



www.aegean.gr

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Σχολή Περιβάλλοντος  
Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας



## Θαλάσσια Τηλεπισκόπηση και οργάνωση πληροφορίας

Διάλεξη 7. Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

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

# **Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές**

## **4. Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές**

**4.1. Βαθμονόμηση συστημάτων**

**4.2. Ατμοσφαιρική διόρθωση**

**4.3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης**

**4.4. Επίγειες μέθοδοι επαλήθευσης**

**4.5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας**

**4.6. Ωκεανογραφικές εφαρμογές**

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

Παθητικοί	Μήκος κύματος	Πληροφορία
Ραδιόμετρα στο ορατό Visible wavelength radiometers	400 nm - 1 μm	Παράκτιες εφαρμογές
Υπέρυθρα ραδιόμετρα Infrared (IR) radiometers	10 μm	Θερμοκρασία
Ραδιόμετρα Μικροκυμάτων Microwave radiometers	1.5 - 300 mm	Αλατότητα, πάγοι
Ενεργοί	Μήκος κύματος	Πληροφορία
Αλτίμετρα (Altimeters)	3 - 30 GHz	Τοπογραφία / Ύψος κύματος
Scatterometers	3 - 30 GHz	Θαλάσσιοι Άνεμοι
SAR (Synthetic aperture radar)	3 - 30 GHz	Κύματα - Κηλίδες πετρελαίου

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

Η θαλάσσια τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει:

- 1. Βαθμονόμηση συστημάτων (Sensor calibration)**
- 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση (Atmospheric correction)**
- 3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης (Positional registration)**
- 4. Επίγειες μέθοδοι επαλήθευσης (Oceanographic sampling for "sea truth")**
- 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας (Image processing)**
- 6. Ωκεανογραφικές εφαρμογές (Oceanographic applications)**

# **Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές**

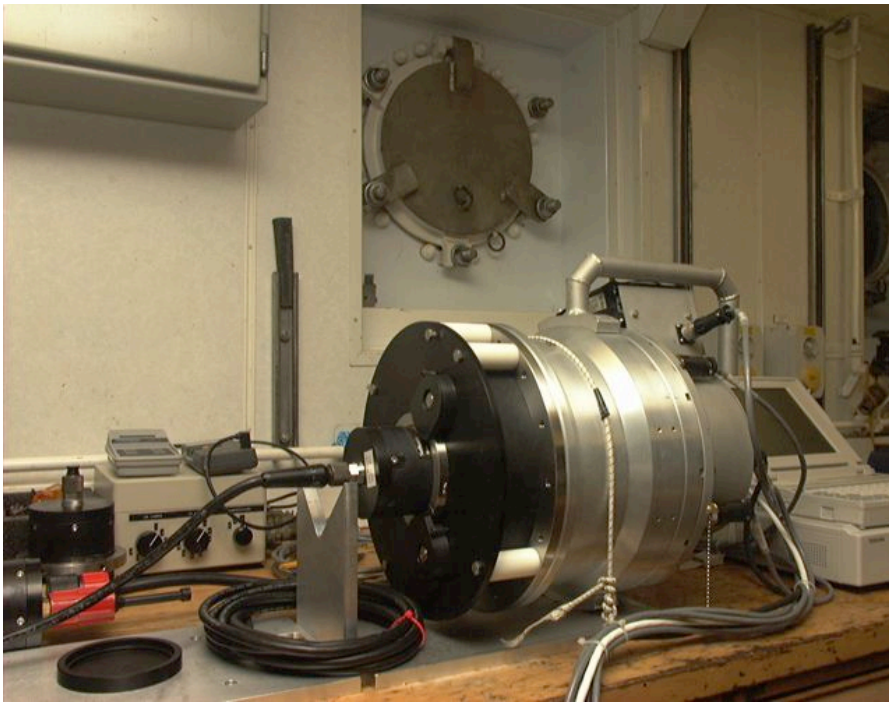
## **1. Βαθμονόμηση συστημάτων (Sensor calibration)**

**Κάθε ωκεανογραφικό όργανο μετρήσεων πρέπει να βαθμονομείται πριν και μετά την συλλογή δεδομένων. Ειδικά για τα δορυφορικά συστήματα πρέπει να λάβουμε υπόψη:**

- 1. την πίεση κατά την εκτόξευση,**
- 2. το «κενό» του διαστήματος,**
- 3. τους περιορισμούς παροχής ενέργειας στους δορυφόρους και την επιδείνωσή της με την πάροδο του χρόνου,**
- 4. την μη ύπαρξη δυνατότητας επίγειας επανάκτησης του οργάνου για να γίνεται περιοδικά εργαστηριακή βαθμονόμηση.**

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 1. Βαθμονόμηση συστημάτων (Sensor calibration)



- A) Στόχος αναφοράς
- σώμα με σταθερή ακτινοβολία (για τους αισθητήρες που λειτουργούνε στο ορατό) ή
  - μελανό σώμα με μετρούμενη θερμοκρασία (για τους υπέρυθρους αισθητήρες).

Παρακολούθηση της λειτουργίας του αισθητήρα και διορθώσεις στα δεδομένα συλλογής.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 1. Βαθμονόμηση συστημάτων (Sensor calibration)

### B) Ουράνια σώματα



Μερικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνε για την βαθμονόμησή τους το φεγγάρι ως ένα φυσικό σώμα με σταθερά οπτικά χαρακτηριστικά, διότι το φεγγάρι:  
ΔΕΝ έχει ατμόσφαιρα,  
ΔΕΝ έχει ωκεανούς και  
ΔΕΝ περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό του.



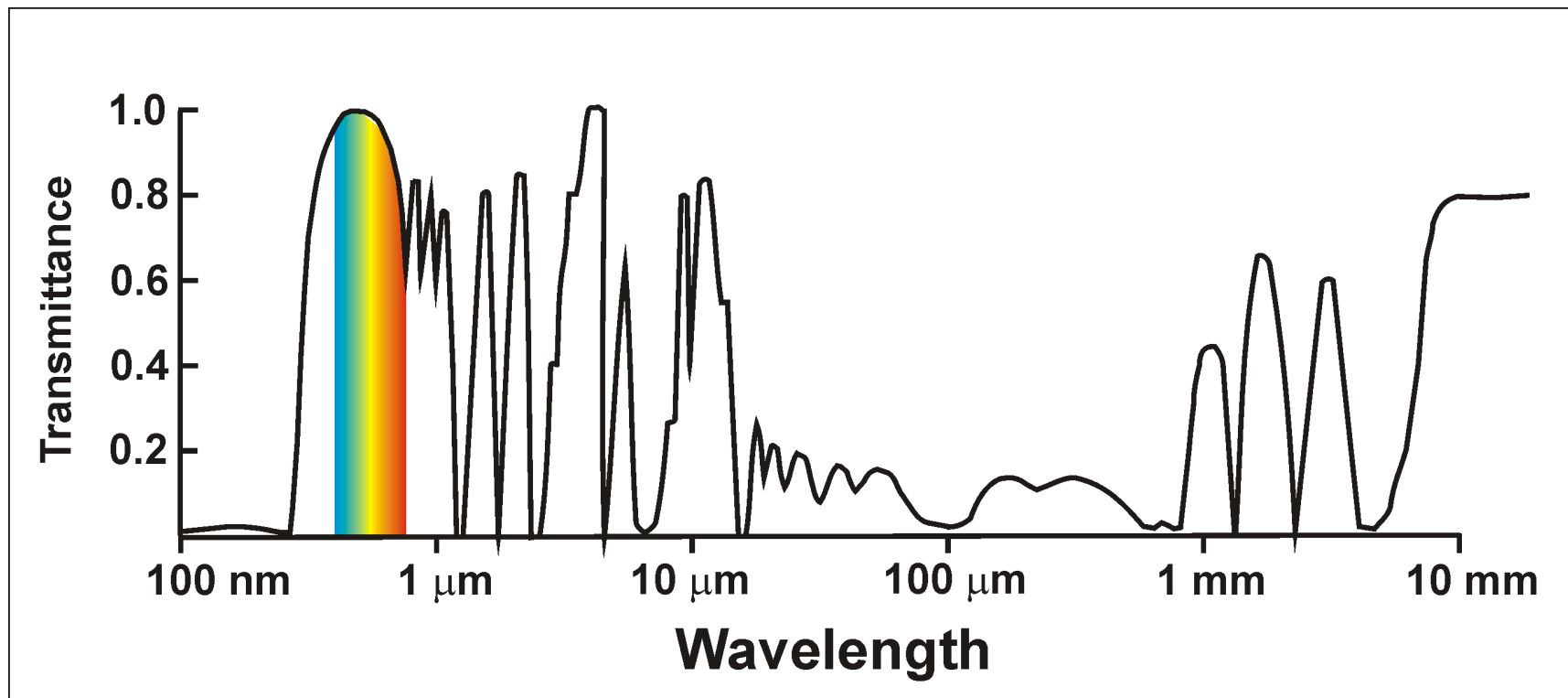
# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

Η θαλάσσια τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει:

1. Βαθμονόμηση συστημάτων (Sensor calibration)
2. Ατμοσφαιρική διόρθωση (Atmospheric correction)
3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης (Positional registration)
4. Επίγειες μέθοδοι επαλήθευσης (Oceanographic sampling for "sea truth")
5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας (Image processing)
6. Ωκεανογραφικές εφαρμογές (Oceanographic applications)

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση



**Μόνο σε ορισμένα μήκη κύματος η ακτινοβολία μπορεί πλήρως ή εν μέρει να διαβιβαστεί στην γήινη επιφάνεια.**

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση

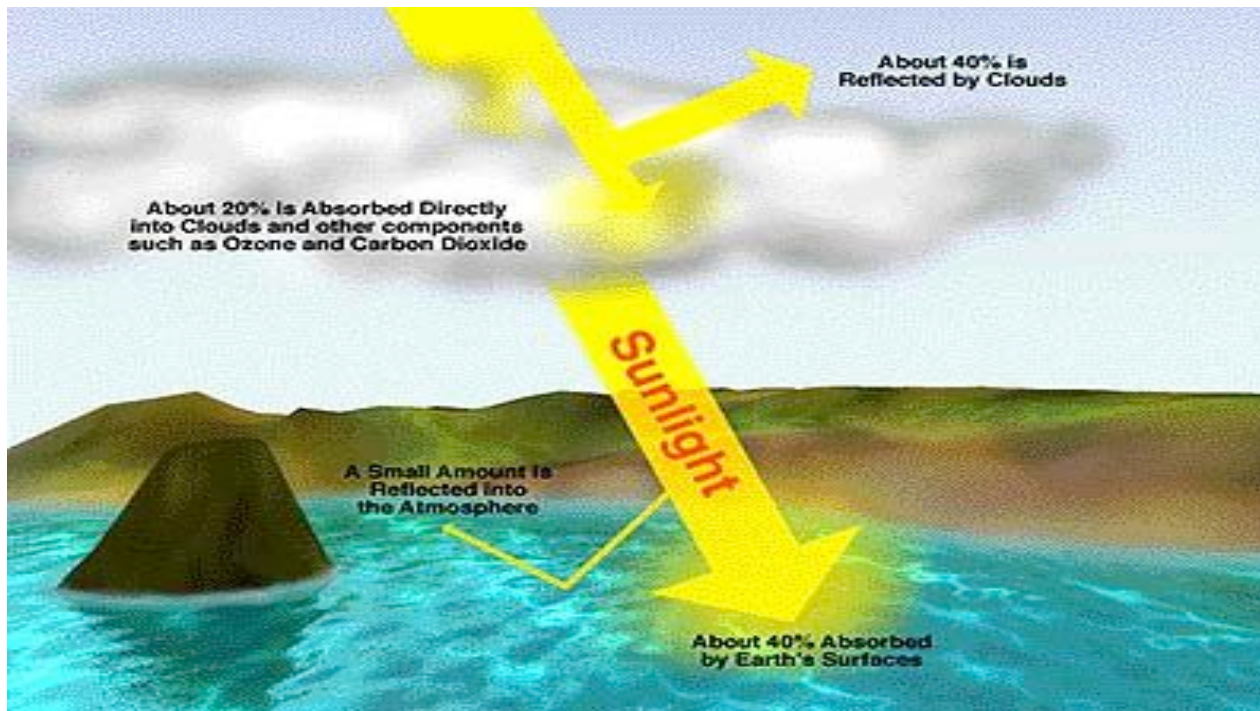


Χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας που επηρεάζουν την διάδοση της Η/Μ ακτινοβολίας:

- Μόρια διαφόρων αερίων,
- Υγρασία,
- Aerosols (καπνός, ρύπανση),
- Σκόνη,
- Σταγονίδια.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

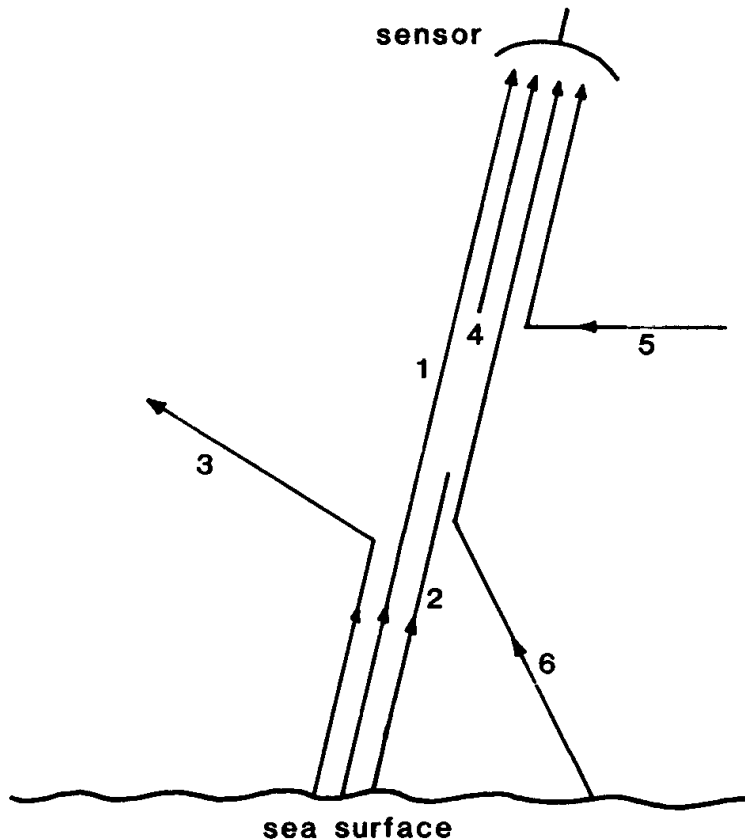
## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση



- ~40% ανακλάται από τα σύννεφα
- ~20% απορροφάται από την ατμόσφαιρα
- ~40% απορροφάται από την Γη

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

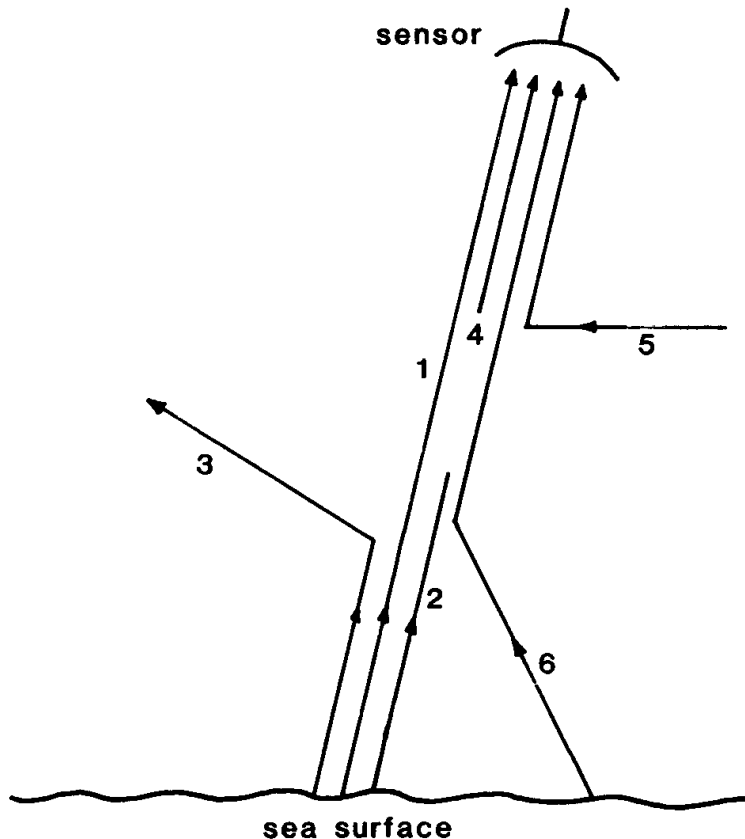
## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση



Ατμοσφαιρικά μονοπάτια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μεταξύ της θάλασσας και του αισθητήρα του δορυφόρου.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

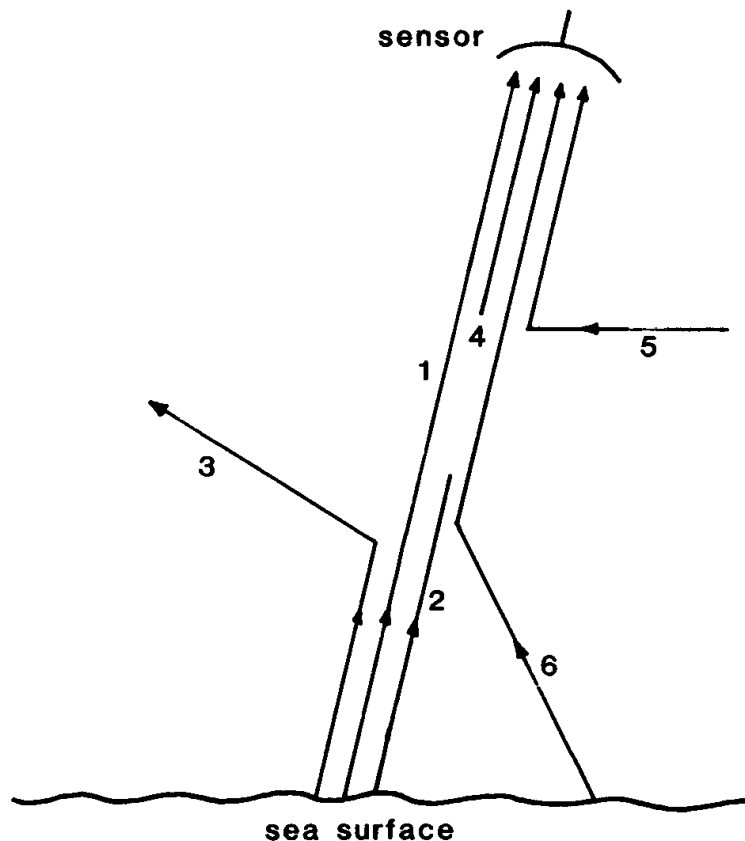
## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση



1. Το χρήσιμο ανακλώμενο σήμα,
2. Η ακτινοβολία που έρχεται από την θάλασσα αλλά την απορροφάει η ατμόσφαιρα,
3. Η ακτινοβολία που σκεδάζει η ατμόσφαιρα και την κάνει να κινηθεί εκτός πεδίου θέασης του αισθητήρα,
4. Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από την ατμόσφαιρα,
5. Η ακτινοβολία που σκεδάζεται μέσα στο πεδίο θέασης του αισθητήρα,
6. Η ακτινοβολία από την επιφάνεια της θάλασσας που αρχικά ήταν εκτός πεδίου θέασης του αισθητήρα.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση



Ανακλώμενο σήμα θάλασσας  $1+2+3$ ,

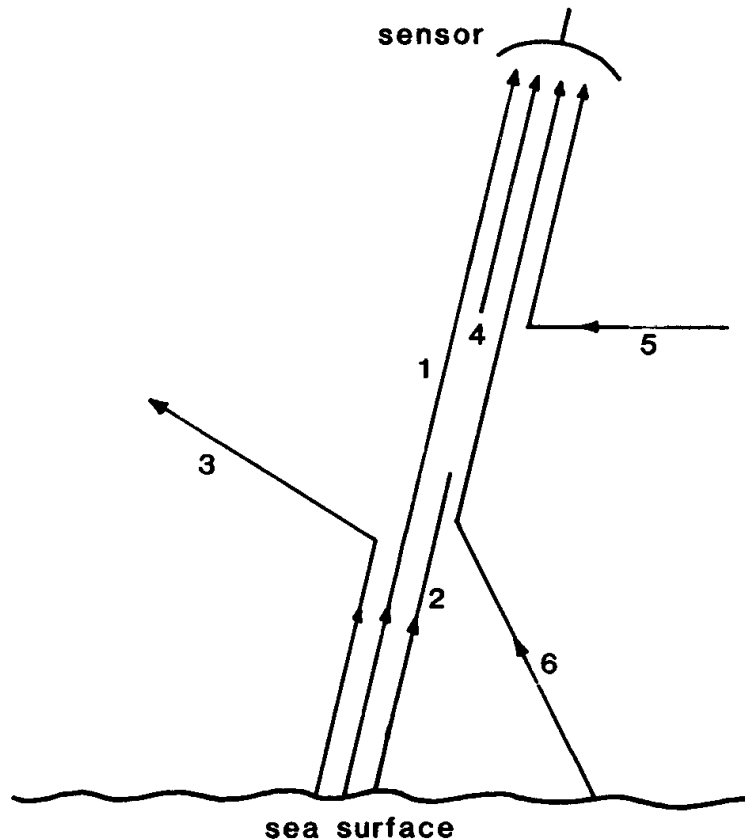
Ακτινοβολία 4, 5, and 6 φτάνει στον αισθητήρα χωρίς να προέρχεται από το πεδίο θέασης του αισθητήρα = «θόρυβος» λόγω ατμόσφαιρας,

Ο αισθητήρας δέχεται την ακτινοβολία  $1+4+5+6$ ,

Η ατμοσφαιρική διόρθωση οφείλεται στις  $1+2+3$ .

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση



Στο ορατό φάσμα (optical sensors) η ακτινοβολία 2 απουσιάζει.

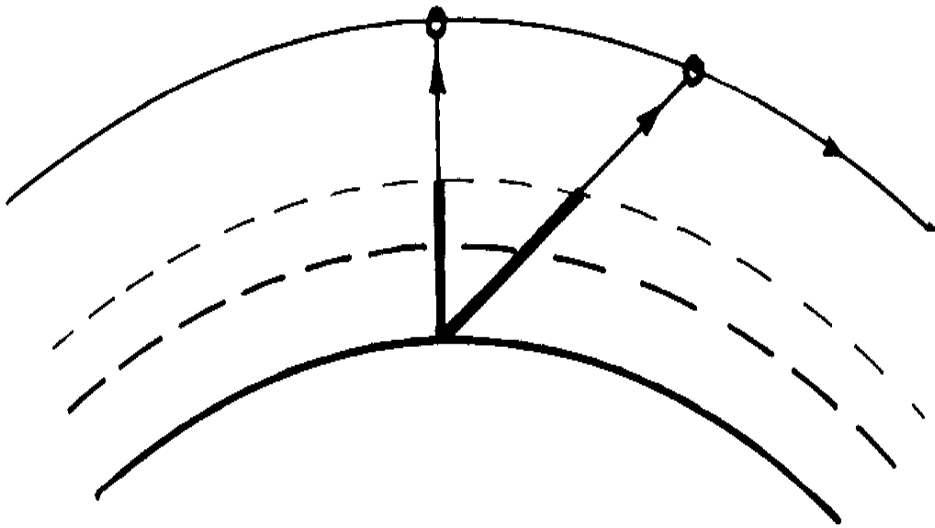
Στους υπέρυθρους αισθητήρες (thermal IR sensors) η ακτινοβολία 2 είναι πολύ σημαντική:

- η ατμόσφαιρα την απορροφάει και
- την επανεκπέμπει ως ακτινοβολία με μικρότερη θερμοκρασία (Ακτινοβολία 4).



# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση



- Η υπό γωνία σάρωση (oblique viewing) σημαίνει ότι η H/M ακτινοβολία διανύει μεγαλύτερη απόσταση,

- παρεμβάλλεται μεγαλύτερο μέρος της γήινης ατμόσφαιρας από ότι στην κατακόρυφη σάρωση (nadir viewing).

Η σάρωση της ίδιας περιοχής 2 φορές από διαφορετικές γωνίες, χρησιμοποιείται στην ατμοσφαιρική διόρθωση.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

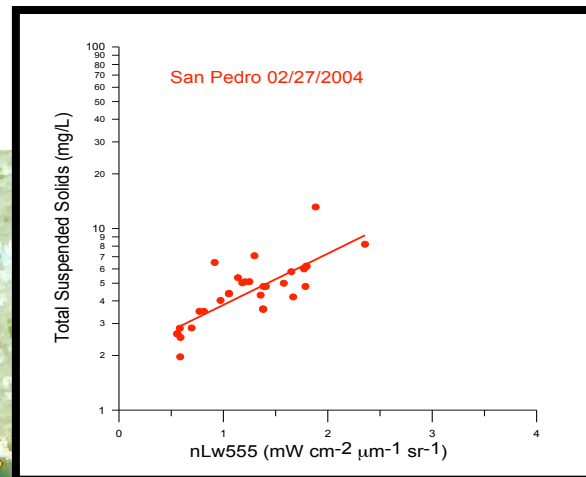
## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση

### Κύριες στρατηγικές ατμοσφαιρικής διόρθωσης

1. Βαθμονόμηση κάθε εικόνας με επίγειες μετρήσεις,
2. Ενιαίο μοντέλο ατμοσφαιρικής διόρθωσης βασισμένο σε ένα μέσο μοντέλο ατμοσφαιρικών επιδράσεων,
3. Χρήση διαφορετικών μηκών κύματος → θεώρηση ότι ορισμένα κανάλια δεν έχουν ευαισθησία στην ακτινοβολία πάνω από θαλάσσιες περιοχές. Επεξεργασία κάθε εικονοστοιχείου της εικόνας,
4. Ύπαρξη ατμοσφαιρικού αισθητήρα στην συχνότητα των μικροκυμάτων (microwave sounding) στον δορυφόρο.

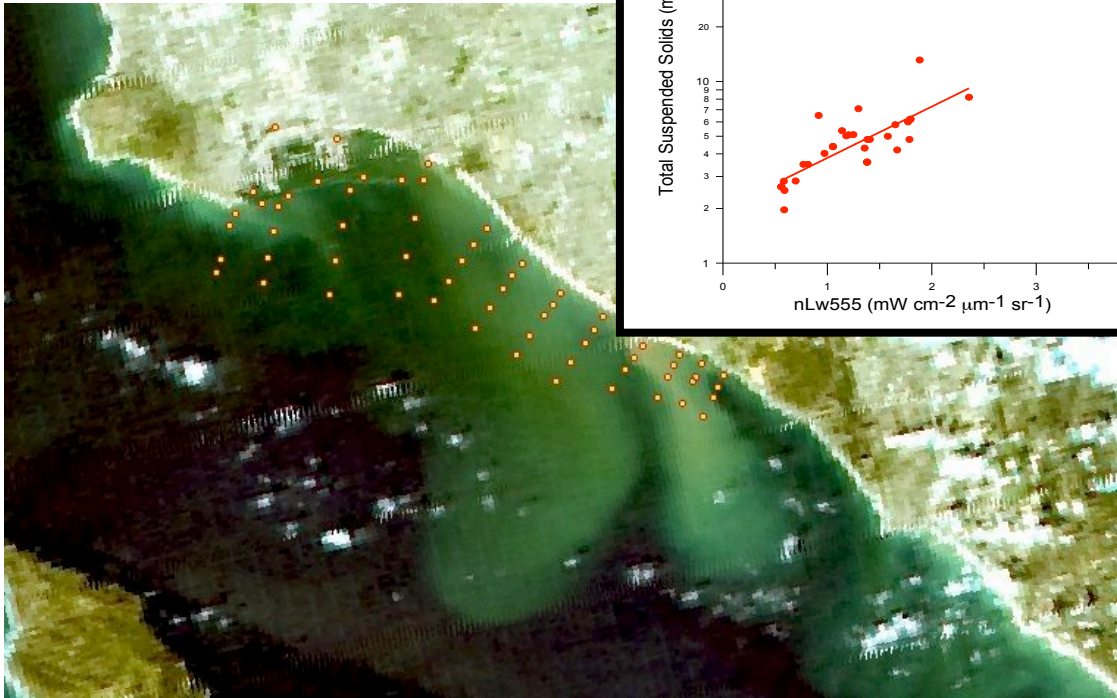
# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση



- Βαθμονόμηση απεικόνισης χωρίς την χρήση μοντέλων ατμοσφαιρικής διόρθωσης.

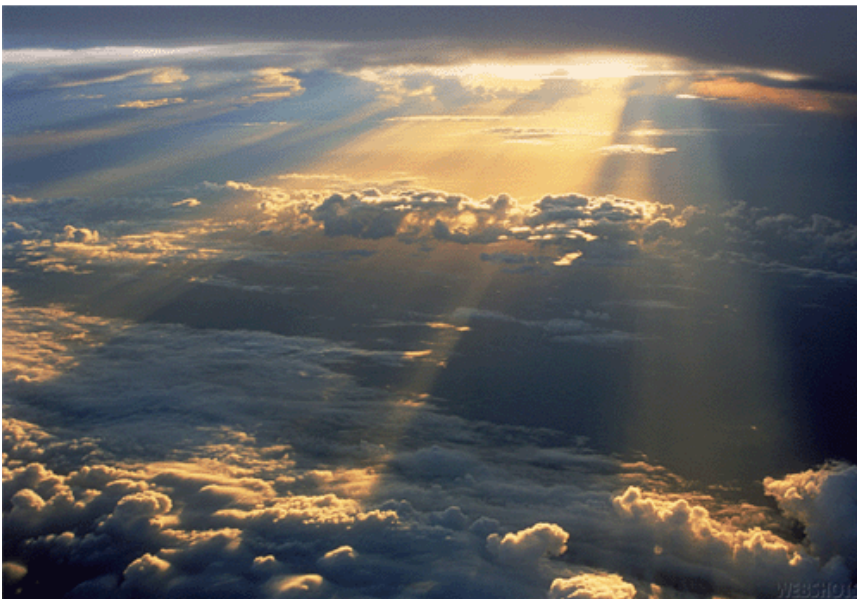
- Κάθε απεικόνιση μπορεί να βαθμονομείται με στοιχεία εδάφους, αλλά η κλίση της συσχέτισης για κάθε σκηνή είναι μοναδική.



# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση

### Σύννεφα

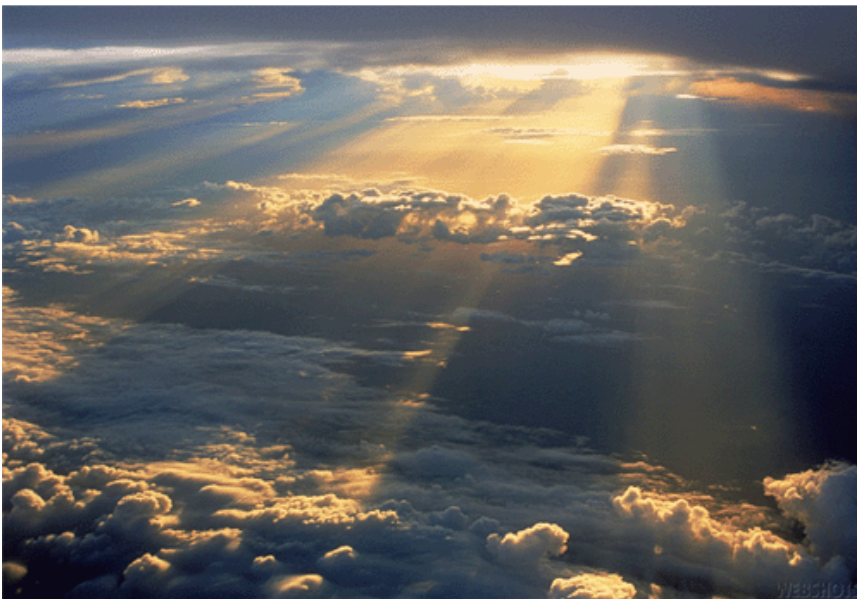


- Τα σύννεφα είναι το κυριότερο εμπόδιο στο ορατό και υπέρυθρο μήκος κύματος,
- Τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητές τους μεταβάλλονται με το ύψος.
- Στο ορατό και υπέρυθρο μήκος κύματος οι σταγόνες και οι κρύσταλλοι πάγου στα σύννεφα σκεδάζουν και απορροφούν ακτινοβολία,
- Πυκνά σύννεφα εμποδίζουν τον αισθητήρα να βλέπει την επιφάνεια της Γης.
- Τα σύννεφα μπορούν να καλύπτουν τα 2/3 του πλανήτη ανά πάσα στιγμή.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση

Σύννεφα



Αισθητήρες στο ορατό και υπέρυθρο μήκος

Πρωταρχική διόρθωση:

- Να γνωρίζουμε εάν κάποιο από τα εικονοστοιχεία της απεικόνισης είναι απαλλαγμένο από τα σύννεφα,
- Να απαλλαγούμε από τα σύννεφα (masking).

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

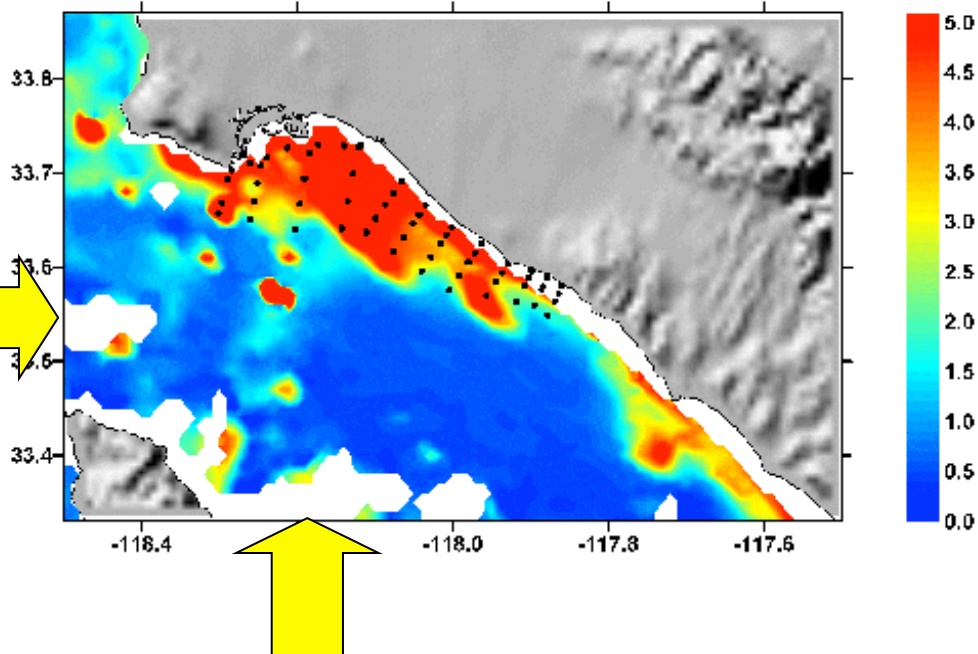
## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση

### Σύννεφα

### SeaWiFS

(8 κανάλια στο ορατό)

SeaWiFS chlorophyll ( $\text{mg m}^{-3}$ ) - 02/23/2004



- Χοντροειδής και απλουστευμένη διαδικασία ανεύρεσης σύννεφων,
- Η ακτινοβολία που φεύγει από την θαλάσσια επιφάνεια στο κοντινό-υπεριώδες μήκος είναι μηδαμινή,
- Οτιδήποτε ανιχνεύεται πάνω από αυτή την τιμή (threshold) θεωρείται σύννεφο.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 2. Ατμοσφαιρική διόρθωση

Στους δέκτες AVHRR και MODIS η εντόπιση σύννεφων βασίζεται στο ότι:

- Τα σύννεφα είναι πιο κρύα → ανακλούνε περισσότερο από ότι η θαλάσσια επιφάνεια,
- Η θάλασσα σε αντίθεση με τα σύννεφα είναι πιο ομογενής σε σχέση με την θερμοκρασία και την αντανάκλαση (κλίμακα  $\approx 100$  km).

Τρία είδη τεστ χρησιμοποιούνται:

1. «Κατωφλίου» (threshold): απορρίπτουνε εικονοστοιχεία που είναι πιο κρύα ή/και ανακλούνε περισσότερο από την θαλάσσια επιφάνεια.
- 2) «Ομοιομορφίας» (uniformity): εξετάζει την μεταβολή της θερμοκρασία ή/και της ανάκλασης σε περιοχές (φίλτρα με πίνακες εικονοστοιχείων),
- 3) «Σύγκρισης» (comparison): Οι μετρήσεις της ΕΘΘ (Επιφανειακή Θερμοκρασία της Θάλασσας) συγκρίνονται με κλιματολογικά δεδομένα ΕΘΘ.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

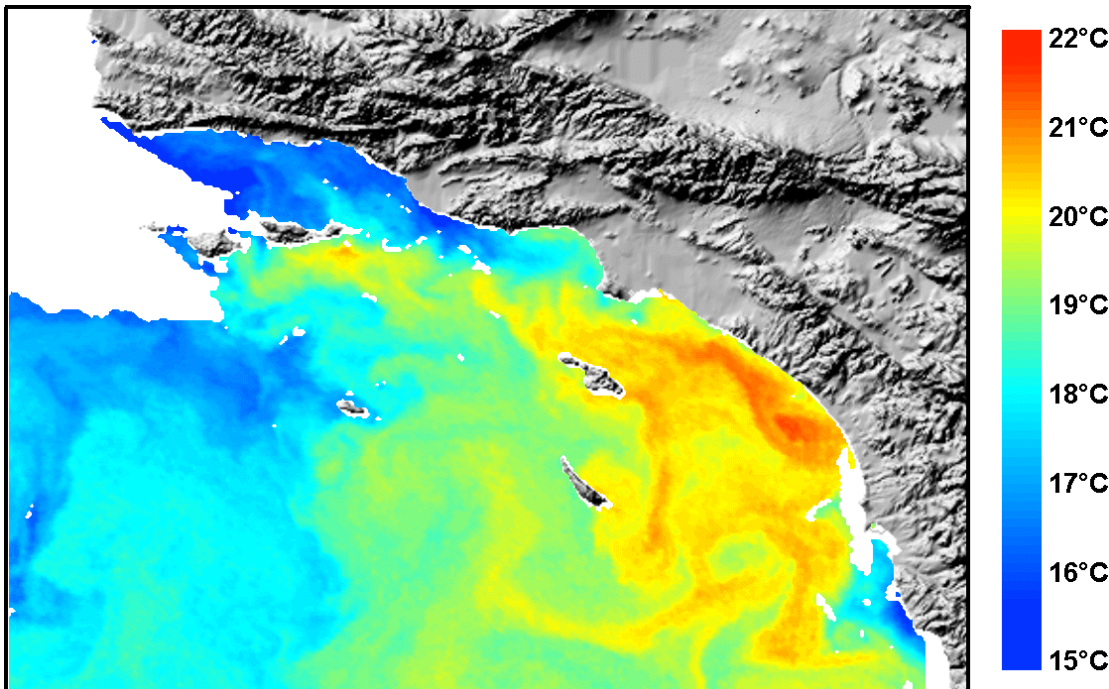
Η θαλάσσια τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει:

1. Βαθμονόμηση συστημάτων (Sensor calibration)
2. Ατμοσφαιρική διόρθωση (Atmospheric correction)
3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης (Positional registration)
4. Επίγειες μέθοδοι επαλήθευσης (Oceanographic sampling for "sea truth")
5. Επίπεδα πληροφορίας - επεξεργασία εικόνας (Image processing)
6. Ωκεανογραφικές εφαρμογές (Oceanographic applications)



# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης

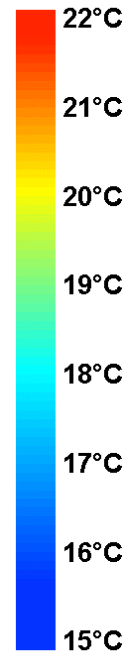
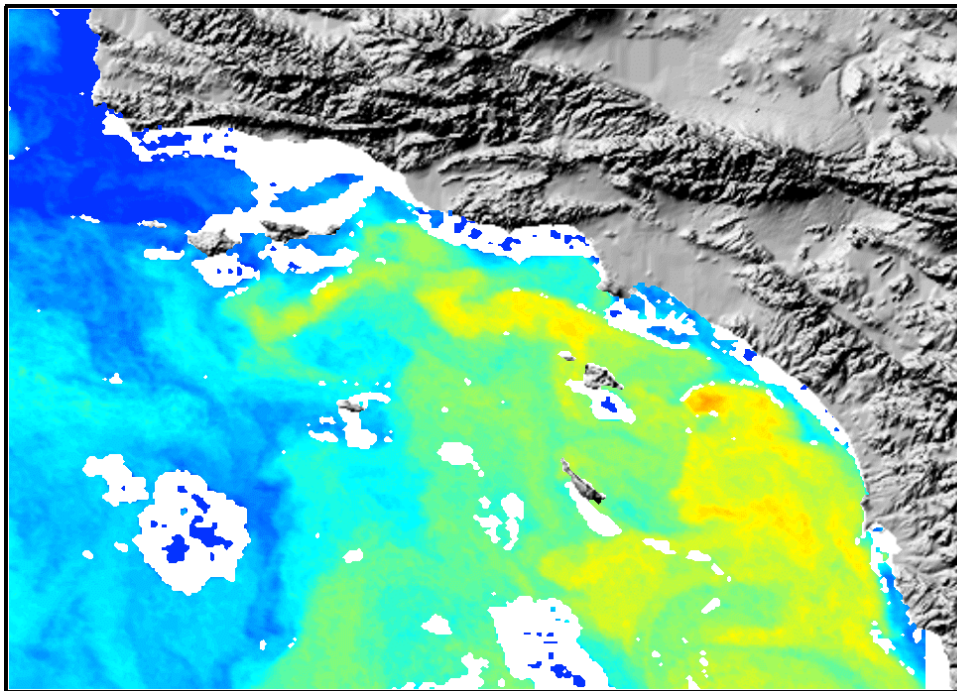


Ραδιόμετρο AVHRR στον δορυφόρο NOAA

- Διαδικασία εύρεσης της ακριβής θέσης στην οποία αναφέρεται μία δορυφορική μέτρηση.
- Εξαρτάται από τον τύπο του αισθητήρα και την χωρική του διακριτική ικανότητα - χωρική του ανάλυση (spatial resolution).

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης



Αρχική εκτίμηση της θέσης του δορυφόρου:

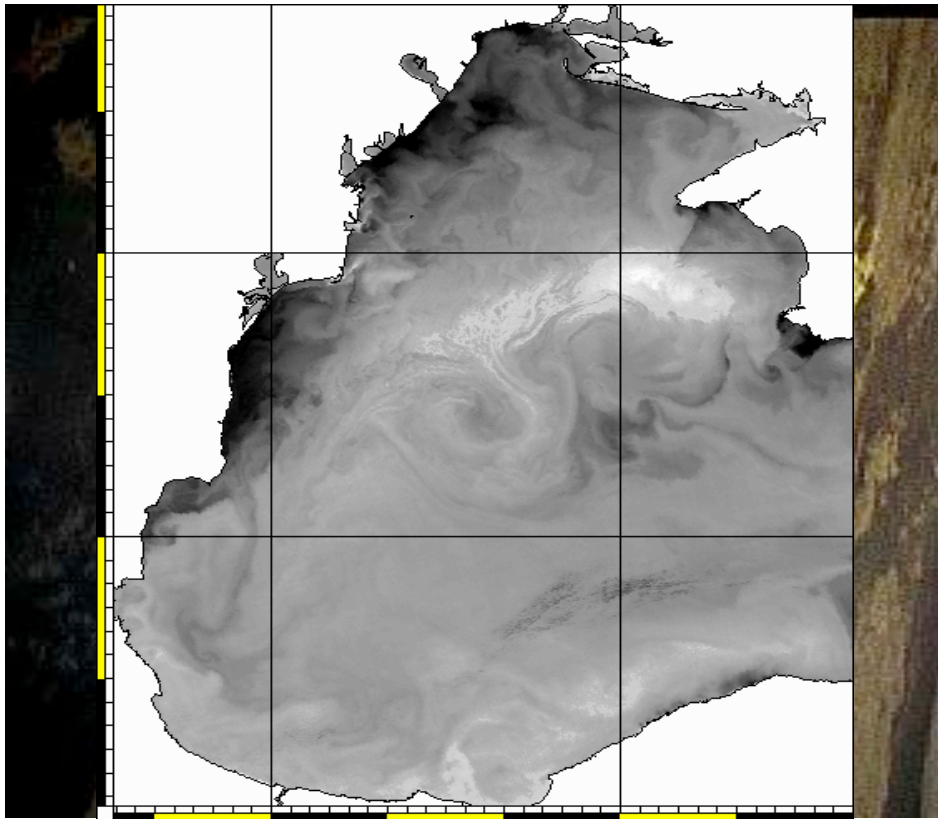
- από την ώρα της παρατήρησης και
- την τροχιά του δορυφόρου.

Ακρίβεια της τάξης των μερικών χιλιομέτρων

Ραδιόμετρο AVHRR στον δορυφόρο NOAA

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

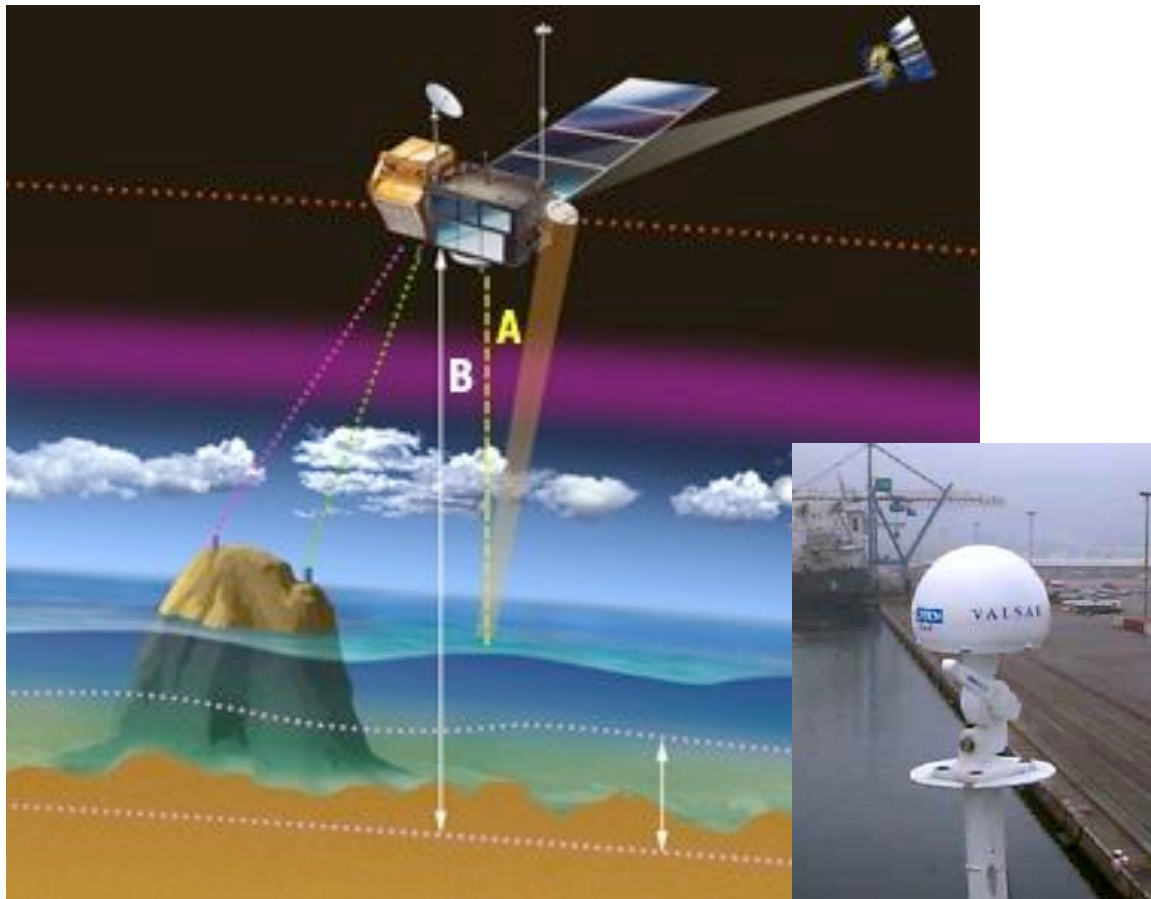
## 3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης



- Συχνά χρησιμοποιούνται επίγειοι σταθμοί ελέγχου (ground control points).
- Αυτή η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί κυρίως σε παράκτιες περιοχές.
- Σοβαρή παραμόρφωση της εικόνας μπορεί να προέρθει από υπό γωνία σάρωση.
- Κατά την διάρκεια της ανάλυσης κάθε pixel της πρέπει να έχει γεωγραφικές συντεταγμένες.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης

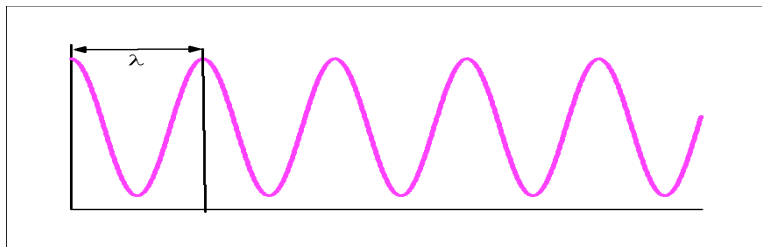


Στους σύγχρονους δορυφόρους ακριβής προσδιορισμός της γεωγραφικής θέσης τους γίνεται με το σύστημα GPS (Global Positioning System).

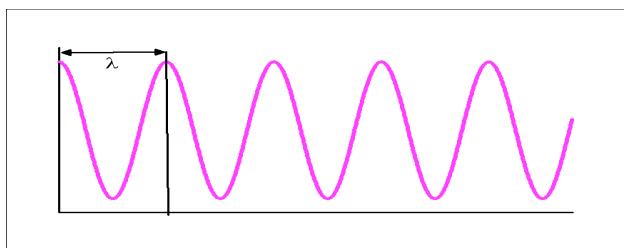
# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης

Πιο πολύπλοκες μέθοδοι προσδιορισμού της γεωγραφικής θέσης του δορυφόρου χρησιμοποιούνται στην ραδιο-αλτιμετρία π.χ. TOPEX/Poseidon. Φαινόμενο Doppler.



Όταν ο αισθητήρας απομακρύνεται από το σήμα τότε τότε η συχνότητα του σήματος που δέχεται μειώνεται.



Όταν ο αισθητήρας κινείται προς το σήμα τότε τότε η συχνότητα του σήματος που δέχεται αυξάνεται.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης

Το σύστημα DORIS καθόριζε την γεωγραφική θέση του δορυφόρου TOPEX/Poseidon με ακρίβεια μερικών εκατοστών



Η μέθοδος βασίζεται στην χρήση 50 επίγειων σταθμών ελέγχου



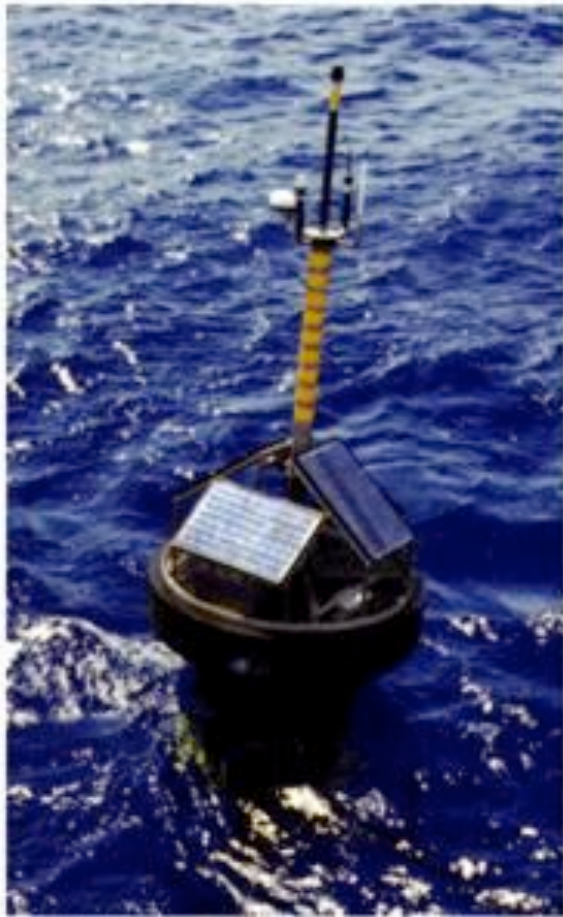
# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

Η θαλάσσια τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει:

1. Βαθμονόμηση συστημάτων (Sensor calibration)
2. Ατμοσφαιρική διόρθωση (Atmospheric correction)
3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης (Positional registration)
4. Επίγειες μέθοδοι επαλήθευσης (Oceanographic sampling for "sea truth")
5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας (Image processing)
6. Ωκεανογραφικές εφαρμογές (Oceanographic applications)

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 4. Επίγειες μέθοδοι επαλήθευσης



Τα θαλάσσια χαρακτηριστικά αλλάζουν σε λιγότερο χρόνο από αυτά στην ξηρά.

Η χρήση δορυφορικών αισθητήρων πρέπει να γίνεται με προσοχή.

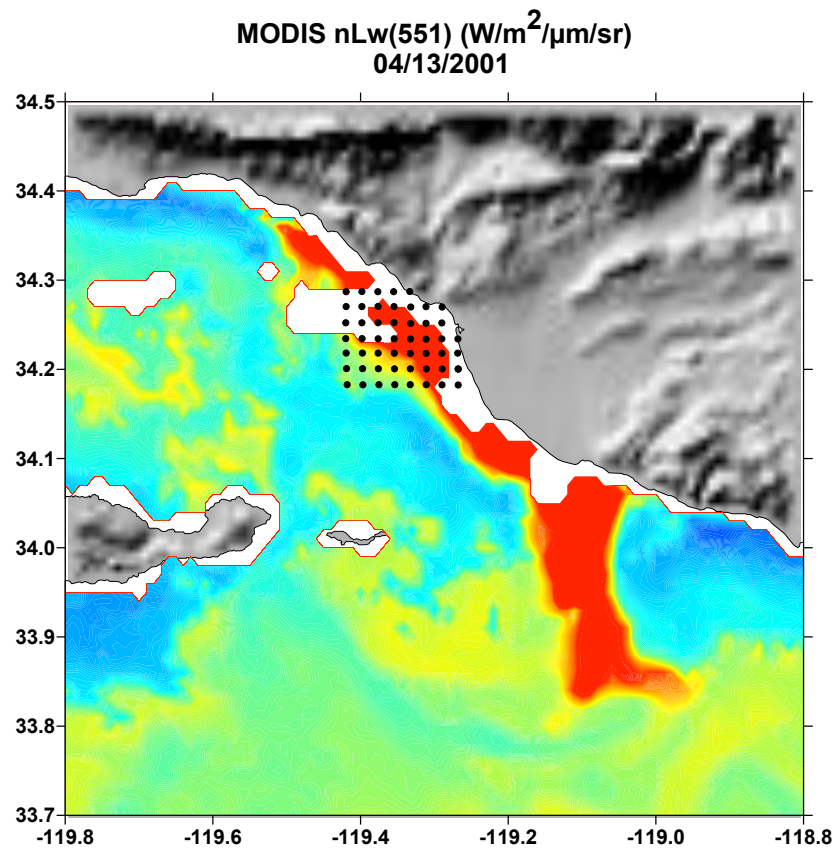
Σε μερικές περιπτώσεις είναι αδύνατη η μέτρηση πχ τα αλτίμετρα δεν μπορούν να καταγράψουν τα κύματα φουσκοθαλασιάς (swell waves).

Σε άλλες περιπτώσεις (πχ ΕΘΘ ή ΘΧ) μπορούν ακόμα και να συγκριθούν οι μετρήσεις μεταξύ αισθητήρων.



# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 4. Επίγειες μέθοδοι επαλήθευσης



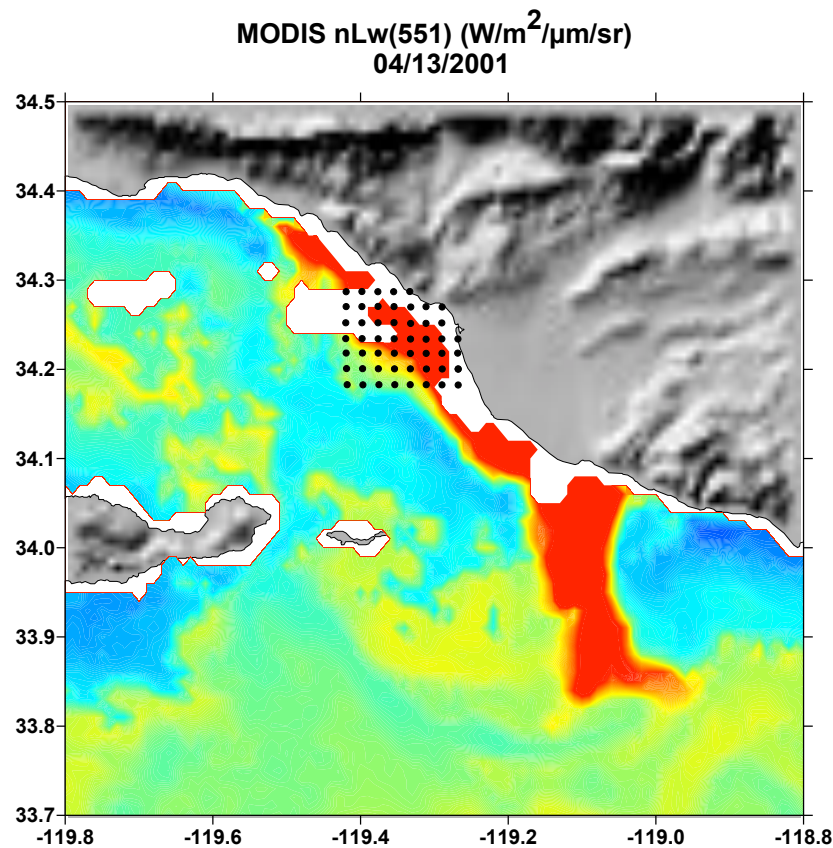
Ο τρόπος συλλογής δεδομένων είναι πολύ σημαντικός.

Θα πρέπει να καλύπτουνε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη κλίμακα.

Συνήθως γίνεται συλλογή κατά μήκος περιοχών όπου γνωρίζουμε απότομη αλλαγή σε κάποια θαλάσσια χαρακτηριστικά.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 4. Επίγειες μέθοδοι επαλήθευσης



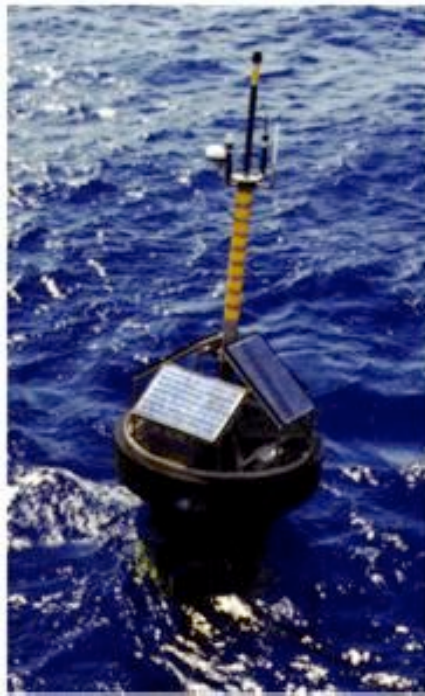
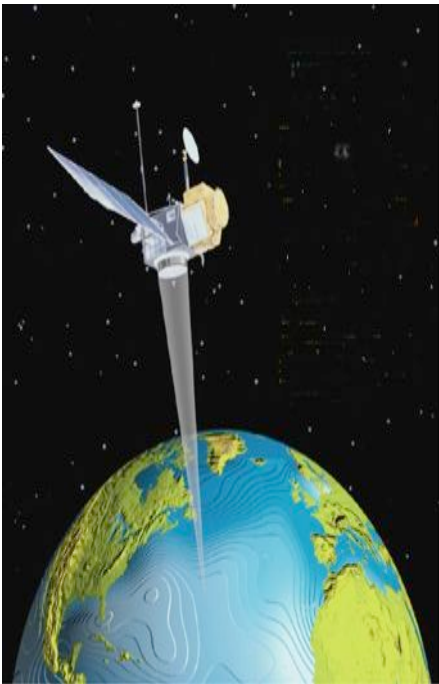
Χωρική διακριτική ικανότητα  
αισθητήρα (χωρική ανάλυση)  
↔

χωρική διακύμανση της  
μετρούμενης μεταβλητής.

Η επίγεια μέτρηση σε ένα σημείο  
διαφέρει από την μέτρηση σε ένα  
εικονοστοιχείο.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 4. Επίγειες μέθοδοι επαλήθευσης



- Οι επίγειες μετρήσεις δεν είναι αναγκαστικά πιο ακριβείς από τα δορυφορικά δεδομένα.
- Τα δορυφορικά και επίγεια δεδομένα προέρχονται από δύο διαφορετικές μεθοδολογίες παρατηρήσεων/μετρήσεων.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

Η θαλάσσια τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει:

1. Βαθμονόμηση συστημάτων (Sensor calibration)
2. Ατμοσφαιρική διόρθωση (Atmospheric correction)
3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης (Positional registration)
4. Επίγειες μέθοδοι επαλήθευσης (Oceanographic sampling for "sea truth")
5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας (Image processing)
6. Ωκεανογραφικές εφαρμογές (Oceanographic applications)

# Δεδομένα δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων

Level 0

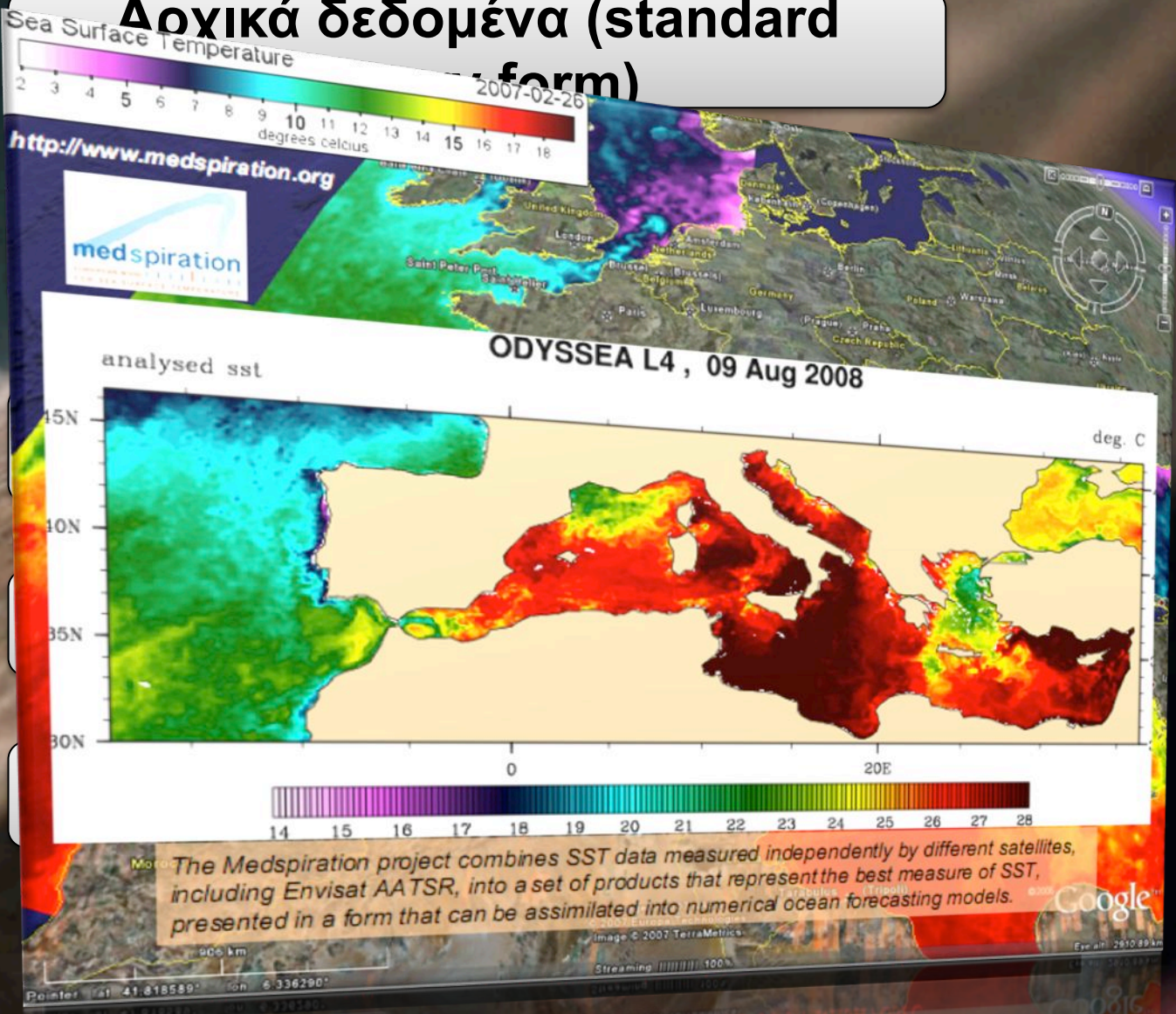
Level 1

Level 2

Level 3

Level 4

Δομικά δεδομένα (standard form)



# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας

- Level 0** - Τα αρχικά δεδομένα που λαμβάνονται από τον δορυφόρο σε standard binary form.
- Level 1** - Δεδομένα με βαθμονομημένα τα διάφορα κανάλια.
- Level 2** - Ωκεανογραφικές παράμετροι στις οποίες έχει γίνει ατμοσφαιρική και γεωγραφική διόρθωση αλλά αναφέρονται σε συντεταγμένες του αισθητήρα.
- Level 3** - Σύνθεση εικόνων ωκεανογραφικών παραμέτρων παρουσιασμένες σε μορφή χάρτη και αναφερόμενες σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο (μπορεί να περιέχουνε κενά).
- Level 4** - Σύνθεση εικόνων ωκεανογραφικών παραμέτρων που προέρχονται από ανάλυση δεδομένων π.χ. Modeling.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας

### Επίπεδο 0 (Level 0)

- Αρχικές μη επεξεργασμένες μετρήσεις του δορυφορικού αισθητήρα,
- Μετρήσεις ακτινοβολίας (raw radiance counts) από όλες τις φασματικές μπάντες,
- Μετρήσεις τηλεμετρίας και βαθμονόμησης του αισθητήρα,
- Μεταβιβάζονται με ραδιοκύματα στους επίγειους σταθμούς υποδοχής.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας

### Επίπεδο 1 (Level 1)

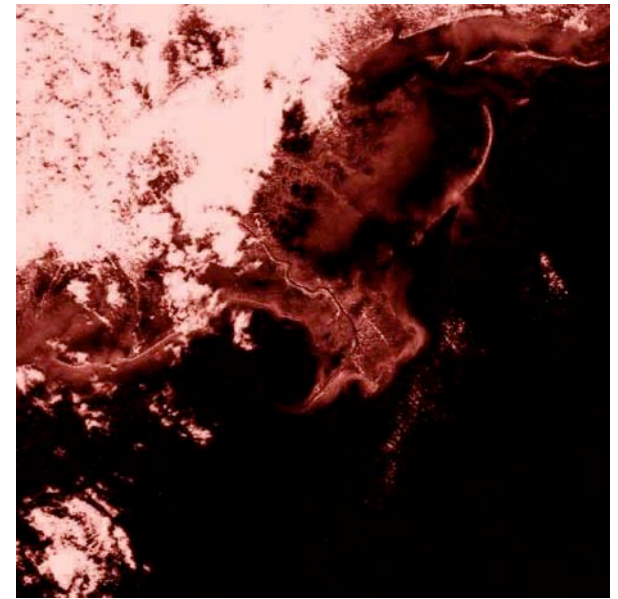
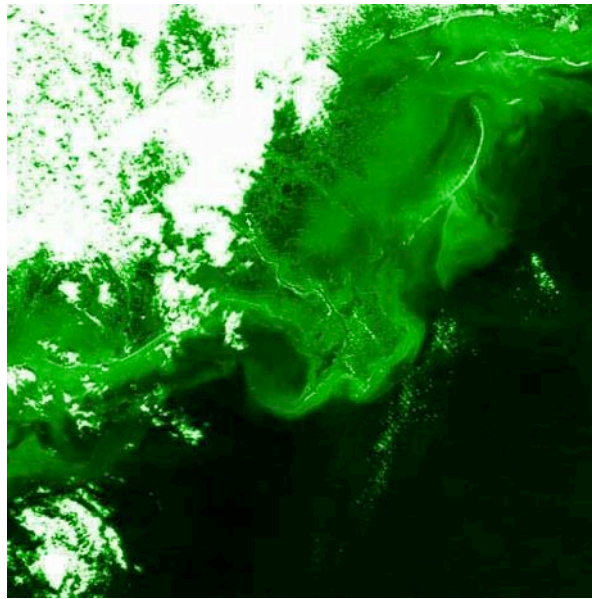
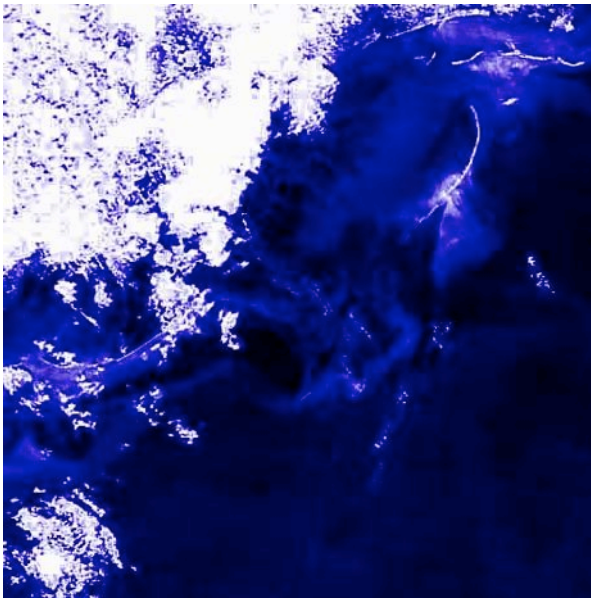
- Περιέχουν όλα τα δεδομένα του επιπέδου 0 και:
- Δεδομένα βαθμονόμησης,
- Δεδομένα γεωγραφικού εντοπισμού,
- Επαναμορφοποιημένα (reformatted) δεδομένα του αισθητήρα,
- Επαναμορφοποιημένες μετρήσεις τηλεμετρίας.



# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας

### Επίπεδο 1 (Level 1)



- Η ακτινοβολία μετρείται από τους αισθητήρες σε διαφορετικά κανάλια.
- Πληροφορίες για διαφορετικά φαινόμενα της θαλάσσιας επιφάνειας.
- Συνδυασμός → Ψευδοχρωματική εικόνα (true color image).

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας

### Επίπεδο 1 (Level 1)



- Η ακτινοβολία μετρείται από τους αισθητήρες σε διαφορετικά κανάλια.
- Πληροφορίες για διαφορετικά φαινόμενα της θαλάσσιας επιφάνειας.
- Συνδυασμός → Ψευδοχρωματική εικόνα (true color image).

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

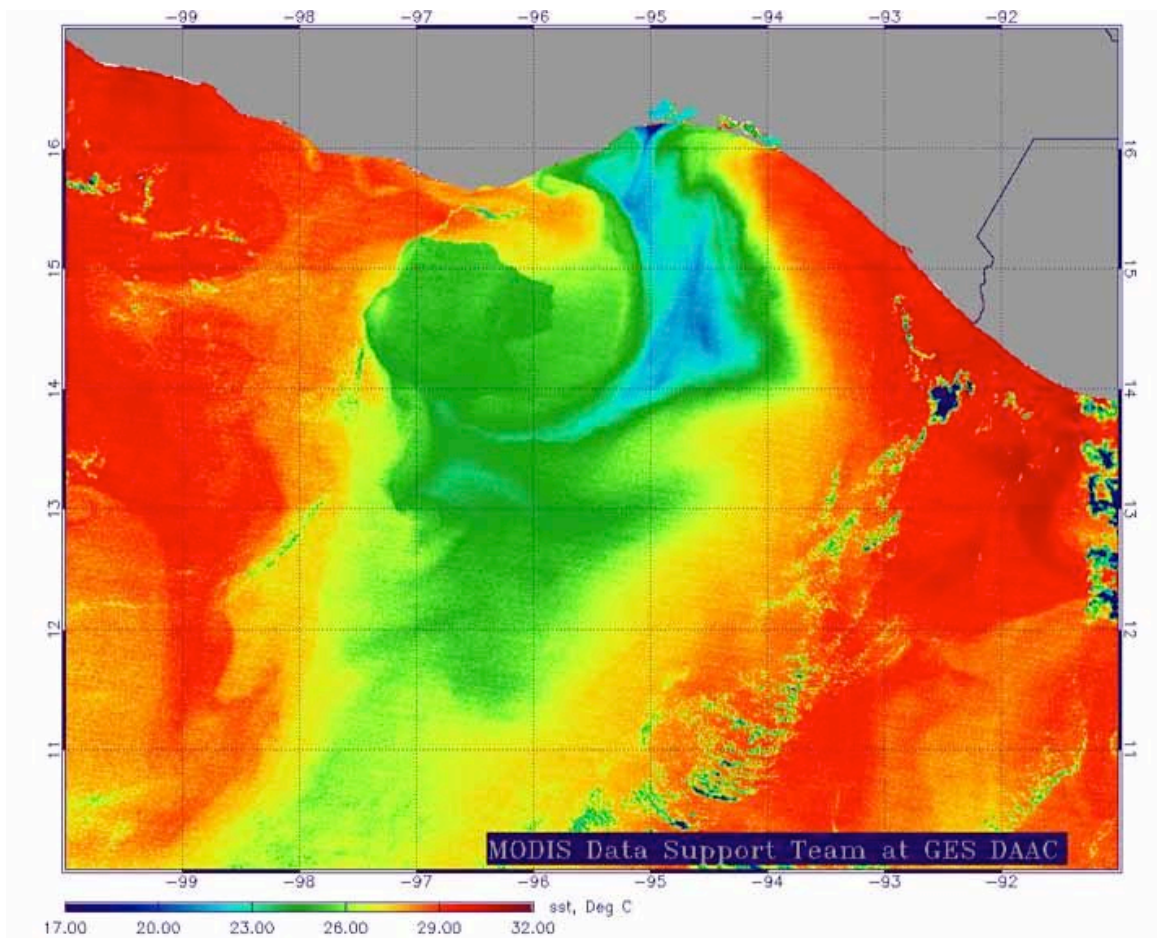
## 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας

### Επίπεδο 2 (Level 2)

- Κάθε εικονοστοιχείο περιέχει γεωφυσικές παραμέτρους (πχ επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, χλωροφύλλη κλπ).
- Εκτιμούνται από τις μετρήσεις ακτινοβολίας του δορυφορικού αισθητήρα.
- Προέρχονται από το Επίπεδο 1 με την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων βαθμονόμησης, ατμοσφαιρικής διόρθωσης και αλγόριθμων.

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

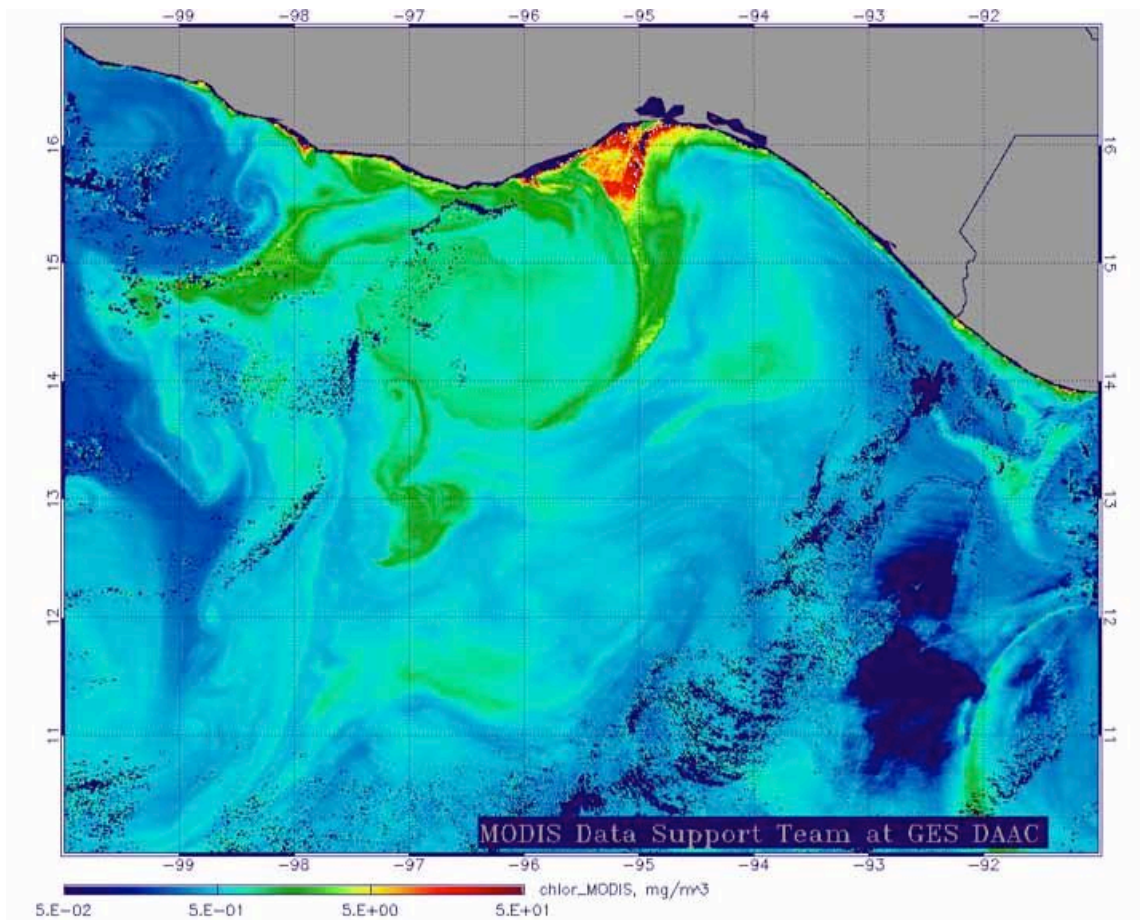
## 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας



Παράδειγμα δεδομένων  
Level 2 :  
MODIS Επιφανειακή  
θαλάσσια θερμοκρασία,  
06/12/2000 17:05

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας



Παράδειγμα δεδομένων  
Level 2 :  
MODIS Επιφανειακή  
συγκέντρωση  
χλωροφύλλης,  
06/12/2000 17:05

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

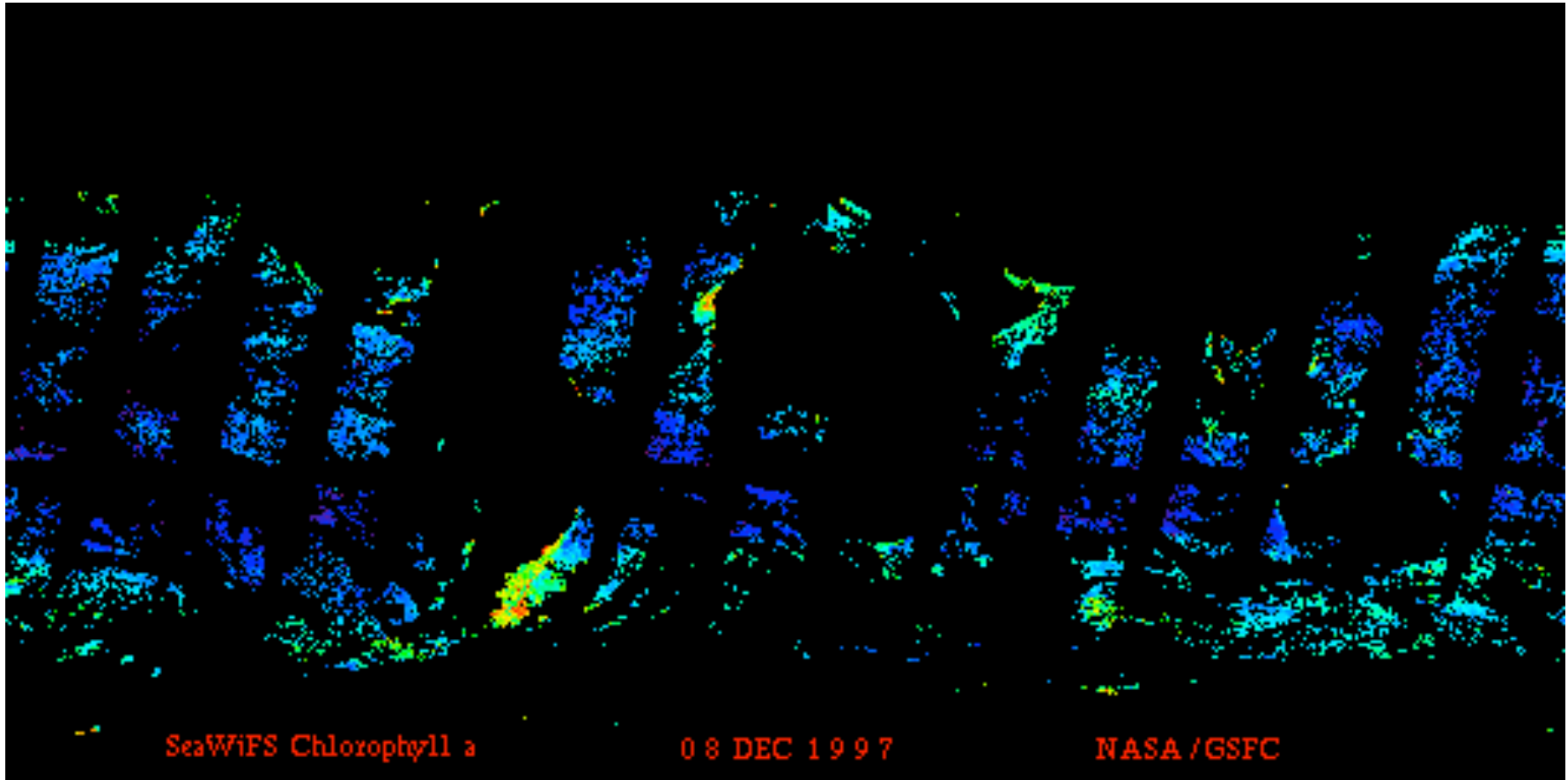
## 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας

### Επίπεδο 3 (Level 3)

- Γεωφυσικοί παράμετροι (ΕΘΘ, ΘΧ), οι οποίες παρατηρήθηκαν κατά την διάρκεια μιας συγκεκριμένης περιόδου (ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία, ετήσια).
- Δεδομένα που έχουν παρεμβληθεί (interpolated) σε ένα παγκόσμιο πλέγμα αναφοράς συντεταγμένων (grid).
- Η χωρική ανάλυση στο πλέγμα αναφοράς συντεταγμένων ποικίλει:
  - 1 βαθμός της μοίρας (360 x 180 grid)
  - 18 χλμ (2048 x 1024 grid) - MC SST
  - 9 χλμ (4096 x 2048 grid) - SeaWiFS, Pathfinder SST v.1-4
  - 4.5 χλμ (8192 x 4086 grid) - MODIS, Pathfinder SST v.5

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

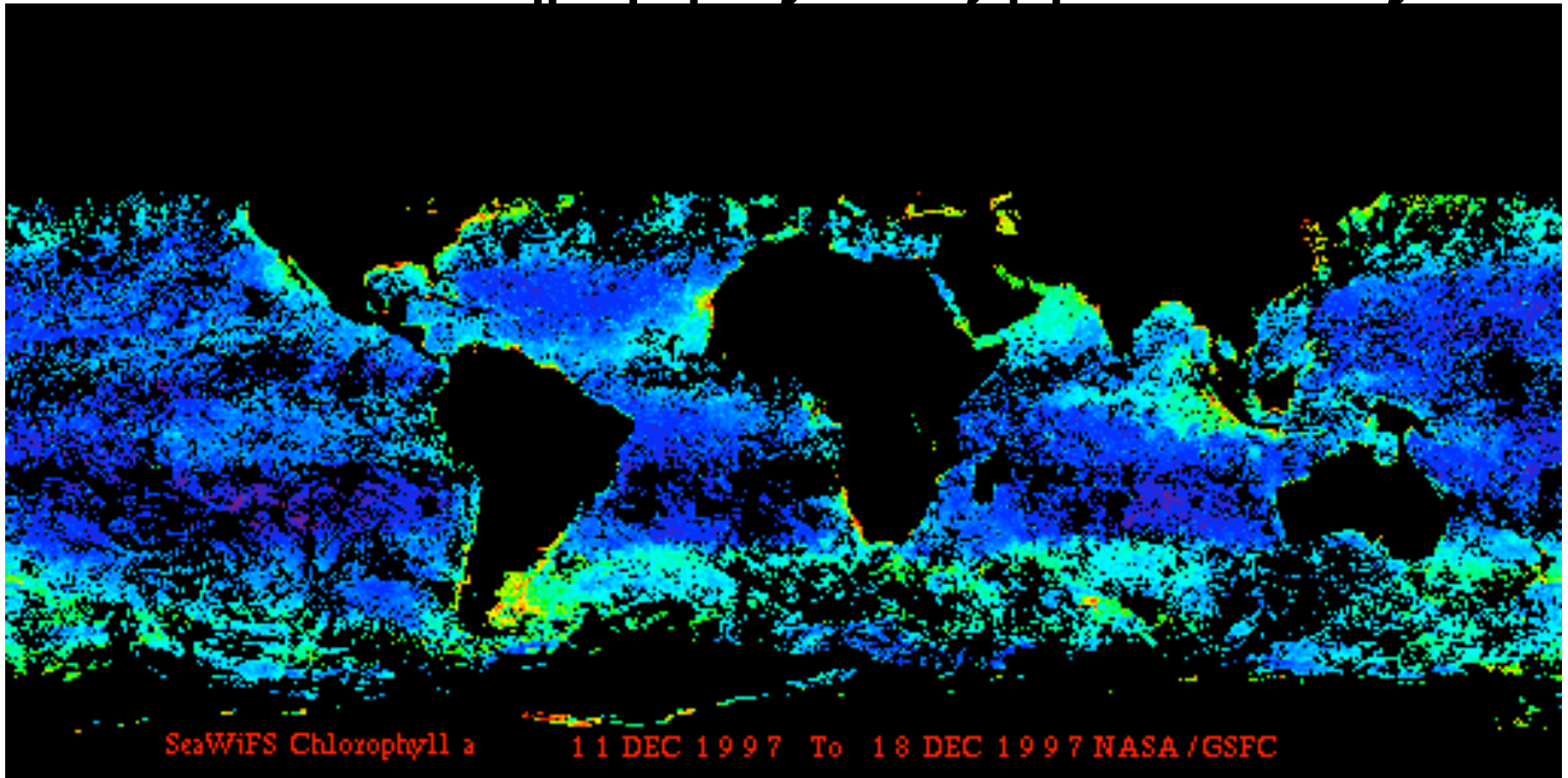
## 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας



Εικόνα SeaWiFS Level 3, χλωροφύλλη, 08/12/1997 (ημερήσια δεδομένα)

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας

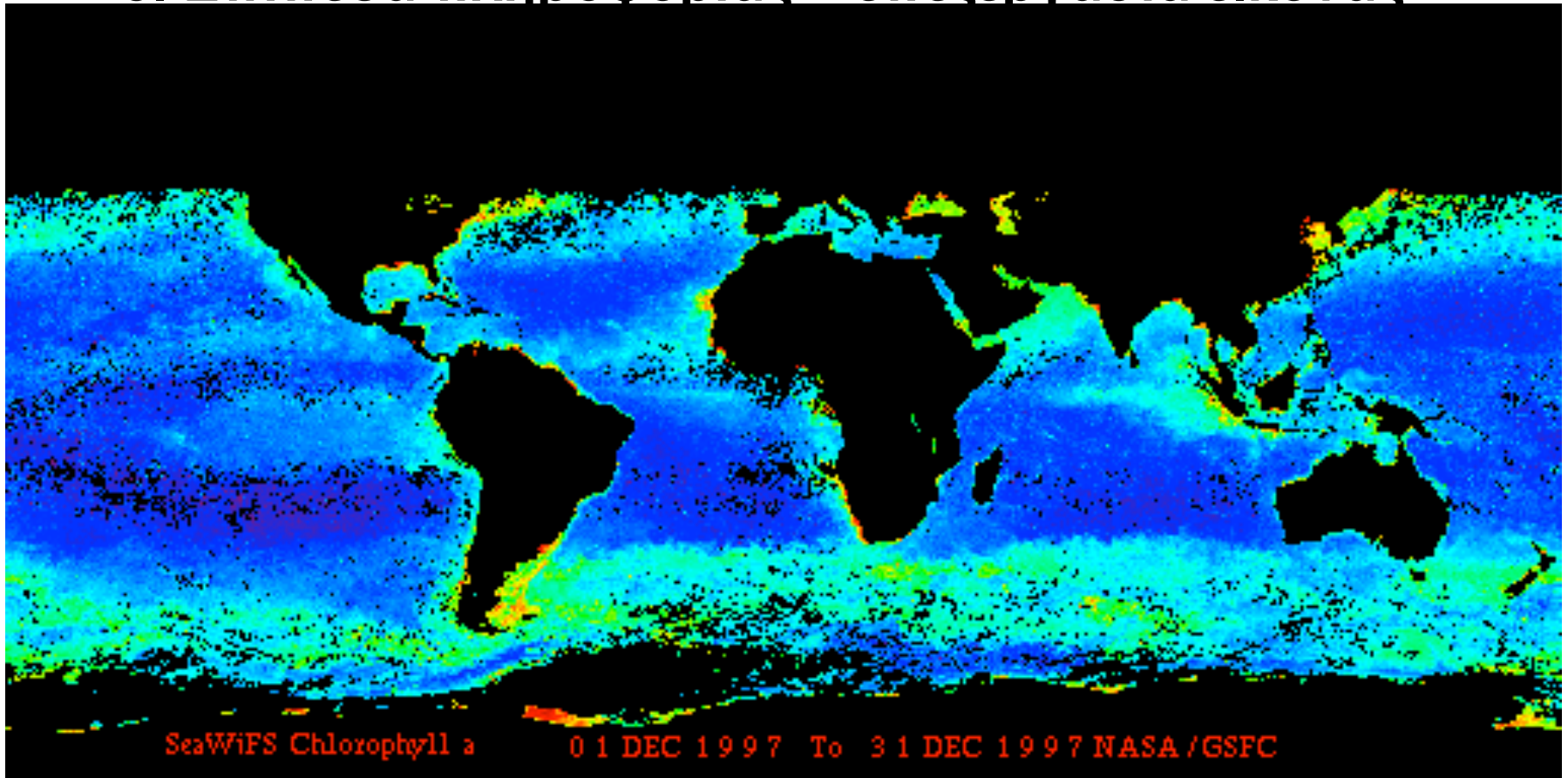


Εικόνα SeaWiFS Level 3, χλωροφύλλη, (8 ημερών δεδομένα)



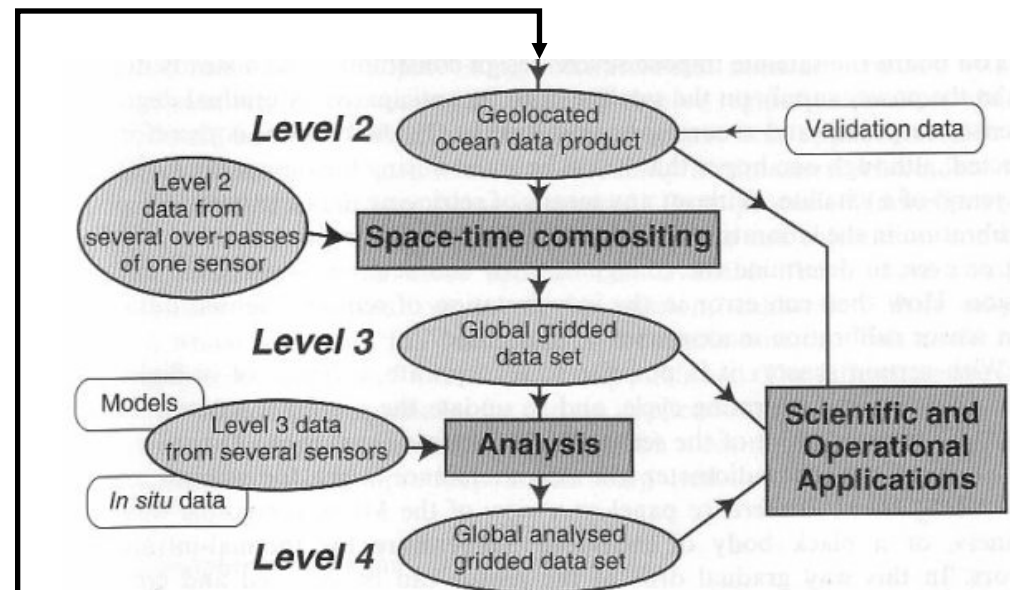
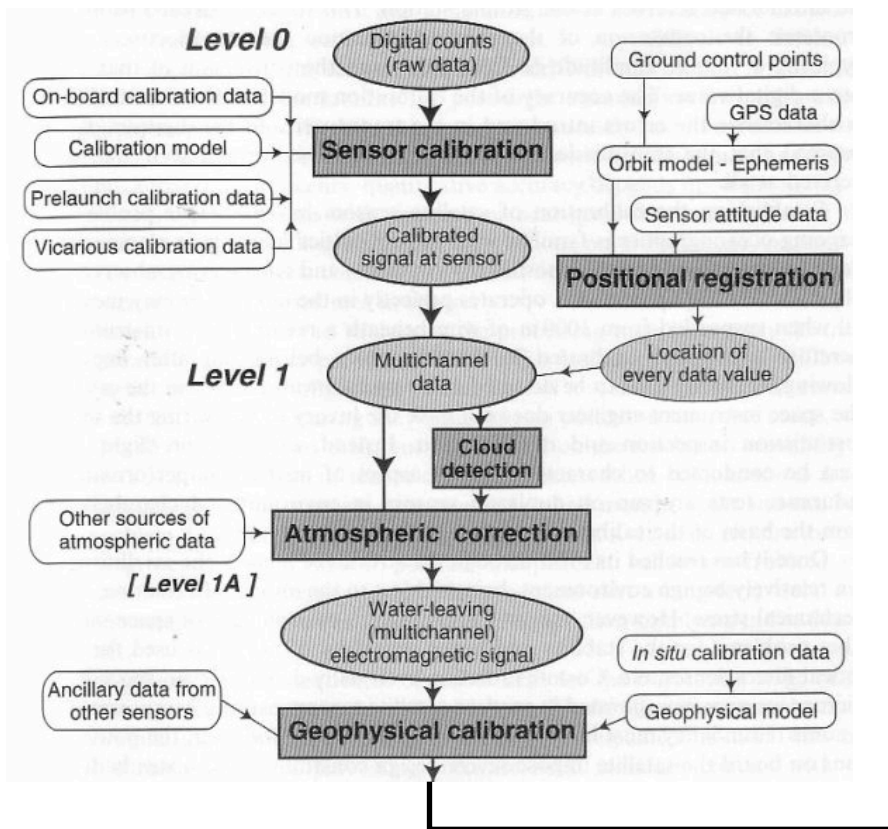
# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας



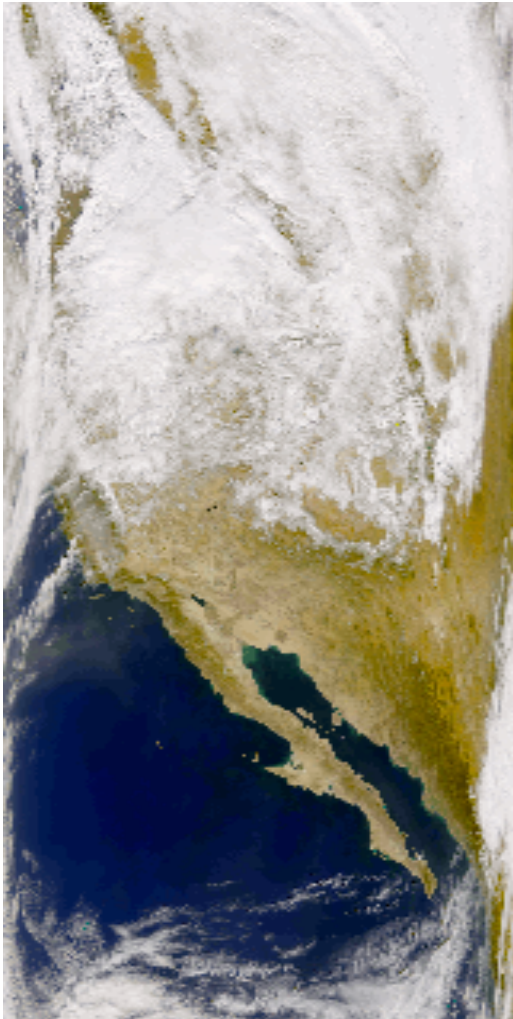
Εικόνα SeaWiFS Level 3, χλωροφύλλη, 1-31/12/1997 (μηνιαία δεδομένα)

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές



(Πηγή: Robinson, 2004)

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές



- Τα δορυφορικά δεδομένα διακινούνται μέσω διαδικτύου.
- Οι χρήστες επιλέγουν δορυφορικές απεικονίσεις από βάσεις δεδομένων και είτε τις κατεβάζουν είτε τις παραγγέλνουν.
- Οι χρήστες βλέπουν μια προεπισκόπηση της εικόνας σε χαμηλή χωρική ανάλυση και προχωράνε στην απόκτηση τους.
- Οι δορυφορικές εικόνες είναι της τάξεως των 250-300 Mb).

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

Η θαλάσσια τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει:

1. Βαθμονόμηση συστημάτων (Sensor calibration)
2. Ατμοσφαιρική διόρθωση (Atmospheric correction)
3. Εγγραφή γεωγραφικής θέσης (Positional registration)
4. Επίγειες μέθοδοι επαλήθευσης (Oceanographic sampling for "sea truth")
5. Επίπεδα πληροφορίας – επεξεργασία εικόνας (Image processing)
6. Ωκεανογραφικές εφαρμογές (Oceanographic applications)

# Παράμετροι θαλάσσιου περιβάλλοντος που εκτιμώνται με χρήση τηλεπισκοπικών δεδομένων

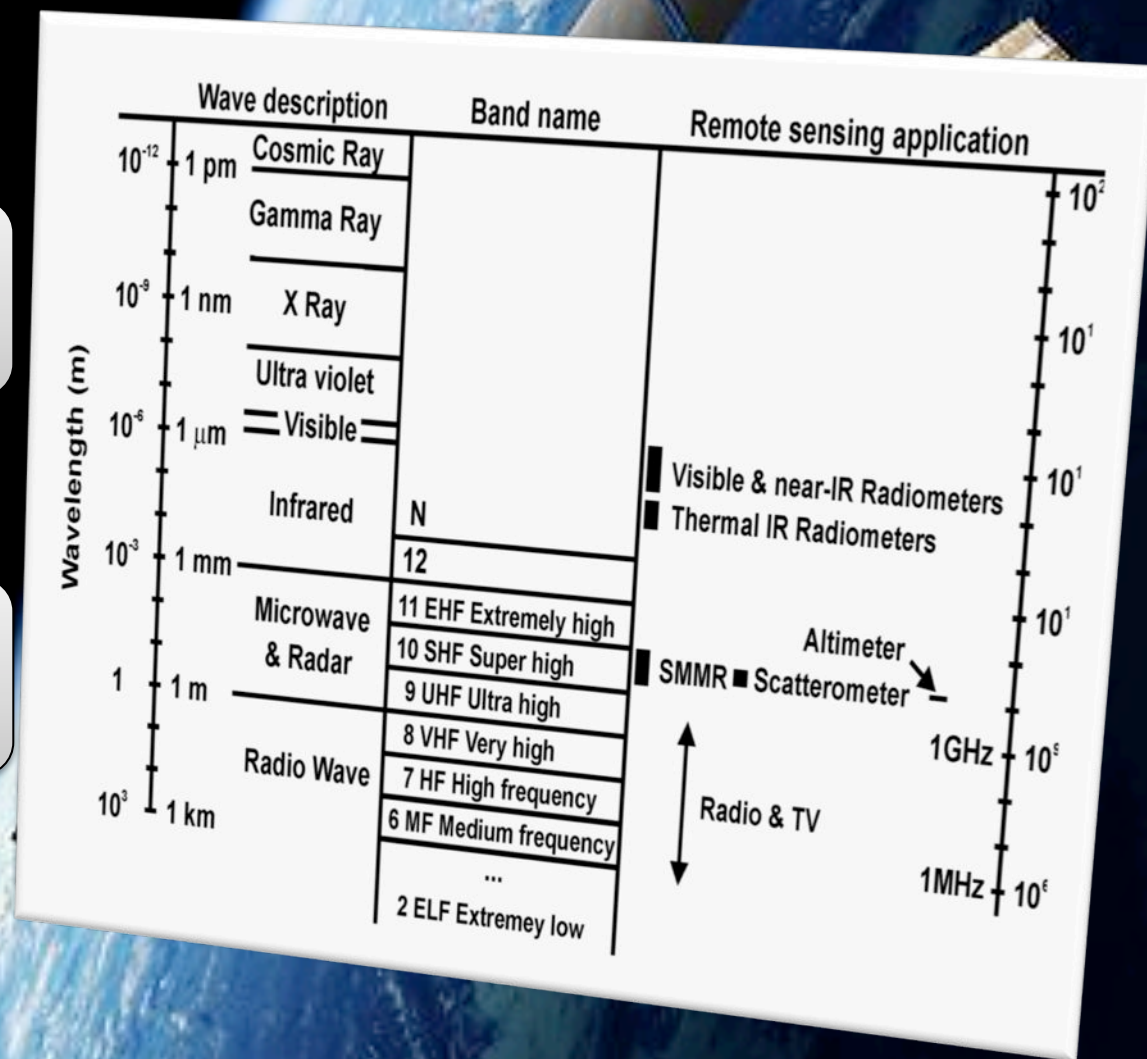
Χρώμα

Ύψος

Θερμοκρασία

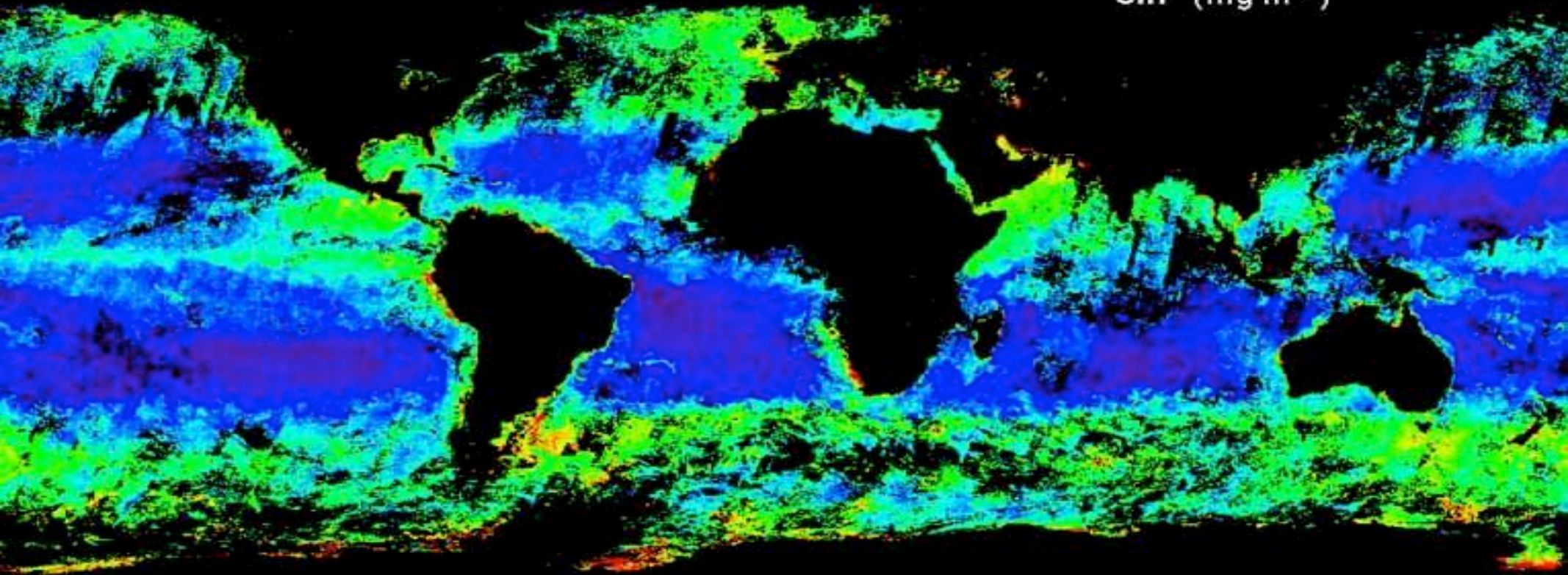
Τραχύτητα

Αλατότητα



# Εφαρμογές τηλεπισκόπησης στο θαλάσσιο περιβάλλον

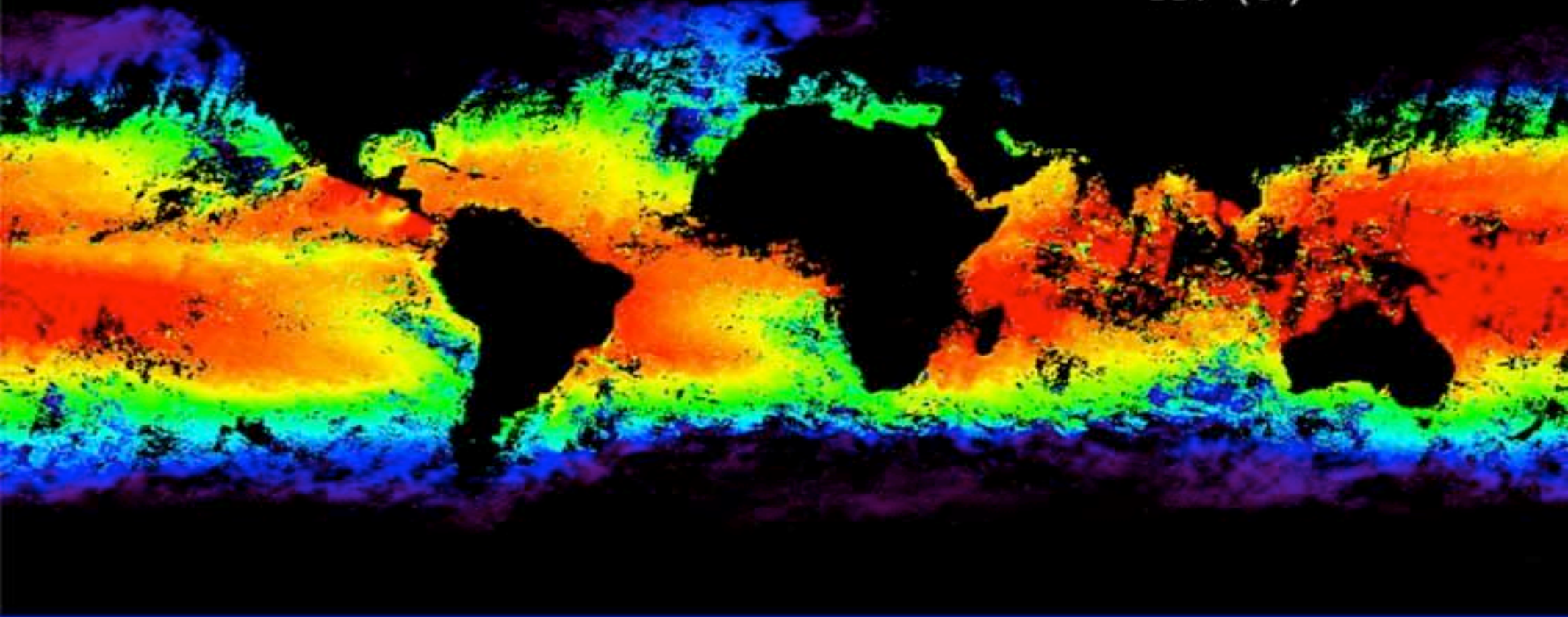
Εκτίμηση συγκέντρωσης χλωροφύλλης



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

# Εφαρμογές τηλεπισκόπησης στο θαλάσσιο περιβάλλον

## Εκτίμηση θερμοκρασίας θάλασσας

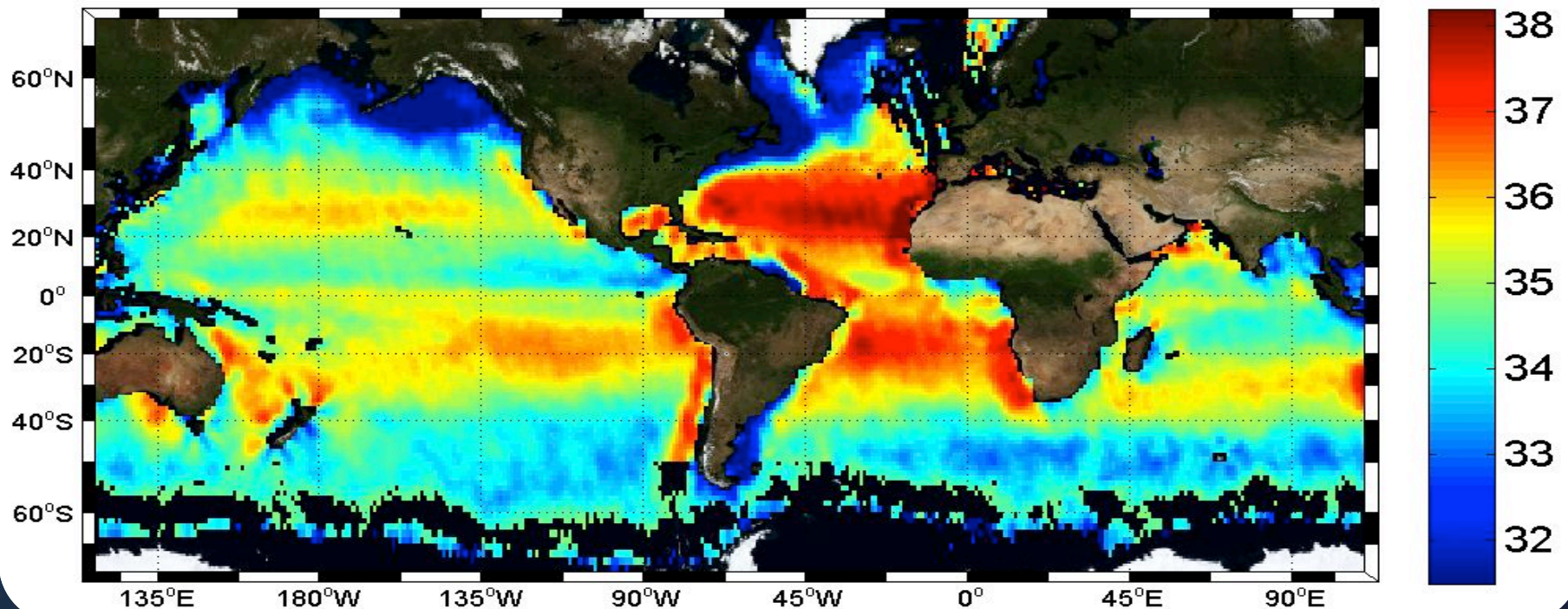


**MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) στους δορυφόρους Terra και Aqua**

# Εφαρμογές τηλεπισκόπησης στο θαλάσσιο περιβάλλον

## Εκτίμηση αλατότητας

SMOS Data May composite @ 1°x1°- Asc passes [PSU]

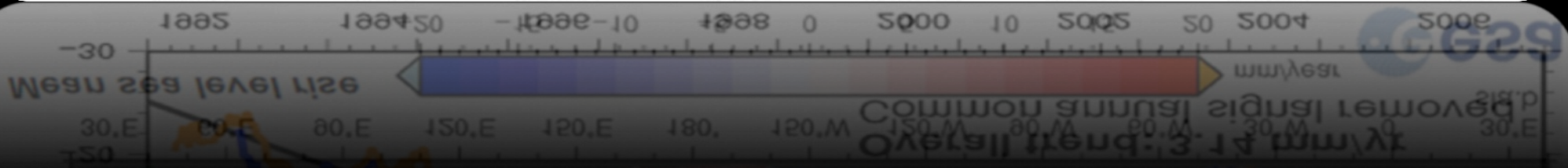
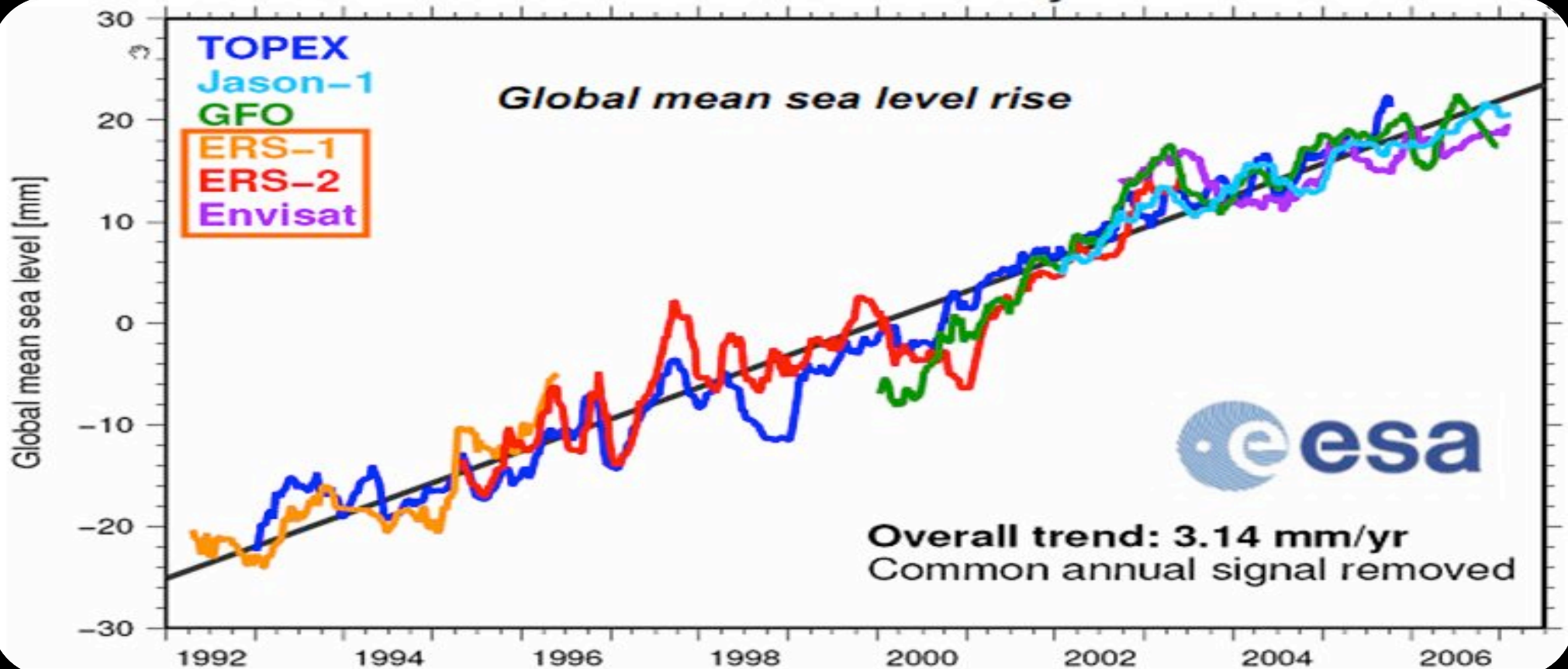


SMOS-1, November 2009, 1.4 GHz (L-band),  
2-D interferometric radiometer



# Εφαρμογές τηλεπισκόπησης στο θαλάσσιο περιβάλλον

## Ύψος στάθμης θάλασσας



# Εφαρμογές τηλεπισκόπησης στο θαλάσσιο περιβάλλον

## Επιφανειακή Τραχύτητα

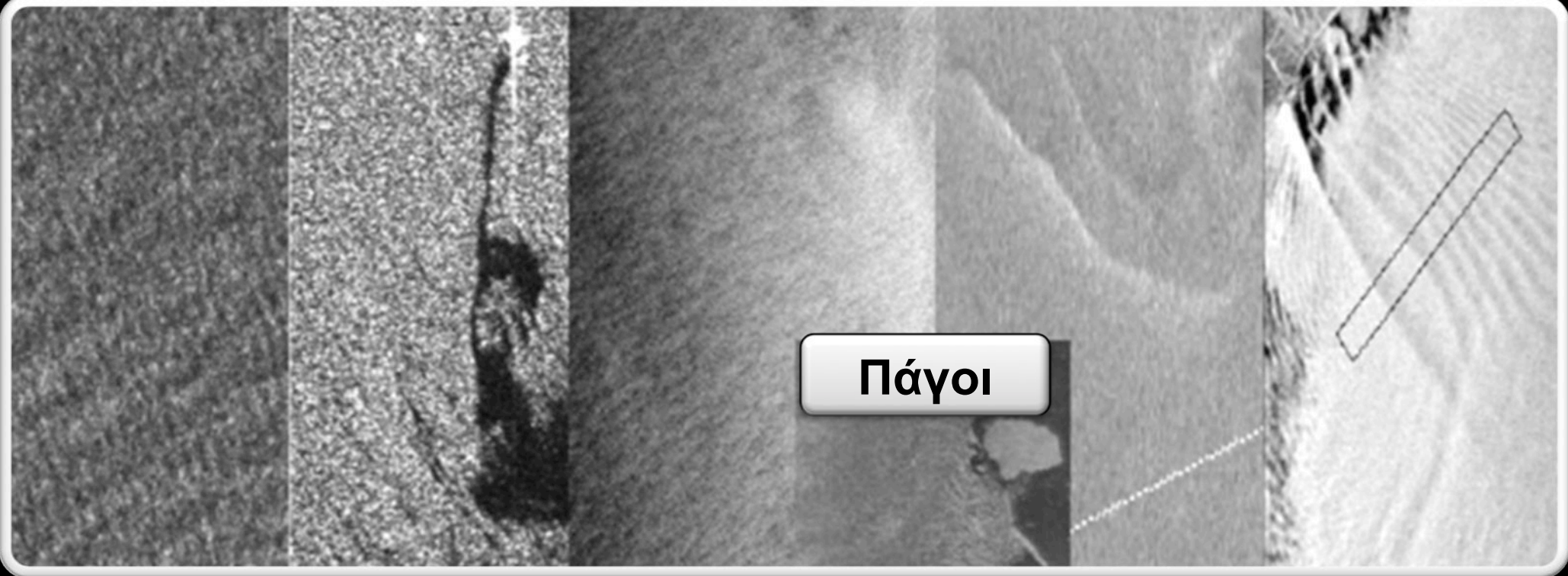
Κύματα

Πετρελαιο-  
κηλίδες

Πεδίο ανέμου

Μέτωπα  
ρευμάτων

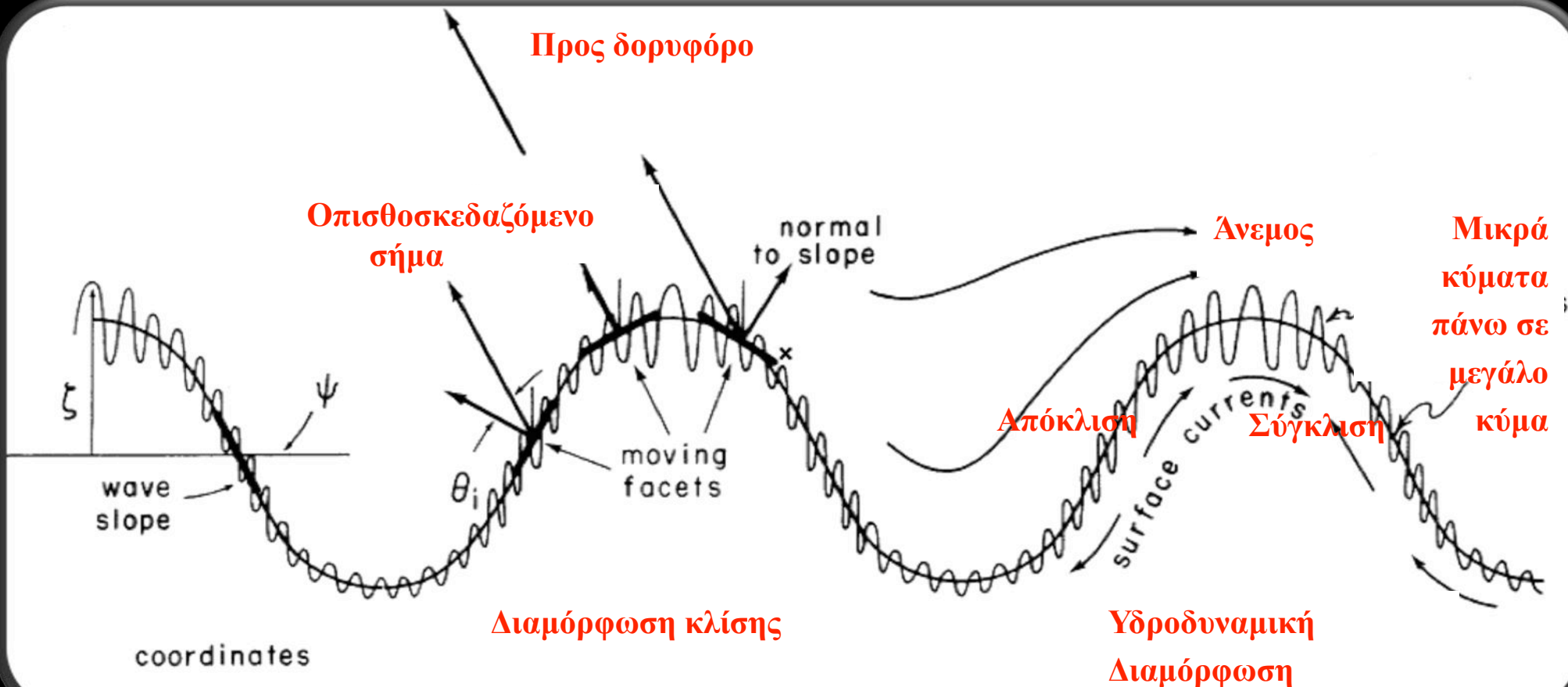
Εσωτερικά  
κύματα



# Εφαρμογές τηλεπισκόπησης στο θαλάσσιο περιβάλλον

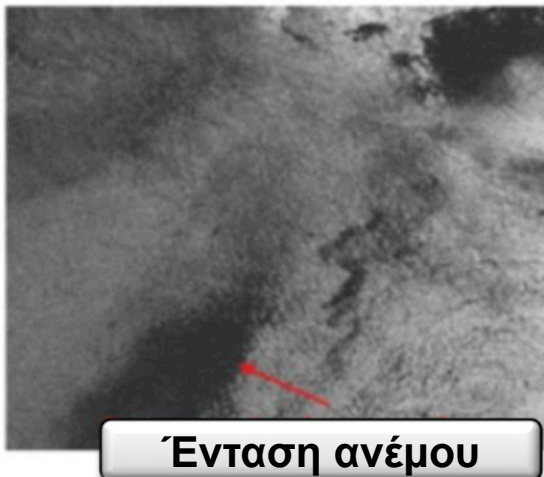
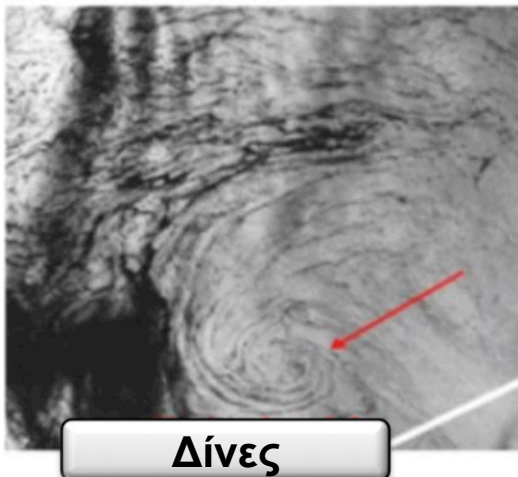
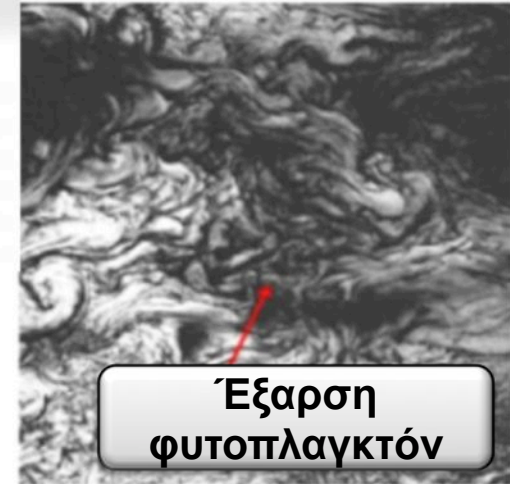
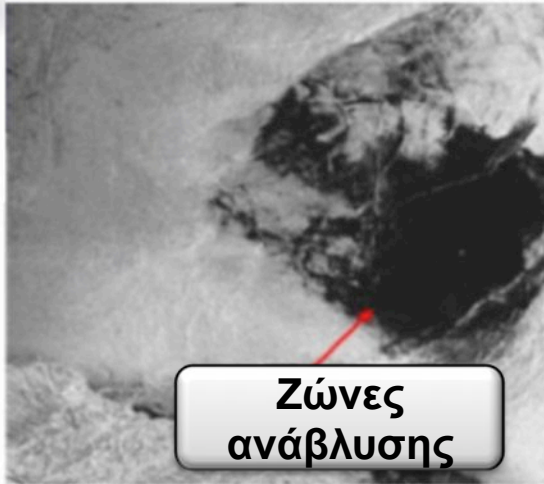
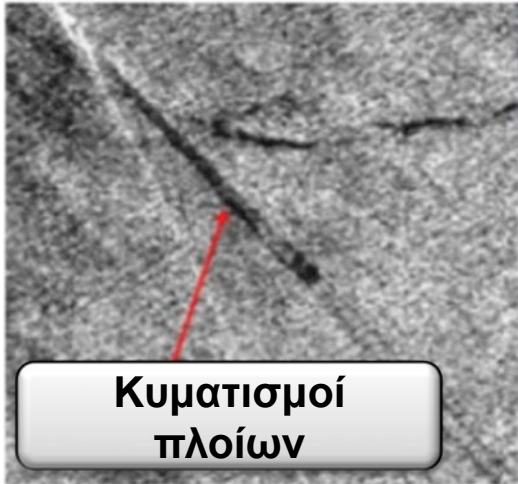
## Επιφανειακή Τραχύτητα

Το οπισθοσκεδαζόμενο σήμα είναι συνάρτηση της φάσης ενός μεγάλου μήκους σήματος



# Εφαρμογές τηλεπισκόπησης στο θαλάσσιο περιβάλλον

## Επιφανειακή Τραχύτητα



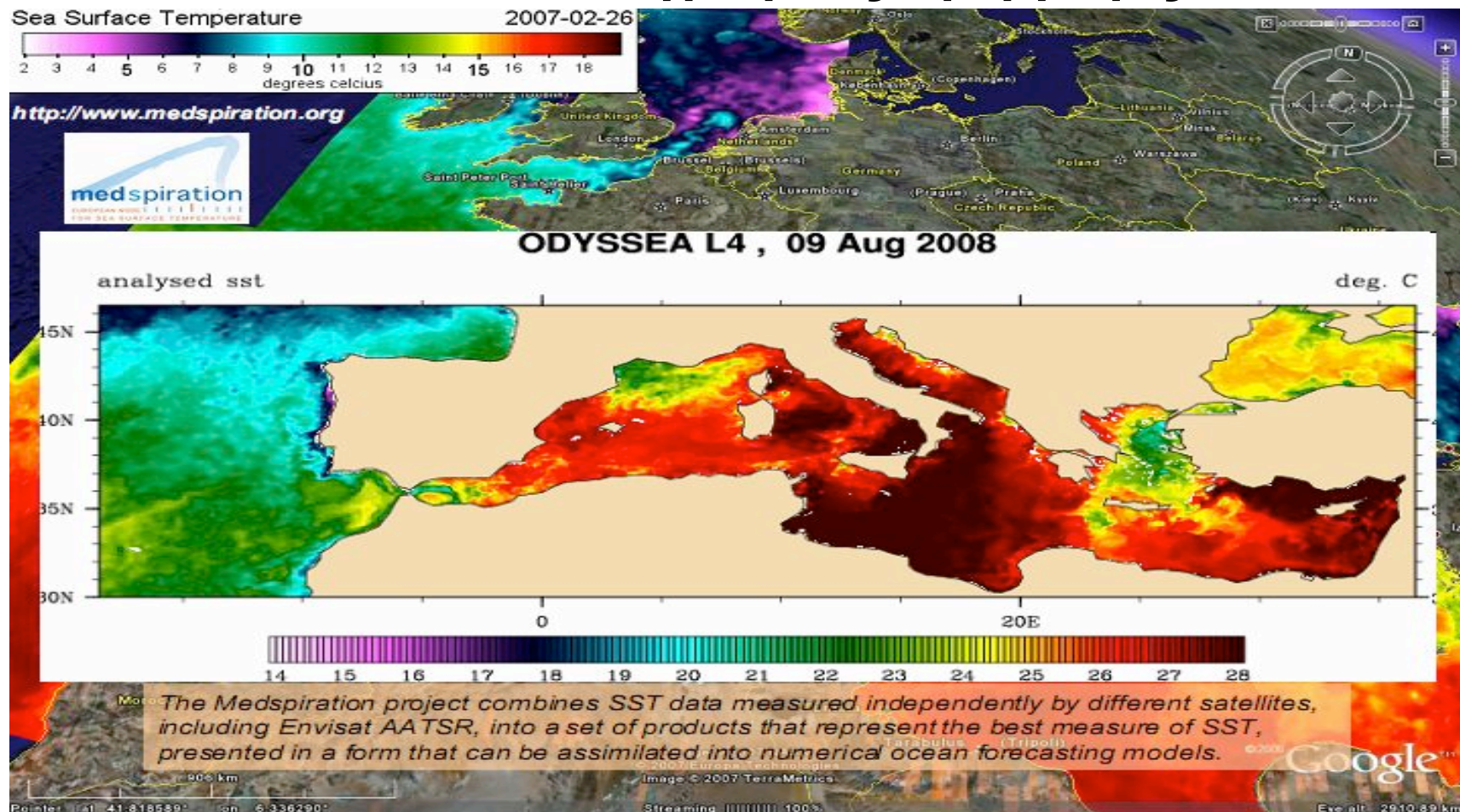
# **Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές**

## **6. Ωκεανογραφικές εφαρμογές**

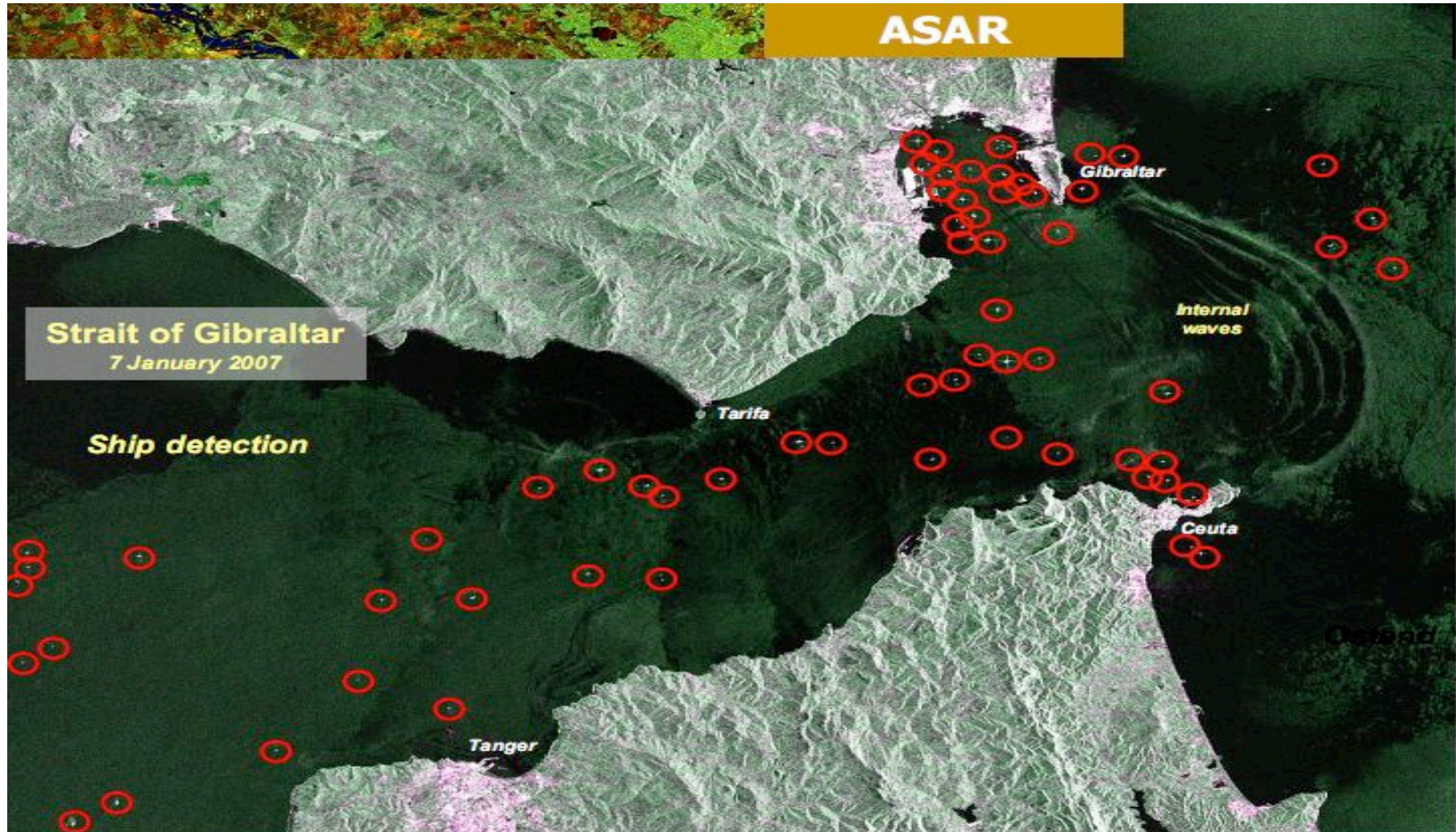
- 1. Χρώμα και ποιότητα του νερού με αισθητήρες στο ορατό (Ocean color sensors).**
- 2. Επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία με υπέρυθρα ραδιόμετρα (Infrared radiometers).**
- 3. Παθητικά ραδιόμετρα μικροκυμάτων (Passive microwave radiometers).**
- 4. Δορυφορική αλτιμετρία της θαλάσσιας επιφάνειας (Satellite altimetry of sea surface topography).**
- 5. Ενεργητικοί αισθητήρες μικροκυμάτων για παρατήρηση ανωμαλιών στην θαλάσσια επιφάνεια (Active microwave sensing of sea-surface roughness).**

# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

## 6. Ωκεανογραφικές εφαρμογές



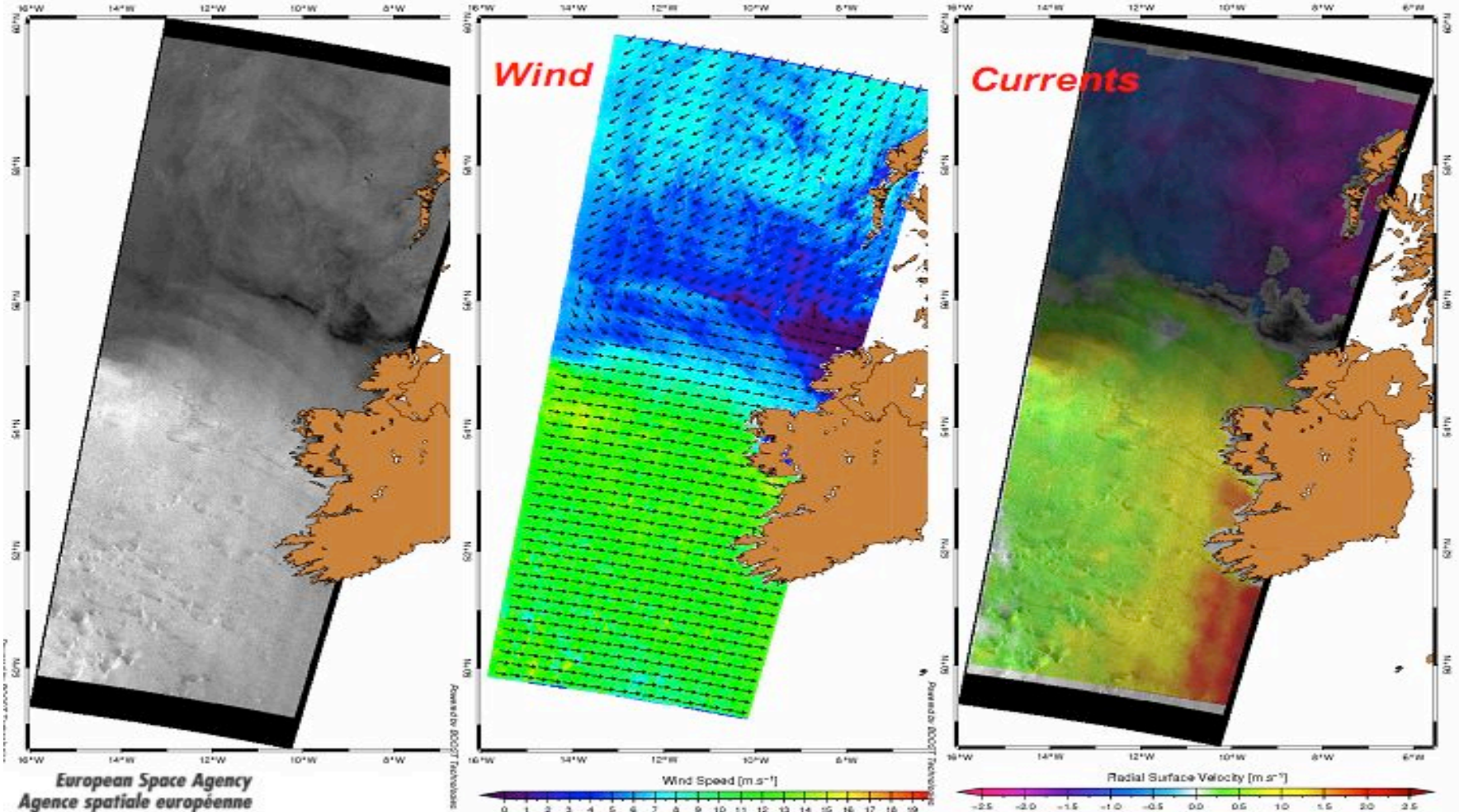
# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές



# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

13-August-2008 11:07:38  
ENVISAT WSM Product

<http://soprano.boost-technologies.com/windProducts/>



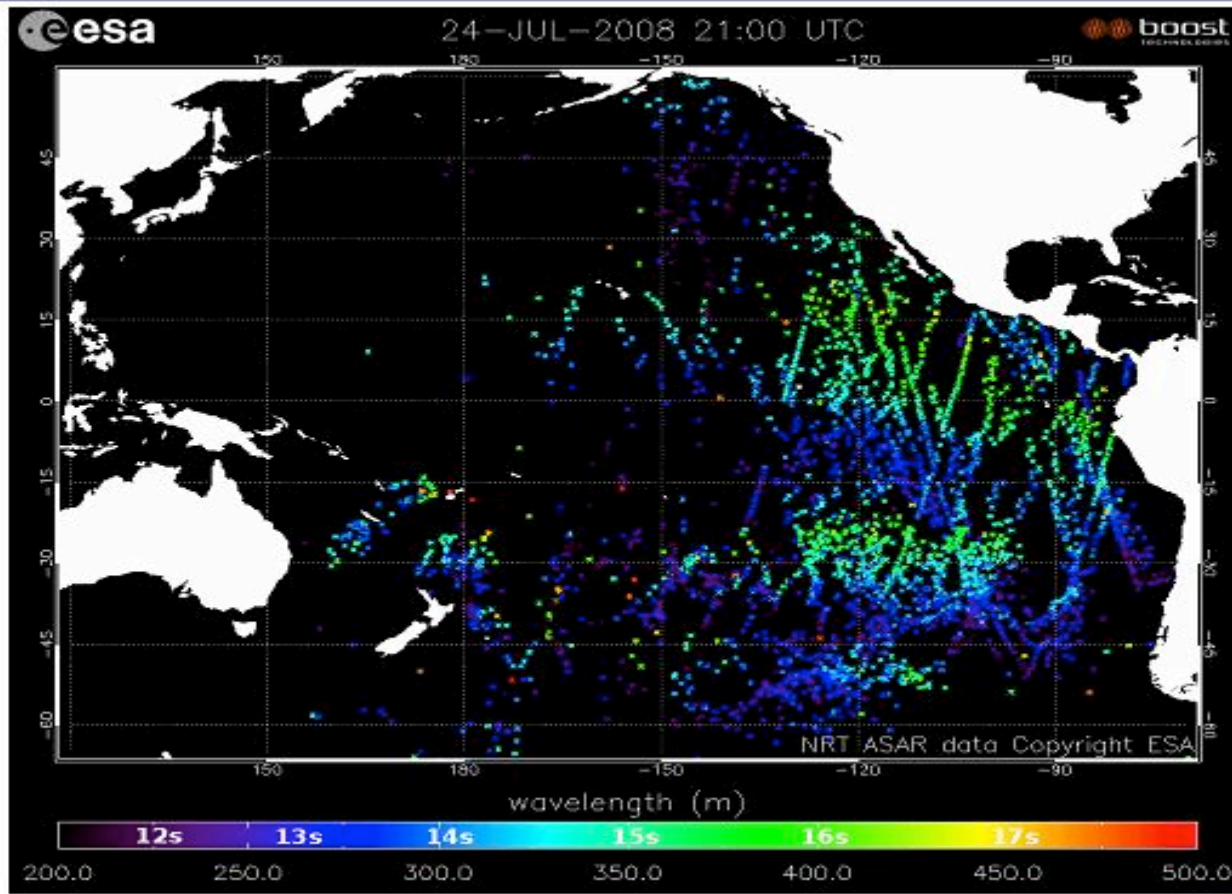


# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές



ASAR

ASAR Wave Mode tracks long swell propagating across the Pacific during 6 days



European Space Agency  
Agence spatiale européenne

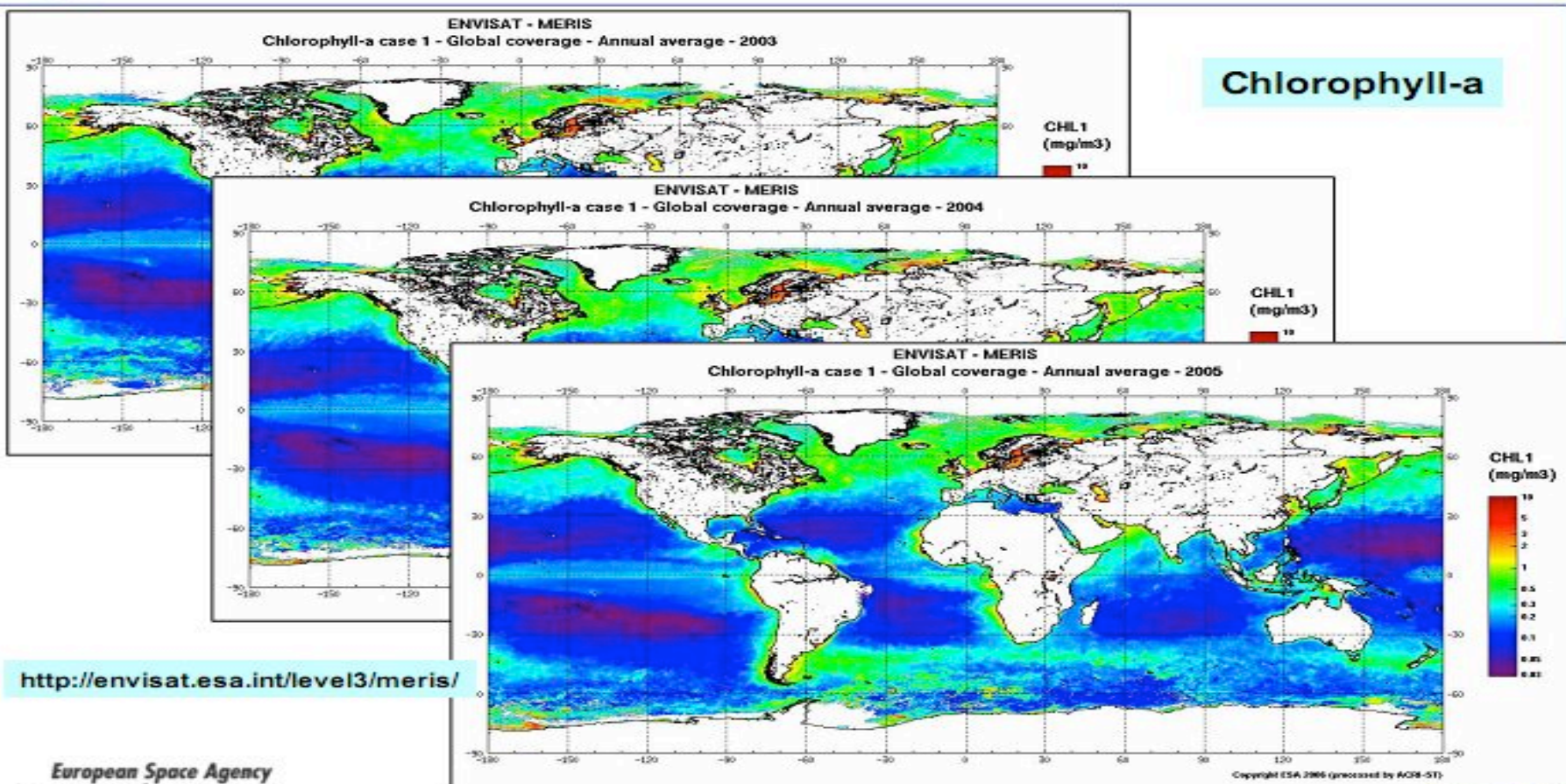
Courtesy of B. Chapron (IFREMER) & F. Collard (BOOST Technologies), Brest, France



# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές



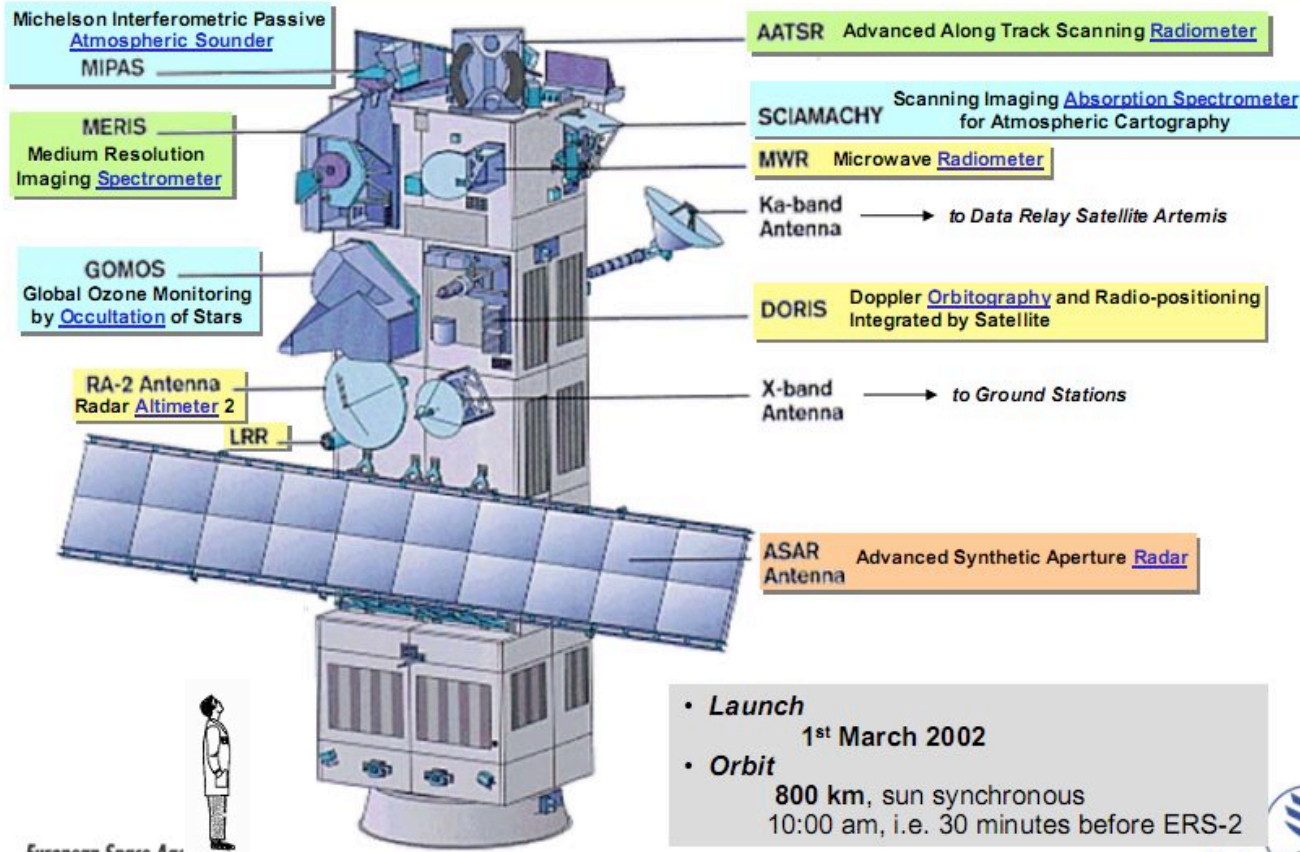
MERIS



# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές



## ENVISAT: 10 ways to monitor the Earth



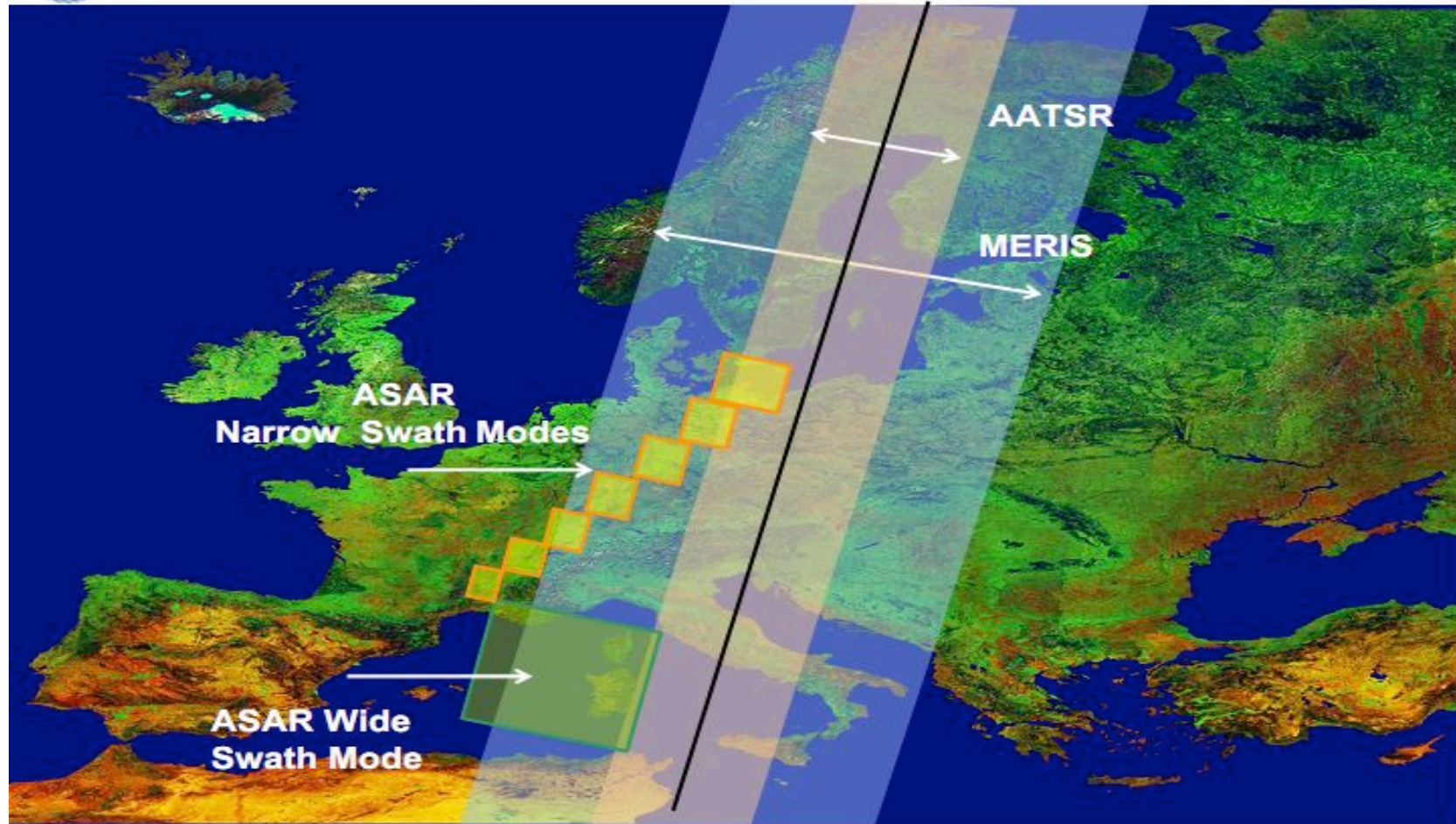
European Space Agency,  
Agence spatiale européenne



# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές



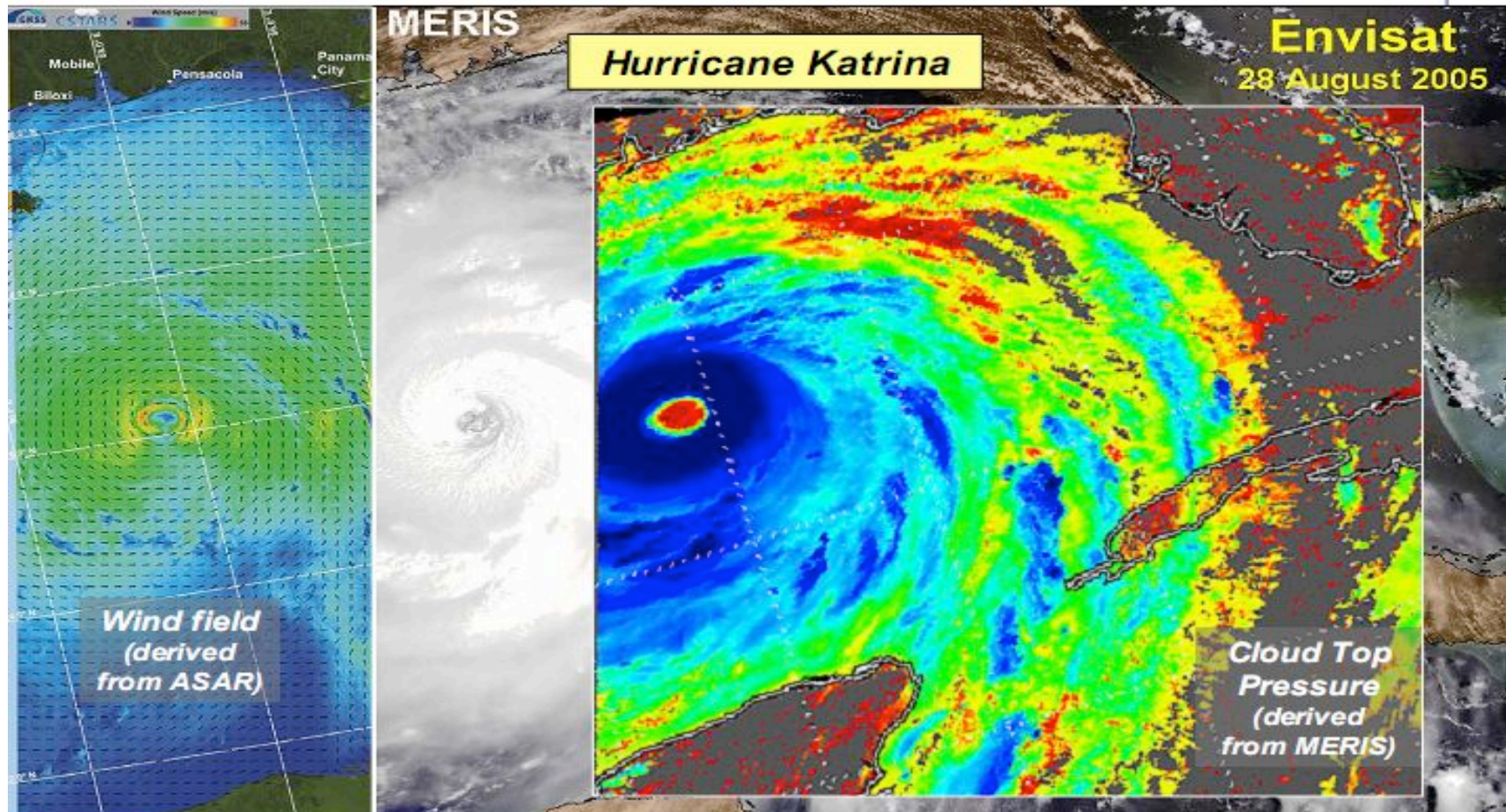
Synergy between ENVISAT imaging instruments



# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές



Synergy between ENVISAT imaging instruments



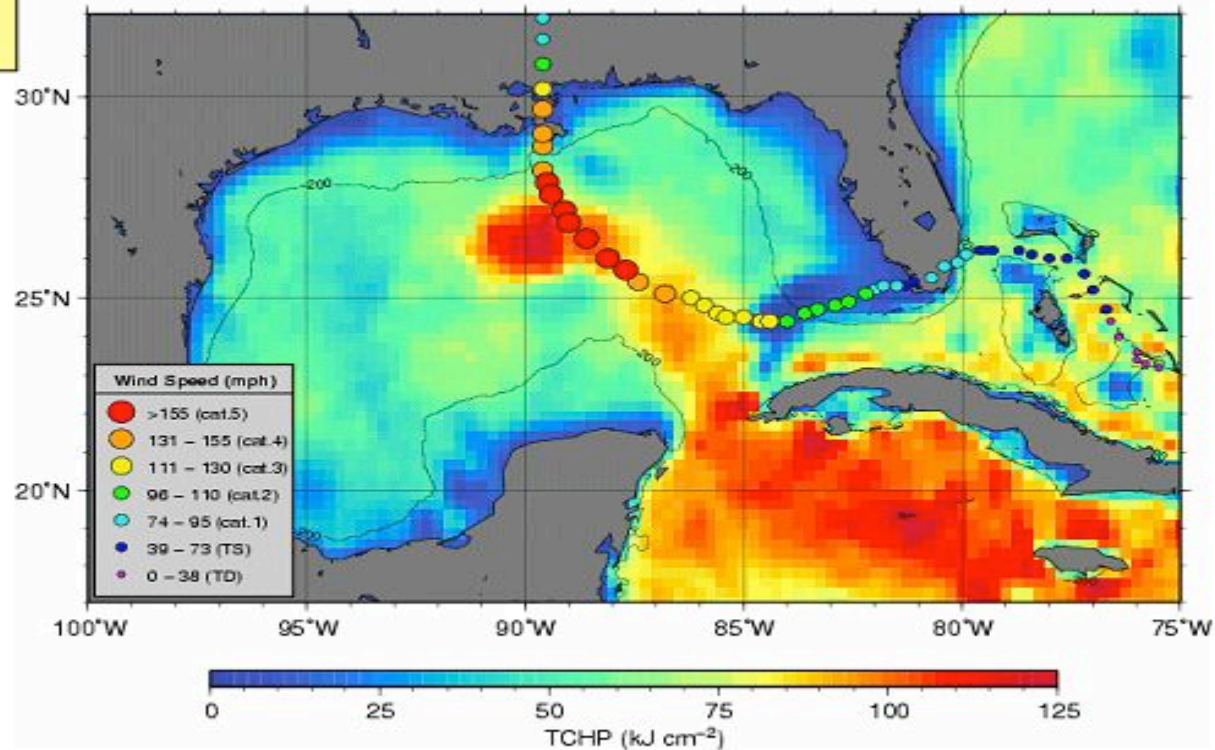
# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές



Altimetry

**Hurricane Katrina**

Gulf of Mexico – Tropical cyclone heat potential (TCHP) 08/28/2005



Altimetry data from ESA Envisat, NASA/CNES Topex/Poseidon & Jason-1, US Navy GFO

European Space Agency  
Agence spatiale européenne

Figures courtesy of Gustavo Goni, NOAA/OAR/AOML



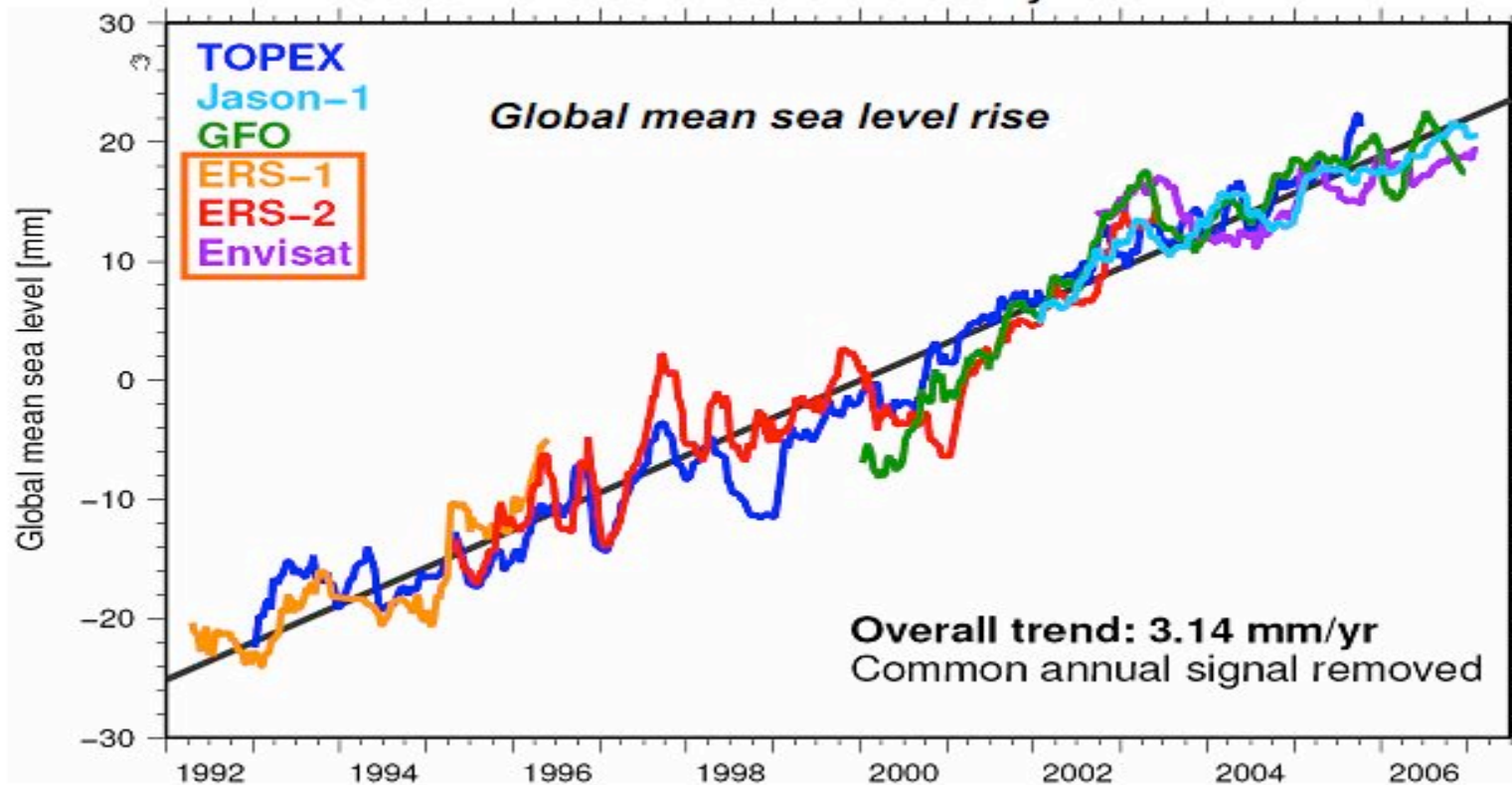
# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές



Altimetry



The ENVISAT altimeter provides continuity to the measurements initiated with the altimeters in the early 1990



European Space Agency  
Agence spatiale européenne

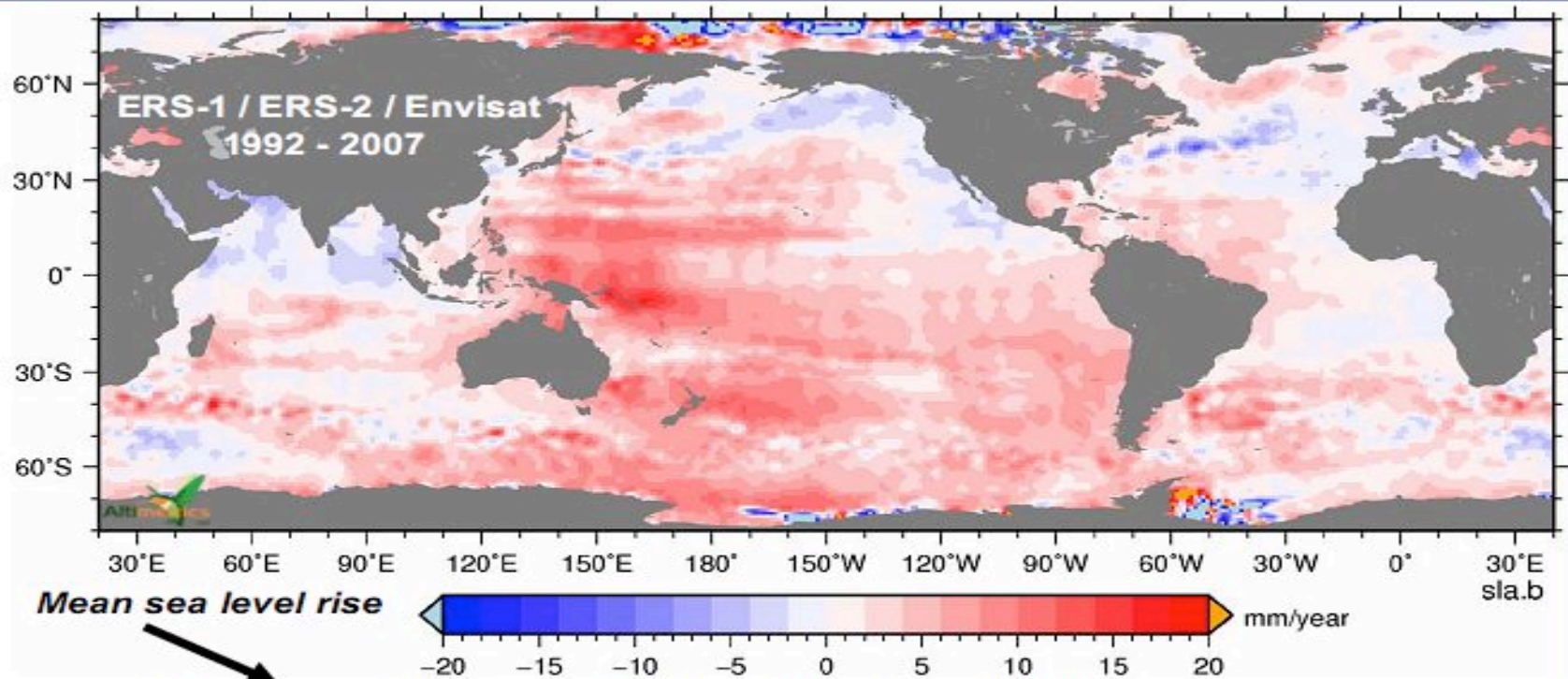
Courtesy of Remko Scharroo, Altimetrics LLC



# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές



Altimetry



This is one of the Essential Climate Variables (ECV)

ESA initiative on Climate Change

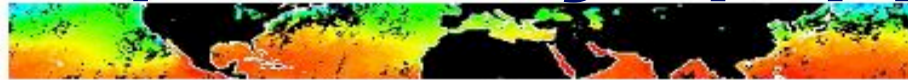
→ C-MIN-08

European Space Agency  
Agence spatiale européenne





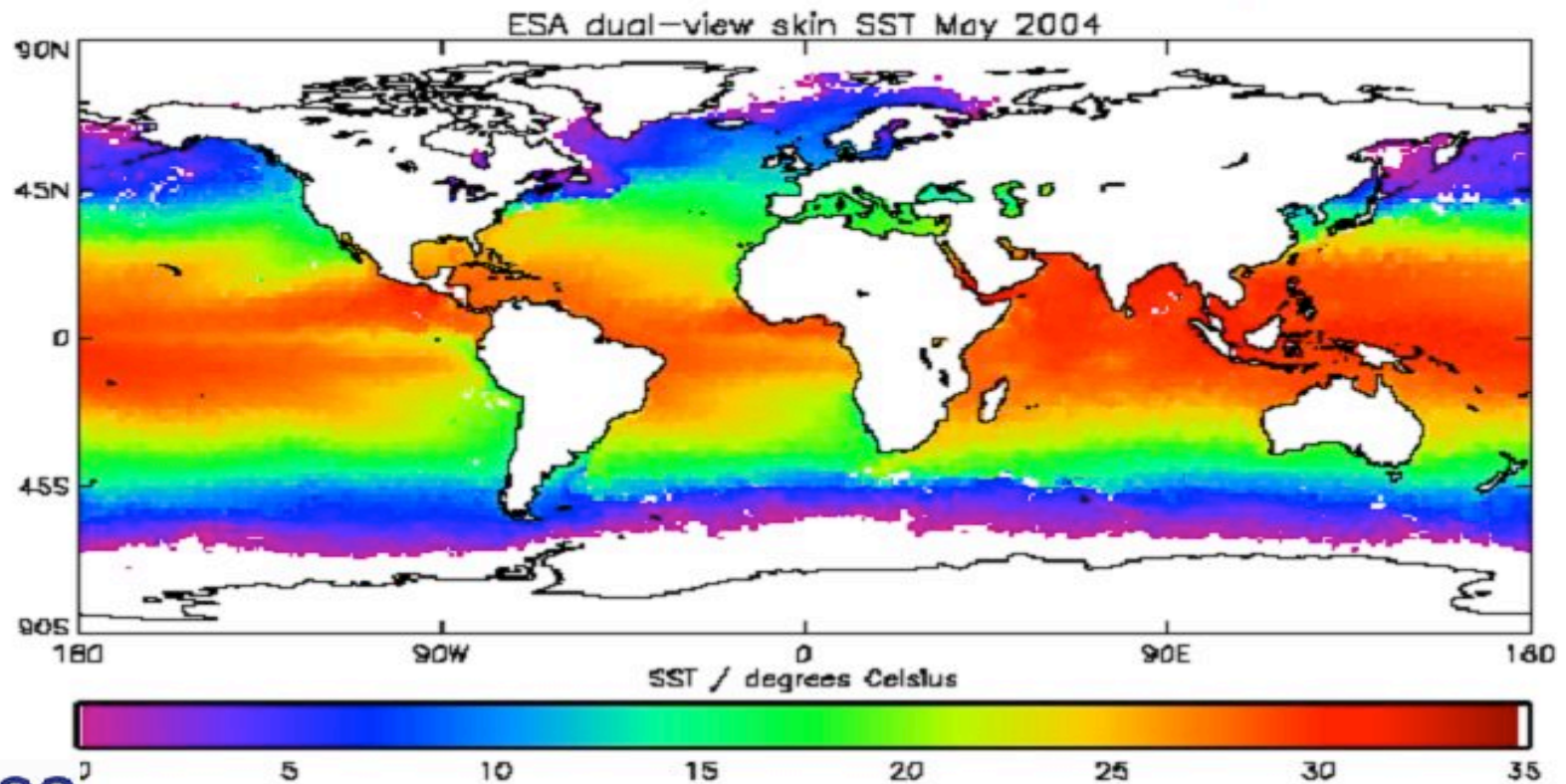
# Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές

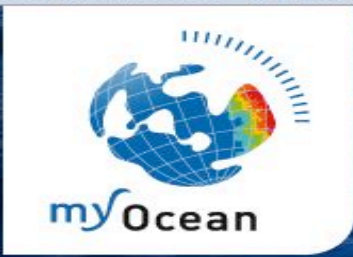


AATSR

Sea Surface Temperature (June 2003 to May 2004)

*Courtesy of UK Met Office*





# OCEAN MONITORING AND FORECASTING

Providing PRODUCTS and SERVICES for all marine applications.

ABOUT US

MARINE SAFETY

MARINE RESOURCES

COASTAL & MARINE ENVIRONMENT

WEATHER, CLIMATE & SF

## NEWS & EVENTS

Marine Monitoring Service: A GMES Workshop on Jan25th



A preparatory workshop for the MARINE MONITORING SERVICE will take place in Brussels on January 25th in the frame of the next GMES USER FORUM. DEADLINE FOR REGISTRATION : JANUARY 18th

more



## EDUCATION

Come and discover how MyOcean monitors and forecasts oceans.

- » Observation
- » Modelling
- » Ocean parameters

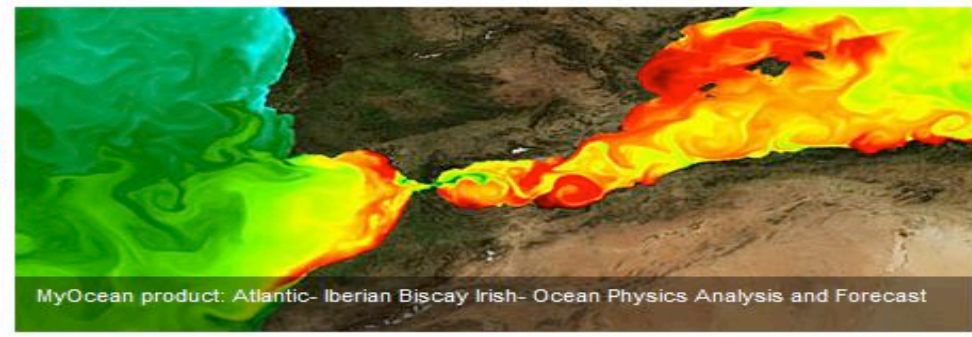
## PRESS/EDITION CORNER

» all corners

## SCIENTIFIC PUBLICATIONS

» all corners

### CROSSING GIBRALTAR STRAIT



MyOcean product: Atlantic-Iberian Biscay Irish- Ocean Physics Analysis and Forecast

## USER CORNER

- » ASK THE SERVICE DESK
- » NEWS FLASH!



» TECHNICAL FAQ

## FIRST VISIT?

- » DISCOVER MYOCEAN PRODUCTS & SERVICES
- » REGISTER NOW!

## EuroGOOS REGIONAL ALLIANCES and IN-SITU OBSERVATIONS

FOCUS ON

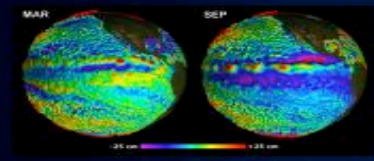


MyOcean does not operate in situ observing systems but collect observations from data providers outside MyOcean, and mainly from EuroGOOS Regional alliances which have deeply contributed to structure the Operational Oceanography community as an efficient network. FOCUS ON A MyOcean KEY-SUPPLIER and KEY-PARTNER.

» Learn more

## La Niña, the terrible Sister

PRODUCT SHOWCASE



Following its elder brother (El Niño) from mid-2010, La Niña has in turn wreaked havoc on Pacific coasts (and more). Catastrophic flooding in Australia, in particular, occurred in December 2010-January 2011. A new La Niña episode is ongoing, even if less intensive than last year one. It is expected

to continue up till March-April-May 2012. » Learn more

# Ωκεάνιο Χρώμα

TC **CHL** SST SST4 SeaWiFS User Login

Comment

Help

Monday, 30 October 1978 through Sunday, 22 June 1986

SeaWiFS

GAC

MLAC

MODIS (Aqua)

VIIRS (NPP)

OCTS (ADEOS)

MERIS (Envisat)

MODIS (Terra)

CZCS (Nimbus-7)

Day

Night

Radius (km) about map click or about typed-in location:

72

400

800

1200

1500

Select swaths containing (at least):

any part

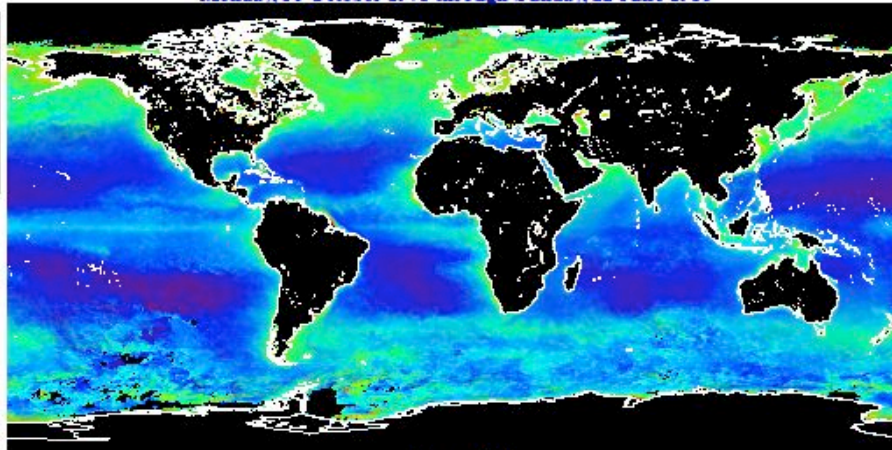
25 %

50 %

75 %

all

Select only scenes having in situ matchups.



Chlorophyll

Display results 10 at a time.

Reconfigure page

Select one or more regions:

- AdriaticSea
- AegeanSea
- Antarctica
- ArabianSea
- AralSea
- Arctic
- Australia
- AustraliaCoast
- Azores
- Bahamas
- BalticSea

or specify boundary coordinates or a single location:

N:

W:  E:

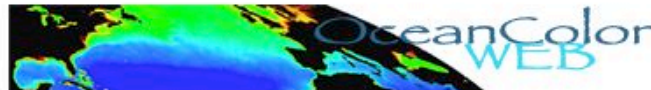
S:

Find swaths

M i s s i o n	<a href="#">1978</a>	<a href="#">Jan</a>	<a href="#">Feb</a>	<a href="#">Mar</a>	<a href="#">Apr</a>	<a href="#">May</a>	<a href="#">Jun</a>	<a href="#">Jul</a>	<a href="#">Aug</a>	<a href="#">Sep</a>	<a href="#">Oct</a>	<a href="#">Nov</a>	<a href="#">Dec</a>
	<a href="#">1979</a>	<a href="#">Jan</a>	<a href="#">Feb</a>	<a href="#">Mar</a>	<a href="#">Apr</a>	<a href="#">May</a>	<a href="#">Jun</a>	<a href="#">Jul</a>	<a href="#">Aug</a>	<a href="#">Sep</a>	<a href="#">Oct</a>	<a href="#">Nov</a>	<a href="#">Dec</a>
	<a href="#">1980</a>	<a href="#">Jan</a>	<a href="#">Feb</a>	<a href="#">Mar</a>	<a href="#">Apr</a>	<a href="#">May</a>	<a href="#">Jun</a>	<a href="#">Jul</a>	<a href="#">Aug</a>	<a href="#">Sep</a>	<a href="#">Oct</a>	<a href="#">Nov</a>	<a href="#">Dec</a>
	<a href="#">1981</a>	<a href="#">Jan</a>	<a href="#">Feb</a>	<a href="#">Mar</a>	<a href="#">Apr</a>	<a href="#">May</a>	<a href="#">Jun</a>	<a href="#">Jul</a>	<a href="#">Aug</a>	<a href="#">Sep</a>	<a href="#">Oct</a>	<a href="#">Nov</a>	<a href="#">Dec</a>
	<a href="#">1982</a>	<a href="#">Jan</a>	<a href="#">Feb</a>	<a href="#">Mar</a>	<a href="#">Apr</a>	<a href="#">May</a>	<a href="#">Jun</a>	<a href="#">Jul</a>	<a href="#">Aug</a>	<a href="#">Sep</a>	<a href="#">Oct</a>	<a href="#">Nov</a>	<a href="#">Dec</a>
	<a href="#">1983</a>	<a href="#">Jan</a>	<a href="#">Feb</a>	<a href="#">Mar</a>	<a href="#">Apr</a>	<a href="#">May</a>	<a href="#">Jun</a>	<a href="#">Jul</a>	<a href="#">Aug</a>	<a href="#">Sep</a>	<a href="#">Oct</a>	<a href="#">Nov</a>	<a href="#">Dec</a>
	<a href="#">1984</a>	<a href="#">Jan</a>	<a href="#">Feb</a>	<a href="#">Mar</a>	<a href="#">Apr</a>	<a href="#">May</a>	<a href="#">Jun</a>	<a href="#">Jul</a>	<a href="#">Aug</a>	<a href="#">Sep</a>	<a href="#">Oct</a>	<a href="#">Nov</a>	<a href="#">Dec</a>
	<a href="#">1985</a>	<a href="#">Jan</a>	<a href="#">Feb</a>	<a href="#">Mar</a>	<a href="#">Apr</a>	<a href="#">May</a>	<a href="#">Jun</a>	<a href="#">Jul</a>	<a href="#">Aug</a>	<a href="#">Sep</a>	<a href="#">Oct</a>	<a href="#">Nov</a>	<a href="#">Dec</a>
<a href="#">1986</a>	<a href="#">Jan</a>	<a href="#">Feb</a>	<a href="#">Mar</a>	<a href="#">Apr</a>	<a href="#">May</a>	<a href="#">Jun</a>	<a href="#">Jul</a>	<a href="#">Aug</a>	<a href="#">Sep</a>	<a href="#">Oct</a>	<a href="#">Nov</a>	<a href="#">Dec</a>	

April 1986							May 1986							June 1986						
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S
		1	2	3	4	5					1	2	3	1	2	3	4	5	6	7
6	7	8	9	10	11	12	4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14
13	14	15	16	17	18	19	11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21
20	21	22	23	24	25	26	18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28
27	28	29	30				25	26	27	28	29	30	31	29	30					
xxx	xxx	xxx	xxx				xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx					



gene carl feldman (gene.c.feldman@nasa.gov) (301) 286-9428

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