

# ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΤΟΥ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΤΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

**Πούλος Σ.<sup>1</sup>, Σπερελέκη Μ.<sup>2</sup>, Δρακόπουλος Π.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, [poulos@geol.uoa.gr](mailto:poulos@geol.uoa.gr),

<sup>2</sup> Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Ωκεανογραφίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, [mariasperelaki@yahoo.gr](mailto:mariasperelaki@yahoo.gr)

<sup>3</sup> Τμήμα Οπτικής, ΤΕΙ Αθηνών, [pdrak@teiath.gr](mailto:pdrak@teiath.gr)

## Περίληψη

Στην εργασία αυτή διερευνάται η προέλευση και η διασπορά του αιωρούμενου υλικού (χερσογενούς κυρίως προέλευσης) μέσω των τιμών της διαύγειας σε δύο ωκεανογραφικά ταξίδια τον Ιούνιο του 1999 και τον Ιανουάριο του 2000. Τα νερά του Κορινθιακού κόλπου χαρακτηρίζονται από χαμηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενου υλικού (0,5-2 mg/l) τόσο επιφανειακά όσο και κατά βάθος χωρίς να παρουσιάζουν ιδιαίτερα μεγάλες εποχιακές αυξομειώσεις. Η κατανομή του αιωρούμενου υλικού φαίνεται να ελέγχεται από την εισροή νερών προερχόμενα από τον Πατραϊκό Κόλπο αλλά και από τις απορροές των ποταμών της Β. Πελοποννήσου (περί 1,2 Mt) όπου παρατηρούνται και οι υψηλότερες συγκεντρώσεις (1-2 mg/l).

**Λέξεις κλειδιά:** αιωρούμενο υλικό, θολερότητα, εποχιακή κατανομή, ποτάμιες εισροές.

## A STUDY OF THE DISTRIBUTION OF THE SUSPENDED MATTER IN THE KORINTHIACOS GULF WITH THE USE OF OPTICAL METHODS

**Poulos S.E.<sup>1</sup>, Sperelaki M.<sup>2</sup>, Drakopoulos P.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of Geology & Geoenvironment, National & Kapodistrian University of Athens, [poulos@geol.uoa.gr](mailto:poulos@geol.uoa.gr),

<sup>2</sup> Postgraduate Degree in Oceanography, School of Science, National & Kapodistrian University of Athens, [mariasperelaki@yahoo.gr](mailto:mariasperelaki@yahoo.gr)

<sup>3</sup> Dept of Optics, TEI Athens, [pdrak@teiath.gr](mailto:pdrak@teiath.gr)

## Abstract

This study investigates the origin and distribution of the suspended matter of terrigenous origin on the basis of transmittance values attained during two oceanographic cruises (June 1999 and January 2000). The waters of Korinthiakos Gulf have relatively low concentrations of suspended matter (0.5-2 mg/l) in surface and along its water column without to present significant seasonal fluctuations. The distribution of suspended matter seem to be controlled by the water influx from the Patraikos Gulf and the rich in sediment river outflows (some 1,2 Mt/year) along the south Peloponnesse coast, where concentrations are higher being in the order of 1-2 mg/l.

**Keywords:** Suspended particulate matter, transmittance, seasonal distribution riverine influx.

## 1. Εισαγωγή

Ο Κορινθιακός Κόλπος που σε βάθος ξεπερνά τα 900m στο κεντρικό του τμήμα, συνδέεται με το Ιόνιο Πέλαγος διαμέσου του Πατραϊκού Κόλπου με τον οποίο επικοινωνεί μέσω του διαύλου Ρίου-Αντιρίου (μέγιστο βάθος περί τα 60 m και μήκος 1,5 km) και στα δυτικά με το Σαρωνικό Κόλπο μέσω της τεχνητής διώρυγας της Κορίνθου (βάθος 8 m και πλάτος 25 m). Ο Κορινθιακός δέχεται ιζήματα από την πλευρά της Στερεάς Ελλάδας μόνο από τον ποταμό Μόρνο (932 km<sup>2</sup>) που εκβάλλει κοντά στον όρμο της Ναυπάκτου σε αντίθεση με την πλευρά της Πελοποννήσου όπου εκβάλλουν περί τα 15 ορεινά ποτάμια τα οποία συνολικά αποστραγγίζουν μία έκταση 4236 km<sup>2</sup>.

Στον Κορινθιακό Κόλπο διακρίνονται κυρίως (Anderson και Carmack, 1973, Μπαρμπετσέας κ.α., 2006) ένα επιφανειακό στρώμα (βάθη <150 m), όπου η θερμοκρασία και η αλατότητα μεταβάλλονται εποχιακά με το βάθος (T=13,6-25°C και S= 38,35-39,00) και ένα βαθύ στρώμα (>200m),

όπου η θερμοκρασία και η αλατότητα παραμένουν σχετικά σταθερές με το βάθος ( $T=13,3-12,8$  και  $S=38,41-38,90$ ). Μεταξύ των δύο αυτών στρωμάτων αναπτύσσεται ένα θερμοκλινές (πυκνοκλινές και αλοκλινές) το οποίο είναι έντονο τη θερινή περίοδο ευρισκόμενο σε βάθη 40-120 m, ενώ τη χειμερινή περίοδο είναι πολύ ασθενές ευρισκόμενο δε σε μεγαλύτερα βάθη 150-230 m. Η κυκλοφορία των νερών του Κορινθιακού χαρακτηρίζεται ως ασθενώς κυκλωνική και επηρεαζόμενη από το ανεμολογικό καθεστώς, όπου λόγω της ορειογραφίας οι συχνότεροι άνεμοι έχουν διεύθυνση ΝΔ/Δ και ΒΑ/Α και οι οποίοι σχετίζονται επίσης και με φαινόμενα ανάβλυσσης βαθιών νερών, όπως στη περίπτωση του Όρμου της Ναυπάκτου (Lascaratos *et al.*, 1989). Η ανταλλαγή μαζών μέσω του Στενού Ρίου-Αντιρρίου σχετίζεται με παλιρροϊκά ρεύματα που σε ταχύτητα φθάνουν το 1 m/s (Piper *et al.*, 1982), ενώ τα εισερχόμενα μέσω του στενού Ρίου-Αντιρρίου συναντώνται με τα νερά του Κορινθιακού κόλπου στον Κόλπο της Ναυπάκτου από όπου μέρος αυτών φαίνεται να εξέρχονται προς τον Πατραϊκό από την πλευρά του Αντίρριου (Drakopoulos & Poulos, 2002).

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο ποσοτικός προσδιορισμός του εισερχόμενου χερσογενούς υλικού και η διερεύνηση της διασποράς του αιωρούμενου υλικού στα νερά του Κόλπου, μέσω οπτικών μετρήσεων της διαύγειας (θολερότητας), σε εποχιακή βάση.

## 2. Μεθοδολογία

Η παροχή ιζήματος από ποτάμια μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση του Hovious (1998):

$$\ln E = -0,416 \ln A + 4,26 \cdot 10^6 H + 0,15 T + 0,0095 T_R + 0,0015 R + 3,58 \quad (1)$$

όπου,  $E$  είναι το ετήσιο δυναμικό σε ιζήμα ( $t \text{ km}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ) ανά μονάδα επιφάνειας της λεκάνης απορροής συνολικού εμβαδού  $A$  ( $\text{km}^2$ ), μέσου υψόμετρου  $H$  (m) και η οποία χαρακτηρίζεται από μια μέση ετήσια θερμοκρασία  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) και ένα μέσο ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος  $T_R$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) και από επιφανειακή απορροή  $R$  ( $\text{mm km}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ). Η εξίσωση εφαρμόστηκε ξεχωριστά για το ποταμό Μόρνο και τη συνολική λεκάνη απορροής της Βόρειας Πελοποννήσου με κλιματικά δεδομένα που παρατίθενται στον Πίνακα 1. Ως επιφανειακή απορροή του Μόρνου δεχόμενα τη δημοσιευμένη τιμή των  $481 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Θεριάνος, 1974) για δε της λεκάνης της βόρειας Πελοποννήσου η υπολογισμένη τιμή των  $990 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Γουρδουμπάς κ.α., 2007).

**Πίνακας 1:** Επιφάνεια απορροής ( $A$ ), μέσο υψόμετρο ( $H$ ), μέση θερμοκρασία ( $T$ ) και θερμοκρασιακό εύρος ( $T_R$ ) και επιφανειακή απορροή ( $R$ ) εκφρασμένη σε mm για τη λεκάνη απορροής της Β. Πελοποννήσου και του Μόρνου ποταμού.

	A ( $\text{km}^2$ )	H (m)	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_R$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	R (mm)
Β. Πελοπόννησος	2277,2	844	16,5	17,3	552
Π. Μόρνος	923,3	1089	15,9	18,5	553

Οι συγκεντρώσεις αιωρούμενου υλικού εξήχθησαν έμμεσα από μετρήσεις τιμών οπτικής διαπερατότητας που συλλέχθηκαν στη διάρκεια δύο ερευνητικών πλώων (Ε/Σ Φιλία) στην περιοχή του Κορινθιακού, τον Ιούνιο του 1999 και τον Ιανουάριο του 2000. Το CTD που χρησιμοποιήθηκε ήταν το SBE25 της SeaBird και το “τρανσμισόμετρο” για την καταγραφή του αιωρούμενου υλικού ήταν τύπου C-Star της εταιρείας WetLabs (μήκος κύματος εκπεμπόμενου φωτός 660 nm, οπτικός δρόμος 25 cm). Τα δεδομένα επεξεργαστήκανε με το πρόγραμμα ODV (Ocean Data view, 2004).

Οι μετρήσεις της οπτικής διαπερατότητας αποδόθηκαν στην αιωρούμενη στερεή φάση καθώς δεν προέκυψε να υπάρξει συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων του μετρητή οπτικής διαπερατότητας και εκείνων του “φθορισμέτρου” (έμμεση μέτρηση οργανικού υλικού) σε ανάλογες μετρήσεις στη περιοχή Ρίου-Αντιρρίου (Drakopoulos & Poulos, 2002). Μάλιστα, τα ποσοστά της οπτικής διαπερατότητας συσχετίστηκαν με συγκεντρώσεις αιωρούμενου υλικού (AY, mg/l), με βάση την

εξίσωση συσχέτισης (2) των Karageorgis *et al.* (2008) που στηρίζεται σε 1764 μετρήσεις από την ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, συμπεριλαμβανομένων φυσικά και των Ελληνικών Θαλασσών.

$$AY=1072 C_p +33 \quad (r^2=0,73) \quad (2)$$

όπου  $C_p$  είναι η διάθλαση λόγω των μορίων της αιρούμενης φάσης που μετρά ο μετρητής οπτικής διαπερατότητας. Οι τιμές  $C_p$  ακολούθως συσχετίζονται με τις μετρήσεις του συγκεκριμένου οργάνου ( $C=C_p$ ) μέσω της εξίσωσης (3)

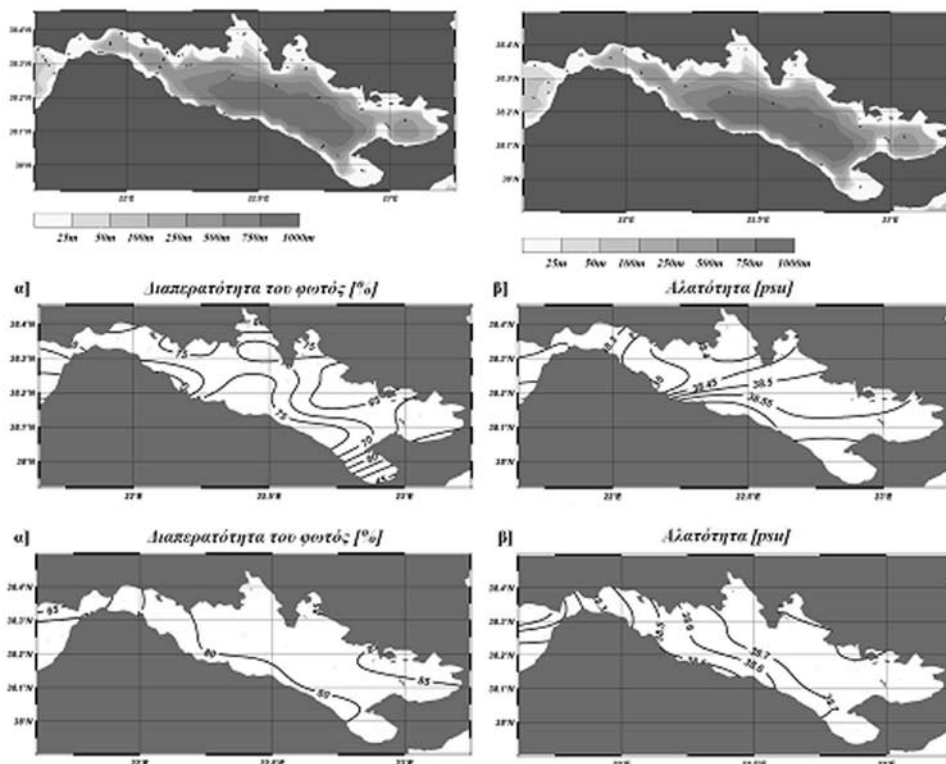
$$C = -4 \ln(LT/100) \quad (3),$$

όπου  $LT$  είναι οι τιμές της οπτικής διαπερατότητας εκφρασμένες σε ποσοστά του εκατό (%).

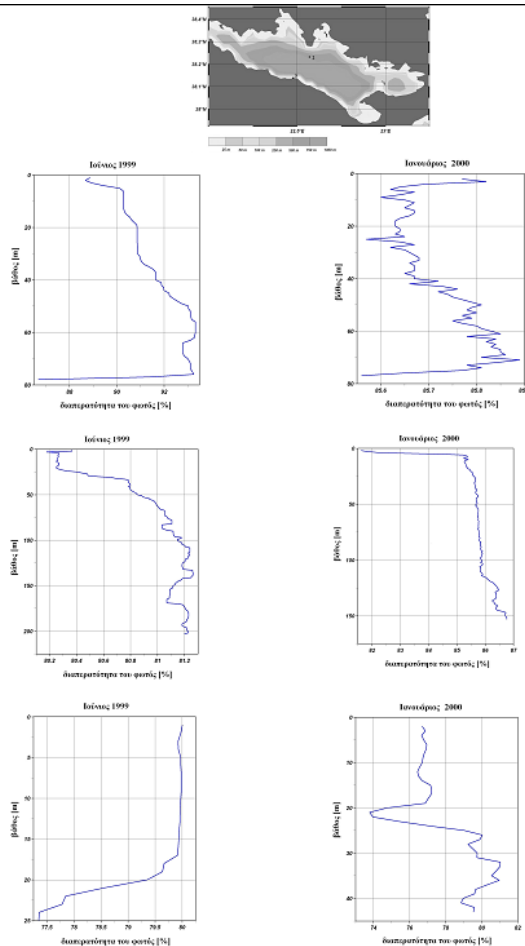
Με βάση την εξίσωση (3) οι τιμές οπτικής διαπερατότητας 70%, 75%, 80%, 85%, 90% και 95% αντιστοιχούν σε 1,56mg/l, 1,27mg/l, 0,99 mg/l, 0,73mg/l, 0,48mg/l και 0,25 mg/l αιωρούμενου υλικού.

### 3. Αποτελέσματα - Συζήτηση

Με βάση την εξίσωση (1) το ιζηματολογικό δυναμικό του ποταμού Μόρνου είναι 211,6 t/km<sup>2</sup> που ισοδυναμεί με 213,7x10<sup>3</sup> tonnes ιζήματος, πριν φυσικά από τη λειτουργία του φράγματος. Ανάλογο είναι και το δυναμικό της λεκάνης απορροής της Βόρειας Πελοποννήσου (291,1 t/km) που ισοδυναμεί με 1233,2x10<sup>3</sup> tonnes ιζήματος. Αθροιζόμενοι οι όγκοι αυτοί δείχνουν ότι περί τους 1,45 Μt ιζήματος εισέρχεται στο Κορινθιακό Κόλπο από τους οποίους το >80% κατά μήκος των νότιων ακτών του.



Εικ. 1: Οι θέσεις δειγματοληψίας τον Ιούνιο 1999 και Ιανουάριο 2000, και η επιφανειακή κατανομή της οπτικής διαπερατότητας (%) και της αλατότητας (psu).



**Εικ. 2:** Κατακόρυφη κατανομή της οπτικής διαπερατότητας (‰) στους σταθμούς 1 (2<sup>η</sup> σειρά), 2 (3<sup>η</sup> σειρά) & 3 (4<sup>η</sup> σειρά) κατά τον Ιούνιο 1999 (αριστερή κολώνα) και Ιανουάριο 2000 (δεξιά κολώνα). Οι θέσεις των σταθμών (1, 2, & 3) δίνονται στο χάρτη της 1<sup>ης</sup> γραμμής.

Τα νερά του Κόλπου είναι σχετικά διαυγή με την οπτική διαπερατότητα να κυμαίνεται μεταξύ 70% και 90% με εξαίρεση κάποιους όρμους (π.χ. Ποσειδωνίας, Αντικύρων) όπου είναι μειωμένη (~50%) κατά τον Ιούνιο 1999 (Εικ. 1). Η διαύγεια (ή οπτική διαπερατότητα) φαίνεται να σχετίζεται με την κατανομή της αλατότητας και ειδικότερα με τη εισροή και εξάπλωση νερών χαμηλότερης σχετικά αλατότητας προερχόμενα από τον Πατραϊκό Κόλπο, τον Όρμο της Ναυπάκτου (Π. Μόρνος) και από τα ποτάμια που εκβάλλουν κατά μήκος των ακτών της Β. Πελοποννήσου. Γενικά, ο Κόλπος εμφανίζεται με τιμές αιωρούμενου υλικού 0,5-2 mg/l που είναι λίγο μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των ανοικτών νερών του Αιγαίου, όπου γενικά οι συγκεντρώσεις αιωρούμενου υλικού είναι <1 mg/l (Karageorgis & Stavrakakis, 2005). Επίσης, ο Κόλπος κατά τη χειμερινή περίοδο (Ιαν. 2000) εμφανίζεται να είναι στο σύνολο του περισσότερο διαυγής και ομογενοποιημένος επιφανειακά σε σχέση με την αρχή του καλοκαιριού (Ιούνιος 1999).

Η κατακόρυφη κατανομή των τιμών οπτικής διαπερατότητας (Εικ. 2) παρουσιάζει διακυμάνσεις <10%. Διαυγέστερα νερά έχουμε στο επιφανειακό στρώμα στο Κόλπο της Αντίκυρας (Ιαν. 2000:

~85% και Ιούνιος 1999: 89-91%). Στο σταθμό 2 (κεντρικός Κορινθιακός), ενώ οι τιμές διαύγειας τον Ιανουάριο είναι παρόμοιες (85-87%) με αυτές του σταθμού 1, κατά τον Ιούνιο είναι κατά ~10% μικρότερες. Κοντά στις ακτές της Πελοποννήσου παρατηρούμε τις μικρότερες τιμές οπτικής διαπερατότητας 75-80% (Ιούνιο 1999) και 74-81% (Ιαν. 2000), με τις μικρότερες τιμές 75-76% να σημειώνονται σε βάθη 20-25 m.

#### 4. Συμπεράσματα

Τα νερά του Κορινθιακού κόλπου χαρακτηρίζονται από χαμηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενου υλικού (0,5-2 mg/l) οι οποίες όμως είναι λίγο μεγαλύτερες από αυτές του ανοικτού Αιγαίου πελάγους (γενικά <1 mg/l), χωρίς να παρουσιάζουν ιδιαίτερα μεγάλες εποχιακές αυξομειώσεις. Η κατανομή του αιωρούμενου υλικού φαίνεται να σχετίζεται με την εισροή επιφανειακών νερών από τον Πατραϊκό Κόλπο αλλά και από τις ποτάμιες απορροές της Β. Πελοποννήσου, όπου και παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις (>1 mg/l) ως συνέπεια των >1,2 Mt χερσογενούς υλικού που εκβάλλετε μέσω των ποτάμιων απορροών.

#### 5. Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Anderson J. J. & Carmack C. E., 1973. Some Physical and Chemical Properties of the Gulf of Corinth, Estuarine and Coastal Marine Science, vol I, 200 p.
- Γουρδουμάς, Ι., Πούλος, Σ., Νάστος, Π. & Μαρουσιάν, Χ., 2007. Μελέτη της υδατοπαροχής και στερεοπαροχής των ποταμών της Βόρειας Πελοποννήσου που εκβάλλουν στον Κορινθιακό Κόλπο. Πρακτικά του 8<sup>ου</sup> Πανελληνίου Γεωγραφικού συνεδρίου, Αθήνα Νοέμβριος (υπό εκτύπωση).
- Drakopoulos, P. & Poulos, S.E., 2002. A study of the seasonal fluctuation of the suspended particulate matter in the Rio-Anitirio Strait, with the use of optical methods. Proceedings of the 6<sup>th</sup> Pan-Hellenic Geographical Conference, Thessaloniki, 3-6/10/2002, vol. I, pp. 62-69.
- Θεριανός, Α. Δ., 1974. Η γεωγραφική κατανομή της παροχής νερού των Ελληνικών ποταμών Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, ΧΑ, 28-58.
- Hovious, N., 1998. Controls on sediment supply by large rivers. In: Relative Role of Eustacy, Climate, and Tectonism in Continental Rocks by K.W. Shanley and P.J. McCabe (eds), Special Publication, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 59, 3-16.
- Karageorgis, A.P. & Stavrakakis, S., 2005. Particulate matter dynamics and fluxes (In:) E. Papathanasiou & A. Zenetos (eds), State of the Hellenic Marine Environment, HCMR, Athens, 78-87.
- Lascaratos, A., Salusti, E. & Papageorgaki, G., 1989. Wind-induced upwellings and currents in the gulfs of Patras, Nafpaktos and Korinthos, Western Greece. Oceanologica Acta, 12(3), 159-164.
- Μπαρμπετσέας, Σ., Παυλίδου, Α. & Ψυλλίδου-Γκιουράνοβιτς Ρ., 2006. Πρόσφατες παρατηρήσεις επί των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του Κορινθιακού Κόλπου (2004-2005). Πρακτικά 8<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Θεσσαλονίκη σ. 767-770.
- ODV (Ocean Data view), 2004. <http://www.awi-bremhaven.de/GEO/ODV>.
- Piper, D.J.W., Kontopoulos, N., Anagnostou, C., Ghronis, G. & Panagos, A.G., 1990. Modern fan deltas in the western Gulf of Corinth, Geo-Marine Letters, 10, 5-12.