυρένιο	5.8	8.8	10.0	113.0	6.6	μ.α.
Βενζο(α)ανθρακένιο	4.4	4.9	4.0	57.1	2.7	μ.α.
Χρυσένιο	7.3	8.3	8.4	86.9	5.5	0.1

Βενζο(β)φλουορανθένιο	8.2	10.7	17.1	126.9	11.3	0.1
Βενζο(κ)φλουορανθένιο	3.8	4.4	7.3	54.1	4.9	μ.α.
Βενζο(ε)πυρένιο	6.7	6.9	9.5	72.6	6.3	0.1
Βενζο(α)πυρένιο	7.1	8.3	10.6	92.7	7.0	0.1
Περυλένιο	2.4	2.2	3.3	20.5	2.2	μ.α.
Ινδενο(1,2,3-cd)πυρένιο	26.7	32.4	49.1	324.7	32.6	0.1
Διβενζο(a,h)ανθρακένιο	0.3	0.7	1.3	13.6	0.9	μ.α.
Βενζο(ghi)περυλένιο	6.8	8.1	12.6	69.1	8.4	μ.α.
Μεθυλοναφθαλένια	3.2	4.5	2.9	10.0	1.9	0.2
Διμεθυλοναφθαλένια	3.7	2.9	3.0	9.7	2.0	0.4
Τριμεθυλοναφθαλένια	0.5	0.2	0.4	1.2	0.3	0.3
Μεθυλοδιβενζοθειοφένια	1.4	0.5	0.1	6.1	0.1	μ.α.
Μεθυλοφαινανθρένια	6.4	5.8	6.3	41.2	4.2	0.3
Διμεθυλοφαινανθρένια	6.5	5.3	5.7	32.1	3.8	0.3
Ρετένιο	0.1	μ.α.	μ.α.	0.3	μ.α.	μ.α.
ΣΠΑΥ	115.1	134.6	170.8	1373.6	113.3	3.4

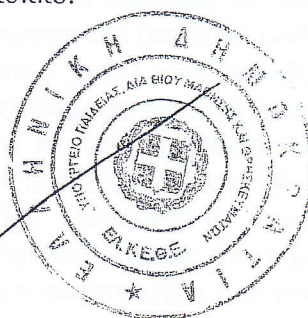
μ.α.: μη ανιχνεύσιμο, όριο ανίχνευσης 0.1 ng/g

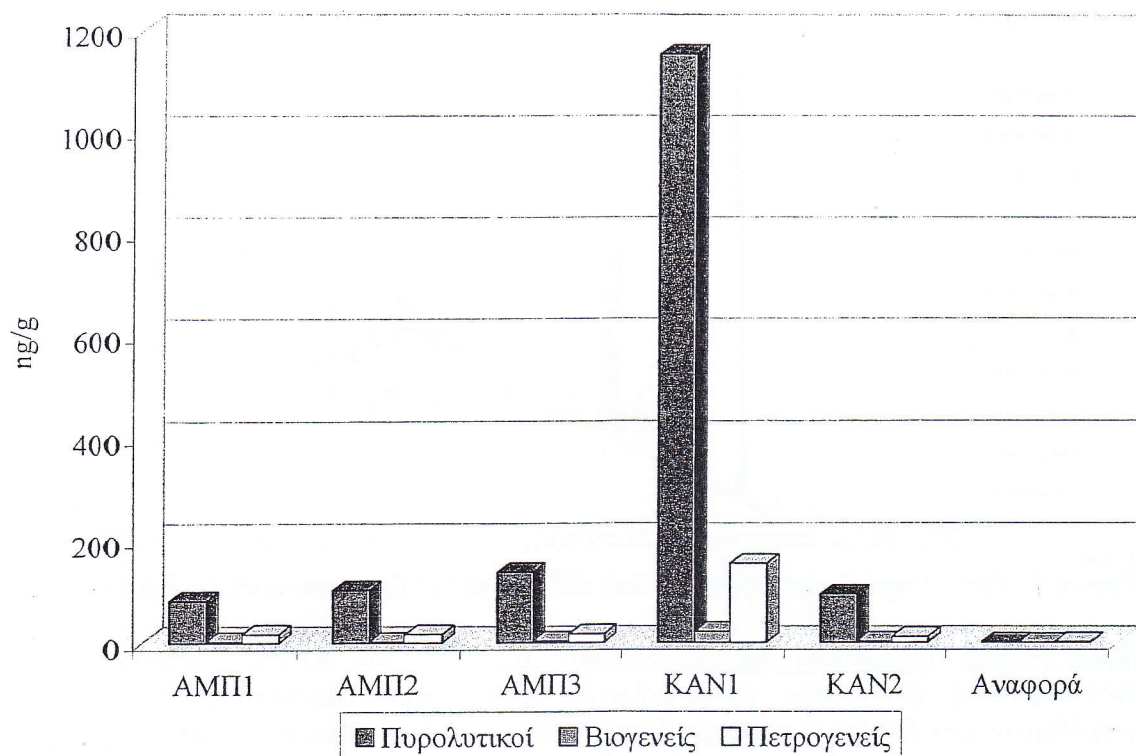
Αλειφατικοί υδρογονάνθρακες. Οι συγκεντρώσεις των αλειφατικών υδρογονανθράκων κυμαίνονται μεταξύ 24.3 και 58.4 μg/g ξηρού βάρους και αντιστοιχούν σε ποσοστά μεγαλύτερα του 95% του συνόλου των υδρογονανθράκων. Η παρουσία των αλειφατικών υδρογονανθράκων στα θαλάσσια ιζήματα δεν σημαίνει κατ' ανάγκη ρύπανση γιατί ένα σημαντικό ποσοστό από αυτούς μπορεί να είναι βιογενούς προέλευσης, είτε θαλάσσιας είτε χερσαίας (Bouloubassi & Salot, 1993). Συνήθως κατά την διαδικασία της αεριοχρωματογραφικής ανάλυσης τα χρωματογραφήματα των αλειφατικών κλασμάτων εμφανίζουν δύο χαρακτηριστικά (Εικόνα 2): ενώσεις οι οποίες διαχωρίζονται επαρκώς και είναι κυρίως κανονικά αλκάνια και ένα μίγμα ενώσεων που δεν μπορούν να διαχωριστούν, το λεγόμενο “μη διαχωρισμένο σύνθετο μίγμα” (UCM: unresolved complex mixture) (Εικόνα 2). Το μίγμα αυτό αποτελείται από διακλαδισμένους, κυκλικούς και μερικά αποδομημένους υδρογονάνθρακες οι οποίοι δεν μπορούν να διαχωριστούν με τις υπάρχουσες χρωματογραφικές τεχνικές. Η ύπαρξη του μίγματος αυτού σε μεγάλο ποσοστό θεωρείται ένδειξη παρουσίας υπολειμμάτων αποδομημένων πετρελαιοειδών. Ο λόγος των μη διαχωρισμένων προς τις διαχωρισμένες ενώσεις (U/R) χρησιμοποιείται ευρύτατα σαν κριτήριο της προέλευσης των υδρογονανθράκων και τιμές του λόγου αυτού μεγαλύτερες από 4 υποδεικνύουν σαφώς χρόνια ρύπανση από πετρελαιοειδή (Mazurek & Simoneit, 1984). Οι τιμές του λόγου U/R για τα δείγματα που εξετάστηκαν (Πίνακας 2) κυμαίνονται μεταξύ 5.8 και 13.2 και δείχνουν ότι στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει παρουσία πετρελαιοειδών. Πάντως η ύπαρξη σε μικρό βαθμό υπολειμμάτων πετρελαιοειδών είναι συνηθισμένη στα θαλάσσια ιζήματα και δεν υπονοεί σημαντικό πρόβλημα ρύπανσης.



Εικόνα 4: Χρωματογράφημα του αλειφατικού κλάσματος στο ίζημα του σταθμού ΚΑΝ1.

Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ). Στον πίνακα 1 δίνονται οι συγκεντρώσεις όλων των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων που μετρήθηκαν στις διάφορες περιοχές δειγματοληψίας. Οι ενώσεις αυτές, με εξαίρεση το περυλένιο που μπορεί να συντεθεί και βιογενώς και το ρετένιο που προέρχεται από τα κωνοφόρα δένδρα, είναι καθαρά ανθρωπογενείς με κύριες πηγές προέλευσης τις πάσης φύσεως καύσεις ανθρακούχων υλικών αλλά και τα πετρελαιοειδή. Μεγάλη τιμή ($> 1000 \text{ ng/g}$ ξηρού βάρους) που δείχνει σχετική ρύπανση από ΠΑΥ βρέθηκε μόνο στο σταθμό ΚΑΝ1. Στα υπόλοιπα σημεία οι συνολικές συγκεντρώσεις των ΠΑΥ είναι μικρότερες από 200 τιμές που θεωρούνται φυσιολογικές (Pavlidou *et al*, 2002, Karageorgis & Hatzianestis, 2003, Hatzianestis & Sklivagou, 2002, Zenetos *et al*, 2002). Πρέπει να σημειωθεί ότι η εξαιρετικά μικρή τιμή των ΠΑΥ που μετρήθηκε στο δείγμα αναφοράς (3.4 ng/g) αποδίδεται κυρίως στο γεγονός ότι το ίζημα στο συγκεκριμένο σημείο ήταν εξαιρετικά χοντρόκοκκο.





Εικόνα 5: Κατανομή των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων πυρολυτικής, βιογενούς και πετρογενούς προέλευσης στα επιφανειακά ιζήματα.

Σε ότι αφορά την κατανομή των επιμέρους ενώσεων σε όλα τα δείγματα υπερισχύουν οι ενώσεις με τέσσερις ή περισσότερους αρωματικούς δακτυλίους όπως το φλουρανθένιο το πυρένιο και τα βενζοφλουορανθένια. Στην Εικόνα 3 δίνονται οι κατανομές των συγκεντρώσεων των υδρογονανθράκων πυρολυτικής προέλευσης (σύνολο των ενώσεων με μοριακά βάρη 202, 228, 252, 276 και 278), βιογενούς-χερσογενούς (περυλένιο, ρετένιο) και πετρογενούς-πετρελαϊκής (το φαινανθένιο και τα μεθυλιωμένα παράγωγά του. Όπως φαίνεται σε όλα τα δείγματα υπάρχει σαφής κυριαρχία ενώσεων πυρολυτικής προέλευσης. Ορισμένοι πυρολυτικοί πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες θεωρείται ότι έχουν καρκινογόνες ιδιότητες για τα θηλαστικά και τον άνθρωπο. Η κυριότερη τέτοια ένωση είναι το βενζο(α)πυρένιο για το οποίο έχουν αρχίσει τα τελευταία χρόνια να θέτονται αυστηρά όρια και να επιβάλλεται η συστηματική παρακολούθησή του τόσο στο περιβάλλον όσο και στα τρόφιμα. Στα δείγματα που εξετάστηκαν σχετικά μεγάλη τιμή βενζο(α)πυρενίου (93 ng/g) βρέθηκε στο σταθμό KAN1.

Πίνακας VII. Συγκεντρώσεις των αλειφατικών υδρογονανθράκων και ΠΑΥ στα θαλάσσια ιζήματα από διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

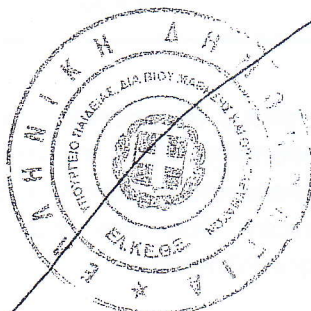
Περιοχή	Αλειφατικοί (μg/g)	ΣΠΑΥ (ng/g)
Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος	8.5-40.6	25.3 – 282
Νότιο Αιγαίο πέλαγος		19.4 - 103.2
Κρητικό πέλαγος		14.6 – 161.5
Εκβολές Νέστου	4.3-65.8	20.6 – 422
Στρυμονικός κόλπος	26.8-95.3	133 – 838
Εκβολές Έβρου	24.8-92.8	932 – 1025
Εκβολές Αχελώου		36.4 – 560
Κόλπος Θεσσαλονίκης	38-1109	217 – 1410
Εξωτερικός Θερμαϊκός	6.5-81	37.4 - 291
Σαρωνικός κόλπος	21.5-154.6	64.6 – 838
Κορινθιακός κόλπος	8.2-29.4	207 – 10300
Παγασητικός κόλπος	14-222	107 - 5160
Βόρειος Ευβοϊκός	5.2-30.9	167 - 7760
Νότιος Ευβοϊκός		25.6 – 196
Κόλπος Ελευσίνας	415-890	1807 – 5087
Περιοχή Ψυτάλλειας	700-1770	2936 – 17090
Μήλος	24.3-58.4	3.4-1374

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι σχετικά μεγάλη ρύπανση από ΠΑΥ που έχουν πυρολυτική προέλευση μετρήθηκε μόνο στο σημείο ΚΑΝ1 το οποίο φαίνεται να δέχεται επιβάρυνση από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Στα υπόλοιπα σημεία τα επίπεδα τόσων των αλειφατικών όσο και των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων θεωρούνται φυσιολογικά.

Βιβλιογραφία

- BOULOUBASSI I., SALIOT, A. (1993): Investigation of anthropogenic and natural organic inputs in estuarine sediments using hydrocarbon markers (NAH, LAB, PAH). *Oceanologica Acta*, **16**:145-161
- BURNS, K. & SALIOT, A., (1986): Petroleum Hydrocarbons in the Mediterranean Sea: A mass balance. *Marine Chemistry*, **20**:141-157
- HATZIANESTIS I., E. SKLIVAGOU (2002). Hydrocarbon Contamination in Sediments from five Major Greek Estuaries. 8th FECS Conference on Chemistry and the Environment. Athens, Greece, August 31 – September 4, 2002, *Environmental Science and Pollution Research*, special issue **3**: 60-61
- HATZIANESTIS I., A. HANTZI, E. SKLIVAGOU, F. RIGAS (2003). Distribution and origin of aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in Saronikos gulf sediments. 8th

- International Conference on Environmental Science and Technology, Proceedings, pp. 310-317, 8-10 September 2003, Lemnos.
- HATZIANESTIS J., SKLIVAGOU E. & GEORGAKOPOULOU, E (2001): Hydrocarbons, pesticides and PCBs in sediments from Thermaikos gulf. *Fresenius Environmental Bulletin*, 10(1), 63-68.
- HATZIANESTIS J., SKLIVAGOU, E., GEORGAKOPOULOU, E (2000). Organic contaminants in sediment and mussels from Thermaikos gulf, Hellas. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 74:203-216
- HATZIANESTIS, I. N. RORI, E. SKLIVAGOU, F. RIGAS (2004). PAH profiles in dated sediment cores from Elefsis bay, Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13, 1253-1257
- IOC MANUAL AND GUIDES (1993): The determination of petroleum hydrocarbons in sediments
- KARAGEORGIS, A., I. HATZIANESTIS (2003). Surface sediment chemistry in the Olympic games 2004 Sailing Center (Saronikos Gulf). *Marine Mediterranean Science*, 4(1), 5-22
- MAZUREK, M. A., SIMONEIT, B.R.T. (1984): Characterization of biogenic and petroleum-derived organic matter in aerosols over remote, rural and urban areas. In: Identification and Analysis of Organic Pollutants in Air, L.H. Keith, editor. Ann Arbor Science/Butterworth, Boston, 353-370
- PAVLIDOU, A., I. HATZIANESTIS, E. SKLIVAGOU, V. PAPADOPOULOS, V. ZERVAKIS (2002). Hydrology And Pollution Assessment In A Coastal Estuarine System. The Case Of Strymonikos Gulf (North Aegean Sea). *Marine Mediterranean Science*, 3(1), 65-78
- SKLIVAGOU E., S.P. VARNAVAS, J. HATZIANESTIS (2001). Aliphatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Sediments from the Elefsis Bay, Greece (Eastern Mediterranean). *Toxicological and Environmental Chemistry* 79 (3/4), 195-210
- ZENETOS, A., I. HATZIANESTIS, M. LANTZOUNI, M. SIMBOURA, E. SKLIVAGOU, G. ARVANITAKIS (2004). The Eurobaker oil spill: mid-term changes of some ecosystem indicators. *Marine Pollution Bulletin*, 48 (1-2), 122-131



Οπτική απογραφή της βενθικής κατάστασης των σκάλων φορτοεκφόρτωσης του όρμου Αδάμαντα Μήλου (Θέσεις Κάναβας και Αμπουρδεχτάκι)

Σαλωμίδη Μαρία, Γιάννης Ισσαρης, Κώστας Τσιάμης, Παναγιώτης Παναγιωτίδης

Εισαγωγή

Είναι γνωστό ότι οι λιμενικές εγκαταστάσεις εν γένει, μπορούν να έχουν κάποιες μέτριες έως σημαντικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον ανάλογα με τη θέση, την έκταση και την τεχνική φύση των υποδομών τους, καθώς και το είδος και τη συχνότητα των κύριων δραστηριοτήτων που εξυπηρετούν. Ως σημαντικότερες επιπτώσεις αναφέρονται η αλλοίωση της παράκτιας ζώνης και των αυτόχthonων βιοκοινωνιών, η ρύπανση ή/και η διατάραξη από ατυχηματικές διαρροές καυσίμων και φορτίων και η όχληση ευαίσθητων θαλάσσιων οργανισμών από τη συχνή διέλευση σκαφών. Την τελευταία δεκαετία ωστόσο, πληθαίνουν και οι αναφορές αυξημένης παρουσίας εξωτικών ειδών σε περιοχές λιμένων, με τη ναυσιπλοΐα να θεωρείται μεταξύ των κύριων φορέων εξάπλωσης πολλών εξ αυτών.

Προκειμένου να εντοπιστούν και να αποτυπωθούν οι κυριότερες ανθρωπογενείς επιπτώσεις και η έκταση αυτών στο θαλάσσιο περιβάλλον της περιοχής μελέτης, εξετάστηκαν οι βενθικές βιοκοινωνίες με έμφαση στο επιβένθος και ιδιαίτερα στα κυρίαρχα στοιχεία της βλάστησης.

Εργασίες Πεδίου

Η αυτοψία πραγματοποιήθηκε τον Φεβρουάριο 2010, από την Ομάδα Επιστημονικής Κατάδυσης του εργαστηρίου Βένθους του ΕΛΚΕΘΕ στις θέσεις α) Κάναβας (ανατολικός όρμος Αδάμαντα) και β) Αμπουρδεχτάκι (δυτικός όρμος Αδάμαντα). Αναλυτικότερα:

Πραγματοποιήθηκε υποβρύχια αυτοψία περιμετρικά των εγκαταστάσεων, προκειμένου να εντοπιστούν τυχόν ενδείξεις διατάραξης σχετιζόμενες με τις διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης αδρανών υλικών. Η αυτοψία έγινε με αυτόνομη κατάδυση (SCUBA), με στόχο την καταγραφή της γενικής κατάστασης του πυθμένα, η οποία και αποτυπώθηκε σε ψηφιακό φωτογραφικό αρχείο.

Η φωτογράφιση έγινε με χρήση φωτογραφικών μηχανών Olympus SP-310 σε στεγανό κέλυφος Olympus PT-030 και NIKON D200 σε στεγανό κέλυφος της Subal και υποβρύχια φλας INON Z-240.

Η αναγνώριση των κύριων μακροβενθικών στοιχείων έγινε οπτικά ενώ, καταστρεπτικά δείγματα λήφθηκαν μόνο επιλεκτικά, όπου αυτό θεωρήθηκε αναγκαίο. Θεωρώντας ωστόσο, την καταγραφή της βιοποικιλότητας εκτός των στόχων της παρούσας μελέτης, η εκτίμηση των όποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων καταγράφηκε σε επίπεδο μακροβενθικών συνευρέσεων και δη σε επίπεδο των επικρατέστερων στοιχείων της βλάστησης.

Αποτελέσματα

α) Θέση Κάναβα:

Το τεχνητό υπόστρωμα της σκάλας Κάναβα δεν παρουσίασε μία συνεκτική εικόνα αλλά μια ποικιλία διακριτών βενθικών χαρακτηριστικών, τα οποία αντανακλούν επιπτώσεις που οφείλονται άλλοτε σε φυσικά και άλλοτε σε ανθρωπογενή αίτια. Πιο συγκεκριμένα, οι κυριότερες ανθρωπογενείς επιπτώσεις εντοπίστηκαν στην περιοχή της πρόσοψης της τσιμεντένιας προβλήτας (Δ-ΝΔ όψη), όπου η φυτική κάλυψη περιορίζεται ως επί το πλείστο σε πρόδρομες μορφές βλάστησης και κυρίως εφήμερων χλωροφυκών (*cf Cladophorales, Bryopsidales*) και επιστρώσεων (mat) κυανοβακτηρίων, οι νηματοειδείς αναπτύξεις των οποίων λειτουργούν ως φυσικές παγίδες μέρους των λεπτών ιζημάτων που διαφεύγουν στο θαλάσσιο περιβάλλον κατά τις διαδικασίες φόρτωσης.

Κατά τόπους αφθονία παρουσίασε το φαιοφύκος *Dictyota dichotoma*, το χλωροφύκος *Flabellia petiolata* και διάφορα είδη ενασβεστωμένων Ροδοφυκών, τα οποία κυρίως αντανακλούν τις φυσικές συνθήκες σκίασης που επικρατούν σε σκληρό υπόστρωμα με κατακόρυφη κλίση. Χαρακτηριστική υπήρξε εδώ η αυξημένη παρουσία του χλωροφύκου *Dasycladus vermicularis*.

Εμφανείς υπήρξαν οι επιπτώσεις της αυξημένης ιζηματογένεσης και στον παρακείμενο οριζόντιο πυθμένα, όπου η πλήρης απουσία βενθικών ειδών αποτελεί ένδειξη διαρκούς επικάλυψης λεπτόκοκκων υλικών η οποία λειτουργεί απαγορευτικά για την ανάπτυξη επιβενθικών ειδών, ενώ η κολλώδης υφή και η συνεκτικότητα των επικαθήσεων αποτρέπει επιπλέον και την ανάπτυξη ενδοβενθικών ειδών.

Στο σύνολό τους, ωστόσο, οι επιπτώσεις αυτές παρουσίασαν εξαιρετικά σημειακή κατανομή. Κατά μήκος της Β-ΒΔ όσο και της Ν-ΝΑ επιφάνειας της τσιμεντένιας προβλήτας, οι βιοκοινωνίες γρήγορα αποκαθίστανται, και η επικάλυψη του τεχνητού υποστρώματος τείνει προς την τυπική πλέον σύνθεση των λιμενικών εγκαταστάσεων μικρής κλίμακας -και δη των oligotroφικών περιοχών της Μεσογείου- με χαρακτηριστική αφθονία των ειδών *Corallina sp.*, *Flabellia petiolata*, *Dictyota dichotoma*, *Jania spp.*, των νηματοειδών ροδοφυκών της τάξης των *Ceramiales* και φαιοφυκών της τάξης των *Sphacelariales*. Η υποχώρηση των επιπτώσεων της ιζηματογένεσης με την απομάκρυνση από τη θαλάσσια πρόσοψη, άλλωστε, αποτυπώνεται και στη σταδιακή αύξηση της παρουσίας σπόγγων (*Aplysina aerophoba*, *Agelas oroides*, *Spirastrella sp.*, *Chondrosia reniformis*), ασκιδίων (*Halocynthia papillosa*), κρινοειδών (*Antedon mediterranea*) και σωληνοδιατων Πολυχαίτων της οικογένειας *Serpulidae*, οι οποίοι ως διηθηματοφάγοι / αιωρηματοφάγοι οργανισμοί είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι στην παρουσία επαναιωρούμενων ή επικαθήμενων ιζημάτων.

Ακόμα θεαματικότερη είναι η σύνθεση των βιοκοινωνιών σε μικρή απόσταση από την πρόσοψη της προβλήτας, όπου εκτεταμένα φωτόφιλα «δάση» των μεγάλων φαιοφυκών *Cystoseira spp.* σε τυπική συνεύρεση με τα φαιοφύκη *Sargassum sp.* και *Padina pavonica* και το ενασβεστωμένο ροδοφύκος *Aphiroa sp.*, υποδηλώνουν την γρήγορη αποκατάσταση των πλήρως αδιατάρακτων συνθηκών του ανοικτού oligotroφικού Αιγαίου. Οι δε οριζόντιοι πυθμένες καταλαμβάνονται σχεδόν