



# BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM FOTOGRAMMETRIA ÉS TÉRINFORMATIKA TANSZÉK

## KUGLER ZSÓFIA: DIGITÁLIS KÉPELEMZÉS

Műegyetem rkp. 3. K. ép. I.em. 31.  
1111 Budapest

Tel: +36 1 463-1187  
Fax: +36 1 463-3084  
[www.fmt.bme.hu](http://www.fmt.bme.hu)



# Hordozó eszközök

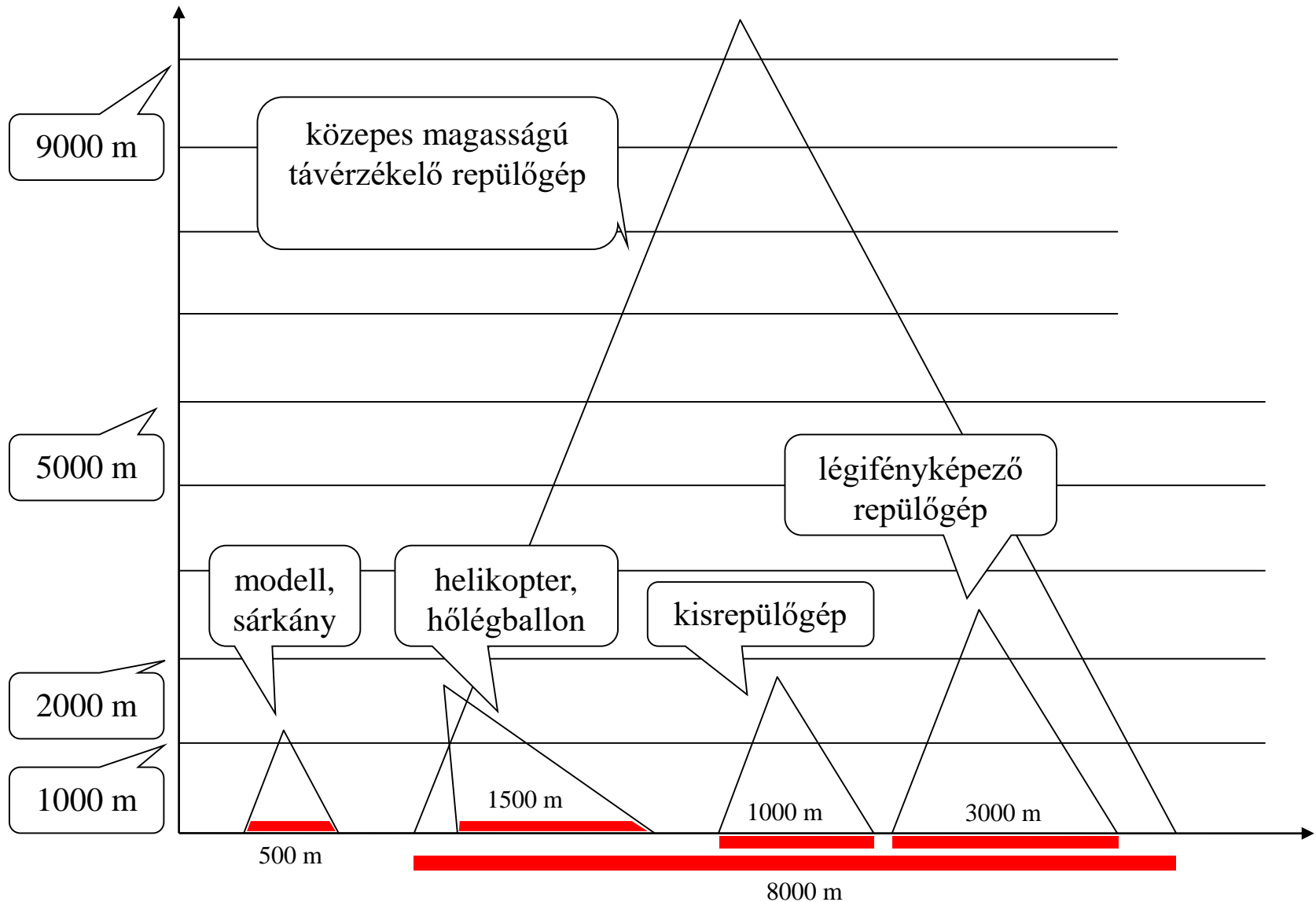
## Keringési pályák jellemzői

# Szenzorok hordozóeszközei (platform)

- Jármű vagy hordozó
- Űreszköz:
  - Föld körül keringő mesterséges égitest
  - műhold vagy mesterséges holdak
- Légi: repülő, távirányított, vezető nélküli repülő, ballon
- Létrás kocsi, stb.



# A LÉGI HORDOZÓESZKÖZÖK FELVÉTEL-KÉSZÍTÉSI PARAMÉTEREI 1.



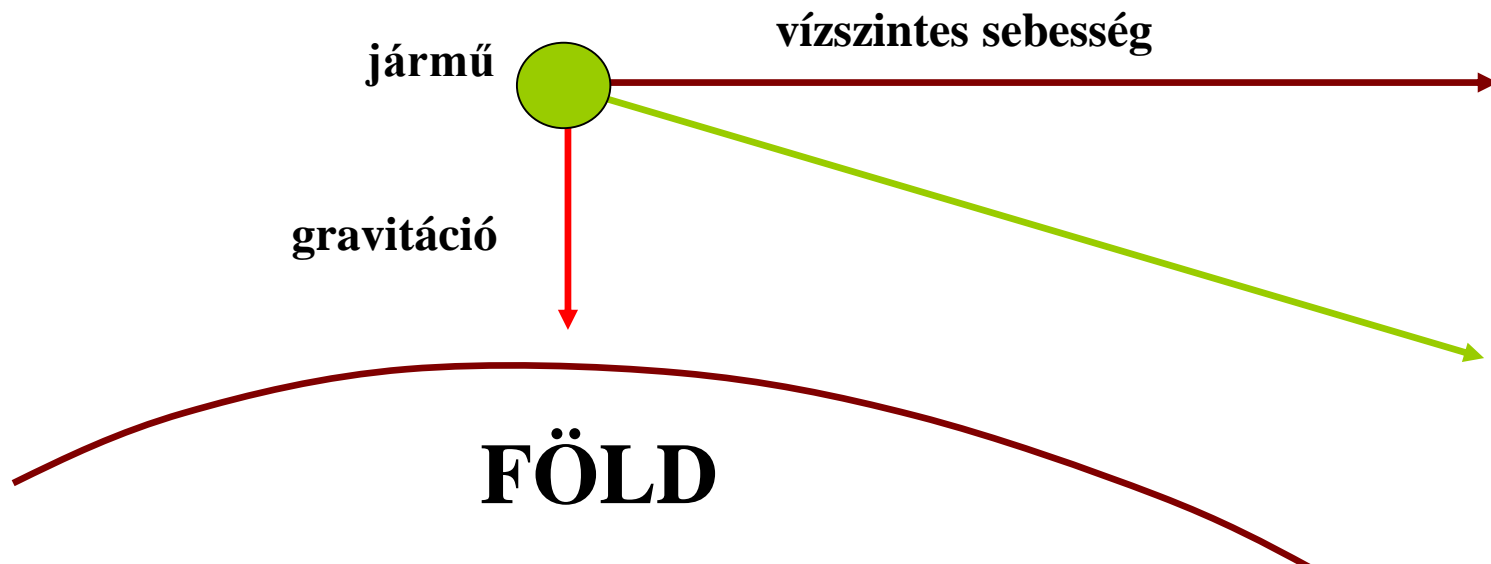
# Műholdak típusai

- **Csillagászati műholdak:** csillagászati méréseket végző műholdak.
- **Távközlési műholdak:** rádió és mikrohullámú kommunikációs, geostacionárius pálya
- **Földfigyelő műholdak:** a Földet figyelik a világűrben, környezeti, térképezési vagy meteorológiai céllal.
- **Navigációs műholdak:** GPS
- **Felderítő műholdak:** katonai vagy kémkedési célokat szolgáló földfigyelő műholdak
- **Meteorológiai műholdak:** a földi időjárást és/vagy éghajlatot figyelő
- **Bioműholdak:** élőlény kísérletek
- **Geodéziai műhold:** Föld geodéziai, geofizikai paramétereinek meghatározása
- **Nemzetközi űrállomás:** 2000 óta állandó emberi jelenlét az űrben



# Műholdas pályák

- Repülőgép működési elve: levegő közegben kialakuló *(aero)dinamikus* felhajtóerő (függ sebességtől) – gravitációs erő
- Keringő műholdak működési elve (*asztrodinamika*): légkör hiányában centrifugális - centripetális (gravitációs ) erők kiegyenlítődése tartja körpályán a járművet (súlytalanság)



# Keringési sebessége

- Newtoni általános tömegvonzás törvénye szerint
- Körpályán keringő műholdak sebessége (**v**)  
állandó :
  - egyenesen arányos a két test tömegével (Föld és műhold tömege)
  - fordítottan arányos a köztük lévő távolság (műhold - Földközéppont távolsága)

$$v \text{ [m/s]} = (G * M / r)^{1/2}$$

**G** : gravitációs állandó ( $6.6726 * 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{kg}^2$ )

**M** : két test, műhold - Föld össztömege (Föld tömege  $5.972 * 10^{24} \text{ kg}$ )

**r**: pálya sugara Föld középpontjából számolva

# Keringési sebesség

- Műhold földközelpénben gyorsabban mozog
- Földtávolban lassabban mozog
- Amikor magas pályáról alacsonyabbra esik, nő a sebessége, *gyorsul*
- Amikor alacsony pályáról magasabbra emelkedik csökken a sebessége, *lassul*





# Keringési idő (periódus)

Egy műhold **körpályájú** keringési ideje (**P**) arányos a pálya sugarával, fordítottan arányos műhold sebességével:

$$P [s] = 2 * \pi * r / v$$

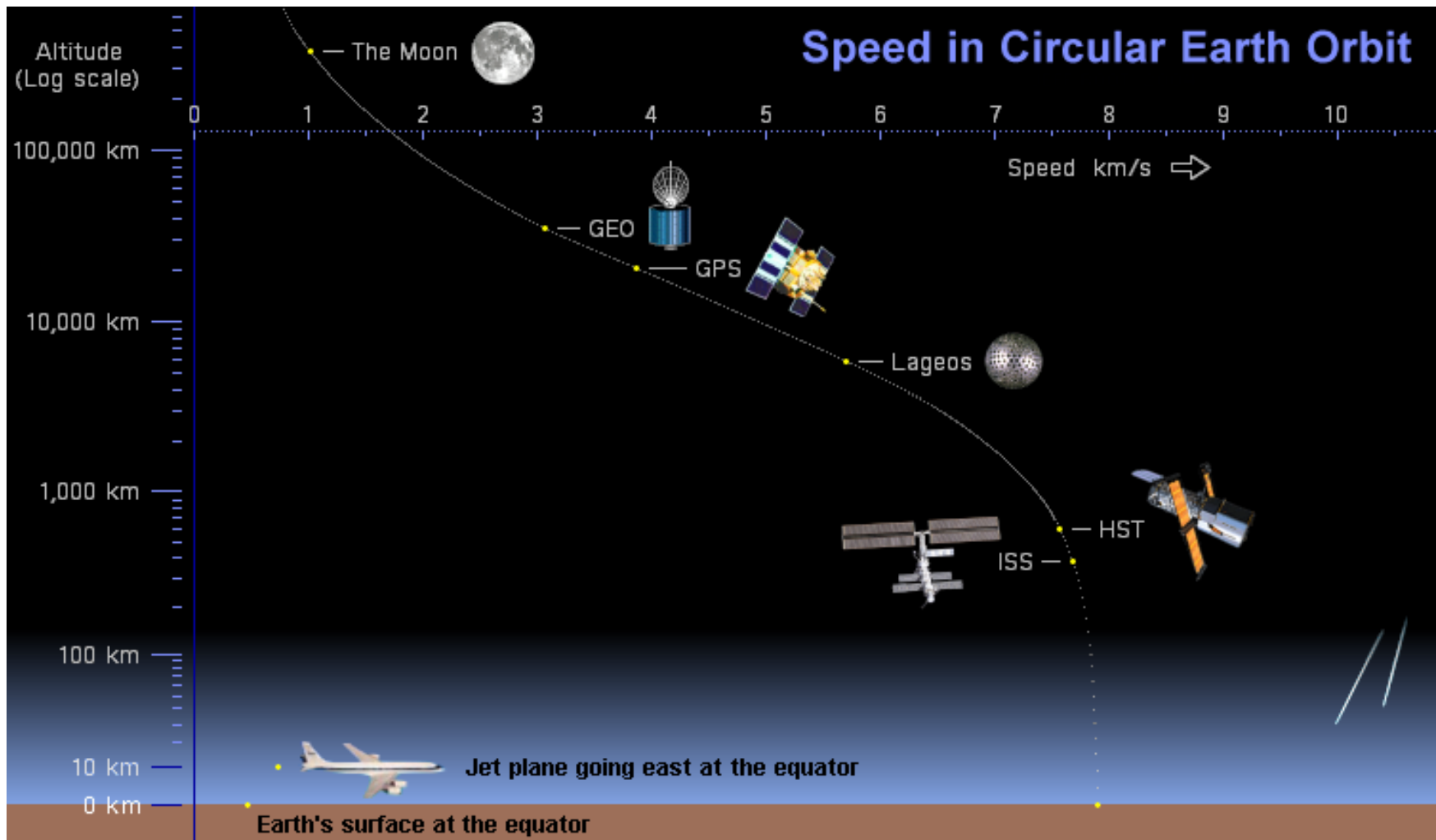
**v** : körpályán keringő műholdak sebessége

**r** : pálya sugara Föld középpontjából számolva

# Pálya sebesség – periódus összefüggése

	Altitude	r	Speed	Poroide	
<b>GEO</b>	35,800 km	42,170 km	3.07 km/s	1	day
<b>Navstar</b>	20,200 km	26,570 km	3.87 km/s	12	hours
	10,000 km	16,370 km	4.93 km/s	5.8	hours
<b>Lageos</b>	5,900 km	12,270 km	5.70 km/s	3.8	hours
	2,000 km	8,370 km	6.90 km/s	2.1	hours
	1,000 km	7,370 km	7.35 km/s	105	minutes
<b>Hubble</b>	600 km	6,970 km	7.56 km/s	97	minutes
	100 km	6,470 km	7.84 km/s	87	minutes

# Műhold pályák



# Keringési sebesség ekliptikus pályán

- Newtoni mozgásegyenletek pályája egy kúpszelet szerint történik
- Kepler törvények ellipszis pályát írnak le
- Keringési sebessége földközelpontban gyorsabb mint földtávolban

Kepler 3. törvénye szerint keringési idő:

$$P = 2 * \pi * (r^3 / G * M)^{1/2}$$

$r$  : pálya - Föld középpontjától mért közepes távolsága

# Pálya magasság



Térbeli felbontás



**instantaneous field of view (IFOV)**

Features	Landsat1,2,3	Landsat 4,5	SPOT	IRS-IA	IRS-IC
Natre	Sun Sys	Sun Sys	Sun Sys	Sun Sys	Sun Sys
Altitude (km)	919	705	832	904	817
Orbital period (minutes)	103.3	99	101	103.2	101.35
inclination (degrees)	99	98.2	98.7	99	98.69
Temporal resolution (days)	18	16	26	22	24
Revolutions	251	233	369	307	341
Equatorial crossing (AM)	09.30	09.30	10.30	10.00	10.30
Sensors	RBV,MSS	MSS,TM	HRV	LISS-I,LISS-II	LISS-III,PAN,WIFS

# Az űrrepülés fázisai: felbocsátás

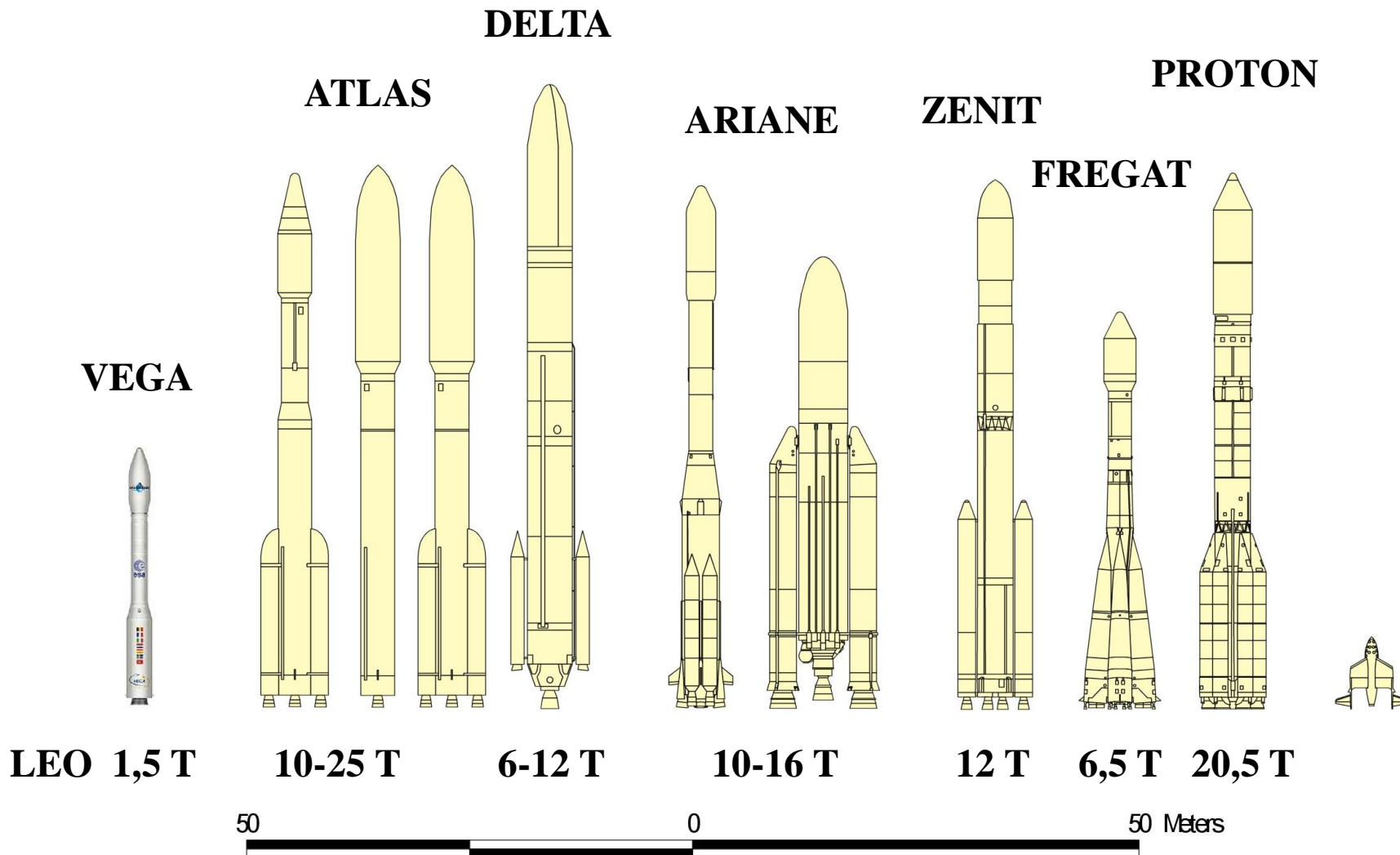
- Felbocsátás űrrepülőtéren történik hordozórakéták segítségével
- A világűr elérése: 100 km-es magasságú pálya
- A Földről való felbocsátás után az űreszköz a bolygó körül keringési pályára áll
- Világűrben a test mozgása:
  - égi mechanika
  - űreszköz hajtóművének alkalmazása
- Célszerűen az Egyenlítőhöz minél közelebb

Vega 1 kilövés (Masat-1, BME fejlesztés)

<https://www.youtube.com/watch?v=V4oyByYPIEg&nohtml5=Fa>

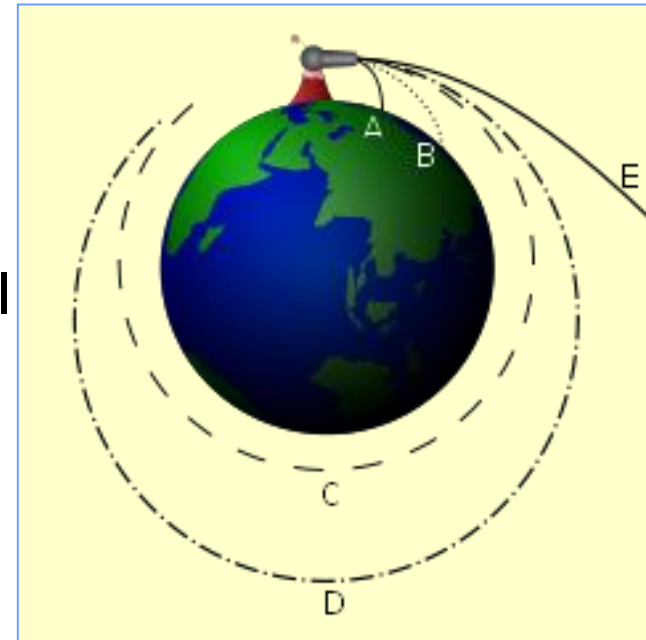


# A JELENLEG RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ HORDOZÓRAKÉTÁK



# Az első kozmikus sebesség (körsebesség)

- legkisebb sebesség, hogy az űreszköz egy égitest körüli körpályára álljon (**C pálya**)
- kisebb sebességgel haladó tárgy nem kerüli meg az égitestet, hanem visszaesik a felszínére (**A,B pálya**)
- közvetlenül az égitest felszíne fölött halad (**C pálya**)
- ennél gyorsabban haladó űrjármű a Föld körül valamilyen, a körpályánál nagyobb méretű és összenergiájú ellipszispályán fog repülni, (**D pálya**) centrifugális és gravitációs erők egyensúlya
- kezdősebesség elér egy újabb határértéket (a második kozmikus sebességet), akkor a lövedék sosem tér vissza (**E pálya**)





# Körsebesség számítása

Körsebesség: centrifugális és gravitációs erők egyensúlya

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = \sqrt{\frac{2\mu}{r}} = \sqrt{2gr}$$

M – az égitest tömege

r – az égitest sugara

G – a gravitációs állandó

g - az adott magasságban érvényes nehézségi gyorsulás

*sebesség független a pályára állított test (műhold) tömegétől*

**Földön az első kozmikus sebesség 7,91 km/s**

űrhajók indításakor a folyamatos gyorsítási szakasz, ezért terheli az űrhajósokat csak néhány g gyorsulás

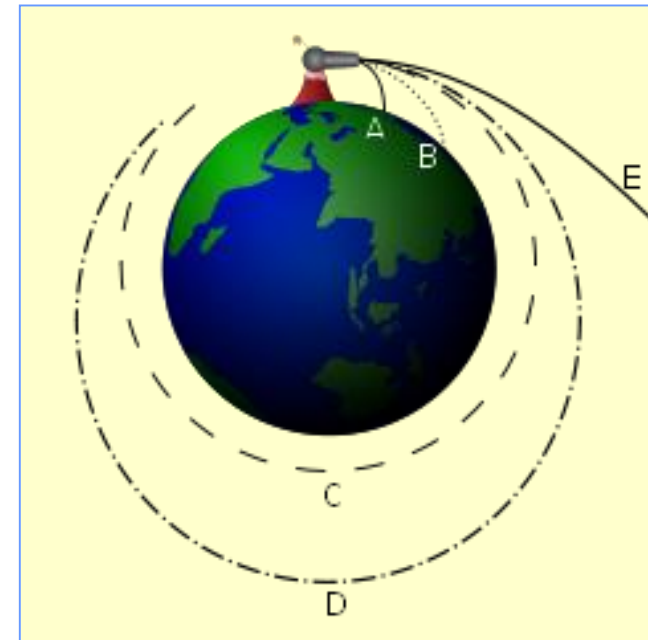
# Föld forgási sebessége



- segítségünkre van a pályára állításkor, ez pedig a Föld forgása
- Forgástengelytől távolodva nő a forgási sebesség
- Egyenlítőhöz a lehető legközelebb rakétakilövő állomás
- Kilövés keleti irányba:
  - Föld forgási sebesség Egyenlítőn: 465 m/s
  - Pályára állítási sebesség 6%-a

# Az második kozmikus sebesség (szökési sebesség)

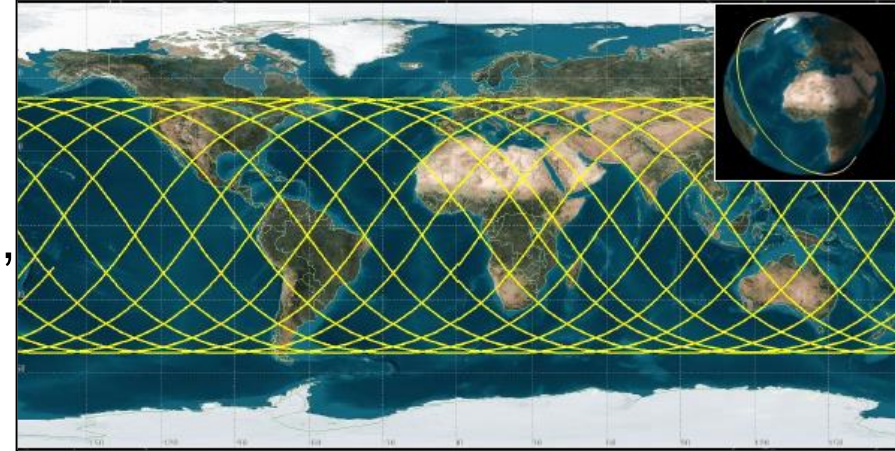
- kezdősebesség elér egy újabb határértéket (a második kozmikus sebességet), akkor a lövedék sosem tér vissza (**E pálya**)
- szökési sebesség égitestről indulva az űreszköz parabolapályára áll.
- A parabola pálya a legkisebb energiájú elszakadási pálya
- központi égitest gravitációs vonzásából, és folyamatosan távolodik (csak végtelenben lesz  $G$  nulla)
- **Földön a második kozmikus sebesség 11,19 km/s**
- 1959, első megszökött műhold: szovjet Luna-1



# Pálya típusok magasság szerint

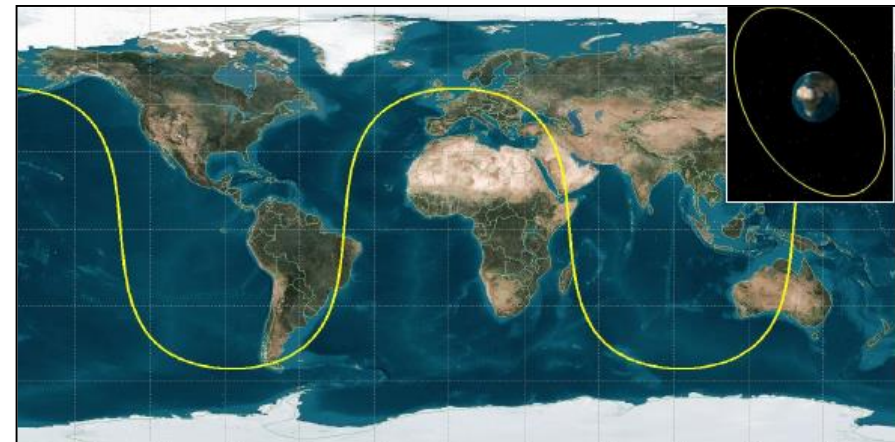
- **Alacsony földkörüli pálya (LEO- Low Earth Orbit)**

- Magasság: 300 - 1 500 km
- Pályasík: 1. Nem poláris 2. Poláris, napszinkron 3. Poláris nem napszinkron
- Példa: Földmegfigyelő műholdak (Landsat, IKONOS, ISS)



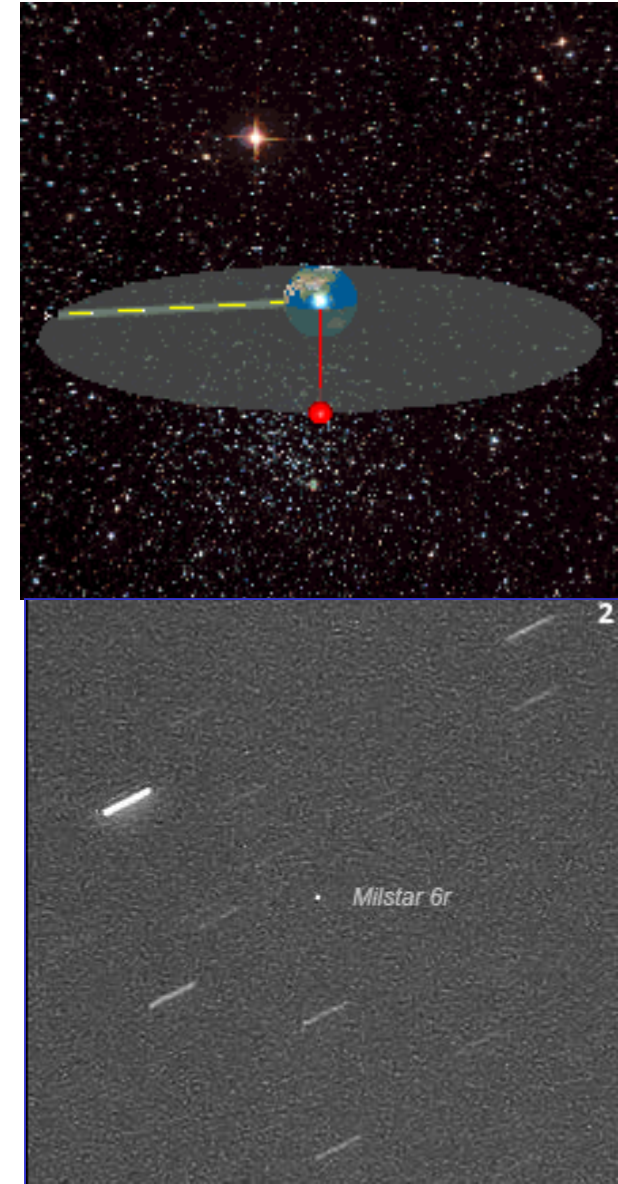
- **Közepes földkörüli pálya (MEO) magasságú pályák**

- Magasság: 2 000 -36 000 km
- Típusai: Navigációs, Kommunikációs, Geodéziai műholdak
- Példa: Galileo, Glonass, GPS

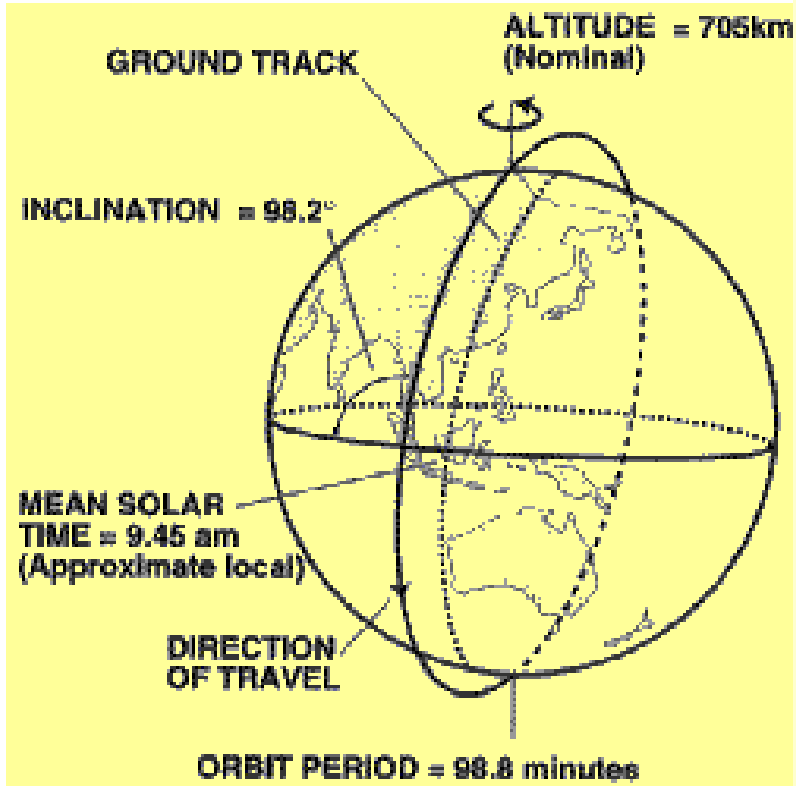


# Geostacionárius pálya

- Föld forgási periódusa - keringési idő azonos
- Keringési ideje (23 óra, 56 perc, 4,1 másodperc)
- pálya Egyenlítő síkjában van
- Föld bármely pontjáról mindig azonos helyen, látszólag mozdulatlanak
- magassága 35 786 km
- Példa: meteorológiai, kommunikációs műholdak

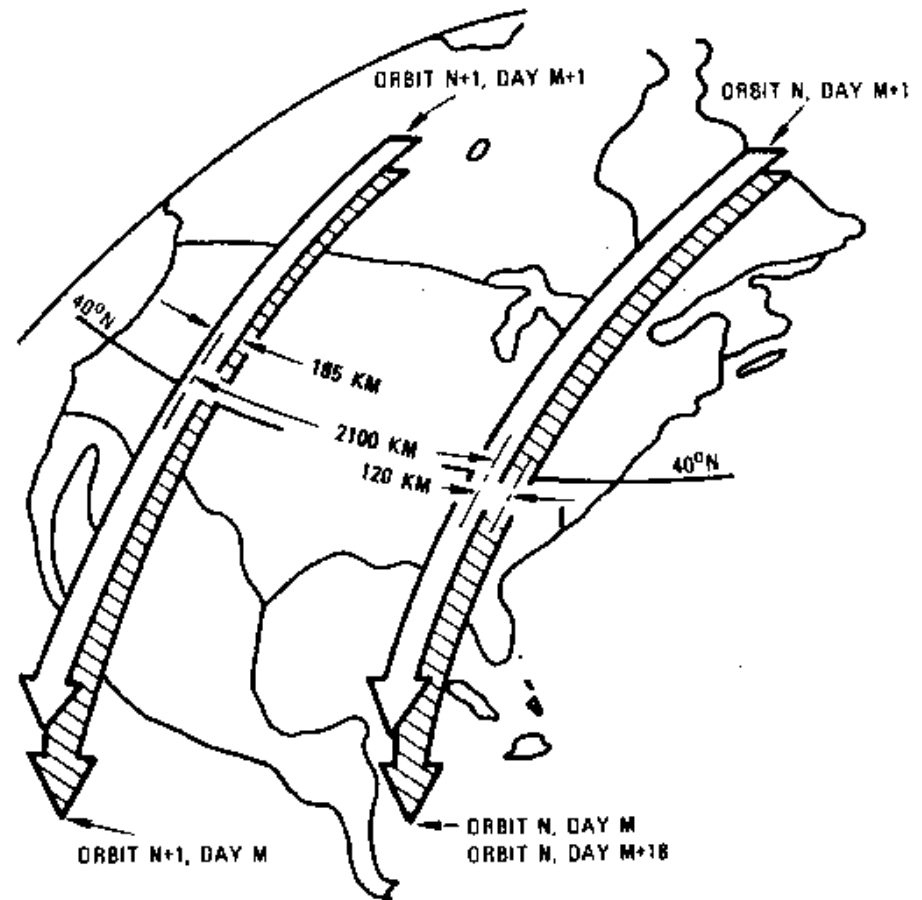
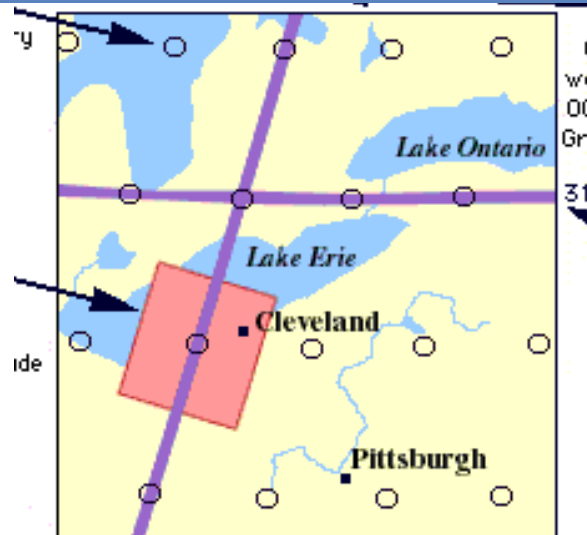
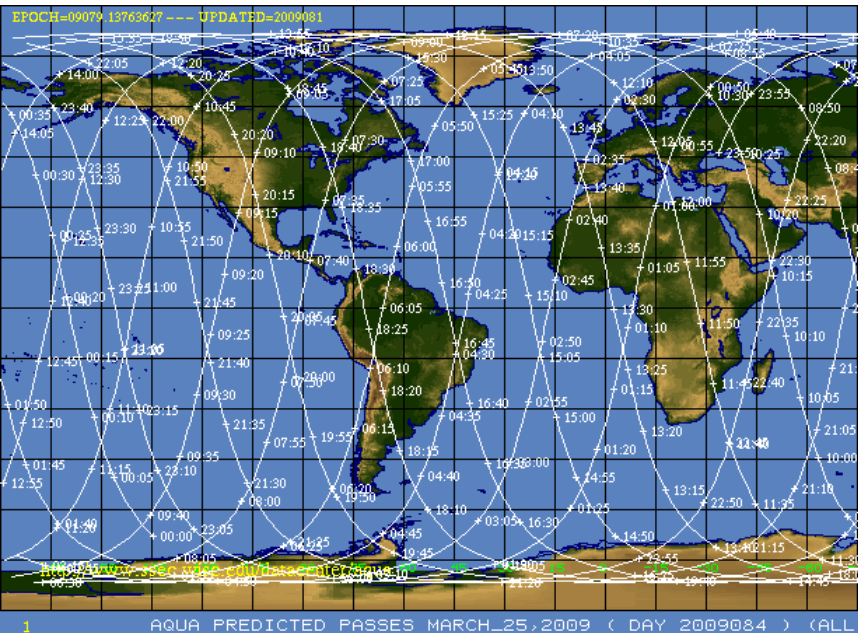


# Landsat pályája



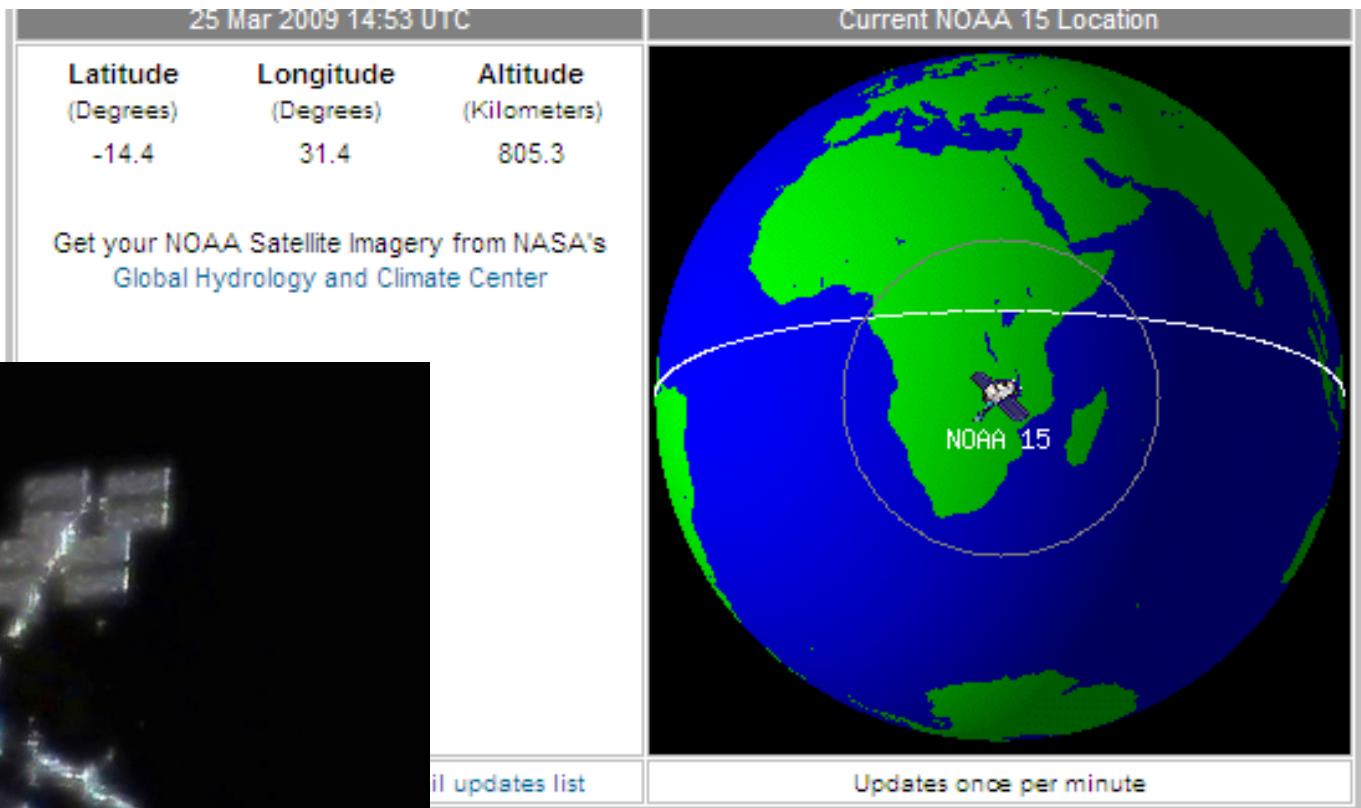
- körpálya
- napszinkron
- Közel poláris
- Magassága 705 km
- Egyenlítőt északról – délre lépi át a leszálló (nappali) pályán, délelőtt 10:00 és 10:15 óra között.
- Sebessége 7.5 km/sec
- Keringési ideje 99 perc
- 16 nap alatt repüli be a teljes földfelszínt
- Déli-, és északi szélesség 81° között

# Pálya által lefedett terület (footprint)



# Műhold pályák élőben

<http://www.n2yo.com/?s=39084> Landsat 8



ISS Dec 27, 2008



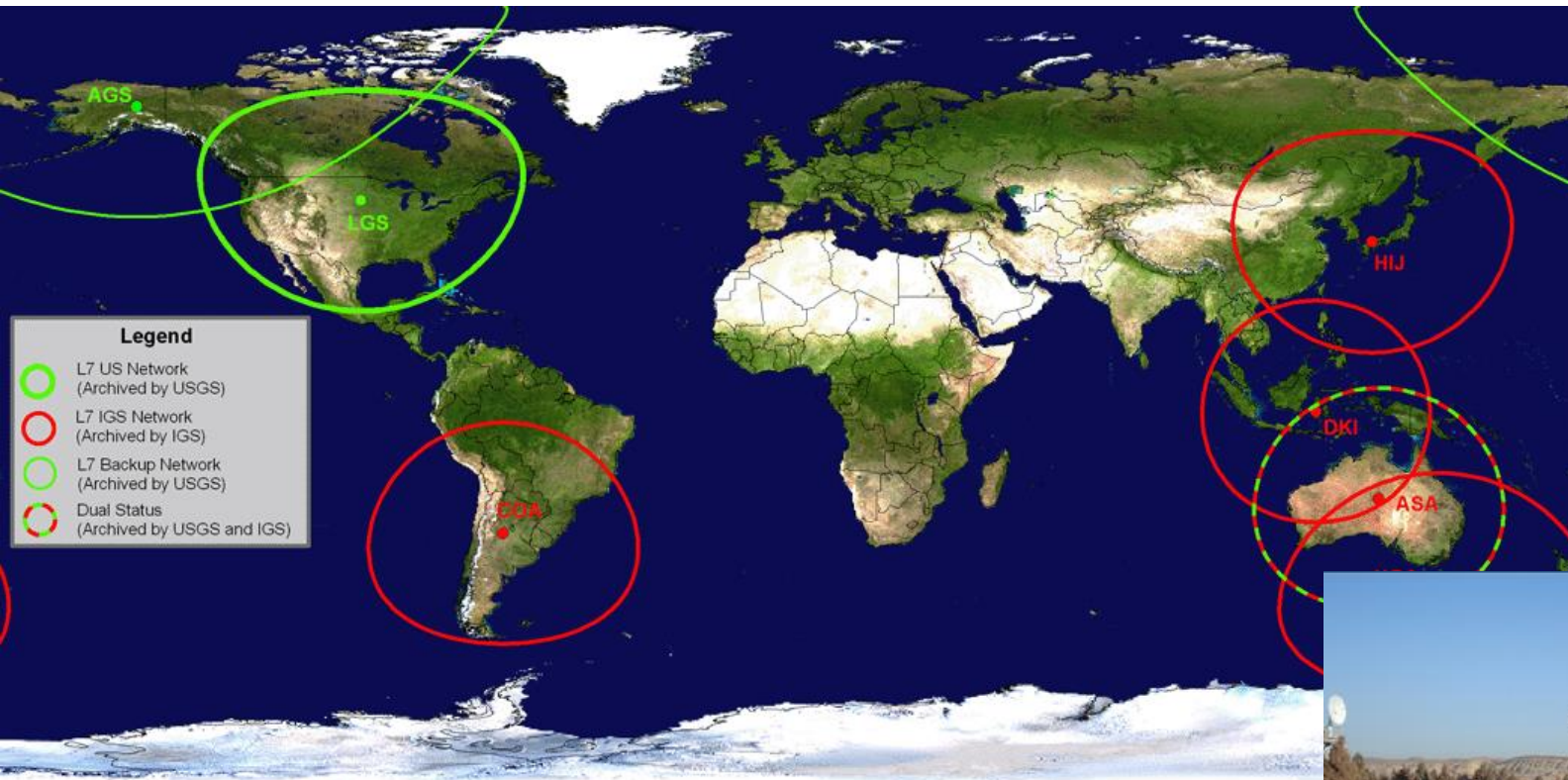
ISS földi teleszkóppal fényképezve

R.Vandebergh



# Földi vevőállomások

Landsat adatok állomás hálózata: adatátvitel



# Legközelebbi földi vevőállomás

- ELTE- Környezetfizikai Tszcsop.
- 2002 óta
- HRPT (High Resolution Picture Transmission) vevő állomás
- koordinátái:  $47,475^{\circ}\text{É}$ ,  $19,062^{\circ}\text{K}$
- NOAA műholdcsalád
- kínai FengYun-1d,
- NASA Aqua és Terra műholdak



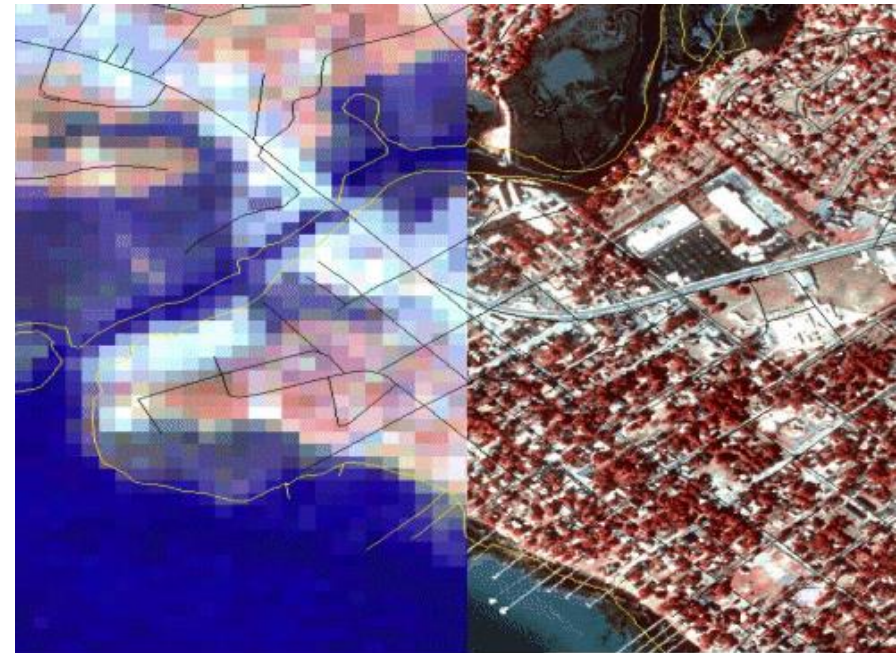
# Műholdas szenzorok Multispektrális érzékelők

# Felbontás

- geometriai
- radiometriai
- spektrális
- temporális

# Geometriai felbontás

- **Térbeli felbontás**
  - Egy pixel által lefedett felszín tényleges mérete
  - 10s cm (??) - 100s km
  - befolyásolja:
    - Keringési magasság (across track),
    - Keringési sebesség (along track)
  - látószög



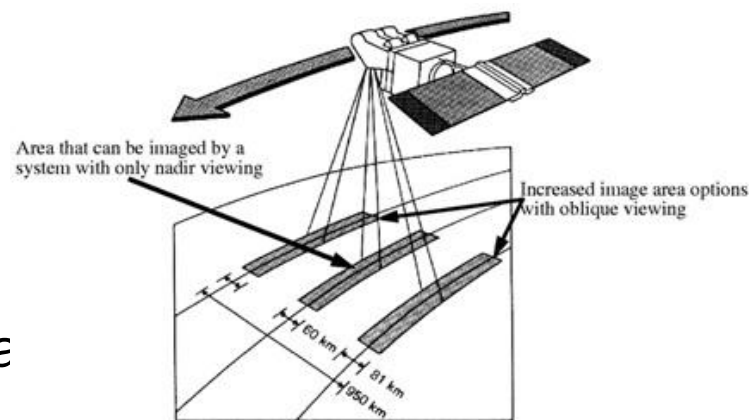
Satellite Image  
(30 meter spatial resolution)

Aerial Photograph  
(1 meter spatial resolution)

# Térbeli felbontás

## • Időbeli felbontás

- Percek - napok
- **Visszatérés egy adott felszíni pont felé**
- befolyásolja
  - Földrajzi szélesség
  - Szenzor látószöge, mozgathatósága
  - Keringési pálya (beesési szög, magasság)
  - Felhőzet borítottság (optikai szenzoroknál)
- Például.:
  - NOAA (AVHRR), 12 hrs, 1km (1978+)
  - MODIS Terra/Aqua, 1-2days, 250m++
  - Landsat TM, 16 days, 30 m (1972+)
  - SPOT, 26(...) days, 10-20 m (1986+)



Increased Opportunities for Collection, Stereo, DEM Generation

Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
		✗	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	✗	+	+
+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+		

✗ Revisit dates for Landsat 5

+ Potential revisit dates for the new systems exploiting oblique viewing and multiple satellites to provide daily (or more) coverage

# Radiometriai felbontás

- Intenzitás értékek digitális tárolása során elérhető *árnyalatszám, színmélység*
- mértékegység: puszta szám vagy bpp (bit per pixel)

bitek száma $n$	árnyalatok száma $2^n$
1	2
4	16
5	32
6	64
8	256
12	4096
16	65536
64	$1.8 \cdot 10^{19}$

Példa: 8-bit mélységű digitális számok árnyalatszám 0 – 255

Példa: 16-bit mélységű digitális számok árnyalatszám 0 - 65535

# Spektrális felbontás

- sávok száma (csatornák száma)
- monokróm – színes – multispektrális – hiperspektrális – ultraspektrális
- radiometriai és spektrális felbontás:  
 $8+8+8 \text{ bit} = 24 \text{ bit}$



<i>Platform</i>	<i>Sensor</i>	<i>Spectral resolution</i>	<i>Number of bands</i>	<i>Spatial resolution</i>	<i>Swath width</i>	<i>Revisit cycle</i>	<i>Revisit capability</i>
QuickBird	<i>QBP</i>	PAN	1	1 m	22 km		1-4 days
QuickBird	<i>QBM</i>	VIS,NR	4	4 m	22 km		1-4 days
IRS 1-C							
IRS 1-D	<i>PAN</i>	PAN	1	5.8 m	70.5 km	24 days	5 days
SPOT 4	<i>HRV-P</i>	PAN	1	10 m	60 km	26 days	24 days
Landsat 7	<i>PAN</i>	PAN	1	15 m	185 km	16 days	
		VIS,NR	3	15 m			
Terra (EOS-AM1)	<i>ASTER</i>	SMS	6	30 m			
		TIR	5	90 m	60 km	16 days	4 days
		VIS,NR	4	18 m	92 km		
		PAN	3	6 m	44 km		
MR	<i>MODIS-02</i>	PAN(Stereo)	2	18 m	192 km	14 days	
		VIS, NR	3				
SPOT 4	<i>HRV-XI</i>	SMR	1	20 m	60 km	26 days	24 days
IRS 1-C		VIS, NR	3	23.5 m	142 km		
IRS 1-D	<i>LISS-III</i>	SMR	1	70.8 m	148 km	24 days	5 days
		VIS, NR	4	30 m			
		SMR	2	30 m			
Landsat 7	<i>ETM+</i>	TIR	1	120 m	185 km	16 days	
Terra (EOS-AM1)	<i>MODIS</i>	VIS,NR					
		SMR, TIR	36	250-1000 m	2330 km	twice a days	
				300 m			
MERIS	<i>ENVISAT</i>	VIS,NR	15	(1200 m)	1150 km	3 days	
NOAA- POES		VIS,NR	2				
		MMR	1				
9-14	<i>AVHRR</i>	MV	2	1100 m	2400 km	12 hours	
		VIS,NR	3				
SPOT 4	<i>VEGETATION</i>	SMR	1	1150 m	2200 km	26 days	1 days

# Érzékelők, szenzorok

## 1) látható / közel- / közepes infravörös

### – Passzív: optikai

- Nagy felbontású
  - IKONOS QUICKBird
- Közepes felbontású
  - Landsat, SPOT, IRS, ENVISAT
- Alacsony felbontású
  - NOAAH, MODIS
- Hiperspektrális szenzor
  - Hyperion

### – Aktív

- LIDAR - lézerszkenner
- időmérés (height)

## 2) Termális infravörös

- Landsat, ASTER

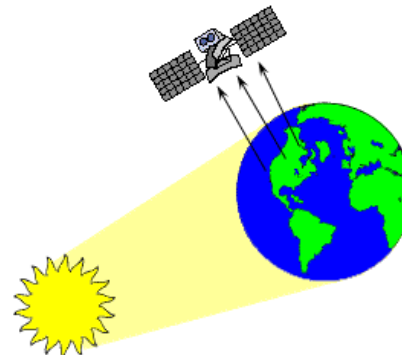
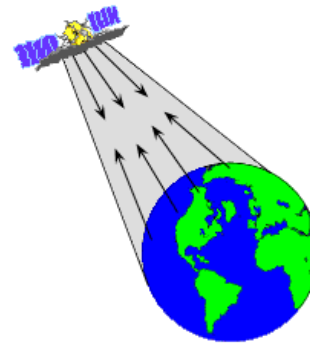
## 3) Mikrohullámú

### – Aktív

- RADARSAT, ERS, SRTM

### – Passzív

- AMSER-E, TRMM



# Távérzékelési módszerek

## Szenzor típusok

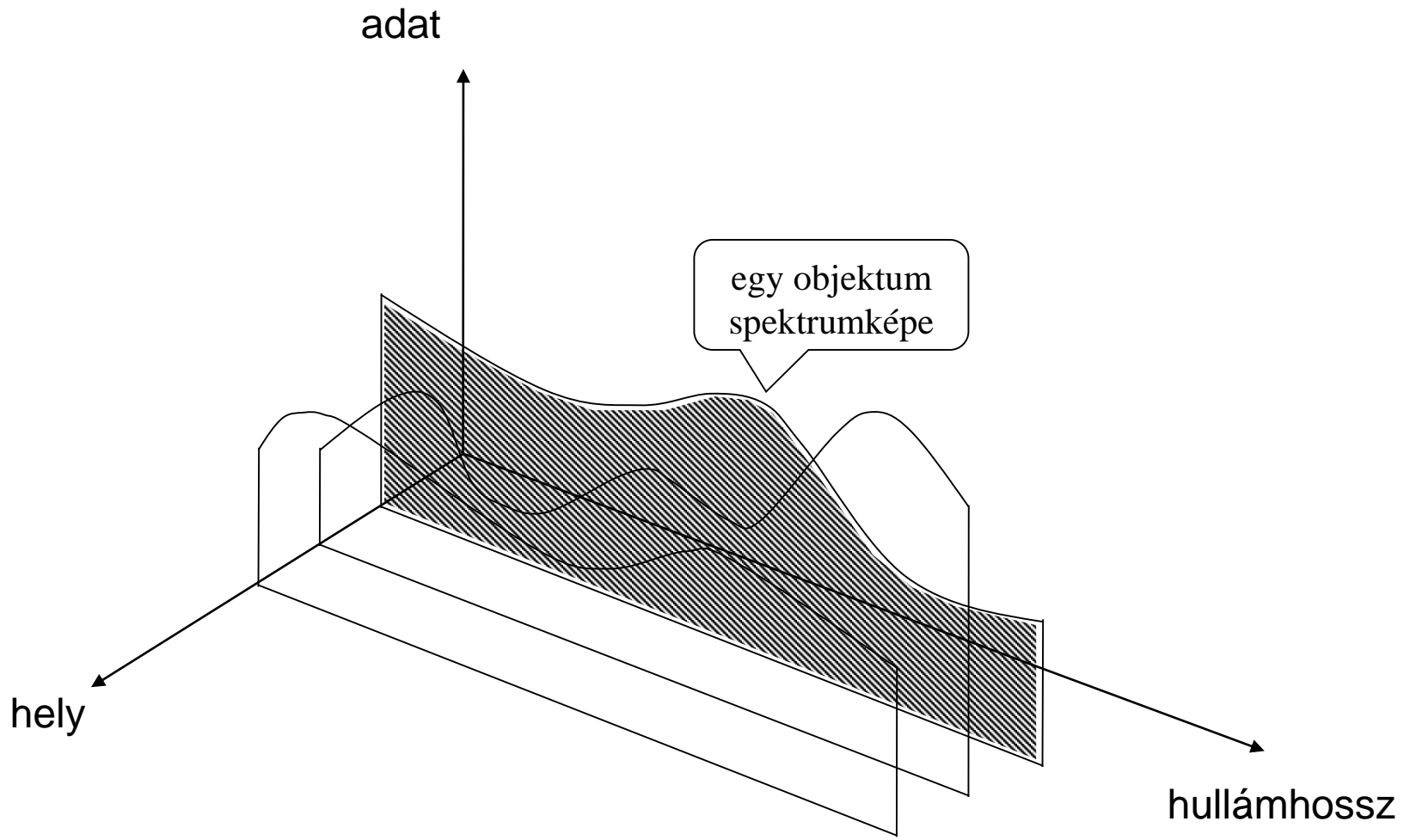


Átalakítás: Fényimpulzust elektromos jellé

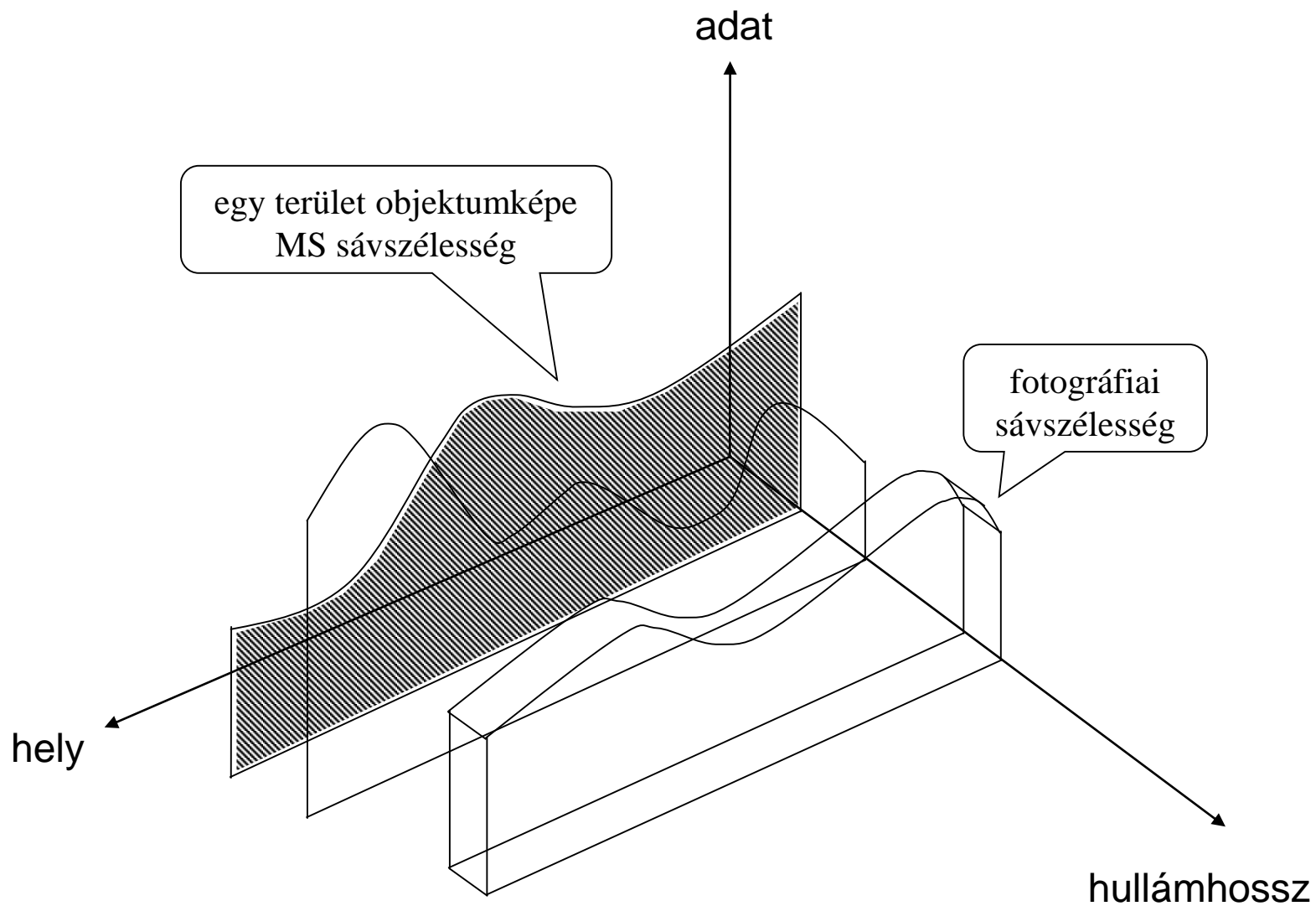
Látható- és infravörös elektromágneses sugárzás mérésének eszközei, módszerei:

- **Képalkotó radiométer**  
Sugárzásmérő, mely az elektromágneses sugárzás erősségét keskeny hullámhossz tartományban (sávokban) méri. Szkennelő kapacitása pixelsorok vagy 2-dimenziós tömbök létrehozására alkalmas
- **Spektrométer**  
Sugárzás intenzitás eloszlásának eloszlását méri, a spektrumot nagy (spektrális) felbontásban rögzíti. Klasszikus spektrométerek eszköze a prizma, mely különböző hullámhosszú sugárzásra bontja a fényt.

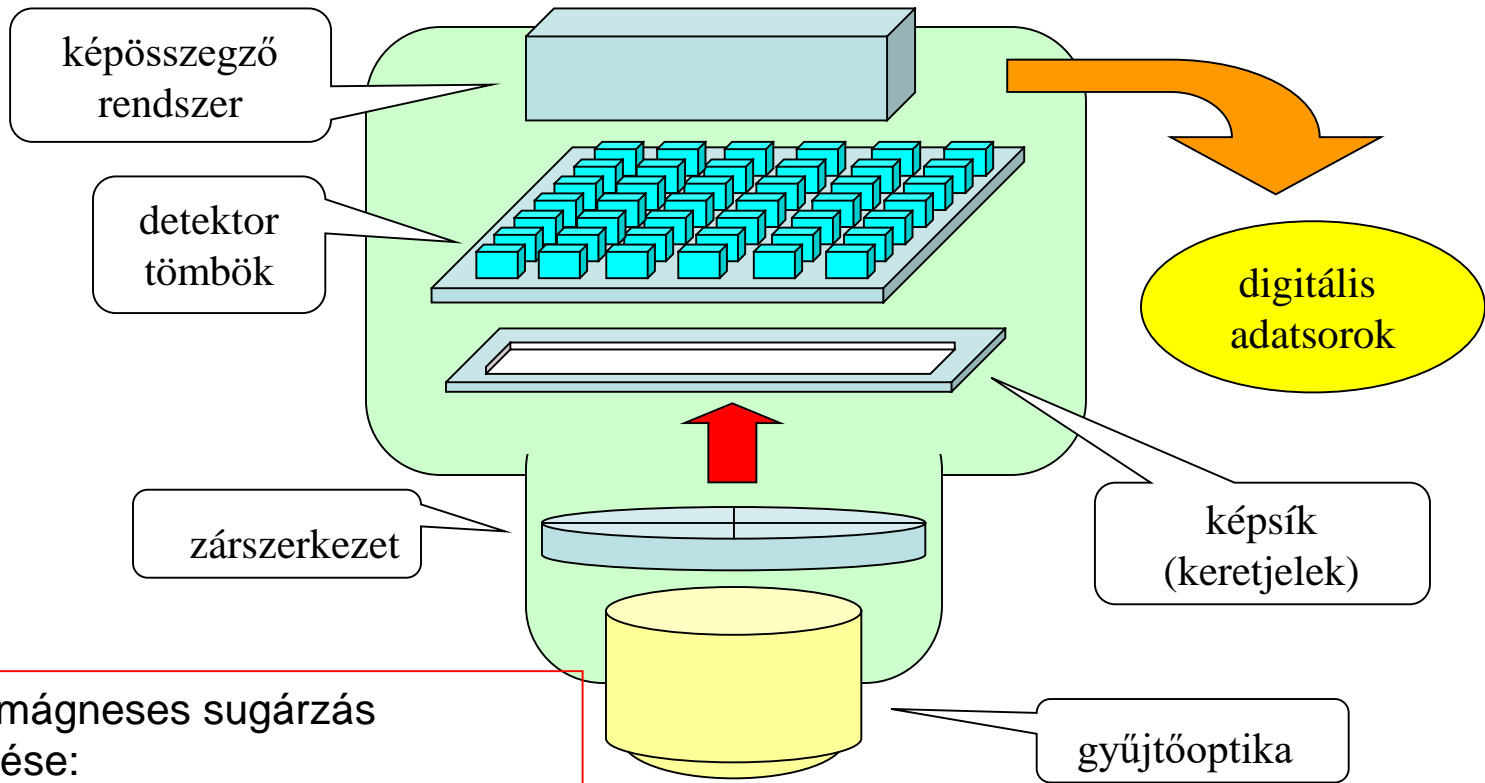
# Spektrométerek működési területe



# 31. ábra A RADIOMÉTEREK MŰKÖDÉSI TERÜLETE



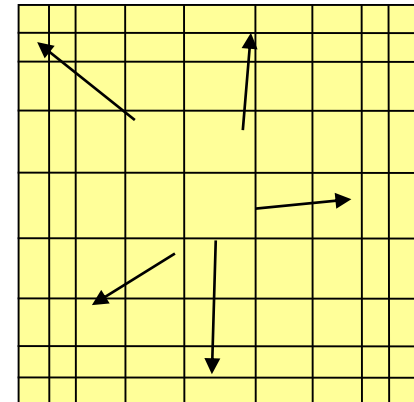
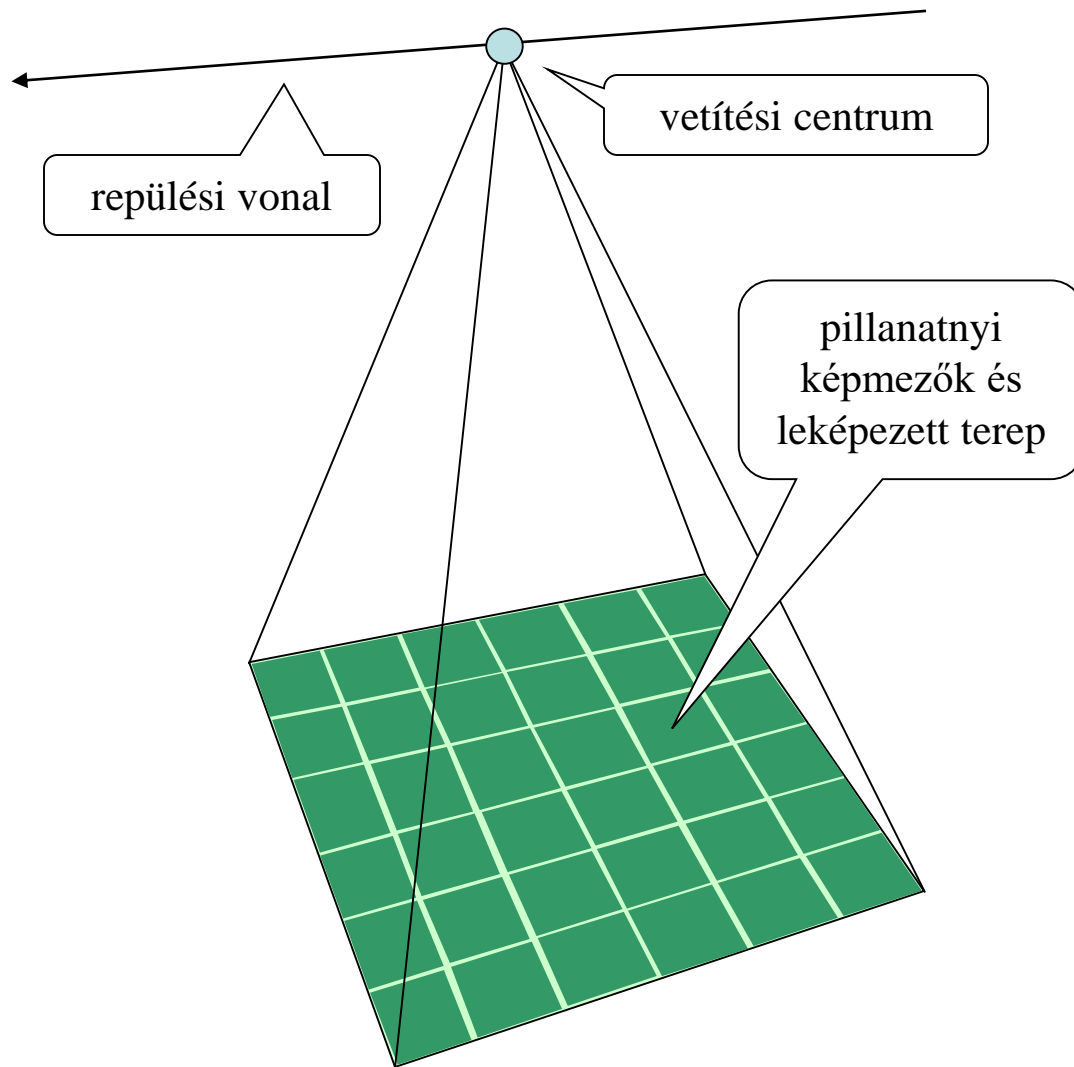
# Fotogrammetria: CCD-mátrix mérőkamarák



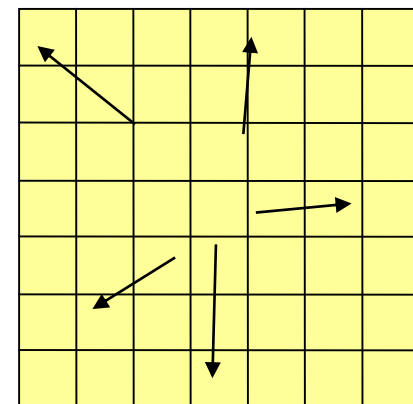
Elektromágneses sugárzás  
érzékelése:

- Fotografikus eljárás: fényérzékeny film kémiai reakcióval
- Elektronikus eljárás: digitális CCD (charge-coupled device) érzékelők
- Mátrix szerkezetű felvevő
- Felbontó képesség: diódák száma

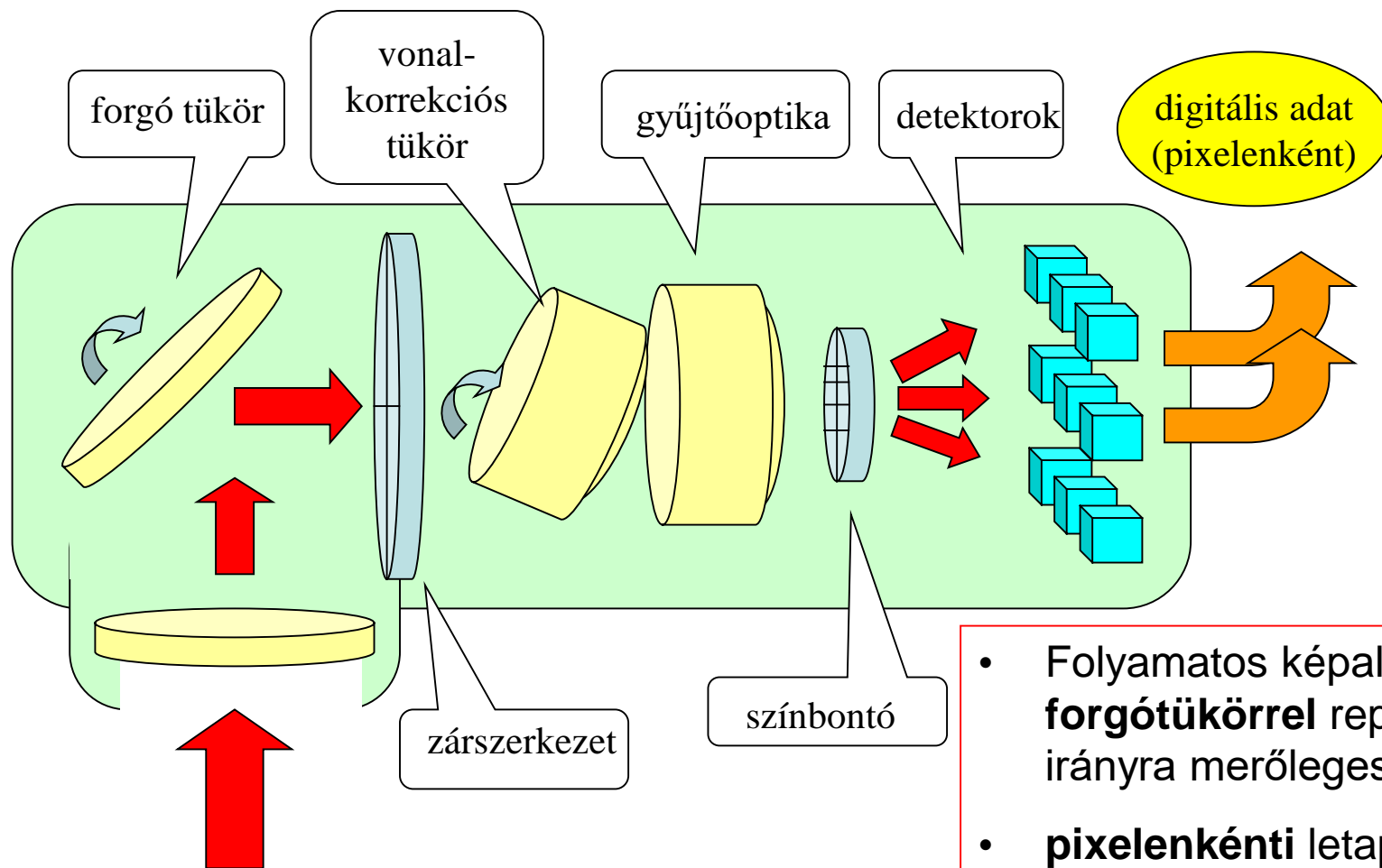
# Fotogrammetria: CCD-mátrix mérőkamarák



elméleti képsgeometria és a magassági torzulás irányai (a detektorszám függvényében)



# Pásztázó szkennerek (*wiskbroom scanner*)

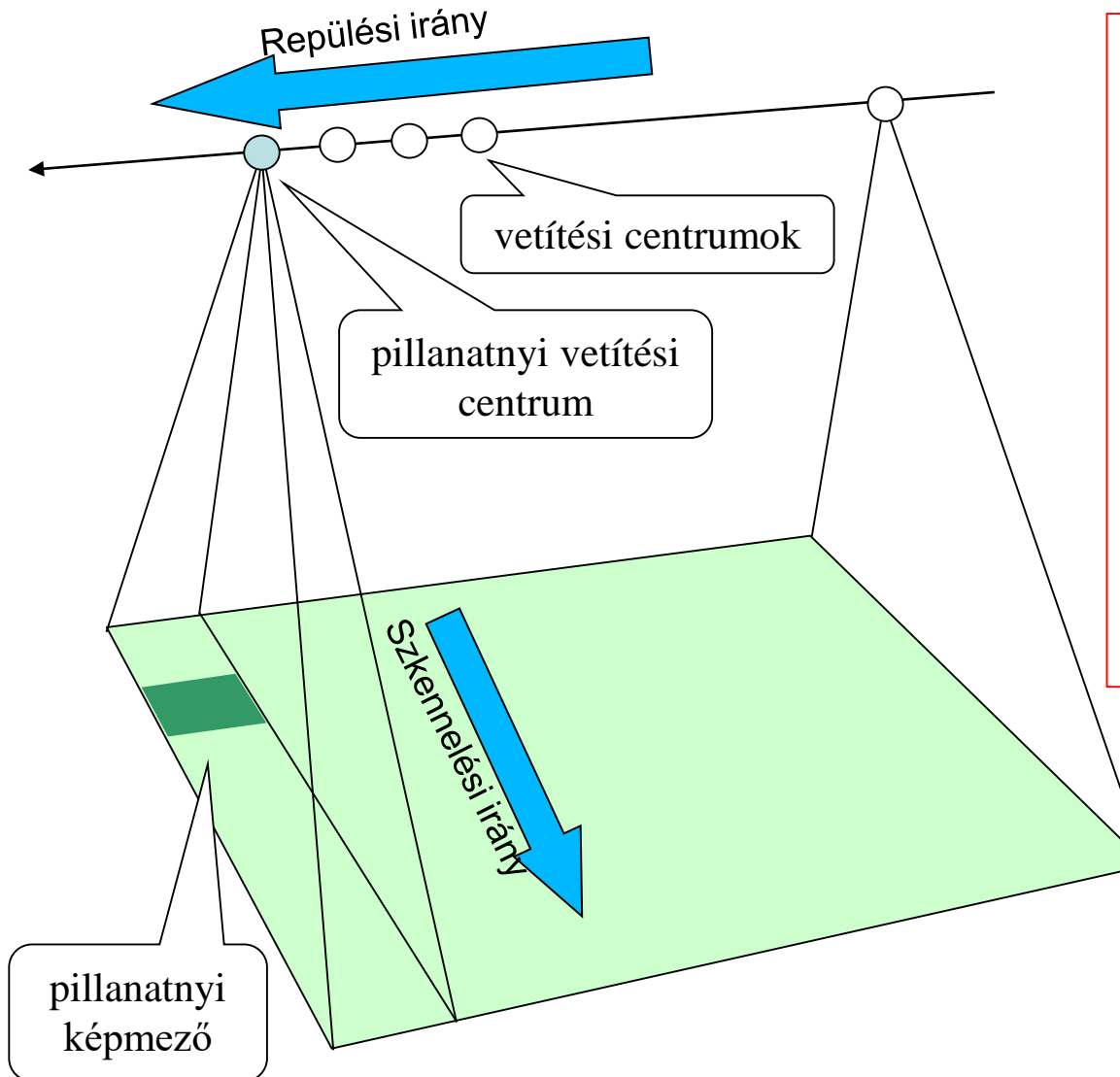


Szenzorok: Landsat MMS, TM, TM+

- Folyamatos képalkotás **forgótükörrel** repülési irányra merőlegesen
- **pixelenkénti** letapogatás
- optika – képszeletelő
- színbontó (pl. prizma), szűrő
- detektorok



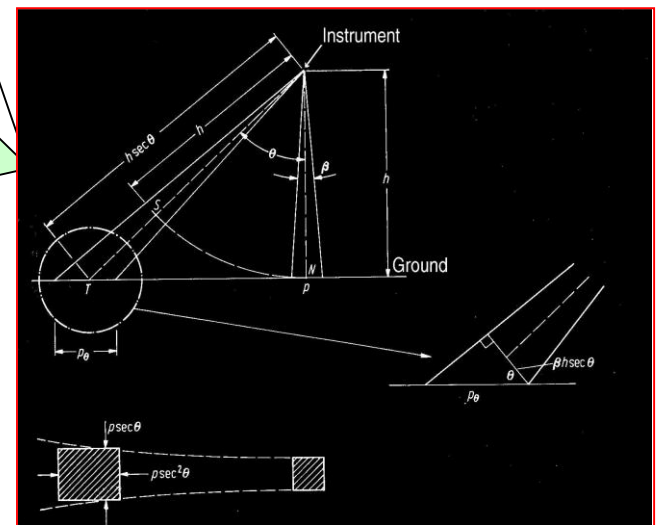
# Képkotás pásztázó szkennerek (*wiskbroom scanner*)



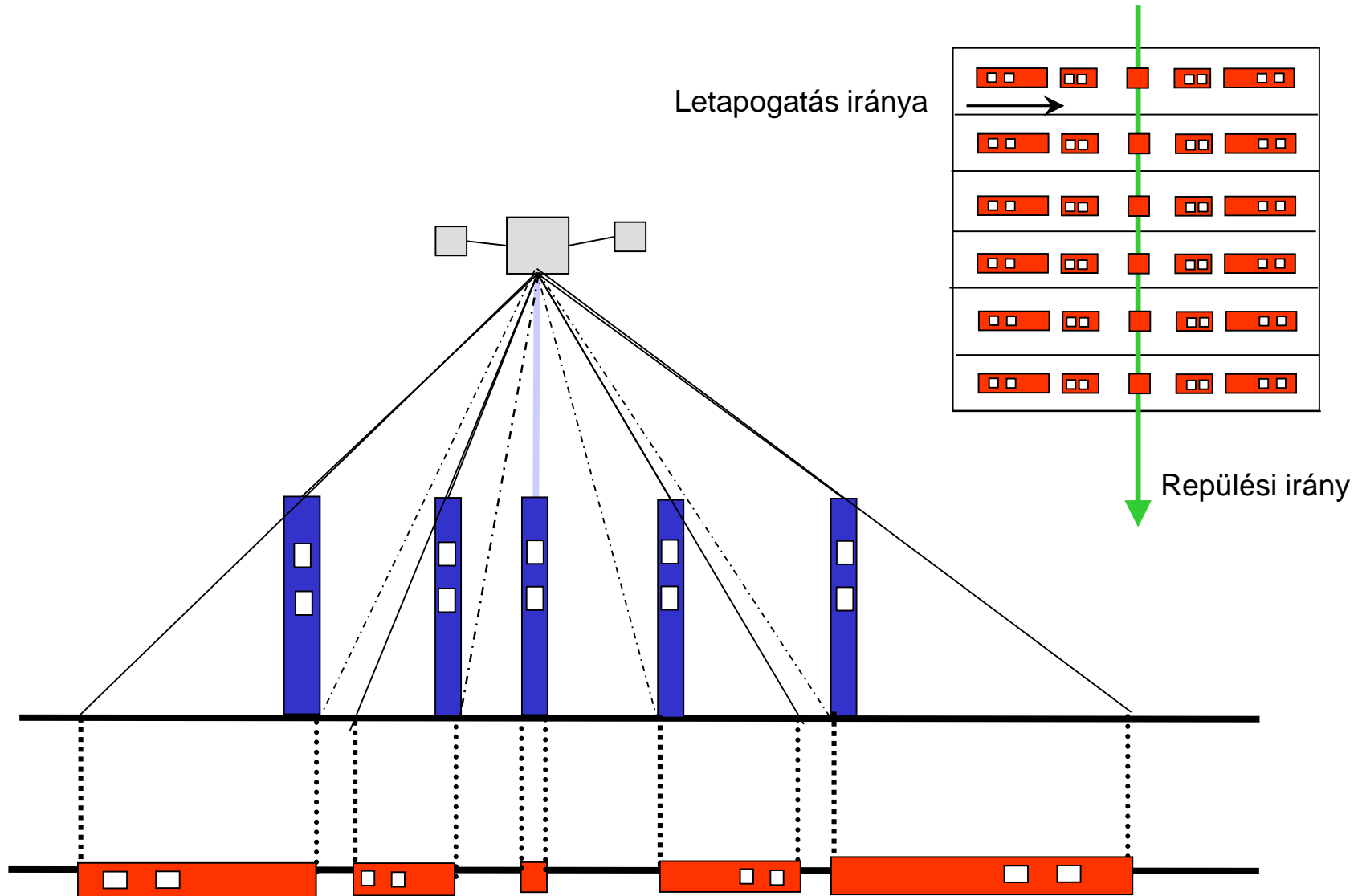
- Keresztirányú letapogató (across track scanner): platform mozgása – újabb terepsávok letapogatása

- Geometria:

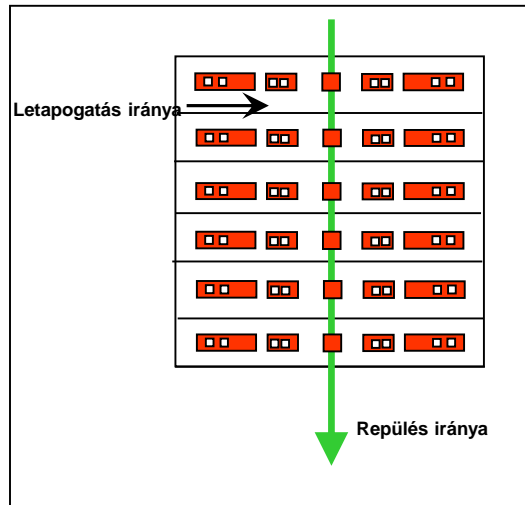
- panoramikus torzulás
- soronként centrális vetület



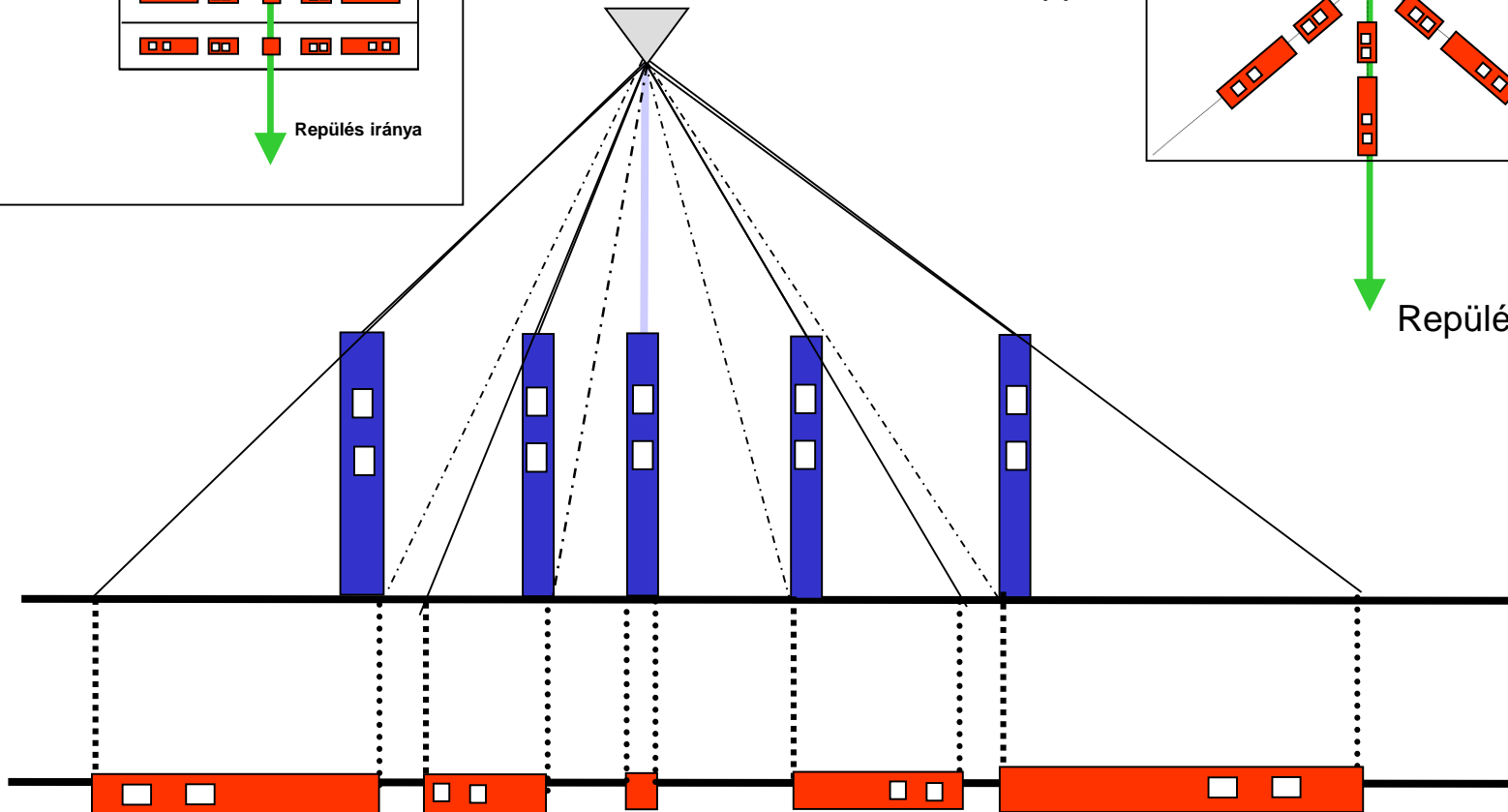
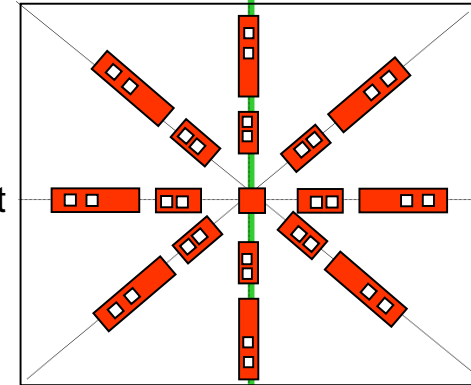
# Soronkénti centrális vetület : letapogató képalkotóknál



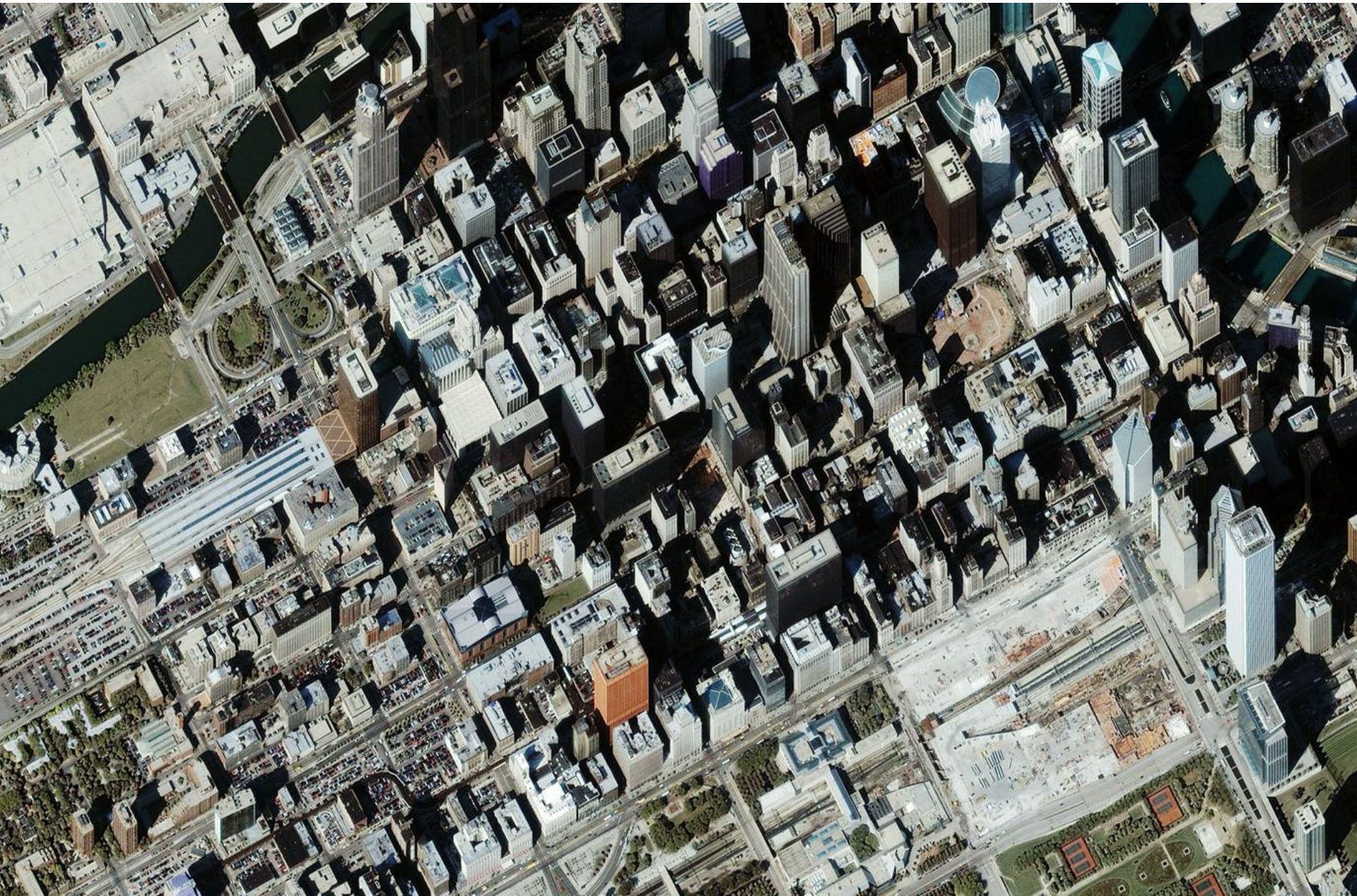
# Centrális vetület: légifényképen



Vetítési középpont

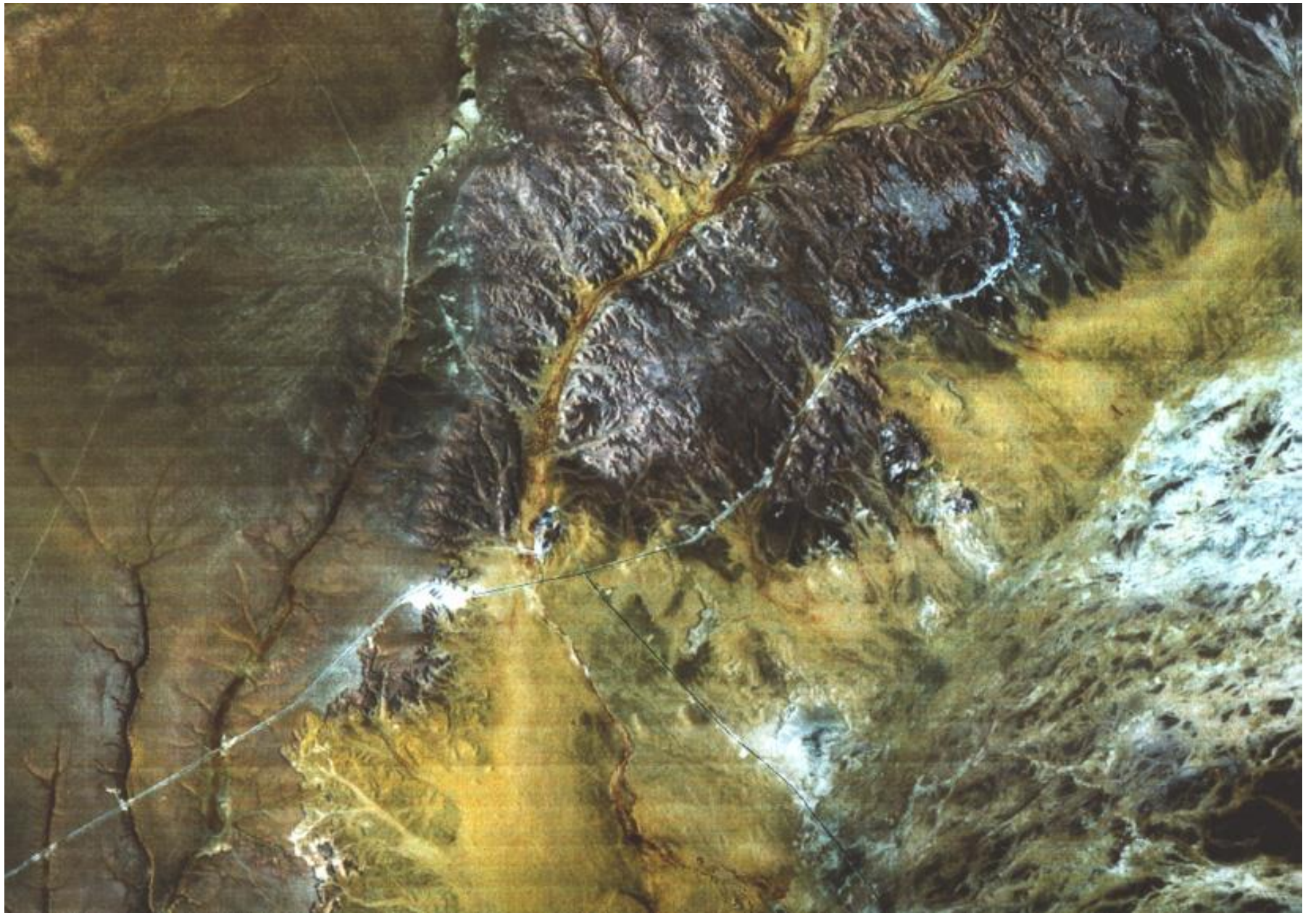




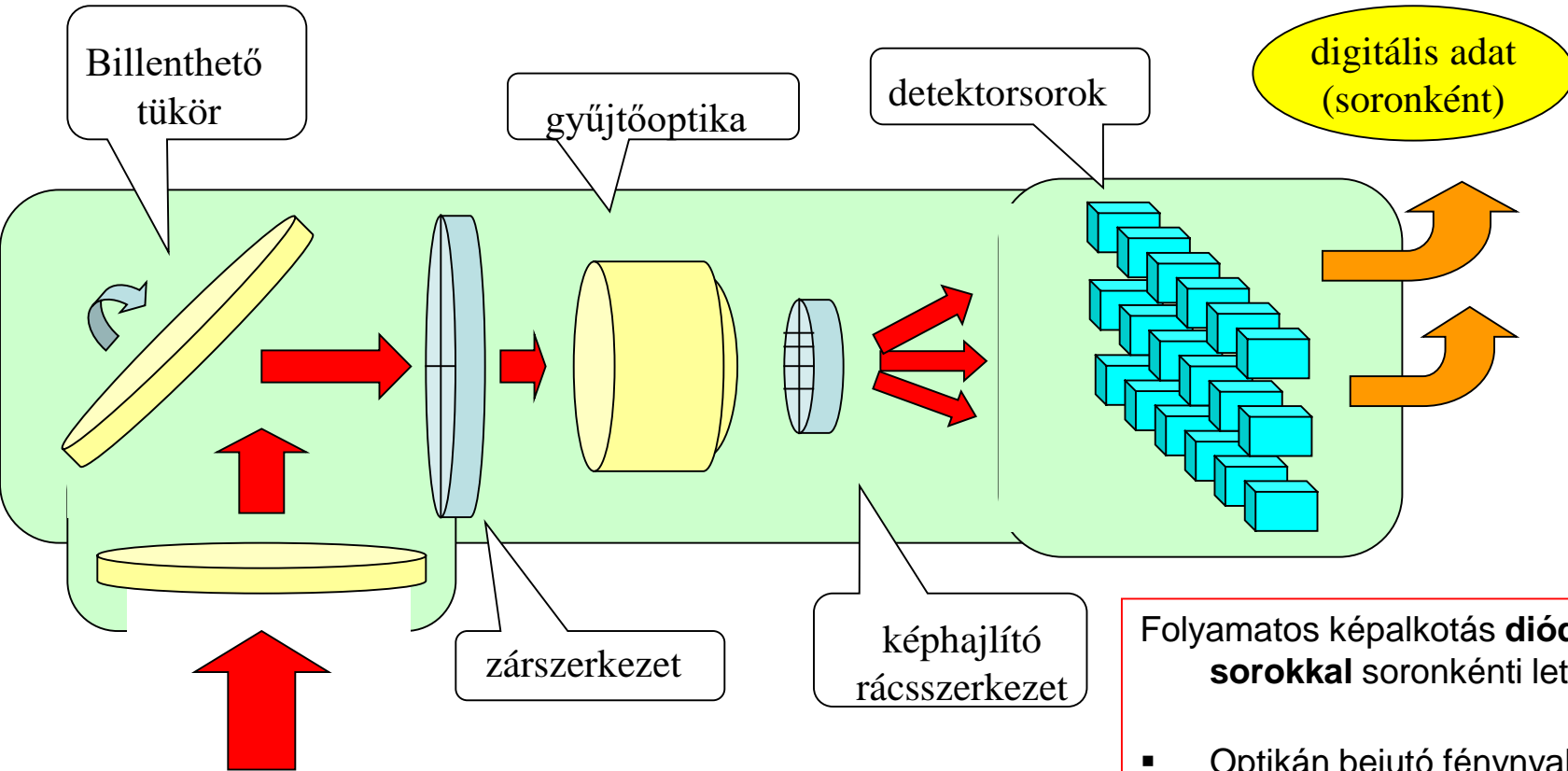


Honnan szkennelt a szenzor?





# Soros szkennerek (*pushbroom scanner*)



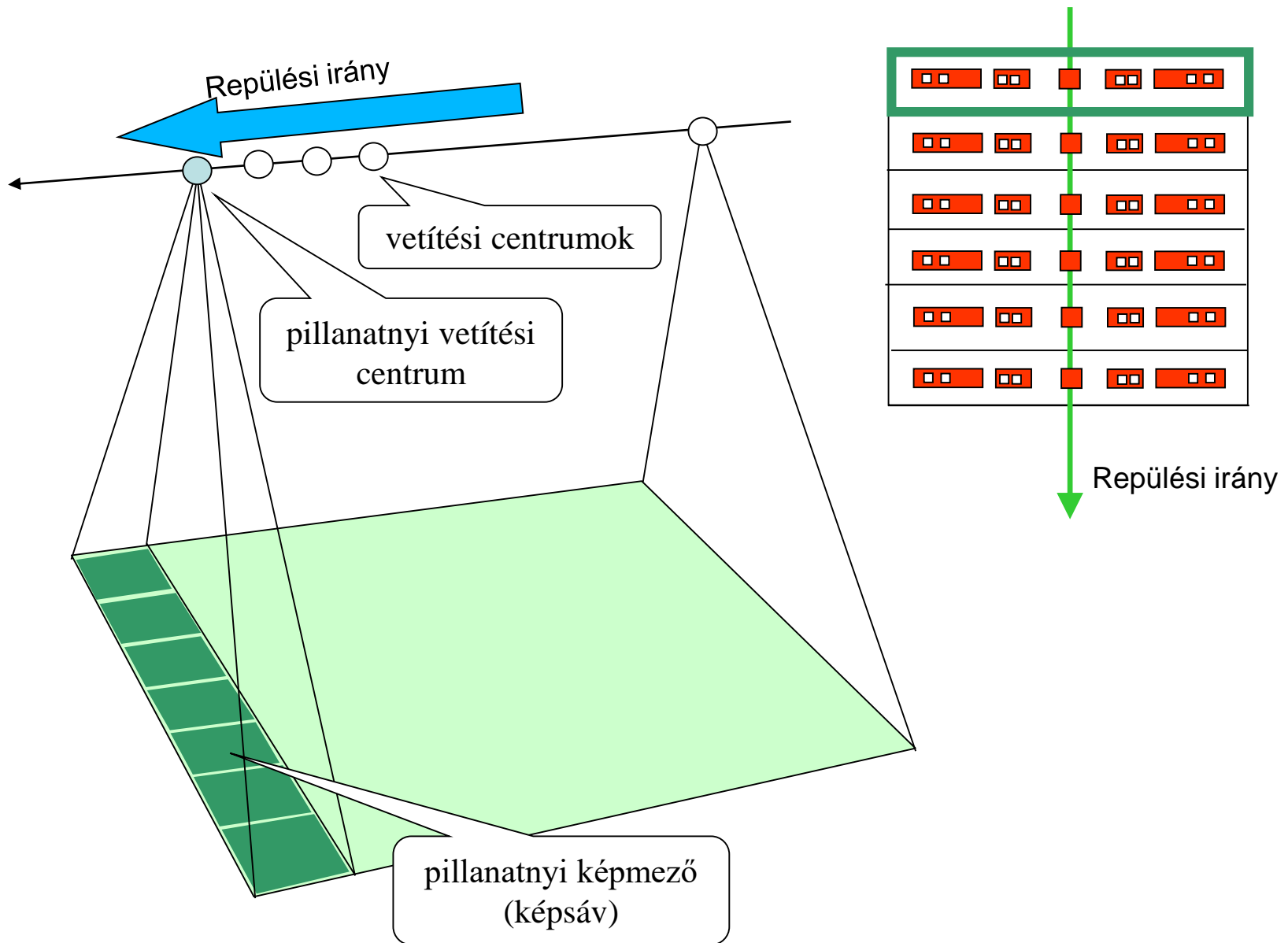
Szenzorok: SPOT-HRV, IRS,  
QuickBird, OrbView, and IKONOS.

Folyamatos képalkotás **dióda-sorokkal** soronkénti letapogatás

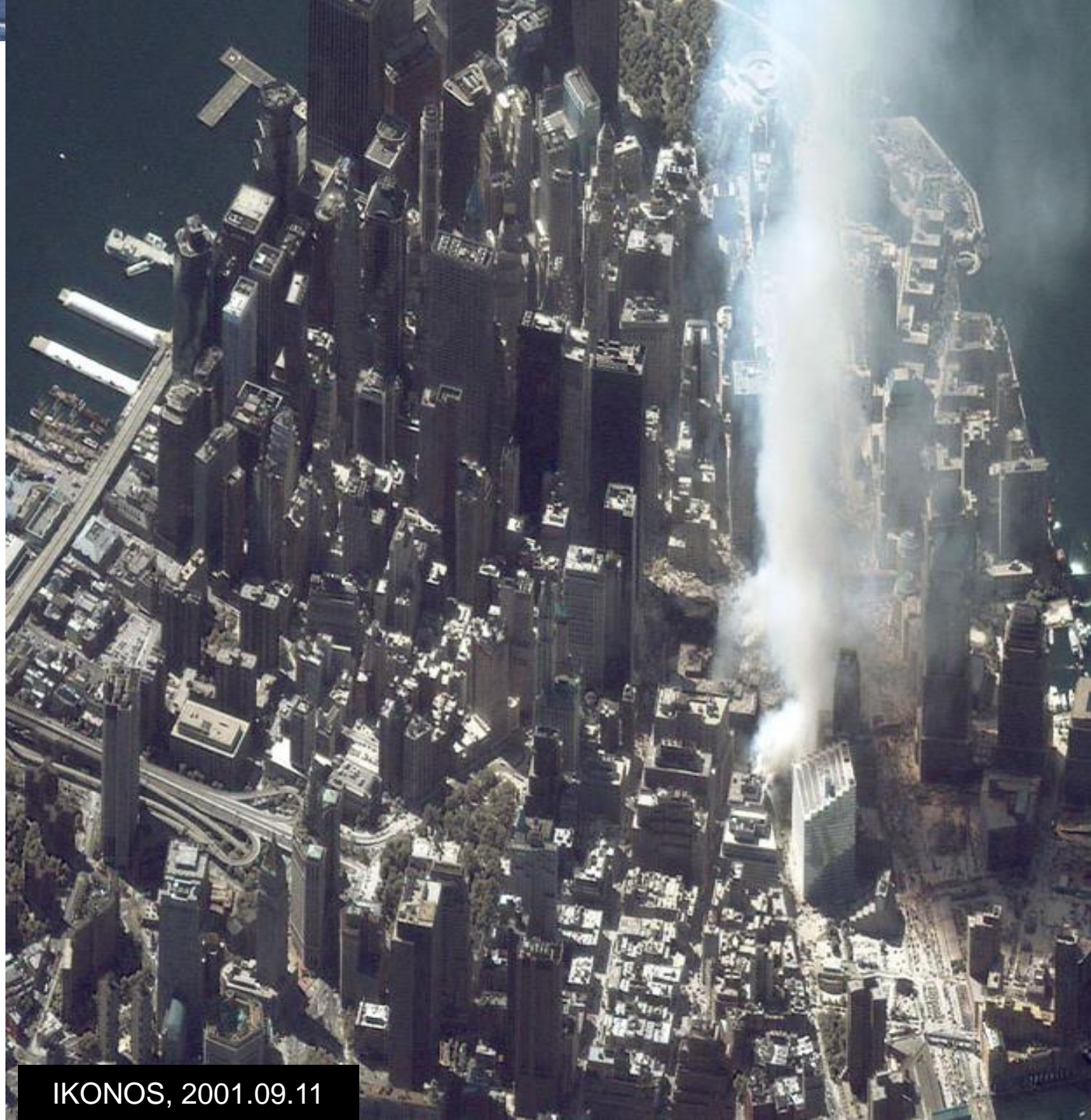
- Optikán bejutó fénynyaláb nagy számú detektorsorra jut
- Platform előrehaladásával: Képsorból képmátrix keletkezik
- Nő a repülésirányú felbontás
- Tükör: irányozható (nem forog)
  - Sztereo felvételezés, temporális felbontás növelése



# Képképzés soros szkennerek (*pushbroom scanner*)

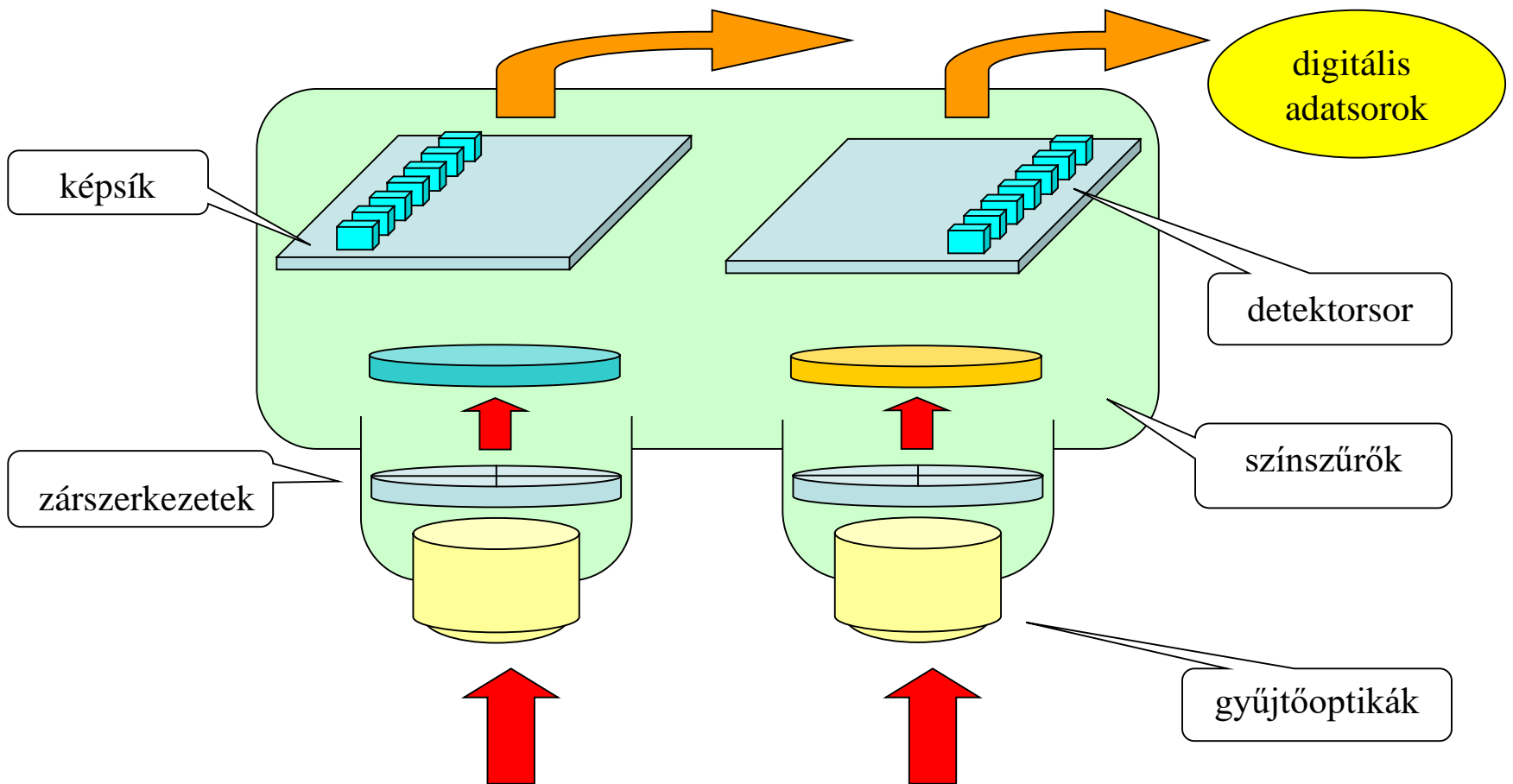






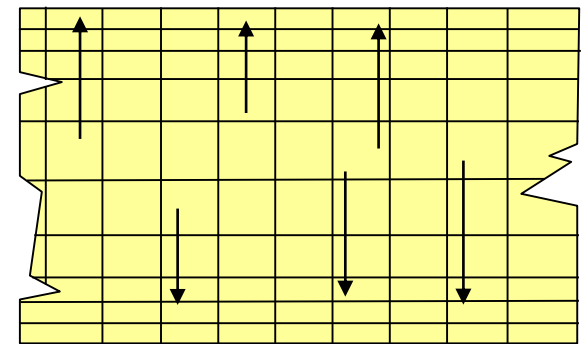
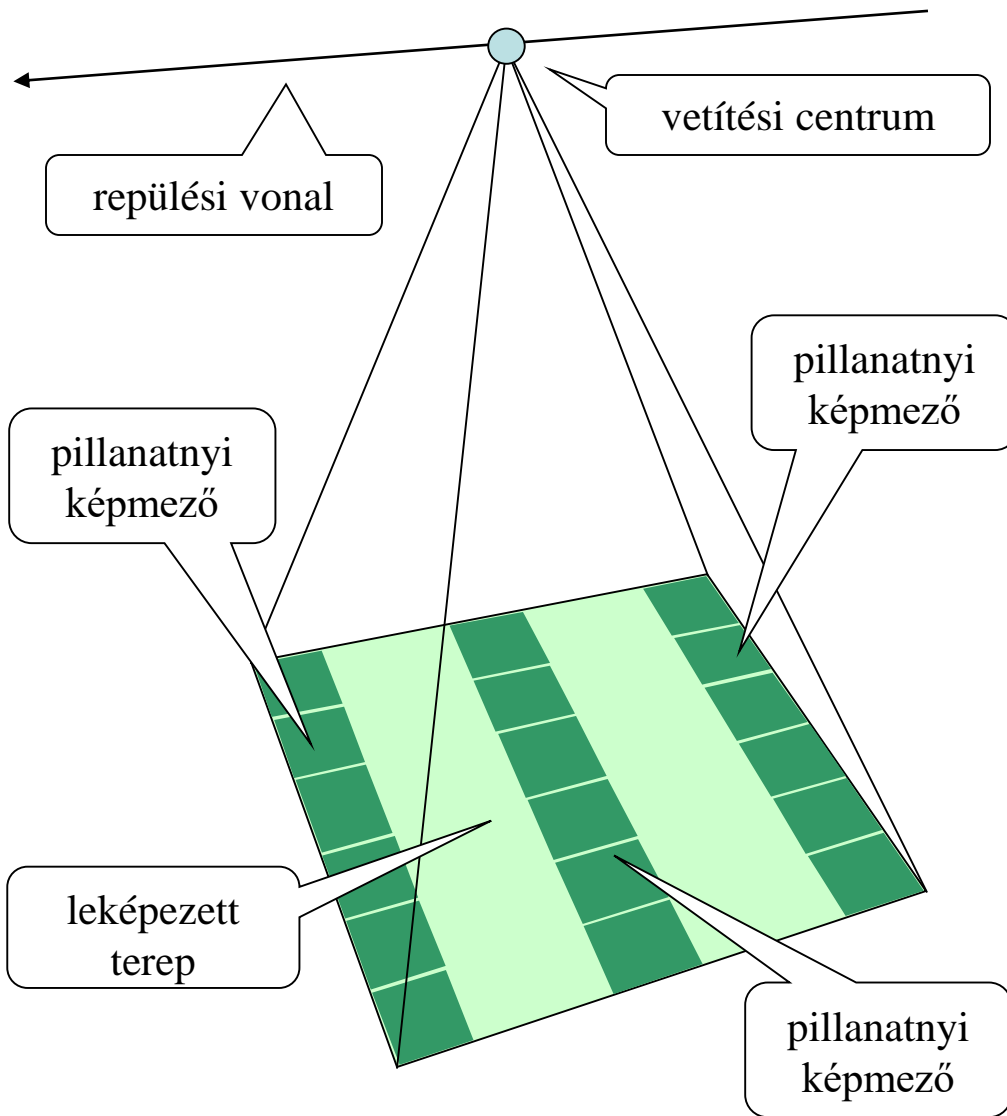
IKONOS, 2001.09.11

# Opto-elektronikai radiométer

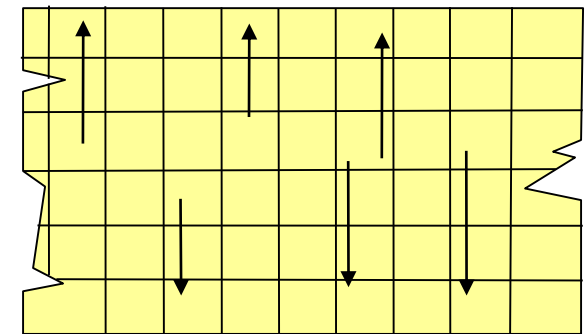


Több egybevágó gyűjtőoptika

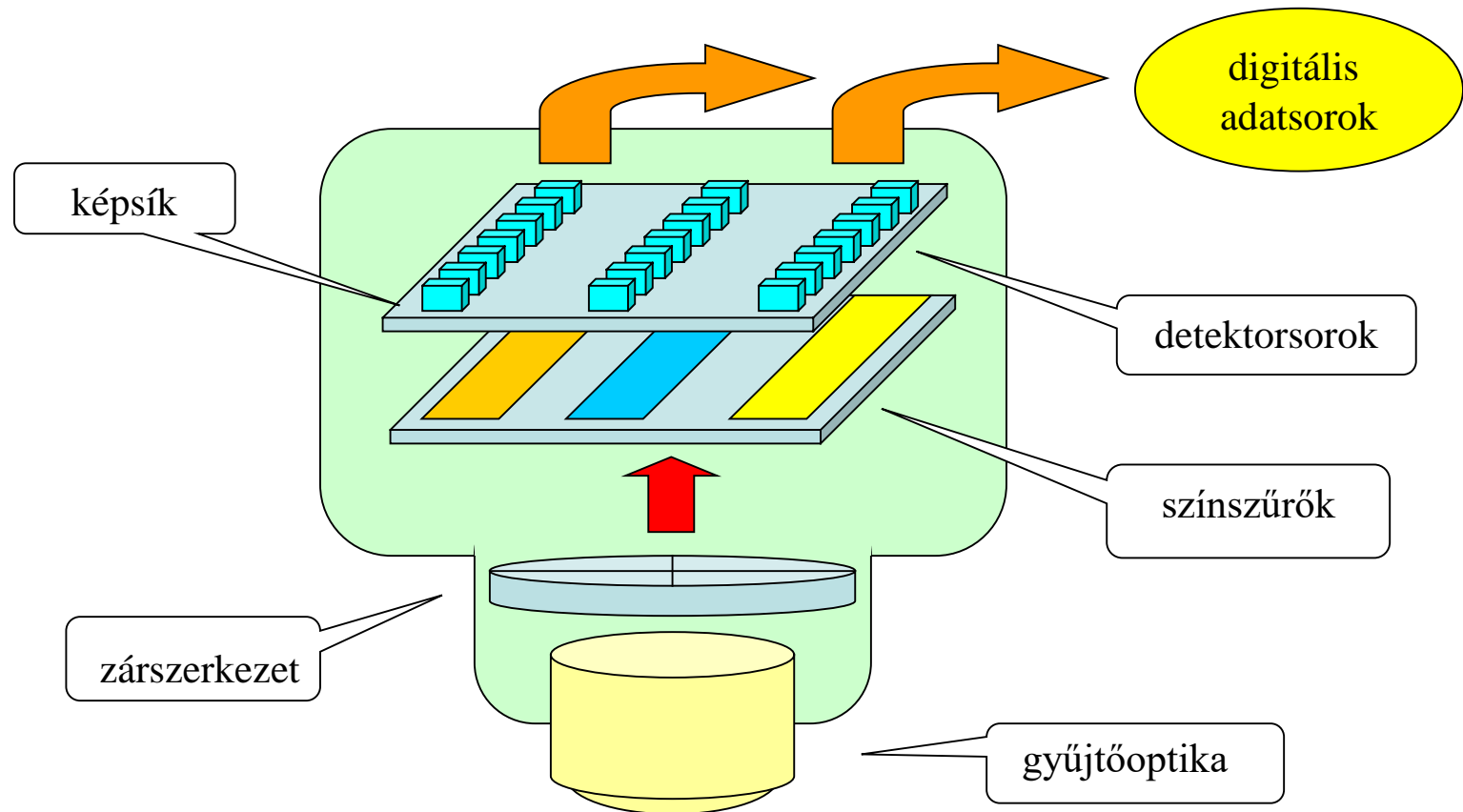
# Opto-elektronikai radiométer



elméleti képgeometria és a magassági torzulás irányai (a detektorszám függvényében)

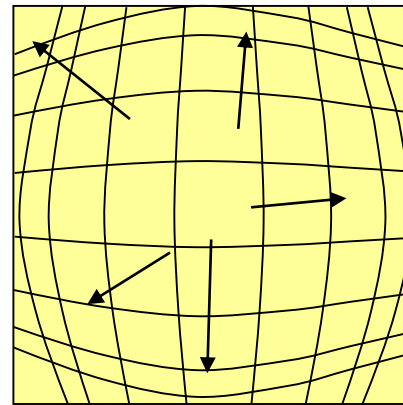
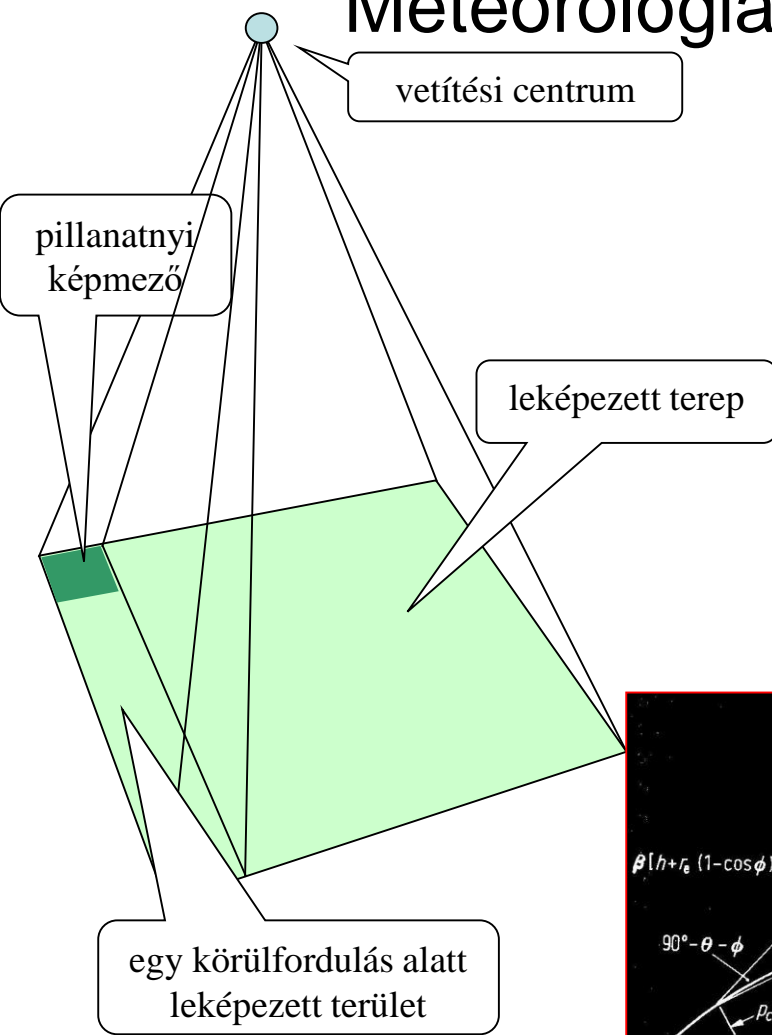


# Opto-elektronikai radiométer

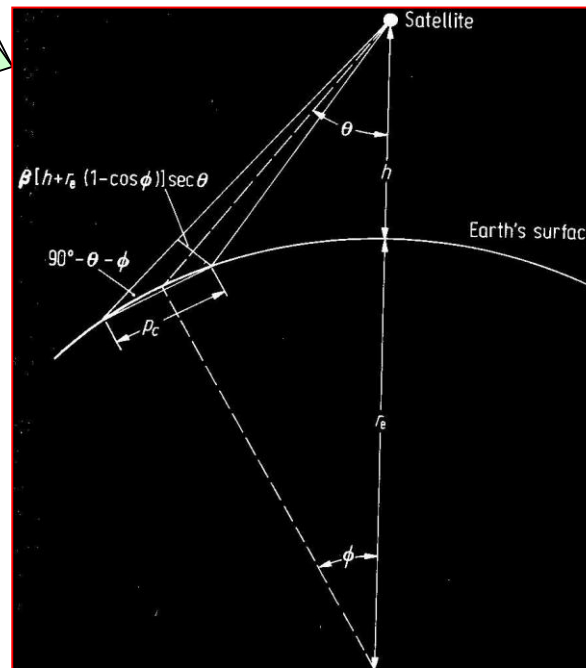


Csak egy optika: szűrők, diódasorok számának növelése

# Meteorológiai szkennerek (geostac. pályán)



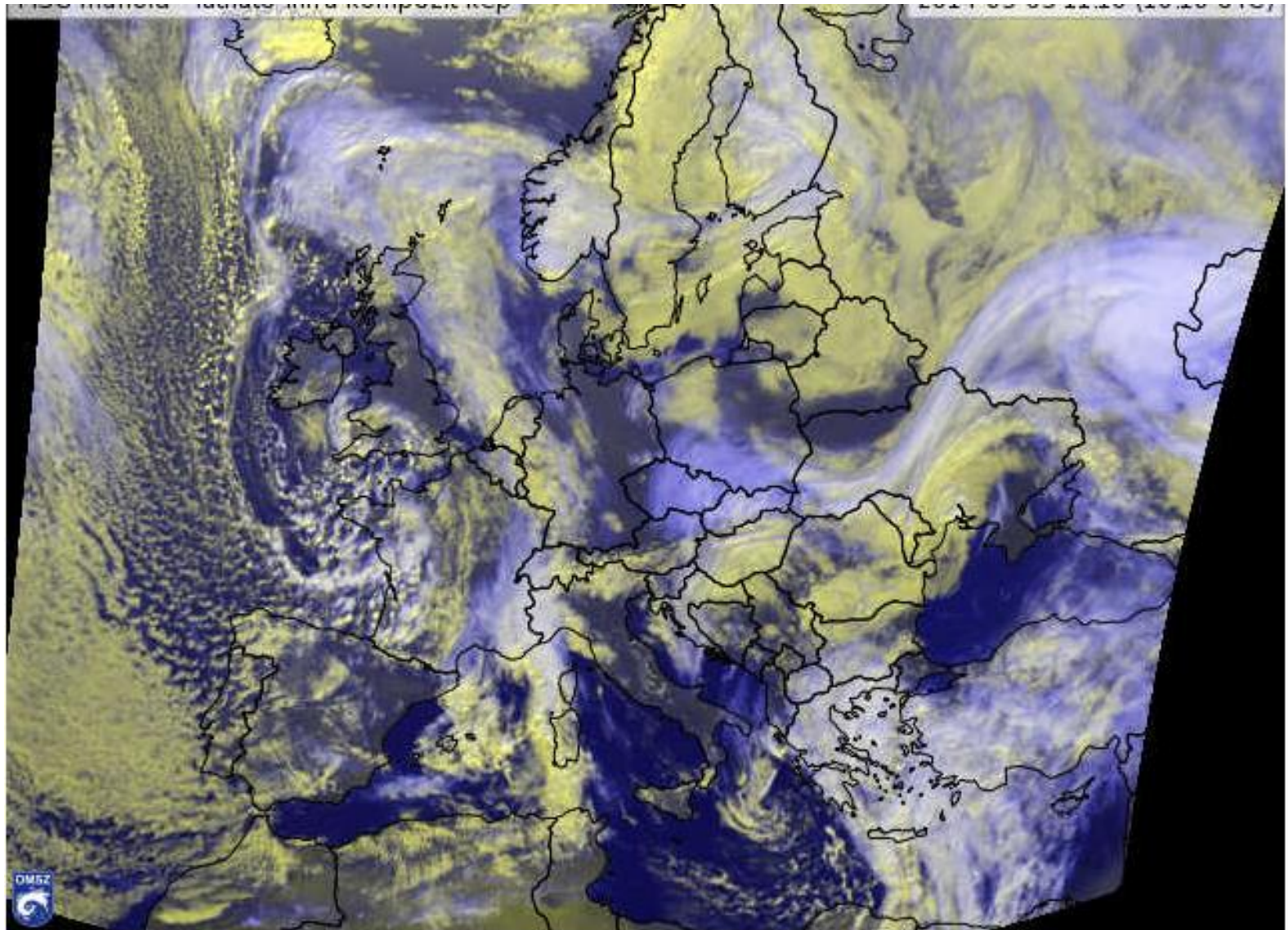
elméleti képgeometria és a magassági torzulás irányai



Szenzorok: NIMBUS,  
METEOSAT

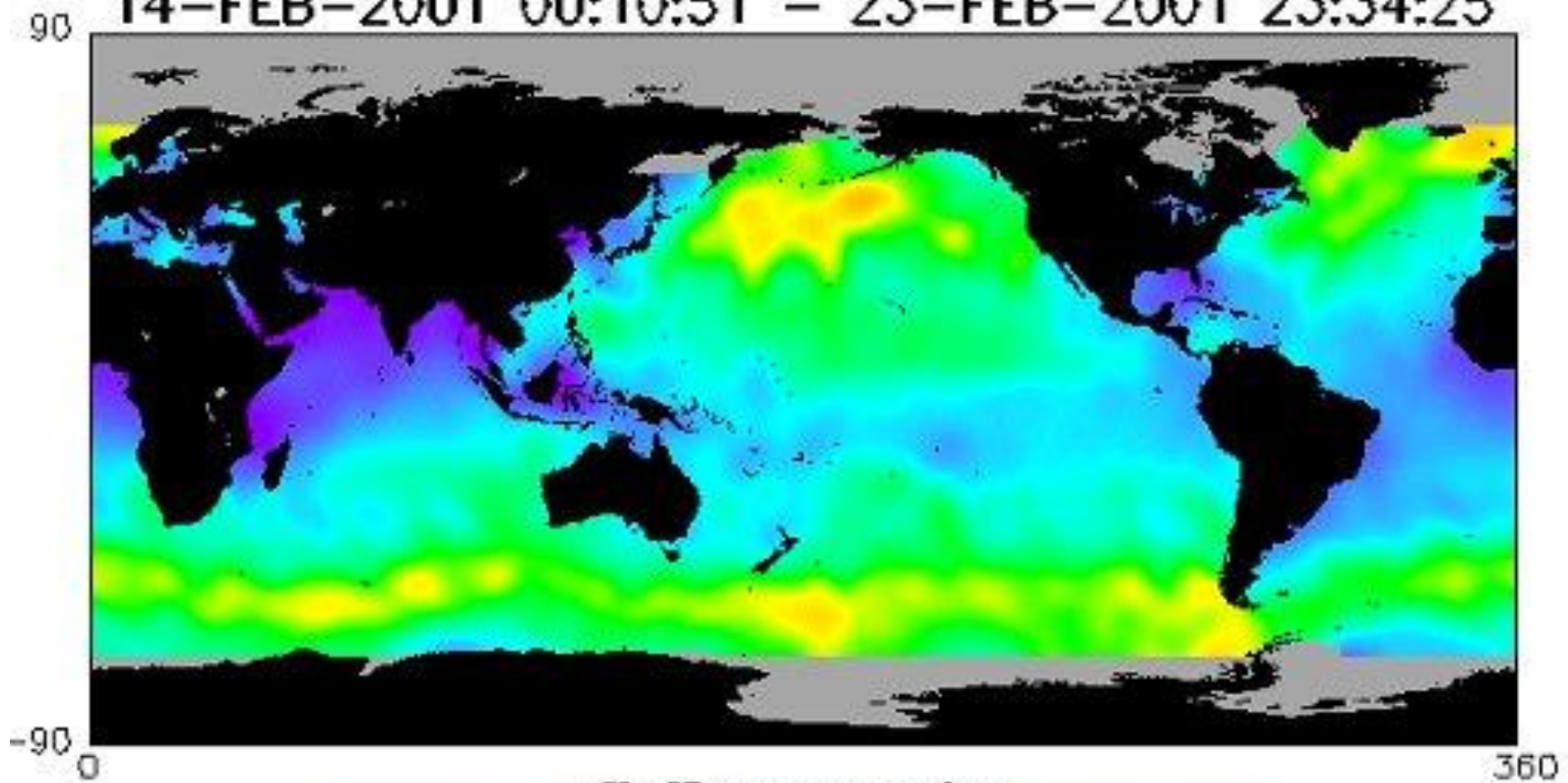
- Geostacionárius pálya (~37 000 km)
- Meteorológiai műholdak
- Sorirányú letapogatást a holdak tengelykörüli forgása adja
- Sorok ugrása tükrözött szakaszos döntése adja
- Geometria: hasonló a fényképezés perspektívájához
- földgömbület

# METEOSAT (met.hu)





14-FEB-2001 00:10:51 - 23-FEB-2001 23:34:25



Significant Wave Height



0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0

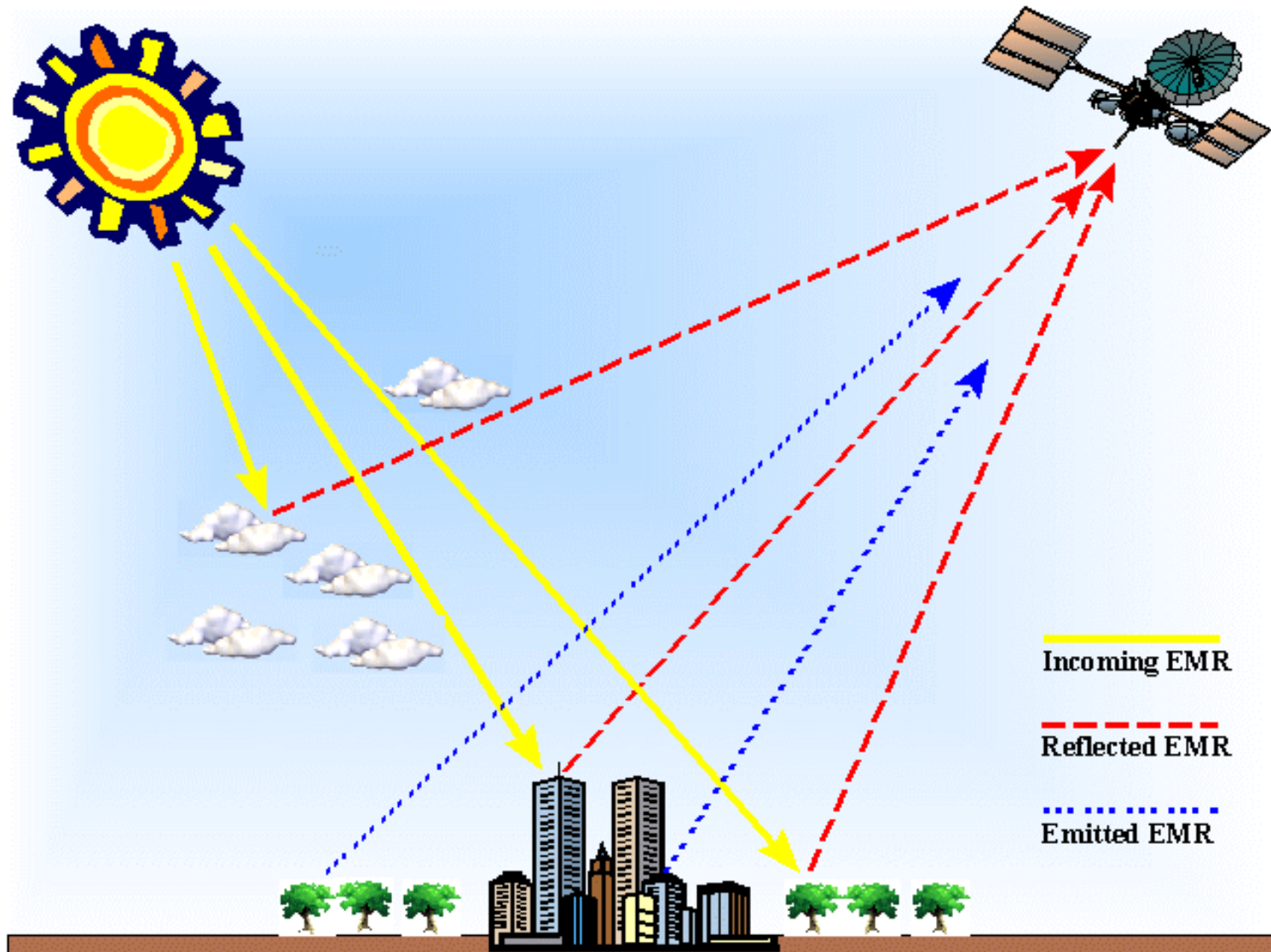
Meters

JPL

Sat Feb 24 05:07:58 2001

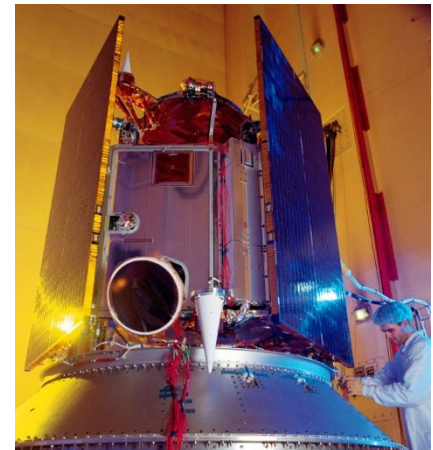
# Nagyfelbontású optikai szenzorok

# Űrtávérzékelés



# IKONOS

- Fellövés : Szeptember 24, 1999
- Pankromatikus csatorna 80cm nadír felbontás
  - 0.45-0.90  $\mu\text{m}$
- 4-meter multispektrális csatornák (4-m MS)
  - 0.445-0.516  $\mu\text{m}$  (kék)
  - 0.506-0.595  $\mu\text{m}$  (zöld)
  - 0.632-0.698  $\mu\text{m}$  (piros)
  - 0.757-0.853  $\mu\text{m}$  (közeli infra-)



# Építkezés előrehaladása, Kína



# Quickbird

- Fellövés: Október 18, 2001
- *Magasság: 450 km, pálya dőlés: 98 °, napszinkron pálya  
visszatérési idő: 2-3 nap a szélességi körtől függően*
- *Látószög: Agile spacecraft – repülési irányban és arra  
merőlegesen mozgatható szenzor*
- *Keringési idő: 93.4 perc*
- *Nominális képméret: 16.5 kilométer nadír irányban*
- Képméret: 16.5 km x 16.5 km
- Sávméret: 16.5 km x 115 km



# Quickbird

- *Pankromatikus csatorna*
  - 61 cm felbontás nadír irányban
  - 445 - 900 nm spektrális felbontás
- *Multispektrális csatornák*
  - 2.4 méter felbontás nadír irányban
  - Kék sáv: 450 - 520 nm
  - Zöld sáv: 520 - 600 nm
  - Piros Sáv: 630 - 690 nm
  - Infravörös sáv: 760 - 900 nm

Kolontár, 2010 október 8. 61cm Dec. Quickbird



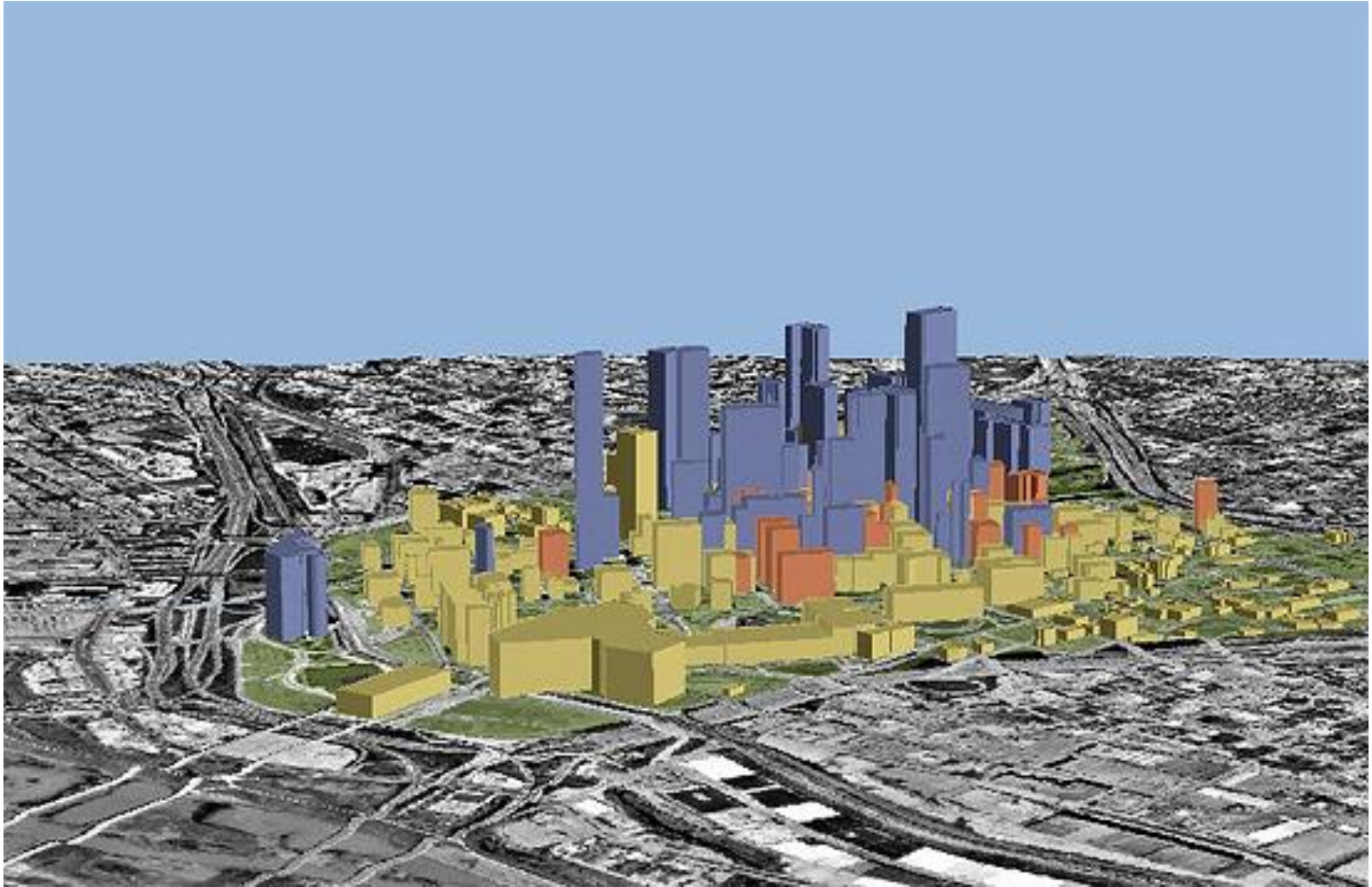


# WorldView-1

- Fellövés : Szeptember 18, 2007
- Magasság: 496 kilométer  
napszinkron pálya, de. 10:30 leszálló pálya
- Keringési idő : 94.6 perc
- 0.50 méter felbontás nadír irányban  
0.59 méter felbontás 25° nadírtól eltérő irányban
- Sáv szélesség: 17.6 kilométer nadír irányban
- Gyakori visszatérés nagy felbontással
  - 1.7 nap 1 m felbontás nadír irányban vagy kevesebb
  - 5.4 nap 25° nadírtól eltérő szögben (59 cm)

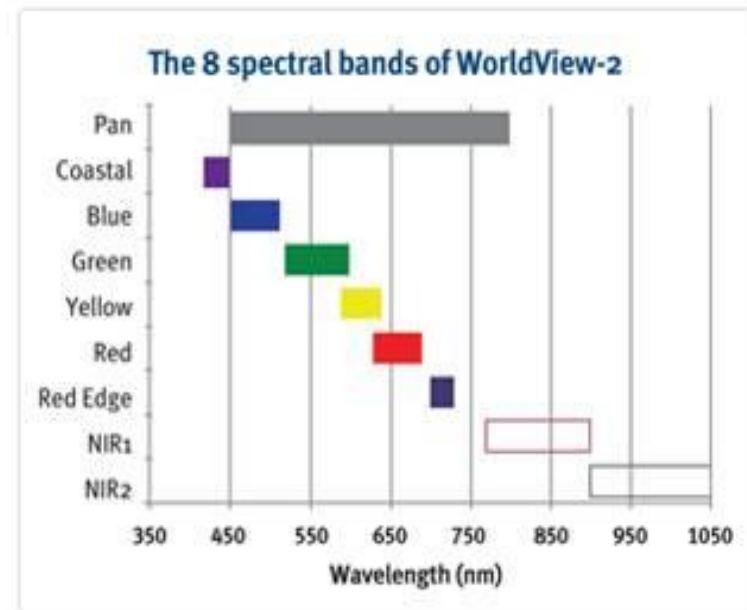


# 3D városmodell WorldView-1 sztereó képből



# WorldView-2

- Fellövés : 2009 Október 8  
 Magasság : 770 kilométer  
 napszinkron pálya, de. 10:30  
 leszálló pálya  
 Keringési idő: 100 perc
- Pankromatikus csatorna 46 cm nadír felbontás
  - 52 cm felbontás 20° nadírtól eltérő szögben
- Spektrális felbontás
  - Kék, zöld, piros, közeli infra-1
  - 4 további csatorna: közeli infra-2, red edge, parti

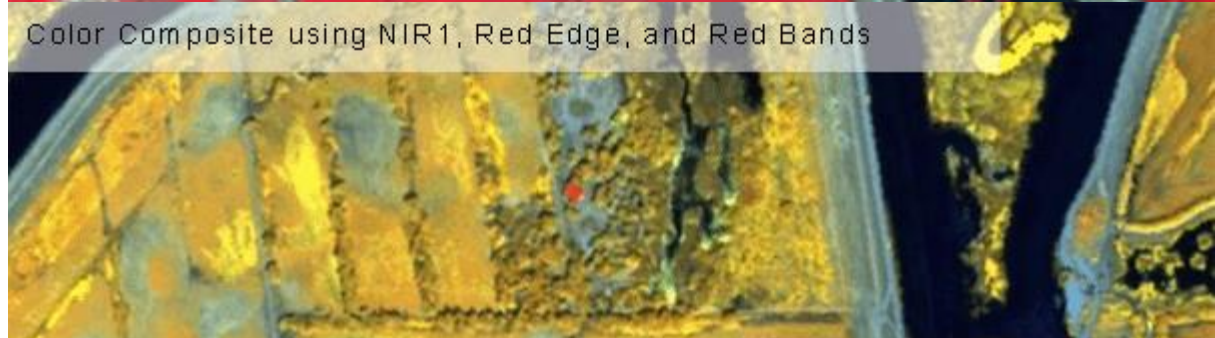


# WorldView-2

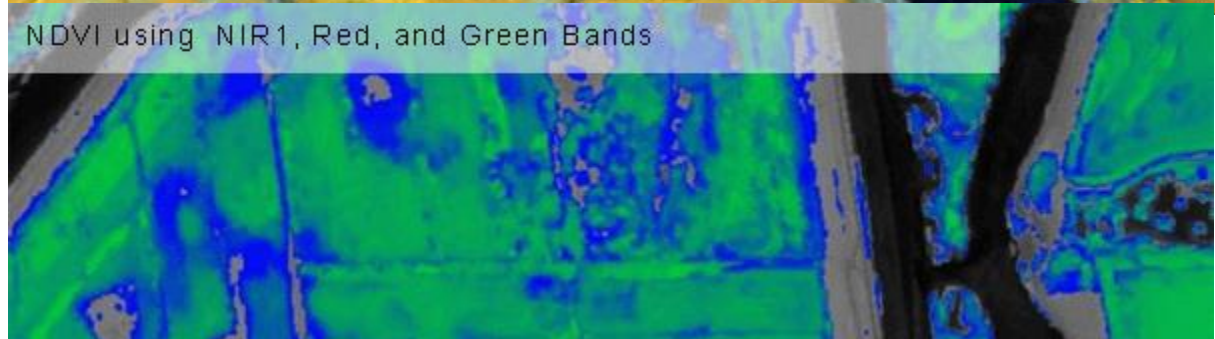
Traditional Color Infrared using NIR1, Red, and Green Bands



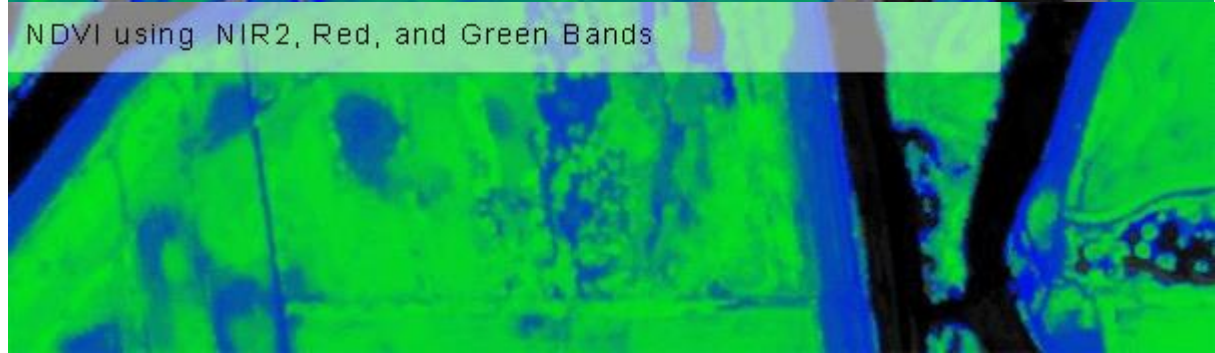
Color Composite using NIR1, Red Edge, and Red Bands



NDVI using NIR1, Red, and Green Bands



NDVI using NIR2, Red, and Green Bands



# WorldView-3

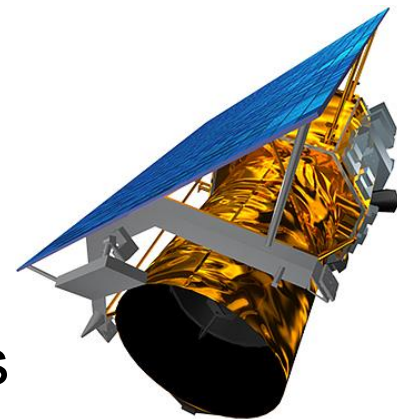
- Fellövés : 2014. augusztus 13  
Magasság : 620 kilométer  
napszinkron pálya, de. 10:30  
leszálló pálya  
Keringési idő: 96 perc
- Pankromatikus csatorna 31 cm nadír felbontás
- Multipektrális csatornák
  - Kék, zöld, piros, közeli infra-1 (1.24m)
  - 4 további csatorna: közeli infra-2, red edge, parti, sárga (1.24m)
  - 8 SWIR csatorna (3.7m)
  - 12 CAVIS (légkör) csatorna (30m)



# WorldView-3: 30 cm Sanghaj, Kína



# GeoEye1



- Fellövés Szeptember 6, 2008
- pankromatikus csatorna: 0.41 m méter felbontás nadír irányban
- Multispektrális csatorna: 1.65 m méter felbontás nadír irányban
- *Nominális sávszélesség* - 15.2 km nadír irányban
  - Képméret - 225 km<sup>2</sup> (15x15 km)

Max Pan felbontás (m)	Nadír eltérés (deg)	Visszatérés (nap)
0.42	10	8.3
0.5	28	2.8
0.59	35	2.1

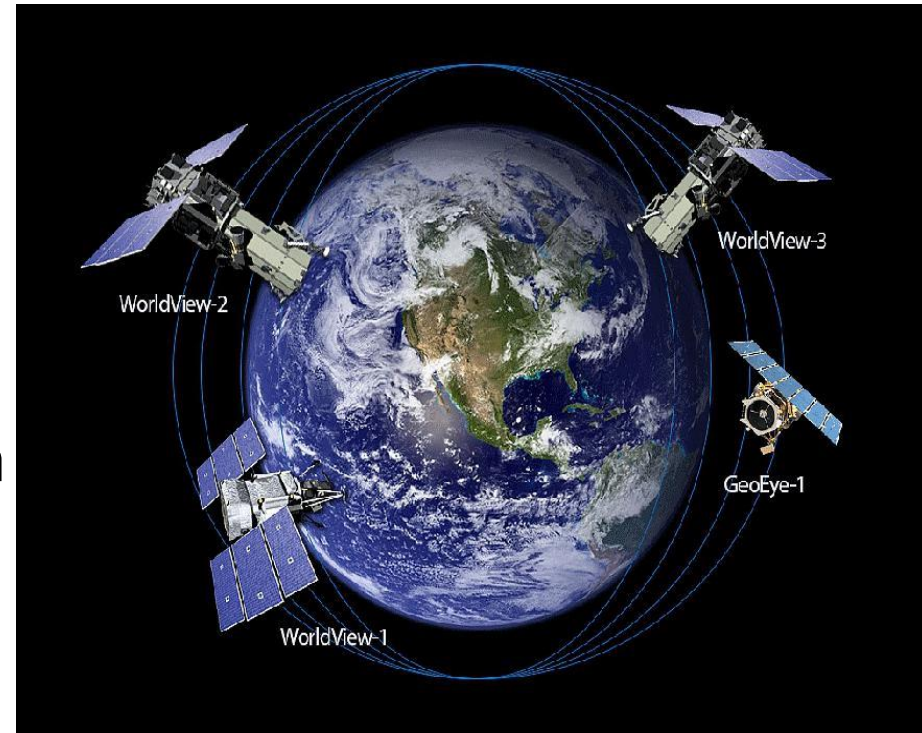
# Hoover duzzasztó, Colorado Folyó GeoEye- 1 2009 Január 10





# GeoEye-2 / WorldView-4

- Fellövés: 2016 november 11
- Jelenleg legmagasabb felbontás 31 cm pankromatikus csatorna
- Multispektrális felbontás 1.24 m
- Visszatérési idő 3 nap
- Harmadik generációs kommerciális műhold



# Közepes felbontású optikai szenzorok



# LANDSAT

- Földmegfigyelési műhold sorozat
- LANDSAT-1 (EOS) NASA által fejlesztett, fellövése 1972
- Generációi: LANDSAT-1, LANDSAT-2, 3, 4, 5, és 7
- Felvételei a Föld antropogén és természeti környezetének változásait rögzíti több évtizeden keresztül
- Alkalmas földfelszín használat és környezet monitoringra
- Alkalmazásai: mezőgazdaság, erdőirtás, elsivatagosodás, természeti katasztrófák, urbanizáció, vízkészletek, stb. nyomon követése

# Continuing Three Decades of Earth Imaging

Avalanche (Peru)



St. Louis Flood (Missouri)



Hurricane Katrina aftermath (New Orleans)



1980 – Landsat 2

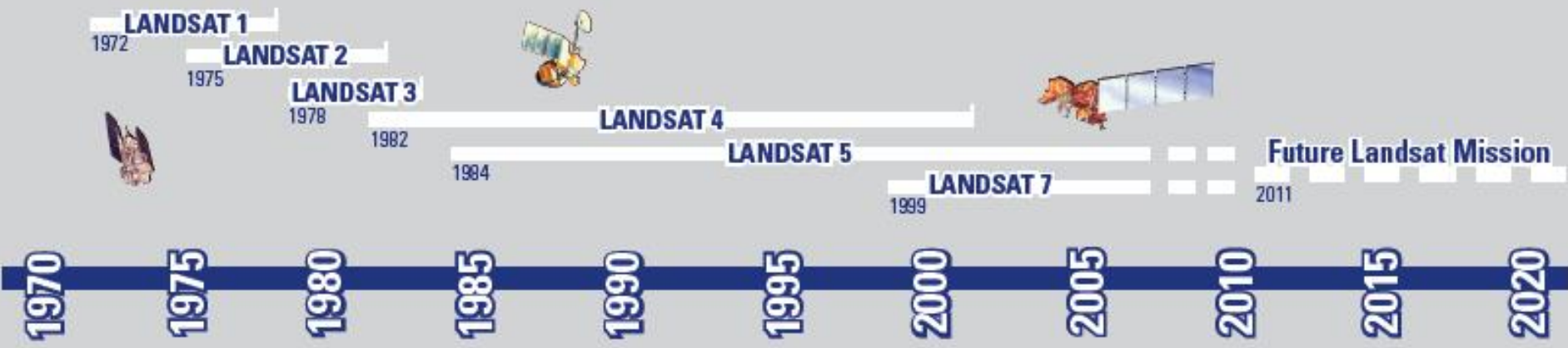


2002 – Landsat 5

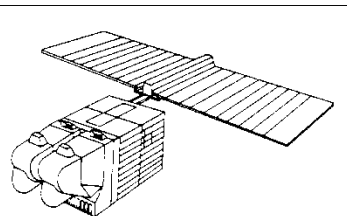
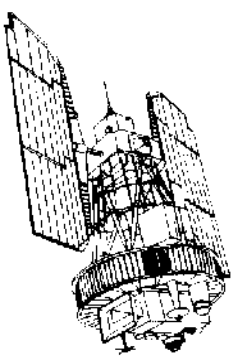
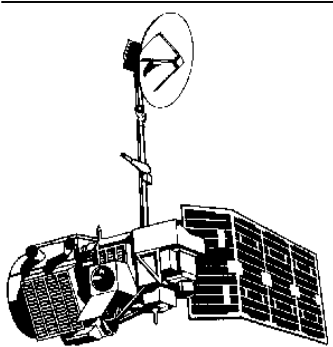
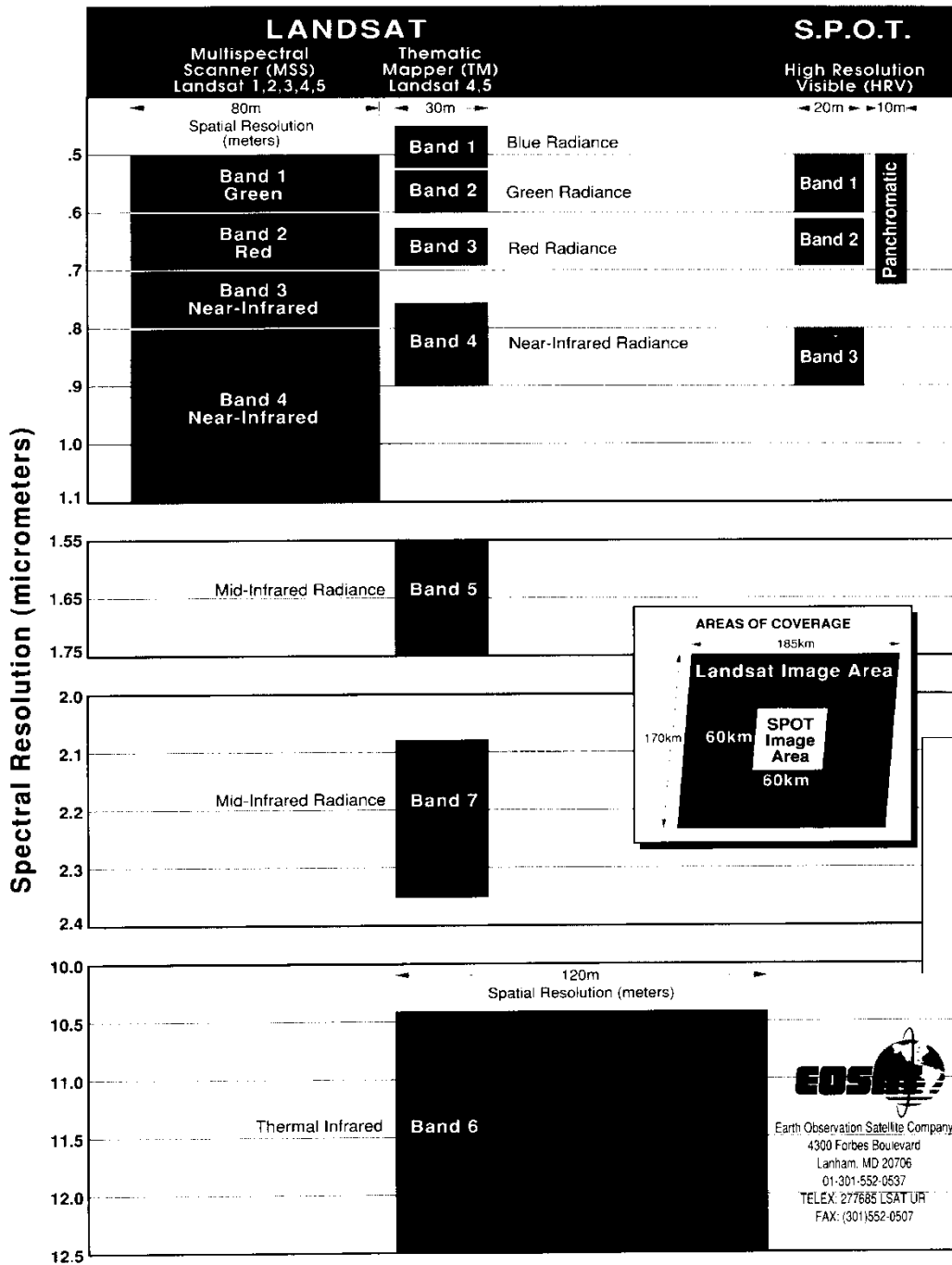


Mount St. Helens (Washington)

Grizzly Gulch Wild Fires (South Dakota)

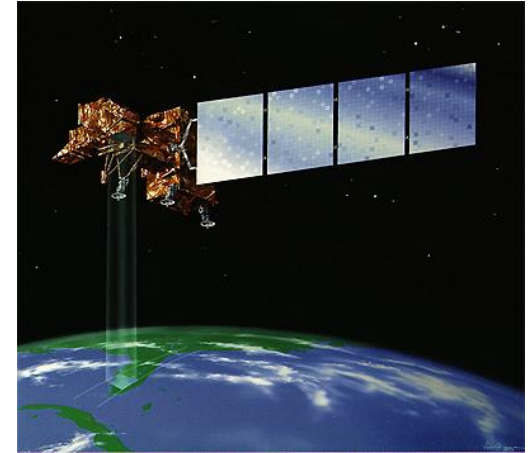


# MULTISPECTRAL IMAGERY

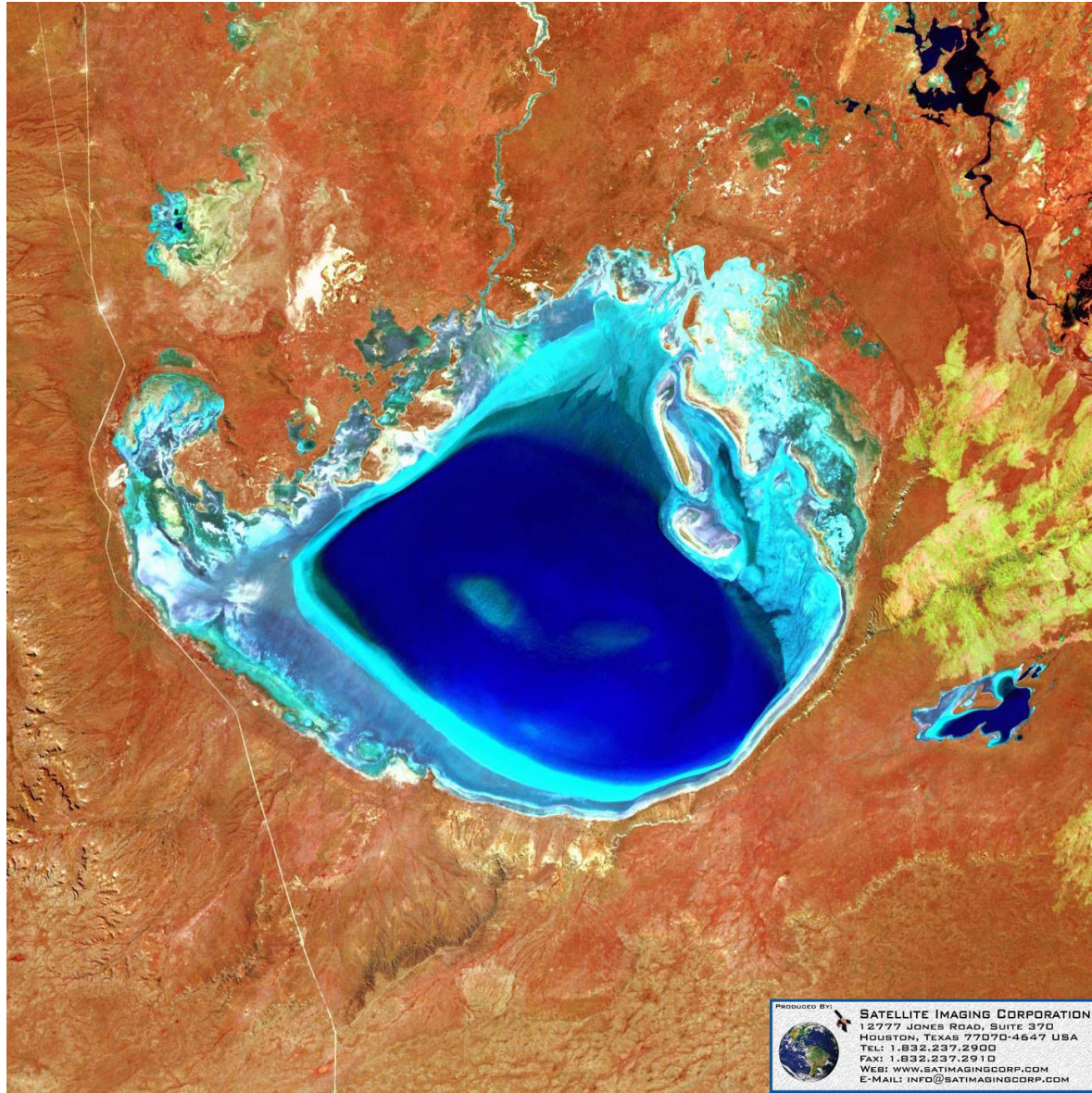


# LANDSAT 7 +ETM

- Fellövés Április 15 1999
- Magasság 705 km
- napszinkron pálya
- Pálya szög  $98.2 \pm 0.15$
- Keringési idő 98.9 perc
- Visszatérési idő 16 nap (233 pálya)
- Felbontás 15 - 90 m



# Hidrología, Patagónia, Argentina



# SPOT 6

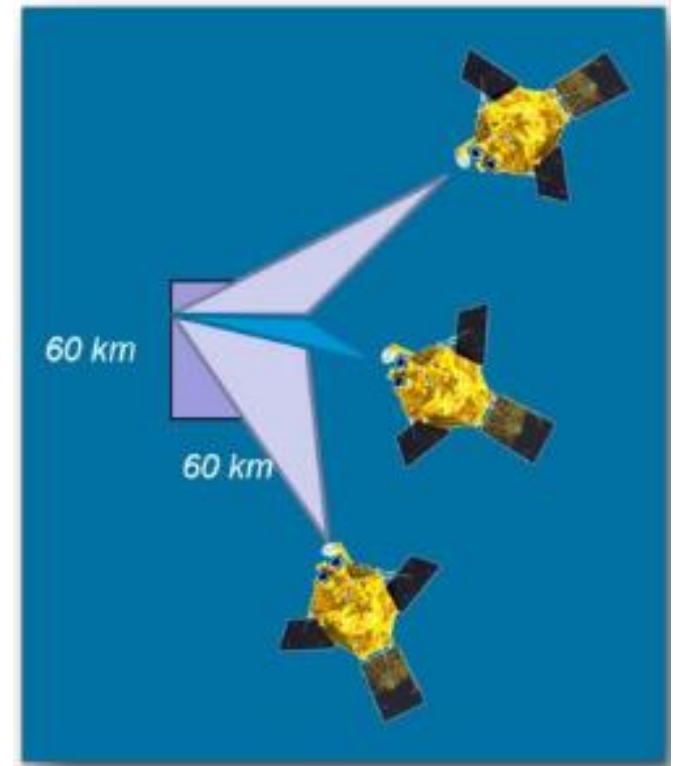
- Fejlesztő: francia CNES - Astrium
- Fellövés: 2012 Szeptember 9
- Felbontás
  - Pankromatikus sáv: 1.5 m
  - Multispektrális: 6 m
- Spektrális felbontás:
  - Panchromatic (450 – 745 nm)
  - Blue (450 – 525 nm)
  - Green (530 – 590 nm)
  - Red (625 – 695 nm)
  - Near-infrared (760 – 890 nm)
- Képméret : 60 km × 60 km
- Temporális felbontás : 26 napos visszatérési idő – napi felvételezési képesség



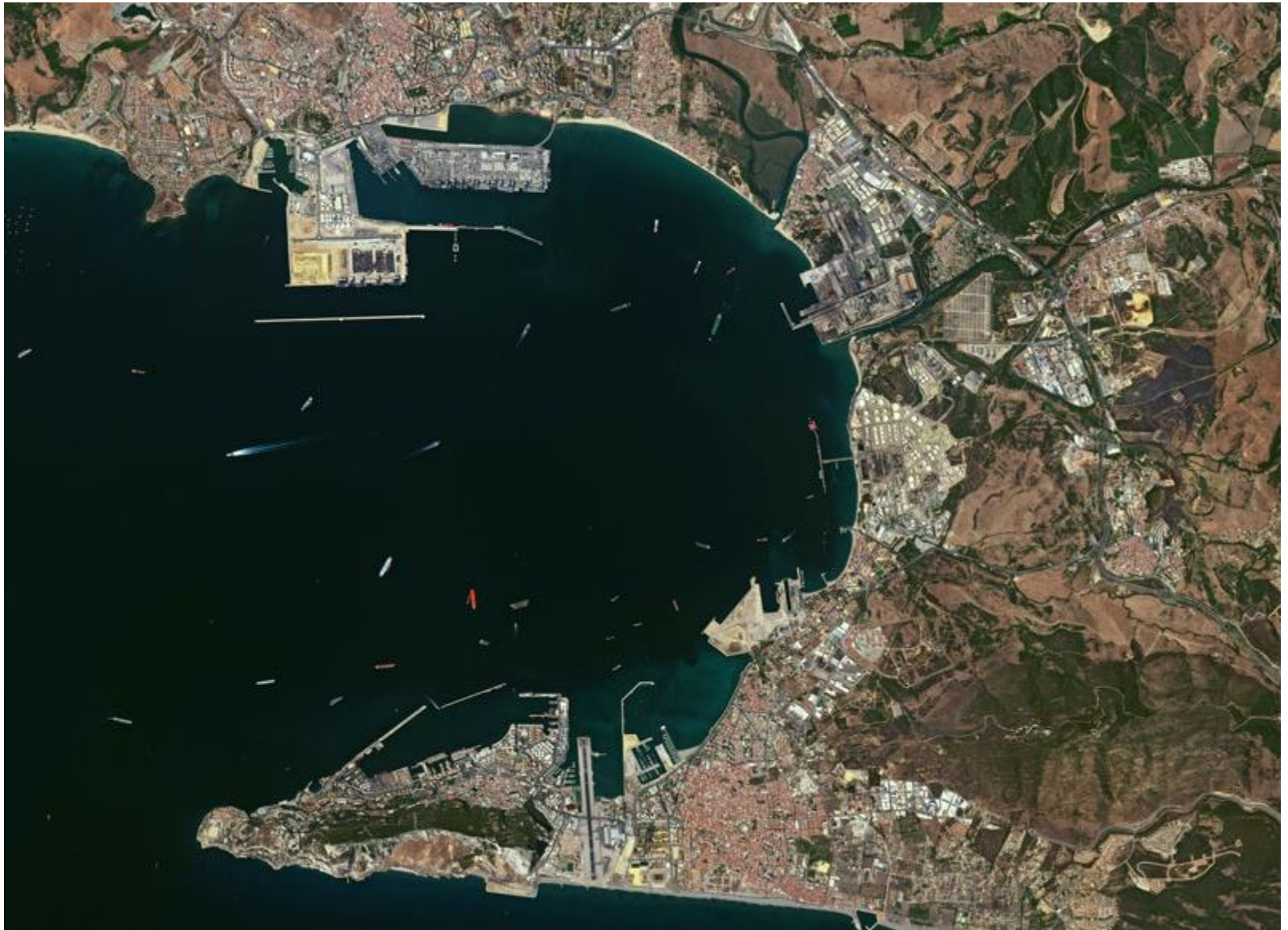


# Spot 6: 3D modell

- Automatikus geometriai javított képek, Reference3D adatbázis alapján
- látószög: 30 - 45° nadírtól eltérő
- DTM előállítás: Sztereó-, trisztereó felvételi képesség 60 Km x 60 Km területről
- SPOT 7 (kilövés 2014) konstellációval napi lefedettség

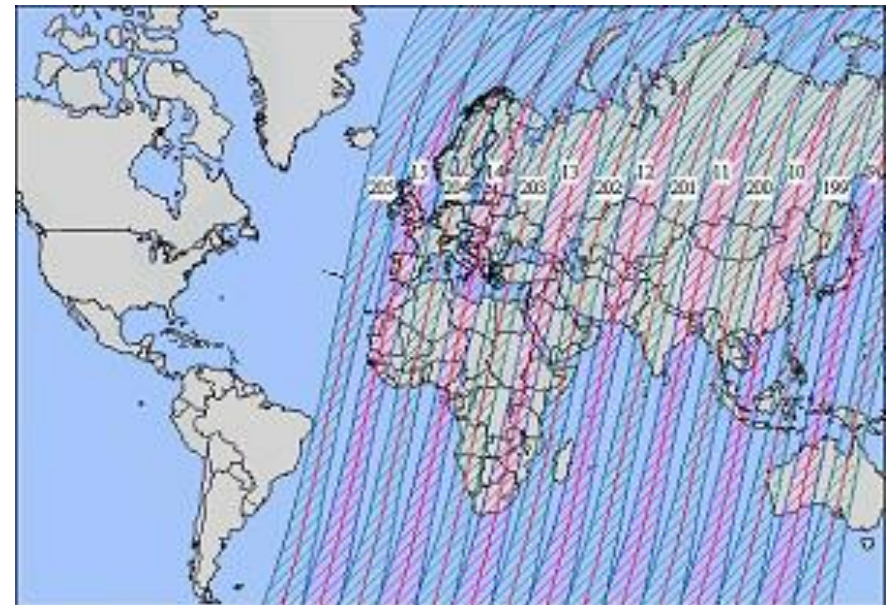
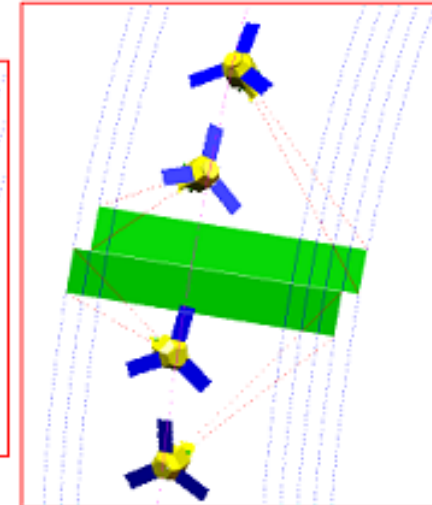
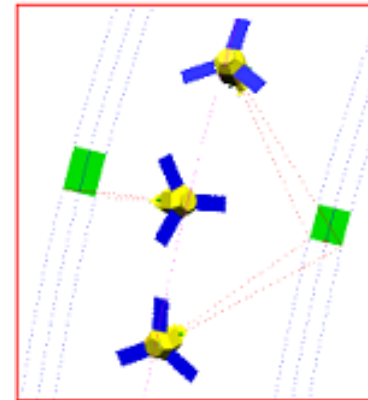


# SPOT 6 Gibraltár-öböl

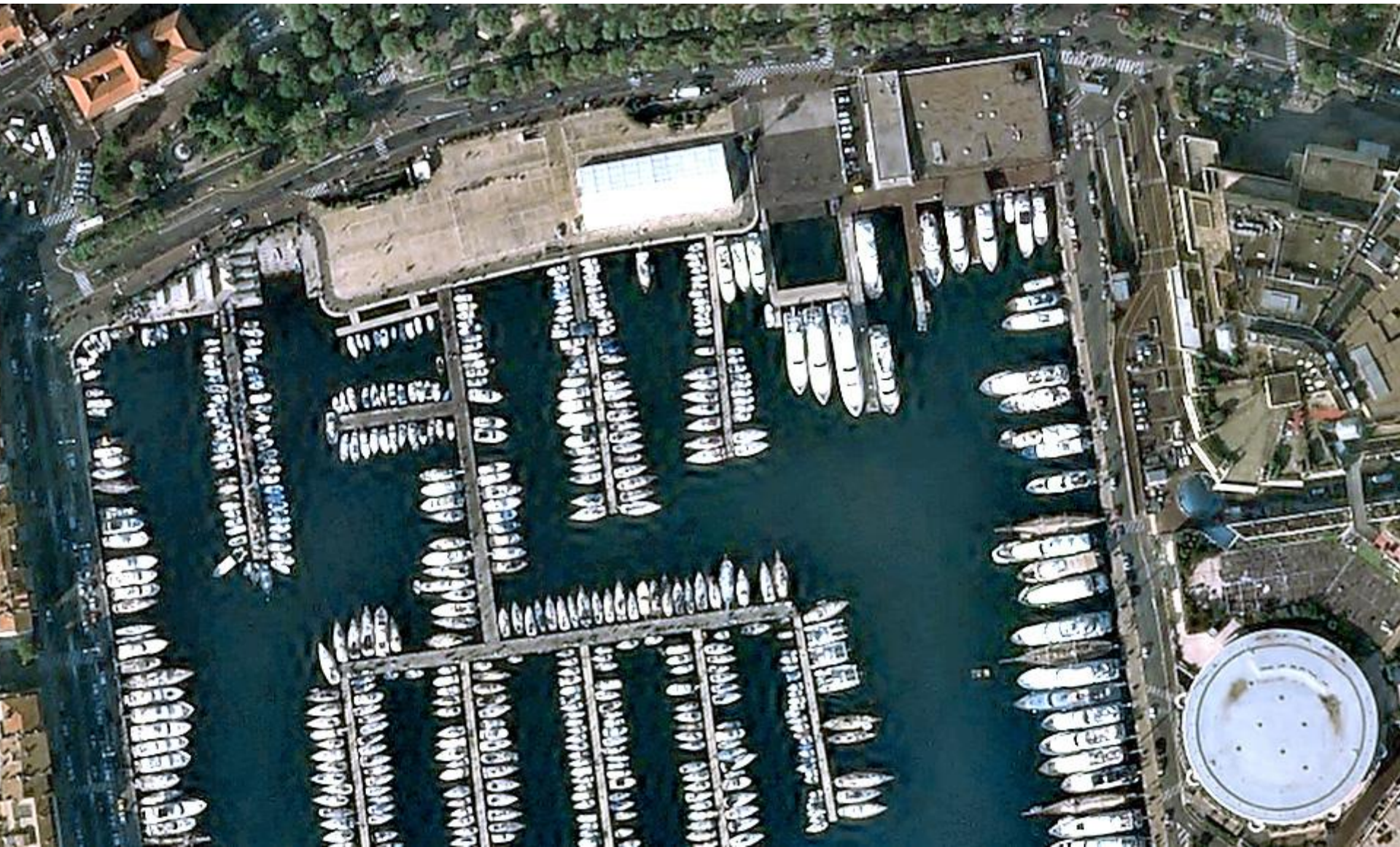


# Pléiades 1 és 2

- Nagyfelbontású, optikai műhold konstelláció
- Európai civil- és katonai célokat szolgál
- Fellövés: December 17, 2011 Pléiades 1 és December 2, 2012 Pléiades 2
- 180° fázis eltolással biztosítja a napi felvételezést
- Visszatérési ideje 26 nap
- Fejlesztő: francia CNES – Astrium
- Európai fejlesztés az amerikai GeoEye-1 and WV-2 mintájára
- Felbontás
  - Pankromatikus sáv: 70 cm
  - Multispektrális: 2 m
- Spektrális felbontás:
  - Panchromatic (450 – 745 nm)
  - Blue (450 – 525 nm)
  - Green (530 – 590 nm)
  - Red (625 – 695 nm)
  - Near-infrared (760 – 890 nm)
- Sáv szélesség: 20 km



# Pléiades 1, Cannes belvárosa

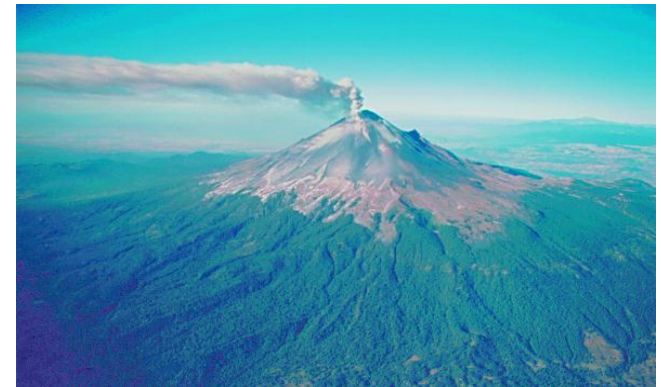
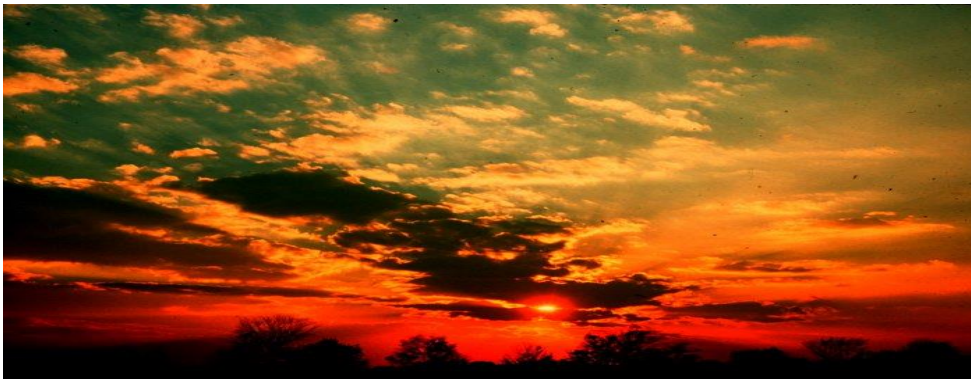


# Alacsony felbontású optikai szenzorok

# Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

## MODIS

- teljes Földfelszín letapogatása napi gyakorisággal
- nagyléptékű, globális folyamatok nyomon követése
- légkörkutató

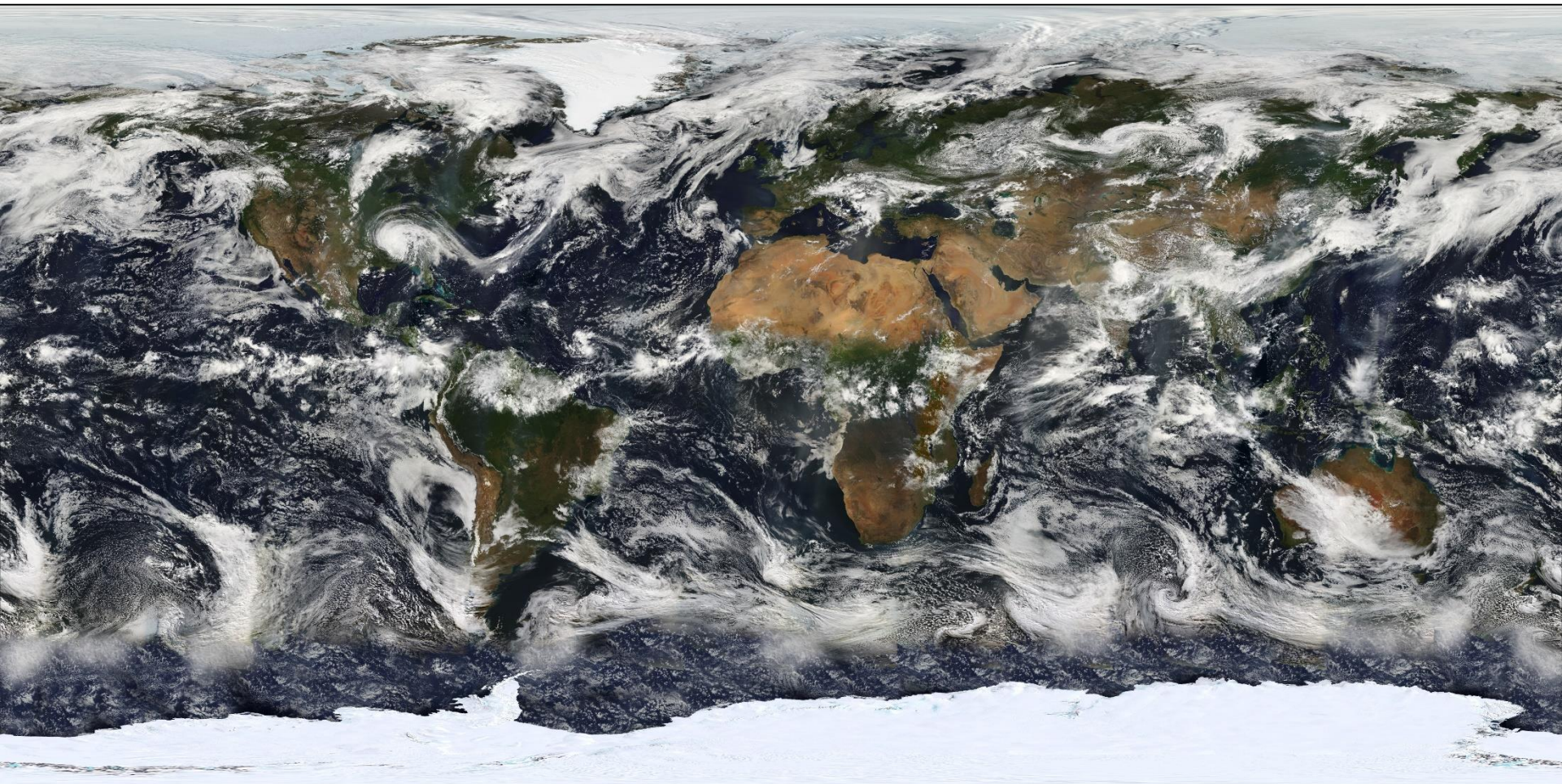




# MODIS Terra/Aqua

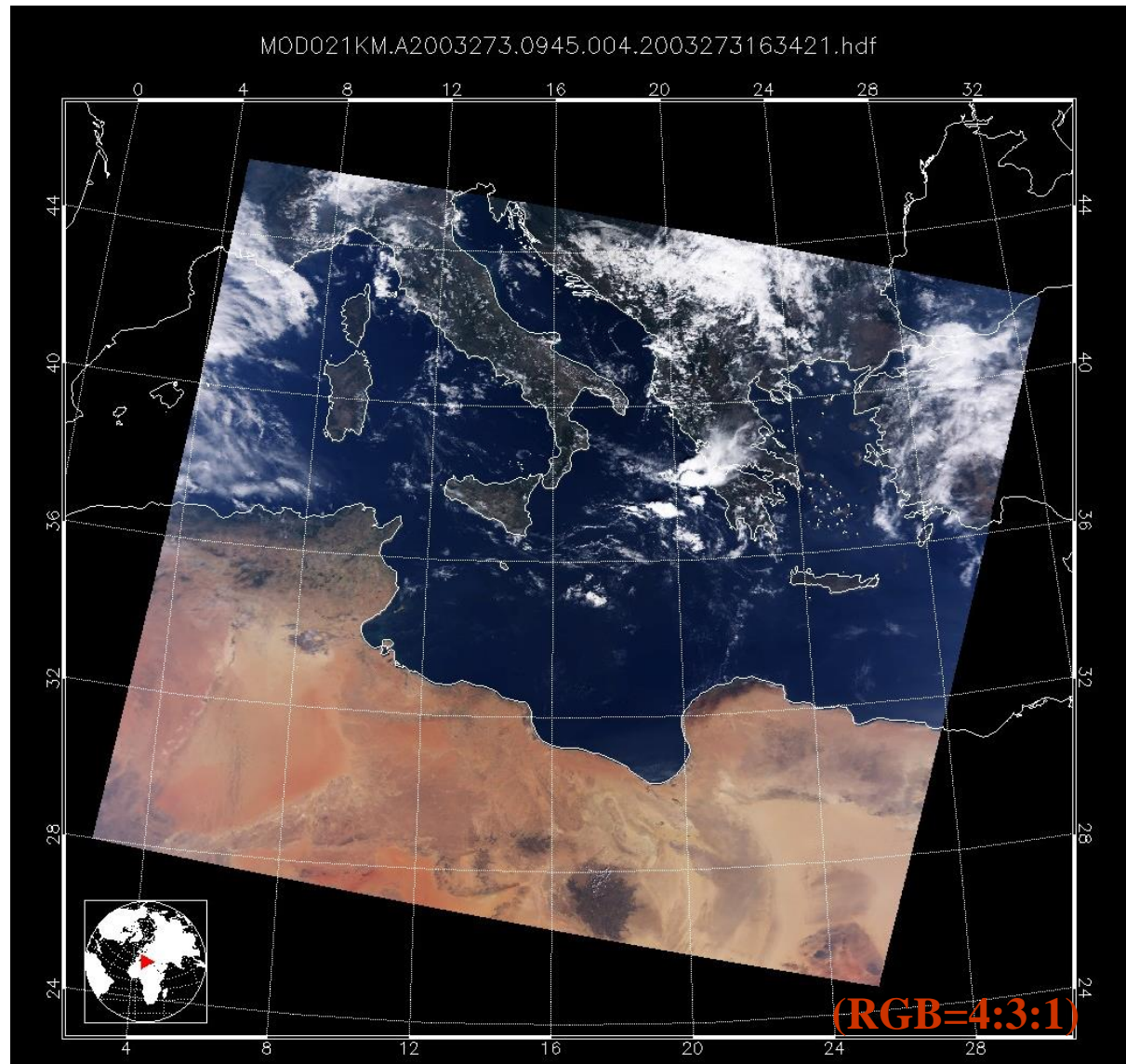
- Fejlesztő: NASA
- Fellövés:
  - 1999 Terra (EOS AM) platform
  - 2002 Aqua (EOS PM) platform
- Felbontás
  - 2 csatorna 250 m (látható, infravörös)
  - 5 csatorna 500 m
  - 29 csatorna 1 km
- Spektrális felbontás: 36 csatorna, 0.4  $\mu\text{m}$  - 14.4  $\mu\text{m}$
- Letapogatás : 2330 km (cross track) by 10 km
- Temporális felbontás : 1,2 nap alatt teljes Földfelszín

# „Egy nap alatt a Föld körül” MODIS mozaik





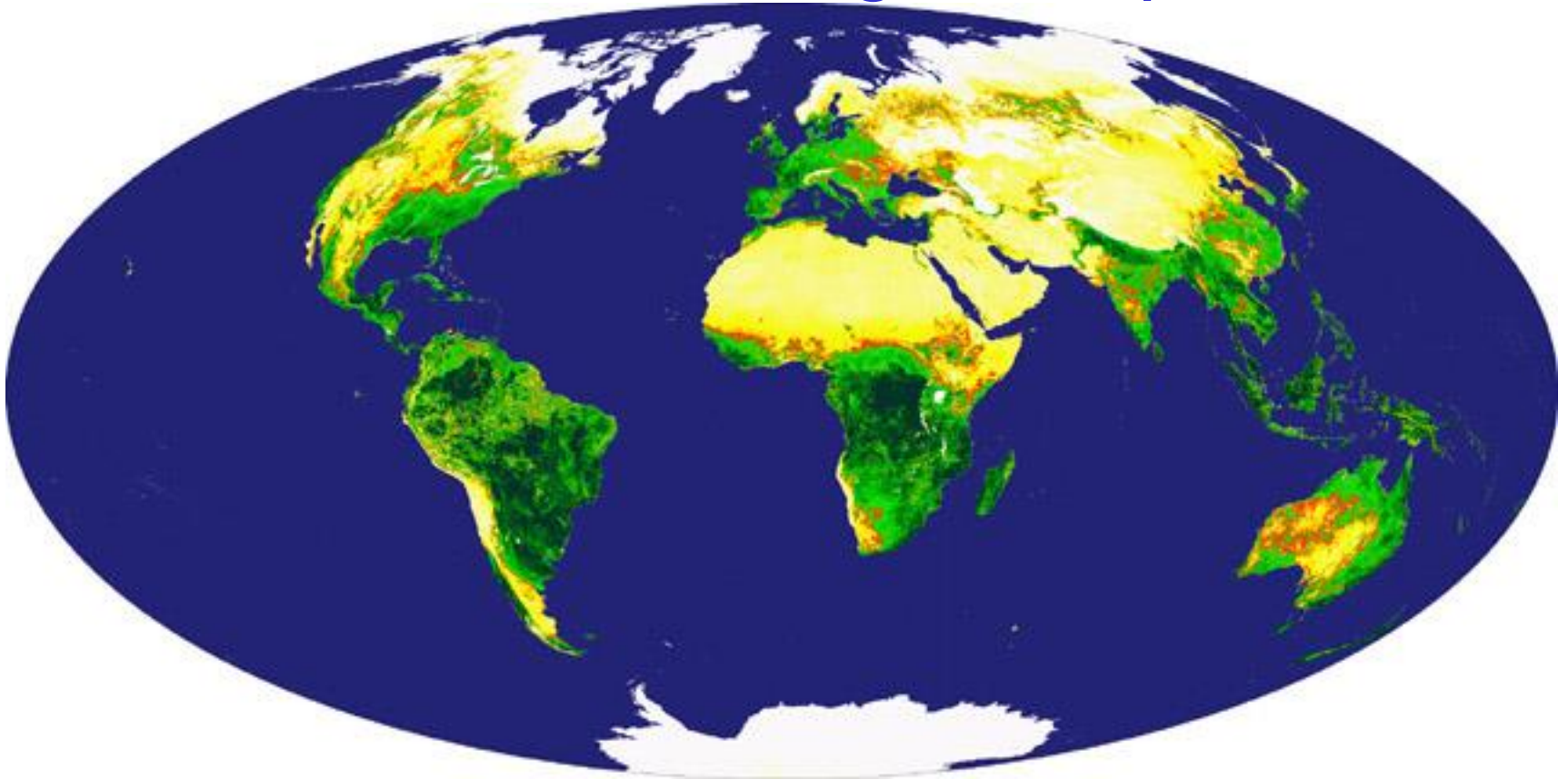
# MODIS L1B Granule Images



# <https://lance.modaps.eosdis.nasa.gov/realtime/>

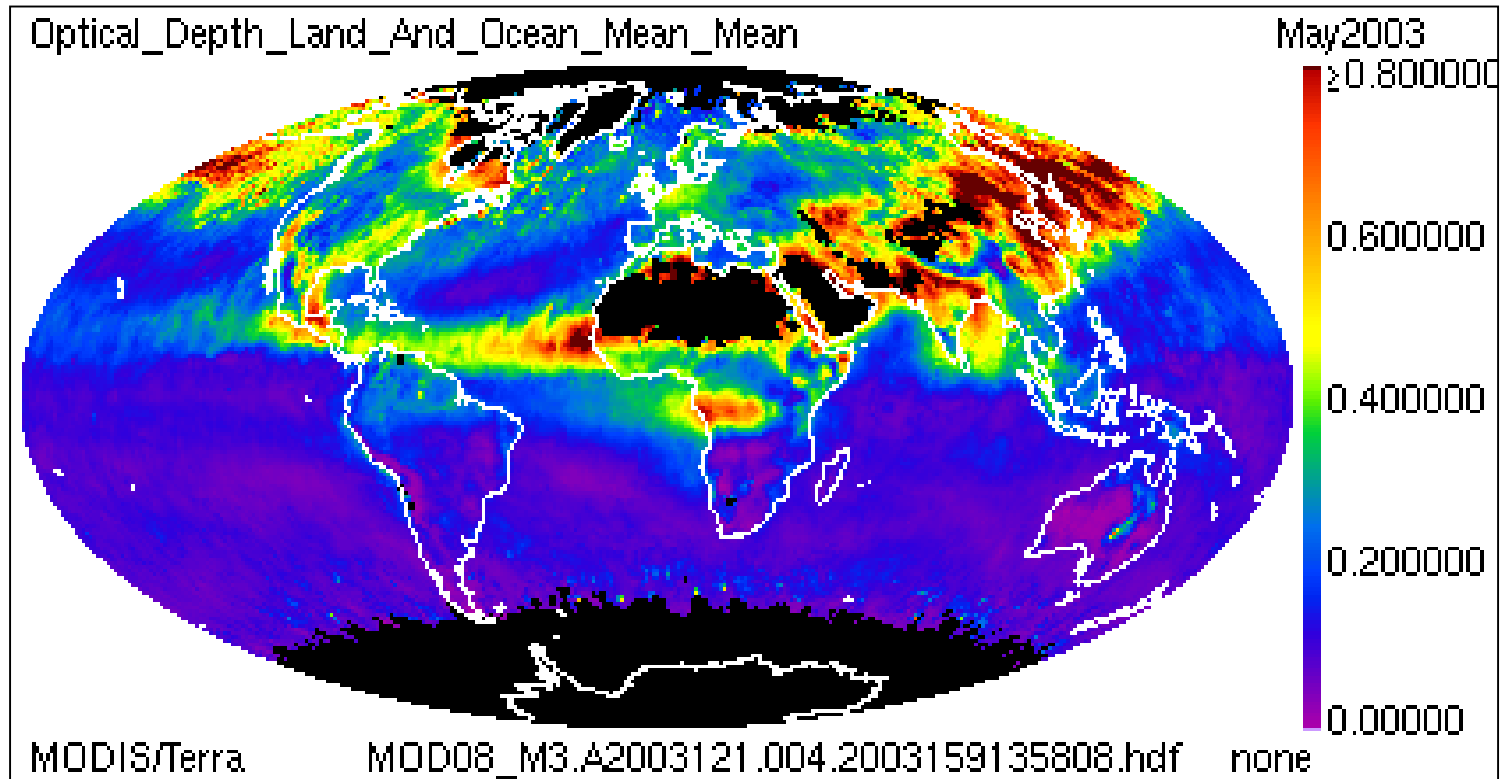
The screenshot displays the NASA Real-time MODIS Rapidfire interface. At the top, the browser address bar shows the URL <https://lance.modaps.eosdis.nasa.gov/realtime/> and the search bar contains the text "modis rapidfire". The main content area is a grid of satellite images, each with a timestamp in UTC. The images show various views of Earth, including cloud cover and landmasses. A globe icon is visible in the center of the grid, representing the current view. The timestamps range from 17:05 UTC to 00:35 UTC in the first row, 18:35 UTC to 00:30 UTC in the second row, 18:30 UTC to 00:25 UTC in the third row, and 18:25 UTC to 00:20 UTC in the fourth row. The bottom of the page shows a partial URL: [https://lance.modaps.eosdis.nasa.gov/cui-bin/imanerv/single.cgi?image=c-refl2\\_143\\_A2016102121000-2016102121500\\_2km.inr](https://lance.modaps.eosdis.nasa.gov/cui-bin/imanerv/single.cgi?image=c-refl2_143_A2016102121000-2016102121500_2km.inr) and a timestamp of 08:30 UTC.

# Remote Sensing Examples



- Global maps of vegetation from MODIS instrument
- [modis.gasfc.nasa.gov](http://modis.gasfc.nasa.gov)

# Remote Sensing Examples



## **MODIS Terra Aerosol Optical Properties for May 2003 (Monthly Global Product)**

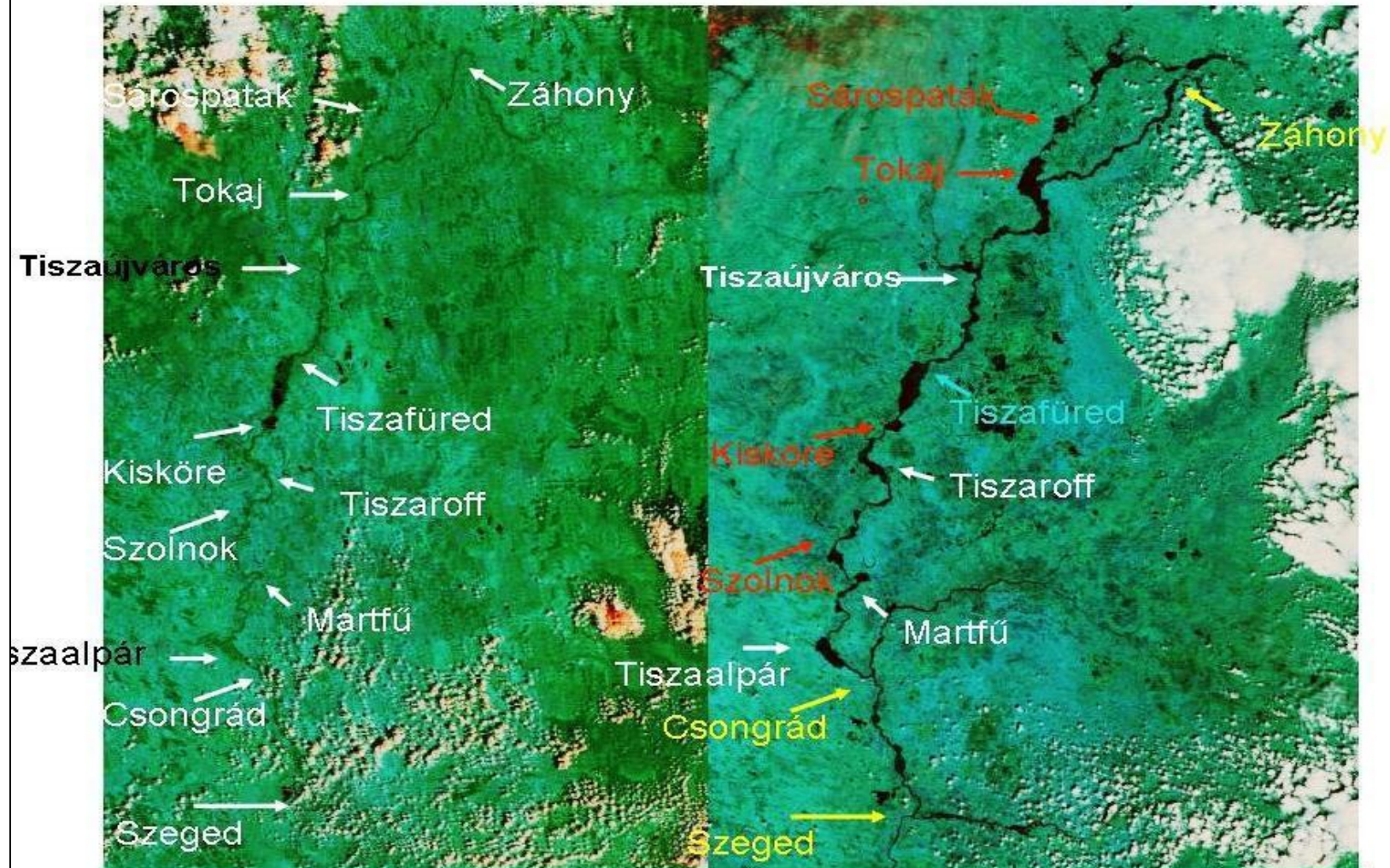
Aerosol Optical Thickness at 0.55 micron derived from MOD04\_L2

# Tisza árvízi helyzete 2006. Április 8. Szombat

Tetőzés: Tokaj 2006.04.08 12:00 892 cm

2003. Augusztus 2. Normál vízállás

2006. Április 8. 11:35 Árvízi helyzet

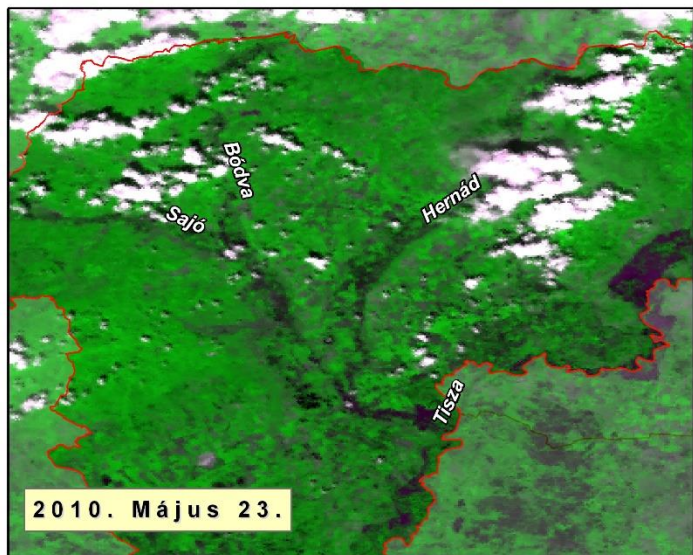


I. fokú Árvízi készültség : (kék)

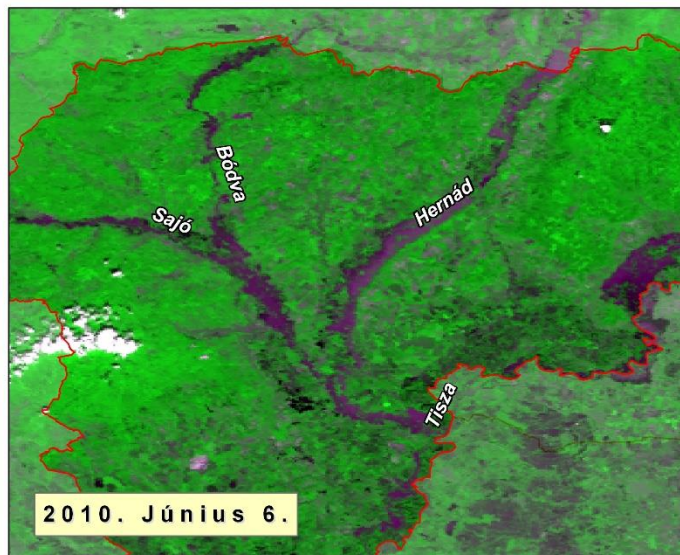
II. fokú Árvízi készültség: Záhony (sárga)

III. fokú Árvízi készültség: Tokaj (piros)

Első árhullám

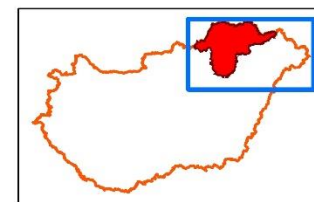
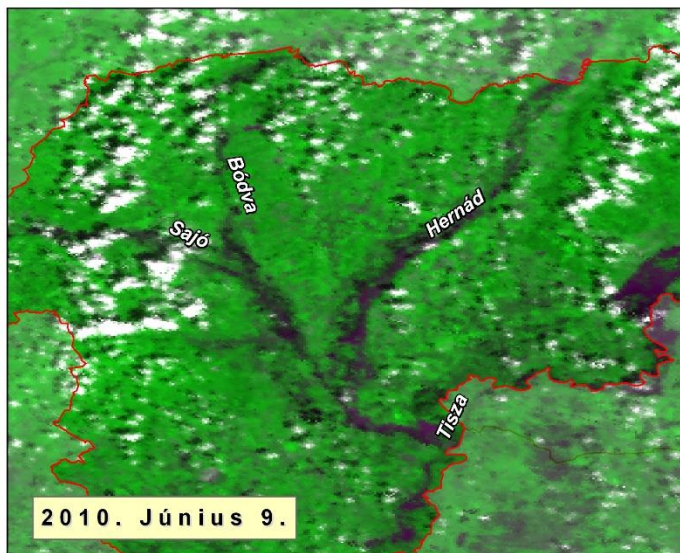
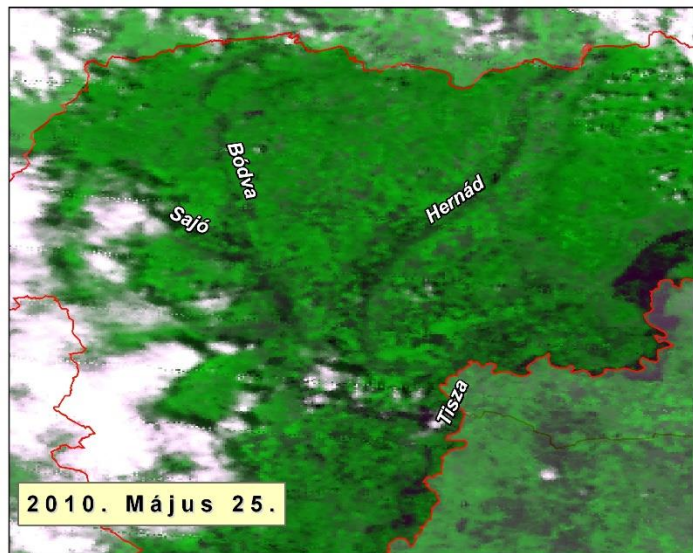


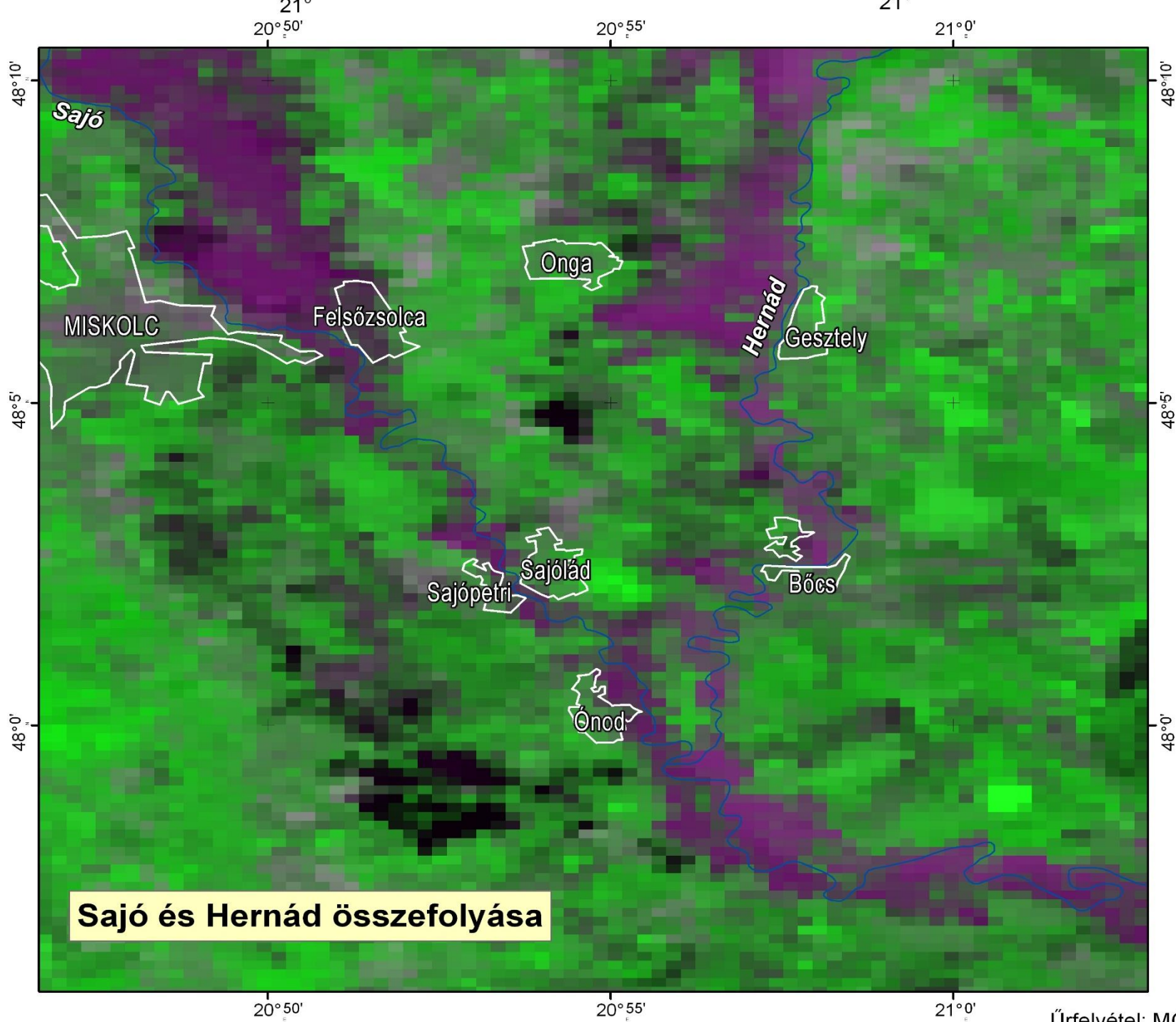
Második árhullám



## Borsod megyei árvízi helyzet űrtérképe

2010 május-  
június





# ENVISAT műholdprogram

- Fejlesztő: Európai Űrügynökség (ESA)
- Felsővétel: 2002 március (Francia Guayana)
- Kommunikáció elvesztése: 2012 április (űrszemét)
  - 9 különböző szenzor
  - MERIS (soros szkennel)
- Magasság: 790 km
- Felbontás 300m
- Spektrális felbontás: 15 csatorna, látható, infravörös
- Képméret :1150 km
- Temporális felbontás : 3 nap alatt teljes Földfelszín





# Kanári-szigetek erdőtűz Tenerifén 2007

