

ΡΟΕΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΔΥΟ ΒΑΘΕΙΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΙΖΗΜΑΤΟΠΑΓΙΔΩΝ ΣΤΟ ΝΟΤΙΟ ΑΙΓΑΙΟ*

Σ. ΣΤΑΥΡΑΚΑΚΗΣ¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ροές της ολικής μάζας και των τεσσάρων κυρίων παραγόντων καθιζανόντων σωματιδίων σε 965 και 1515 m βάθος συλλεχθέντων κατά τη διάρκεια 12μηνιας πόντισης σε δύο θέσεις στο Ν. Αιγαίο παρουσιάζονται στην παρούσα ανακοίνωση. Παρατηρήθηκαν ορισμένες σημαντικές ομοιότητες τόσο στη μέση ετήσια εκατοστιαία σύσταση του υλικού, όσο και στις ροές, ιδιαίτερα των ανθρακικών και του οργανικού Si, αλλά και της ολικής μάζας στις δύο θέσεις. Αντίθετα, η θέση P965 φαίνεται να δέχεται περισσότερο οργανικό υλικό και λιγότερα λιθογενή από ότι η C1515. Όσον αφορά όμως τις διακυμάνσεις μικρής χρονικής κλίμακας δεν καταγράφησαν ομοιότητες. Η τάσεις μεταβολής των ροών σε ετήσια βάση δείχνουν ότι το είδος των σωματιδίων που διέρχονται από τα 1000m βάθος είναι αρκετά παρόμοιο για τις δύο θέσεις, οι οποίες ανήκουν στην ίδια υπολεκάνη (κατά το μάλλον ή ήττον ίδια οικολογία, παραγωγή, δυναμική κλπ).

ABSTRACT

Fluxes of total mass and four major chemical constituents (organic matter, carbonates, opal and lithogenic) at 965 and 1515m depth (35mab) were measured during a 12-month deployment at two sites (P965 and C1515) in South Aegean Sea are presented. The relative small amounts of material entered in both traps, during the experiment, support the oligotrophic character of the region, since it has been shown previously by other scientists. The total mass flux at P965 was 203,8, while at C1515 was 209,2 mg m⁻² d⁻¹. The quite identical total mass fluxes probably means that the importance of mass transfer is of the same order within this region. Perhaps we have something like a flux background of a few hundred of mg per day over the basin, which is not subjected to large continental input. The increase of total mass fluxes in winter/spring was recorded in both sites. Some other noticeable similarities were observed in weight percent and fluxes of CaCO₃ (mainly coccoliths) and opal (diatoms, silicoflagellates and radiolaria) at two sites. On the other hand the Aegean site received more organic matter but less lithogenic than the Cretan site. Also the seasonal differences mean that, on the yearly basis the kind of material that passes the 1000m level is quite identical for the two sites, which belong to the same sub-basin (more or less the same ecology, production, dynamics and so on).

KEY WORDS: Eastern Mediterranean, South Aegean Sea, sediment traps, biogeochemical cycle, seasonal variations, settling particles, particulate flux.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά το πρόσφατο παρελθόν πολλοί επιστήμονες (Deuser *et al.*, 1981, Biscaye *et al.*, 1988, Biscaye and Anderson 1994, Heussner *et al.*, 1988, Monaco *et al.*, 1990, Honjo *et al.*, 1992, Miquel *et al.*, 1994, κλπ) εστίασαν τις προσπάθειές τους στη μελέτη της μεταφοράς υλικού και ενέργειας στο βυθό. Η

* PARTICLES FLUXES AT TWO DEEP SEDIMENT-TRAP SITES, IN SOUTH AEGEAN SEA, (GREECE).

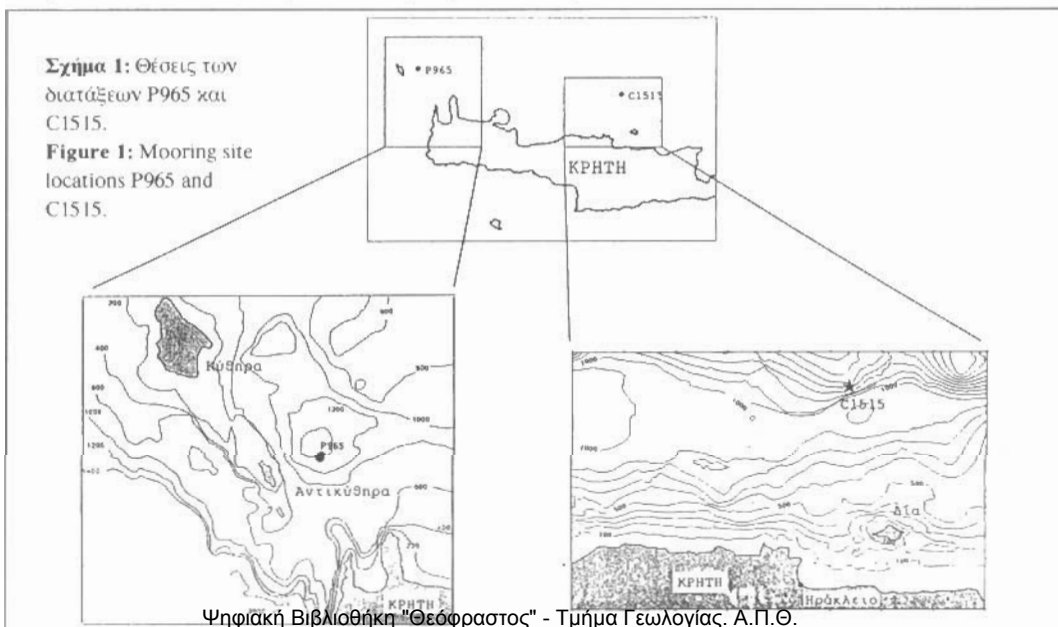
¹ National Centre for Marine Research, Agios Kosmas, 16604 Athens

ανάπτυξη της *in situ* δειγματοληψίας (ιζηματοπαγίδες, αντλίες μεγάλης ποσότητας θαλασσινού νερού, κλπ) έδωσαν την δυνατότητα συλλογής ικανών ποσοτήτων υλικού, που θα έδινε την δυνατότητα διερεύνησης των διαδικασιών ιζηματοπτώσεως στη στήλη του νερού. Η κατανόηση των παραγόντων που ελέγχουν τις βιο-γεω-χημικές αυτές διαδικασίες περνά μέσα από την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των σωματιδίων σε εποχιακή βάση, αφού η διαφοροποίηση των σωματιδίων ροών (particles fluxes) οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αλληλεπίδραση αυτών των παραγόντων. Έτσι η κατανόηση των μηχανισμών που ελέγχουν την μεταφορά και την ιζηματογένεση στις λεκάνες βοηθά σημαντικά την έρευνα της ιζηματολογίας και της γεωχημείας, ενώ η μεταφορά ενέργειας από την επιφάνεια στον πυθμένα είναι σημαντική πληροφορία για τη βιολογία.

Στον χώρο του Αιγαίου αναπτύχθηκαν κατά την τελευταία πενταετία τα ερευνητικά κοινοτικά προγράμματα PELAGOS και CINCS με αντικείμενικό σκοπό μεταξύ των άλλων: την απόκτηση ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων των ροών λιπτόντων σωματιδίων (settling particles fluxes), και τον προσδιορισμό της προέλευσης και μεταφοράς των (βιογενή/λιθογενή). Οι θέσεις πόντισης των διατάξεων ευρισκονται σε, κατά το μάλλον ή ήττον, παρόμοια περιβάλλοντα, αφού χωροταξικά ανήκουν στην ίδια υπολεκάνη (ίδια οικολογία, ίδια παραγωγή, ίδια δυναμική, κλπ).

2. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ

Οι δύο διατάξεις ιζηματοπαγίδων ποντίστηκαν σε βάθη 1000 και 1550m και στις θέσεις 35°51'N, 23°26'E και 35°44,85'N, 25°05,94'E (Σχ. 1) για τις ανάγκες των προγραμμάτων PELAGOS και CINCS αντίστοιχα. Οι ιζηματοπαγίδες, των οποίων το συλλεχθέν υλικό αναφέρεται στην παρούσα εργασία, τοποθετήθηκαν 35m πάνω από τον πυθμένα για λόγους ασφάλειας καθώς και για να αποφευχθεί, όσο το δυνατό, η συλλογή υλικού προερχόμενου από επαναιώρηση. Οι ιζηματοπαγίδες, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν, είναι κυλινδρικές (PPS3/3, Technicap), εφοδιασμένες με 12 δοχεία υποδοχής, συλλεκτικής επιφάνειας 0.125m², και λόγο ύψους/διάμετρο μεγαλύτερο του 3 (H/D>3). Η περίοδος δειγματοληψίας ήταν 15 ή 16 ημέρες (1^η και 16^η κάθε μήνα). Η διάρκεια των πειραμάτων ήταν ετήσια (για την P965 6/94-6/95, ενώ για την C1515 11/94-11/95). Οι ρευματογράφοι (Landera RCM7) κατέγραφαν τις ταχύτητες κάθε 30min. Τα δοχεία συλλογής πληρώθηκαν πριν την πόντιση με 5% διάλυμα φορμόλης (<7,5pH<8) για να αποφευχθεί η οργανική αποσύνθεση των οργανισμών που θα επαγιδεύοντο. Οι ποντίσεις και ανασύψεις των διατάξεων έγιναν από το Ω/Κ ΑΙΓΑΙΟ.



Αναφέρεται τέλος ότι οι καταγραφές της πίεσης των ρευματογράφων δεν έδειξαν σημαντικές αποκλίσεις από την κατακόρυφο και έτσι οι μετρήσεις θεωρούνται αξιόπιστες.

3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

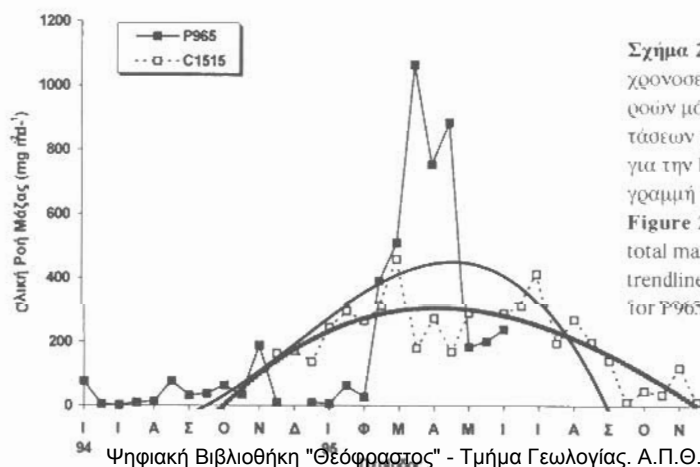
Τα δείγματα, αμέσως μετά την ανάληψη, τοποθετήθηκαν σε σκοτεινό χώρο θερμοκρασίας 2°C μέχρις ότου να αναλυθούν. Οι μεγάλοι οργανισμοί >1mm που παραιδεύτηκαν απομακρύνθηκαν με κοσκίνισμα, ενώ οι μικρότεροι με το χέρι χρησιμοποιώντας στερεοσκόπιο και λεπτή λαβίδα. Η απομάκρυνση των οργανισμών κρίνεται αναγκαία, διότι αυτοί δεν αποτελούν πραγματικό μέρος της ροής ύλης, καθόσον δεν εισέρχονται στην παγίδα παθητικά. Ακολούθως το υλικό ενός εκάστου των δειγμάτων χωρίστηκε σε υπο-δείγματα με τη χρήση μεγάλης ακρίβειας περισταλτικής αντλίας, εφοδιασμένης με δύο ηλεκτροβαλβίδες. Ο αριθμός των υπο-δειγμάτων είναι συνάρτηση του αριθμού των προγραμματισμένων αναλύσεων. Σε μερικές περιπτώσεις υποχρεωθήκαμε να ενώσουμε δείγματα της P965 διαφορετικών δεκαπενθημέρων, προκειμένου να πετύχουμε ποσότητα ικανή για τις αναλύσεις. Η προετοιμασία των ιζηματοπαγίδων πριν από την δόντιση καθώς επίσης και η εργαστηριακή επεξεργασία των δειγμάτων που ακολουθήσαμε αναφέρεται λεπτομερώς από τον Heussner *et al.*, 1990.

Σε 48 δείγματα (24 ανά παγίδα) προσδιορίστηκε η Ολική Ροή Μάζας (OPM), καθώς επίσης η περιεκτικότητα και οι ροές των κυρίων παραγόντων-συστατικών: οργανικό υλικό, ανθρακικά, οργανικό πυρίτιο και λιθογενή. Το οργανικό υλικό υπολογίστηκε διπλασιάζοντας τον οργανικό άνθρακα (Gordon 1970), τα ανθρακικά ως ανόργανος άνθρακας x 8.33, το οργανικό Si προσδιορίστηκε ακολουθώντας τη μέθοδο Mortlock and Froelich (1989) και τέλος τα λιθογενή (χαλαζίας, αλουμινοπυριτικά, άστριοι κλπ.) υπολογίστηκαν με αφαίρεση των τριών ανωτέρω παραγόντων από το ολικό βάρος του δείγματος (Monaco *et al.* 1990).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Παρά το γεγονός ότι οι δύο παγίδες δεν ποντίστηκαν στο ίδιο βάθος θεωρήσαμε ότι είναι δυνατή μία συγκριτική της ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης του συλλεχθέντος υλικού, αφού οι δύο διατάξεις αφ' ενός είναι γειτονικές (ευρίσκονται στην αυτή υπολεκάνη), και αφ' ετέρου η απόστασή τους από τον πυθμένα είναι η ίδια (35m). Επί πλέον, υπάρχει μια επικάλυψη στις περιόδους συλλογής του υλικού (από 16/11/94 μέχρι 15/6/95).

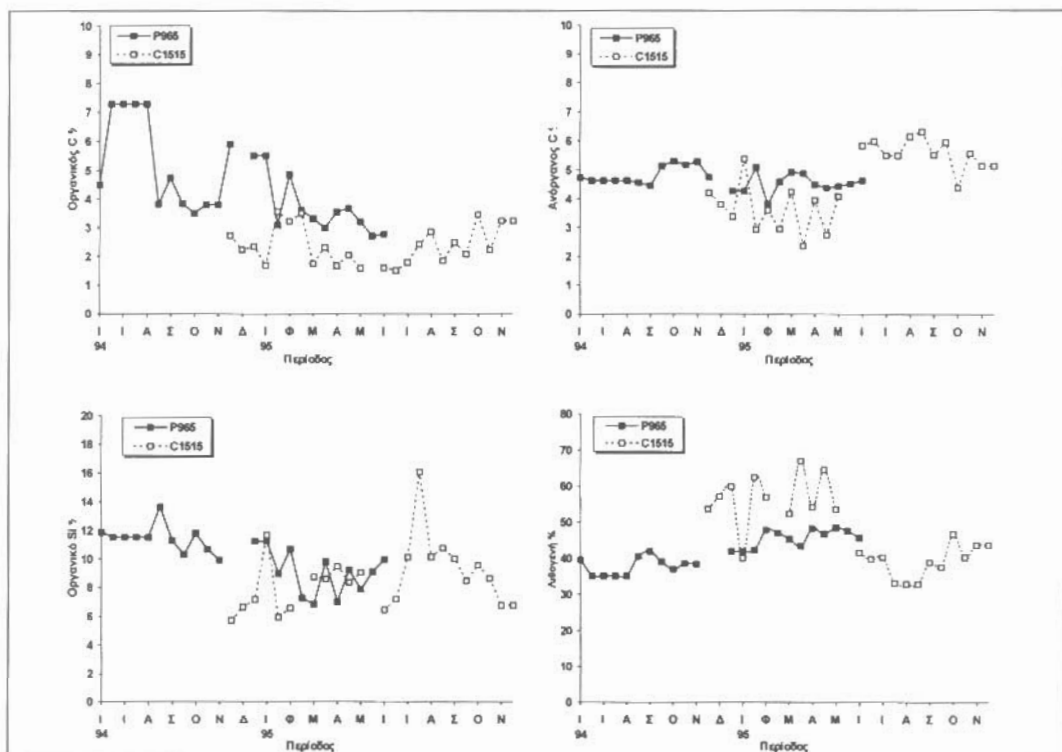
Μία πρώτη παρατήρηση είναι ότι οι μικρές τιμές της OPM και στις δύο θέσεις επιβεβαιώνουν τον ολιγοτροφικό χαρακτήρα της περιοχής, όπως έχει δείχθει και από άλλες έρευνες (Ignatiades, 1976, Pagou *et al.*, 1990).



Σχήμα 2: Διάγραμμα, χρονοσειρών των ολικών ροών μάζας (OPM), και τάσεων μεταβολής (με λεπτή γραμμή για την P965 και με παχιά γραμμή για την C1515)
Figure 2: Time-series plot of total mass fluxes, and trendline variation (thin line for P965 and thick for C1515)

Οι μικρής χρονικής κλίμακας διακυμάνσεις της ολικής ροής μάζας στις δύο παγίδες παρουσίασαν σημαντικές διαφορές (Σχ.2, 5, Πίνακας 1), αλλά αξιοπρόσεκτη είναι η ταυτόχρονη τάση αύξησης των ροών κατά την χειμερινή περίοδο (Φεβ/95-Απρ/95). Κατ' αυτήν την περίοδο κατεγράφησαν και οι μεγαλύτερες OPM στις δύο παγίδες (1056,2, 884,2 για την P965, και 459, 312,1 mg m⁻² d⁻¹ για την C1515). Αντιθέτως κατά τη φθινοπωρινή περίοδο, αν και διαφορετικά έτη, παρατηρούνται πολύ χαμηλές τιμές ροών (πχ 37,5, 63,9, 35,2 mg m⁻² n⁻¹ για την P965 και 12,4, 47,9, 36,6 mg m⁻² d⁻¹ για την C1515). Στο σχήμα 2 φαίνονται οι τάσεις των ροών σε πολυωνυμική μορφή, οι οποίες ροές τείνουν να αυξάνουν κατά τη χειμερινή περίοδο και να ελαττώνονται κατά τη θερινή, δείχνοντας μια σημαντική ομοιότητα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι δύο θέσεις ευρίσκονται στην ίδια υπολεκάνη, που δε δέχεται μεγάλα φορτία υλικού από τη χέρσο, και έχουν παρόμοια οικολογία. Οι ημιτονοειδείς μορφής τάσεις της OPM έχουν καταγραφεί και στη Δυτική Μεσόγειο κατά τη διάρκεια άλλων πειραμάτων, με μέγιστο κατά τη χειμερινή περίοδο (Monaco *et al.*, 1990). Σε ετήσια βάση οι OPM διαφέρουν κατ' ελάχιστον αφού στην P965 είναι 203,8 και στην C1515 209,2 mg m⁻² d⁻¹ (Σχ. 5, Πίνακας 1). Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι η σημαντική διαφορά που παρατηρείται στο συντελεστή διακύμανσης (CV%=Sd*100/mean) (Σχ. 5, Πίνακας 1), ο οποίος φθάνει το 148,8 για την P965, ενώ 55,9 για την C1515. Αυτό δείχνει μια μεγαλύτερη σταθερότητα προσφοράς υλικού στη θέση C1515 από ότι στην P965. Μία πιθανή ερμηνεία στις μικρές εποχιακές διαφορές που παρατηρούνται στο Κρητικό είναι η σταθερότητα της διεύθυνσης των ρευμάτων (ANA σχεδόν καθ' όλη την διάρκεια του έτους) σε αυτό το σημείο (Chronis *et al.*, 1996), σε αντίθεση την παγίδα του PELAGOS, όπου οι διευθύνσεις μεταβάλλονται από Β σε ΝΑ (Heussner *et al.*, 1996) και έτσι αλλάζει και η προέλευση του υλικού, που εισέρχεται στην παγίδα.

Σε ότι αφορά τις εποχιακές μεταβολές στις περιεκτικότητες των κυρίων παραγόντων δεν παρατηρήθηκαν τάσεις ομοιότητας (Σχ. 3).

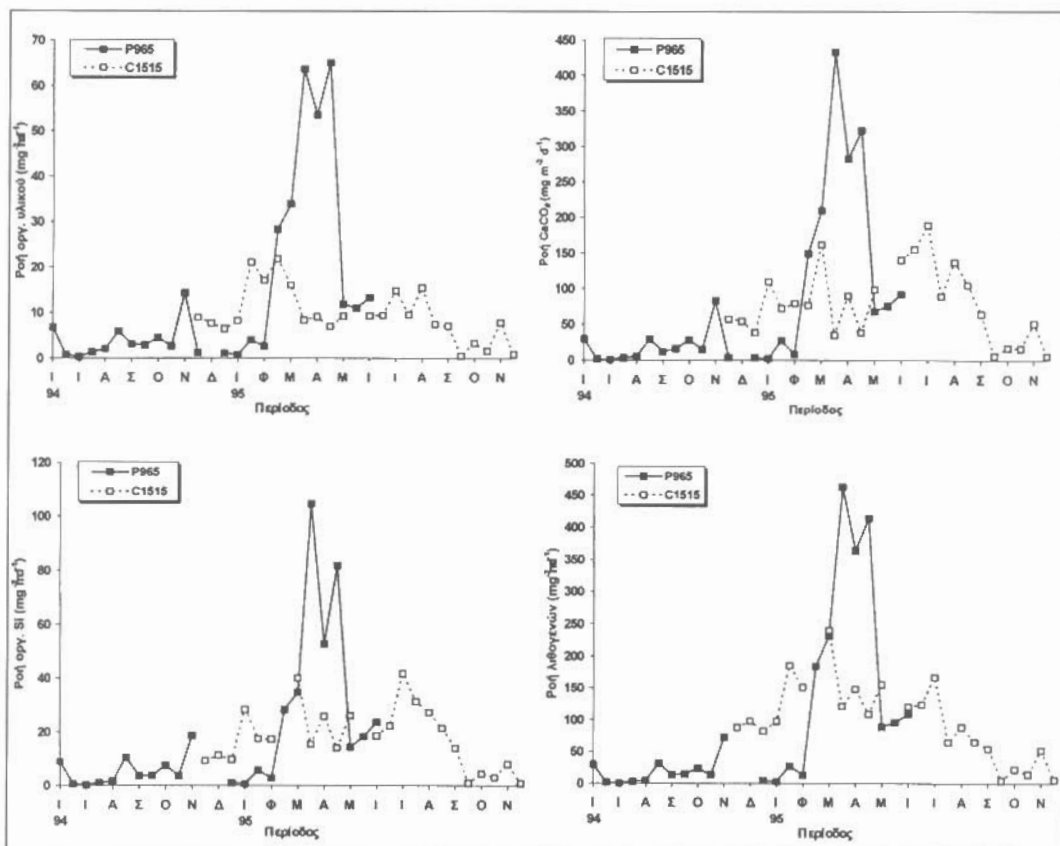


Σχήμα 3: Διαγράμματα χρονοσειράς περιεκτικότητας των κυρίων παραγόντων της ροής μάζας (%).

Figure 3: Time-series plots of major constituents component (%).

Χαρακτηριστικά αναφέρουμε τις μεταβολές που παρατηρούνται στην C1515 για τον ανόργανο άνθρακα και τα λιθογενή μεταξύ πρώτης και δεύτερης πόντισης (υψηλές τιμές ανόργανου άνθρακα, συνοδεύονται από χαμηλές λιθογενών και αντίστροφα), κάτι που δεν παρατηρείται στην P965. Επεξεργαζόμενοι τα κύρια συστατικά της ροής μάζας παρατηρούμε ότι οι μέσες ετήσιες περιεκτικότητες όσον αφορά τα ανθρακικά (τα ανθρακικά προέρχονται κυρίως από κοκκόλιθους του κοσμοπολίτικου είδους *Emiliania huxleyi*) και το οργανικό πυριτίο (διάτομα, πυριτιομαστιγωτά και ραδιολάρια) είναι κατά το μάλλον ή ήττον παρόμοιες (ανθρακικά 39,1 και 39,1, οργανικό πυριτίο 8,8 και 8,7% για την P965 και C1515 αντίστοιχα). Αντίθετα, οι περιεκτικότητες του οργανικού υλικού και των λιθογενών είναι αντίστροφες με υψηλότερα ποσοστά του οργανικού υλικού στην P965 (6,9%) από ότι στην C1515 (4,7%) και χαμηλότερα στην P965 (45,2%) από ότι στην C1515 (47,6%).

Παρόμοια φαινόμενα παρατηρούνται και στις ροές των κυρίων παραγόντων (Σχ. 4), όπου οι υπολογισθείσες ροές έδειξαν μεγαλύτερη τιμή οργανικού υλικού στην P965 (13,8) από την C1515 (9,8), μικρότερη λιθογενών (90,7 και 99,5) και παρόμοιες ανθρακικών (79,6 και 81,7) και οργανικού πυριτίου (18,7 και 18,2 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$). Κοινό χαρακτηριστικό των εποχιακών μεταβολών των ροών των κυρίων παραγόντων είναι ότι ακολουθούν το πρότυπο των μεταβολών της ολικής μάζας. Και στις δύο θέσεις διακρίνεται μια χαμηλή θερινή "βιογενής" και μία υψηλή χειμερινή/εαρινή ροή.



Σχήμα 4: Διαγράμματα χρονοσειρών των ροών των κυρίων παραγόντων ($\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

Figure 4: Time-series plots of major constituents fluxes ($\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

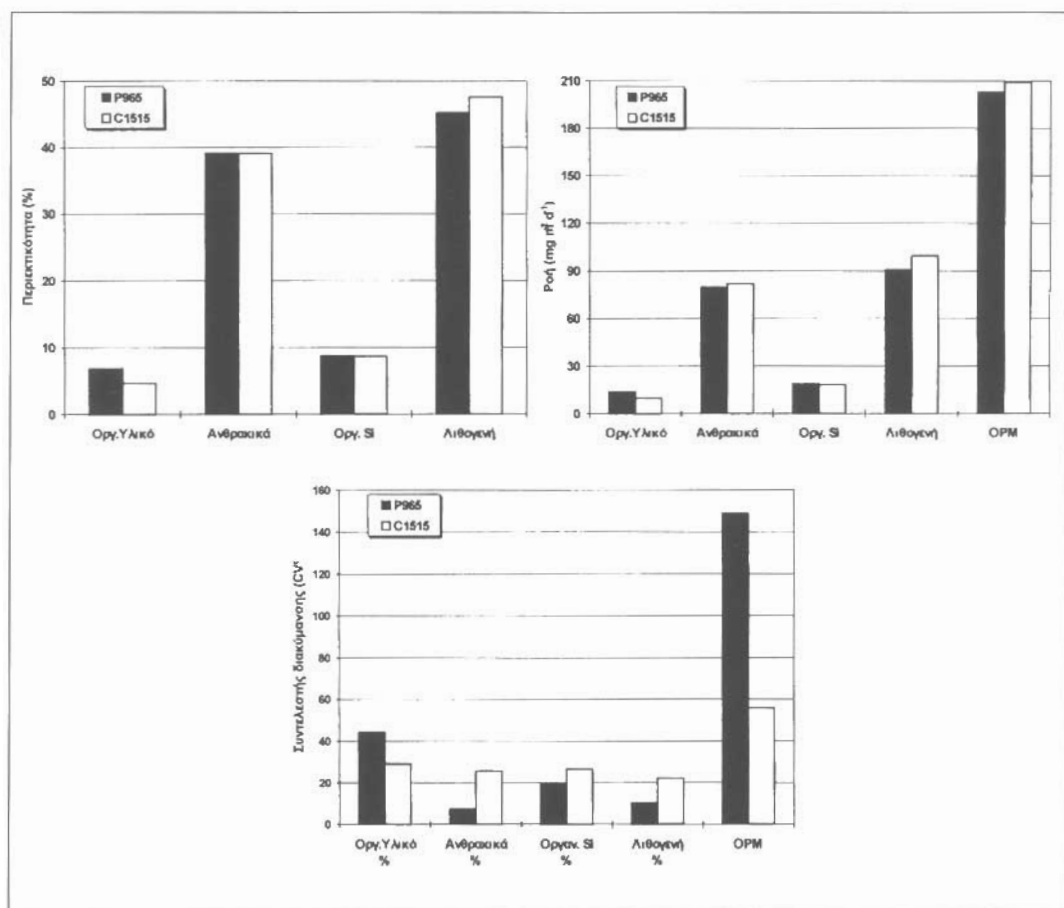
Οι εποχιακές διακυμάνσεις των περιεκτικότητας που υπολογίστηκαν έδειξαν ότι: παρά την υψηλή τιμή για της OPM της P965 (148.8%) σε σχέση με αυτήν της C1515 (55.9%), τα ανθρακικά, το οργανικό πυριτίο και τα λιθογενή (με εξαίρεση το οργανικό υλικό), παρέμειναν σε χαμηλότερα επίπεδα (Σχ. 5, Πίνακας 1). Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Παγίδα	Παράμετροι	OPM	Οργ. υλικό	Ανθρακικά	Οργ. Si	Λιθογενή
P965	Μέση ετήσια (%)		6,9	39,1	8,8	45,2
	Ροή ($\text{mg m}^{-2}\text{d}^{-1}$)	203,8	13,8	79,6	18,7	90,7
	CV%	148,8	44,4	7,5	19,9	10,3
C1515	Μέση ετήσια (%)		4,7	39,1	8,7	47,6
	Ροή ($\text{mg m}^{-2}\text{d}^{-1}$)	209,2	9,8	81,7	18,2	99,5
	CV%	55,9	29,1	25,7	26,5	22,2

Πίνακας 1: Μέση ετήσια περιεκτικότητα, ροή και συντελεστής διακύμανσης των κυρίων παραγόντων και της ολικής μάζας στις ιζηματοπαγίδες P965 και C1515.

Table 1: Annual mean concentrations, fluxes and coefficient of variations of total mass and four major constituents in P965 and C1515 traps.

Αυτό το γεγονός δείχνει ότι το υλικό που εισέρχεται στην P965 είναι περισσότερο σταθερό, από πλευράς σύστασης, από αυτό της C1515, παρά το γεγονός ότι η ροή του παρουσιάζει μεγαλύτερες εποχιακές διακυμάνσεις.



Σχήμα 5: Μέσες ετήσιες περιεκτικότητες (%), ροές ($\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$), και συντελεστές διακύμανσης (CV%) των κυρίων παραγόντων και της OPM.

Figure 5: Annual mean concentrations (%), fluxes ($\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$) and coefficient of variation (CV%) of major constituents and total mass in P965 and C1515 traps.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BISCAYE P. E., ANDERSON R. F. AND DECK B. L. (1988). Fluxes of particles and constituents to the eastern United States continental slope and rise: SEEP-I. *Continental Shelf Research*, 8, 855-904.
- BISCAYE P.E., AND ANDERSON R. F. (1994). Fluxes of particulate matter on the slope of the Southern Middle Atlantic Bight: SEEP-II Deep-Sea Research, 41, No.2/3, pp.459-509.
- CHRONIS G., GEORGOPOULOS D., LYKOUSIS V., STAVRAKAKIS S., POULOS S., KARAGEORGIS A., IONA A., ROUSAKIS G., GEORGIU P. AND KIOROGLOU S. (1996). Hydrology and suspended particulate matter (SPM) in the Cretan Sea. In CINCS, Final report MAST II project MAS-2-CT94-0092, IMBC, Iraklion, 12-26.
- DEUSER W. G., ROSS E. H., AND ANDERSON R. F. (1981). Seasonality in supply of sediment to the deep Sargasso Sea and implication for the rapid transfer of matter to the deep ocean. *Deep-Sea Research*, 28A, No. 5, 495-505.
- GORDON D., C. (1970). Some studies of the distribution and composition of particulate organic carbon in the North Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research*, 17, 233-244.
- HONJO S., SPENCER D. W. AND GARDNER W. D. (1992). A sediment trap experiment in the Panama Basin, 1979. *Deep-Sea Research*, 39(2), pp. 333-358.
- HEUSSNER S., MONACO A., FOWLER S. W., BUSCAIL R., MILLOT C. AND BOJANOWSKI R. (1988). ECOMARGE: flux of particulate matter in Northwestern Mediterranean (golfe du Lion). *Oceanologica acta*, SP, 149-154.
- HEUSSNER S., RATTI C., AND CARBON J. (1990). The PPS3 time-series sediment trap and the trap sample processing techniques used during the ECOMARGE experiment. *Continental Shelf Research*, 10, No 9-11, 943-958.
- HEUSSNER S., MONACO A., STAVRAKAKIS S., KERHERVE P., CHARRIERE (1996). Qualitative and quantitative aspects of settling particles fluxes. In PELAGOS, Final report MAST II project MAS-2-CT93-0059, Athens, 149-170.
- IGNATIADES L. (1976). The standing stock of diatoms and dinoflagellates in the oligotrophic waters of Southern Aegean Sea. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 61, 193-199.
- MIQUEL J. C., FOWLER S. W., LA ROSA J. AND BUAT-MENARD P. (1994). Dynamics of the downward flux of particles and carbon in the open northwestern Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research*, 41, No. 2, 243-261.
- MONACO A., BISCAYE P.E., SOYER J., ROCKLINGTON R. AND HEUSSNER S. (1990). Particle fluxes and ecosystem response on a continental margin: the 1985-1988 Mediterranean ECOMARGE-I experiment. *Continental Shelf Research*, 10, 809-839.
- MORTLOCK R., A., AND FROELICH P., N. (1989). A simple method for a rapid determination of biogenic opal in pelagic marine sediments. *Deep-Sea Research*, 39, No 9, 1415-1426.
- PAGOU K. AND GOTSIS-SCRETA O. (1990). Plankton study in the Ionian, Aegean and NW Levantine Seas during POEM Cruises (1985-1987). II. Phytoplankton. In: Proceedings of the UNESCO Second POEM Workshop, Poem Scientific Reports 3, Robinson & P. Melanotte-Rizzoli (eds), Cambridge, M. A., 73-76.