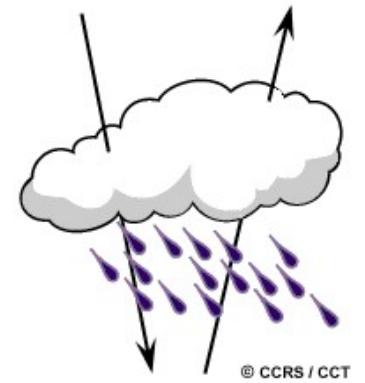
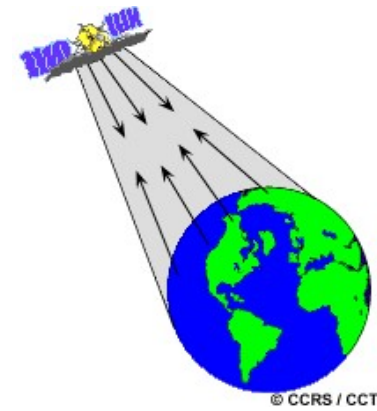
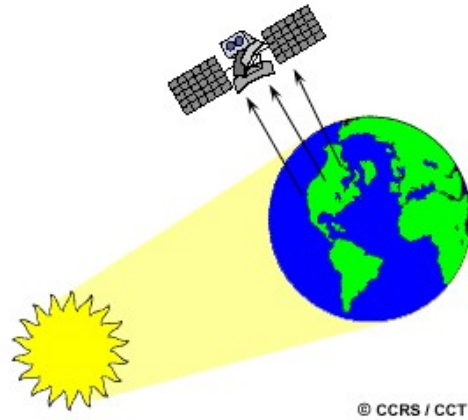


## Remote Sensing Satellites



# • Αισθητήρια Συστήματα

## • Δορυφορικά Συστήματα Σάρωσης





## SATELLITE ORBITS:

**Geostationary Orbit (GEO)**

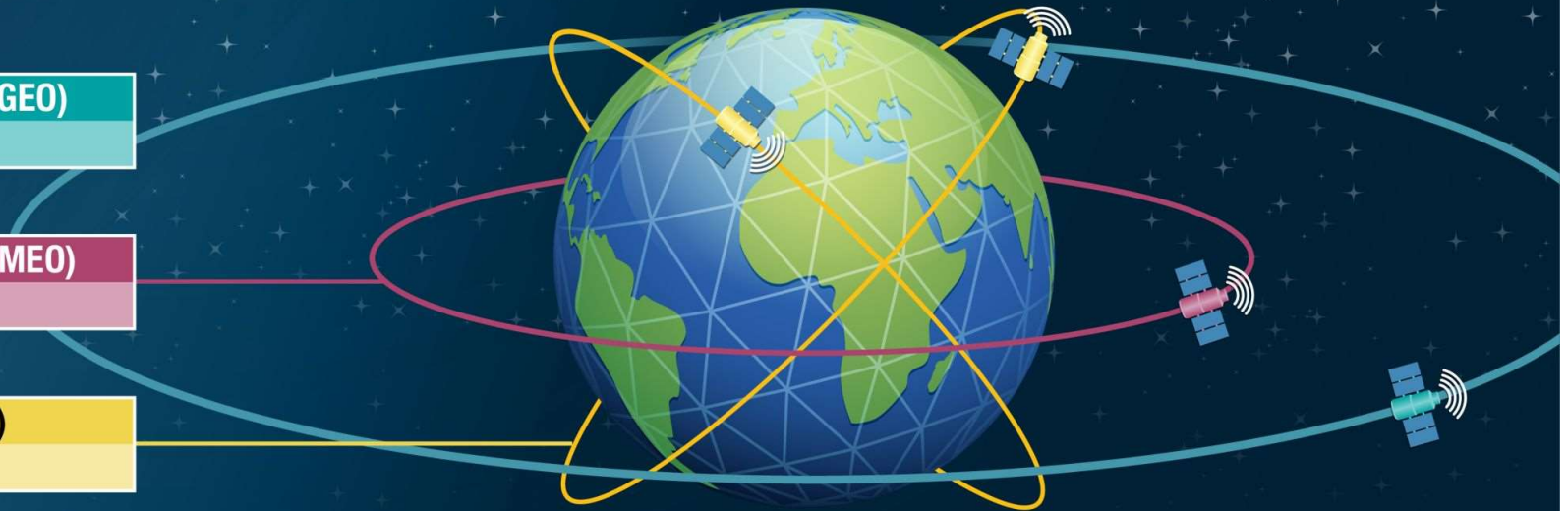
Orbit: 35,768 km

**Medium Earth Orbit (MEO)**

Orbit: 10,000 km

**Low Earth Orbit (LEO)**

Orbit: 1,000 km



- Αισθητήρια Συστήματα
- Δορυφορικά Συστήματα Σάρωσης
- Γενικά, υπάρχουν δύο χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στην επιλογή δορυφορικών δεδομένων:
  - η χωρική ανάλυση και
  - η φασματική ανάλυση



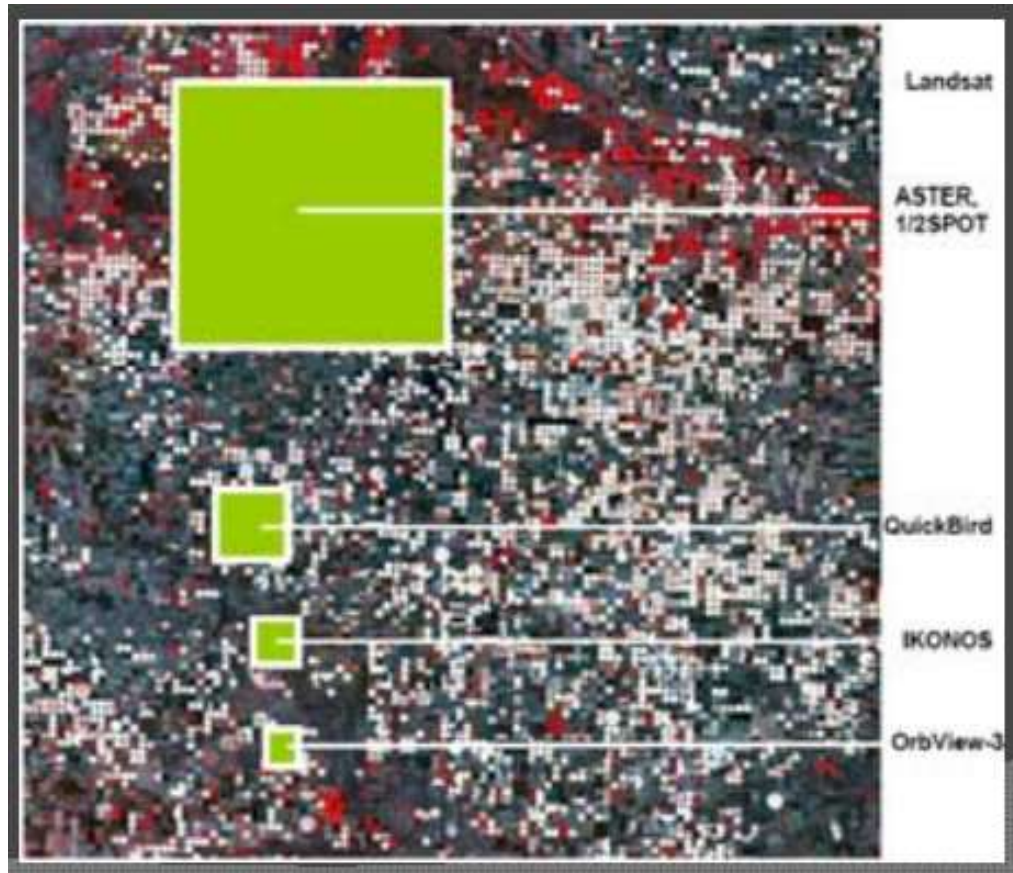
- Αισθητήρια Συστήματα

- Δορυφορικά Συστήματα Σάρωσης

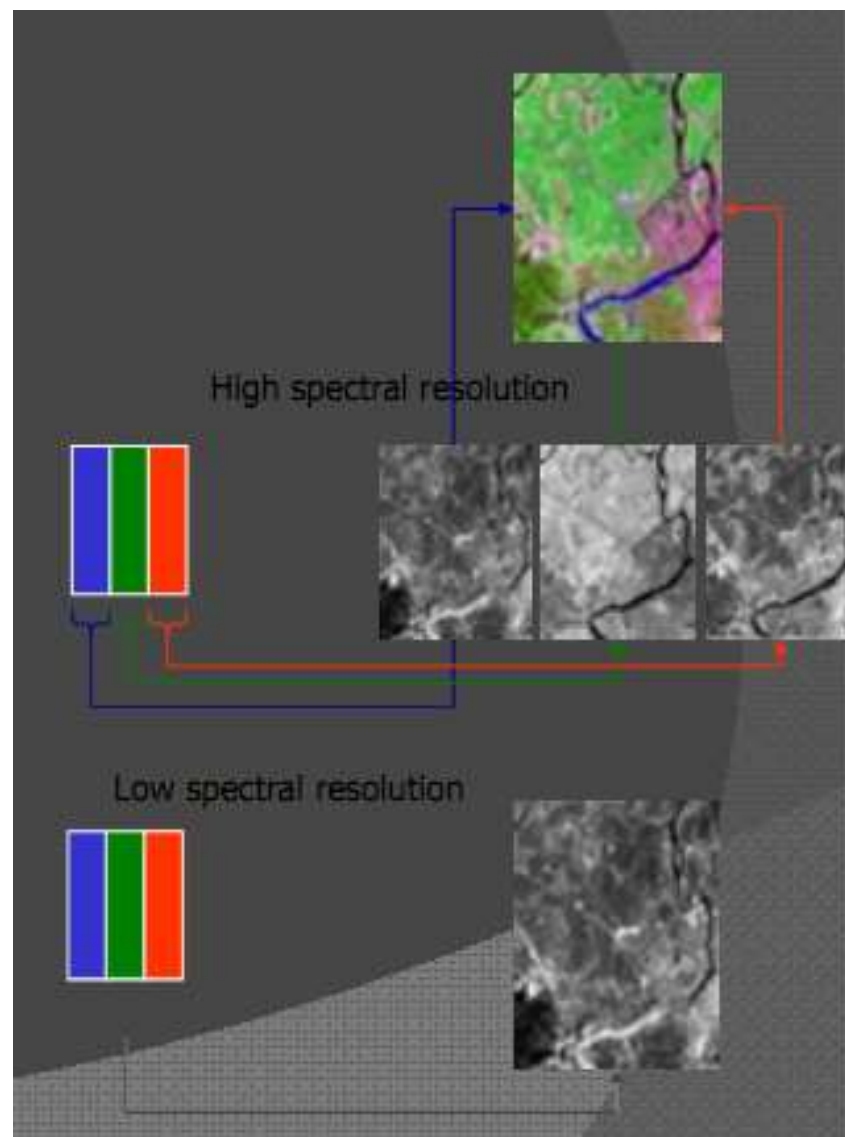
- Η χωρική ανάλυση αναφέρεται στο μέγεθος της περιοχής στο έδαφος το οποίο περιγράφεται από μια μοναδική τιμή δεδομένων στην εικόνα (μια ψηφίδα).
- Η φασματική ανάλυση αναφέρεται στο πλήθος και το πλάτος των φασματικών ζωνών τις οποίες ανιχνεύει ο δορυφορικός αισθητήρας.
- Επίσης θα πρέπει να εξετάζονται θέματα κόστους και διαθεσιμότητας των δεδομένων.

# Τηλεπισκόπηση

- Αισθητήρια Συστήματα











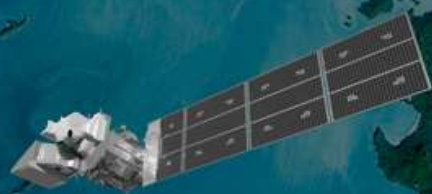
## Landsat – η πιο μακρόχρονη αποστολή

50 Years of

# Landsat Science

"If you really want a long history of understanding any process on Earth, Landsat is where you should go."

-Tasso Azevedo, MapBiomias Initiative



Landsat 9



Data



Benefits

# Landsat

## Satellites ▾

Landsat Next

Landsat 9

Landsat 8

Landsat 7

Landsat 6

Landsat 5

Landsat 4

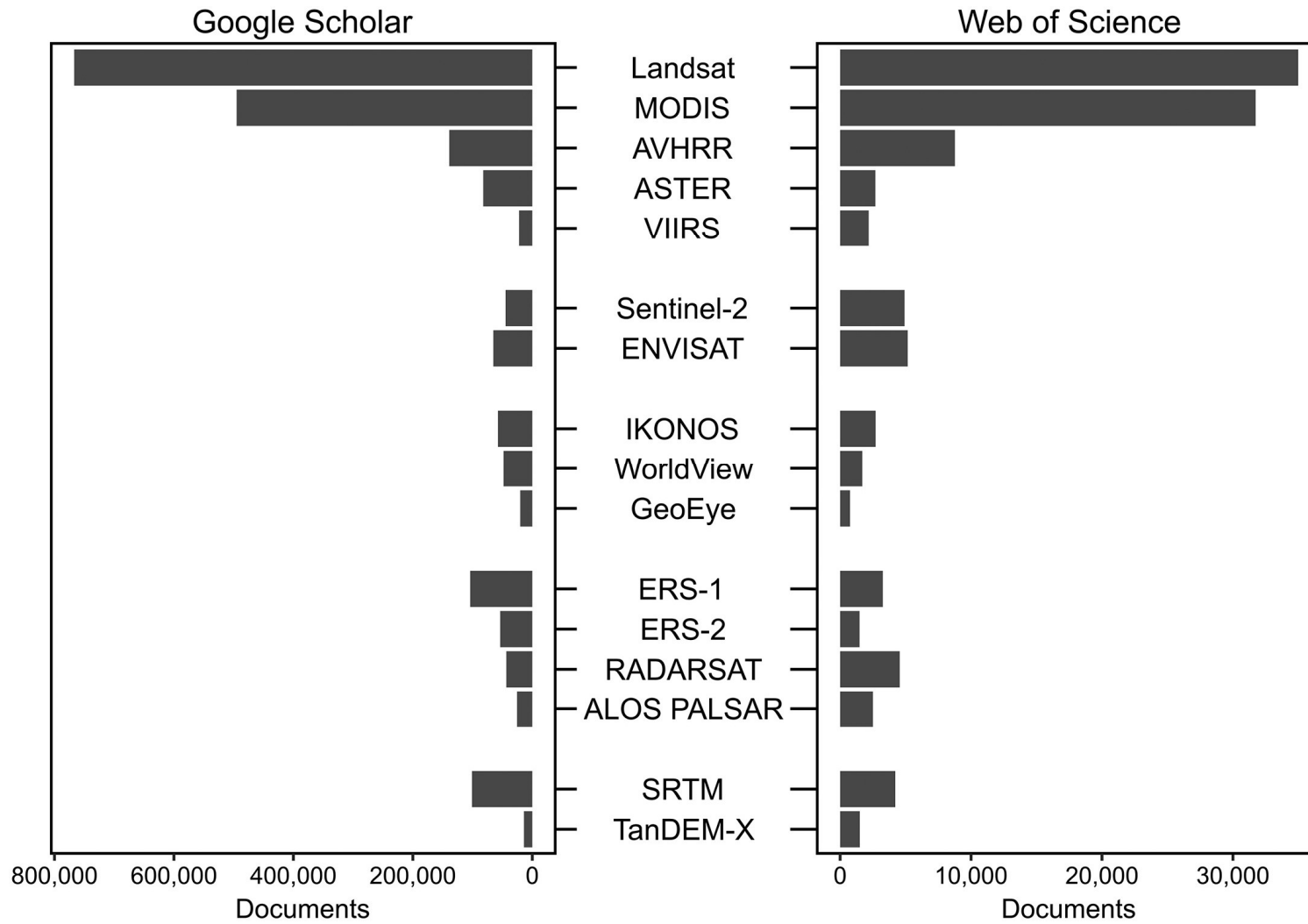
Landsat 3

Landsat 2

Landsat 1

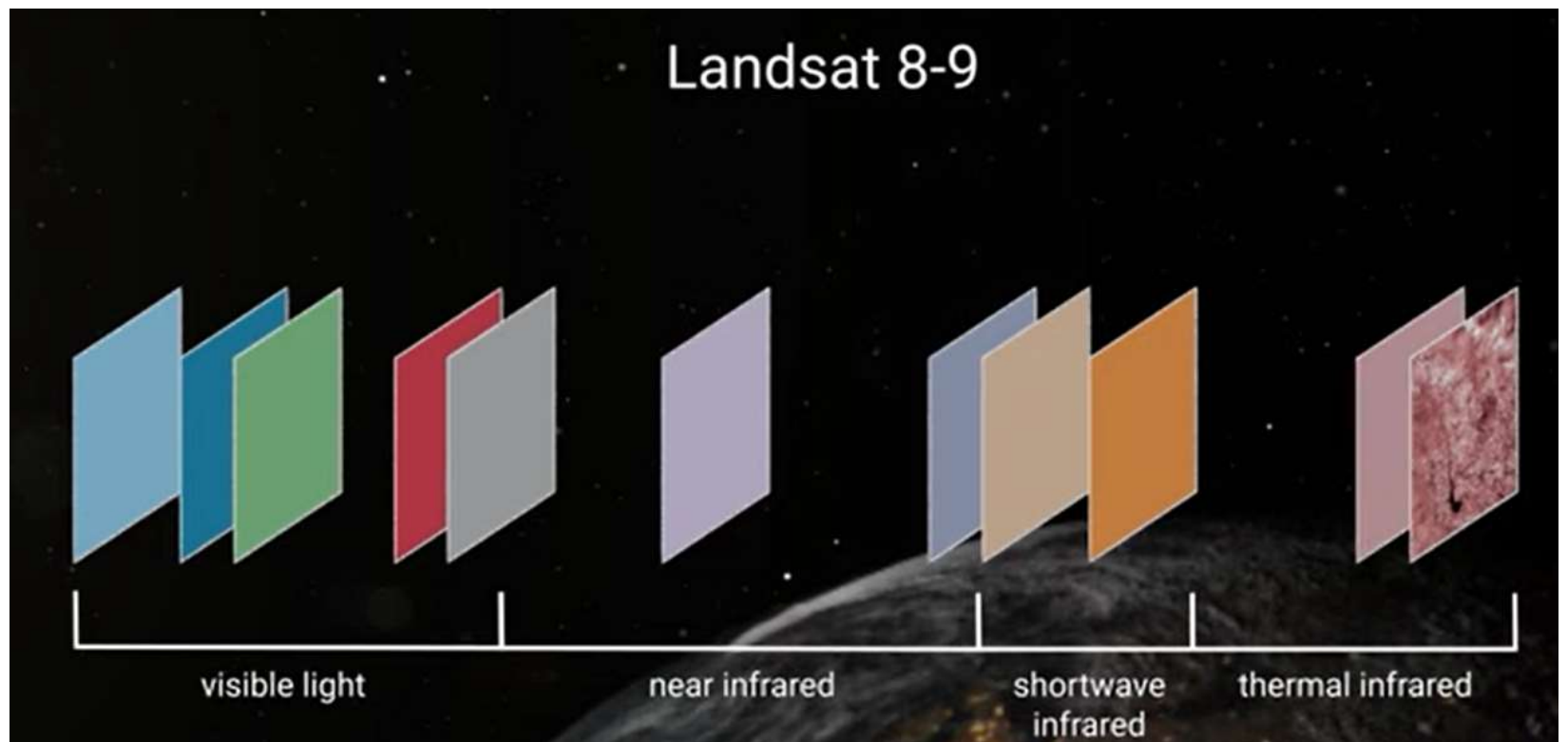
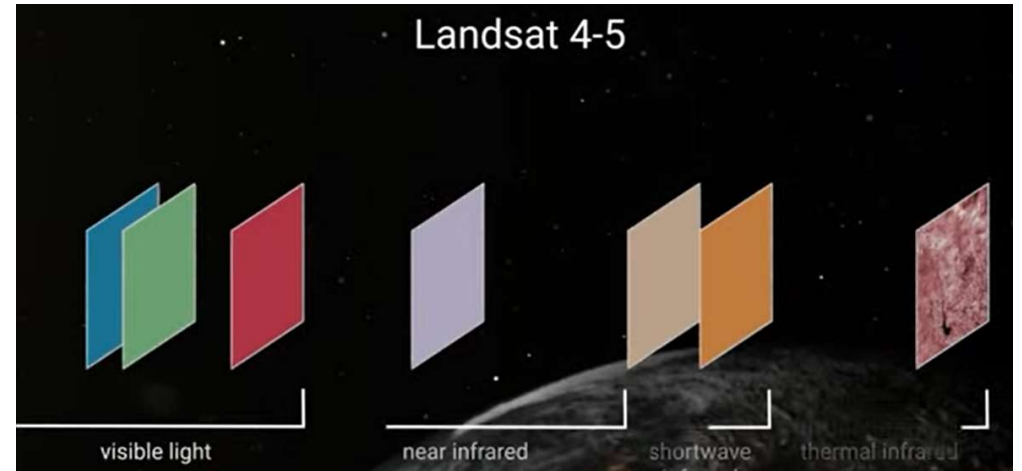
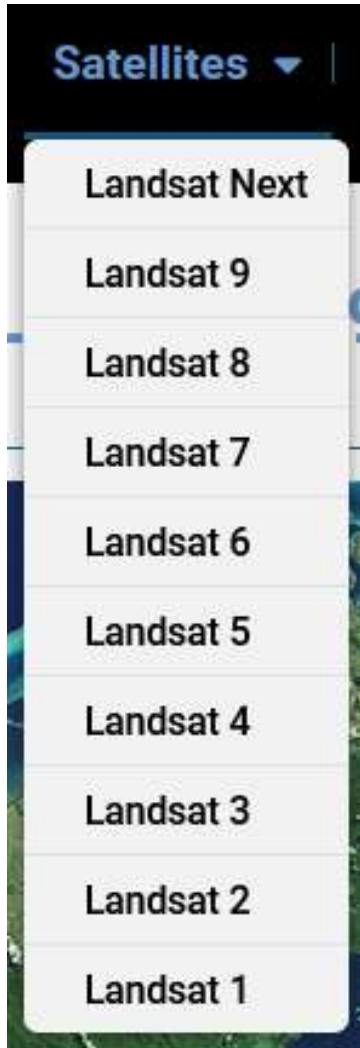


# Landsat



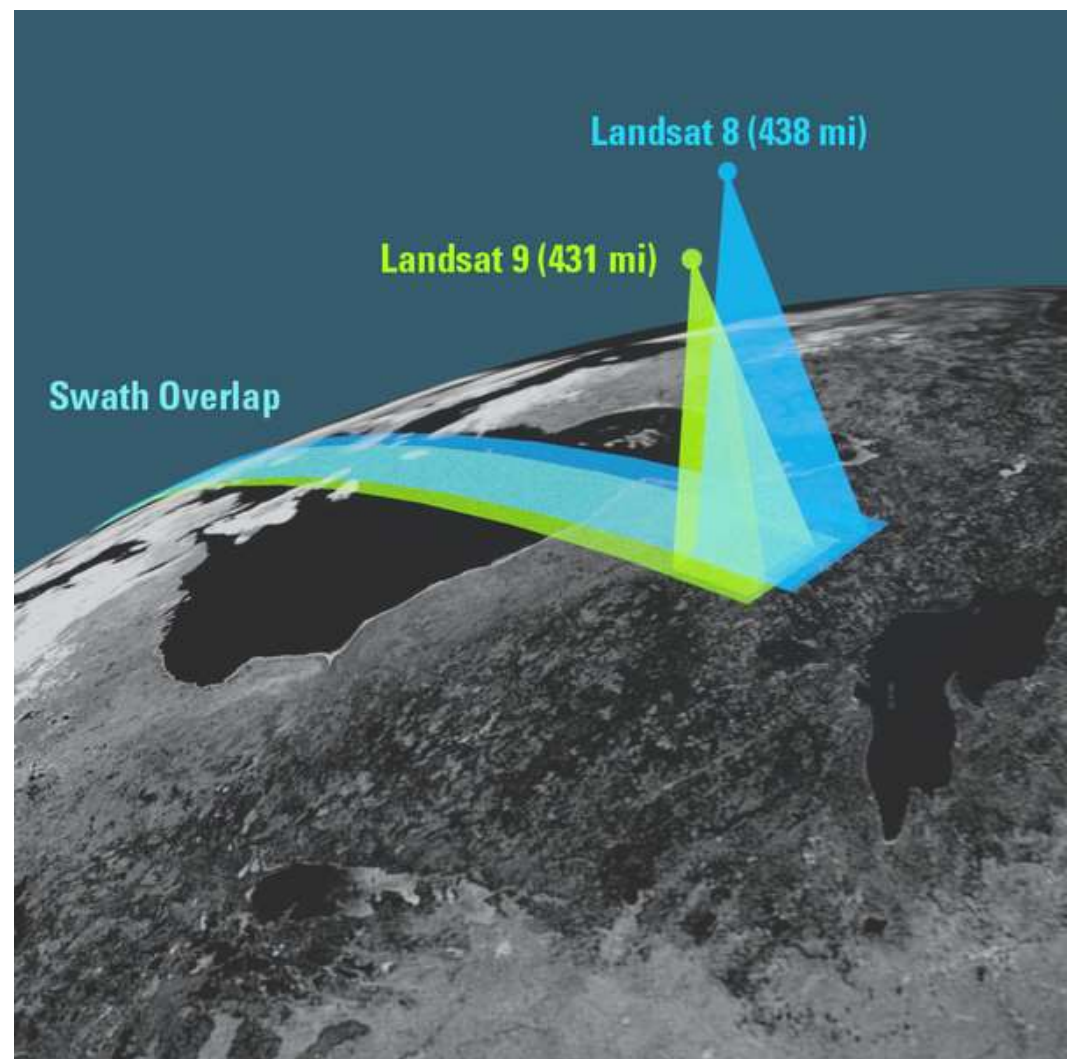


# Landsat





# Landsat 8 και 9





Εικόνα 8.1. Ψευδόχρωμη δορυφορική εικόνα Landsat TM της 22-5-1986. Κανάλια 7,4,1 (RGB)





Εικόνα 8.13. Διορθωμένη εικόνα Landsat του 1986. Ο ψευδόχρωμος χρωματισμός είναι

COGNET 1 10 150 200

# Landsat NEXT

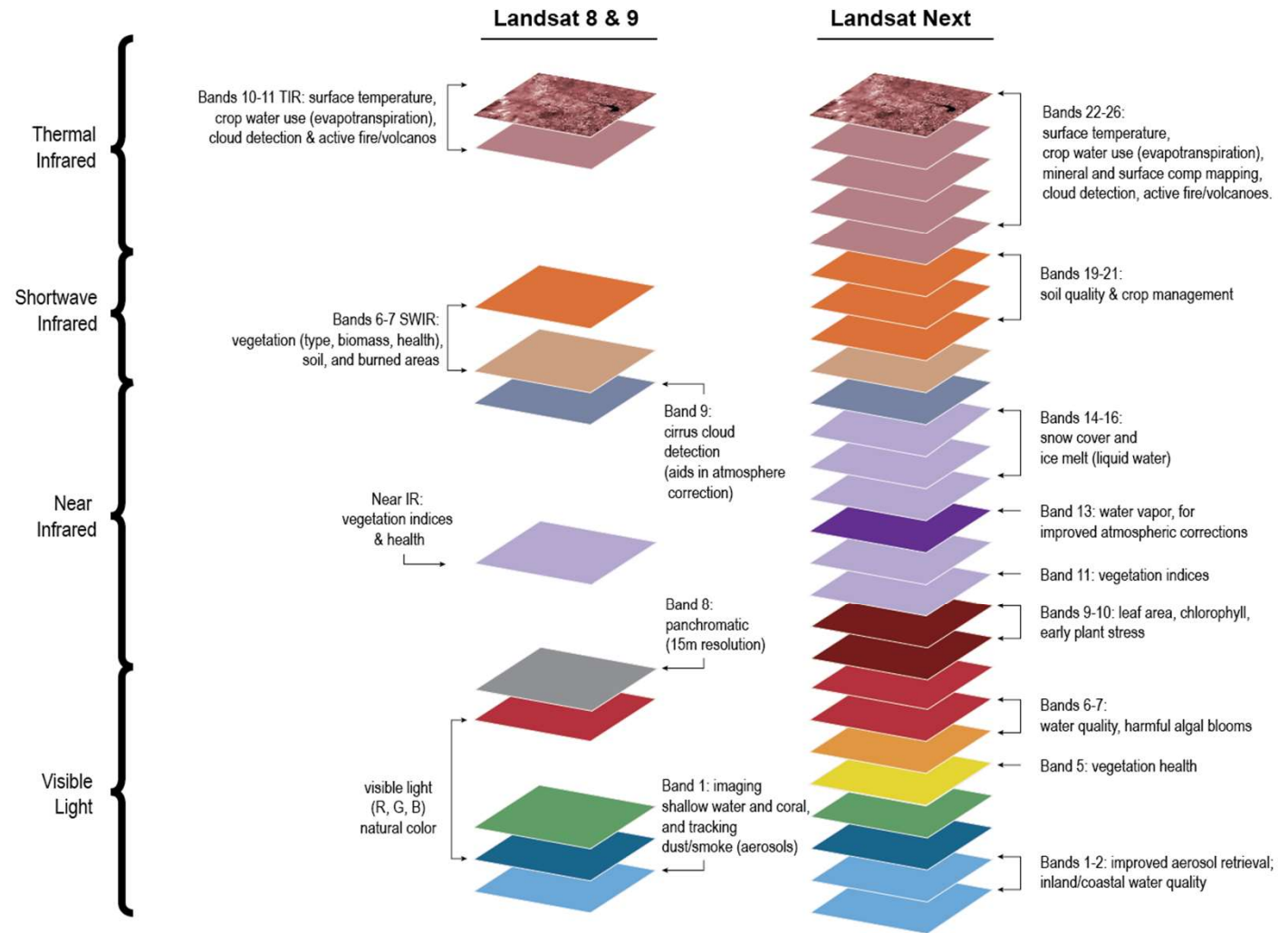
enhanced spatial and temporal resolution of the 26-band “superspectral”

The Landsat Next mission

is planned to launch in late 2030.

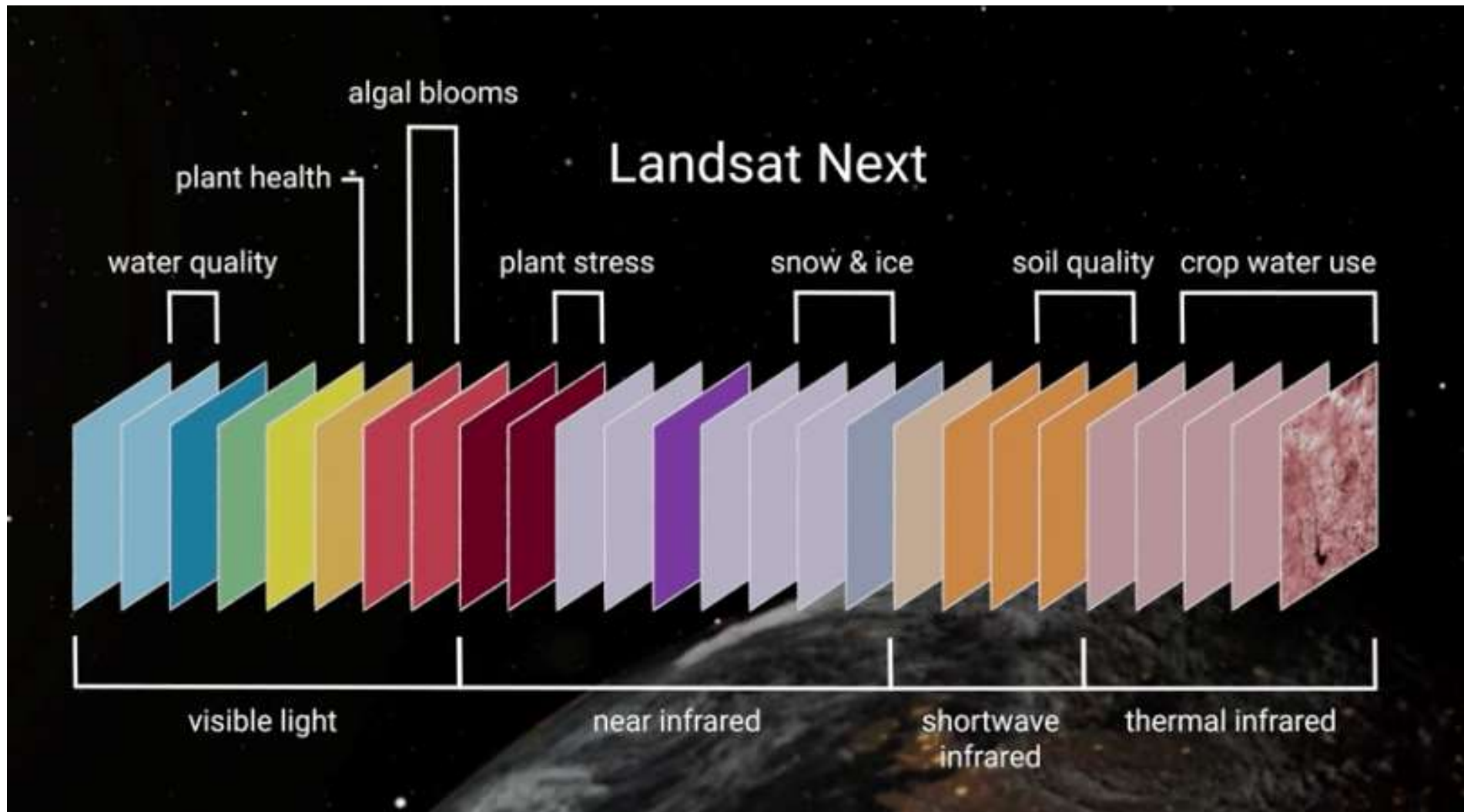
## Spectral Comparison: Landsat 8/9, and Landsat Next

Increased spectral coverage with Landsat Next will enable new applications





# Landsat NEXT



# Sentinel 2

https://www.copernicus.eu/el



#EUSpace

Οπτικοακουστικό υλικό Εκδηλώσεις Ειδήσεις Επικοινωνία | Log in

Αναζήτηση



Greek



PROGRAMME OF THE  
EUROPEAN UNION



Λίγα λόγια Υπηρεσίες Ευκαιρίες Πρόσβαση στα δεδομένα Βιβλιοθήκη Περιπτώσεις χρήσης

## ΤΑ ΜΑΤΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΣΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ

Εξετάζοντας τον πλανήτη μας και το  
περιβάλλον του  
Απώτερος σκοπός είναι το όφελος όλων  
των ευρωπαίων πολιτών

Lac de Montbel

Mission ends for Copernicus Sentinel-1B satellite

© View image information & credits

# Sentinel 2

## Copernicus Services


- Land
- Security
- Emergency
- Climate change
- Marine
- Atmosphere



Atmosphere



Marine




Land



Climate Change



Security



Emergency

# Sentinel 2



# Sentinel Overview

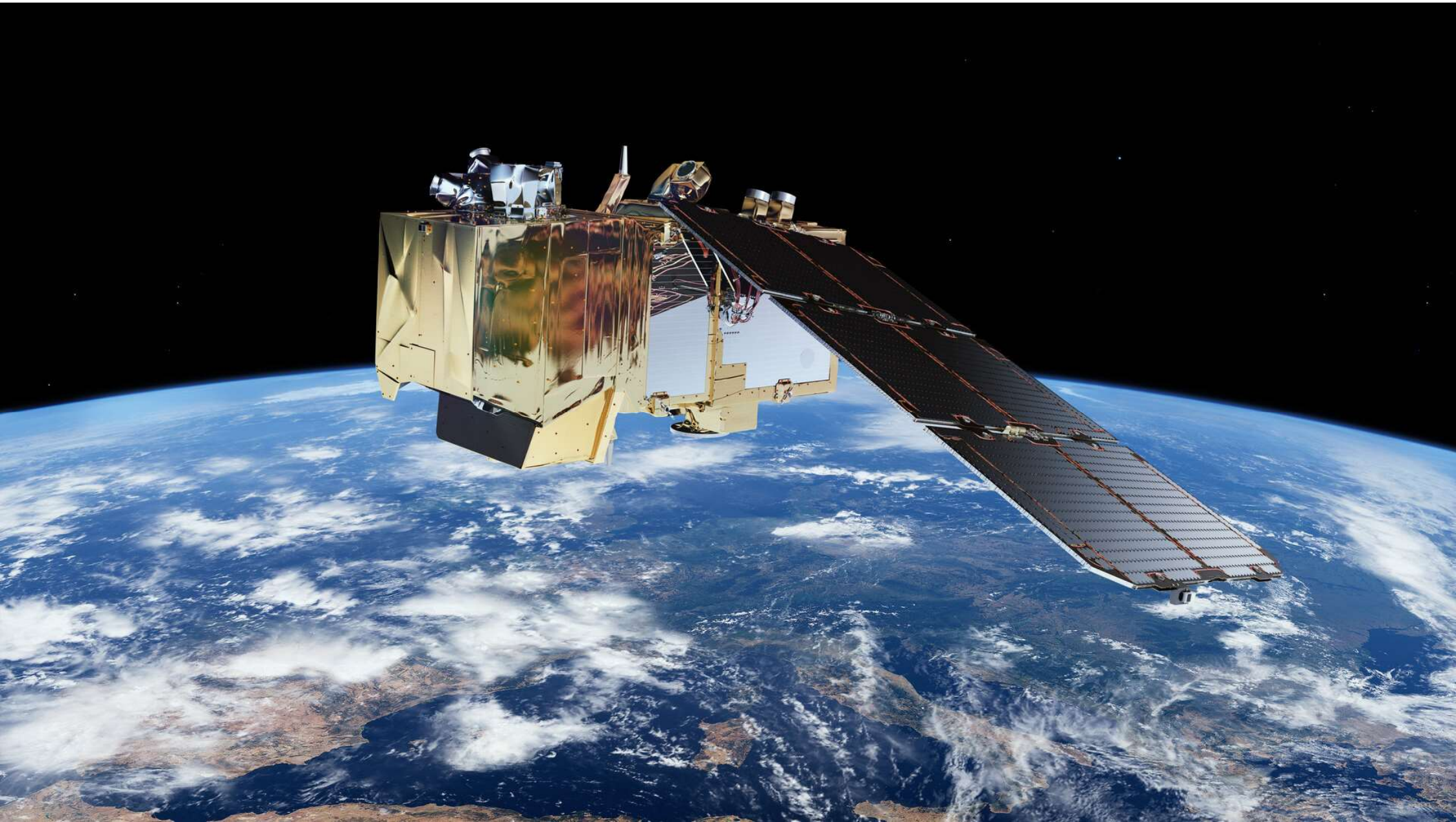
ESA developed a series of next-generation Earth observation missions, on behalf of the joint ESA/European Commission initiative Copernicus.

The goal of the Sentinel programme is to replace the older Earth observation missions which

### MISSIONS

- Sentinel-1
- Sentinel-2
- Sentinel-3
- Sentinel-4
- Sentinel-5

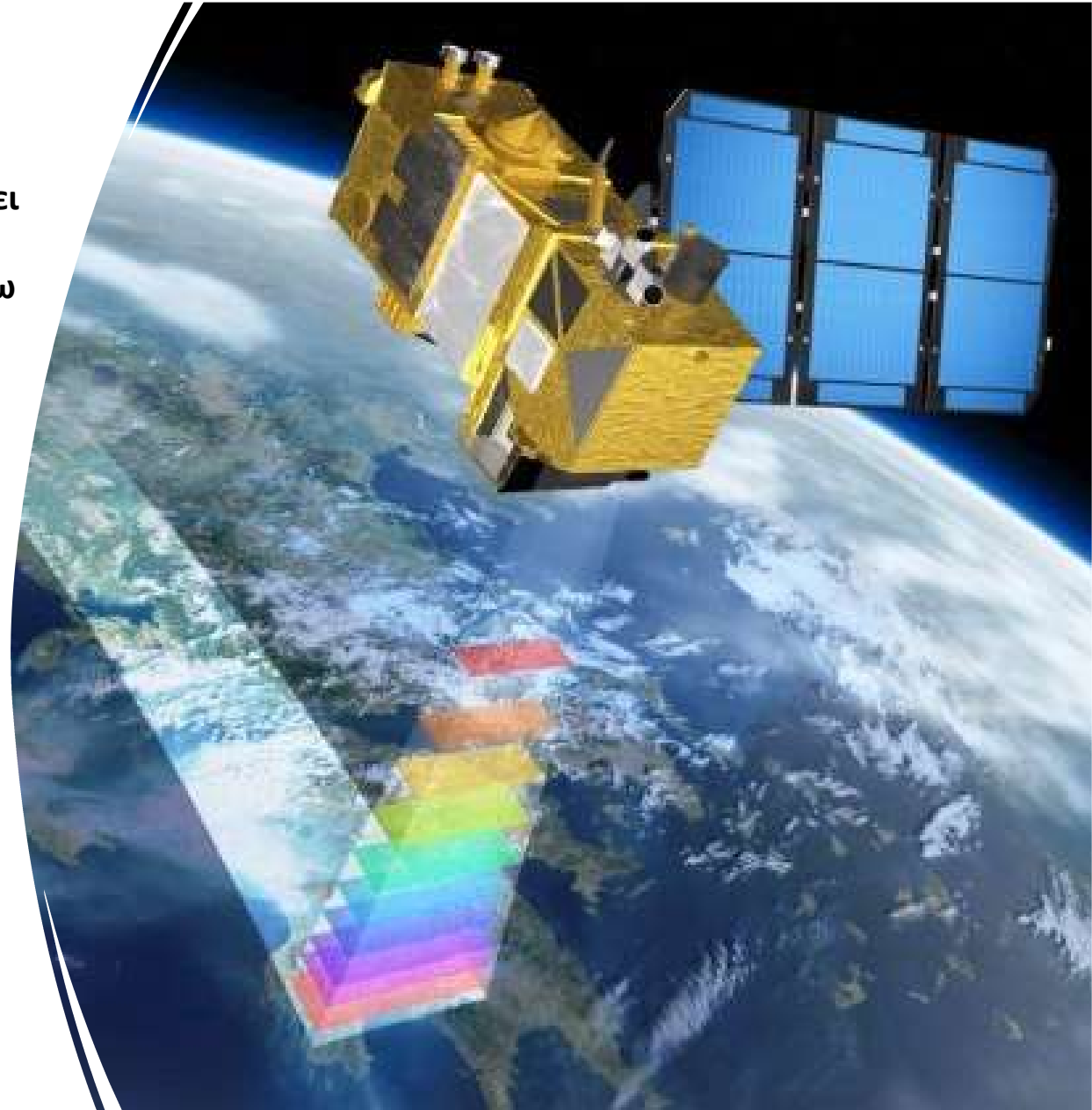




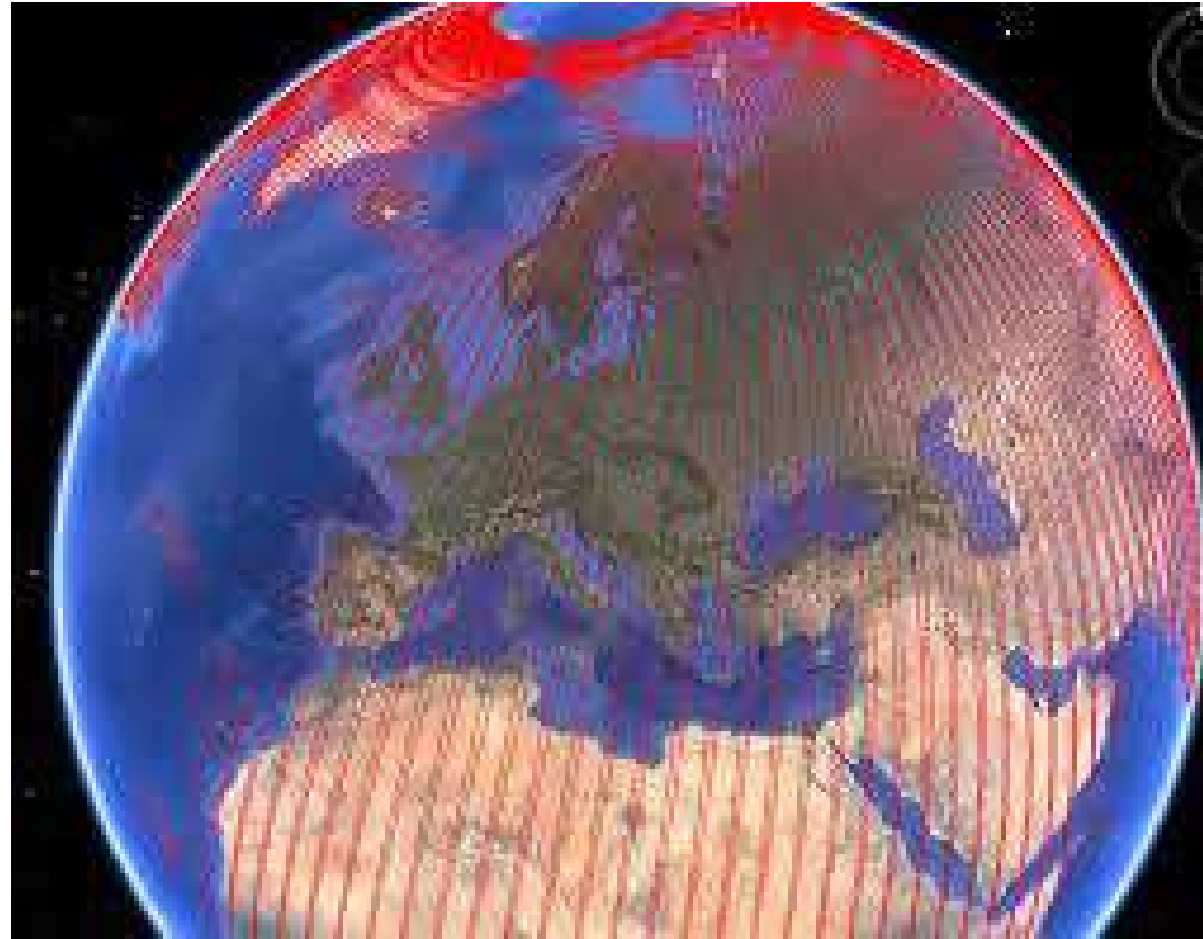
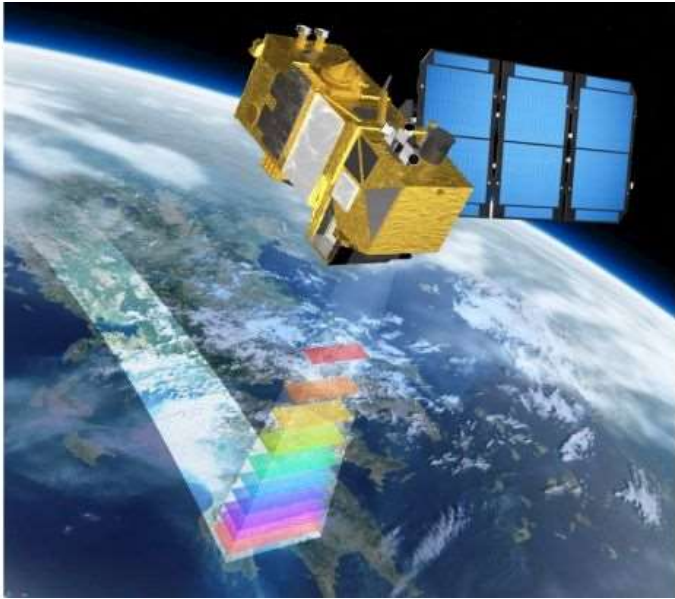
# Sentinel 2

Η αποστολή SENTINEL-2 του Κοπέρνικου περιλαμβάνει έναν συνδυασμό δύο δορυφόρων σε πολική τροχιά τοποθετημένων στην ίδια συγχρονισμένη τροχιά γύρω από τον ήλιο, που τοποθετούνται σταδιακά στις 180° μεταξύ τους.

- Στοχεύει στην παρακολούθηση της μεταβλητότητας στις συνθήκες της επιφάνειας της γης,
- Καλύπτει μεγάλο πλάτος (290 χλμ.) και υψηλό χρόνο επανεπίσκεψης (10 ημέρες στον ισημερινό με έναν δορυφόρο και 5 ημέρες με 2 δορυφόρους υπό συνθήκες χωρίς σύννεφα που έχει ως αποτέλεσμα 2-3 ημέρες στα μέσα γεωγραφικά πλάτη)
- Υποστήριξη στην παρακολούθηση των επιφανειακών αλλαγών της Γης.



# Sentinel 2





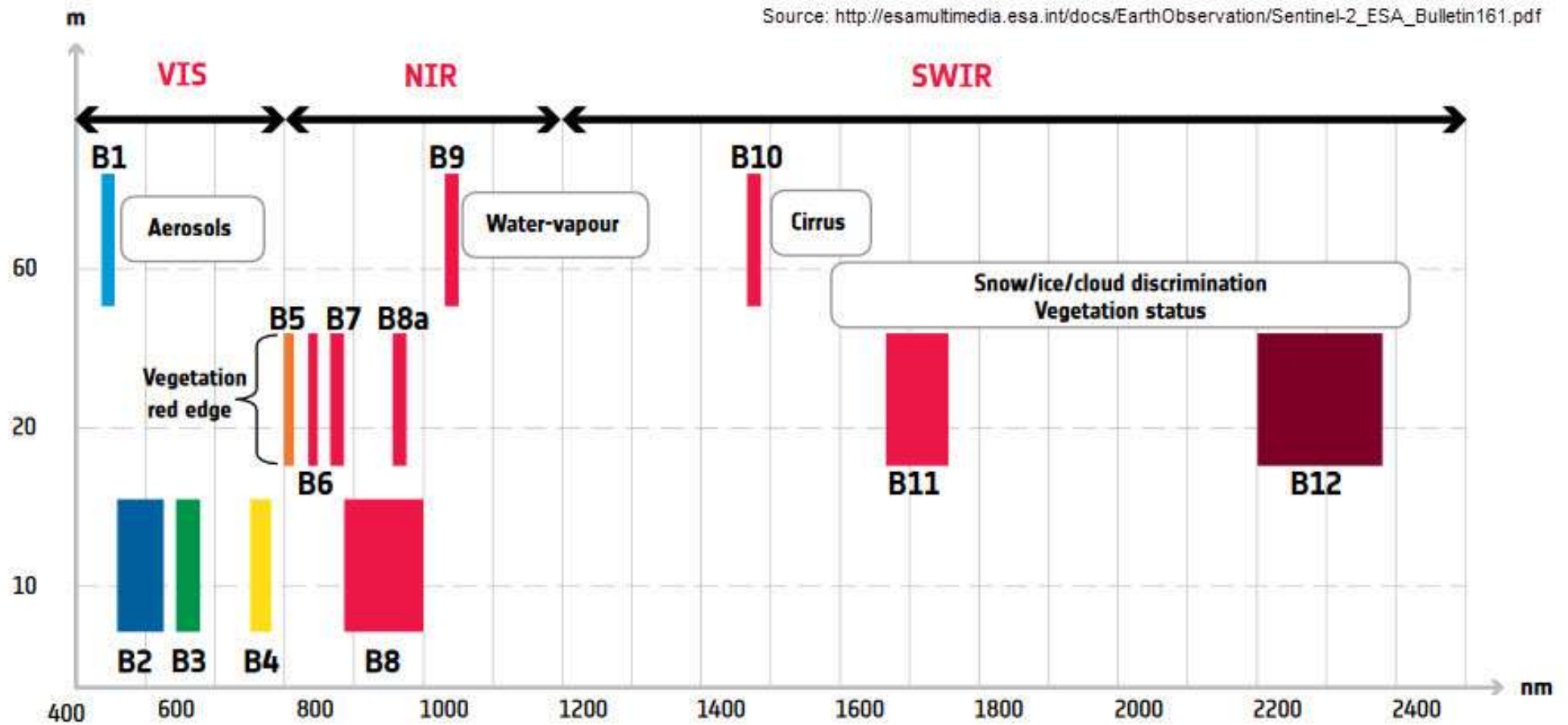
# Sentinel 2

Spectral bands for the Sentinel-2 sensors<sup>[15]</sup>

Sentinel-2 bands	Sentinel-2A		Sentinel-2B		Spatial resolution (m)
	Central wavelength (nm)	Bandwidth (nm)	Central wavelength (nm)	Bandwidth (nm)	
Band 1 – Coastal aerosol	442.7	21	442.2	21	60
Band 2 – Blue	492.4	66	492.1	66	10
Band 3 – Green	559.8	36	559.0	36	10
Band 4 – Red	664.6	31	664.9	31	10
Band 5 – Vegetation red edge	704.1	15	703.8	16	20
Band 6 – Vegetation red edge	740.5	15	739.1	15	20
Band 7 – Vegetation red edge	782.8	20	779.7	20	20
Band 8 – NIR	832.8	106	832.9	106	10
Band 8A – Narrow NIR	864.7	21	864.0	22	20
Band 9 – Water vapour	945.1	20	943.2	21	60
Band 10 – SWIR – Cirrus	1373.5	31	1376.9	30	60
Band 11 – SWIR	1613.7	91	1610.4	94	20
Band 12 – SWIR	2202.4	175	2185.7	185	20

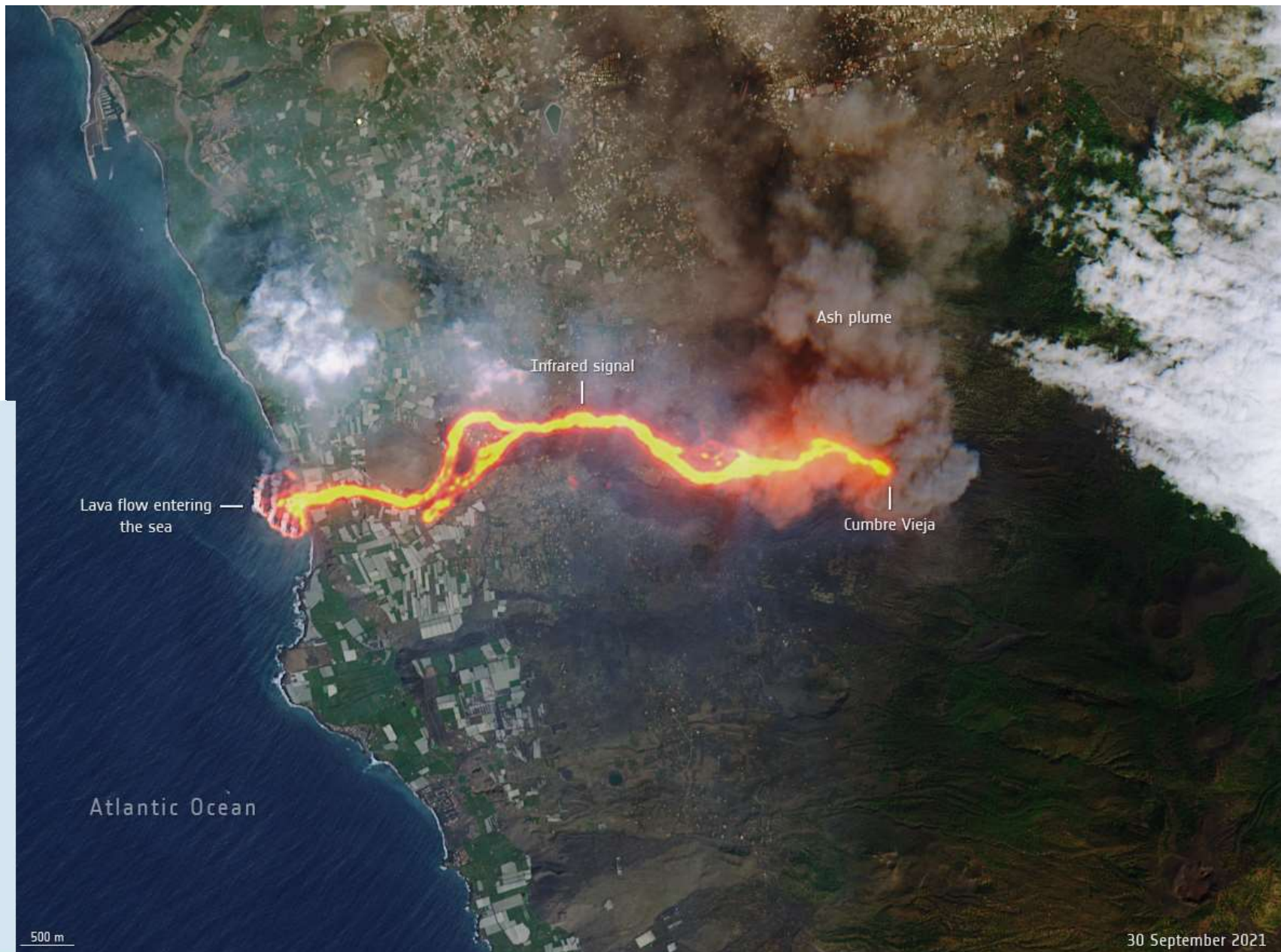
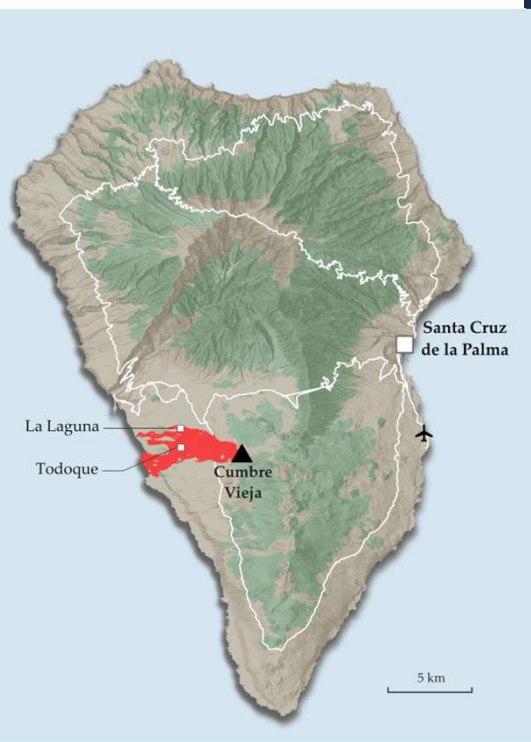
# Sentinel 2

Source: [http://esamultimedia.esa.int/docs/EarthObservation/Sentinel-2\\_ESA\\_Bulletin161.pdf](http://esamultimedia.esa.int/docs/EarthObservation/Sentinel-2_ESA_Bulletin161.pdf)



↑ Spatial resolution versus wavelength: Sentinel-2's span of 13 spectral bands, from the visible and the near-infrared to the shortwave infrared at different spatial resolutions ranging from 10 to 60 m on the ground, takes land monitoring to an unprecedented level

# Sentinel 2

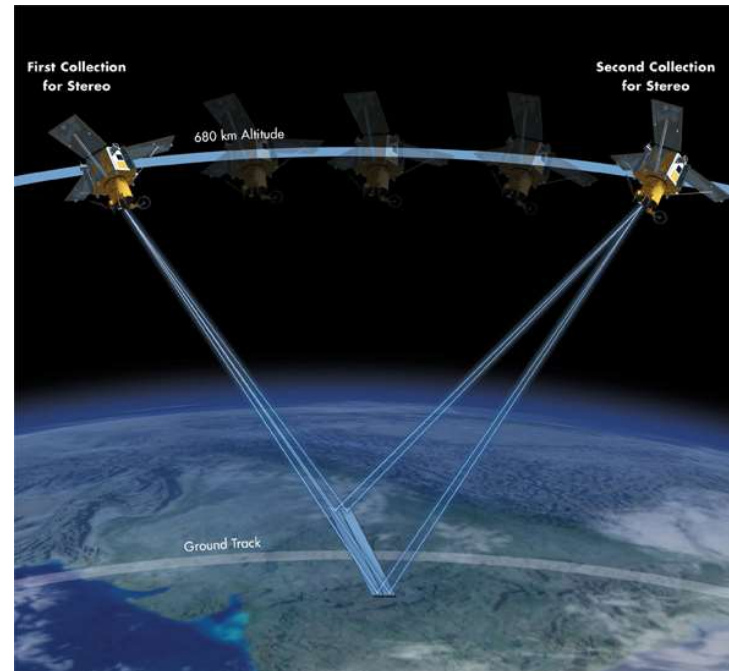




# • Αισθητήρια Συστήματα

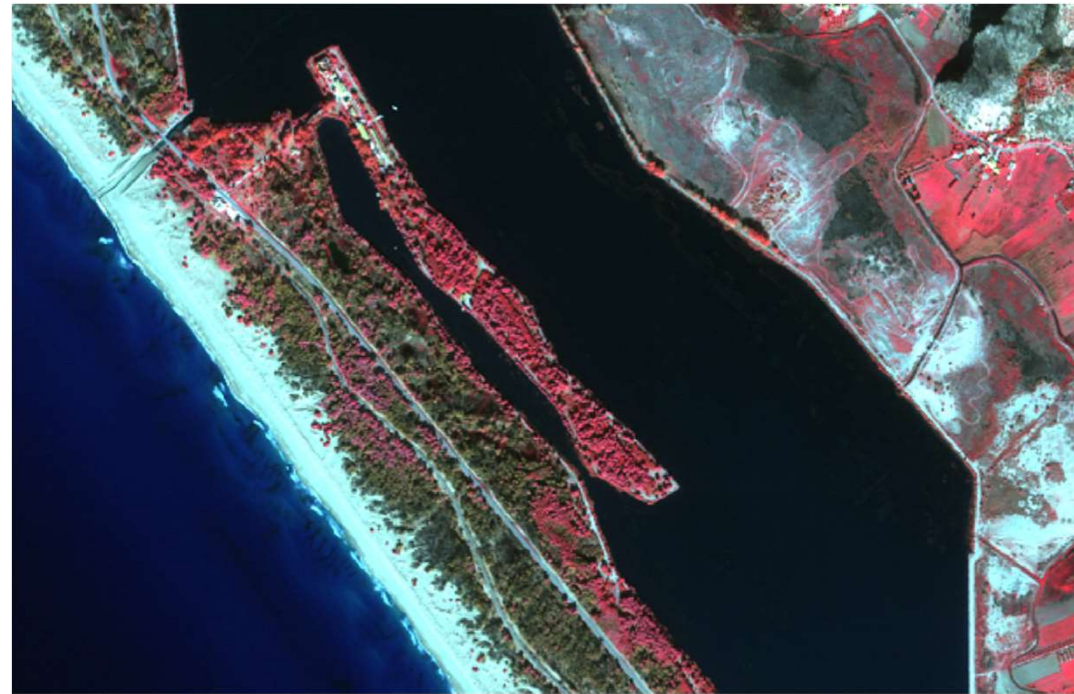
## • IKONOS

- Ο IKONOS περιστρέφεται γύρω από τη γη κάθε 98 λεπτά σε ύψος 680 χιλιομέτρων και περνάει από το ίδιο γεωγραφικό μήκος την ίδια ώρα κάθε ημέρα (περίπου 10:30πμ).



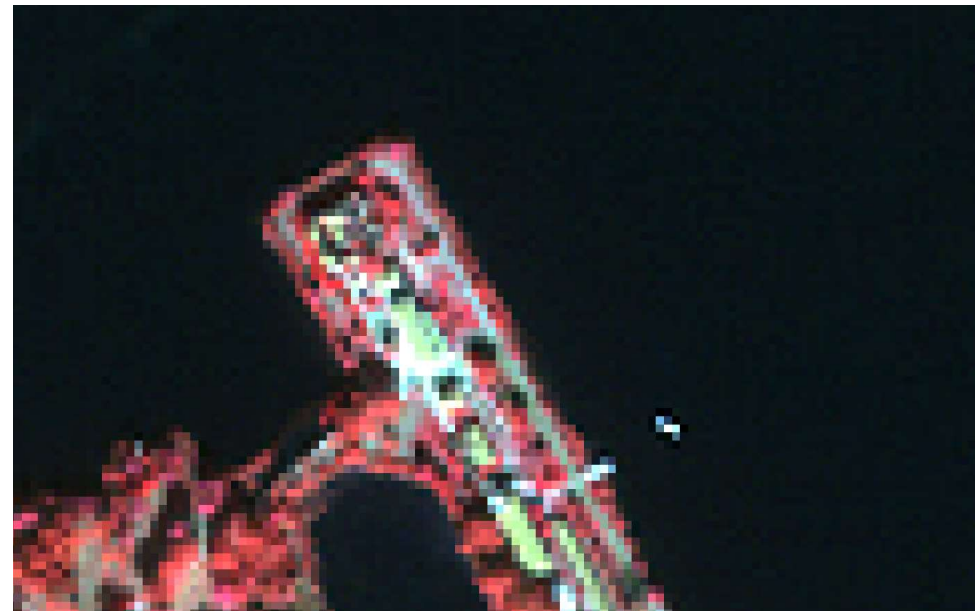
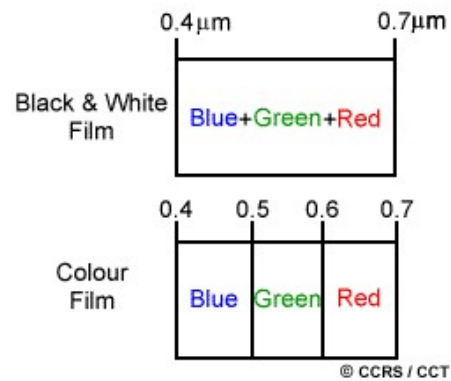
- Αισθητήρια Συστήματα

- IKONOS



- IKONOS

- Τα προϊόντα του IKONOS περιλαμβάνουν εικόνες παγχρωματικές 1 μέτρου (0,45 – 0,90 mm)
- και πολυφασματικές 4 μέτρων (0,45 – 0,52 mm), πράσινες (0,51 – 0,60 mm), κόκκινες (0,63 – 0,70 mm), και κοντινές υπέρυθρες (0,76 – 0,85 mm)





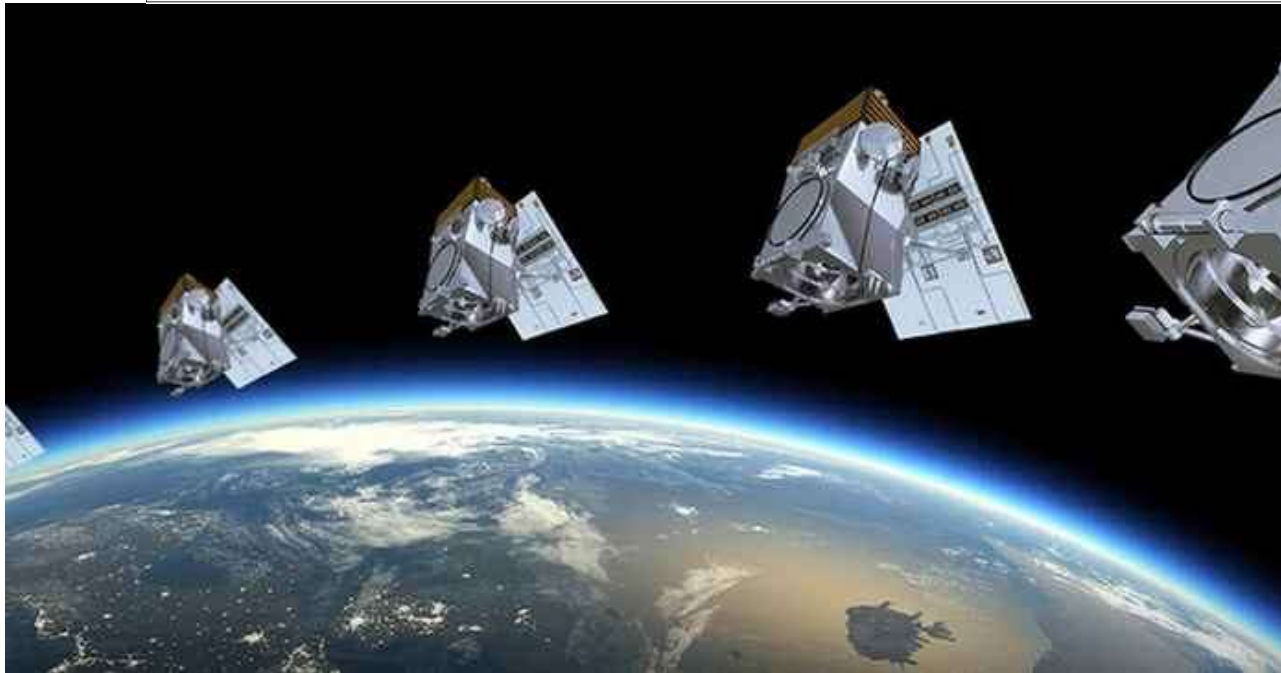
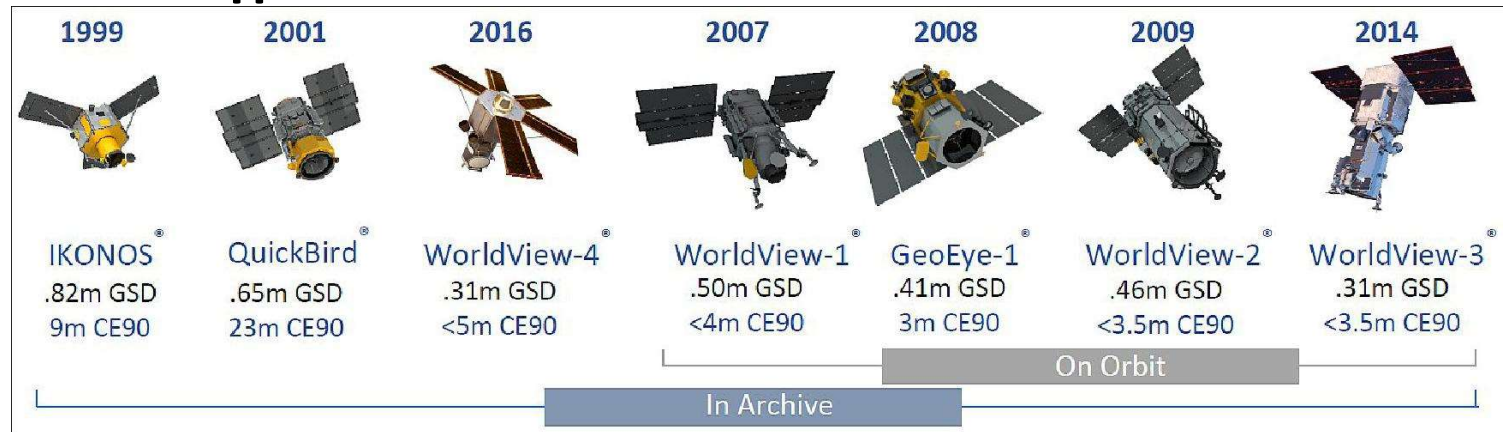
- Αισθητήρια Συστήματα

- *QuickBird*



# • Αισθητήρια Συστήματα

## • *WorldView* - MAXAR





MAXAR

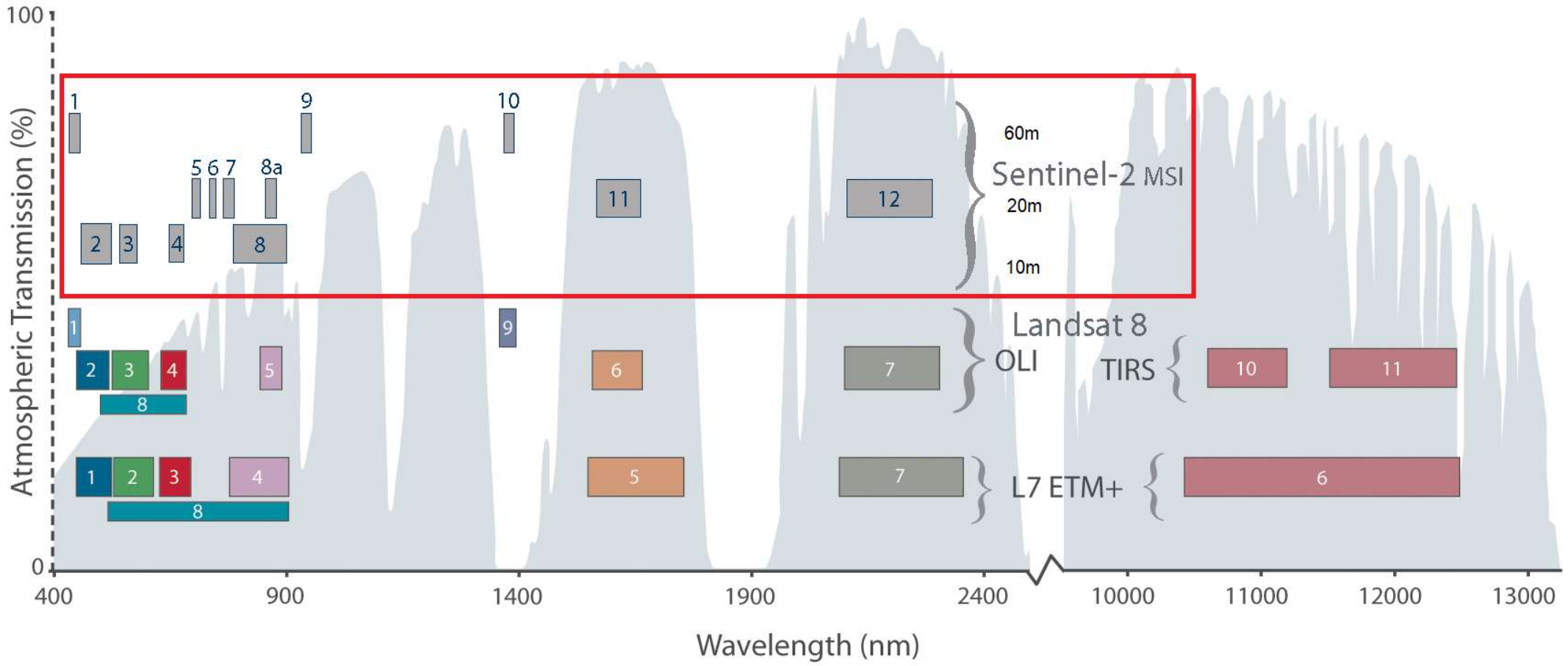


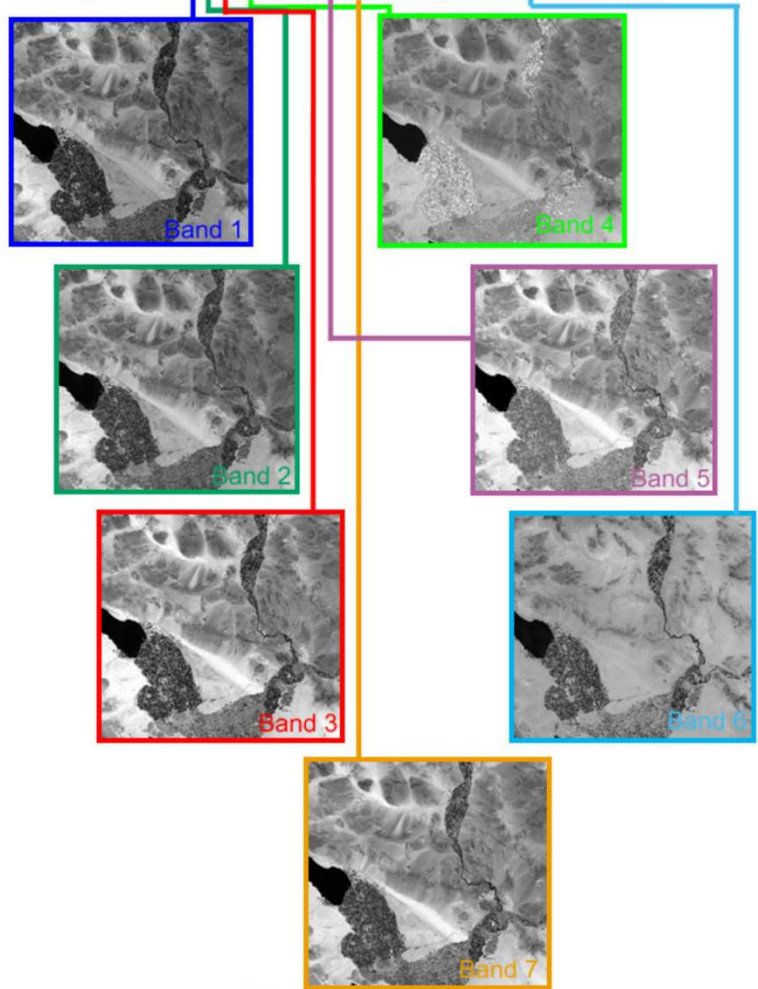
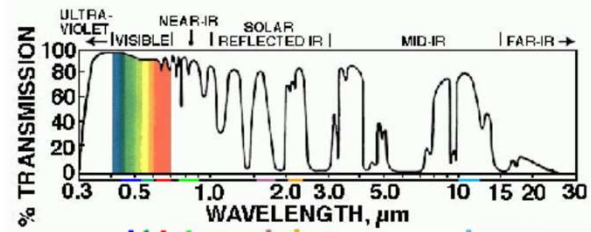
Reuters





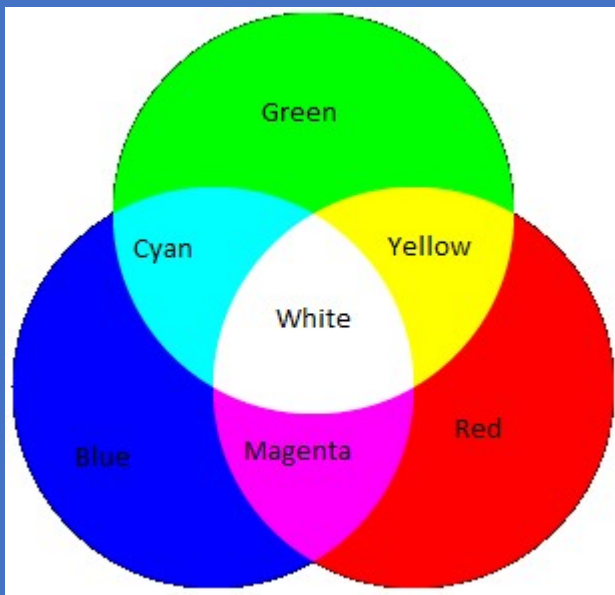




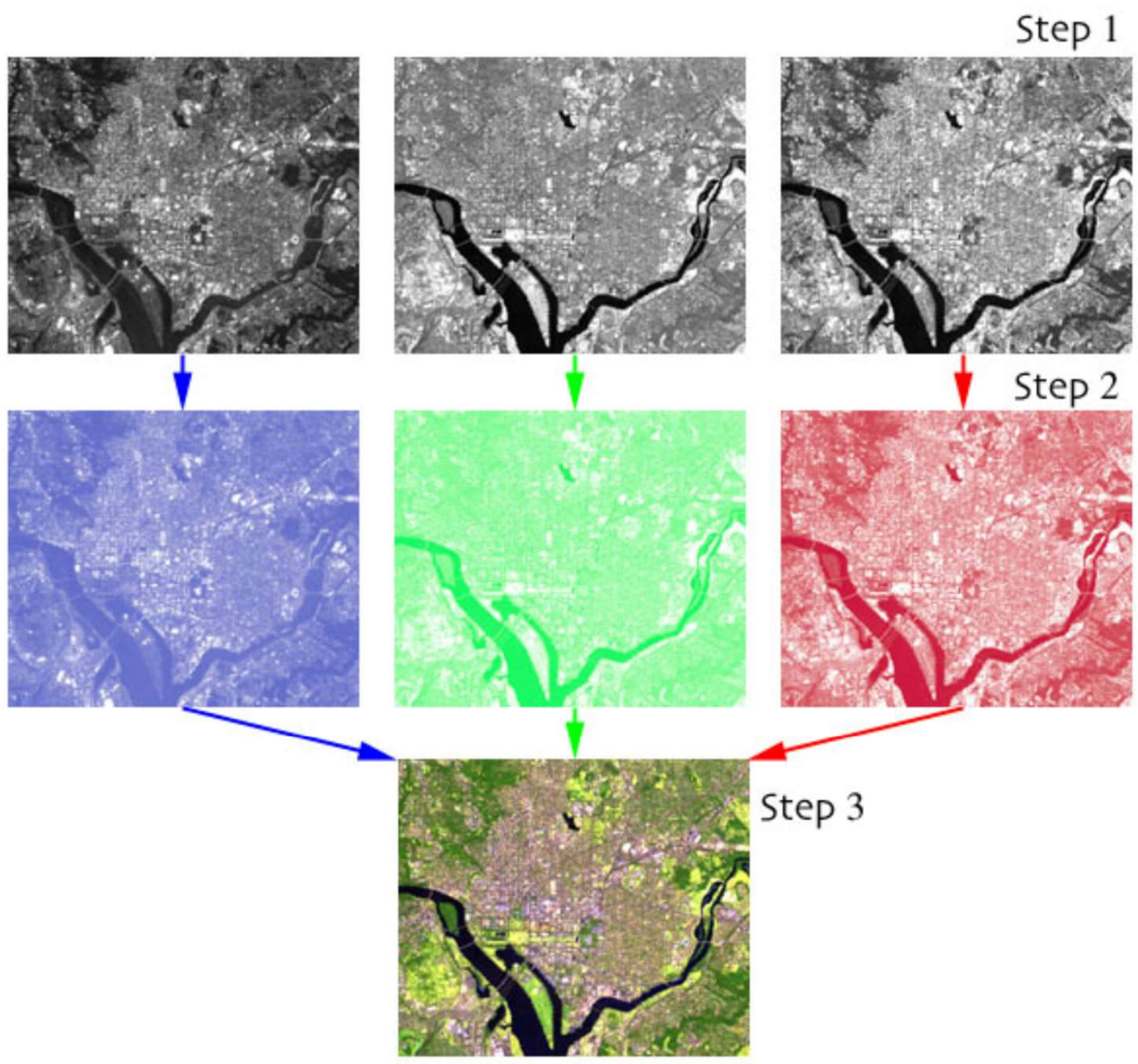


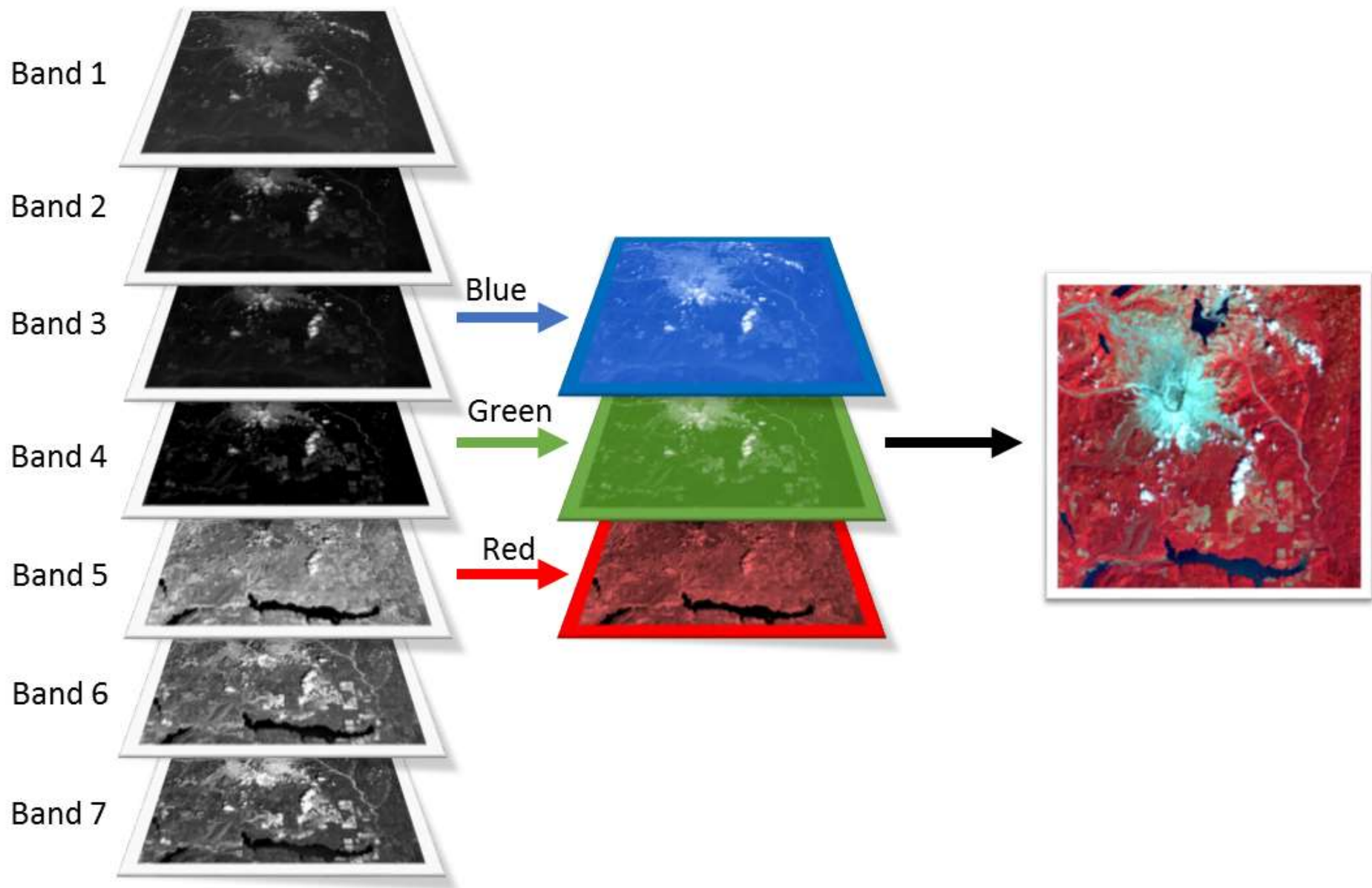
Electromagnetic Spectrum Image from Virtual Hawaii.



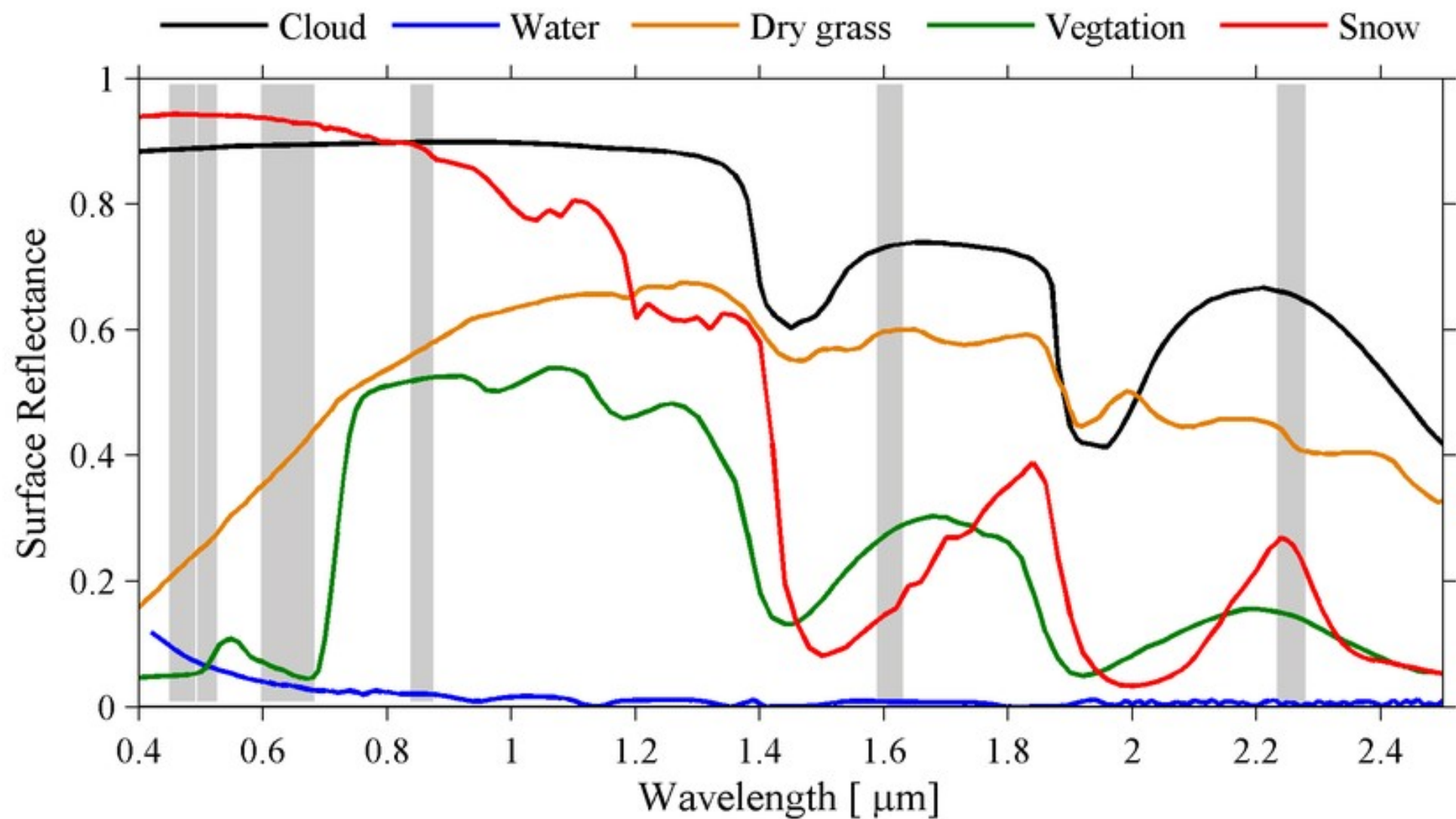


	VEN $\mu$ S	Sentinel-2	Landsat 8
Color Infrared (NIR, Red, Green)	11, 7,4	8a, 4, 3	5,4,3
Natural Color (Red, Green, Blue)	7,4,3	4,3,2	4,3,2
NDVI (Red, NIR)	7, 11	4, 8a	4, 5









Band	Name of the band	Wavelength ( $\mu\text{m}$ )	Characteristics and usage
1	Visible blue	0.45 - 0.52	Maximum Water Penetration
2	Visible Green	0.52 - 0.60	Good for measuring plant vigor
3	Visible Red	0.63 - 0.69	Vegetation Discrimination
4.	Near InfraRed	0.76 - 0.90	Biomass and shoreline mapping
5.	Middle InfraRed	1.55 - 1.756	Moisture Content of Soil
6.	Thermal Infrared	10.4 – 12.5	Soil moisture and Thermal Mapping
7.	Middle InfraRed	2.08-2.35	Mineral mapping



*Article*

# Investigating Detection of Floating Plastic Litter from Space Using Sentinel-2 Imagery

Kyriacos Themistocleous <sup>1,2,\*</sup>, Christiana Papoutsas <sup>1,2</sup>, Silas Michaelides <sup>1,2</sup>  
and Diofantos Hadjimitsis <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ERATOSTHENES Centre of Excellence, Saripolou 2-6, Achilleos 2 Building, Lemesos 3036, Cyprus; christiana.papoutsas@cut.ac.cy (C.P.); silas.michaelides@cut.ac.cy (S.M.); d.hadjimitsis@cut.ac.cy (D.H.)

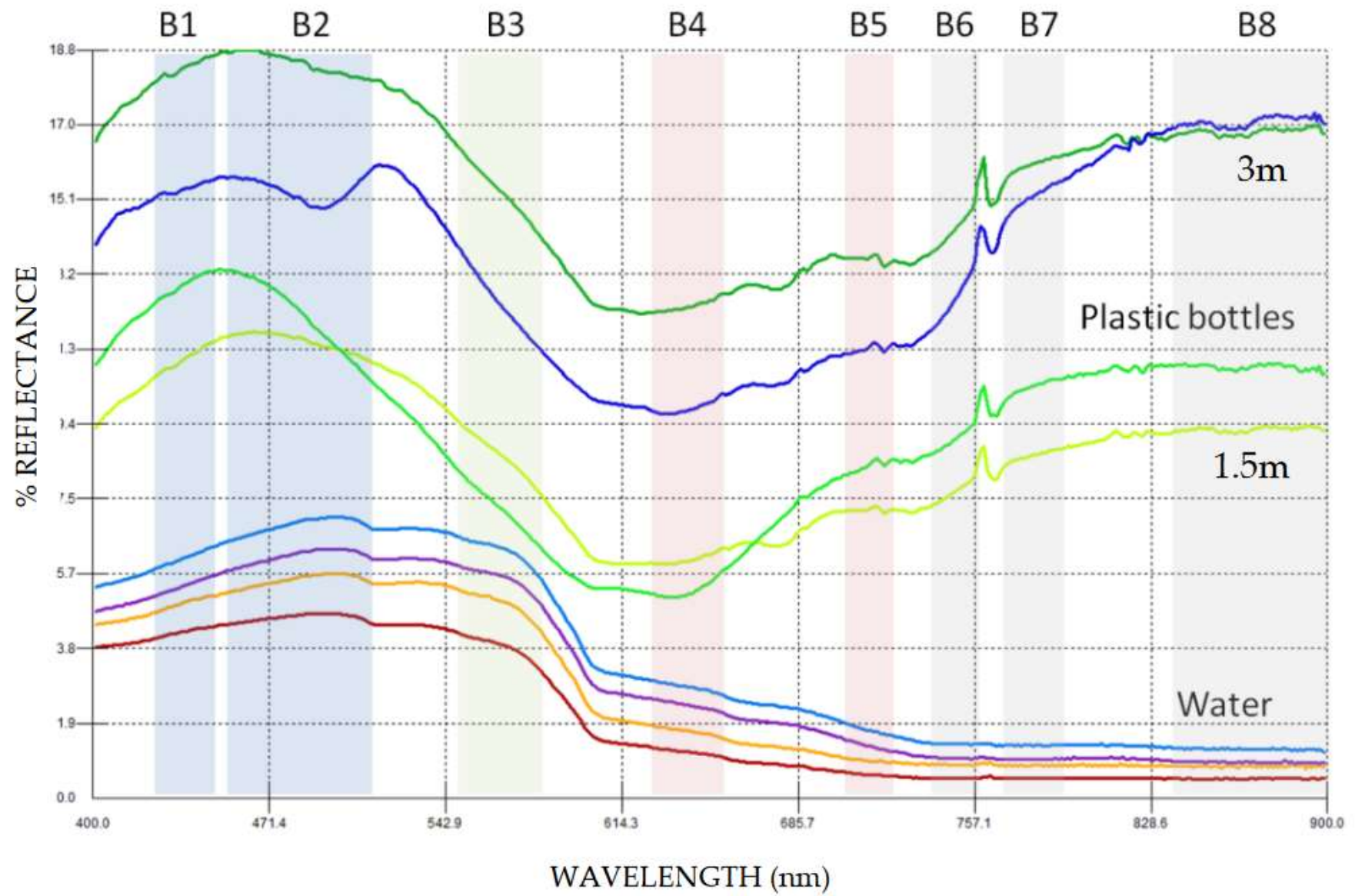
<sup>2</sup> Department of Civil Engineering and Geomatics, Cyprus University of Technology, 30 Arch. Kyprianos Str., Lemesos 3036, Cyprus

\* Correspondence: k.themistocleous@cut.ac.cy; Tel.: +357-99570178

Received: 10 July 2020; Accepted: 14 August 2020; Published: 17 August 2020







*Remote Sens.* **2012**, *4*, 2661-2693; doi:10.3390/rs4092661

OPEN ACCESS

*Remote Sensing*

ISSN 2072-4292

[www.mdpi.com/journal/remotesensing](http://www.mdpi.com/journal/remotesensing)

*Article*

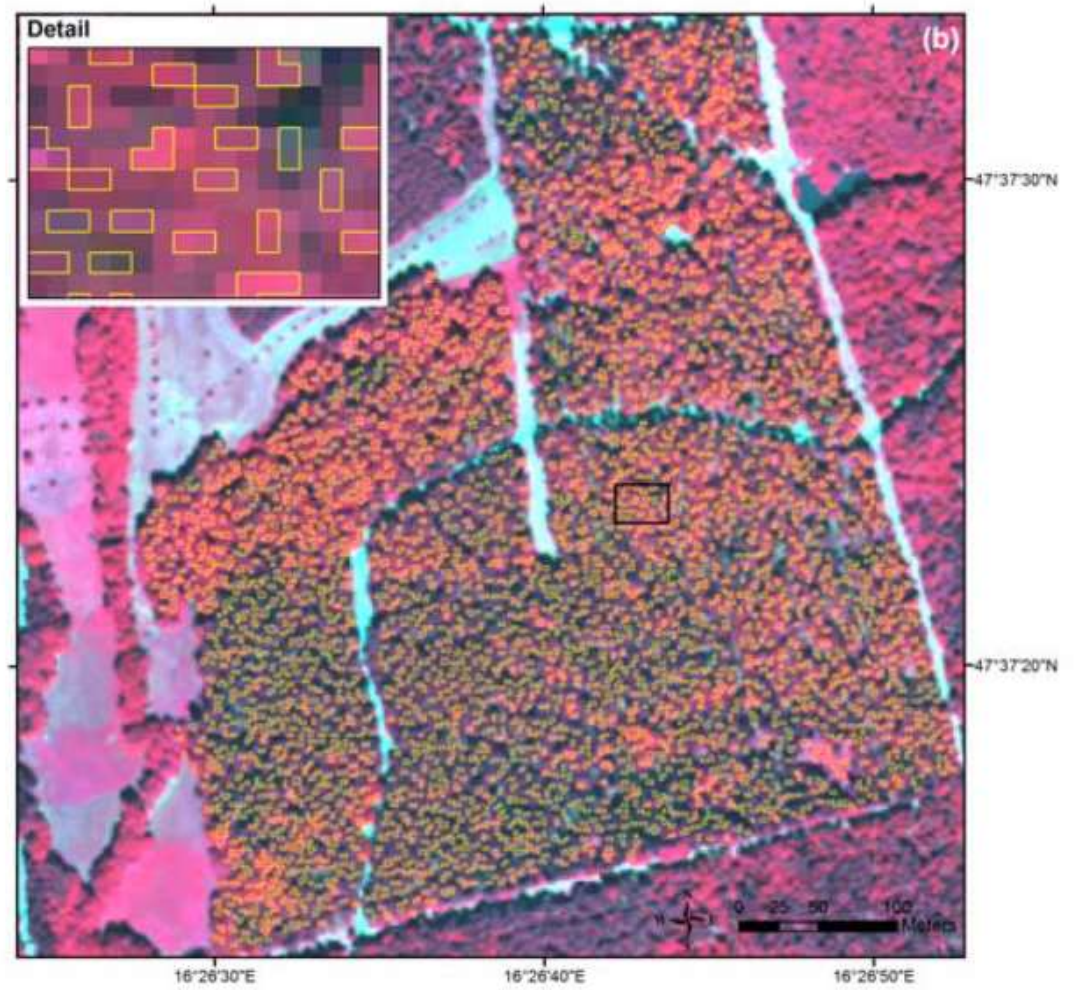
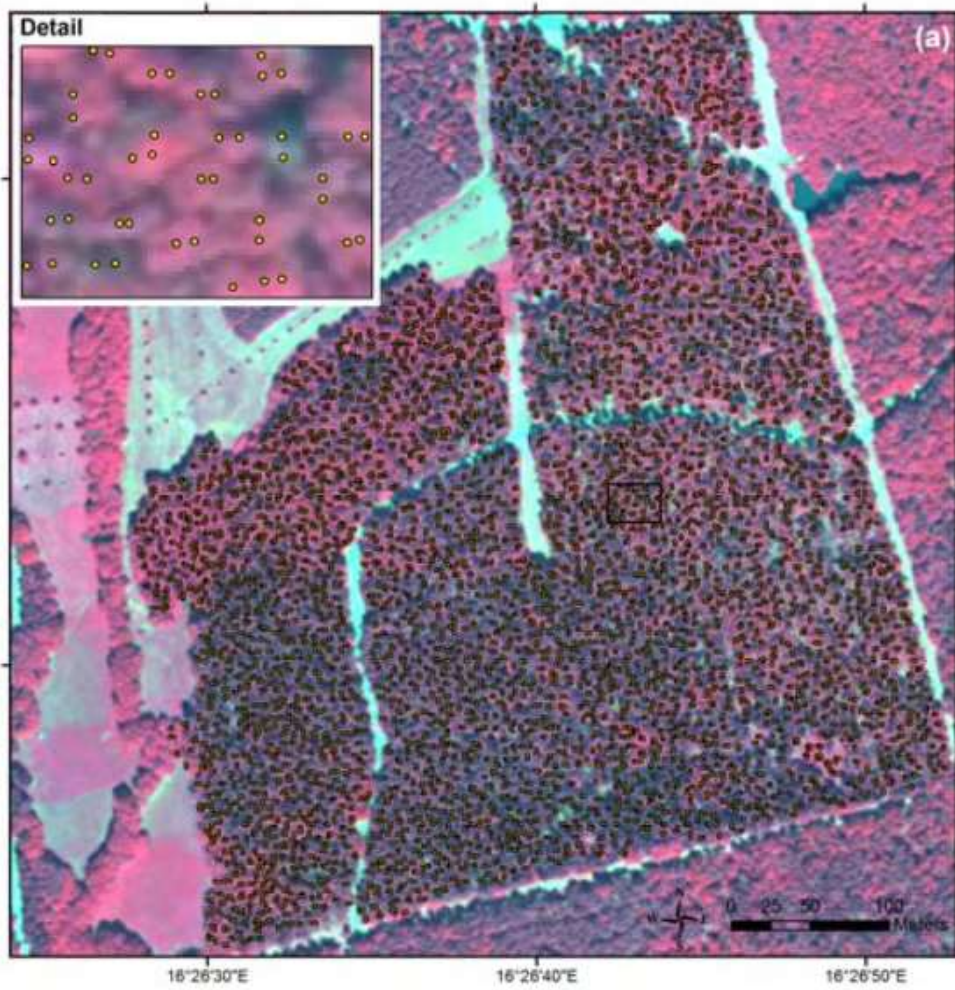
# **Tree Species Classification with Random Forest Using Very High Spatial Resolution 8-Band WorldView-2 Satellite Data**

**Markus Immitzer, Clement Atzberger and Tatjana Koukal \***

Institute of Surveying, Remote Sensing and Land Information (IVFL), University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), Peter Jordan Str. 82, A-1190 Vienna, Austria;

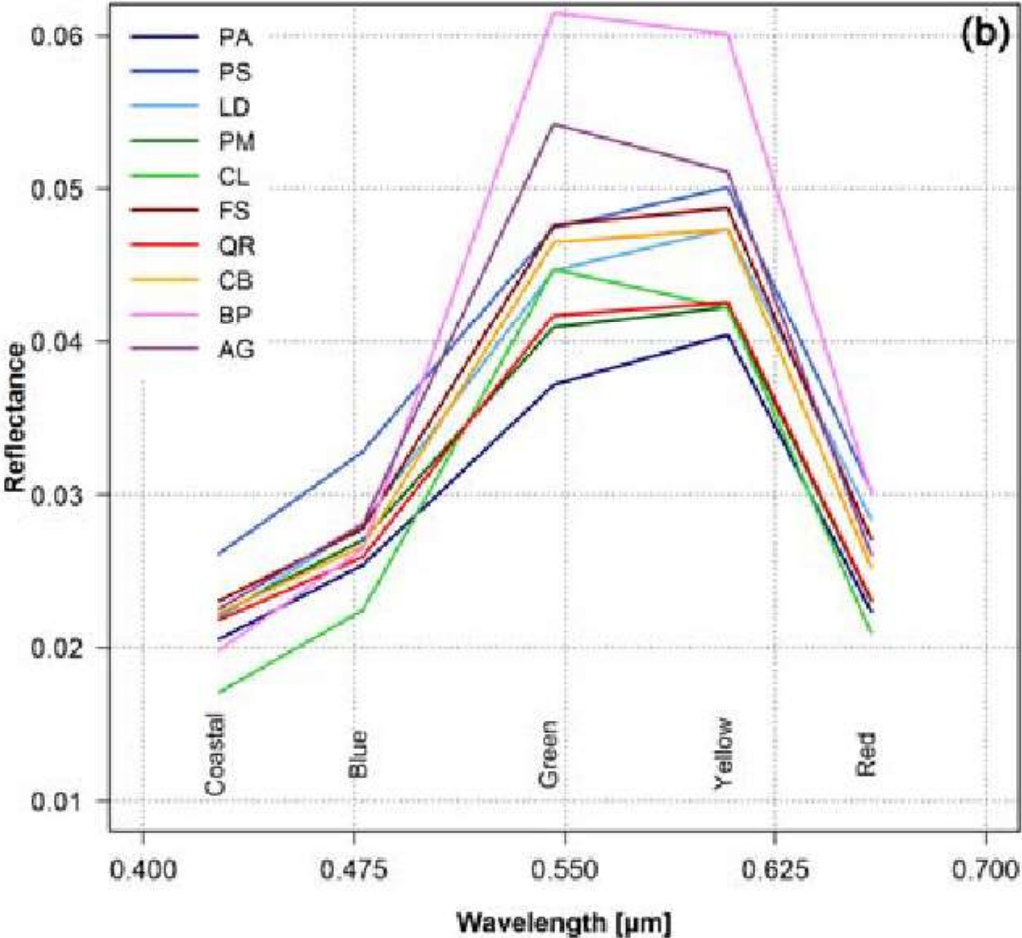
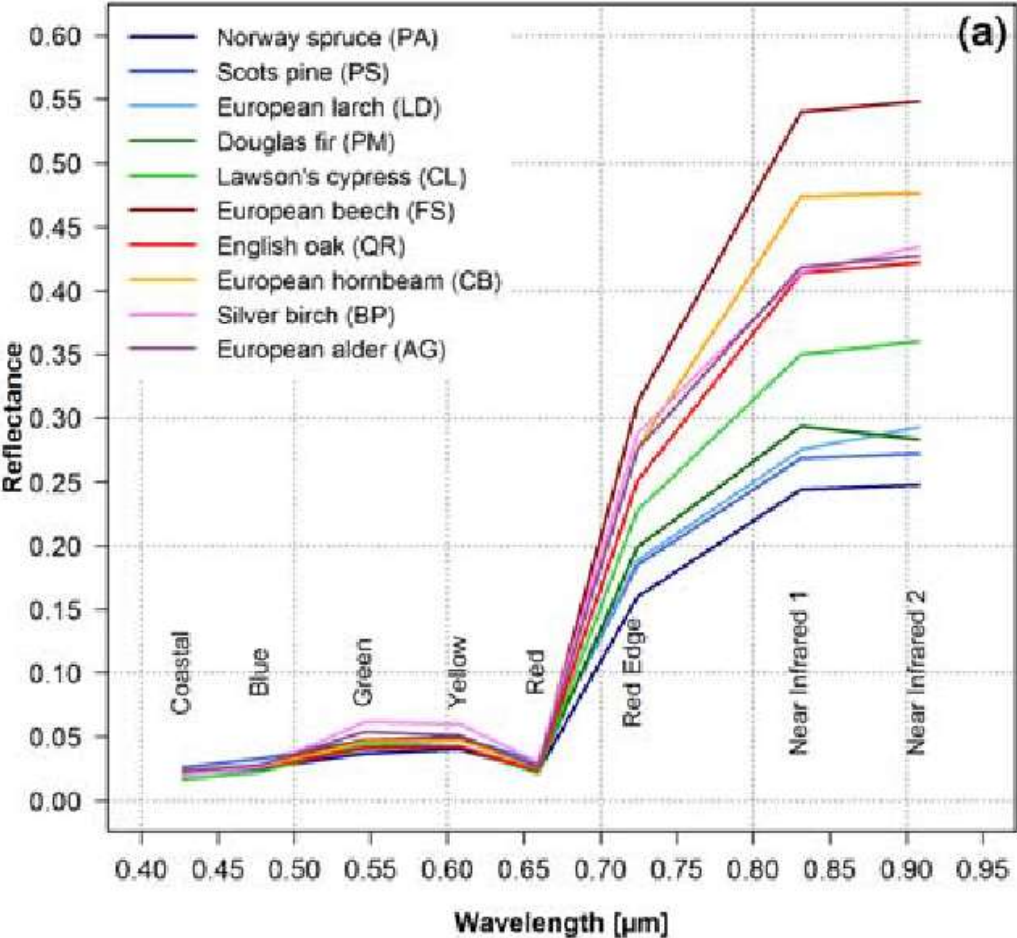
E-Mails: [markus.immitzer@boku.ac.at](mailto:markus.immitzer@boku.ac.at) (M.I.); [clement.atzberger@boku.ac.at](mailto:clement.atzberger@boku.ac.at) (C.A.)







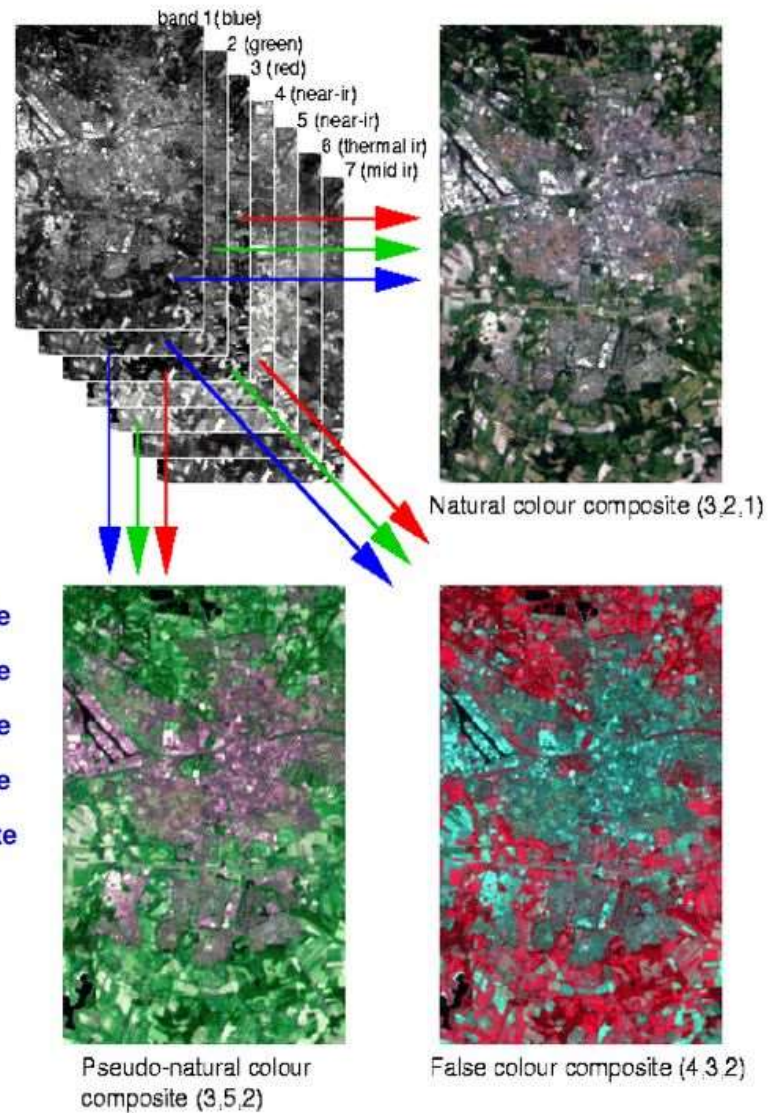
**Figure 3.** Mean spectral signatures of the 10 tree species derived from the 8 WorldView-2 bands using the reference polygons (for sample size see Table 1): **(a)** full spectrum, and **(b)** wavelength range of visible light (detail of the full spectrum).



# LANDSAT COLOUR COMPOSITES

## Landsat color composite images

Instrument	Bands	Colors	Type
MSS(1-3)	4, 5, 7	B, G, R	Std. false color
MSS (4-5)	1, 2, 4	B, G, R	Std. false color
TM (4-5)	1, 2, 3	B, G, R	Natural color
TM (4-5)	2, 3, 4	B, G, R	Std. false color
TM (4-5)	1, 2, 7	B, G, R	Special composite
TM (4-5)	2, 3, 5	B, G, R	Special composite
TM (4-5)	3, 7, 5	B, G, R	Special composite
TM (4-5)	4, 5, 3	B, G, R	Special composite
TM (4-5)	4, 5, 7	B, G, R	Infrared composite





## Himalyan balsam (policeman's helmet)- *Impatiens glandulifera*



**Human Vision**



**Bee Vision Simulation**

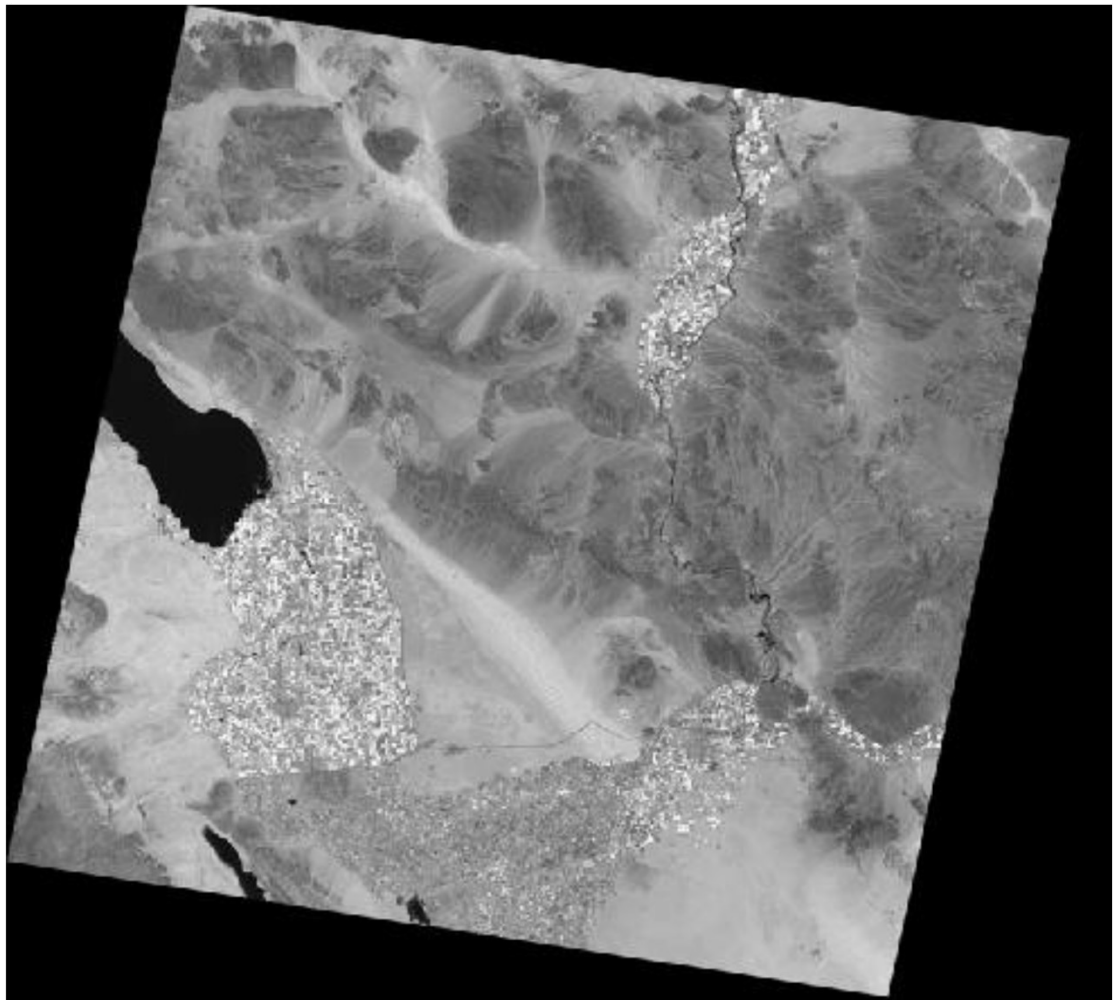
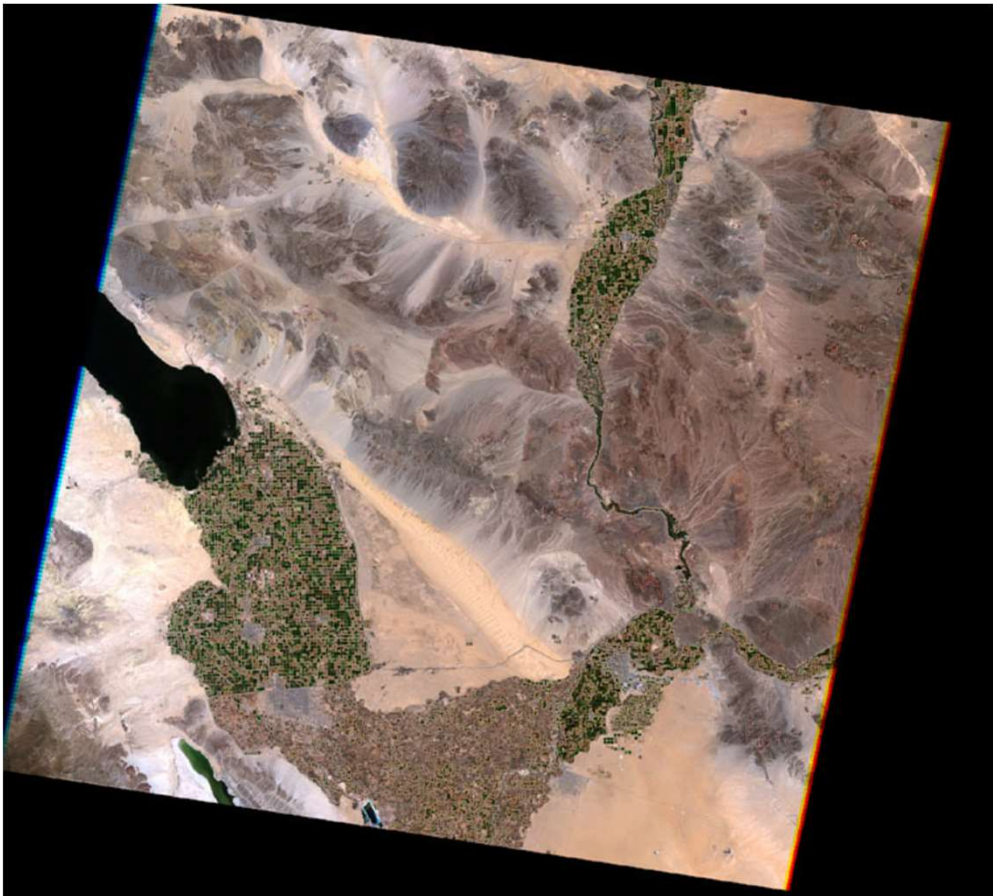


**Butterfly Vision Simulation**

Images taken from *The World as Seen by Butterflies*

- What light can a human detect, but not a bee? *Bees cannot detect red light, humans can.*
- What light can a bee detect, but not a human? *Humans cannot detect ultraviolet light, bees can.*





<b>Landsat 7 Band Number</b>	<b>Applications</b>
1	coastal water mapping, soil/vegetation discrimination, forest classification, man-made feature identification
2	vegetation discrimination and health monitoring, man-made feature identification
3	plant species identification, man-made feature identification
4	soil moisture monitoring, vegetation monitoring, water body discrimination
5	vegetation moisture content monitoring
6	surface temperature, vegetation stress monitoring, soil moisture monitoring, cloud differentiation, volcanic monitoring
7	mineral and rock discrimination, vegetation moisture content

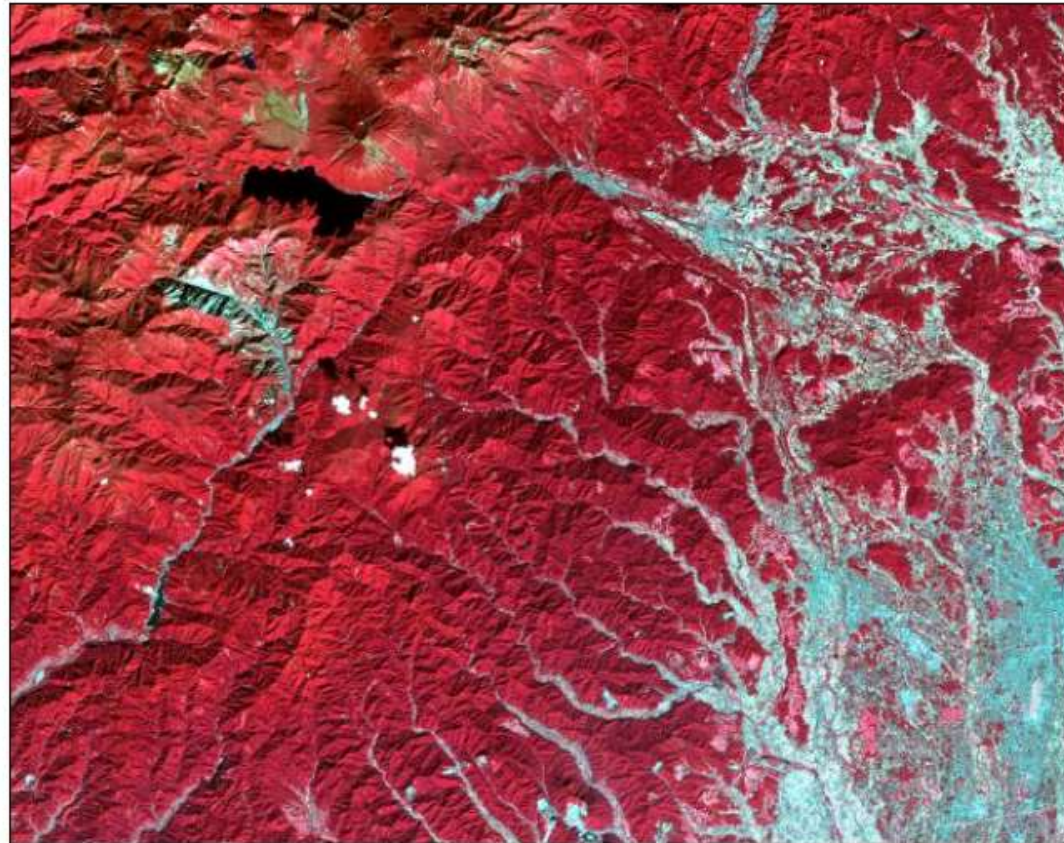


**RGB = NRG (Red, Green, Blue = Near Infrared, Red, Green, or "energy")**

**Red** = Near IR (ETM+ band 4)

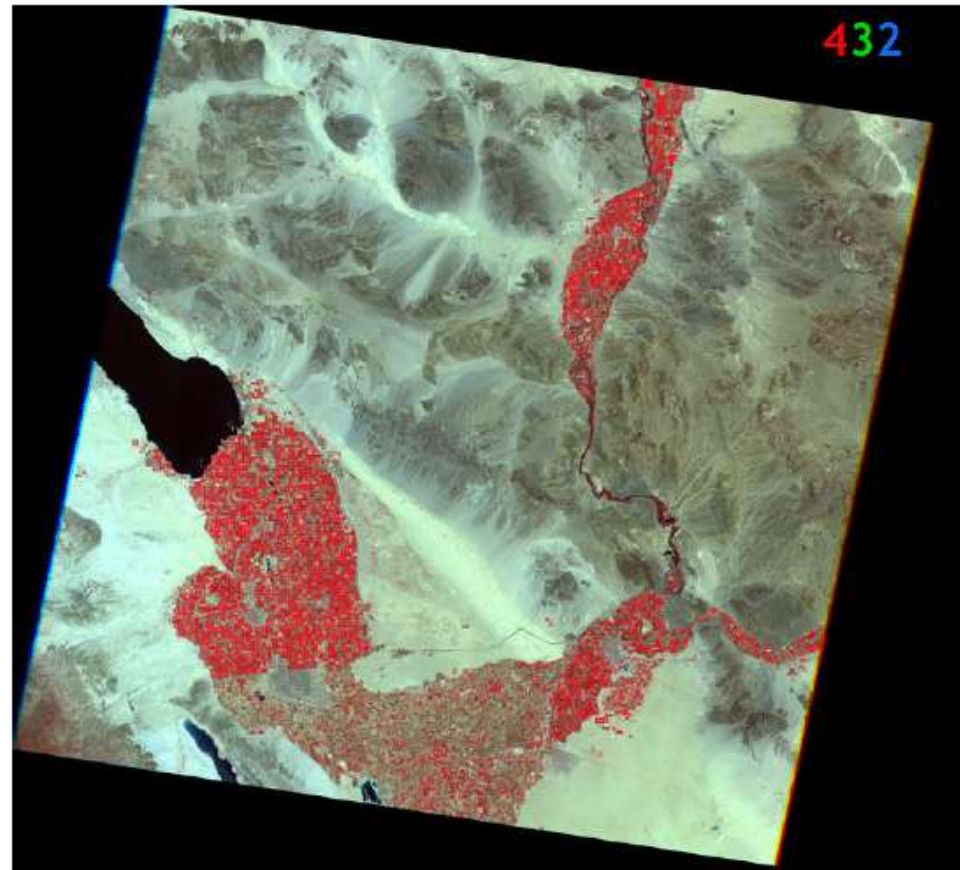
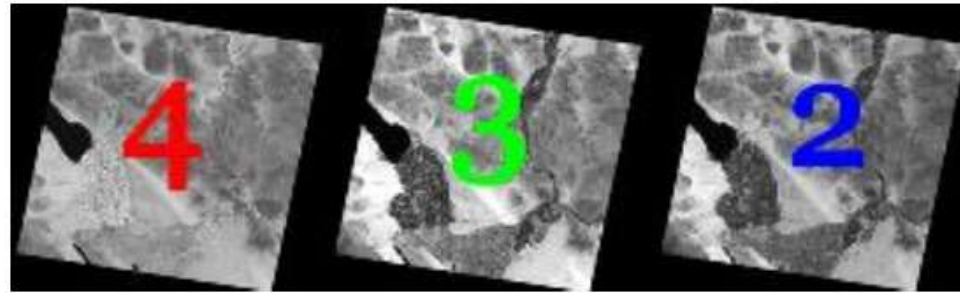
**Green** = Red (ETM+ band 3)

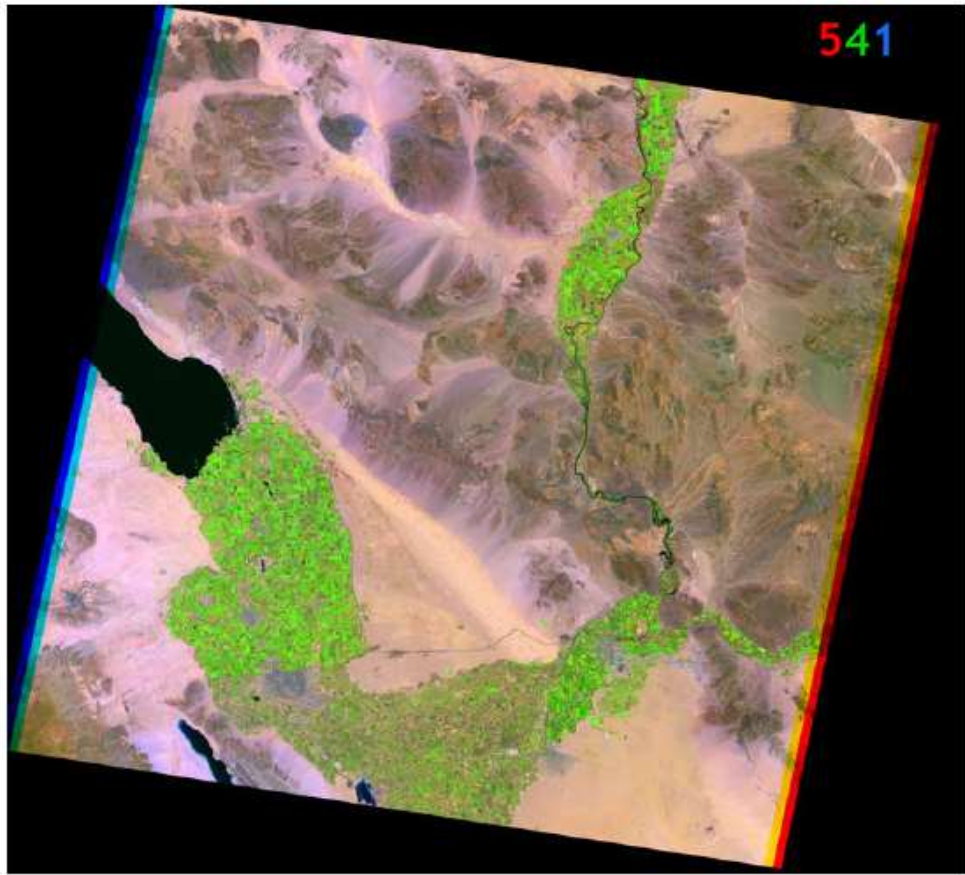
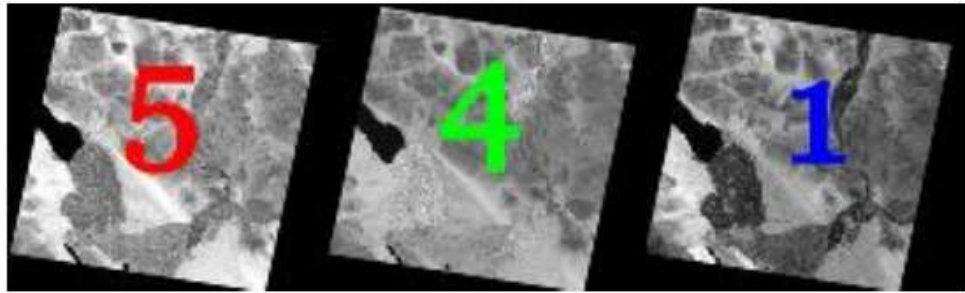
**Blue** = Green (ETM+ band 2)

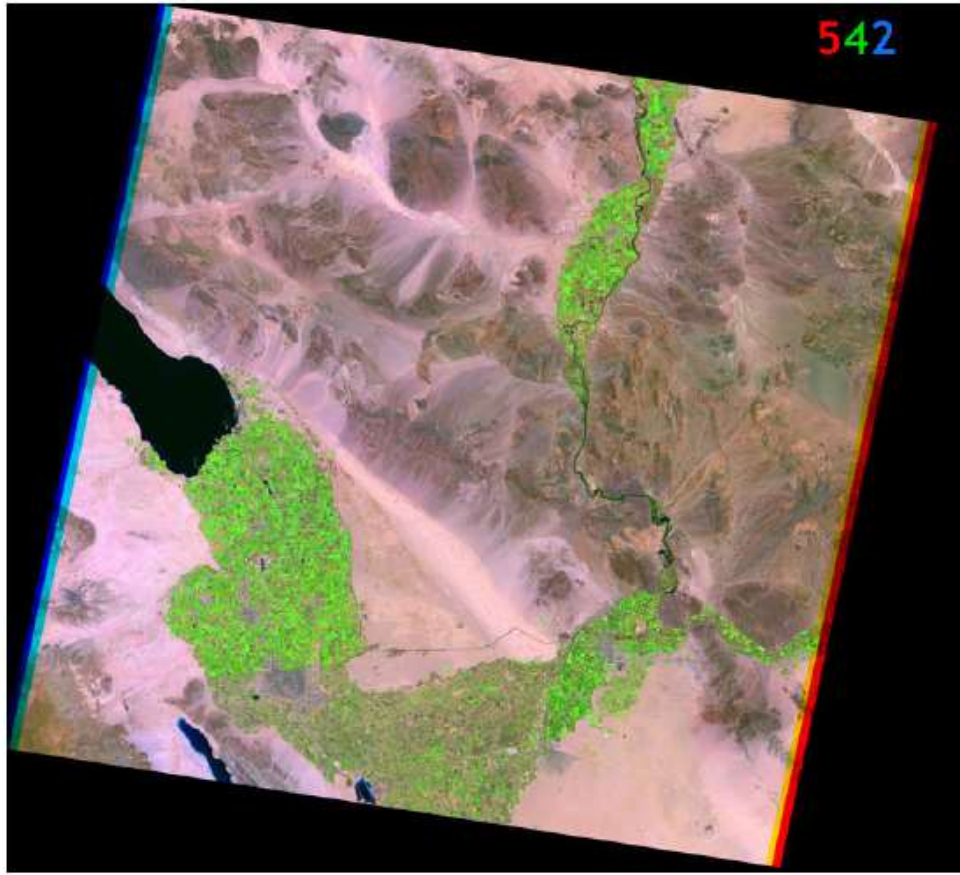
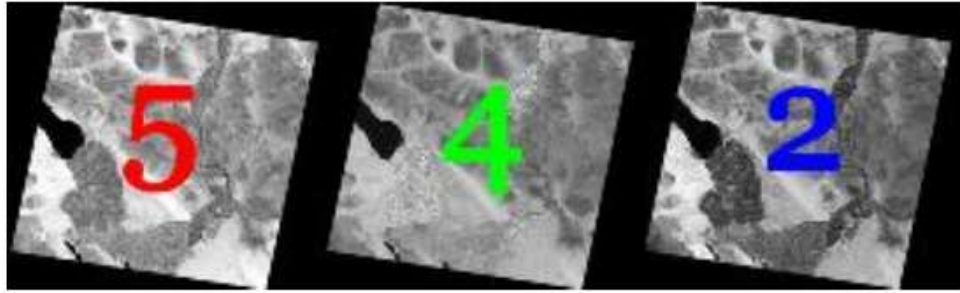


This image uses Landsat ETM+ Bands 4,3,2. The image depicts an area just north of Tokyo, Japan.

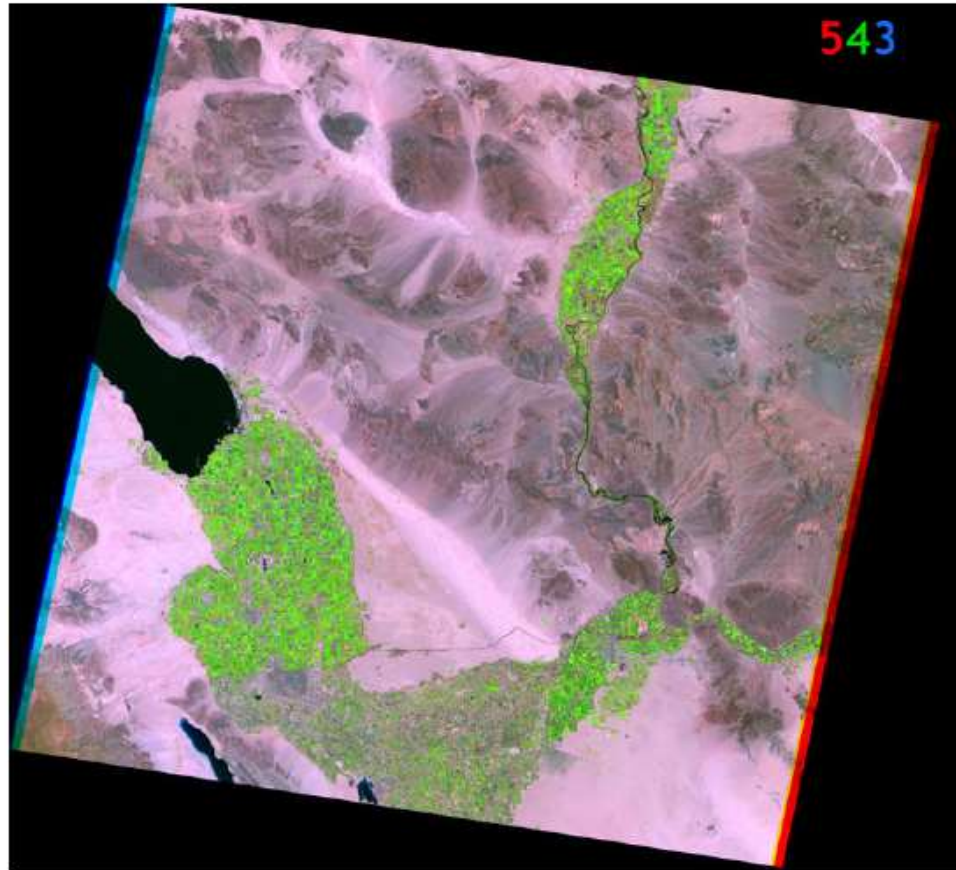
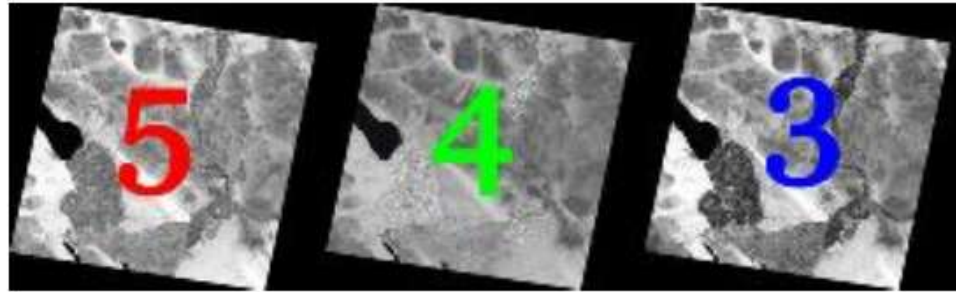


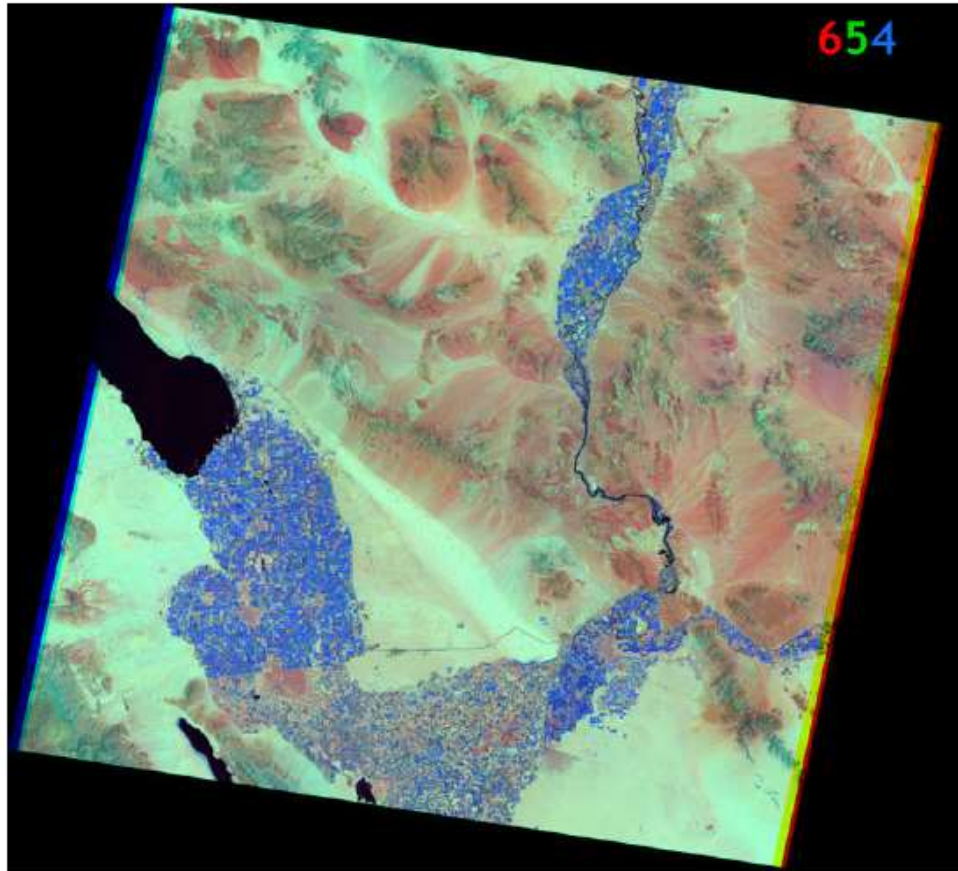
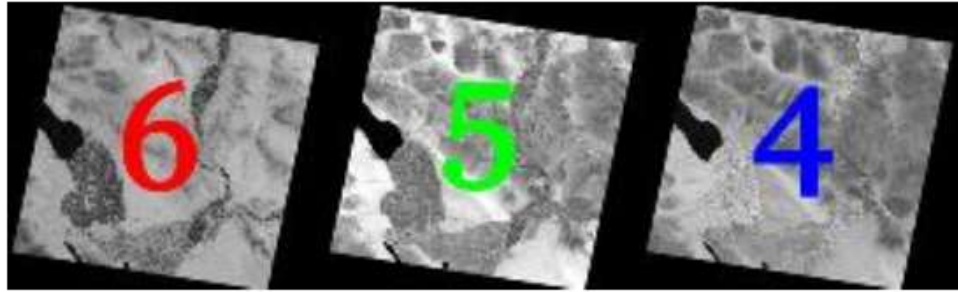


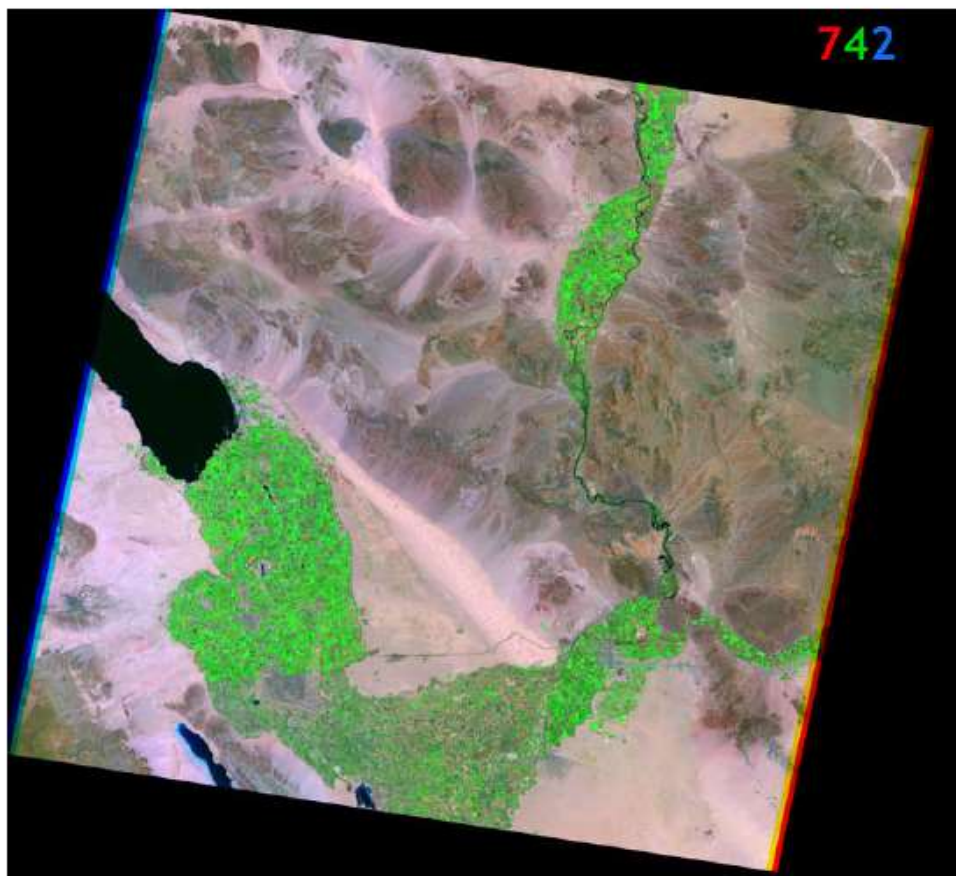
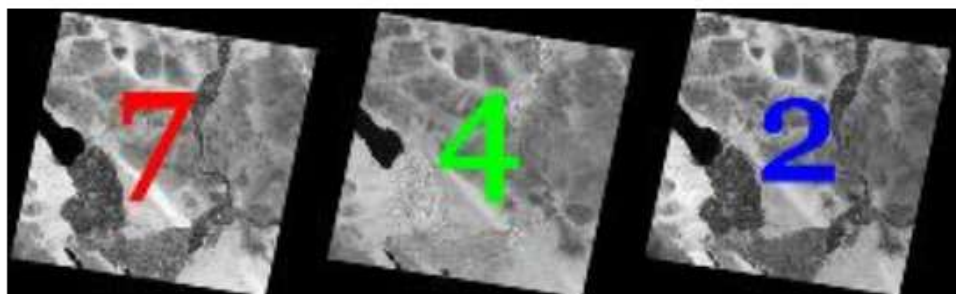




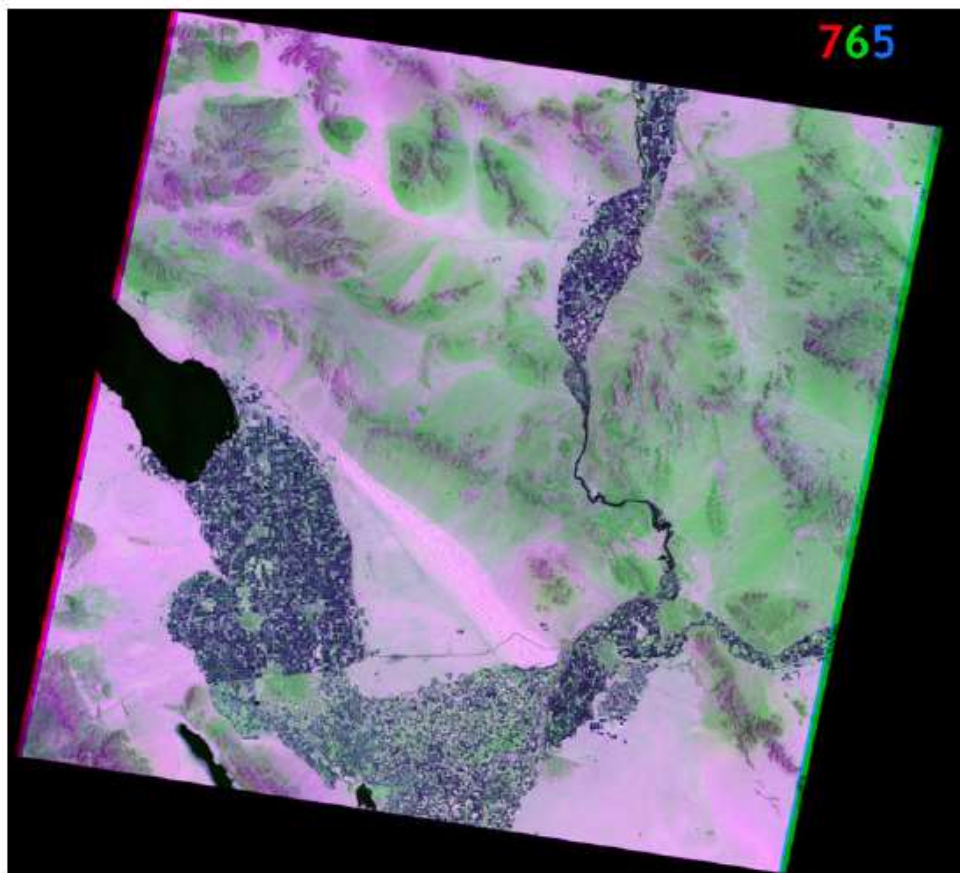
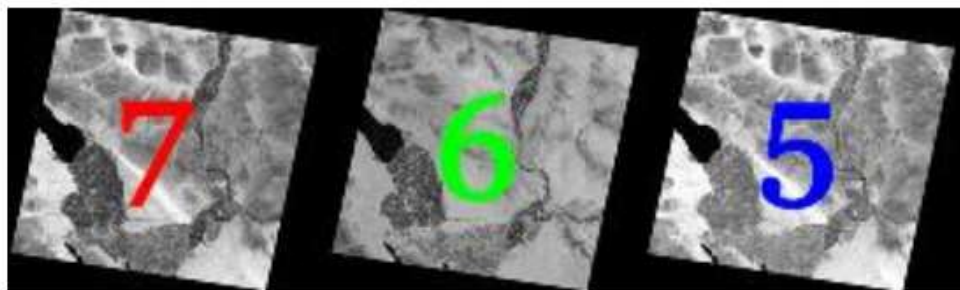












# Applications of Landsat Data



False color satellite images can provide extremely valuable information about the world we live in. Just as butterflies benefit from their ability to detect invisible wavelengths, humans can benefit from the technology of satellite imaging.

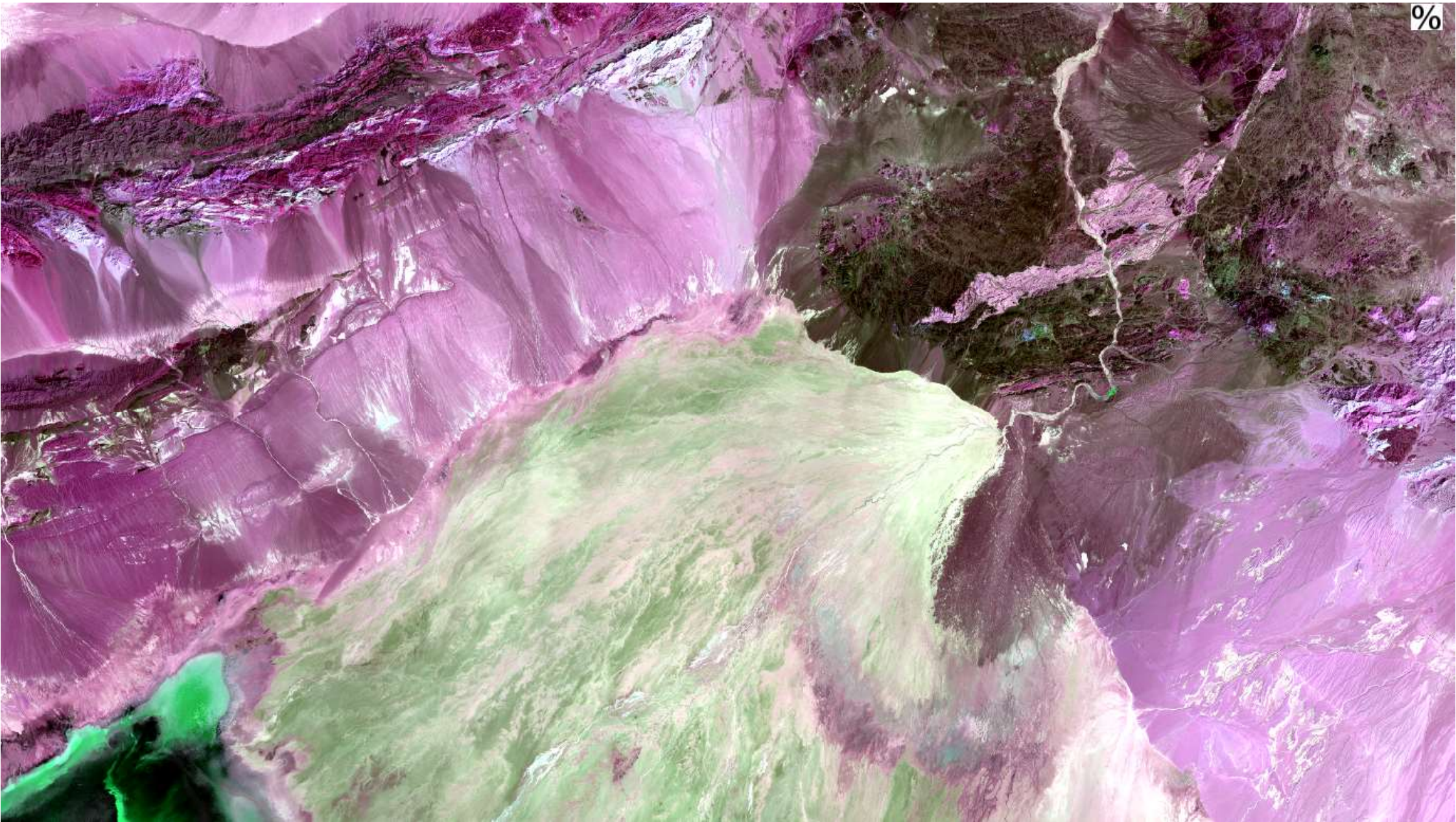
<b>Agriculture, Forestry and Range Resources</b>	<b>Land Use and Mapping</b>	<b>Geology</b>	<b>Hydrology</b>	<b>Coastal Resources</b>	<b>Environmental Monitoring</b>
Discriminating vegetative, crop and timber types	Classifying land uses	Mapping major geologic features	Determining water boundaries and surface water areas	Determining patterns and extent of turbidity	Monitoring deforestation
Measuring crop and timber acreage	Cartographic mapping and map updating	Revising geologic maps	Mapping floods and flood plain characteristics	Mapping shoreline changes	Monitoring volcanic flow activity
Precision farming land management	Categorizing land capabilities	Recognizing and classifying certain rock types	Determining area extent of snow and ice coverage	Mapping shoals, reefs and shallow areas	Mapping and monitoring water pollution
Monitoring crop and forest harvests	Monitoring urban growth	Delineating unconsolidated rocks and soils	Measuring changes and extent of glacial features	Mapping and monitoring sea ice in shipping lanes	Determining effects of natural disasters
Determining range readiness, biomass and health	Aiding regional planning	Mapping volcanic surface deposits	Measuring turbidity and sediment patterns	Tracking beach erosion and flooding	Assessing drought impact

<b>Agriculture, Forestry and Range Resources</b>	<b>Land Use and Mapping</b>	<b>Geology</b>	<b>Hydrology</b>	<b>Coastal Resources</b>	<b>Environmental Monitoring</b>
Determining soil conditions and associations	Mapping transportation networks	Mapping geologic landforms	Delineating irrigated fields	Monitoring coral reef health	Tracking oil spills
Monitoring desert blooms	Mapping land-water boundaries	Identifying indicators of mineral and petroleum resources	Monitoring lake inventories and health	Determining coastal circulation patterns	Assessing and monitoring grass and forest fires
Assessing wildlife habitat	Citing transportation and power transmission routes	Determining regional geologic structures	Estimating snow melt runoff	Measuring sea surface temperature	Mapping and monitoring lake eutrophication
Characterizing forest range vegetation	Planning solid waste disposal sites, power plants and other industries	Producing geomorphic maps	Characterizing tropical rainfall	Monitoring and tracking 'red' tides	Monitoring mine waste pollution
Monitoring and mapping insect infestations	Mapping and managing flood plains	Mapping impact craters	Mapping watersheds	Coral reef health assessment	Monitoring volcanic ash plumes
Monitoring irrigation practices	Tracking socioeconomic impacts on land use	Chevron discovery	Mapping closed-basin ponds	Global coral reef mapping	Assessing carbon stocks
Bison management	Online mapping	Mega-lake discovery	Monitoring wetlands	Chesapeake Bay restoration	Cancer research
Crop production estimates	Cartographic discoveries	Soil carbon flux	Water management	Monitoring coastal erosion	Atmospheric modeling

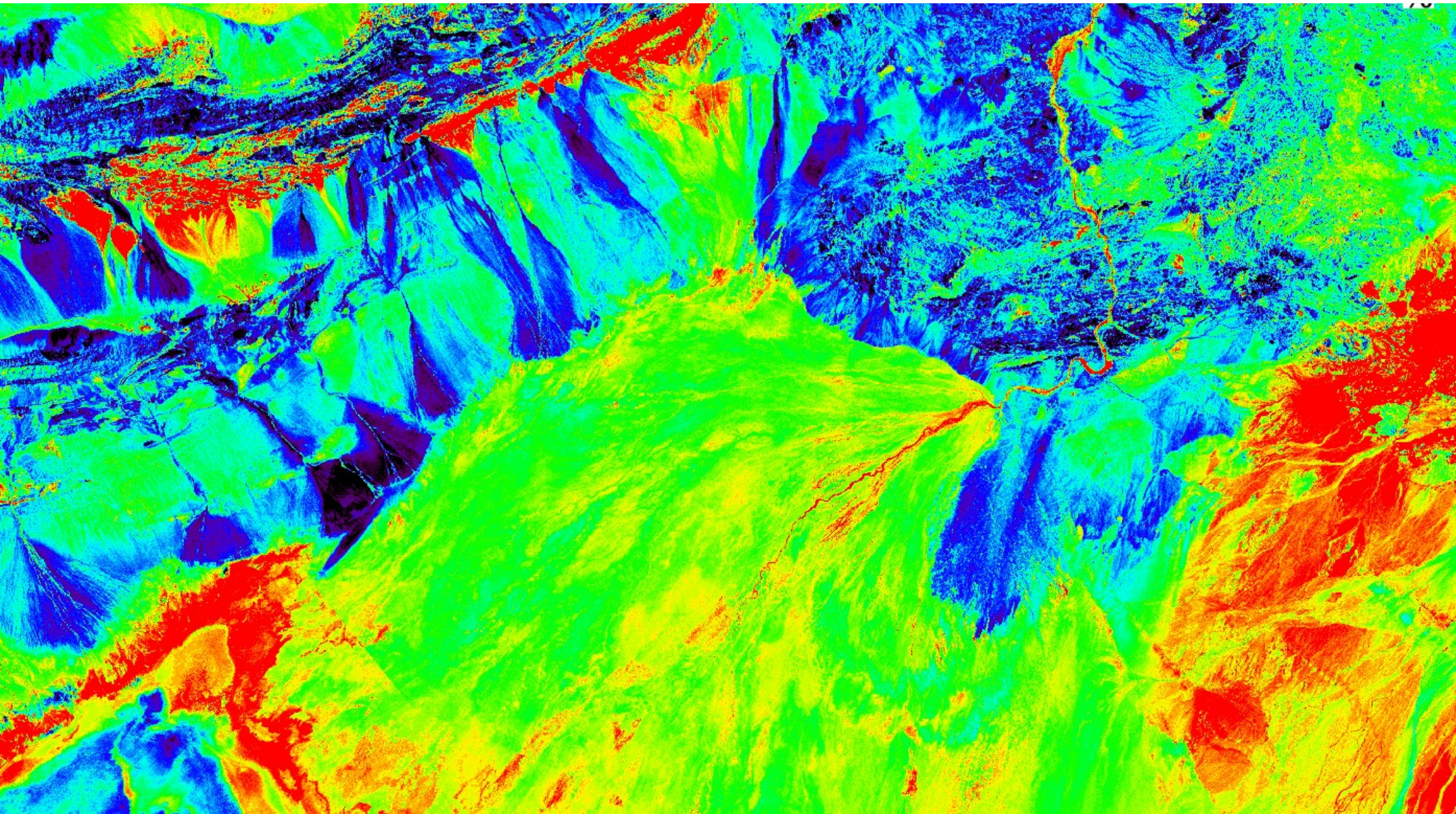








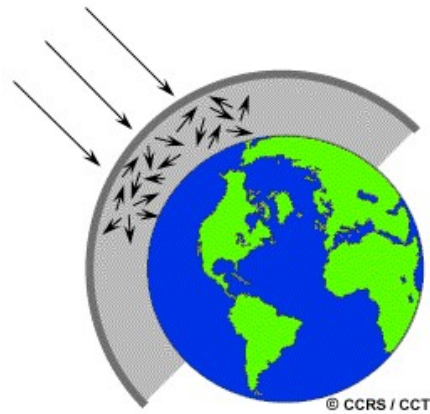








# Αλληλεπιδράσεις με την ατμόσφαιρα...



## Σκέδαση

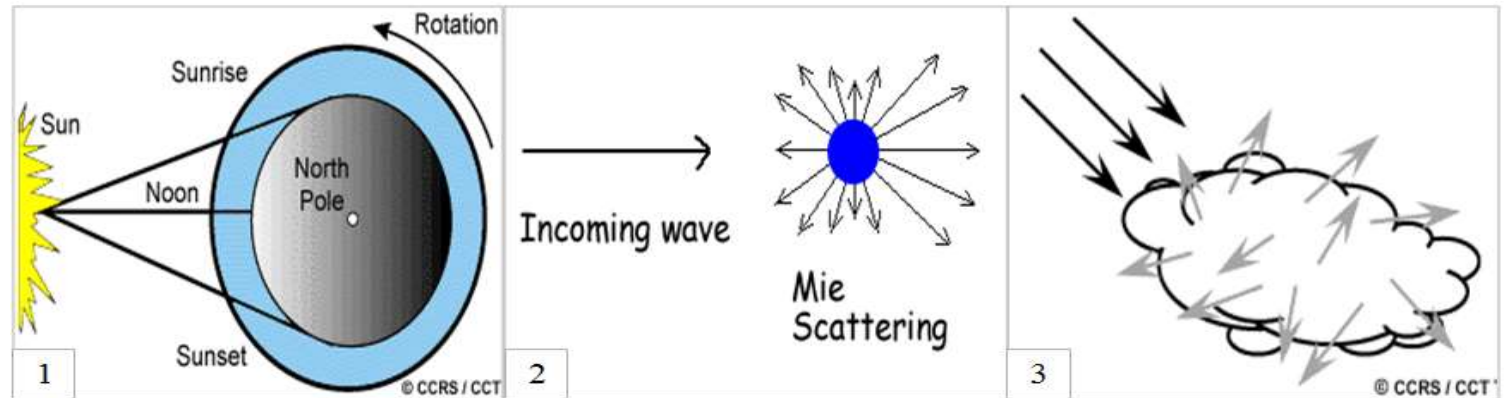
Προκύπτει όταν τα σωματίδια ή μεγάλα μόρια αερίων της ατμόσφαιρας αλληλοεπιδρούν και προκαλούν τον διασκορπισμό της ακτινοβολίας

Εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, τη σύσταση της ατμόσφαιρας αλλά και από την απόσταση που διανύει η ακτινοβολία

**Rayleigh** – μικρά μήκη κύματος (μπλε ουρανός)

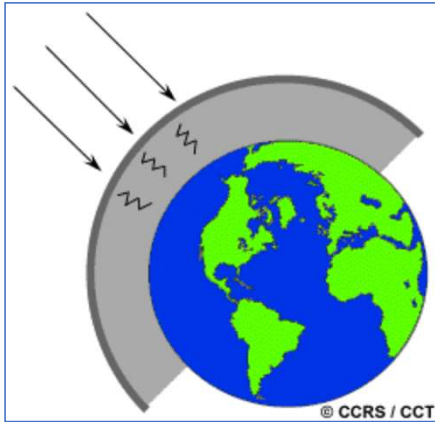
**Mie** – μεγάλα σωματίδια, μεγάλο μήκος κύματος, κατώτερα στρώματα (συννεφιά)

**Μη επιλεκτική** – πολύ μεγάλα σωματίδια (σκόνη. Νερό κ.α.), όλα τα μήκη διασκορπίζονται εξ ίσου





# Αλληλεπιδράσεις με την ατμόσφαιρα...

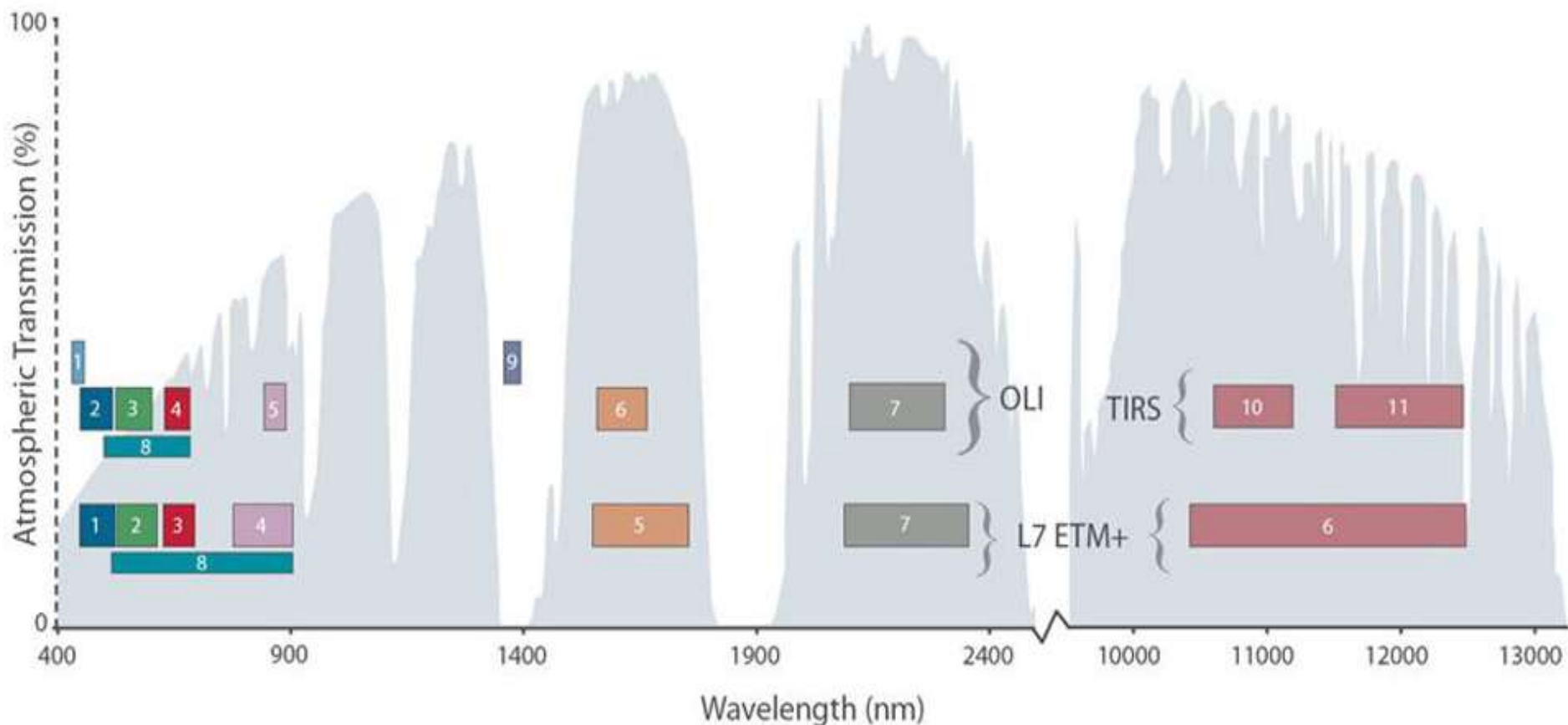


## Απορρόφηση

**Το φαινόμενο αυτό προκαλεί τα μόρια της ατμόσφαιρας να απορροφούν ενέργεια σε διάφορα μήκη κύματος.**

**Το όζον, το διοξείδιο του άνθρακα και οι υδρατμοί είναι τα τρία κύρια ατμοσφαιρικά συστατικά τα οποία απορροφούν ακτινοβολία.**

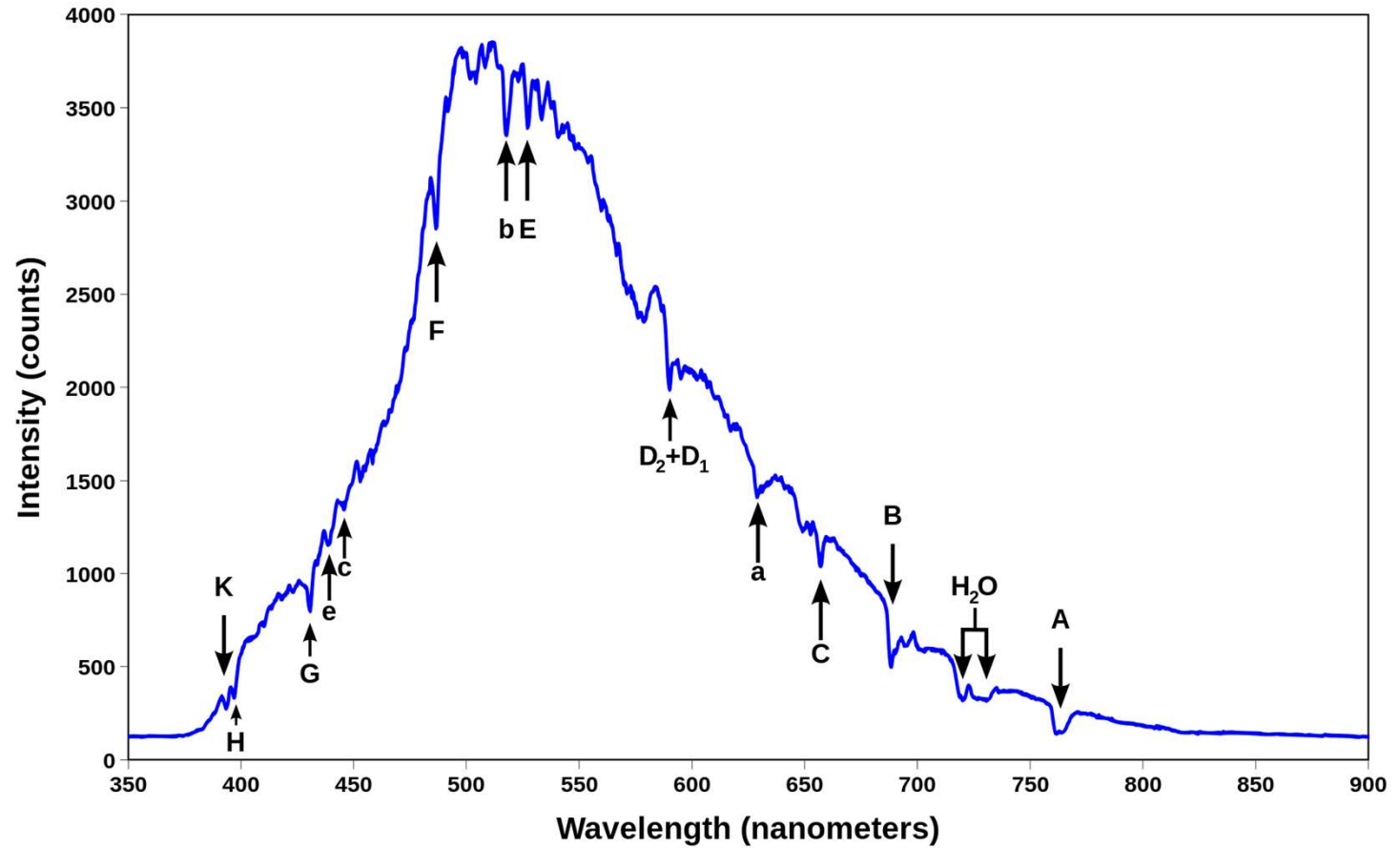
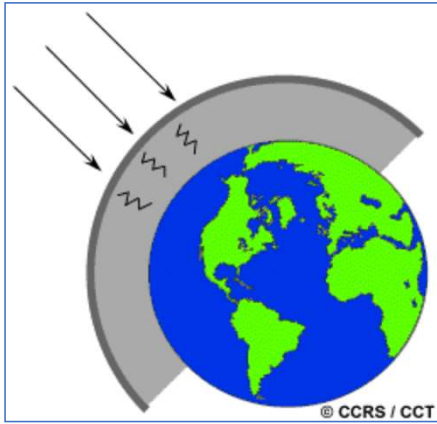
Τα αέρια αυτά απορροφούν ηλεκτρομαγνητική ενέργεια σε πολύ συγκεκριμένες περιοχές του φάσματος, και επηρεάζουν το τμήμα που είναι χρήσιμο για την τηλεπικοινωνία. Οι περιοχές του φάσματος που δεν επηρεάζονται σημαντικά από την ατμοσφαιρική απορρόφηση και ονομάζονται **ατμοσφαιρικά παράθυρα**



Bandpass wavelengths for Landsat 8 OLI and TIRS sensor, compared to Landsat 7 ETM+ sensor

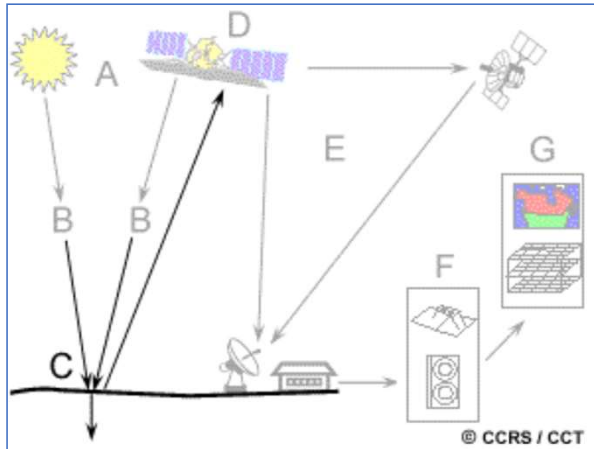
*Note: atmospheric transmission values for this graphic were calculated using MODTRAN for a summertime mid-latitude hazy atmosphere (circa 5 km visibility).*

# Αλληλεπιδράσεις με την ατμόσφαιρα...





# Ακτινοβολία και στόχοι

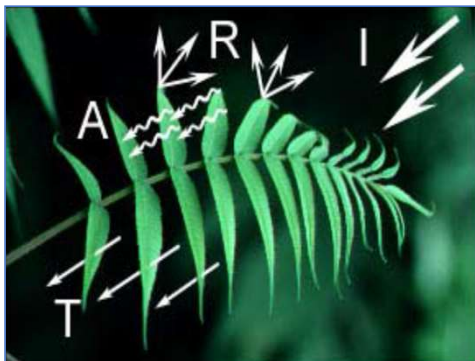


Ακτινοβολία που δεν αλληλοεπιδρά με την ατμόσφαιρα μπορεί να φτάσει και να αλληλεπιδράσει με την επιφάνεια της Γης.

Μορφές αλληλοεπίδρασης ακτινοβολίας και στόχων:

- 1) απορρόφηση (A),
- 2) μετάδοση (T), και
- 3) ανάκλαση (R).

Η συνολική προσπίπτουσα ενέργεια θα αλληλοεπιδράσει με την επιφάνεια με έναν ή περισσότερους από αυτούς τους τρεις τρόπους. Οι αναλογίες του κάθε ένα θα εξαρτηθεί από το μήκος κύματος της ενέργειας και της ύλης όπως επίσης και από την κατάσταση του υλικού.

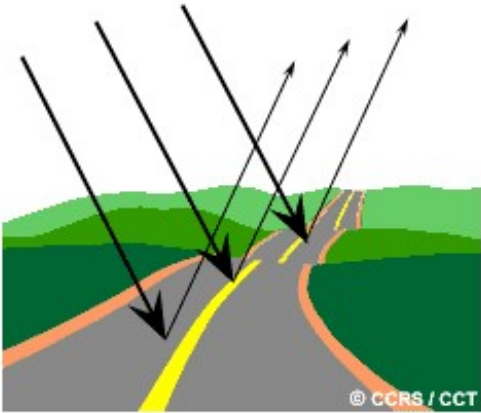


Η απορρόφηση (A) παρουσιάζεται όταν η ακτινοβολία (ενέργεια) απορροφάται από το στόχο, ενώ η μετάδοση (T) παρουσιάζεται όταν η ακτινοβολία διέρχεται σ' αυτόν. Η ανάκλαση (R) εμφανίζεται όταν η ακτινοβολία "αναπηδά" από το στόχο και γίνεται ανακατεύθυνση της πορείας της.

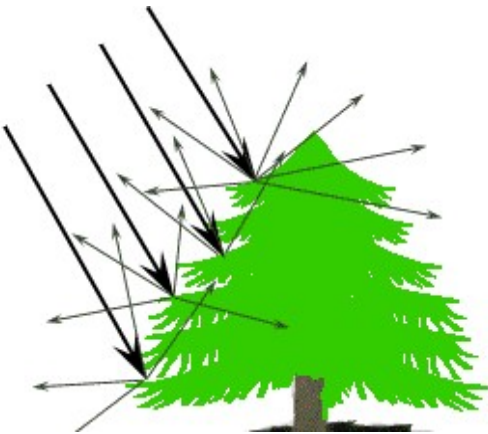
# Ακτινοβολία και στόχοι

Υπάρχουν δύο τύποι ανάκλασης η κατοπτρική και η διάχυτη

Όταν μία επιφάνεια είναι λεία παρατηρείται **κατοπτρική ανάκλαση** όπου όλη (ή σχεδόν όλη) η ενέργεια κατευθύνεται μακριά από την επιφάνεια σε μία κατεύθυνση



Η **διάχυτη ανάκλαση** λαμβάνει χώρα όταν η επιφάνεια είναι τραχιά και η ενέργεια ανακλάται σχεδόν ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις.



Το πώς ένας συγκεκριμένος στόχος θα ανακλάσει την ακτινοβολία, εξαρτάται από την επιφανειακή τραχύτητα του υλικού σε σύγκριση με το μήκος κύματος της εισερχόμενης ακτινοβολίας

# Φασματική υπογραφή

Φασματική υπογραφή είναι η διακύμανση της ανάκλασης ή της εκπομπής ενός υλικού σε σχέση με τα μήκη κύματος (δηλαδή, ανάκλαση/ εκπομπή ως συνάρτηση του μήκους κύματος).

Η φασματική υπογραφή των άστρων δείχνει τη σύνθεση της αστρικής ατμόσφαιρας. Η φασματική υπογραφή ενός αντικειμένου είναι συνάρτηση του τυχαίου μήκους κύματος EM και της αλληλεπίδρασης υλικού με αυτό το τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.





# Φασματική υπογραφή

Οποιαδήποτε παράμετρος τηλεπισκόπησης, η οποία χαρακτηρίζει άμεσα ή έμμεσα τη φύση ή/και η κατάσταση του υπό παρατήρηση αντικειμένου, ορίζεται ως η υπογραφή του.

Η φασματική υπογραφή του αντικειμένου στην τηλεπισκόπηση μπορεί να οριστεί ως ένα μοναδικό μοτίβο μηκών κύματος που ακτινοβολούνται από ένα αντικείμενο.

Αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως

α) Φασματική Διακύμανση: Μεταβολή της ανακλαστικότητας και της εκπομπής ως συνάρτηση του μήκους κύματος.

β) Χωρική Διακύμανση: Μεταβολή της ανακλαστικότητας και της εκπομπής με τη χωρική θέση (π.χ. σχήμα, υφή και μέγεθος του αντικειμένου).

γ) Χρονική διακύμανση: Διακύμανση της εκπομπής και της ανακλαστικότητας όπως αυτή στην ημερήσια και εποχιακό κύκλος.

δ) Διακύμανση πόλωσης: εισάγονται από το υλικό στην ακτινοβολία που ανακλάται ή εκπέμπεται από αυτό.

# Φασματική υπογραφή

Καθένα από αυτά τα τέσσερα χαρακτηριστικά της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μπορεί να είναι αλληλεξαρτώμενο, δηλαδή το σχήμα μπορεί να είναι διαφορετικά σε διαφορετικές χρονικές στιγμές ή σε διαφορετικές φασματικές ζώνες.

Ένα μέτρο αυτών των διακυμάνσεων και η συσχέτισή τους με τα γνωστά χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου παρέχει την υπογραφή του σχετικού αντικειμένου.

# Φασματική υπογραφή

Η γνώση της κατάστασης πόλωσης της ανακλώμενης ακτινοβολίας εκτός από τη φασματική υπογραφές διαφόρων αντικειμένων στην τηλεπισκόπηση προσθέτει μια άλλη διάσταση για ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων τηλεπισκόπησης.

Αυτές οι παράμετροι είναι εξαιρετικά χρήσιμες για την παροχή πολύτιμα δεδομένα για τη διάκριση των αντικειμένων

*Η πόλωση του φωτός αναφέρεται στην κατεύθυνση της δόνησης κύματος σε σχέση με την κατεύθυνση της διάδοσης. Ο βαθμός πόλωσης στο ανακλώμενο φως επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως ο φωτισμός, η τραχύτητα της επιφάνειας, το χρώμα και η γεωμετρία ανίχνευσης.*



# Φασματική απόκριση διαφόρων χαρακτηριστικών κάλυψης γης

Η φασματική ανάκλαση της βλάστησης εξαρτάται από

1. Μελάγχρωση (Pigmentation)
2. Φυσιολογική δομή (Physiological structure)
3. Περιεκτικότητα σε υγρασία φύλλων (Leaf moisture content)

# Φασματική υπογραφή βλάστησης

## Επίδραση της απορρόφησης εξαιτίας της μελάγχρωσης

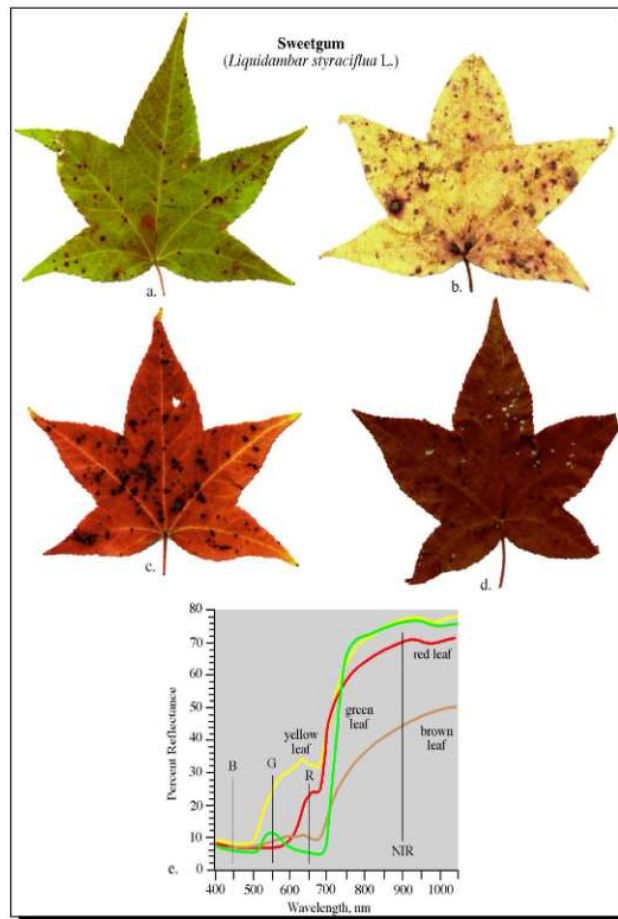
Οι κύριες χρωστικές ουσίες είναι η χλωροφύλλη α, η χλωροφύλλη β, η Β καροτίνη και η ξαντοφυλλη, όλες που απορροφούν το ορατό φως για φωτοσύνθεση.

Χλωροφύλλη α και χλωροφύλλη β, οι οποίες είναι περισσότερο σημαντικές χρωστικές ουσίες, απορροφούν τμήματα μπλε και κόκκινου φωτός.

- η χλωροφύλλη α απορροφάται σε μήκη κύματος 0,43  $\mu\text{m}$
- και η χλωροφύλλη β σε μήκη κύματος 0,45  $\mu\text{m}$  και 0,65  $\mu\text{m}$ .
- Οι καροτενοειδείς χρωστικές ουσίες, καροτίνη και ξαντοφυλλη, απορροφούν και τα δύο το μπλε έως το πράσινο φως

# Φασματική υπογραφή βλάστησης

## Επίδραση της απορρόφησης εξαιτίας της μελάγχρωσης



### Leaf Functions

**Pigment Composition  
Varies with  
Condition and Age of  
Leaves**

**Spectral Reflectance  
Characteristics of  
Sweetgum Leaves  
(*Liquidambar styraciflua* L.)**



# Φασματική υπογραφή βλάστησης

## Φυσιολογική δομή και ανάκλαση στο NIR

Οι ασυνέχειες στους δείκτες διάθλασης μέσα σε ένα φύλλο καθορίζουν την εγγύς ανακλαστικότητα του.

Αυτές οι ασυνέχειες συμβαίνουν μεταξύ των μεμβρανών και του κυτταροπλάσματος στο άνω μισό του φύλλου και το πιο σημαντικό μεταξύ μεμονωμένων κυττάρων και χώρων αέρα της σπογγώδους μεσοφύλλης εντός του κάτω μισό του φύλλου.

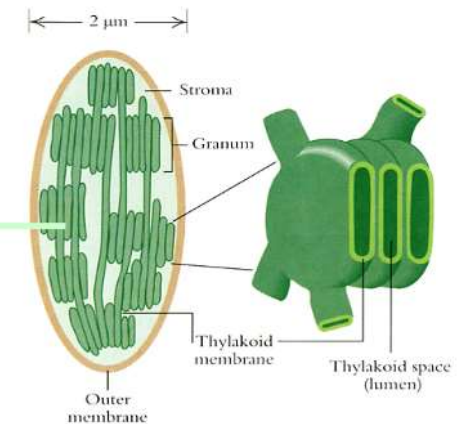
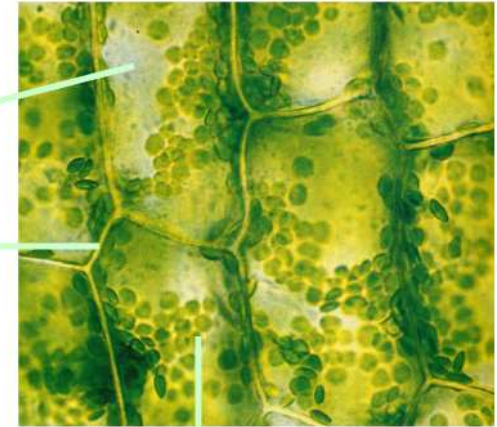
# Φασματική υπογραφή βλάστησης

## Φυσιολογική δομή και ανάκλαση στο NIR

### Leaf biochemical composition

A typical fresh-green leaf contains:

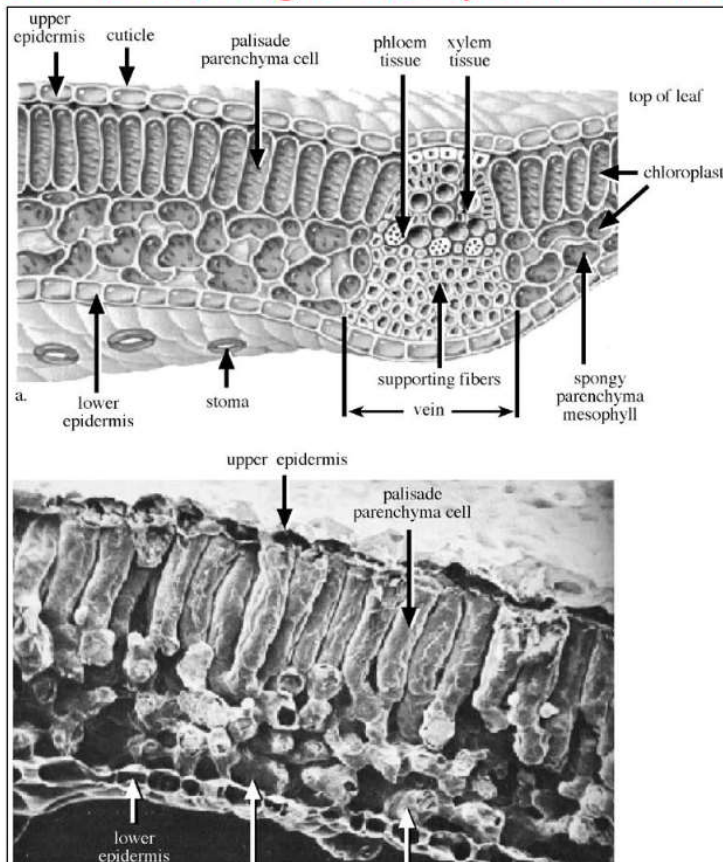
- water (vacuole): 90-95%
- dry matter (cell walls): 5-10%
  - cellulose: 15-30%
  - hemicellulose: 10-30%
  - proteins: 10-20%
  - lignin: 5-15%
  - starch: 0.2-2.7%
  - sugar
  - etc.
- wax (cuticle)
- chlorophylls *a* and *b* (chloroplasts)
- carotenoids (chloroplasts)
- other pigments (cytoplasm)
  - anthocyanins, flavons
  - "brown pigments"
  - etc.



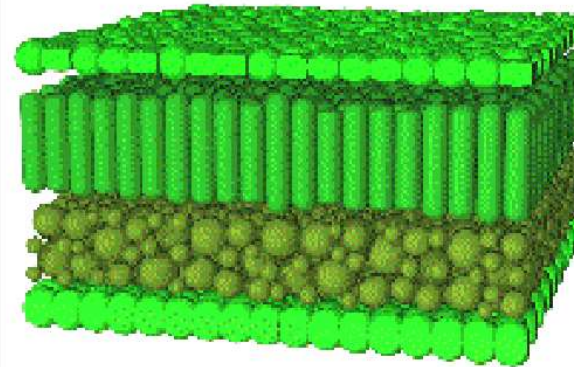
# Φασματική υπογραφή βλάστησης

## Φυσιολογική δομή και ανάκλαση στο NIR

Leaf Functioning is closely tied to anatomy



## Anatomy of a Leaf



3-D model of a leaf  
Goverts et al., 1996



# Φασματική υπογραφή βλάστησης

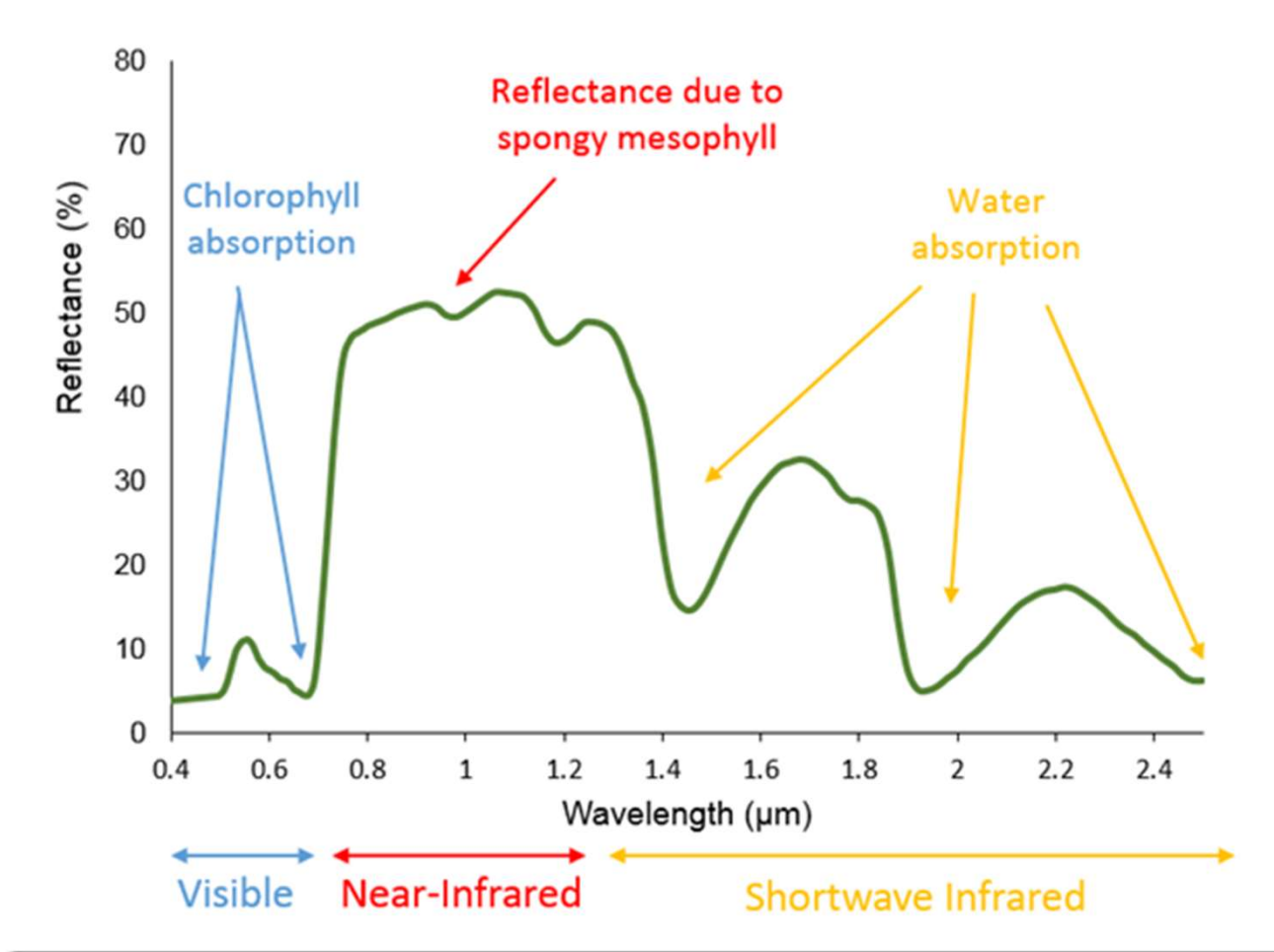
## Φυσιολογική δομή και ανάκλαση στο NIR

Οι συνδυασμένες επιδράσεις των χρωστικών φύλλων και της φυσιολογικής δομής δίνουν σε όλα τα υγιή πράσινα φύλλα τις χαρακτηριστικές ανακλαστικές τους ιδιότητες:

- χαμηλή ανάκλαση κόκκινου και μπλε φωτός, μέσο ανάκλαση του πράσινου φωτός και υψηλή ανάκλαση της εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας.
- Η διαφορά στην ανάκλαση των φύλλων μεταξύ των ειδών, εξαρτάται από το πάχος των φύλλων, το οποίο επηρεάζει τόσο η περιεκτικότητα σε χρωστικές ουσίες όσο και η φυσιολογική δομή.

# Φασματική υπογραφή βλάστησης

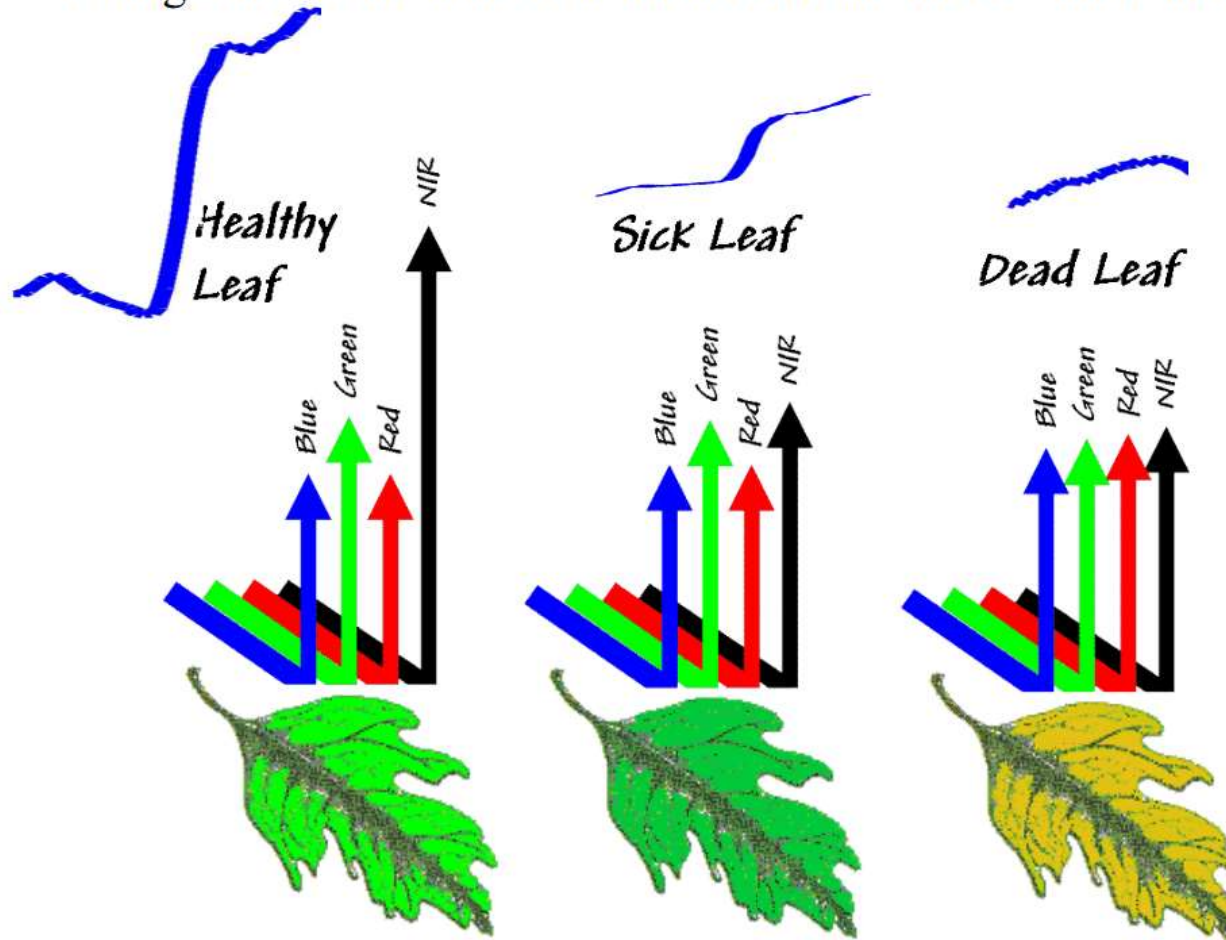
## Φυσιολογική δομή και ανάκλαση στο NIR



# Φασματική υπογραφή βλάστησης

## Φυσιολογική δομή και ανάκλαση στο NIR

Changes in Visible and Near-Infrared Reflectance with Leaf Health

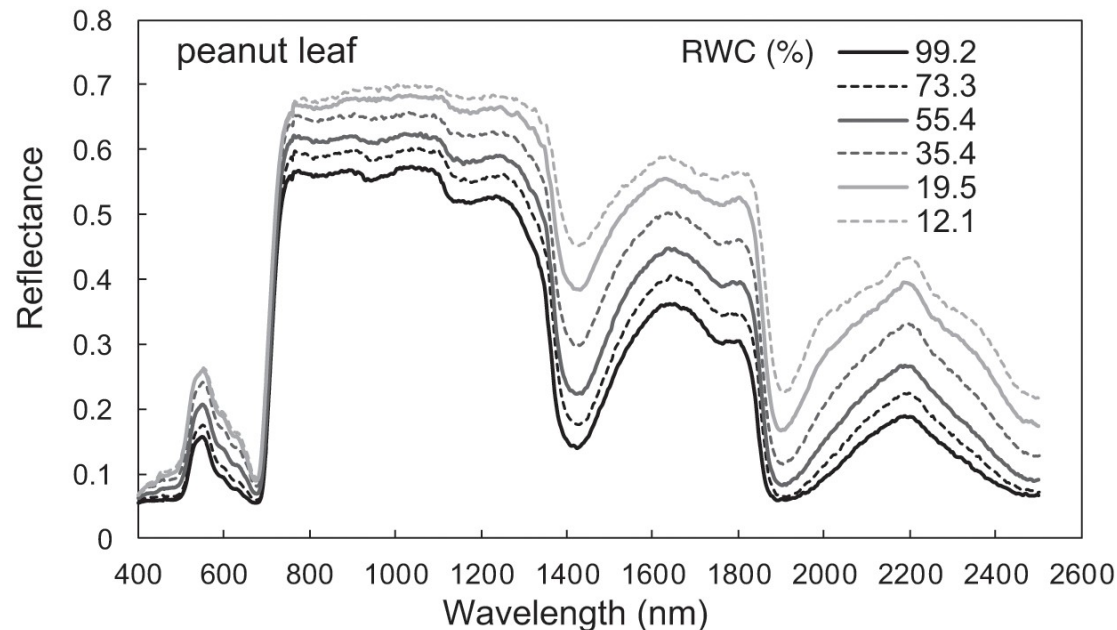




# Φασματική υπογραφή βλάστησης

## Επίδραση της υγρασίας των φύλλων

Η ανάκλαση των φύλλων μειώνεται ως αποτέλεσμα της απορρόφησης από τρεις μεγάλες απορροφήσεις νερού ζώνες που εμφανίζονται κοντά σε μήκη κύματος 1,4  $\mu\text{m}$ , 1,9  $\mu\text{m}$  και 2,7  $\mu\text{m}$  και δύο μικρές απορρόφησης νερού ζώνες που εμφανίζονται κοντά σε μήκη κύματος 0,96  $\mu\text{m}$  και 1,1  $\mu\text{m}$ .



# Φασματική υπογραφή βλάστησης

## Επίδραση της υγρασίας των φύλλων

Η ανάκλαση του φύλλου μέσα σε αυτές τις ζώνες απορρόφησης νερού σχετίζεται αρνητικά τόσο με την ποσότητα νερού στο φύλλο όσο και με το πάχος του φύλλου.

Ωστόσο, το νερό στην ατμόσφαιρα απορροφά επίσης ακτινοβολία σε αυτές τις ζώνες απορρόφησης νερού και ως εκ τούτου η πλειοψηφία των αισθητήρων περιορίζεται σε τρία «ατμοσφαιρικές παράθυρα» που δεν απορροφώνται από το νερό σε μήκη κύματος από 0,3 έως 1,3  $\mu\text{m}$ , 1,5 έως 1,8  $\mu\text{m}$ . και 2.0 έως 2,6  $\mu\text{m}$ .

Ευτυχώς μέσα σε αυτές τις ζώνες κύματος, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εξακολουθεί να είναι ευαίσθητη στα φύλλα υγρασία.

# Φασματική υπογραφή βλάστησης

## Η επίδραση του υποβάθρου του εδάφους

Η αμφίδρομη ανάκλαση του εδάφους έχει σημαντική επίδραση στην αμφίδρομη ανάκλαση του θόλου βλάστησης.

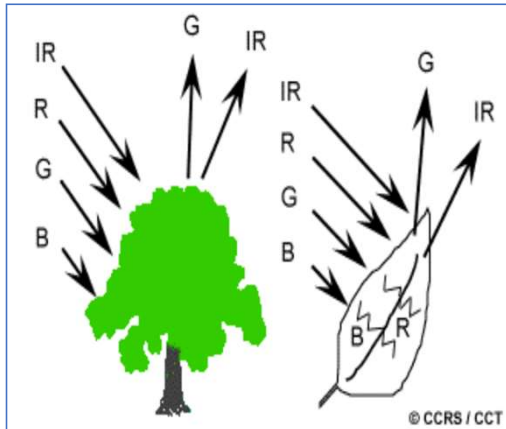
Οι συνδυασμοί εδάφους/φασματικών ζώνων που είναι ακατάλληλοι για την τηλεπισκόπηση της βλάστησης θα πρέπει να εντοπιστούν.

- Για παράδειγμα, σε σκούρα τονισμένα εδάφη με χαμηλή κόκκινη ανάκλαση υπάρχει μικρή αλλαγή στην κόκκινη ανάκλαση του θόλου με αύξηση της τιμής LAI καθώς τα φύλλα έχουν παρόμοιες ιδιότητες ανάκλασης με το έδαφος.
- Σε ένα ανοιχτόχρωμο έδαφος, η σχέση μεταξύ εγγύς υπέρυθρου και το LAI είναι ασθενέστερη από ό, τι σε ένα σκοτεινό έδαφος.



# Ακτινοβολία και στόχοι (παραδείγματα..)

**Φύλλα:** Η χλωροφύλλη απορροφά έντονα την ακτινοβολία στα ερυθρά και μπλε μήκη κύματος, αλλά ανακλά τα πράσινα μήκη κύματος.



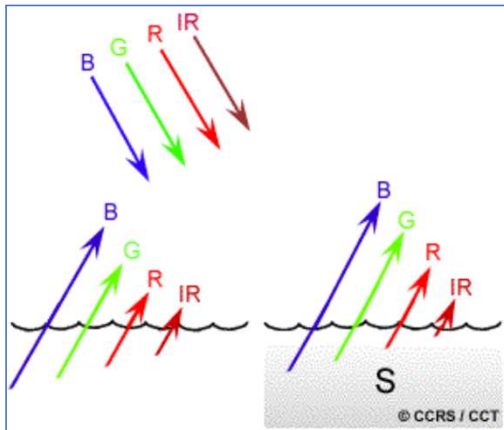
«Πράσινα» το καλοκαίρι διότι η χλωροφύλλη είναι στα μέγιστα ποσοστά

Το φθινόπωρο, υπάρχει λιγότερη χλωροφύλλη στα φύλλα, επομένως λιγότερη απορρόφηση και αναλογικά περισσότερη ανάκλαση στα ερυθρά μήκη κύματος, κάνοντας τα φύλλα να φαίνονται κόκκινα ή κίτρινα.

Η εσωτερική δομή των υγιών φύλλων ενεργούν ως εξαιρετικοί διάχυτοι ανακλαστές των εγγύς υπέρυθρων μηκών κυμάτων.

# Ακτινοβολία και στόχοι (παραδείγματα..)

**Νερό:** Απορροφούνται τα μεγάλα μήκη κύματος του ορατού μέρους του φάσματος και της υπέρυθρης ακτινοβολίας.



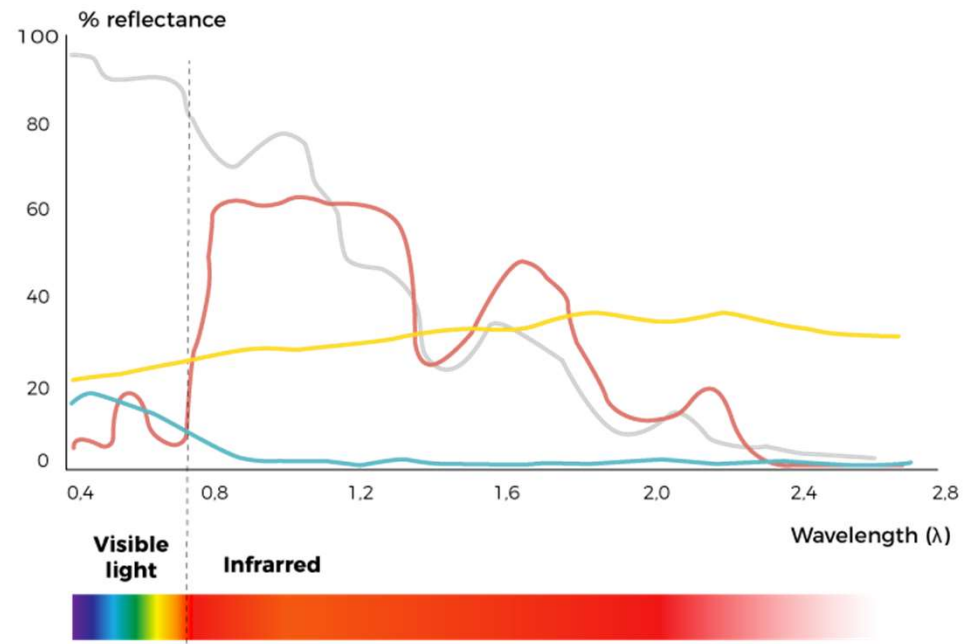
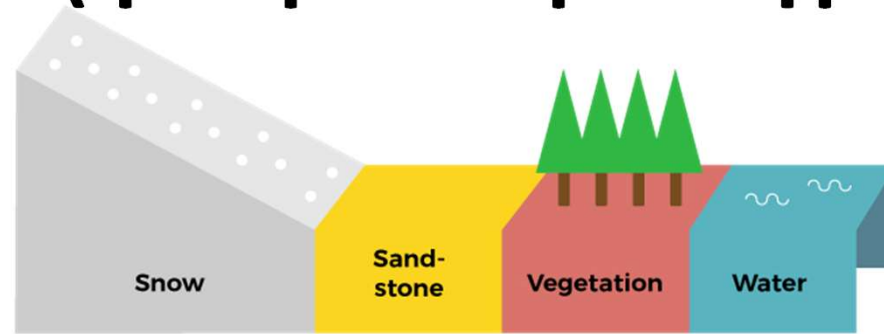
Έτσι το νερό συνήθως φαίνεται μπλε ή μπλε-πράσινο λόγω της ισχυρότερης ανάκλασης σε αυτά τα μικρότερα μήκη κύματος, και πιο σκούρο αν εκτεθεί σε ερυθρά ή εγγύς υπέρυθρα μήκη κύματος.

Η «μορφή» της επιφάνειας του νερού (τραχύ, λείο, επιπλέοντα υλικά, κλπ.) μπορεί επίσης να οδηγήσει σε περίπλοκες ερμηνείες που οφείλονται σε πιθανά προβλήματα της κατοπτρικής ανάκλασης, και άλλων επιδράσεων στο χρώμα και στη φωτεινότητα

# Ακτινοβολία και στόχοι (φασματική υπογραφή)

Η φασματική συμπεριφορά κάθε υλικού οργανικού, ανόργανου, φυσικού ή τεχνητού που βρίσκεται στη γήινη επιφάνεια, είναι μοναδική και μάλιστα διαφορετική σε κάθε τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Αυτή συμπεριφορά αποτυπώνεται ως φασματική υπογραφή (ή φασματικό ίχνος ή φασματικό προφίλ) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση υλικών.







ΤΕΛΟΣ