



# Svět očima satelitů

aneb pohled z „vesmíru“ na Zemi

Kateřina Tajovská  
Geografický ústav  
Přírodovědecká fakulta  
Masarykova univerzita  
[katkatajovska@email.cz](mailto:katkatajovska@email.cz)



# Obsah prezentace

- **Jaké máme druhy satelitů**
- **Co je to DPZ a jak funguje snímání satelitních dat**
- **Kde satelity pomáhají**
- **Představení některých satelitních systémů**
- **Dostupné zdroje satelitních dat**
- **Možnosti vizualizace dat (PC, aplikace na smartphony)**
- **Zábavný testík netradičních pohledů na Zemi**

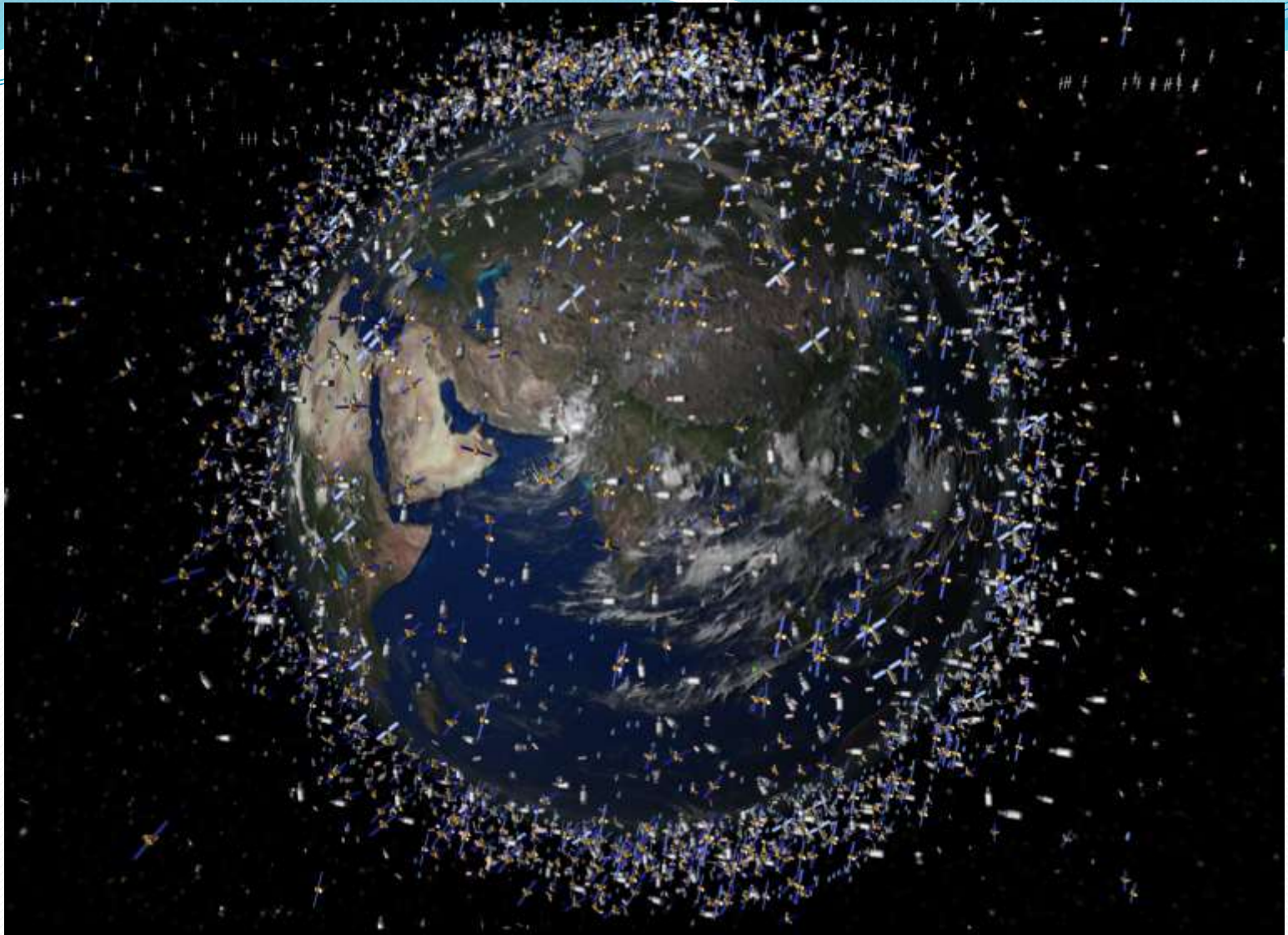
# Satelity všude kolem nás

- Různé satelitní systémy a sítě:
  - satelitní komunikační systémy
  - satelitní navigační systémy (GPS, Glonass, Galileo, Beidou)
  - geodetické družicové systémy
  - družicové systémy pro pozorování Země (Earth Observation)
  - špionážní satelitní systémy
- Různé velikosti, oběžné dráhy, mise
- V roce 2019 téměř 5 000 satelitů, z toho 1957 aktivních (40%)  
<https://www.pixalytics.com/satellites-orbiting-earth-2019/>  
správa OSN (UNOOSA) <http://www.unoosa.org/>

Komunikace: 777 satelitů.  
Pozorování Země: 710 satelitů  
Technologický vývoj: 223 satelitů.  
Navigace: 137 satelitů.  
Výzkum vesmíru: 85 satelitů  
Vědy o Zemi: 25 satelitů

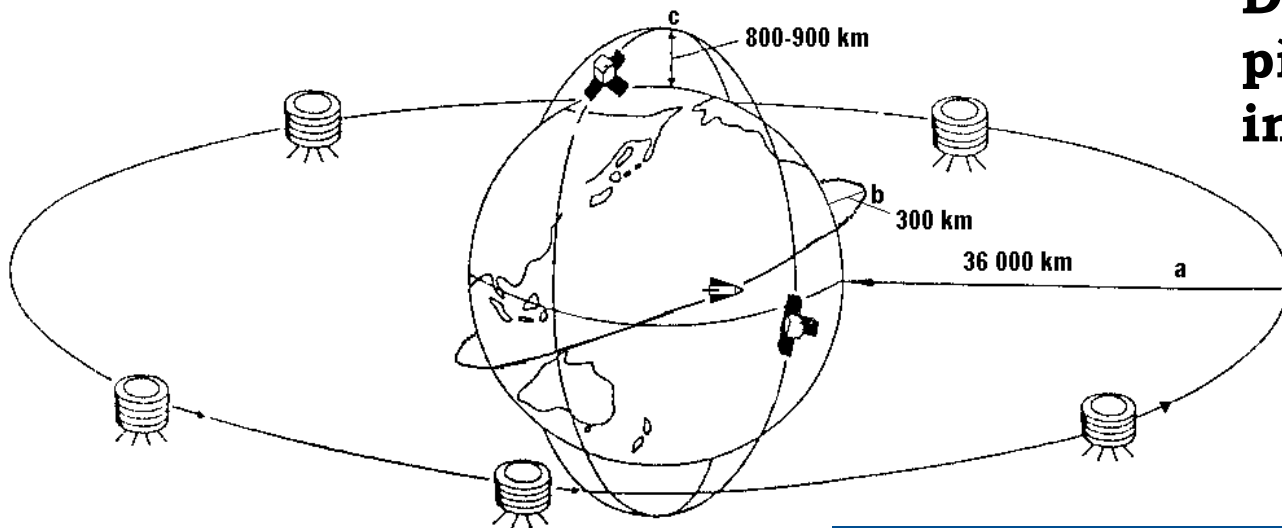
848 satelitů komerční využití  
540 vládní  
422 vojenské  
147 civilní





<http://stuffin.space/>

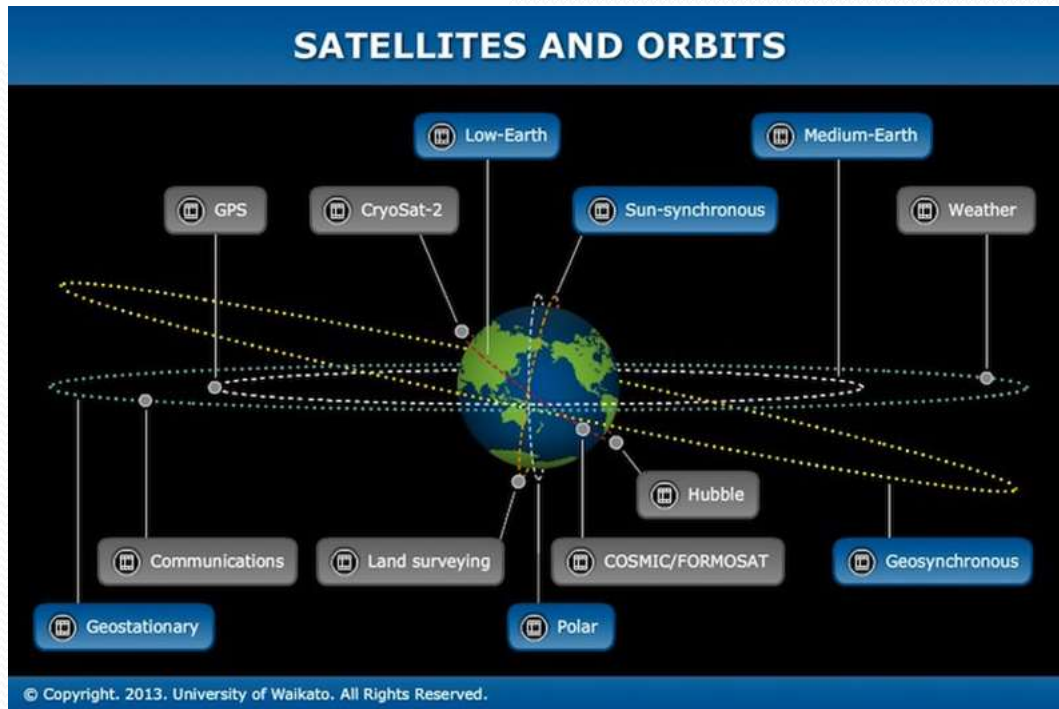
# Oběžné dráhy družic



Dráhu charakterizuje především výška a inklinace

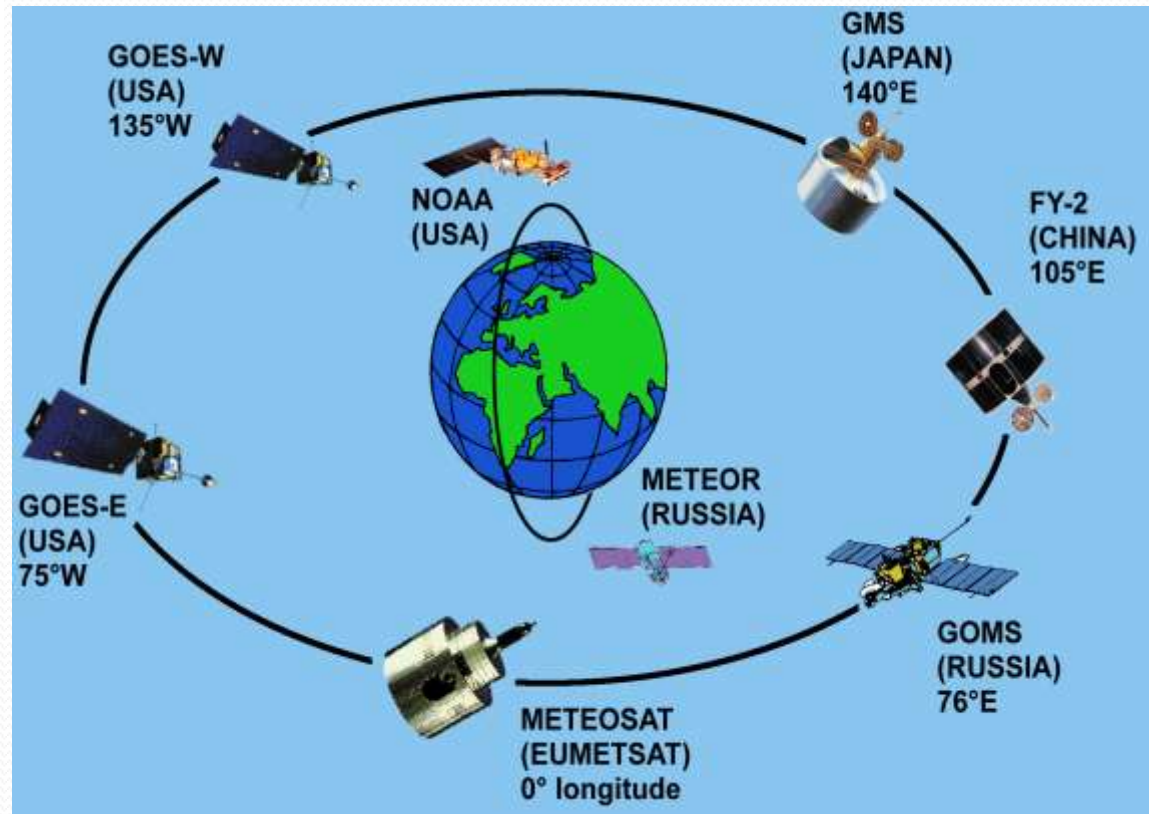
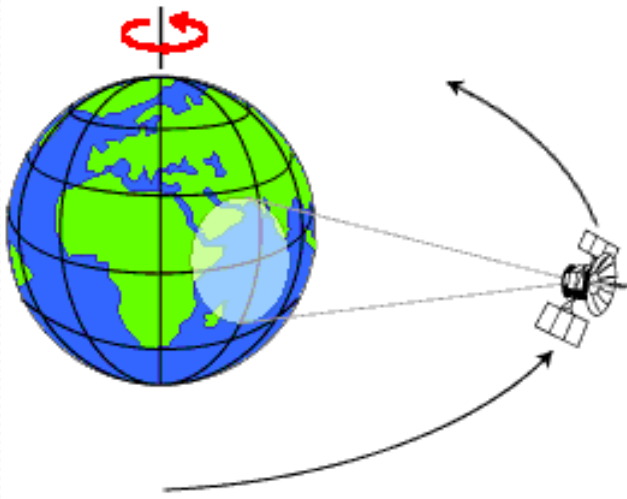
- dráhy rovníkové
- dráhy šikmé
- dráhy subpolární

- LEO – 150-2000km
- MEO – 2-35 tis. km (nejčastěji okolo 20 tis – navigační družice)
- GEO - zhruba 35800km
- HEO - nad 35 tis. (hřbitov)
- další specifické dráhy např.  
<http://www.kosmonautix.cz/2013/02/maly-pruvodce-po-obeznych-drahach/>
- <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Orbitalaltitudes.jpg>



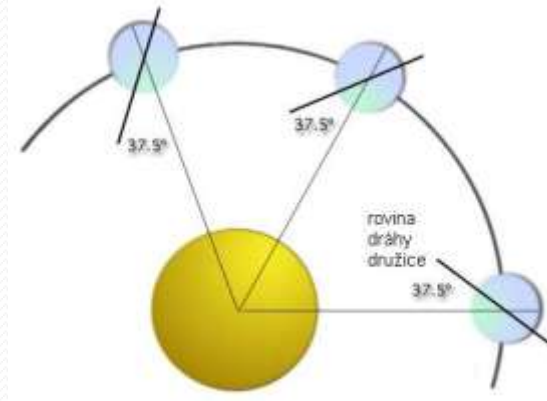
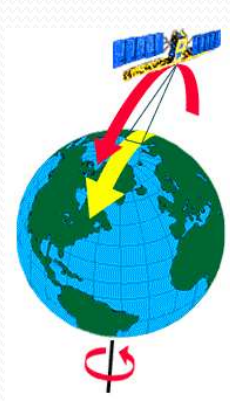
# Geostacionární dráhy (rovníkové)

- Většinou meteorologické družice



# Subpolární dráhy

- Družice pro výzkum přírodních zdrojů Země
- Heliosynchronní, několik družic na jedné orbitě



[http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2016/o8/Sentinel-2\\_global\\_coverage](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2016/o8/Sentinel-2_global_coverage)

## Šikmé dráhy

- Většinou speciální mise, navigační satelity, komerční satelity (lety na přání)
- Nízká orbita, vyšší prostorové rozlišení



# DPZ – dálkový průzkum Země (Remote Sensing)

- Několik definic:

**Dálkový průzkum Země (DPZ) se zabývá pořizováním leteckých a družicových snímků, jejich zpracováním a analýzou za účelem tvorby topografických či tematických map.**

**Dálkový průzkum je nejdražší způsob, jak vytvořit obrázek. (dnes už ani tolik ne)**

**Dálkový průzkum je umění rozdělit svět na množství malých barevných čtverečků, se kterými si lze hrát na počítači s cílem odhalení jejich neuvěřitelného potenciálu.**

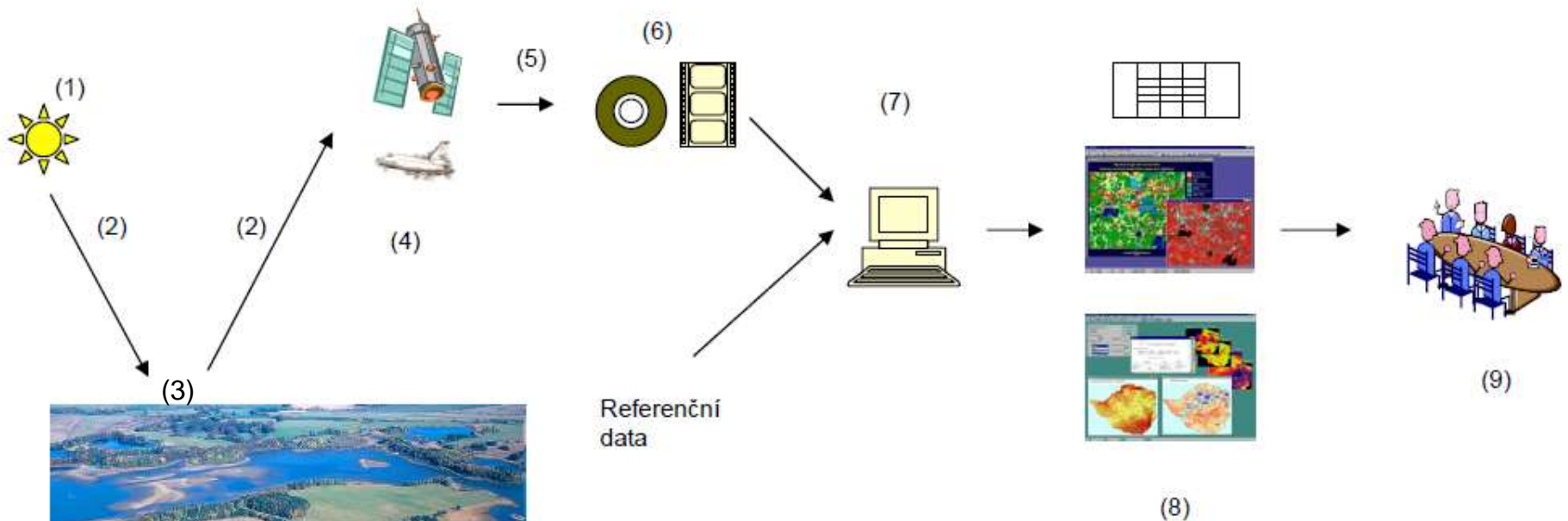


# Složení systému a technologie DPZ

## DPZ se skládá ze tří částí:

- část **kosmická** - pořizování a sběr dat
- část **zpracovatelská** – přenos a prvotní předzpracování dat na přijímacích stanicích
- část **uživatelská** – analýza obrazových dat (např. tvorba tematických a topografických map). Výstupy analýz jsou využívány v nejrůznějších oborech lidské činnosti, například v oblasti ochrany přírody a životního prostředí, v územním plánování, při studiu vegetace v lesnictví a zemědělství, pro tvorbu map a modelů reliéfu, při monitoringu přírodních katastrof (sopečná činnost, požáry, povodně) a atmosférických jevů (sledování ozonové vrstvy, hurikánů apod.). Další aplikace??

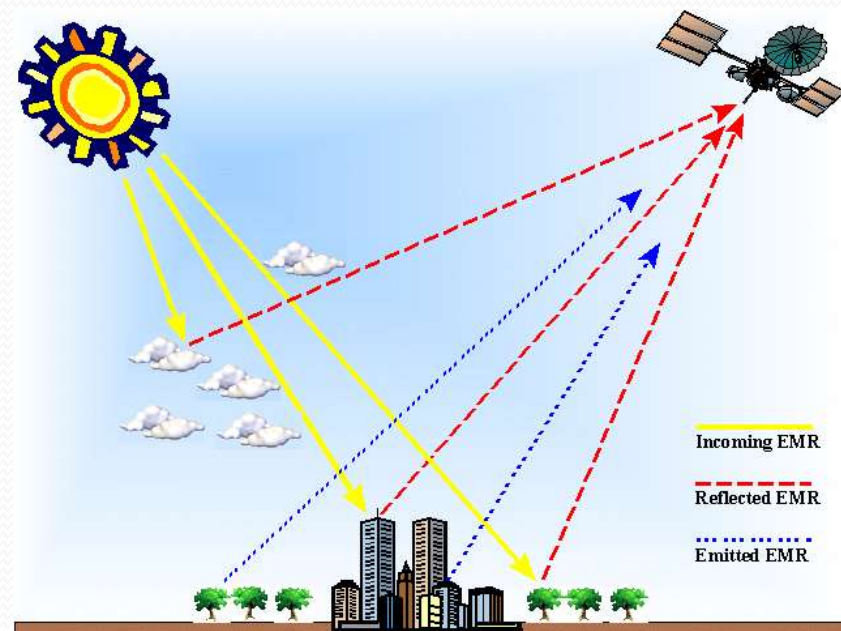
# DPZ – proces získávání a analýzy dat



1. Zdroj energie
2. Průchod atmosférou
3. Interakce se zemským povrchem
4. Záznam záření senzorem
5. Přenos dat
6. Záznam a distribuce dat
7. Zpracování, interpretace, analýza
8. Výstupy
9. Využití

# Metody DPZ

- Aktivní – vlastní zdroj záření (lasery, radary)
- Pasivní – odražené sluneční záření a emitované záření vlastních objektů



# Snímky včera a dnes

- Počátky už v době vynálezu fotografie
- Umělé družice až v 50. letech 20. století (analogový záznam)
- Digitální věk od 70. let (předchůdce Landsatu)
- Moderní věk – různorodé aplikace, rozlišení aj.

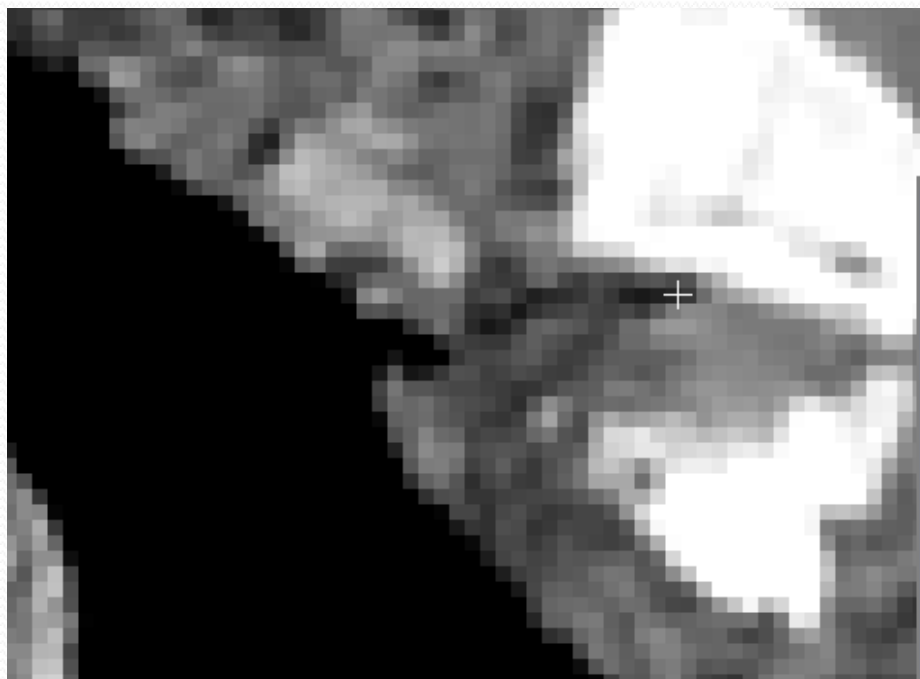
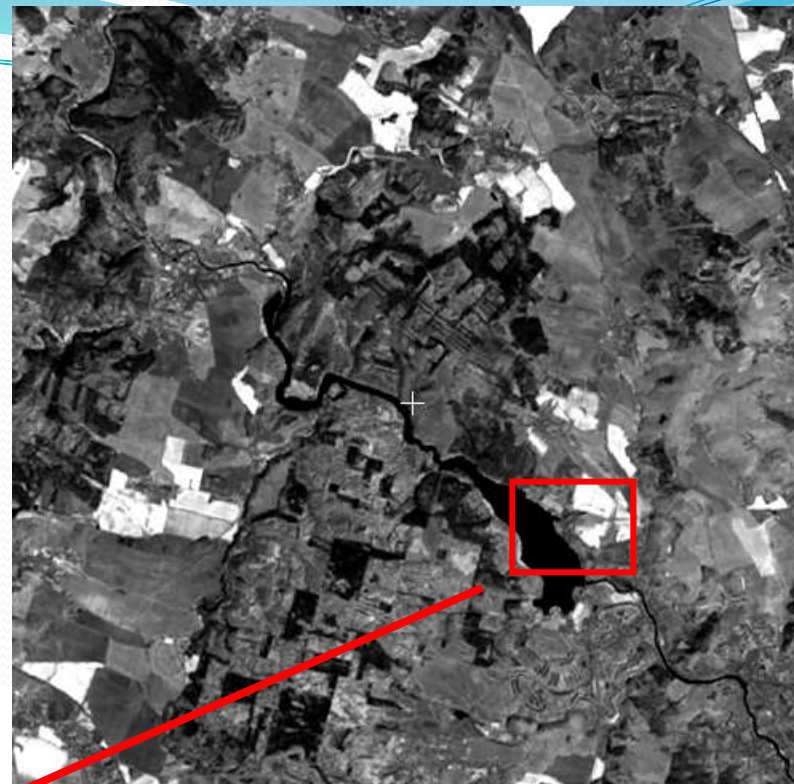




# Fyzikální podstata DPZ

Objekty o sobě vydávají informace prostřednictvím tzv. silových polí. V DPZ se zaznamenává elektromagnetické pole (záření). Toto záření se v přírodě vyskytuje v rozličných formách a je ovlivňováno atmosférou.

Snímek je pak chápán jako záznam měření intenzity elektromagnetického záření (odraženého či emitovaného) v určitém intervalu spektra.



Digital Image Display

Image Plane 4

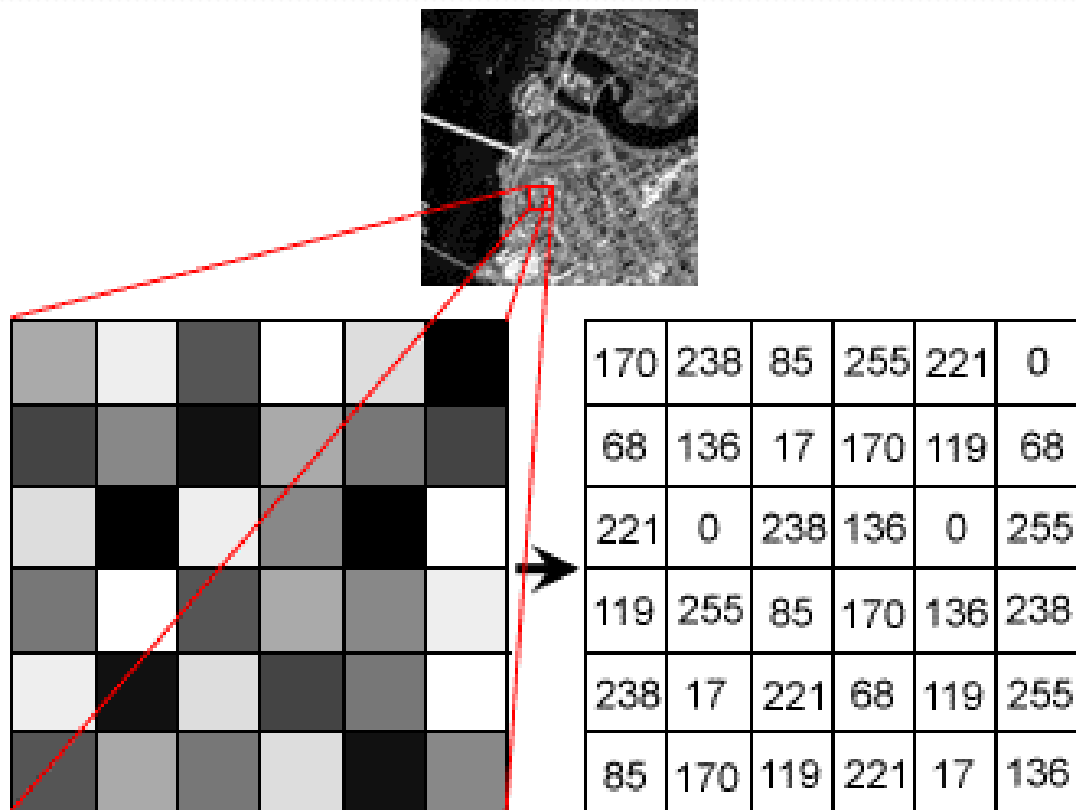
136	149	154	174	178	178	172
103	117	127	138	136	147	145
67	74	76	71	75	102	118
53	50	53 ( 55)	63	86	103	
70	64	78	93	99	98	96
86	86	102	105	105	101	97
85	85	93	95	97	99	98

Apply LUT Type?

Raw Data     Enhanced Data

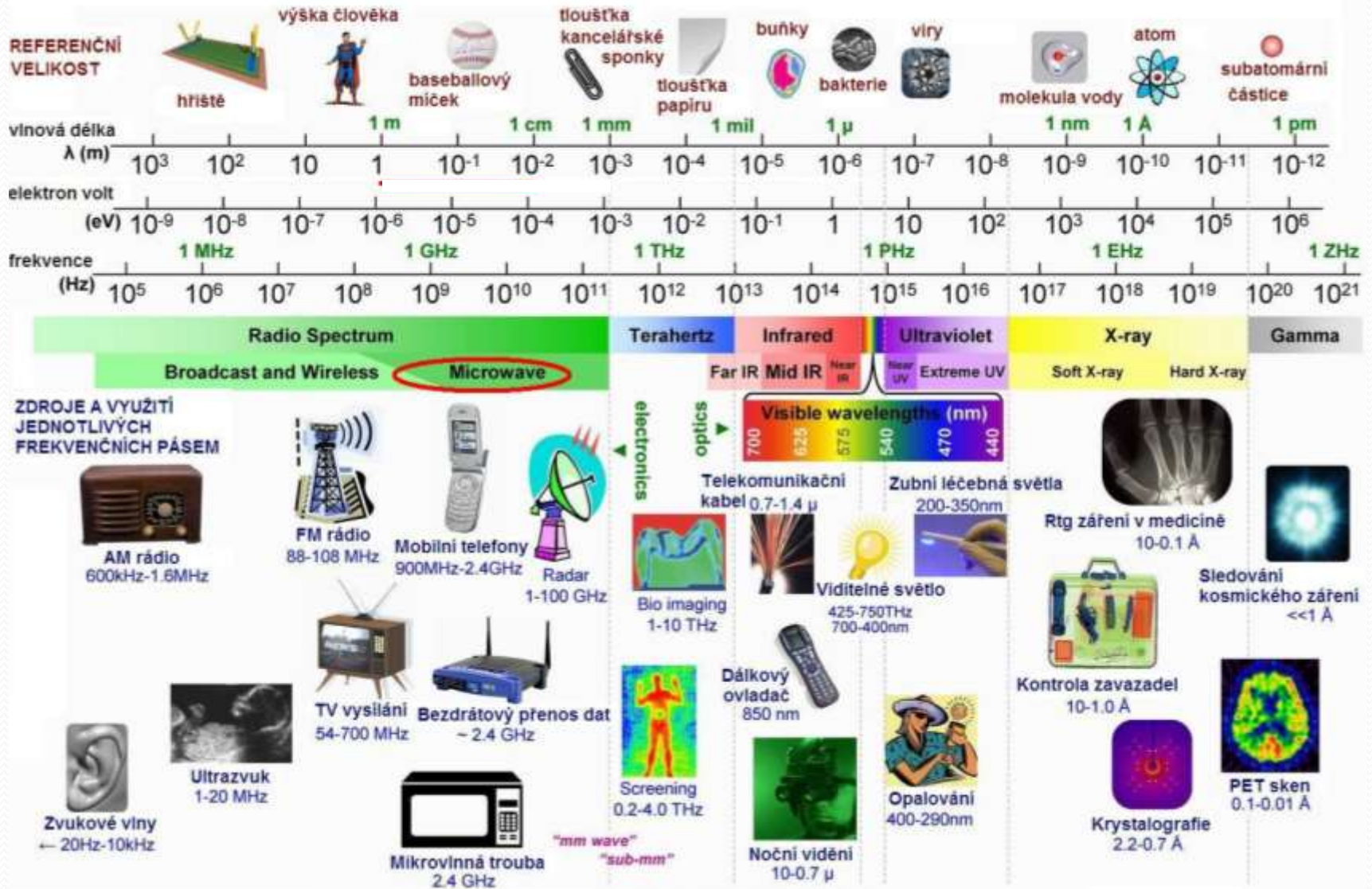
Close    Help

# Digitální snímek



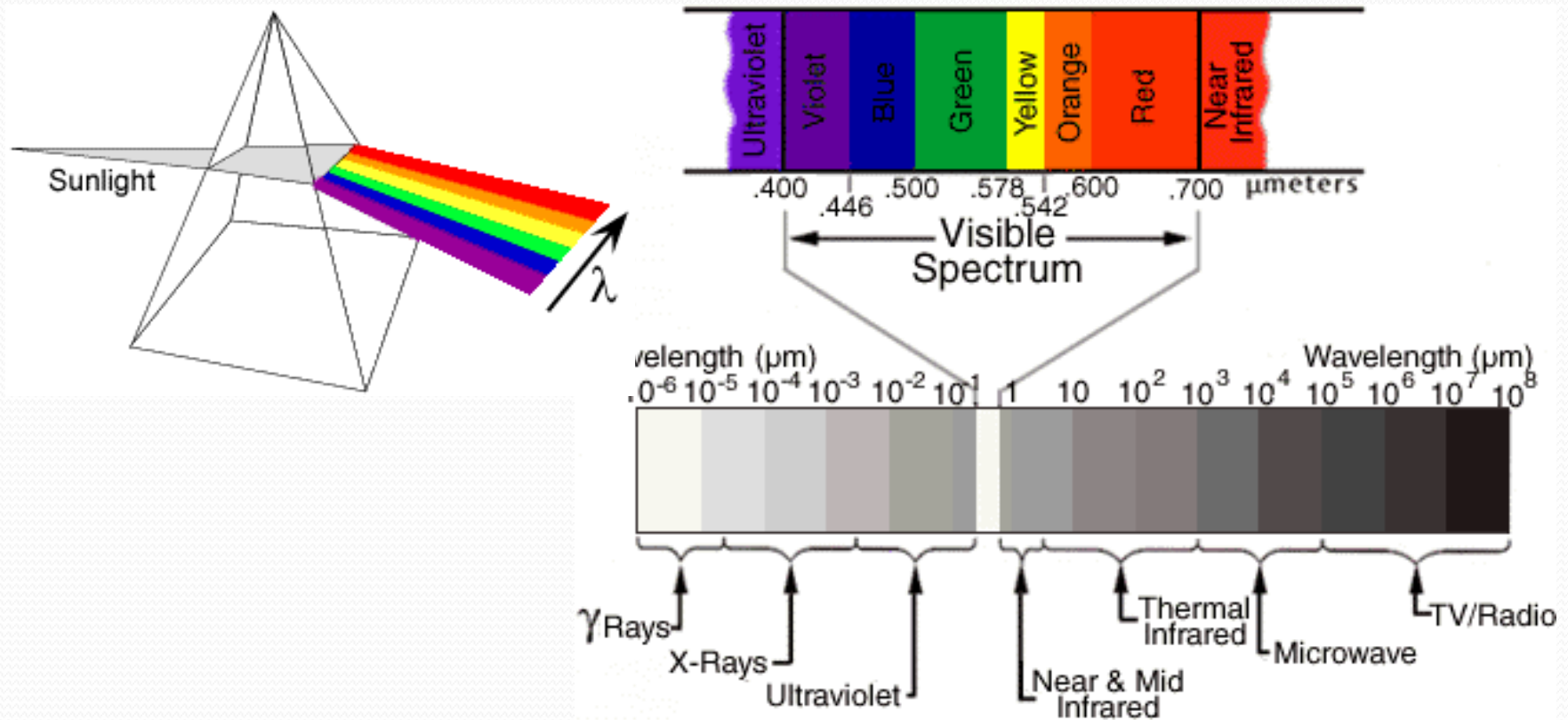
**Digitální snímek se skládá z množství tzv. obrazových prvků (pixelů). Každý pixel nese jedno číslo – toto číslo je prezentováno jako odstín šedi – DN hodnota – digital number**

# Fyzikální podstata



# Elektromagnetické spektrum

Snímky zaznamenávají intenzitu elektromagnetického záření v určité vymezené části (intervalu) spektra.



V současnosti se využívá v DPZ záření v intervalu vlnových délek zhruba od 0,1 mikrometrů do 1 metru



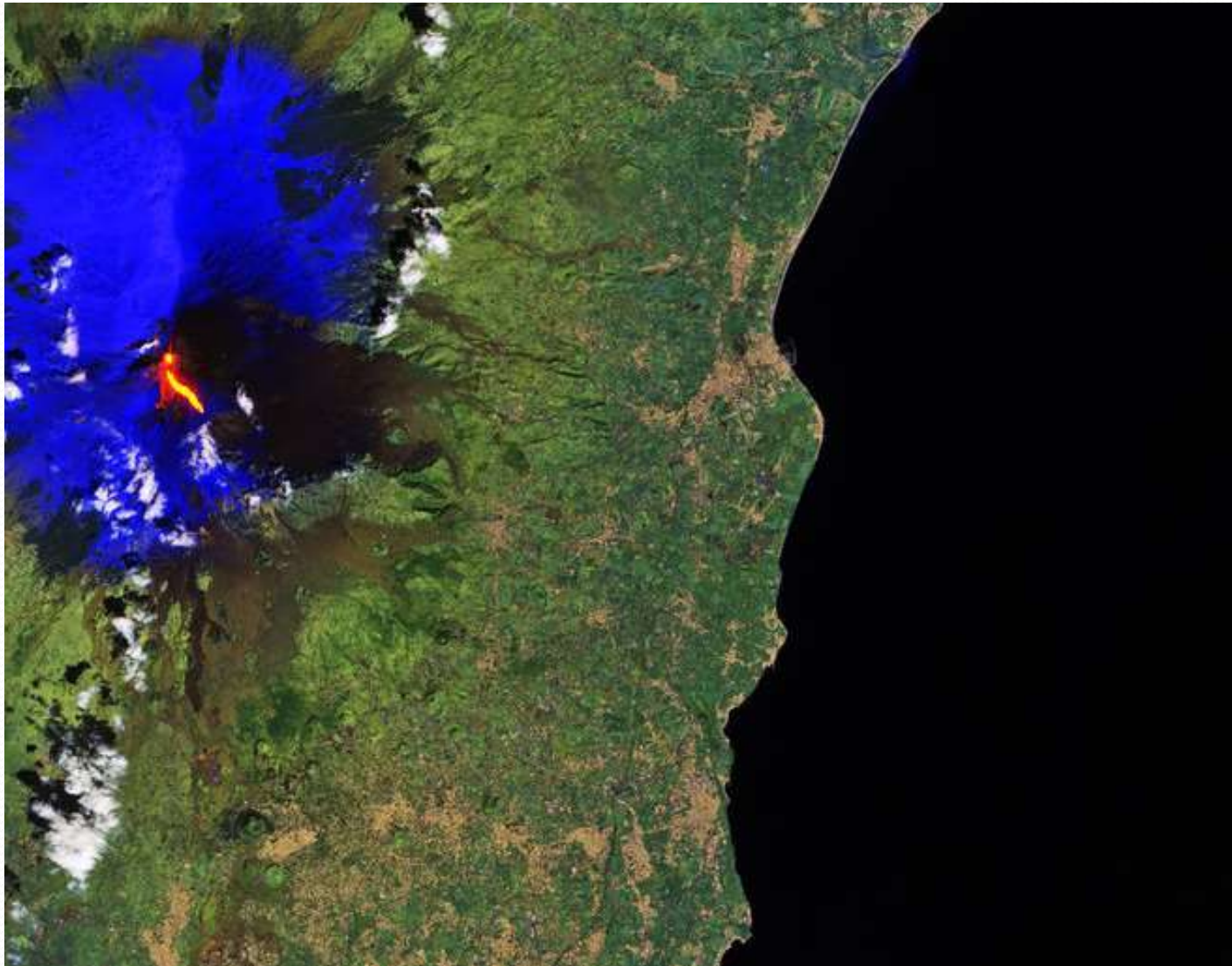
# Základní oblasti spektra využitelné v DPZ

V důsledku vlivů atmosféry (pohlcování, rozptyl záření) lze snímky vytvářet pouze v určitých částech spektra:

- **ultrafialové záření (0,1 - 0,4  $\mu\text{m}$ )**
- **viditelné záření (0,4 - 0,7  $\mu\text{m}$ )**
- **infračervené záření blízké (0,7 - 1,4  $\mu\text{m}$ )**
- **infračervené záření střední (1,4 - 3  $\mu\text{m}$ )**
- **tepelné záření (3  $\mu\text{m}$  - 1 mm)**
- **mikrovlnné záření (1 mm - 1m)**

# Ukázky optických dat Sentinel2

Erupce Etny 16/03/2017



[http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2017/03/Etna\\_erupts](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2017/03/Etna_erupts)



# Monitoring zemědělství Španělsko



[http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/12/Agricultural\\_monitoring\\_in\\_Spain](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/12/Agricultural_monitoring_in_Spain)

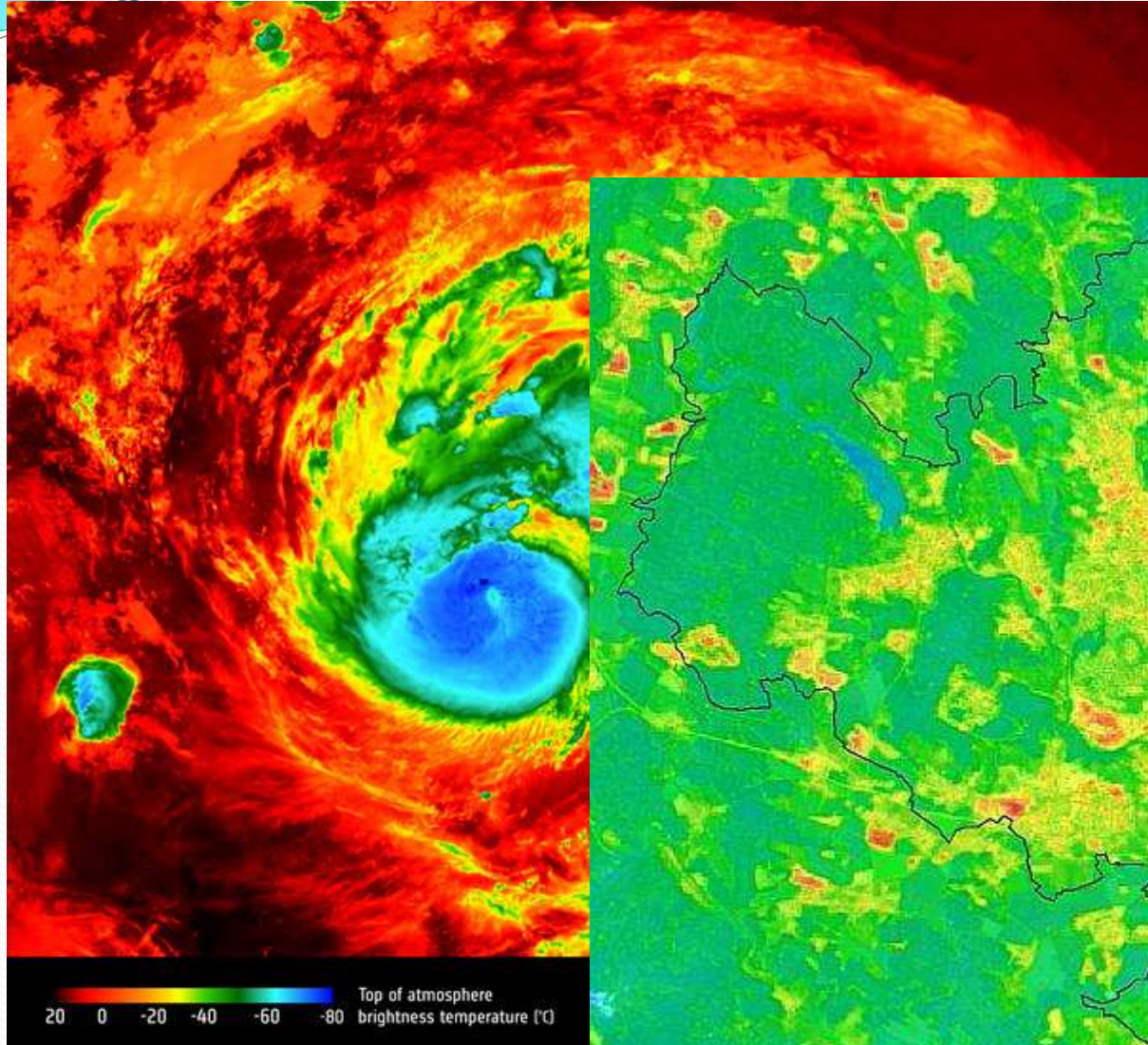


# Mapa pokryvu Chiapas Mexiko

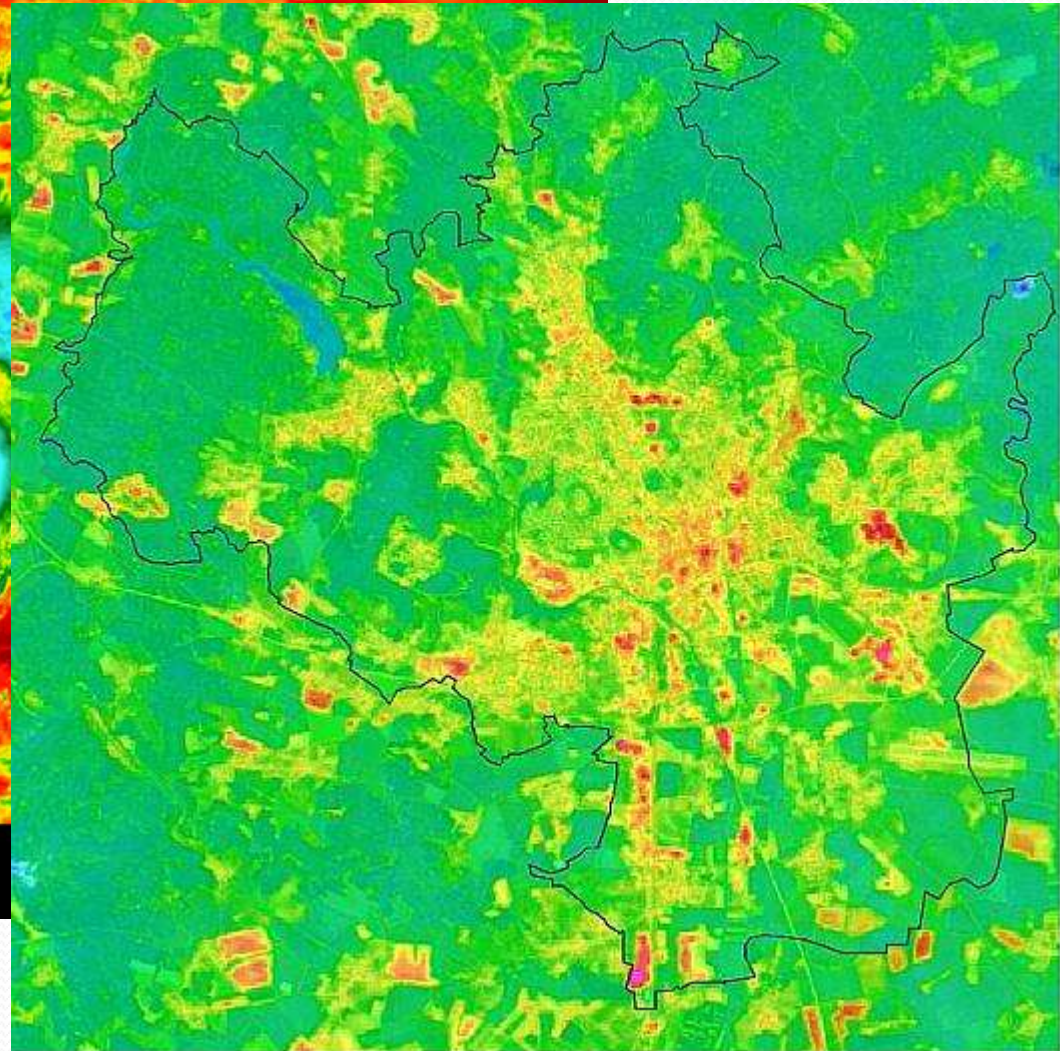




# Termální část spektra



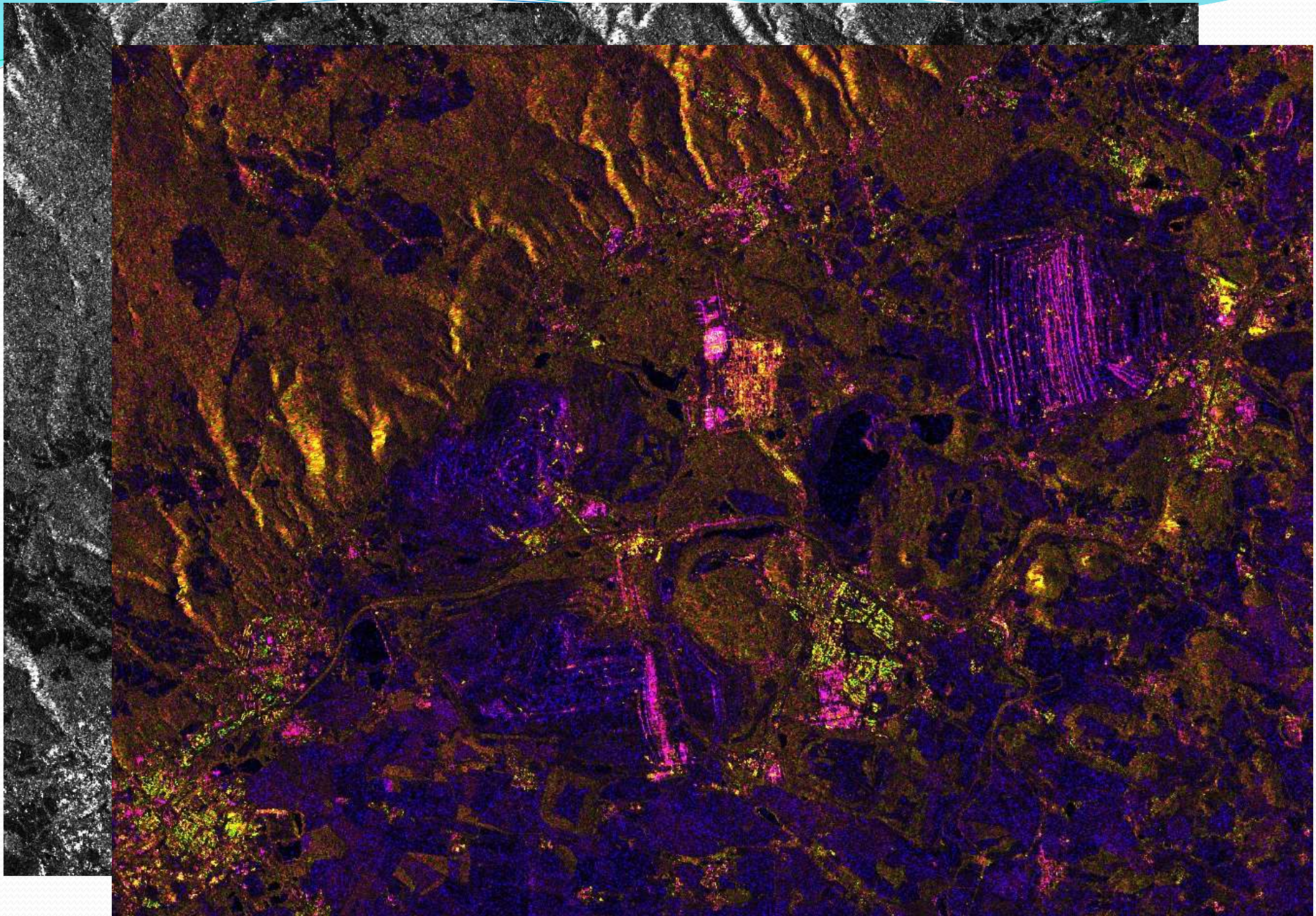
termální mapa Brna v létě



[http://www.esa.int/spaceimages/Images/2017/08/Hurricane\\_Harvey](http://www.esa.int/spaceimages/Images/2017/08/Hurricane_Harvey)

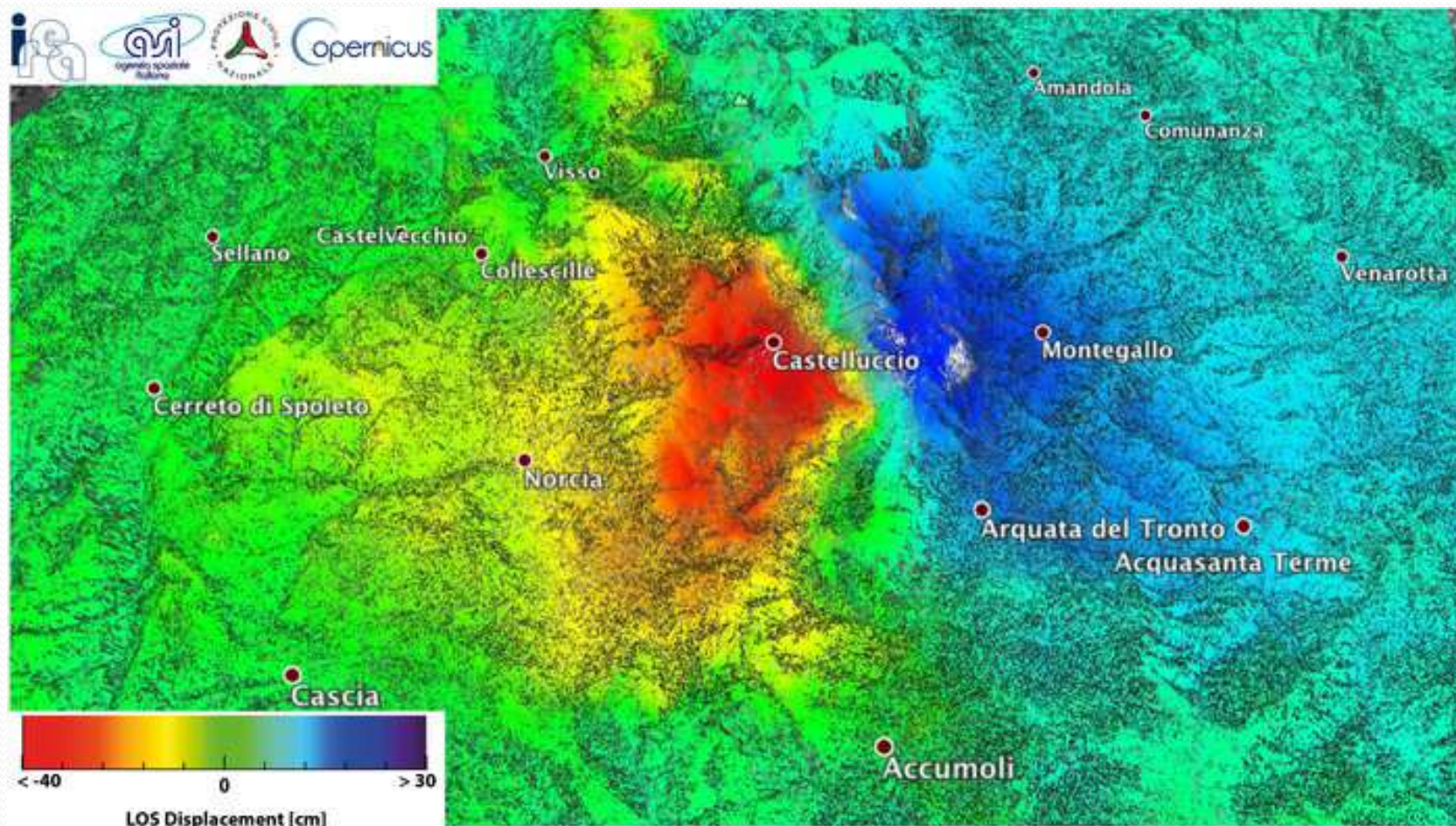


# Radarové snímky Sentinel 1 - Most





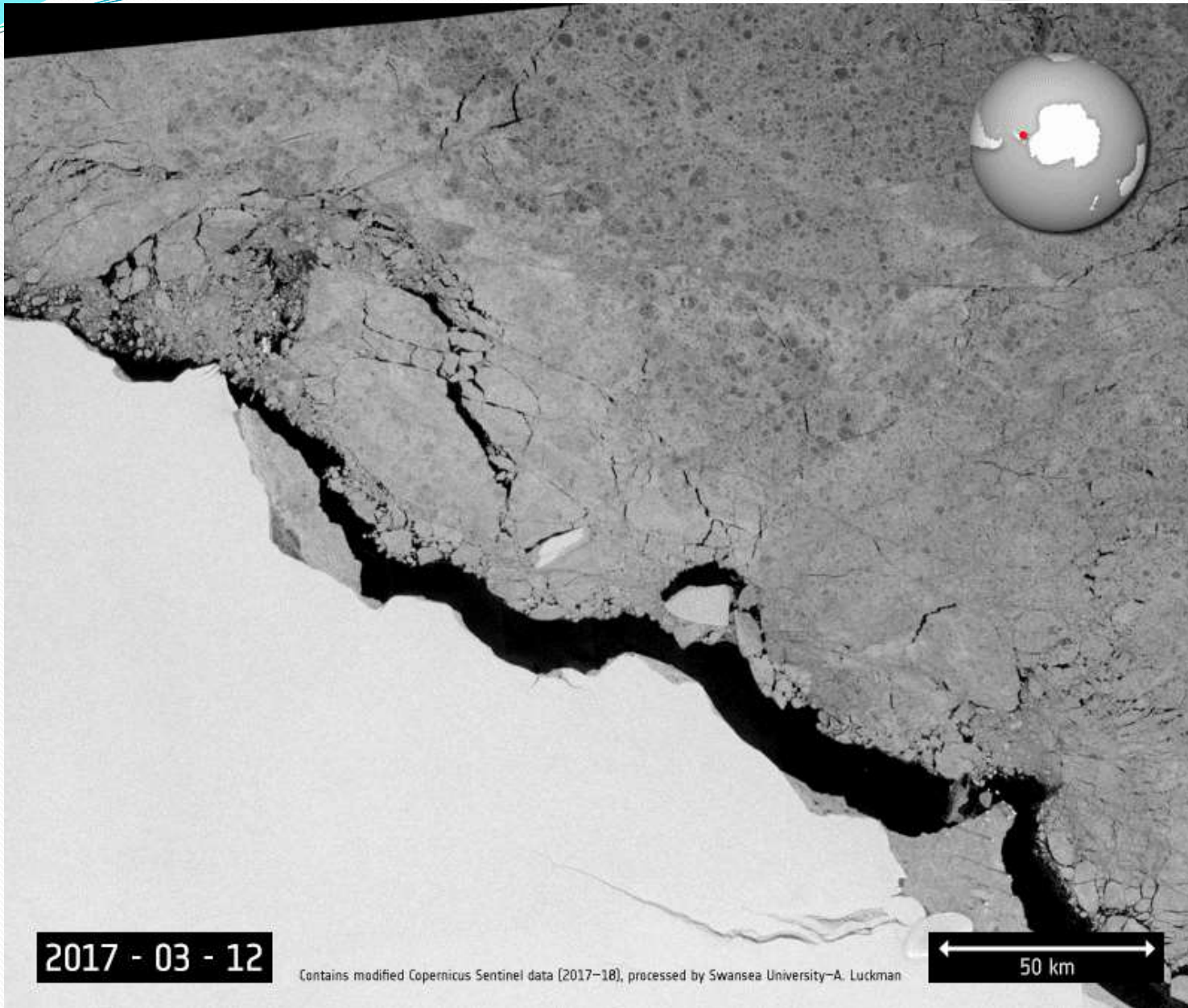
# Ukázky zpracování radarových dat Sentinel1



Vertikální posuny při zemětřesení v Itálii 2016 (26.10. a 1.11)

[http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/11/Mapping\\_Italy\\_s\\_30\\_October\\_2016\\_earthquake](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/11/Mapping_Italy_s_30_October_2016_earthquake)

# Odlomení části ledovce Larsen – C - Antarktida



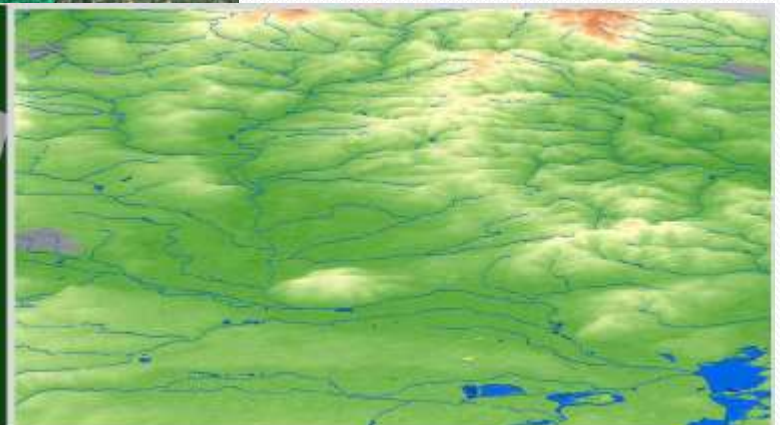
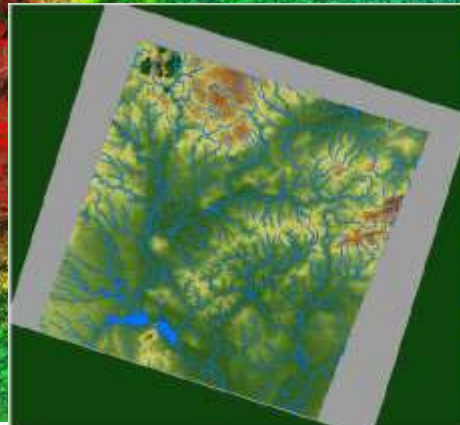
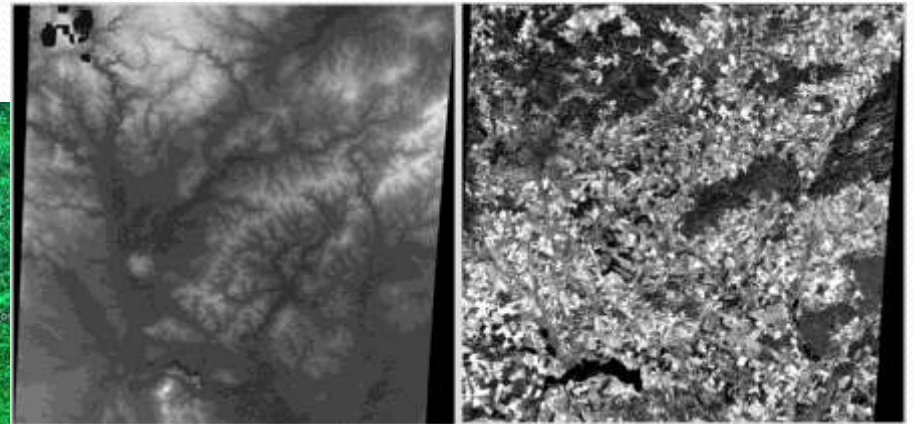
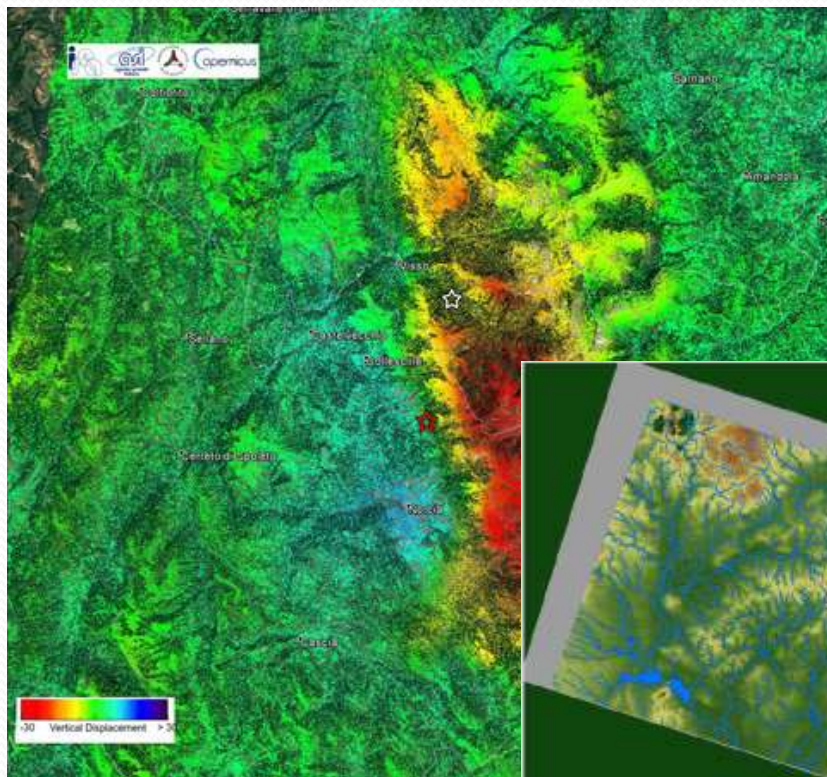


# Hlavní oblasti aplikací

- **Produkce tematických map: mapování druhů povrchů, studium vegetace – lesnictví a zemědělství, cílené zemědělské hospodaření (precision farming), ochrana ŽP, geologie a geomorfologie, hydrologie, klimatologie, glaciologie, biogeografie, meteorologie, humanitární mapování, krizové řízení, vojenské aplikace a spousta dalších...**
- **Produkce topografických map: družice - od měřítka 1:10000 – územní plánování, urbánní studie, rozvoj měst.**
- **Tvorba modelů terénu**
- **Nedílná součást tematických vrstev GIS (analýza, modelování)**

# Aplikace v oblasti geologie a geomorfologie

- Dokumentace sesuvů a výsypek (SHR)
- Dokumentace geologických zlomů na zemském povrchu, sledování poklesů, zemětřesení
- Tvorba výškových modelů terénu z obrazových záznamů

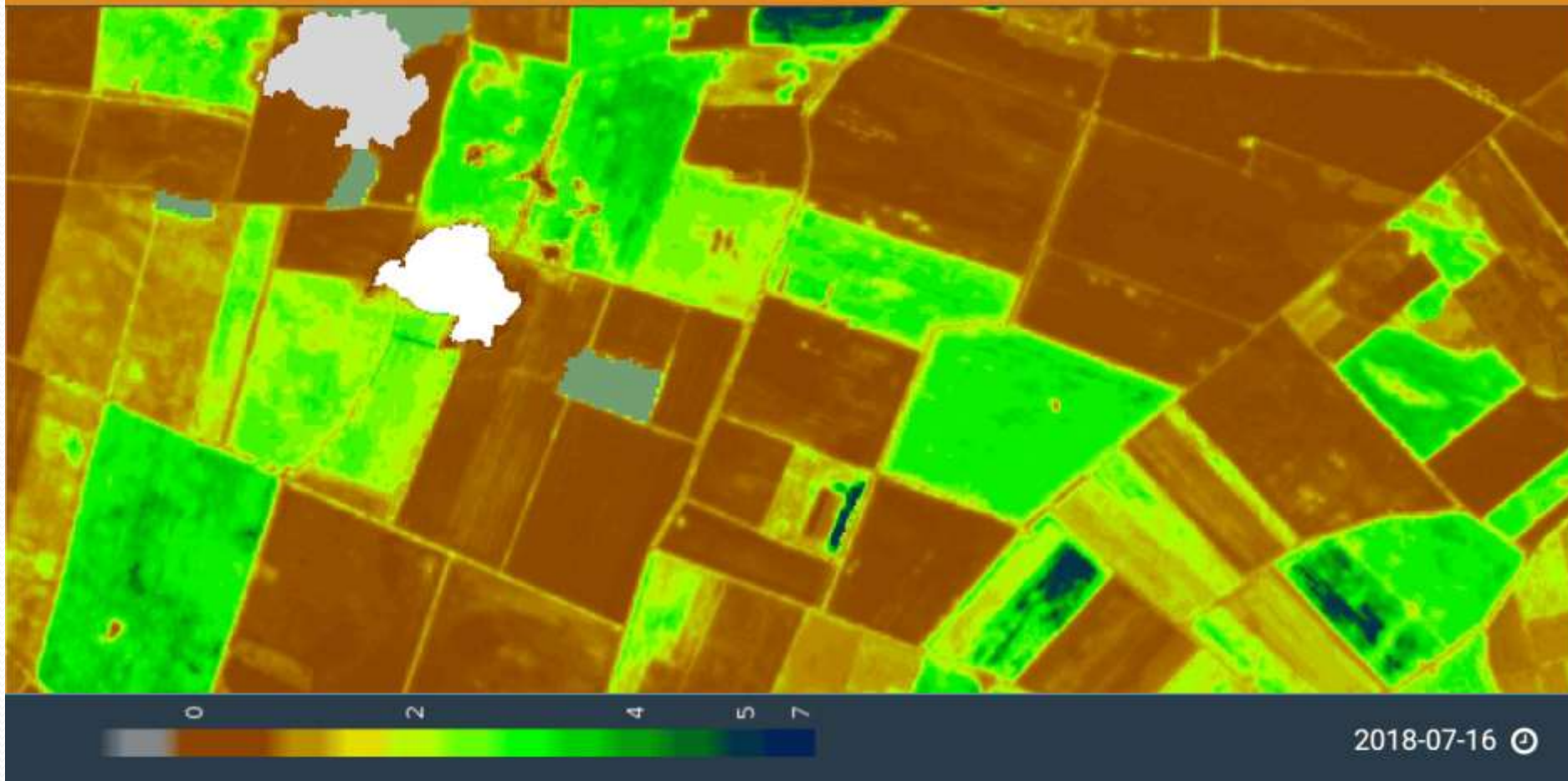


# **Aplikace v oblasti zemědělství**

- **Určování stavu zamokření zemědělské půdy**
- **Dokumentace vymrzání ozimů a ovocných sadů**
- **Odhady výnosu vybraných zemědělských plodin**
- **Identifikace starých melioračních řádů**
- **Určování fenologických fází rostlin**
- **Sledování obsahu hnojiv a vody**
- **Sledování zdravotního stavu vegetace**



# Precizní (cílené zemědělství)

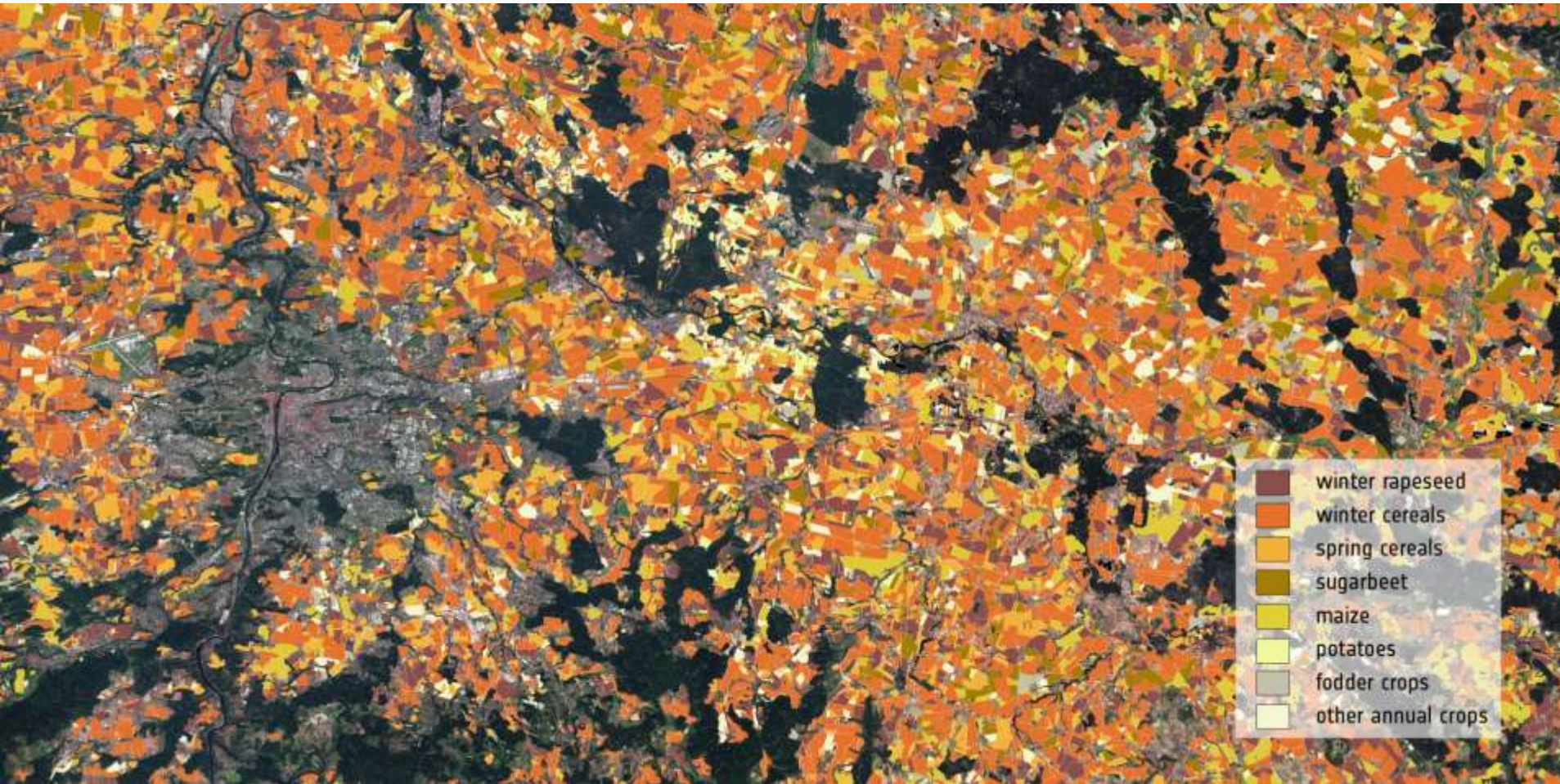


Tyto dva snímky ukazují rozdíly v indexu listové plochy, což je v podstatě poměr listů k zemi, mezi 16. červencem 2018 a 22. srpnem 2018. (poblíž Berlína, Německo)

[http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2018/11/Green\\_turns\\_brown](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2018/11/Green_turns_brown)



## Mapa plodin v okolí Prahy v roce 2015 – analýza z více než 1000 snímků ze 3 různých družic



[https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/05/Czechedred\\_landscape](https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/05/Czechedred_landscape)

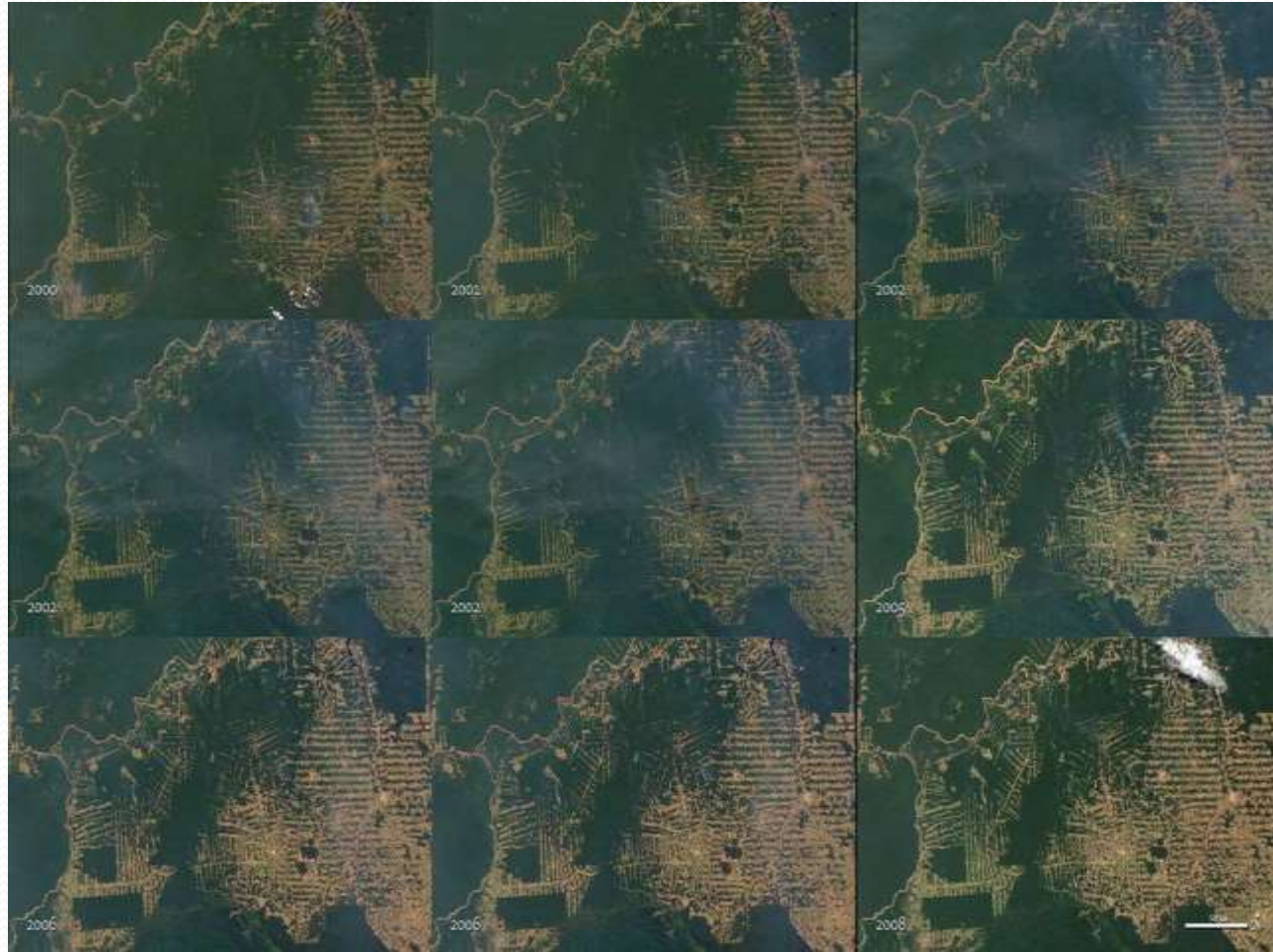
# Aplikace v oblasti lesnictví

- Taxace obtížně přístupných lesních porostů
- Klasifikace stupňů poškození lesních porostů průmyslovými imisemi (Jizerské hory, Beskydy, Krušné hory, Krkonoše)
- Dokumentace lesních kalamit následkem větrných smrští, námrazy, apod.
- Vysychání lužních lesů u velkých vodních toků
- Sledování ilegálního kácení pralesů
- Lesní požáry



# AMAZONSKÝ PRALES

- 670 mil. hektarů
- odlesňování cca 1,4 mil. hektarů ročně mezi 2001 a 2012
- 2730 fotbalových hřišť denně
- Čtvrtina pryč v r. 2030
- Fishbone struktura



Zdroj: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) onboard NASA's Terra satellite (NASA)



# Kůrovcová mapa ČR – oblast Brněnska

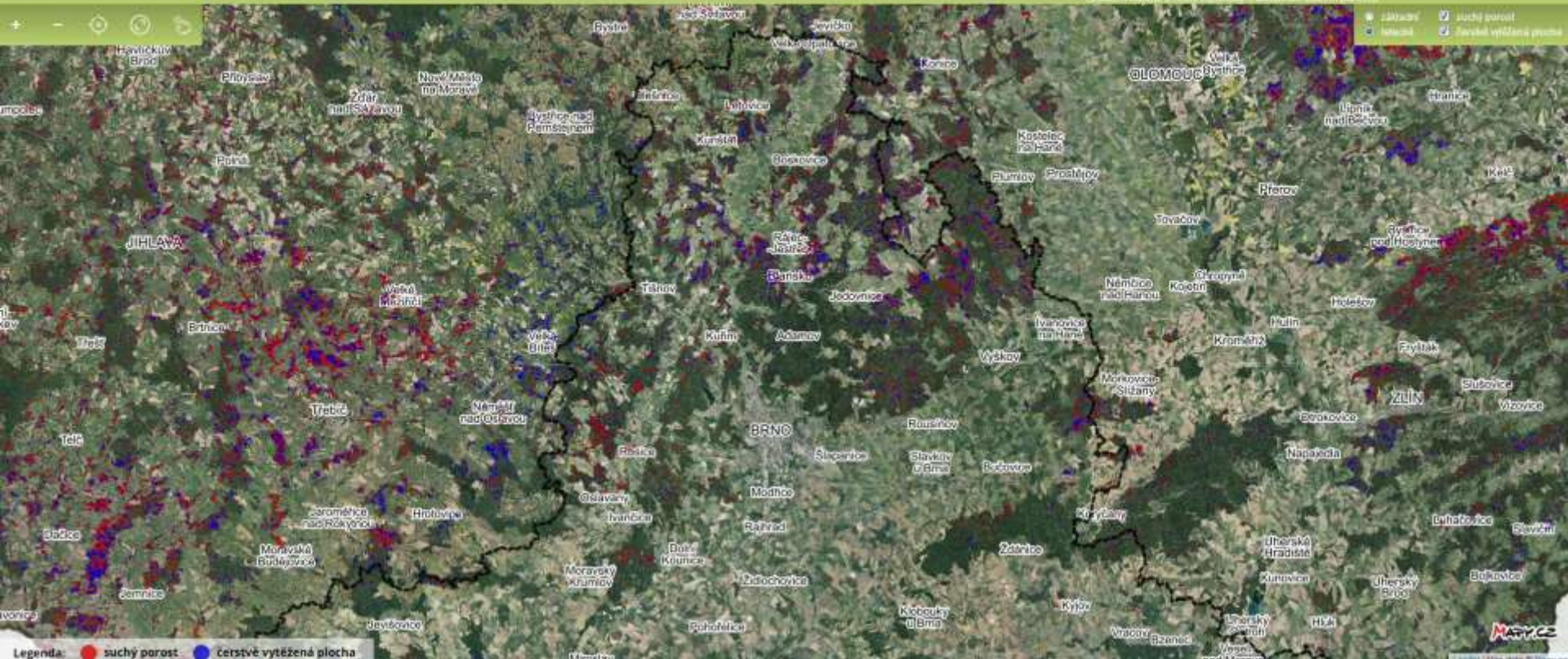


MAPA PLOCH S RIZIKEM ŠÍŘENÍ KŮROVCŮ  
PROVOZNI TESTOVÁNÍ VYUŽITÍ ANALÝZY SATELITNÍCH SNÍMKŮ V LESNICKÉM PROVOZU



Období pořízení družstevních snímků Planet a jejich analýza: srpen 2018  
Lokace měření poplatkové mapy jsou jednoválcové a měří se  
přesnámi oběma a odstupem 100m v 100m směrem od hranice.

Kraj Jihomoravský



<https://www.kurovcovamapa.cz/>

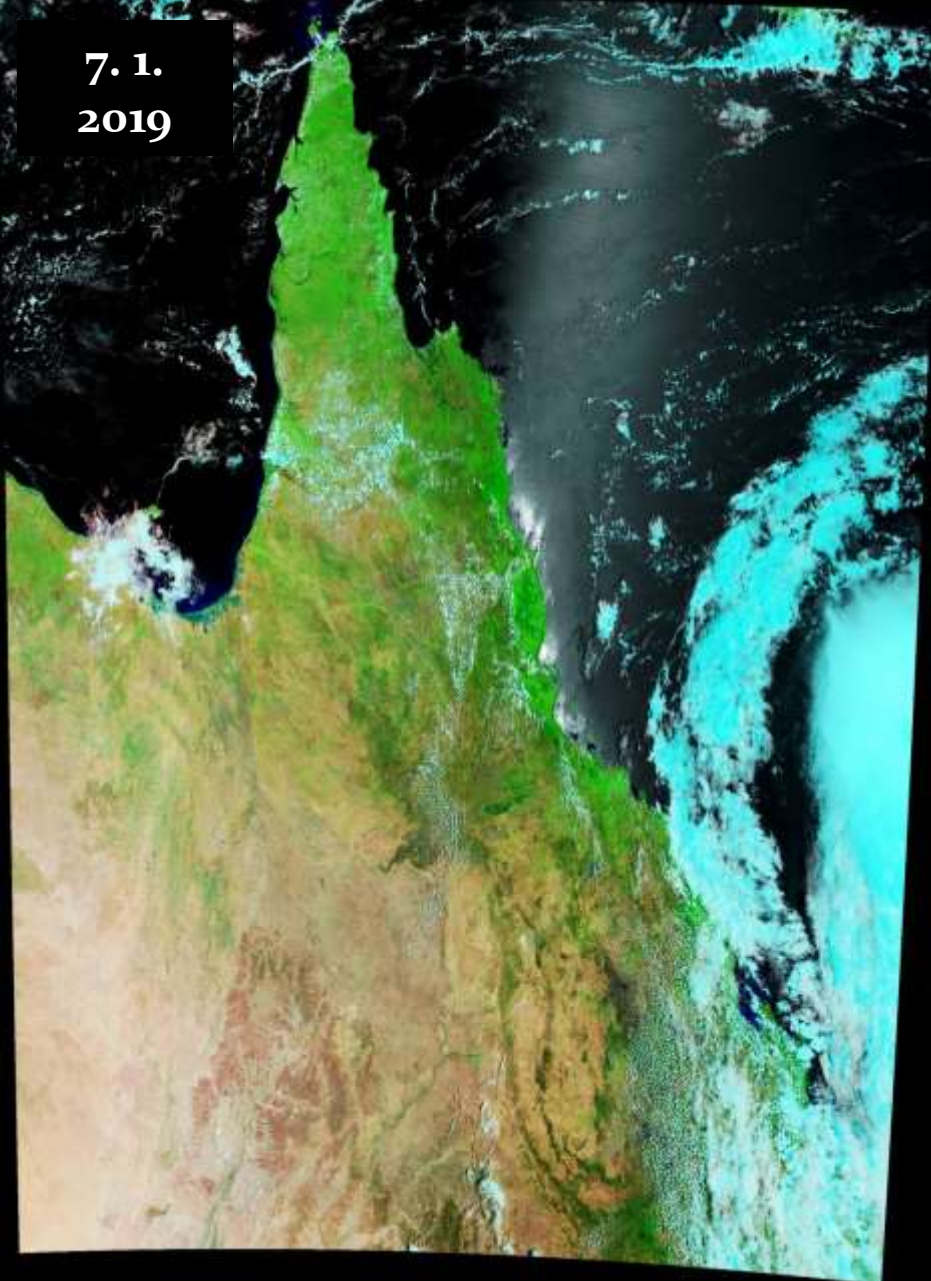


## Aplikace v oblasti vodního hospodářství

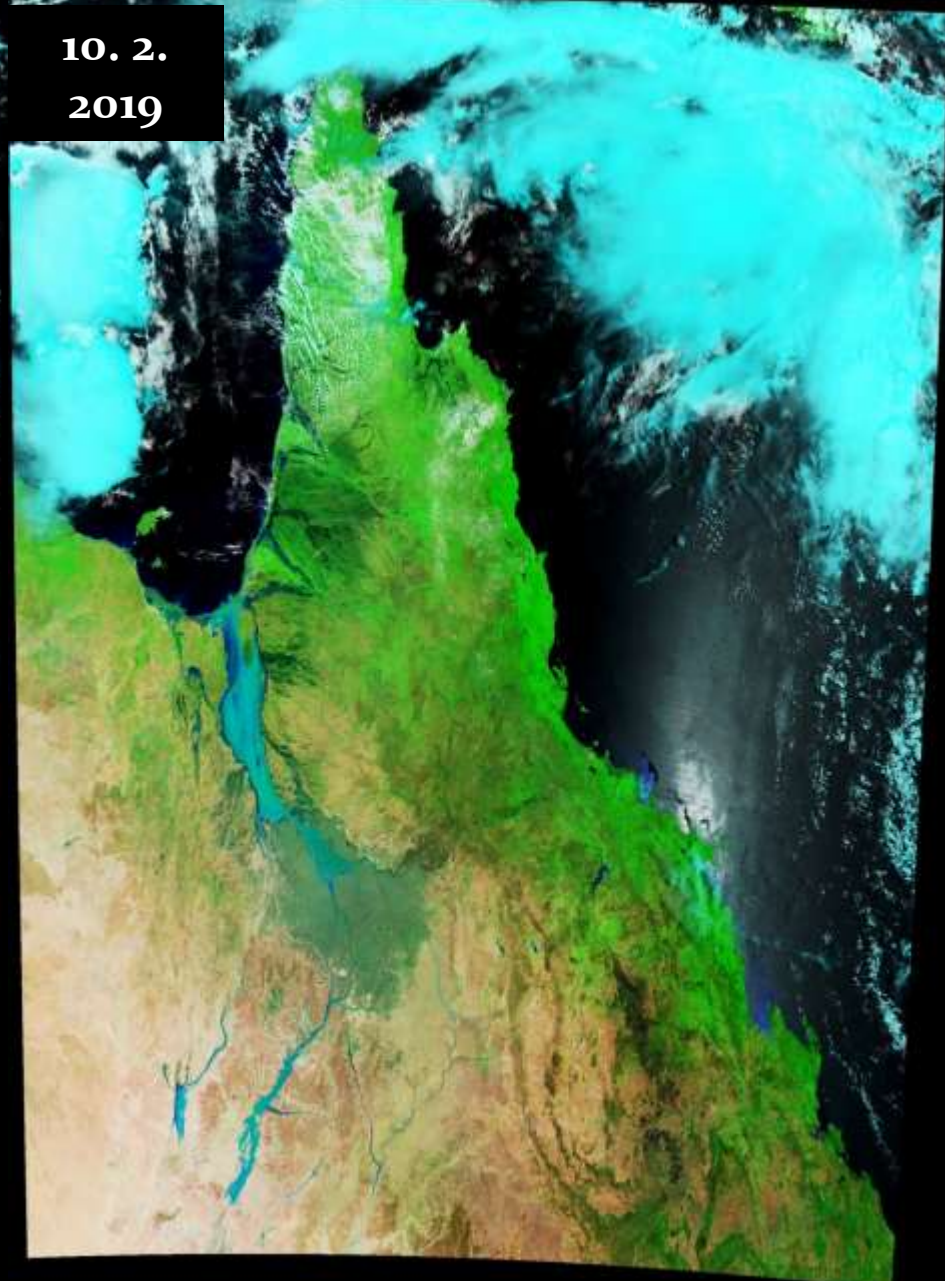
- Znečištění vodních nádrží a rozšíření fytoplanktonu
- Stav spodní vody a půdní vlhkosti
- Mapování stavu zalednění vodních toků
- Identifikace polohy bývalých rybníků
- Monitorování průběhu a následků povodní

# letní povodně na SV Austrálii v důsledku dešťů – satelit Terra

7. 1.  
2019



10. 2.  
2019





# Kontaminace vod vlivem těžby – Peru (důl Cerro de Pasco) – snímek z družic Landsat 5 a 8

2017





# Humanitární mapování

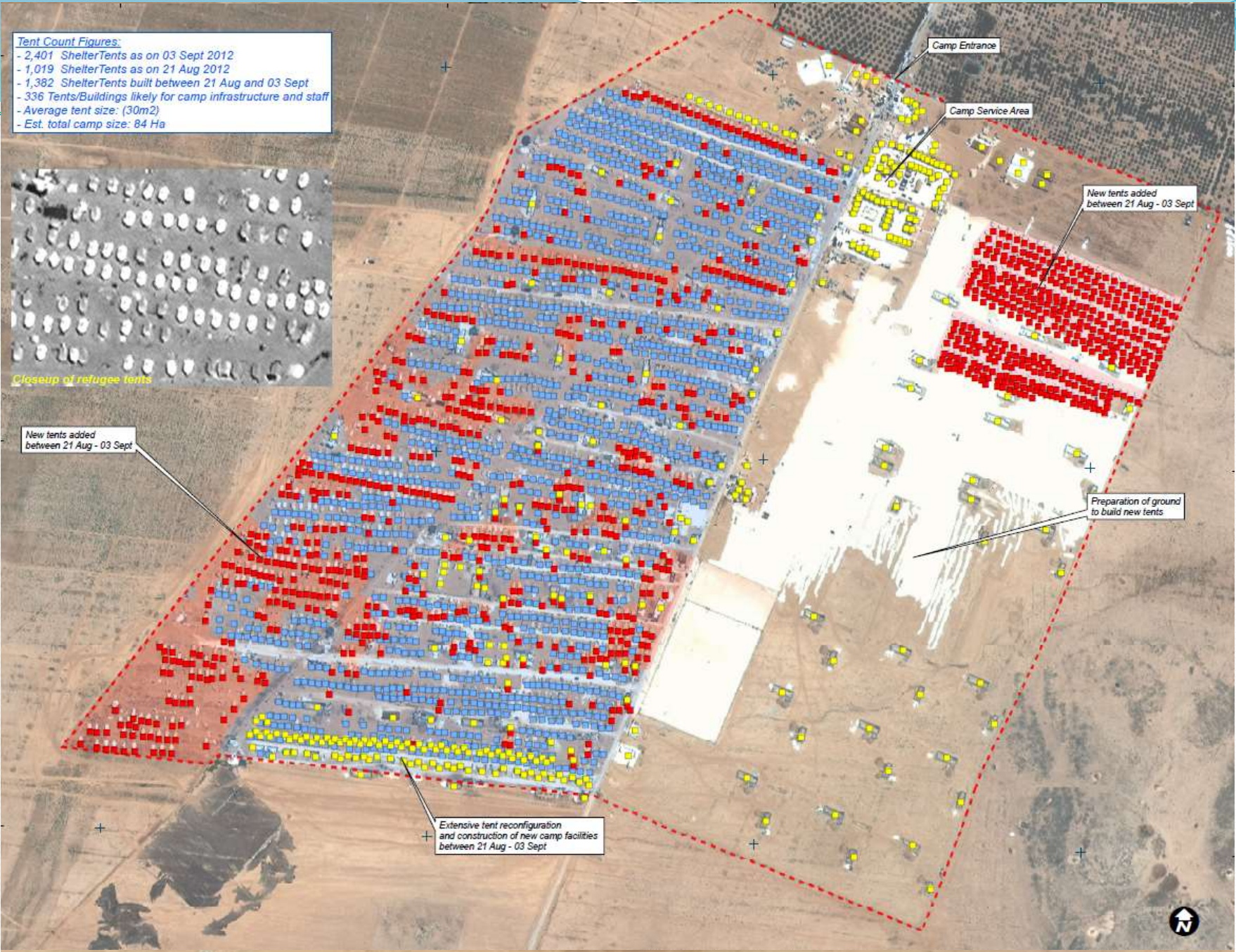
- Monitorování uprchlických táborů
- Missing Maps (tvorba map ze satelitních snímků pro Lékaře bez hranic v těžko přístupných oblastech)
- Hledání vhodných zdrojů vody
- Sledování kulturních a archeologických památek (Islámský stát)

**Tent Count Figures:**

- 2,401 ShelterTents as on 03 Sept 2012
- 1,019 ShelterTents as on 21 Aug 2012
- 1,382 ShelterTents built between 21 Aug and 03 Sept
- 336 Tents/Buildings likely for camp infrastructure and staff
- Average tent size: (30m<sup>2</sup>)
- Est. total camp size: 84 Ha



Closeup of refugee tents



New tents added between 21 Aug - 03 Sept

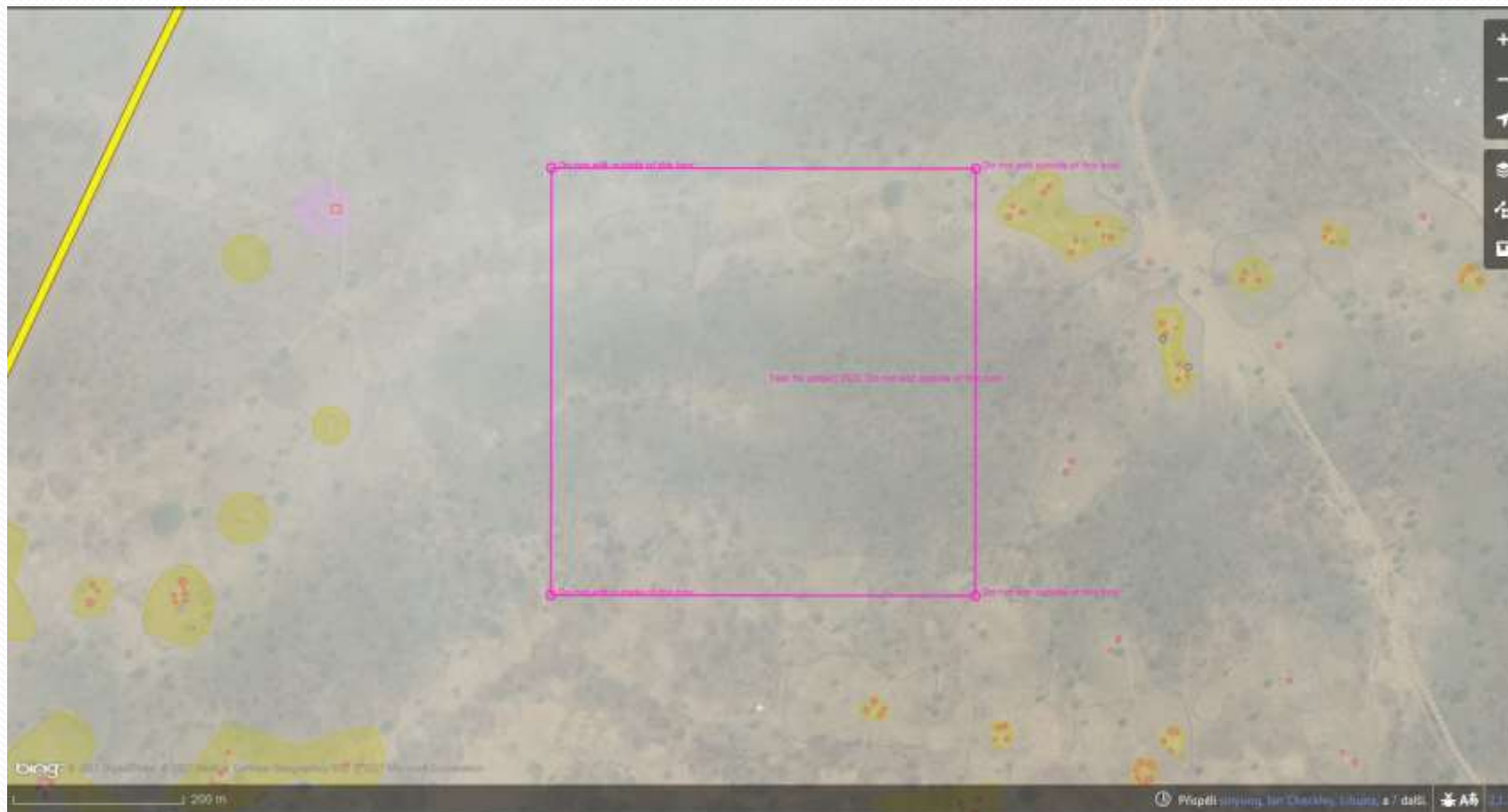
New tents added between 21 Aug - 03 Sept

Preparation of ground to build new tents

Extensive tent reconfiguration and construction of new camp facilities between 21 Aug - 03 Sept



<http://www.lekari-bez-hranic.cz/cz/missing-maps-zaplnujte-bila-mista-na-mapach>



<http://tasks.hotosm.org/>

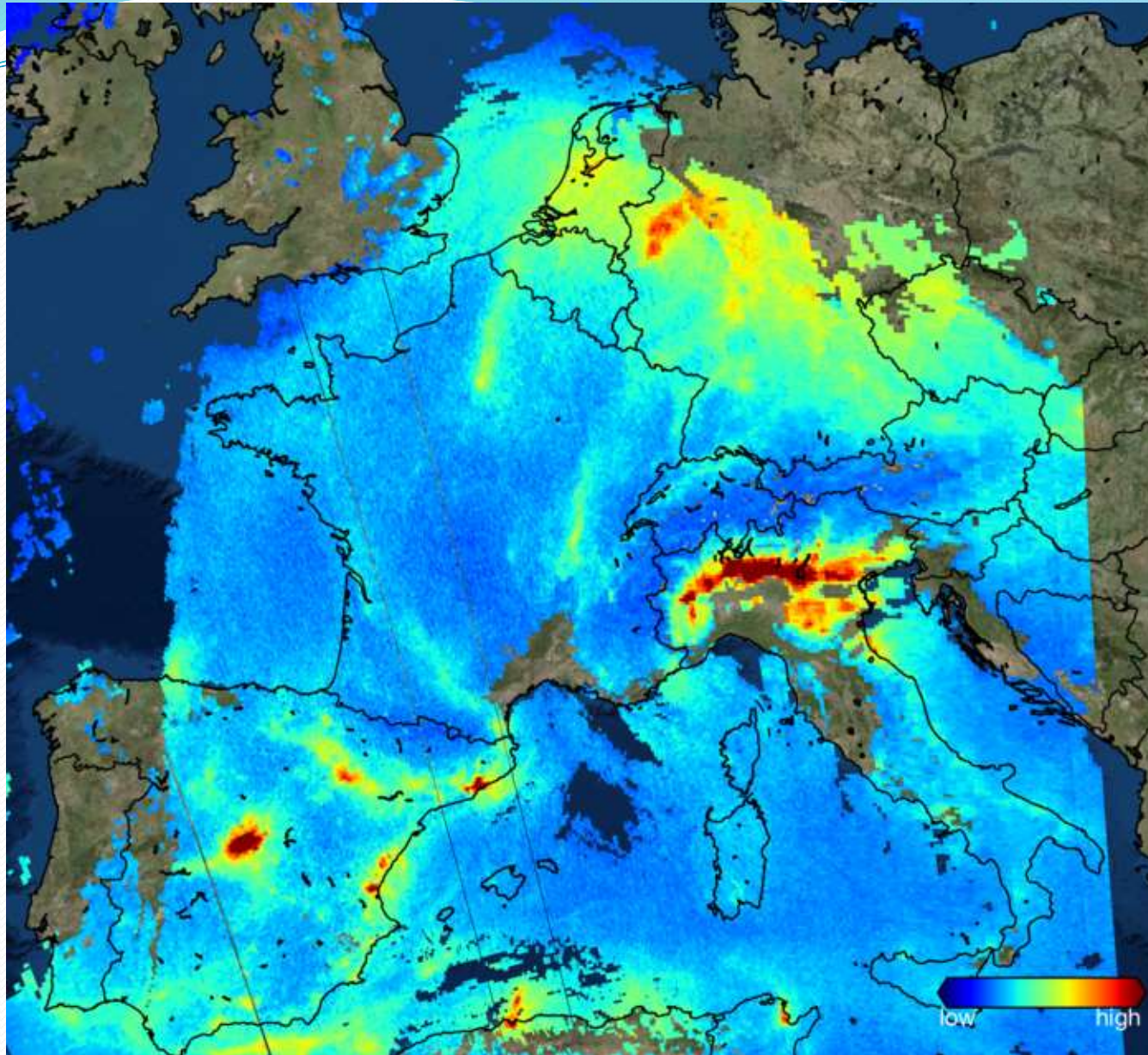
# Klimatologie, meteorologie



Cyklón Idai 13.3. 2019 západně od Madagaskaru



# Oxid dusičitý- prosinec 2017 – měřeno přístrojem Tropomi, Sentinel 5P



[https://www.esa.int/cze/ESA\\_in\\_your\\_country/Czech\\_Republic/Druzice\\_Sentinel-5P\\_se\\_zameruje\\_na\\_znecistení\\_atmosféry/](https://www.esa.int/cze/ESA_in_your_country/Czech_Republic/Druzice_Sentinel-5P_se_zameruje_na_znecistení_atmosféry/)



# Zdroje informací o současných družicových systémech

Aktuální informace o meteorologických družicích:

<http://www.wmo.int/pages/prog/sat/satellitestatus.php>

Přehled družicových systémů pro mapování a výzkum přírodních zdrojů Země:

<http://www.gisat.cz/content/cz/dpz/prehled-druzicovych-systemu>

Sledování družic z ESA:

[http://www.esa.int/Our\\_Activities/Operations/Track\\_ESA\\_missions](http://www.esa.int/Our_Activities/Operations/Track_ESA_missions)

# Hlavní představitelé družic pro sledování

## Země

## Landsat

Landsat 1 (1972 - 1978)  
Landsat 2 (1975 -1982)  
Landsat 3 (1978 - 1983)  
Landsat 4 (1982 - 1985)  
Landsat 5 (1984 - 2013)  
Landsat 6 (1993 - havárie při startu)  
Landsat 7 (1999 - )  
Landsat 8 (2013 - )



- Snímá v panchromatickém režimu (15 m prostorové rozlišení). V multispektrálním režimu pořizuje 8 snímků s rozlišením 30 m (viditelná a infračervená část spektra) resp. 60 m (termální pásmo).
- Pohybuje se na subpolární dráze ve výšce 705 km a poskytuje snímky 1 x za 16 dnů. Velikost scény je přibližně 185 x 185 km.
- Snímky hojně využívány i v ČR pro mapování základních druhů povrchů, pro detekce změn, v lesnictví apod. Snímky jsou vhodné pro tvorbu map měřítek 1 : 100 000 a větších.

Snímky volně přístupné na adrese

<http://glovis.usgs.gov>

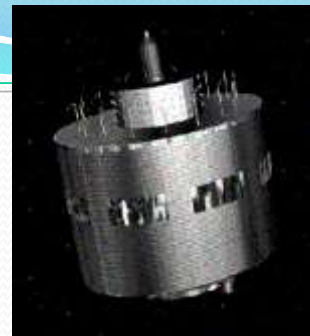
<http://earthexplorer.usgs.gov/>



# Program Copernicus (družice Sentinel)

- série družic s různým zaměřením Sentinel 1-5
- pod správou ESA  
<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/>
- volně dostupné snímky na:  
<https://scihub.copernicus.eu/>
- radarové, multispektrální (viditelné, infračervené, termální) snímky
- české stránky: <http://copernicus.gov.cz/>
- prostorové rozlišení až 5m
- navázání dalších příspěvatelských misí, doplňková síť pozemních měřících stanic (in-situ segment)

# Meteorologické družice



- **Meteosat**

- nově družice MSG, geostacionární
  - Přístroj SEVIRI
  - Prostorová rozlišovací schopnost 3km, 1 km pro pásmo HRV
  - Časové rozlišení: 4 snímky za 1 hodinu
  - <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/sat/info/MSG.html>

- **NOAA**

- subpolární dráha,
  - Americké družice na polární dráze s původně čistě meteorologickým určením poskytují mimo jiné snímky využitelné pro tzv. globální mapování.
  - Snímky mají původní velikost pixelu 1,1 x 1,1 km z pruhu území přes 2000 km širokého.
  - Snímky jsou vytvářeny skenerem AVHRR/3
  - V současné době poskytují snímky NOAA-15, 18, 19, před startem jsou družice NOAA-N a NOAA-N Prime
  - <http://www.ospo.noaa.gov/Operations/POES/status.html>





JSMSGView - Mozilla Firefox

portal.chmi.cz/files/portal/ooocs/meteo/sat/data\_jsmsgview.html

**ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV** - Aktuální data z družice MSG

15 11 2016 13 30

Vyber každy:  animek

Číslo	Produkt
2016-11-15	12:15UTC
2016-11-15	13:00UTC
2016-11-15	12:45UTC
2016-11-15	12:30UTC
2016-11-15	12:15UTC
2016-11-15	12:00UTC
2016-11-15	11:45UTC
2016-11-15	11:30UTC
2016-11-15	11:15UTC
2016-11-15	11:00UTC
2016-11-15	10:45UTC

Nahrazení (4 / 4)

Vyber produktu:

- [IR - Europa](#)
- [IR - Různé Evropy](#)
- [IR - Česká rep.](#)
- [VIR - Česká rep.](#)
- [Tahle - Česká rep.](#)

Aktuální nastavení:

[Přejít do historie](#)

[Uložit jako snímek](#)

[Snímek s nastavením družice NOAA a MetOp \(ZVPR\)](#)

[Snímek s MSG pro státní nebo město vybraná město telefon](#)

[Kontakt na další informace a meteorologické služby](#)

!!! Upozornění! Dne 25.10.2016 byla zrušena nová verze tohoto prohlášení. Pokud se vám snímky automaticky nemalují a vyrušivá cookies nebo zaslouží a přihlášení, vyberte správný zobědování produkt a nastavení a uložte si složku s cookies znovu. Přítě by se již snímky měly načít rovnou. Děkujeme za pochopení.

24h-M - celodenní mikrofyzikální termálních kanálů. V šeravé složce je rozdíl (IR 12.0-IR 10.8) - čím je oblačnost vertikálně mohutnější, tím je příspěvek červené barvy vyšší. V zelené složce je rozdíl (IR 10.8-IR 8.7) - největší příspěvek je pro nízkou oblačnost tvořenou drobnými kapkami. V modré složce je kanál IR 10.8 - čím je objekt teplejší, tím je vyšší příspěvek modré barvy. V takto zvolené kombinaci je vertikální mohutnost oblačnost zobrazena tmavě červená, řídká čirý tmavá modře, střední a nízká oblačnost okrově, nejvyšší oblačnost přechází až do zelena. Terén podle teploty do růžova nebo do modra, vodní hladina do modra.

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 Anemec: 250 m/sZob Poslední: +2 s Aktualizuj každy: Reaktualizuj Aktualizuj nyní

Mapa: 1. Jméno: 2. Mě: 3. Mě:

Navigační MZ:  Vyber předdefinované polohy Z.O. 14.447 Z.S. 50.008

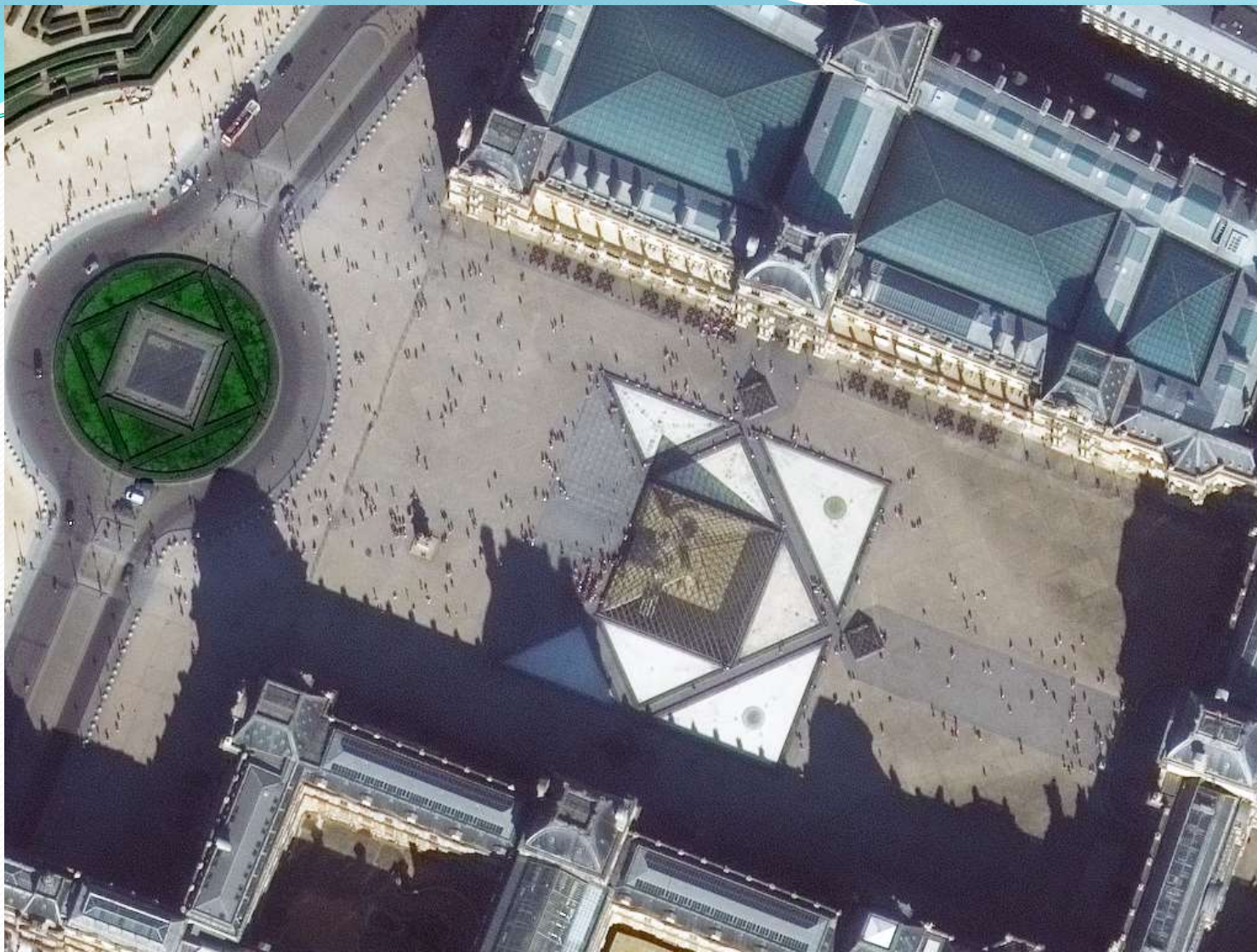
# Komerční družice

- Využívají se např. pro tvorbu Google Earth, Bing aj.
- Data s vysokým prostorovým rozlišením až na úrovni cca 25-30cm- optické spektrum, nebo radarová data 5m
- Možnost programování letu

## Zástupci:

- francouzský SPOT, Pleiades
- společnost Digital Globe – družice WorldView-1, GeoEye-1, WorldView-2, WorldView-3 WorldView-4
- korejský Kompsat
- německý Terrasar-X, Tandem X
- čínský TH1, GF1





WorldView-4 30-cm Natural Color - Paris, France; October 15, 2017

# Mobilní a desktopové aplikace pro prohlížení snímků a jednoduché analýzy

- **pro PC**

- **Eobrowser** - <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>  
aplikace pro prohlížení satelitních dat, různé zvýrazňovací techniky (vegetace, voda, sníh), časové řady
- **Landviewer** - <https://eos.com/landviewer/>
  - obdobná aplikace, některé satelity navíc

- **Mobilní aplikace (android)**

- **Copernicus Sentinel** - <https://play.google.com/store/apps/details?id=esa.sentinel>  
aplikace pro sledování satelitů a jejich pokrytí
- **ESA My Vegetation** (česká lokace) = sledování vegetace  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=eoapps.probavapp>



# Zdroje informací:

- <http://www.copernicus.eu/>
- <http://copernicus.gov.cz/>
- [http://www.esa.int/Our Activities/Observing the Earth](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth)
- <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>
- <http://www.eea.europa.eu/>
- [Národní geoportál INSPIRE](#)
- <https://earthobservatory.nasa.gov/>
- <https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps>

středa 27.3. 19:00 Moravská zemská knihovna

**RNDr. J. Grygar – Mnohopásmová astronomie**

pohled ze Země do vesmíru

# Děkuji za pozornost

