

MONITORAGGIO DELLA VEGETAZIONE TRAMITE ANALISI DI PARAMETRI BIOFISICI E PROCESSI FISIologici STIMATI DA OSSERVAZIONI REMOTE

Cinzia Panigada



Lab. Telerilevamento Dinamiche Ambientali
UNIMIB-DISAT, Milano
cinzia.panigada@unimib.it
Tel. 0264482864-48

1. Premessa

2. Telerilevamento e vegetazione

- Proprietà ottiche della vegetazione
- Risoluzione strumenti
- Stima di parametri e processi fisiologici

3. Monitoraggio della Farnia (Parco Ticino)

- Obiettivo
- Area di studio
- Dati
- Risultati

4. Lo stress da ozono

- Obiettivo
- Effetti dell'ozono sulle proprietà ottiche
- Esperimento

5. Conclusioni

Monitoraggio della vegetazione

Negli ultimi decenni si è assistito ad un processo di graduale deterioramento degli ecosistemi forestali



Monitoraggio della vegetazione e del suo stato di salute allo scopo di:

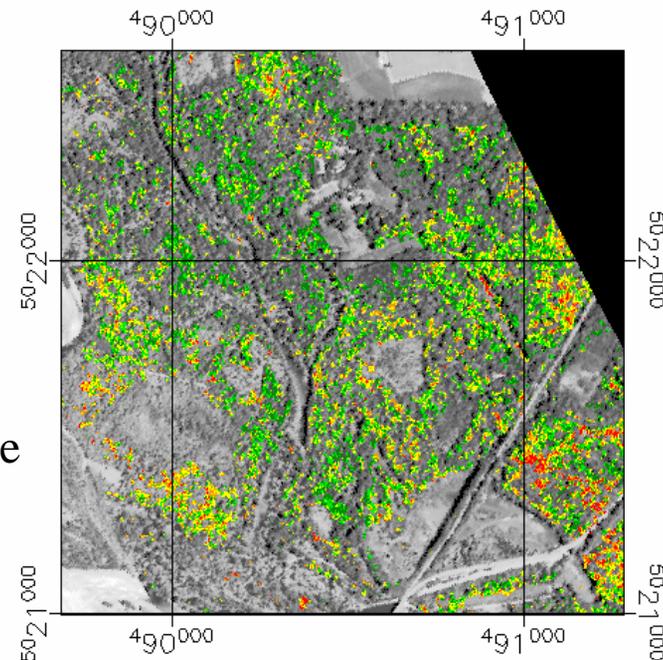
- Preservare il patrimonio forestale
- Ottenere informazioni sulla qualità dell'ambiente



Telerilevamento per il monitoraggio della vegetazione

Stima di parametri biofisici e fisiologici che aiutano a descrivere lo stato degli ecosistemi forestali

- Pigmenti fogliare
- Acqua fogliare
- LAI
- FAPAR
- Fc
- Fluorescenza
- De-epossidazione xantofille



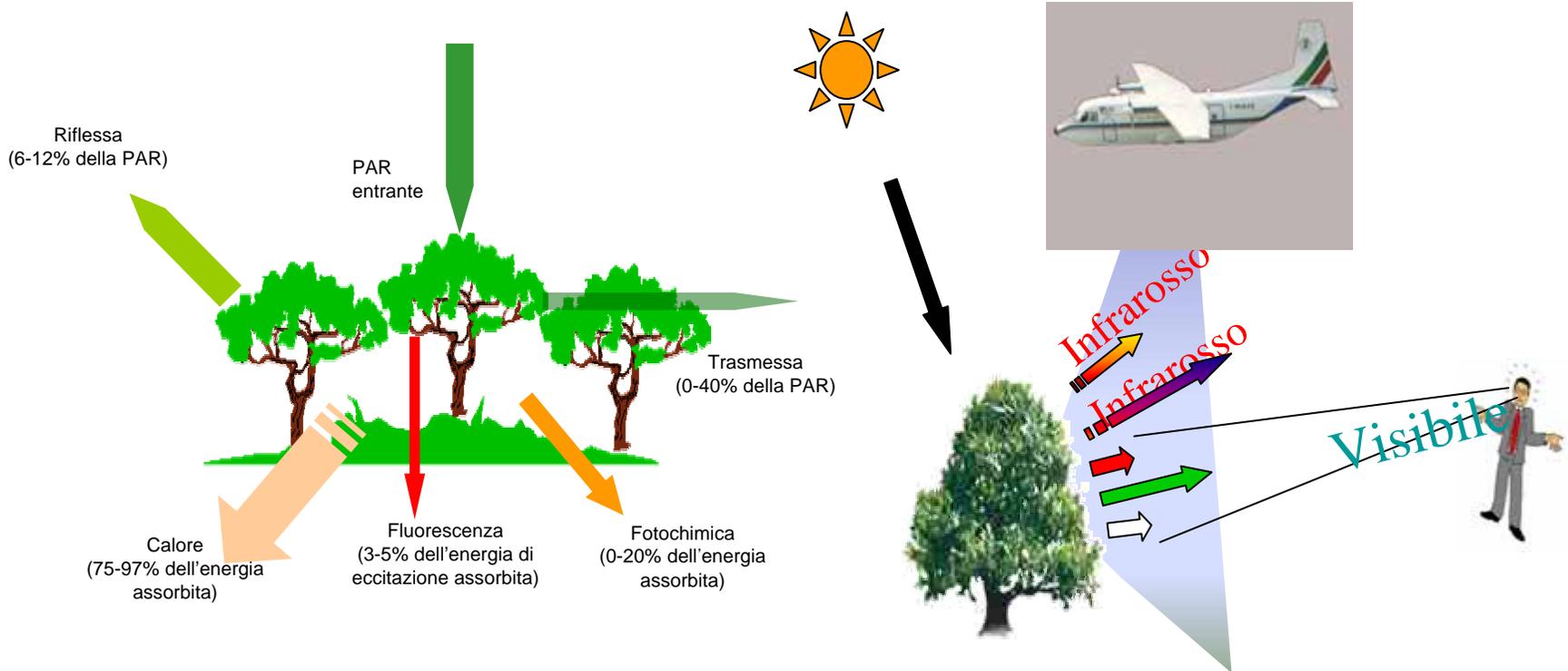
Vantaggi del telerilevamento:

1. Parametri che vanno oltre la descrizione qualitativo-visiva tradizionalmente impiegata dai forestali
2. Spazialmente distribuiti (aree di estesa dimensione)
3. Possibilità di aggiornamento delle mappe



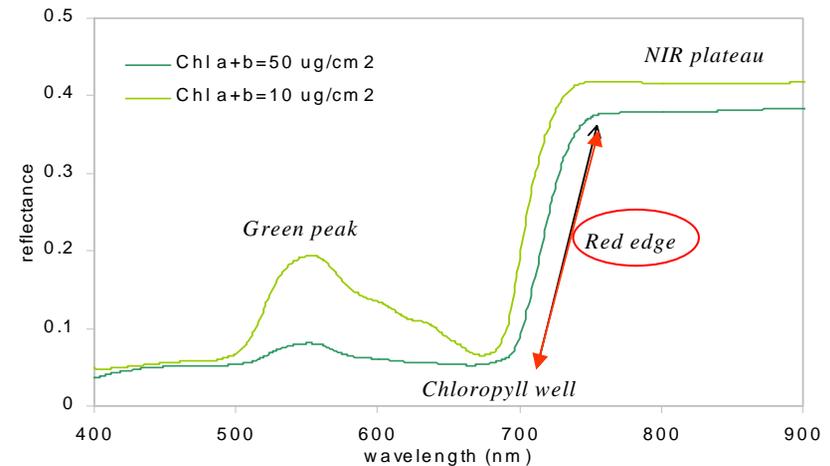
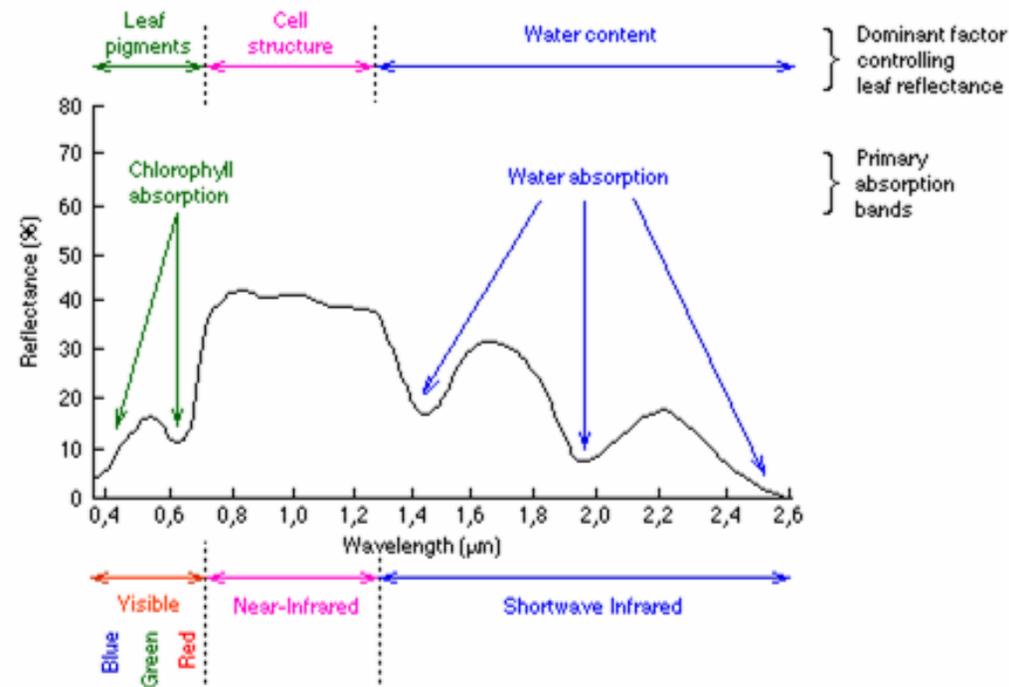
DISAT

Principi Fisici del Telerilevamento Passivo



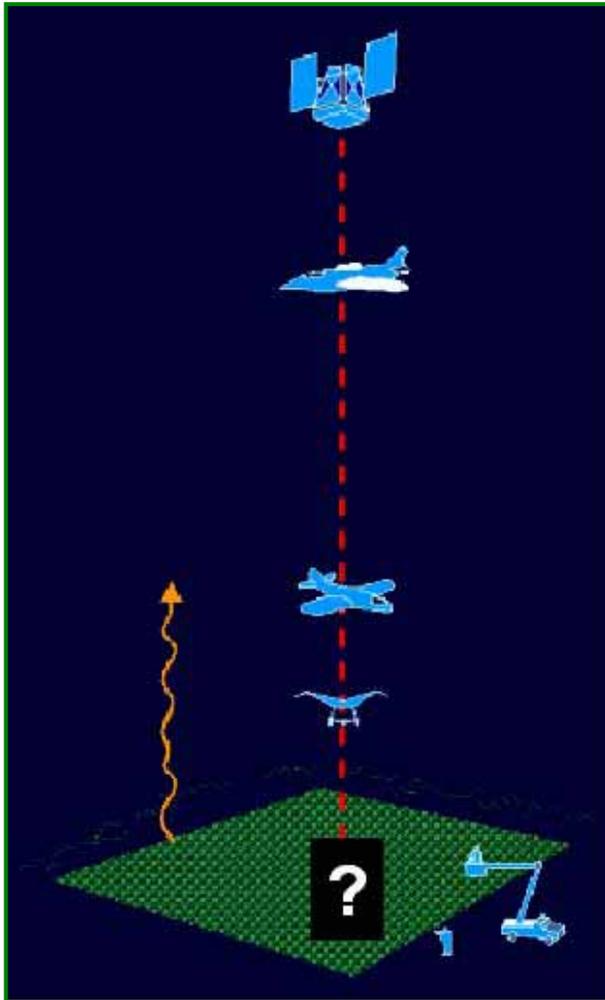
Proprietà ottiche della vegetazione

Le proprietà ottiche della vegetazione variano in funzione delle caratteristiche biochimiche, strutturali e dello stato fisiologico

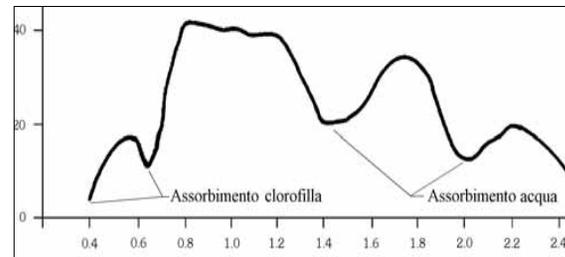


Caratteristiche del dato

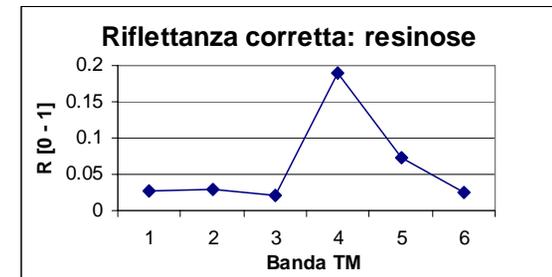
I sensori di telerilevamento acquisiscono misure a diverso grado di risoluzione



Risoluzione spaziale

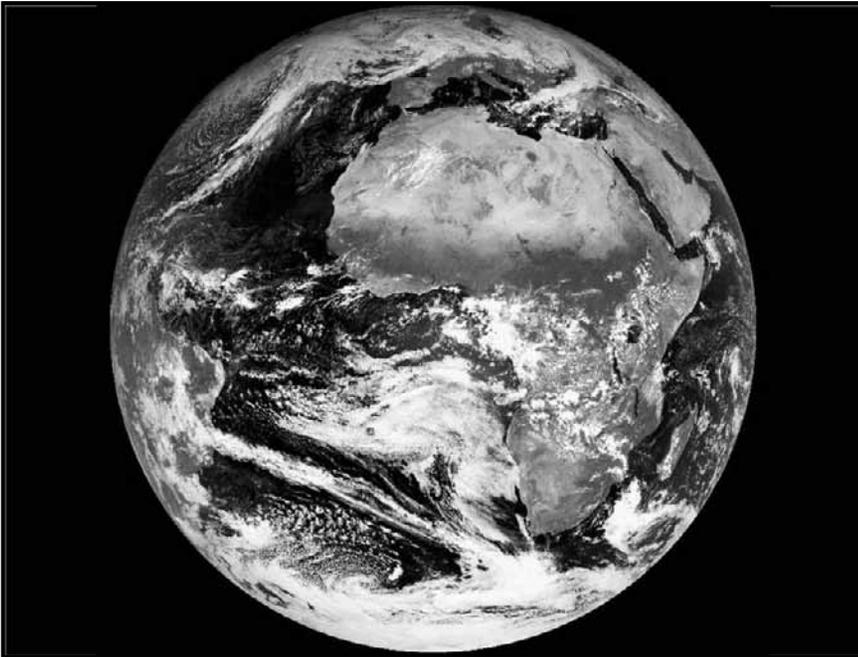


Risoluzione spettrale



Risoluzione temporale

Livelli di risoluzione



Scale Continentali e Nazionali



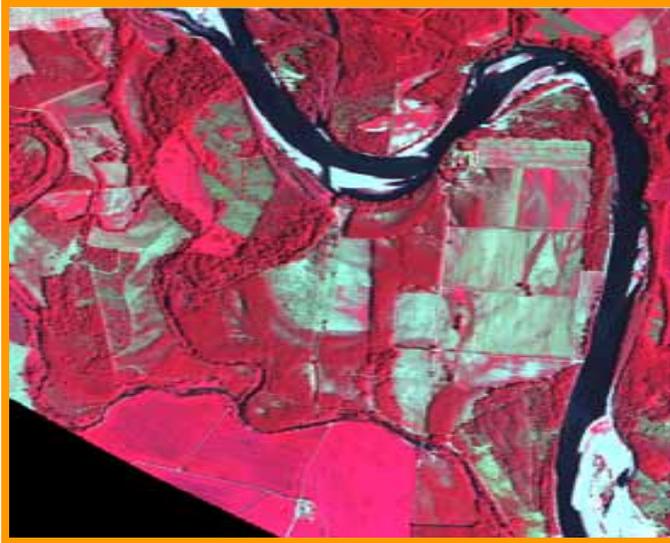
Livelli di risoluzione



Scala Regionale



Livelli di risoluzione



Scala Locale/Provinciale

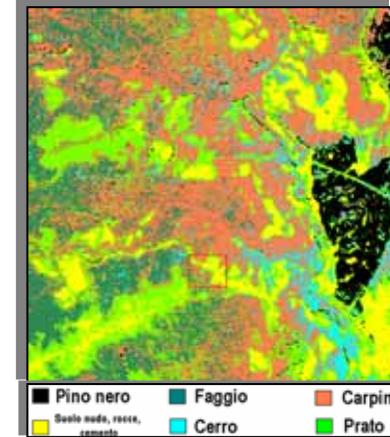


Dall'immagine alla mappa del parametro indagato

Mappa specie vegetazionali



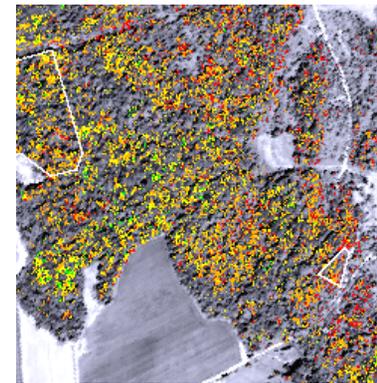
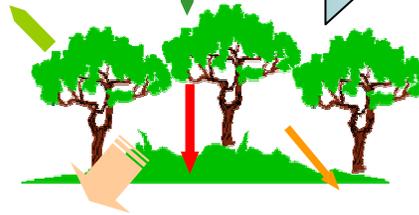
Classificazione automatica



Mappa del parametro biofisico

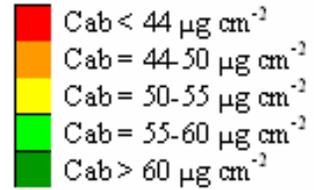


Modello Interpretativo



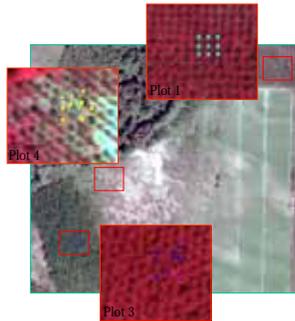
Cab
[$\mu\text{g}/\text{cm}^2$]

LEGENDA

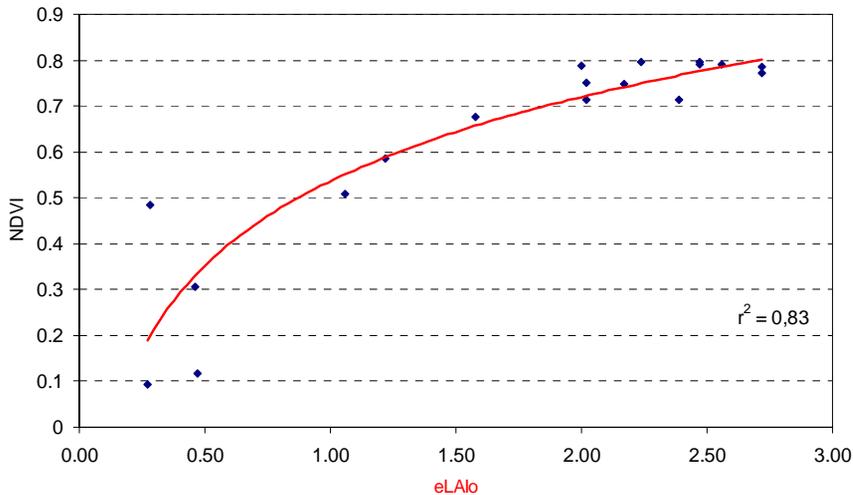




Metodi per la stima e spazializzazione dei parametri

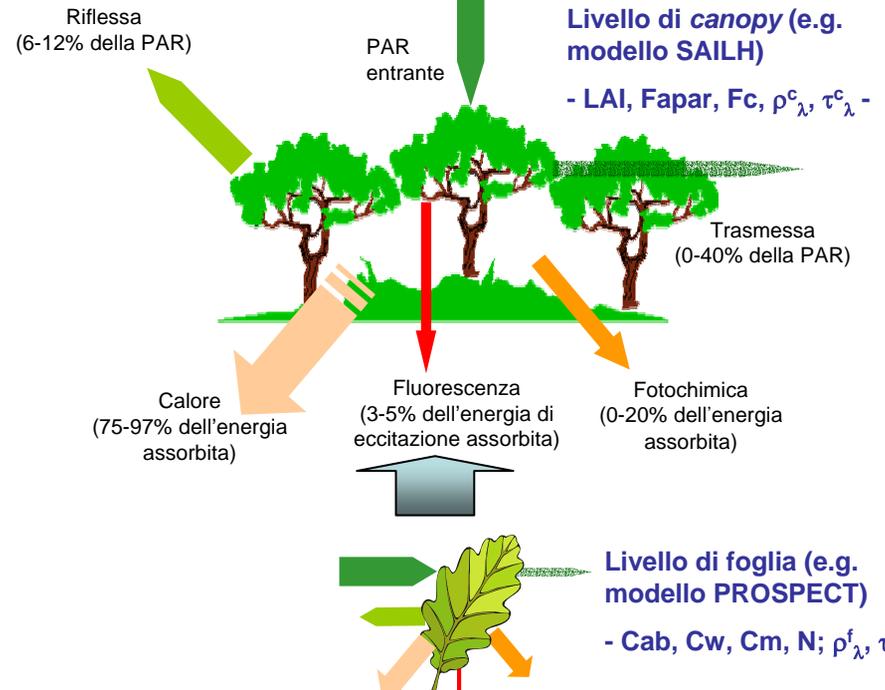
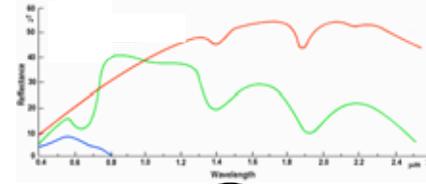


Campionamenti vs misure iperspettrali



Esempio di relazione sviluppata per stimare l'indice di area fogliare da NDVI MIVIS 03.

Modelli semi-empirici regressivi



Modelli fisicamente basati di trasferimento radiativo

Misure effettuate nelle aree sperimentali

In campo



Camere emisferiche

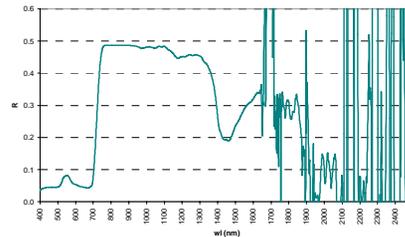


Riflettanza



Campionamenti

In laboratorio



Spettroscopia



Estrazioni

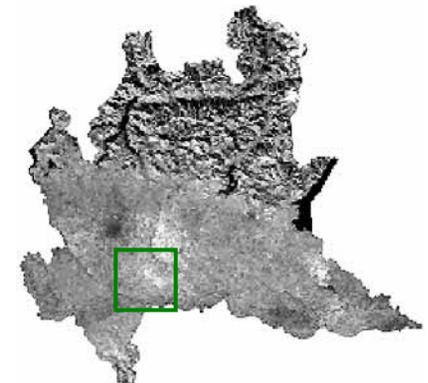
Remote



Iperspettrali, da aereo, aree test



A media risoluzione da satellite



Giornaliere, analisi regionale

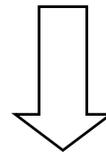
I° Caso di studio:

“Bioindicatori di stress forestale da telerilevamento”

I boschi di farnia (*Quercus Robur*) del Parco del Ticino stanno attraversando una fase di deperimento causata dalla combinazione di diversi fattori di stress, antropici e naturali



- ✓ Periodiche infestazioni di insetti defogliatori
- ✓ Eventi meteorologici sfavorevoli
- ✓ Agenti inquinanti



Monitoraggio dello stato di salute della farnia e individuazione della risposta della vegetazione allo stress prima che si manifesti come danno

Obiettivo

Individuazione di indicatori dello stato di salute dei boschi e loro spazializzazione mediante tecniche di telerilevamento

Indicatori biofisici e fisiologici:

- Pigmenti fogliare 
- Acqua fogliare/canopy
- LAI
- FAPAR
- Fc
- Fluorescenza
- De-epossidazione xantofille

Clorofilla

I pigmenti clorofilliani hanno un ruolo diretto nei processi fotosintetici di assorbimento della luce e trasporto degli elettroni: una variazione nella loro concentrazione può fornire informazioni sullo stato fisiologico delle foglie.

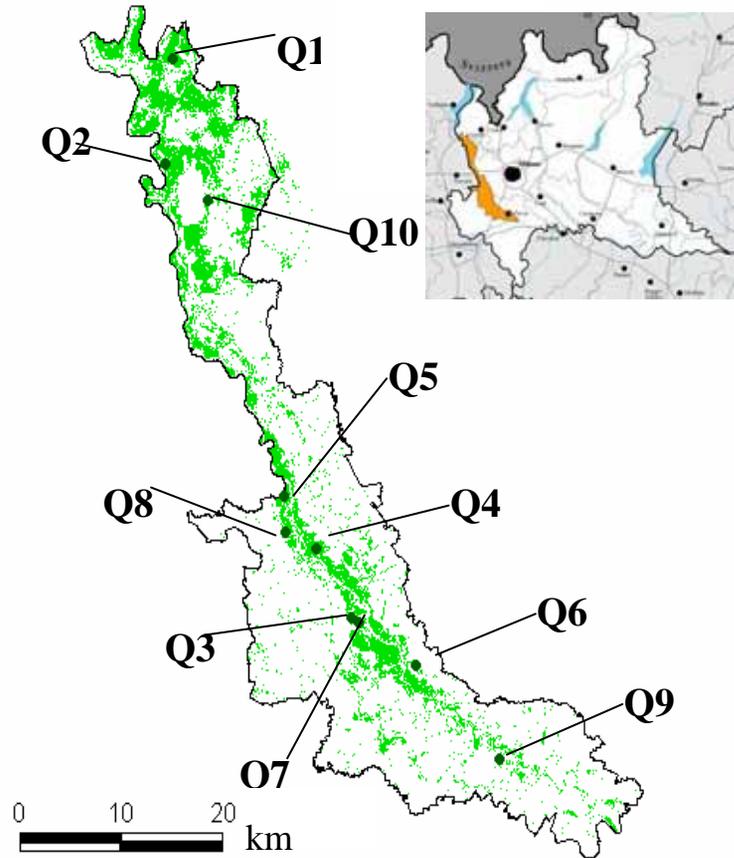


Diminuzione di clorofilla



Stress vegetazionale

Area di Studio



Selezionati 10 siti, rappresentativi delle condizioni generali di salute del Parco

Valutazioni qualitative:

- Indicatori visivi: defogliazione
discolorazione
rami epicormici
- Valutazione forestale generale

Classe	Descrizione
0	Sito sano
1	Stato di attenzione
2	Danno medio
3	Danno grave
4	Piante morte

Sito	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Valutazione complessiva	0	2	1	2	2	0	3	0	2-3	0

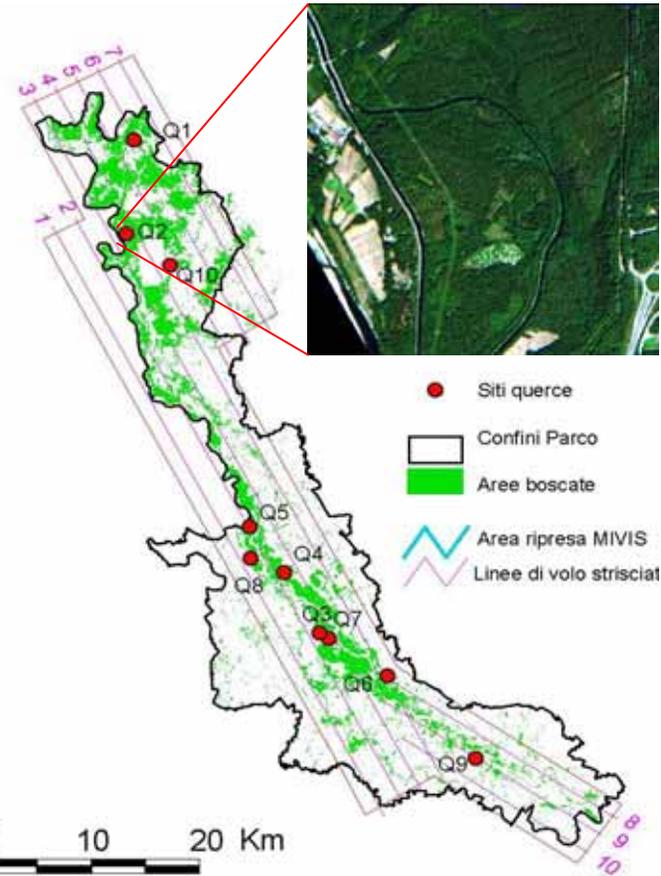
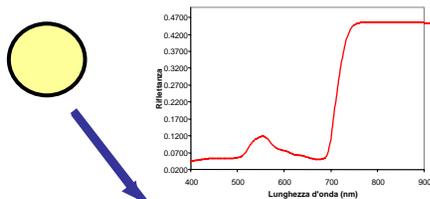
Dati telerilevati

Sensore iperspettrale aviotrasportato
Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer (MIVIS)

4 spettrometri, range di lunghezze d'onda tra VIS e IR termico, 102 canali

-2 luglio 2003

- quota: 2000 m (risoluzione 4x4 m)

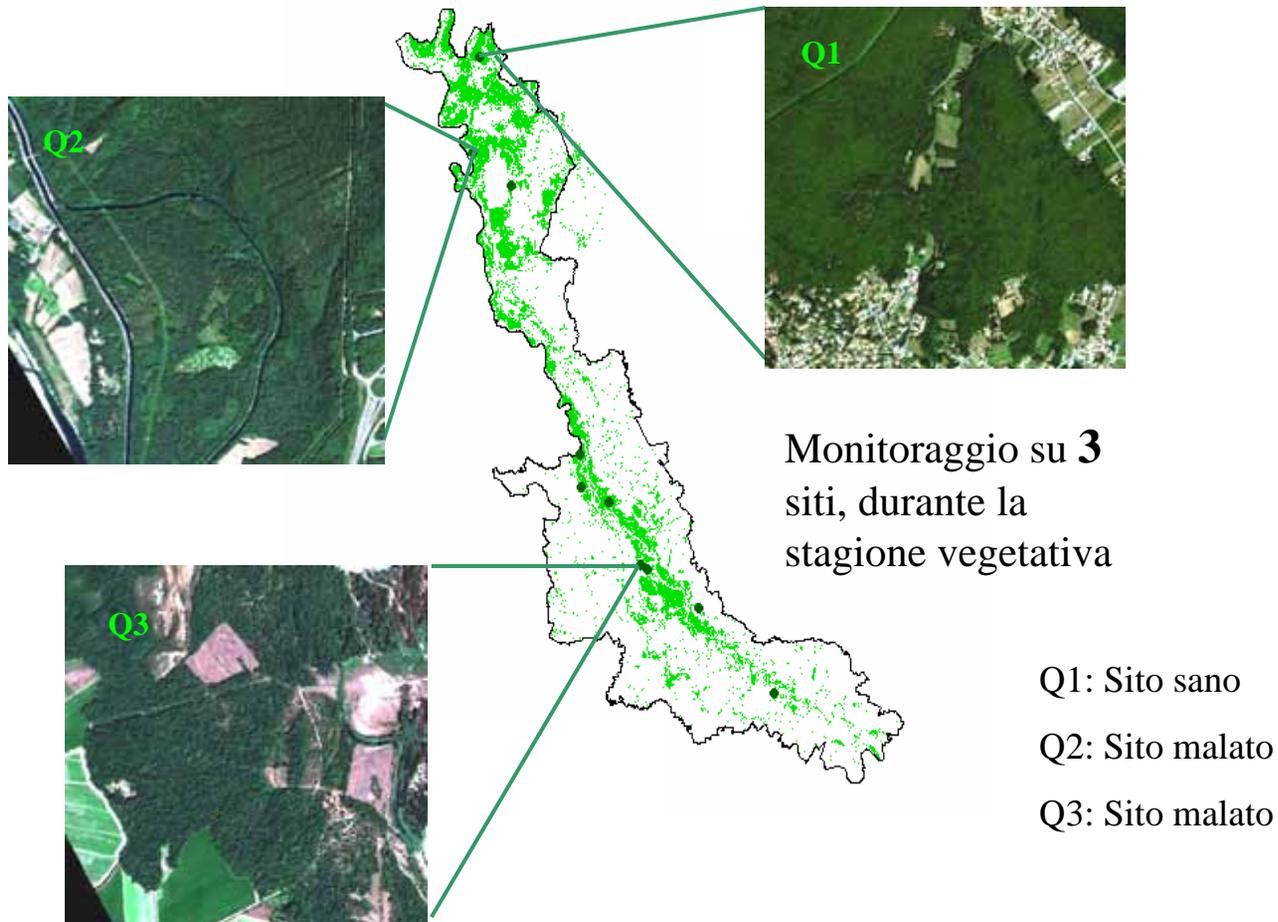


Ripresa tutta la superficie forestale del Parco in 10 strisciate

Ritagli di 400x400 pixel, pari a 1.6x1.6 km

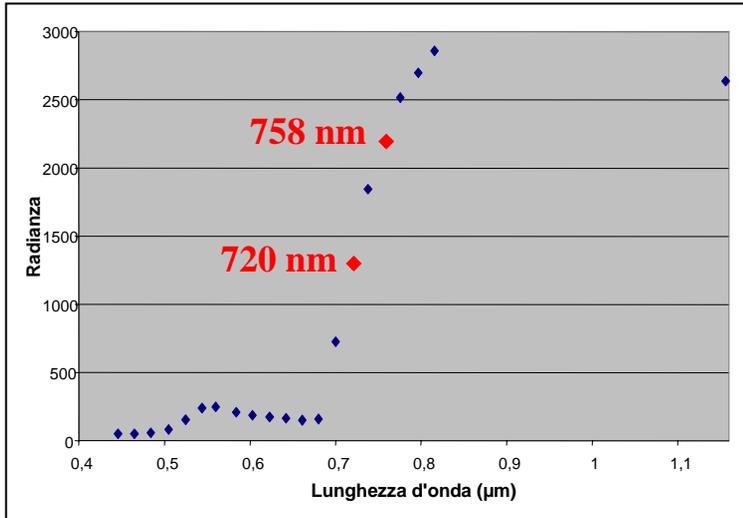
Dati a terra

In concomitanza al sorvolo aereo sono state acquisite nei 10 siti misure di campo e di laboratorio.





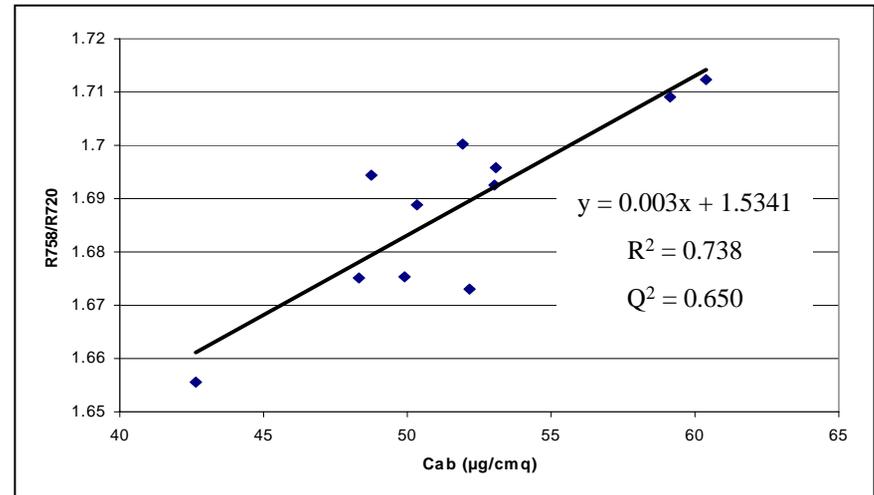
Stima di clorofilla: livello di canopy



Indici spettrali calcolati sulle firme di riflettanza al sensore, estratte da aree di 3x3 pixel, in corrispondenza delle querce campionate

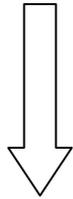
$$Cab = 288.3 \frac{R758}{R720} - 434.97$$

Relazione per la spazializzazione della clorofilla (applicabile nel range 44 – 60 µg/cm²)

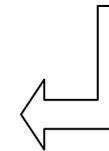
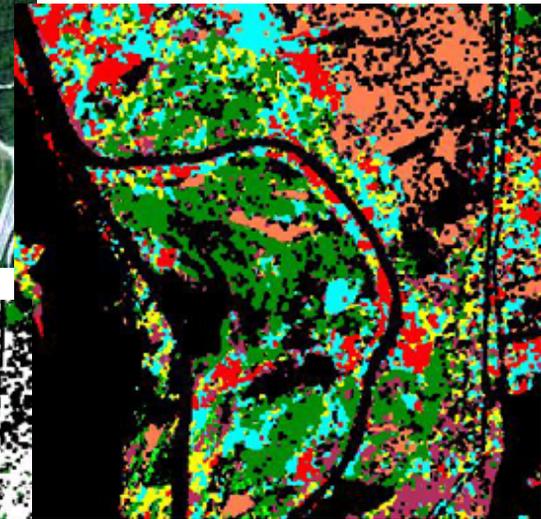
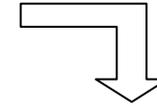


Mappatura dei boschi di farnia

Classificazione delle
tipologie forestali,
elaborata dai tecnici
del Parco del Ticino

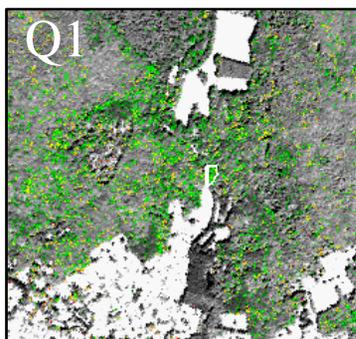


Calcolo della
concentrazione di
clorofilla sui *pixel* di
sola farnia

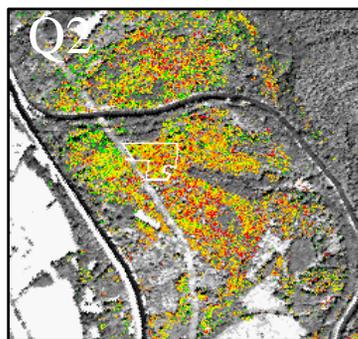


■	Robinia
■	Pruno tardivo
■	Quercia rossa
■	Pino
■	Quercia (farnia)
■	Castagno

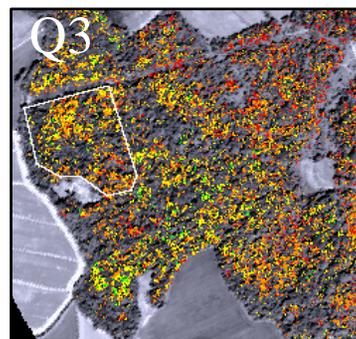
Mappe di clorofilla



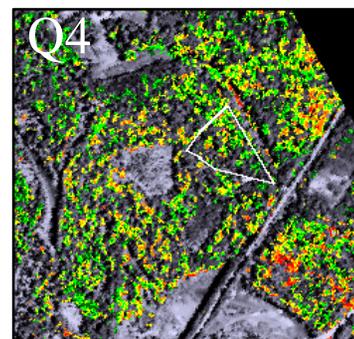
0 = Sito sano



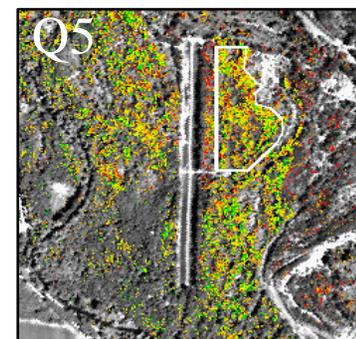
2 = Danno medio



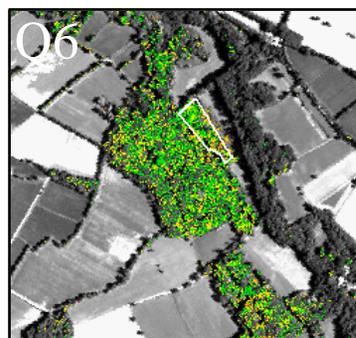
1 = Stato di attenzione



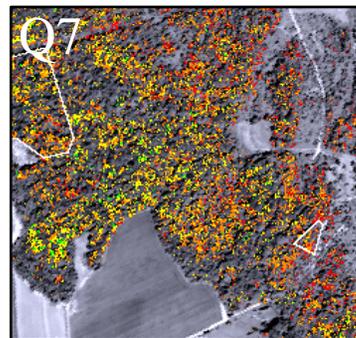
2 = Danno medio



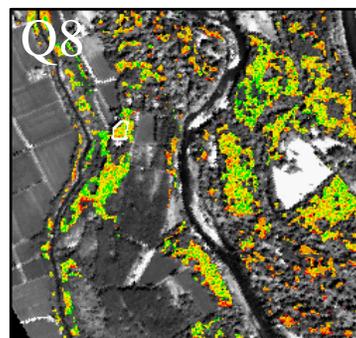
2 = Danno medio



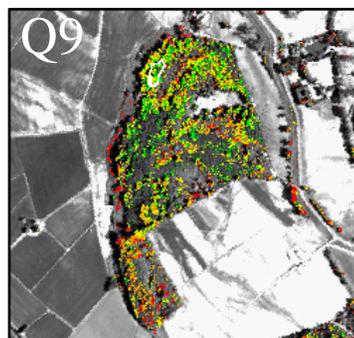
0 = Sito sano



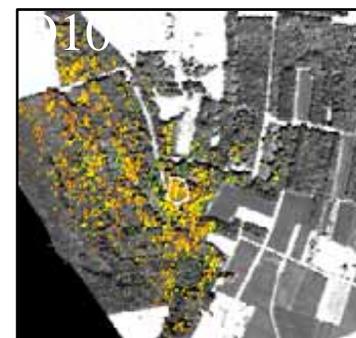
3 = Danno grave



0 = Sito sano



2-3 = Danno medio-grave

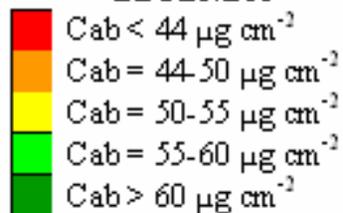


1 = Sito sano

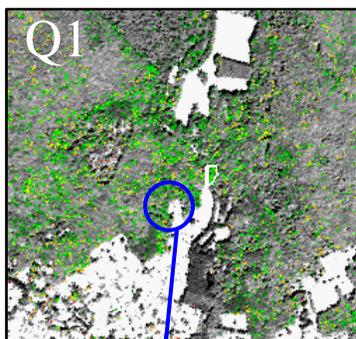
0 0.5 1 Kilometers



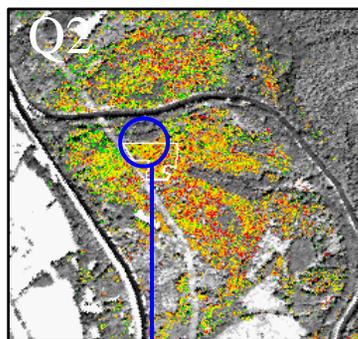
LEGENDA



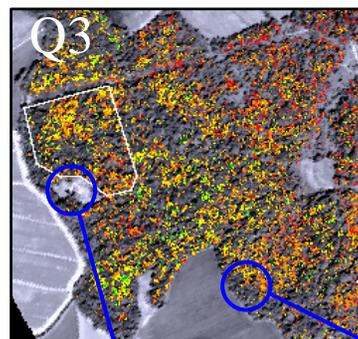
Mappe di clorofilla



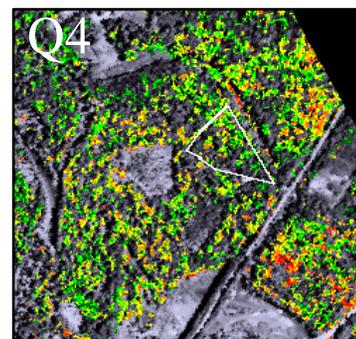
0 = Sito sano



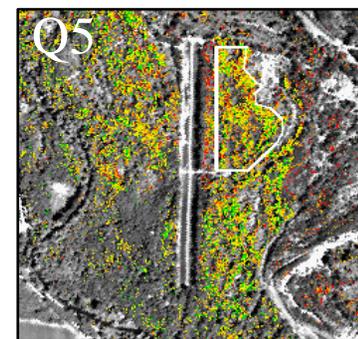
2 = Danno medio



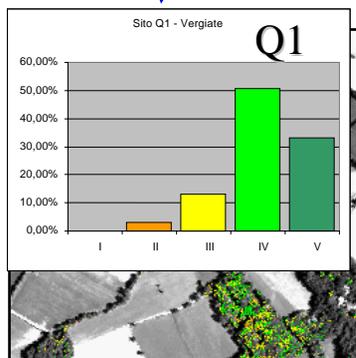
1 = Stato di attenzione



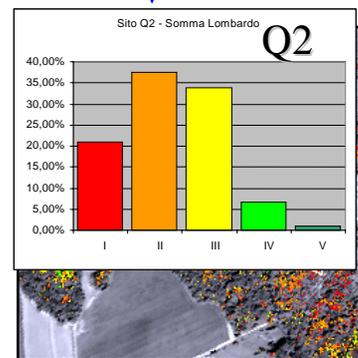
2 = Danno medio



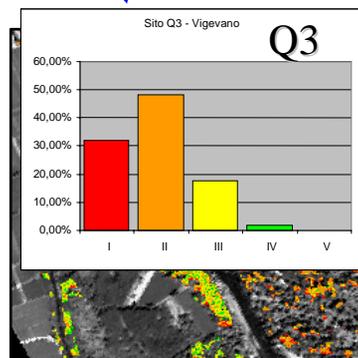
2 = Danno medio



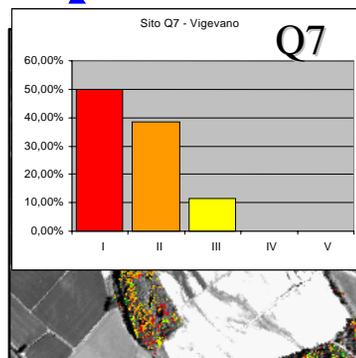
0 = Sito sano



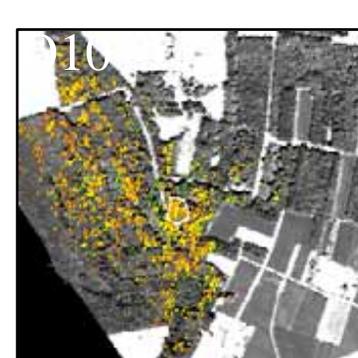
3 = Danno grave



0 = Sito sano



2-3 = Danno medio-grave

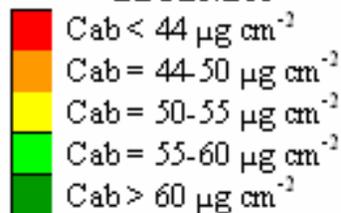


1 = Sito sano

0 0.5 1 Kilometers



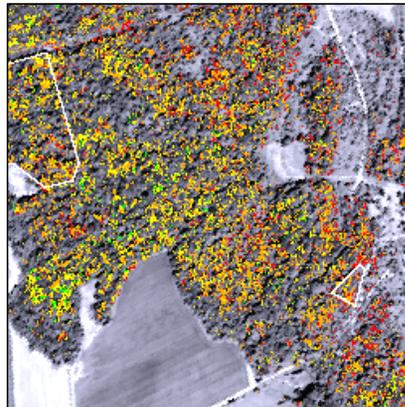
LEGENDA



Si osserva una generale corrispondenza tra descrizione qualitativa dello stato di salute della vegetazione e stime quantitative di Cab

Considerazioni

- Sono state prodotte mappe di clorofilla sul territorio del Parco Ticino
- Tali mappe, integrate con le valutazioni puntuali e qualitative dei forestali, hanno fornito una descrizione dello stato di salute dei querceti



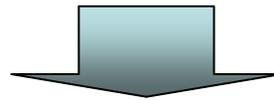
Il telerilevamento ha fornito:

- Informazioni sullo stato della farnia
- non sui fattori di stress

II° Caso di studio:

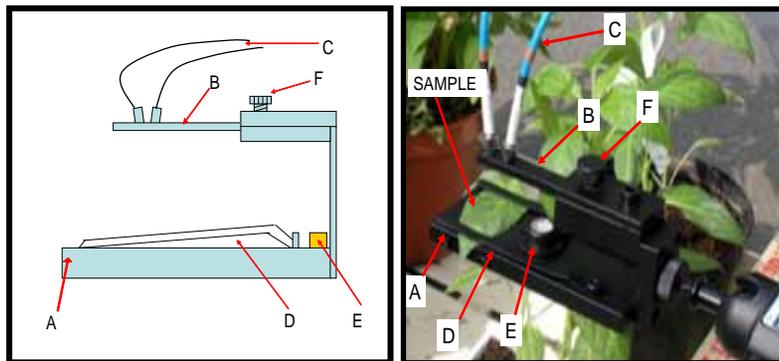
Individuazione remota di indicatori del danno dovuto a ozono tramite misure passive condotte con spettroradiometri ad alta risoluzione spettrale

Individuazione dei danni da ozono sulla vegetazione mediante analisi delle proprietà spettrali



Analisi degli effetti sulla vegetazione derivanti da uno specifico fattore di stress

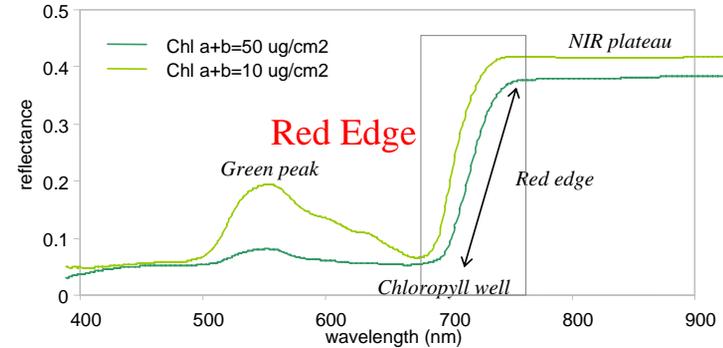
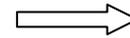
OZONO TROPOSFERICO



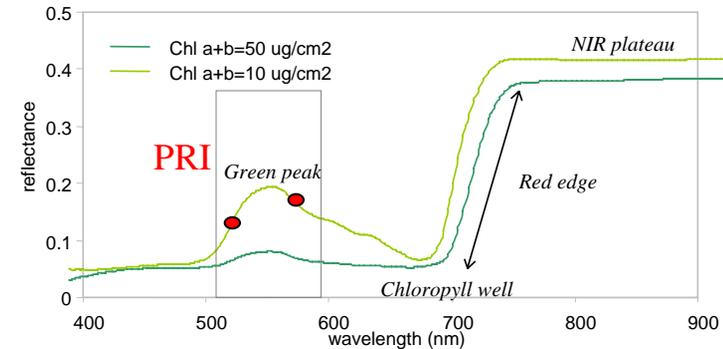
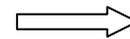
Obiettivi

Analisi delle variazioni delle proprietà ottiche della vegetazione in presenza di alte concentrazioni di ozono

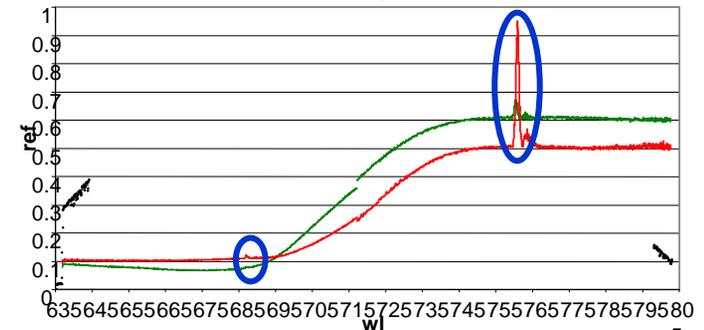
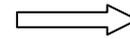
1. Indici spettrali relazionati a pigmenti fogliari e struttura per l'individuazione precoce delle potenziali alterazione delle proprietà biochimiche e strutturali della vegetazione (clorosi)



2. Indice ottico a banda stretta (PRI, Photochemical Reflectance Index) relazionato al processo fisiologico di dissipazione di calore del ciclo delle Xantofille



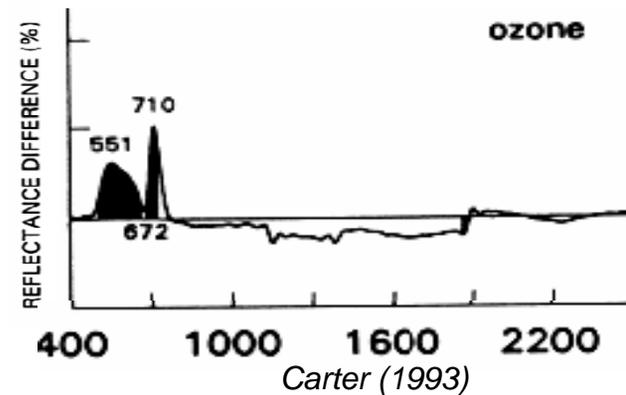
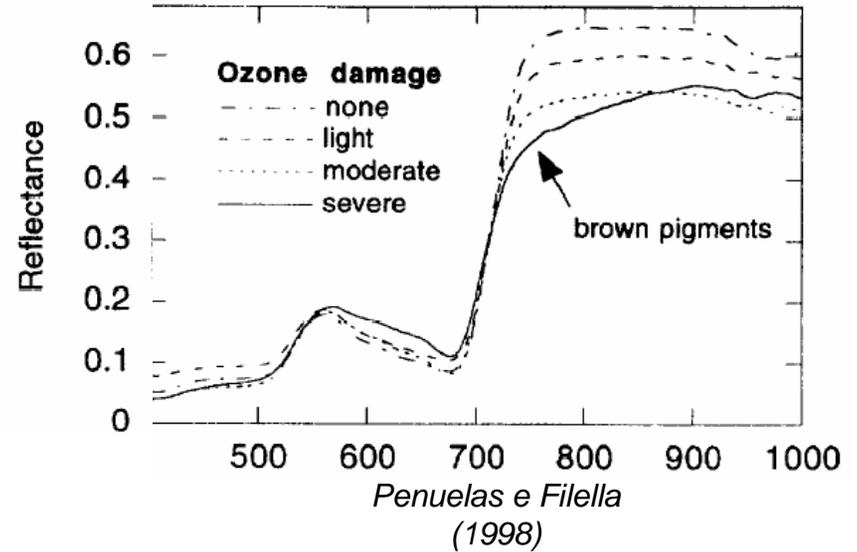
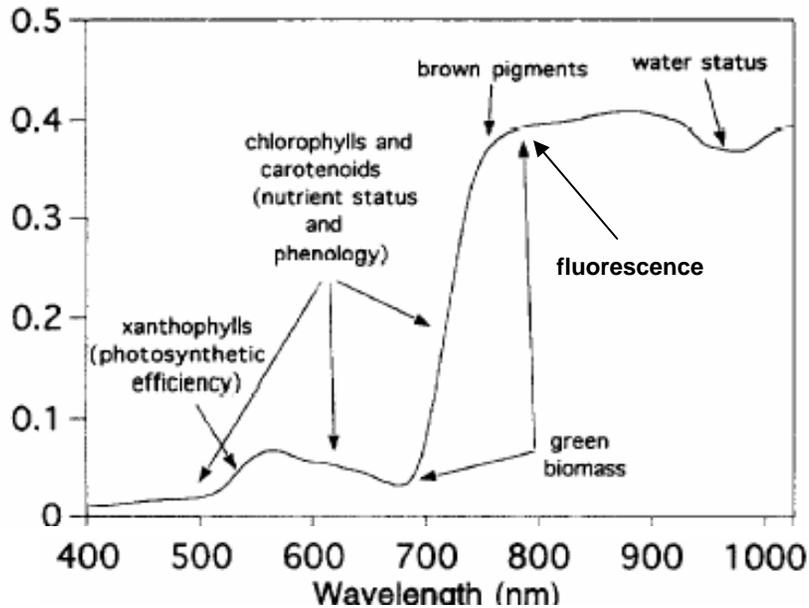
3. Misura passiva della fluorescenza e sua relazione allo stato di stress





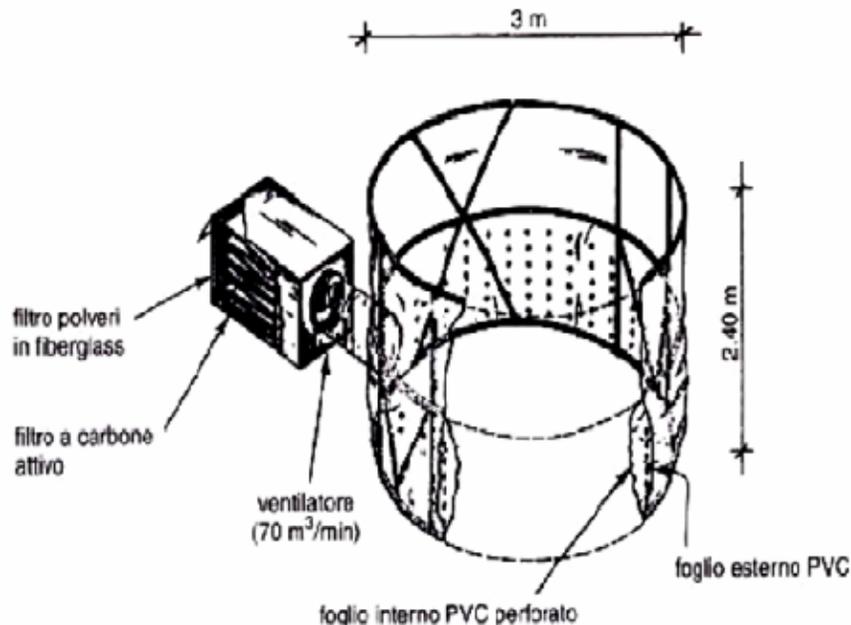
Proprietà ottiche e danni da ozono

Regioni spettrali d'interesse per l'analisi dello stress



Esperimento in OTC controllate

Vengono osservati gli effetti dell'ozono sulle proprietà ottiche di specie forestali cresciute in apposite camere impiegate per studiare gli effetti di inquinanti atmosferici su piante in ambiente controllato.



Relazione FLA (2004)

Confronto tra firme spettrali di vegetazione cresciuta in ambiente caratterizzato da alta concentrazione di ozono e in ambiente filtrato.



Conclusioni

1. Il telerilevamento fornisce una stima spazializzata di parametri che aiutano a descrivere gli ecosistemi forestali e il loro stato di salute;
2. Non è sempre possibile definire e discriminare gli effetti sulla vegetazione dei diversi fattori di stress. L'integrazione con dati ancillari e osservazioni puntuali sono consigliate per una descrizione del fenomeno che causa il deperimento della vegetazione;
3. Lo studio delle proprietà ottiche in ambiente controllato consente una miglior comprensione dei meccanismi di risposta al fattore di stress da parte della vegetazione.