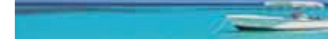




www.aegean.gr

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Σχολή Περιβάλλοντος
Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας



Θαλάσσια Τηλεπισκόπηση και οργάνωση πληροφορίας

Διάλεξη 9. Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Dr. Κωνσταντίνος Ν. Τοπουζέλης

Περιεχόμενα μαθήματος

Το μάθημα αποτελείται από τις ακόλουθες ενότητες:

- (1) Εισαγωγή στην Θαλάσσια Τηλεπισκόπηση
- (2) Τροχιές, δέκτες και δορυφόροι
- (3) Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και τηλεπισκόπηση
- (4) Ψηφιακή δορυφορική τηλεπισκοπική απεικόνιση
- (5) Ψηφιακή επεξεργασία απεικόνισης
- (6) Γεωμετρική διόρθωση – ταξινόμηση απεικόνισης
- (7) Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές
- (8) Εισαγωγή στις μετρήσεις επιφανειακής θερμοκρασίας θάλασσας
- (9) Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος
- (10) Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση
- (11) Φωτοερμηνεία θαλάσσιων και ατμοσφαιρικών φαινομένων
- (12) Ολοκληρωμένες εφαρμογές θαλάσσιας τηλεπισκόπησης

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

**Βασικές αρχές δορυφορικών μετρήσεων του ωκεανού χρώματος
Μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος**

Δέκτες μετρήσεων ωκεάνιου χρώματος

Coastal Zone Color Scanner (CZCS)

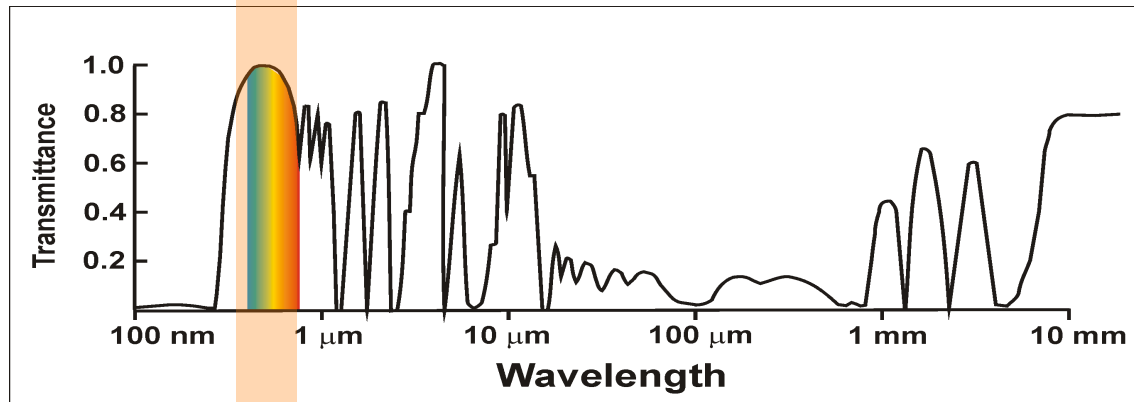
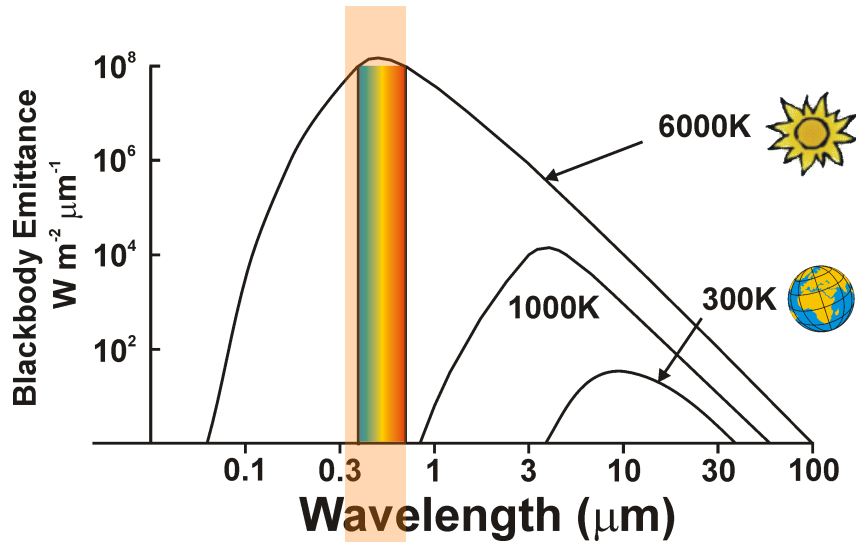
Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)

MODerate resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)

MEdium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS)

Παγκόσμια ωκεάνια κατανομή φυτοπλαγκτόν από το ωκεάνιο χρώμα

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

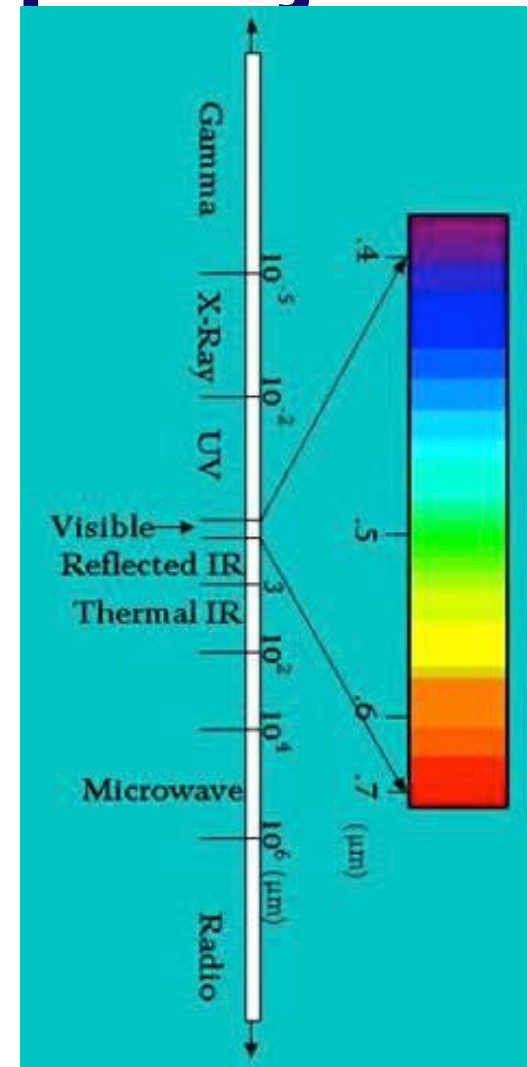


Μετρήσεις του χρώματος των ωκεανών: βασίζονται σε ηλεκτρομαγνητική ενέργεια του μήκους κύματος 400-700 nm.

Η ενέργεια που εκπέμπεται από τον ήλιο, διαβιβάζεται μέσω της ατμόσφαιρας και αντανακλάται από την επιφάνεια της γης.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

- Το ηλιακό φως δεν ανακλάται απλά από την επιφάνεια της θάλασσας.
- Το χρώμα της επιφάνειας του νερού είναι αποτέλεσμα της ακτινοβολίας του ήλιου η οποία:
 - έχει εισέλθει στην θάλασσα,
 - έχει υποστεί σειρά διεργασιών (λόγω του φυτοπλαγκτόν και άλλων αιωρούμενων σωματιδίων του ανώτερου στρώματος,
 - επιλεκτική απορρόφηση,
 - σκέδαση,
 - αντανάκλαση),
 - οπισθοσκεδάζεται μέσω της επιφάνειας του νερού.



Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος



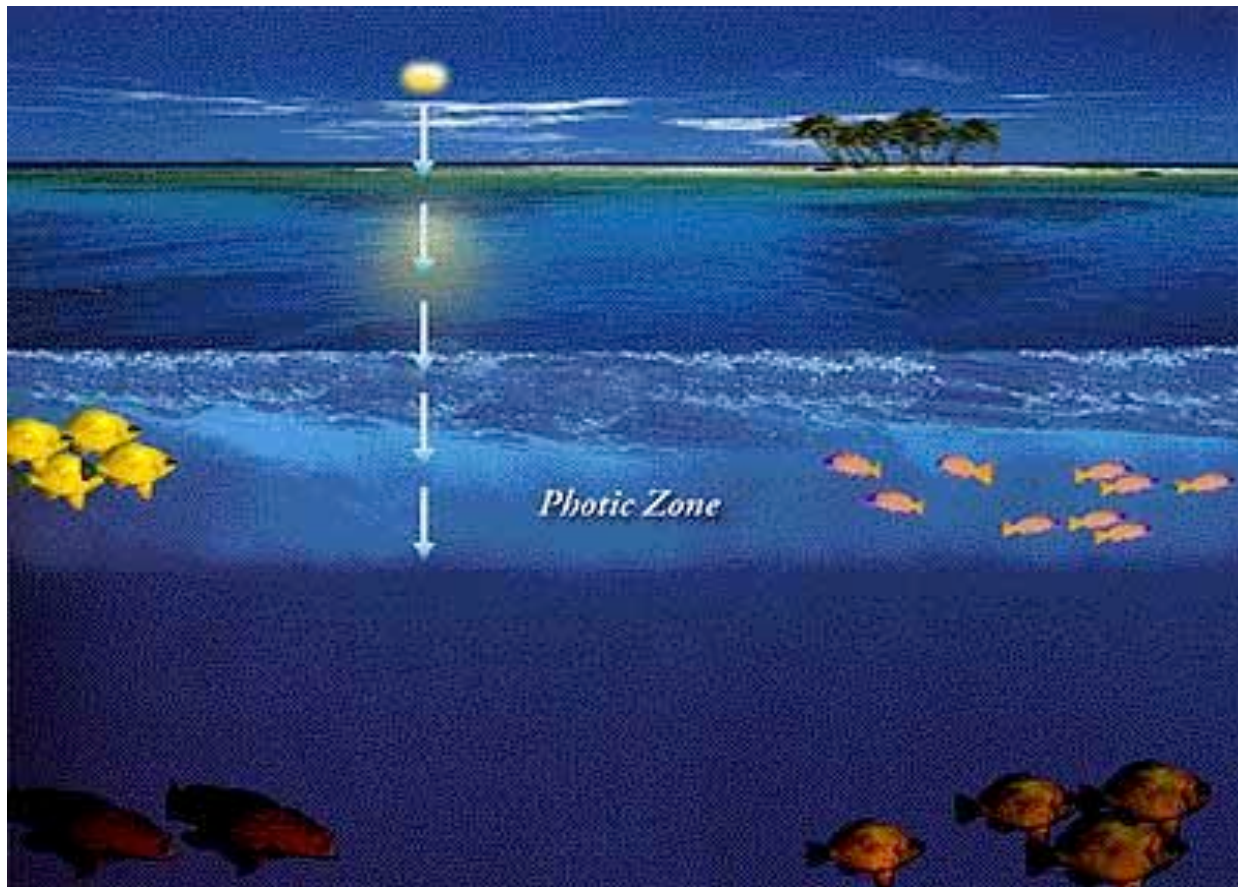
- Υπέρυθρο → ακτινοβολία εκπέμπεται από το ανώτατο στρώμα της θάλασσας (10-15 μm).

- Παρατηρήσεις χρώματος θάλασσας στο ορατό (μπλε – πράσινο) → διεργασίες μέχρι 50 m βάθος.

- Η διαπερατότητα του καθαρού νερού της θάλασσας είναι πολύ μεγάλη.
- Το ανώτερο στρώμα του νερού με δεκάδες μέτρα βάθος συμβάλλει στο χρώμα των ωκεανών.
- Η συνεισφορά μειώνεται με το βάθος.

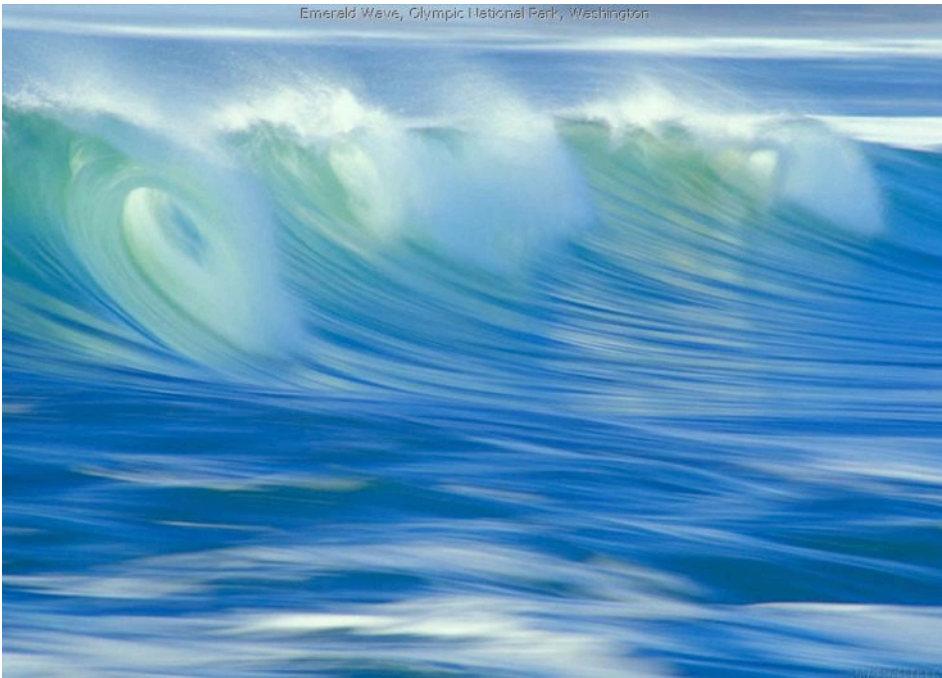
Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

- Σε θολά παράκτια ύδατα το βάθος που συμβάλει στο ωκεάνιο χρώμα μειώνεται σε μετρικά μέτρα ή και λιγότερο.



Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

- Το χρώμα της επιφάνειας των ωκεανών εξαρτάται από το χρώμα του φωτός του ήλιου, το οποίο μεταφέρεται μέσω της ατμόσφαιρας.



Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος



- Το χρώμα των επιφανειακών υδάτων ρυθμίζεται από το χρώμα του καθαρού νερού των ωκεανών

και

- τις συγκεντρώσεις των διαφόρων τύπων σωματιδίων που αιωρούνται στο ανώτερο στρώμα του νερού.
- Αεροφωτογραφία παράκτιας ζώνης με υψηλές συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτόν.
- Αλλαγή της καθαρότητας και του χρώματος του νερού.

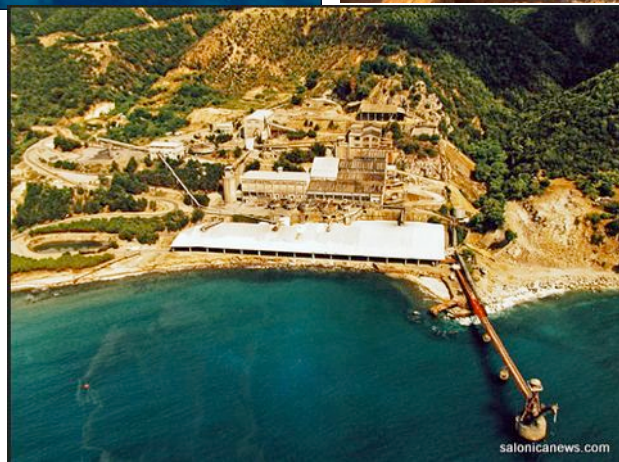
Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος



Δεξια Στρατωνι 2010, πλημμυρα.
Αριστερα Σκουριες 2013, μόλυνση.
Βρες τις διαφορες.

Η αεροφωτογραφία της λασπωμένης παραλίας του Στρατωνίου από την καταστροφική νεροποντή του Φεβρουαρίου του 2010, που το "CSI IERIS...SOS" χρέωσε στη μεταλλευτική δραστηριότητα ,μετονομάστηκε χθες σε "παραλία Σκουριών - 2013" και ανέβηκε για... μαζική κατανάλωση στα δίκτυα κοινωνικής ενημέρωσης και ξαναπλασάρεται σαν μόλυνση, όπως και τότε...

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος



Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Το χρώμα του θαλασσινού νερού εξαρτάται από την συγκέντρωση χλωροφύλλης, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από βιομάζα του φυτοπλαγκτόν.



Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Η αλλαγή του χρώματος των υδάτων είναι επίσης εμφανής μέσω δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων σε έγχρωμες εικόνες.



Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος



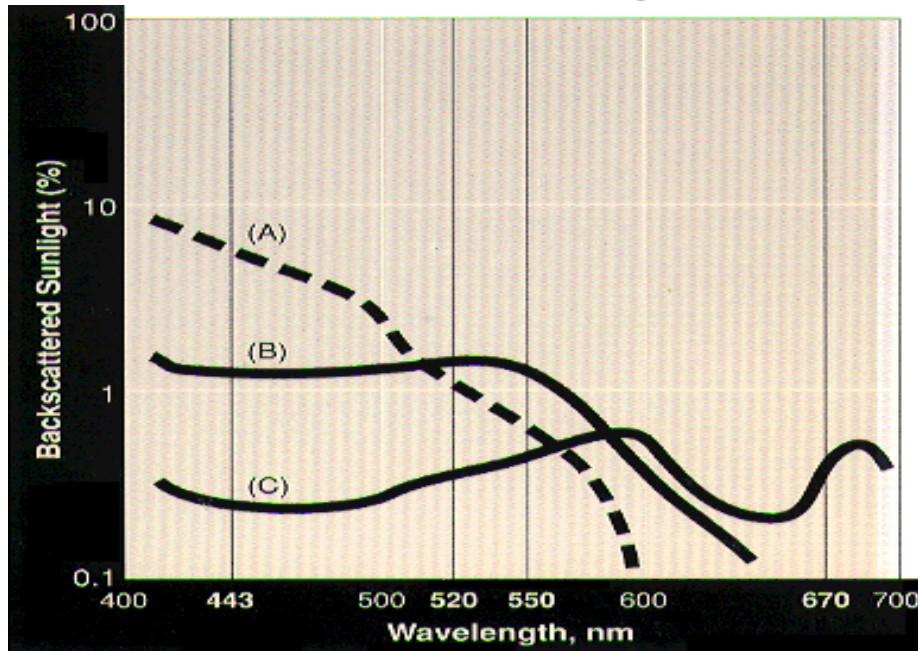
Γιατί η επιφάνεια της θάλασσας φαίνεται μπλε;

Καθαρό νερό → απορροφά το κόκκινο φως → την ηλιακή ακτινοβολία μεγάλων μηκών κύματος → μεταδίδει - διασκορπίζει την ακτινοβολία των μικρών μηκών κύματος.

Τα κύτταρα του φυτοπλαγκτόν περιέχουν χλωροφύλλη, η οποία απορροφά άλλα μήκη κύματος και συμβάλλει στο πράσινο χρώμα του νερού.

Σε παράκτιες περιοχές ανόργανη ύλη οπισθοσκεδάζει το φως του ήλιου, συμβάλλοντας στο πράσινο, κίτρινο και καφέ χρώμα του νερού.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος



- Χρώμα (συμπεριλαμβανομένου του υδάτινου χρώματος) μετριέται με βάση το φάσμα του ορατού φωτός που εκπέμπεται από το αντικείμενο μελέτης.

- Το καθαρό νερό των ωκεανών (A) έχει μέγιστη εκπομπή στο (μπλε) μήκος κύματος και σχεδόν μηδενική το κίτρινο και κόκκινο.

Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση φυτοπλαγκτόν (δηλ. χλωροφύλλη και άλλες φυτικές χρωστικές ουσίες), τόσο μεγαλύτερη είναι η συνεισφορά σε πράσινο χρώμα (B).

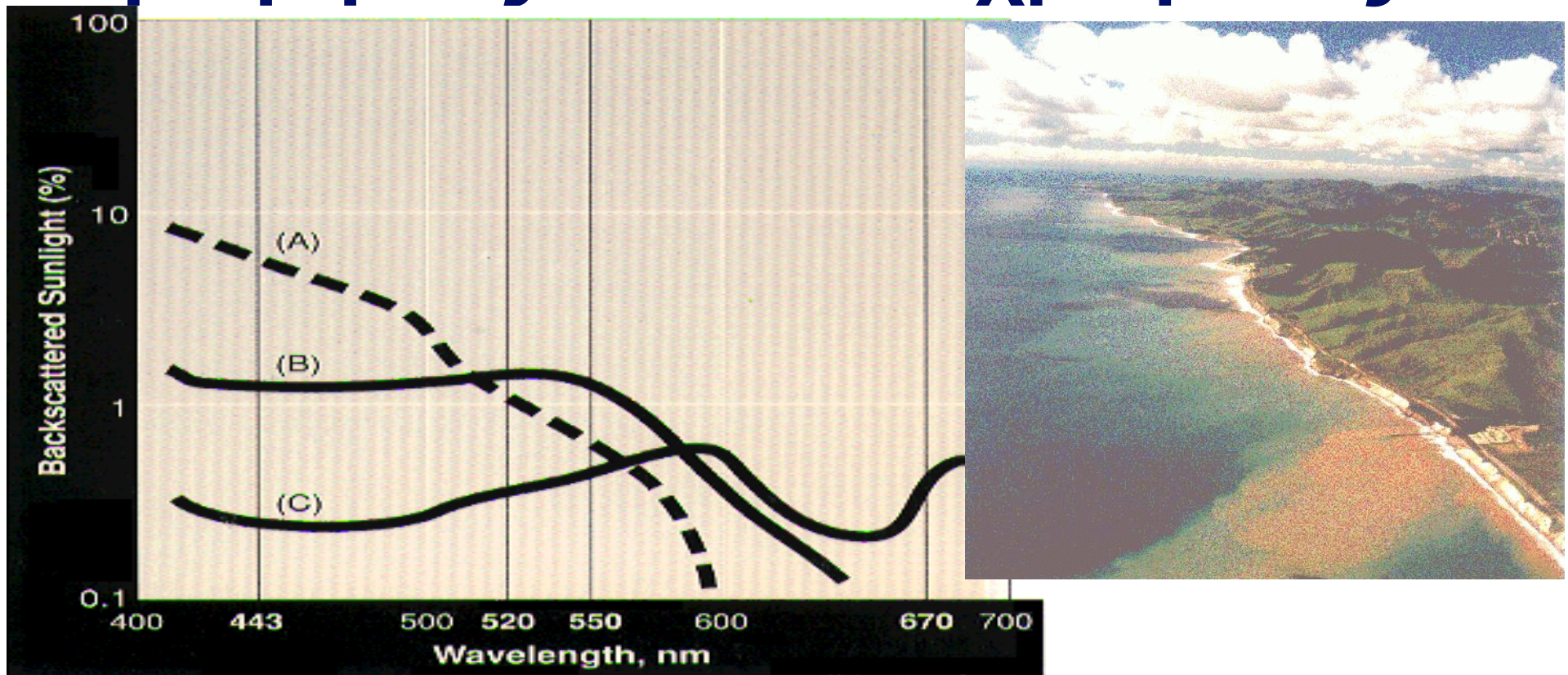
Στις παράκτιες ζώνες με υψηλή συγκέντρωση νεκρής οργανικής και ανόργανης ύλης το φάσμα του φωτός έχει μέγιστη συνεισφορά στο κόκκινο (C).

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Οι πηγές των αλλαγές στο ωκεάνιο χρώμα περιλαμβάνουν:

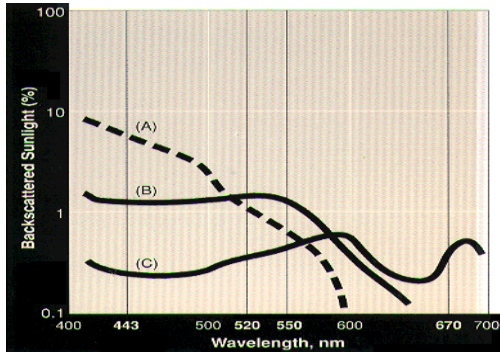
- Φυτοπλαγκτόν και τις χρωστικές ουσίες του,
- Διαλυμένο οργανικό υλικό,
 - Colored Dissolved Organic Material (CDOM, yellow matter, *gelbstoff*) προέρχονται από την αποσύνθεση της φυτικής ύλης (στη γη) ή/και αλλοιωμένο φυτοπλαγκτόν λόγω τροφής – φωτόλυσης.
- Αιωρούμενα σωματίδια,
 - Οργανικά σωματίδια (τρίμματα): αποτελούνται από θραύσματα κυττάρων φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν και κόπτρανα ζωοπλαγκτόν.
 - Τα ανόργανα σωματίδια: αποτελούνται από άμμο και σκόνη λόγω διάβρωσης των χερσαίων πετρωμάτων και εδαφών. Εισέρχονται στη θάλασσα μέσω: ποταμών, εναπόθεση σκόνης, αιωρήματα από τα ιζήματα του βυθού.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος



Τόσο τα CDOM όσο και τα αιωρούμενα σωματίδια απορροφούν το ηλιακό φως σε μεγάλο βαθμό στην μπλε ζώνη συχνοτήτων → καφετί κίτρινο χρώμα στο νερό.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος



• Δεδομένης της πυκνότητας του φυτοπλαγκτόν και των αιωρούμενων υλικών, οι Morel και Prieur (1977) χωρίζουν τα θαλάσσια ύδατα σε περίπτωση 1 και περίπτωση 2 (case 1 and case 2 waters).

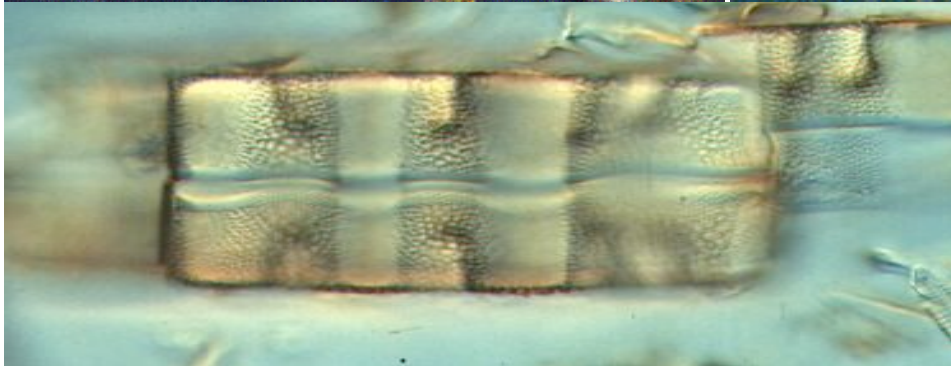
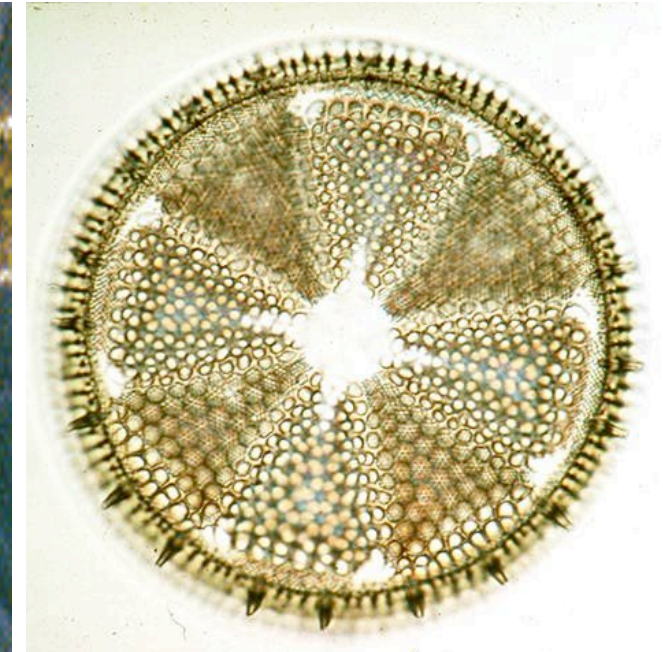
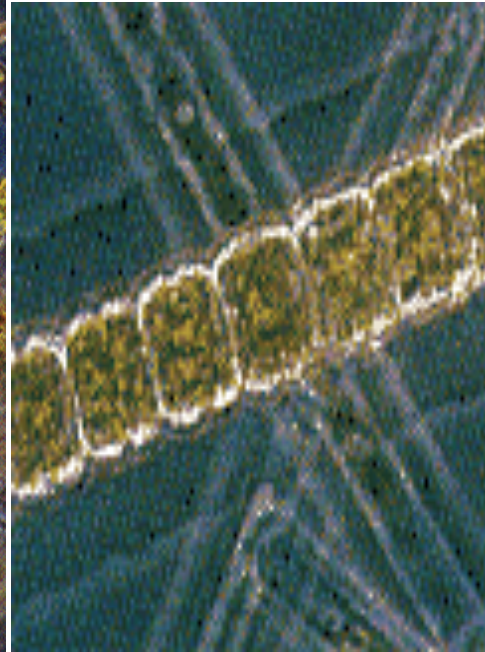
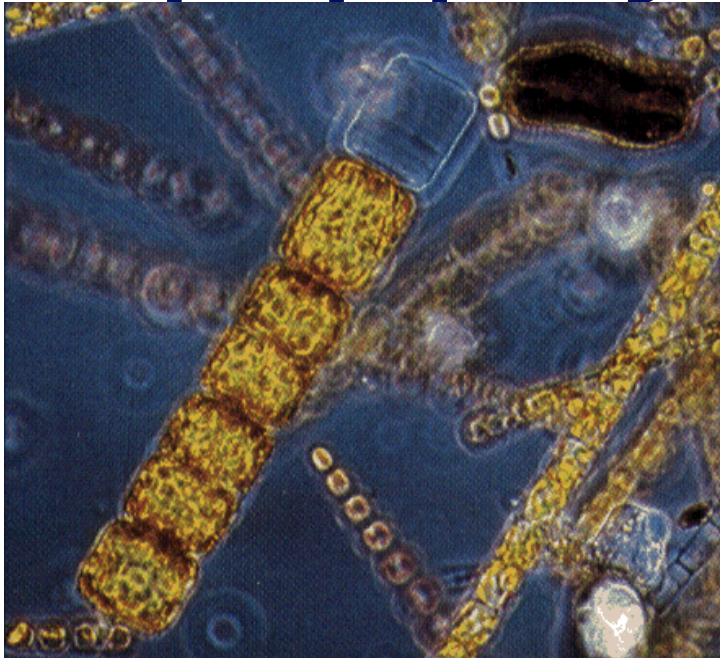
• Ύδατα της περίπτωσης 1 (case 1 waters): στις οι οπτικές ιδιότητες του νερού κυριαρχούν οι χρωστικές του φυτοπλαγκτόν και των παραγώγων του.

• Ύδατα της περίπτωσης 2 (case 2 waters): στις οι οπτικές ιδιότητες του νερού κυριαρχούν τα διαλυμένα οργανικά υλικά και τα αιωρούμενα σωματίδια.

Τα ύδατα περίπτωσης 2 καταλαμβάνουν μικρότερο θαλάσσιο χώρο από ότι τα ύδατα της περίπτωσης 1

Παράκτιες ζώνες → απορροή ποταμών, υψηλή πυκνότητα ανθρώπινων δραστηριοτήτων → αλιεία, αναψυχή, ναυτιλία. Είναι εξίσου σημαντικές.

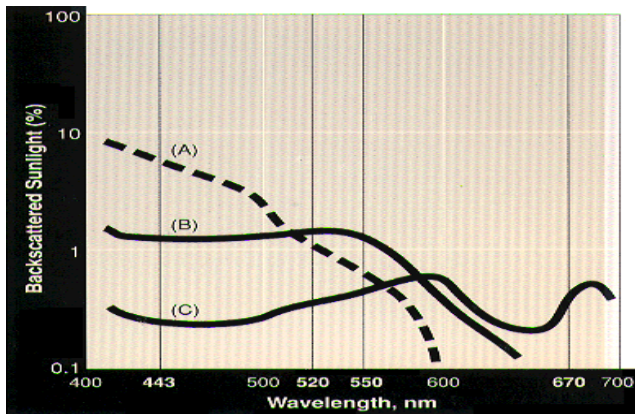
Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος



Το πράσινο χρώμα των φυτών, συμπεριλαμβανομένου του φυτοπλαγκτόν, είναι αποτέλεσμα φυτικών ουσιών (plant pigments), κυρίως χλωροφύλλης-α (chlorophyll-a).

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Η ανάκλαση της θαλάσσιας υπό-επιφάνειας $R(\lambda)$ βασίζεται στην οπισθοσκέδαση $b_b(\lambda)$ και την απορρόφηση $a(\lambda)$ των διαφορετικών συστατικών.



$$R(\lambda) = G \frac{b_b(\lambda)}{a(\lambda) + b_b(\lambda)}$$

Όπου G σταθερά που εξαρτάται από τη γωνία του προσπίπτον φωτός.

Διαφορετικά μήκη κύματος είναι σημαντικά για την παρατήρηση αιωρούμενων στερεών και χλωροφύλλης.

Κύρια απορρόφηση χλωροφύλλης \rightarrow 443 nm,

Κύρια απορρόφηση CDOM \rightarrow 410 nm,

Μετρήσεις στο φάσμα 500 – 550 nm όπου έχουμε μηδενική απορρόφηση Chl-a και μεγάλη απορρόφηση από φυτικά σωματίδια (καροτενοειδή).

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Τέσσερις δέκτες είναι ιδιαίτερα σημαντικοί για την δορυφορική παρατήρηση του ωκεάνιου χρώματος:

CZCS: Coastal Zone Color Scanner (1978 - 1986)

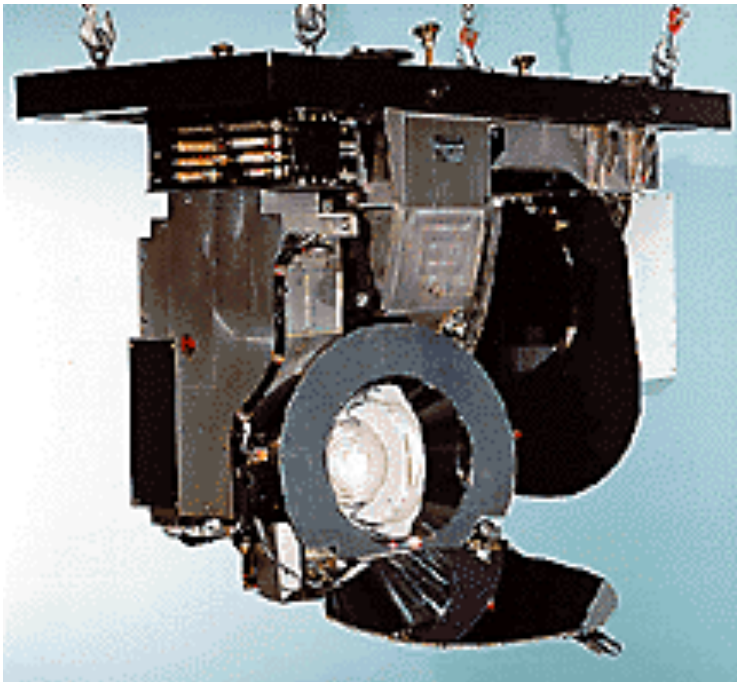
SeaWiFS: Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (1997 -)

MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (Terra and Aqua)

MERIS: MEidium Resolution Imaging Spectrometer (ENVISAT)

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

CZCS: Coastal Zone Color Scanner (1978 - 1986)



Έγχρωμος σαρωτής παράκτιας ζώνης (CZCS):

- πολυ-φασματικός σαρωτής (γραμμής),
- αναπτύχθηκε από τη NASA για την παρατήρηση των ωκεανών,
- το χρώμα αποτέλεσε μέσο για τον καθορισμό:
 - συγκέντρωσης χλωροφύλλης,
 - διαλυμένων σωματιδίων.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

CZCS: Coastal Zone Color Scanner (1978 - 1986)

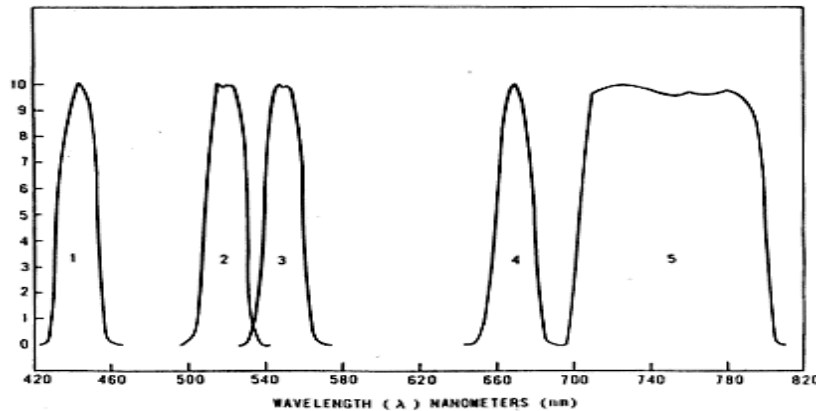


Ο δέκτης CZCS βρισκόταν στον δορυφόρο Nimbus-7, ο οποίος εκτοξεύτηκε τον Οκτώβριο του 1978.

Λόγω των απαιτήσεων ισχύος των διαφόρων πειραμάτων οι δέκτες του Nimbus-7 λειτουργούσαν με διακεκομμένο χρονοδιάγραμμα. Ο αισθητήρας στο υπέρυθρο/θερμικό (κανάλια 6-10.5-12.5 micron), σταμάτησε την λειτουργία του στον πρώτο χρόνο.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

CZCS: Coastal Zone Color Scanner (1978 - 1986)



Τα κανάλια του δέκτη και η βασική λειτουργία τους.

Ο δέκτης λάμβανε την ηλιακή ηλεκτρομαγνητική ενέργεια σε 5 κανάλια:

- 1 433-453 nm (blue)
- 2 510-530 nm (green)
- 3 540-560 nm (yellow)
- 4 660-680 nm (red)
- 5 700-800 nm (far red)



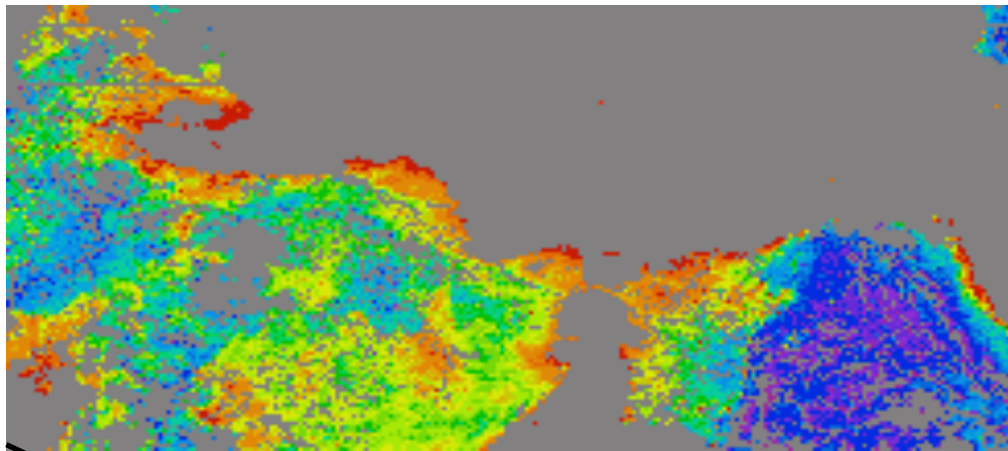
- απορρόφηση χλωροφύλλης
- συγκέντρωση χλωροφύλλης
- συγκέντρωση *Gelbstoffe*
- απορρόφηση αεροζόλ
- εντοπισμός σύννεφων

Η υπέθυρη ακτινοβολία μετριόνταν σε ένα κανάλι:

- 6 10.5-12.5 microns (infra-red) ΕΘΘ

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

CZCS: Coastal Zone Color Scanner (1978 - 1986)



Ο δέκτης CZCS είχε:

- λουρίδα κάλυψης 1556 km και
- χωρική διακριτική ικανότητα 0.825 km στο ναδίρ.

Σε ένα χρονικό διάστημα δύο λεπτών κάλυπτε περίπου 1,3 εκατομμύρια km² θαλάσσιας επιφάνειας.

Σύλλεξε συνολικά περί τις 60.000 δορυφορικές απεικονίσεις στο διάστημα 2 Νοεμ 1978 – 22 Ιουν, 1986.

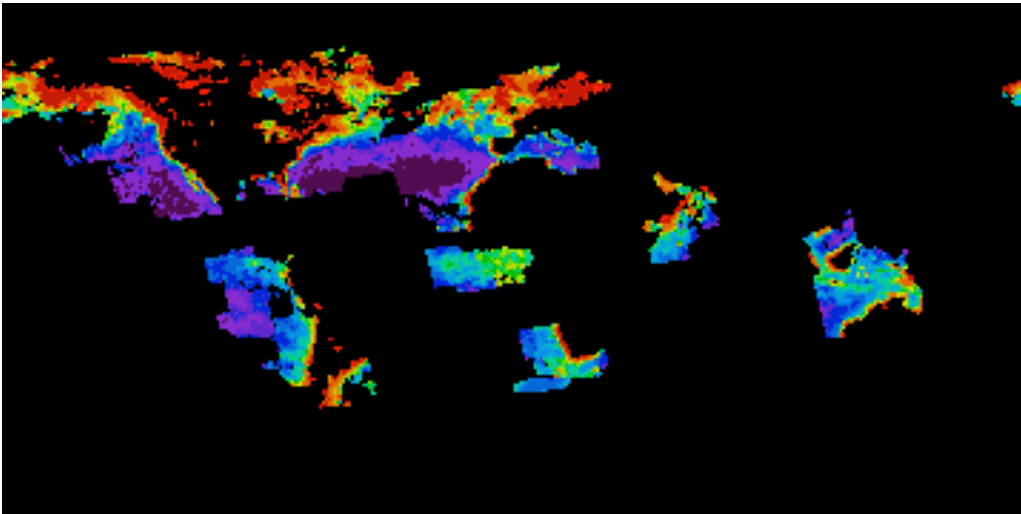
Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

CZCS: Coastal Zone Color Scanner (1978 - 1986)

Τα δεδομένα του Επίπεδου 1 επεξεργάστηκαν στο Επίπεδο 2 → συγκεντρώσεις χρωστικών στην θάλασσα.

Τα δεδομένα του Επίπεδου 2 μετασχηματίστηκαν σε ημερήσια, εβδομαδιαία και μηνιαία δεδομένα (σε πλαίσιο αναφοράς) →

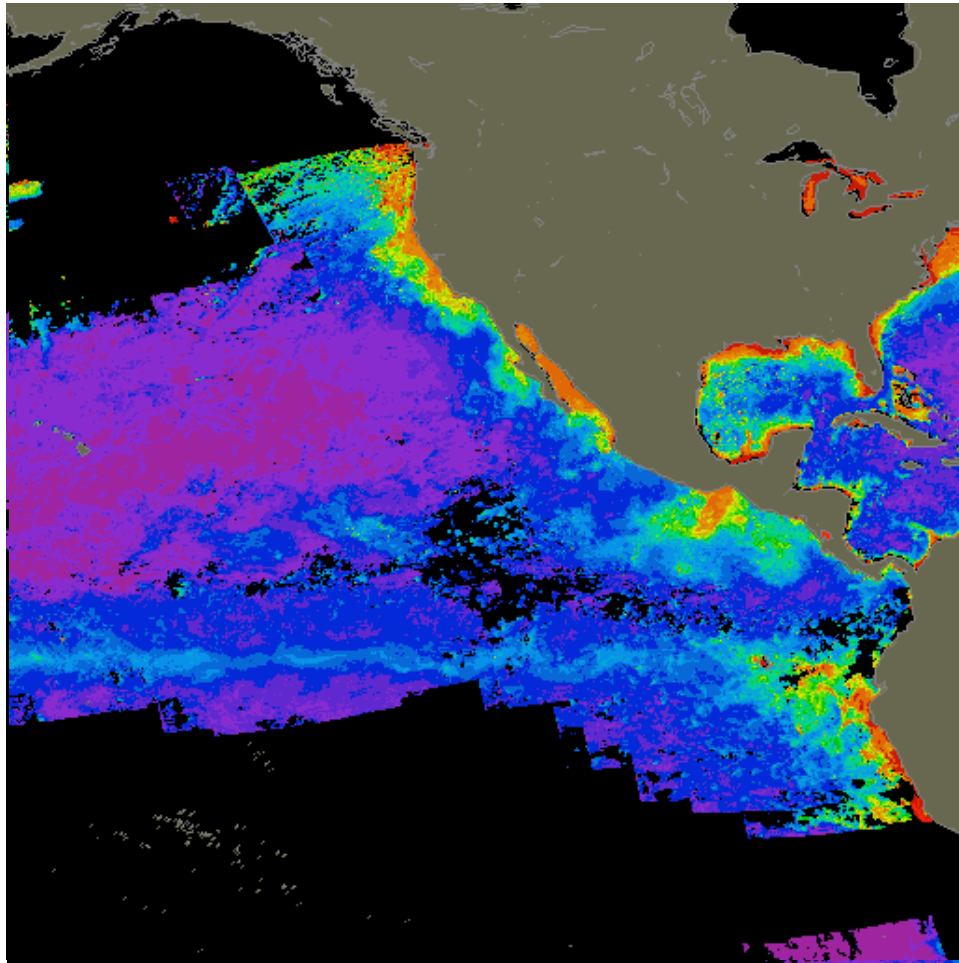
Επίπεδο 3 δεδομένα (πλέγμα συντεταγμένων διαστάσεων 1024 x 2048 με ανάλυση ~18.5 km στον ισημερινό).



Τα ημερήσια και τα εβδομαδιαία δεδομένα δεν ήταν αρκετά για παγκόσμια μελέτη συγκεντρώσεων χρωστικών στην θάλασσα.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

CZCS: Coastal Zone Color Scanner (1978 - 1986)

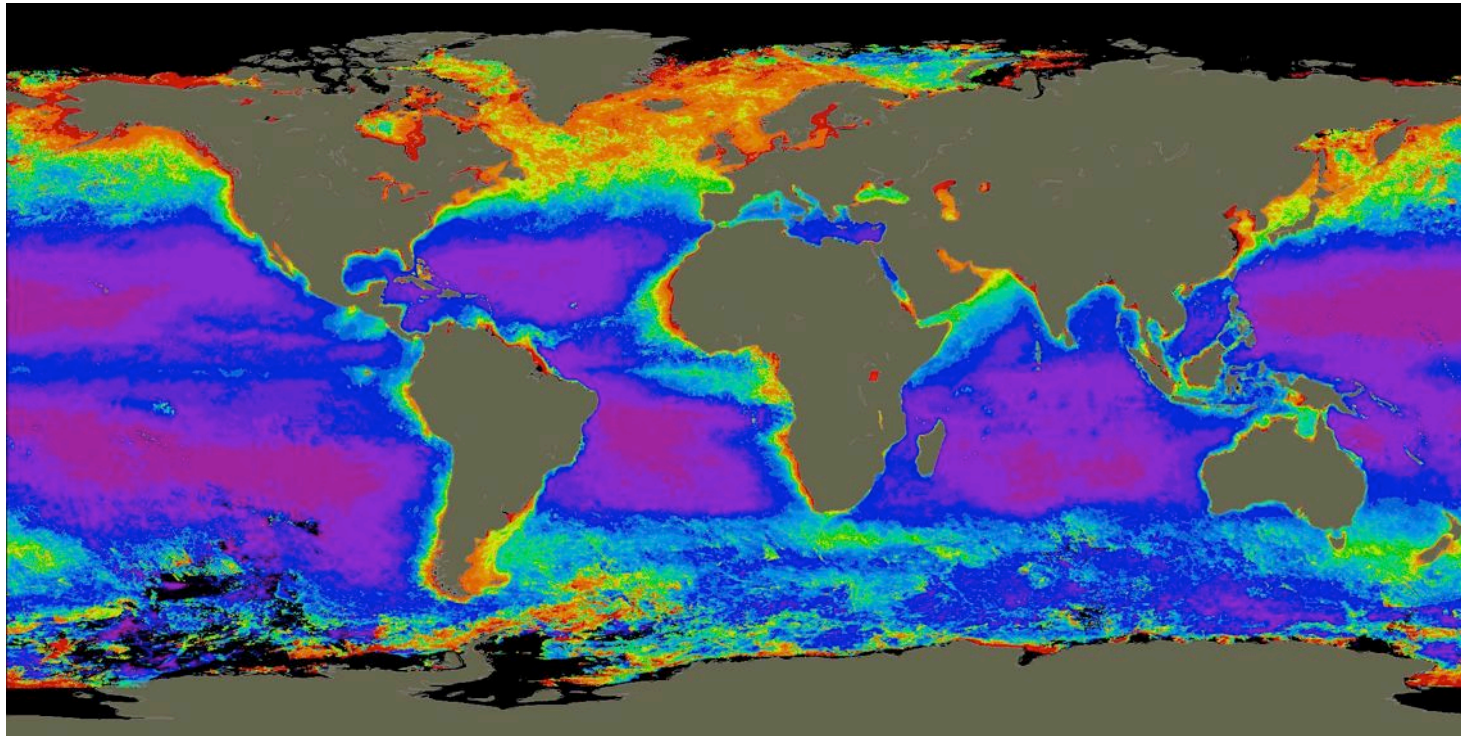


Μηνιαία δεδομένα
επιπέδου 3 (Level 3)
συνθέτουν ρεαλιστικά
πρότυπα
συγκεντρώσεων
φυτοπλαγκτόν σε
διάρκεια 7.5 χρόνων
(Νοεμ 1987 – Ιούν 1986)

Δεκέμβριος 1979

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

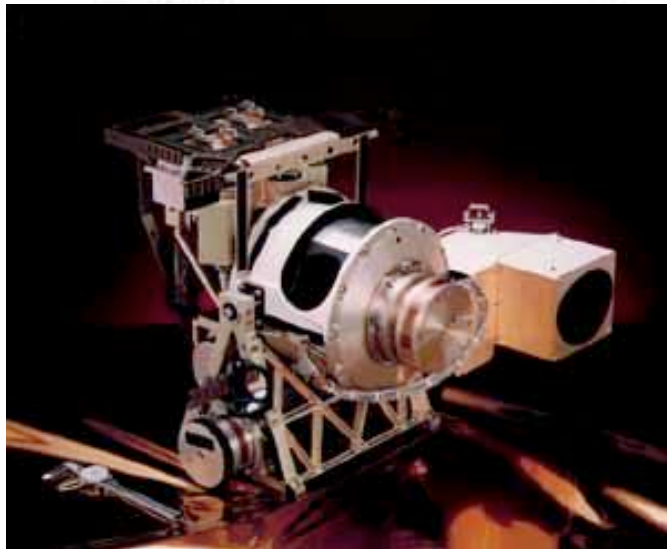
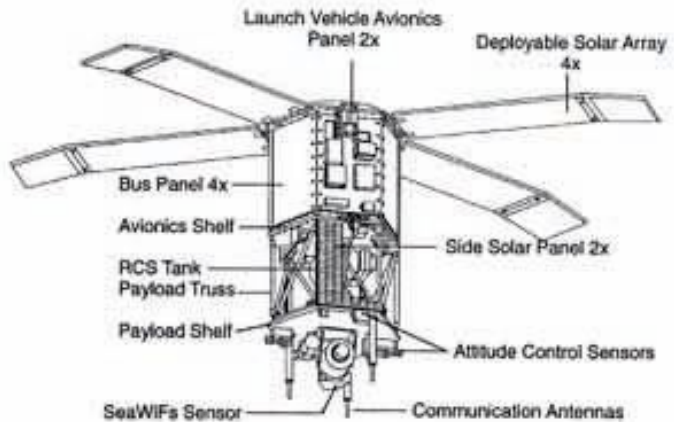
CZCS: Coastal Zone Color Scanner (1978 - 1986)



Συνολική συγκέντρωση φυτοπλαγκτόν σε πλανητικό επίπεδο για όλη την διάρκεια ζωής του CNCS (Νοέμβριος 1978 – Ιούνιος 1986).

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



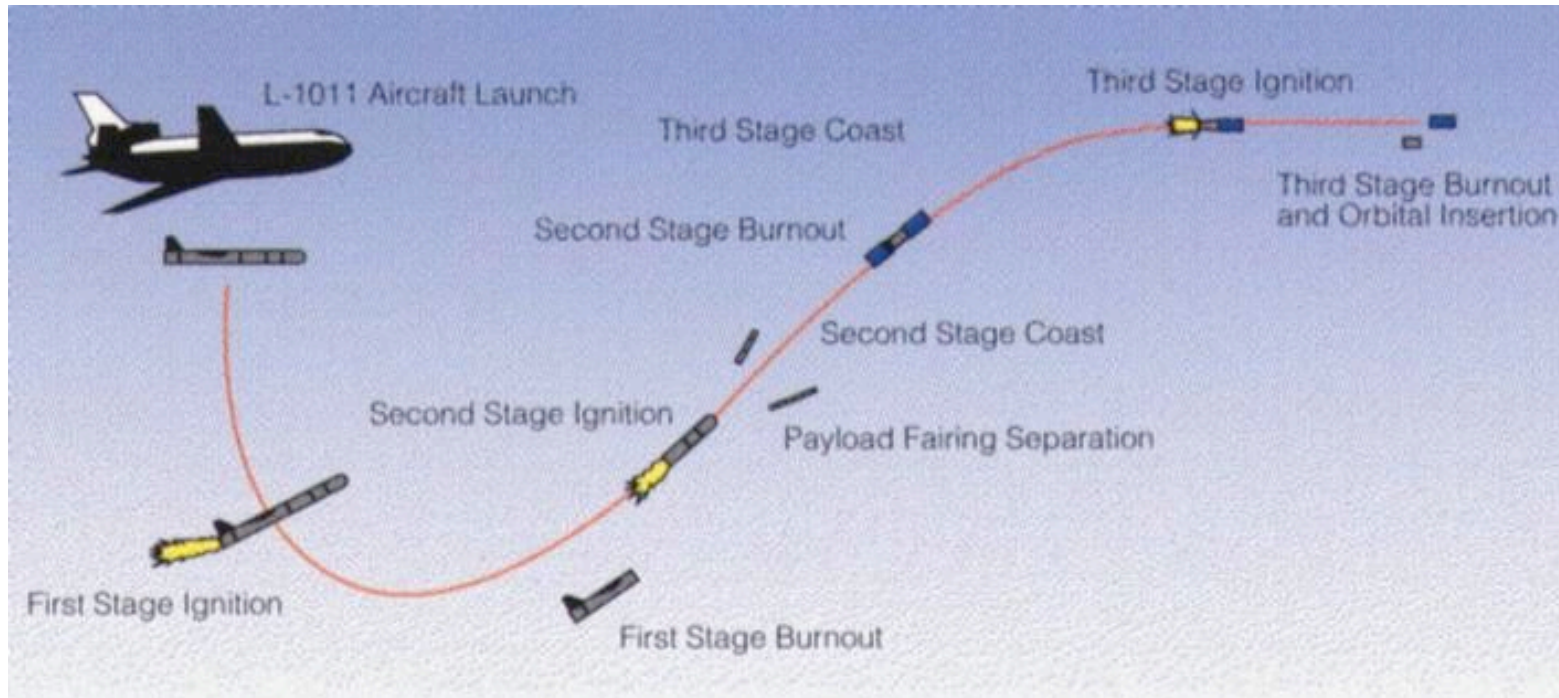
Ο σχεδιασμός του προγράμματος SeaWiFS ξεκίνησε το 1980, αμέσως μετά το τέλος του CZCS.

Η αρχική εκτόξευση του δορυφόρου είχε προγραμματιστεί το 1993, αλλά τελικά εκτοξεύτηκε το 1997.

Το ραδιόμετρο SeaWiFS και ο δορυφόρος OrbView-2 αναπτύχθηκε από την ORBIMAGE σε συνεργασία με την NASA.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



Ο δορυφόρος OrbView-2 μπήκε σε χαμηλή τροχιά με την χρήση αερομεταφερόμενου μέσου και πυραύλου (Pegasus) την 1η Αυγούστου 1997.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)

Χαρακτηριστικά αποστολής



Orbit Type

Sun Synchronous

Altitude

705 km

Equator Crossing

**Noon +20 min
descending**

Orbital Period

99 minutes

Swath Width

**2,801 km
LAC/HRPT
(58.3 degrees)**

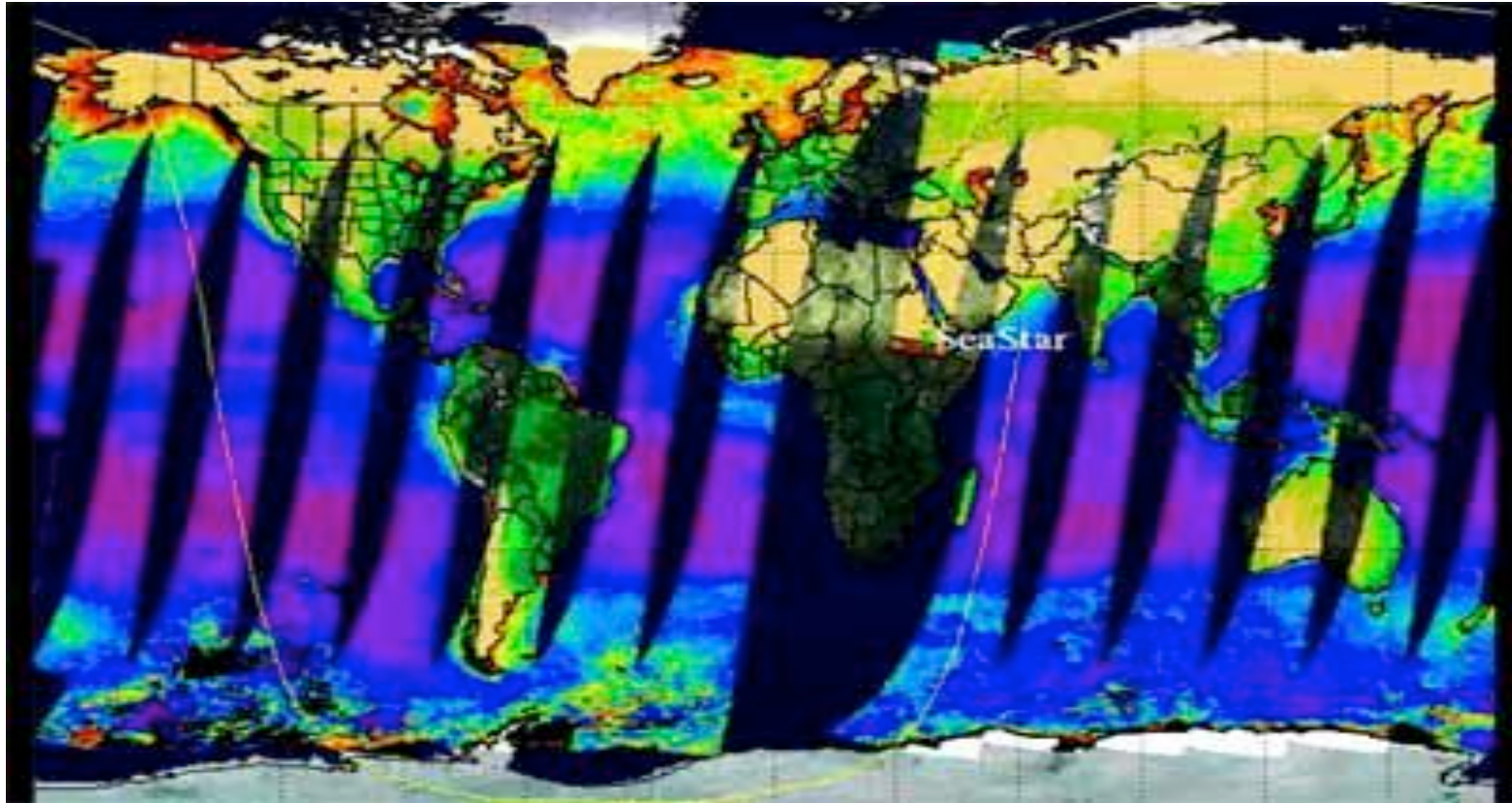
Spatial Resolution

**1,502 km GAC
(45 degrees)

1.1 km LAC,
4.5 km GAC**

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

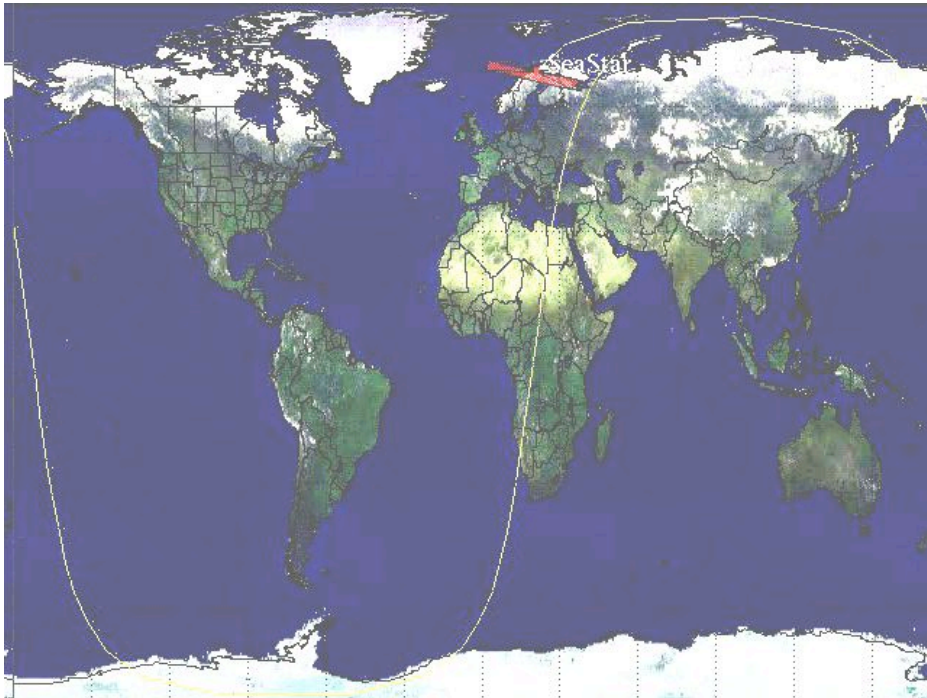
Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



- Οι λουρίδες κάλυψης (swaths) αλληλεπικαλύπτονται σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη και χωρίζονται σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη.
- Κάθε περιοχή του ωκεανού παρατηρείται κάθε δεύτερη ημέρα.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



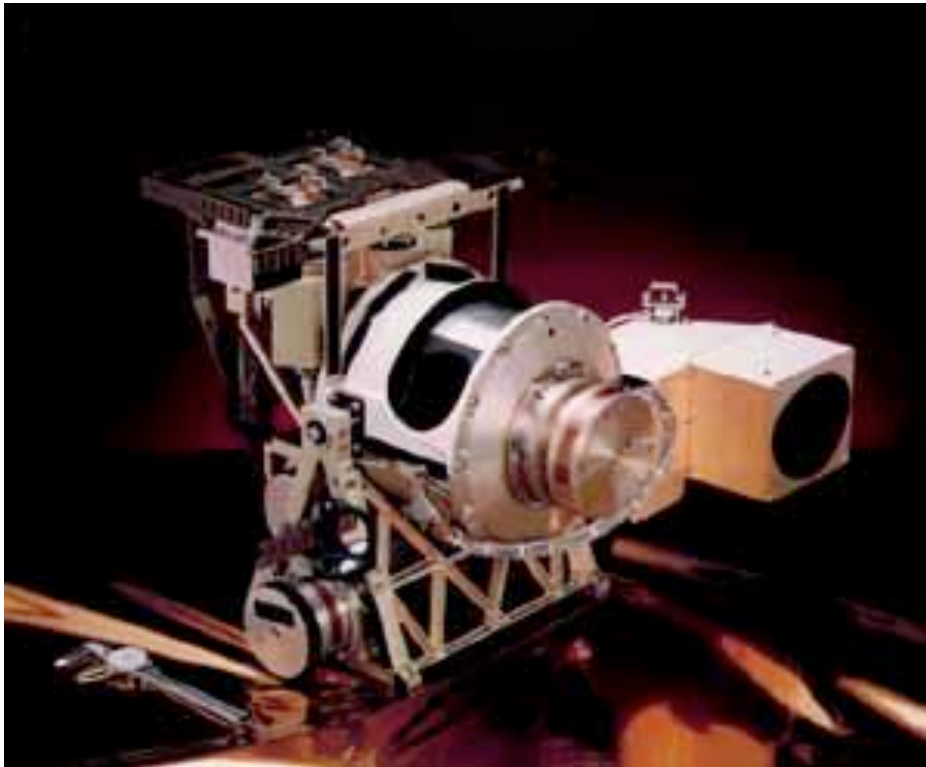
Το σύστημα πλοήγησης του δορυφόρου OrbitView-2 είναι:

- ένα αυτόνομο σύστημα,
- με πλήρεις πληροφορίες σχετικά με το ύψος του διαστημικού σκάφους,
- η τροχιακή θέση του είναι μέρος της ροής δεδομένων πληροφορίας που στέλνει ο δορυφόρος.









Ο προσδιορισμό της τροχιάς γίνεται με GPS που βρίσκεται στον δορυφόρο. Ο δέκτης GPS προσδίδει ακρίβεια 100 m μετά από επεξεργασία.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)

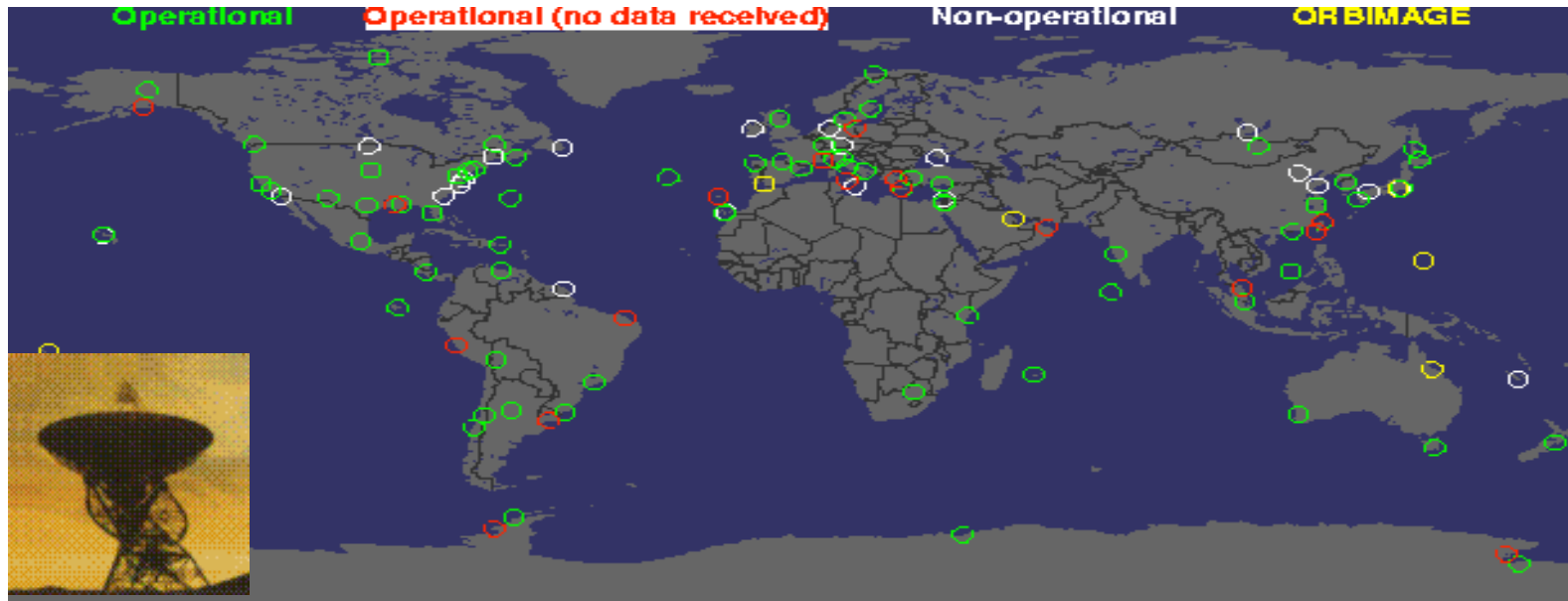


Κανάλια Δέκτη (Instrument Bands)

Band	Wavelength	
1	402-422 nm	
2	433-453 nm	
3	480-500 nm	
4	500-520 nm	
5	545-565 nm	
6	660-680 nm	
7	745-785 nm	
8	845-885 nm	

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)

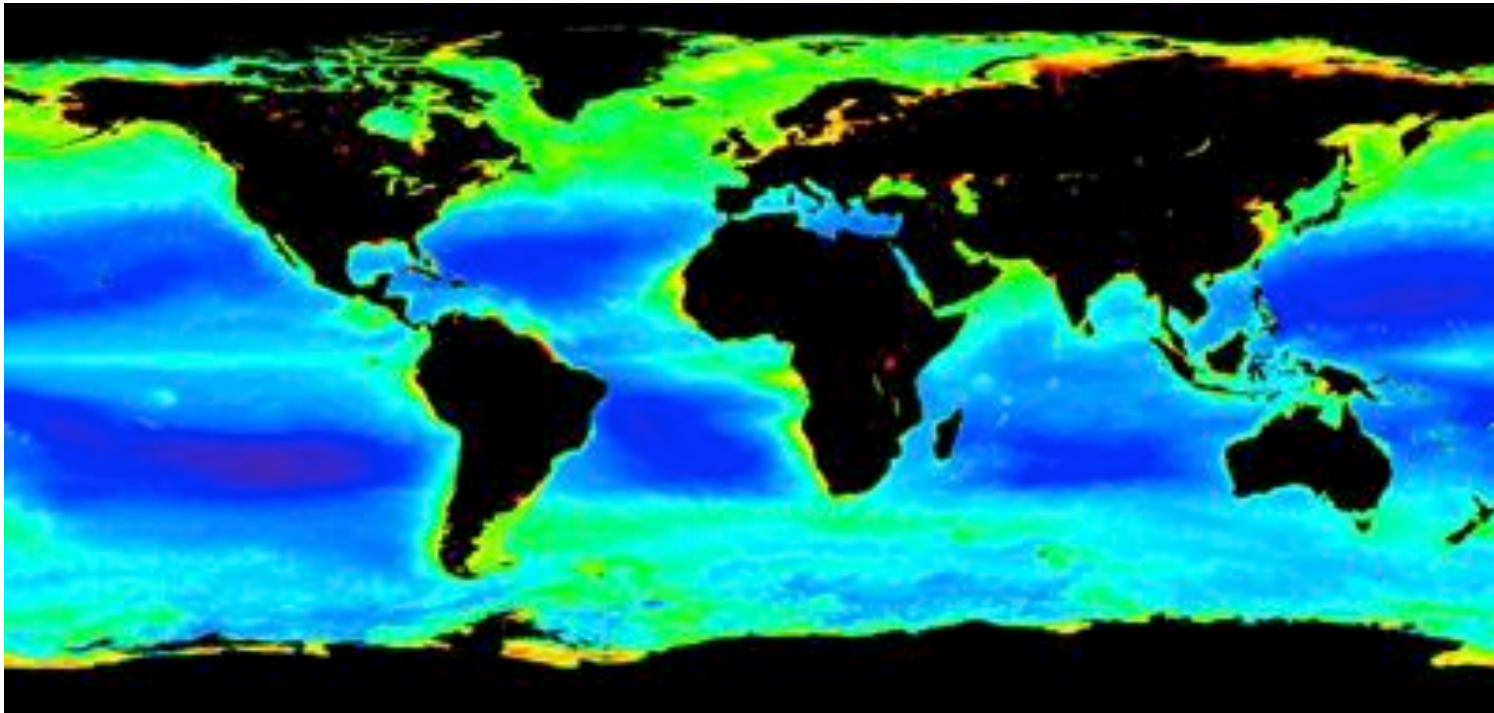


Περί του 130 σταθμούς (2004) → LAC δεδομένα με χωρική διακριτική ικανότητα 1 km.

NASA Goddard Space Flight Center (GSFC) - Maryland → GAC δεδομένα με χωρική διακριτική ικανότητα 4 km.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

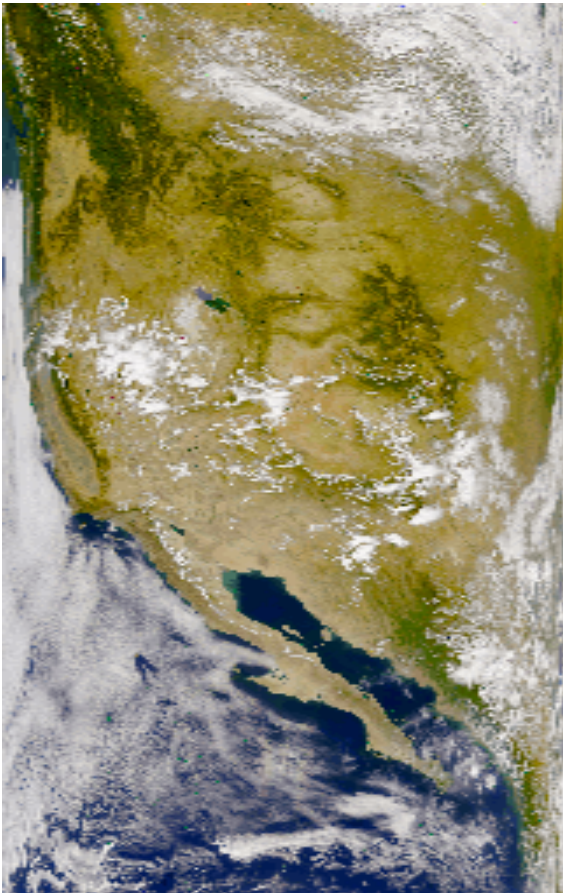
Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



- Δεδομένα για χρήση με χρονοκαθυστέρηση 2 εβδομάδων,
- Προστασία των εμπορικών συμφερόντων,
- Η πρόσβαση στα δεδομένα επιτρέπεται μόνο για ερευνητικούς σκοπούς από εξουσιοδοτημένους χρήστες.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



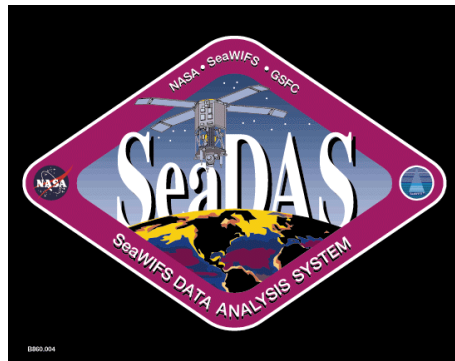
Δεδομένα κατηγορίας (Level) 1A:
Ακατέργαστα δεδομένα από όλες τις μπάντες και δεδομένα τηλεμετρίας και βαθμονόμησης. Αποθηκεύονται σε HDF file.

Δημιουργούνται δείγματα εικόνων για να μπορούν να επιλεγούν από τους ερευνητές.

Δεδομένα (Level) κατηγορίας 2: γεωφυσικοί παράμετροι μπορούν να υπολογιστούν από το Level 1 με την χρήση του λογισμικού SeaDAS.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



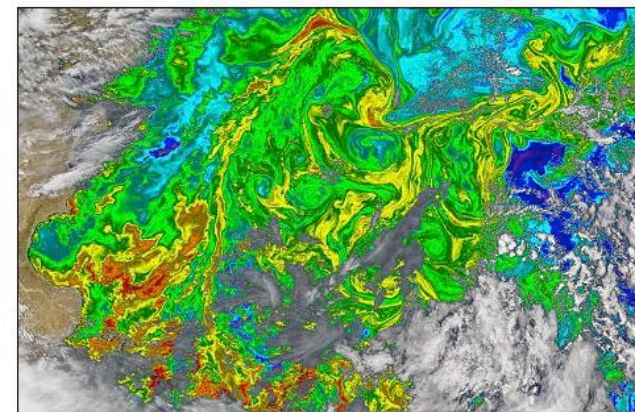
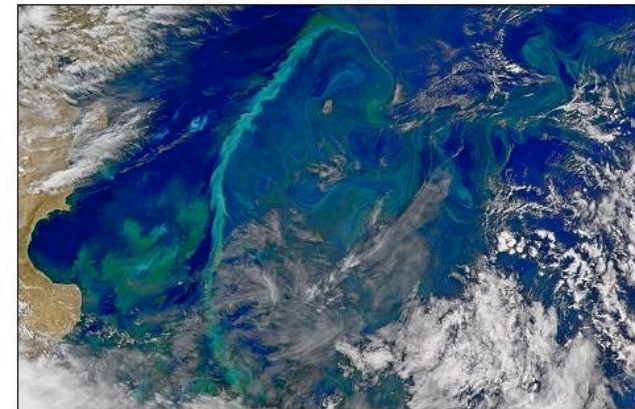
SeaDAS

(SeaWiFS Data Analysis System)

- δωρεάν λογισμικό για UNIX – LINUX – WIN,
- παραγωγή δεδομένων κατηγορίας 2 (Level 2 data) από δεδομένα κατηγορίας 1 (Level 1 data).

(MODIS, SeaWiFS, MERIS, OCTS, CZCS).

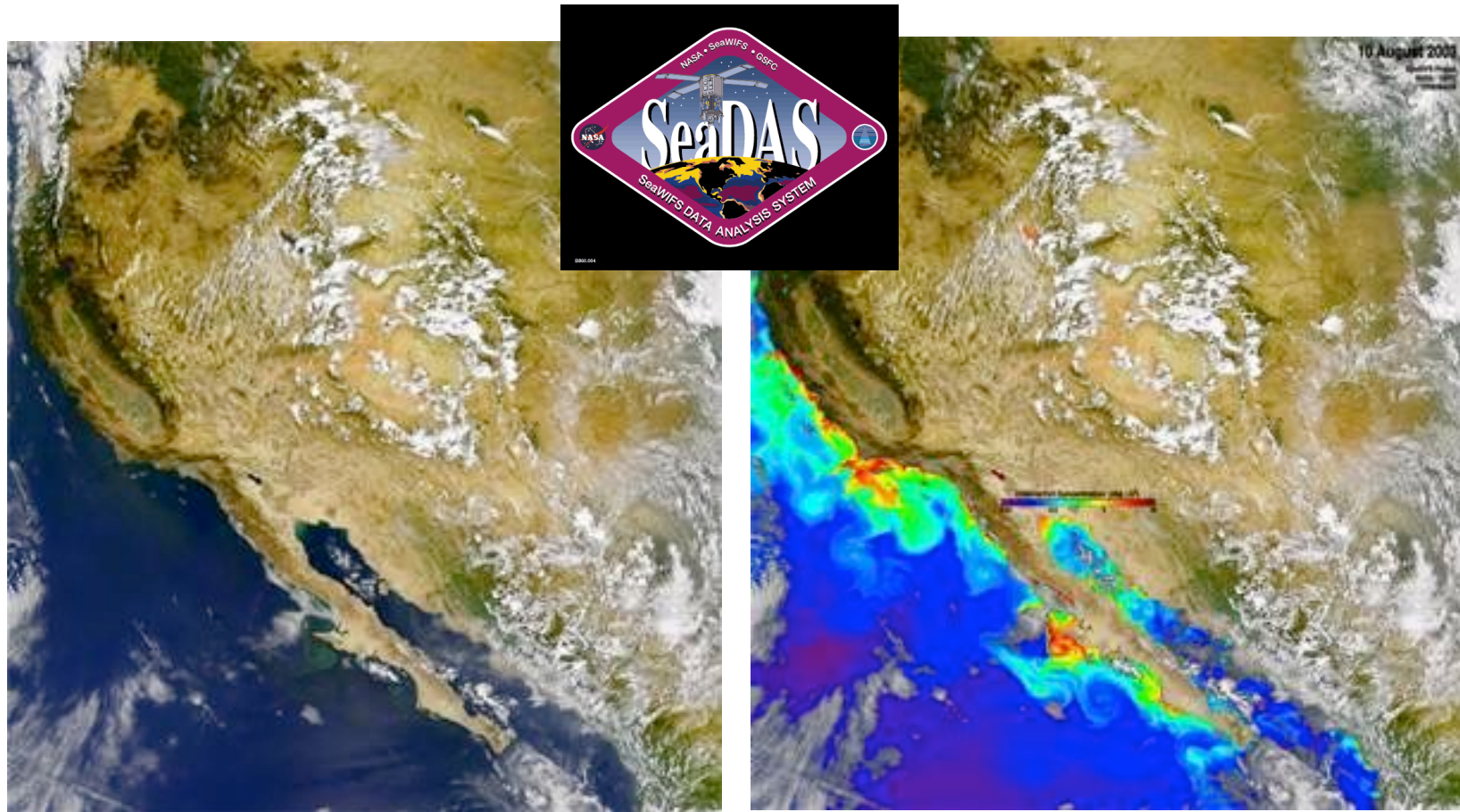
SeaWiFS 6 December 2004



Chlorophyll Concentration (mg / m³)
0.04 0.4 4 20

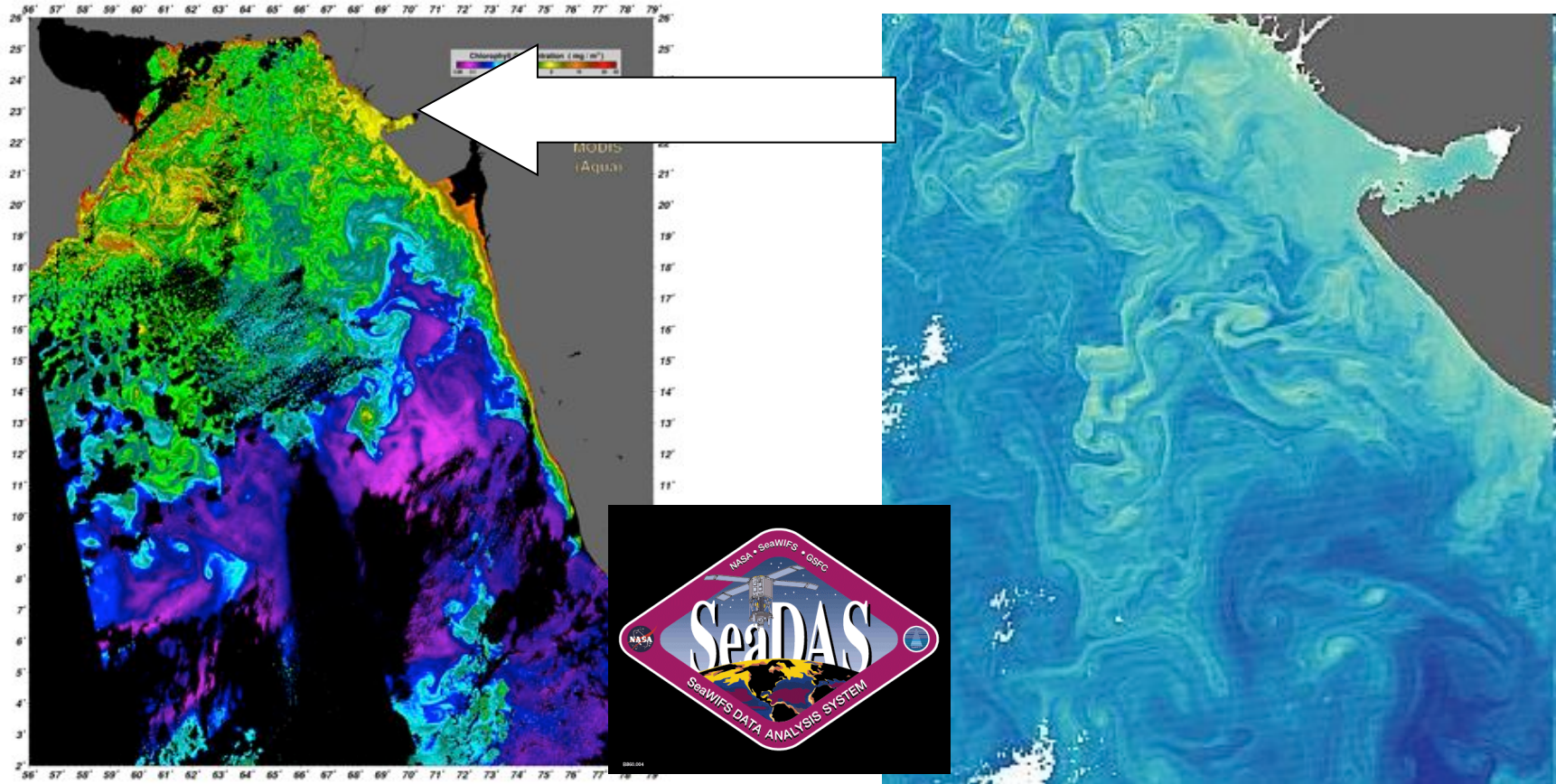
Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



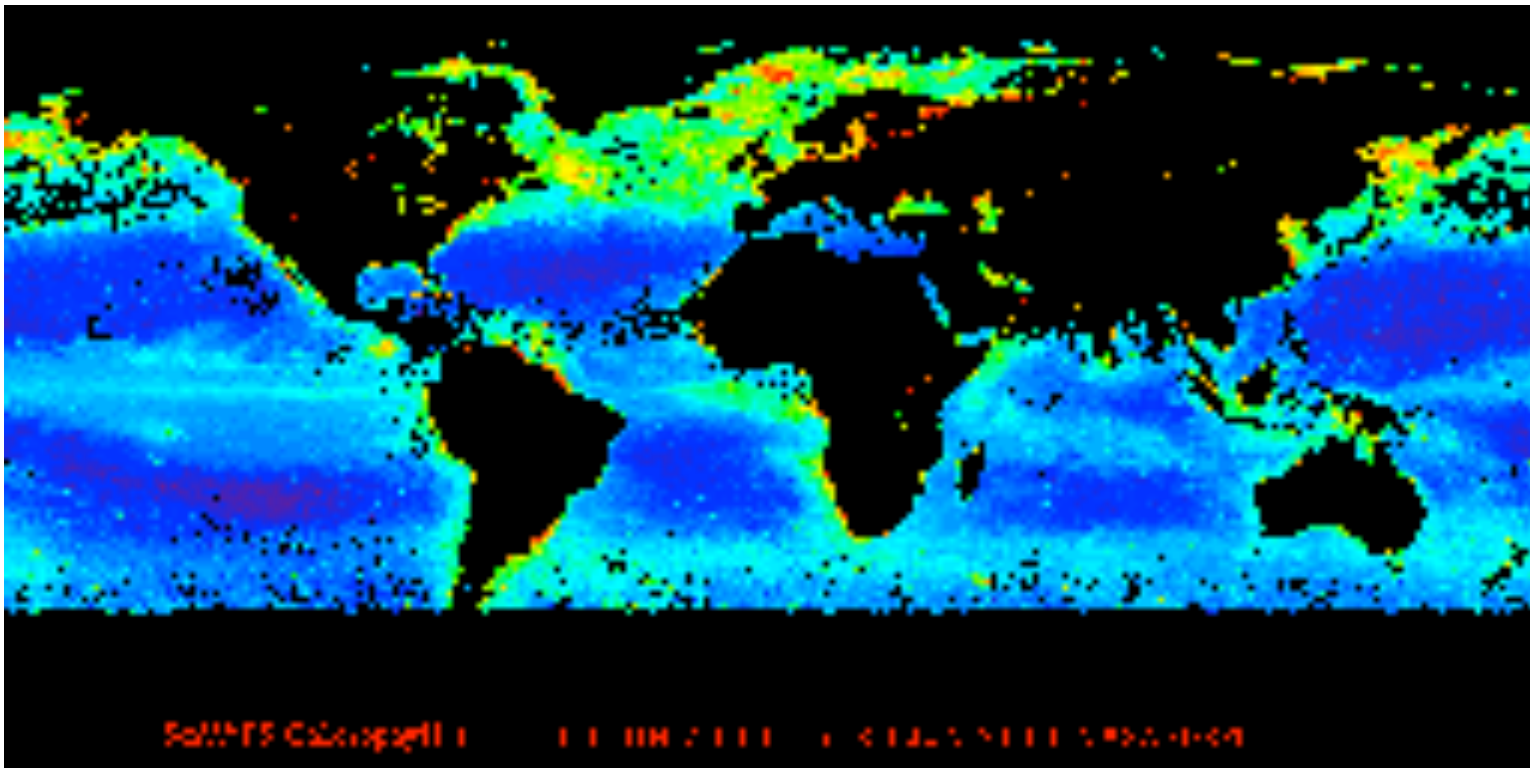
Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS)



- Δεδομένα κατηγορίας 3 (Level 3 data) ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία.
- Χωρική διάσταση πλέγματος 2048x4096 με χωρική ανάλυση 9 km.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) στους δορυφόρους Terra και Aqua



Terra (EOS AM-1) εκτοξεύτηκε από την NASA στις 18 Δεκεμβρίου 1999.

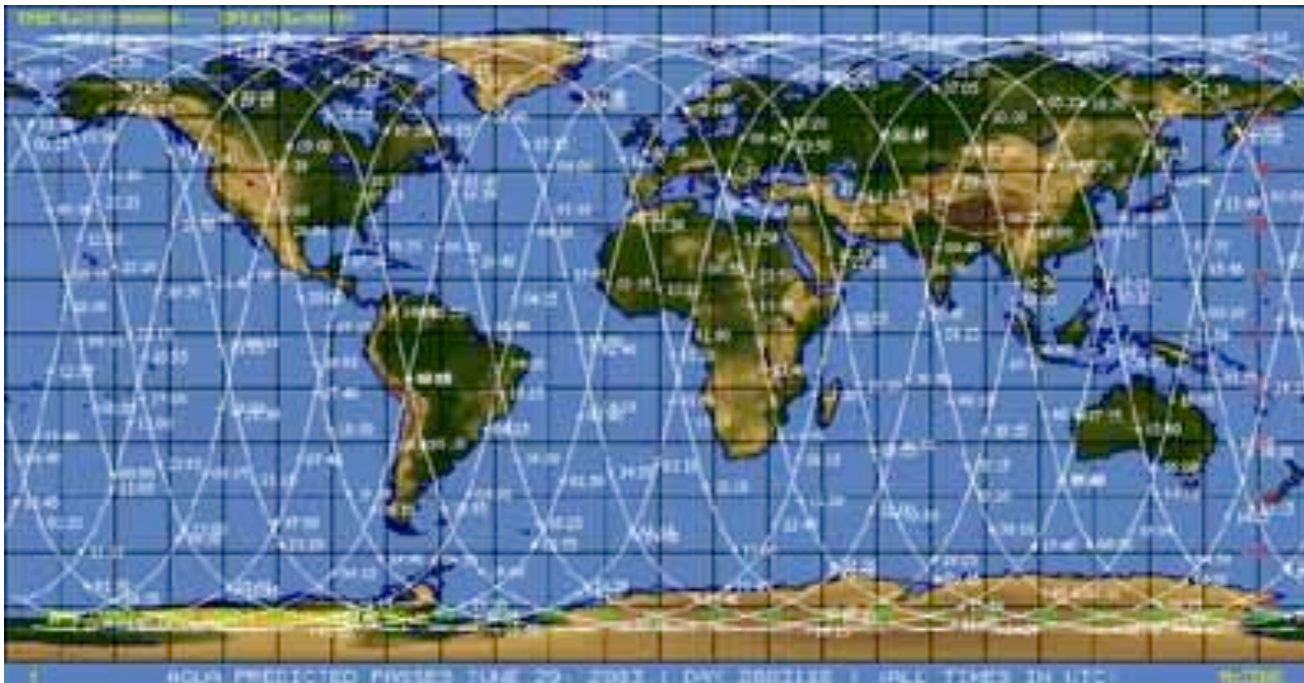
Aqua (EOS PM-1) εκτοξεύτηκε από την NASA στις 4 Μαΐου 2002.



Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) στους δορυφόρους Terra και Aqua

- Και οι δύο δορυφόροι έχουν ηλιοσύγχρονη σχεδόν πολική τροχιά.
- Η τροχιά του Terra διέρχεται από βορρά προς νότο και τέμνει τον ισημερινό το πρωί (10:30 π.μ., καθοδική τροχιά),

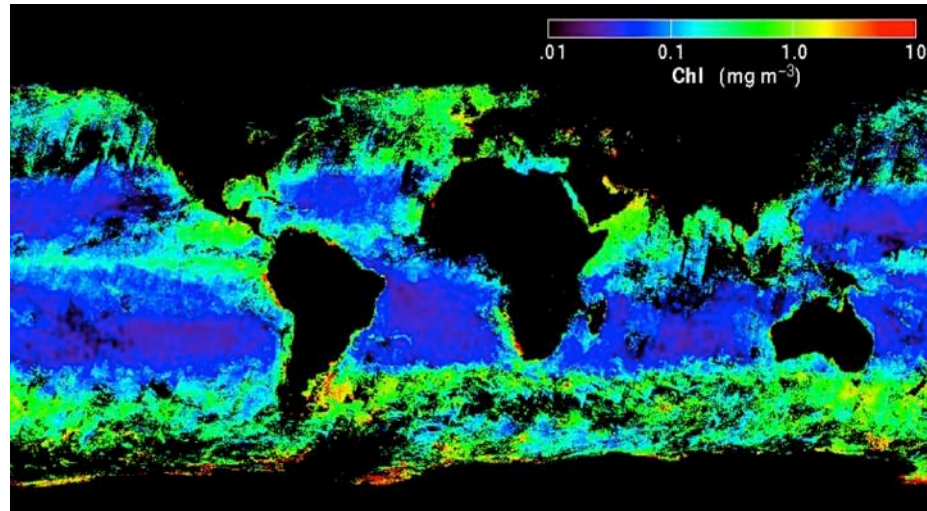


- Η τροχιά του Aqua διέρχεται από νότο προς βορρά και τέμνει τον ισημερινό το απόγευμα (1:30 μμ, ανοδική τροχιά).

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) στους δορυφόρους Terra και Aqua

- Δεδομένα σε 36 κανάλια (0.4 μm έως 14.4 μm).
- Χωρική ανάλυση: 250 m (bands 1-2), 500 m (bands 3-7), 1000 m (bands 8-36).
- Περίπου 2.330 km λουρίδα κάλυψης \rightarrow κάλυψη γης σε μία – δύο μέρες.



Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) στους δορυφόρους Terra και Aqua

Σε αντίθεση με τα δεδομένα του SeaWiFS, όλα τα δεδομένα του MODIS (συμπεριλαμβανομένων αυτών με υψηλή διακριτική ικανότητα του 1km) επεξεργάζονται σε δεδομένα κατηγορίας 2.

Οι τρεις βασικοί τύποι προϊόντων του MODIS είναι:

- το χρώμα της θάλασσας,
- η επιφανειακή θερμοκρασία θάλασσας,
- η καθαρή πρωτογενής παραγωγή.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) στους δορυφόρους Terra και Aqua



MODIS OCEAN NET PRIMARY PRODUCTION (ONPP)

Η Καθαρή Πρωτογενής Παραγωγή (Net Primary Production) σε όλο το βάθος της ευφωτικής ζώνης είναι συνάρτηση των

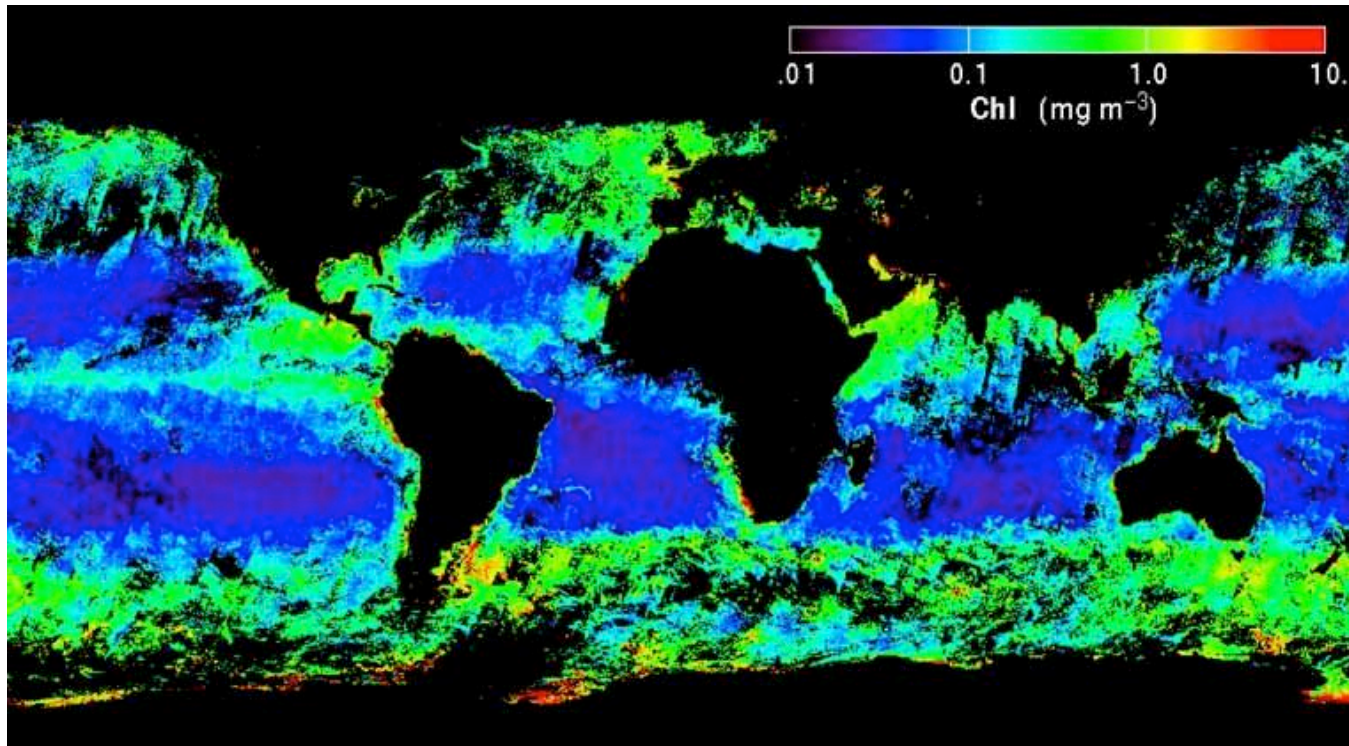


$$NPP = f(\text{Chl-a}, \text{PAR}, \text{SST})$$

- Συγκέντρωση χλωροφύλλης (Chl-a)
- Φωτοσυνθετική Διαθέσιμη Ακτινοβολία (PAR)
- Επιφανειακή Θερμοκρασία Θάλασσας ΕΘΘ (SST)

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

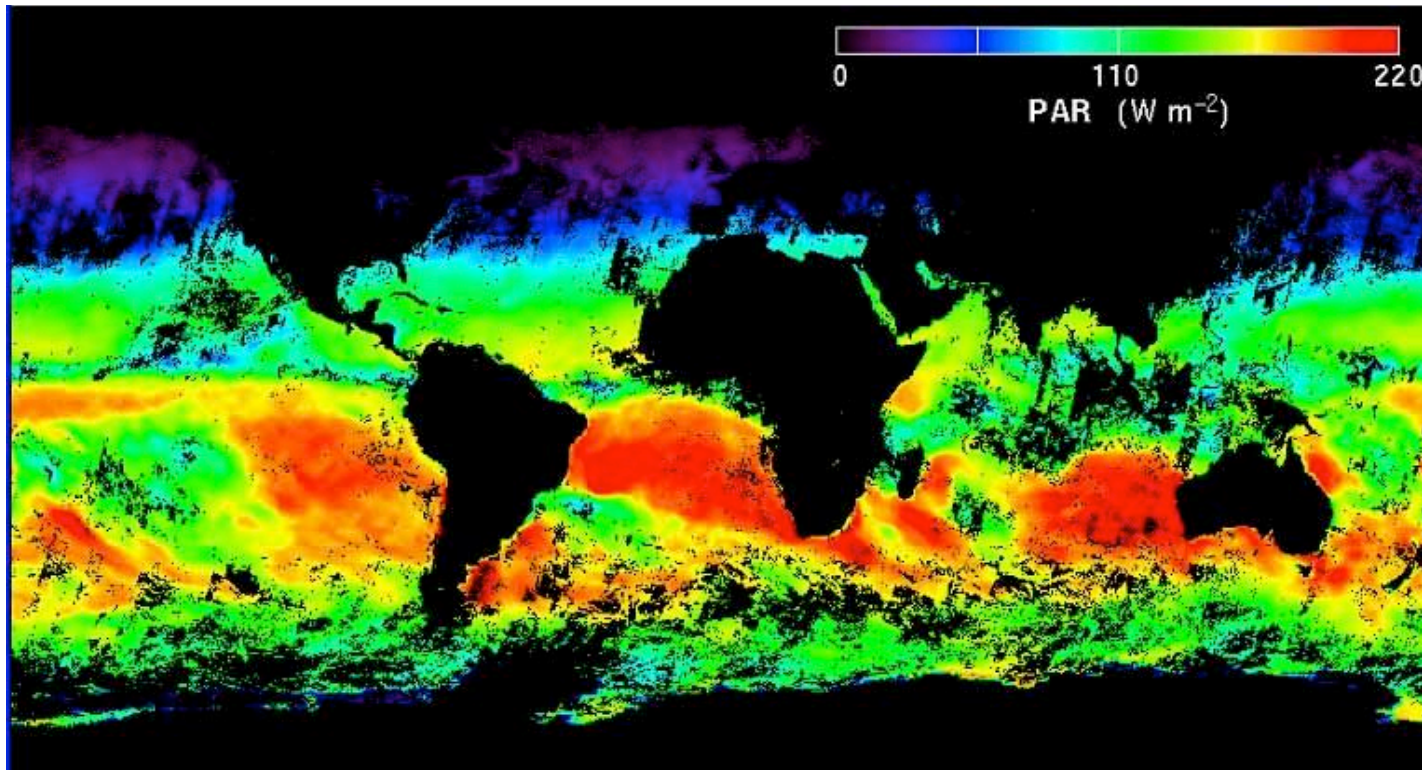
MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) στους δορυφόρους Terra και Aqua



Chlorophyll a

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

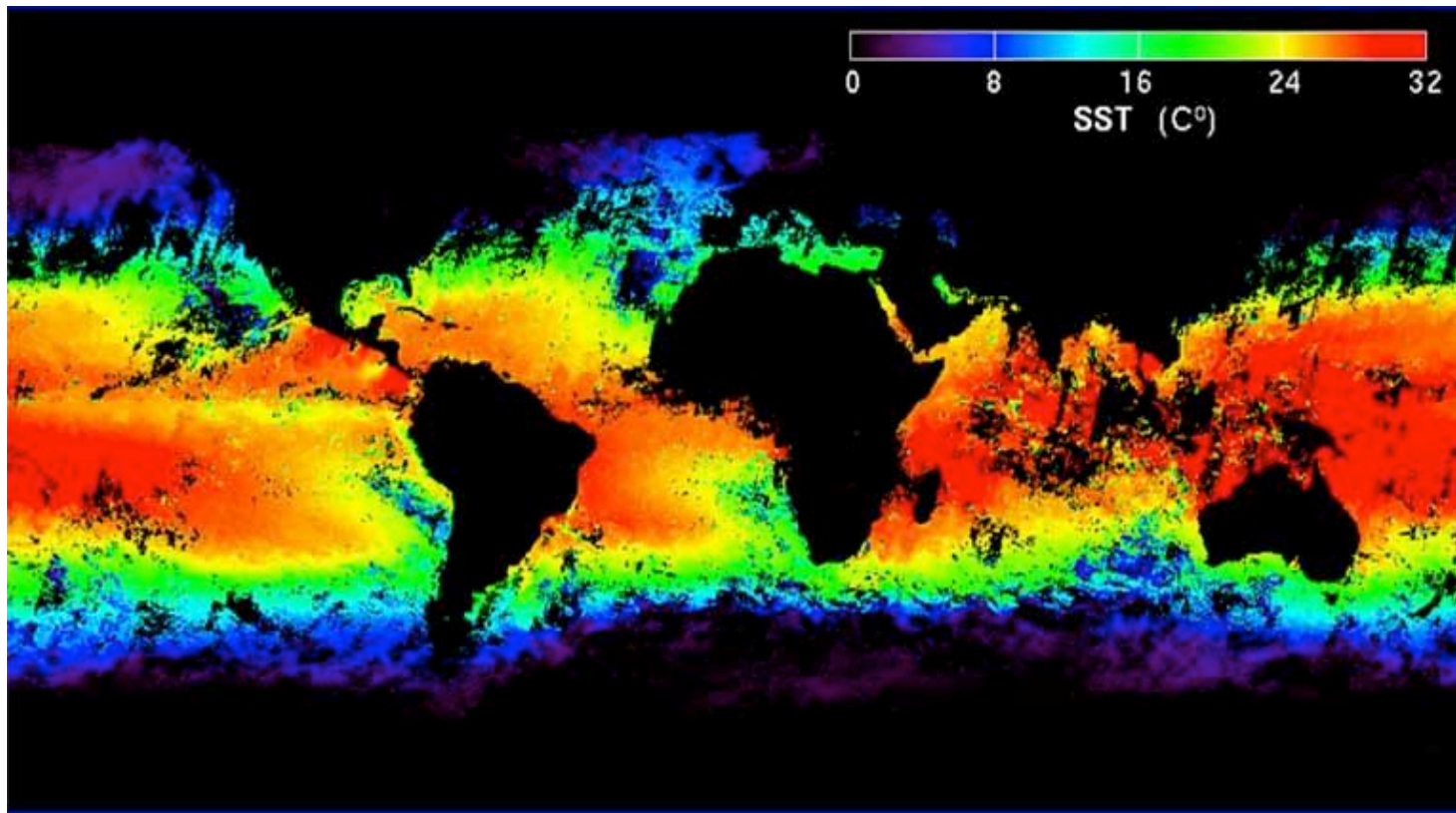
MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) στους δορυφόρους Terra και Aqua



Φωτοσυνθετική Διαθέσιμη Ακτινοβολία (PAR)

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

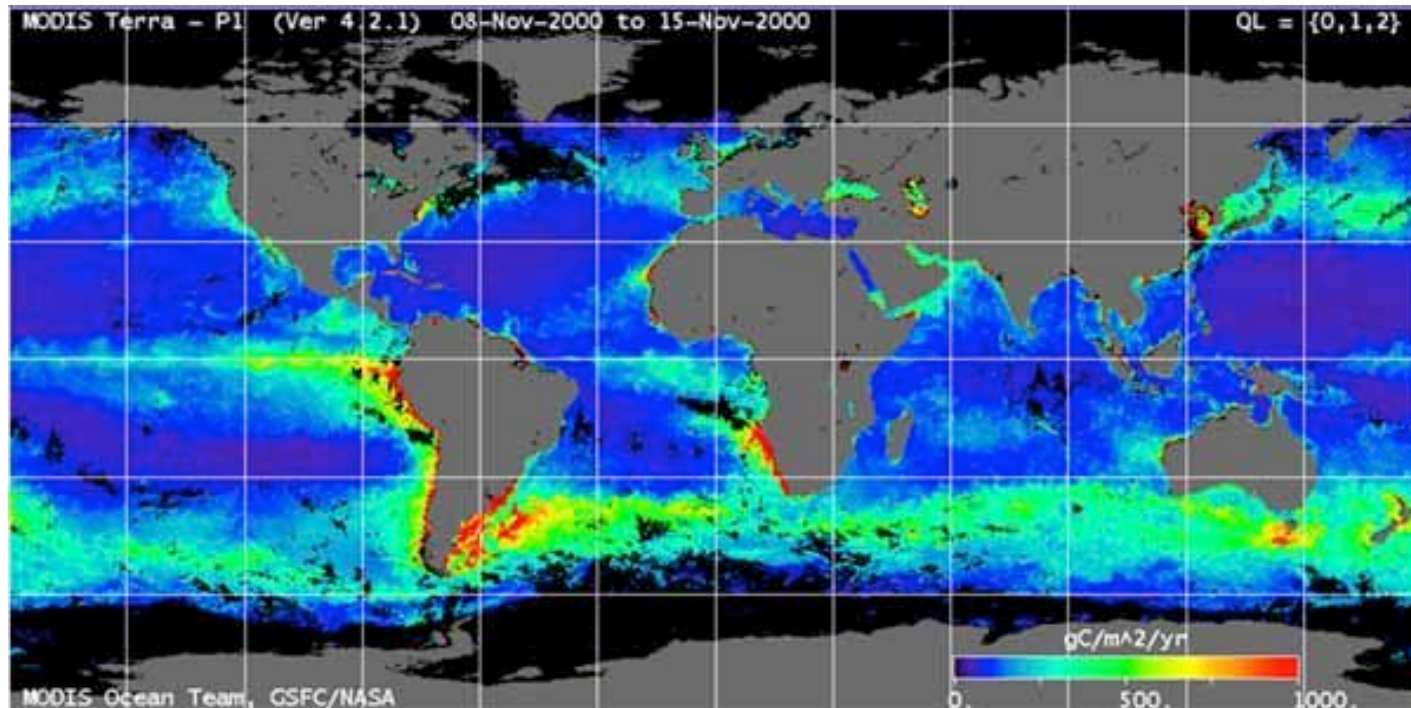
MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) στους δορυφόρους Terra και Aqua



Επιφανειακή Θερμοκρασία Θάλασσας ΕΘΘ (SST)

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) στους δορυφόρους Terra και Aqua



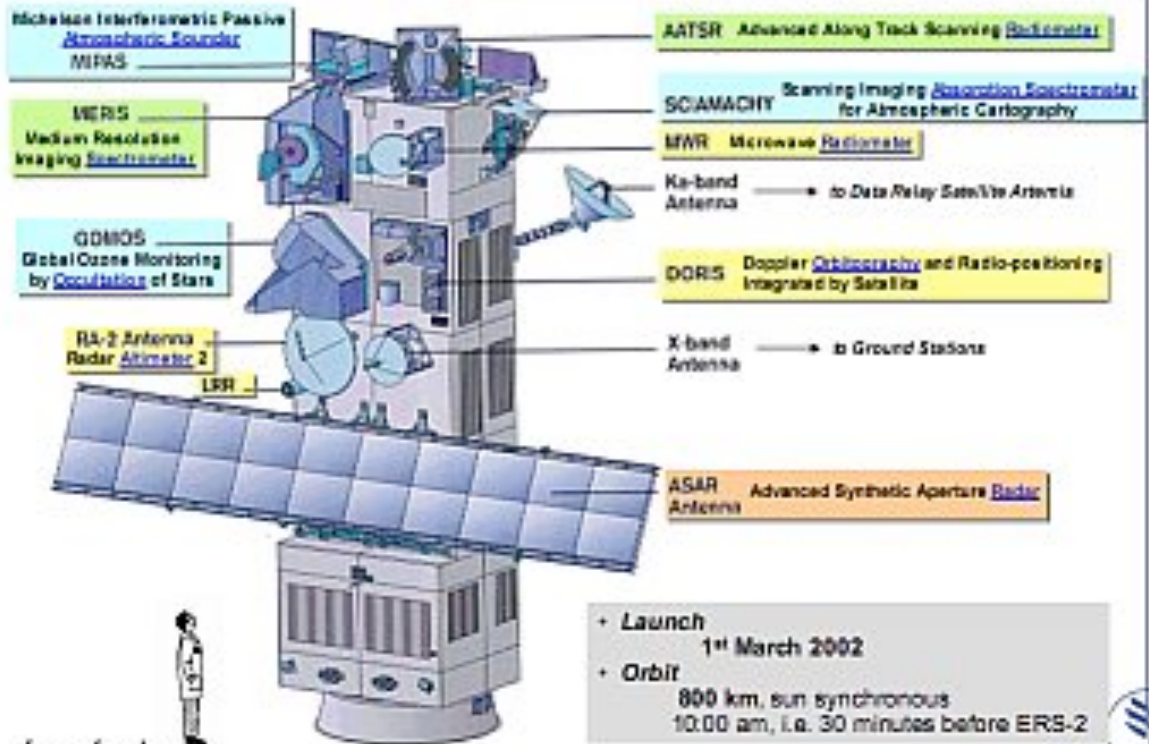
Εκτίμηση της Καθαρής Πρωτογενούς Παραγωγής (NPP) για διάστημα 8 ημερών και για παγκόσμιο πλέγμα 4,5 χλμ ανάλυσης.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

MERIS: MEdium Resolution Imaging Spectrometer (ENVISAT)



ENVISAT: 10 ways to monitor the Earth



European Space Agency
Agence spatiale européenne

- **Launch**
1st March 2002
- **Orbit**
800 km, sun synchronous
10:00 am, i.e. 30 minutes before ERS-2

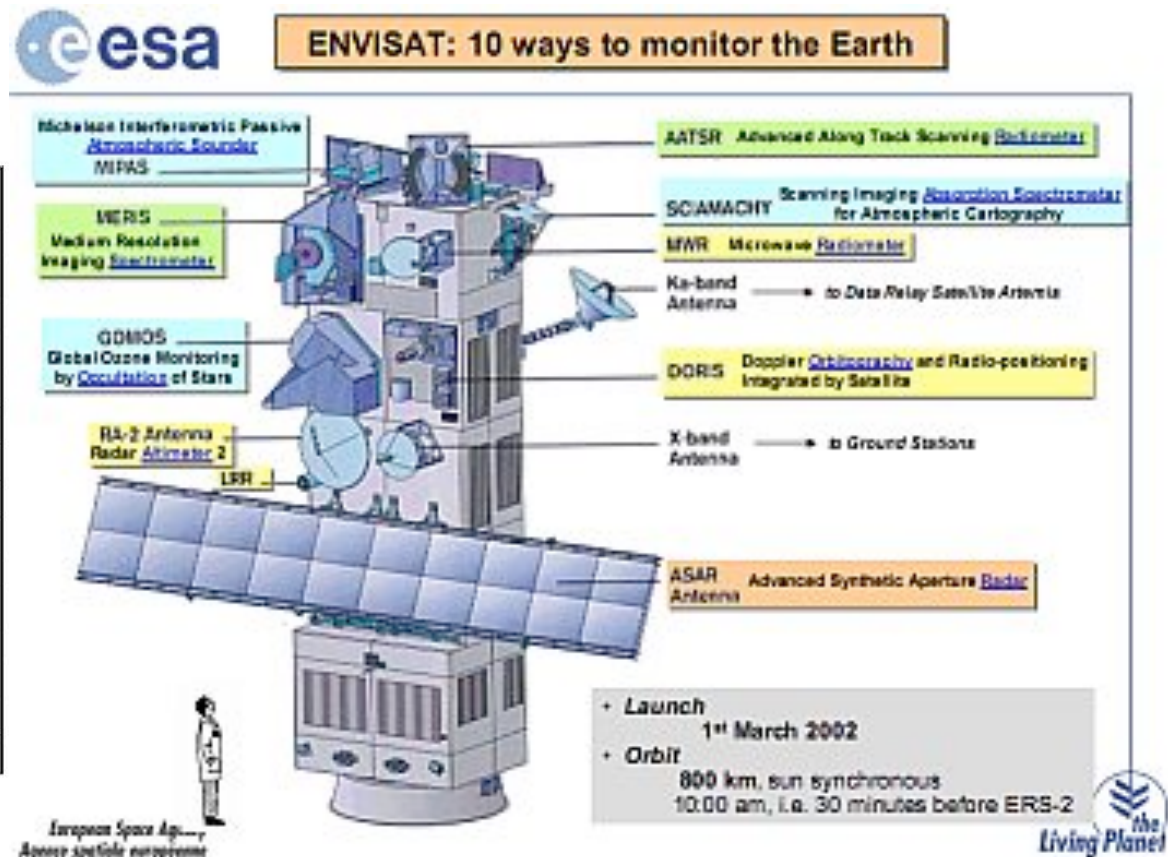


Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

MERIS: MEdium Resolution Imaging Spectrometer (ENVISAT)

Table 1.1 - MERIS spectral bands and applications.

No.	Band centre (nm)	Band width (nm)	Applications
1	412.5	10	Yellow substance and detrital pigments
2	442.5	10	Chlorophyll absorption maximum
3	490	10	Chlorophyll and other pigments
4	510	10	Suspended sediment, red tides
5	560	10	Chlorophyll absorption minimum
6	620	10	Suspended sediment
7	665	10	Chlorophyll absorption & fluorescence reference
8	681.25	7.5	Chlorophyll fluorescence peak
9	708.75	10	Fluorescence reference, atmosphere corrections
10	753.75	7.5	Vegetation, cloud, O ₂ absorption band reference
11	760.625	3.75	O ₂ R-branch absorption band
12	778.75	15	Atmosphere corrections
13	865	20	Atmosphere corrections
14	885	10	Vegetation, water vapour reference
15	900	10	Water vapour



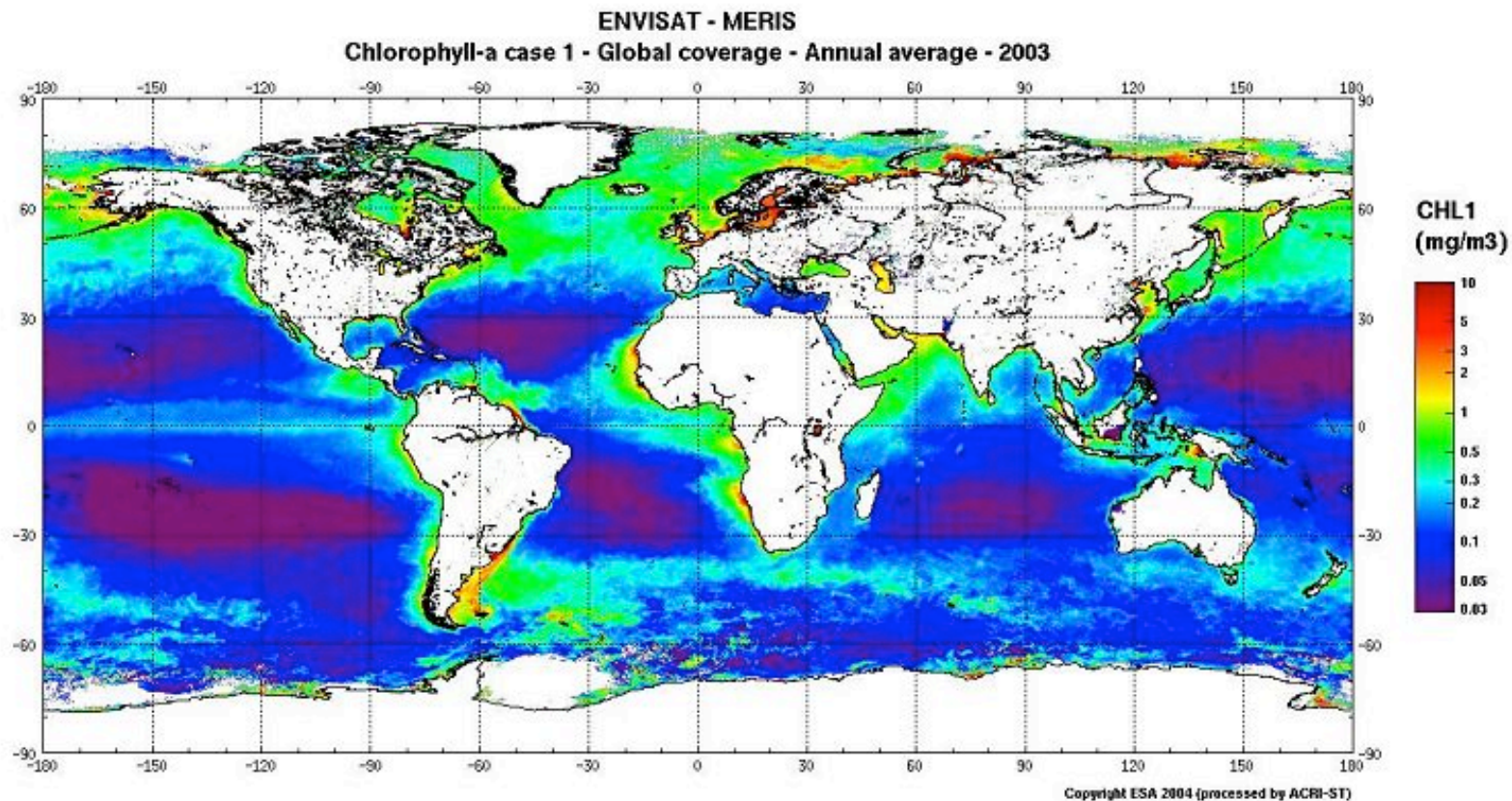
Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

MERIS: MEedium Resolution Imaging Spectrometer (ENVISAT)

Specifications	Spectral range: 400 - 1050 nm, (15 spectral bands)
	Resolution (nadir): 0.3 x 0.3 km ² or 1.2 x 1.2 km ²
	Swath width: 1150 km
Mission objectives	Ocean: Monitoring concentrations of chlorophyll, yellow substance and suspended matter. Observation and mapping of sea pollution, coastal erosion and sea ice.
	Atmosphere: Monitoring cloud distribution, cloud altitude, water vapor column content, aerosols.
	Land: Monitoring vegetation, inland waters, agriculture; Observing and mapping snow and ice distribution and vegetation stress.
Operational ESA level 2 products (NRT)	Aerosol type and optical thickness, cloud type and optical thickness, cloud top height, cloud top albedo, water vapour, algal pigment indices, yellow substance, mineralic suspended matter, vegetation index.
Products of well defined scientific topic (OFL, D-PAC)	To be defined.
Higher level data products (S-PAC)	Maps of cloud height and distribution, water vapour distribution and atmospheric optical thickness

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

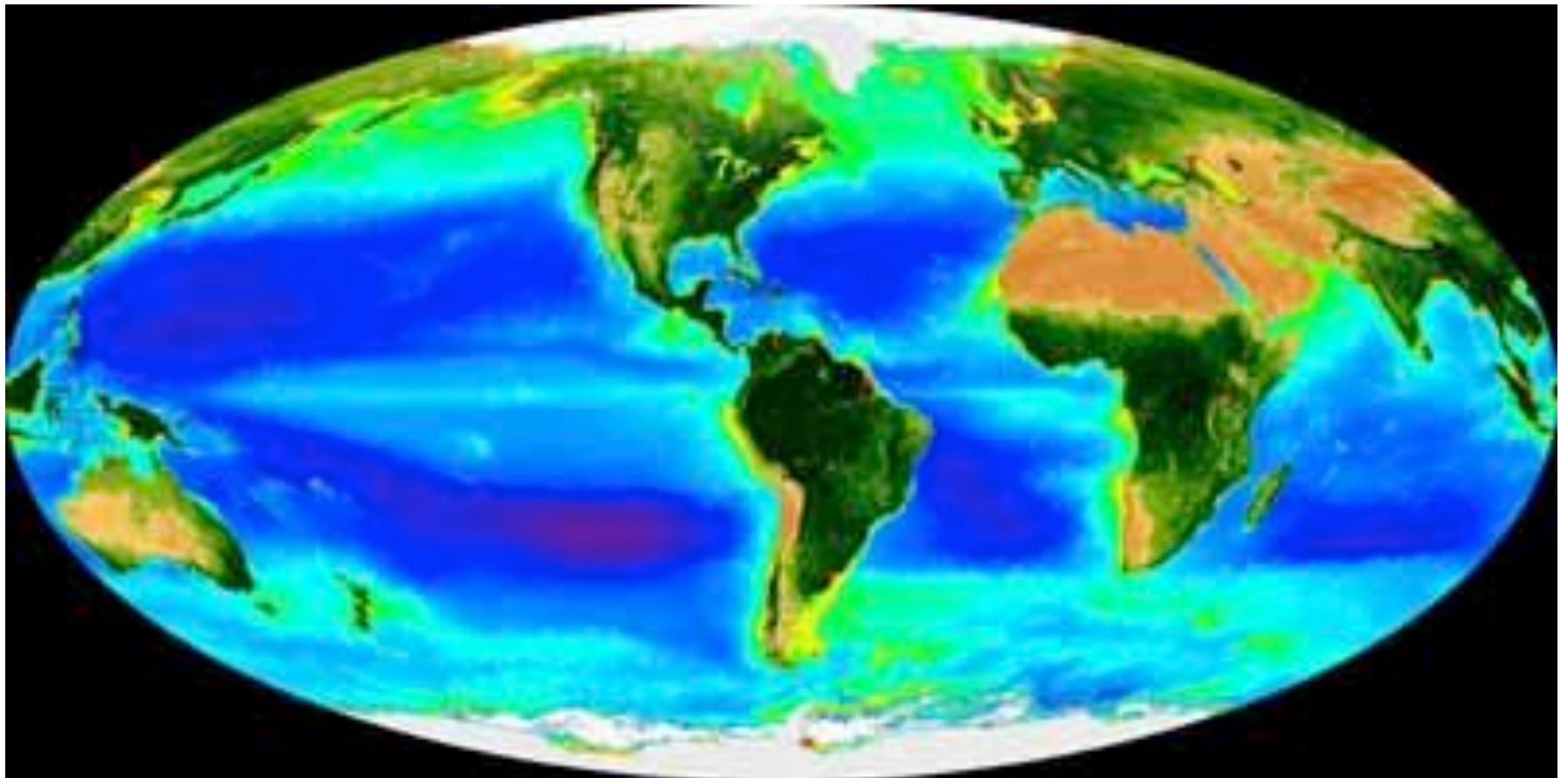
MERIS: MEdium Resolution Imaging Spectrometer (ENVISAT)



MERIS – Χλωροφύλλη-α, Δεδομένα επιπέδου 3 (Level 3 data)

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

CZCS, SeaWiFS, MODIS και MERIS δείχνουν στην παγκόσμια κατανομή φυτοπλαγκτόν.



Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

<http://www.globcolour.info/>

The European Service for Ocean Colour
GlobColour is an ESA Data User Element Project



[Internal](#) | [Related Links](#) | [Webmaster](#)

A satellite image of the ocean with a navigation menu overlay. The menu items are: Data Access, Products Description, Gallery, Validation, Data Tools, Calendar, About the Project, Workshops and Forum, and Project overview. The word "GLOBCOLOUR" is written in large, white, block letters at the bottom of the image.

- Data Access
- Products Description
- Gallery
- Validation
- Data Tools
- Calendar
- About the Project
- Workshops and Forum
- Project overview

GLOBCOLOUR

GlobColour Project

European Node for Global Ocean Colour

The GlobColour project is demonstrating an EO based service supporting global ocean carbon cycle research. Through this web portal, the project provides scientists with a long time series of consistently calibrated global ocean color information.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

<http://www.myocean.eu/>

myOcean

OCEAN MONITORING AND FORECASTING
Providing PRODUCTS and SERVICES for all marine applications.

Search... » OK

» ABOUT US

» MARITIME SAFETY » MARINE RESOURCES » COASTAL & MARINE ENVIRONMENT » WEATHER, CLIMATE & SF

NEWS & EVENTS
Have your date for the MyOcean User WORKSHOP

NEW MYOCEAN CATALOGUE RELEASE ON APRIL 23RD
New MyOcean catalogue release on April 23rd

Check out MyOcean website to learn more about impacts and transition period:
<http://www.myocean.eu/web/35-product-improvements.php>

More on: <http://www.myocean.eu/web/35-product-improvements.php>

USER CORNER
» ASK THE SERVICE DESK
» NEWS FLASH!
ACCESS THE CATALOGUE
▶ GO
» PRODUCT IMPROVEMENTS
» TECHNICAL FAQ
» USER NEWSLETTER
FIRST VISIT?
» DISCOVER MYOCEAN PRODUCTS & SERVICES
» REGISTER NOW!

EDUCATION
Come and discover how MyOcean monitors and forecasts oceans.
» Observation
» Modelling
» Ocean parameters

PRESS/EDITION CORNER
» all corners

SCIENTIFIC PUBLICATIONS
» all corners

FOCUS ON
The NICOSIA DECLARATION: A major agreement for the future European Ocean Monitoring Service
On 10th October 2012, in the Cyprus Oceanography Centre of Cyprus University, under the auspices of the Cyprus presidency of the European Union, a long-term Strategic Partnership agreement was worked out by the MyOcean2 board and the National Agencies & Institutes of Member States, members of EuroGOOS.
» Learn more

PRODUCT SHOWCASE
Rim Current variations in the Black Sea
Discover the seasonal variability of the Black Sea circulation.
» Learn more

Site map | All rights reserved | FAQ

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>

OceanColor WEB

Missions - Data - Documents - Analyses - People - Forum - Services - Links

Data Access

Data Distribution Status
All systems nominal
NOTE: FTP connections must be made in **PASSIVE** mode.

Level 1 and 2 Browser
Visually search the ocean color data archive. Directly download or order data from a single file to an entire mission.

Level 3 Browser
Browse the entire global ocean color data set for many parameters and time periods and download PNG images or digital data in HDF format.

Global Time Series
Time series plots of selected SeaWiFS, MODIS and OCTS Standard Mapped Images for a set of selected regions or the entire globe.

Data Archive
Access to the complete data archive via an 'FTP-like' directory structure. This replaces most of the functionality of the FTP server. Retrieval of data in bulk is possible with this new server.

Ocean Productivity
Ocean Net Primary Productivity data products derived from MODIS and/or SeaWiFS data available from Oregon State University.

Giovanni
An easy-to-use, Web-based interface for the visualization and analysis of Earth Science data provided by the GES DISC DAAC.

Curator: OceanColor Webmaster
Authorized by: gene.carl.feldman

Ocean Color Feature

Recent topics and imagery of interest to the OceanColor community.

Transatlantic Dust

So far this spring, higher than average quantities of dust have been riding the trade winds from northern Africa to South America and the Caribbean. A sequence of twelve days of SeaWiFS data shows the tan-colored atmosphere in a wide band that stretches unbroken all the way across the Atlantic Ocean.

Image Gallery
NOTE: All SeaWiFS images presented here are for research and educational use only. All commercial use of SeaWiFS data must be coordinated with **SeaDAS**.

Ocean Color Distribution Statistics

Privacy Policy and Important Notices
Updated: Tuesday, 20-Oct-2009 17:07:44 EDT

Support Services

SeaDAS
A comprehensive image analysis package for the processing, display, analysis, and quality control of ocean color data.

SeaBASS
An archive of *in situ* oceanographic and atmospheric data for use in algorithm development and satellite data product validation.

Registration for support services:

- Data access and Subscriptions
- Forgotten password
- Email change
- SeaWiFS Access Authorization

Near Real-Time (NRT) Services:

- NRT Data Subscriptions
Subscriptions allow users to specify regions for NRT data to be continually staged on our FTP server for download.

Information Services:

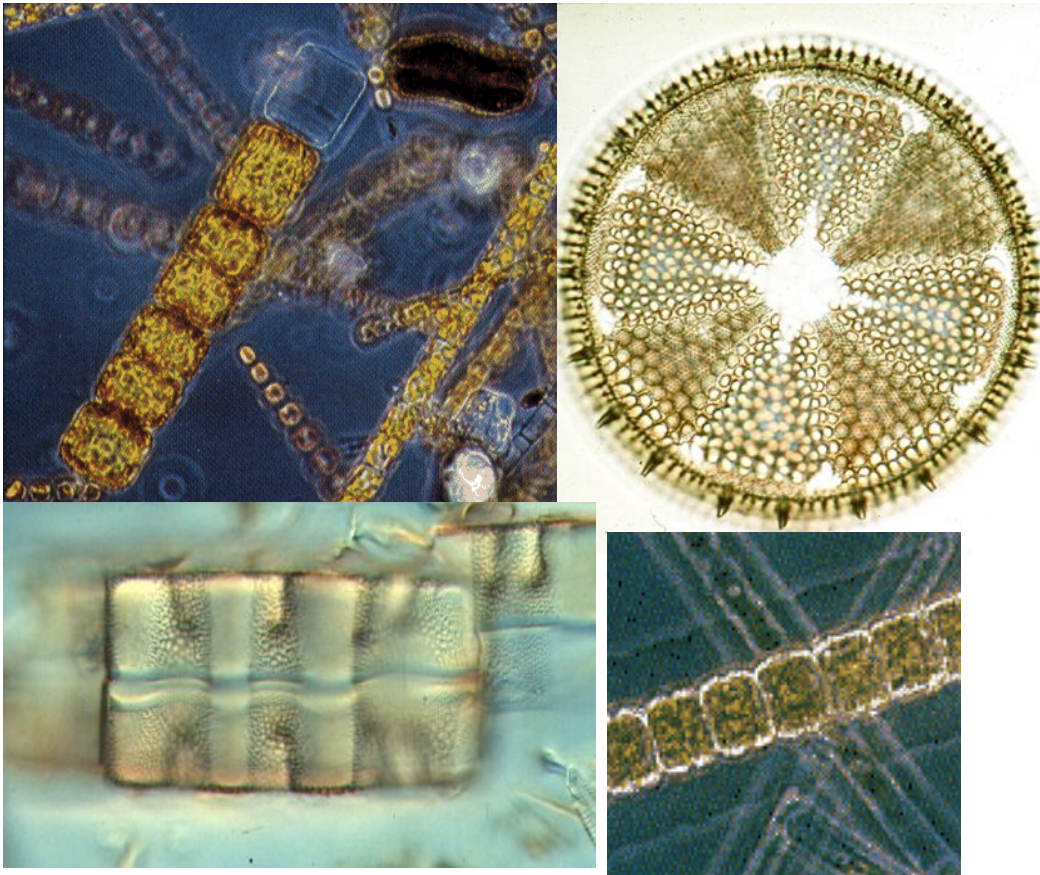
- Ocean Color Forum
- Ocean Color Mailing List
- Ocean Color Data Processing

Other Services:

- Satellite Overflight Predictions
- SeaWiFS LAC scheduling
- Data subscription status
- L1/L2 browser order status
- File Search Utility
Search for satellite and ancillary data archived by the ocean color data production system.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

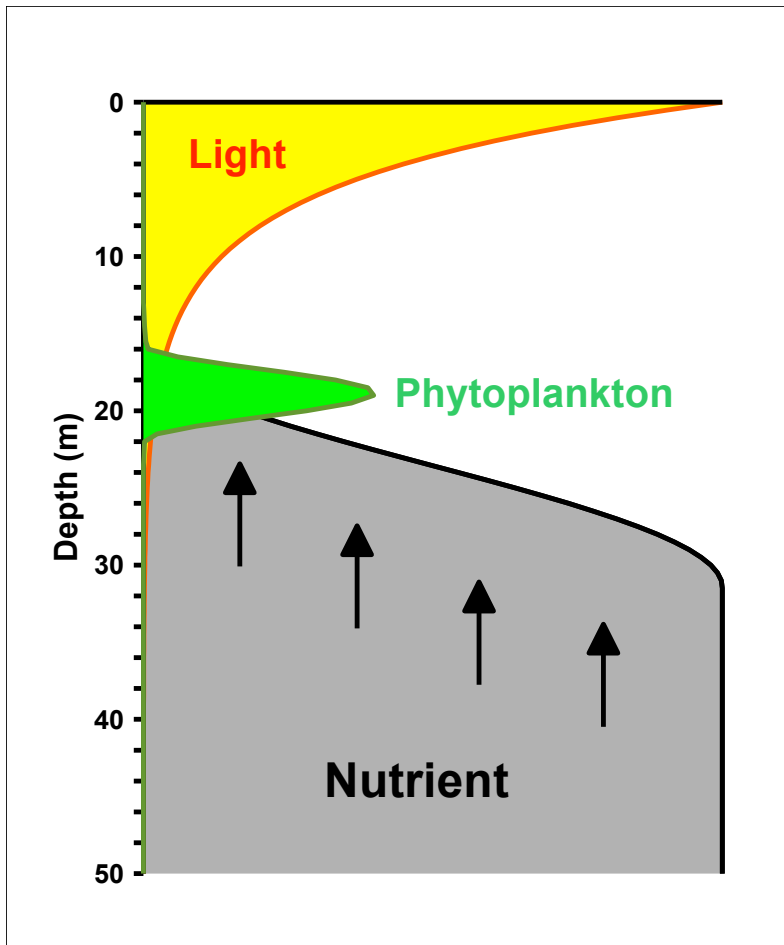
Χλωροφύλλη και φωτοσύνθεση



Το πράσινο χρώμα των φυτών, συμπεριλαμβανομένου του φυτοπλαγκτόν, είναι αποτέλεσμα φυτικών ουσιών (plant pigments), κυρίως χλωροφύλλης (chlorophyll-a).

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Κατακόρυφη κατανομή φυτοπλαγκτόν στον ωκεανό



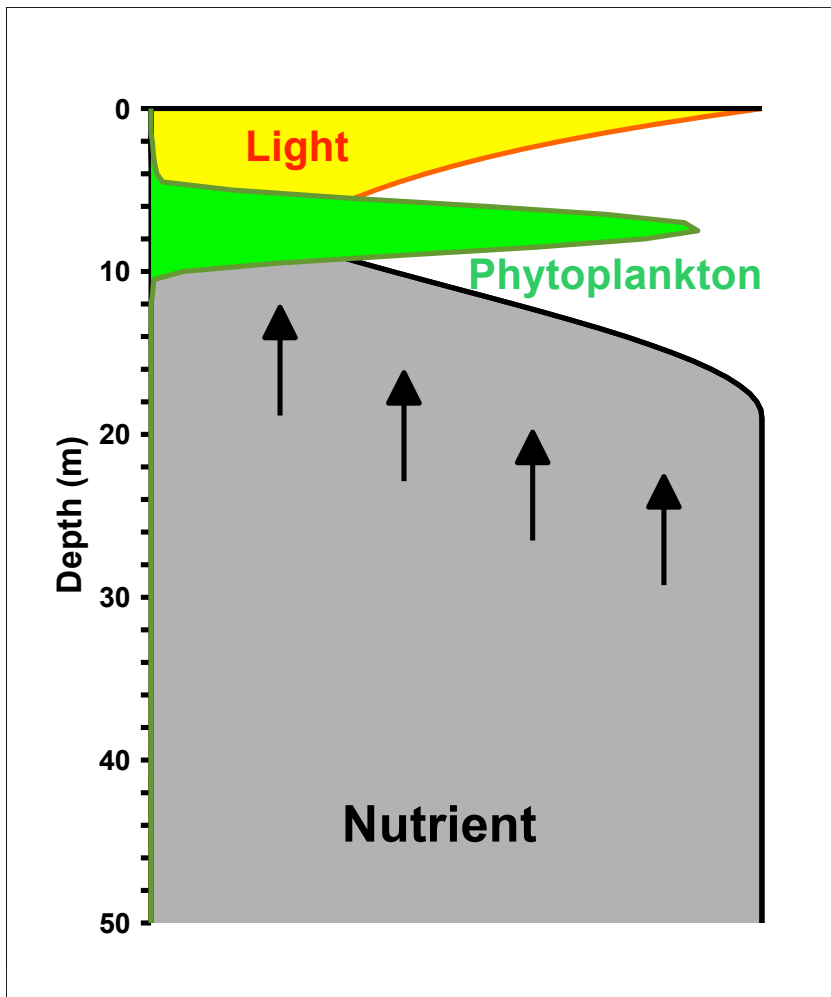
Η φωτοσύνθεση ΔΕΝ μπορεί να προχωρήσει χωρίς φως. Στα βαθύτερα στρώματα η ανάπτυξη φυτοπλαγκτόν είναι φωτο-περιορισμένη (light limited).

Βασική προϋπόθεση για την φωτοσύνθεση: η παρουσία θρεπτικών ουσιών - nutrients (άζωτο, φώσφορος, σίδηρο κλπ.).

Στα στρωματοποιημένα νερά, και ειδικότερα στο ανώτερο στρώμα, τα θρεπτικά συστατικά καταναλώνονται από το φυτοπλαγκτόν.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Κατακόρυφη κατανομή φυτοπλαγκτόν στον ωκεανό



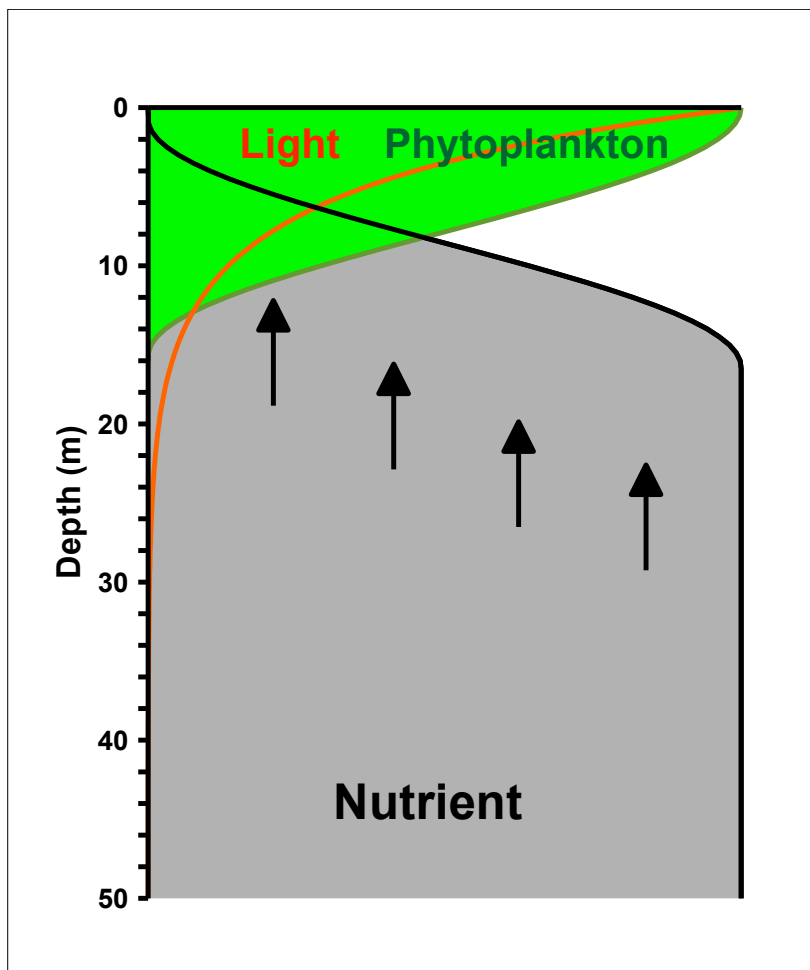
Ανάπτυξη φυτοπλαγκτόν: στο στρώμα όπου τόσο το φως όσο και τα θρεπτικά συστατικά είναι επαρκή.

Περίπτωση upwelling: αύξηση της ροής των θρεπτικών συστατικών προς τα άνω στρώματα → βελτιώνονται οι συνθήκες για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν.

Μέγιστη κατακόρυφη κατανομή του φυτοπλαγκτόν σε πιο ρηχά νερά.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Κατακόρυφη κατανομή φυτοπλαγκτόν στον ωκεανό



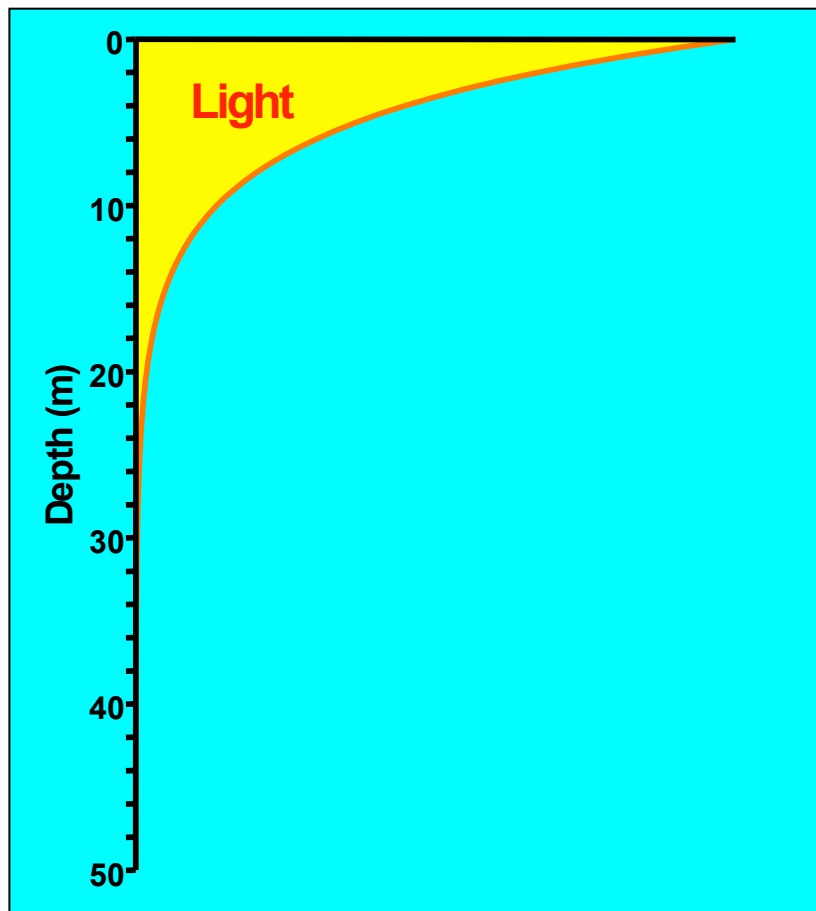
Έντονη ροή θρεπτικών ουσιών: η βιομάζα του φυτοπλαγκτόν είναι υψηλή → το μέγιστο της κατακόρυφης κατανομής του φυτοπλαγκτόν συμβαίνει στην επιφάνεια.

Αποτέλεσμα: άμεση συσχέτιση στην συνολική συγκέντρωση του φυτοπλαγκτόν (ή χλωροφύλλης) στην θαλάσσια στήλη (ή στην ευφωτική ζώνη) και της συγκέντρωσής του στην επιφάνεια.

Συμπέρασμα: τόσο η επιφανειακή συγκέντρωση χλωροφύλλης όσο και αυτή της ευφωτικής ζώνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της συνολικής βιομάζας του φυτοπλαγκτόν.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Ποιο θαλάσσιο στρώμα συνεισφέρει τελικά στο επιφανειακό ωκεάνιο χρώμα που παρατηρούνε οι δορυφόροι;



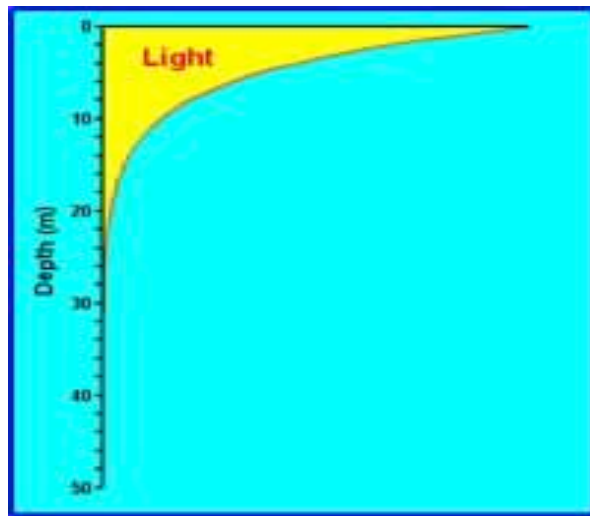
Η κατακόρυφη σκέδαση του ηλιακού φωτός (I) σε συνάρτηση με το βάθος (Z) περιγράφεται εκθετικά:

$$I_z = I_0 \times \exp(-kZ)$$

Σε μεγαλύτερο βάθος λιγότερο φως ανακλάται και σκεδάζεται από το φυτοπλαγκτόν → λιγότερο από αυτό το φως συνεισφέρει στο επιφανειακό ωκεάνιο χρώμα.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Ποιο θαλάσσιο στρώμα συνεισφέρει τελικά στο επιφανειακό ωκεάνιο χρώμα που παρατηρούνε οι δορυφόροι;



$$I_z = I_0 \times \exp(-KZ)$$

Ο συντελεστής K ονομάζεται “attenuation coefficient” και μετριέται σε $[1/m]$.

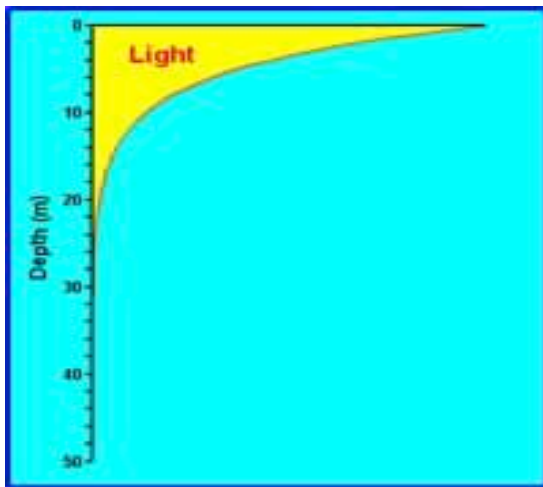
Η τιμή $1/K$ ονομάζεται “attenuation length” και το στρώμα με αυτό το πάχος ονομάζεται βάθος διείσδυσης Z_{pd} (penetration depth).

Ευφωτικό βάθος (euphotic depth) Z_e είναι το βάθος όπου η καθοδική ενεργή ακτινοβολία φωτοσύνθεσης (PAR - Photosynthetically Active Radiation) μειώνεται στο 1% της επιφανειακής της τιμής.

$$Z_{pd} \cong Z_e / 4.6$$

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Ποιο θαλάσσιο στρώμα συνεισφέρει τελικά στο επιφανειακό ωκεάνιο χρώμα που παρατηρούνε οι δορυφόροι;



Η τιμή μέσης συγκέντρωσης παρατηρούμενη από τηλεπισκοπικό αισθητήρα C_{sat} :

$$C_{sat} = \frac{\int_0^{Z_{pd}} C(z) \cdot \exp(-2KZ) \cdot dz}{\int_0^{Z_{pd}} \exp(-2KZ) \cdot dz}$$

C_{sat} σχετίζεται με την βιομάζα φυτοπλαγκτόν που βρίσκεται στην θαλάσσια στήλη.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Εκτίμηση της μάζας του φυτοπλαγκτόν από δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Εμπειρικά μοντέλα βασίζονται στην άμεση συσχέτιση ανάμεσα στην ομαλοποιημένη ακτινοβολία που φεύγει από την θαλάσσια επιφάνεια προς την ατμόσφαιρα και την συγκέντρωση του φυτοπλαγκτόν.

Ημι-αναλυτικά μοντέλα βασίζονται στις Οπτικές Ιδιότητες της θαλάσσιας στήλης (Inherited Optical Properties - IOPs), όπως η απορρόφηση και η σκέδαση από διαφορετικά συστατικά (φυτοπλαγκτόν, αιωρούμενα ιζήματα, CDOM, κλπ.).

Θεωρούμε ότι η συγκέντρωση φυτοπλαγκτόν είναι μία σταθερά, αλλά στην πραγματικότητα αυτή μεταβάλλεται ανάμεσα σε ένα μεγάλο εύρος τιμών.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Εποχιακοί κύκλοι της βιομάζας φυτοπλαγκτόν

Εφαρμογή θαλάσσιας τηλεπισκόπησης: μελέτη εποχιακών κύκλων της βιομάζας φυτοπλαγκτόν σε διάφορες περιοχές των ωκεανών.

Σε πολλές περιοχές αυτοί οι κύκλοι επαναλαμβάνονται ετησίως και είναι αποτέλεσμα των εποχιακών μεταβολών του φυσικού περιβάλλοντος.

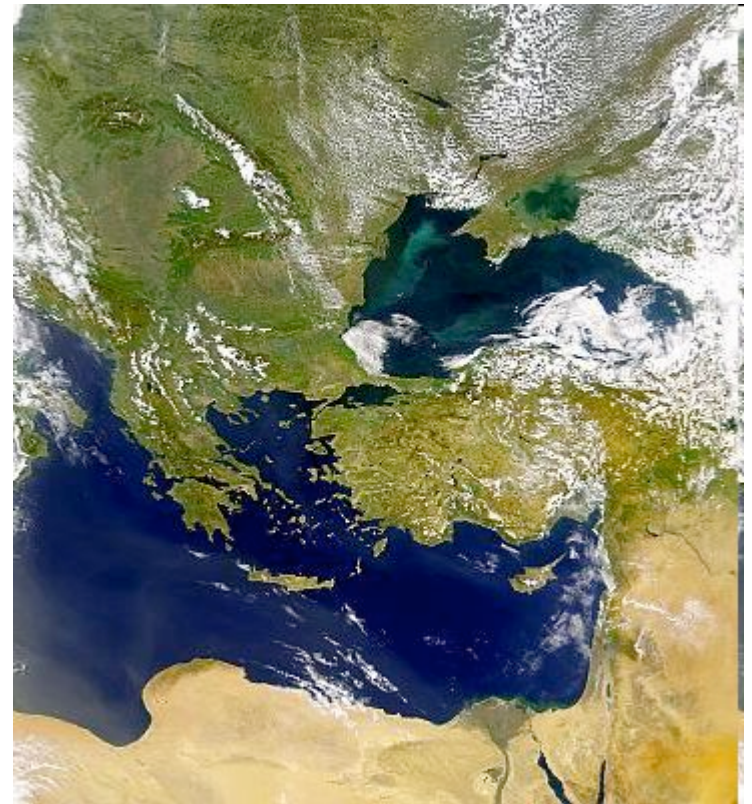
Μεγάλα γεωγραφικά πλάτη → έντονες μεταβολές → η αντίδραση του φυτοπλαγκτόν πιο προφανής.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Εποχιακοί κύκλοι της βιομάζας φυτοπλαγκτόν



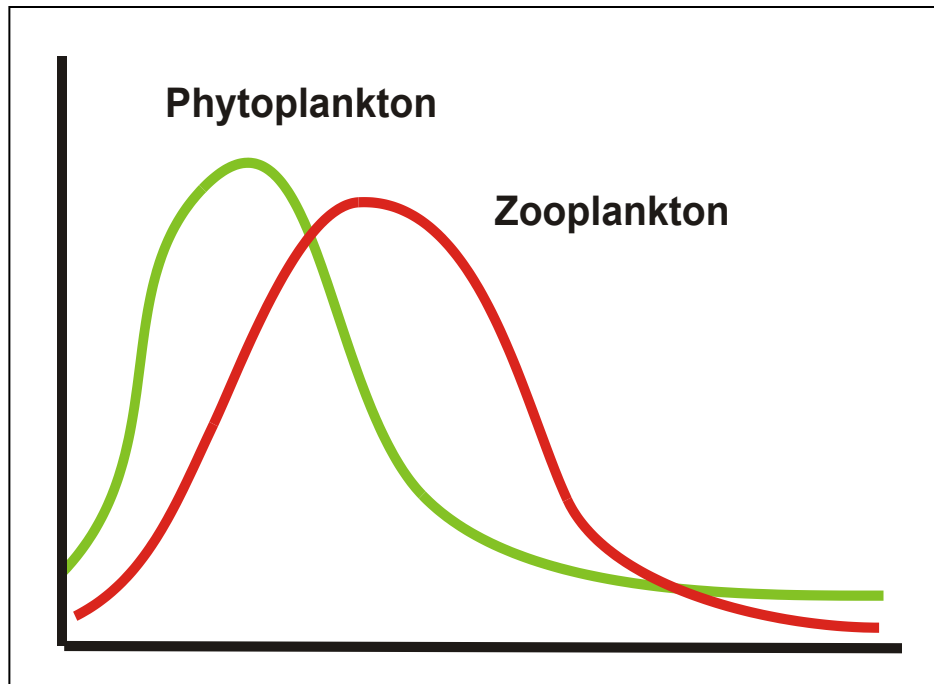
Barents Sea – 1 August 2007 Terra/MODIS.



4 May 2002 Terra/MODIS.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Εποχιακοί κύκλοι της βιομάζας φυτοπλαγκτόν



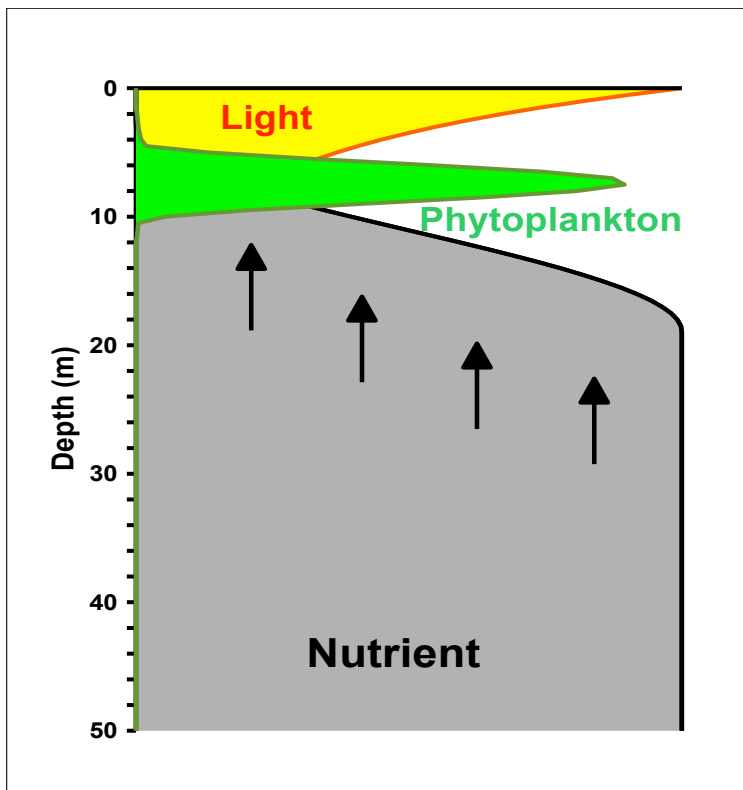
Χαρακτηριστική εποχιακή μεταβολή του φυτοπλαγκτόν στα εύκρατα γεωγραφικά πλάτη → γνωστή από τις αρχές του 20ου αιώνα.

Κύριο χαρακτηριστικό: σύντομη περίοδος (1-2 εβδομάδες) άνθισης (vernal bloom), η οποία συμβαίνει παράλληλα με τον εποχιακό κύκλο των φυτών ξηράς.

Η περίοδος χαρακτηρίζεται από μία εκθετική αύξηση και μετέπειτα απότομη μείωση φυτοπλαγκτόν που οφείλεται στην «βοσκή» του ζωοπλαγκτόν.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Εποχιακοί κύκλοι της βιομάζας φυτοπλαγκτόν



Η στρωματοποίηση μέσα στην ευφωτική ζώνη είναι ο κύριος παράγοντας που ελέγχει την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν.

Δύο περιοριστικοί παράγοντες:

- φωτισμός και
- θρεπτικές ουσίες.

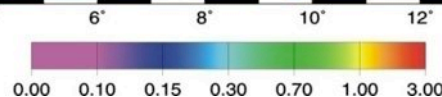
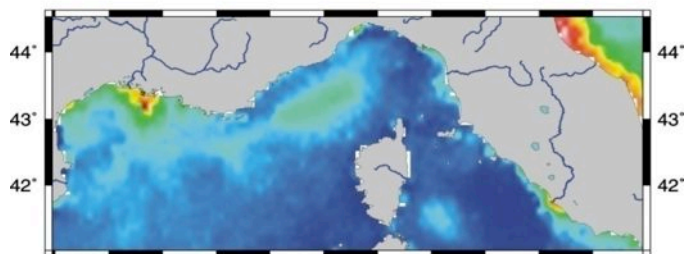
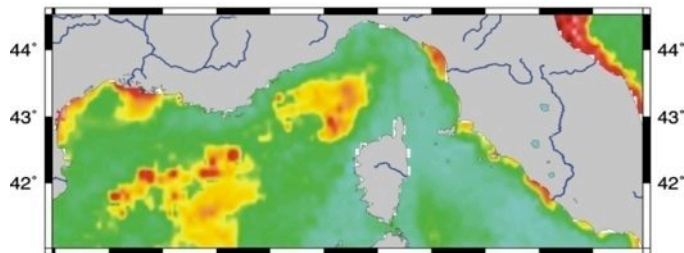
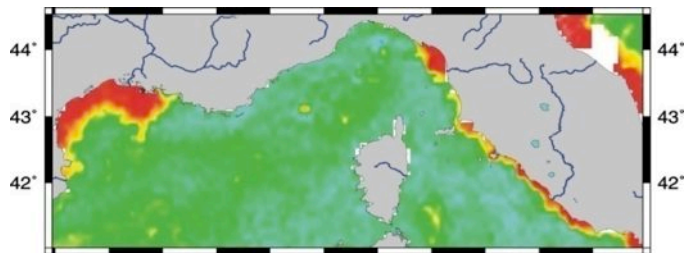
Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Εποχιακοί κύκλοι της βιομάζας φυτοπλαγκτόν

Εποχή	Υδρο-μετεωρολογικοί Παράγοντες	Στρωματοποίηση	Φυτοπλαγκτόν
Χειμώνας	Μέγιστη ανάμειξη λόγω ανέμων. Μικρότερες θερμοκρασίες του άνω στρώματος	Μεταφορά θερμότητας από ρεύματα σε βάθος (deep convection)	Χειμερινό ελάχιστο λόγω περιορισμένου φωτισμού
Άνοιξη	Η ανάμειξη λόγω ανέμων αποδυναμώνει. Αύξηση θερμοκρασίας του άνω στρώματος	Σχηματισμός εποχιακού θερμοκλινούς	Εαρινή άνθιση
Καλοκαίρι	Μέγιστες θερμοκρασίες του άνω στρώματος. Ελάχιστη ανάμειξη λόγω ανέμων	Μέγιστη στρωματοποίηση	Θερινό ελάχιστο από περιορισμό των θρεπτικών ουσιών
Φθινόπωρο	Μείωση θερμοκρασίας του άνω στρώματος και ενδυνάμωση της ανάμειξής λόγω ανέμων	Διάβρωση του εποχιακού θερμοκλινούς	Φθινοπωρινή άνθιση

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Εποχιακοί κύκλοι της βιομάζας φυτοπλαγκτόν



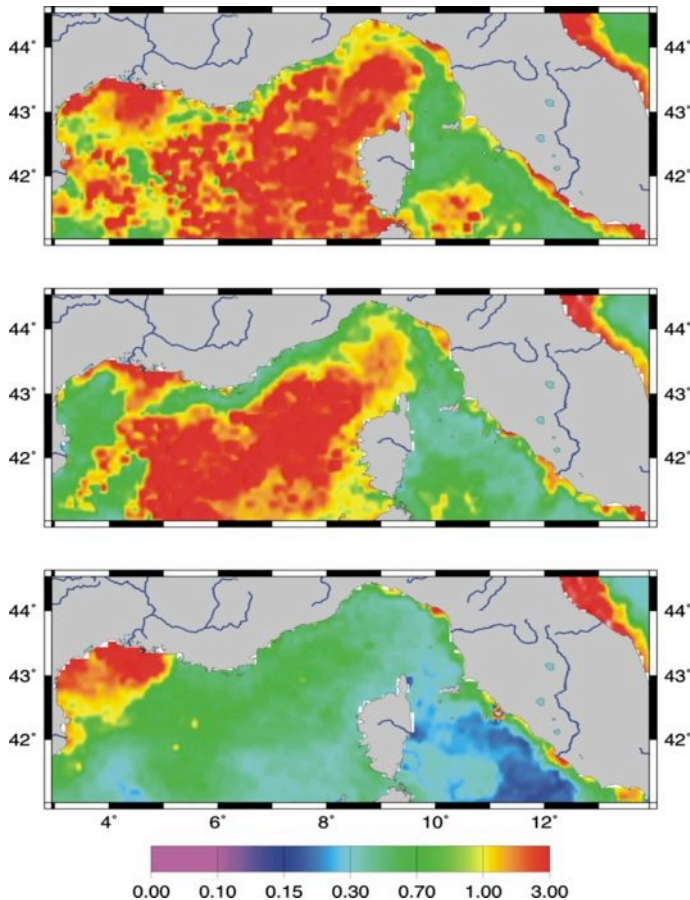
Οι δορυφορικές εικόνες δείχνουν τις εποχιακές διακυμάνσεις στην συγκέντρωση χλωροφύλλης στην θάλασσα της Λιγουρίας (Ligurian Sea).

Ιανουάριος 1998,
Μάρτιος 1998 και
Αύγουστος 1998.

Υπο-τροπικός εποχιακός κύκλος με θερινό ελάχιστο και υψηλές χειμερινές-εαρινές συγκεντρώσεις χλωροφύλλης.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Εποχιακοί κύκλοι της βιομάζας φυτοπλαγκτόν



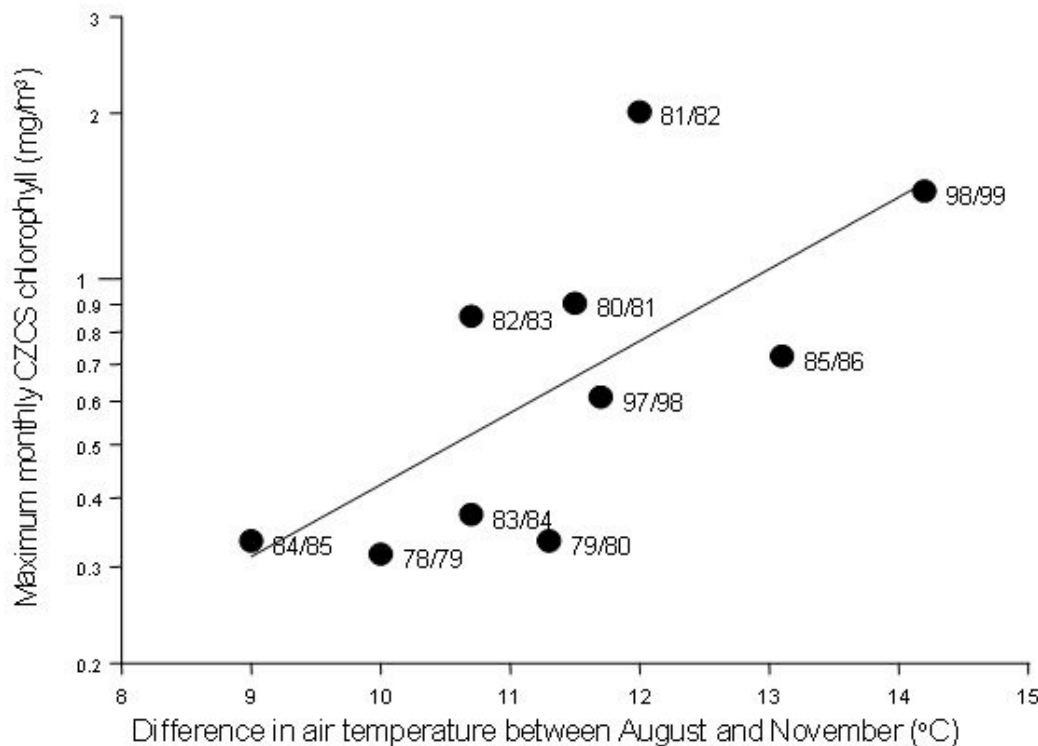
Οι δορυφορικές εικόνες δείχνουν τις εποχιακές διακυμάνσεις στην συγκέντρωση χλωροφύλλης στην θάλασσα της Λιγουρίας (Ligurian Sea).

Μάρτιος 1999,
Απρίλιος 1999 και
Μάιος 1999.

Το 1999 παρατηρείται χαρακτηριστικός εποχιακός κύκλος που συναντιέται σε μεσαία γεωγραφικά πλάτη με εαρινή άνθηση.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Εποχιακοί κύκλοι της βιομάζας φυτοπλαγκτόν

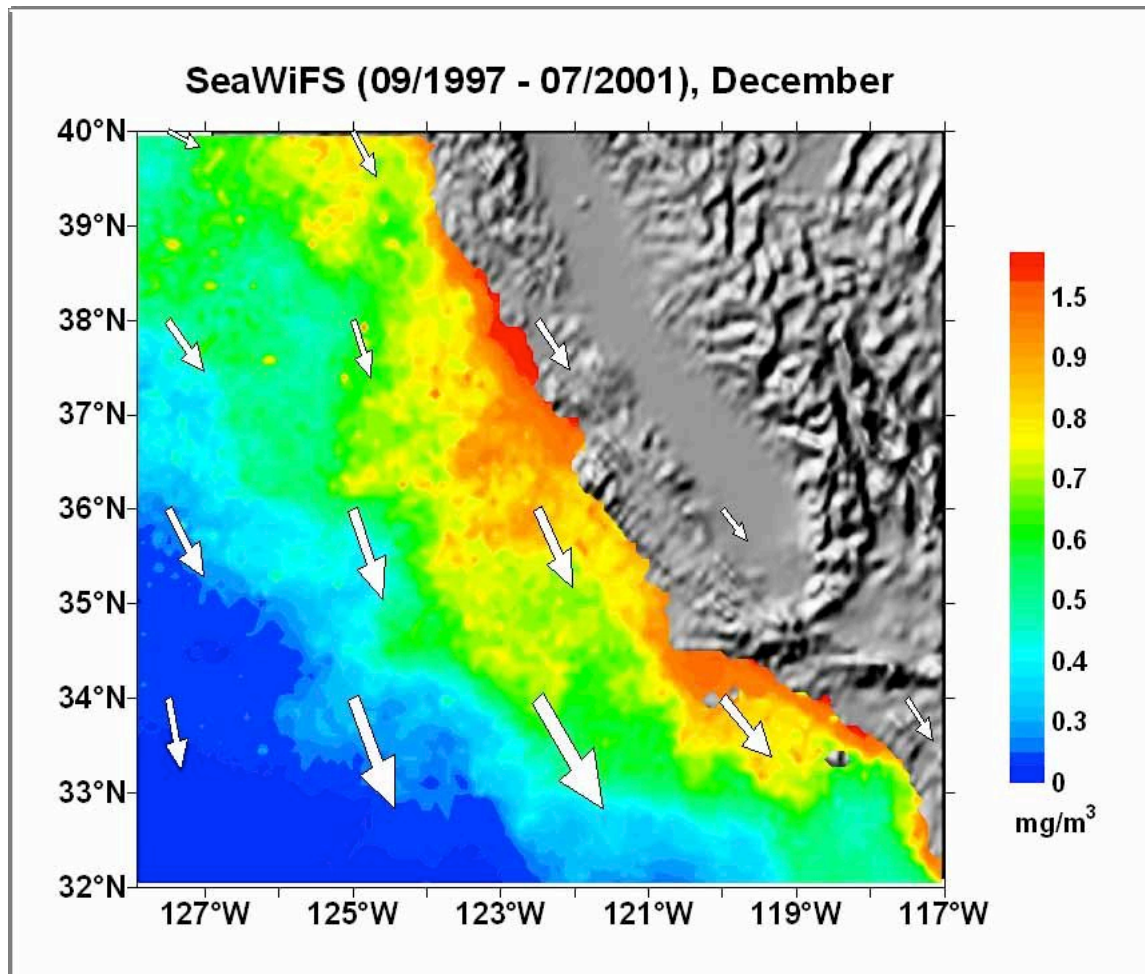


Σημαντική συσχέτιση μεταξύ:

- διαφοράς θερμοκρασίας αέρα Αυγούστου και Νοεμβρίου και
- του μεγέθους της εαρινής άνθισης του φυτοπλαγκτόν την άνοιξη της επόμενης χρονιάς (δεδομένα CZCS, SeaWiFS).

Ωκεάνιο χρώμα και ανάπτυξη φυτοπλαγκτόν

Εποχιακοί κύκλοι της βιομάζας φυτοπλαγκτόν

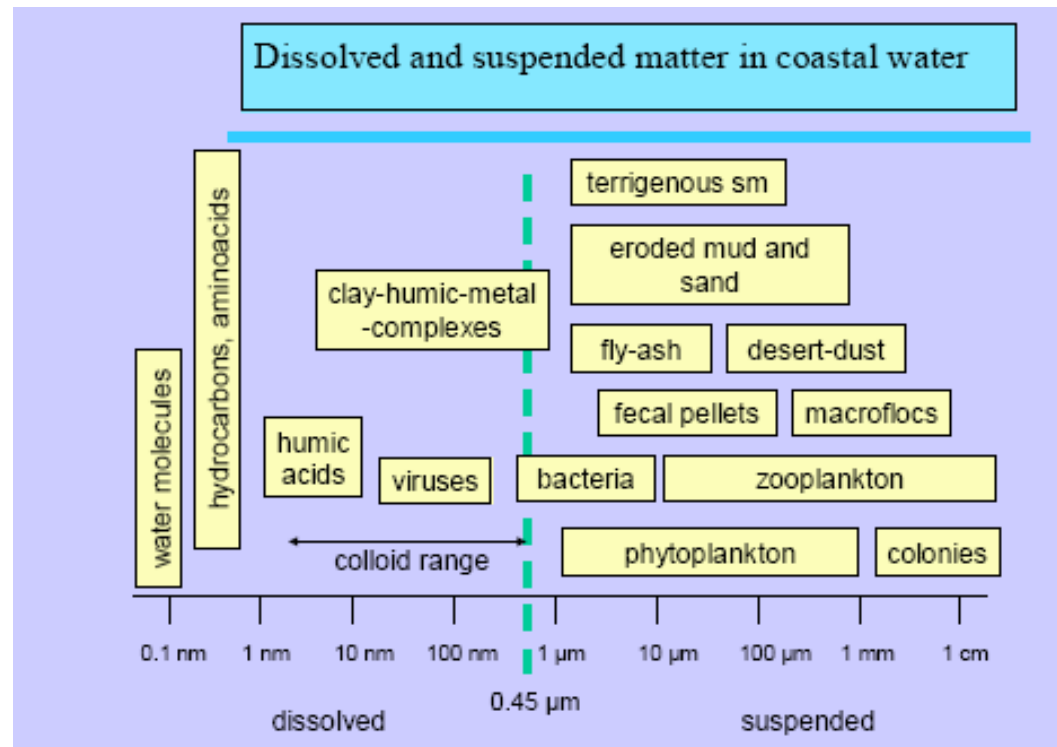


Οι μηνιαίες συνθέσεις δεδομένων SeaWiFS (με μηνιαίους μέσους όρους) 1997-2001 και δεδομένα ανέμων από το NCEP υποδεικνύουν τον εποχιακό κύκλο του upwelling στην Καλιφόρνια.

Δυνατοί άνεμοι και αυξημένη συγκέντρωση βιομάζας φυτοπλαγκτόν παρατηρούνται το καλοκαίρι.

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Ανάλυση μετρήσεων ωκεάνιου χρώματος σε παράκτια ύδατα από το MERIS



Διαλυμένα υλικά

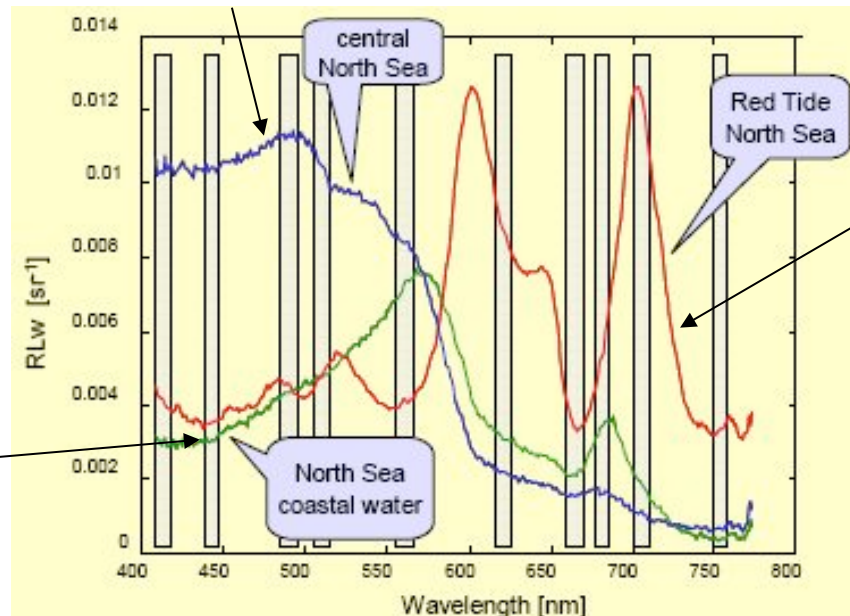
Αιωρούμενα υλικά

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Ανάλυση μετρήσεων ωκεάνιου χρώματος σε παράκτια ύδατα από το MERIS

Τι βλέπουν τα κανάλια του ορατού στο MERIS;

Κεντρική Βόρεια Θάλασσα

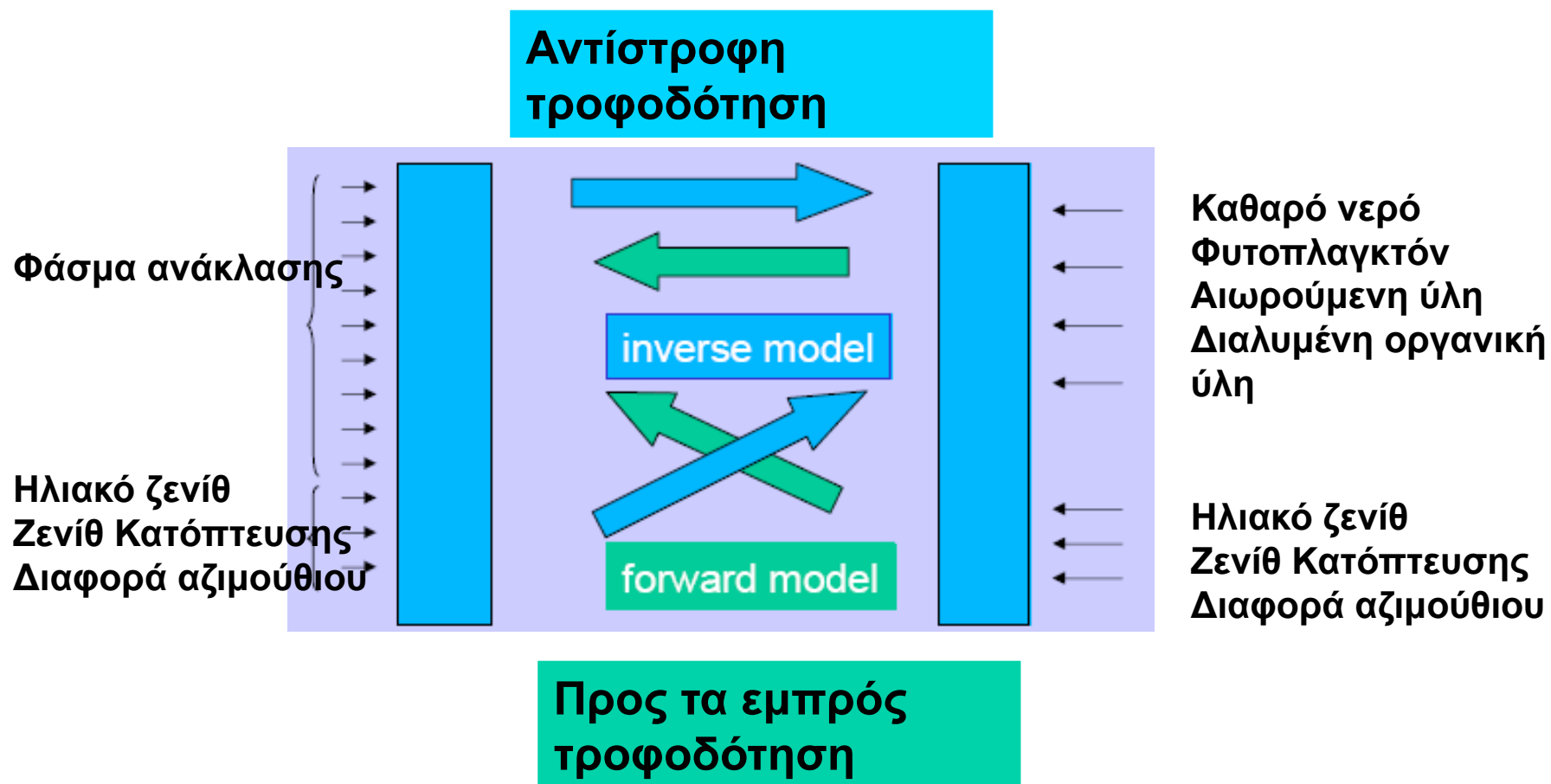


Κόκκινη Παλίρροια Βόρεια Θάλασσα

Παράκτια ύδατα Βόρεια Θάλασσα

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

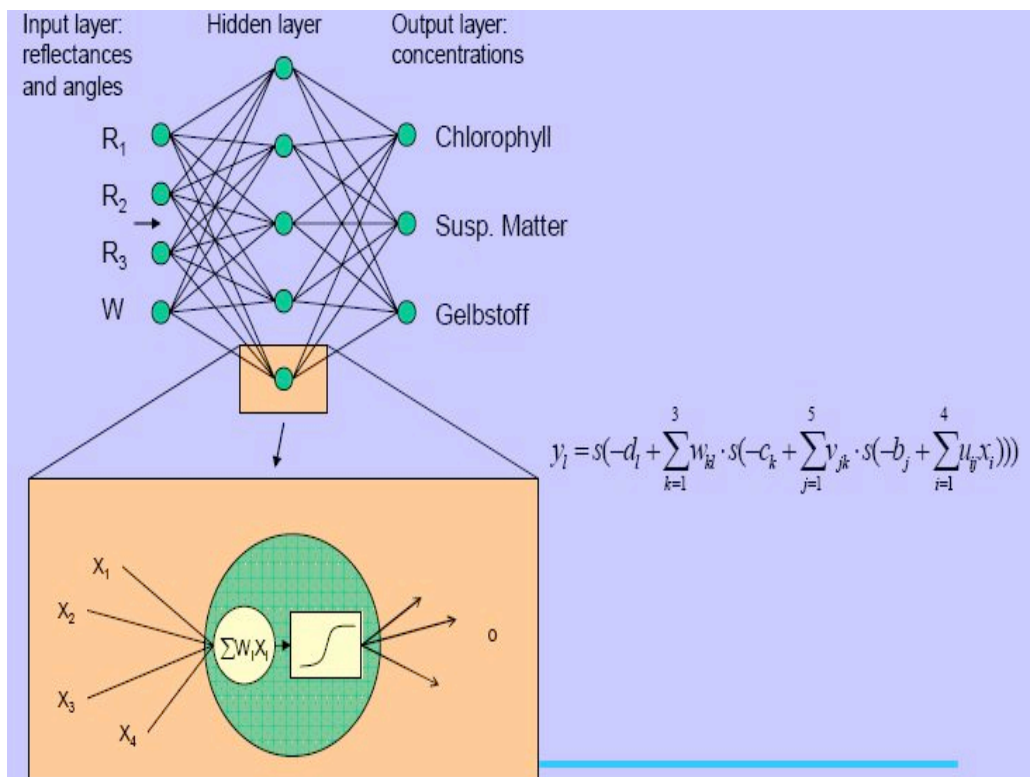
Ανάλυση μετρήσεων ωκεάνιου χρώματος σε παράκτια ύδατα από το MERIS



Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Ανάλυση μετρήσεων ωκεάνιου χρώματος σε παράκτια ύδατα από το MERIS

Αλγόριθμος Νευρωνικού Δικτύου (Neural Network-NN)

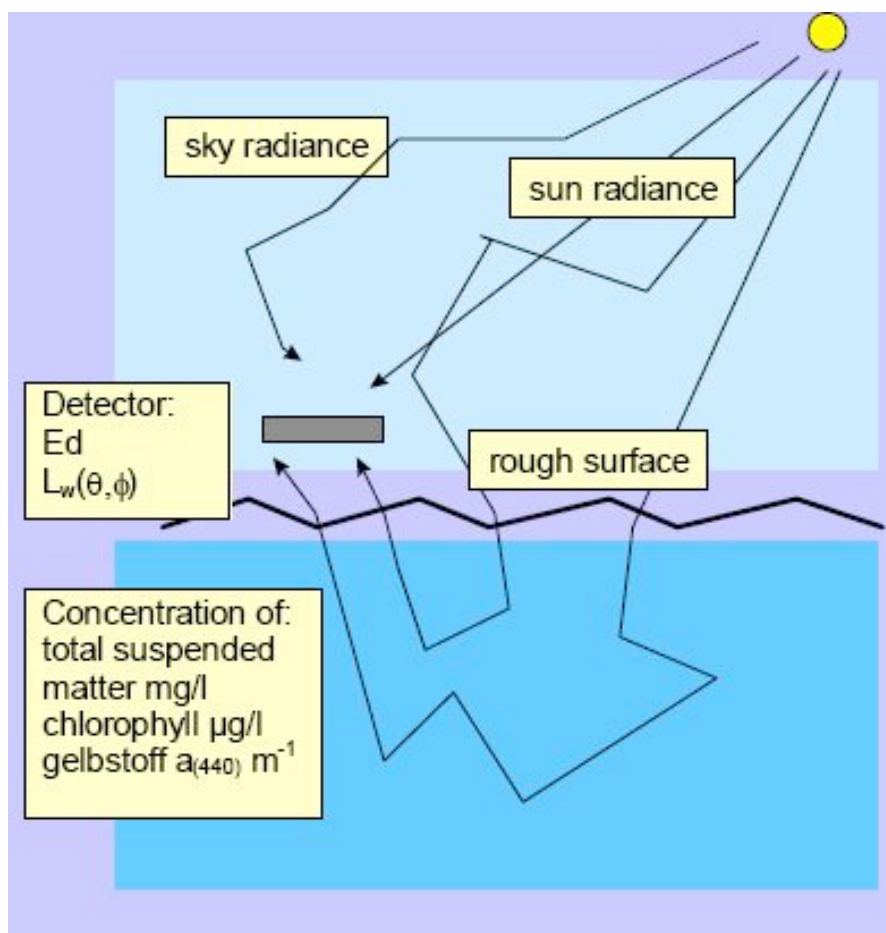


Ο αλγόριθμος NN συνδέει τις παρατηρήσεις ανάκλασης ακτινοβολίας από την θαλάσσια επιφάνεια - τις οποίες μετράνε τα κανάλια του MERIS - με τις οπτικές ιδιότητες των εξής:

- Απορρόφηση από χλωροφύλλη
- Απορρόφηση από Ολική Αιωρούμενη μάζα (TSM) και Gelbstoff
- Ανάκλαση από Ολική Αιωρούμενη Μάζα (TSM)

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Ανάλυση μετρήσεων ωκεάνιου χρώματος σε παράκτια ύδατα από το MERIS



Υποθέσεις

Χρησιμοποιούνται 3 γωνίες κατόπτρευσης και 8 κανάλια

Σταθερό προφίλ

Όζον, Σκέδαση Rayleigh, Αεροζόλ

Η θαλάσσια επιφάνεια θεωρείται ανώμαλη στα 7m/s

Ομογενή ύδατα που χαρακτηρίζονται από

a_w a_c a_g συντελεστές απορρόφησης

b_w b_s συντελεστές ανάκλασης

w = νερό

c = χλωροφύλλη

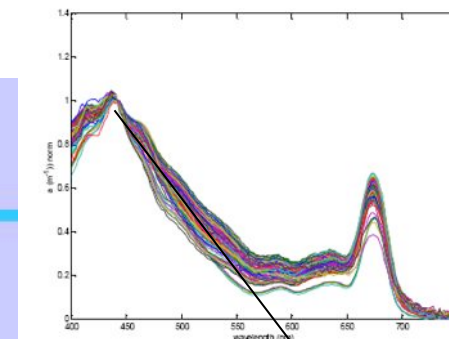
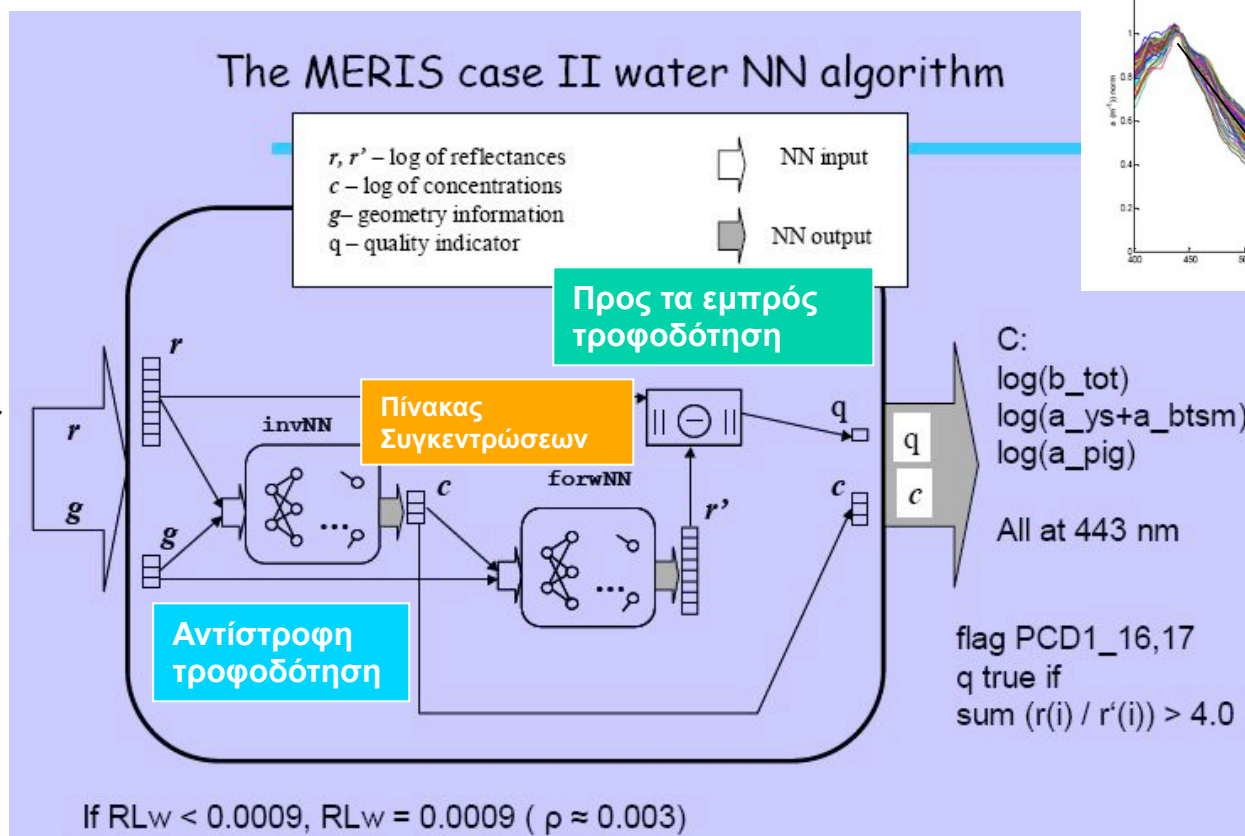
s = αιωρούμενη ύλη

g = Gelbstoff

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Ανάλυση μετρήσεων ωκεάνιου χρώματος σε παράκτια ύδατα από το MERIS

Ανακλάσεις & Γεωμετρικές πληροφορίες



Πίνακας Συγκεντρώσεων Όλες στα 443 nm Όπου οι παράκτιες φυτικές ουσίες παρουσιάζουν μέγιστη απορρόφηση

Πίνακας Ποιότητας

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Ανάλυση μετρήσεων ωκεάνιου χρώματος σε παράκτια ύδατα από το MERIS

Χλωροφύλλη

Από τον συντελεστή a_{pig_443} (αποτέλεσμα Νευρωνικού Δικτύου)
 $algal_2 = 21 \times (a_{pig_443})^{1,04}$

Αντιστροφή για τον επανα-υπολογισμό του συντελεστή απορρόφησης: $(a_{pig_443}) = \exp(\log(algal_2 / 21) / 1,04)$

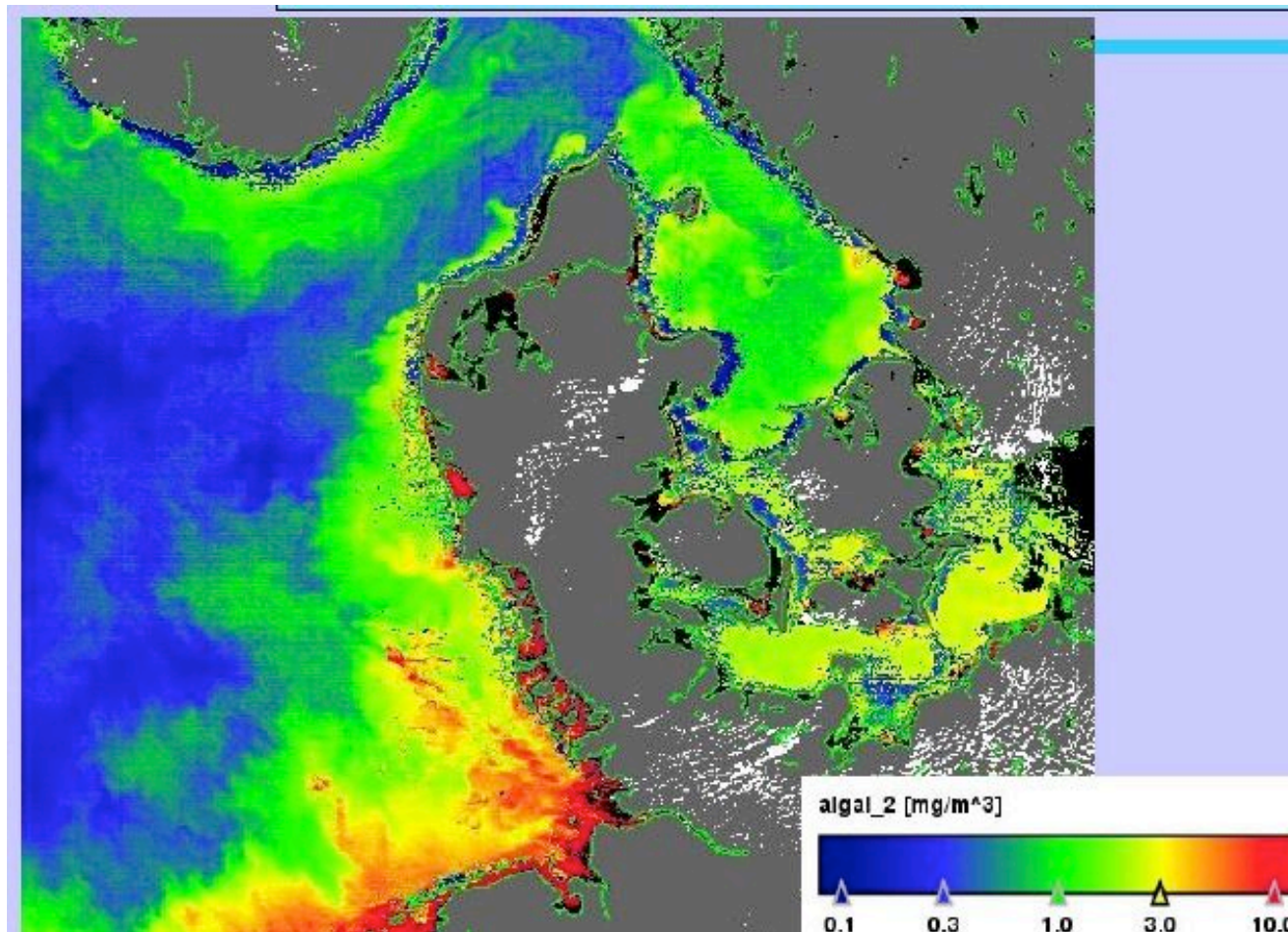
Συνολική Αιωρούμενη Ύλη: $TSM = 1,73 \times b_{tot_443}$

Αντιστροφή για τον επανα-υπολογισμό του συνολικού συντελεστή απορρόφησης: $b_{total_443} = TSM / 1,73$

Συνολική απορρόφηση = $a_{pig_443} + yellow_subs$

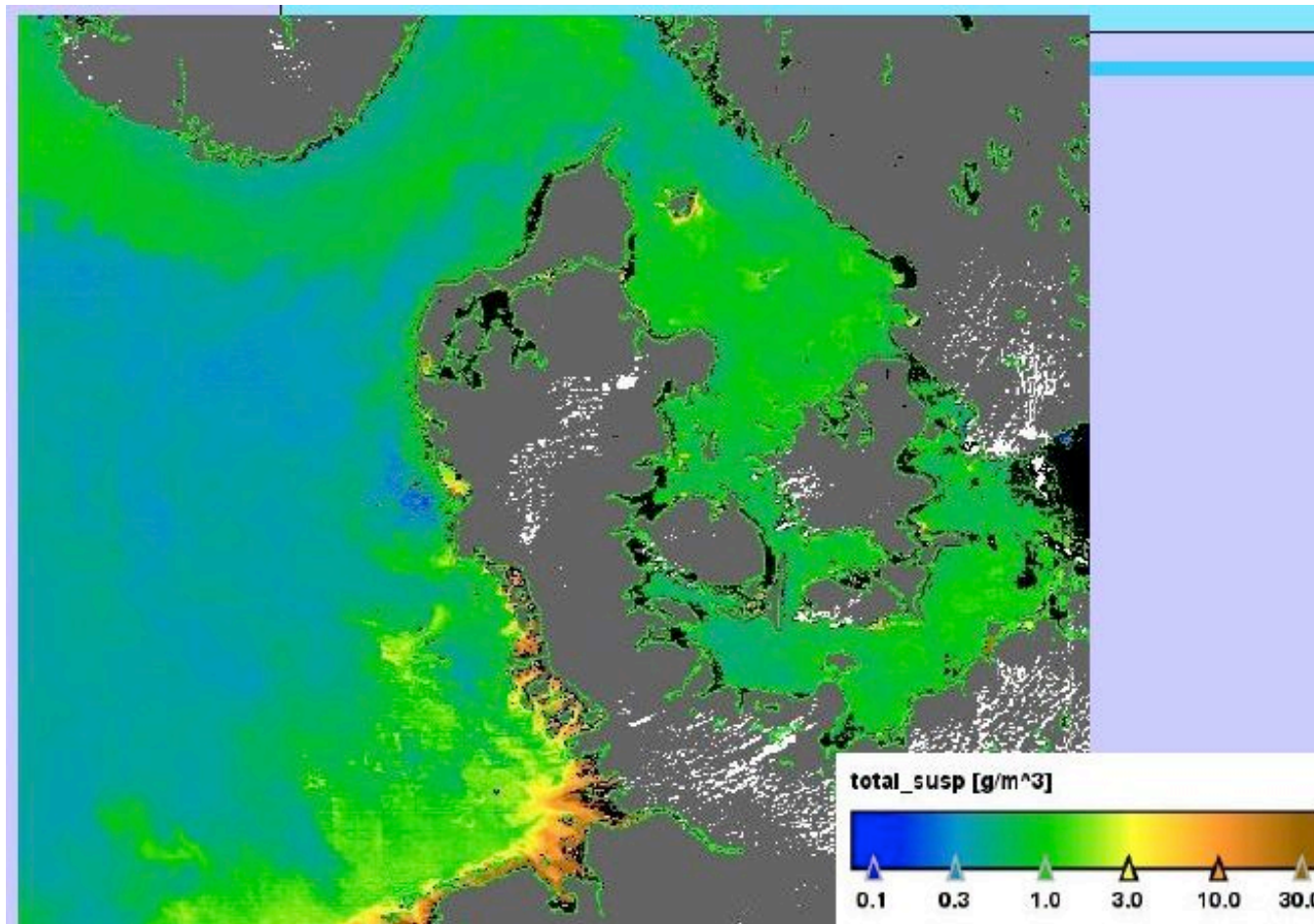
Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Ανάλυση μετρήσεων ωκεάνιου χρώματος σε παράκτια ύδατα από το MERIS



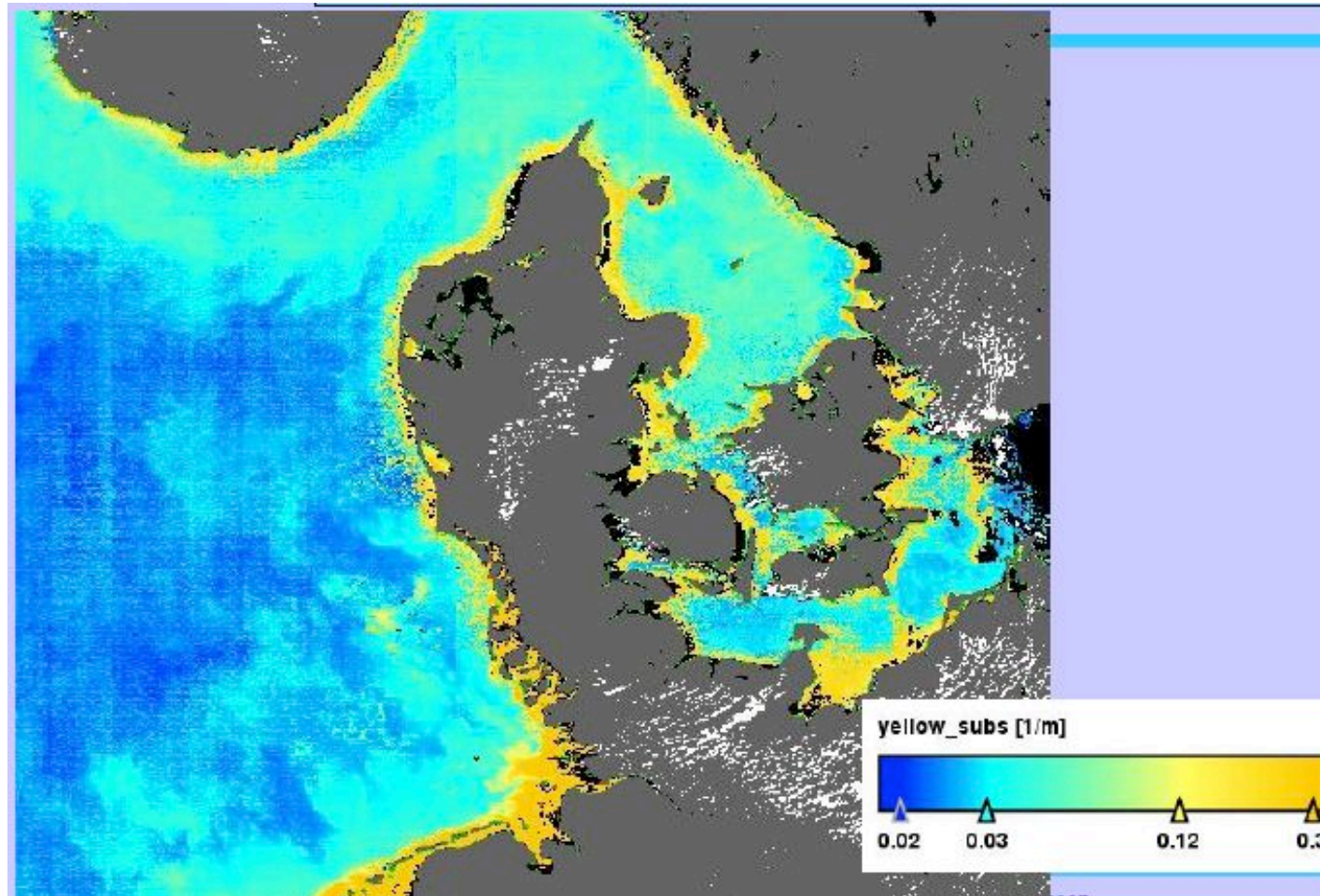
Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Ανάλυση μετρήσεων ωκεάνιου χρώματος σε παράκτια ύδατα από το MERIS



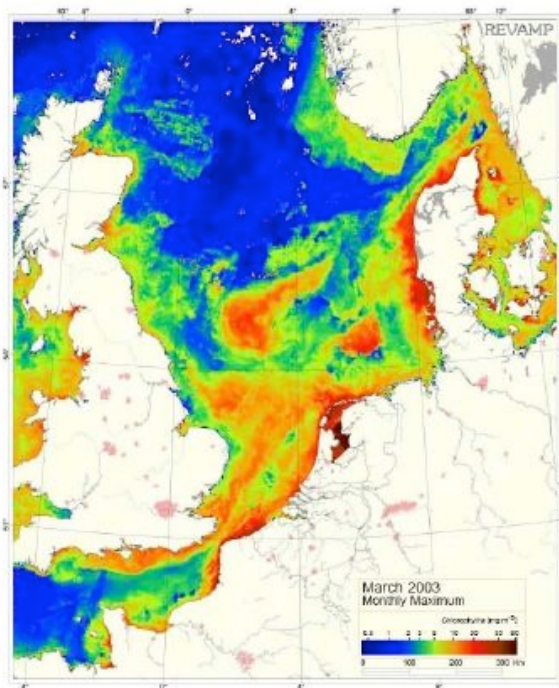
Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

Ανάλυση μετρήσεων ωκεάνιου χρώματος σε παράκτια ύδατα από το MERIS

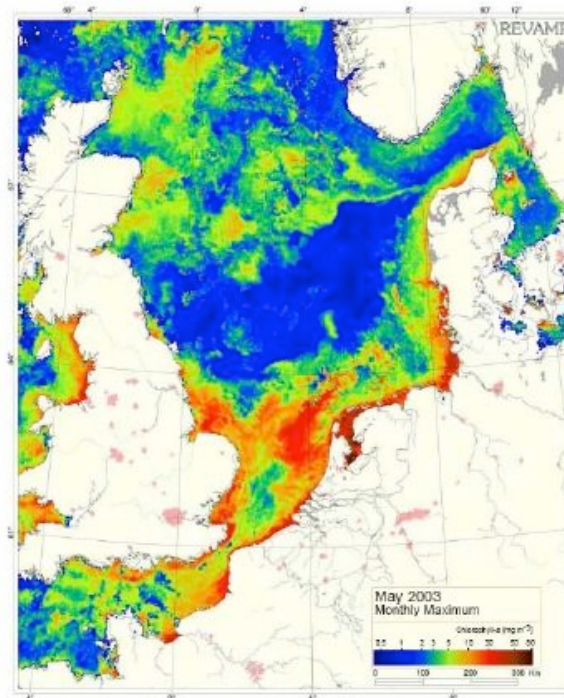


Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

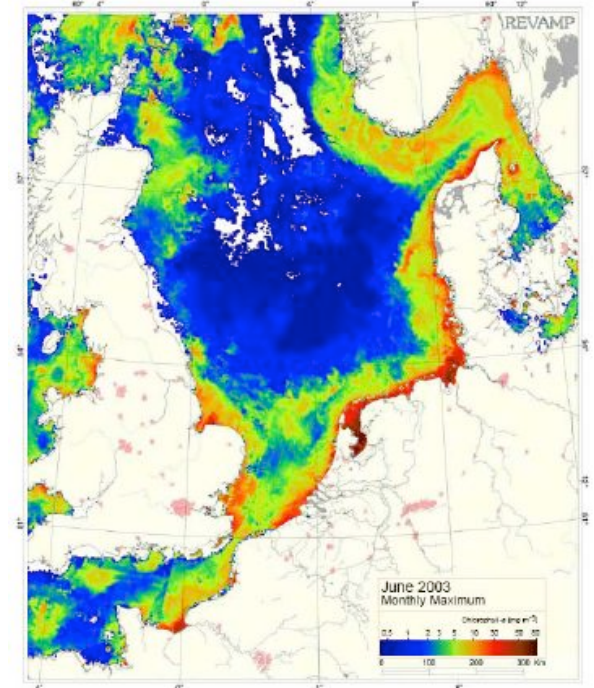
Ανάλυση μετρήσεων ωκεάνιου χρώματος σε παράκτια ύδατα από το MERIS



Μάρτιος

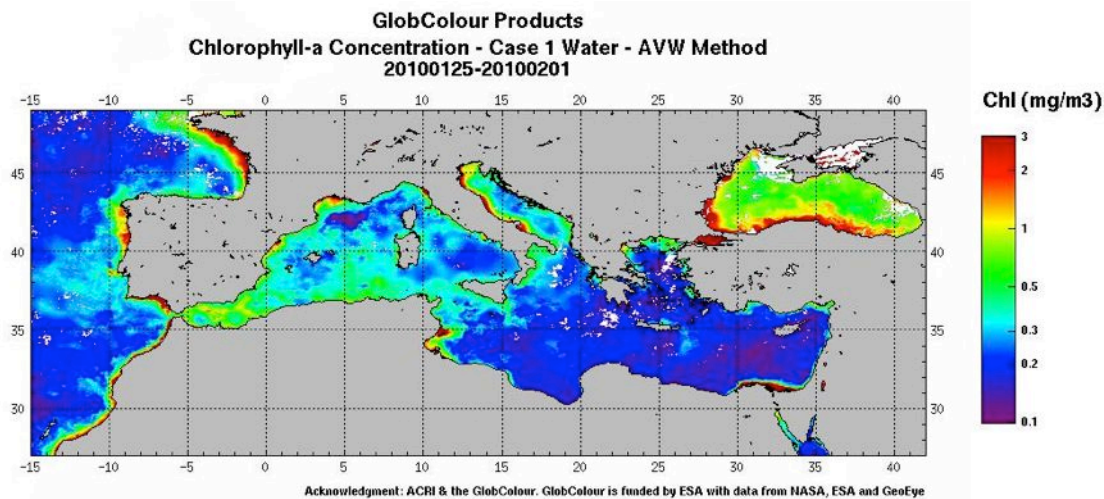
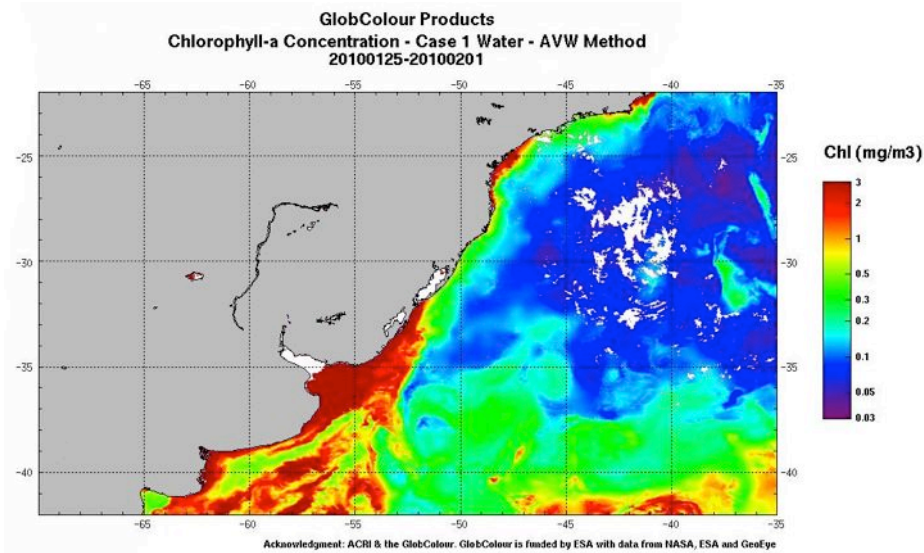


**Μάιος
2003**



Ιούνιος

Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος



Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος

