



VISUALIZZAZIONE DEI DATI ED USO DEL COLORE

Maurizio Fea

Associazione Geofisica Italiana (AGI)
Università degli Studi - Roma La Sapienza
Università degli Studi - Roma Tor Vergata,
Istituto Universitario di Architettura di Venezia (IUAV)
Università degli Studi del Molise
Universidad Nacional de Luján (UNLu – Argentina)



Indice

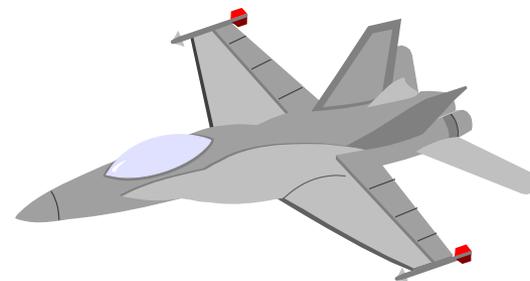
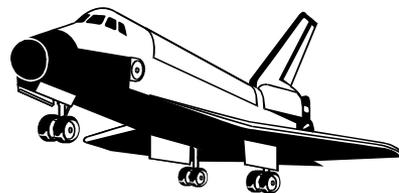
1. Origine dell'informazione
2. Risoluzione dei dati primari
3. Trasformazione analogico-digitale dei segnali
4. Visualizzazione dei dati
5. La firma spettrale di un oggetto
6. La teoria del colore
7. Le immagini rilevate in bande ottiche
8. Esempi nello spazio esterno

In collaborazione con il Prof. Emanuele Loret (MIUR)

Telerilevamento da altezze diverse

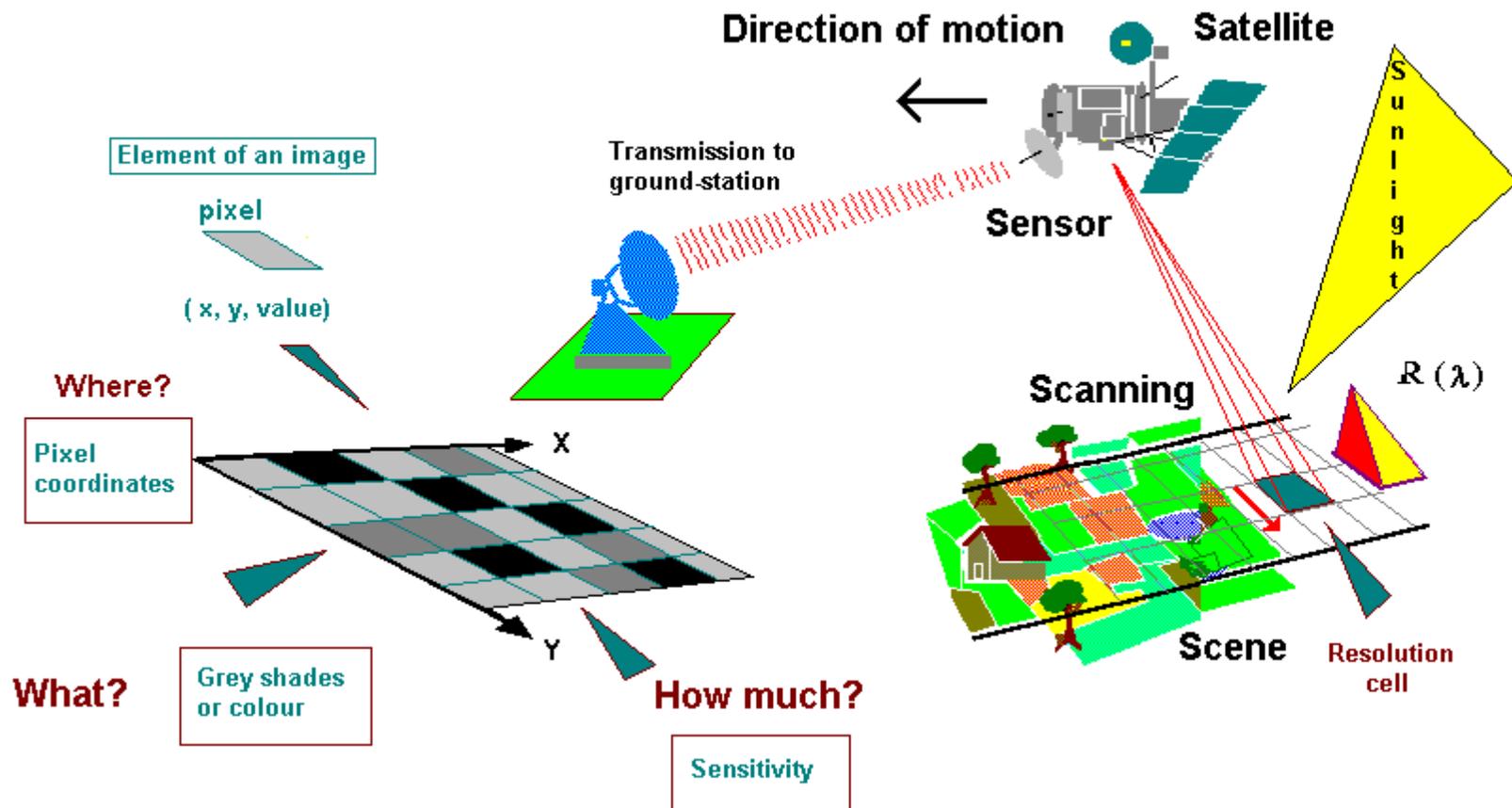
Dopo Icaro, il sogno di sollevarsi da terra divenne realtà nel 19° secolo...

... e nel 1858 il fotografo Felicien Tournachon, chiamato *Nadar*, aprì l'era del Telerilevamento aereo e spaziale, vale a dire dell'Osservazione della Terra!!



Il Telerilevamento del Territorio

Acquisition and reproduction of remotely sensed images





Caratteristiche di un sistema di Telerilevamento I quattro tipi di RISOLUZIONI

- Risoluzione SPAZIALE o GEOMETRICA: minima distanza alla quale due oggetti si distinguono come separati nell'immagine
- Risoluzione TEMPORALE: minimo intervallo di tempo tra due passaggi consecutivi del satellite con la stessa geometria di osservazione
- Risoluzione SPETTRALE: minima distanza spettrale tra due bande spettrali adiacenti e non sovrapposte
- Risoluzione RADIOMETRICA: minima distanza radiometrica tra due livelli digitali adiacenti (sensibilità alla variabilità del segnale).



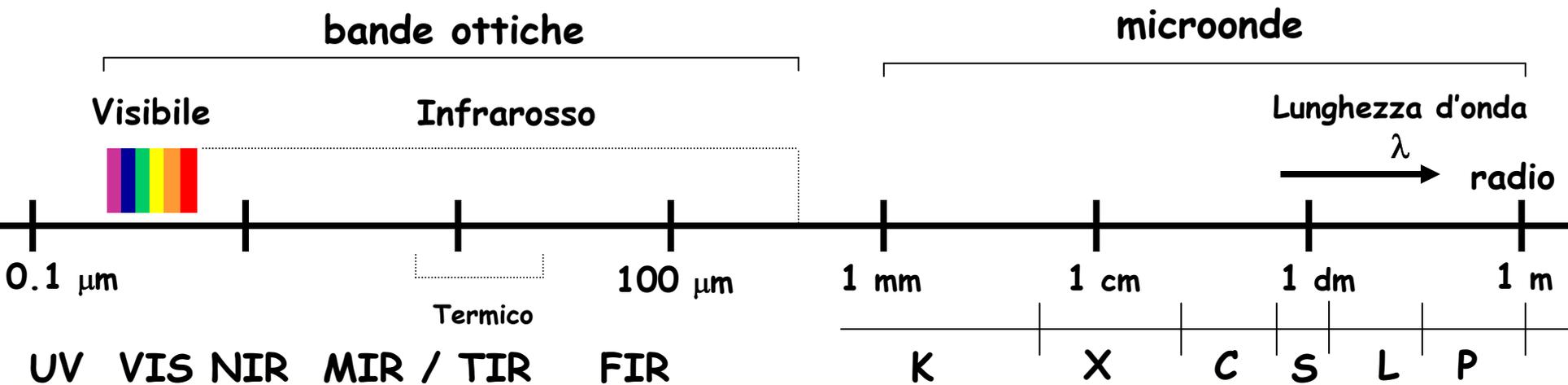
Cos'è un PIXEL?

- Un PIXEL (Picture Element) è l'unità minima osservabile da un determinato sensore; nel caso di bande spettrali ottiche, esso corrisponde al Campo di Vista Istantaneo (IFOV) del sensore
- Dimensioni dell'IFOV sono determinate dalle caratteristiche della missione della piattaforma di volo, in particolare da: orbita, quota, assetto, velocità, strumento, sensore ed anche dal tipo di elaborazione successiva dei dati al suolo
- Come detto, nel caso di strumenti che generano immagini ottiche, l'IFOV determina la risoluzione geometrica del sensore, per cui la dimensione del PIXEL corrisponde alla risoluzione geometrica dell'immagine.

Telerilevamento e Spettro Elettromagnetico

- Obiettivi:**
- misurare senza toccare
 - costruire una lunga serie temporale d'informazioni coerenti nello stesso formato per applicazioni multidisciplinari

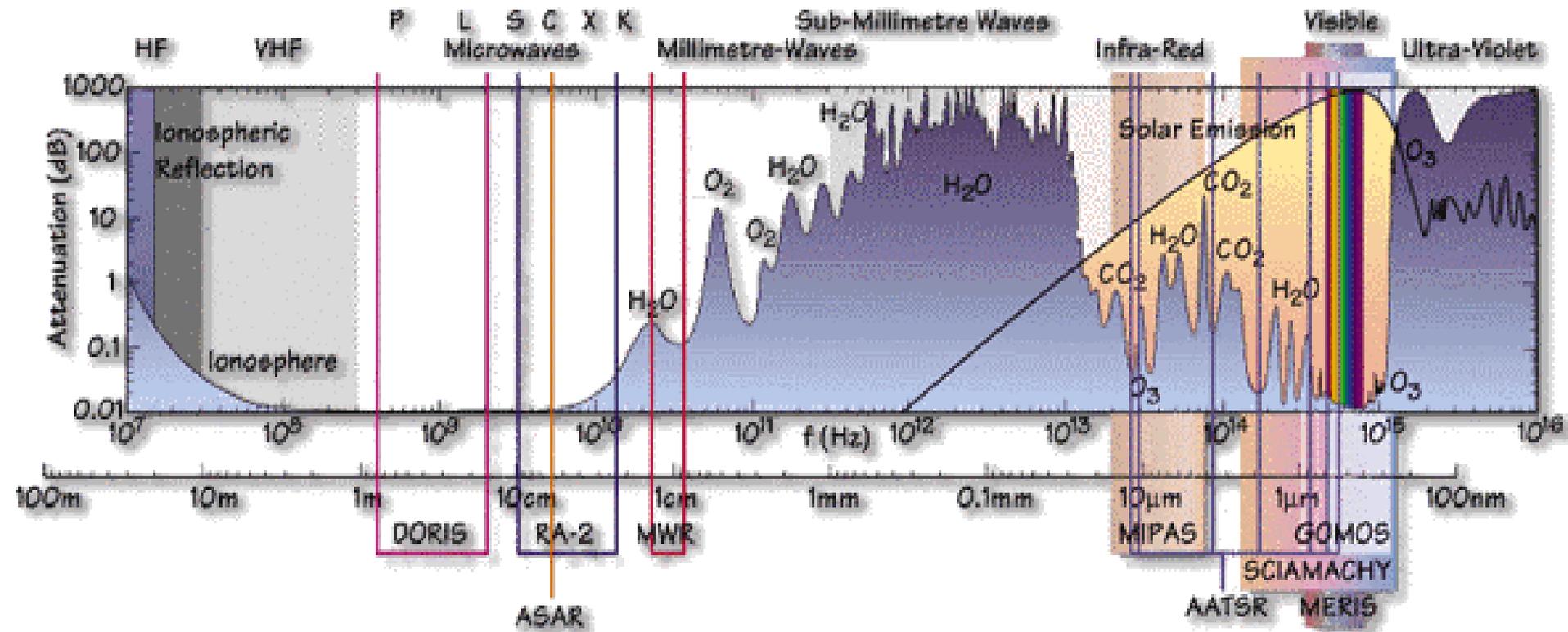
Metodologia: • misurare, in varie "bande" dello spettro elettromagnetico, il "segnale" generato dall'interazione tra il sensore e la energia elettromagnetica irradiata dall'oggetto osservato



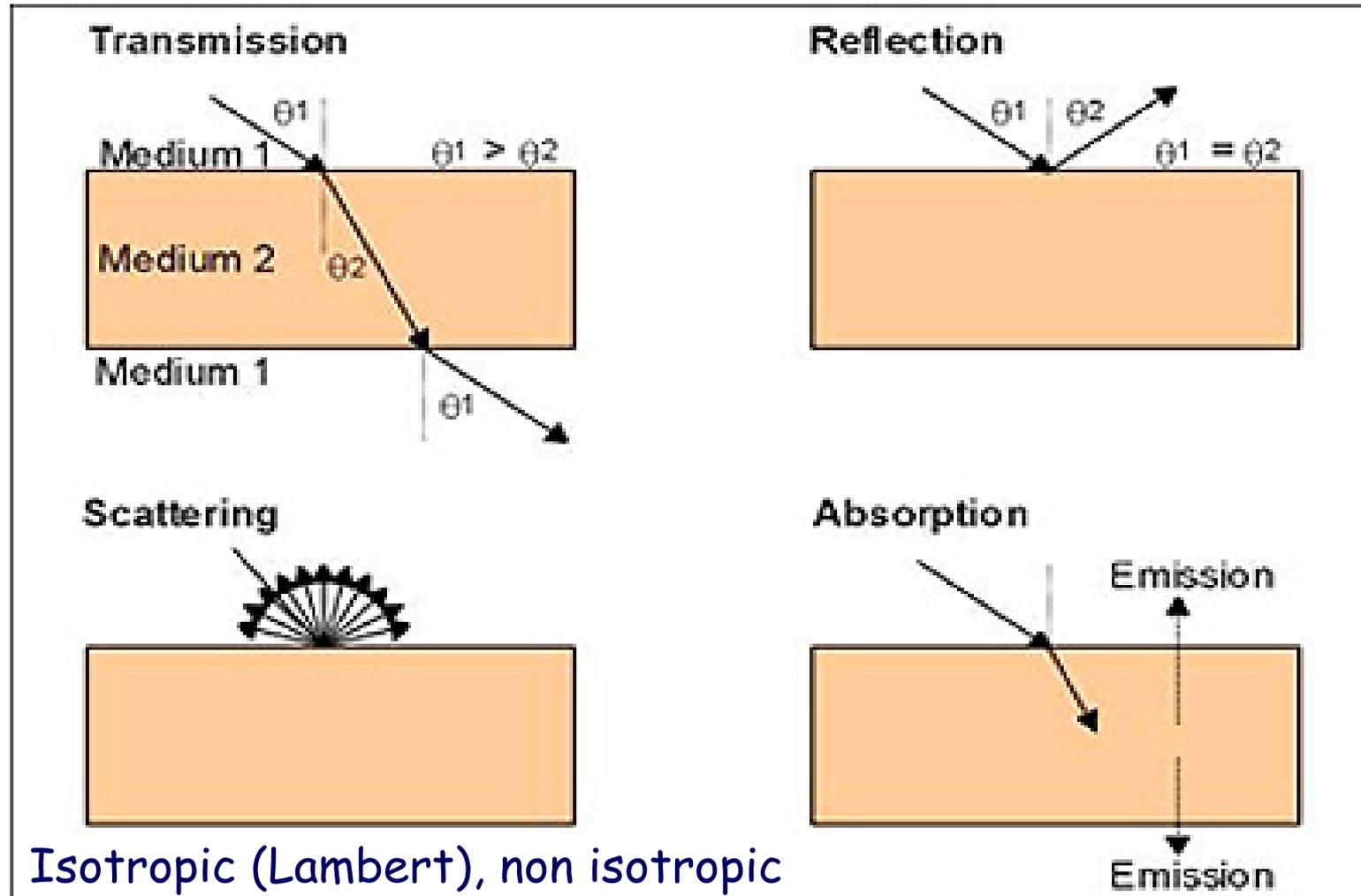


Influenza dell'atmosfera

Copertura spettrale dei sensori di Envisat

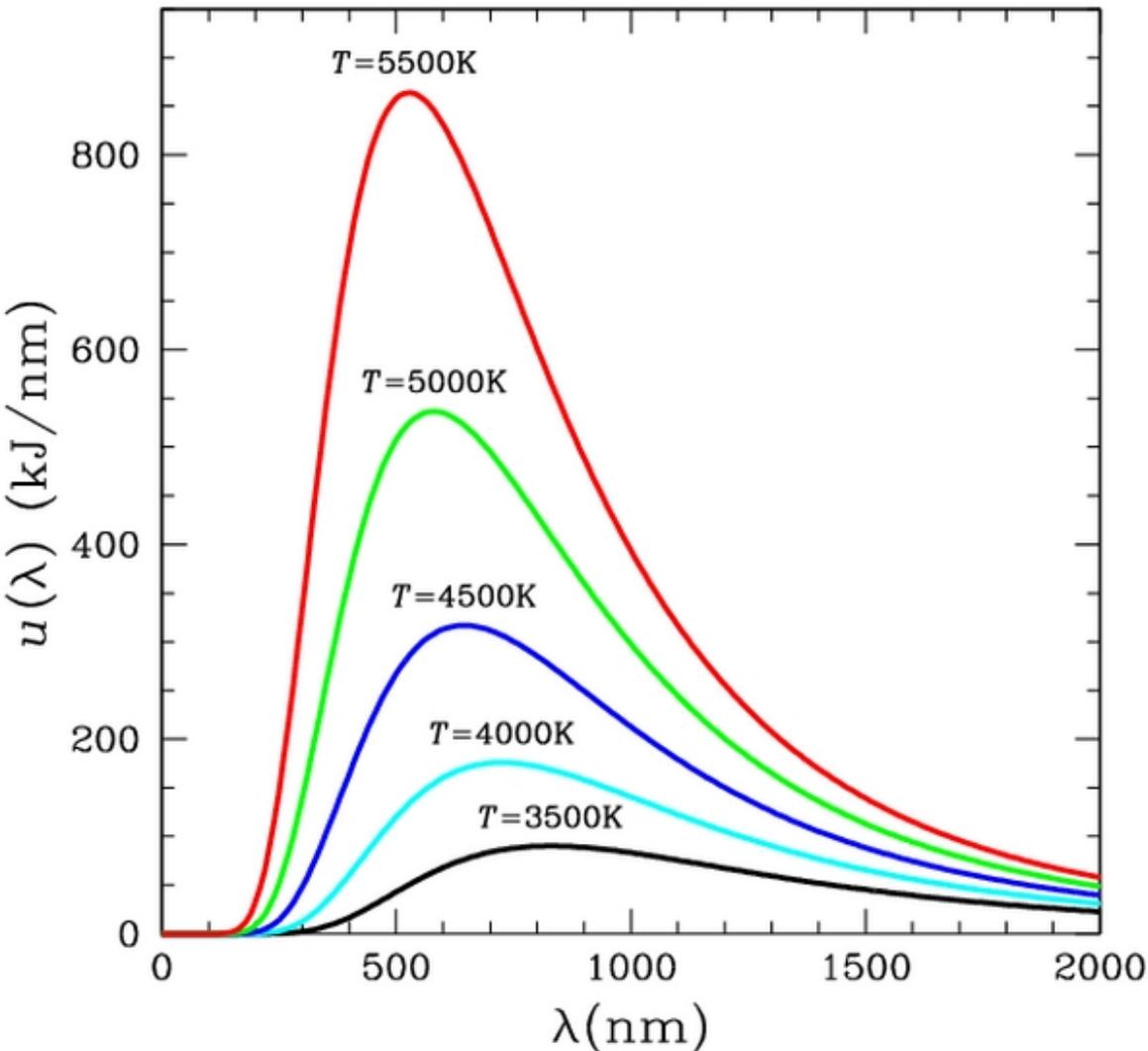


Interazione oggetto - energia e.m.



$$E_t + E_r + E_s + E_a = E_{inc}$$

Le sorgenti di energia e le Bande Spettrali: le leggi di Planck e di Wien



Energia irradiata da un
corpo nero

$$\varepsilon = f(T_{\text{sorgente}}, \lambda, n)$$

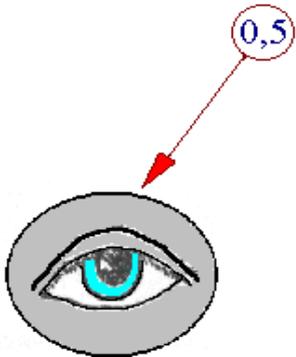
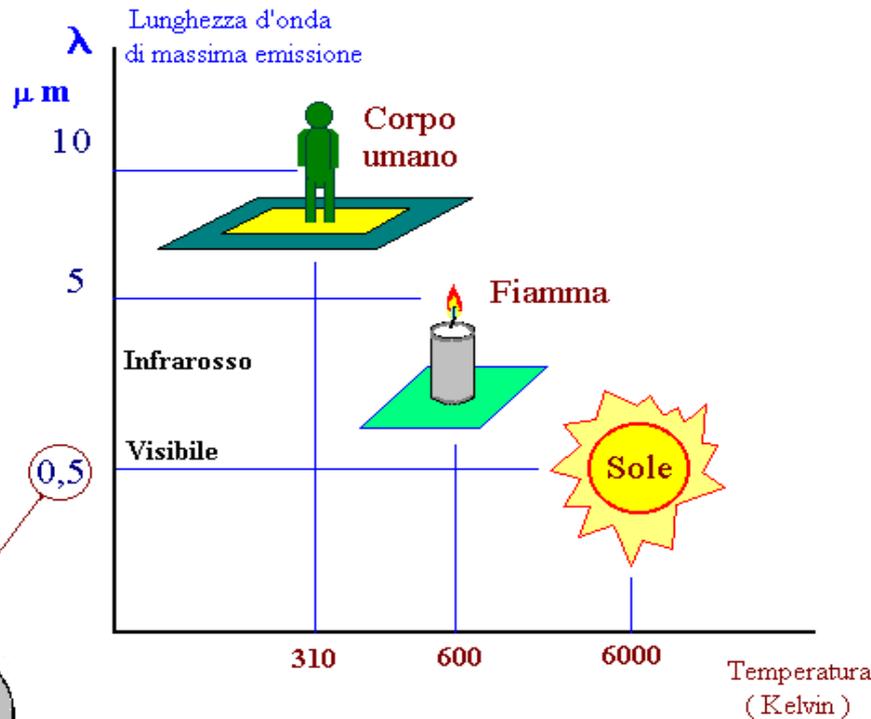
Lunghezza d'onda alla quale
si ha il massimo di energia
irradiata

$$\lambda_{E_{\text{max}}} = \text{cost}/T_{\text{sorgente}}$$

Le sorgenti di energia e le Bande Spettrali Ottiche: la legge di Wien

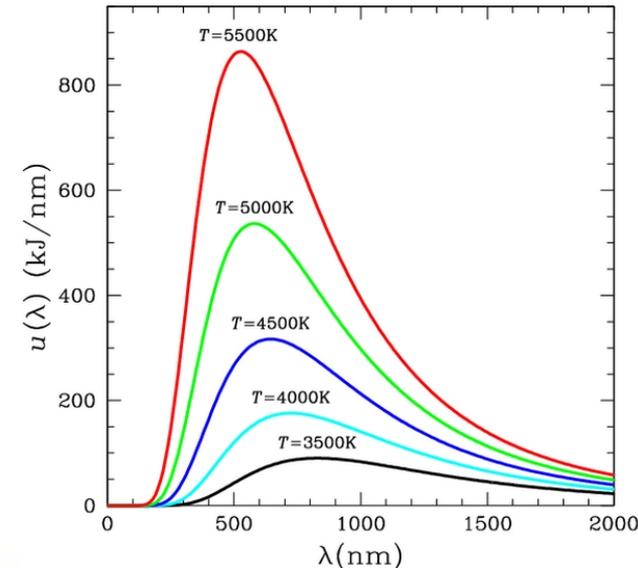
Lunghezza d'onda alla quale si ha il massimo di energia irradiata

Emissione dei corpi : la vera temperatura



E.L.

$$\lambda_{E_{\text{max}}} = \frac{k}{T_{\text{sorgente}}}$$





ACQUISIZIONE ed ELABORAZIONE

Principali meccanismi fisici che generano il segnale iniziale, una parte del quale raggiunge i sensori a bordo del satellite:

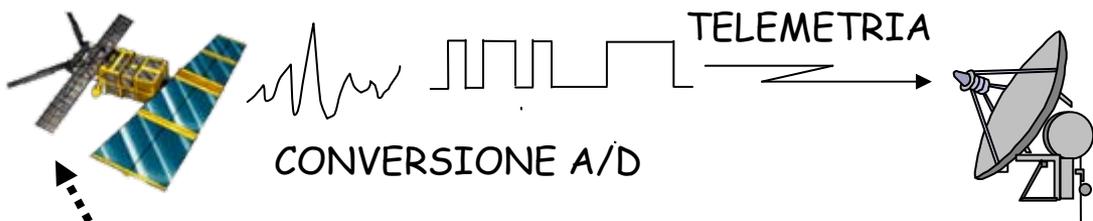
- **Riflessione della luce** (Sole, Lidar)
- **Emissione termica**
- **Diffusione di impulsi** (radar)

da parte dell' Oggetto osservato (BERSAGLIO).

Atmosfera

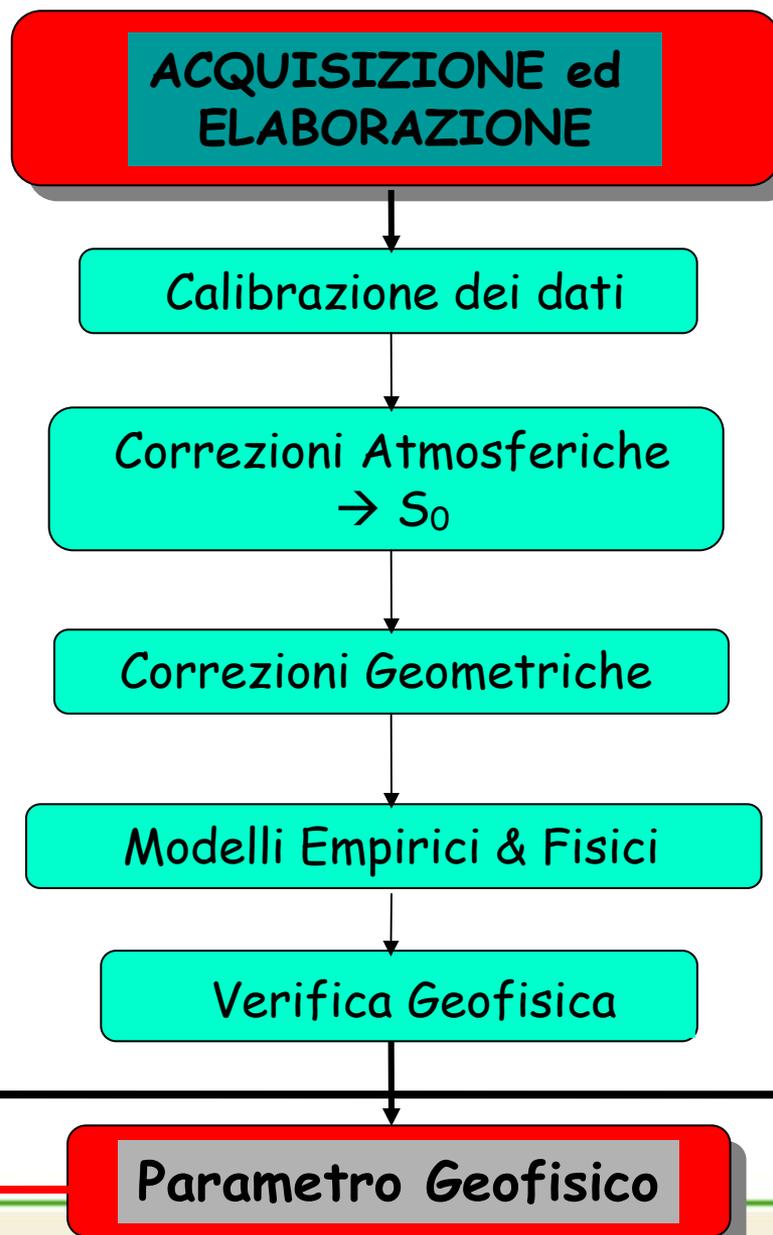
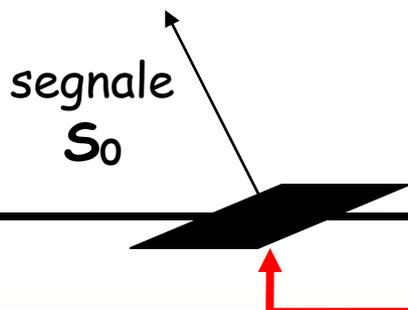
segnale iniziale S_0

Oggetto osservato:
BERSAGLIO

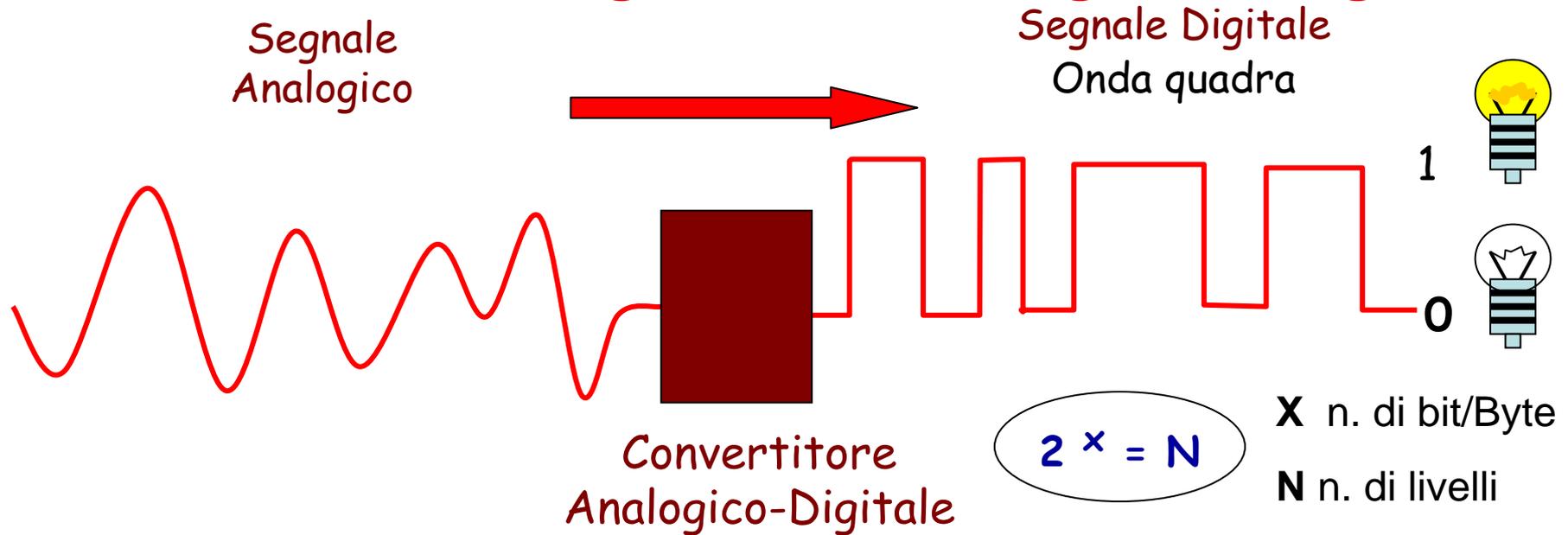


Atmosfera

- assorbimento
- emissione
- diffusione



Conversione del segnale da Analogico a Digitale

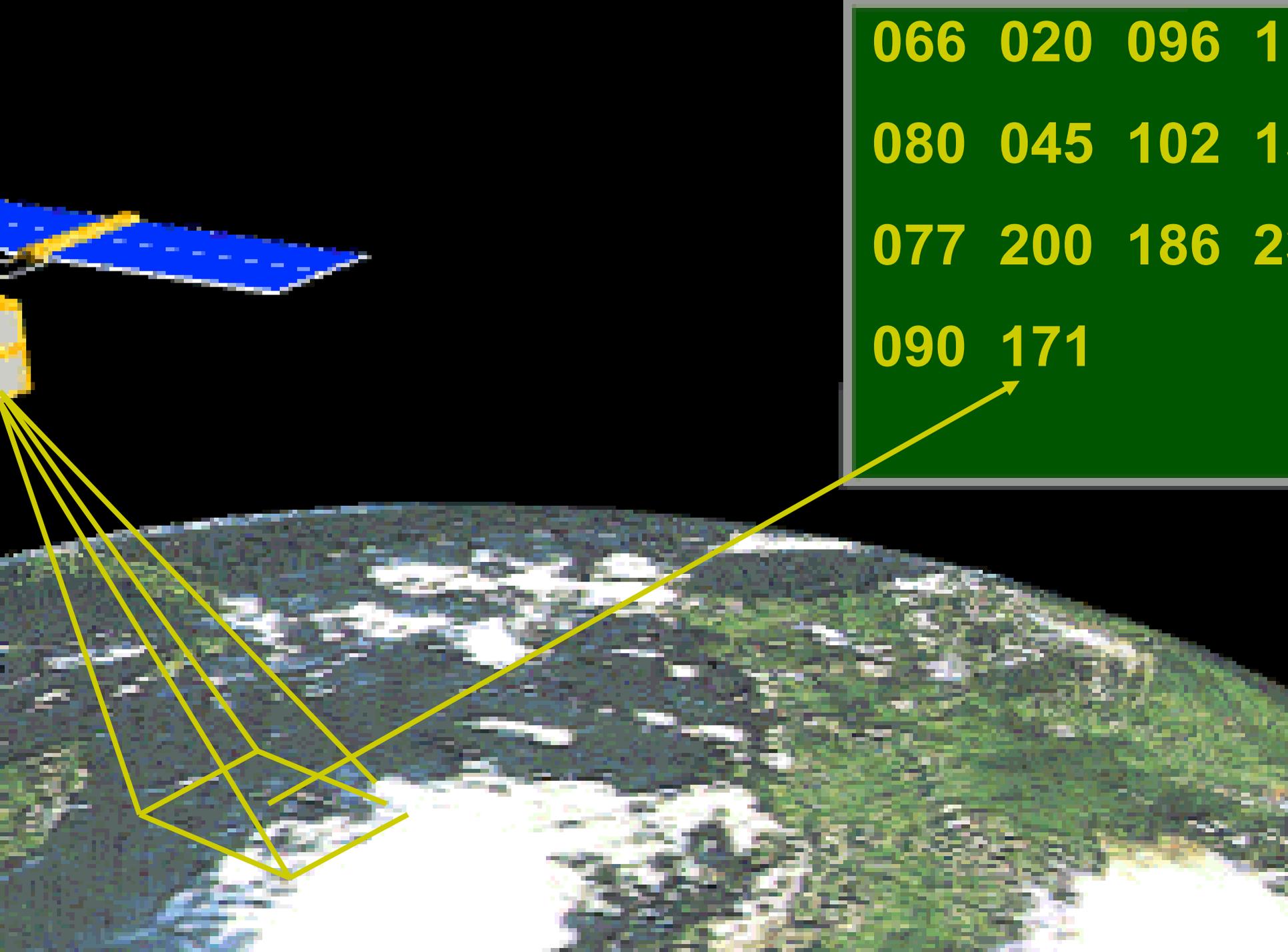


Il Segnale Analogico è campionato e il valore convertito in numero binario:

valore del segnale -> bit -> Byte

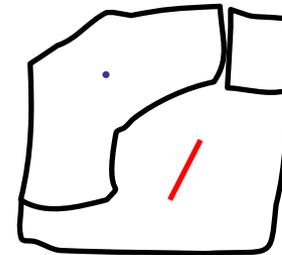
campionando in 4 bit per byte -> $2^4 = 16$ livelli di segnale: segnale min 0
segnale max 16 (?)

in 8 bit per byte -> $2^8 = 256$ livelli di segnale: segnale min 0
segnale max 255



066	020	096	1
080	045	102	1
077	200	186	2
090	171		

	8	11	7	21
	4	10	6	5
	9	7	4	6
	3	0	2	1



Rappresentazione:

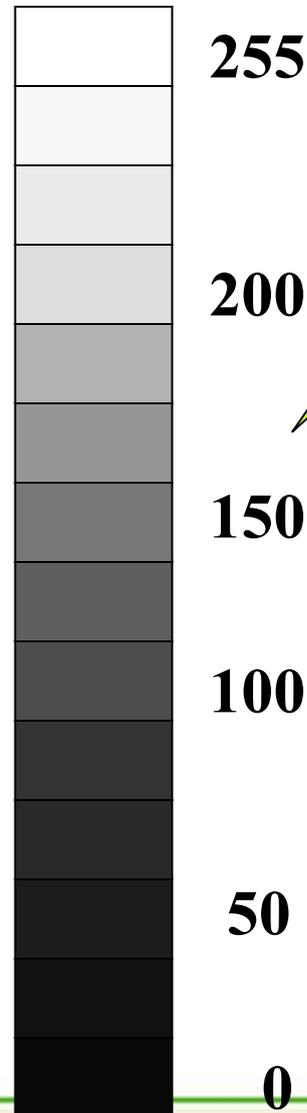
Raster

Vettoriale



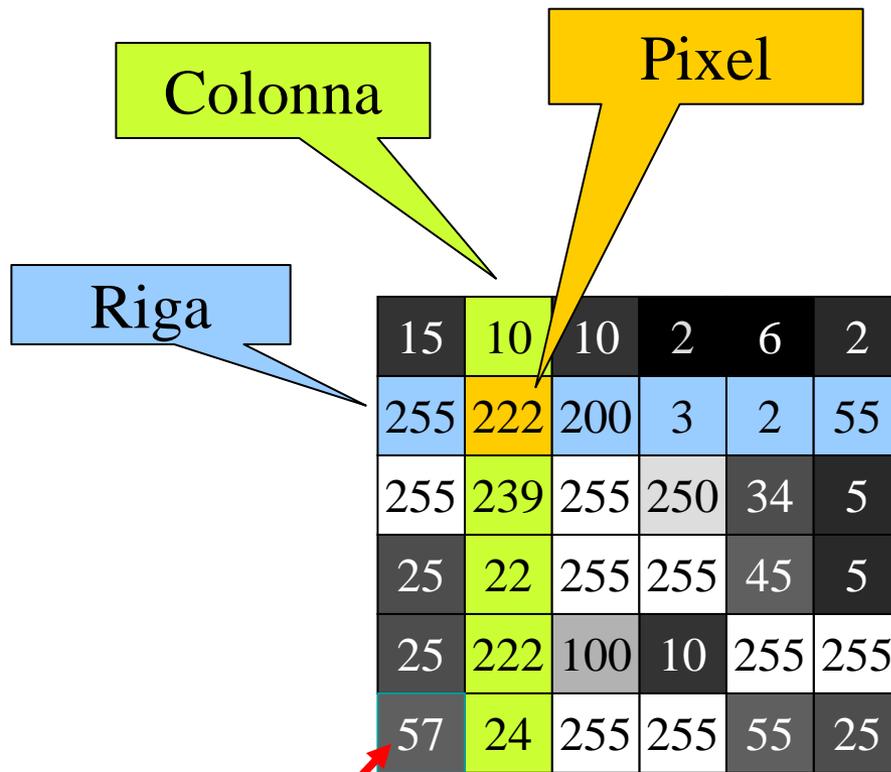
Livelli di Grigio

Visualizzazione dei segnali telerilevati



Numeri Digitali (valori dei pixel)

Un'immagine digitale



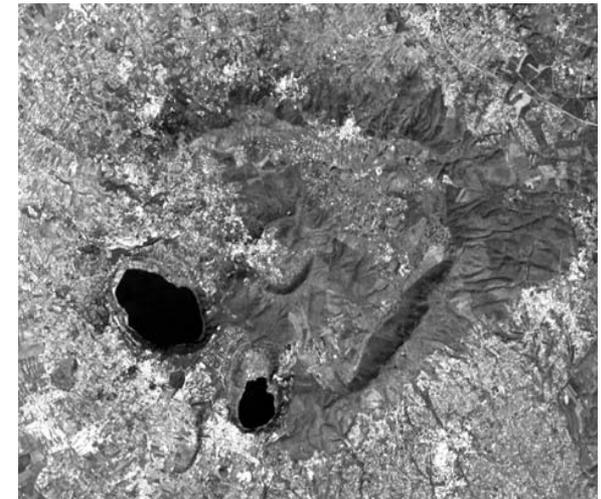
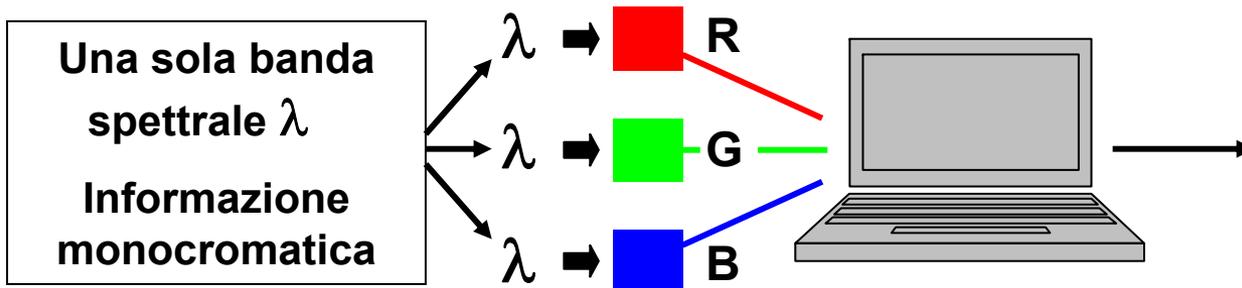
Una immagine è una funzione bidimensionale composta da un modello regolare a righe e colonne (matrice) che individua una griglia di valori.

I valori assunti dai singoli elementi (Pixel) in un intervallo di numeri interi positivi (ad es.: 0 - 255) rappresentano la *Radianza media*

misurata nella cella elementare di risoluzione geometrica del sensore.

Valore radiometrico del pixel

Visualizzazione di un'immagine



Bianco & Nero (B/W)

Esempi:

- Singola Banda Spettrale
- Immagine Pancromatica

SPOT-3 (10 m) - anno 1995

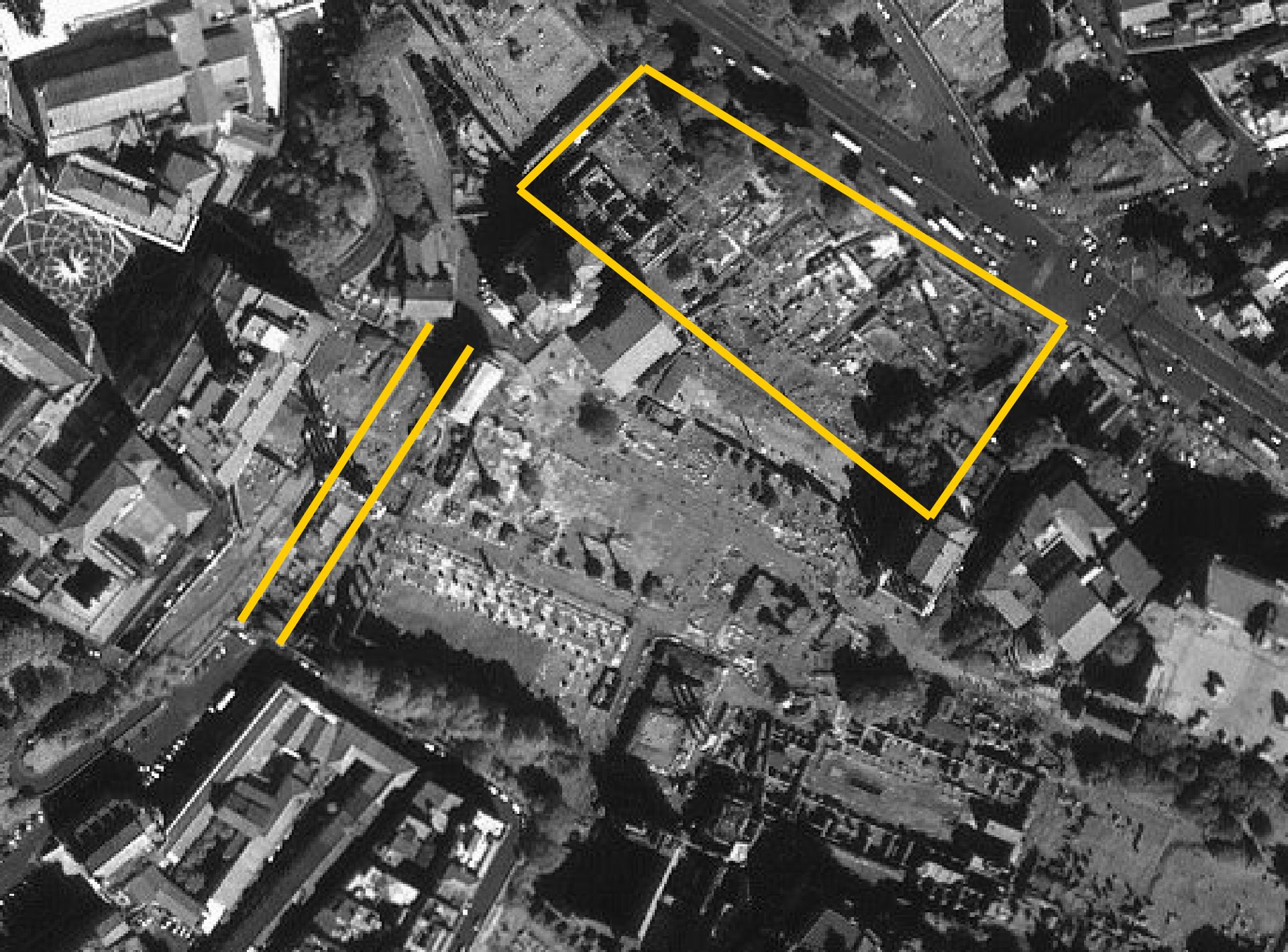


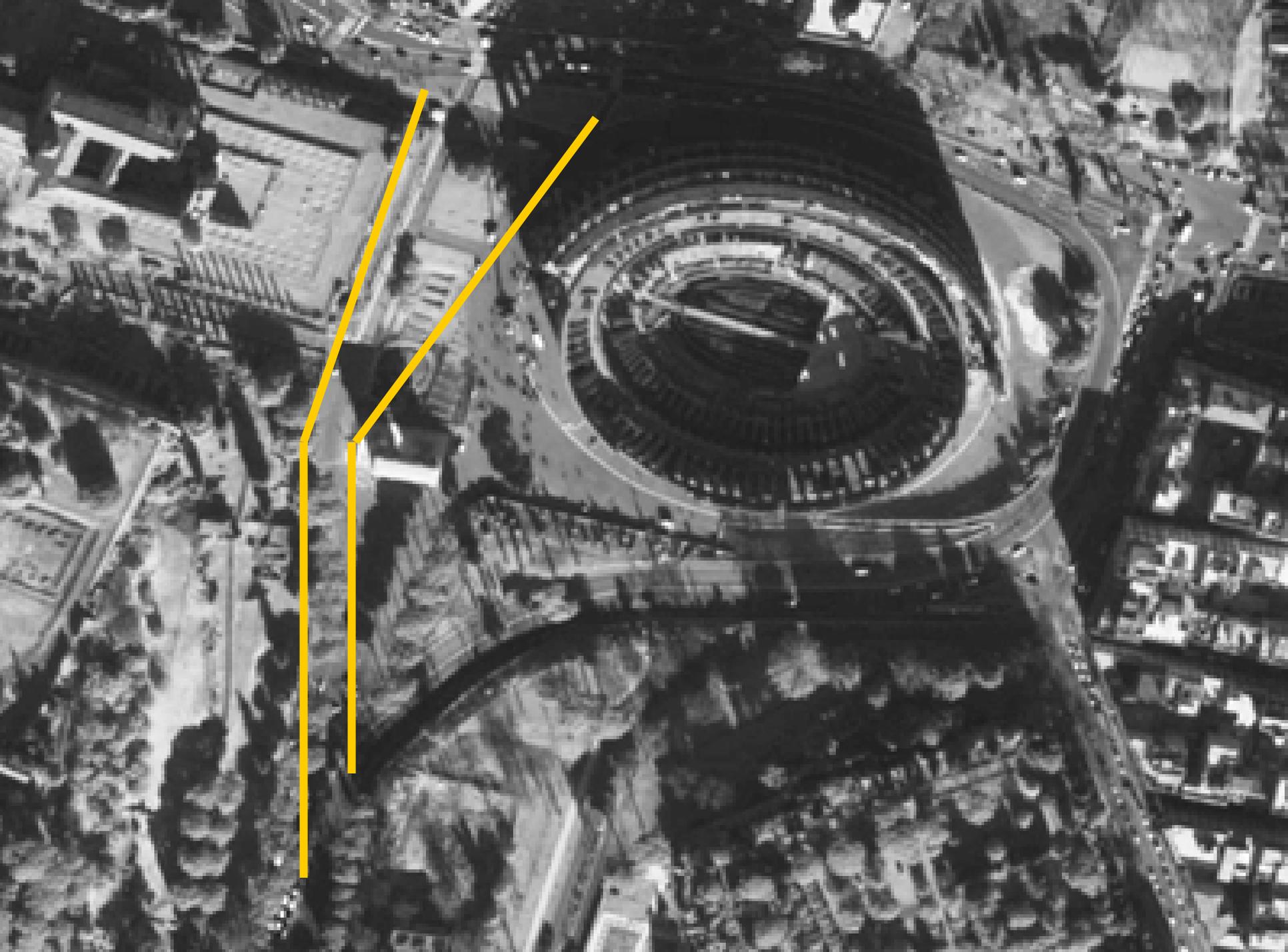
IRS-1C (5 m) - anno 2000





ESRIN osservato da IKONOS nel 2000





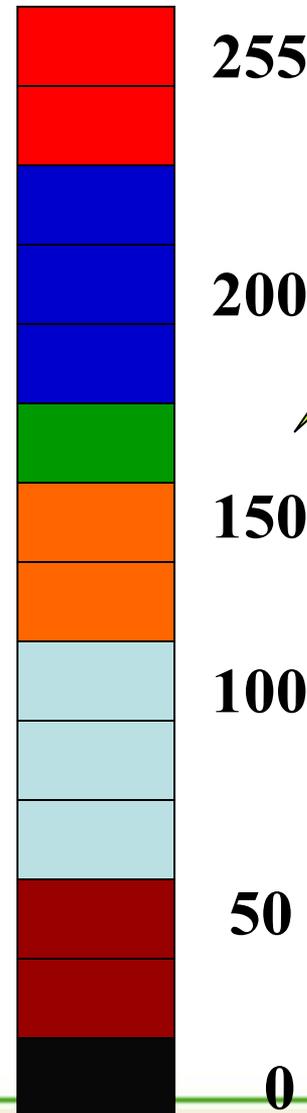
Codice colore

Visualizzazione in colore dei segnali di una singola banda

a) O un'immagine artistica colorata

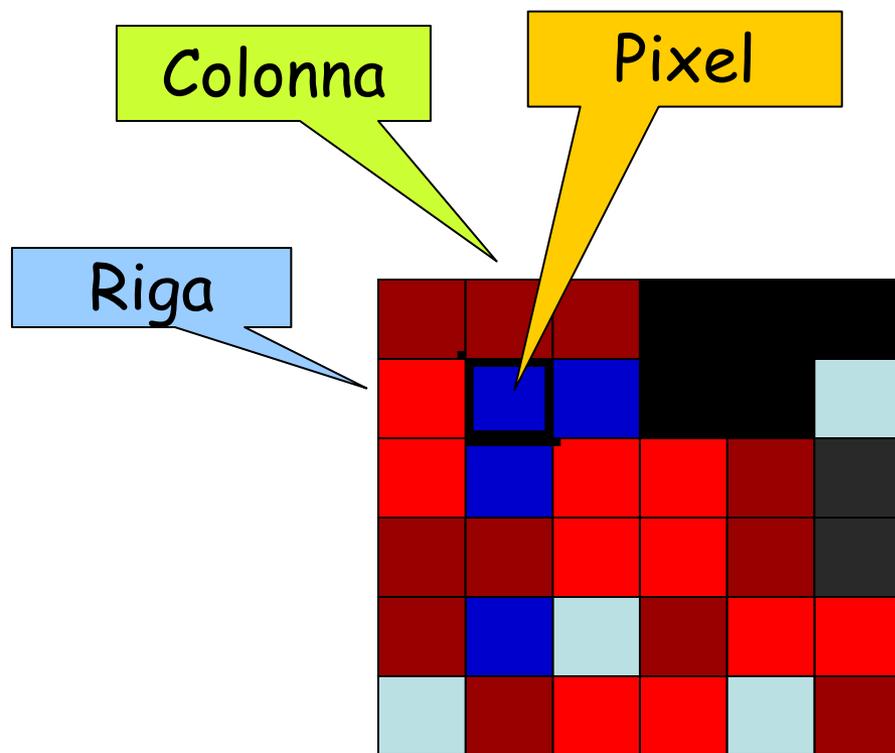
b) Oppure la mappa di un parametro (es. Temperatura)

I colori sono assegnati a specifiche classi di valori

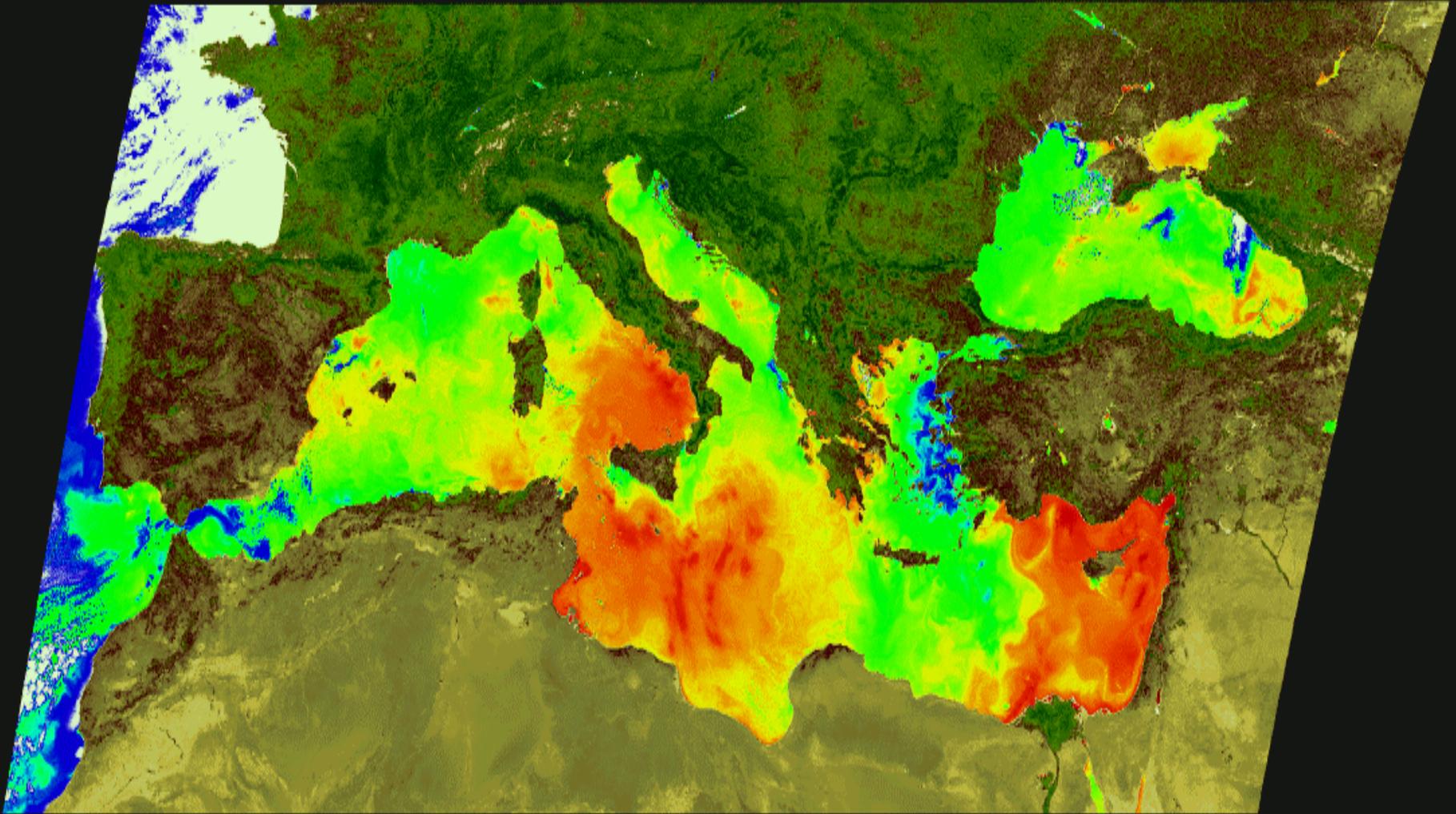


Numeri Digitali (valori dei pixel)

Un'immagine digitale colorata di una singola banda



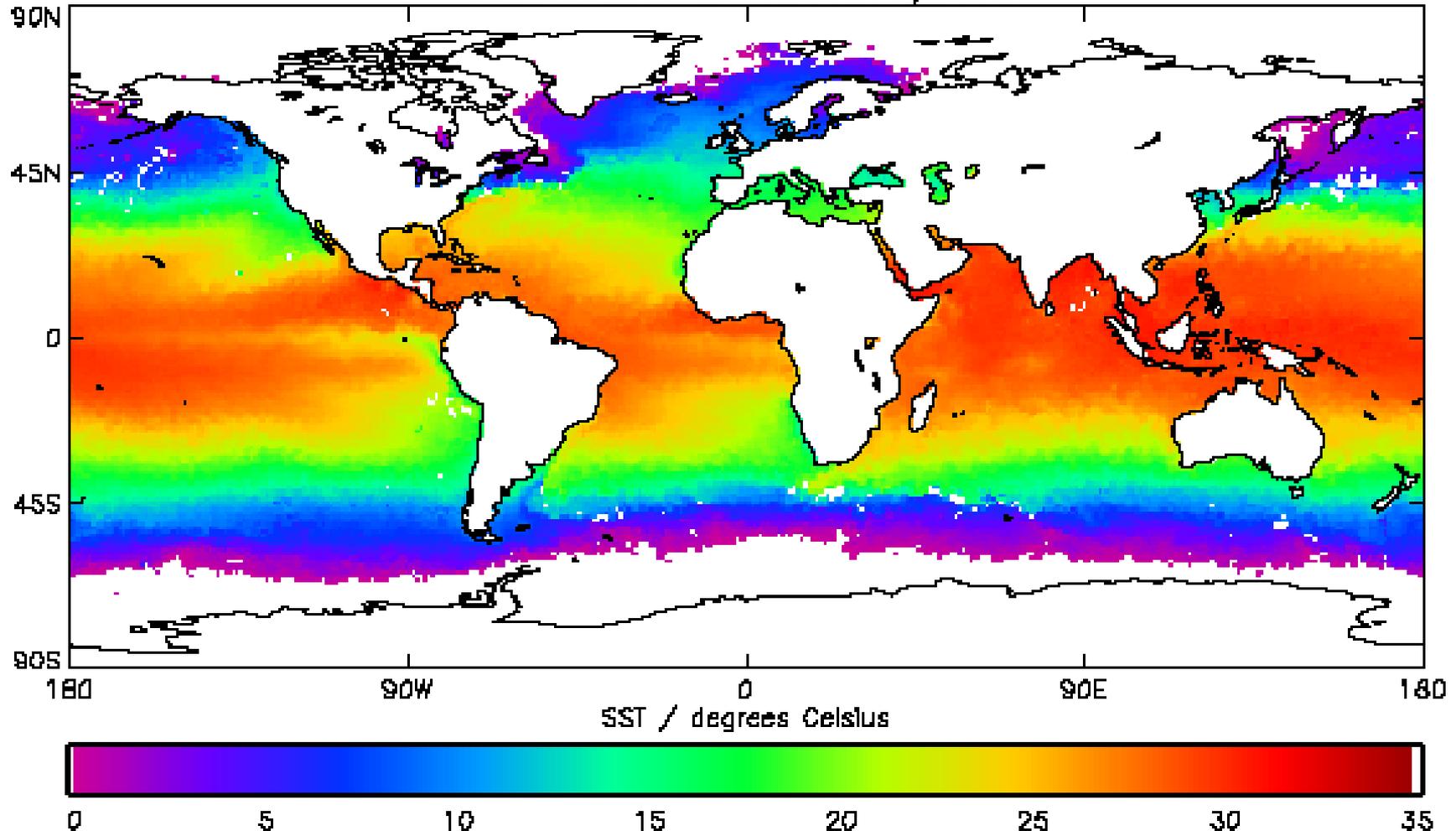
Mappa della Temperatura del mar Mediterraneo
rilevata dall'ATSR del satelliti **ERS-1** e **ERS-2**



Temperatura della superficie del mare

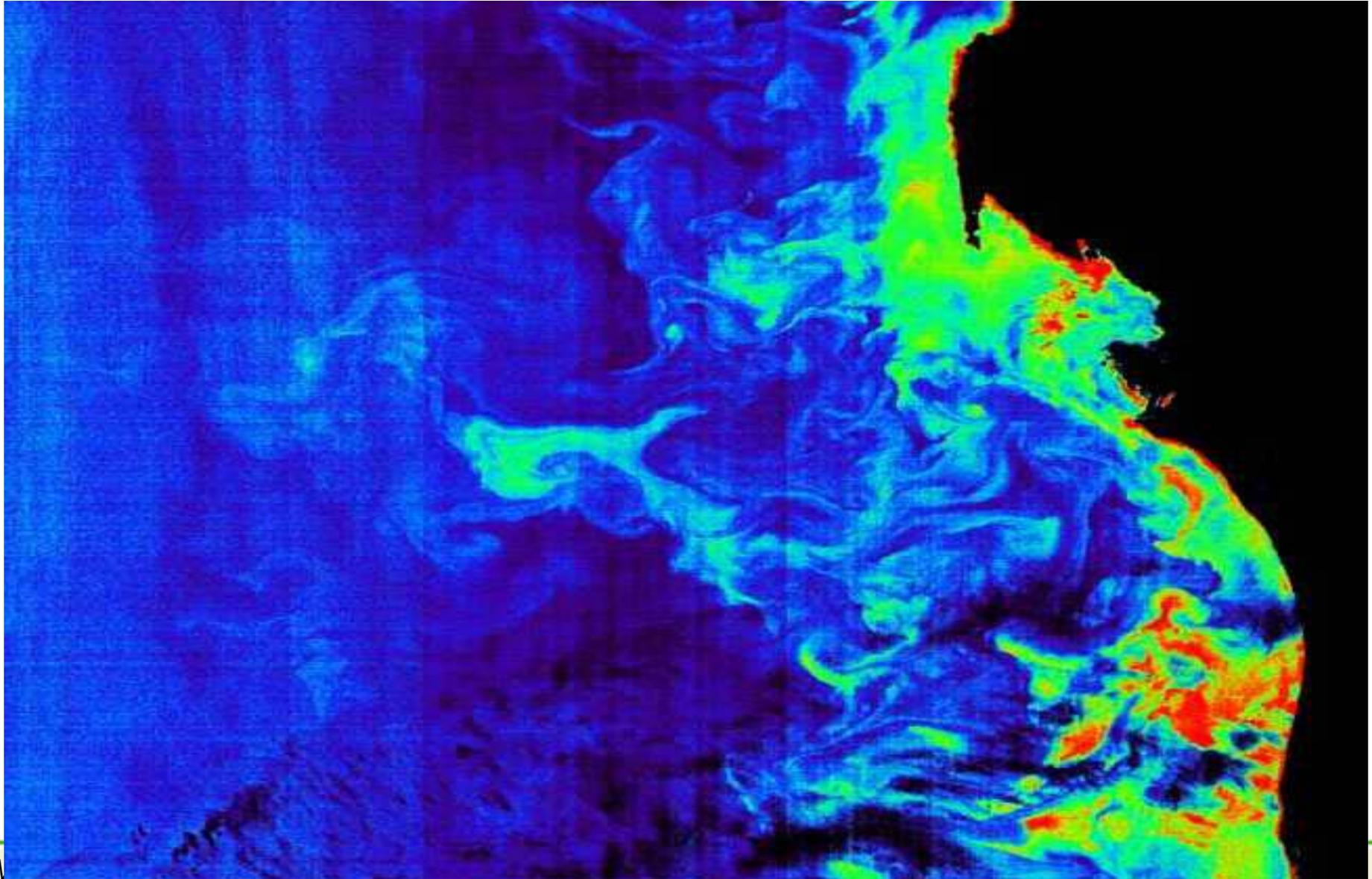
(un anno di animazione: da giugno 2003 a maggio 2004)

ESA dual-view skin SST May 2004

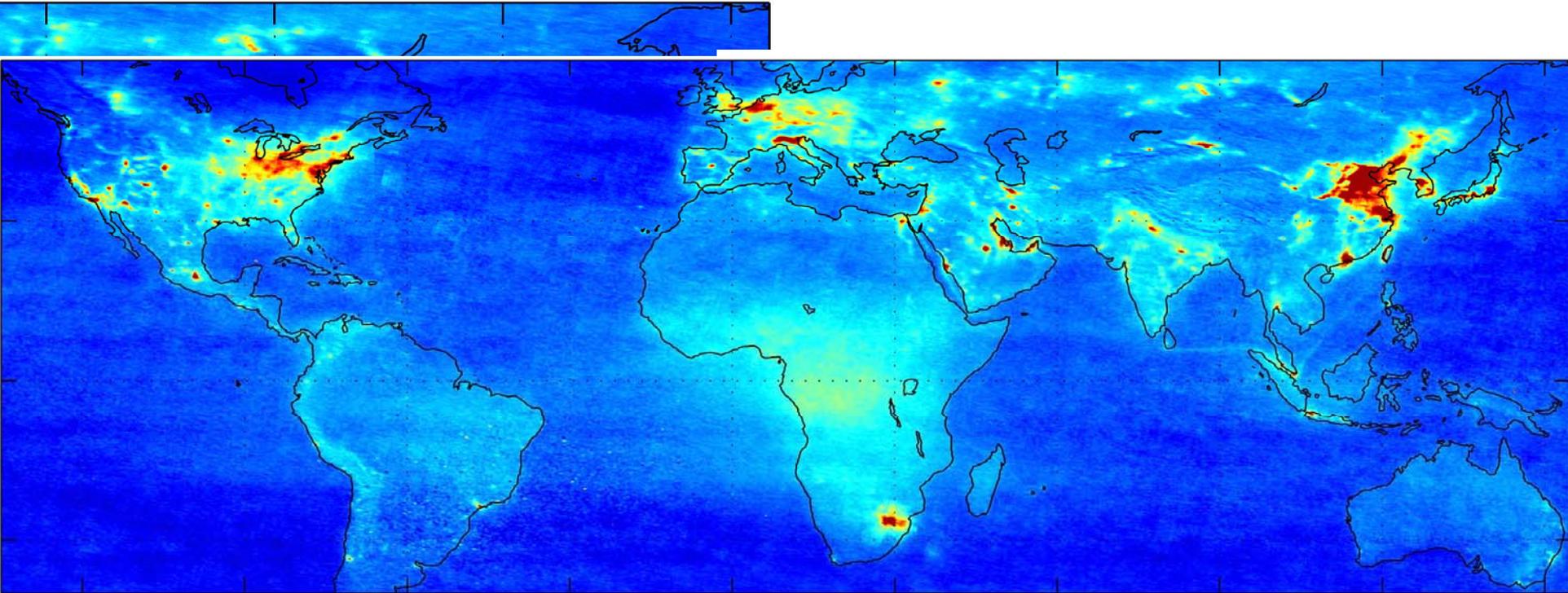




Linea di Fluorescenza – Indicatore per la Clorofilla



Envisat misura la concentrazione di NO₂ atmosferico



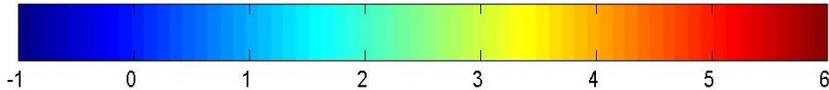
Cortesia di Steffen Beirle, Univ. Heidelberg, Germania

44%

50%

NO₂ misurata da SCIAMACHY
(gennaio 2003 - giugno 2004)

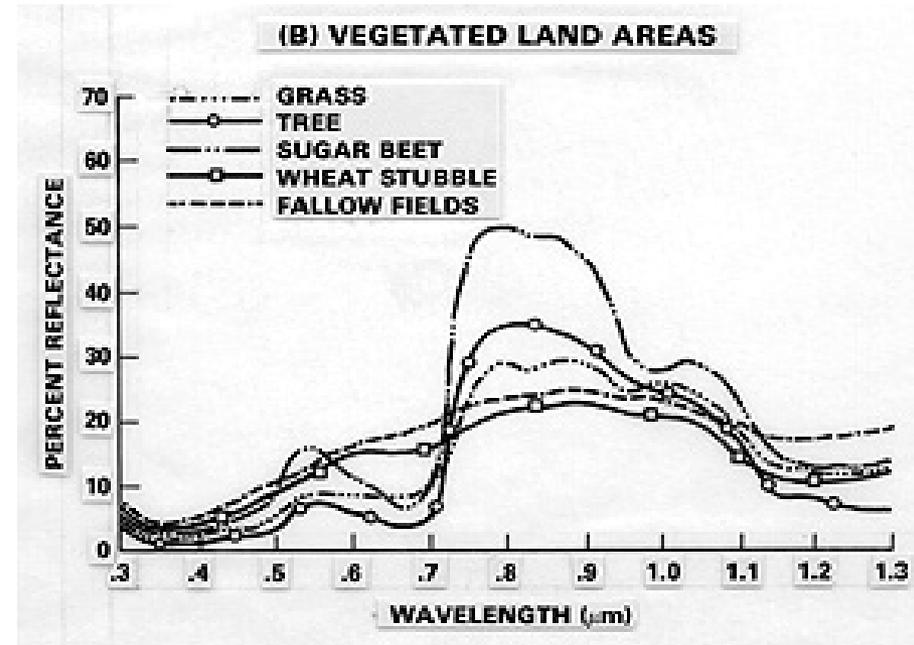
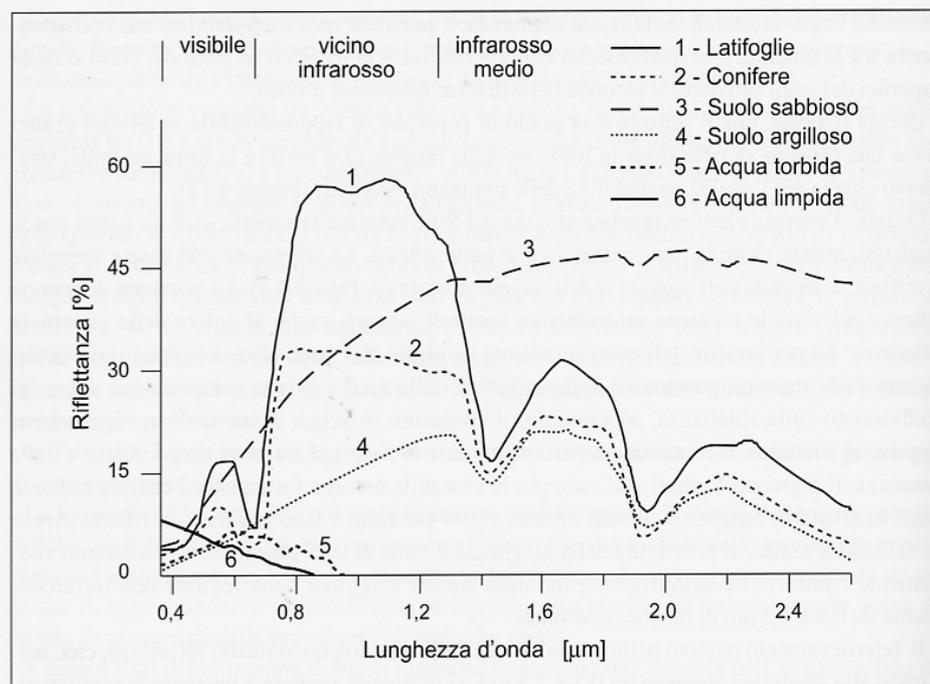
Concentrazione di NO₂ in aumento del 50%



Cortesia di John Burrows, Univ. Brema, Germania

Riflessione

Nelle Bande dell'Ottico Riflesso: Firme Spettrali



Analisi Multispettrale

 λ_1

15	180	10	2	196	2
255	222	200	3	2	55
255	239	255	250	34	5
25	22	255	255	45	5
25	222	100	10	255	255
57	24	255	255	55	25

 λ_2

32	73	10	12	186	22
221	37	203	82	82	55
236	239	223	234	74	135
125	142	255	182	45	85
45	32	134	20	176	235
157	134	148	145	62	45

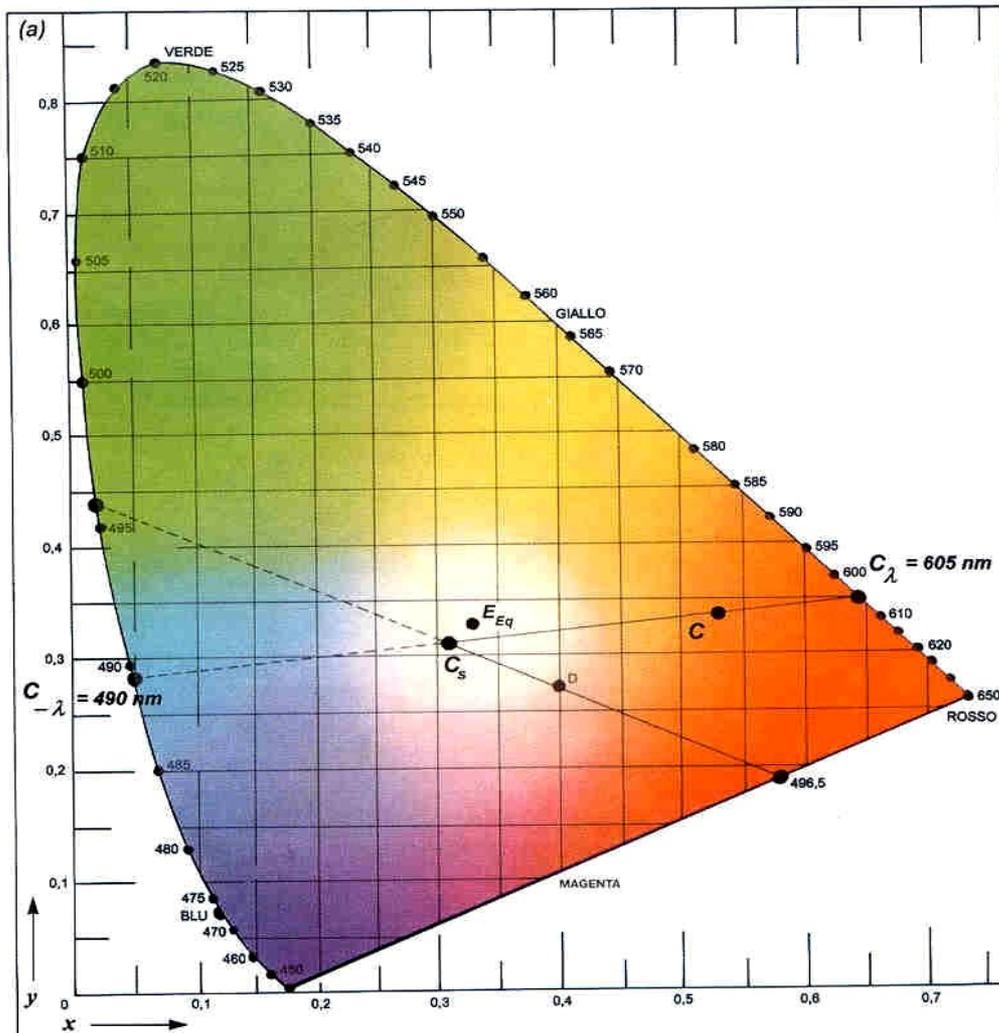
 λ_3

55	150	50	21	236	232
147	143	221	187	25	135
133	138	75	67	143	75
118	187	197	235	155	58
33	165	107	40	214	238
132	78	231	212	55	115

Lo stesso oggetto ha caratteristiche diverse in bande spettrali differenti -
 > quindi, osservato in bande spettrali differenti genera segnali diversi ->
 -> I pixel relativi mostrano valori digitali diversi nelle differenti immagini.

L'insieme dei segnali rilevati nelle differenti bande spettrali
 costituisce la **firma spettrale** dell'oggetto osservato!

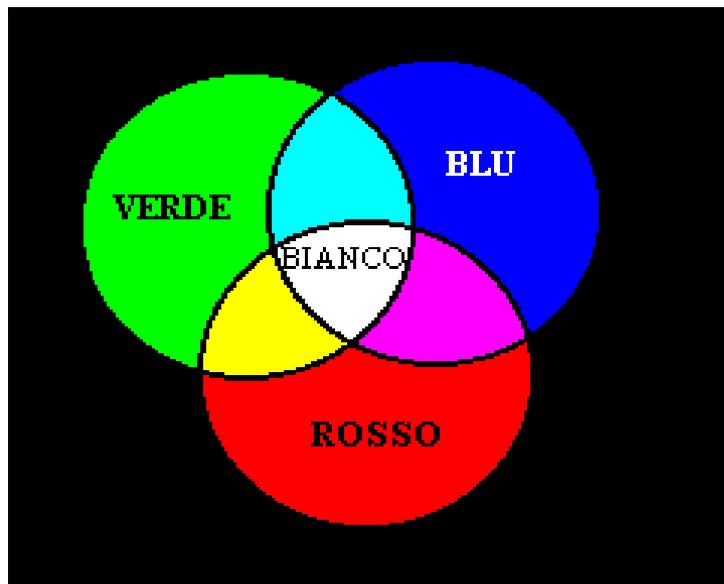
Diagramma CIE delle coordinate cromatiche



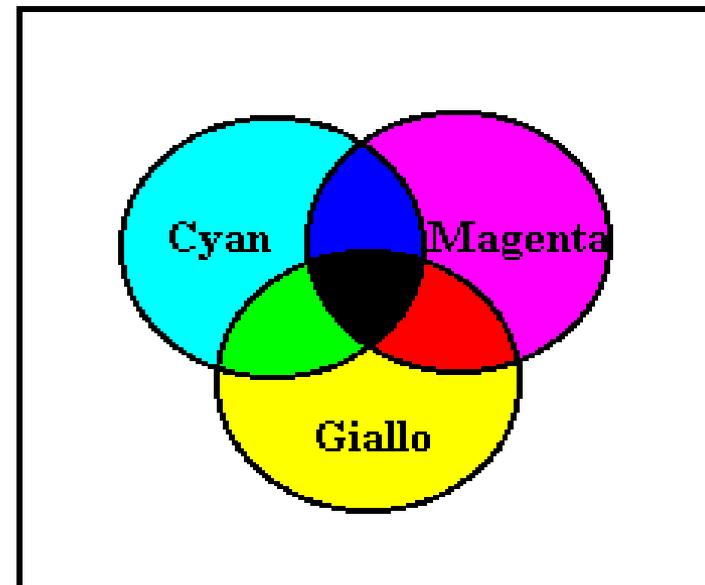
Questo modello proposto rappresenta in un piano le coordinate semplici x, y , necessarie per individuare la terza coordinata di tristimolo z (complementare alla somma delle prime due), secondo le norme del colorimetro CIE.

La curva a "ferro di cavallo" rappresenta tutta la gamma dei colori, con quelli più saturi disposti lungo le aree perimetrali e con quelli meno saturi disposti nelle aree interne, al centro di tutto il bianco.

Composizione spettrale di luci monocromatiche



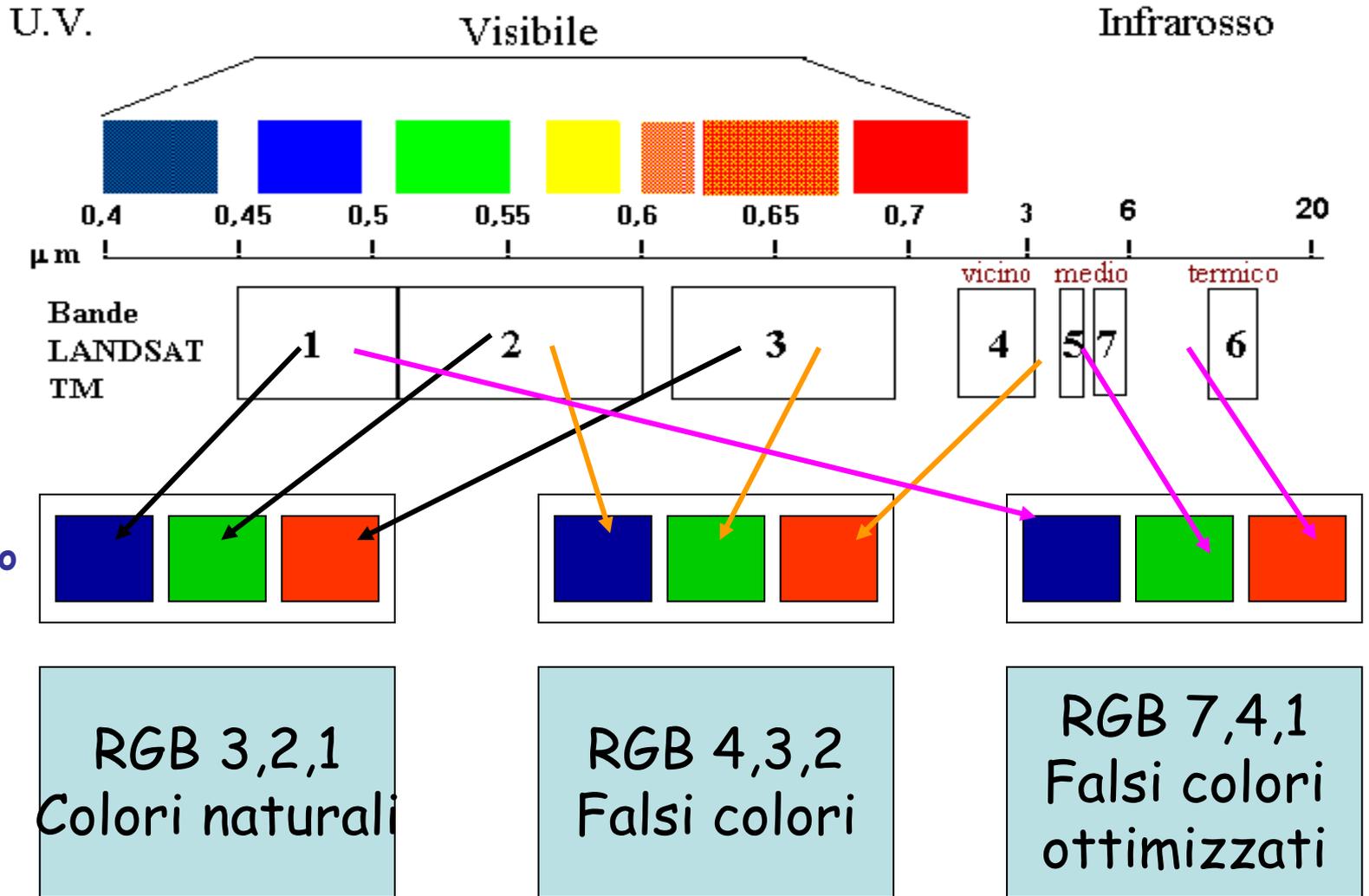
Sintesi additiva



Sintesi sottrattiva



Formazione dell'immagine



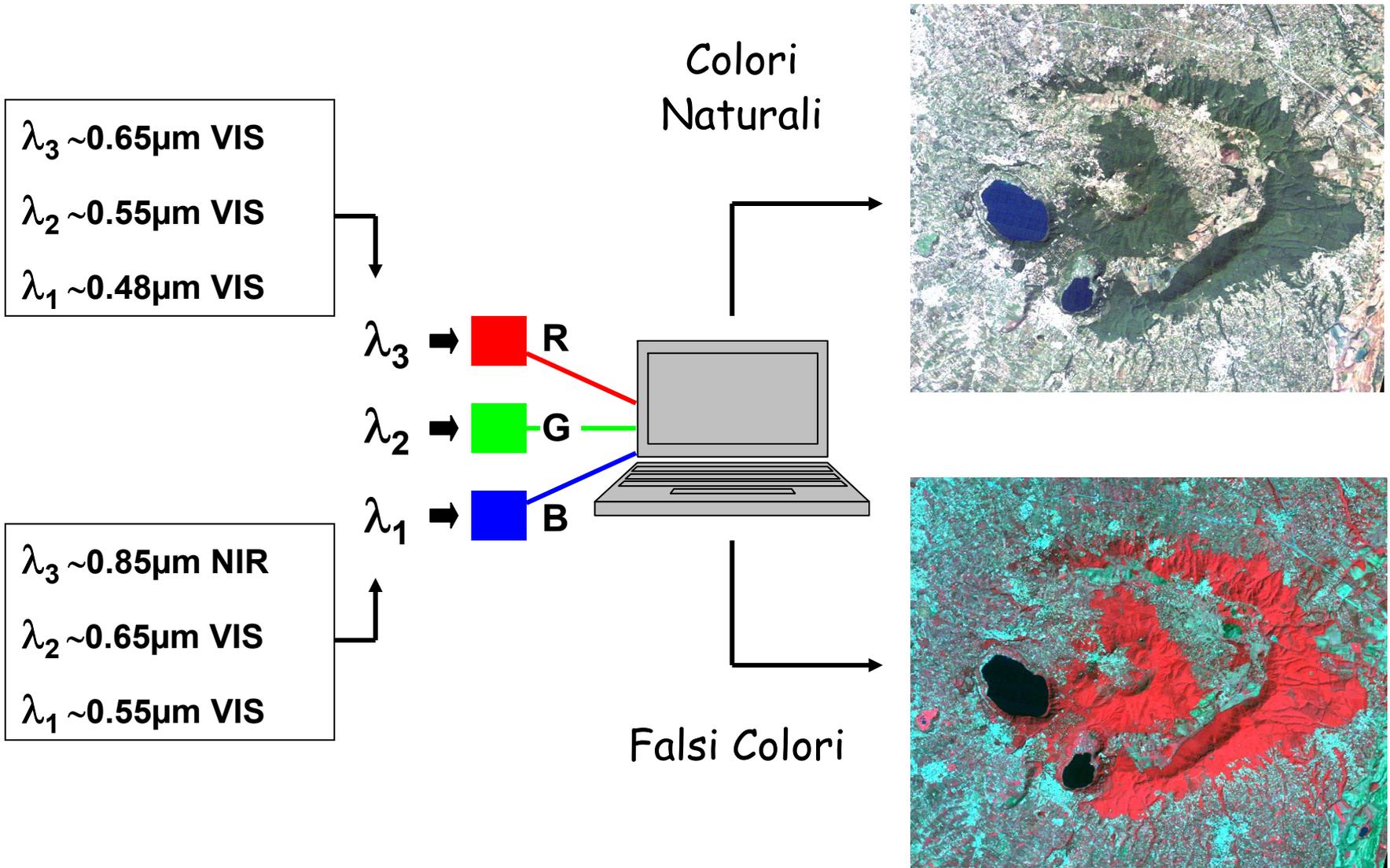
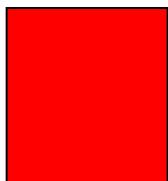
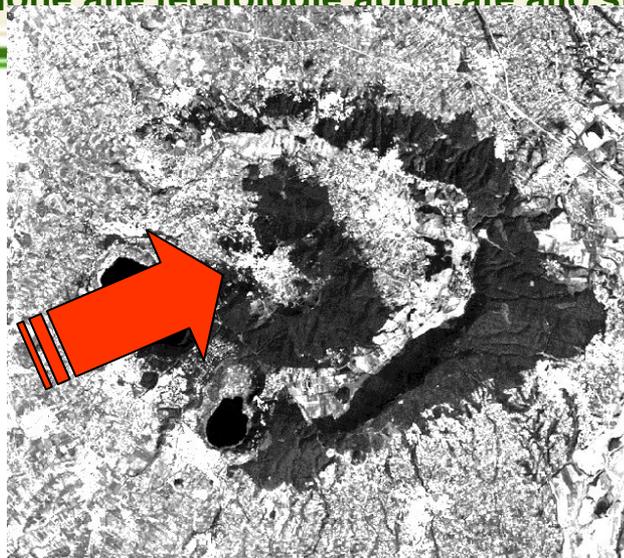
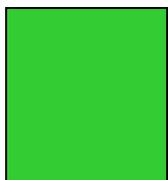




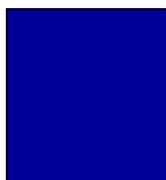
Immagine Multispettrale a colori naturali



3



2

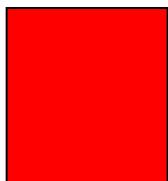


1

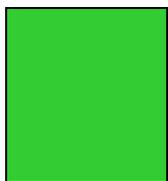
RGB 3,2,1



Immagine Multispettrale a colori naturali



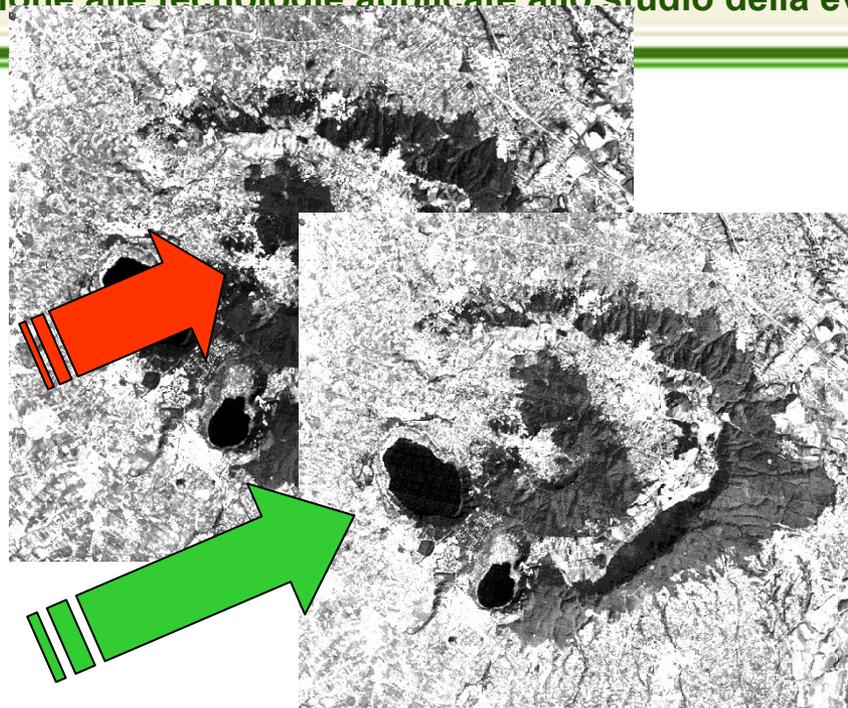
3



2



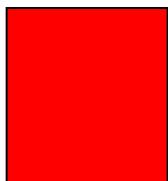
1



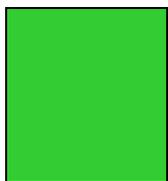
RGB 3,2,1



Immagine Multispettrale a colori naturali



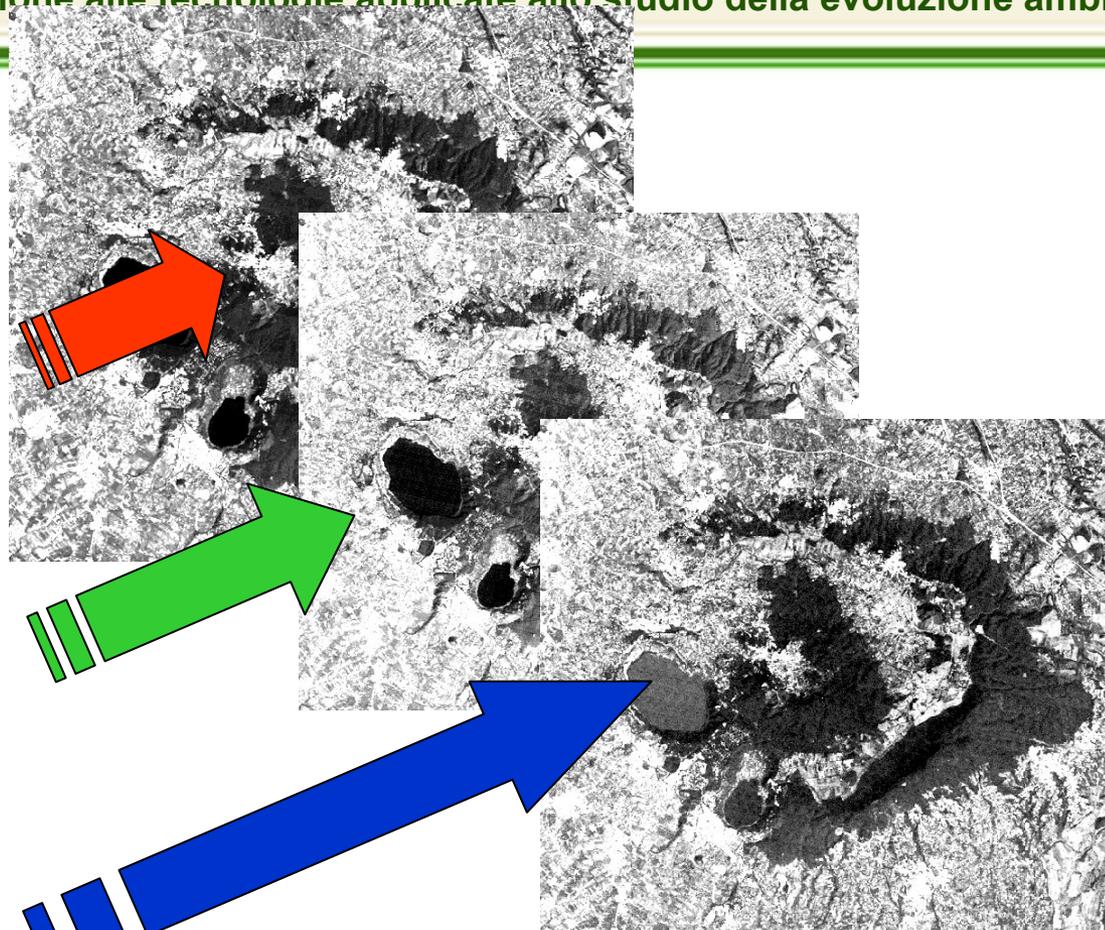
3



2



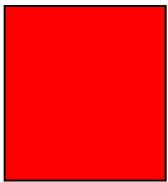
1



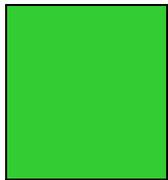
RGB 3,2,1



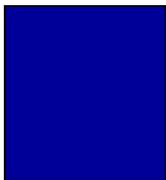
Immagine Multispettrale a colori naturali



3



2



1



RGB 3,2,1



Erosione costiera in Sicilia

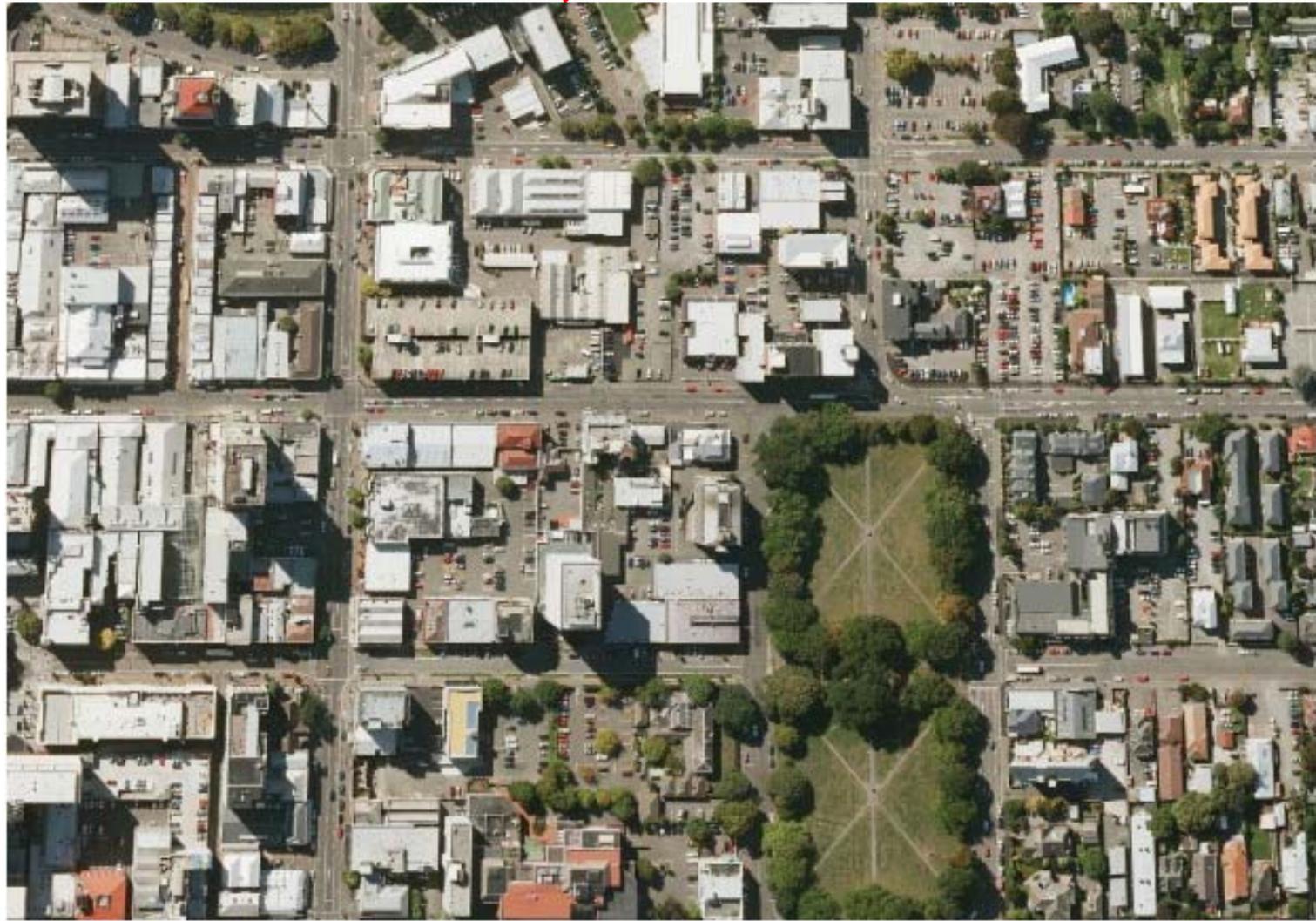
osservata da 785 Km d'altitudine dal **MERIS** del satellite **Envisat**
immagine multispettrale in falso colore - risoluzione: 320 m





Terremoto a Christchurch (NZ) - 22/02/2011

prima ...





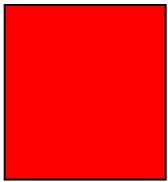
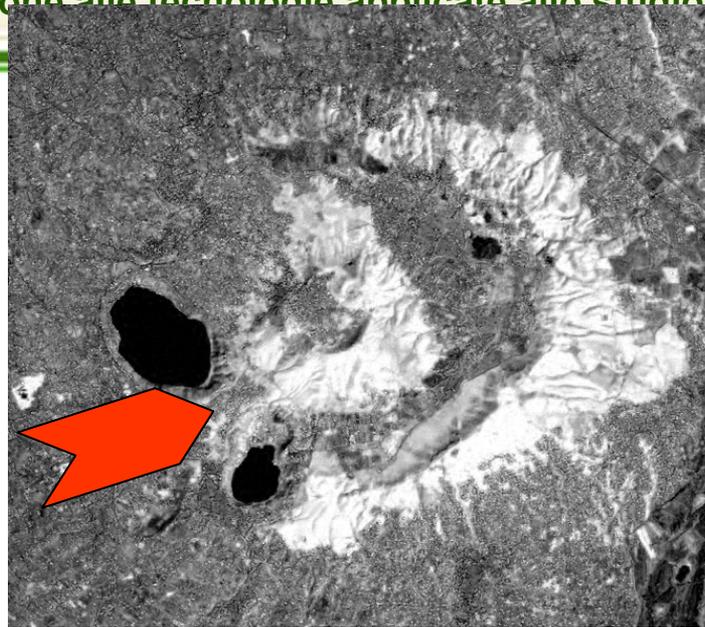
Terremoto a Christchurch (NZ) - 22/02/2011

... e dopo

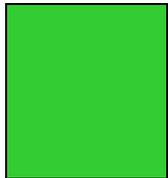




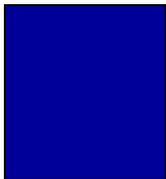
Immagine Multispettrale in falsi colori



4



3

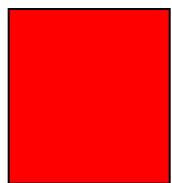


2

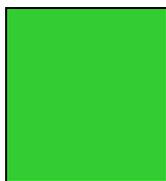
RGB 4,3,2



Immagine Multispettrale in falsi colori



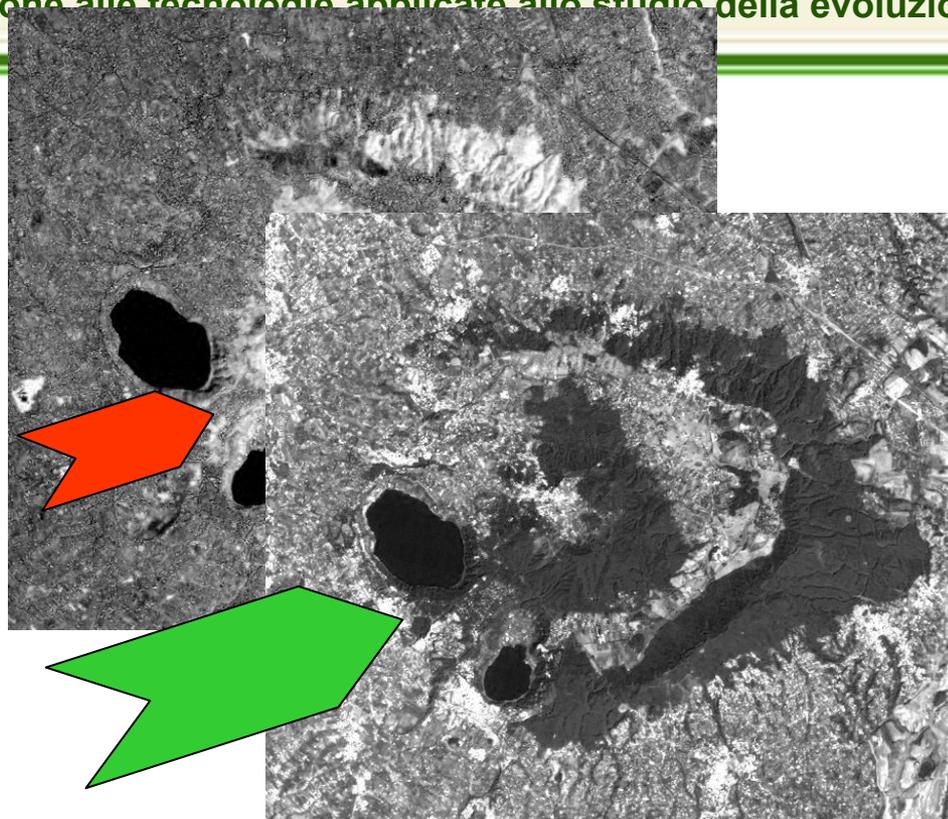
4



3



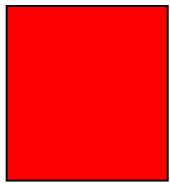
2



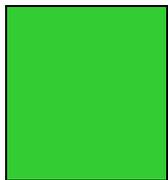
RGB 4,3,2



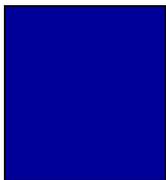
Immagine Multispettrale in falsi colori



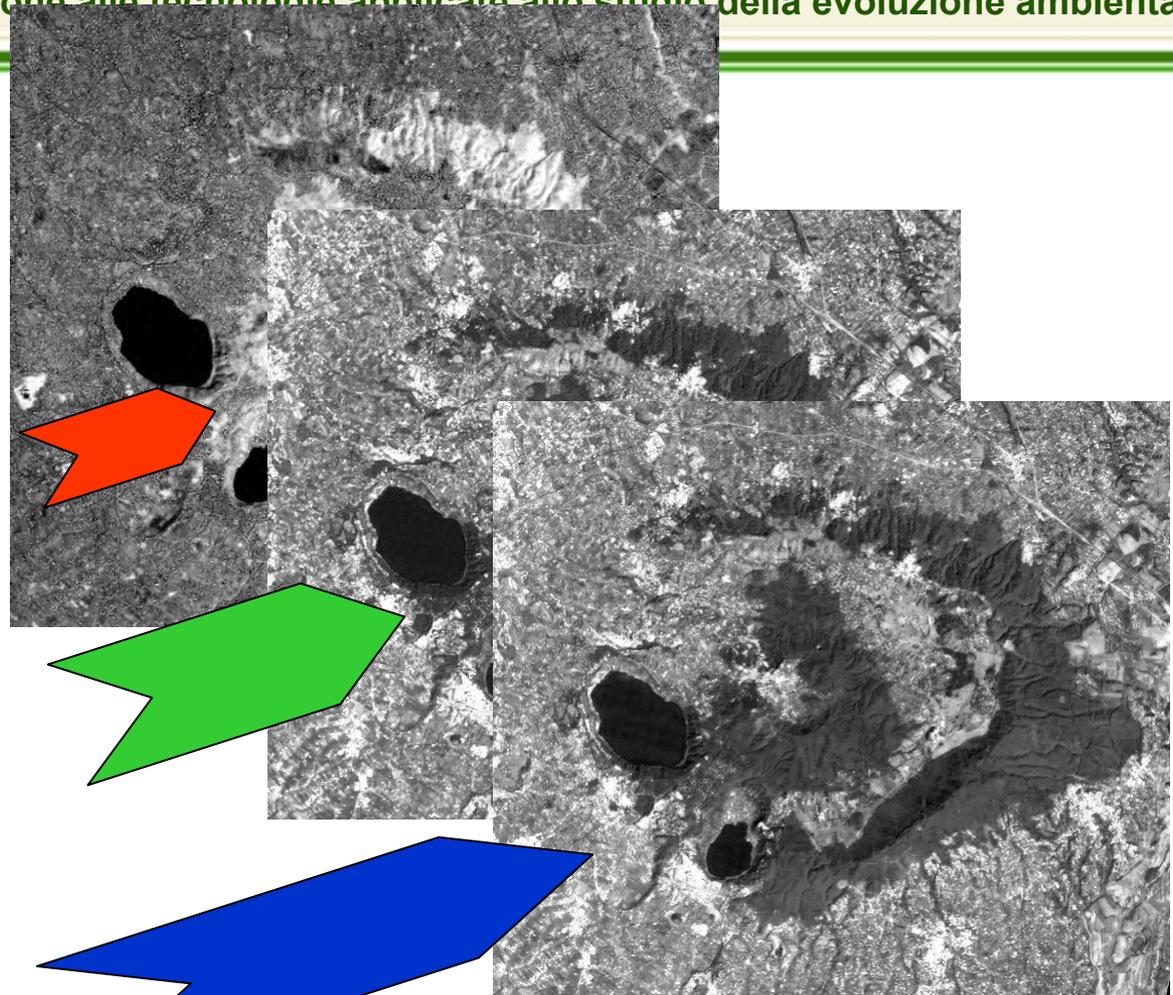
4



3



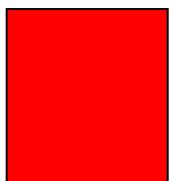
2



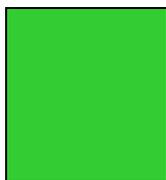
RGB 4,3,2



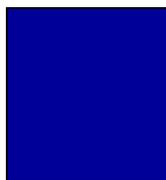
Immagine Multispettrale in falsi colori



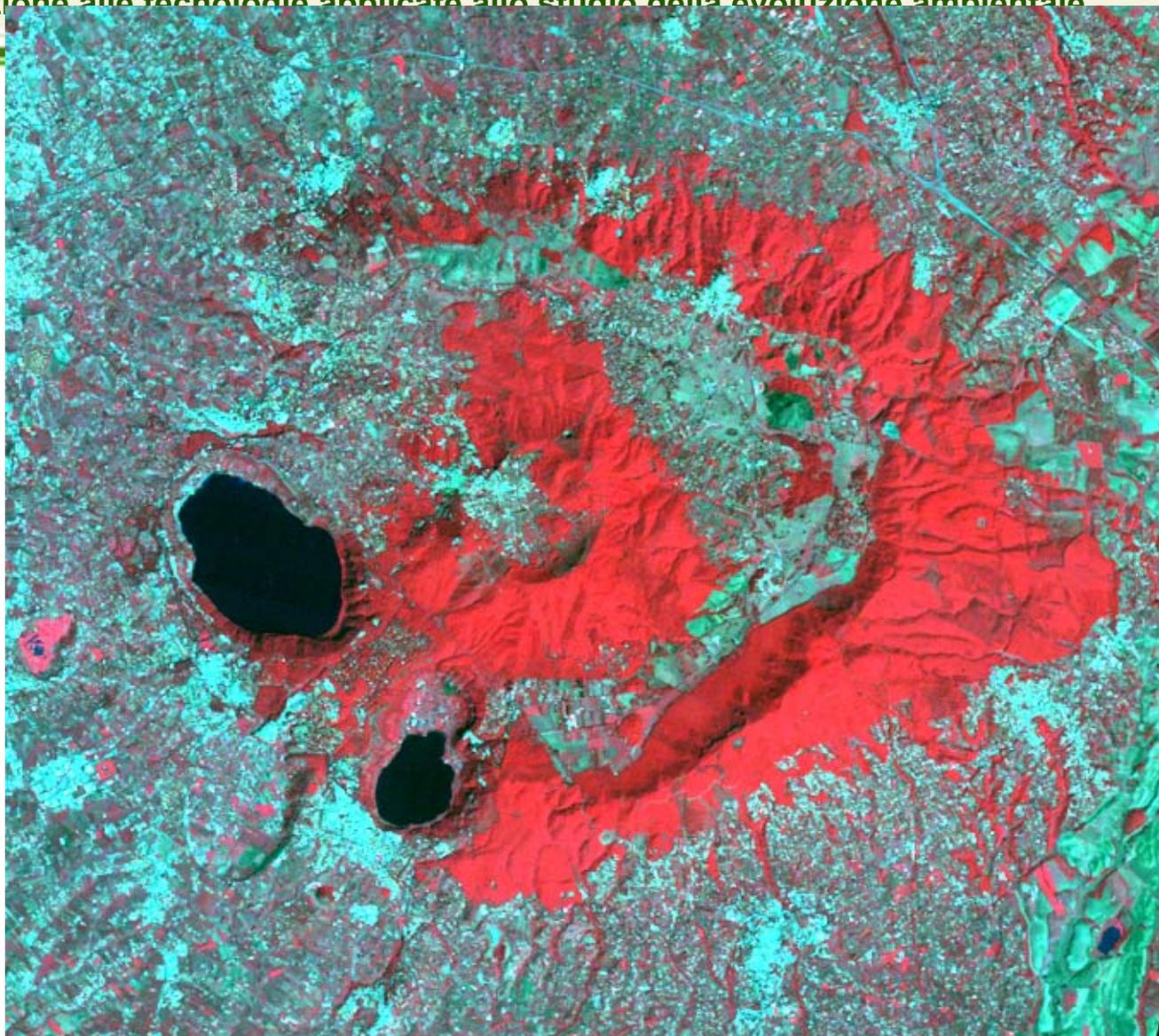
4



3



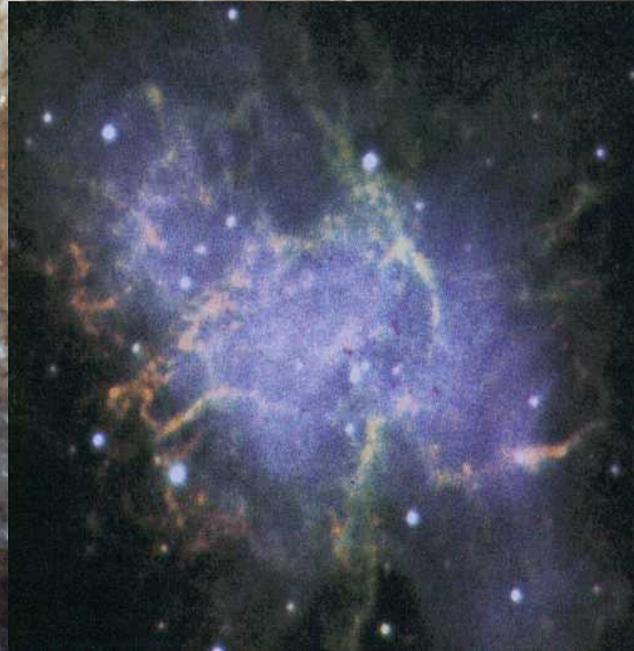
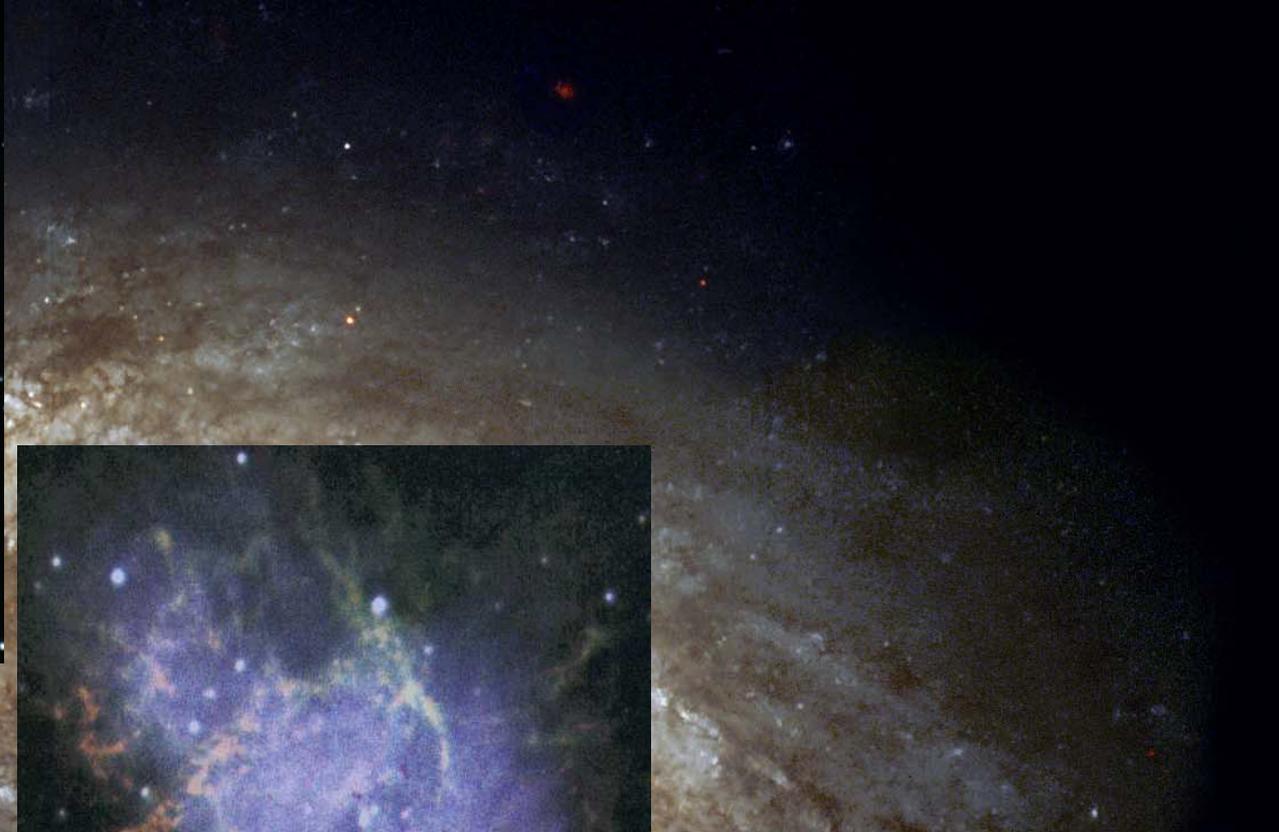
2



RGB 4,3,2



Galassia NGC 4414
NASA-ESA



Galassia NGC 4414



Cassini-Huyghens (NASA-ESA)

Huyghens su Titano, satellite di Saturno,
il 14 gennaio 2005



**Huygens:
l'Europa e l'Italia su Titano**



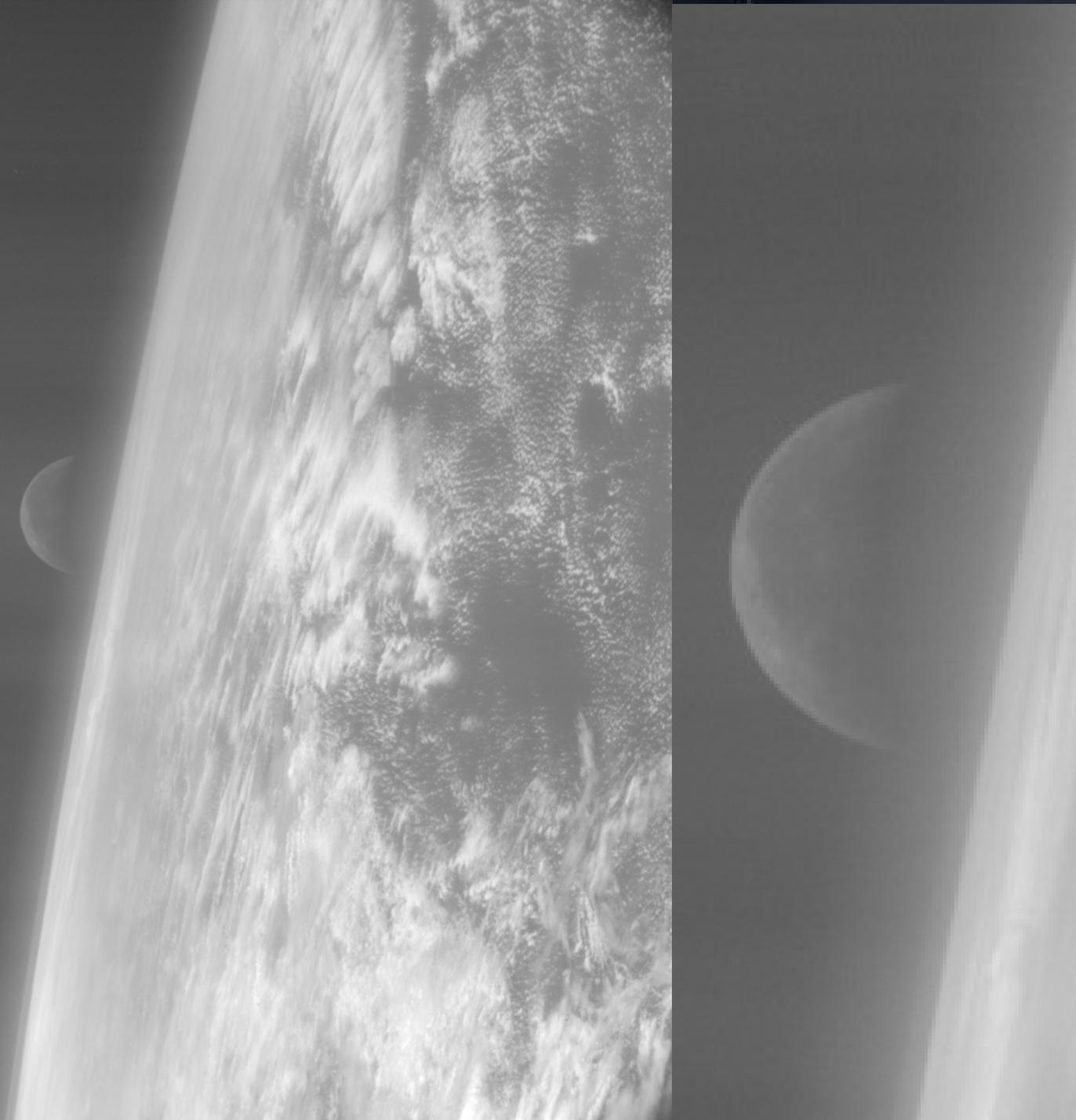
Rosetta

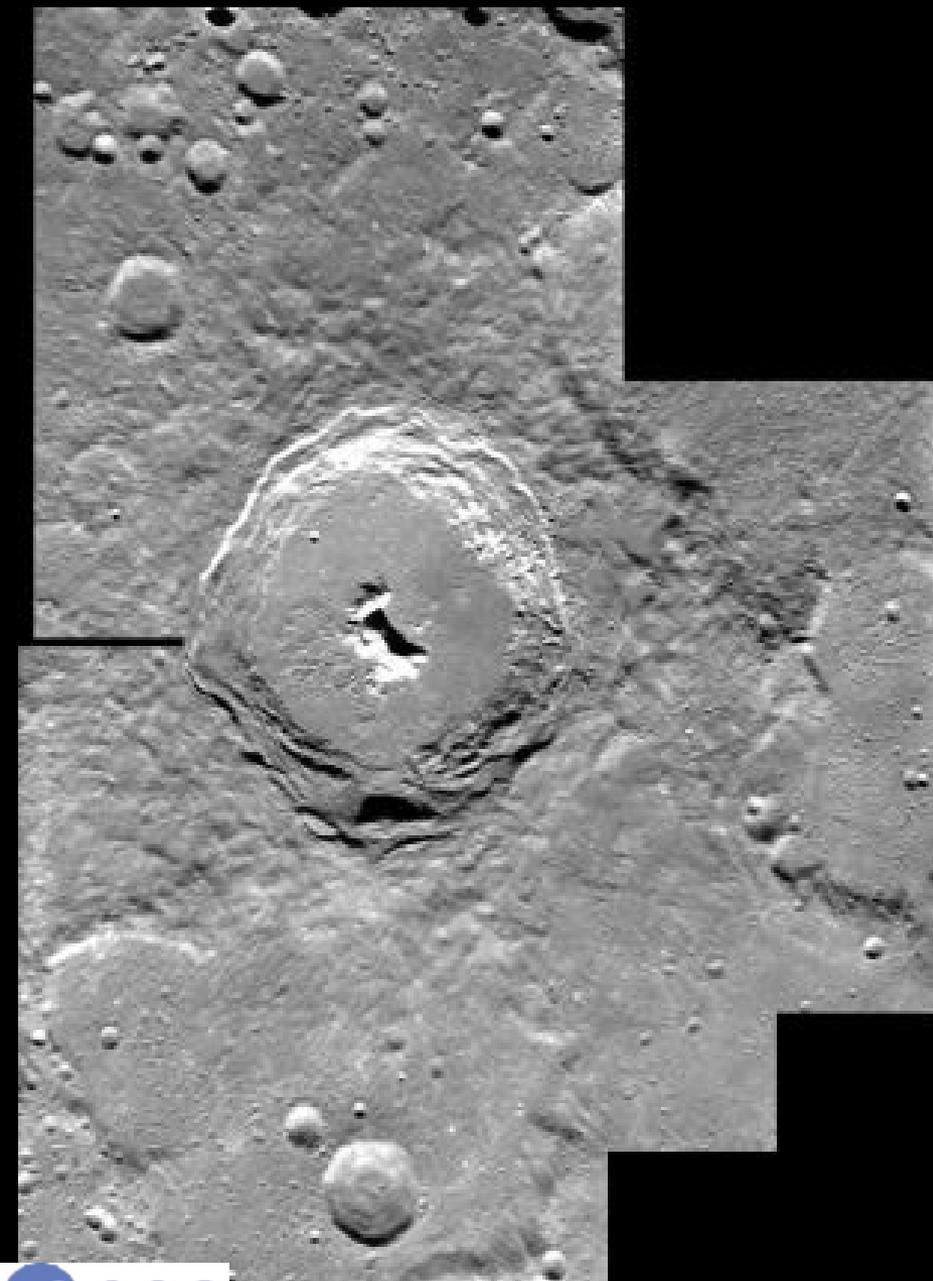
dopo 11 anni e 7.1 miliardi di km di
volo

nel 2014 incontrerà

la Cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko



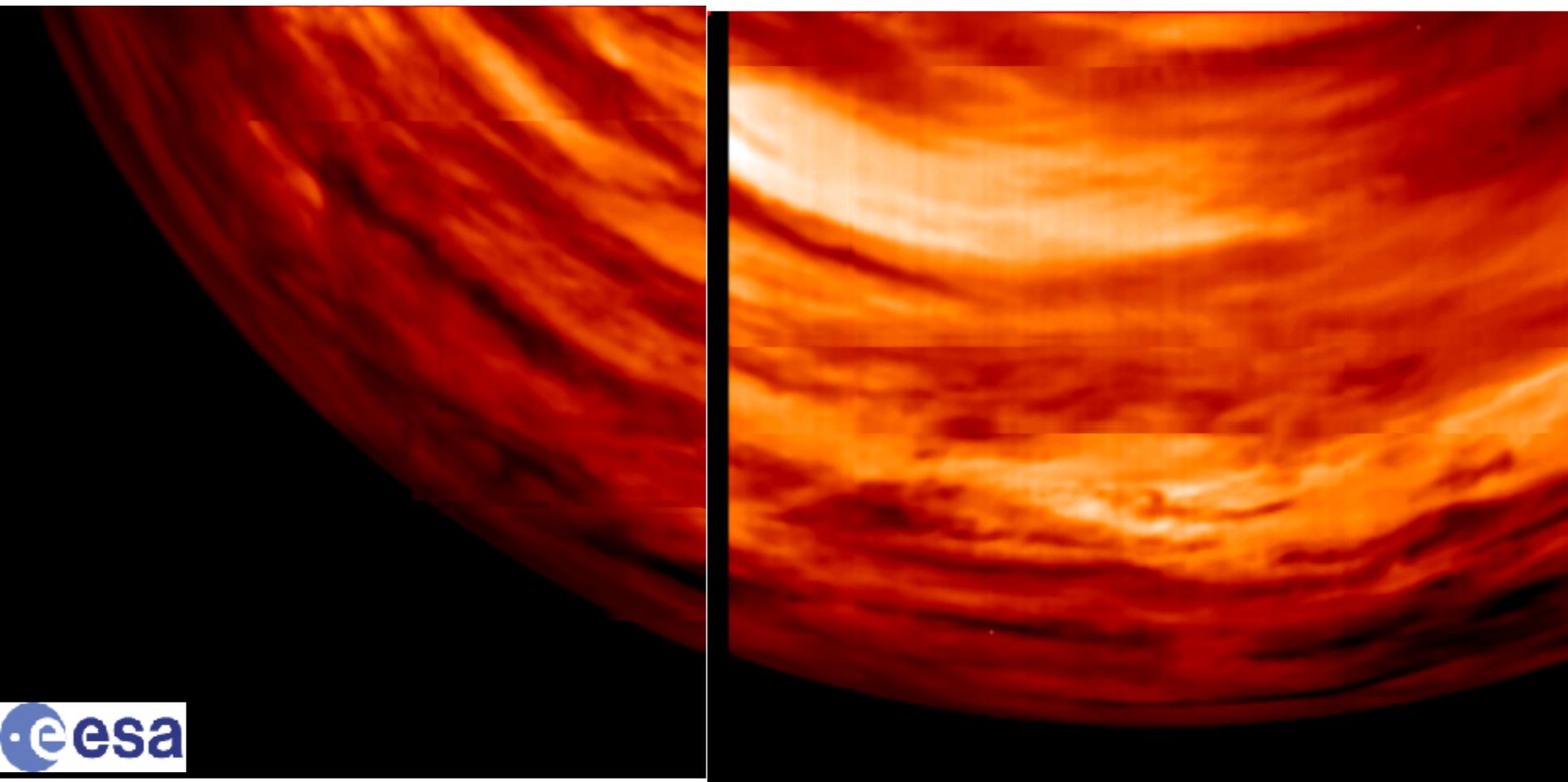




SMART-1
intorno alla Luna



Venus Express sorveglia la meteorologia venusiana



Mars Express

