

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ SEAWIFS

Γεράσιμος Βαβάσης

Μεταπτυχιακός φοιτητής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
mvavasis@hol.gr

Δημήτρης Γεωργόπουλος

Ερευνητής, Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών
dgeor@ncmr.gr

Χάρης Κοντοές

Ερευνητής, Ινστιτούτου Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης
kontoes@space.noa.gr

Βύρωνας Νάκος

Αναπληρωτής Καθηγητής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
bnakos@central.ntua.gr

Δημήτρης Παραδείσης

Αναπληρωτής Καθηγητής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
dempar@central.ntua.gr

*Ε' Συνεδρία: Χαρτογραφική
Τεχνολογία και
Τηλεπισκόπηση στον
Νησιωτικό Χώρο*

Παρασκευή 25 Οκτωβρίου 2006
12:45 | 13:00

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αφορά στην αξιοποίηση δορυφορικών εικόνων του συστήματος *SeaWiFS*, που λαμβάνονται συστηματικά από τους σταθμούς συλλογής του Ινστιτούτου Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης (ΙΔΕΤ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ), με σκοπό τη μελέτη και οπτικοποίηση της διαχρονικής μεταβολής του φυτοπλανκτού στη θαλάσσια περιοχή του ΒΑ Αιγαίου.

Προβλέπονται και περιλαμβάνονται στη διαδικασία διερεύνησης εργασίες προ-επεξεργασίας των δεδομένων και παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας από τα πρωτογενή δορυφορικά δεδομένα που σχετίζονται με θαλάσσιες βιολογικές παραμέτρους, αξιοποιώντας το ειδικό γι' αυτό το σκοπό λογισμικό περιβάλλον *SeaDaS*. Συσχετίσεις των δορυφορικών παρατηρήσεων με δεδομένα δειγματοληψίας στην ίδια θαλάσσια περιοχή, που διαθέτει το Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΚΘΕ), επιτρέπουν να γίνει η αξιολόγηση, τόσο των δεδομένων, όσο και του λογισμικού επεξεργασίας και παραγωγής των σχετικών προϊόντων *SeaDaS*.

Στην εργασία αυτή έχει προβλεφθεί και η χρήση επιπρόσθετων εικόνων NOAA/AVHRR που συλλέγονται από το ΙΔΕΤ/ΕΑΑ, προκειμένου να διερευνηθούν φαινόμενα χωρικής και ποσοτικής συσχέτισης χλωροφυλλικής παραγωγής στο θαλάσσιο χώρο του Αιγαίου, με διακυμάνσεις θερμοκρασιακών μετώπων της θαλάσσιας επιφάνειας.

Μεταξύ των παραδοτέων του ερευνητικού αυτού έργου, είναι η οργάνωση όλων των πρωτογενών και επεξεργασμένων εικόνων καθώς και προϊόντων προστιθέμενης αξίας σε περιβάλλον Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών, καθώς η δημιουργία συνθέτων θεματικών χαρτών που παράγονται σε ημερήσια βάση, με σκοπό τη συστηματική ενημέρωση των αρχών για τη σωστότερη διαχείριση αλιευμάτων και περιβαλλοντικής προστασίας.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ *SeaWiFS*

Γεράσιμος Βαβάσης*, Δημήτρης Γεωργόπουλος**, Χάρης Κοντοές***,
Βύρωνας Νάκος*, Δημήτρης Παραδείσης*

* Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

** Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών

*** Ινστιτούτου Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αφορά στην αξιοποίηση εικόνων του συστήματος *SeaWiFS*, που λαμβάνονται συστηματικά από τους σταθμούς συλλογής του Ινστιτούτου Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης (ΙΔΕΤ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ), με σκοπό τη μελέτη της διαχρονικής μεταβολής του φυτοπλαγκτού στη θαλάσσια περιοχή του ΒΑ Αιγαίου. Στη μελέτη περιλαμβάνονται εργασίες προ-επεξεργασίας των δεδομένων και παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας από τα πρωτογενή δορυφορικά δεδομένα που σχετίζονται με θαλάσσιες βιολογικές παραμέτρους, αξιοποιώντας το ειδικό λογισμικό *SeaDAS*. Συσχετίσεις των δορυφορικών παρατηρήσεων με δεδομένα δειγματοληψίας στη θαλάσσια περιοχή, που έχει κάνει το Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΚΘΕ), επιτρέπουν να γίνει η αξιολόγηση, όπου είναι δυνατόν, τόσο των δεδομένων, όσο και του λογισμικού επεξεργασίας και παραγωγής σχετικών προϊόντων *SeaDAS*. Στη μελέτη γίνεται χρήση επιπρόσθετων εικόνων *NOAA/AVHRR*, που επίσης συλλέγονται από το ΙΔΕΤ/ ΕΑΑ, προκειμένου να διερευνηθούν φαινόμενα χωρικής και ποσοτικής συσχέτισης χλωροφυλλικής παραγωγής στο Αιγαίο, με διακυμάνσεις θερμοκρασιακών μετώπων της θαλάσσιας επιφάνειας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Δορυφορικά δεδομένα *SeaWiFS*, συγκέντρωση χλωροφύλλης, δομές θερμοκρασιακών μετώπων και δομές κατανομής φυτοπλαγκτού.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας έδωσε τη δυνατότητα για παρατήρηση και παρακολούθηση της γης από το διάστημα, με τη χρήση δορυφόρων, με σκοπό τη μελέτη του περιβάλλοντος, του παγκόσμιου κλίματος, διάφορων φυσικών φαινομένων αλλά και της επίδρασης των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στον πλανήτη.

Η έμμεση παρακολούθηση της γης από το διάστημα, δηλαδή η τηλεπισκόπηση, ουσιαστικά βασίζεται σε ψηφιακές μετρήσεις της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, σε διάφορες περιοχές του φάσματος που καταγράφονται από δορυφόρους, καθώς αυτή εκπέμπεται από τη γήινη επιφάνεια, ανάλογα με τη φυσική κατάσταση και χημική σύσταση του κάθε σώματος σε αυτήν. Η απόδοση της καταγραφής μπορεί να δώσει όλες τις πληροφορίες που αναφέρονται παραπάνω, συνθέτοντας μια «εικόνα» με πιο οικεία χαρακτηριστικά, όπως φωτεινότητα, αντίθεση, χρώμα, ένταση (Keller 2000).

Στη εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια προσέγγισης του θαλάσσιου περιβάλλοντος με τη βοήθεια του δορυφόρου *SeaStar* της *NASA*, μέσω του συστήματος

αισθητήρων *SeaWiFS*, και αξιοποίηση εικόνων που λαμβάνονται συστηματικά από τους σταθμούς συλλογής του Ινστιτούτου Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης (ΙΔΕΤ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ), με σκοπό τη μελέτη της διαχρονικής μεταβολής του φυτοπλαγκτού στη θαλάσσια περιοχή του Β. Αιγαίου (Θερμαϊκός κόλπος), καθώς και τις συσχετίσεις των δορυφορικών παρατηρήσεων με δεδομένα δειγματοληψίας στην ίδια θαλάσσια περιοχή, που έχει κάνει το Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΚΘΕ).

Παράλληλα γίνεται μια προσπάθεια συσχέτισης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης α, στην ίδια περιοχή, με τη θερμοκρασία της θαλάσσιας επιφάνειας, για μια περίοδο οκτώ ημερών.

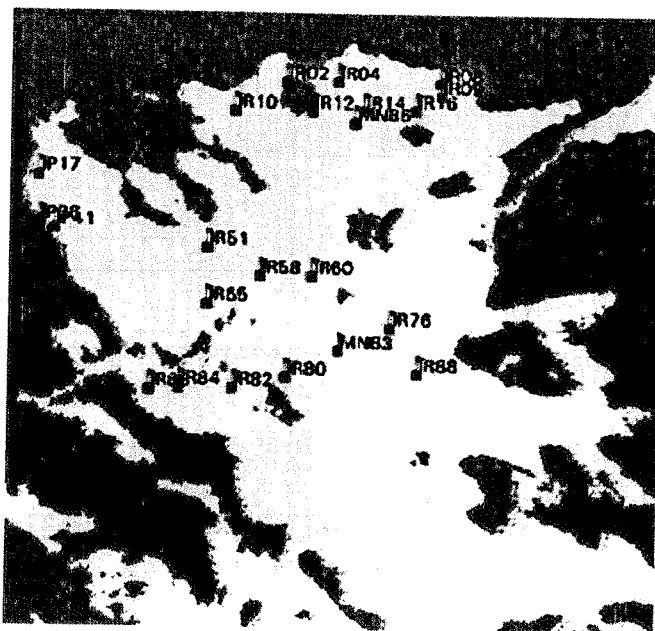
Η θαλάσσια περιοχή του Β. Αιγαίου βρίσκεται υπό συνεχή παρακολούθηση από την επιστημονική κοινότητα, καθότι παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον από πλευράς παραγωγής φυτοπλαγκτού και αυτό γιατί στα νερά της θαλάσσιας αυτής περιοχής εκβάλλουν τα σημαντικότερα ποτάμια του ελλαδικού χώρου (Πηνειός, Αλιάκμονας, Αξιός, Στρυμόνας, Νέστος και Έβρος), αλλά υπάρχει και μια συνεχής ροή μαζών νερού από τα Στενά των Δαρδανελίων, που προέρχονται από τον Εύξεινο Πόντο και κατά προέκταση της Μαύρης Θάλασσας, τα οποία επιδρούν έντονα στη δυναμική της ευρύτερης περιοχής.

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Δεδομένα

Η αξιολόγηση και η ακρίβεια των μετρήσεων *SeaWiFS* γίνεται με τη βοήθεια του ΕΚΘΕ, που σε τακτά χρονικά διαστήματα κάνει δειγματοληπτικές μετρήσεις (in situ) και υπολογίζει τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου.

Οι μετρήσεις (Πίνακες 1, 2, 3 και 4) αναφέρονται σε τρεις χρονικές περιόδους: Ιούνιος 1998, Σεπτέμβριος 1998 και Οκτώβριος 2001 και στη θαλάσσια περιοχή που οριοθετείται από τις γεωγραφικές συντεταγμένες $40^{\circ} 49' 30'' \text{B}$, $22^{\circ} 42' 30'' \text{A}$ και $38^{\circ} 59' \text{B}$, $25^{\circ} 48' \text{A}$. Οι αντίστοιχοι σταθμοί μετρήσεων φαίνονται στο Χάρτη 1.



Χάρτης 1. Σταθμοί μέτρησης συγκέντρωσης χλωροφύλλης στο Β. Αιγαίο.

Πίνακας 1. BSW – Black Sea Waters INTERREG/NORTH AEGEAN (Ιούνιος 1998).

ΗΜ/ΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΟΙ	Βάθος (m)	in situ (ΕΚΘΕ)	SeaWiFS
			Χλωροφύλλη - Μέση ολοκληρωμένη τιμή (mg/m ³)	Χλωροφύλλη (mg/m ³)
19.06.98	IR-02	2-28	0,082	0,55
19.06.98	IR-08	2-25	0,158	0,8
19.06.98	IR-09	2-30	0,155	0,5
19.06.98	IR-12	2-50	0,097	0,6
19.06.98	IR-14	2-100	0,086	0,5
19.06.98	IR-16	2-50	0,089	0,55
19.06.98	MNB6	2-150	0,066	0,48
16.06.98	IR-58	2-100	0,107	0,3

Πίνακας 2. BSW – Black Sea Waters INTERREG/NORTH AEGEAN (Σεπτέμβριος 1998).

ΗΜ/ΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΟΙ	Βάθος (m)	in situ (ΕΚΘΕ)	SeaWiFS
			Χλωροφύλλη α - Μέση ολοκληρωμένη τιμή (mg/m ³)	Χλωροφύλλη (mg/m ³)
7.9.1998	IR-MNB6	2-150	0,061	0,30
3.9.1998	IR51	2-100	0,123	0,27
3.9.1998	IR60	2-150	0,106	0,40
3.9.1998	IR-65	2-100	0,094	0,25

Πίνακας 3. LSW – Levantine Surface Waters INTERREG/NORTH AEGEAN (Σεπτέμβριος 1998).

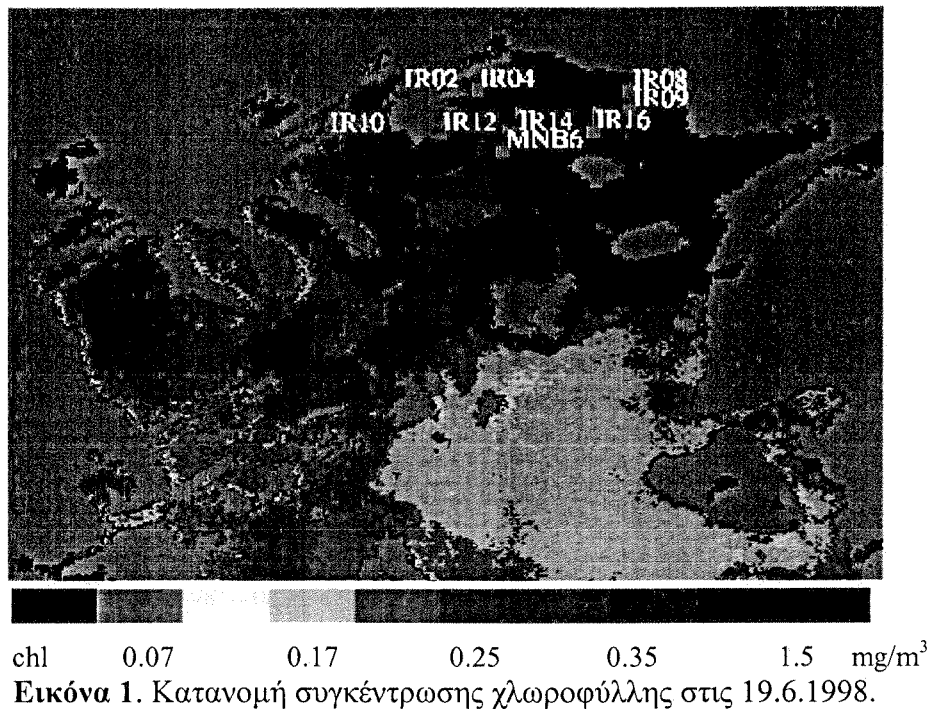
ΗΜ/ΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΟΙ	Βάθος (m)	in situ (ΕΚΘΕ)	SeaWiFS
			Χλωροφύλλη - Μέση ολοκληρωμένη τιμή (mg/m ³)	Χλωροφύλλη (mg/m ³)
3.9.1998	IR-80	2-100	0,077	0,17
3.9.1998	IR82	2-150	0,099	0,18
3.9.1998	IR-84	2-150	0,075	0,23
3.9.1998	IR85	2-100	0,118	0,20
2.9.1998	IR76	2-100	0,102	0,15
2.9.1998	IR-88	2-173	0,045	0,13
2.9.1998	IR-MNB3	2-100	0,137	0,16

Πίνακας 4. Θερμαϊκός Κόλπος INTERPOL (Οκτώβριος 2001).

ΗΜ/ΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΟΙ	Βάθος (m)	in situ (ΕΚΘΕ)	SeaWiFS
			Χλωροφύλλη - Μέση ολοκληρωμένη τιμή (mg/m ³)	Χλωροφύλλη (mg/m ³)
24.10.2001	IP17	2-50	0,19	0,27
23.10.2001	IP38	2-49	0,14	0,50
23.10.2001	IP41	2-78	0,04	0,20

2.2 Μεθοδολογία

Οι εικόνες, που ακολουθούν (Εκόνες 1 και 2), δείχνουν την κατανομή της χλωροφύλλης, τους σταθμούς των δειγματοληπτικών μετρήσεων στις αντίστοιχες ημέρες και τους σχηματισμούς των δυναμικών δομών φυτοπλαγκτού και θερμοκρασίας της θαλάσσιας επιφάνειας.



Εικόνα 1. Κατανομή συγκέντρωσης χλωροφύλλης στις 19.6.1998.

Φαίνεται καθαρά η εισροή υδάτων, με μεγάλη συγκέντρωση χλωροφύλλης, από τα στενά των Δαρδανελίων (BSW), καθώς και τα oligotροφικά νερά (LSW) που καταλαμβάνουν το κεντρικό και νότιο Αιγαίο. Επίσης παρατηρείται ότι η κύρια ποσότητα των νερών από τη Μαύρη Θάλασσα (BSW) διέρχονται από το στενό μεταξύ των νήσων Λήμνου και Ίμβρου, δημιουργώντας έναν αντικυκλώνα, ο οποίος συναντά το ριπίδιο διασποράς στην περιοχή των εκβολών του ποταμού Έβρου, με αποτέλεσμα να το ωθεί προς τα ανατολικά και στη συνέχεια προς νότο. Από τις δομές, μπορεί να υποθεθεί η εμφάνιση δύο αντικυκλώνων, μικρότερης έντασης, ο πρώτος γύρω από τη νήσο Λήμνο και ο δεύτερος λίγο δυτικότερα, νότια της Χαλκιδικής. Ένας πιθανός κυκλωνικός σχηματισμός που φαίνεται να σχηματίζεται στο Θερμαϊκό Κόλπο, δεν διακρίνεται καλά εξ αιτίας της ύπαρξης νεφών, που καλύπτουν την περιοχή.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι χρειάζονται και άλλα στοιχεία ώστε να υπάρξουν θετικά συμπεράσματα, διότι η κατανομή της χλωροφύλλης δεν είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη δυναμική της περιοχής. Τα BSW, πάντως, έχουν τη δυνατότητα να συντηρήσουν μεγάλες συγκεντρώσεις χλωροφύλλης και άρα η χλωροφύλλη μπορεί για τα νερά αυτά να αποτελέσει έναν καλό ιχνηθέτη.

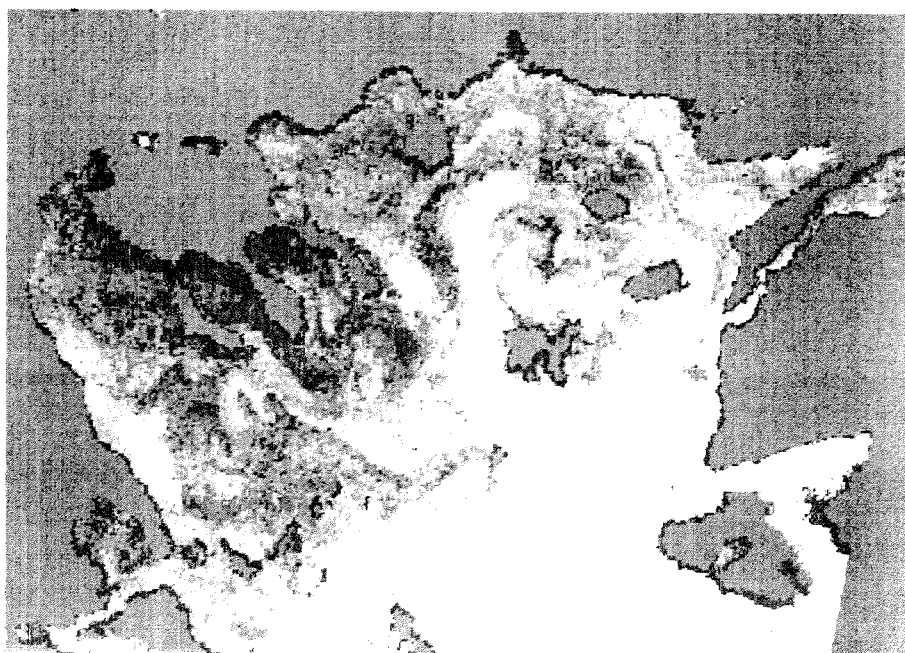
Για τα αποτελέσματα των μετρήσεων *in situ* και από τον *SeaWiFS* (Πίνακες 1 και 2) αξίζει να αναφερθεί ότι:

1. Οι μετρήσεις στο σταθμό IR-02, γίνονται σε μια στενή θαλάσσια περιοχή (στενό της Θάσου) και τη συγκεκριμένη ημέρα υπήρχαν νέφη, που πιθανώς ορισμένα να επηρεάζουν το αποτέλεσμα της δορυφορικής καταγραφής.

2. Οι μετρήσεις στο σταθμό IR-08 είναι φανερό ότι επηρεάζονται από τις υδάτινες μάζες του ποταμού Έβρου, που εκβάλει στην ευρύτερη περιοχή.
3. Ο σταθμός IR-12 είναι παράκτιος, ανατολικά της νήσου Θάσου, αρκετά κοντά στα παράλια της και επομένως το βάθος της θάλασσας είναι μικρό.
4. Οι μετρήσεις έγιναν σε θαλάσσια περιοχή, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα νερά της οποίας, δέχονται ισχυρή επίδραση από τα ποτάμια νερά της Β. Ελλάδας, καθώς και από τα νερά που εκρέουν από τη Μαύρη Θάλασσα, μέσα από τα στενά των Δαρδανελίων (BSW).



(A) chl 0.07 0.17 0.25 0.35 1.5 mg/m³



(B) T 21 22 23 24 25 26 27

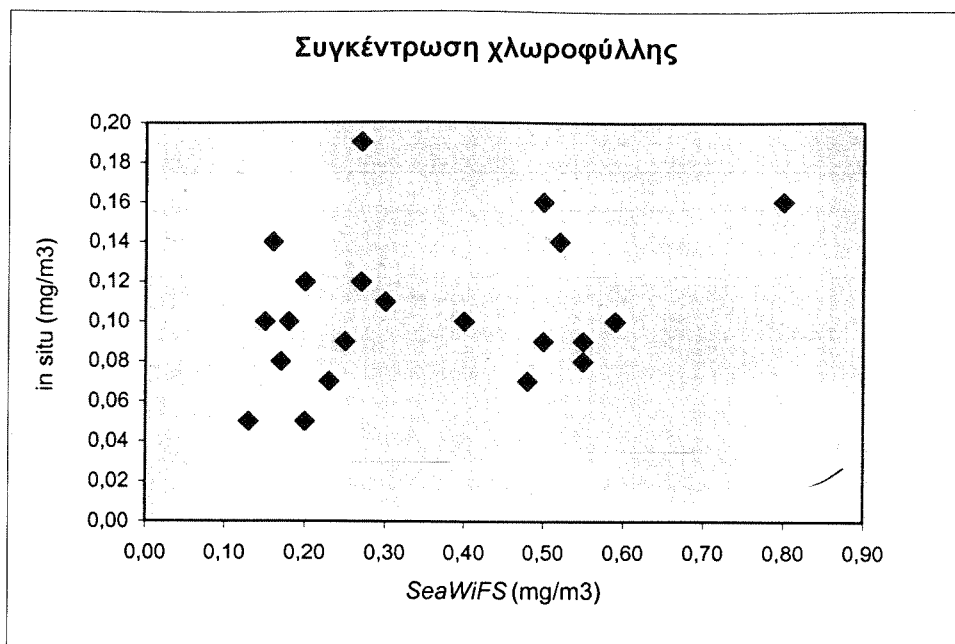
Εικόνα 2. Κατανομή χλωροφύλλης (A) και θερμοκρασίας της Θαλάσσιας επιφάνειας (B), στις 17.7.2002

Παρατηρώντας τις δύο δορυφορικές εικόνες (συγκέντρωσης χλωροφύλλης και θερμοκρασίας στην Εικόνα 3) από τους *SeaWiFS* και *NOAA*, είναι εμφανείς οι ομοιότητες σε χαρακτηριστικές δομές που σχηματίζονται, αν και οι δύο εικόνες δεν συμπίπτουν χρονικά, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Πιο συγκεκριμένα, επισημαίνονται:

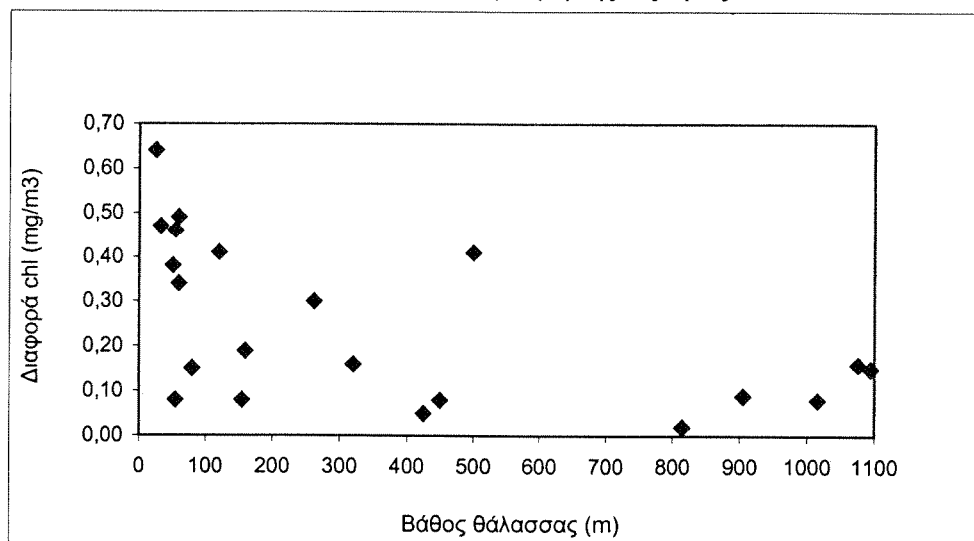
- Τα νερά που εισρέουν από τη Μαύρη Θάλασσα (BSW), πλούσια σε φυτοπλαγκτόν, στο Αιγαίο μέσα από τα Στενά των Δαρδανελίων, έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία και φαίνεται καθαρά ο αντικυκλώνας, που σχηματίζεται από τη Λήμνο μέχρι τα παράλια σχεδόν της Θράκης (Εικόνες 2A και 2B).
- Ο κυκλωνικός σχηματισμός στο Θερμαϊκό Κόλπο είναι χαρακτηριστικός στην Εικόνα 2A όχι όμως και στη 2B.
- Επιπλέον στην Εικόνα (A) διακρίνεται ο σχηματισμός δυο κυκλώνων, ο πρώτος βορειοανατολικά της Χαλκιδικής και ο δεύτερος νοτιοδυτικά της Χαλκιδικής. Ο λόγος, που οι δύο αυτοί σχηματισμοί δεν φαίνονται καθαρά στην εικόνα της θερμοκρασίας (Εικόνα 2B), εστιάζεται στο γεγονός ότι το επιφανειακό στρώμα της θάλασσας έχει ήδη θερμανθεί από τον ήλιο, έστω και λίγο, με αποτέλεσμα το ποσό αυτό της θερμότητας, που εκπέμπεται, να κρύβει τις δομές της θαλάσσιας επιφάνειας.
- Για τον ίδιο λόγο παρατηρούνται κλειστές, κυρίως, περιοχές με μεγάλη συγκέντρωση χλωροφύλλης και ταυτόχρονα με υψηλή θερμοκρασία.
- Τέλος είναι χαρακτηριστικά τα νερά του κεντρικού Αιγαίου (LSW) με μικρή συγκέντρωση χλωροφύλλης και χαμηλότερες θερμοκρασίες, δηλαδή το μέτωπο (θερμόαλο) που αναπτύσσεται από τον Άγιο Ευστράτιο μέχρι τις Β. Σποράδες (Εικόνα 2B).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

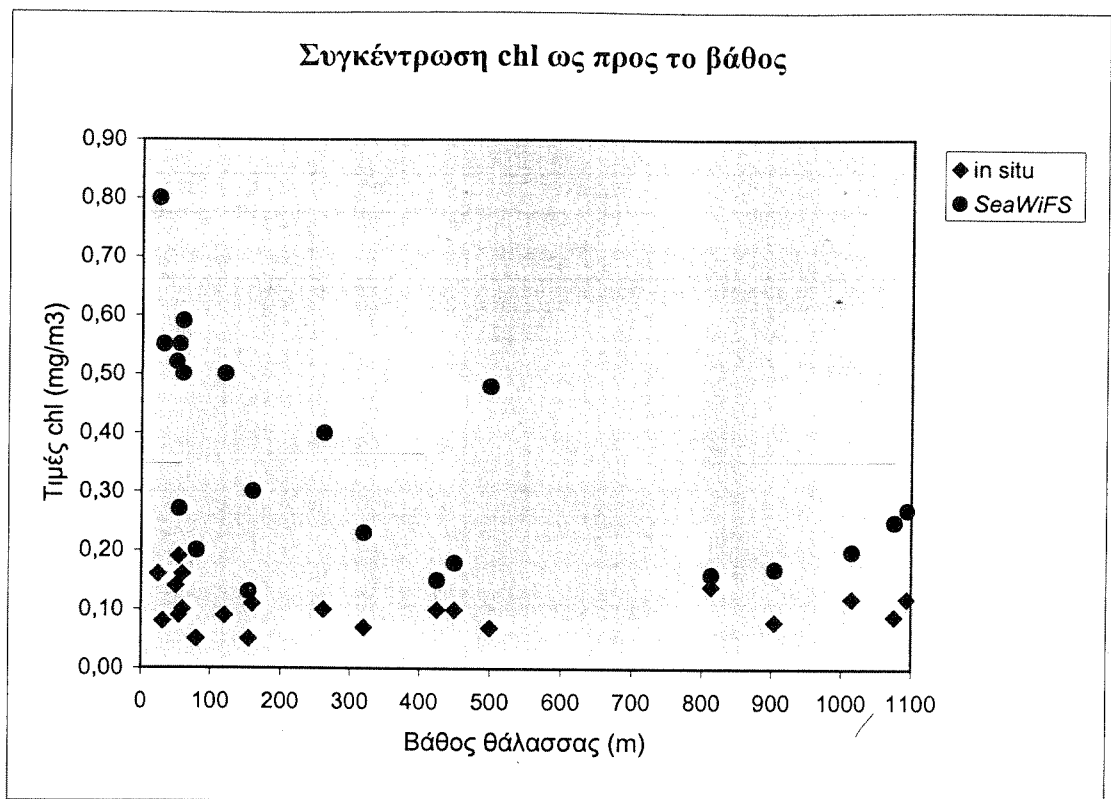
Ανάλογα με την ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων, που αναφέρονται στους Πίνακες 1, 2, 3 και 4, σχεδιάστηκαν οι γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν, δίνοντας μια εικόνα, όπου αυτό είναι δυνατό, (α) της σχέσης των *in situ* μετρήσεων με τις δορυφορικές *SeaWiFS* (Διάγραμμα 1), (β) της διαφοράς των αποτελεσμάτων των δύο ειδών μετρήσεων (*SeaWiFS*, *in situ*) με το βάθος της θάλασσας στα σημεία των μετρήσεων (Διάγραμμα 2) και (γ) τη σχέση των αποτελεσμάτων του κάθε είδους μέτρησης ξεχωριστά με το βάθος της θάλασσας (Διάγραμμα 3).



Διάγραμμα 1. Σχέση in situ μέτρησης ως προς *SeaWiFS*.



Διάγραμμα 2. Σχέση της διαφοράς των *SeaWiFS* και in situ μετρήσεων ως προς το βάθος της θάλασσας.



Διάγραμμα 3. Σχέση της *SeaWiFS* και in situ μέτρησης ως προς το βάθος της θάλασσας

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων και οι πληροφορίες, που δίνουν αυτά, δείχνουν, ότι η εξαγωγή συμπερασμάτων πρέπει να γίνει με πολλή προσοχή.

Σε γενικές γραμμές οι δομές, που σχηματίζονται από τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στην περιοχή του Β. Αιγαίου, φαίνονται από τον αισθητήρα *SeaWiFS* πολύ ευδιάκριτες και χαρακτηριστικές και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατή η ταυτοποίησή τους με τις δομές, που καταγράφονται στο θερμικό υπέρυθρο από τους δορυφόρους *NOAA*. Παρ' όλο που δεν είναι σίγουρη η άμεση σχέση της κατανομής της χλωροφύλλης με τη δυναμική της περιοχής, μπορεί να σημειωθούν ορισμένες δομές, που φαίνεται να είναι χαρακτηριστικές της ευρύτερης περιοχής:

- Ο αντικυκλώνας της Σαμοθράκης, ο οποίος σχηματίζεται με τα νερά, πλούσια σε φυτοπλαγκτό και χαμηλότερης θερμοκρασίας, της Μαύρης Θάλασσας (BSW), καθώς αυτά εκρέουν από τα στενά των Δαρδανελίων επηρεάζει όλη την περιοχή.
- Το ριπίδιο διασποράς του Έβρου με την έντονη επίδραση στα παράκτια νερά της Θράκης.
- Η κυκλωνική δομή, που φαίνεται να σχηματίζεται ανατολικά της Χαλκιδικής και νότια της Θάσου.
- Έντονη ροή νερών, με μεγάλη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη και χαμηλότερη θερμοκρασία, στο εσωτερικό του Θερμαϊκού Κόλπου, που οφείλεται πιθανότατα είτε στην ισχυρή επίδραση των ποτάμιων νερών του Αξιού, Αλιάκμονα και Πηνειού, είτε στις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή (βορειοδυτικοί άνεμοι) δημιουργώντας το φαινόμενο *upwelling*.

- Το μέτωπο που σχηματίζουν από τον Άγιο Ευστράτιο μέχρι τις Β. Σποράδες (θερμόαλο) τα νερά του κεντρικού και ανατολικού Αιγαίου (LSW) με μικρότερη περιεκτικότητα χλωροφύλλης.

Οι τιμές της συγκέντρωσης χλωροφύλλης, υπολογιζόμενες από τον αισθητήρα *SeaWiFS*, παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση από αυτές των δειγματοληπτικών μετρήσεων, που πραγματοποίησε το ΕΚΘΕ. Πιο συγκεκριμένα, η καταγραφόμενη τιμή χλωροφύλλης από το δορυφόρο *SeaWiFS* είναι συστηματικά μεγαλύτερη από τις παρατηρούμενες *in situ* τιμές. Σε ανάλογα συμπεράσματα καταλήγουν και οι D' Ortenzio et al. (2002) σε παραπλήσια μελέτη σχετική με βαθμονόμηση και αξιολόγηση του εμπειρικού αλγορίθμου *SeaWiFS* στο χώρο της Μεσογείου.

Με δεδομένο το πλαίσιο που αναπτύχθηκε οι καταγραφές της χλωροφύλλης από το δορυφόρο *SeaWiFS* πρέπει να αντιμετωπιστούν με κριτικό πνεύμα και για τα παραγόμενα αποτελέσματα να ληφθεί υπόψη ότι:

- Ο αριθμός των διαθέσιμων μετρήσεων είναι πολύ μικρός (22) και σε μερικές από αυτές η δορυφορική λήψη φαίνεται να επηρεάζεται από τεχνικά προβλήματα (θόρυβος) ή δυσμενείς καιρικές συνθήκες (νέφη).
- Ο αλγόριθμος, που χρησιμοποιείται από το λογισμικό *SeaDAS*, για την ατμοσφαιρική διόρθωση ξεκινά από μια τιμή συγκέντρωσης χλωροφύλλης 0.2 mg/m^3 και επαναλαμβάνεται μόνο αν η επόμενη τιμή, που θα προκύψει, διαφέρει περισσότερο από 20% σε σχέση με την προηγούμενη. Αν δε, η τιμή μετά την πρώτη επανάληψη είναι μικρότερη από 0.3 mg/m^3 , η διαδικασία σταματά (Siege et al. 1999). Με τη διαδικασία αυτή φαίνεται ότι δύσκολα μπορεί να προσδιοριστούν μικρές τιμές συγκέντρωσης χλωροφύλλης oligοτροφικών περιοχών, όπως είναι η Μεσόγειος, αφού το αρχικό σφάλμα είναι πολύ σημαντικό. Επιπλέον, ο ελλαδικός χώρος συχνά καλύπτεται από νέφη σκόνης και άμμου, που προέρχονται από τη Β. Αφρική και πιθανότατα επηρεάζουν τη δορυφορική λήψη (Bailey 2002).

Αξίζει πάντως να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, η βαθυμετρία της περιοχής μέτρησης παίζει κάποιο ρόλο, όπου φαίνεται η απόκλιση των τιμών (δορυφορικών και δειγματοληπτικών-*in situ*) να είναι μικρότερη σε περιοχές με μεγάλο βάθος θάλασσας, ενώ σε παράκτιους σταθμούς μέτρησης η απόκλιση των τιμών είναι αρκετά μεγαλύτερη (Πίνακες 1, 2, 3 και 4 και Διαγράμματα 2 και 3).

Επιπλέον πρέπει να τονισθεί η δυναμική συμπεριφορά του όλου προγράμματος *SeaWiFS*, που ξεκινώντας ουσιαστικά το 1998 και χρησιμοποιώντας εμπειρικούς αλγόριθμους (O' Reilly et al. 2000), δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού των τιμών διαφόρων φυσικών μεγεθών (συγκέντρωση χλωροφύλλης). Η συνεχής βελτίωση των τεχνικών χαρακτηριστικών του δορυφόρου και του αισθητήρα, αλλά και η περαιτέρω ανάπτυξη του λογισμικού, που χρησιμοποιείται, αναμένεται να αποδοθούν ακόμα πιο σημαντικές και πιο ολοκληρωμένες πληροφορίες στην επιστημονική κοινότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bailey, S., 2002, Προσωπική Επικοινωνία (sbailey@simbios.gsfc.nasa.gov).

Keller, R., 2000, *An Introduction to Remote Sensing*, El Paso, University of Texas.

D' Ortenzio, F., Marullo, S., Ragani, M., d' Alcalà, M.R., Santoleri, R., 2002, Validation of empirical *SeaWiFS* algorithms for chlorophyll-*a* retrieval in Mediterranean Sea. A case study for oligotrophic seas. *Remote Sensing of Environment*, 82, 79-94.

O' Reilly, J. et al., 2000, *SeaWiFS Postlaunch calibration and Validation Analyses, Volume 11, Part 3*, Chapter 2, (p. 10,12,15,19).

Siegel, D.A., Wang, M., Maritorena, S., and Robinson, W., 1999, *Atmospheric Correction of Satellite Ocean Color Imagery: The Black Pixel Assumption*, Applied Optics.

NASA, 2002a (URL: <http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS/TEACHERS>)

NASA, 2000b (URL: <http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS/SEASTAR>)

NASA, 2002c (URL: http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS/RECAL/Repro4/validation_strategy.html)

NASA, 2002d (URL: <http://modarch.gsfc.nasa.gov/MODIS/OCEANS/Gordonpubs.html>)

NASA, 2002e (URL: http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS/RECAL/Repro4/insitu_comp.html)

SeaWiFS 2000a (URL: <http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS/IMAGES>)

SeaWiFS 2000b (URL: <http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS/CALVAL>)