



Univerzitet Crne Gore

# University of Montenegro Biotechnical Faculty



## **Agrometeorologija**

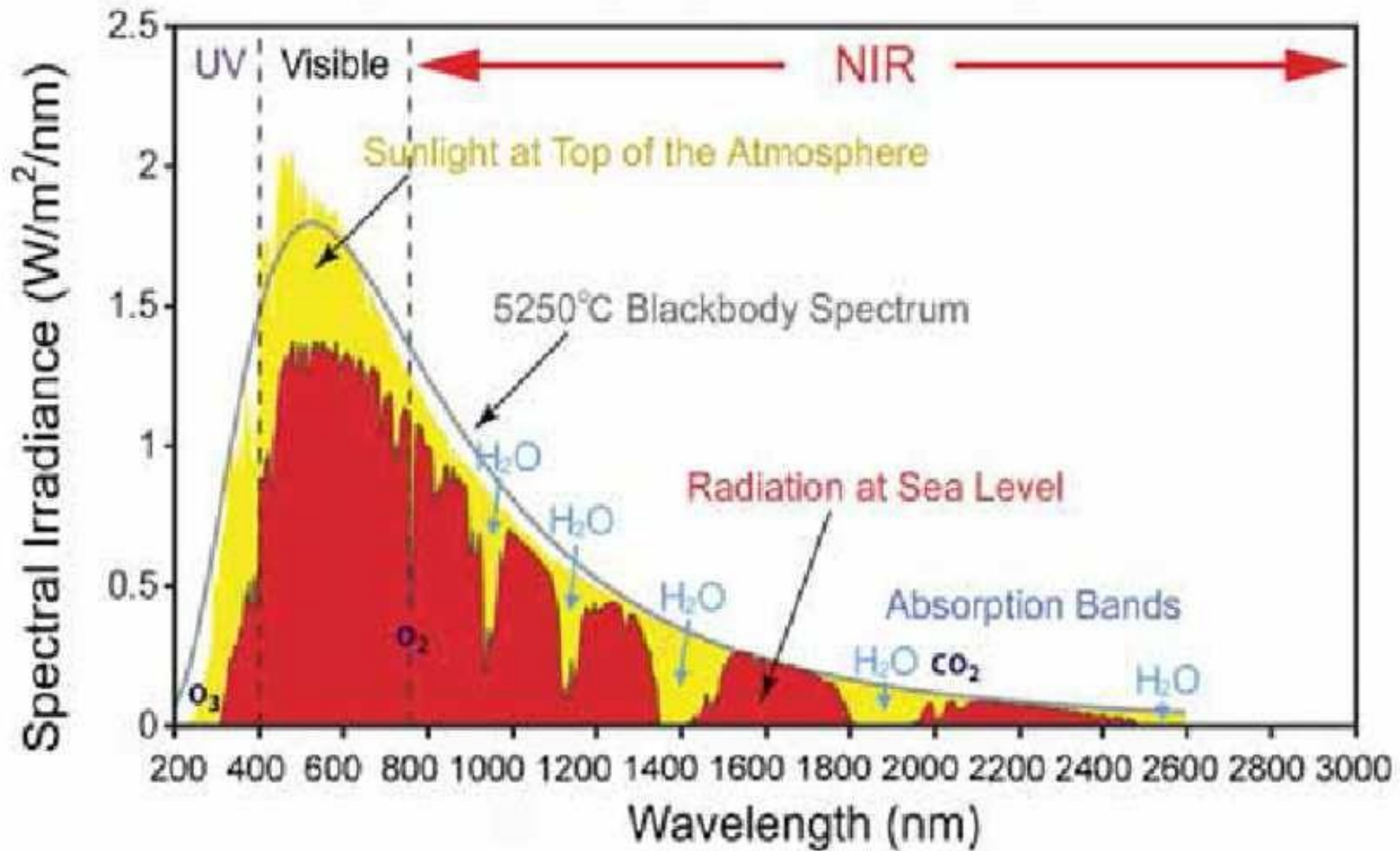
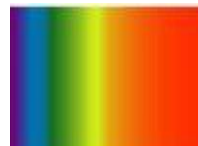
**Mjerenje sunčevog zračenja u polju i daljinska detekcija**

## Šta je sunčevo zračenje

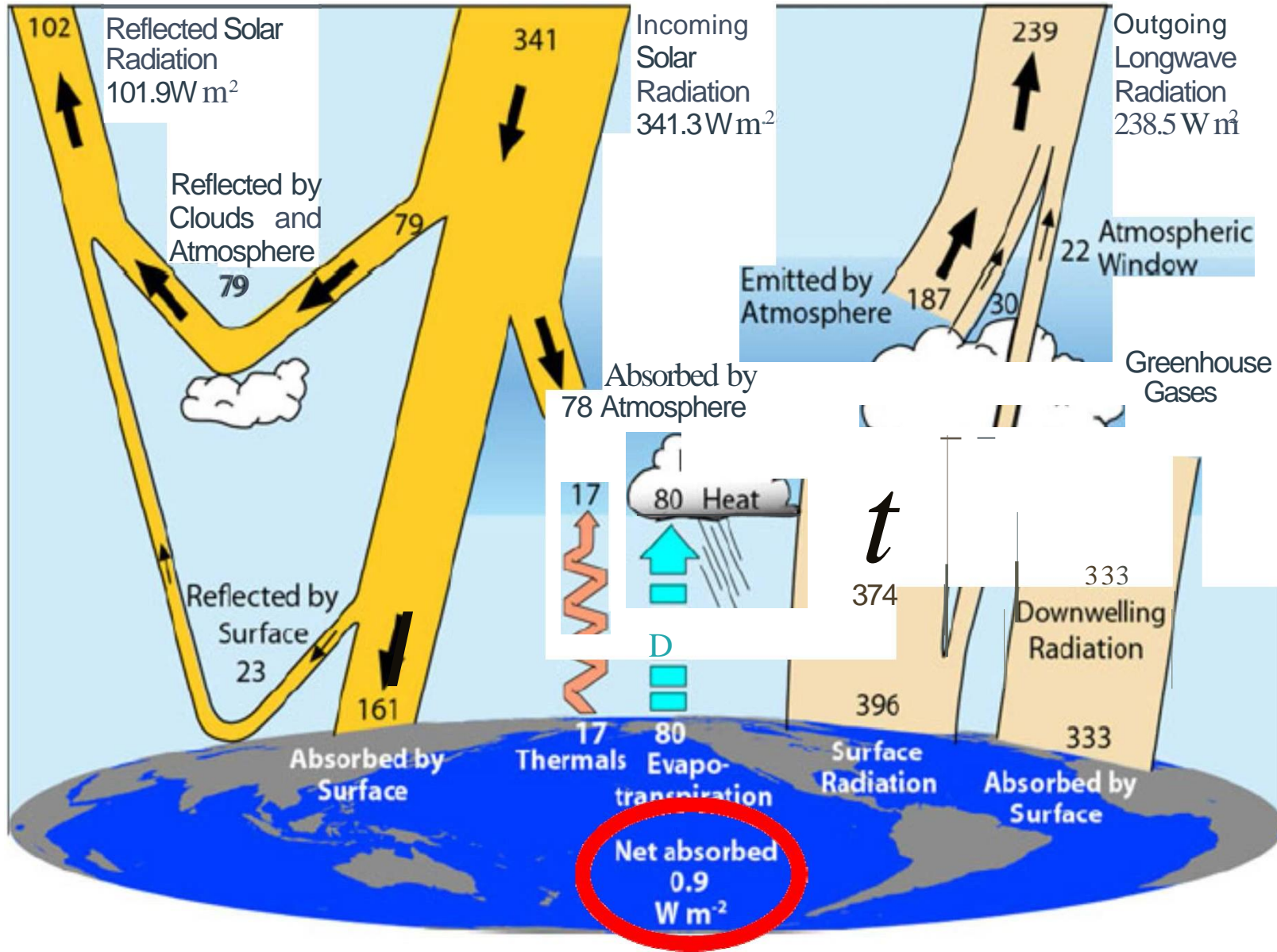
- 1) Energija koju emituje sunce u obliku elektromagnetnih talasa, uključujući vidljivi, ultraljubičasti i infracrveni deo spektra.
- 2) Energija koju emituje sunce u obliku fluksa fotona, koji predstavlja broj fotona po jedinici površine po jedinici vremena.

# 1. Uvod

## Spektar sunčevog zračenja (Möller, 1973)

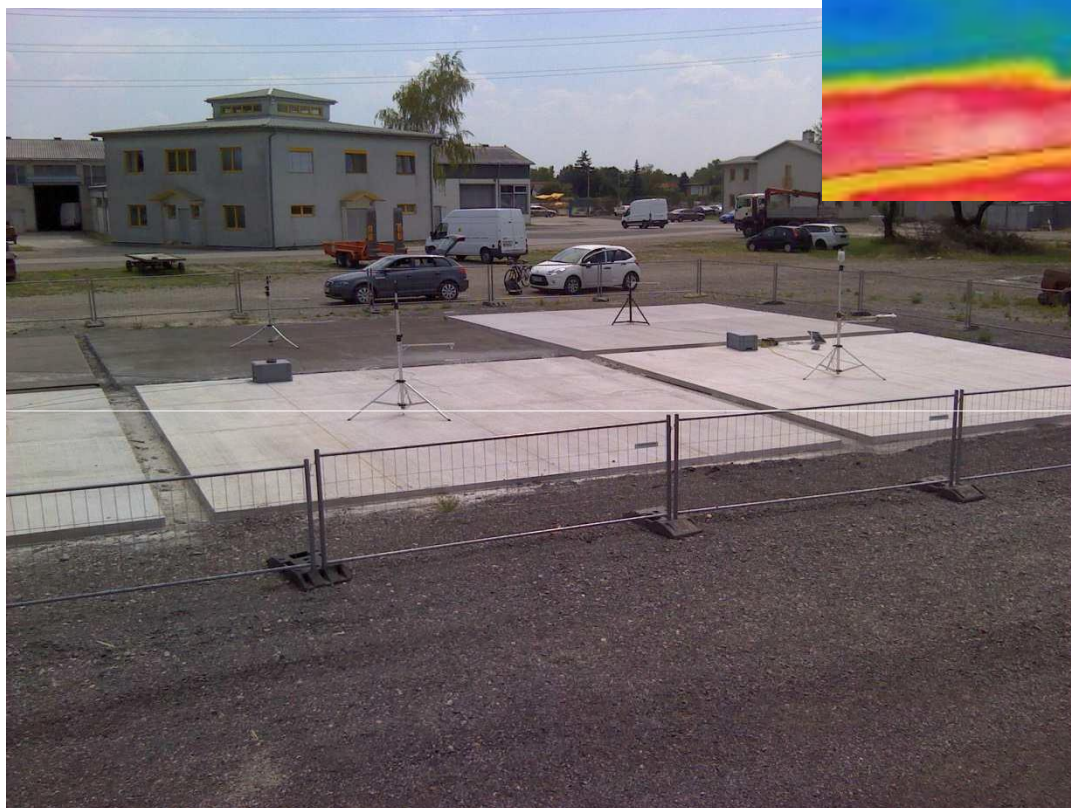
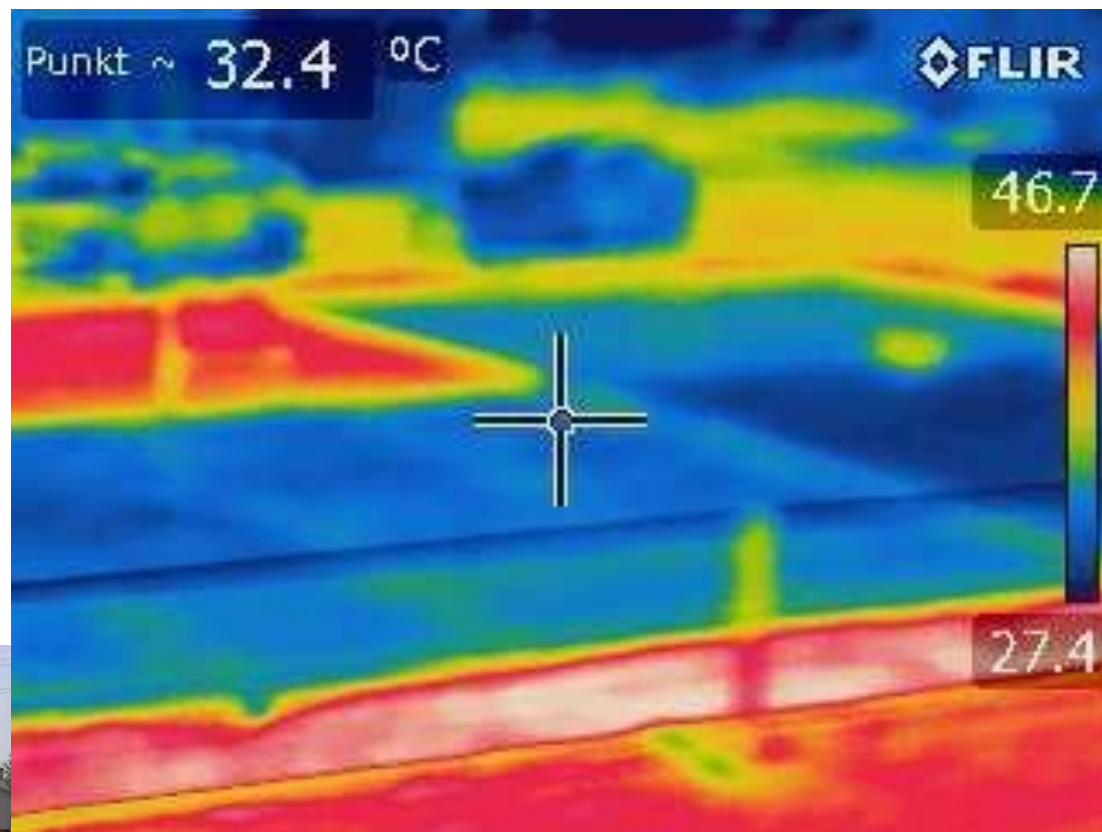


## Global Energy Flows $W m^{-2}$



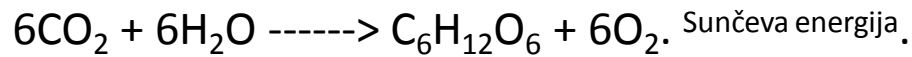
i . 1 The global annual mean earth surface energy budget for 2000-2005  $W m^{-2}$ . The broad arrows indicate the schematic flow of energy in proportion to their importance. Adapted from Trenberth et al. (2009) with changes noted in the text

Termalno IR merenje  
17. Jul, 2014 11:46 MET



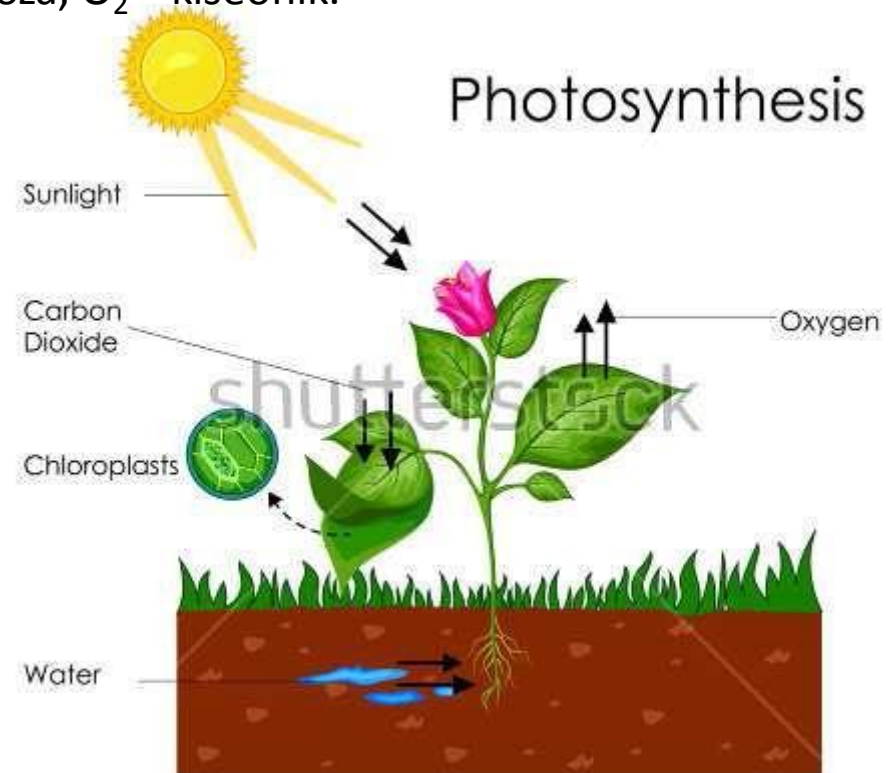
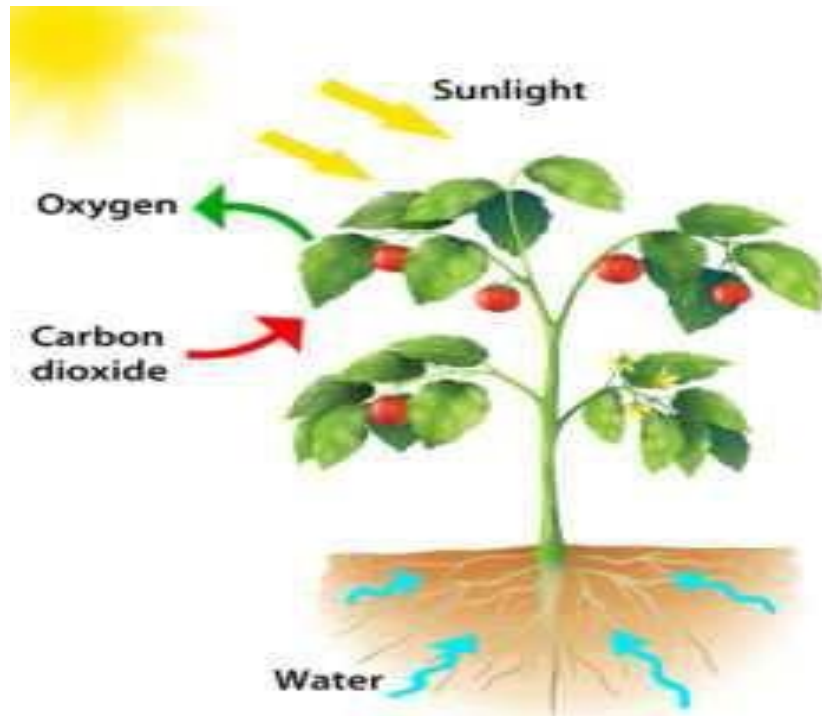
## Fotosinteza:

Proces u kom biljke i neki drugi organizmi koriste sunčevu svetlost kako bi sintetisali nutrijente iz ugljen dioksida i vode. Fotosinteza kod biljaka uključuje učešće zelenog pigmenta hlorofila i tokom nje dolazi do stvaranja kiseonika kao sporednog produkta.

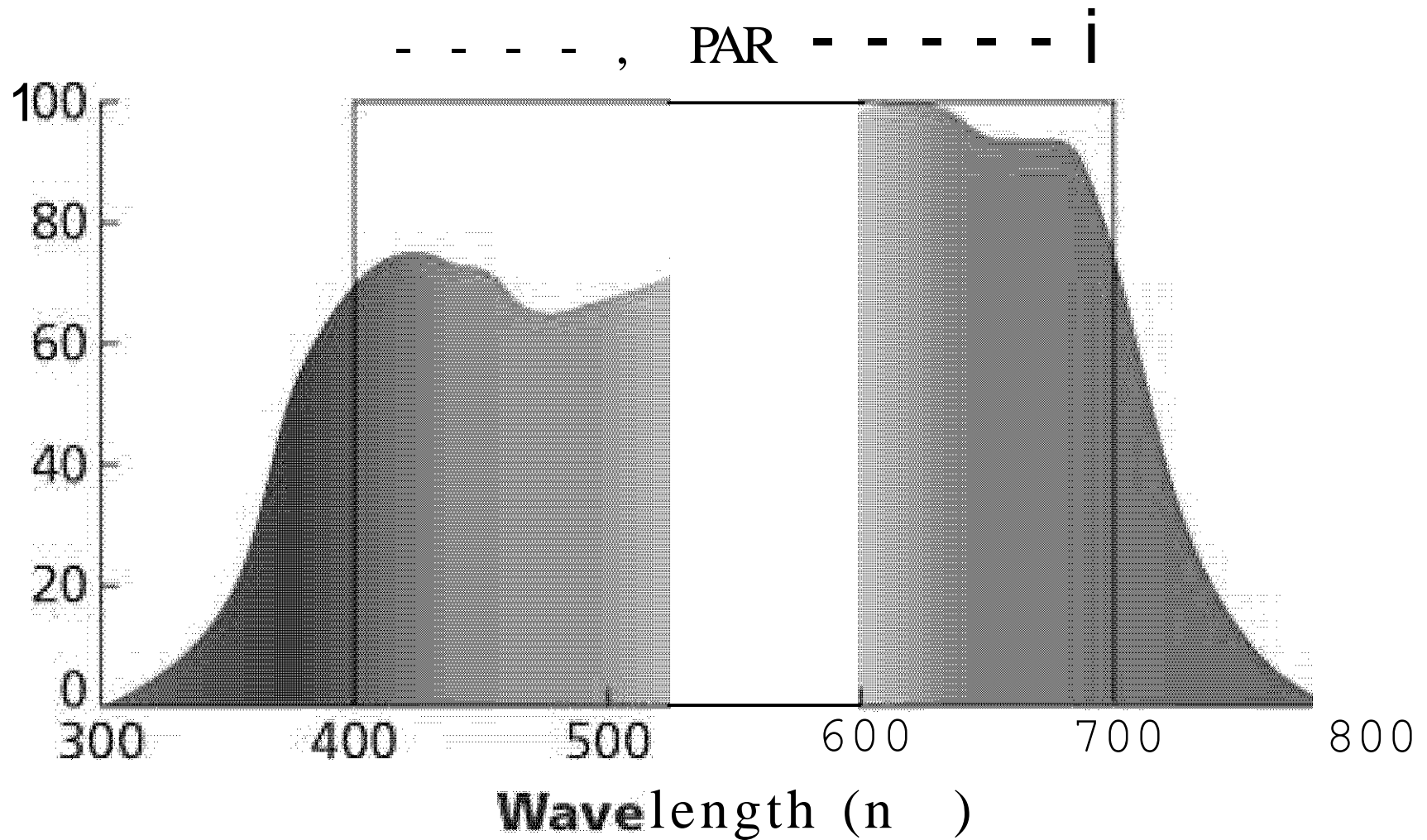


Gde je:  $\text{CO}_2$  = ugljen dioksid,  $\text{H}_2\text{O}$  = voda,

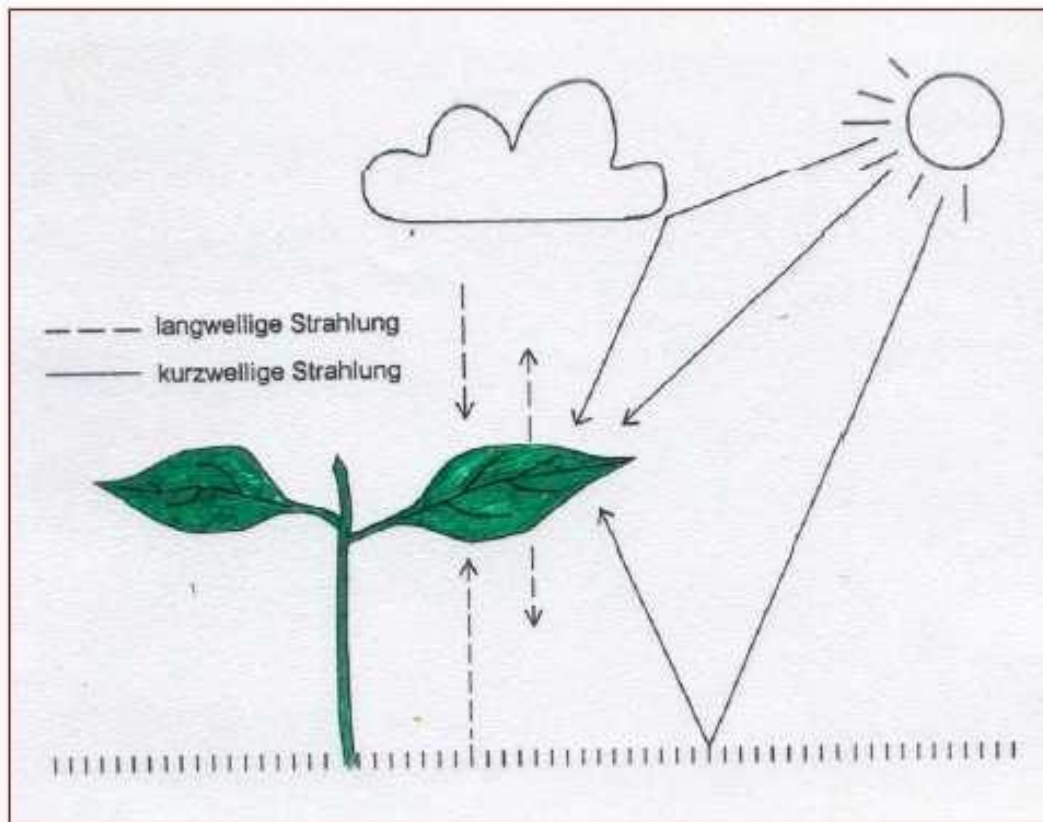
Neophodna je svetlosna energija,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  = glukoza,  $\text{O}_2$  = kiseonik.



Relative photosynthetic  
efficiency (%)



# Pojedinačna biljka obuhvaćena radijacijom



**Reflexion: 6-10%**

*Refleksija*

**Absorption: 60-80%**

*Apsorpcija*

**Transmission: 10-20 %**

*Transmisija*





*Direktno sunčevo zračenje:* Senčenje, transmisija kroz lišće i apsorpcija na listovima.

*Difuzno zračenje:* Refleksija na lišću i granama, rasejanje u vazduhu, npr. na kapljicama vode.



### **Transfer zračenja kroz krošnju**

#### **Rasejanje**

Fotoni menjaju pravac. Ne postoji transformacija energije

#### **Refleksija (Albedo):**

Reflektovano zračenje

#### **Apsorpcija:**

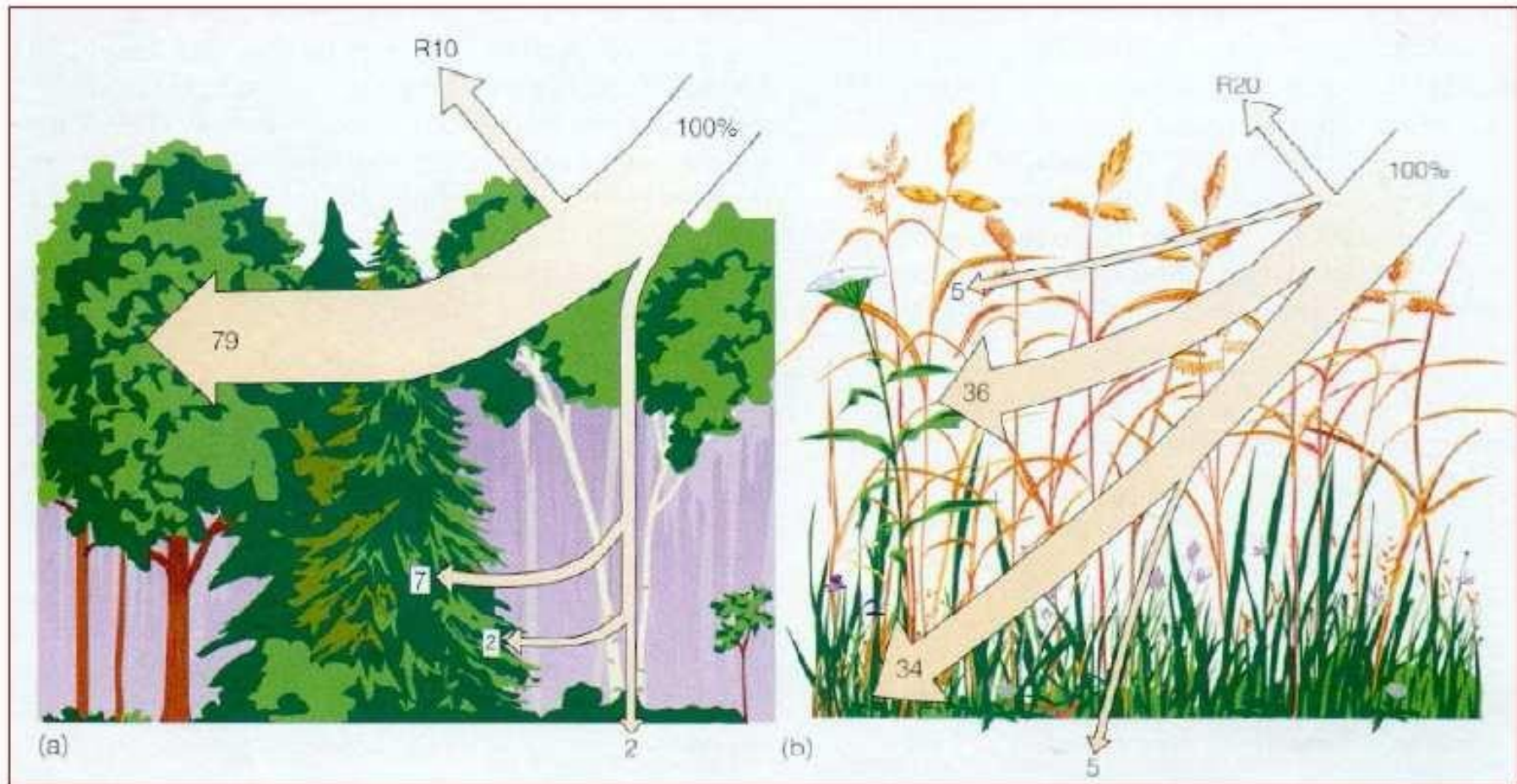
Energija zračenja transformisana u toplotnu, ili hemijsku energiju

#### **Transmisija:**

Deo sunčevog zračenja koje se probija



## Raspodela zračenja u biljnom sklopu

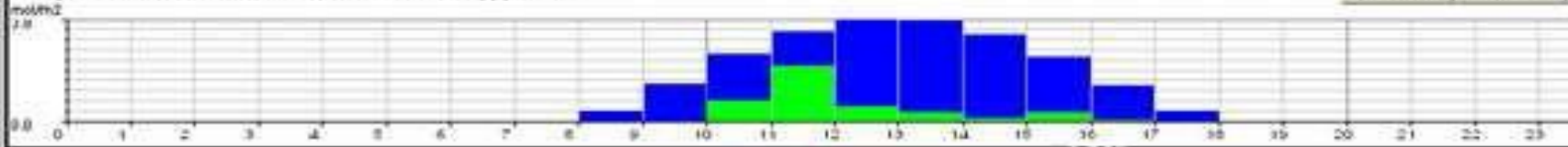


Nach Larcher, 2001

Metoda za analizu nehomogenosti u polju zračenja u krošnji uz pomoć kamere „riblje oko“







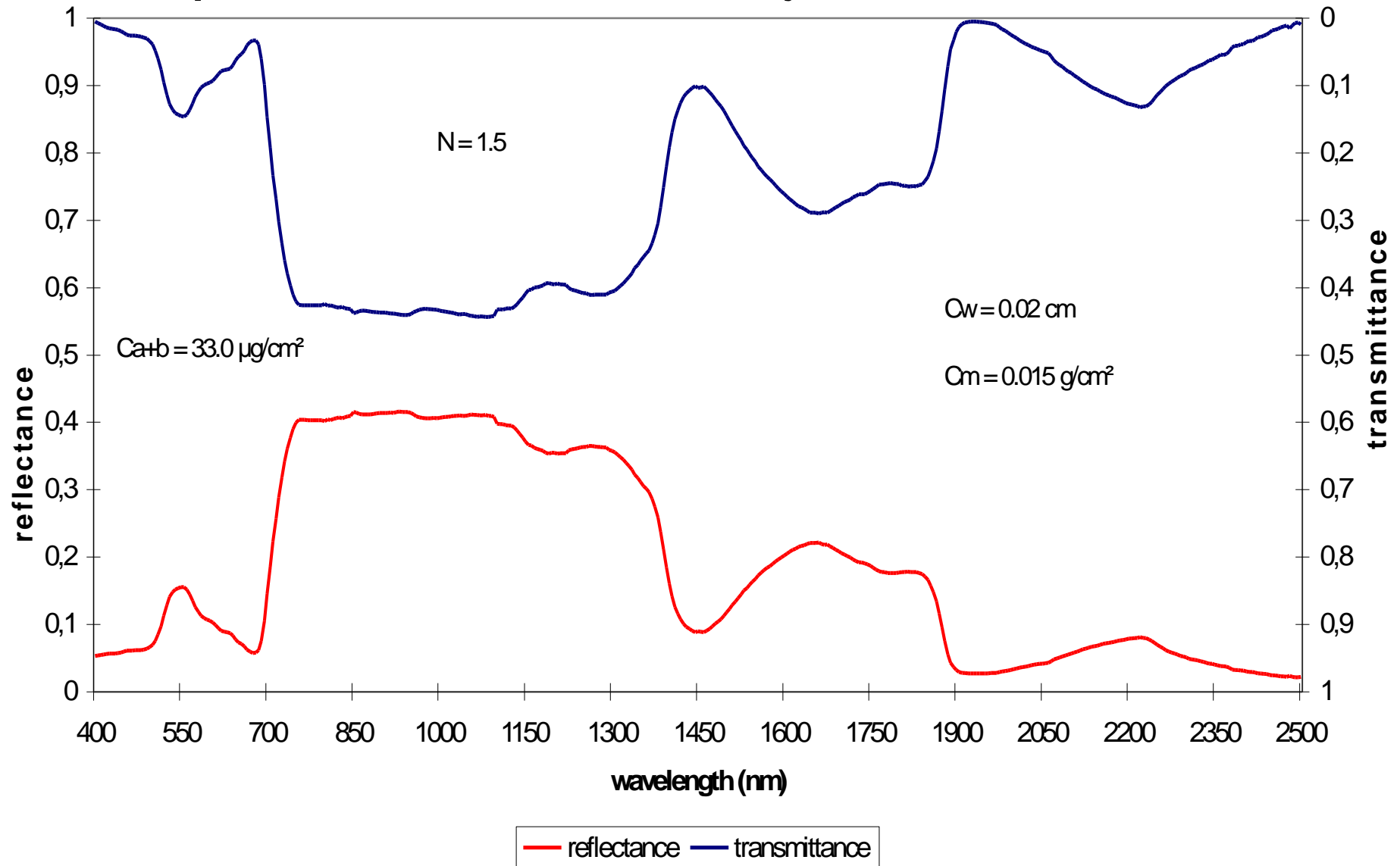
Upotrebom softwera kao što je Hemiview moguće je odrediti, udio vidljivog dijela neba, prodore direktnih zraka globalno i difuziono zračenje na tlu.



DG: 0080101  
 Tolopel: 8.01 %  
 TolopelF: 1.20 %  
 S11  
 1014 203.400  
 2000 214.320  
 2000 200.431  
 DRA: 220.525  
 WLA: 10.0165  
 ODFP: 14  
  
 DDF: 9.25 %  
 EF: 12.0 %  
 TDF: 14.00 %  
  
 FFD: Overcanopy  
 Direct: 40.5  
 Diffuse: 6.11  
 Total: 46.61  
  
 FFD: Undercanopy  
 Direct: 0.23  
 Diffuse: 0.28  
 Total: 0.51

Spectral reflectance and transmittance for a standard leaf  
(Ceccato et al., 2001)

*Spektar reflektivnosti i transmisije na standardnom listu.*

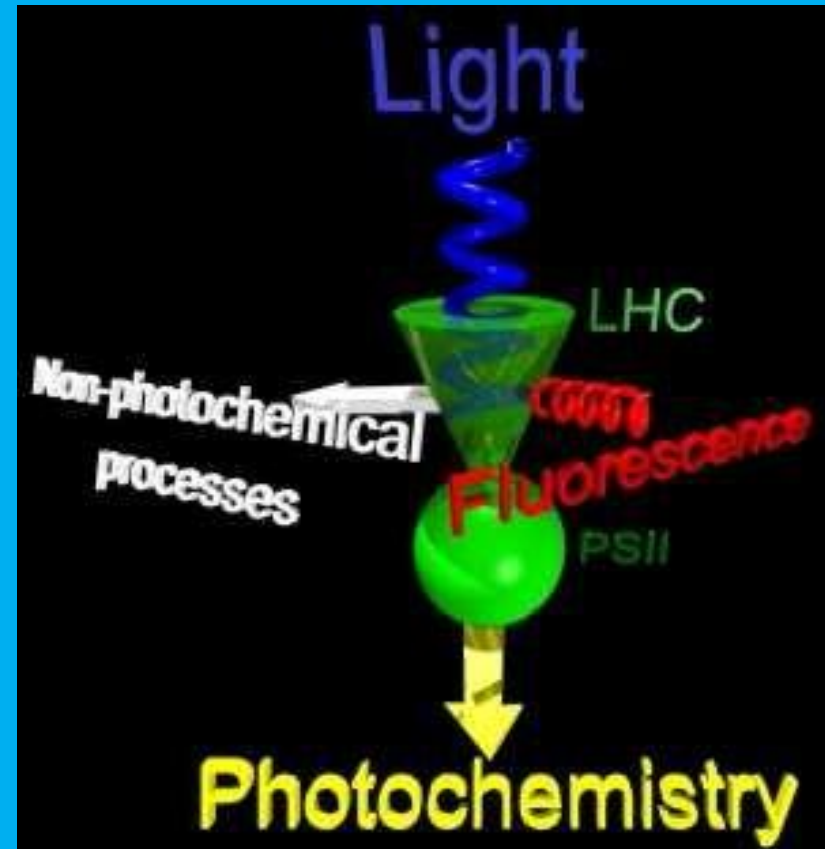


# Fluorescencija hlorofila

Postoji kompeticija između

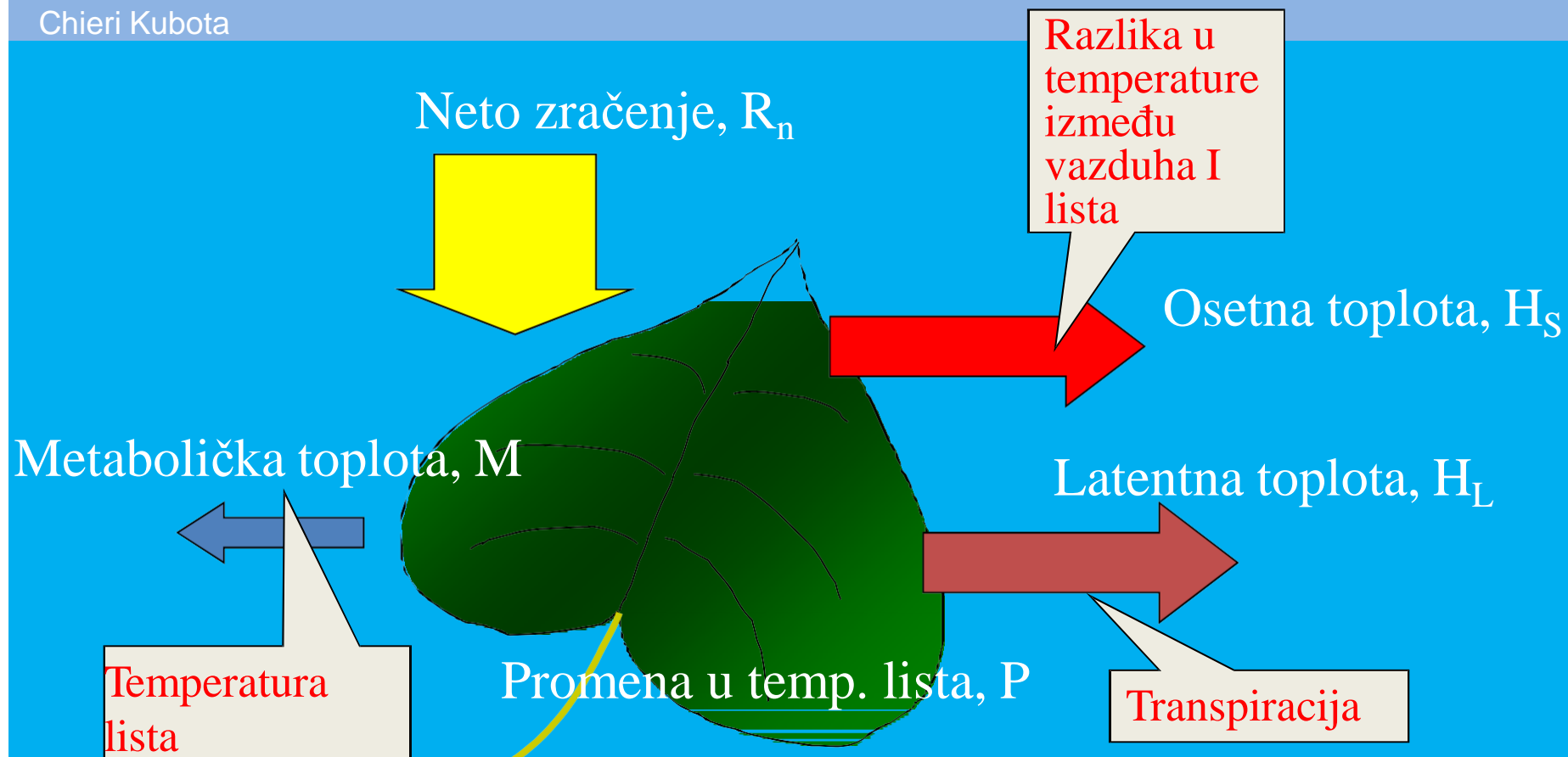
- Fotohemijskih procesa,
- Nefotohemijskih procesa i
- fluorescencije.

Signal suncem-indukovane fluorescencije je preslab da bi se uočio pomoću dnevnih satelitskih senzora zbog S/N-problema.



# Termalna radijacija: Temperatura lista

Chieri Kubota



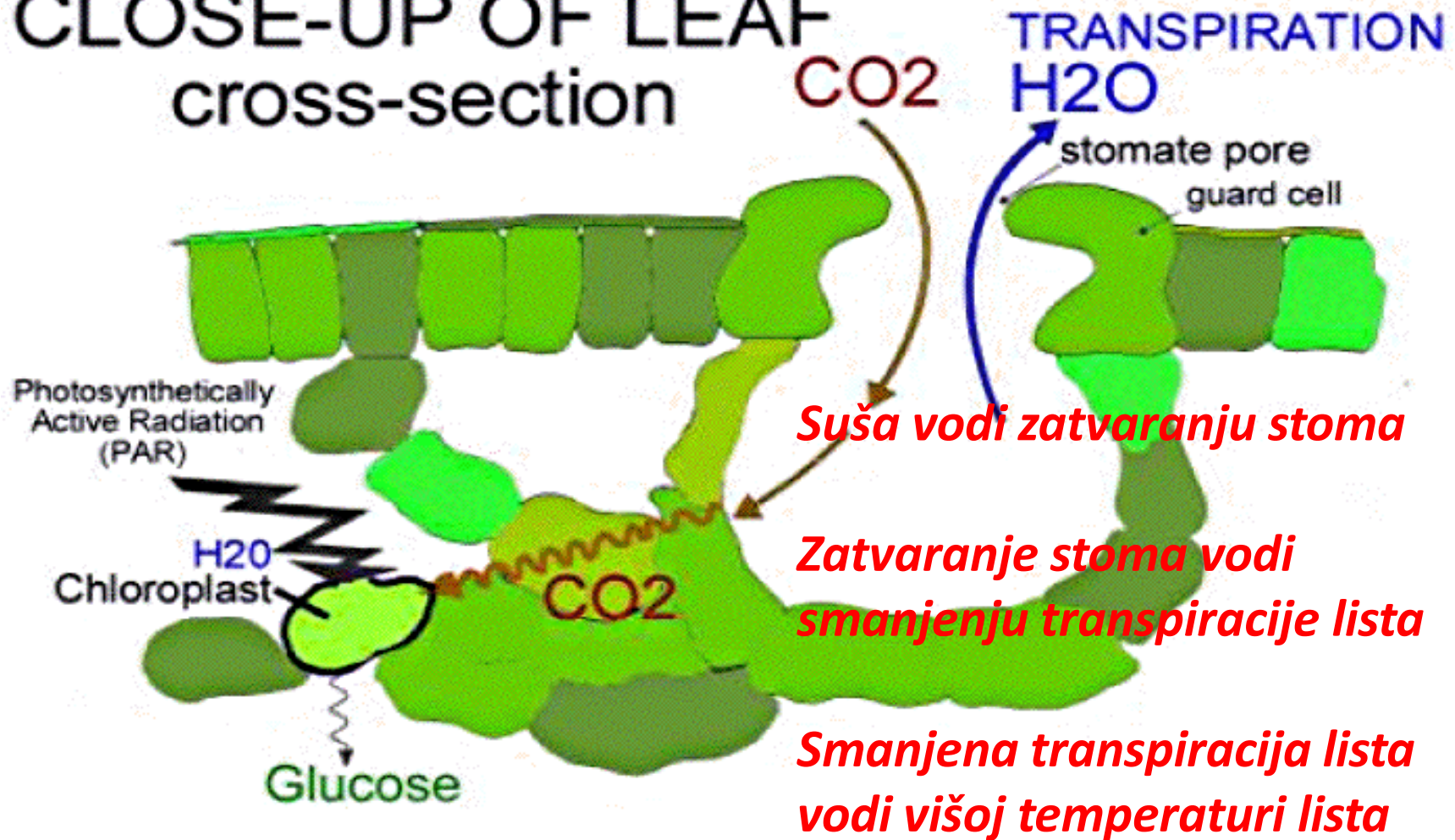
**Ravnoteža  $R_n + H_s + H_L + M + P = 0$**



Remote sensing vegetacije:

## Emitovanje toplote

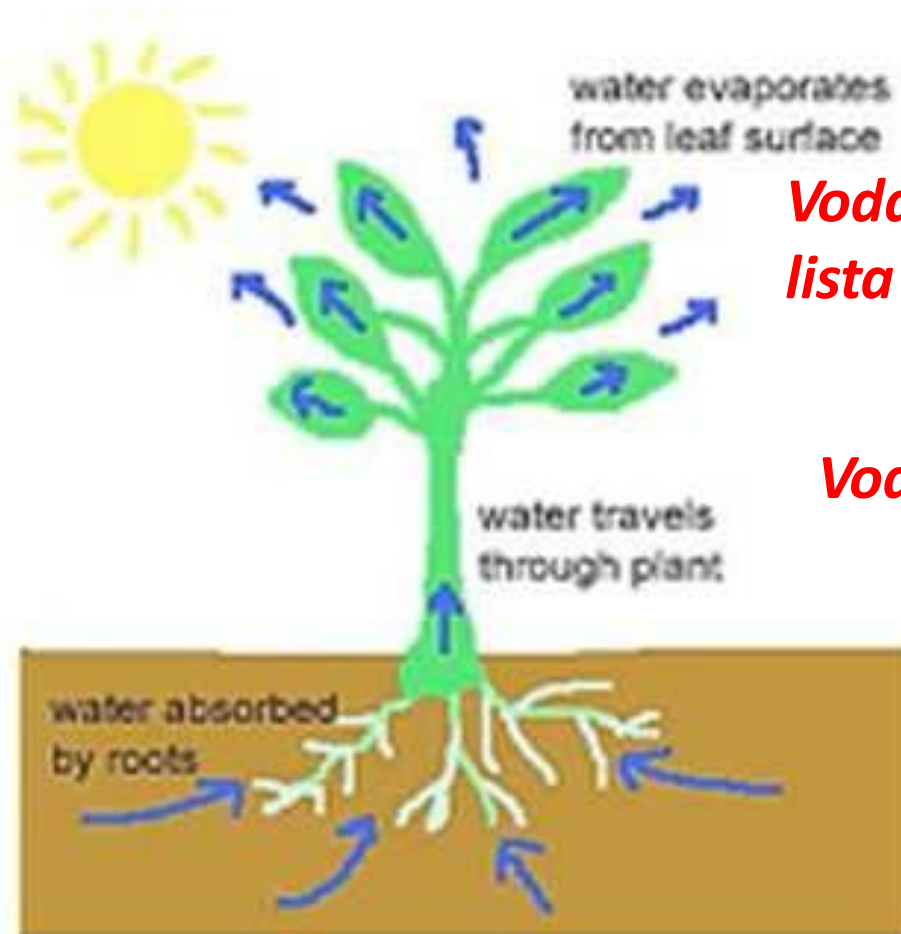
### CLOSE-UP OF LEAF cross-section



Remote sensing vegetacije:

## Emitovanje toplote

Figure 2: Water Transpiration and Mass Flow



*Voda isparava sa površine lista i kroz stome*

*Voda prolazi kroz biljku*

*Biljka vodu apsorbuje korenovim sistemom.*

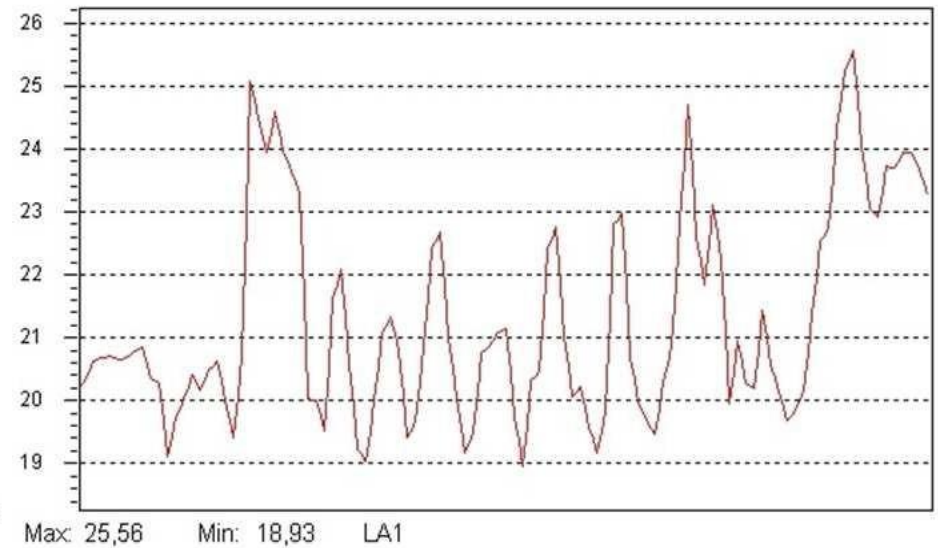
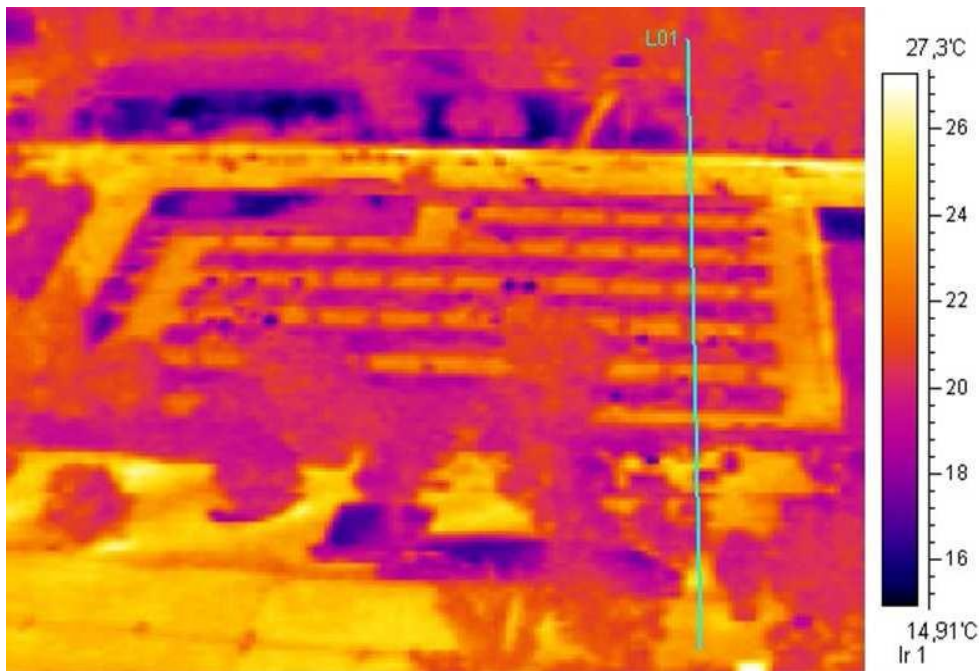
# Remote sensing vegetacije: Emitovanje toplote

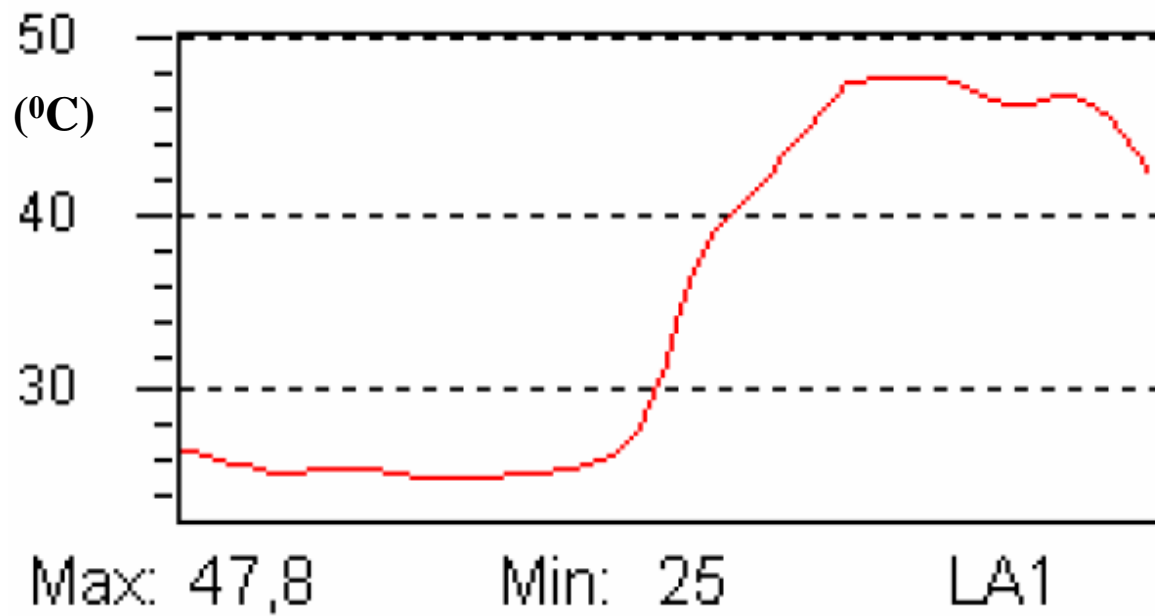
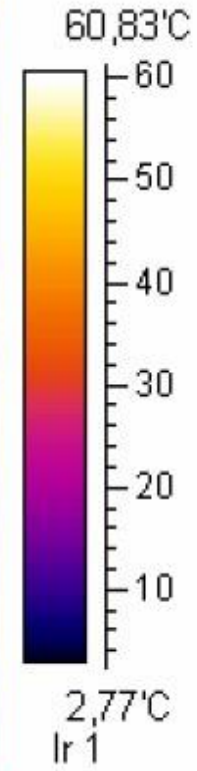
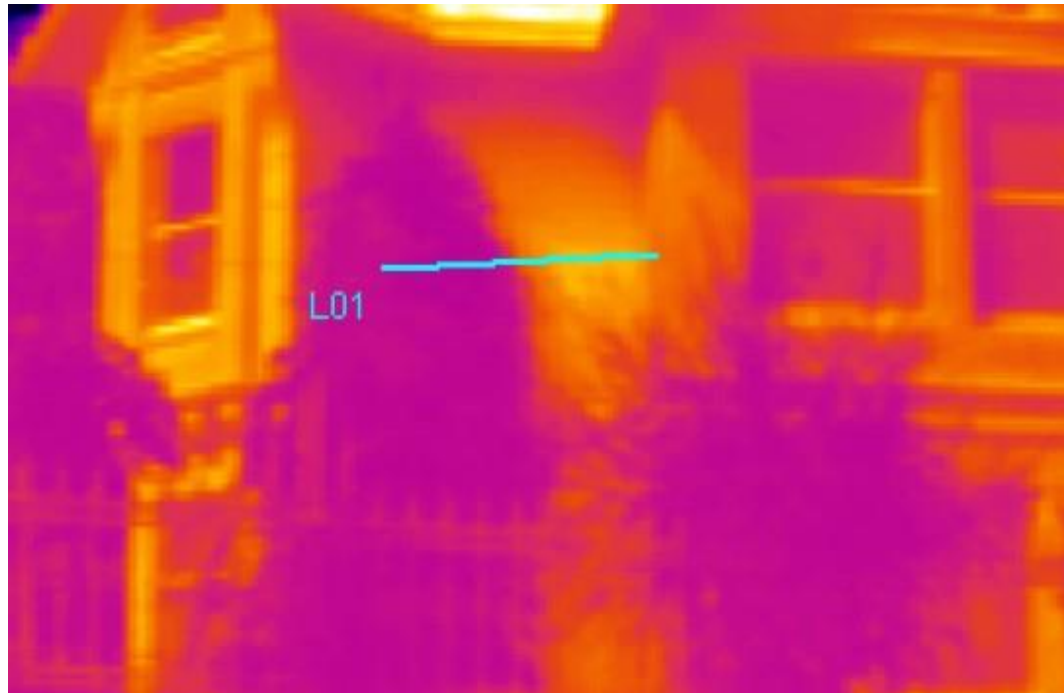
Detekcija stresa izazvanog sušom kod biljaka merenjem temperature lista





## Temperatura parking mesta Alte Donau, Beč





Površinska temperatura

Stara zgrada sa krovom prekrivenim biljkama

# Termalna fotografija Schlesinger Platz 10.6.2008, 1300 MEZ



Temperatura na lokacijama označenim plavim krstićima : Max: 50,12°C (Beton, potpuno osvetlje  
P02: 30,07°C (Krošnja drveta),  
P03: 28,58°C (Trava, senka)  
P04: 31,49°C (Trava, potpuno osvetljeno),  
P05: 39,03°C (Betonski zid, potpuno osvetljeno)  
P06: 45,52°C (Beton, potpuno osvetljeno)

# Remote sensing vegetacije: Emitovanje toplote

## Detekcija VODNOG STRESA

### INDEX VODNOG STRESA BILJKE(CWSI)

$$CWSI = (dT - dTI) / (dT_u - dTI) \quad (2)$$

Gde je,

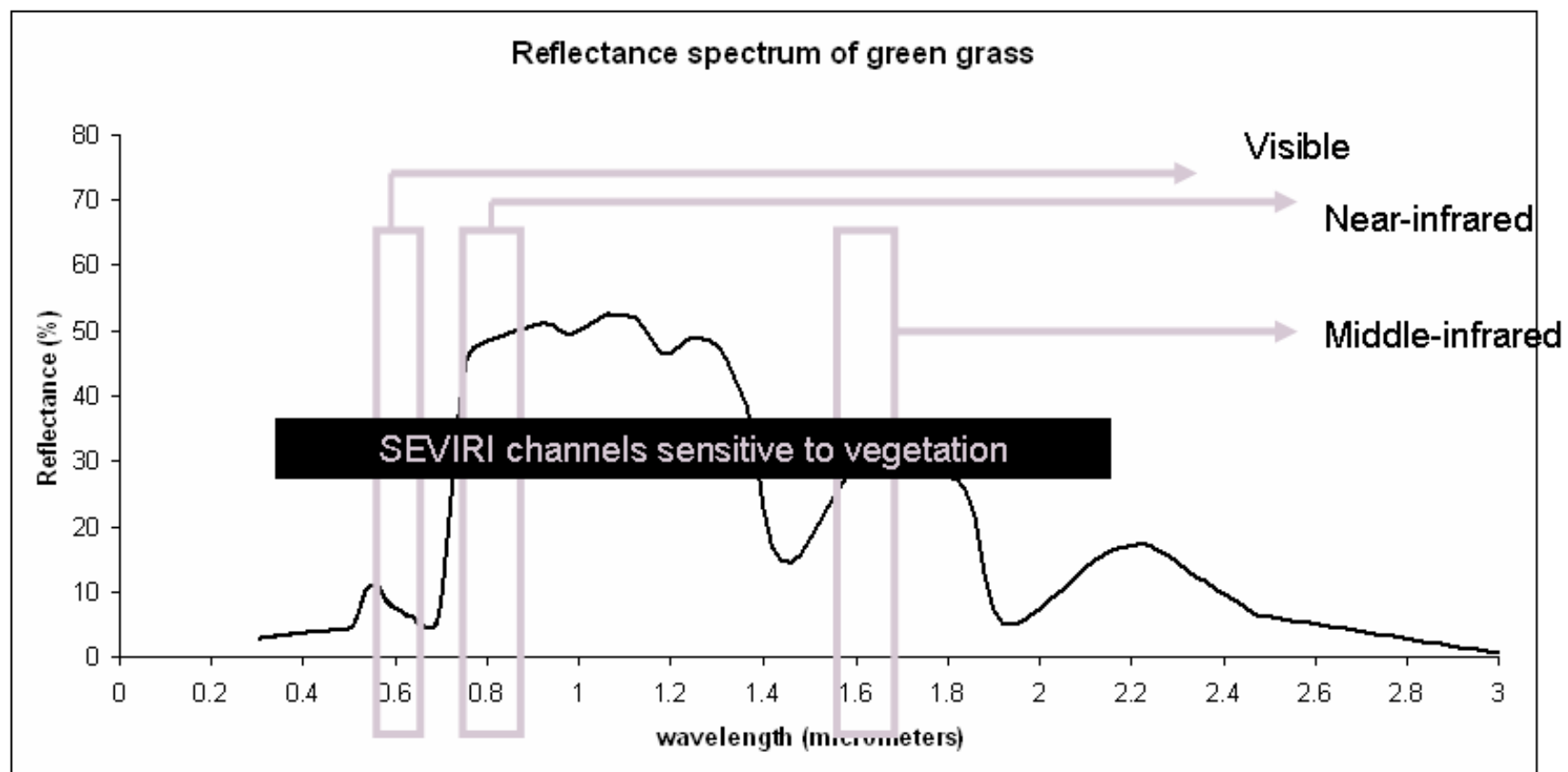
$dT$  je mera razlike između temperature nadzemnog dela biljke i vazduha,

$dT_u$  gornja granica nadzemnog dela biljke minus temperatura vazduha (ne-transpirišuća biljka), i

$dTI$  je donja granica nadzemnog dela biljke minus temperatura vazduha (obilno-zalivana biljka).

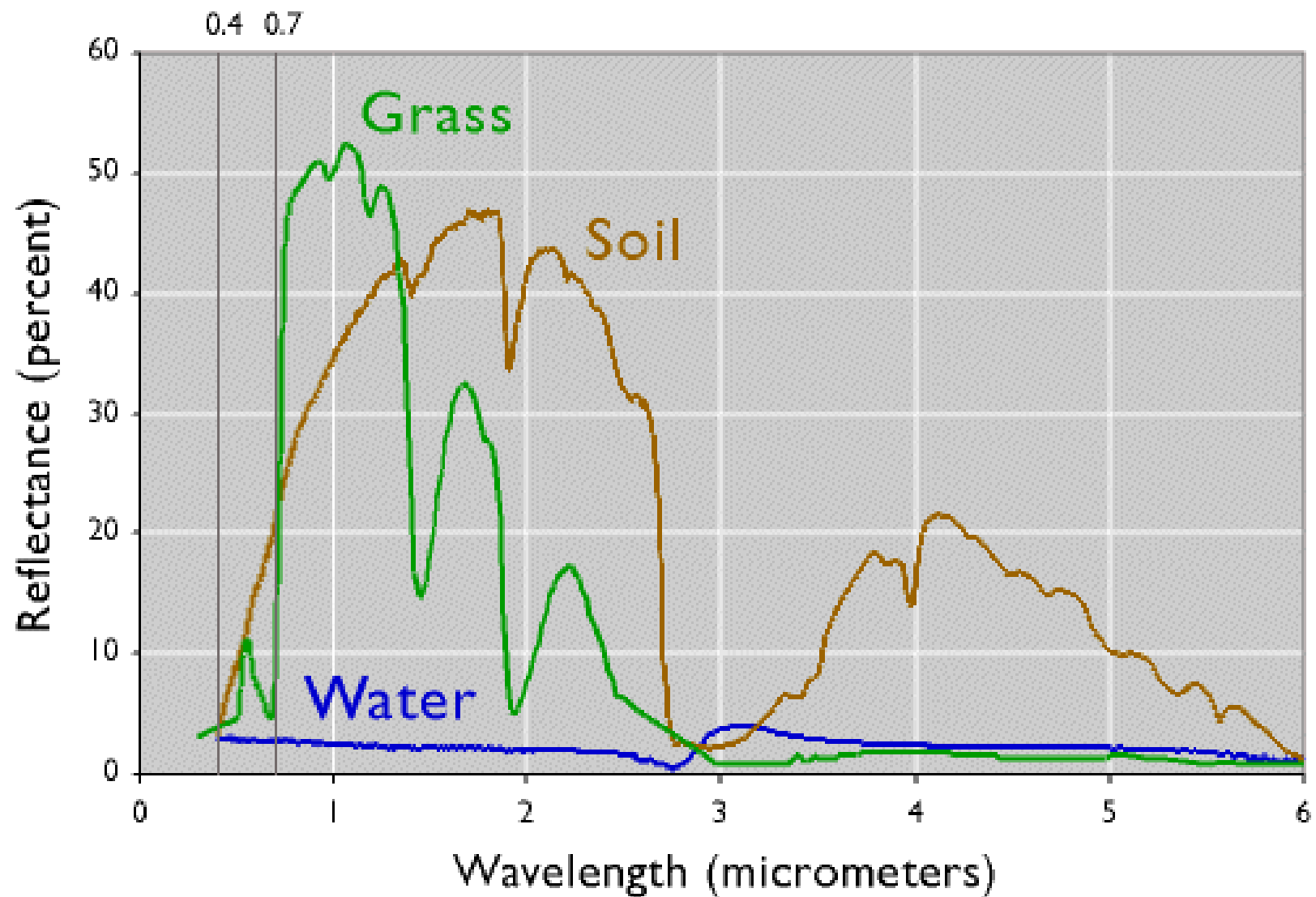
CWSI vrednost 0 ukazuje da ne postoji vodni deficit, a vrednost 1 predstavlja maksimalni vodni stres. Vodni stres biljke koji ukazuje na potrebu za navodnjavanjem je karakterističan za vrstu i obuhvata činioce kao što su uticaj vodnog stresa na prinos, cenu date vrste i takođe vode. Reginato i Howe (1985) su pokazali da prinos pamuka pokazuje prve znake opadanja kada je prosečan CWSI tokom sezone veći od 0.2.

# Remote sensing vegetacije: Spektralna refleksija



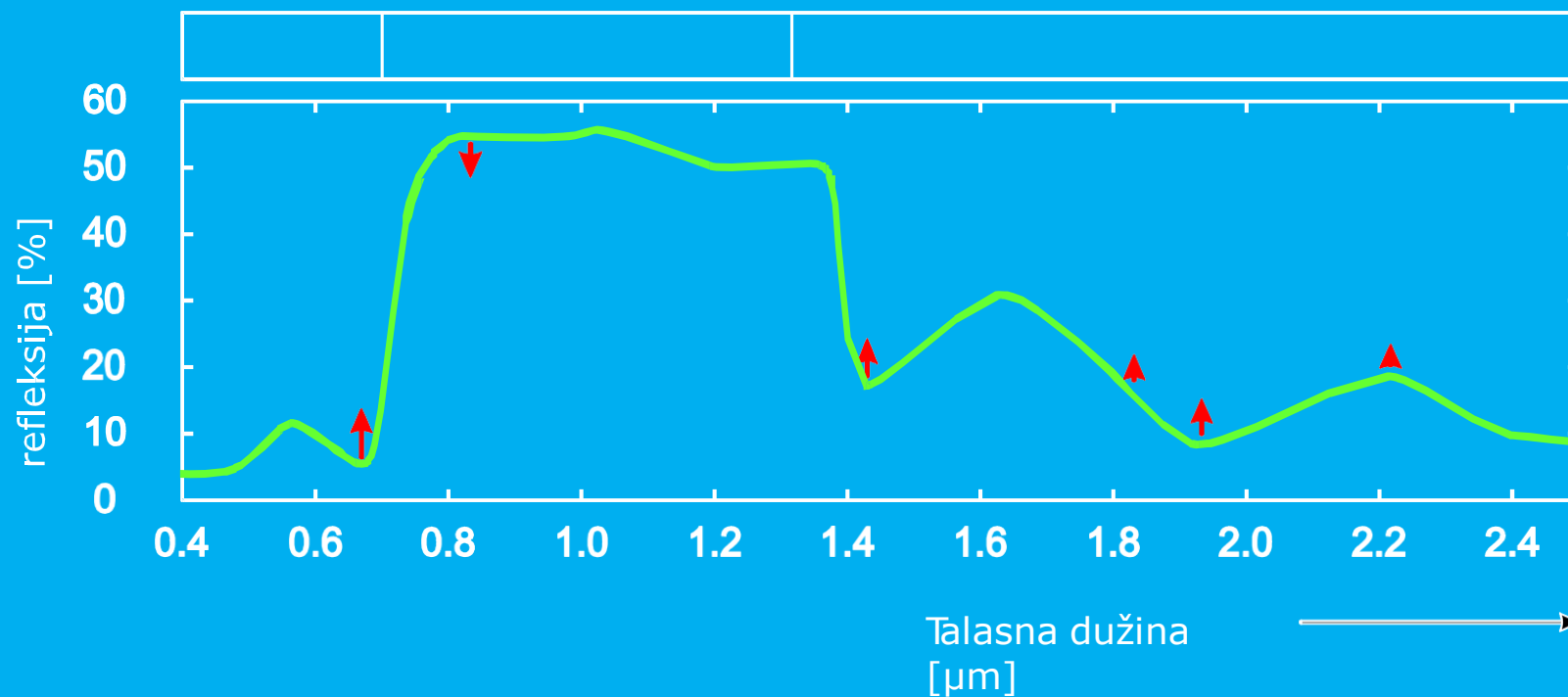


# Remote sensing vegetacije: Spektralna refleksija



# Remote sensing vegetacije: Spektralna refleksija

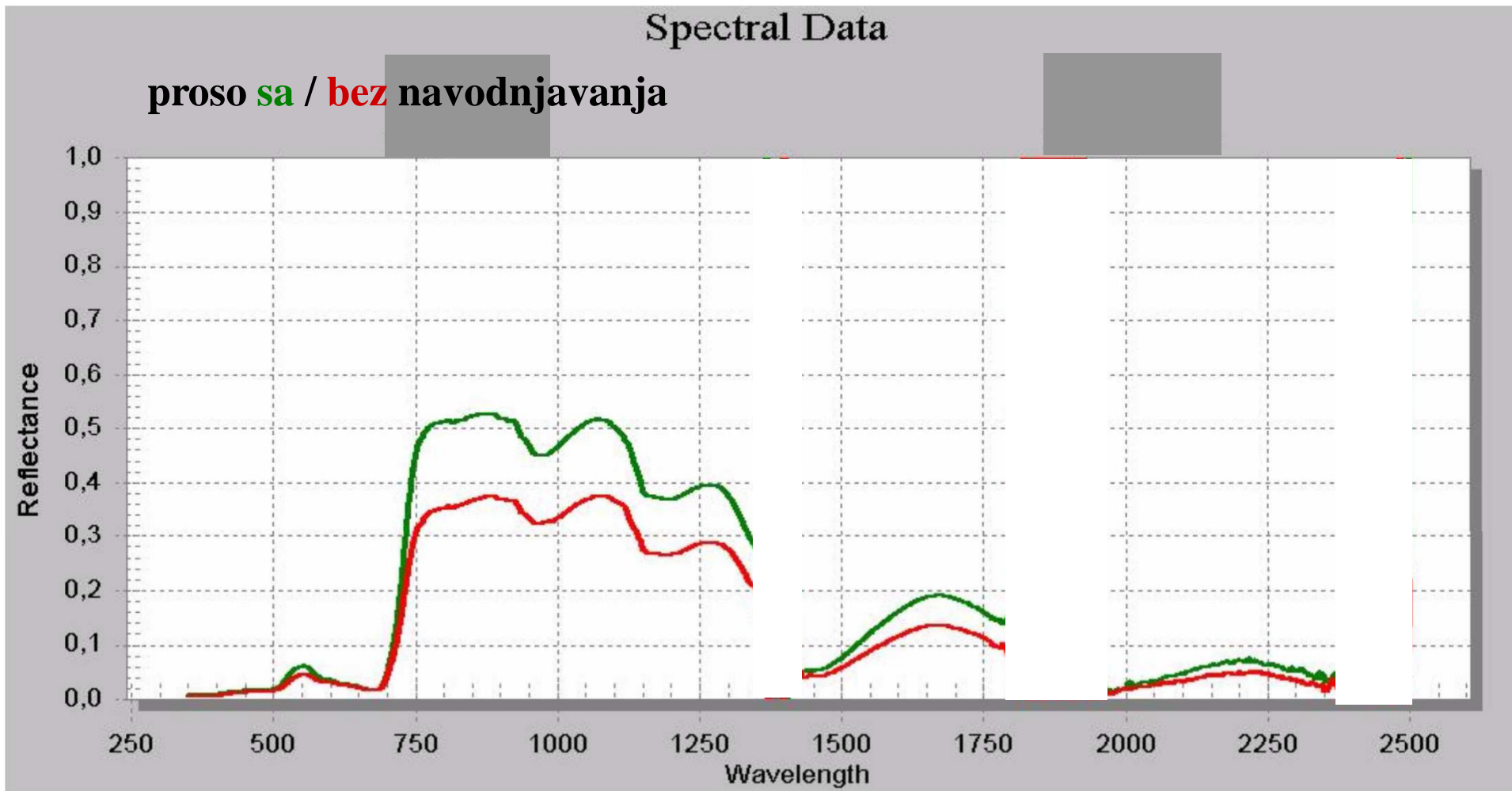
## Spektralna refleksija vegetacije







# Remote sensing vegetacije: Spektralna refleksija



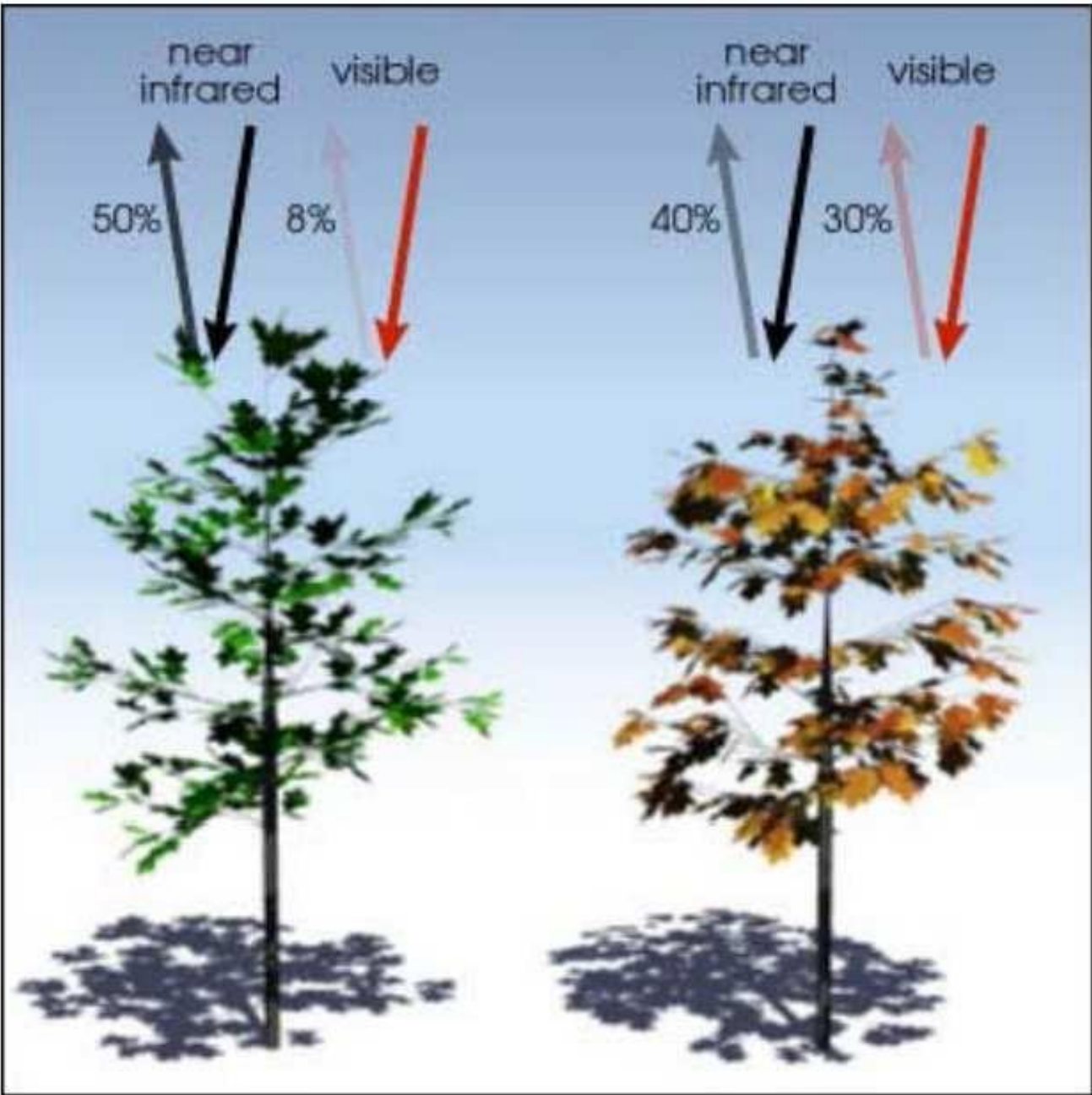
# Normalized Difference Vegetation Index NDVI

The generic normalized difference vegetation index (NDVI) has provided a method of estimating net primary production over varying biome types (e.g. Lenney et al., 1996), identifying ecoregions (Ramsey et al., 1995), monitoring phenological patterns of the earth's vegetative surface, and of assessing the length of the growing season and dry-down periods (Huete and Liu, 1994).

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

*Normalizovani diferencni vegetacioni indeks – NDVI*

*Dao je mogućnost procene primarne produkcije biomase različitih biljnih vrsta, monitoring fenologije i odredjivanje dužine vegetacije i sušnih peroida.*



Jensen  
(2007)

$$\frac{(0.50 - 0.08)}{(0.50 + 0.08)} = 0.72$$

$$\frac{(0.4 - 0.30)}{(0.4 + 0.30)} = 0.14$$

Kad je riječ o primjeni satelitskih snimaka do sada su najviše korišćeni produkti snimanja satelita iz generacija Landsat-a 1-7 uz korišćenje ESRI softverskog paketa.. Landsat je jedan od najstarijih satelitskih programa opažanja Zemlje. Prvi Landsat satelit je u orbiti od 1972. dok je poslije njega uspješno lansirano još pet satelita. Na Landsatu 7, posljednjem u ovoj seriji, ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) senzor obezbjeđuje 7 band-ova (talasnih područja) multi-spektralnih podataka u 30 metarskoj rezoluciji, plus jedan panhromatski band na 15 m, pri širini zahvata od 183 km na površini Zemlje.

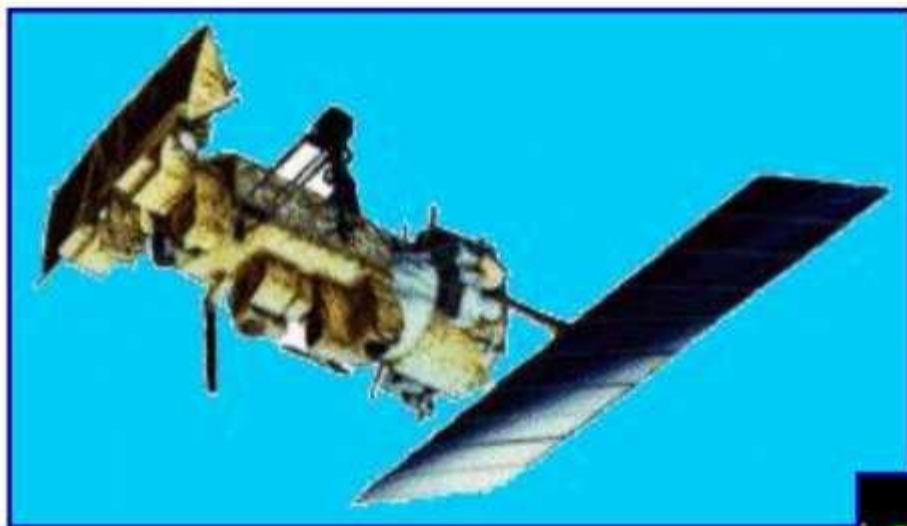


# Remote sensing vegetacije: Spektralna refleksija

## Advanced Very High Resolution Radiometer

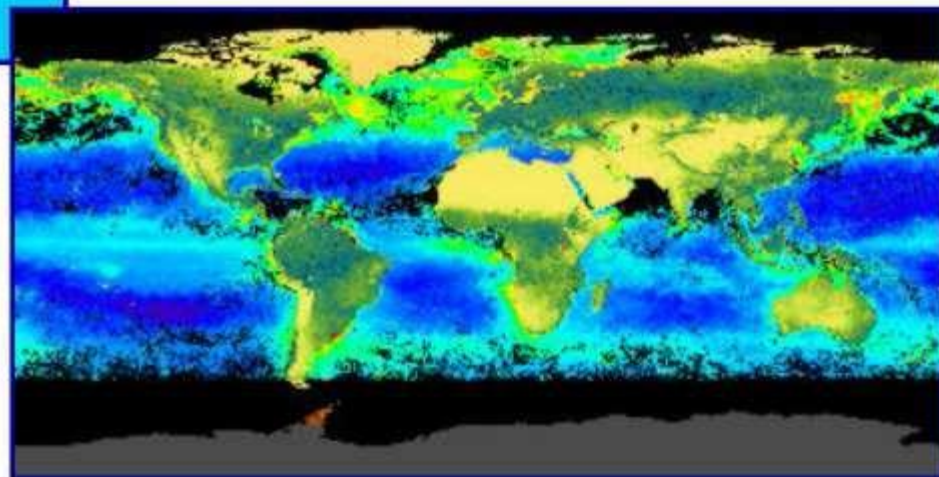
### AVHRR

Jensen (2007)



Band	Wavelength (mm)
1	0.58-0.68
2	0.72-1.10
3	3.55-3.93
4	10.5-11.5
5	11.5-12.5

**Normalized Difference  
Vegetation Index (NDVI)**



# Infrared Index II

Jensen, 2007

An Infrared Index (II) that incorporates both near and middle-infrared bands is sensitive to changes in plant biomass and water stress in smooth cordgrass studies (Hardisky et al., 1983; 1986): Healthy, mono-specific stands of tidal wetland such as *Spartina* often exhibit much lower reflectance in the visible (blue, green, and red) wavelengths than typical terrestrial vegetation due to the saturated tidal flat understory. In effect, the moist soil absorbs almost all energy incident to it. This is why wetland often appear surprisingly dark on traditional infrared color composites.

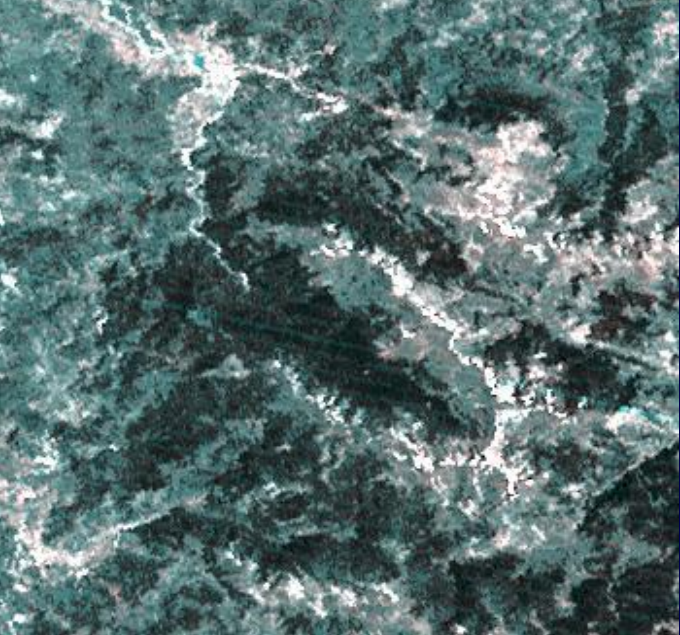
$$II = \frac{NIR_{TM\ 4} - MIR_{TM\ 5}}{NIR_{TM\ 4} + MIR_{TM\ 5}}$$

*Infracrveni indeks II koji uključuje infracrveni dio spektra osetljiv je na promjene Biomase i vodni stres.*

Od podataka dobijenih obradom satelitskih snimaka za diferenciranje i kartiranje vegetacije često se koristi NDVI faktor- normalizovana razlika indeksa vegetacije(NDVI – Normalized Difference Vegetation Index). NDVI predstavlja razliku između blisko- infracrvene i vidljive refleksije, normalizovane zbirom ovih kanala

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{blisko IC kanal} - \text{kanal crvene svjetlosti})}{(\text{blisko IC kanal} + \text{kanal crvene svjetlosti})}$$

Ova formula daje vrijednosti u opsegu  $-1.0 \div +1.0$ , pri čemu rast pozitivnih vrijednosti ukazuje na prisustvo vegetacije, a negativne vrednosti ukazuju na površine bez vegetacije, kao što su npr.: vodene površine, utrine, led, snijeg i oblaci. Ponekad, kod metode skaliranja usvajaju se vrijednosti od 0 do 200, pri čemu svaka vrijednost predstavlja 1.0 procenat ukupnog mogućeg opsega.



1978



1987



1992



2000

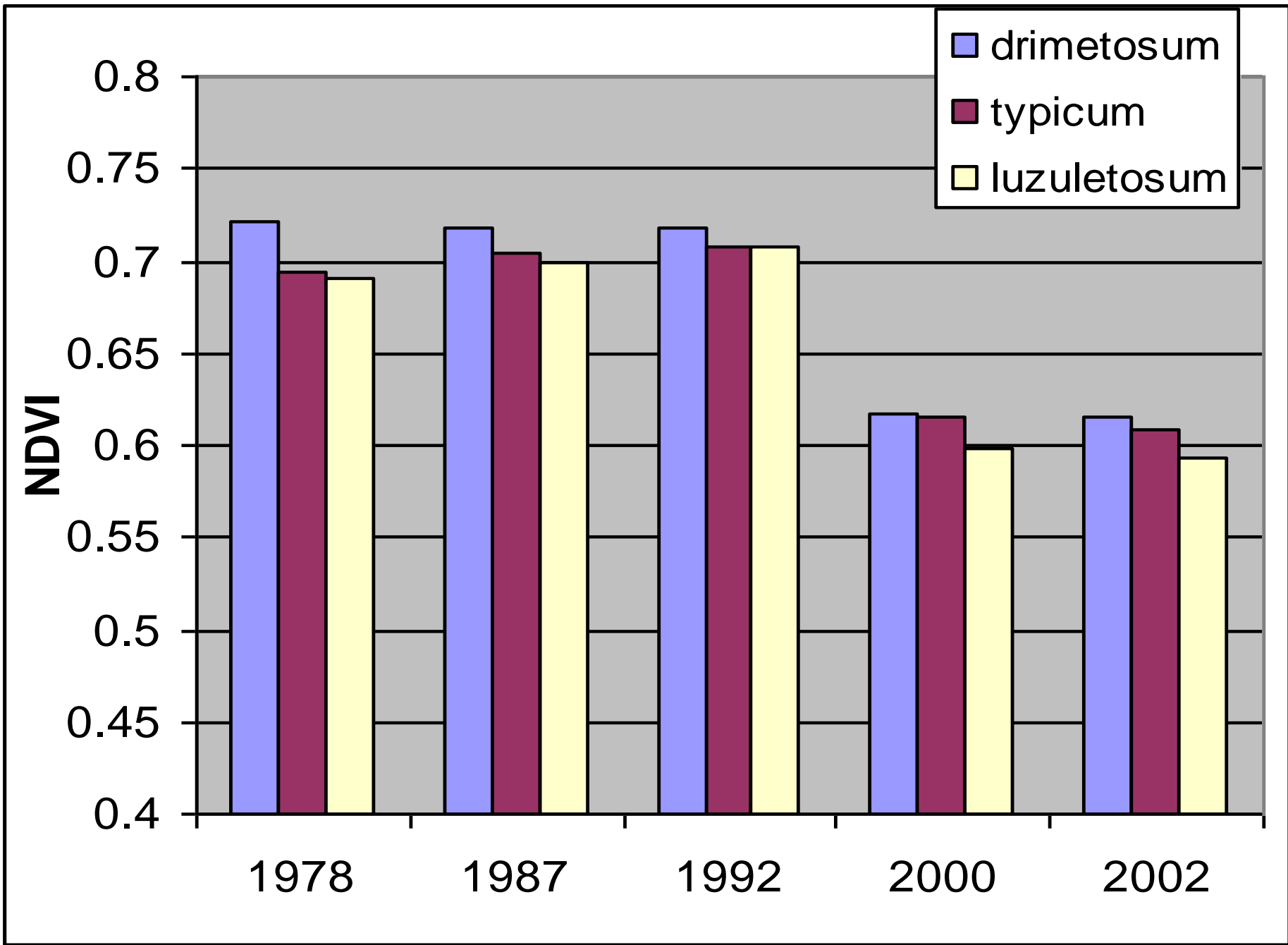


2002



Proučavano područje  
nakon promjene  
slojeva u vidljivom  
spektru i nakon  
zumiranja

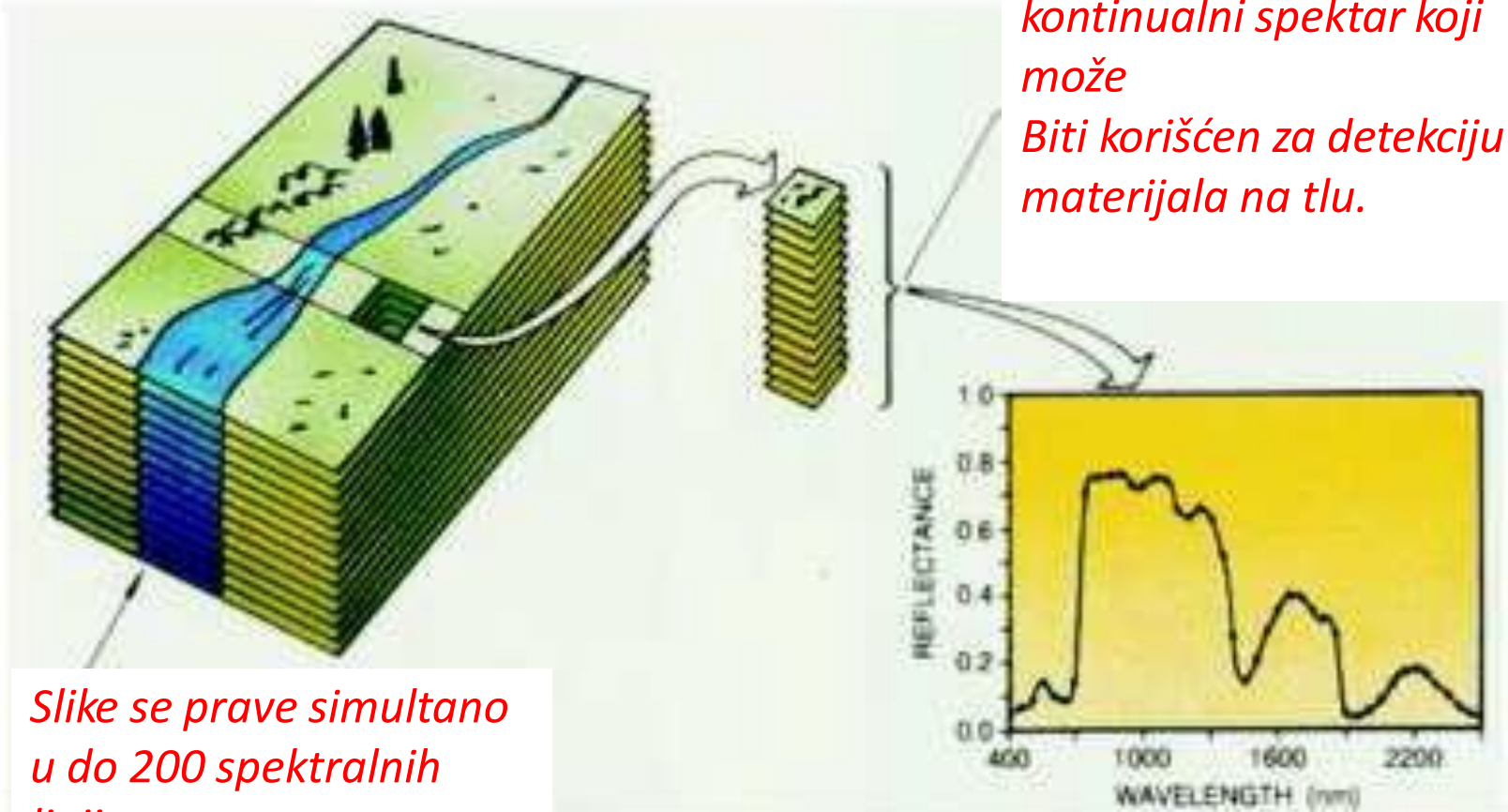
---





# Hyperspectral image data

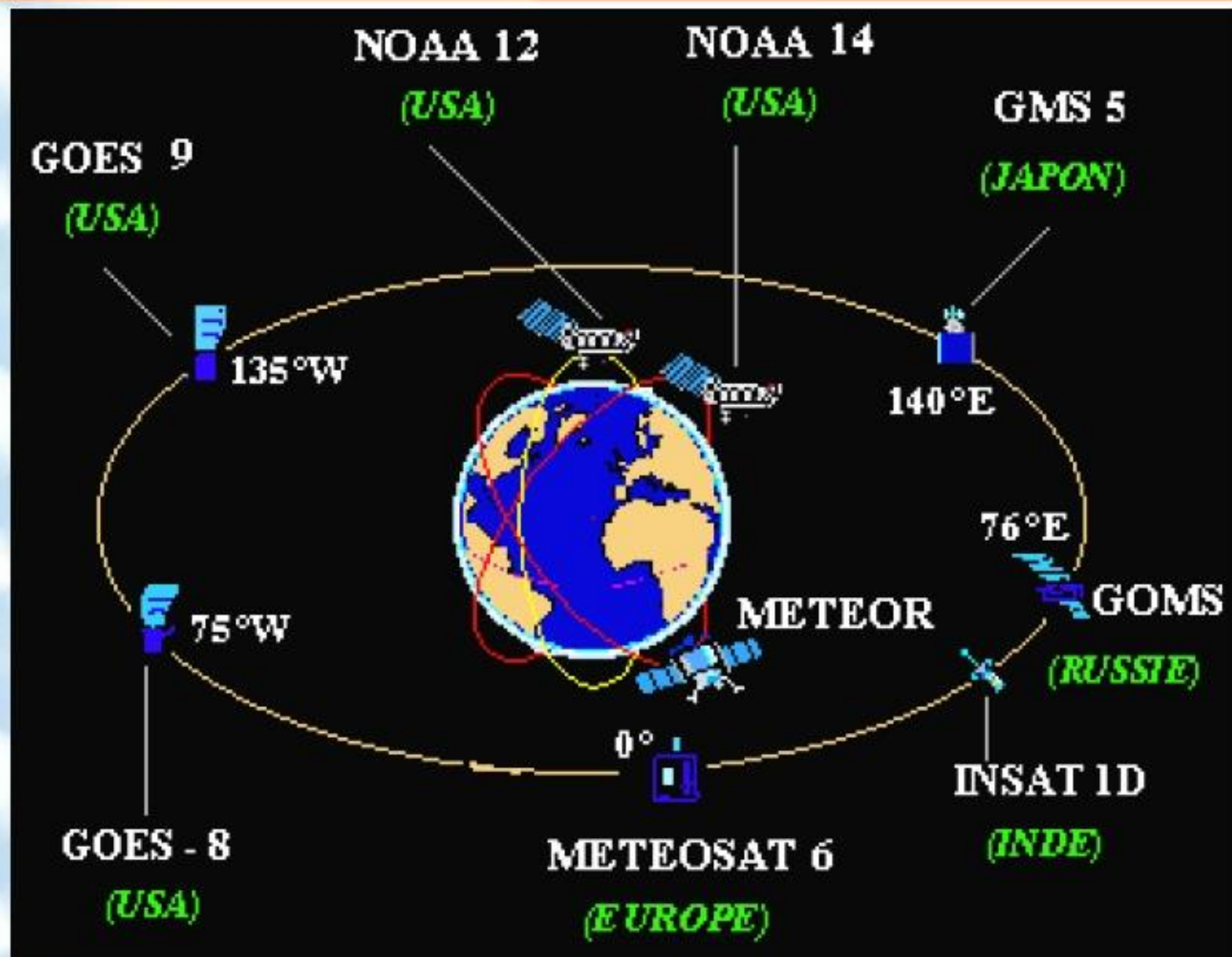
*Svaki piksel poseduje  
kontinualni spektar koji  
može  
biti korišćen za detekciju  
materijala na tlu.*



*Slike se prave simultano  
u do 200 spektralnih  
linija.*



# METEOROLOŠKI SATELITI



# Geo-stacionarni sateliti

## METEOSAT

Nad ekvatorom ( $\varphi = 0^\circ$ )

Udaljeni od Zemljine površine  
~ 36000 km

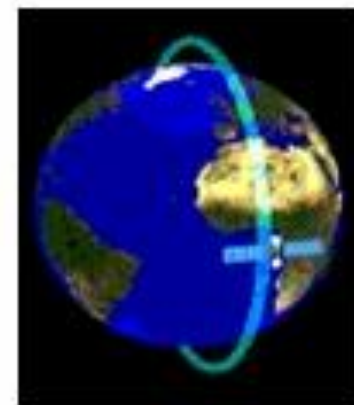
snimaju ~ 1/3 površine Zemlje



# Polarno-orbitalni sateliti

- kruže nad Zemljom na višini cca 900 km (od 800 do 1000 km)
- opseg snimanja nekih 100 km,

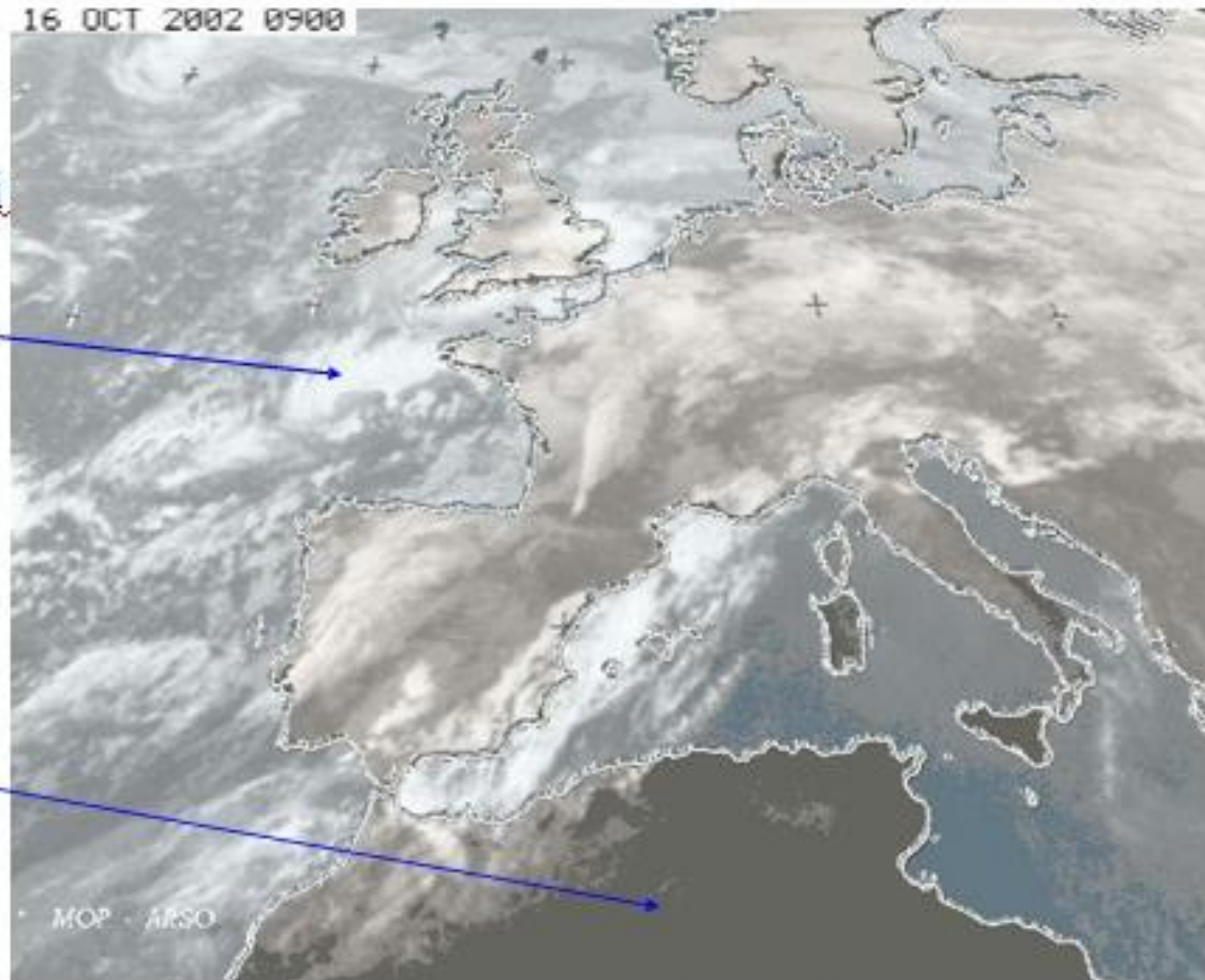
**Zemlju okruži 2 puta dnevno**



16 OCT 2002 0900

Svijetli ton – oblaci  
sa nižom  
temperaturom

Tamniji tonovi –  
toplija područja



Slika oblačnosti u IC spektru preuzeta sa  
geo-stacionarnog vremenskog satelita  
METEOSAT

# METEOROLOŠKI RADARI

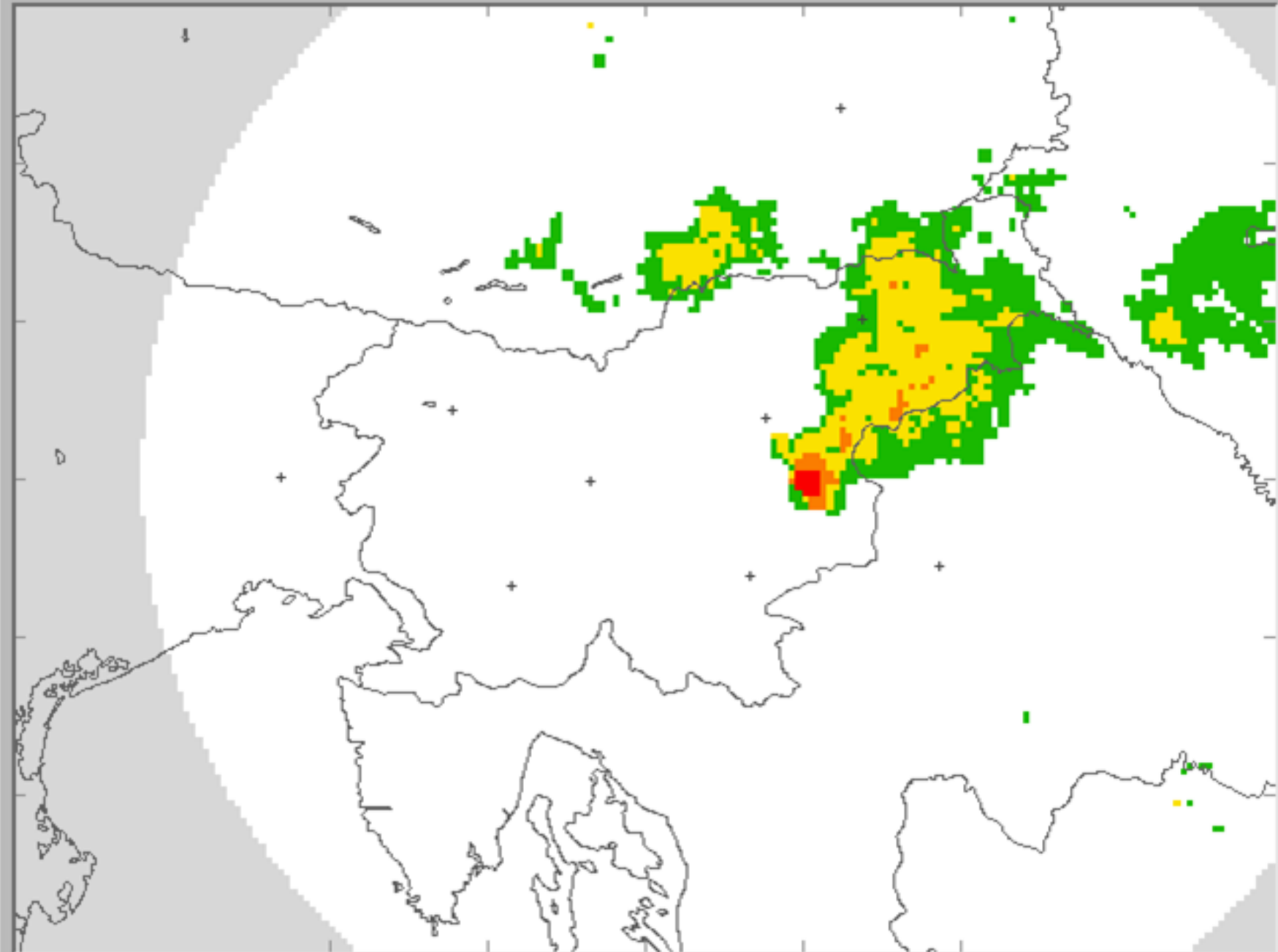


-ocjena količine padavina u okolini

-domet 100 -500 km od radara

ARSO SIRAD  
2004-06-18 21:00 UTC

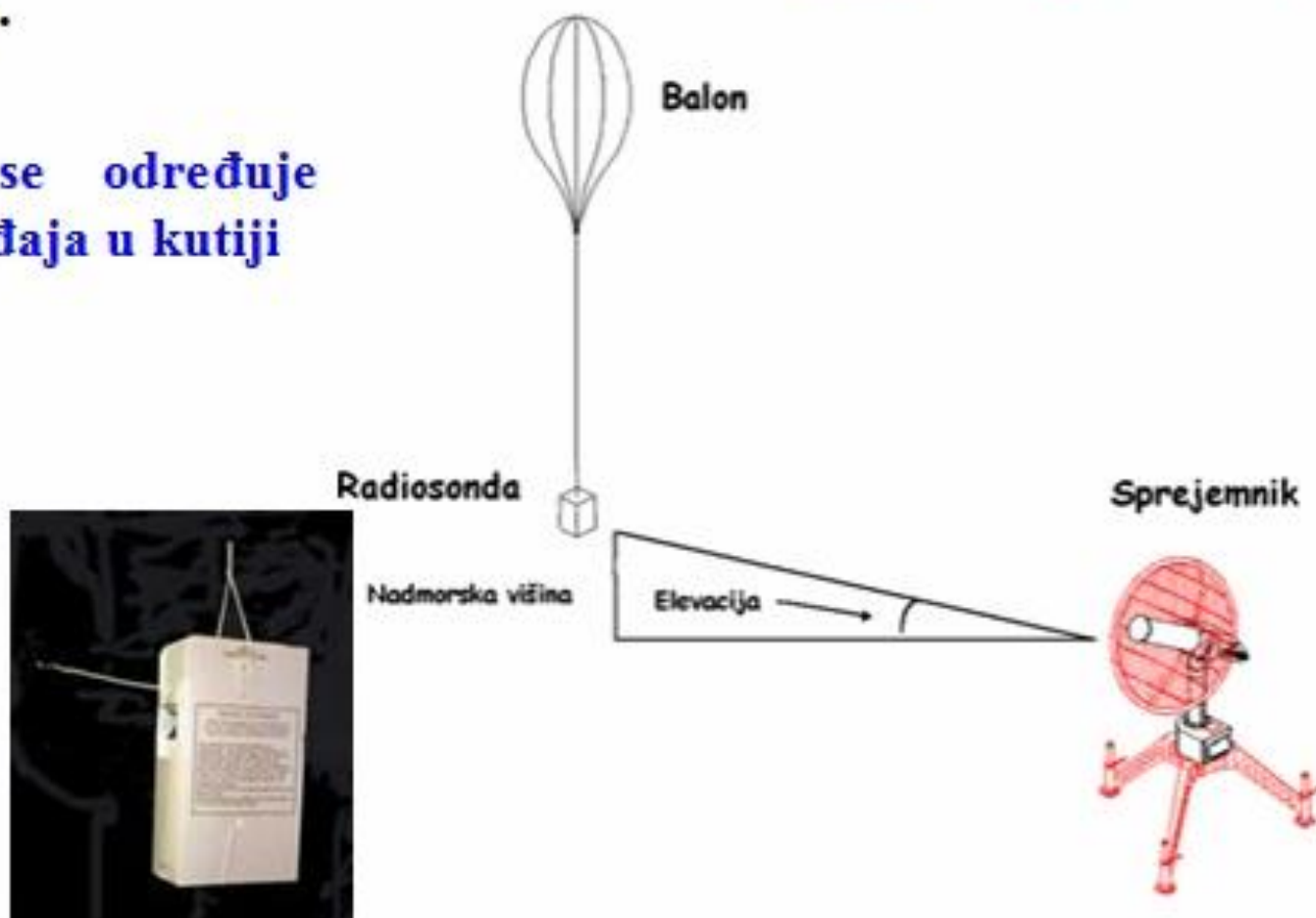
PRECIPITATION  
INTENSITY



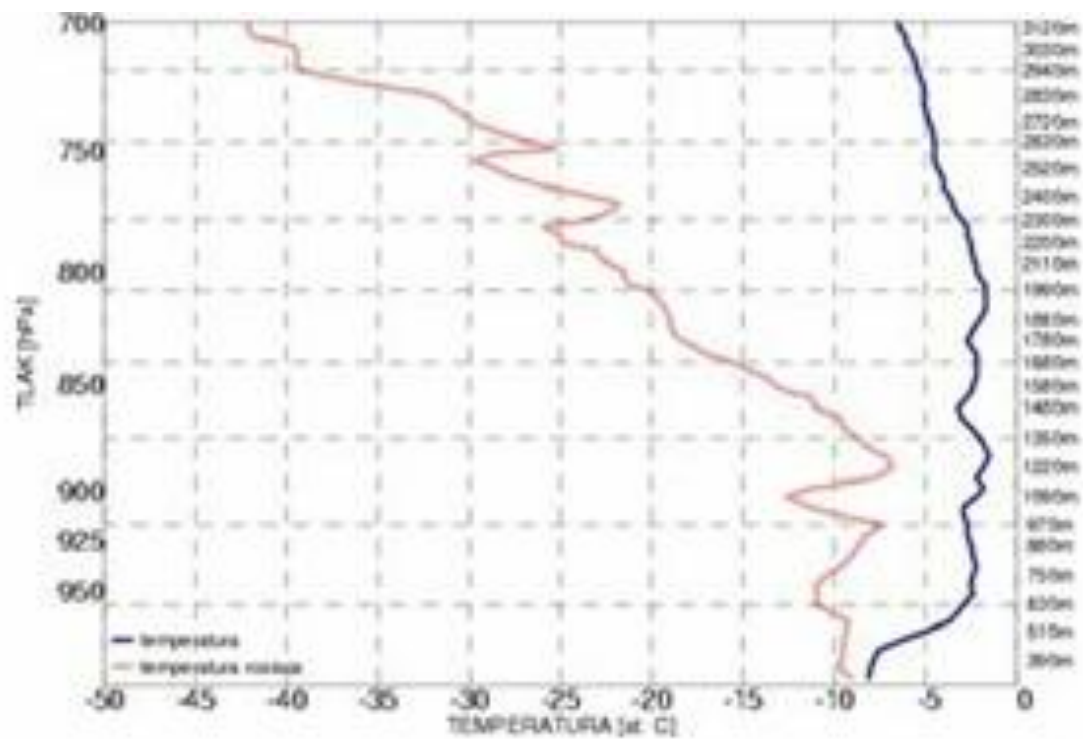
# Radiosondažna mjerenja

**Radiosonda** – balon, napunjen helijumom, na koga je zakačena kutija sa instrumentima za mjerenje vertikalnih profila **vlage**, **temperature** i **vazdušnog pritiska**.

Pozicija sonde se određuje signalom GPS uređaja u kutiji



**Primjer  
radiosondažnog  
mjerjenja**







Radiosondažna stanica

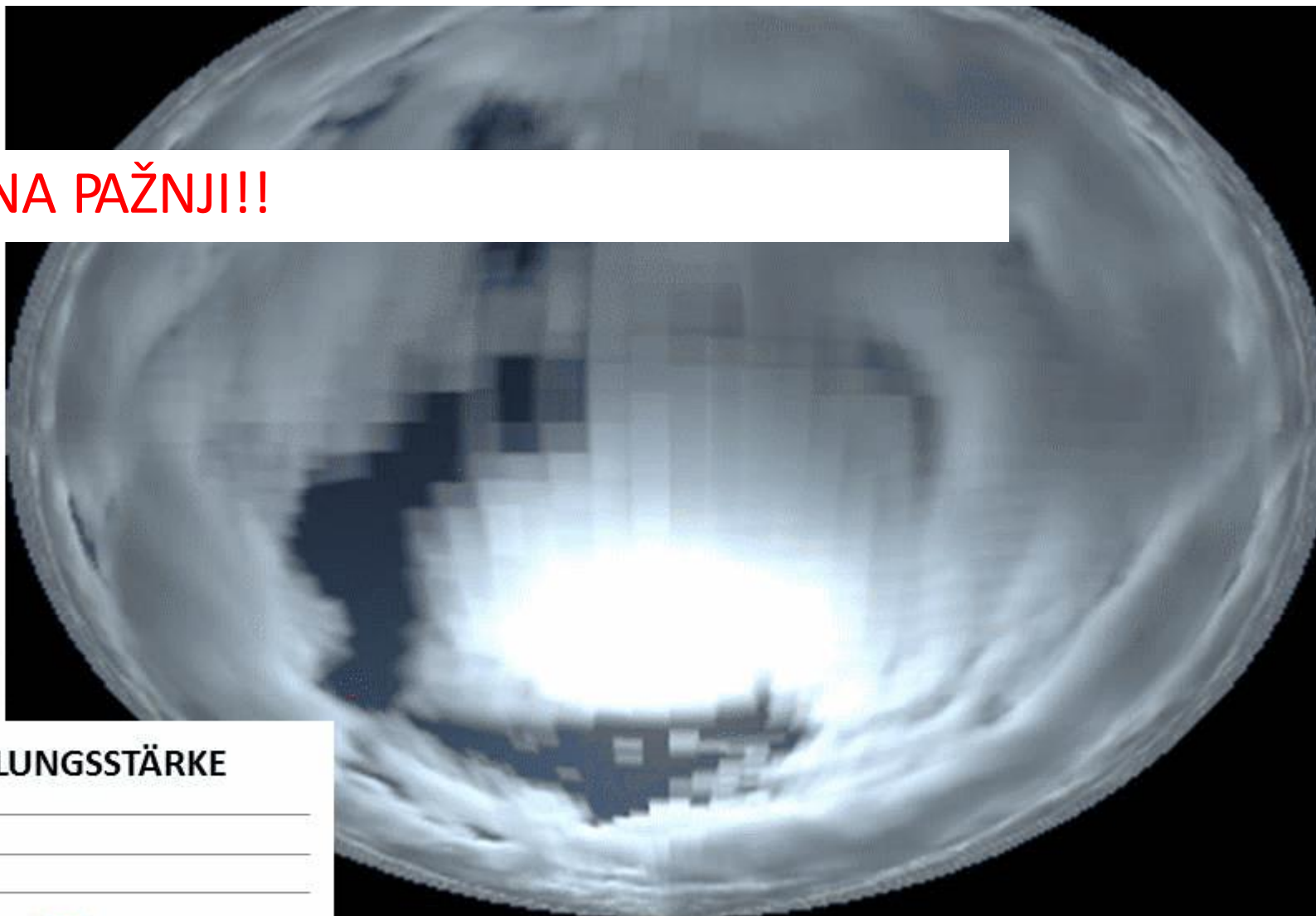
# Radiosondažna mjerjenja

Puštanje radiosonde

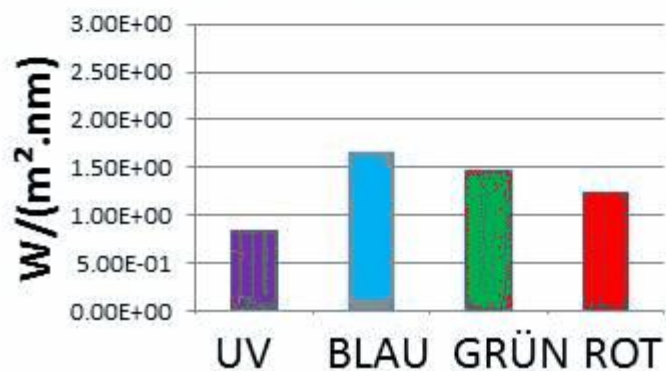


# SIMULACIJE MONITORINGA OBLAKA POMOĆU KAMERE „RIBLJE OKO“

HVALA NA PAŽNJI!!



BESTRAHLUNGSSTÄRKE



UV = 320 nm      GRÜN = 550 nm  
BLAU = 450 nm    ROT = 670 nm