Applicazioni di Telerilevamento per studi agronomici

Dott. Mirco Boschetti

20 novembre 2006

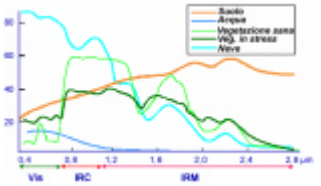
Il telerilevamento: aspetti teorici e applicazioni agronomiche

1° ora

Principi e peculiarità TLR

Risposta spettrali della superfici

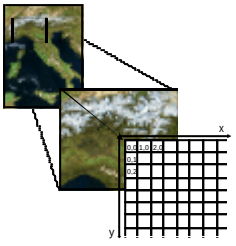
- Il comportamento della vegetazione
- Influenza dei parametri biofisici



2° ora

Cos'è un'immagine **ENVI**

- Visualizzazione ed elaborazione
- Risoluzione spettrale e spaziale



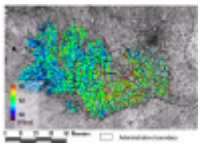
Dalle immagini alle mappe

- Classificazioni
- Estrazione di parametri
- Monitoraggio

3° ora

Applicazioni

Scala globale



Scala regionale

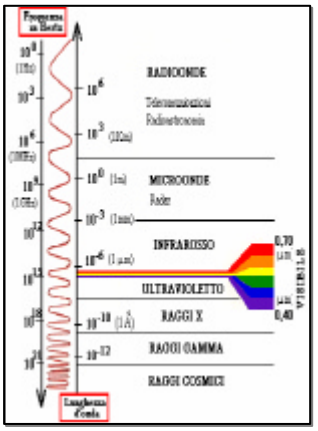
Scala locale

20 novembre 2006

boschetti.m@irea.cnr.it

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

Principi e peculiarità



- Breve descrizione dei principi di Telerilevamento, delle peculiarità dei dati da aereo e da satellite
- Descrizione delle caratteristiche spettrali della vegetazione
- Accenni al corretto utilizzo quantitativo dei dati per l'estrazione di parametri relativi alla vegetazione

boschetti.m@irea.cnr.it

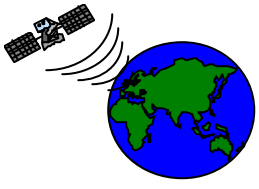
Il telerilevamento: aspetti teorici e applicazioni agronomiche

Il Telerilevamento come strumento di ricerca e gestione 1/4

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

Il telerilevamento è quell'insieme di tecniche e metodi di osservazione a distanza, sia da terra, aereo e satellite, per il rilievo delle caratteristiche fisiche delle superfici naturali, finalizzate allo studio dell'habitat e del territorio

Oggi rappresenta sia uno strumento di analisi e ricerca scientifica a servizio delle scienze ambientali sia un nuovo approccio per la conoscenza fisica del territorio e dell'ambiente a supporto della pianificazione territoriale e del monitoraggio ambientale

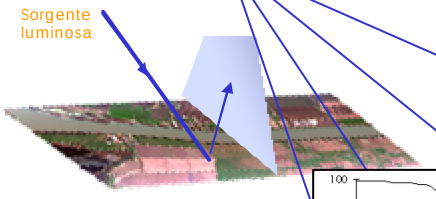


20 novembre 2006
boschetti.m@irea.cnr.it

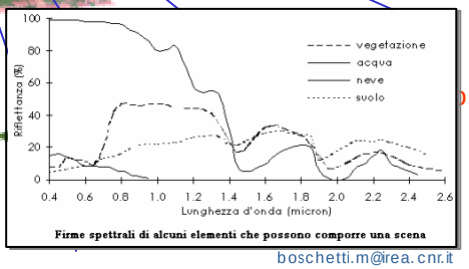
Principi di TLR: interazione materia energia 2/4

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

Il TLR si basa quindi sulla misurazione dell'energia elettromagnetica che giunge al sensore dopo l'interazione con la superficie indagata:



Gli oggetti infatti interagiscono con Energia elettromagnetica riflettendo assorbendo ed emettendo in maniera diversa alle diverse lunghezze d'onda



Firme spettrali di alcuni elementi che possono comporre una scena

Il telerilevamento: aspetti teorici e applicazioni agronomiche

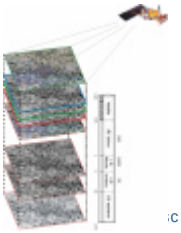
Peculiarità del Telerilevamento 3/4

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

- Visione sinotica dall'alto del territorio

- Osservazione, analisi e un monitoraggio multitemporale

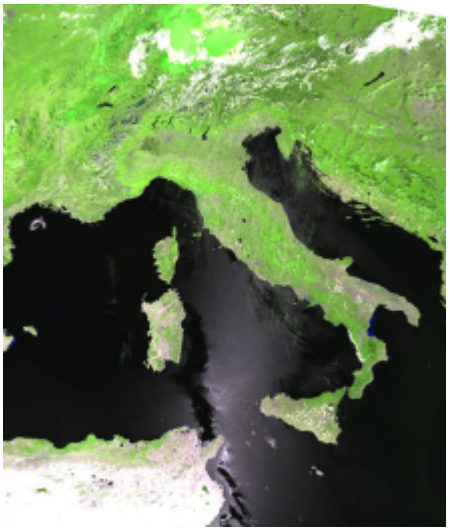
- Visione multispettrale dell'oggetto indagato



Peculiarità del Telerilevamento 3/4

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

- Visione sinotica dall'alto del territorio
- Osservazione, analisi e un monitoraggio multitemporale
- Visione multispettrale dell'oggetto indagato



MODIS 25/04/05

boschetti.m@irea.cnr.it

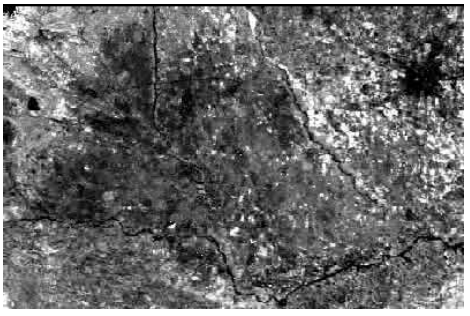
Il telerilevamento: aspetti teorici e applicazioni agronomiche

Peculiarità del Telerilevamento 3/4

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

- Visione sinotica dall'alto del territorio
- Osservazione, analisi e un monitoraggio multitemporale
- Visione multispettrale dell'oggetto indagato

Andamento NDVI stagione 2004



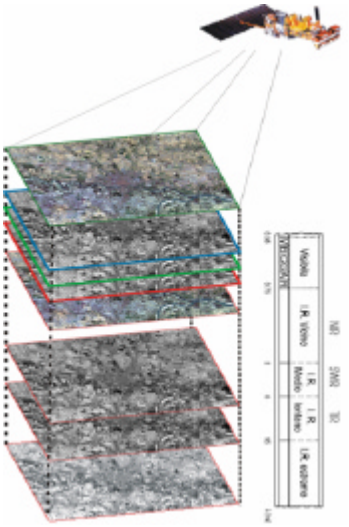
(Fonte: USGS)

20 novembre 2006
boschetti.m@irea.cnr.it

Peculiarità del Telerilevamento 3/4

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

- Visione sinotica dall'alto del territorio
- Osservazione, analisi e un monitoraggio multitemporale
- Visione multispettrale dell'oggetto indagato

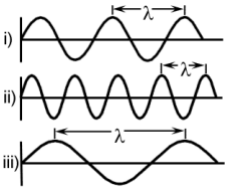


boschetti.m@irea.cnr.it

Energia elettromagnetica e regioni spettrali 1/3

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

- Lunghezza d'onda (*l*): distanza tra due massimi o due minimi di un'onda



- Frequenza (*n*): numero di onde complete che passano per un punto nell'unità di tempo
- Periodo (T): tempo necessario affinché un'onda completa passi per un punto

$$T = \frac{1}{n}$$

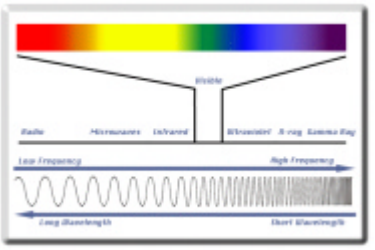
boschetti.m@irea.cnr.it

Energia elettromagnetica e regioni spettrali 1/3

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

Visibile (0.4 – 0.7 mm)

blu: 0.455– 0.492 mm
verde: 0.492 – 0.577 mm
giallo: 0.577 – 0.597 mm
rosso: 0.622 – 0.700 mm



Infrarosso vicino (0.7 – 3 mm)

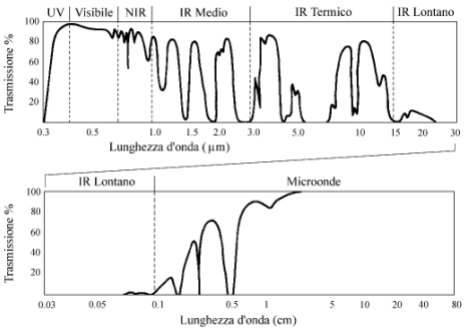
Infrarosso medio (3 – 6 mm)

Infrarosso termico (6 – 20 mm)

Il telerilevamento: aspetti teorici e applicazioni agronomiche

Energia elettromagnetica e regioni spettrali 1/3

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri



L'infrarosso vicino (NIR) si comporta come la radiazione visibile, viene riflesso dalla superficie terrestre e può essere rilevato da speciali pellicole fotografiche. Viene chiamato anche infrarosso riflesso

L'infrarosso medio (SWIR) viene sia riflesso che emesso mentre il termico (TIR) viene emesso dalla superficie terrestre e per questo viene anche detto infrarosso emesso.

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

La risposta spettrale delle vegetazione

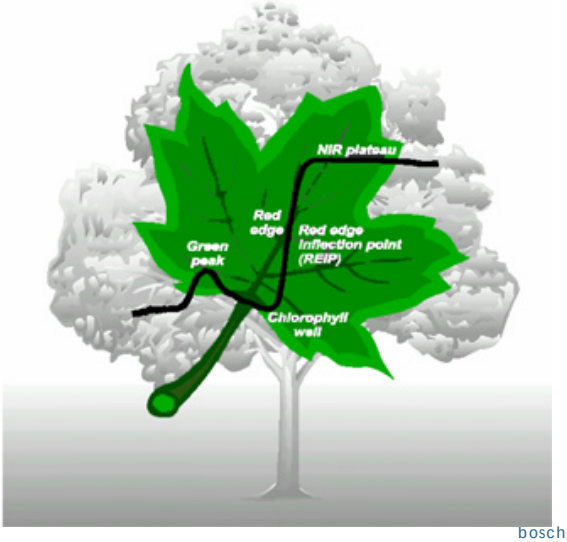
- La risposta della vegetazione
- Caratteristiche delle spettro in funzione delle caratteristiche di foglia e pianta
- Andamento spettrale di una coltura
- Indici di Vegetazione e relazione con parametri

boschetti.m@irea.cnr.it

Il telerilevamento: aspetti teorici e applicazioni agronomiche

La risposta della vegetazione

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri



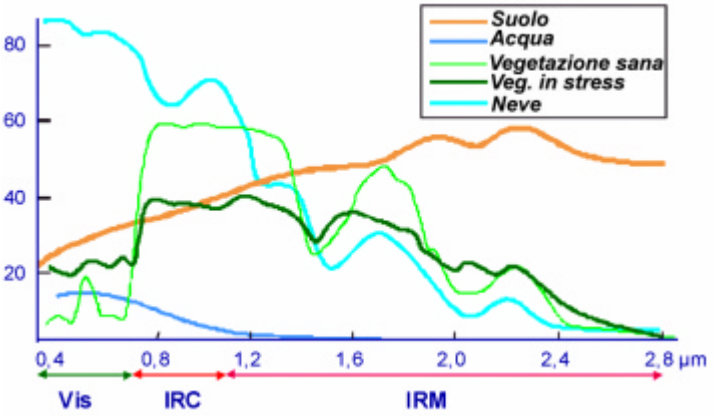
20 novembre 2006

boschetti.m@irea.cnr.it

La risposta spettrale delle superfici

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

E' possibile discriminare in un immagine un gran numero di elementi (suolo, vegetazione, acqua ecc.) e di riconoscere le loro caratteristiche (umidità, stato di salute, concentrazione dei nutrienti ecc.) analizzando il diverso comportamento spettrale nelle varie lunghezze d 'onda ovvero la loro firma spettrale



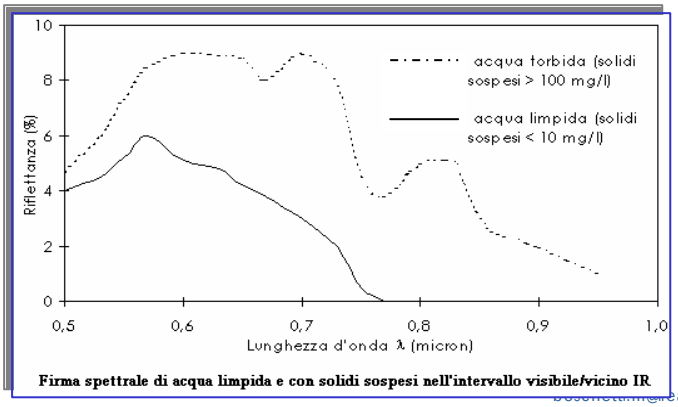
boschetti.m@irea.cnr.it

Il telerilevamento: aspetti teorici e applicazioni agronomiche

La risposta spettrale: informazioni quantitative

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

La firma dell'acqua è caratterizzata dal forte assorbimento nell'intervallo dell'infrarosso, questa proprietà ne consente una chiara identificazione nelle immagini. Le firme spettrali portano con se anche **informazioni quantitative**. Osservando la figura si nota il diverso comportamento spettrale dell'acqua in funzione della concentrazione dei solidi sospesi. Dall'analisi delle immagini si può così ricavare un parametro quantitativo



Firma spettrale di acqua limpida e con solidi sospesi nell'intervallo visibile/vicino IR

M.A. Gomarasca, 1998

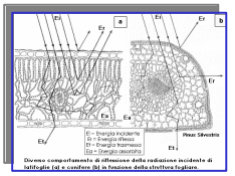
boschetti.m@irea.cnr.it

La risposta spettrale della vegetazione 1/7

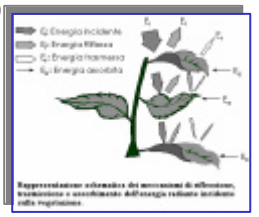
Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

Il comportamento spettrale della vegetazione dipende principalmente da due fattori:

- le caratteristiche chimico/fisiche delle foglie e delle altre componenti della pianta
  - Contenuto di clorofilla
  - Struttura cellulare
  - Contenuto d'acqua



- l'aggregazione dei singoli elementi (foglie, rami) e la struttura complessiva della pianta (*canopy*)
  - Gradi di copertura
  - Quantità di biomassa verde
  - Architettura delle chiome
  - Presenza e tipologia di background (suolo e infestanti)
  - Fenologia
  - Stato di salute
  - Fattori esterni (morfologia, geometria sorgente-oggetto-sensore, atmosfera…)



M.A. Gomarasca, 1998

boschetti.m@irea.cnr.it

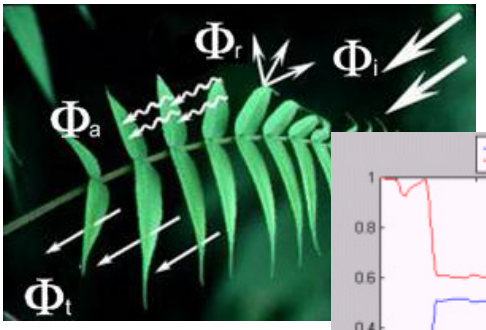
Il telerilevamento: aspetti teorici e applicazioni agronomiche

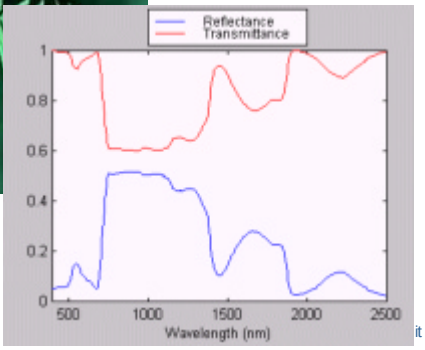
La risposta spettrale della vegetazione 2/7

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

Interazione vegetazione e risposta spettrale

- Le superfici riflettono, trasmettono e assorbono la radiazione incidente





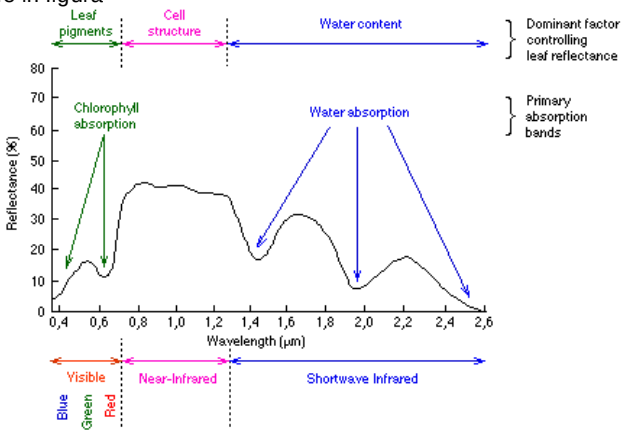
it

La risposta spettrale della vegetazione 3_1/7

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

• **I pigmenti** fogliari assorbono nelle lunghezze d'onda del blu e del rosso e riflettono in quelle del verde ed è proprio per questo che i nostri occhi identificano la vegetazione di questo colore

• **La struttura** della vegetazione comporta invece che questa rifletta altamente nell'infrarosso vicino determinando un tipico *platò* nella firma come in figura



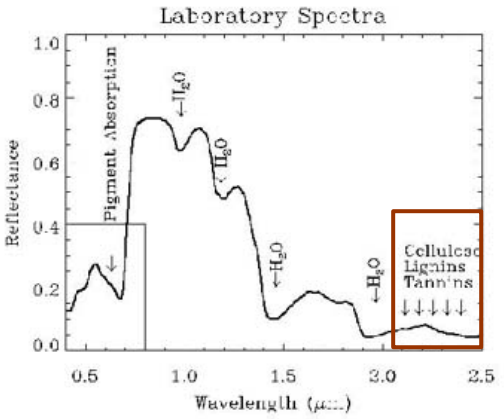
)irea. cnr.it

La risposta spettrale della vegetazione 3_2/7

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

• **Il contenuto d'acqua** influenza la risposta spettrale per lunghezze d'onda maggiori

• Nella firma si riconoscono infatti i tipici intervalli di assorbimento



• **Chimismo** e strutture cellulari della foglia

• cellulosa

• Lignina

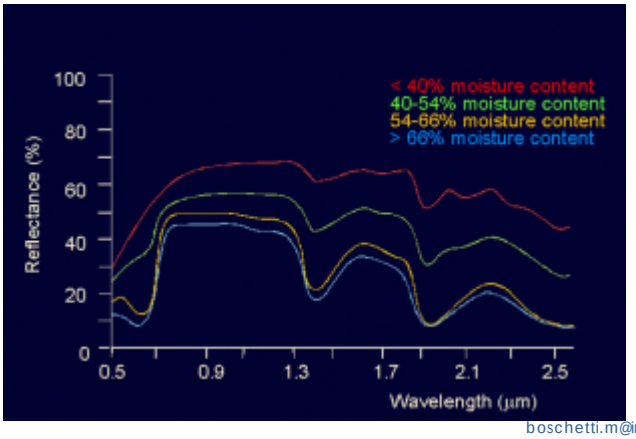
• etc.

boschetti.m@irea. cnr.it

La risposta spettrale: della vegetazione 4/7

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

- Le risposte spettrali diventano a tutti gli effetti importanti indicatori dello stato della pianta.
- In stress idrico si ha un innalzamento generale dei valori di radiazione riflessa, maggiore nelle bande di assorbimento dell'acqua

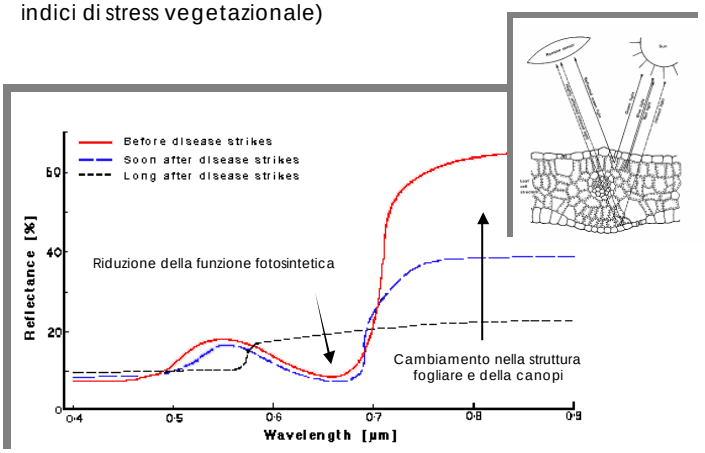


boschetti.m@irea.cnr.it

La risposta spettrale: della vegetazione 5/7

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

- Dallo studio di queste caratteristiche si possono ricavare informazioni sullo stato della vegetazione ed elaborando le immagini si possono definire bioindicatori di qualità (potenziali indici di stress vegetazionale)

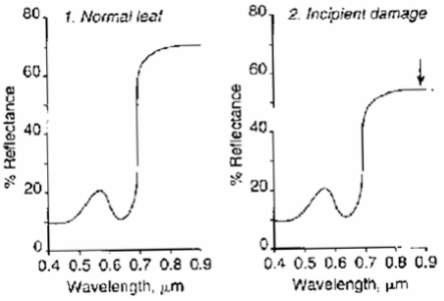


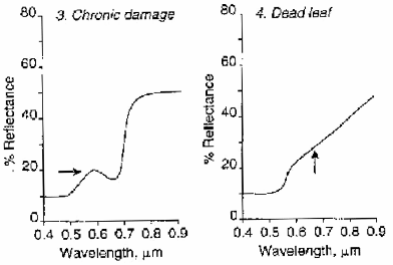
boschetti.m@irea.cnr.it

La risposta spettrale: della vegetazione 6/7

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

- Le firme infatti cambiano al momento del manifestarsi di una patologia e portano l'informazione sul suo decorso



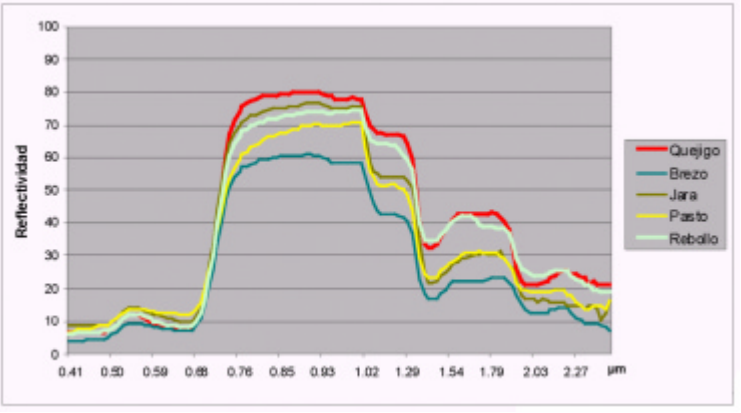


boschetti.m@irea.cnr.it

La risposta spettrale: della vegetazione 7/7

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

- Pur riconoscendo un andamento caratteristico le differenti specie avranno firme spettrali tipiche
- Grazie a questa caratteristica è possibile identificarle in un'immagine ovvero creare delle mappe di distribuzione

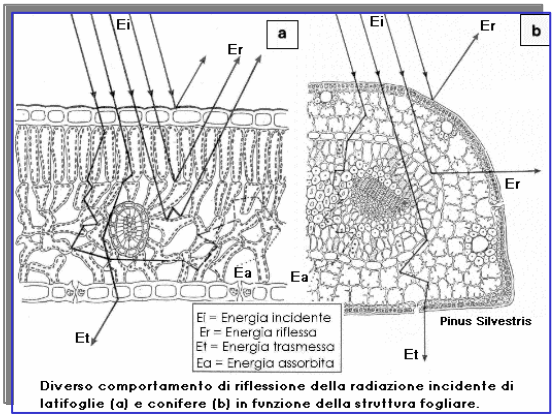


boschetti.m@irea.cnr.it

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

La foglia

chimismo e struttura



Diverso comportamento di riflessione della radiazione incidente di latifoglie (a) e conifere (b) in funzione della struttura fogliare.

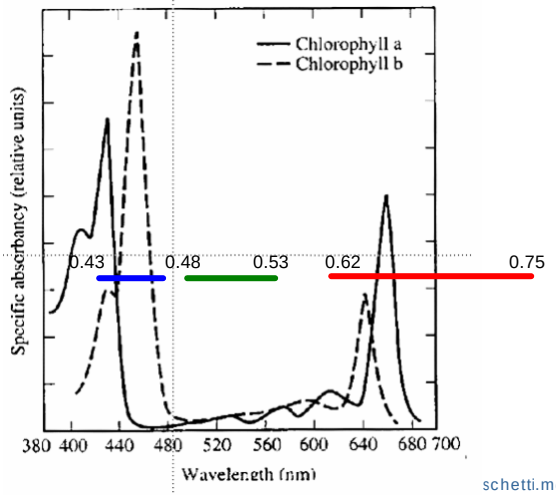
boschetti.m@irea.cnr.it

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

Il comportamento spettrale della foglia 1/5

La foglia: il chimismo

- L'assorbimento dei pigmenti clorofilliani ha un andamento tipico i picchi caratteristici risiedono nelle regioni del blu e del rosso



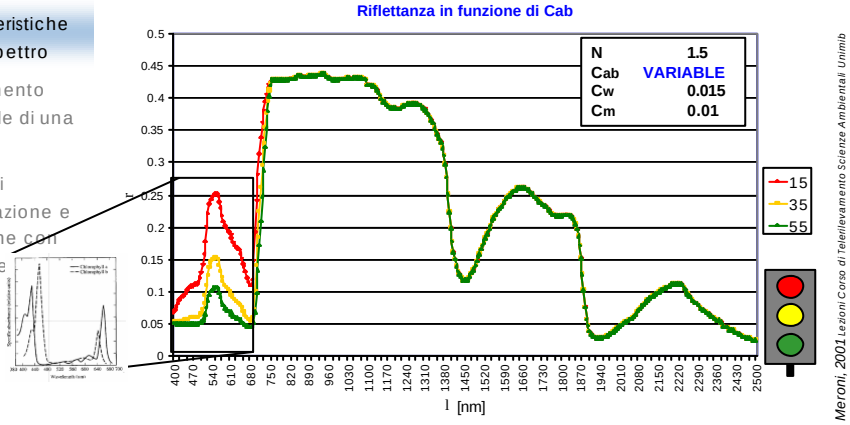
schetti.m@irea.cnr.it

La risposta spettrale della foglia 2/5

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parame

Il chimismo della foglia

- Il grafico mostra l'andamento delle firme spettrali della vegetazione al variare del contenuto di **clorofille**



Le firme sono i risultati del modello (PROSPECT) del comportamento della foglia

M. Meroni, 2001 Lezioni Corso di Telerilevamento Scienze Ambientali Unimib
boschetti.m@irea.cnr.it

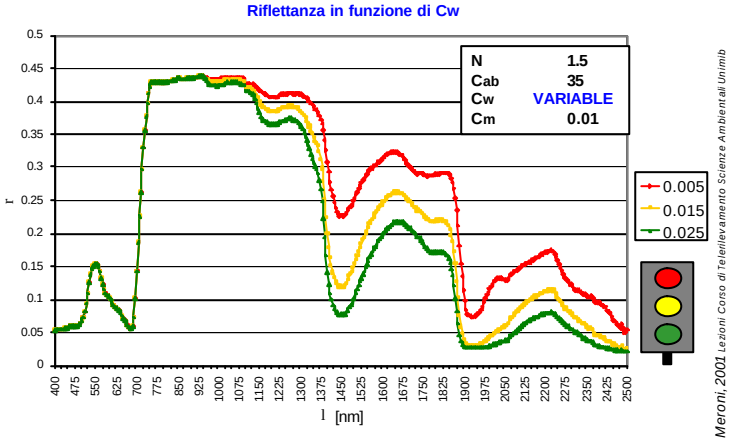
Il telerilevamento: aspetti teorici e applicazioni agronomiche

La risposta spettrale della foglia 3/5

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

Il chimismo della foglia

- Il grafico mostra l'andamento delle firme spettrali della vegetazione al variare del **contenuto d'acqua**



Le firme sono i risultati del modello (PROSPECT) del comportamento della foglia

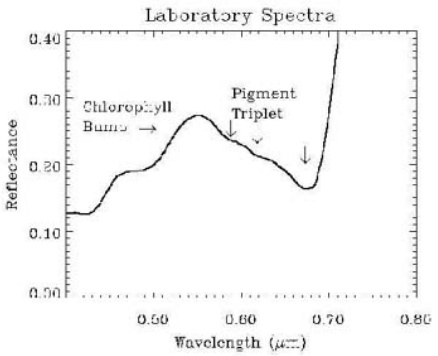
M. Meroni, 2001 Lezioni Corso di Telerilevamento Scienze Ambientali Unimib
boschetti.m@irea.cnr.it

Il comportamento spettrale della foglia 4/5

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

La foglia: la struttura

- **Epidermide** e i pigmenti sono molto trasparenti alla radiazione dell'infrarosso che raggiunge facilmente il parenchima
- Le componenti verde e gialla vengono riflesse dal **mesofillo**
- La struttura della foglia riflette le componenti dell'infrarosso vicino per il 70% la restante parte viene soprattutto trasmessa



boschetti.m@irea.cnr.it

Il comportamento spettrale della foglia 5/5

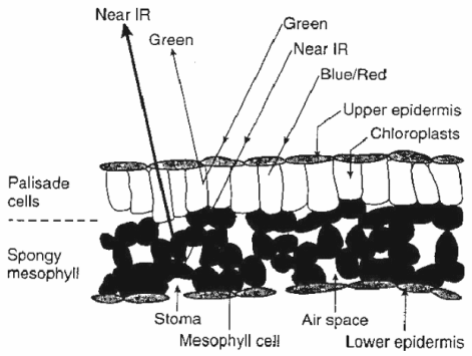
Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

La foglia: la struttura

Il **mesofillo** è più o meno sviluppato a seconda dello stati di salute, della specie e dello stato fenologico

Lo studio della riflettanza nell' IR vicino consente di discriminare:

- differenti specie,
- stadi evolutivi
- patologia nelle coltur

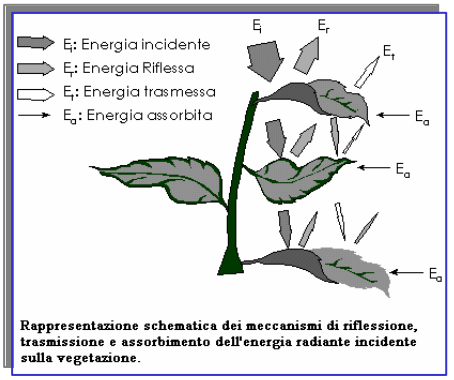


boschetti.m@irea.cnr.it

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

La struttura della pianta

- LAI
- Orientamento delle foglie



Rappresentazione schematica dei meccanismi di riflessione, trasmissione e assorbimento dell'energia radiante incidente sulla vegetazione.

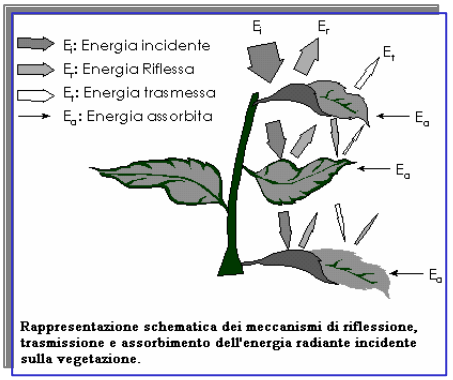
boschetti.m@irea.cnr.it

Il telerilevamento: aspetti teorici e applicazioni agronomiche

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

La struttura della pianta

- Non solo i singoli elementi, foglie, caratterizzano la risposta spettrale ma soprattutto la loro struttura
- Le immagini telerilevate forniscono infatti informazioni su aree estese. Dalla vegetazione avremo una risposta complessiva



Rappresentazione schematica dei meccanismi di riflessione, trasmissione e assorbimento dell'energia radiante incidente sulla vegetazione.

20 novembre 2006
boschetti.m@irea.cnr.it

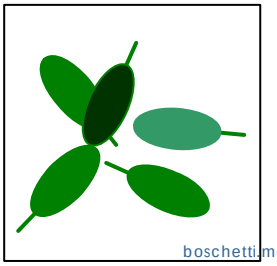
La struttura della pianta

IL LAI

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

- Il LAI, Leaf Area Index, è un indice della densità della copertura della canopy (definizione da Ecologia Forestale, M. Paci)
- Il LAI fornisce indicazioni sulla quantità di biomassa verde e permette di correlare il dato telerilevato ai processi fisici (A.M: Gomarasca)
- LAI è definito come area totale delle foglie sopra un'area di terreno ovvero

$$LAI = \frac{\text{m}^2 \text{ di area fogliare}}{\text{m}^2 \text{ di superficie di riferimento piana occupata dalla fitocenosi}}$$



boschetti.m@irea.cnr.it

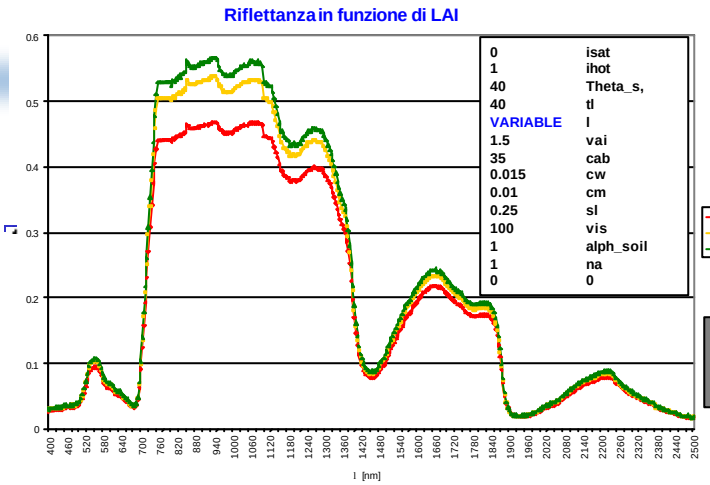
Il telerilevamento: aspetti teorici e applicazioni agronomiche

La risposta spettrale della struttura 1/2

La struttura della pianta

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

- Il grafico mostra l'andamento delle firme spettrali della vegetazione al variare **dell'indice d'area fogliare (LAI)**



Le firme sono i risultati del modello (SAIL) del comportamento della *Canopy*

boschetti.m@irea.cnr.it

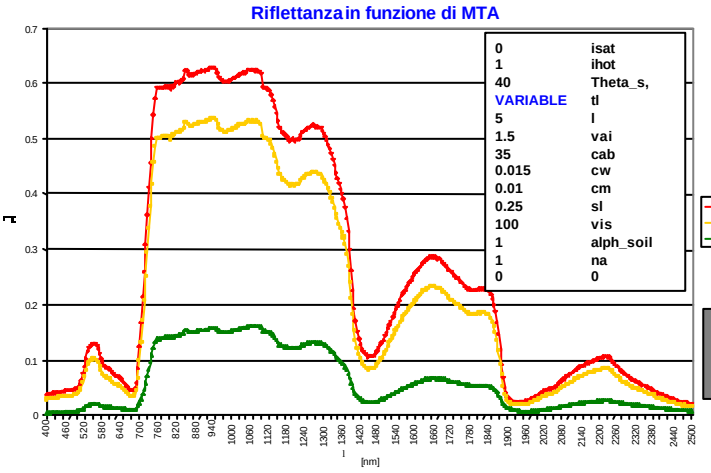
M. Meroni, 2001 Lezioni Corso di Telerilevamento Scienze Ambientali Unimib

La risposta spettrale della vegetazione 2/3

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

La struttura della pianta

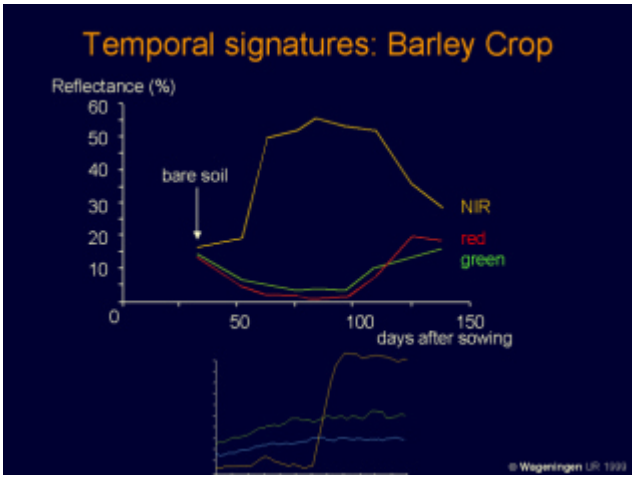
- Il grafico mostra l'andamento delle firme spettrali della vegetazione al variare **della posizione delle foglie**



Le firme sono i risultati del modello (SAIL) del comportamento della *Canopy*

La risposta spettrale della vegetazione nel tempo

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

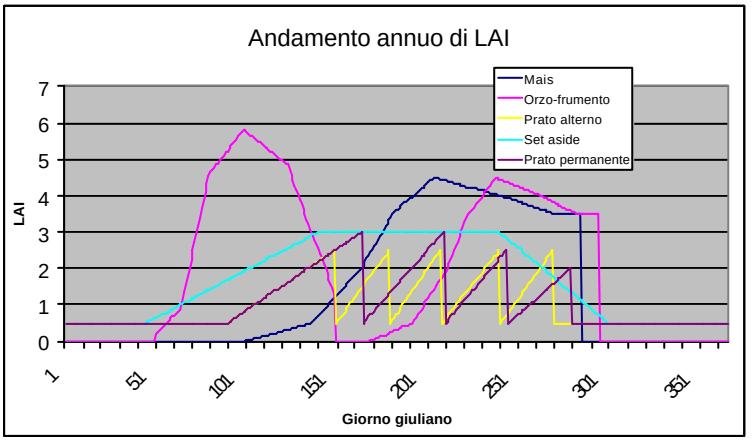


La riflessione spettrale di una coltura nel tempo varia in funzione delle pratiche agricole e della crescita della pianta.

La risposta spettrale della vegetazione nel tempo

Principi e peculiarità
La risposta della vegetazione
Caratteristiche delle spettro
Andamento spettrale di una coltura
Indici di Vegetazione e relazione con parametri

Il LAI di diverse colture (erbacee ed arboree)



boschetti.m@irea.cnr.it