

ΚΩΔΙΚΟΣ ΘΕΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ: 2Δ
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΩΝ
ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΘΑΛΑΣΣΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗΣ (ΑΦΙΣΑ)

Γεράσιμος Βαβάσης*, Χάρης Κοντοές**, Βύρων Νάκος***, Δημήτρης Γεωργόπουλος****

*Ρενιέρη 28, 11143 Αθήνα, 210-2510672, 210-5061821, mvavasis@hol.gr

**Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Π. Πεντέλη, 15236 Αθήνα, 210-8109186 kontoes@space.noa.gr,

***Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Τοπογράφων Μηχανικών, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου,

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Ζωγράφου, 210-7722733, bnakos@central.ntua.gr

****Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών, 19013 Ανάβυσσος Αττικής, 22910-76329

Περίληψη

Στη παρούσα εργασία γίνεται προσέγγιση 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, καθώς και τις συσχετίσεις των δορυφορικών παρατηρήσεων με δεδομένα δειγματοληψίας στη θαλάσσια περιοχή, που κάνει το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ). Παράλληλα καταγράφεται συσχέτιση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης α, στην ίδια περιοχή, με την θερμοκρασία της θαλάσσιας επιφάνειας, για μια περίοδο λίγων ημερών.

Επίσης αναφέρονται τα πρώτα στοιχεία της μελέτης και παρατήρησης της θαλάσσιας τοπογραφίας στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου, που ξεκίνησε, πάντα σε συνεργασία με το ΙΔΕΤ/ΕΑΑ, χρησιμοποιώντας στοιχεία αλτιμετρίας (ύψος κύματος και ταχύτητα ανέμου) του δορυφόρου Jason-1 (συνεργασία NASA, και του Εθνικού Κέντρου Διαστημικών Ερευνών στη Γαλλία (CNES)).

1. Εισαγωγή

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 συλλογή, επεξεργασία, ανάλυση και οπτικοποίηση δορυφορικών δεδομένων SeaWifs, που λαμβάνονται συστηματικά από τους σταθμούς συλλογής του Ινστιτούτου Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης (ΙΔΕΤ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) και που αφορούν το θαλάσσιο περιβάλλον του Β. Αιγαίου, καθώς και σύγκριση αυτών με δεδομένα δειγματοληψίας στην ίδια θαλάσσια περιοχή, που έχει κάνει το Εθνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΚΘΕ). Παράλληλα γίνεται μια προσπάθεια συσχέτισης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης α, στην ίδια περιοχή, με τη θερμοκρασία της θαλάσσιας επιφάνειας, για μια περίοδο λίγων ημερών.

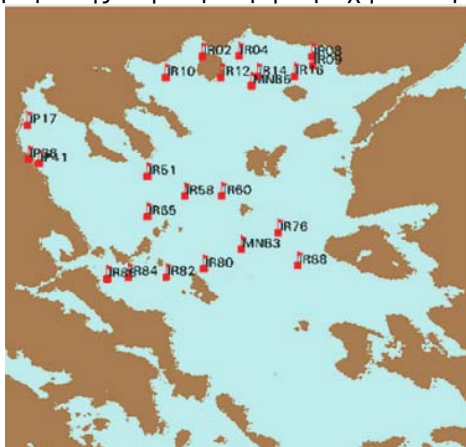
Η θαλάσσια περιοχή του Β. Αιγαίου παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον από πλευράς παραγωγής φυτοπλαγκτού και αυτό γιατί στα νερά της θαλάσσιας αυτής περιοχής εκβάλλουν τα σημαντικότερα ποτάμια του ελλαδικού χώρου (Πηνειός, Αλιάκμονας, Αξιός, Στρυμόνας, Νέστος και Έβρος), αλλά υπάρχει και μια συνεχής ροή μαζών νερού από τα Στενά των Δαρδανελίων, που προέρχονται από τη Μαύρη Θάλασσα, τα οποία επιδρούν έντονα στη δυναμική της ευρύτερης περιοχής.

Επιπλέον αναφέρονται τα πρώτα στοιχεία της μελέτης και παρατήρησης της θαλάσσιας τοπογραφίας (ύψος κύματος και ταχύτητα ανέμου) στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου, που ξεκίνησε, πάντα σε συνεργασία με το ΙΔΕΤ/ΕΑΑ, χρησιμοποιώντας στοιχεία αλτιμετρίας του δορυφόρου Jason-1 (συνεργασία NASA, και του Εθνικού Κέντρου Διαστημικών Ερευνών στη Γαλλία (CNES)). Τα δεδομένα της κατάστασης της θάλασσας που προσφέρει το δορυφορικό σύστημα Jason-1 βοηθούν την επιστημονική κοινότητα στην καλύτερη κατανόηση και διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος όπως η πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών πάνω από τις θάλασσες, η ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, ο έλεγχος της θαλάσσιας μόλυνσης, αλιεία, μελέτη και πρόβλεψη ακραίων καιρικών φαινομένων και άλλα.

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Δεδομένα

Η αξιολόγηση και η ακρίβεια των μετρήσεων *SeaWiFS* γίνεται με τη βοήθεια του ΕΛΚΕΘΕ, που σε τακτά χρονικά διαστήματα κάνει δειγματοληψίες (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.

2.2 Μεθοδολογία

Οι εικόνες 1A και 1B, δείχνουν την κατανομή της χλωροφύλλης και τους σχηματισμούς των δυναμικών δομών φυτοπλαγκτού και θερμοκρασίας της θαλάσσιας επιφάνειας.

Στην πρώτη εικόνα φαίνεται καθαρά η εισροή υδάτων, με μεγάλη συγκέντρωση χλωροφύλλης, από τα στενά των Δαρδανελίων (BSW), καθώς και τα ολιγοτροφικά νερά (LSW) που καταλαμβάνουν την κεντρική και νότια περιοχή του Β. Αιγαίου. 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.

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

- Οι μετρήσεις στο σταθμό IR-08 (χάρτης 1) είναι φανερό ότι επηρεάζονται από τις υδάτινες μάζες του ποταμού Έβρου, που εκβάλλει στην ευρύτερη περιοχή.
- Ο σταθμός IR-12 είναι παράκτιος, ανατολικά της νήσου Θάσου, αρκετά κοντά στα παράλια της και επομένως το βάθος της θάλασσας είναι μικρό.
- 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).

Παρατηρώντας τις δύο δορυφορικές εικόνες από τους *SeaWiFS* και *NOAA*, είναι εμφανείς οι ομοιότητες σε χαρακτηριστικές δομές που σχηματίζονται, ενώ ο λόγος για τον οποίο κάποιες δεν ταυτίζονται ή 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.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων, που αναφέρονται στους Πίνακες 1, 2, 3 και 4, έδωσε την δυνατότητα να σχεδιαστεί η γραφική παράσταση (Διάγραμμα 1) που ακολουθεί, δίνοντας μια εικόνα, όπου αυτό είναι δυνατό, (α) της σχέσης των in situ μετρήσεων με τις δορυφορικές *SeaWiFS* και (β) τη σχέση των αποτελεσμάτων του κάθε είδους μέτρησης ξεχωριστά με 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.

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 μεγαλύτερες συγκεντρώσεις χλωροφύλλης από

τις άλλες περιοχές του Β. Αιγαίου που δεν επηρεάζονται από τα BSW και άρα η χλωροφύλλη μπορεί για τα νερά αυτά να αποτελέσει έναν καλό ιχνηθέτη.

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 της μαύρης Θάλασσας (BSW), πλούσια σε φυτοπλαγκτό και χαμηλότερης θερμοκρασίας.
- Το ριπίδιο διασποράς του Έβρου με την έντονη επίδραση στα παράκτια νερά της Θράκης.
- 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 καθώς και 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 ΕΛΚΕΘΕ. 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' Ortensio et al. (2002) σε παραπλήσια μελέτη σχετική με βαθμονόμηση και αξιολόγηση του εμπειρικού αλγορίθμου *SeaWiFS* στο χώρο της Μεσογείου.

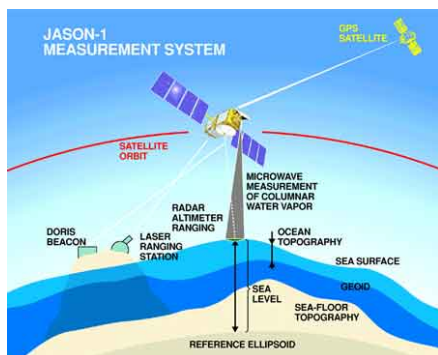
Με δεδομένο το πλαίσιο που αναπτύχθηκε οι καταγραφές της χλωροφύλλης από το δορυφόρο *SeaWiFS* πρέπει να αντιμετωπιστούν με κριτικό πνεύμα και για τα παραγόμενα αποτελέσματα να ληφθεί υπόψη ότι:

- 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 ολιγοτροφικών περιοχών, όπως είναι η Μεσόγειος, αφού το αρχικό σφάλμα είναι πολύ σημαντικό. Επιπλέον, ο ελαστικός χώρος συχνά καλύπτεται από νέφη σκόνης και άμμου, που προέρχονται από τη Β. Αφρική και πιθανότατα επηρεάζουν τη δορυφορική λήψη (Bailey 2002).

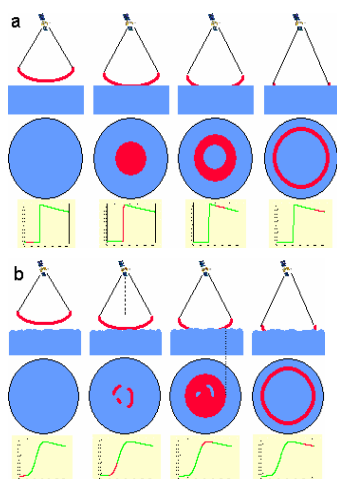
Αξίζει πάντως να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, η βαθυμετρία της περιοχής μέτρησης παίζει κάποιο ρόλο, όπου φαίνεται η απόκλιση των τιμών (δορυφορικών και δειγματοληπτικών-*in situ*) να είναι μικρότερη σε περιοχές με μεγάλο βάθος θάλασσας, ενώ σε παράκτιους σταθμούς μέτρησης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

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.

Ένα άλλο, εξίσου σημαντικό πρόγραμμα με επίσης δυναμική συμπεριφορά, είναι ο δορυφόρος *Jason-1* (συνεργασία *NASA*, και του Εθνικού Κέντρου Διαστημικών Ερευνών στη Γαλλία (*CNES*)). Τα δεδομένα της κατάστασης της θάλασσας που προσφέρει το δορυφορικό σύστημα *Jason-1* (ύψος κύματος και ταχύτητα ανέμου) βοηθούν την επιστημονική κοινότητα στην καλύτερη κατανόηση και διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος όπως η πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών πάνω από τις θάλασσες, η ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, ο έλεγχος της θαλάσσιας μόλυνσης, αλιεία, μελέτη και πρόβλεψη ακραίων καιρικών φαινομένων και άλλα.



Σχήμα 1. Συστήματα του Jason-1



Σχήμα 2. Μέθοδος υπολογισμού ύψους κύματος

Σκοπός της προσπάθειας, που ξεκίνησε, είναι η μελέτη των ικανοτήτων του δορυφορικού αισθητήρα και της ακρίβειας των μετρήσεων των χαρακτηριστικών που συλλέγει, καθώς μπορεί να γίνει σύγκριση των δορυφορικών μετρήσεων με τις «in situ» μετρήσεις, που άρχισαν να συλλέγονται για την περιοχή του Αιγαίου. Το αποτέλεσμα των συγκρίσεων αυτών αποτελεί σημαντικότατο στοιχείο στην περαιτέρω χρήση των δορυφόρων και στην εφαρμογή των πληροφοριών που παρέχουν στην επιστημονική κοινότητα.

ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

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 |

Για να πετύχει ο Jason-1 τους στόχους του είναι εφοδιασμένος με ένα αλτίμετρο (Poseidon-2), ένα ραδιόμετρο (JMR), έναν ανκλαστήρα ακτίνων laser (LRA), και τα συστήματα DORIS και TRSR. Το αλτίμετρο Poseidon-2 είναι ένα ραντάρ που χρησιμοποιεί δύο διαφορετικές συχνότητες για να υπολογίσει το ύψος του δορυφόρου, ενώ τα υπόλοιπα συστήματα είναι απαραίτητα για την ακρίβεια του προσδιορισμού της θέσης του. (Σχήμα 1.)

Από τα στοιχεία αλτιμετρίας του δορυφόρου υπολογίζεται κυρίως το ύψος της θαλάσσιας επιφάνειας, αλλά και η μέτρηση του ύψους κύματος, σημαντικότετος παράγοντας στην πρόγνωση καιρού και στην ναυσιπλοΐα.

Αυτό επιτυγχάνεται εξετάζοντας την ανάκλαση του σήματος από το ραντάρ στη θαλάσσια επιφάνεια. Το αλτίμετρο του ραντάρ λαμβάνει το ανακλώμενο κύμα (ή ηχώ), η ένταση του οποίου μεταβάλλεται ως προς το χρόνο. Όταν η θαλάσσια επιφάνεια είναι επίπεδη (α), το πλάτος του ανακλώμενου κύματος αυξάνει απότομα από τη στιγμή που το μέτωπο πρόσπτωσης του σήματος κτυπήσει την επιφάνεια. Αντίθετα σε φουσκοθαλασσιά ή σε τραχιά θαλάσσια επιφάνεια (κύμα) (β), το σήμα του ραντάρ κτυπάει τη κορυφή του κύματος και στη συνέχεια και άλλες κορυφές κυμάτων με αποτέλεσμα να προκαλεί περισσότερο βαθμιαία αύξηση του πλάτους του δορυφορικού σήματος. Το ύψος κύματος υπολογίζεται από την κλίση της καμπύλης που παριστάνει τη μεταβολή του πλάτους του ανακλώμενου σήματος ως προς το χρόνο. (Σχήμα 2a,b).

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 |

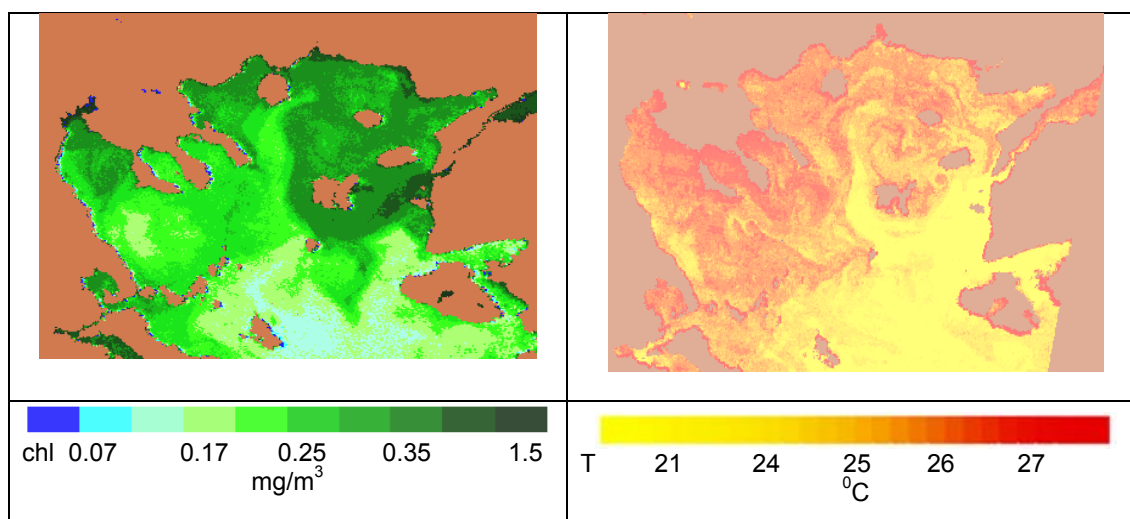
Πίνακας 3. LSW – Levantine Surface Waters INTERREG/NORTH AEGEAN (Σεπτέμβριος 1998).

| 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 |

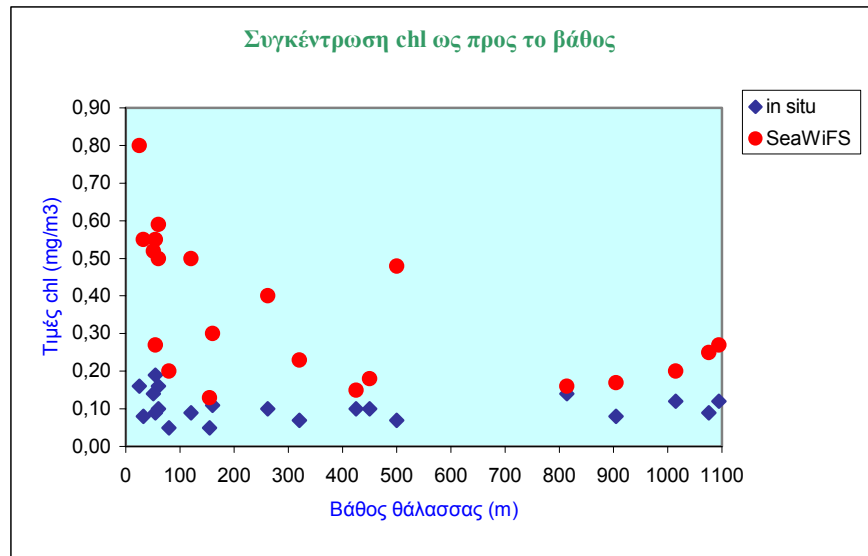
ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ



Εικόνα 1. Κατανομή χλωροφύλλης (Α) και θερμοκρασίας της θαλάσσιας επιφάνειας (Β), στις 17.7.2002.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1. Σχέση της SeaWiFS και in situ μέτρησης ως προς το βάθος της θάλασσας



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>)

Jason-1 2004 (URL: <http://jason.oceanobs.com>)