

XII RASSEGNA DEL MARE

Ravenna, 2-4 Marzo 2001

Tavola Rotonda:

Tecnologie satellitari per lo studio dell'ambiente marino

Ing. Michele Raimondi

E-mail: michele.raimondi@libero.it

Tel. 03404073901

PREMESSA

La osservazione e lo studio dell'ambiente marino rispondono alla esigenza di ampliare la conoscenza e comprensione non solo delle sue proprie caratterizzazioni e dei fenomeni che in esso si svolgono a scala locale, regionale o globale, ma anche delle strette interrelazioni ed interazioni che lo collegano a diversificati settori di attività umana.

Una significativa componente di osservazione è quella costituita dalla utilizzazione di dati rilevati da strumentazione a bordo di satelliti, mentre avanzati sistemi satellitari di telecomunicazione e di posizionamento forniscono preziosi supporti integrativi.

E' da sottolineare che tali tecnologie, il cui impiego è da molti anni sostenuto e stimolato da una intensa ricerca scientifica, forniscono, spesso in necessaria integrazione con altre tecniche multidisciplinari, un utile contributo allo sviluppo di processi pianificatori e decisionali verso lo sviluppo sostenibile.

INTERAZIONI CON L'AMBIENTE MARINO

Le condizioni e trasformazioni dell' ambiente marino e della qualità delle acque marine sono correlate a svariati fattori di origine antropica e naturale che tendono ad alterarne i delicati equilibri.

Se prendiamo a riferimento il bacino mediterraneo, che rappresenta lo 0.7% delle superfici marine del pianeta e le cui acque si rinnovano ogni 80 anni, rileviamo, fra i fattori che minacciano il suo equilibrio ambientale, che in esso confluiscono più di 500 corsi d'acqua, che è stimato che in esso venga rilasciato annualmente oltre 1 milione di tonnellate di idrocarburi, e si svolga oltre il 20% del traffico petrolifero mondiale, mentre il sensibile incremento del turismo e dell'antropizzazione delle coste contribuiscono ad una veloce crescita delle sorgenti terrestri del suo inquinamento marino.

E dunque gli impatti sull'ambiente marino e sulle risorse del mare provengono da numerose fonti, quali la navigazione e il traffico marittimo, gli insediamenti industriali, turistici ed urbani, le pratiche agricole, gli inquinamenti atmosferici prodotti dal traffico terrestre e da quello aereo, i sedimenti originati da fenomeni erosivi delle coste e del fondo marino, i cambiamenti climatici indotti dall'effetto serra e le conseguenti variazioni di livello del mare, e così via.



**XII Rassegna del Mare
Ravenna 2 - 4 marzo 2001**

La protezione dell'ambiente marino è pertanto un obiettivo dalle vastissime articolazioni, il cui perseguimento richiede necessariamente uno sforzo congiunto di tecnologie, metodologie, competenze, ricerche ed attività operative multidisciplinari e certamente multinazionali.

La pianificazione e decisione di misure di salvaguardia adeguate, presuppongono peraltro una accurata conoscenza ed un continuo monitoraggio del suo stato e delle sue trasformazioni, in aree di riferimento che possono andare, in funzione dei fenomeni investigati, dalla scala strettamente locale a quella globale.

CONTRIBUTI DEL TELERILEVAMENTO DA SATELLITE

L'ambiente marino è un sistema complesso, caratterizzato da una ampia variabilità sia temporale che spaziale.

Il telerilevamento da satellite concorre al suo studio rendendo disponibile una tecnologia le cui peculiarità esclusive sono una costante ripetitività di osservazione sinottica, in aree vaste da pochi chilometri a migliaia di chilometri, e una risoluzione spaziale e radiometrica differenziata in funzione dei sensori a bordo progettati per specifici campi di osservazione.

Tale tecnologia è complementare alle tradizionali analisi in situ, che non permettono misurazioni ripetitive in medesimi punti o sinottiche in uno stesso momento in vaste aree, ed alle misure prodotte attraverso l'impiego di strutture fisse o libere a mare, che risultano in genere costose e spazialmente limitate.

Il telerilevamento da satellite, mentre non consente di produrre analisi di natura chimica o biologica, permette tuttavia di rilevare parametri relativi alla superficie marina, quali la temperatura ed il colore superficiale (attraverso sensori ottici), la rugosità del mare, l'altezza delle onde ed il livello del mare (sensori a microonde).

Il monitoraggio temporale e spaziale di tali parametri permette la derivazione diretta o indiretta della presenza e variazione di materiale organico o sedimenti in sospensione, provenienti ad esempio da scarichi fluviali o terrestri, o di materiale sedimentato che viene riportato in sospensione per effetto di processi idrodinamici, della torbidità delle acque, della presenza di idrocarburi, della direzione e velocità dei venti in superficie, della altezza, periodo e direzione delle onde, del livello medio del mare, della batimetria e della topografia del fondo marino, dello stato e delle dinamiche marine sia offshore che in aree costiere.



**XII Rassegna del Mare
Ravenna 2 - 4 marzo 2001**

Scale	Example of areas	Relevant available satellite sensors	Applicability for processes in sea waters.
1. Global and large scale oceans > 1000 km	Atlantic Ocean, Greenland - Norwegian Seas	Scatterometer, altimeter, passive microwave radiometer (PMW), Side-Side-looking Radar (SLR), SAR	Primary application is in oceanography: wind, waves, sea level, currents.
2. Regional scale oceans and larger coastal areas: 1- 1000 km	Baltic Sea, North Sea, Mediterranean.	same as above, but with limitation near coasts: scatterometer: approx. 50 km altimeter: approx. 10 km PMW: approx. 20 km More important are optical and infrared radiometers (AVHRR, SeaWiFS) with 1 km resolution, SAR with 100 m resolution, and SLR with 1 km resolution	Wind, waves and currents observed on a regional scale will have impact on processes in the coastal zone. Water quality, oil spill, SST, waves, eddies, upwelling, fronts and bathymetry can be observed near the coast at 1 km resolution or better.
3. Local scale coastal areas and large lakes 1 m - 10 km and small lakes and rivers: 1 - 50 m	Harbour areas, estuaries, channels, wetlands, tidal flats, etc.	High resolution optical and microwave images (SPOT, Landsat, SAR) are most appropriate. New, very high-resolution images with 1m resolution can potentially become important (e.g., IKONOS-1). AVHRR and SeaWiFS are useful in some cases to assess boundary conditions	Several parameters and processes near the coastal waters can be observed by these satellite data: coastline, inter-tidal zone, shallow water topography, water colour, sediment transport, plumes, etc.



**XII Rassegna del Mare
Ravenna 2 - 4 marzo 2001**

Table 1. <i>Spatial scales of study and applicability of satellite EO data for water characterisation.</i> 2) Type of Instrument	Characteristics and potentiality	Sensors
Radar altimeter (RA)	A pencil beam microwave radar that measures the distance between the spacecraft and the ocean surface. Measurements yield the topography and surface roughness of the sea surface from which the surface current and average wave height can be estimated.	GeoSat ERS-RA Topex-Poseidon
Scatterometer	A microwave radar that measures the roughness of the sea surface in a broad swath on either side of the spacecraft with a spatial resolution of 50 km. Measurements yield the amplitude of short surface waves that are approximately in equilibrium with the local wind and from which the surface wind can be estimated.	ERS-AMI ADEOS
Microwave radiometer	A radiometer that measures the intensity of radiation emitted from the sea surface in the microwave band in a broad swath beneath the spacecraft. Measurements yield microwave brightness temperatures, from which wind speed, water vapour, rain rate and ice cover can be estimated.	SSM/I
Thermal radiometer	Radiometers that measure the intensity of infrared radiation emitted from the water surface in a broad swath beneath the spacecraft. Measurements yield estimates of sea surface temperature.	AVHRR ATSR OCTS
Low spatial resolution (1 km) ocean colour scanner (multispectral spectrometer).	Radiometers that measure the intensity of radiation reflected from the upper part of the water column in <i>the visible and near-infrared bands</i> in a broad swath beneath the spacecraft. Measurements yield ocean colour at high spectral resolution, from which chlorophyll pigment concentration and diffuse attenuation coefficients, and other bio-optical properties can be estimated.	CZCS OCTS POLDER SeaWiFS
Medium spatial resolution (500 m) ocean colour scanner (multispectral spectrometer).	Radiometers that measure the intensity of radiation reflected from the upper part of the water column in <i>the visible and near-infrared bands</i> in a small swath beneath the spacecraft. Measurements yield ocean colour at high spectral resolution, from which chlorophyll pigment concentration and diffuse attenuation coefficients, and other bio-optical properties can be estimated.	MOS
High spatial resolution optical radiometer	Radiometers that measure the intensity of radiation reflected from the upper part of the water column in <i>the visible and near-infrared bands</i> in a small swath beneath the spacecraft, and at high spatial resolution. Measurements yield ocean colour at a few wavelengths, and at low spectral resolution.	SPOT Landsat-TM IRS-C



XII Rassegna del Mare
Ravenna 2 - 4 marzo 2001

High spatial resolution Synthetic Aperture Radar (SAR)	A microwave imaging radar that electronically synthesises the equivalent of an antenna large enough to achieve a spatial resolution of better than 100 m. Measurements yield information on features (wind, waves, swell, internal waves, fronts, current features, rain, oil slicks, etc.) that modulate the amplitude of the short surface waves.	ERS-SAR RadarSat-SAR
--	--	-------------------------

Table 2. Characteristics and potentiality of EO satellite instruments for water characterisation (2)

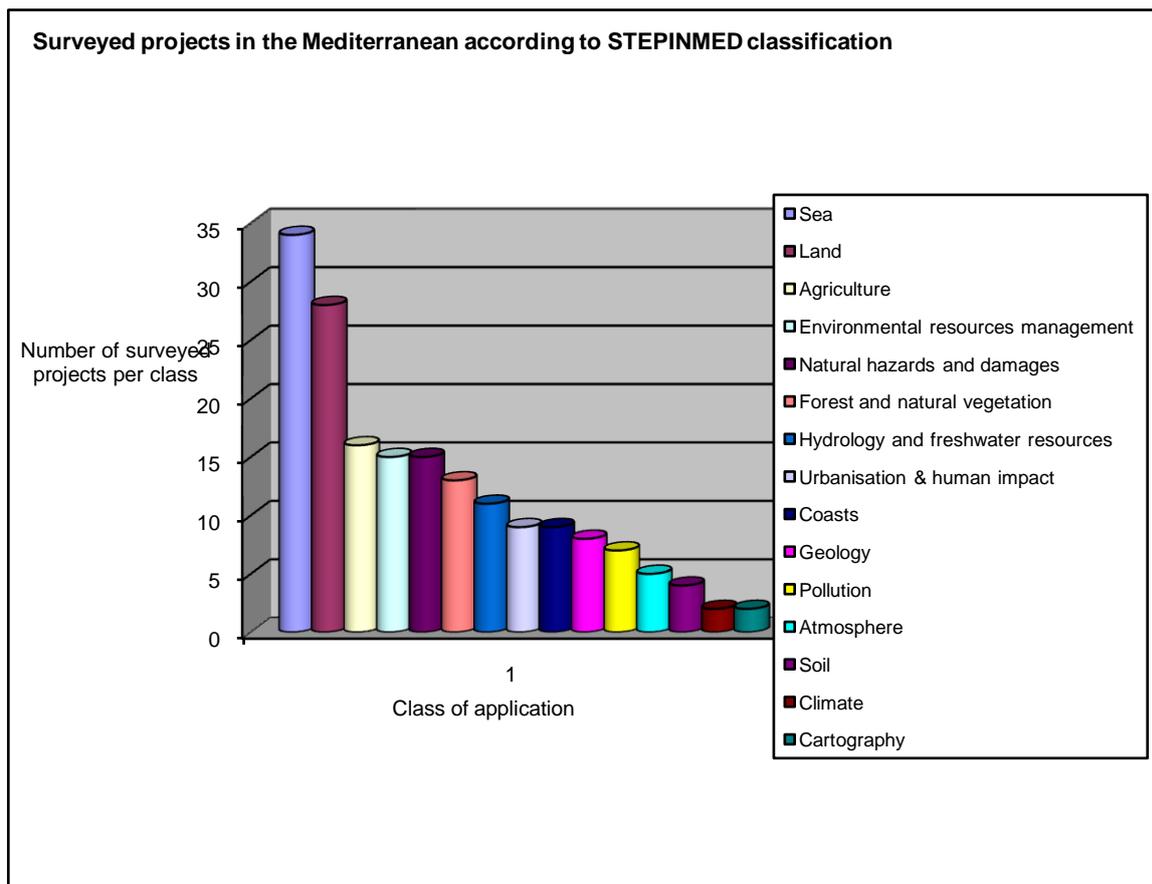
Dunque il telerilevamento, anche in integrazione con altre tecniche, fornisce un molteplice contributo allo studio dell'ambiente marino, e di ciò ne danno vasta testimonianza i numerosi progetti, sia di ricerca sia operativi, già realizzati.



**XII Rassegna del Mare
Ravenna 2 - 4 marzo 2001**

I risultati acquisiti, oltre a costituire una ampia casistica delle potenzialità della tecnologia e dei metodi di impiego utilizzati, possono fornire validi supporti alla pianificazione delle attività umane che interagiscono con l'ambiente marino ed al controllo del rispetto a normative e regolamentazioni, nonché a Convenzioni internazionali e relativi protocolli finalizzati al mantenimento di equilibri ambientali nel quadro di uno sviluppo sostenibile.

Da un database realizzato e dinamicamente aggiornato dal Centro di Telerilevamento Mediterraneo, comprendente oltre 180 progetti di telerilevamento attuati da oltre 350 Organizzazioni nel Mediterraneo (www.ctmnet.it/stepinmed), deriva la seguente distribuzione dei progetti censiti:



Fonte:CTM

Inoltre, dal documento “Characterization of sea water: Analysis of Remote Sensing based projects in the Mediterranean” (CTM, Dicembre 1999), che fa riferimento a tale database, emerge un quadro delle numerose tipologie di impiego del telerilevamento spaziale finalizzato allo studio dell'ambiente marino e agli impatti su di esso derivanti da cause naturali o antropiche.

Prevalenti aree di sviluppo progettuale sono quella dello studio specifico di parametri che caratterizzano il mare, quella del monitoraggio degli inquinamenti marini, quella della analisi delle coste e delle attività in esse svolte, quella della circolazione del mare e delle sue dinamiche in aree costiere.



Di essi, una percentuale molto elevata è costituita da progetti di ricerca, il che sta ad indicare che ancora oggi il telerilevamento è utilizzato prevalentemente con finalità scientifiche e non è ancora diffusamente impiegato su base routinaria per un monitoraggio continuato.

Ciò può imputarsi a limitazioni tecnologiche (in alcuni casi ad esempio le frequenze e le caratteristiche di osservazione degli attuali sensori satellitari non consentono ancora un soddisfacente monitoraggio dei fenomeni e delle dinamiche marine) ma anche alla non ancora ben diffusa convinzione da parte di soggetti istituzionali sulle potenzialità offerte dalla integrazione del telerilevamento con altre tecnologie tradizionali oggi in uso, e alla loro determinazione ad adottare iniziative di prevenzione e controllo di eventi che minacciano di alterare le condizioni ambientali dei mari e delle aree costiere.

A tal proposito, va sottinteso che il telerilevamento è una tecnologia che, se opportunamente sviluppata, in molti casi può offrire efficaci supporti alla applicazione di normative di gestione e controllo in specifici settori (si pensi soltanto alla problematica del controllo degli inquinamenti prodotti da petroliere in navigazione, o del monitoraggio degli insediamenti lungo le coste, origini di diverse forme di inquinamento marino).

SVILUPPO DELL' UTILIZZO DELLE TECNOLOGIE SATELLITARI PER IL MONITORAGGIO DELL'AMBIENTE MARINO.

Le tecnologie satellitari di osservazione dell'ambiente marino potrebbero ricevere impulso e trovare più diffusa e permanente utilizzazione al verificarsi di alcuni fattori che potrebbero essere così riassunti:

- a) Miglioramento della tecnologia. Nel prossimo decennio, nuovi satelliti (ad es. ENVISAT), grappoli di satelliti (ad es. COSMO/SKYMED) o microsattelliti dedicati a specifiche osservazioni, dovrebbero migliorare i contenuti informativi sull'ambiente marino e per questo promuovere un più esteso impiego operativo delle osservazioni satellitari.
- b) Razionalizzazione della ricerca, che, in una dimensione sovranazionale, dovrebbe essere selezionata, potenziata e coerentemente indirizzata a fornire risposte a prioritarie esigenze di studio ed osservazione.
- c) Diffusione delle conoscenze sulle potenzialità e risultati delle applicazioni del telerilevamento, rendendo l'accesso a queste informazioni semplice e diretto.
- d) Formazione rivolta a pianificatori e decisori della gestione e monitoraggio dell'ambiente marino, inclusi i responsabili della predisposizione di normative, sulle innovazioni gestionali e di controllo possibili avvalendosi dei contributi del telerilevamento satellitare.
- e) Creazione di reti di comunicazione avanzate per lo scambio di informazioni su attività progettuali e di ricerca, sui loro risultati, e sulle rilevazioni periodiche dello stato e dei cambiamenti di parametri relativi all'ambiente marino.



**XII Rassegna del Mare
Ravenna 2 - 4 marzo 2001**

CONCLUSIONI

Le esperienze sino ad oggi maturate nell'impiego delle tecnologie satellitari, insieme alle loro caratteristiche di sinotticità e ripetitività, le rendono disponibili e valide per un monitoraggio continuativo di vari indicatori dello stato e dei cambiamenti dell'ambiente marino.

Dal momento che quest'ultimo interagisce con diversificati eventi naturali od umani la cui origine può essere localizzata in aree anche molto distanti dal luogo osservato, appaiono anche necessarie azioni di osservazione congiunte a livello multinazionale

Essendo ancora circoscritta l'attenzione delle Amministrazioni per l'utilizzo di tali tecnologie e limitato l'impegno finanziario dedicato alla loro introduzione nei processi gestionali e normativi, in particolar misura da parte dei Governi dei paesi in via di sviluppo i quali spesso si trovano a fronteggiare più urgenti priorità, appare indispensabile un più incisivo sostegno internazionale (della UE, della Banca mondiale, del METAP, dei paesi sviluppati, ecc.) attraverso programmi quadro a scala sia locale che nazionale e regionale.

Tali programmi richiedono di essere opportunamente coordinati, in modo da evitare duplicazioni e sprechi di risorse, e di essere coerentemente e concretamente riferiti a prioritarie esigenze di intervento e a raccomandazioni adottate nel quadro di convenzioni internazionali (sulla biodiversità, sui cambiamenti climatici, sulla protezione del mare dagli inquinamenti e la gestione sostenibile delle aree costiere, ecc.)

In definitiva, un contesto di generale crescente attenzione per le problematiche ambientali potrebbe ulteriormente stimolare l'impegno per un rafforzamento delle tecnologie e metodologie di telerilevamento, e conseguentemente di un loro utilizzo da parte di una più vasta platea di utenza, innescando così un ciclo di complessiva crescita del loro impiego e dei risultati da esse prodotti.

Bibliografia

- (1) CTM ERS/RAC Characterisation of sea water: Analysis of remote sensing-based projects in the Mediterranean. December 1999
- (2) D.Durand, D. Pozdnyakov. S. Sandven, F. Cauneau, L. Wald, A. Jacob, K. Kloster and M. Miles, 1999. Characterisation of coastal and inland waters with space sensors. Contract final report. NERSC Technical Report n° 164



**XII Rassegna del Mare
Ravenna 2 - 4 marzo 2001**