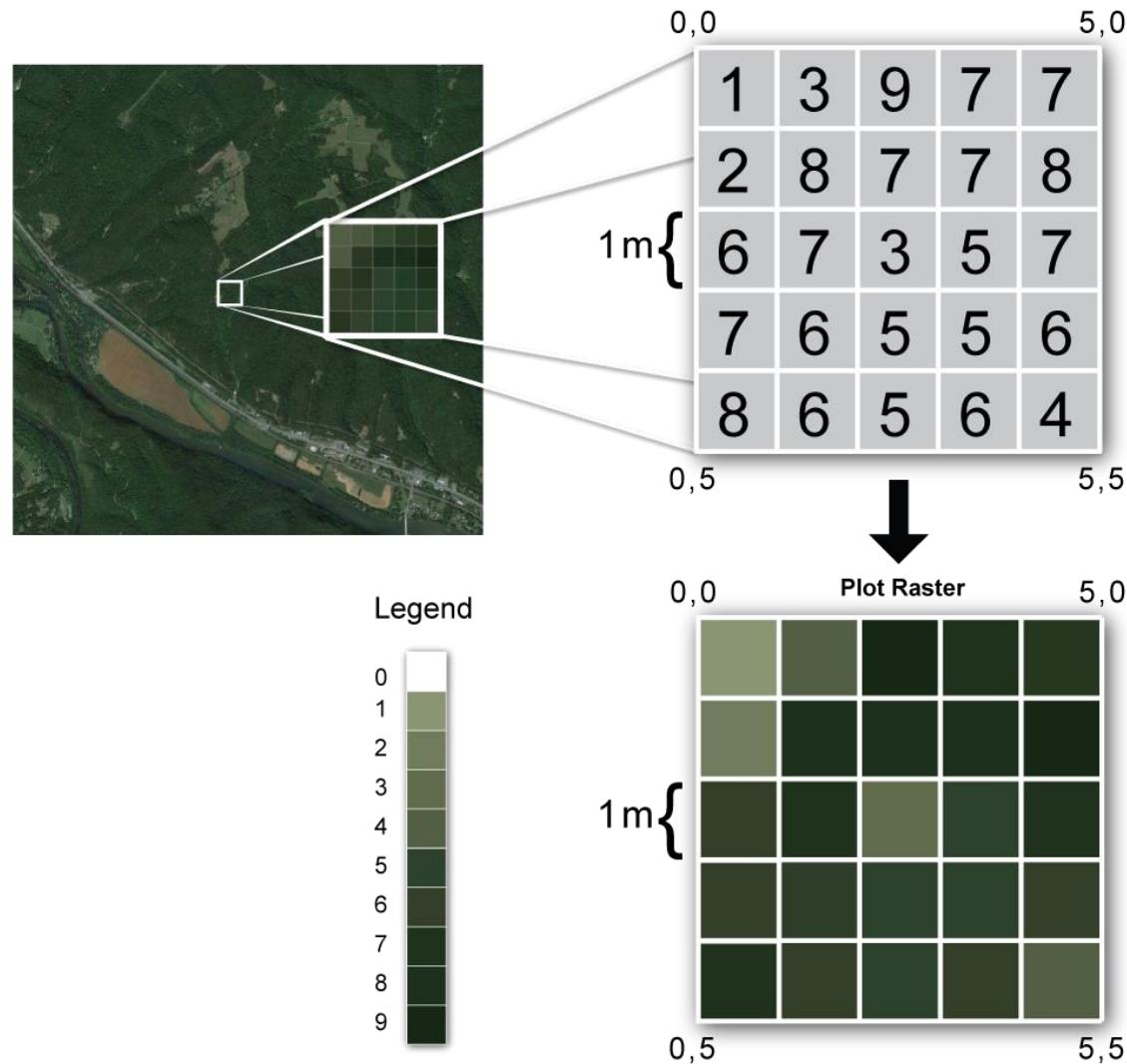


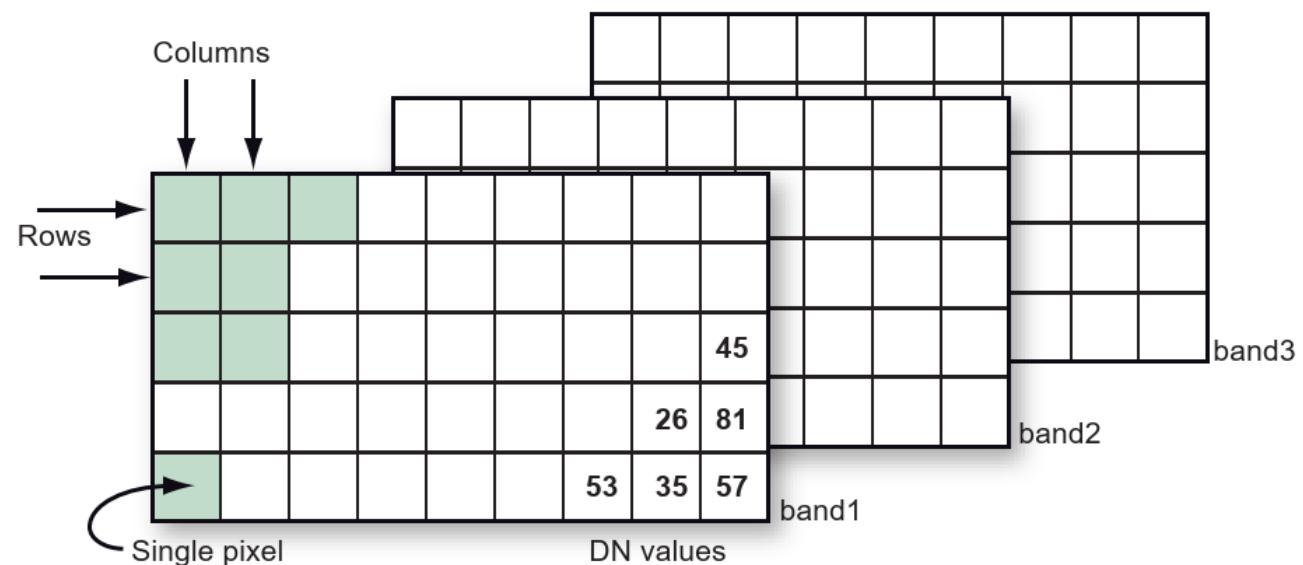


# Optični senzorji, rastrski podatki



# Vrednosti piksov

- Rastrsko podobo sestavlja niz diskretnih digitalnih vrednosti (angl. digital numbers – DNs), praviloma so predstavljene v obliki pravilne matrike **pikslov** (slikovnih elementov).
- Vrednost piksla (DN) predstavlja sprejeto energijo EM valovanja, odbito od površja in zaznano z ustreznim senzorjem. Manjši kot je detektor enega piksla na senzorju, manjši del površine površja je zaznane v tem pikslu.
- Senzorji za daljinsko zaznavanje na satelitih zaznavajo odbojnost, lastno sevanje ali odbito valovanje v različnih območjih valovnih dolžin (v več **kanalih**), zato jih imenujemo **multispektralni senzorji**.
- Posamezno podobo daljinsko zaznanih podatkov lahko sestavimo iz več kanalov, ki skupaj sestavljajo **multispektralni kompozit** (tudi angl. *stack*).



# Ločljivost satelitskih podob

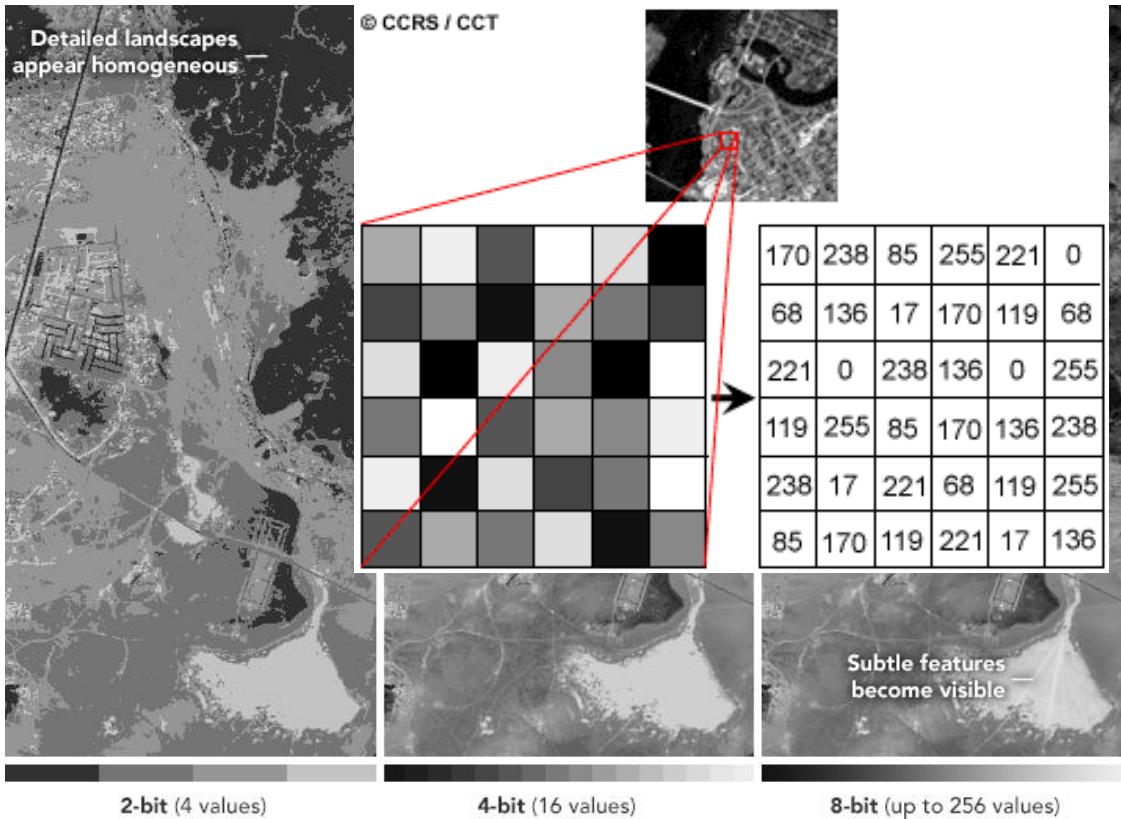
Ločimo več vrst ločljivosti podobe:

- **prostorska ločljivost:** določa velikost najmanjšega objekta, ki ga lahko zaznamo na podobi in predstavlja velikost območja na površju, ki ga zajamemo z enim pikslom,
- **spektralna ločljivost:** pove nam, kako dobro senzor zaznava različne valovne dolžine, boljša kot je spektralna ločljivost, ožji je razpon vrednosti valovnih dolžin EM valovanja v posameznih spektralnih kanalih;
- **radiometrična ločljivost:** določa občutljivost senzorja glede na intenziteto EM valovanja, kako dobro sistem ločuje majhne razlike v energiji valovanja.
- **časovna ločljivost:** pove nam, kako pogosto posnamemo isto območje (na Zemlji).

Ločljivost satelitske podobe je odvisna od **konfiguracije satelitove tirnice** in uporabljenega **senzorja** na satelitu.

Vedno je potrebno sprejeti **kompromis** med posameznimi ločljivostmi.

# Radiometrična ločljivost – primer



$$2^2 = 4 \rightarrow \text{vrednosti od 0 do } 3$$

$$2^4 = 16 \rightarrow \text{vrednosti od 0 do } 15$$

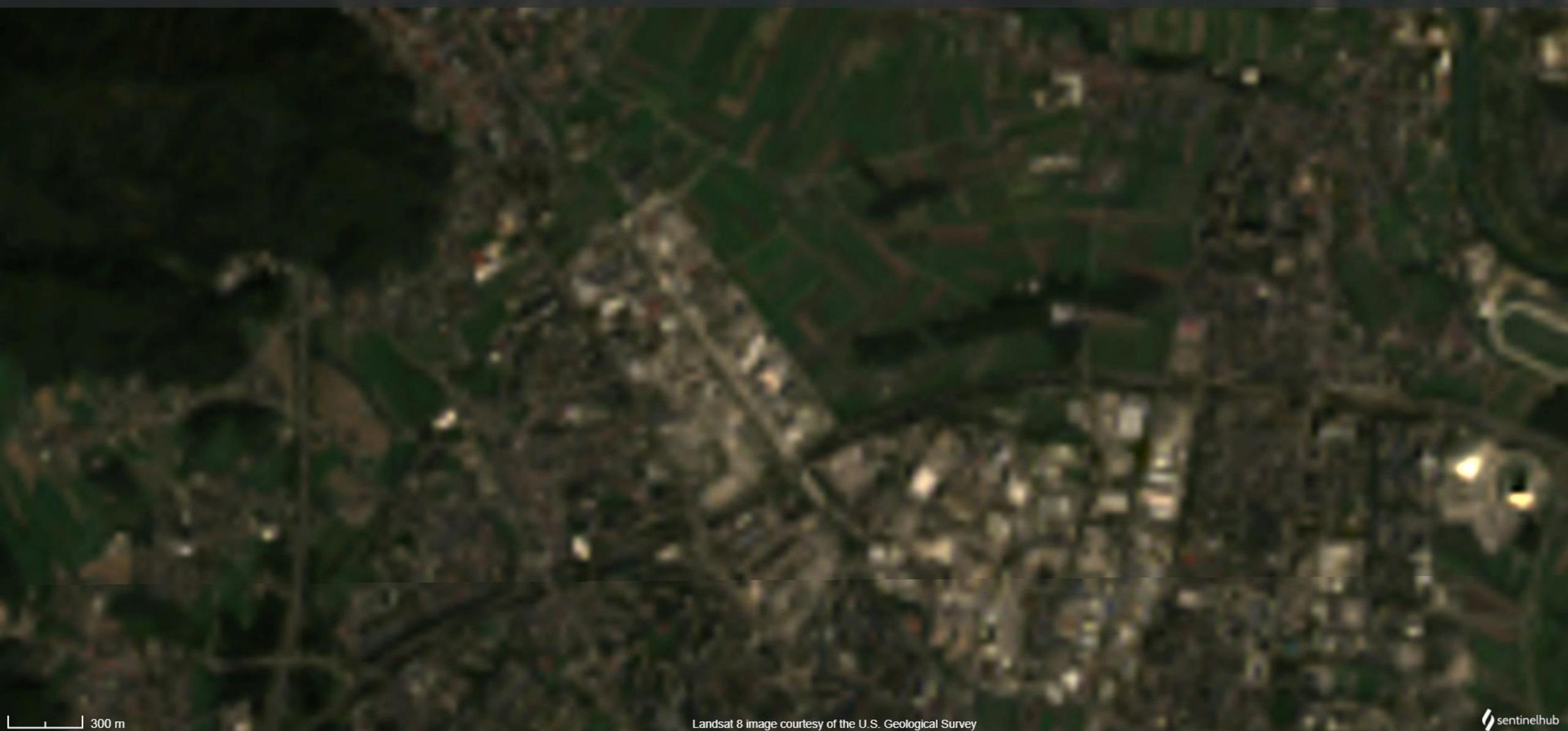
$$2^8 = 256 \rightarrow \text{vrednosti od 0 do } 255$$

Večje število bitov  $\rightarrow$  večji razpon vrednosti  $\rightarrow$  več podrobnosti lahko na podobi razlikujemo med seboj

Črna barva ima vrednost 0, bela pa največjo možno vrednost (na primer 255 pri 8-bitnih podatkih)

# Prostorska ločljivost – 1. primer

2023-10-03 00:00 - 2023-10-03 23:59, Landsat 8-9 L2, True color



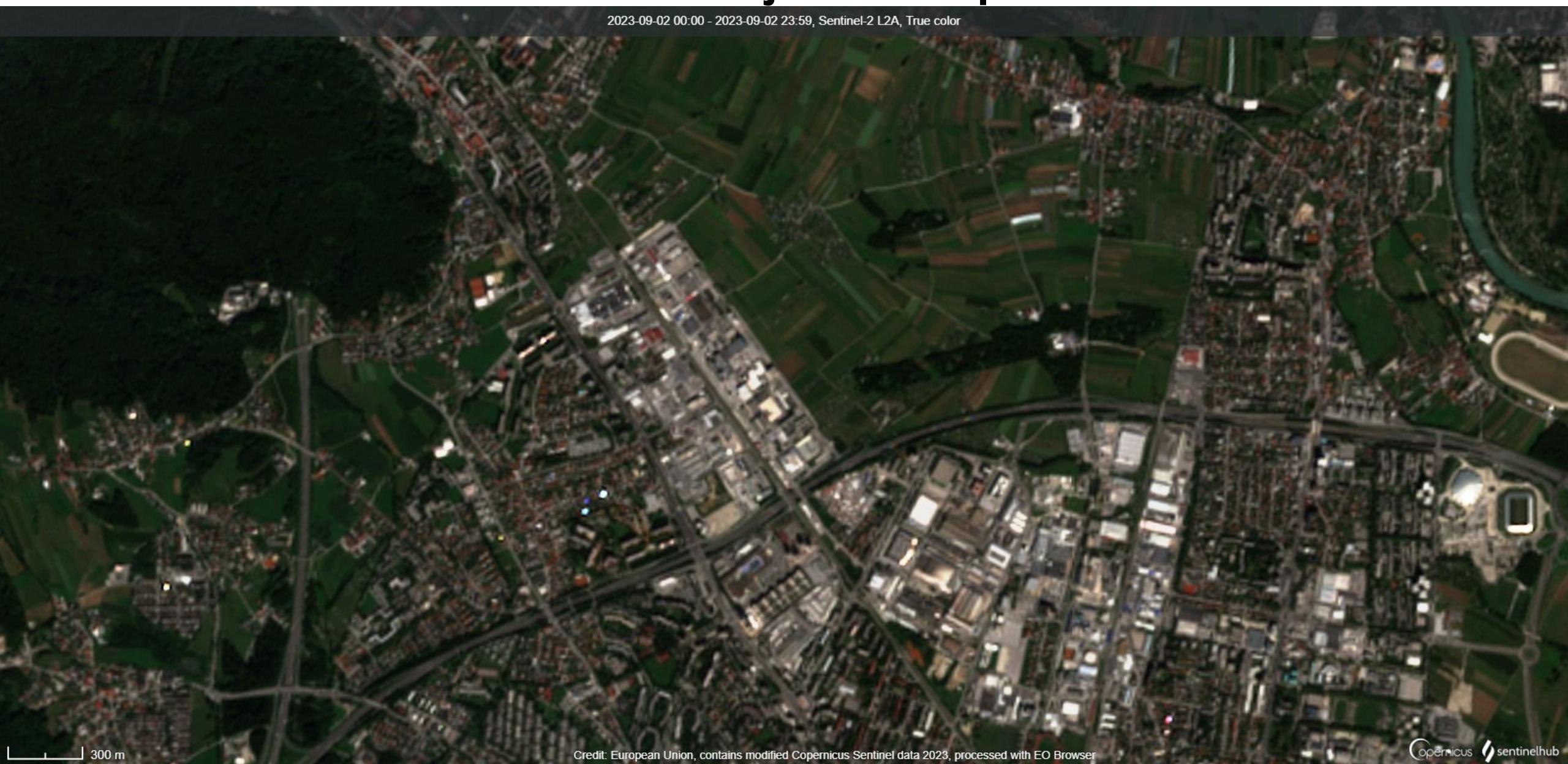
300 m

Landsat 8 image courtesy of the U.S. Geological Survey

sentinelhub

# Prostorska ločljivost – 1. primer

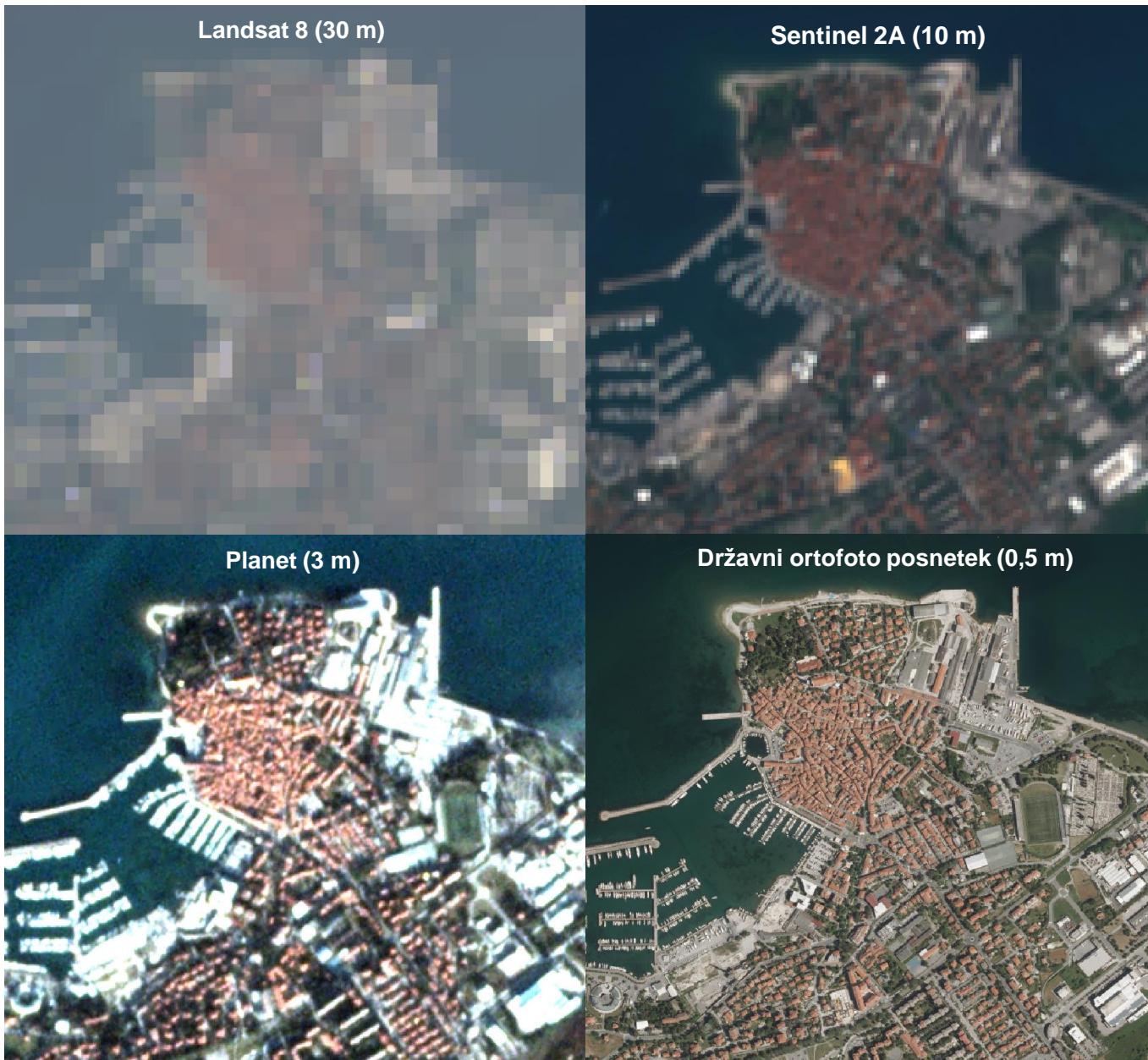
2023-09-02 00:00 - 2023-09-02 23:59, Sentinel-2 L2A, True color



Credit: European Union, contains modified Copernicus Sentinel data 2023, processed with EO Browser

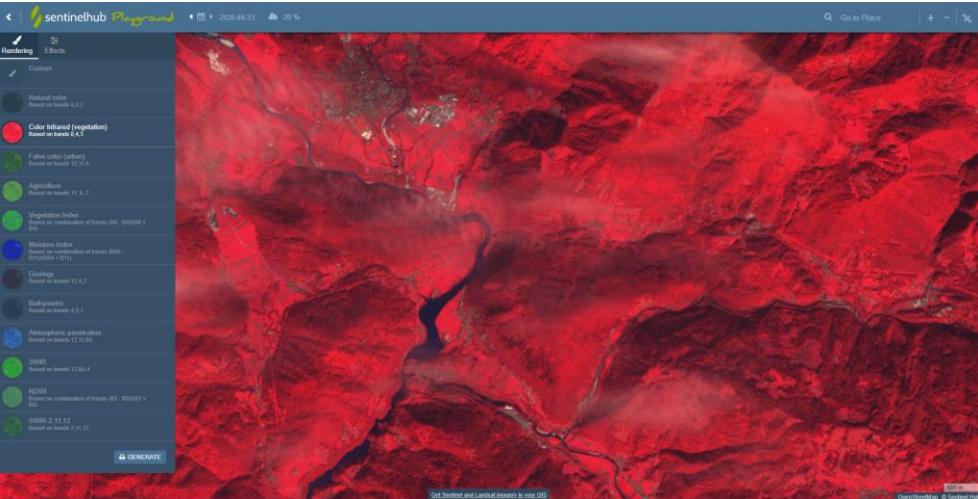
Copernicus sentinelhub

# Prostorska ločljivost – 2. primer

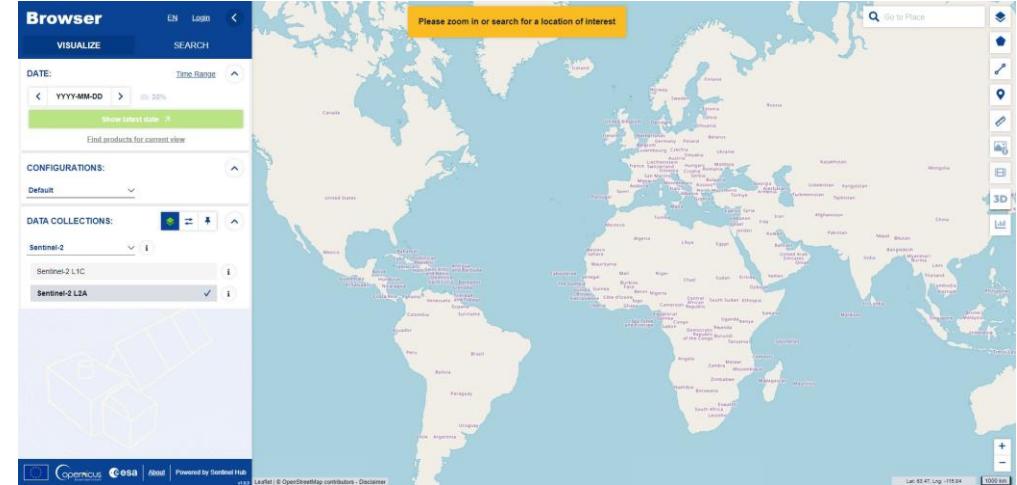


# Pregled platform za pregled in prenos podatkov

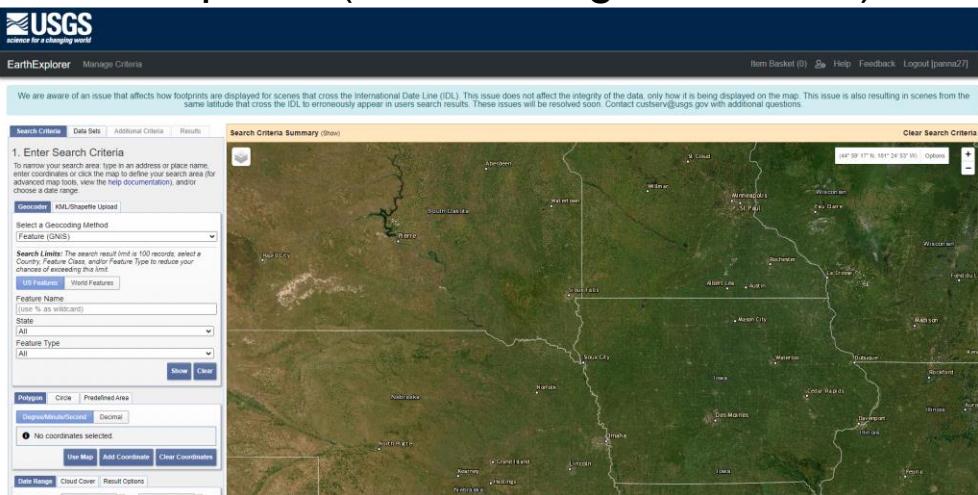
EO Browser



Copernicus Data Space Ecosystem



Earth Explorer (U.S. Geological Service)



E-GEODETSKI PODATKI

## 1. Zbirka podatkov daljinskega zaznavanja

## 2. Zbirka topografskih podatkov

## 3. Državna topografska karta

## 4. Državna pregledna karta

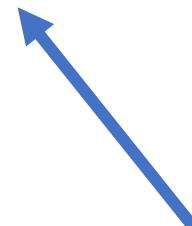
## 5. Digitalni model višin

## 6. Zbirka podatkov državnega prostorskog koordinatnega sistema

## 7. Register zemljepisnih imen

## 8. Evidenca državne meje

## 9. Register prostorskih enot



# Kateri posnetki obstajajo?

EO Browser Login

Discover Visualize Compare Pins

Theme Login to use custom configuration instances.

Default

Search Highlights

Data sources

- Sentinel-1
- Sentinel-2
- Sentinel-3
- Sentinel-5P
- Landsat
- Envisat Meris
- MODIS
- Proba-V
- GIBS

Advanced search:

Time range [UTC]

2020-09-07 - 2020-10-07

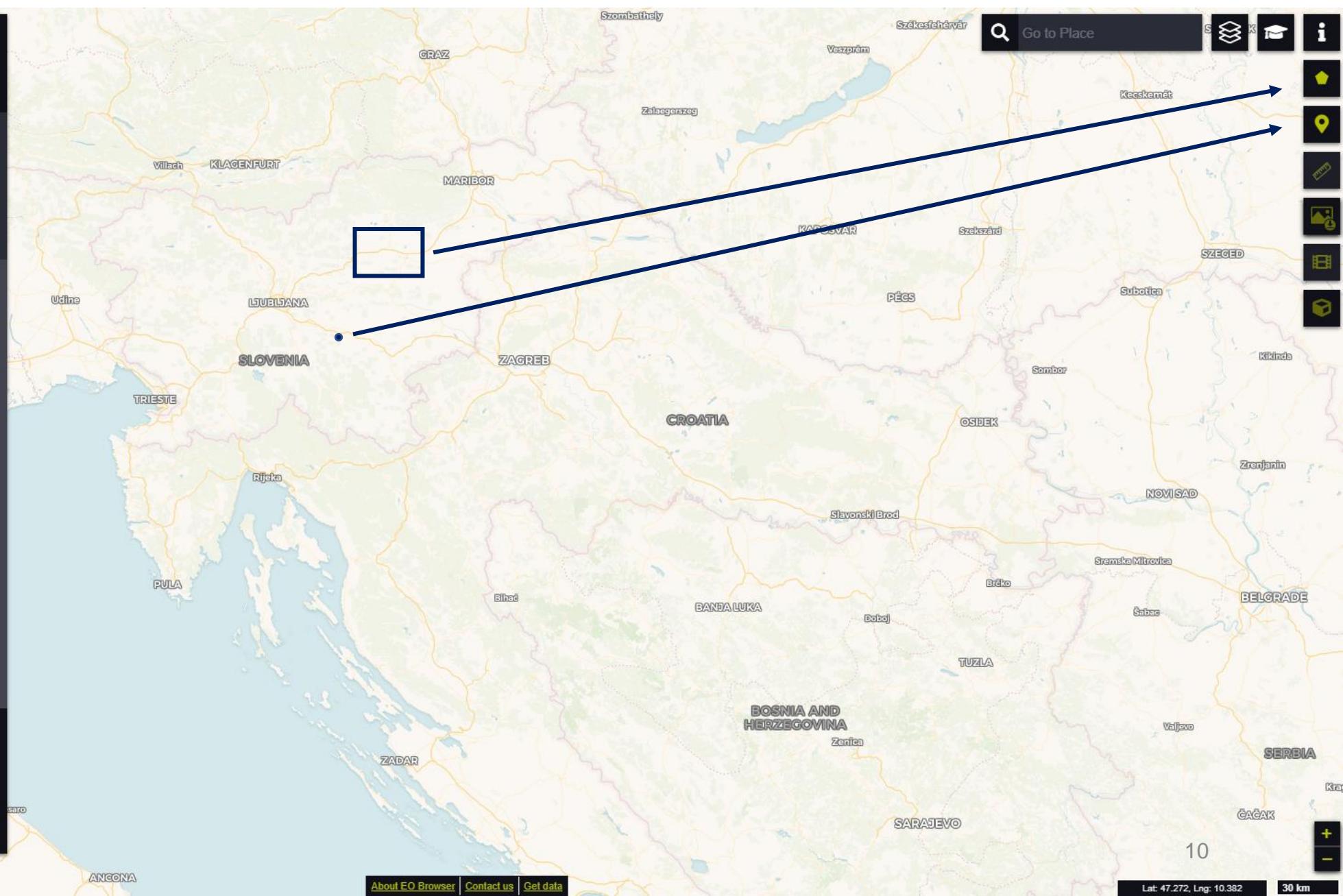
filter by months

Search

Free sign up for all features

Powered by [Sentinel Hub](#) with contributions by [ESA](#) v3.0.55

**SENTINEL HUB CUSTOM SCRIPT CONTEST**  
CONTRIBUTE YOUR IDEAS! ONGOING UNTIL OCTOBER 31<sup>ST</sup> 2020



# Copernicus Open Access Hub (Sentinel)

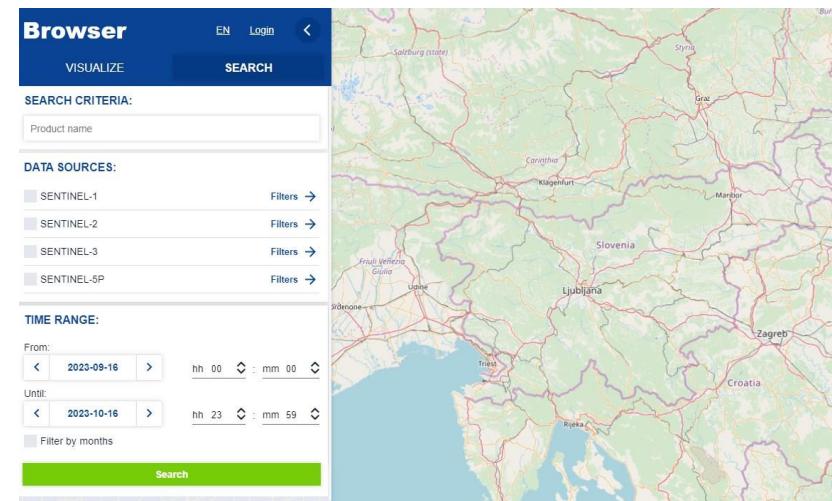
[Program Copernicus](#)

[Dokumentacija portala Copernicus Data Space Ecosystem](#)

Dostop do podatkov Sentinel-2: [Copernicus Data Space Ecosystem](#)

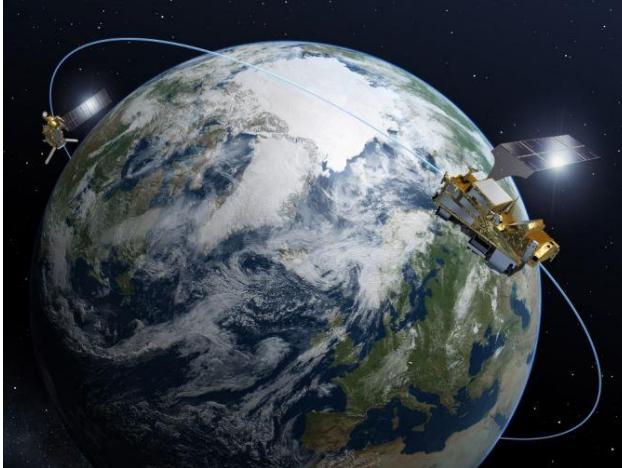
Navodila za registracijo uporabnika:

<https://documentation.dataspace.copernicus.eu/Registration.html>



# Sentinel-2

- Sentinel-2 je del EU Copernicus programa za opazovanje Zemlje
- Podatki so prosto dostopni (potrebna le brezplačna registracija)
- Prostorska ločljivost satelitskih podob je 10 m (za nekatere kanale, ne za vse!)
- Sistem Sentinel-2 sestavlja 2 identična satelita (Sentinel-2A in Sentinel-2B) → razpolovljen obhodni čas (na 6 dni)



# Earth Explorer (Landsat 9)

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

EarthExplorer Manage Criteria

Item Basket (20) Help Feedback Logout [GTanja]

Search Criteria Data Sets Additional Criteria Results

## 2. Select Your Data Set(s)

Check the boxes for the data set(s) you want to search. When done selecting data set(s), click the Additional Criteria or Results buttons below. Click the plus sign next to the category name to show a list of data sets.

Use Data Set Prefilter [\(What's This?\)](#)

Data Set Search:

+ Declassified Data  
+ Digital Elevation  
+ Digital Line Graphs  
+ Digital Maps  
+ EO-1  
+ Global Fiducials  
+ HCMM  
+ ISERV  
+ Land Cover  
- Landsat   
+ Landsat Collection 2 Level-3 Science Products  
+ Landsat C2 U.S. Analysis Ready Data (ARD)  
+ Landsat Collection 2 Level-2  
- Landsat Collection 2 Level-1  
     Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L1  
     Landsat 7 ETM+ C2 L1  
     Landsat 4-5 TM C2 L1  
     Landsat 1-5 MSS C2 L1  
+ Landsat C2 Atmospheric Auxiliary Data   
+ Landsat Collection 2 DEM  
+ Landsat Legacy  
+ LCMap

Search Criteria Summary (Show)

(46° 13' 31" N, 014° 48' 17" E) Options + -

Download Options

All Level-1 Files (20 files)

Product Options Landsat Collection 2 Level-1 Product Bundle

Full-Resolution Browse (Natural Color) GeoTIFF (14.00 MiB)  
 Full-Resolution Browse (Thermal) GeoTIFF (14.00 MiB)  
 Full-Resolution Browse (Quality) GeoTIFF (14.00 MiB)  
 Full-Resolution Browse (Natural Color) JPEG (6.00 MiB)  
 Full-Resolution Browse (Thermal) JPEG (6.00 MiB)  
 Full-Resolution Browse (Quality) JPEG (6.00 MiB)

Product Download Options for LC08\_L1TP\_190028\_20230902\_20230912\_02\_T1

Landsat Collection 2 Level-1 Product Bundle  
1.14 GB

The following items are available for individual download

(Item Name Filter)

<a href="#">LC08_L1TP_190028_20230902_20230912_02_T1_ANG.tif</a> Landsat Collection 2 Level-1 Band File - ANG.tif
<a href="#">LC08_L1TP_190028_20230902_20230912_02_T1_B1.TIF</a> Landsat Collection 2 Level-1 Band File - B1.TIF
<a href="#">LC08_L1TP_190028_20230902_20230912_02_T1_B2.TIF</a> Landsat Collection 2 Level-1 Band File - B2.TIF
<a href="#">LC08_L1TP_190028_20230902_20230912_02_T1_B3.TIF</a> Landsat Collection 2 Level-1 Band File - B3.TIF
<a href="#">LC08_L1TP_190028_20230902_20230912_02_T1_B4.TIF</a> Landsat Collection 2 Level-1 Band File - B4.TIF
<a href="#">LC08_L1TP_190028_20230902_20230912_02_T1_B5.TIF</a> Landsat Collection 2 Level-1 Band File - B5.TIF

# Landsat



- Eden izmed programov, ki nudijo podatke za dolgo časovno obdobje: začetek programa leta 1972, ko je bil izstreljen satelit ERTS-1 → kasneje preimenovan v Landsat 1
- Podatki na voljo za 50 let nazaj – video
- Trenutno sta operativna dva satelita – Landsat 8 in Landsat 9
- Časovna ločljivost: 16 dni
- 2 senzorja: **OLI** (Operational Land Imager) in **TIRS** (Thermal Infrared Sensor)
- 3 različne prostorske ločljivosti
  - kanali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 – 30 m ločljivost
  - kanal 8 – 15 m ločljivost
  - kanala 10 in 11 – 100 m ločljivost (prevzorčen na 30 m)
- Kanali na Landsat 9:



Name	Description	Resolution
B01	Ultra Blue (443 nm)	30m
B02	Blue (482 nm)	30m
B03	Green (561.5 nm)	30m
B04	Red (654.5 nm)	30m
B05	Near Infrared (NIR) (865 nm)	30m
B06	Shortwave Infrared (SWIR) 1 (1608.5 nm)	30m
B07	Shortwave Infrared (SWIR) 2 (2200.5 nm)	30m
B08	Panchromatic ( 589.5 nm)	15m
B09	Cirrus (1373.5 nm)	30m
B10	Thermal Infrared (TIRS) 1(10895 nm)	30m [1]
B11	Thermal Infrared (TIRS) 2 (12005 nm)	30m [1]



- Vaja 2 bo sestavljena iz 3 nalog:
  - 1. naloga: Pridobivanje in pregled DZ podatkov
  - 2. naloga: Izdelava multispektralnega kompozita in transformacije
  - 3. naloga: Prevzorčenje
- Pri vsaki nalogi bo napisano kaj vključiti v poročilo

# 1. naloga: Pridobivanje in pregled podatkov

- Če je potrebno, se registrirajte na platformah za prenos podatkov (uporabniško ime, geslo):
  - [Javni geodetski podatki](#)
  - [Earth Explorer](#)
  - [Copernicus Data Space Ecosystem](#)
- Za izbrano študijsko območje prenesite naslednje brezplačne multispektralne podatke:
  - državni ortofoto posnetek,
  - posnetek Landsat 9 in
  - posnetek Sentinel-2.



Pri prenosu satelitskih posnetkov (Landsat 9 in Sentinel-2) bodite pozorni, da izberete posnetek, ki vsebuje **najmanj oblakov**.

**Browser** EN Login < Go to Place

**PRODUCT INFO**

**ATTRIBUTES**

**Summary**

Name: S2A\_MSIL2A\_20231007T100031\_N0509\_R122\_T33TVM\_20231007T142901.SAFE  
Mission: SENTINEL-2  
Sensing time: 2023-10-07T10:00:31.024Z  
Platform short name: SENTINEL-2  
Instrument short name: MSI

**Product**

Absolute orbit number: 43305  
Beginning date time: 2023-10-07T10:00:31.024Z  
Cloud cover: 14.823143  
Ending date time: 2023-10-07T11:01:02.024Z  
Modification date: 2023-10-07T11:35:02.074Z  
Origin date: 2023-10-07T11:26:45.057Z  
Processed by: ESA  
Processing date: 2023-10-07T14:29:01+00:00  
Processing level: S2MSI2A  
Processor version: 05.09  
Product group id: GS2A\_20231007T100031\_04305\_N05.09  
Product type: S2MSI2A  
Publication date: 2023-10-07T17:37:38.970Z  
Relative orbit number: 122  
S3Path: /eodata/Sentinel-2/MSIL2A/2023/1007/S2A\_MSIL2A\_20231007T100031\_N0509\_R122\_T33TVM\_20231007T142901.SAFE

**PREVIEW**

**FOOTPRINT**

Workspace Download

Show Metadata and Browse → Scene Cloud Cover

USGS science for a changing world

EarthExplorer Manage Criteria

4. Search Results

If you selected more than one data set to search, use the dropdown to see the search results for each specific data set.

Show Result Controls

Data Set Click here to export your results

Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L1

Displaying 1 - 6 of 6

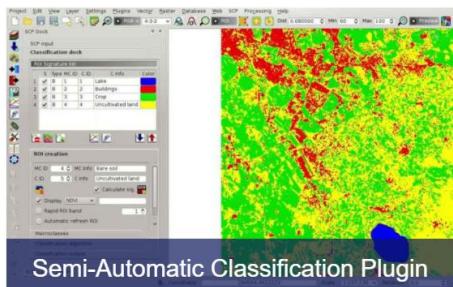
ID	Date Acquired	Collection Category	Collection Number	WRS Path	WRS Row	Nadir/Off Nadir	Roll Angle	Date Product Generated L1	Land Cloud Cover	Scene Cloud Cover L1	Start Time	Stop Time	Phase Identifier
LC09_L1TP_190028_20231003_20231012_02_T1	2023/10/03	T1	2	191	028	NADIR	-0.001	2023/10/03	5.12	4.89	2023-10-03 09:52:00	2023-10-03 09:52:32	LC09_L1TP_190028_20231003_20231012_02_T1
LC09_L1TP_190028_20231003_20231003_02_T1	2023/10/03	T1	2	191	028	NADIR	-0.001	2023/10/03	5.12	4.89	2023-10-03 09:52:00	2023-10-03 09:52:32	LC09_L1TP_190028_20231003_20231003_02_T1
LC09_L1TP_190028_20231003_20230926_02_T1	2023/09/26	T1	2	191	028	NADIR	-0.001	2023/09/26	5.12	4.89	2023-10-03 09:52:00	2023-10-03 09:52:32	LC09_L1TP_190028_20231003_20230926_02_T1
LC09_L1TP_190028_20230917_20230917_02_T1	2023/09/17	T1	2	191	028	NADIR	-0.001	2023/09/17	5.12	4.89	2023-10-03 09:52:00	2023-10-03 09:52:32	LC09_L1TP_190028_20230917_20230917_02_T1
LC09_L1TP_190028_20230906_20230906_02_T1	2023/09/06	T1	2	191	028	NADIR	-0.001	2023/09/06	5.12	4.89	2023-10-03 09:52:00	2023-10-03 09:52:32	LC09_L1TP_190028_20230906_20230906_02_T1
LC09_L1TP_190028_20230901_20230901_02_T1	2023/09/01	T1	2	191	028	NADIR	-0.001	2023/09/01	5.12	4.89	2023-10-03 09:52:00	2023-10-03 09:52:32	LC09_L1TP_190028_20230901_20230901_02_T1

Full Display of LC09\_L1TP\_190028\_20231003\_20231003\_02\_T1

Open New Window Close

Product info → Product → Cloud cover

# Orodja za pregled podatkov



QGIS (vtičnik Semi-Automatic Classification)



ArcGIS Pro

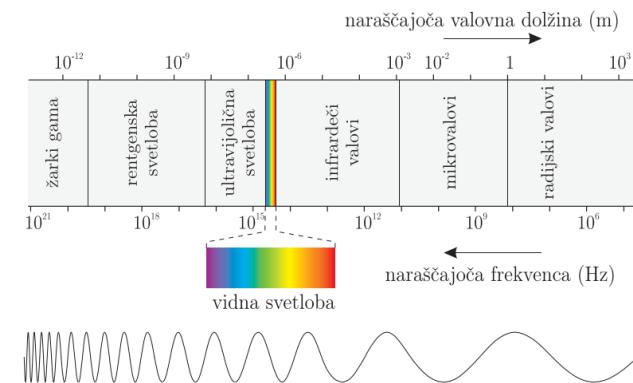
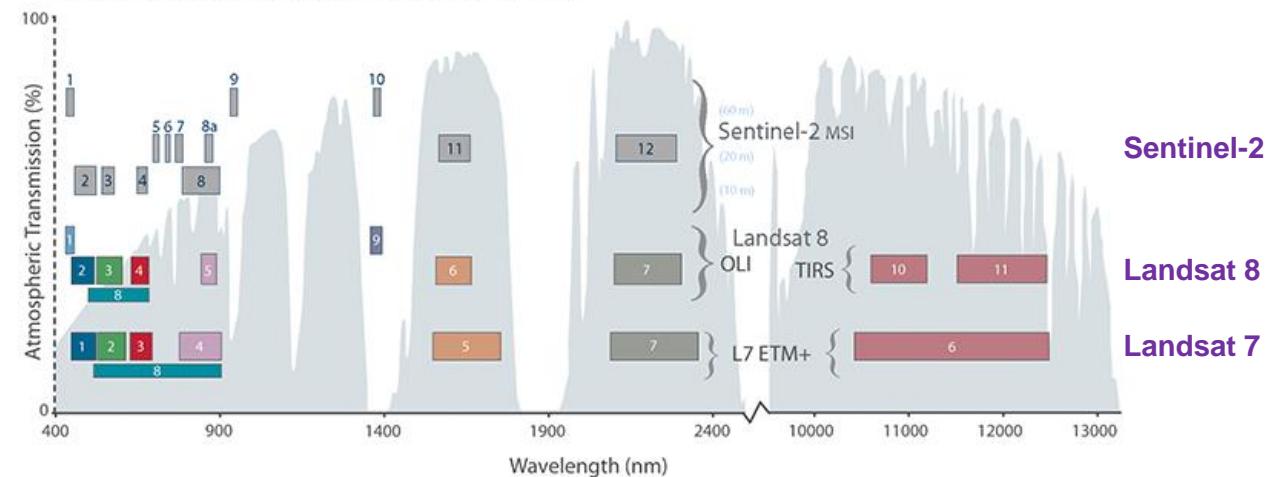


SNAP (SeNtinel application Platform)

# Pregled in primerjava satelitskih posnetkov Landsat 8 oz. 9 in Sentinel-2



Comparison of Landsat 7 and 8 bands with Sentinel-2



## Poročilo

V poročilu slikovno prikažite in izpišite naslednje podatke oz. informacije:

- Ime posamezne prenesene datoteke.
- Kaj lahko razberemo iz imen datotek?
- Katere datoteke vsebuje prenesena mapa?
- Kateri kanali (angl. *bands*) sestavljajo posamezne podatke?
- Kateri je osnovni koordinatni sistem, v katerem je posnetek podan?



Primer za posnetek Sentinel-2

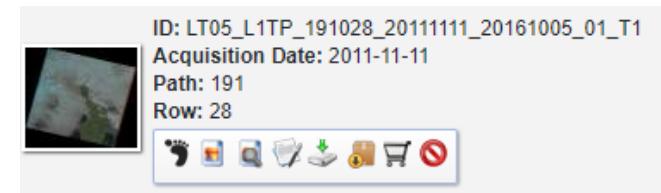


Table 1. The seven spectral bands of the Landsat-5 TM sensor.

TM band	Spectral band	'Color' name
1	0.45...0.52 µm	blue
2	0.52...0.60 µm	green
3	0.63...0.69 µm	red
4	0.76...0.90 µm	near-infrared
5	1.55...1.75 µm	mid-infrared
6	10.4...12.5 µm	thermal-infrared
7	2.08...2.35 µm	mid-infrared

Primer za posnetek Landsat 5 TM

## Poročilo

Primerjajte podatke sistemov Landsat 9 in Sentinel-2. V poročilu prikažite lastnosti obeh sistemov s tabelo (glej primer spodaj). Dodatno odgovorite na naslednja vprašanja:

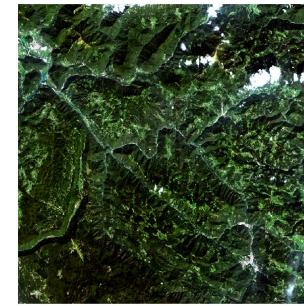
- Kdaj se je začel program Landsat in kdaj program Copernicus?
- Katere so glavne in najbolj opazne razlike med satelitskima posnetkoma?
- Kolikšna je velikost prenesenih posnetkov?
- Koliko posnetkov Landsat bi potrebovali, da bi z njimi prekrili celotno Slovenijo? Koliko je za isto nalogu potrebnih posnetkov Sentinel-2?

	Sentinel-2	Landsat 9
začetek sistema		
prostorska ločljivost		
spektralna ločljivost		
radiometrična ločljivost		
časovna ločljivost		
dimenzija enega posnetka na površju Zemlje		

## 2. naloga: Izdelava multispektralnega kompozita in transformacije

Sentinel-2 in Landsat 9:

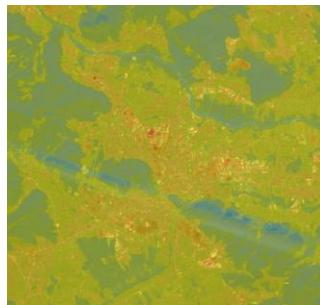
- Barvni kompozit v naravnih barvah (R, G, B),
- Barvni kompozit v lažnih barvah (IR, R, G),
- Vegetacijski indeks NDVI.



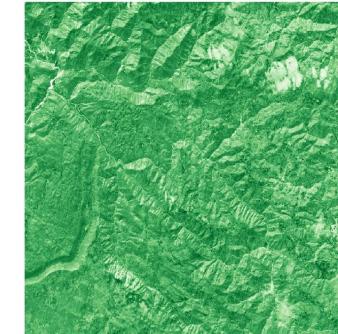
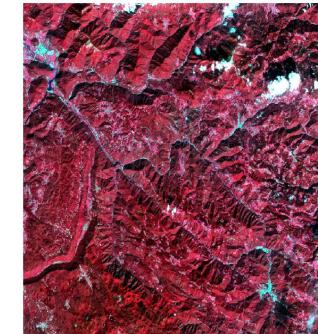
Multispektralna rastra v naravnih barvah:  
Landsat 8 (levo), Sentinel-2 (desno)

Landsat 9:

- Izračun temperature



Odbojnost na vrhu atmosfere



Prikaz barvnega rastra v lažnih barvah (levo) in  
izračunan NDVI (desno)

## 2. naloga: Izdelava multispektralnega kompozita in transformacije

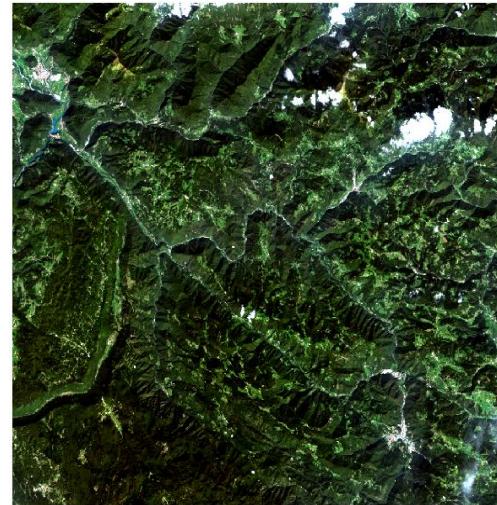
### Kompozit v naravnih barvah (R-G-B)

Landsat 8/9:

- rdeči kanal: B04
- zeleni kanal: B03
- modri kanal: B02

Sentinel-2:

- rdeči kanal: B04
- zeleni kanal: B03
- modri kanal: B02



Multispektralna rastra v naravnih barvah: Landsat 8 (levo),  
Sentinel-2 (desno)

## 2. naloga: Izdelava multispektralnega kompozita in transformacije

### Kompozit v lažnih barvah (NIR-R-G)

Landsat 8/9:

- rdeči kanal: B05
- zeleni kanal: B04
- modri kanal: B03

Sentinel-2:

- rdeči kanal: B08
- zeleni kanal: B04
- modri kanal: B03



Prikaz barvnega rastra v lažnih barvah

## 2. naloga: Izdelava multispektralnega kompozita in transformacije

**NDVI = Normalizirani diferencialni vegetacijski indeks**

(angl. *Normalized Difference Vegetation Index*)

- preprosto in enostavno merilo za oceno stanja vegetacije,
- uporaben za spremljanje zdravja vegetacije, oceno stanja suše, napovedovanje kmetijskega pridelka ...
- razpon vrednosti: [-1, 1]:
  - vrednosti blizu -1: voda, oblaki
  - vrednosti okoli 0: gola tla, pesek, skale, sneg ...
  - nižje pozitivne vrednosti: grmičevje, travniki
  - višje pozitivne vrednosti: gozd (najvišje vrednosti so v tropskih gozdovih, kjer je vegetacija najbolj bujna)
- izračun:

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

- 2 možnosti izračuna (v ArcGIS Pro):
  - možnost – uporaba rastrskih funkcij
  - možnost – Raster Calculator



Izračunan NDVI

## 2. naloga: Izdelava multispektralnega kompozita in transformacije

### Temperatura

- Satelitski posnetek sestavlja niz diskretnih digitalnih vrednosti (angl. digital numbers – DN)
- Vrednost piksla (DN) predstavlja sprejeto energijo EM valovanja, odbito od površja in zaznano z ustreznim senzorjem.
- Pretvorba iz DN v sevanje na vrhu atmosfere (angl. TOA spectral radiance):

$$rad = RADIANCE\_MULT\_BAND\_n * Qcal + RADIANCE\_ADD\_BAND\_n, \text{ kjer so:}$$

Qcal ... vrednost piksla na kanalu TIRS

RADIANCE\_MULT\_BAND\_n ...multiplikativni faktor iz datoteke MTL

RADIANCE\_ADD\_BAND\_n ...aditivni faktor iz datoteke MTL

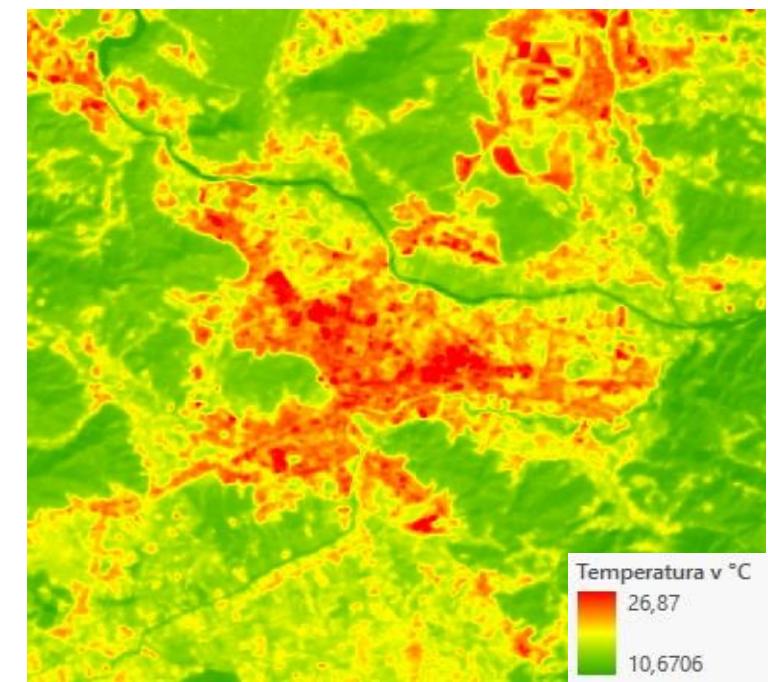
- Pretvorba iz sevanja v odbojnost (angl. TOA reflectance):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{rad} + 1\right)} - 273, \text{ kjer so:}$$

*pretvorimo iz Kelvinov v °C*

K1 ... K1\_CONSTANT\_BAND\_n ... konstanta iz datoteke MTL

K2 ... K2\_CONSTANT\_BAND\_n ... konstanta iz datoteke MTL

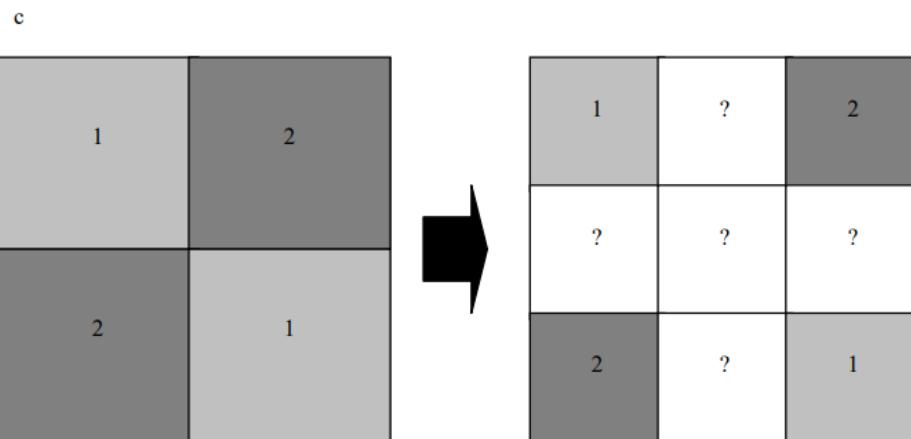
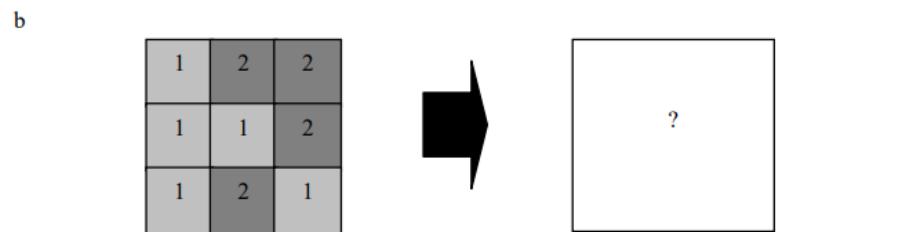
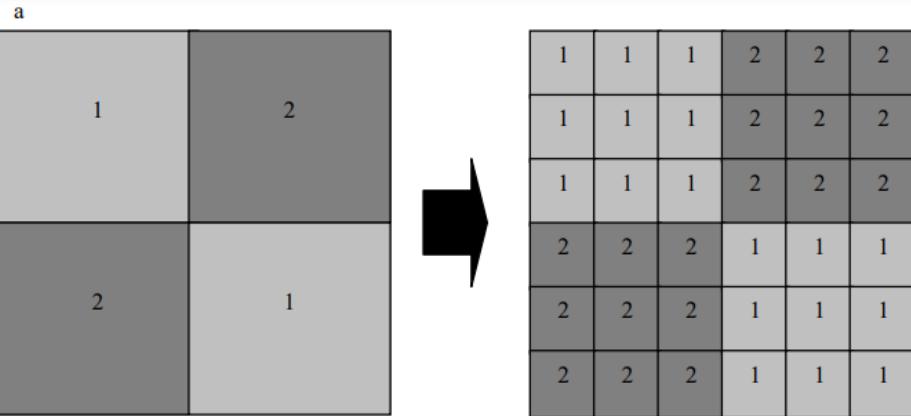


## Poročilo

Prikažite vseh **7 prikazov** (4x Landsat-9, 3x Sentinel-2) in odgovorite na vprašanja:

- Zakaj uporabljam ravno rdeč in infrardeč kanal za spremljanje (zdrave) vegetacije?
- Zakaj lahko temperaturo izračunamo samo za posnetke Landsat 9, za Sentinel-2 pa ne?
- Ali bi lahko temperaturo izračunali še s posnetki katerega drugega satelita, ne nujno trenutno aktivnega? Če da, s katerim?
- Kako se različna prostorska ločljivost posnetkov Sentinel-2 in Landsat-9 kaže na izračunanem indeksu NDVI (namig: kaj se zgodi v pikslih, ki pokrivajo različne rabe tal, npr. vegetacija in urbano)?

### 3. naloga: Prevzorčenje



**Prevzorčenje rastrov na isto rastrsko osnovo**

3 najpogostejše metode so: *metoda najbližjega sosedja*, *bilinearna interpolacija* in *kubična konvolucija*.

Prevzorčite podatke na isto prostorsko ločljivost, na ločljivost Sentinel-2 (10 m).

- ortofoto → Sentinel-2
- Landsat → Sentinel-2

## Poročilo

V poročilu odgovorite na vprašanji:

Kaj se zgodi, če spremenimo manjše rastrske celice v večje?

Kaj se zgodi, če večje rastrske celice spremenimo v manjše?

Prikažite še oba rezultata prevzorčenja. Pri tem uporabite eno od metod prevzorčenja in pojasnite, zakaj ste se odločili zanjo.