



STRUMENTI PER UNA COLTIVAZIONE SOSTENIBILE E DI PRECISIONE

Camilla Dibari

camilla.dibari@unifi.it

055 275 5703



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DISPAA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLE
PRODUZIONEI AGROALIMENTARI
E DELL'AMBIENTE

AGRICOLTURA DI PRECISIONE (AP)

- Def.: applicazione di **tecnologie, principi e strategie** per una **gestione spaziale e temporale** della **variabilità** associata agli aspetti della produzione agricola, in relazione alle reali necessità dell'“appezzamento (Pierce e Nowak, 1999).
- Def.: forma di agricoltura volta all'impiego di **tecniche e tecnologie** mirate **all'applicazione variabile** degli input colturali all'interno dei terreni, sulla base **dell'effettiva esigenza** della **coltura** e delle **proprietà chimico-fisiche** e biologiche del **suolo**, al fine di perseguire dei vantaggi di ordine agronomico, mediante **l'accrescimento** della **performance** della coltura attraverso la **razionalizzazione** degli **input** e la **riduzione** dei **costi colturali ed ambientali** (Godwin, 2003).

AGRICOLTURA DI PRECISIONE (AP)

AP è un sistema integrato di gestione della produzione agricola che impiega strumenti e tecnologie per fare la cosa giusta, nel posto giusto, al momento giusto

AP: per cosa?

Colture erbacee

(grano, mais, pomodoro, riso, ecc..)

Mietitrebbie - mappe di produzione
(quanti metri, sistemi GNSS)

Spandiconcime a rateo variabile

Telerilevamento - satelliti, droni, sensori prossimali
su trattrici per fertilizzazione, diserbo
e irrigazione



Colture arboree

(agrumi, melo, olivo, pero, pesco, ecc..)

Oltre ad applicazioni condivise con le
colture erbacee, monitoraggio infezioni/infestazioni
ed operazioni culturali come diradamento/controllo
accrescimento frutti dopo verifica
ottica prossimale
Irrigazione di precisione



Viticultura

Elaborazione mappe di vigore per
scelte vendemmiali, di resa e/o parametri
qualitativi (maturazione uve)

Uso di sensori di rilevamento ad alta definizione
da piattaforme aeree, droni pilotati
Stato fitosanitario del vigneto e
valutazione fisiopatie



Selvicoltura

Monitoraggio e valutazione delle
risorse forestali (GNSS, droni, prossimale)
Monitoraggio, prevenzione e lotta agli incendi
censimento e tracciabilità
dei prodotti forestali (RFID, ecc..)



Zootecnia

Bovini individuazione patologie,
gestione alimentazione

Suini stima peso, gestione alimentazione,
individuazione Tosse

Polli: conteggio automatico uova, identificazione/
ispezione carcasce

Pesci e molluschi: selezione e
gestione degli stock



La diffusione dell'Agricoltura di Precisione in Italia oggi raggiunge circa l'1% della superficie agricola utilizzata* .
Obiettivo: raggiungere il 10% in 5 anni

VARIABILITA' IN AGRICOLTURA



Variabilità spaziale:

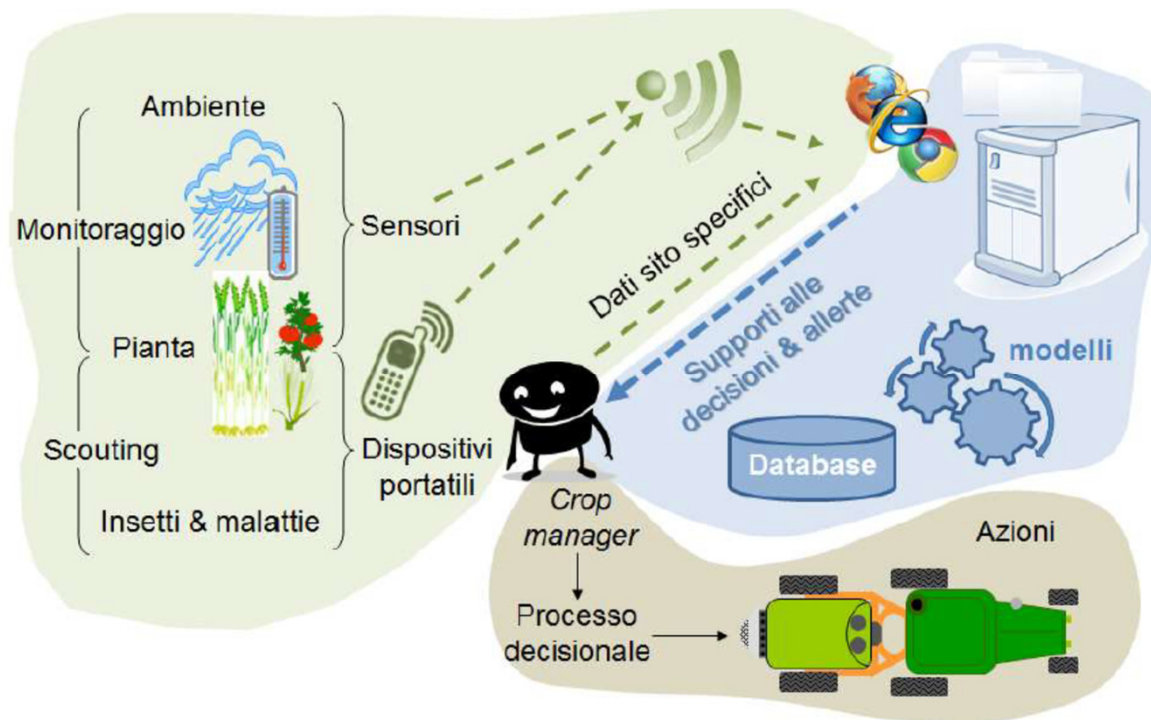
Suolo, pH, stress, fotosintesi

Variabilità temporale: anno per anno, entro anno

Conoscere l'eterogeneità di un appezzamento, permette di gestire nel modo più ottimale la coltura, intervenendo con pratiche agronomiche sito-specifiche

GESTIONE DELLA VARIABILITA'

- Per studiare/gestire questa variabilità devo far uso di opportuni **strumenti di monitoraggio**, di elaborazione dati, di intervento



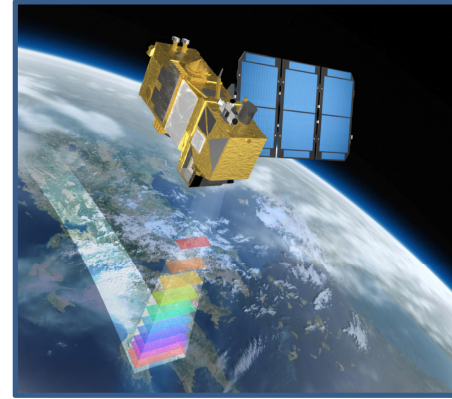
GLI STRUMENTI DELL'AP

- GIS (variabilità spaziale)
- GPS (variabilità spaziale)
- Remote sensing (variabilità spaziale + temporale)
- Proximal sensing (variabilità spaziale + temporale)
- Modellistica
- VRT (variable Rate technologies)

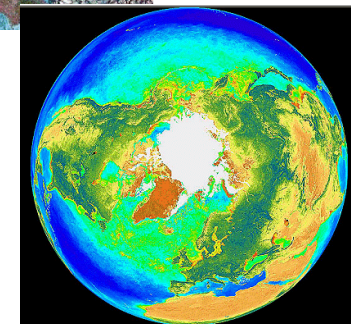
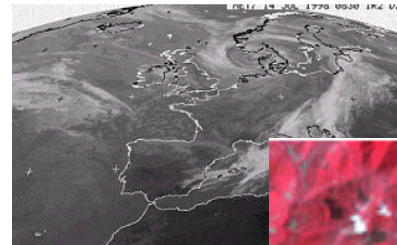
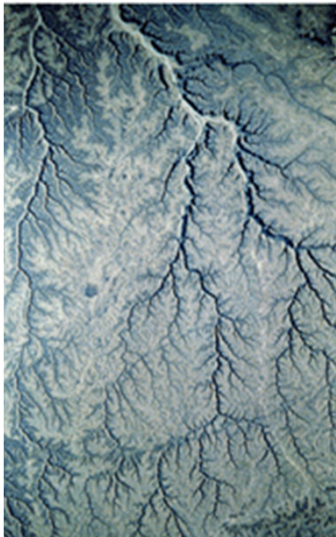


RICHIAMI di TELERILEVAMENTO

Telerilevamento



- Un importante strumento per ottenere informazioni sulla variabilità spaziale e temporale di un territorio
- Definizione? Telerilevamento/remote sensing (RS)



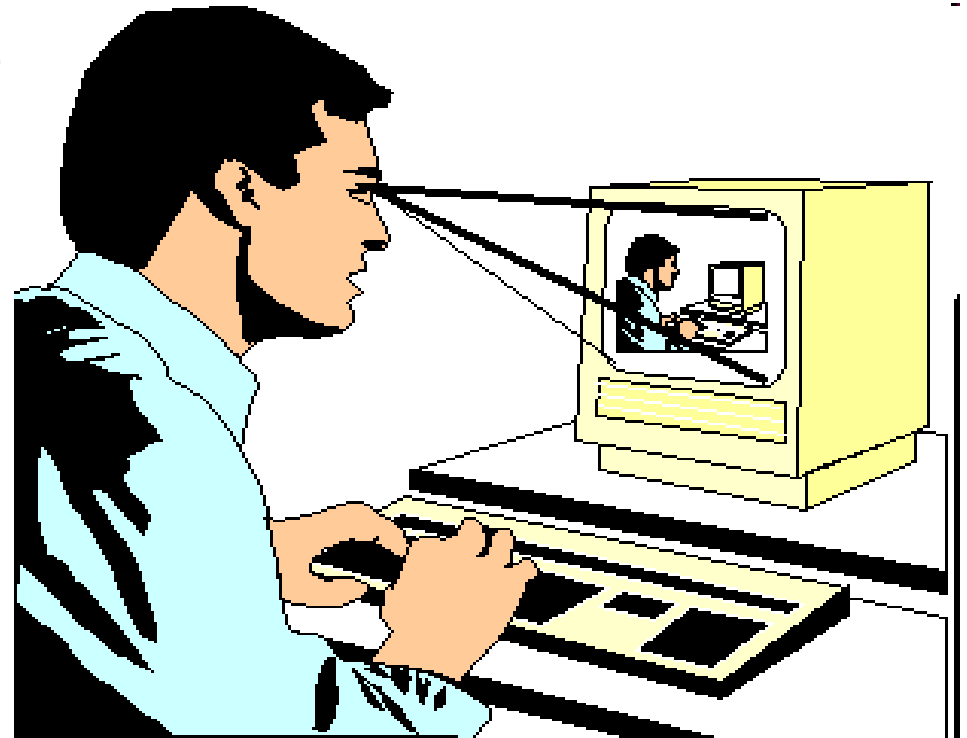
Remote sensing - Definizione

- **Tele** – “lontano da” o “ad una distanza di”
- **Rilevamento** – rilevare una proprietà o una caratteristica

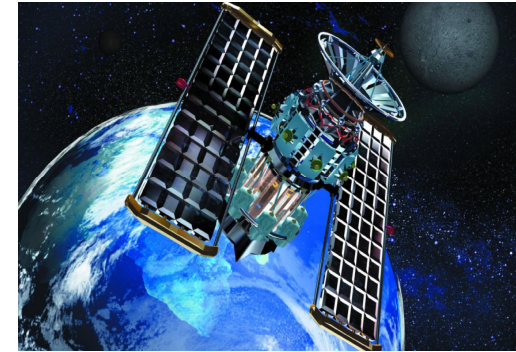


RS - lo facciamo di continuo!

Molti dei sensi umani rilevano il mondo esterno interamente percependo una varietà di **segnali, emessi o riflessi**, attivamente o passivamente, da oggetti che trasmettono queste informazioni in onde o impulsi.



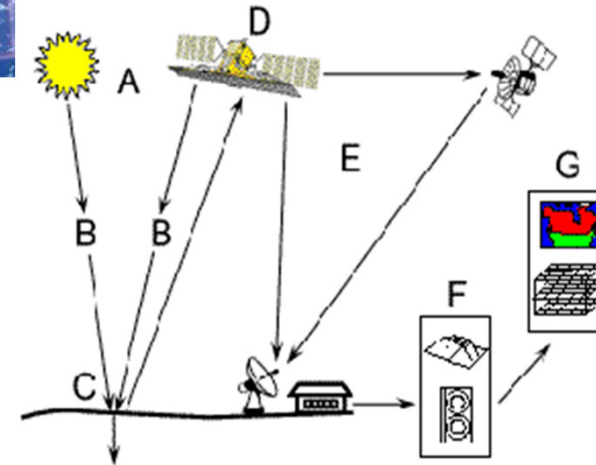
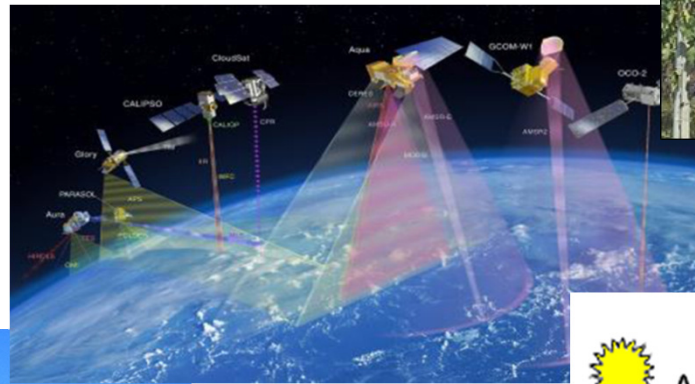
Remote sensing – def.



- La raccolta di informazioni su un oggetto senza entrare in contatto fisico con lui
- È la tecnica per ottenere informazioni su oggetti attraverso l'analisi dei dati raccolti da strumenti speciali che non sono in contatto fisico con gli oggetti di indagine
- *La radiazione elettromagnetica viene normalmente utilizzata nel telerilevamento.*
- *L'output del telerilevamento è solitamente un'immagine che rappresenta la scena osservata*

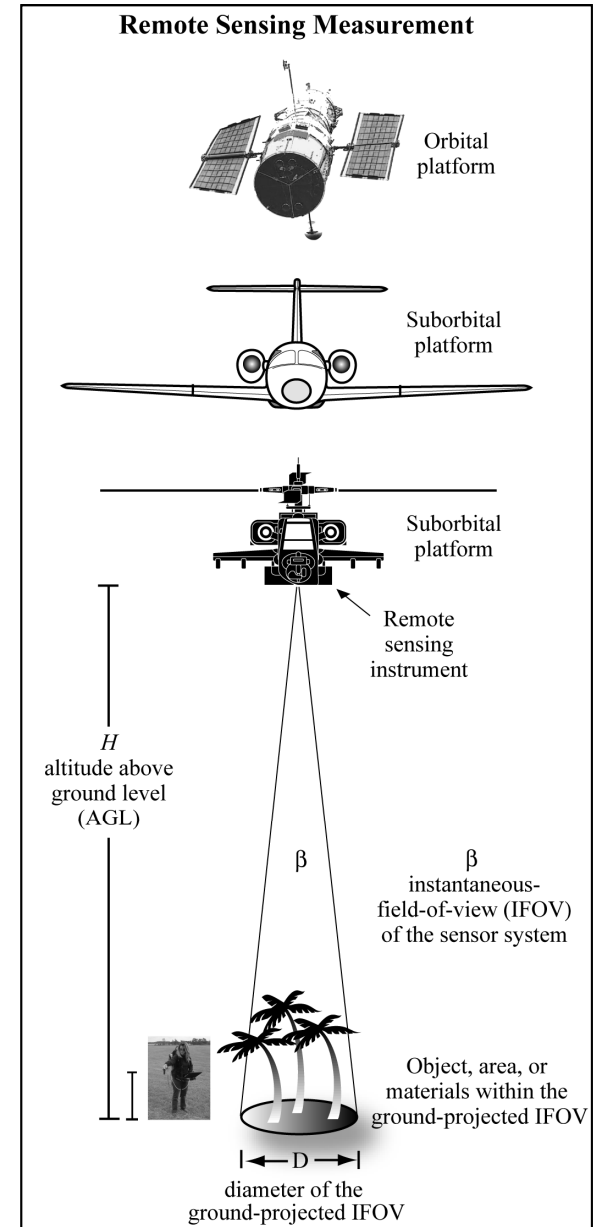
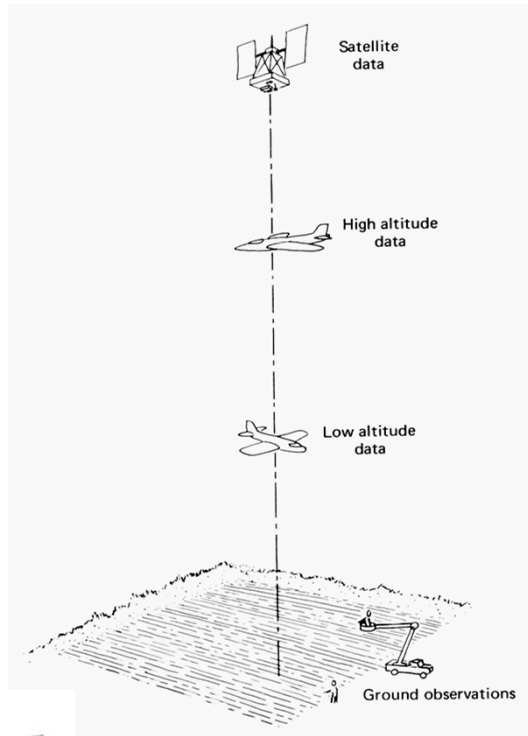
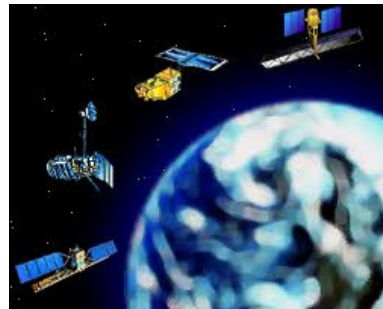
Remote sensing: come?

- Piattaforme
- Sensori



Remote sensing - piattaforme

- Aerei
- Droni
- Satelliti
- A terra



Remote sensing - piattaforme

- **Piattaforme a terra:** terra, veicoli (trattori) e / o torri => fino a 50 m di altezza
- **Piattaforme aeree:** droni, aerei, elicotteri, velivoli ad alta quota, palloni => fino a 50 km di altezza
- **Spazio:** razzi, satelliti, navetta => da circa 100 km a 36.000 km di altezza
 - **Navetta spaziale:** 250-300 km
 - **Stazione spaziale:** 300-400 km
 - **Satelliti di basso livello:** 700-1500 km
 - **Satelliti di alto livello:** circa 36000 km



Tipi di sensori

Sensore def: strumenti in grado di misurare i segnali della radiazione proveniente da oggetti situati oltre le immediate vicinanze



Pellicola fotografica

- generalmente sistemati su aerei ma anche su veicoli spaziali (navette) o droni
- il sensore è sensibile alla luce (energia elettromagnetica visibile)
- il prodotto è una fotografia digitale

Tipi di sensori

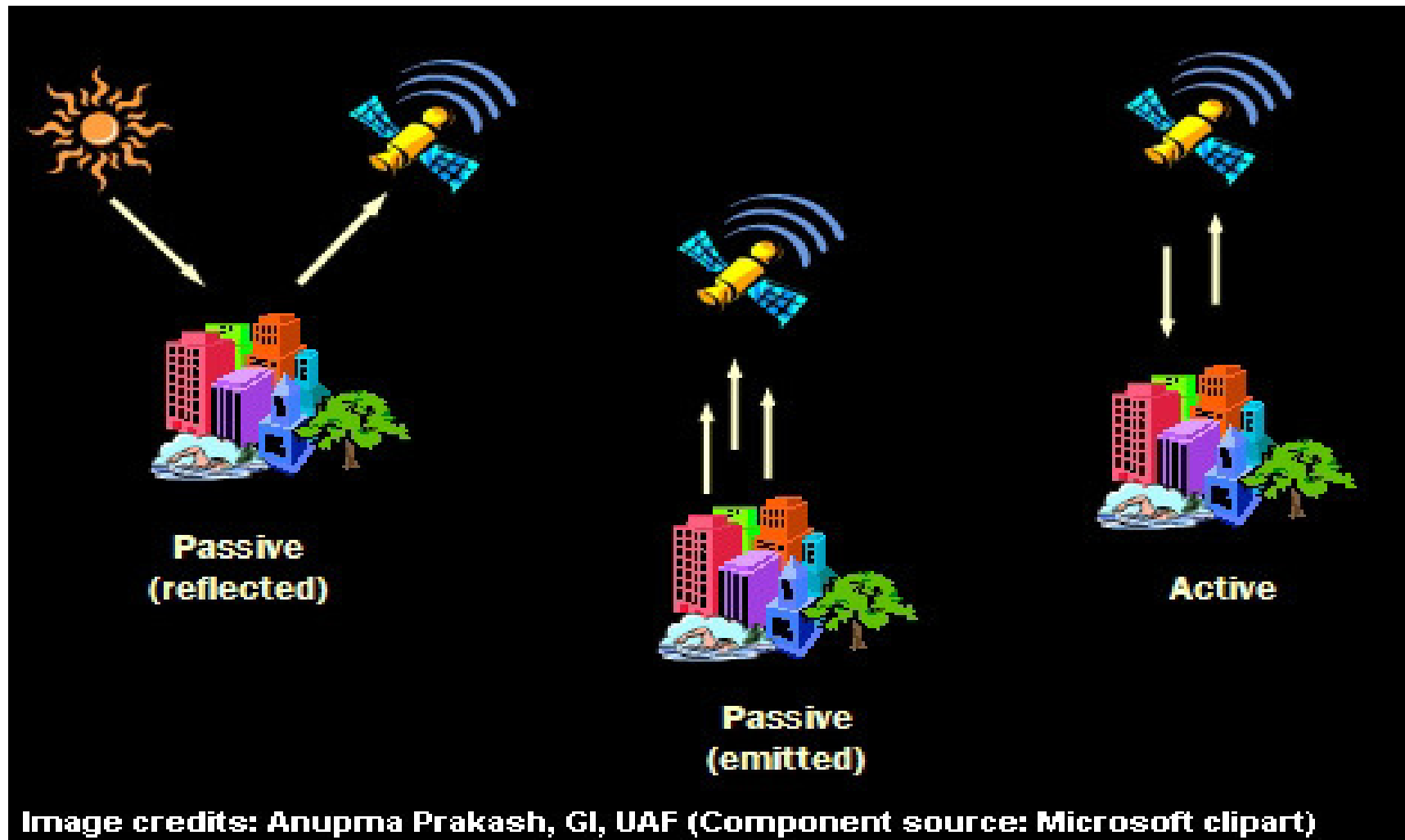
Sensori passivi (ETM, OLI, MSI, Iperspettrale)

- Generalmente posti su satelliti, droni, ecc.
- Il sensore è capace di rilevare la radiazione elettromagnetica in una parte definita dello spettro

Sensori attivi

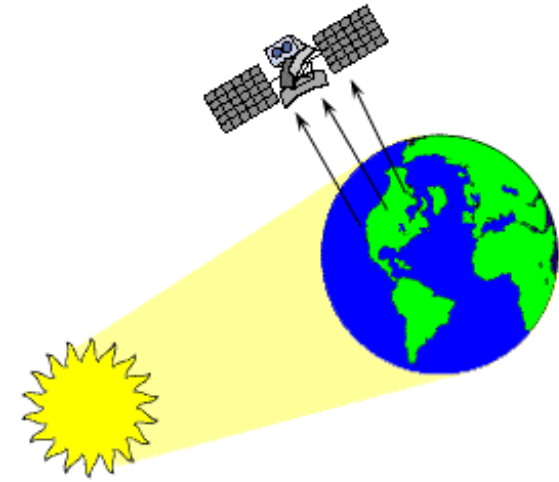
- generally posti su aerie o su droni/satelliti (LIDAR/AVHRR/NOAA)
- Il sensore emette un segnale verso un oggetto, e allo stesso tempo registra il segnale di ritorno (che varia da oggetto ad oggetto)

RS – attivi / passivi



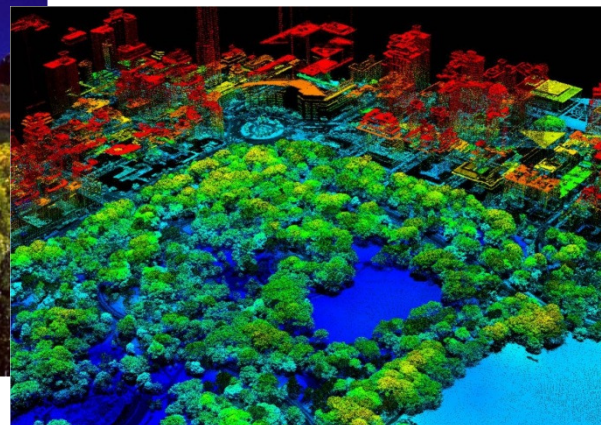
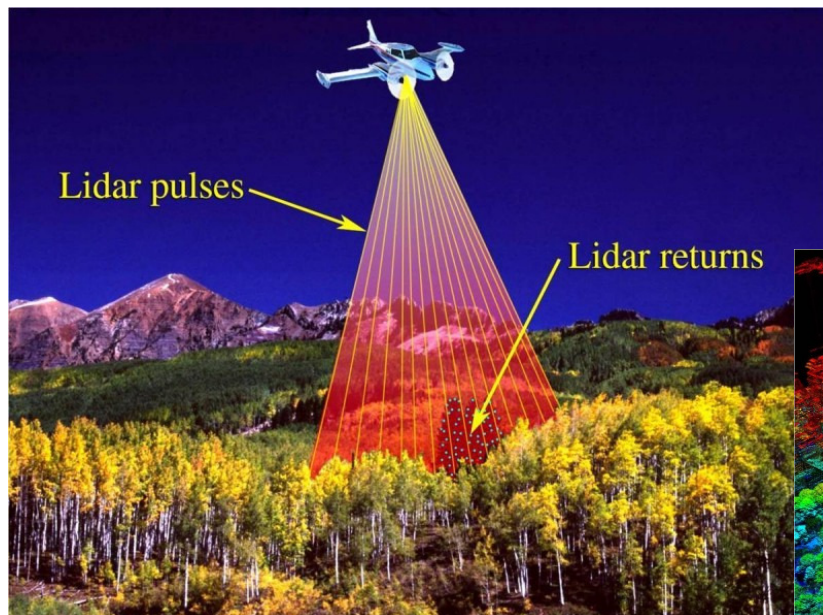
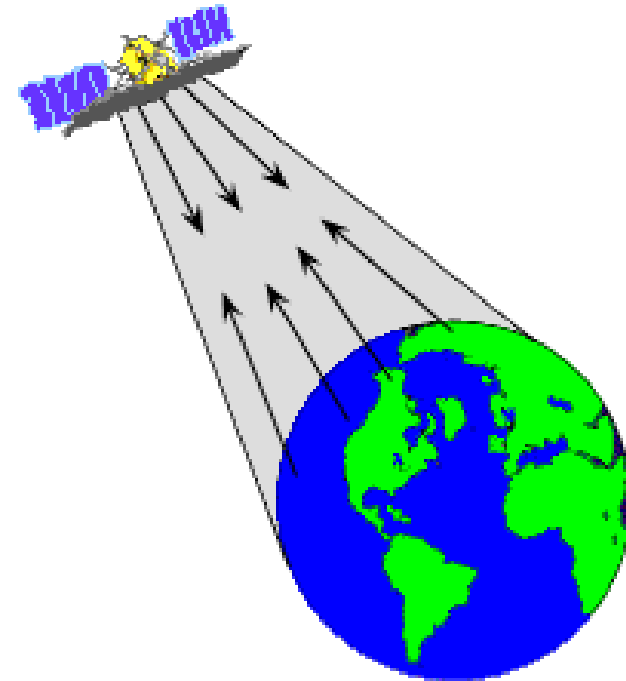
RS – Passivi, I più usati

- **Passivi:** Il sensore registra l'energia che viene riflessa o emessa da oggetti toccati da una fonte, come la luce proveniente dal sole.



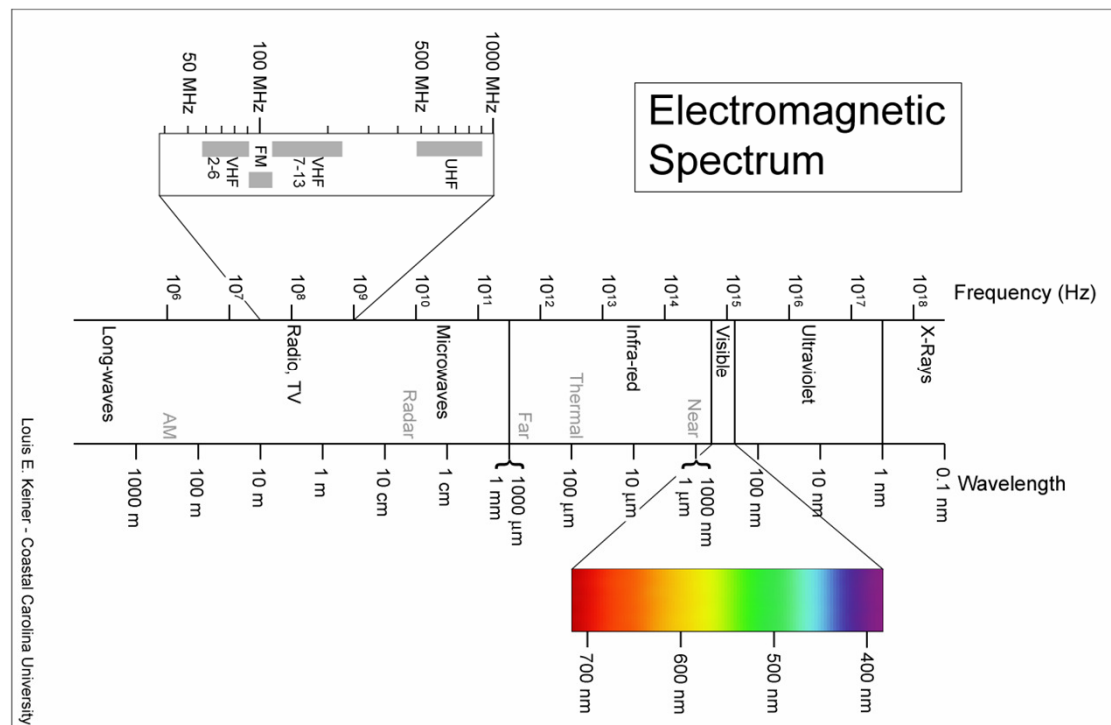
RS – Attivi

- **Attivi:** dove l'oggetto è illuminato dalle radiazioni prodotte dai sensori, come radar o microonde

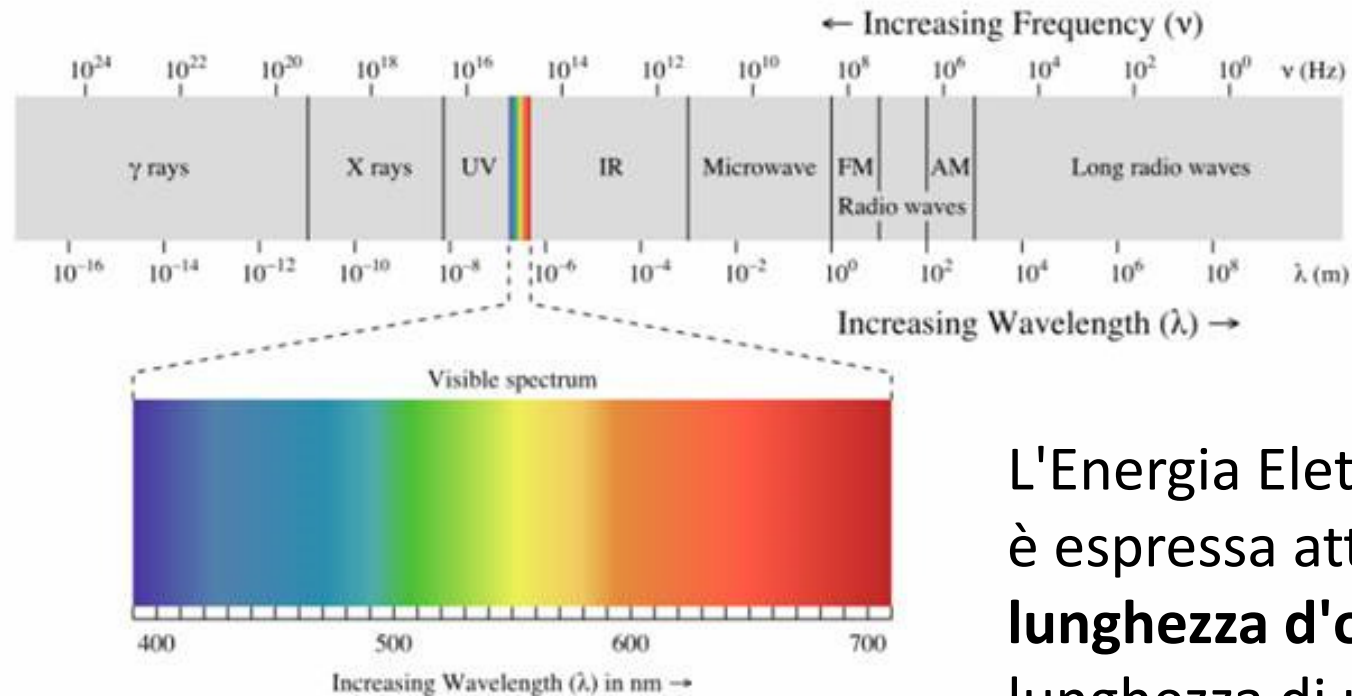


RS - fondamenti

- La superficie esterna di un oggetto (ad una temperatura > 0 Assoluto) emette una **propria radiazione elettromagnetica** la cui intensità dipende dalla **temperatura** dell'oggetto e le sue **caratteristiche fisiche, chimiche e geometriche**.
- Ciò significa che un oggetto può **riflettere, assorbire o trasmettere** radiazioni elettromagnetiche (ER) e queste radiazioni dipendono fortemente dalle caratteristiche dell'oggetto.



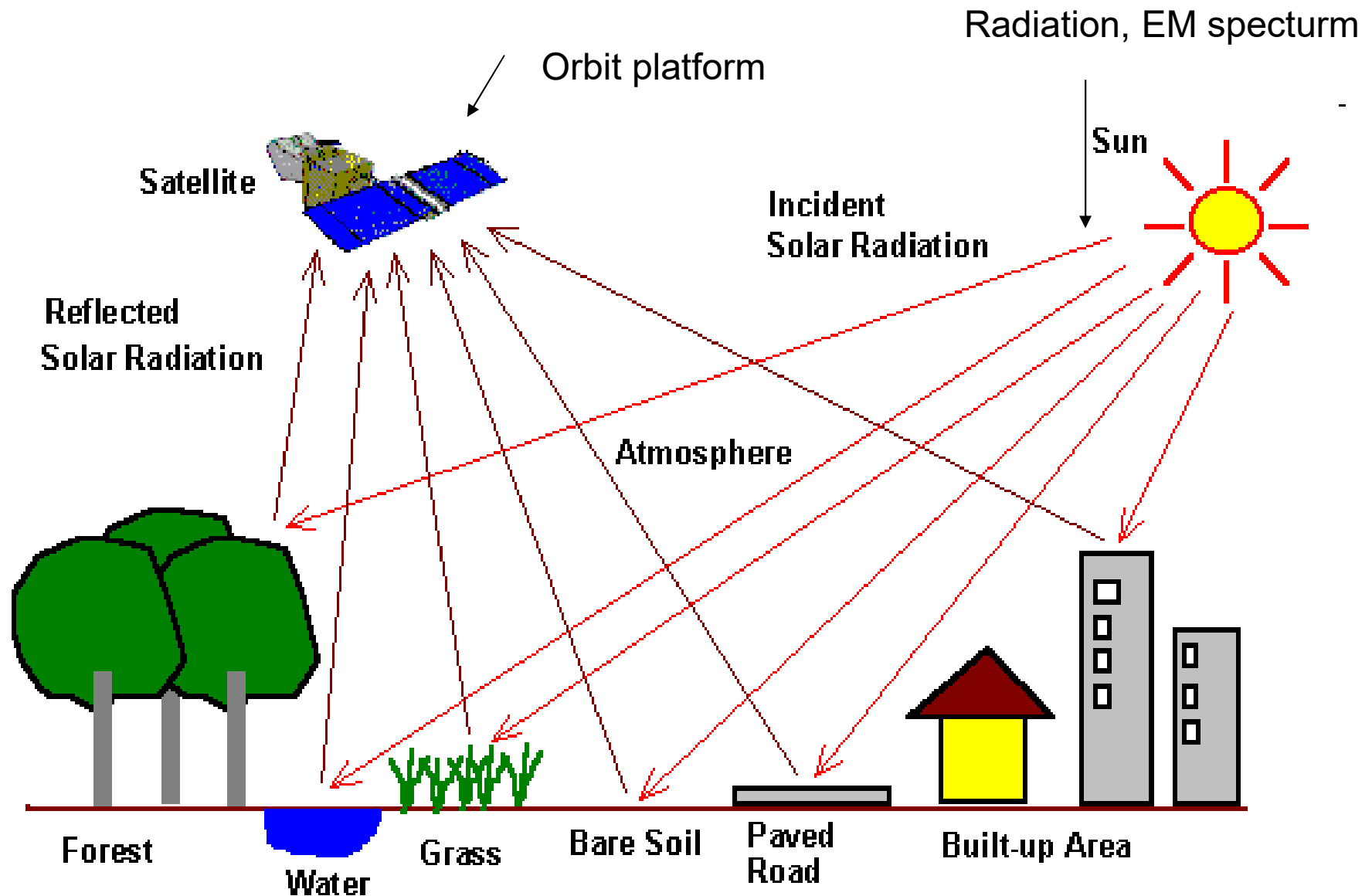
RS - fondamenti



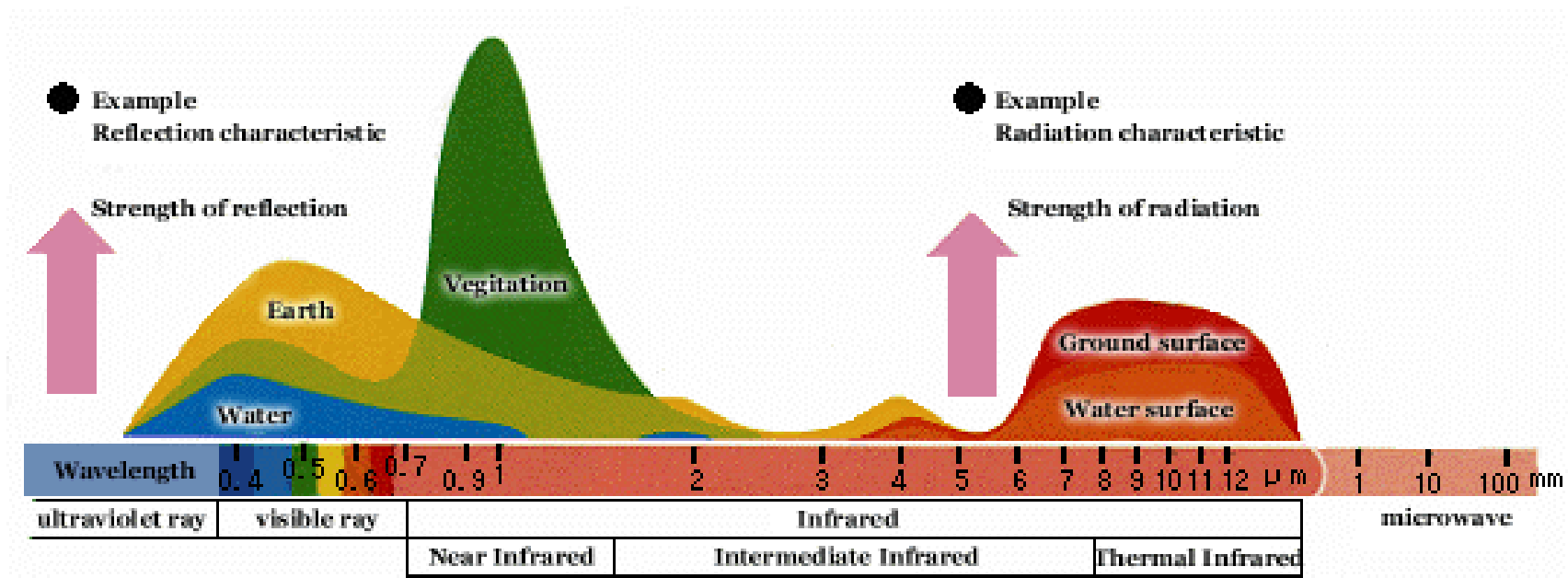
L'Energia Elettromagnetica è espressa attraverso la **lunghezza d'onda**, che è la lunghezza di un ciclo d'onda

Più lunga è la lunghezza d'onda, minore è la **frequenza** della radiazione

RS - diagramma



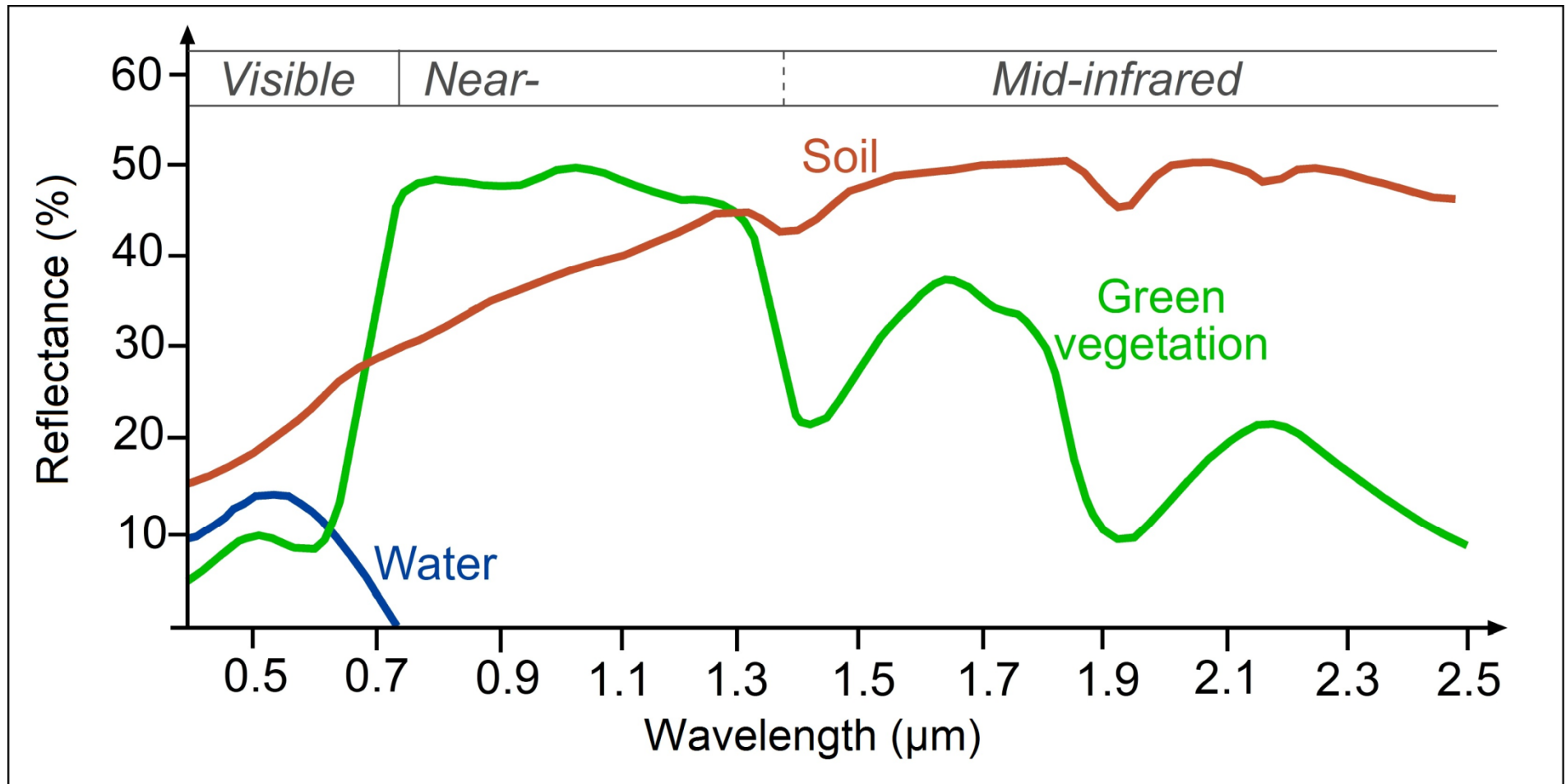
RS – bande



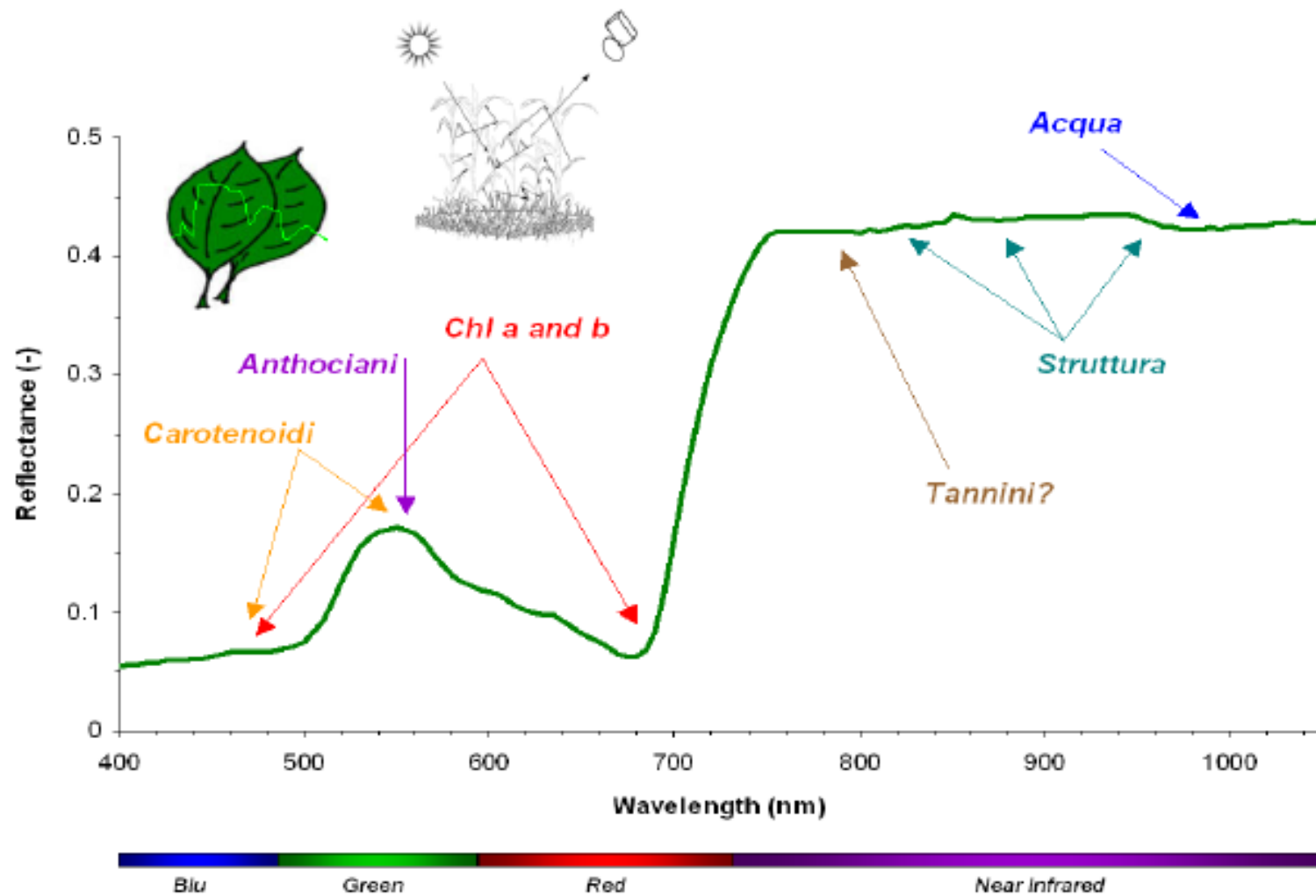
Ogni OGGETTO sulla terra ha una sua propria riflessione in ciascuna lunghezza d'onda dello spettro quando è esposto alle onde elettromagnetiche.

La figura mostra la **riflessione** e **radianza** della vegetazione, suolo e acqua in ciascuna lunghezza d'onda. L'asse orizzontale mostra la lunghezza d'onda, il lato sinistro è più corto e il lato destro è più lungo.

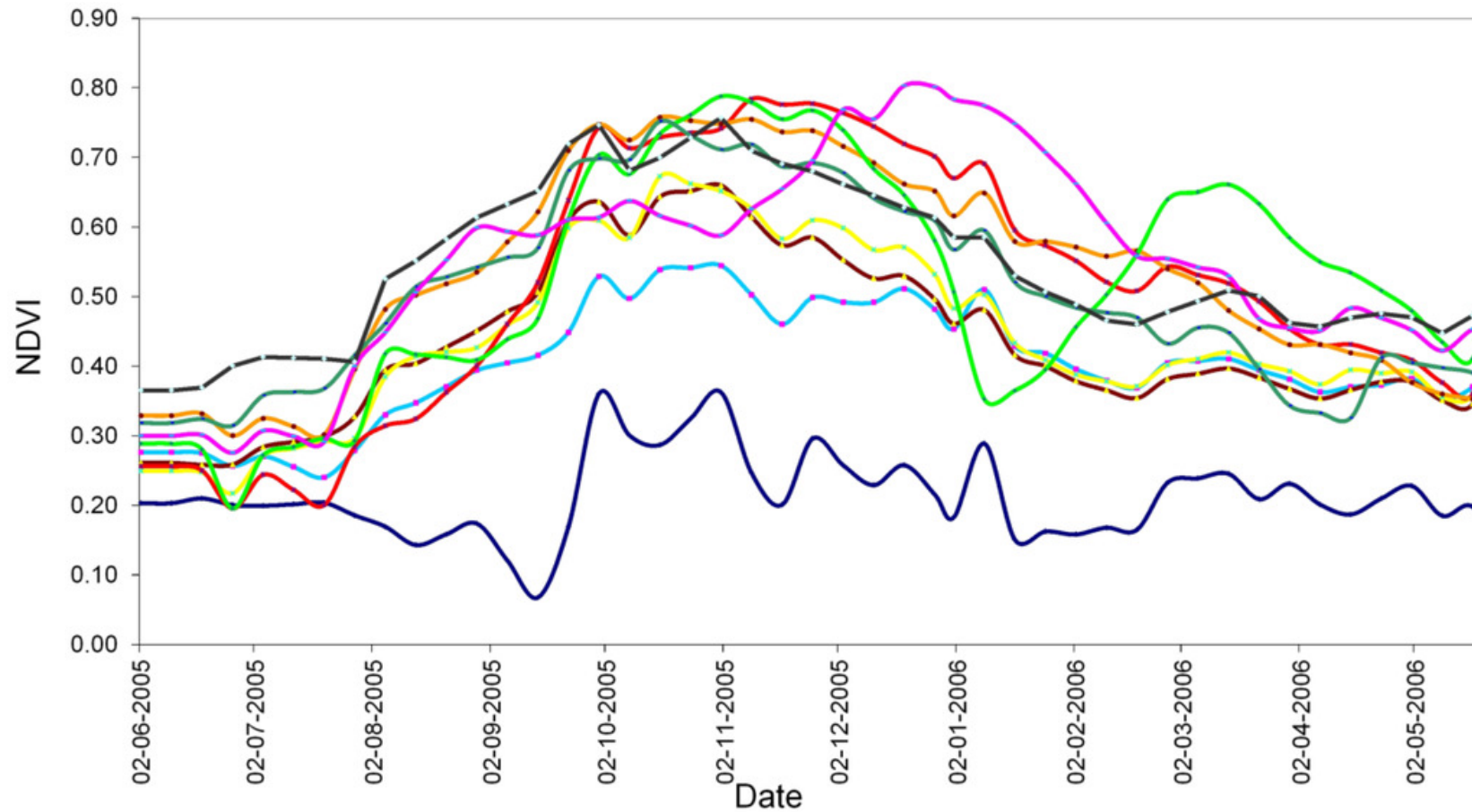
RS – Firma spettrale



RS – Firma spettrale



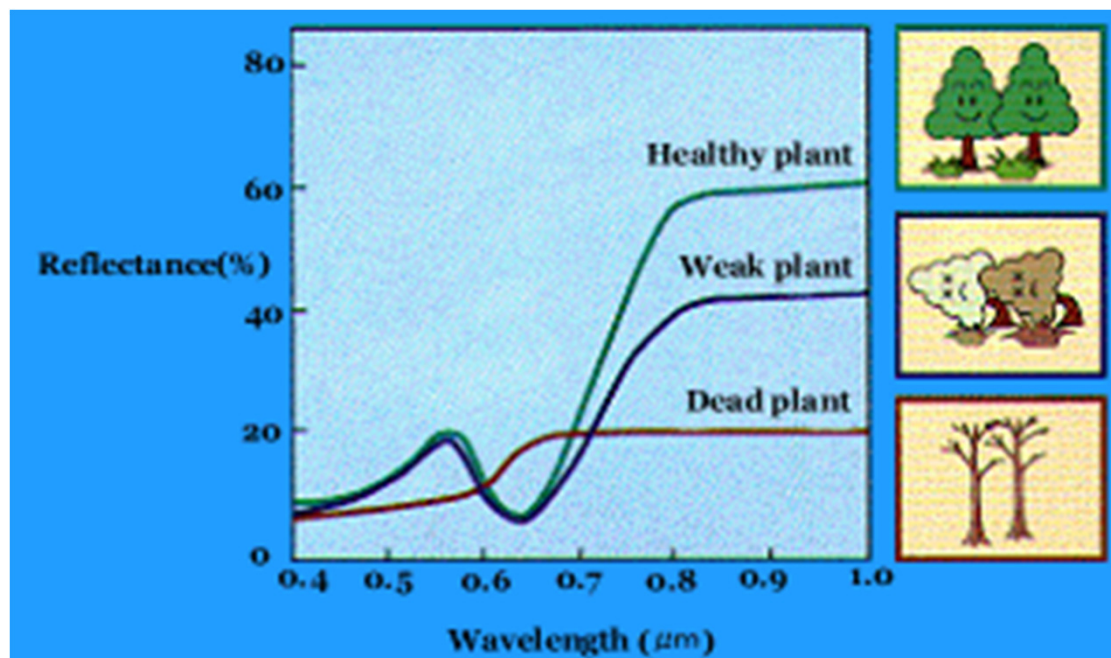
Firma spettrale di varie colture



- 01. Water bodies
- 02. Wetlands
- 03. Shrub lands/forests
- 04. Rainfed crops/rangelands
- 05. Rainfed-supplemental-chili
- 06. Rainfed-supplemental-cotton
- 07. Irrigated-SW-rice-rice
- 08. Irrigated-SW-rice-pulses
- 09. Irrigated-SW-sugarcane-rice
- 10. Irrigated-SW/GW-orchards

Note: SW = Surface water; GW = Groundwater

L'ampiezza della riflessione e radiazione cambia in base alle condizioni degli oggetti, come il tipo di piante, lo stato sanitario (senescenza, debole, ecc.) o se in stress idrico. Ad esempio, la figura seguente mostra la differenza di riflettanza per lo stato della pianta, dall'alto, piante sane, piante secche e deboli e piante morte.



I sensori sono in grado di acquisire la riflessione e la radiazione in ciascuna lunghezza d'onda. Dai dati di osservazione, possiamo comprendere lo stato delle foreste, l'inquinamento degli oceani e la desertificazione.

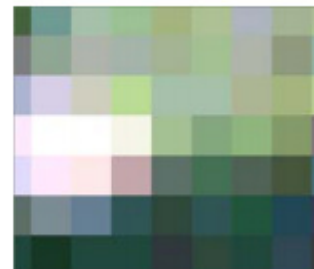
RS: la risoluzione (1/2)

Risoluzione spaziale: la superficie rappresentata da ciascun pixel

High resolution

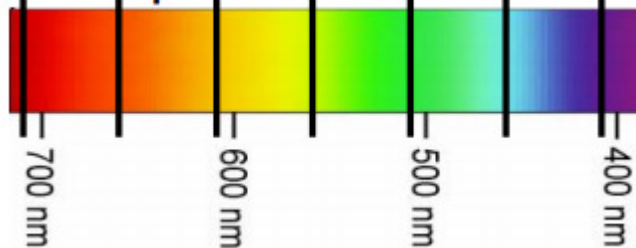


Low Resolution

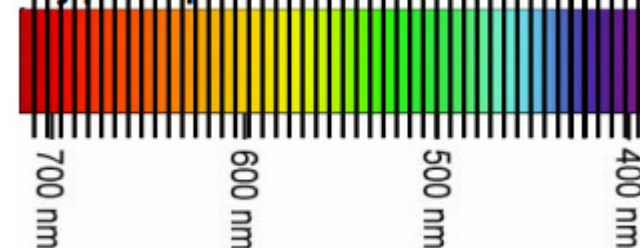


Risoluzione spettrale: abilità di un sensore di separare l'energia elettromagnetica in intervalli più o meno ampi (bande)

Multispectral:

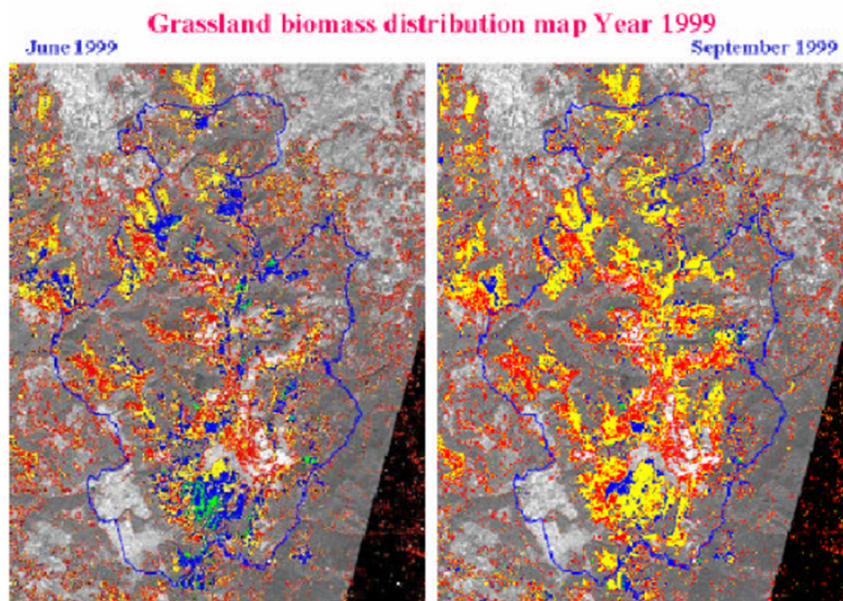


Hyperspectral:



RS: la risoluzione (2/2)

Risoluzione radiometrica: abilità del sensore di discriminare piccole differenze di energia riflessa (mis in bit)



Risoluzione temporale: ogni quanto tempo una stessa porzione di territorio è osservata da un sensore

Il Sistema di osservazione della terra (EOS)

Il principale è EOS della NASA che comprende una serie di missioni satellitari progettate per le osservazioni globali a lungo termine della superficie terrestre, della biosfera, dell'atmosfera e degli oceani della Terra. La prima componente satellitare del programma è stata lanciata nel 1997.



I principali programmi satellitari

- **Geostationary (Met satellites)**

- Meteosat (Europe)
- GOES (US)
- GMS (Japan)
- INSAT (India)

- **Polar Orbiting**

- SPOT (France)
- NOAA (US)
- ERS-1 & 2, Envisat (Europe)
- ADEOS, JERS (Japan)
- Radarsat (Canada)
- EOS/NPOESS, Landat, NOAA (US), Copernicus (EU)

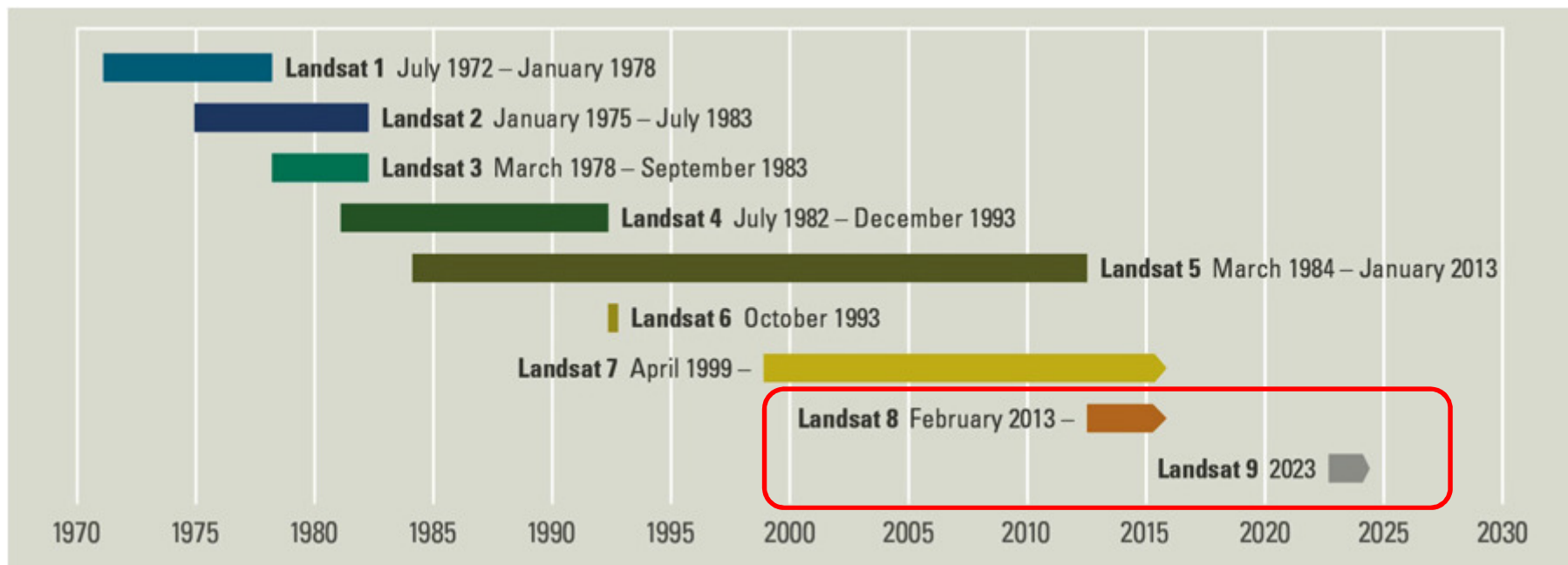


Landsat Mission



- la **più lunga collezione** al mondo di dati di telerilevamento terrestre a risoluzione moderata basata sullo spazio
- risorsa unica per coloro che lavorano in agricoltura, geologia, silvicoltura, pianificazione regionale, istruzione, mappatura e ricerca sui cambiamenti globali
- Nel maggio 2013 sono stati resi disponibili i dati del satellite Landsat 8, continuando l'acquisizione di dati di alta qualità per l'osservazione dell'uso del suolo e dei cambiamenti di terra.

Landsat Mission (imaging since 1972)



Landsat 7 e 8 Sensors

- Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper)
- Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) and TIRS (Thermal Infrared Sensors)

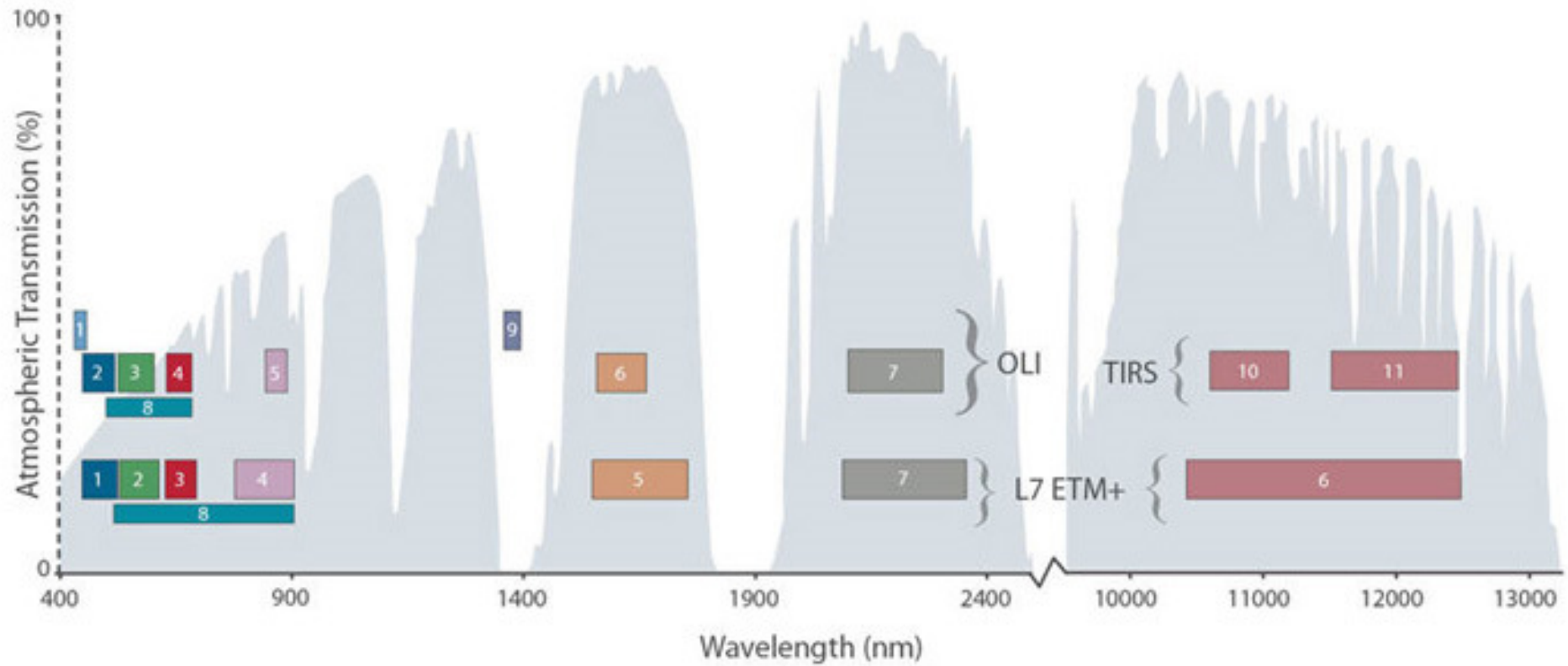
NEW and IMPROVED: LDCM will collect data for new spectral bands as well as heritage multispectral bands with refined bandwidths and improved radiometric performance.

ETM+ and OLI/TIRS Spectral Bands

L7 ETM+ Bands		LDCM OLI/TIRS Band Requirements		*Explanation of Differences
		30 m, Coastal/Aerosol, 0.433–0.453 μm (*A)	Band 1	
Band 1	30 m, Blue, 0.450–0.515 μm	30 m, Blue, 0.450–0.515 μm	Band 2	
Band 2	30 m, Green, 0.525–0.605 μm	30 m, Green, 0.525–0.600 μm	Band 3	
Band 3	30 m, Red, 0.630–0.690 μm	30 m, Red, 0.630–0.680 μm (*B)	Band 4	
Band 4	30 m, Near-IR, 0.775–0.900 μm	30 m, Near-IR, 0.845–0.885 μm (*B)	Band 5	
Band 5	30 m, SWIR-1, 1.550–1.750 μm	30 m, SWIR-1, 1.560–1.660 μm (*B)	Band 6	
Band 7	30 m, SWIR-2, 2.090–2.350 μm	30 m, SWIR-2, 2.100–2.300 μm (*B)	Band 7	
Band 8	15 m, Pan, 0.520–0.900 μm	15 m, Pan 0.500–0.680 μm (*B)	Band 8	
		30 m, Cirrus, 1.360–1.390 μm (*C)	Band 9	
Band 6	60 m, LWIR, 10.00–12.50 μm	100 m, LWIR-1, 10.30–11.30 μm (*D)	Band 10	
		100 m, LWIR-2, 11.50–12.50 μm (*D)	Band 11	

Spatial Resolution: 30 meters

Landsat 7 and 8 Sensors



Landsat 7 bands and use

Table 3. TM and ETM+ band designations.

Spectral bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)	Use
Band 1–blue-green	0.45–0.52	30	Bathymetric mapping; distinguishes soil from vegetation; deciduous from coniferous vegetation.
Band 2–green	0.52–0.61	30	Emphasizes peak vegetation, which is useful for assessing plant vigor.
Band 3–red	0.63–0.69	30	Emphasizes vegetation slopes.
Band 4–reflected IR	0.76–0.90	30	Emphasizes biomass content and shorelines.
Band 5–reflected IR	1.55–1.75	30	Discriminates moisture content of soil and vegetation; penetrates thin clouds.
Band 6–thermal	10.40–12.50	120	Useful for thermal mapping and estimated soil moisture.
Band 7–reflected IR	2.08–2.35	30	Useful for mapping hydrothermally altered rocks associated with mineral deposits.
Band 8–panchromatic (Landsat 7)	0.52–0.90	15	Useful in ‘sharpening’ multispectral images.

Landsat 8 bands and use

Table 4. OLI and TIRS band designations.

Spectral bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)	Use
Band 1—coastal/aerosol	0.43–0.45	30	Increased coastal zone observations.
Band 2—blue	0.45–0.51	30	Bathymetric mapping; distinguishes soil from vegetation; deciduous from coniferous vegetation.
Band 3—green	0.53–0.59	30	Emphasizes peak vegetation, which is useful for assessing plant vigor.
Band 4—red	0.64–0.67	30	Emphasizes vegetation slopes.
Band 5—near IR	0.85–0.88	30	Emphasizes vegetation boundary between land and water, and landforms.
Band 6—SWIR 1	1.57–1.65	30	Used in detecting plant drought stress and delineating burnt areas and fire-affected vegetation, and is also sensitive to the thermal radiation emitted by intense fires; can be used to detect active fires, especially during nighttime when the background interference from SWIR in reflected sunlight is absent.
Band 7—SWIR-1	2.11–2.29	30	Used in detecting drought stress, burnt and fire-affected areas, and can be used to detect active fires, especially at nighttime.
Band 8—panchromatic	0.50–0.68	15	Useful in ‘sharpening’ multispectral images.
Band 9—cirrus	1.36–1.38	30	Useful in detecting cirrus clouds.
Band 10—TIRS 1	10.60–11.19	100	Useful for mapping thermal differences in water currents, monitoring fires and other night studies, and estimating soil moisture.
Band 11—TIRS 2	11.50–12.51	100	Same as band 10.

Da dove si scaricano le immagini?

- **EarthExplorer:** <http://earthexplorer.usgs.gov> – allows geographical searches of data held in the USGS archives
- **Global Visualization Viewer (GloVis):** <http://glovis.usgs.gov> – a browse-based viewer for USGS Landsat Archive data sets
- **LandsatLook Viewer:** <http://landsatlook.usgs.gov> - a prototype tool that allows rapid online viewing and access to the USGS Landsat archive

Programma Copernicus (Sentinel)

- Programma Europeo (ESA, JRC, EEA) per il monitoraggio **ambientale** terrestre
- Famiglia di satelliti aventi missioni specifiche diverse



Programma Copernicus (Sentinel)

- **Sentinel 1** (twins) all-weather, day and night radar imagery for land and ocean services (2014-2016)
- **Sentinel 2** (twins) high-resolution optical imagery for land service (vegetation, soil and water cover, inland waterways and coastal area) (2015-2017)
- **Sentinel 3** high-accuracy optical, radar and altimetry data for marine and land services (2016-2018)
- **Sentinel 4** atmospheric composition monitoring hourly (2019)
- **Sentinel 5** key atmospheric constituents such as ozone, nitrogen dioxide, sulphur dioxide, carbon monoxide, methane (2021)
- **Sentinel 6** high accuracy altimetry for measuring global sea-surface height, primarily for operational oceanography and for climate studies (2020)

Sentinel-2A e 2B

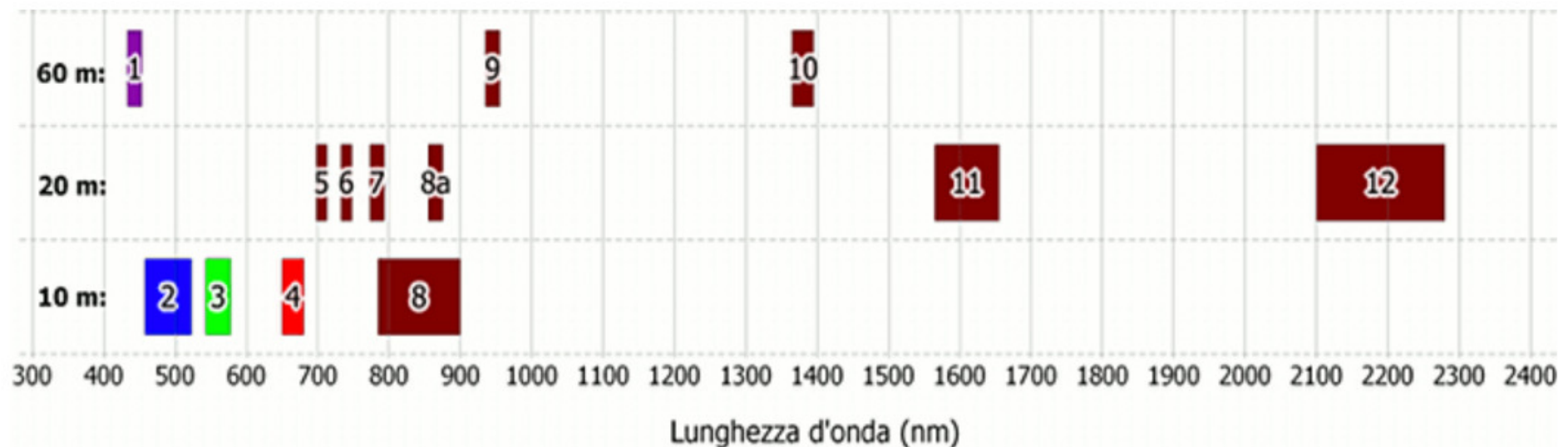
Sentinel-2A (2015) Sentinel-2B (2017)

Sensore MSI (MultiSpectral Instrument) e ris. spaziale: 4 bande nel visibile e vicino infrarosso con risoluzione spaziale 10 m, 6 bande nell'infrarosso con risoluzione spaziale 20 m e 3 bande con risoluzione 60 m di cui una nel blu e due nell'infrarosso

Orbita: sincrona con il sole, si integra con Landsat e SPOT

Risoluzione temporale: 5 giorni (10 ogni satellite)

Risoluzione radiometrica: 12 bit



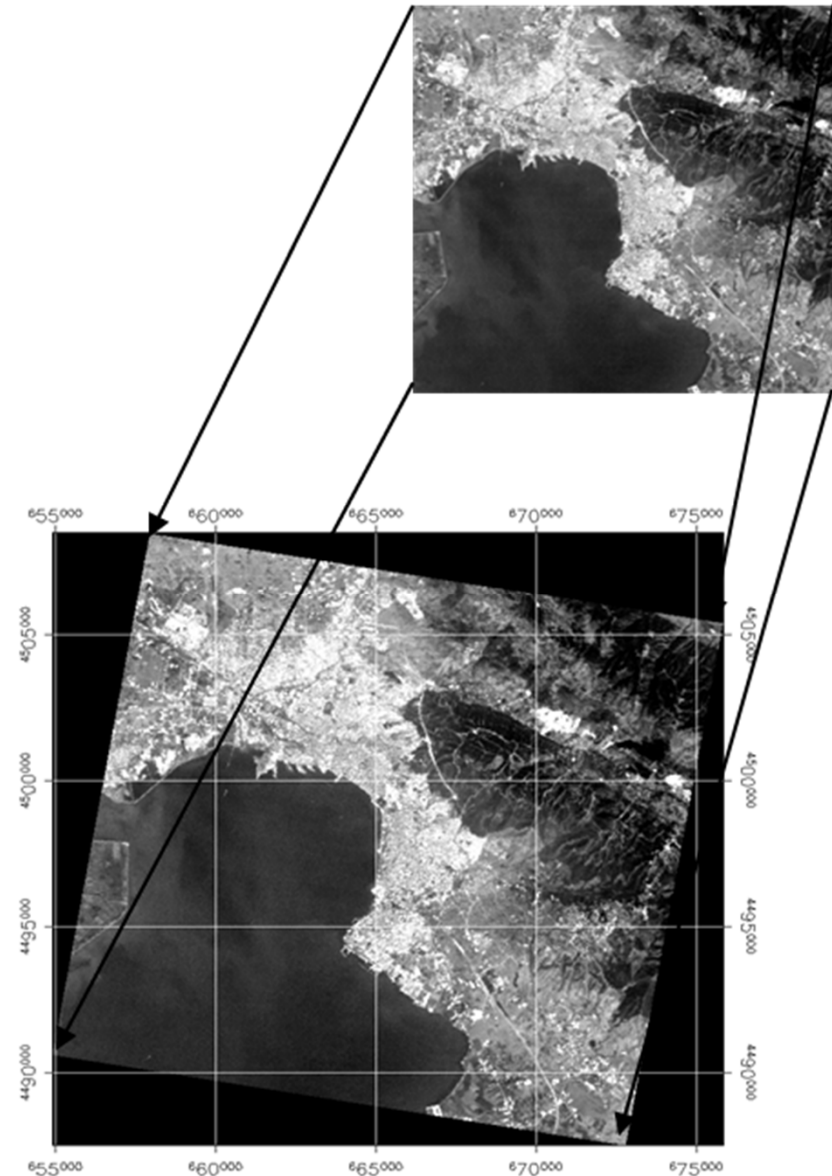
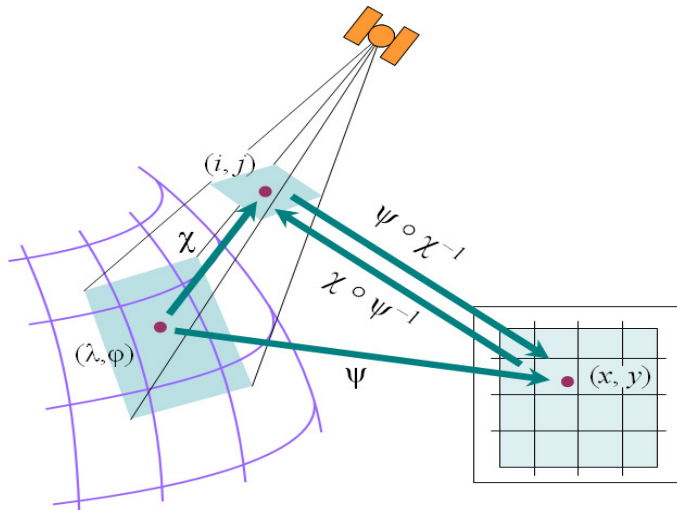
Remote Sensing – punti chiave

I prodotti del telerilevamento non ci danno direttamente una informazione su ciò che viene ripreso, ma devono essere «istruiti» per poter essere utilizzati

Questo processo è chiamato **interpretazione** o **ground truthing** e può essere manuale o automatico.

Pre-processamento

- Correzione radiometrica
- Correzione geometrica
- Correzione atmosferica
- Georeferenziazione

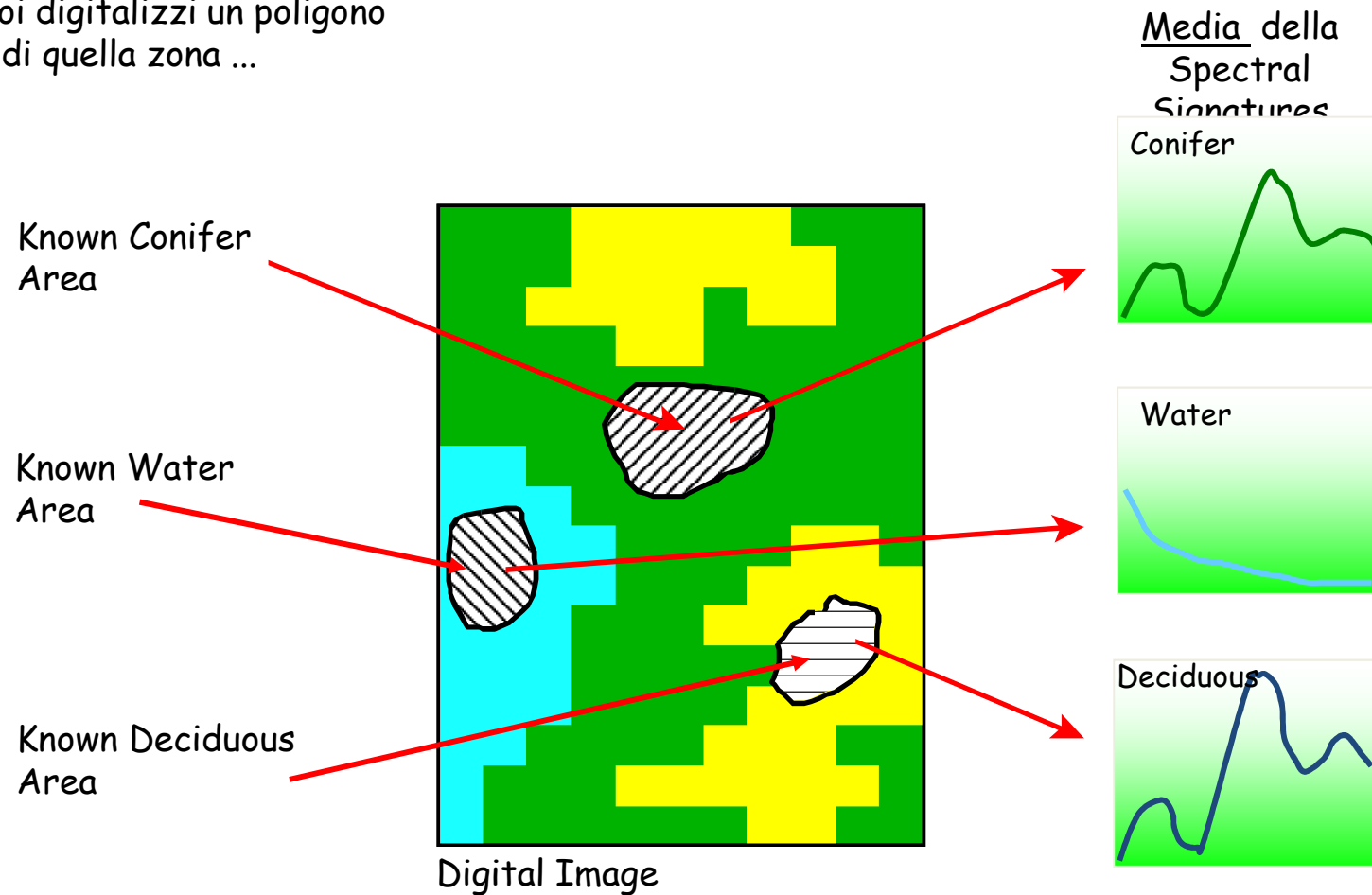


La classificazione delle immagini

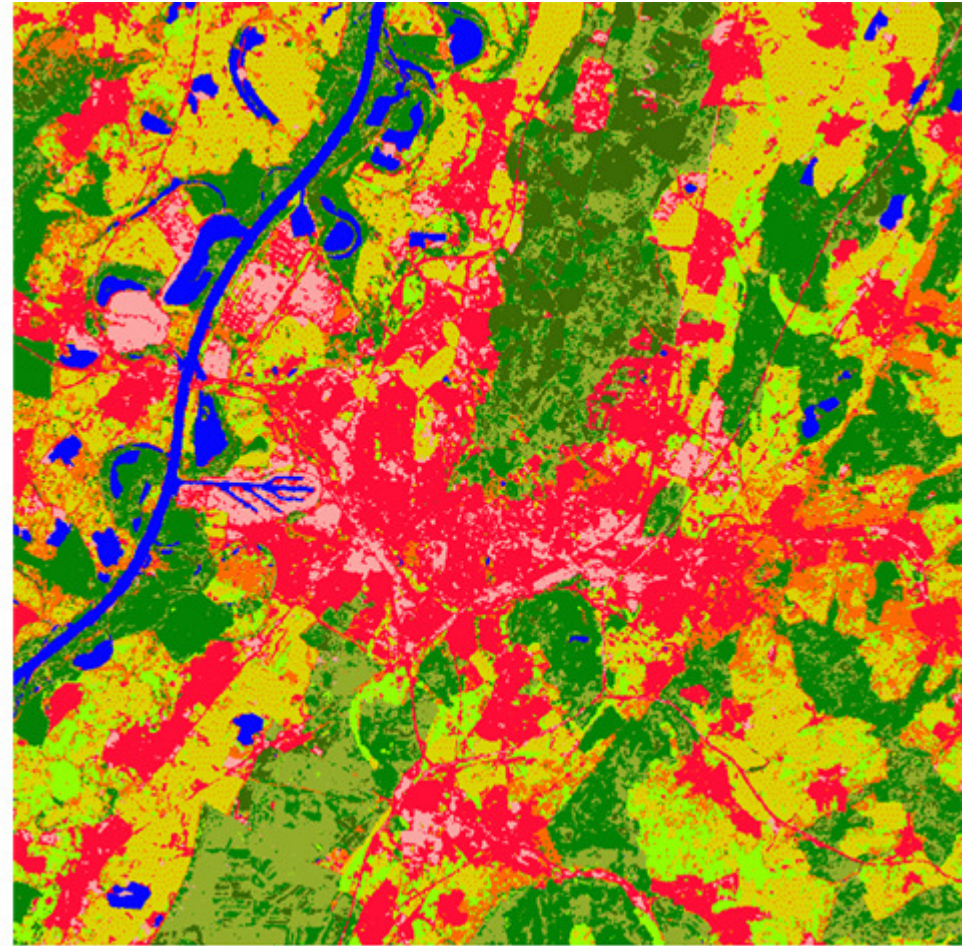
- **Supervised:** l'utente seleziona campioni rappresentativi di ciò che voglio classificare (campioni per ciascuna classe di legenda) **Aree training: utilizzate per ricavare la firma spettrale caratteristica di quella classe**
- **Unsupervised** (automatico): i pixel dell'immagine sono raggruppati da algoritmi sulla base della riflettanza dei pixel. Questi raggruppamenti sono chiamati "cluster". L'utente identifica il numero di cluster da generare e le bande da utilizzare. Con queste informazioni, il software di classificazione delle immagini genera dei cluster. Esistono diversi algoritmi di clustering delle immagini come K-means e ISODATA

Supervised classification (1/2)

Supervised classification richiede che l'operatore selezioni le aree di training a terra e poi digitalizzi un poligono all'interno di quella zona ...

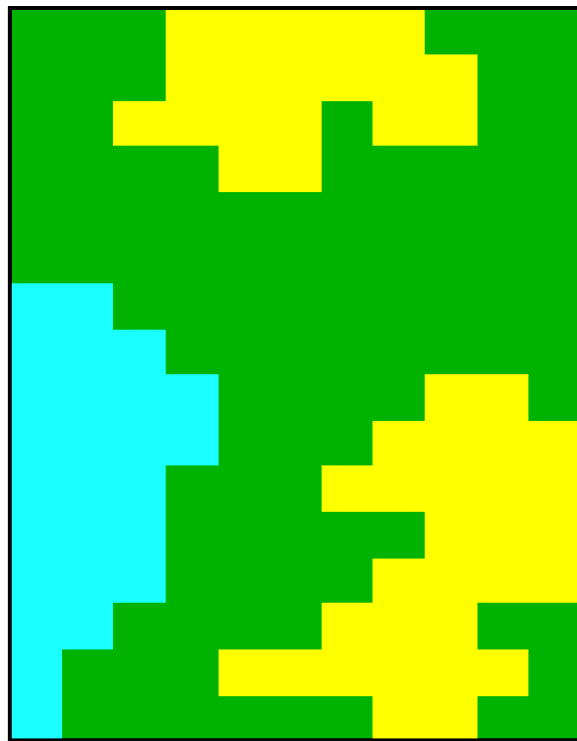


Supervised classification (2/2)



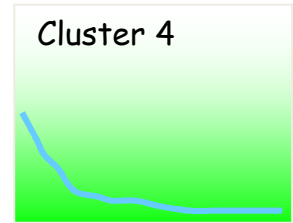
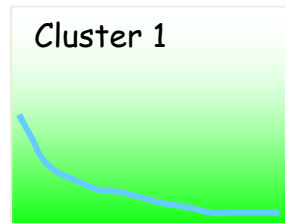
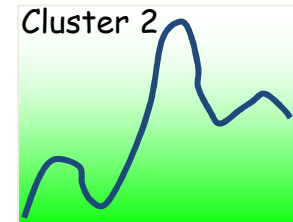
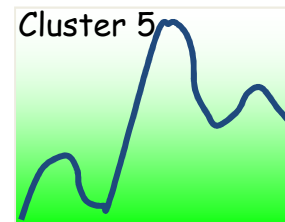
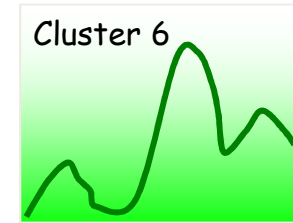
Un-Supervised classification (1/3)

The analyst requests the computer to examine the image and extract a number of spectrally distinct clusters...



Digital Image

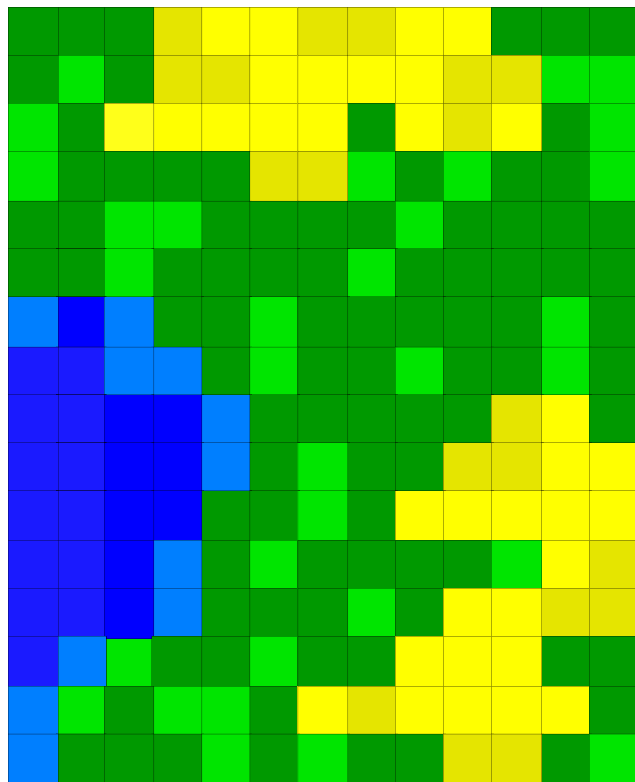
Spectrally Distinct Clusters





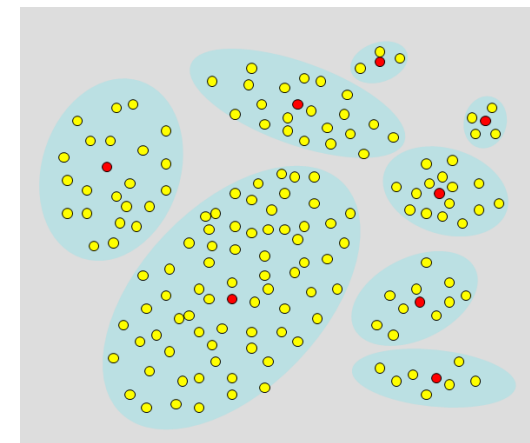
Un-Supervised classification (2/3)

Il risultato della classificazione non è ancora determinato fino a che...

..l'operatore non individual la corrispondenza fra i cluster e i dati reali a terra

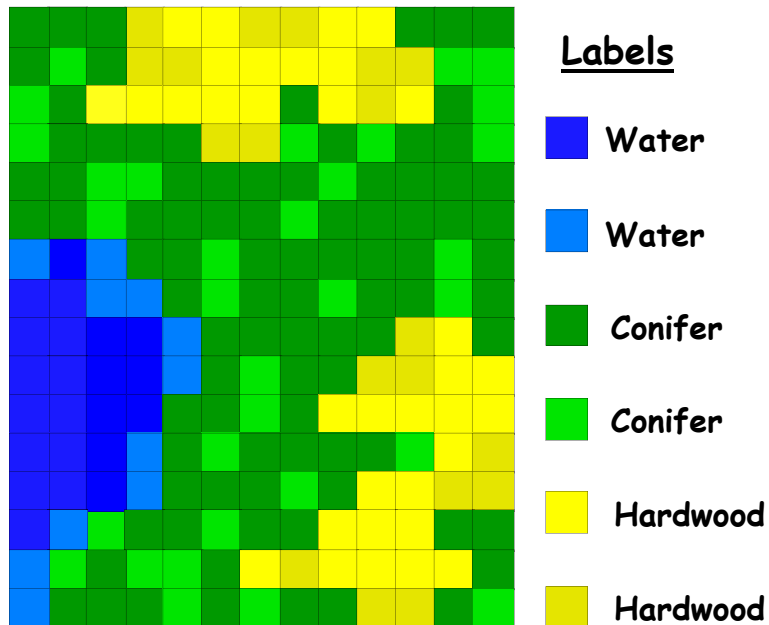


-  ??? → Water
-  ??? → Water
-  ??? → Conifer
-  ??? → Conifer
-  ??? → Hardwood
-  ??? → Hardwood

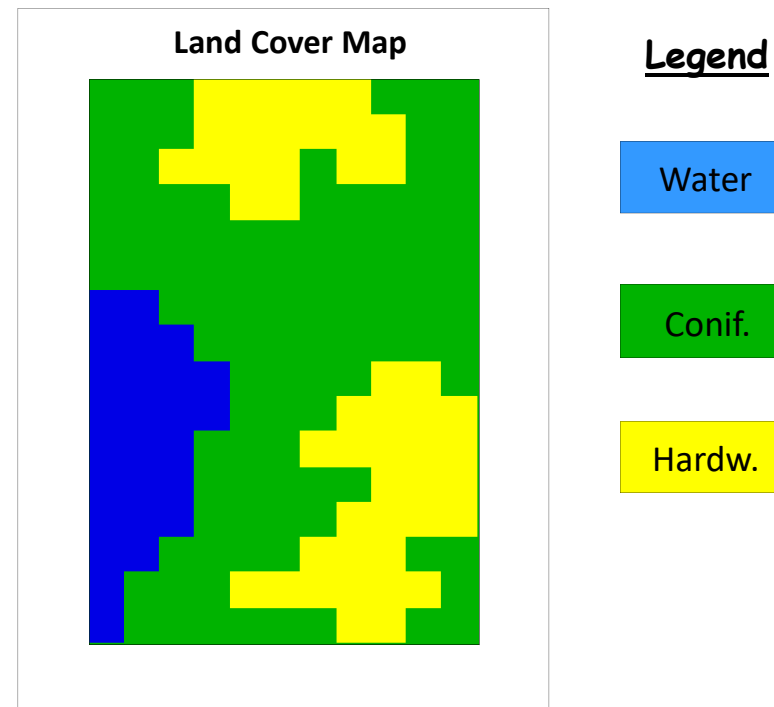


Un-Supervised classification (3/3)

È un processo semplice per raggruppare (ricodificare) i cluster in classi di informazioni significative (la legenda).



Il risultato è essenzialmente simile alla supervised ma con voci di legenda determinate dai cluster



Supervised classification

- **Vantaggi:** può classificare l'immagine secondo una classificazione esistente, possibilmente standard, ad es. USGS Land Use / Land Cover (Anderson et al., 1976) o per un uso specifico di interesse (ad esempio paludi di mangrovie, vegetazione idrofila).
- **Svantaggi:** la selezione delle aree training è soggettiva e quindi soggetta ad errore, portando errori anche di classificazione

Classificazione Un-Supervised

- **Vantaggi:**
 - Classificazione oggettiva, il computer riflette fedelmente le più importanti differenze in senso informativo-teorico, senza pregiudizi.
 - non dipende dalla selezione (possibilmente distorta) dei siti di allenamento
- **Svantaggi:** non può classificare secondo la classificazione che abbiamo in mente; Utile per definire meglio la legenda

Valutazione dell'accuratezza di una classificazione

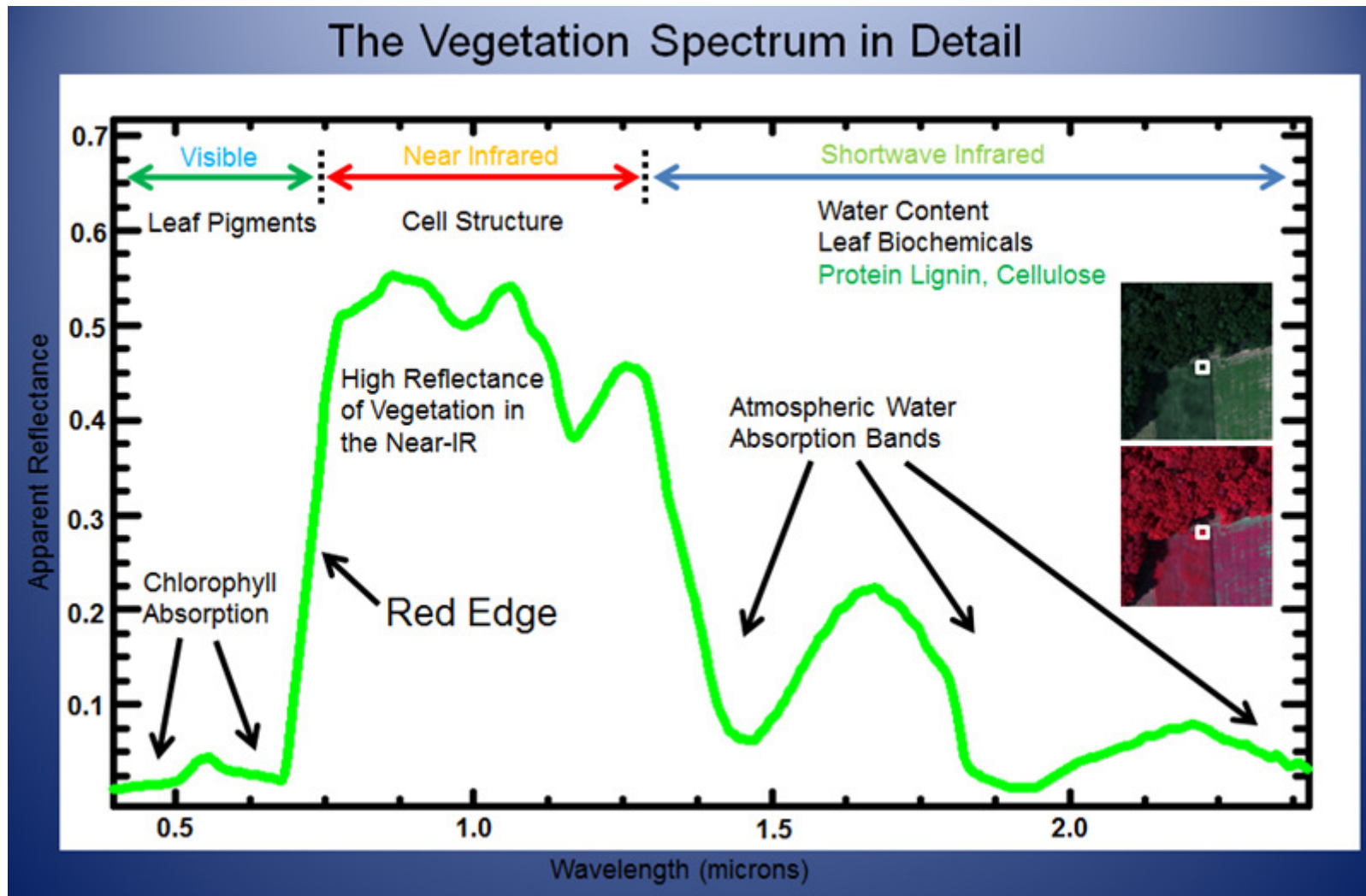
- **Confusion (error) matrix** (o anche **Contingency table**)
- la classificazione viene fornita come righe e la verifica (verità di osservata) viene fornita come colonne per ogni punto campione.

Classified Data	Samples in Test Area B							Total	User's Accuracy
	Water body [L1]	Built up [L1]	Local play area [L1]	Tree area [L1]	Grass land[L1]	Shrub & mix [L1]			
Water body[L1]	18	0	0	0	0	0	0	18	100.0%
Built up [L1]	20	50	2	1	4	18	95	100.0%	
Local Play area [L1]	0	0	4	0	1	0	5	80.0%	
Tree area [L1]	2	0	0	19	0	3	24	79.2%	
Grass land [L1]	0	0	0	0	38	0	38	100.0%	
Shrub & mix [L1]	10	0	0	30	7	29	76	58.0%	
Total	50	50	6	50	50	50			
Producer's Accuracy	36.0%	100.0%	66.7%	38.0%	76.0%	58.0%			
KIA Per Class	31.2%	100.0%	66.0%	31.6%	71.8%	40.3%			
Overall Classification Accuracy = 61.7% Kappa statistic = 52.6%									

Indici di vegetazione

- Un indice di vegetazione è una semplice formula matematica utilizzata per stimare la probabilità che la vegetazione cresca attivamente al momento dell'acquisizione dei dati
- Ampiamente usato per diversi decenni
- Sono stati sviluppati nuovi indici di vegetazione più sensibili

Vegetation indexes

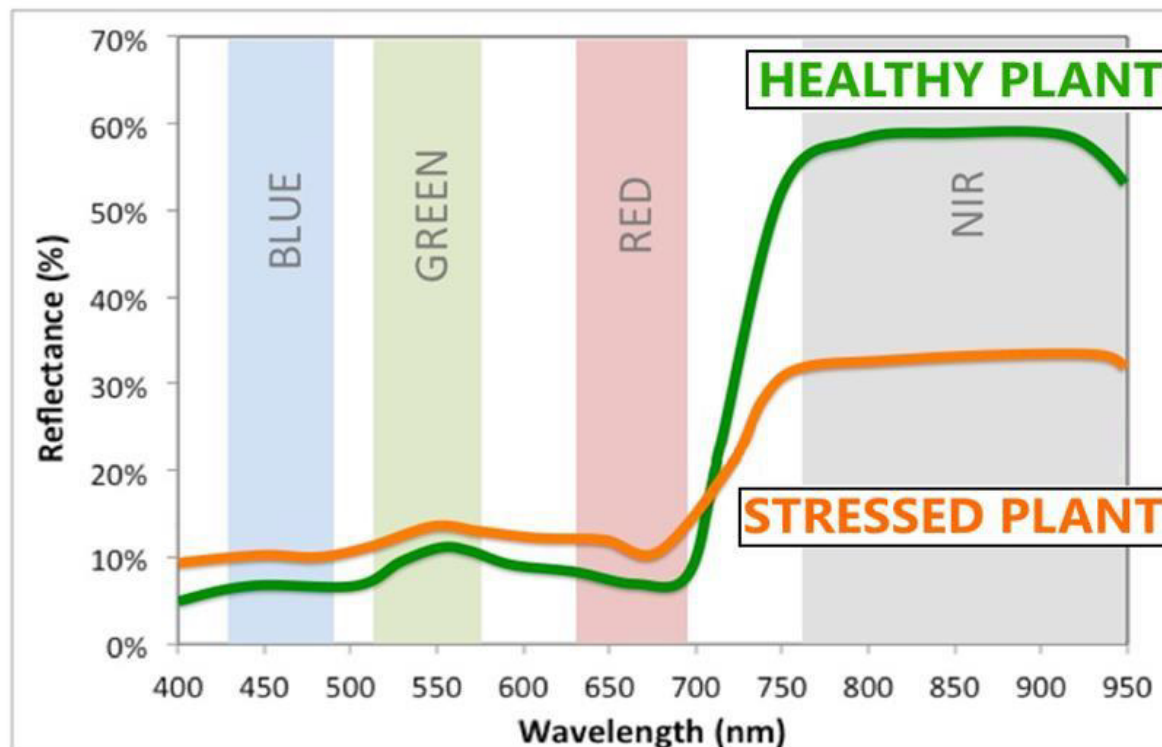


NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

Differenzia la **riflettanza nella banda del rosso** nel visibile (R_R) e **vicino infrarosso** (R_{NIR}). E' sensibile all'attività fotosintetica e alla vegetazione, definita come Photosynthetic Active Biomass (PAB)

La vegetazione mostra NDVI positivi, generalmente tra 0.2 e 0.8

$$NDVI = (R_{NIR} - R_R) / (R_{NIR} + R_R)$$



PIANTE SANE riflettono poco nel visibile (RED) e una grande parte della luce vicino infrarosso (NIR)

PIANTE STRESSATE riflettono un po' più nel visibile (RED) e un po' meno nel vicino infrarosso (NIR)

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}}$$

ρ_{red} = Reflectance in red channel

ρ_{NIR} = Reflectance in NIR channel

Vegetazione sana ha un alto valore di NDVI

Vegetazione stressata basso valore di NDVI

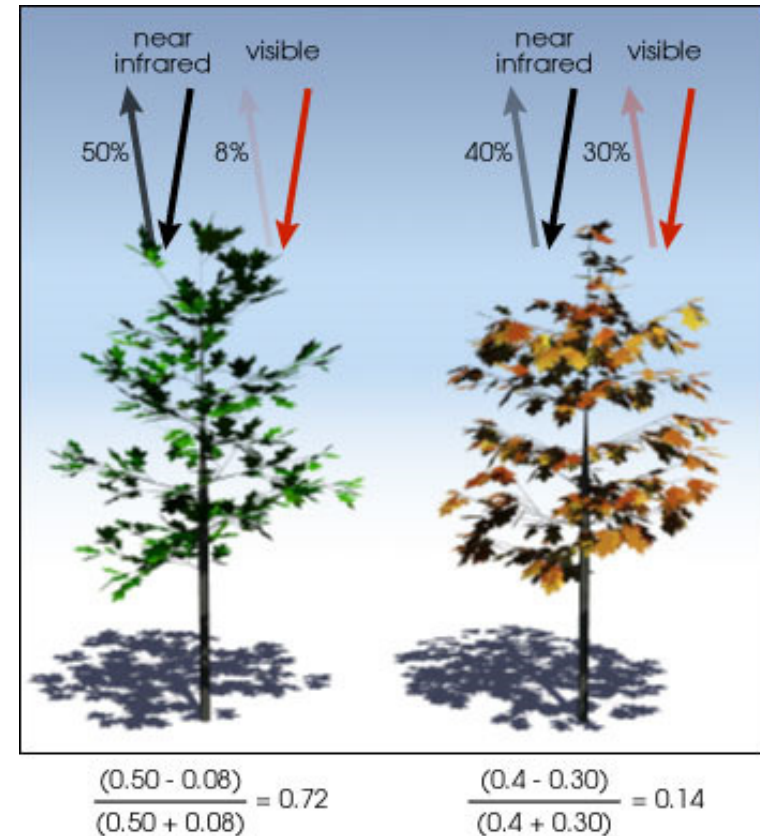
Roccia nuda, il suolo ha NDVI vicino allo zero

La neve produce valori negativi di NDVI

Le nuvole producono valori da bassi a negativi di NDVI

NDVI varia da -1 a 1

Altamente correlato a LAI, NPP, biomassa



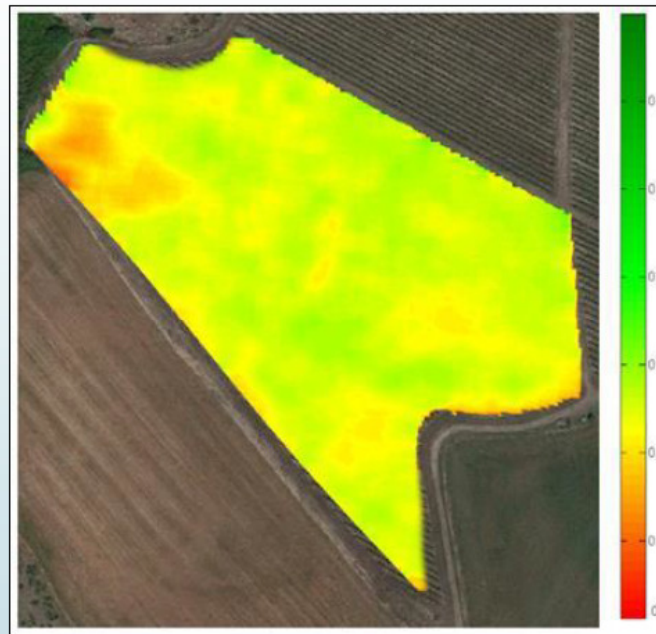
MAPPE DI VIGORE

Analisi della variabilità spaziale - VIGORE

Mosaico multispettrale



3D model

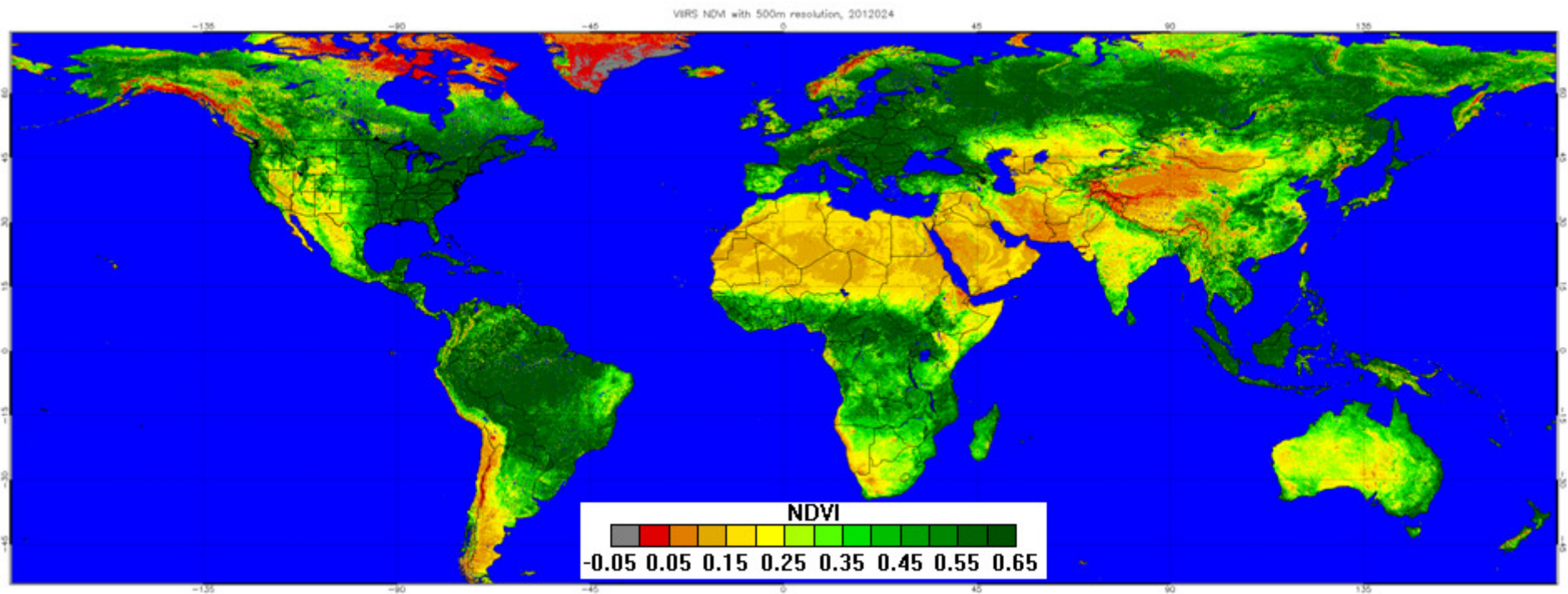


Mappa di vigore (NDVI) – filtro filari

Mappa di vigore (NDVI)



NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



Altri indici di vegetazione applicati in AP

- **TSAVI** = Transformed Soil Adjusted Vegetation Index
- **SAVI** = Soil Adjusted Vegetation Index

Formula più complessa, servono a stimare la vigoria della vegetazione minimizzando l'effetto radiativo del suolo

- **GEMI** = Global Environmental Monitoring Vegetation Index
- Minimizza l'effetto dell'atmosfera*

Principali SW nel telerilevamento

- ERDAS IMAGINE®



- IDRISI®



- Qgis/GRASS (opensource)



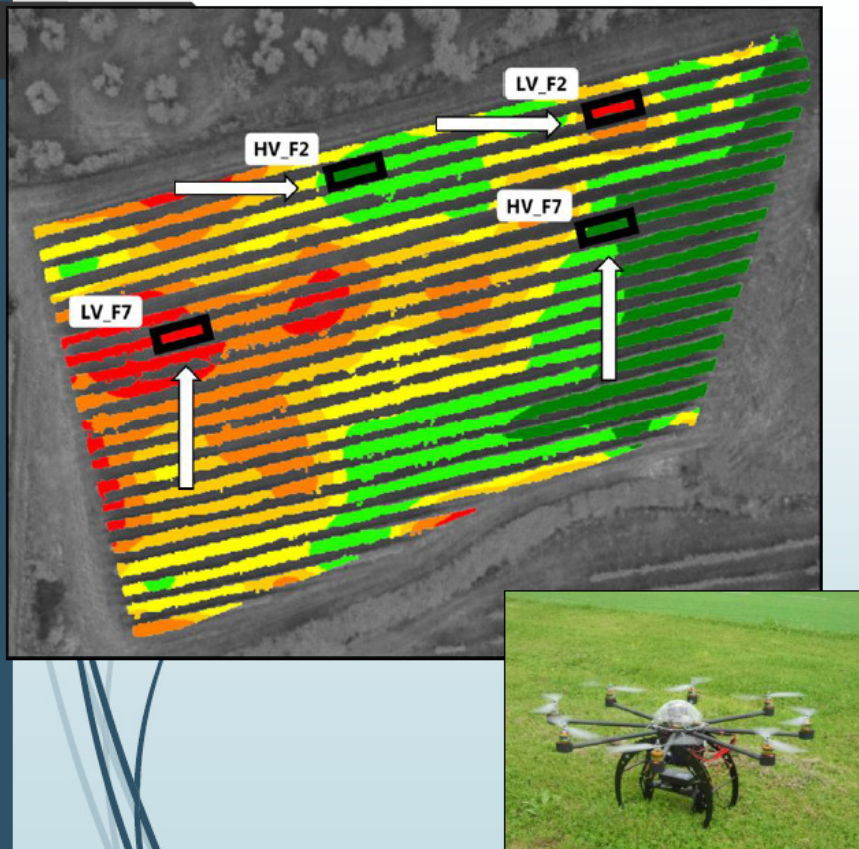
Vantaggi del Telerivamento

- Metodo relativamente economico e rapido per acquisire informazioni aggiornate su una vasta area geografica.
- Metodo economico e rapido per costruire mappe di base in assenza di rilievi territoriali dettagliati.
- Facile da manipolare con il computer e combinare con altre coperture geografiche nel GIS
- **Rilevamento multi-temporale**
- **Previsionale se associato a modelli**
- **OTTIMIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI**

Svantaggi telerilevamento

- Non sono campioni diretti del fenomeno, quindi devono essere calibrati rispetto alla realtà (l'errore di classificazione del 10% è molto valido)
- Fenomeni distinti possono essere confusi se sembrano uguali al sensore, causando un errore di classificazione. Importante la scelta delle bande (i.e. sensore).
- I fenomeni che non dovevano essere misurati (per l'applicazione in corso) possono interferire con l'immagine e devono essere presi in considerazione. Esempi per la classificazione della copertura del suolo: vapore acqueo atmosferico, sole contro ombra (usare indici giusti).
- La risoluzione delle immagini satellitari è troppo grossolana per una mappatura dettagliata e per distinguere le piccole aree di contrasto. Tuttavia, i nuovi satelliti o sensori su droni risolvono questo problema

REMOTE SENSING



PROXIMAL SENSING

Caratterizzazione della variabilità

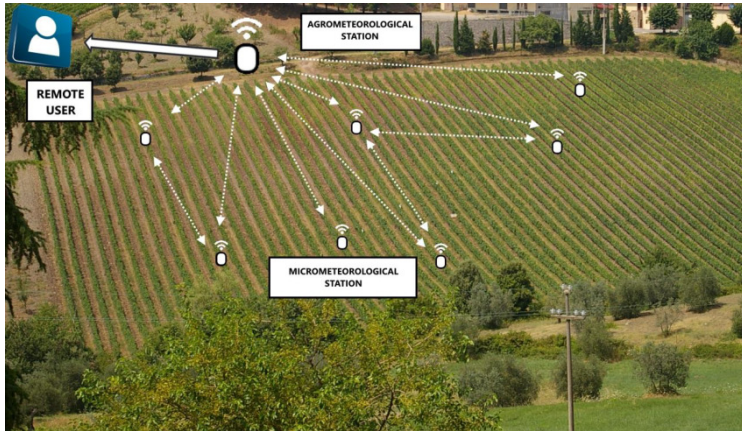
Dislocazione sensoristica in zone rappresentative

Temperature
MicroProbe
(GMR Strumenti)

Temperatura del
grappolo

Temperatura e
umidità della chioma

PROXIMAL SENSING



Proximal Crop reflectance sensor

Quality sensors

SPECTRON™
Pellenc, IRSTEA, IFV



Qualiris grappe™



Multiplex™
Force-A



IL PROCESSO IN AP

SPUNTO DI RIFLESSIONE: Esperienze di elaborazioni immagini ?
POST-PROCESSING

MAPPE (dal dato alla mappa di prescrizione)

TIPOLOGIA DI DATI

- Punti di campionamento
- Raster

TIPOLOGIA DI INTERPOLAZIONE

- Media mobile
- IDW
- Kriging

TIPOLOGIA DI CLASSIFICAZIONE

- Quantile, std, equal interval
- Clustering (Fuzzy K-means)
- Factorial kriging

TIPOLOGIA DI PRESCRIZIONE

- Interpretazione agronomica
- Algoritmi commerciali (Trimble, Agco, Cropcircle)

Dataset

Mappa tematica

Management Zones

Mappa di prescrizione

