

# „Detekcja i monitoring zachmurzenia z wykorzystaniem danych satelitarnych ”

Piotr Struzik, Monika Pajek  
IMGW-PIB Kraków

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach  
Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa



**Fundusze  
Europejskie**  
Polska Cyfrowa



**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego



## Plan prezentacji:

1. Dlaczego „chmury”
2. Produkty obrazujące chmury w zasobach Sat4Envi
3. Możliwości symulowania obrazów przyszłych systemów satelitarnych MTG i EPS-SG w wykorzystaniem bieżących danych Sentinel
4. Podsumowanie



**Fundusze Europejskie**  
Polska Cyfrowa



**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego



## Dlaczego zachmurzenie jest tak ważne:

Zachmurzenie jest elementem klimatu bezpośrednio kształtującym bilans radiacyjny Ziemi – główny czynnik modulujący dopływ promieniowania słonecznego do powierzchni ziemi.

Zachmurzenie kształtuje temperatury powietrza i opad.

Zachmurzenia jest elementem podlegającym bardzo subiektywnym obserwacjom indywidualnym.

Chmury zawsze inspirowały poetów.

**Jan Kochanowski,    Fraszki,    Księgi pierwsze**

**Do Chmury**[\[1\]](#)

Mówiłem ja tobie, Chmura,  
Że przy kuchni bywa dziura;  
Aleś mnie ty nie chciał wierzyć,  
Wolałeś swym grzbietem zmierzyć.

**Przypisy**

[\[1\]](#) Chmura — zapewne dworzanin królewski, upamiętniony również przez Piotra Rojzjusza w zbiorze *Carmina*.

**Wisława Szymborska**  
**Chmury**

Z opisywaniem chmur  
musałabym się bardzo śpieszyć -  
już po ułamku chwili  
przestają być te, zaczynają być inne.  
Ich właściwością jest  
nie powtarzać się nigdy  
w kształtach, odcieniach, pozach i układzie.

...

# **Produkty przedstawiające chmury zgromadzone w archiwum Sat4Envi:**

## **Oparte na danych z satelitów geostacjonarnych:**

1. Obrazy satelitarne Meteosat w 12 kanałach spektralnych.
2. Kompozycje barwne oparte na danych Meteosat: Airmass, Natural Color, Dust, 24h\_mikrofizyka, Day\_mikrofizyka, Night\_mikrofizyka,
3. Detekcja i klasyfikacja chmur: Cloud Mask, CloudType.
4. Opad z chmur: Precipitating Clouds, CRR, opad chwilowy H03, suma opadu H05.
5. Chmury burzowe: Convection, Sandwich, IR 10.8 enhanced (Setvak), OST, obraz HRV z nałożonymi wyładowaniami.

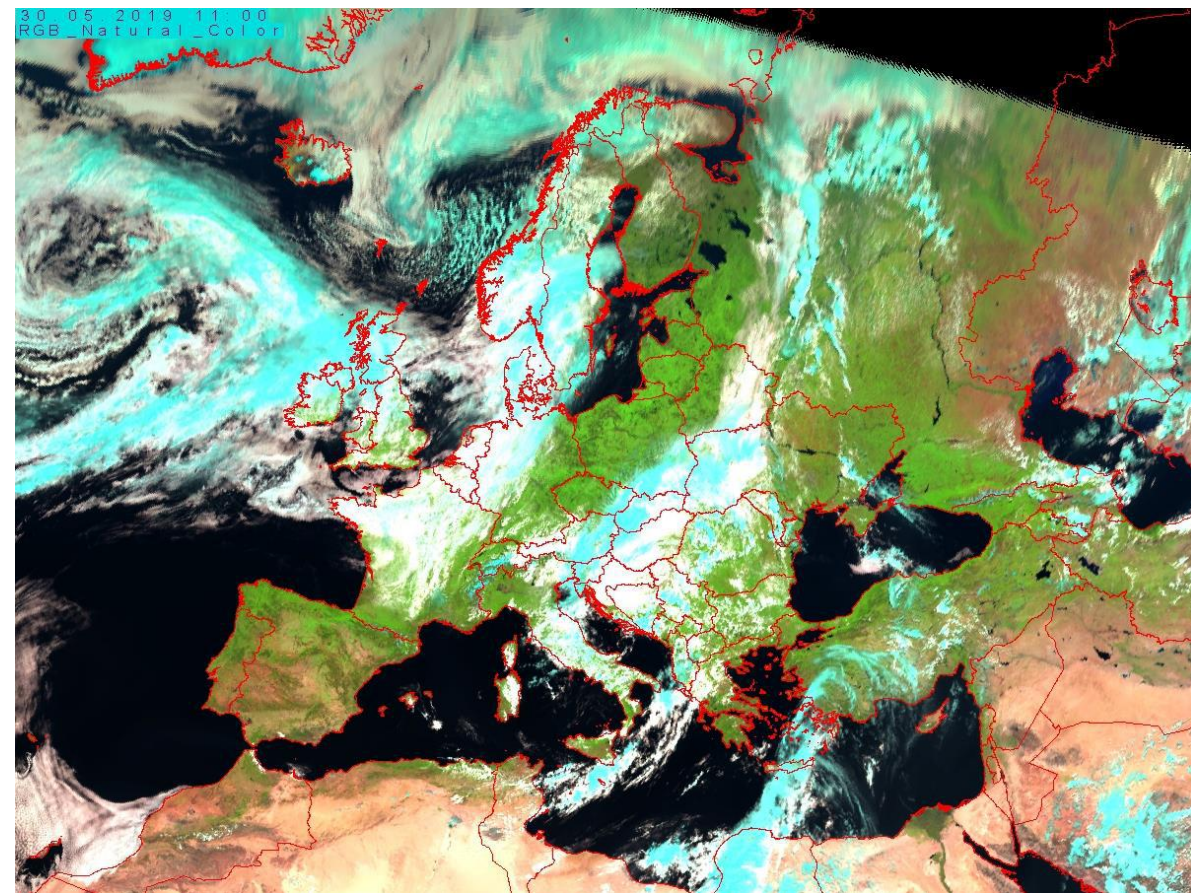
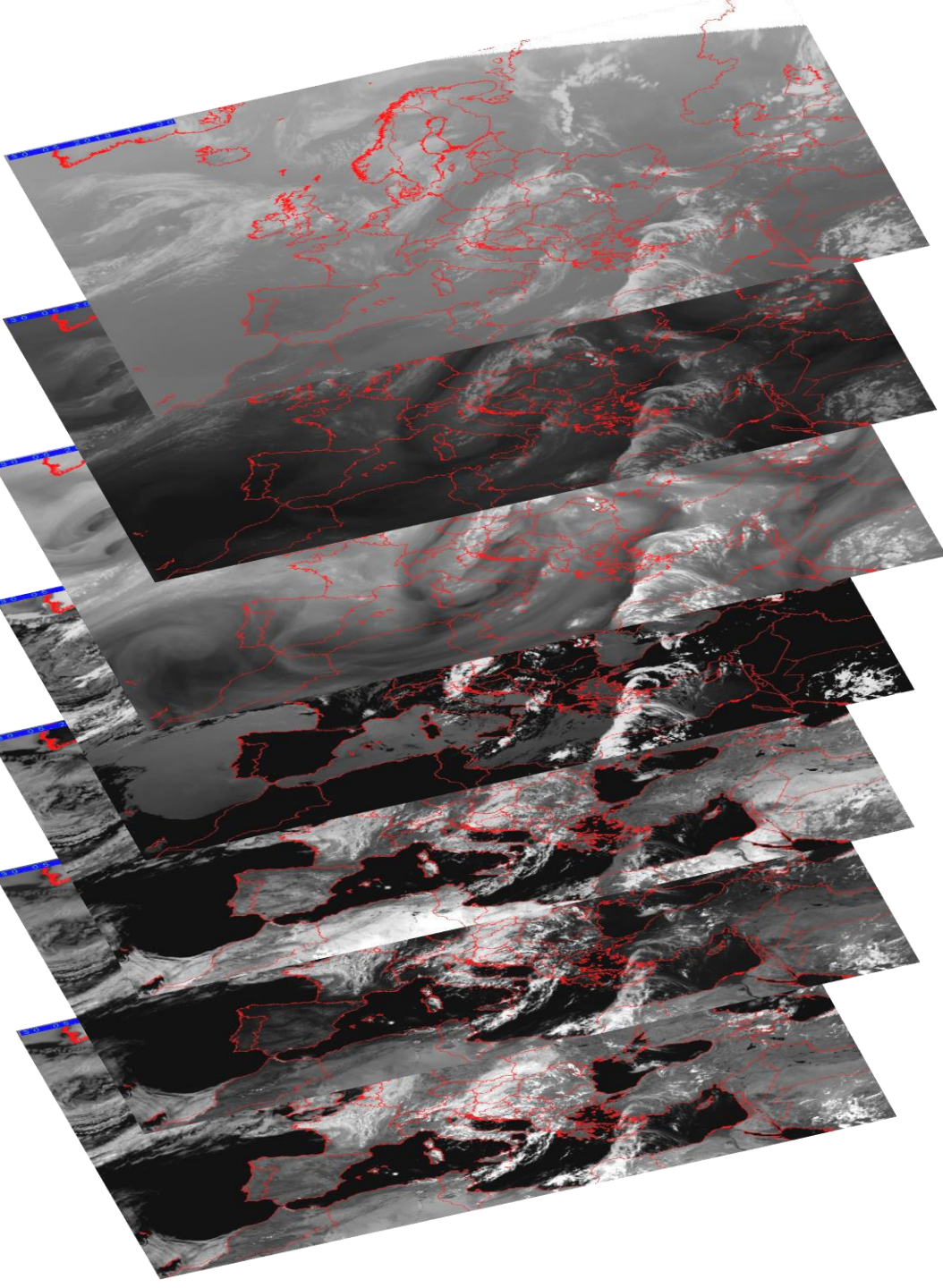
## **Oparte na danych z satelitów polarnych:**

1. Obrazy NOAA/Metop w 6 kanałach spektralnych.
2. Obraz IR 10.8 enhanced (Setvak) – NOAA, Metop i Modis.
3. Kompozycje barwne RGB: Clouds, Day\_micro, Night\_micro, False\_Colour, Natural\_Colour.
4. Kompozycje barwne RGB z danych MODIS/Terra i Aqua: Airmass, 24h\_micro, Day\_micro, Night\_micro, Severe\_storms, True\_colour.

**Dane satelitarne Sentinel-2 o wysokiej rozdzielczości przestrzennej i kompozycje RGB.**

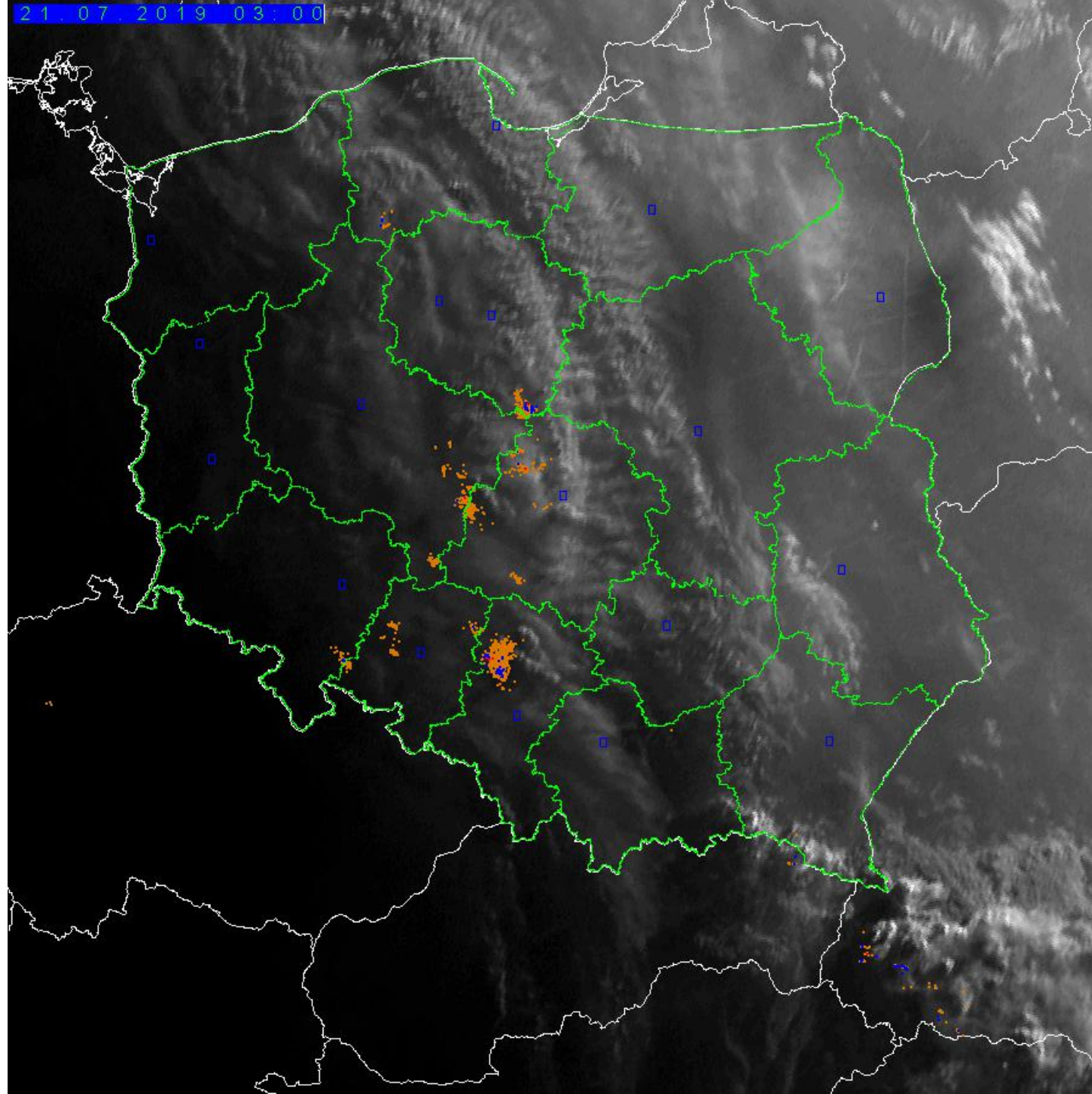


# Kompozycje **R** **G** **B**

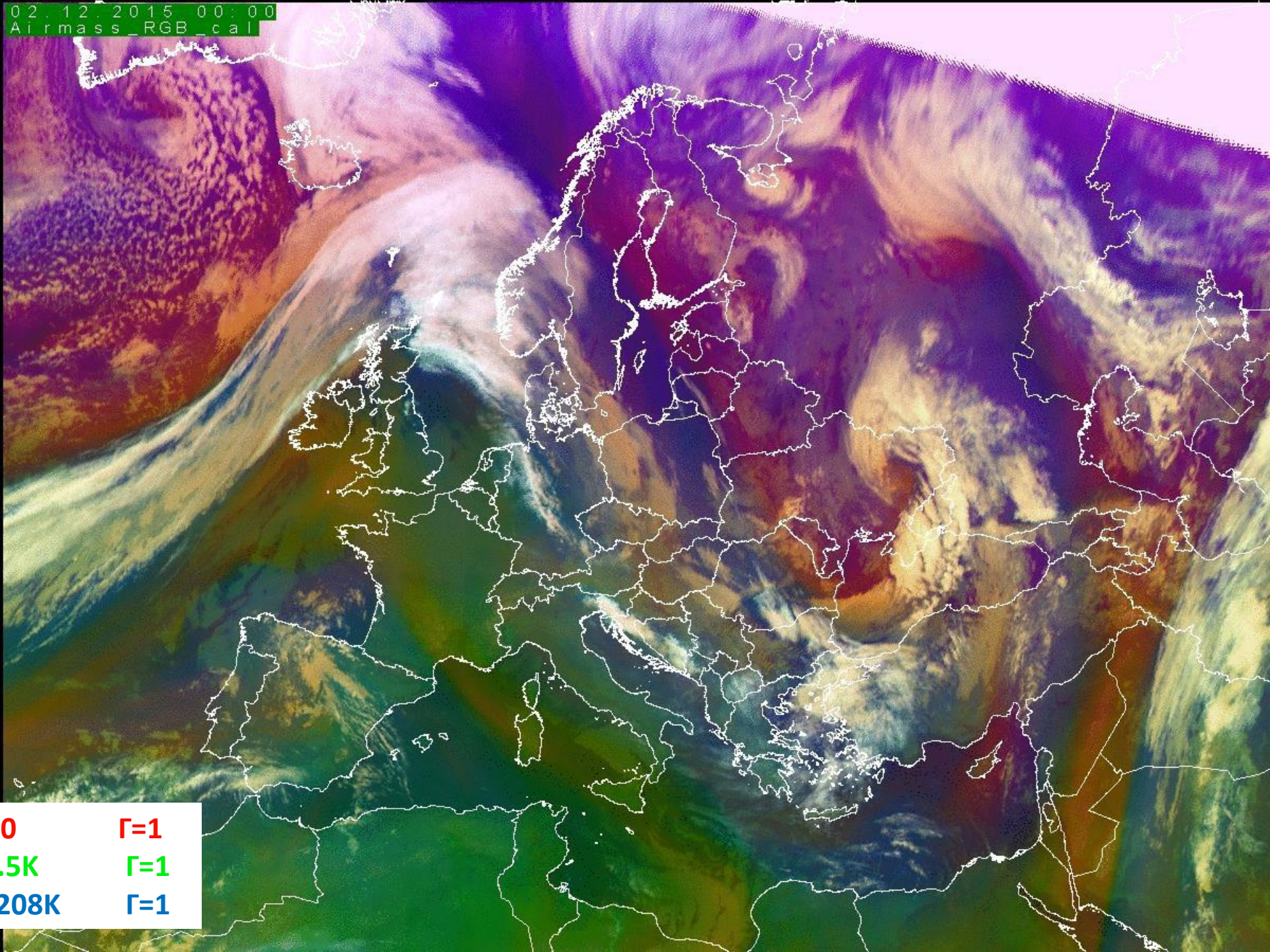




Animacja obrazów satelitarnych  
Meteosat HRV z naniesionymi  
wyładowaniami atmosferycznymi.







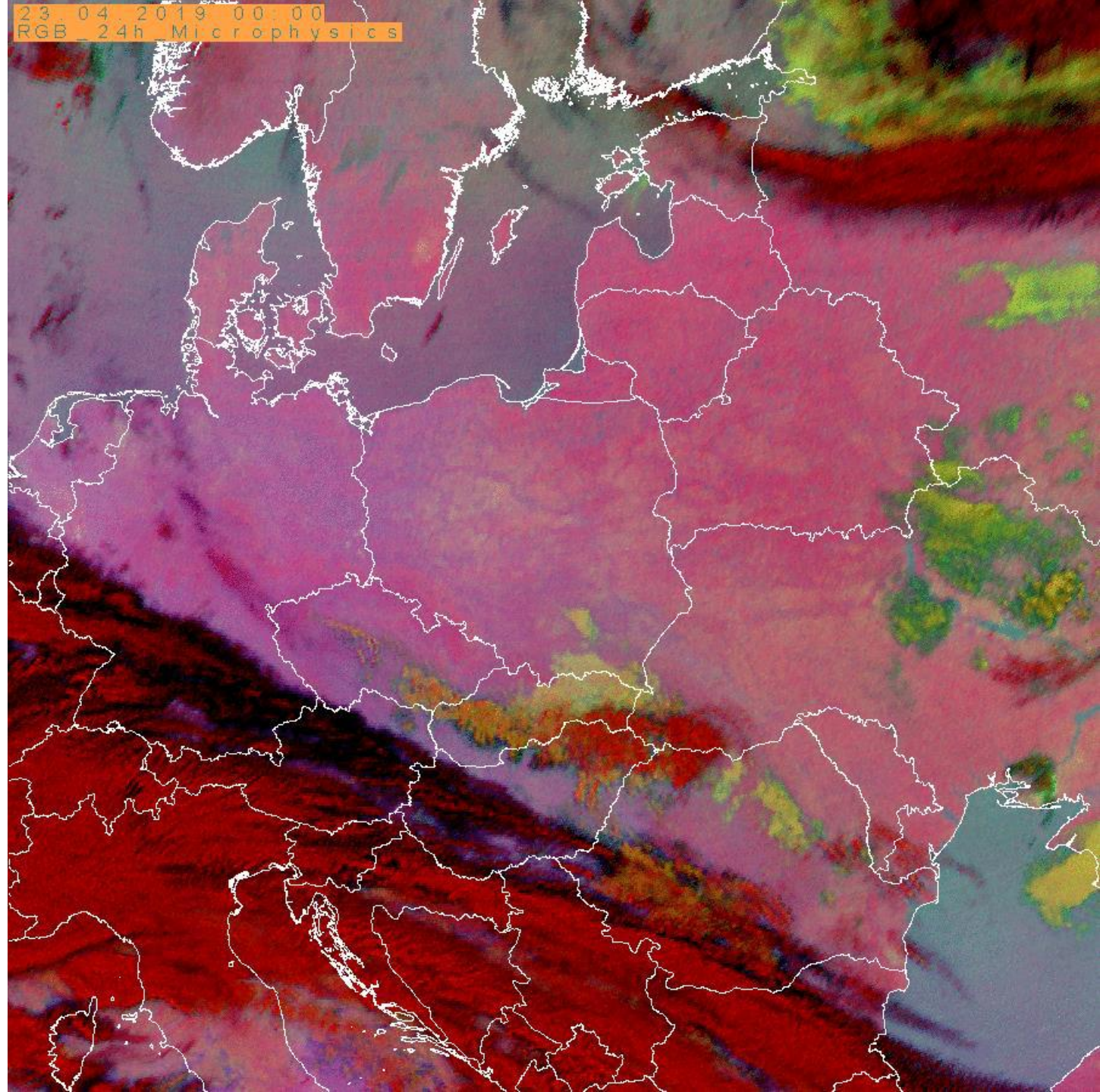
Kompozycja RGB Airmass

|                             |                    |                              |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------|
| <b>R = WV 6.2 – WV 7.3</b>  | <b>-25K...0</b>    | <b><math>\Gamma=1</math></b> |
| <b>G = IR 9.7 – IR 10.8</b> | <b>-40K...5K</b>   | <b><math>\Gamma=1</math></b> |
| <b>B = WV 6.2i</b>          | <b>243K...208K</b> | <b><math>\Gamma=1</math></b> |



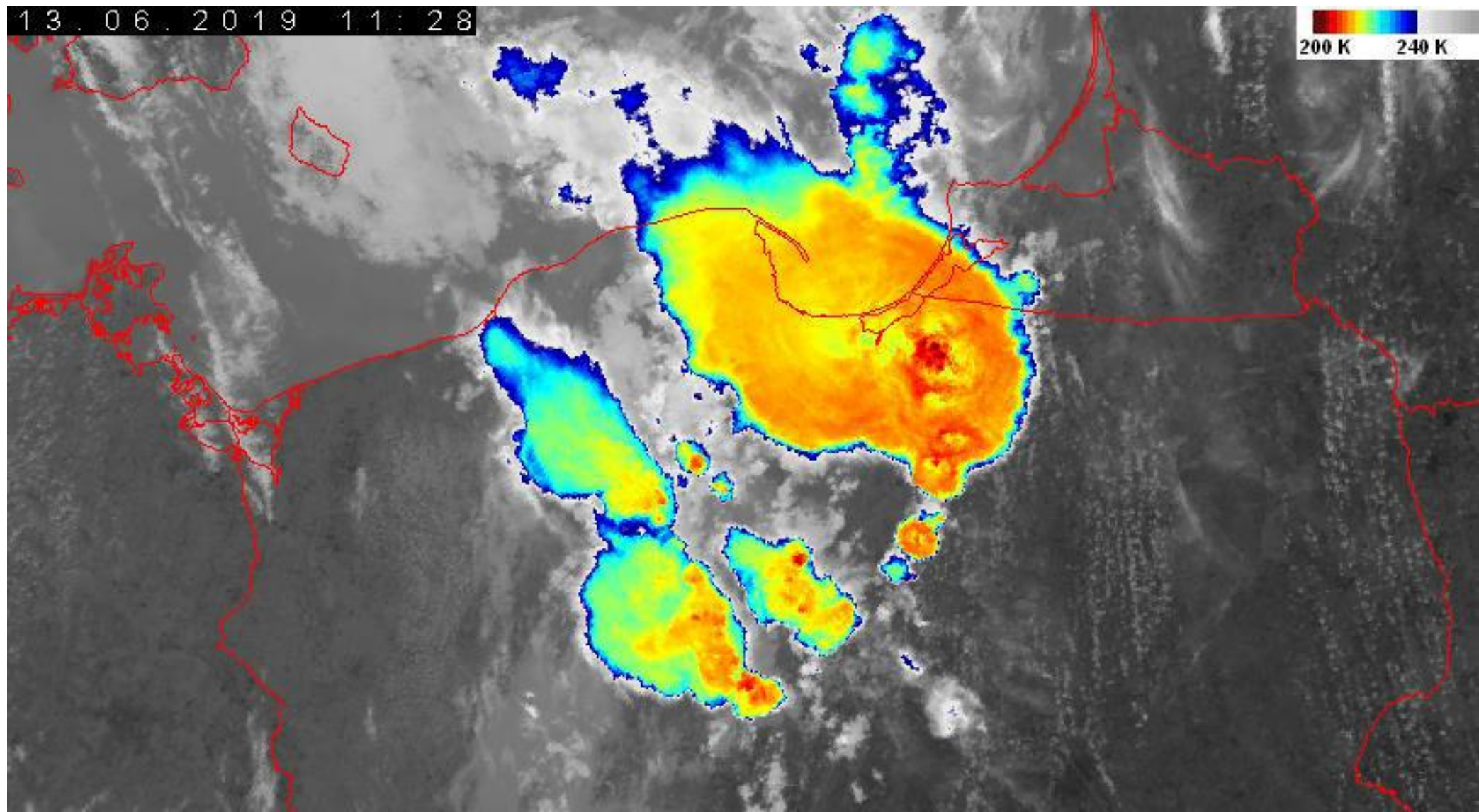
## Kompozycja RGB Mikrofizyka chmur 24 h

- Burza piaskowa w Polsce 23.04.2019



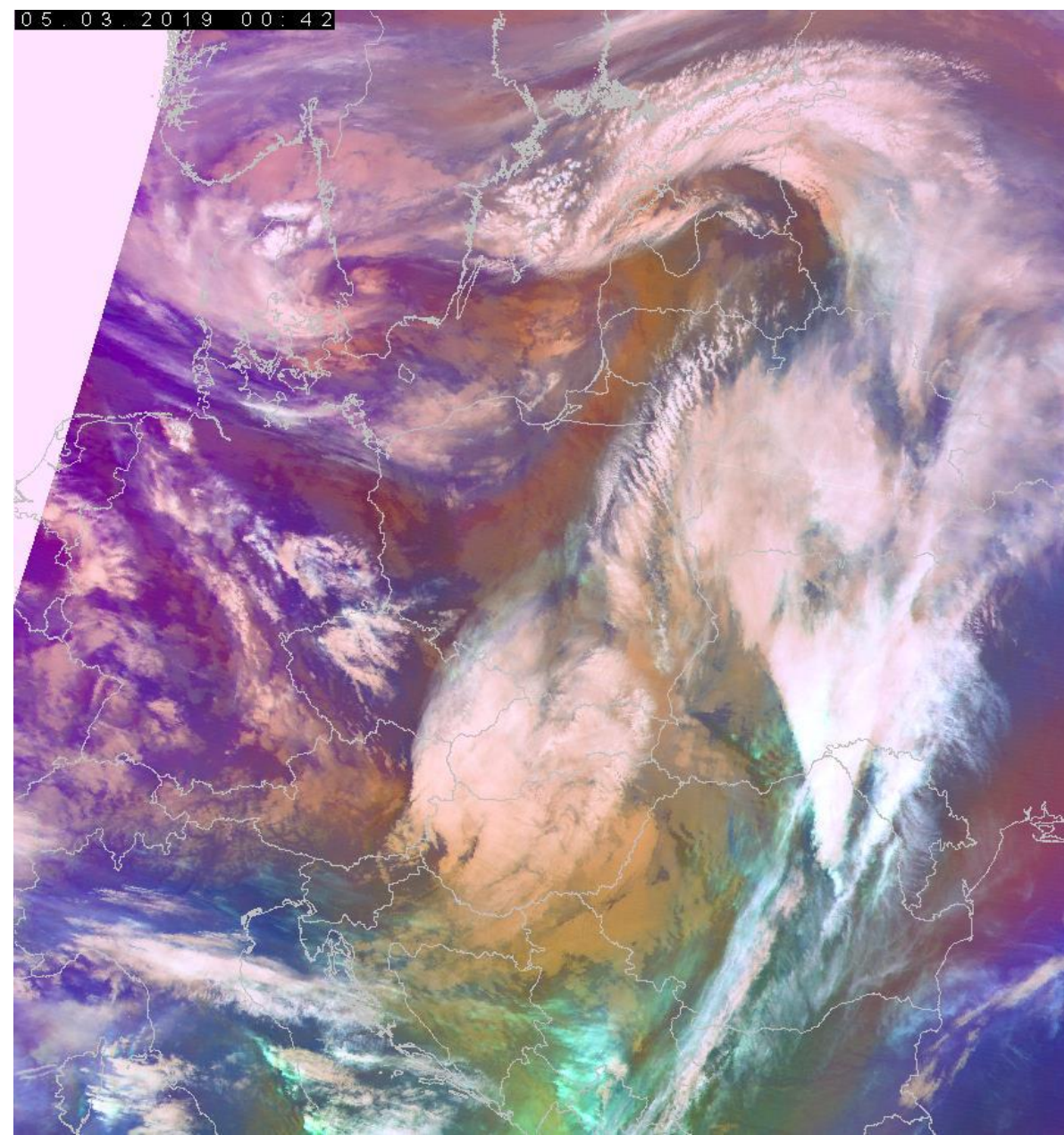
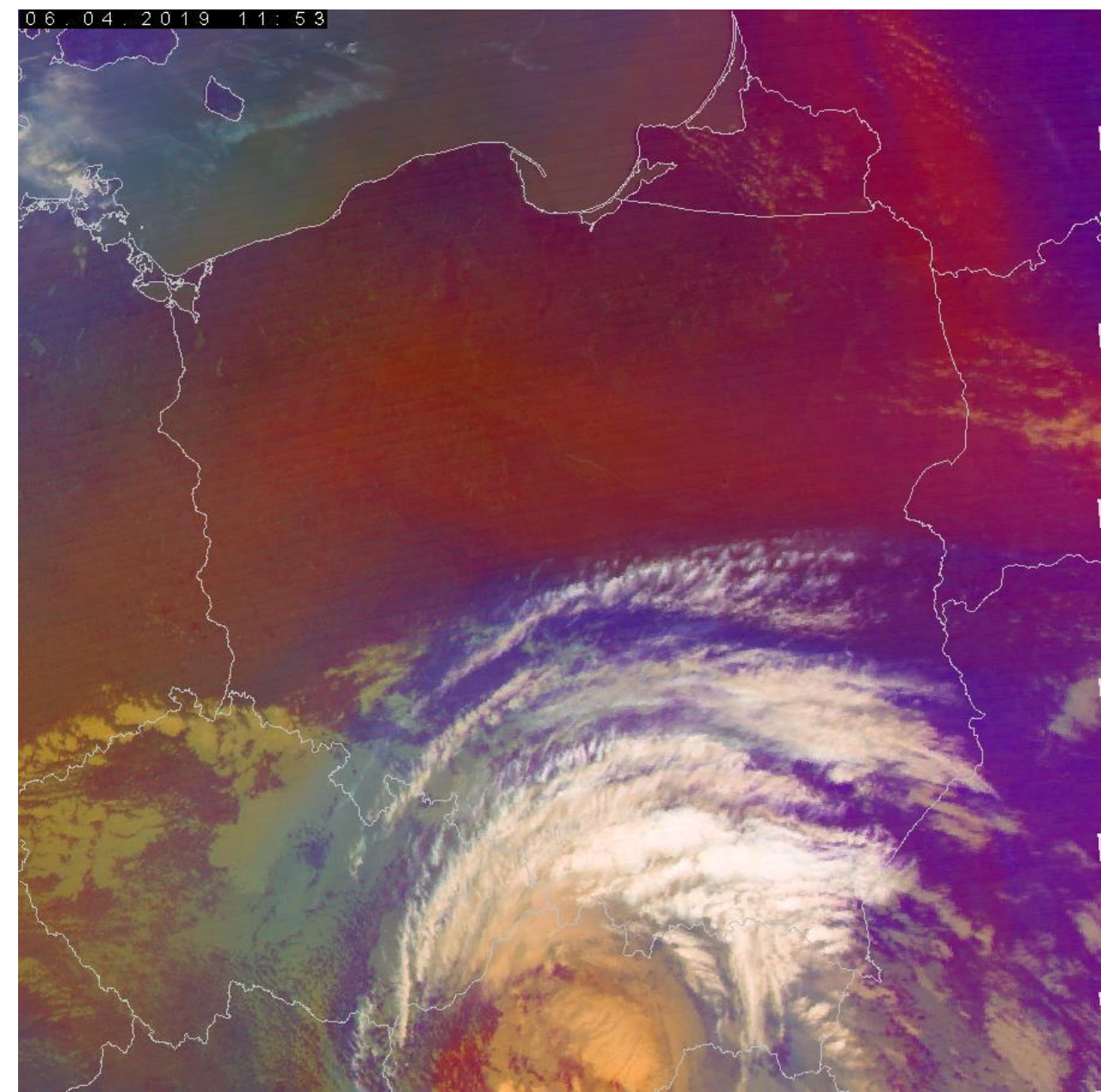


Obraz IR 10.8 enhanced (Setvak palette).





# Kompozycja RGB Airmass z danych satelitarnych MODIS/AQUA



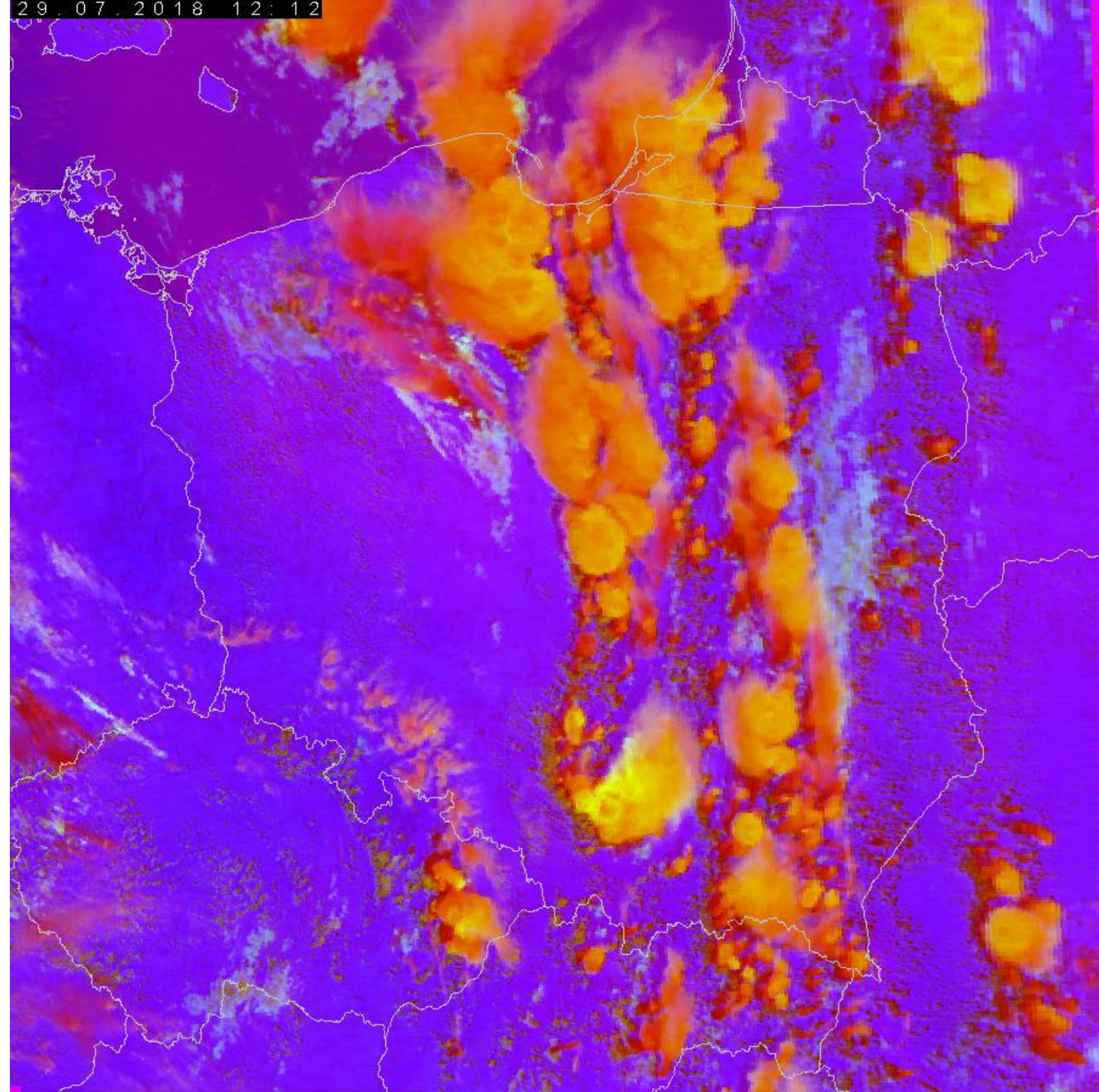


Kompozycja barwna RGB Severe storms  
Na podstawie danych MODIS/Aqua

**R 6.75-7.33**

**G 3.78-11.0**

**B 1.63-0.64**



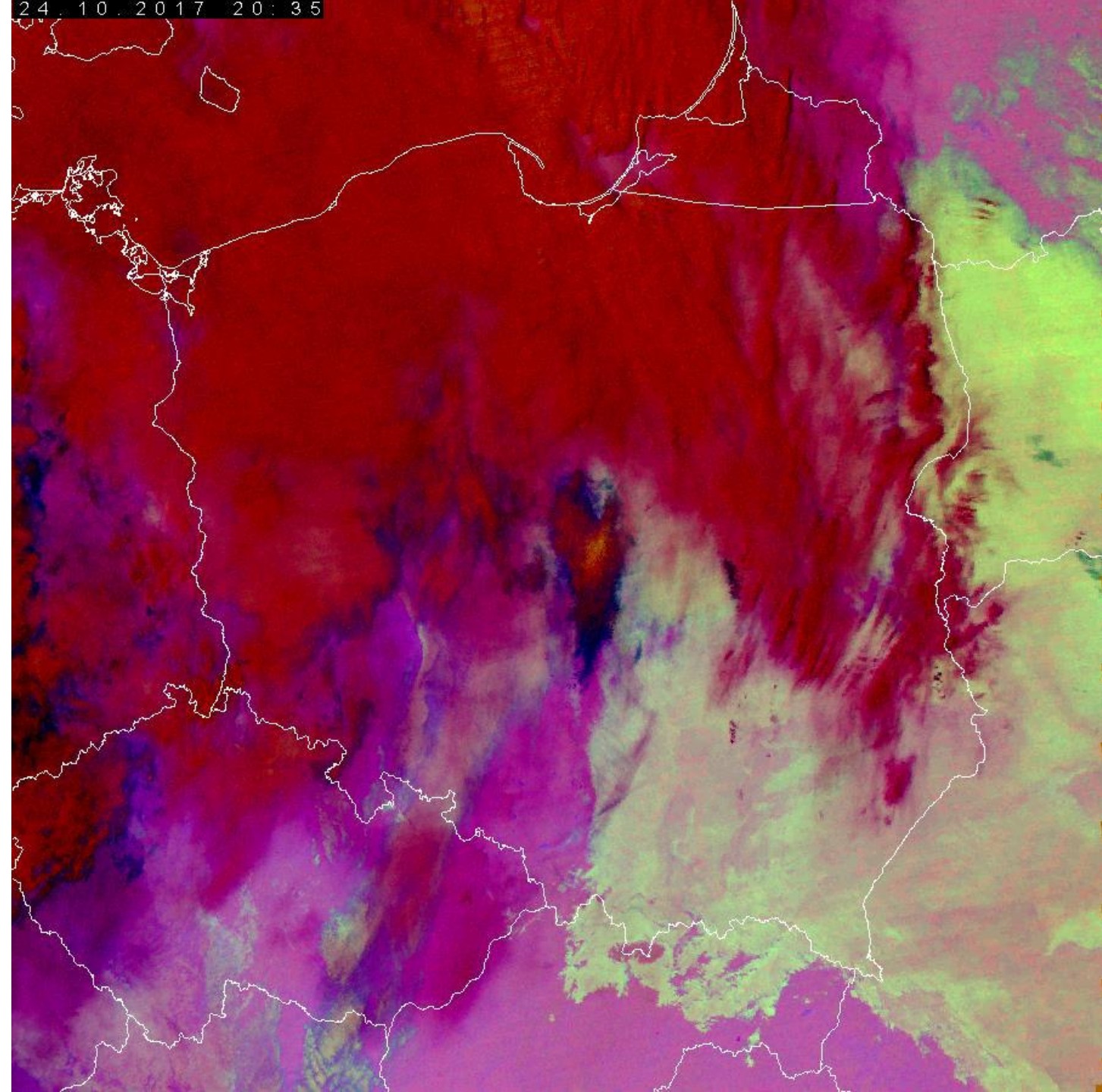


Kompozycja barwna RGB: Night microphysics  
Na podstawie danych MODIS/Terra

**R 12.0-11.0**

**G 11.0-3.78**

**B 11.0**





Wykorzystanie danych Sentinel do symulowania obrazów  
z satelitów meteorologicznych przyszłych generacji.



# MTG/FCI and EPS-SG/MetImage vs Sentinel-2 MSI and Sentinel-3 OLCI



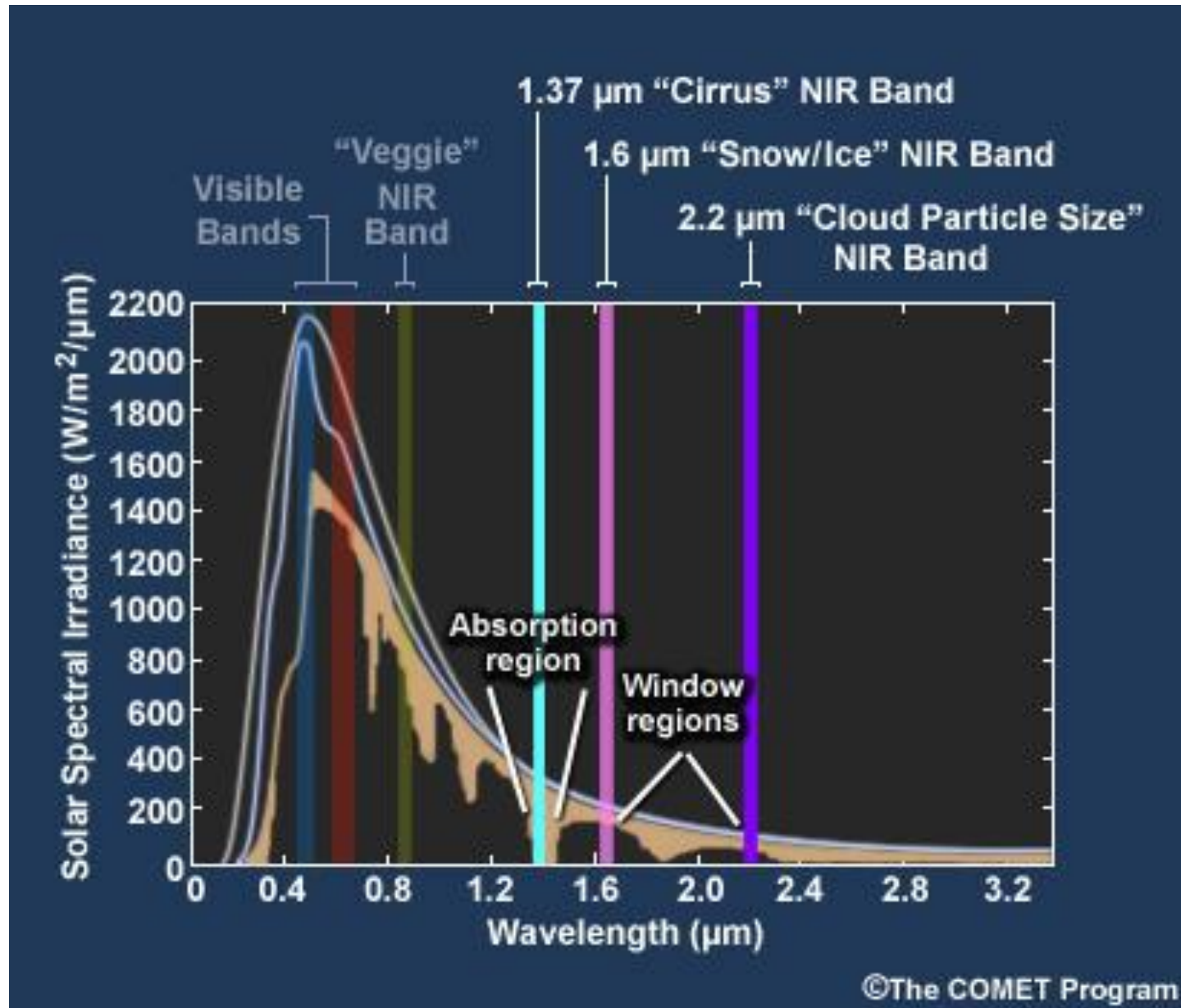
Satelita „meteorologiczny” Sentinel-2 posiada wszystkie kanały jakie będą dostępne w radiometrach FCI/MTG i METimage/EPS-SG, Nawet 0.9  $\mu\text{m}$  !

Sentinel-3 OLCI – niestety nie posiada bardzo ciekawych kanałów: 1.3, 1.6 and 2.25  $\mu\text{m}$ .

B1 443 nm 60m  
 B2 490 nm 10m  
 B3 560 nm 10m  
 B4 665 nm 10m  
 B5 705 nm 20m  
 B6 740 nm 20m  
 B7 783 nm 20m  
 B8 842 nm 10m  
 B8A 865 nm 20m  
 B9 945 nm 60m  
 B10 1375 nm 60m  
 B11 1610 nm 20m  
 B12 2190 nm 20m

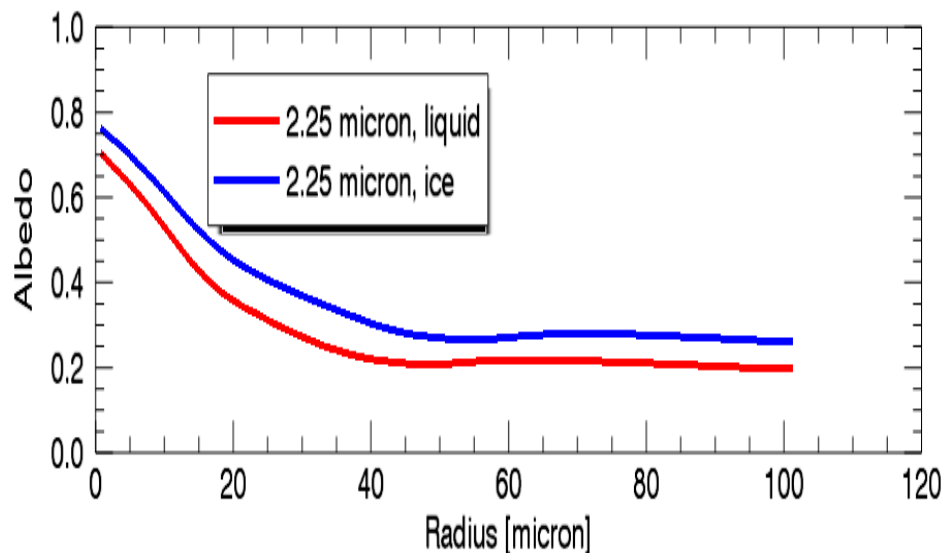
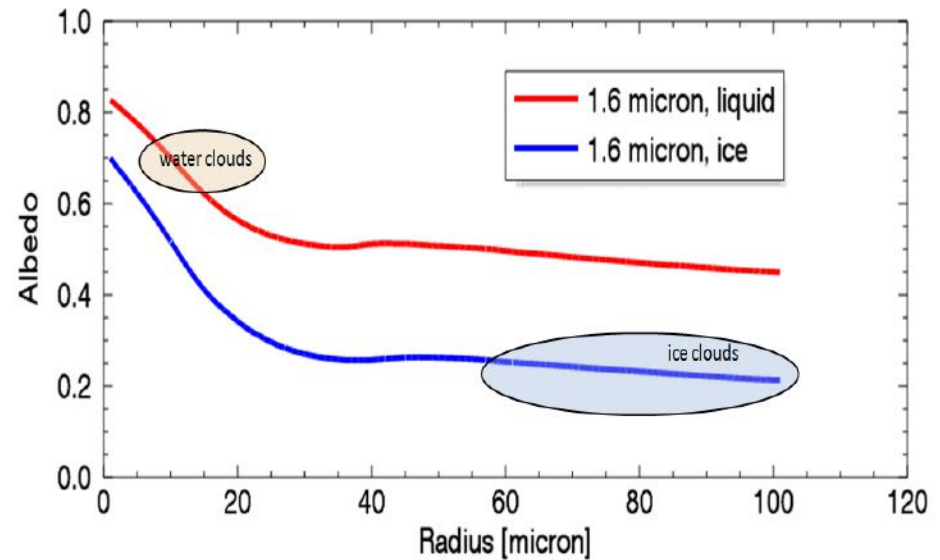
| MTG<br>FCI | EPS-SG<br>MetImage | Sentinel-2<br>MSI | Sentinel-3<br>OLCI |
|------------|--------------------|-------------------|--------------------|
|            |                    |                   | 0.400              |
|            |                    |                   | 0.413              |
| 0.444      | 0.443              | 0.443             | 0.443              |
|            |                    | 0.490             | 0.490              |
| 0.510      | 0.555              | 0.560             | 0.510              |
|            |                    |                   | 0.560              |
|            |                    |                   | 0.620              |
| 0.640      | 0.668              | 0.665             | 0.665              |
|            |                    |                   | 0.673              |
|            |                    |                   | 0.681              |
|            |                    | 0.705             | 0.709              |
|            | 0.752              | 0.740             | 0.754              |
|            | 0.763              | 0.783             | 0.761              |
|            |                    |                   | 0.764              |
|            |                    |                   | 0.768              |
|            |                    |                   | 0.779              |
|            |                    | 0.842             |                    |
|            | 0.865              | 0.865             | 0.865              |
|            |                    |                   | 0.885              |
| 0.914      | 0.914              | 0.945             | 0.900              |
|            |                    |                   | 0.940              |
|            |                    |                   | 1.020              |
|            | 1.24               |                   |                    |
| 1.380      | 1.375              | 1.375             |                    |
| 1.610      | 1.63               | 1.610             |                    |
| 2.250      | 2.25               | 2.190             |                    |

# Nowe kanały w zakresie bliskiej podczerwieni

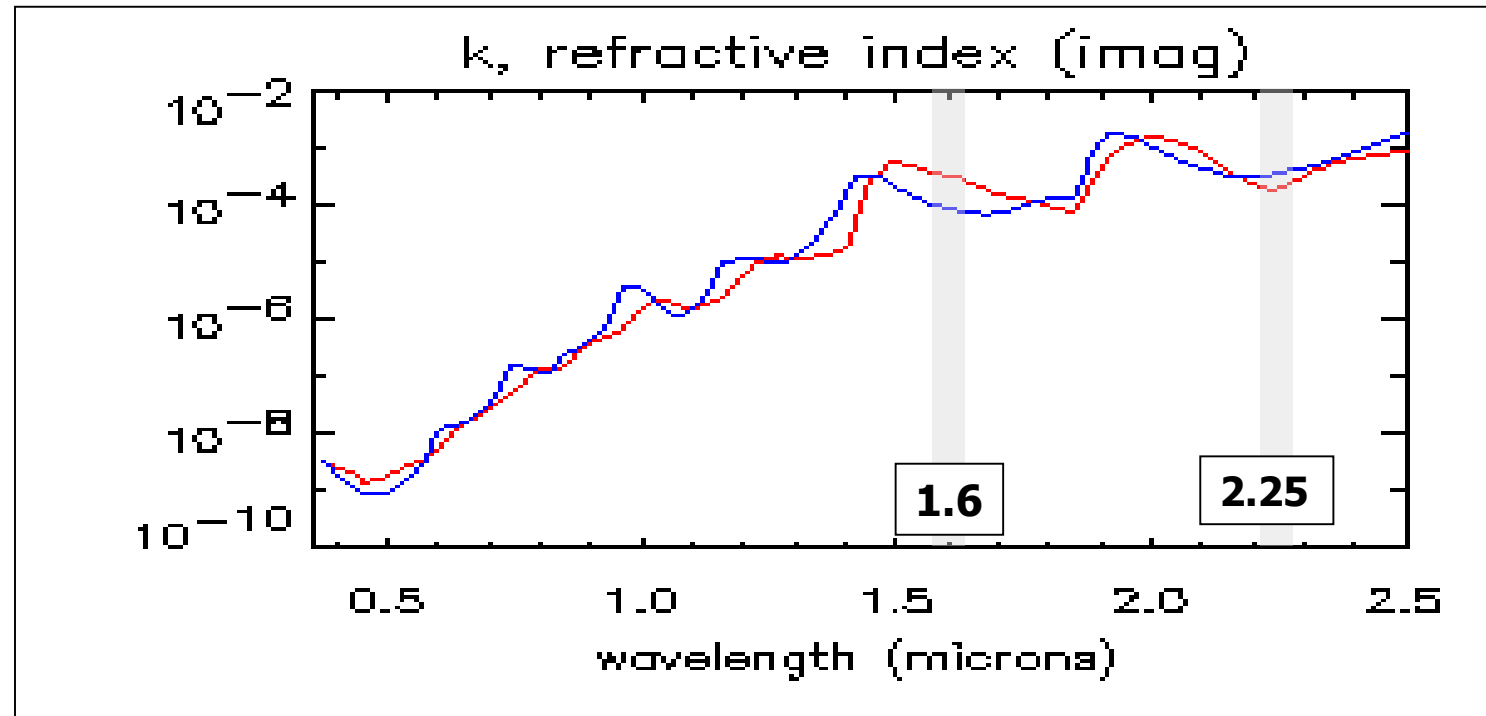




# Kanał 1.6 $\mu\text{m}$ vs. 2.25 $\mu\text{m}$



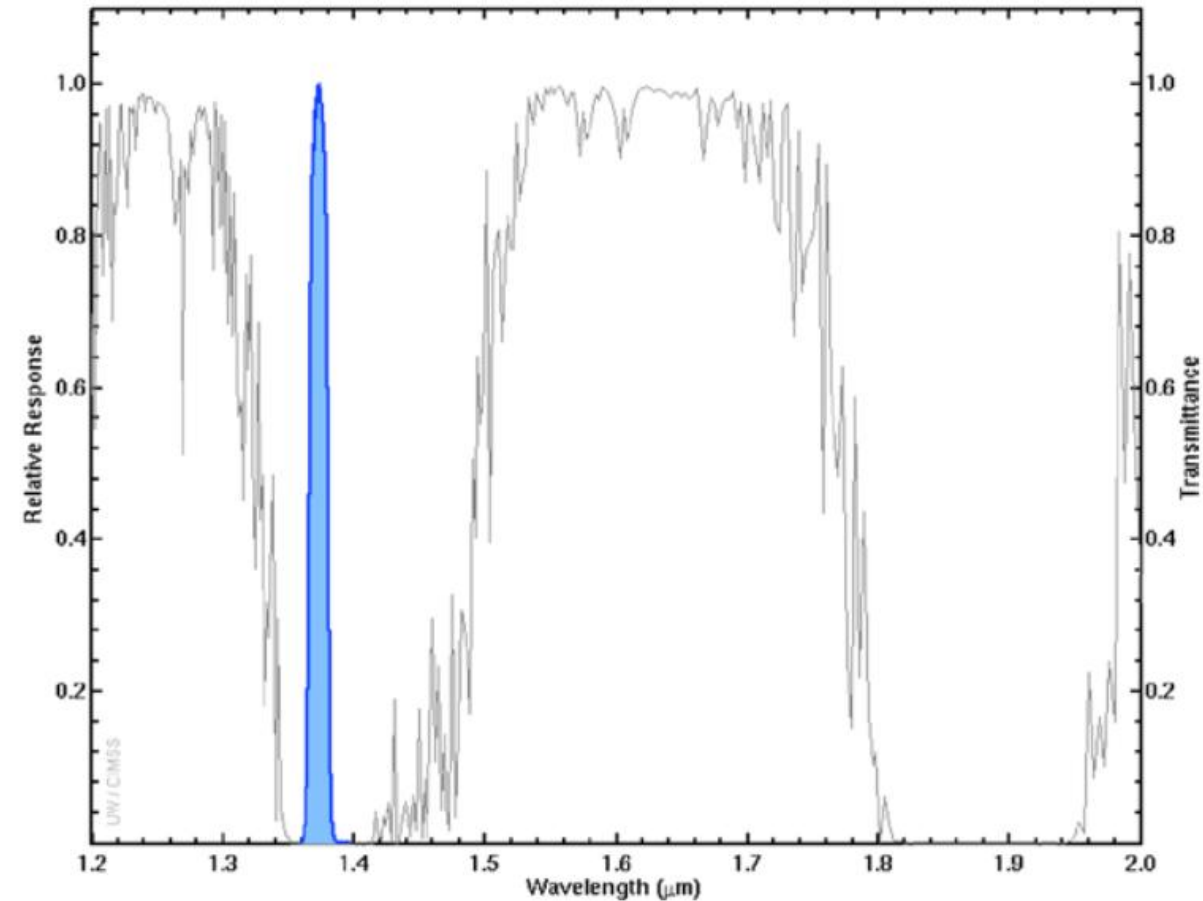
Różnica absorpcji lodu i wody jest mniejsza w kanale NIR2.25 niż w NIR1.6



Kanał NIR2.25 jest czuły na wielkość cząsteczek w powierzchniowej warstwie chmury w znacznie większym zakresie niż kanał NIR1.6.

## Kanał 1.3 $\mu\text{m}$ – kanał 'Cirrus'

- Detekcja bardzo cienkich chmur Cirrus, nie widocznych w innych kanałach w porze dziennej.
- **Detekcja smug kondensacyjnych.**
- Pozwala na rozróżnienie niskich i wysokich chmur oraz innych jasnych obiektów od wysokich chmur (śnieg).
- Nie widzi dolnej troposfery ze względu na koncentrację pary wodnej (kanał absorpcji H<sub>2</sub>O).





# Wybrane kompozycje RGB wykorzystujące nowe kanały: 1.3, 1.6 i 2.15 $\mu\text{m}$

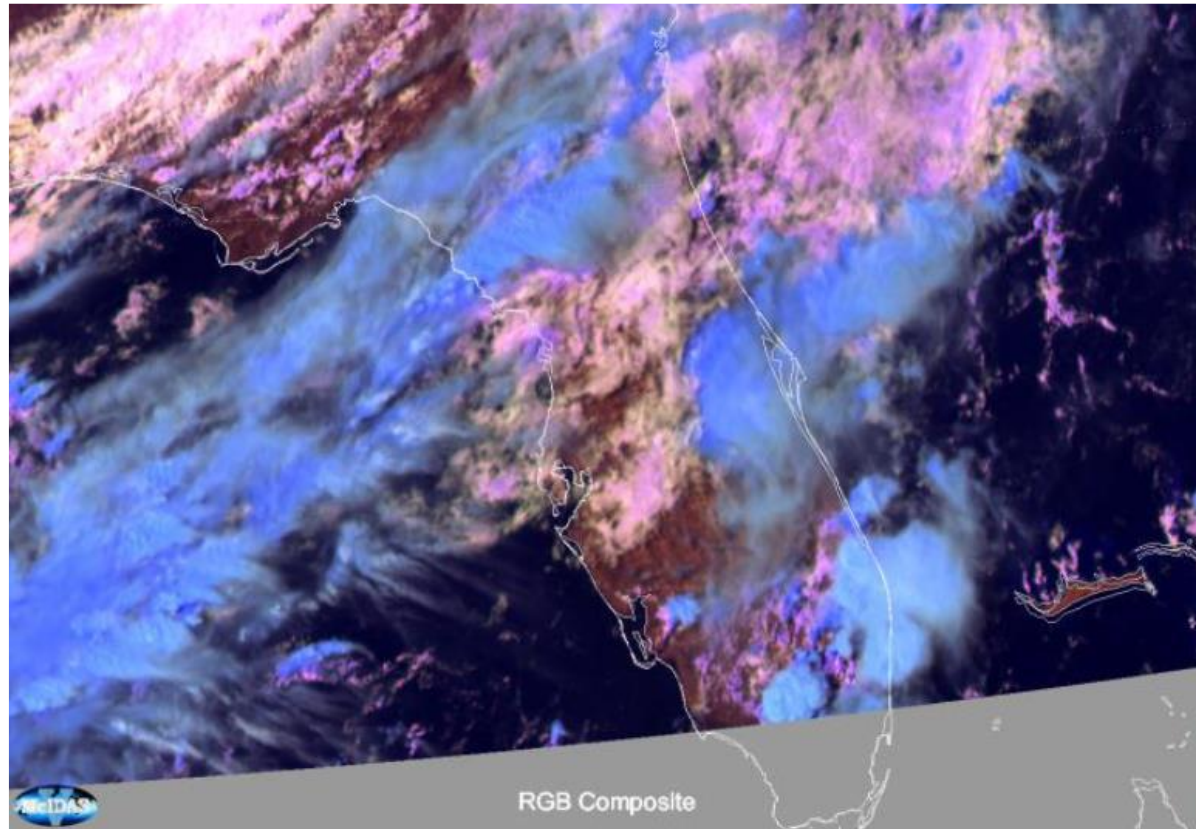


## Cloud Phase RGB:

R NIR 1.6

G NIR 2.3

B VIS 0.4

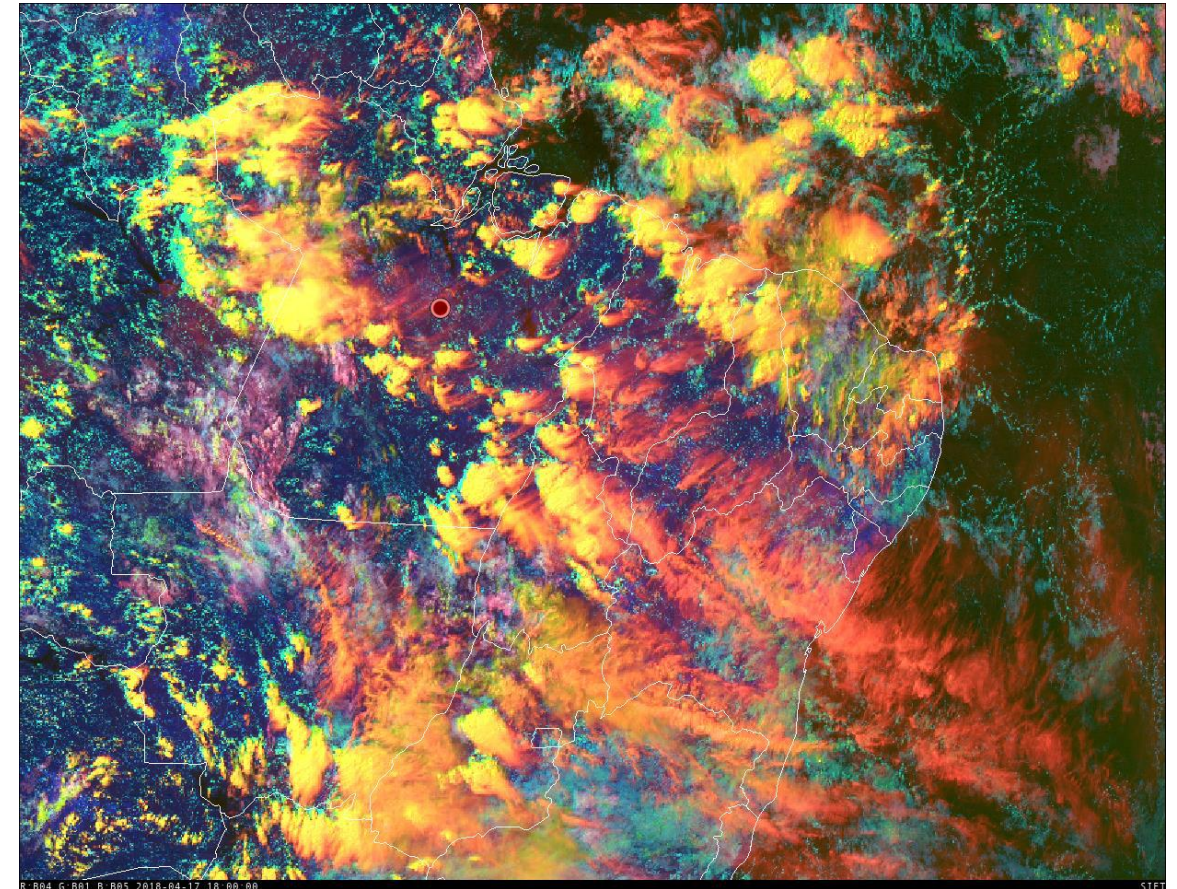


## Cloud Type RGB:

R NIR1.3

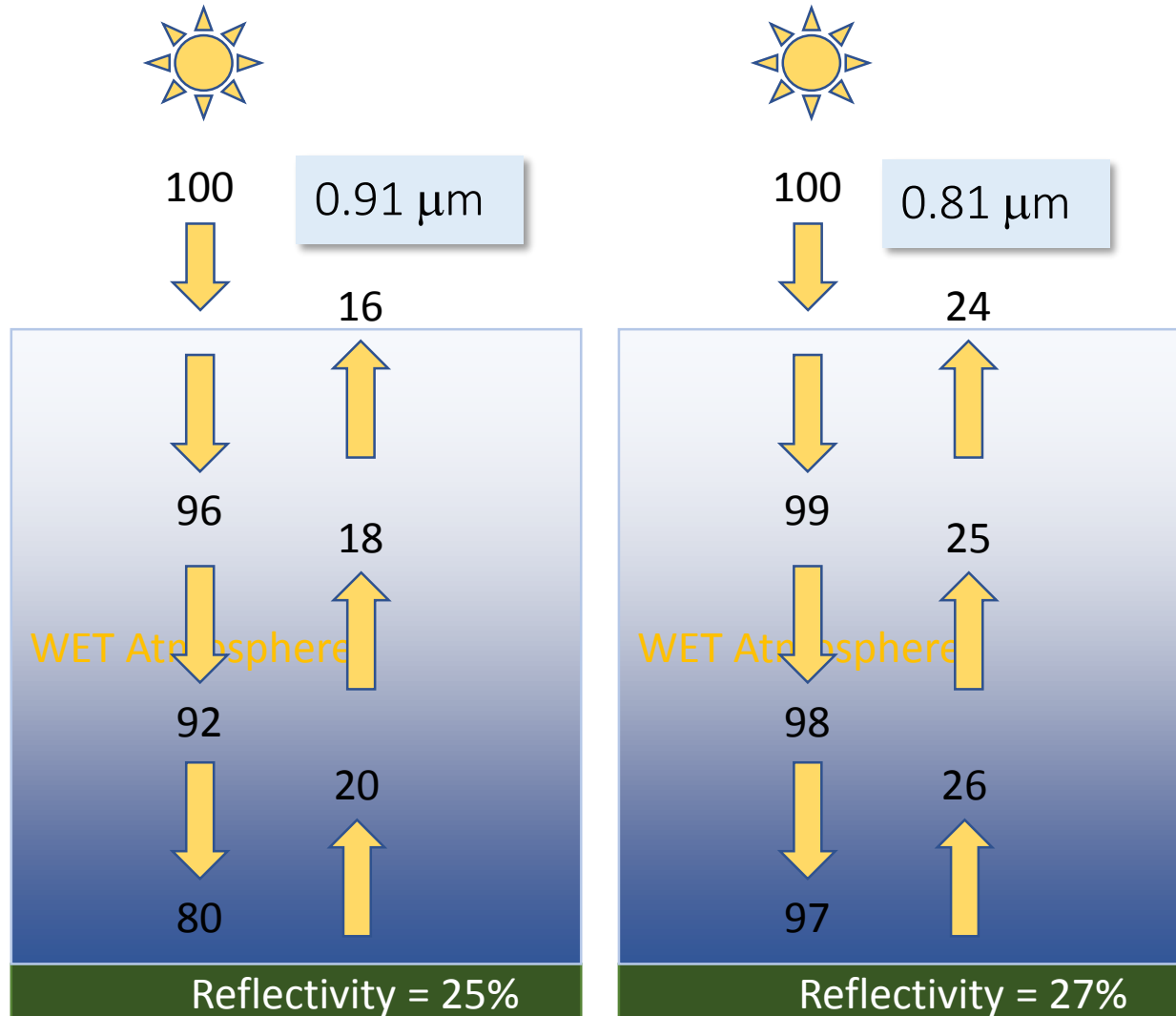
G VIS 0.4

B NIR 1.6



# Kanal 0.9 $\mu\text{m}$

## Total Column Water Vapour from 0.91 $\mu\text{m}$ channel



0.91 @ 16%  
0.81 @ 24%

Related to

TCWV

Complicating factors:

0.9/0.8  $\mu\text{m}$  surface reflectivity

Solar/View geometry dependency

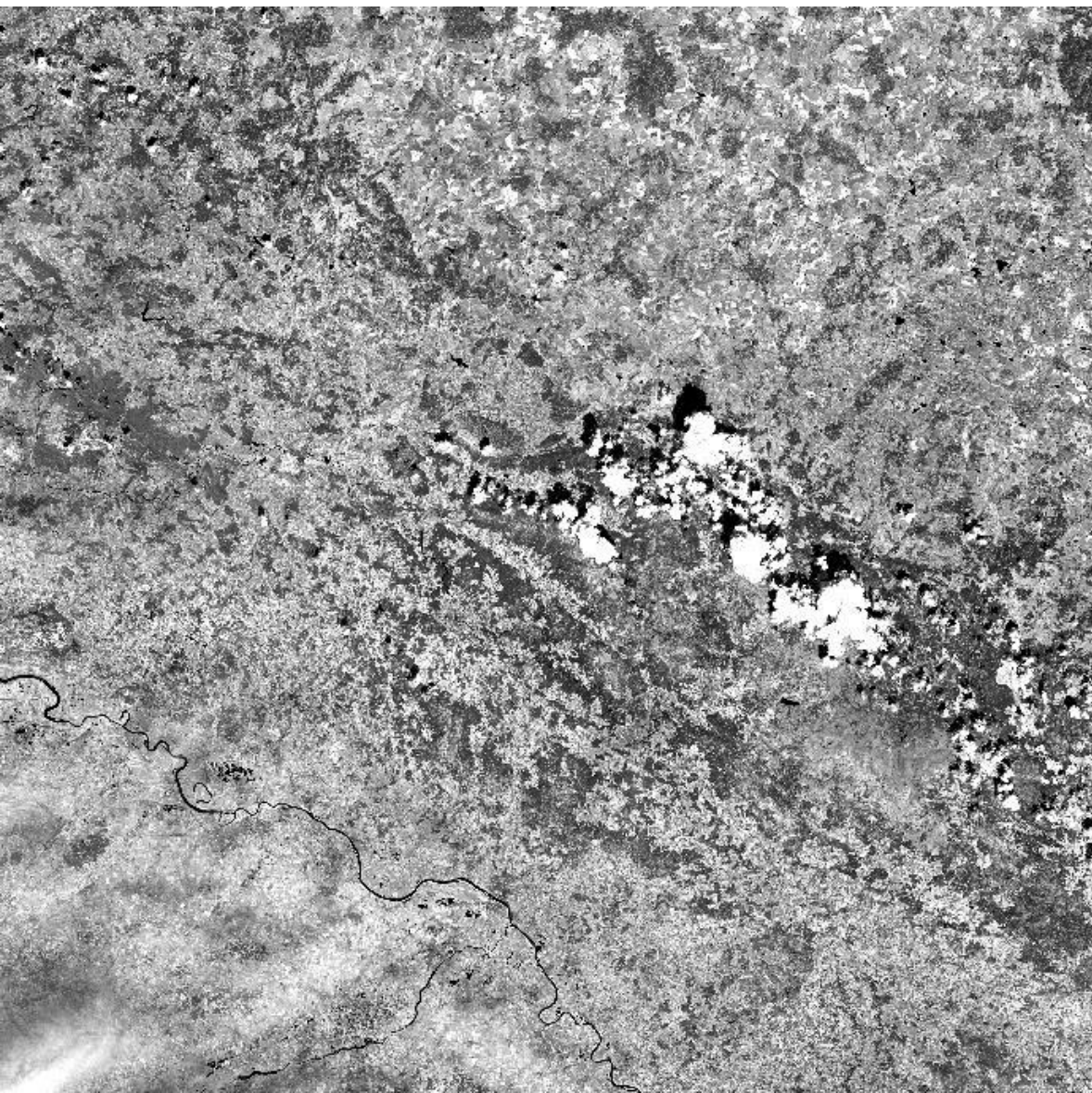
Aerosol – adds to signal/ obscures lower levels



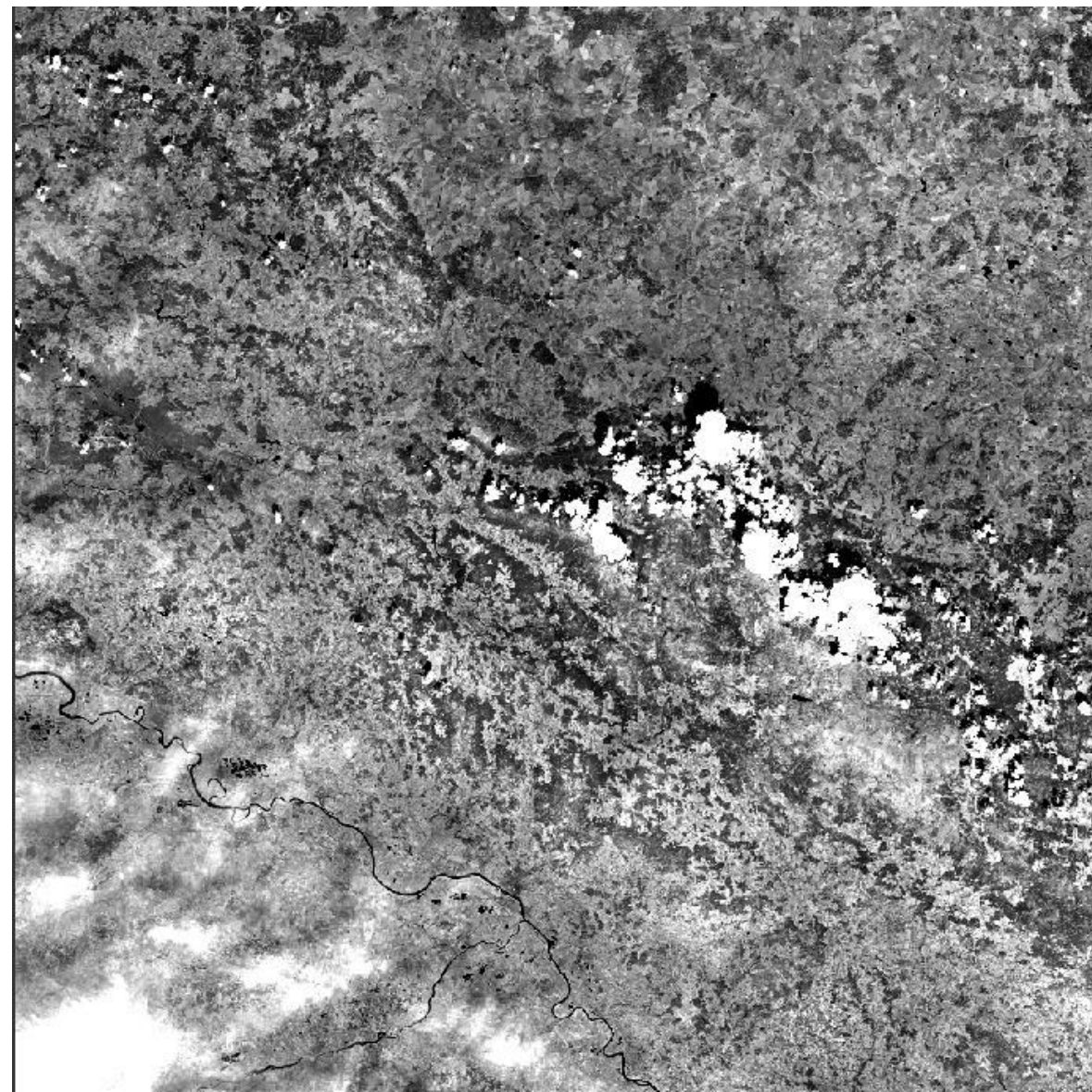
# Kanały 0.8 i 0.9 $\mu\text{m}$ – Sentinel-2



Channel 8 – 0.842  $\mu\text{m}$



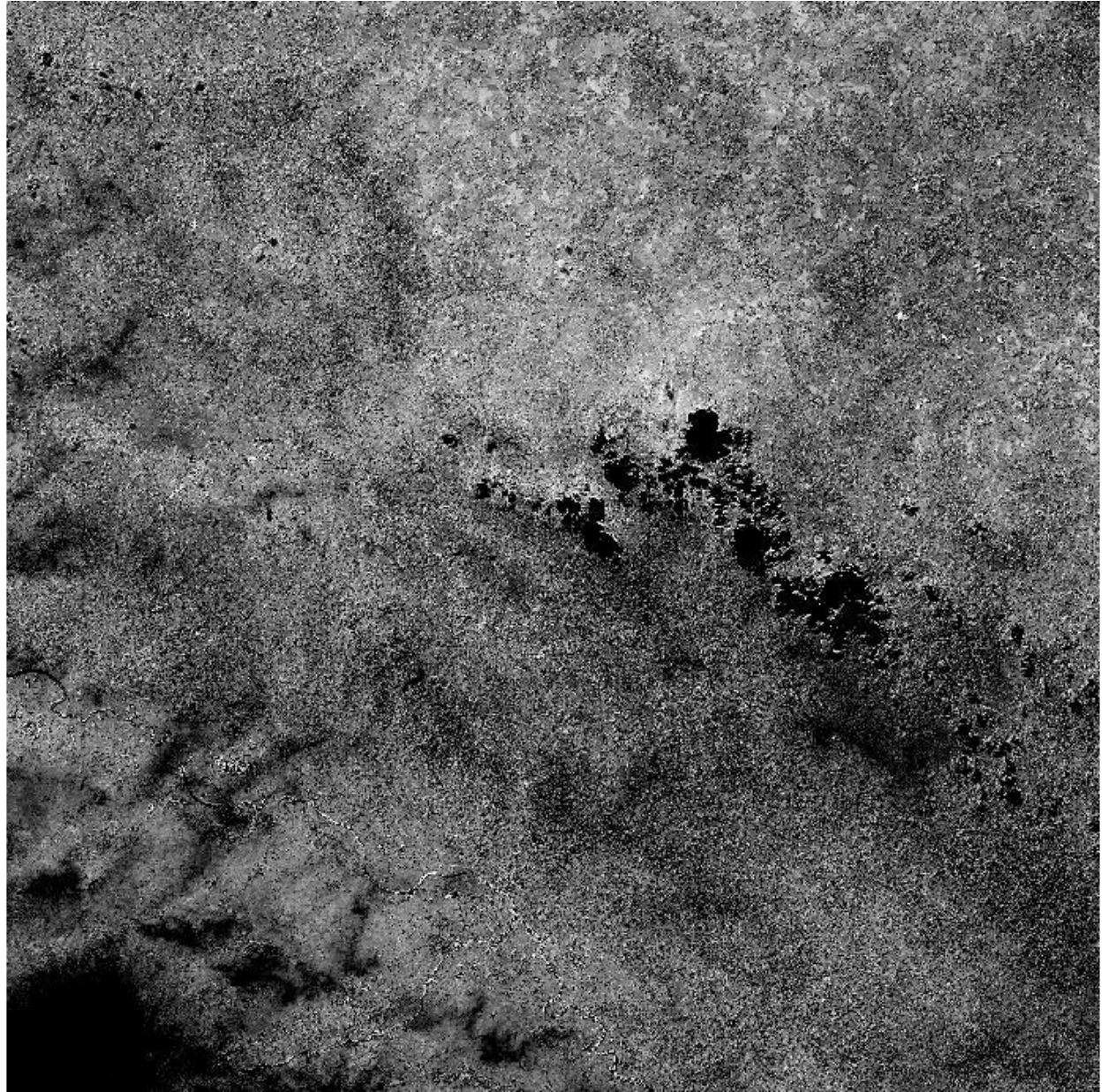
Channel 9 – 0.945  $\mu\text{m}$





NDWVI=

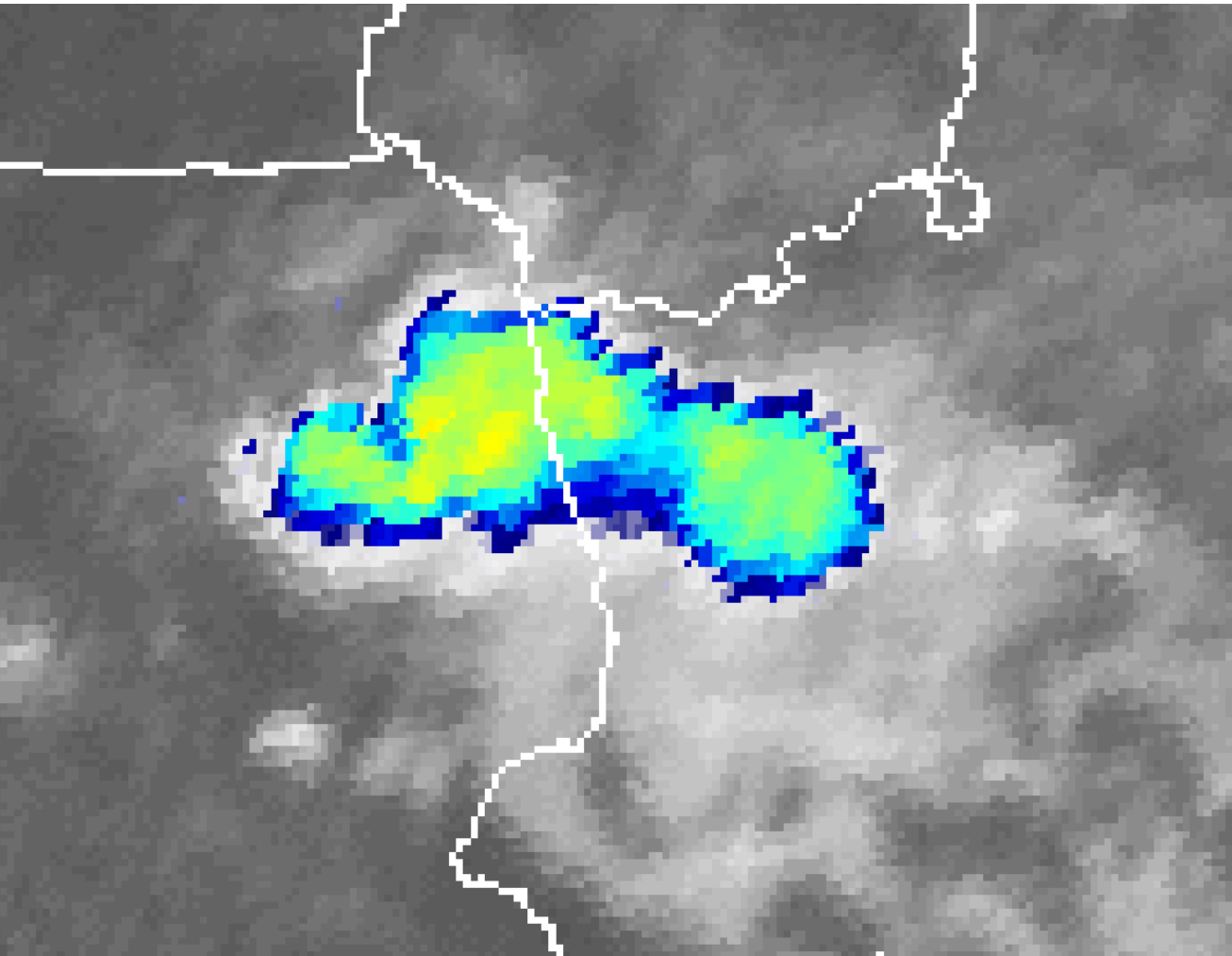
$$(\text{Ch08}-\text{Ch09}) / (\text{Ch08}+\text{Ch09})$$



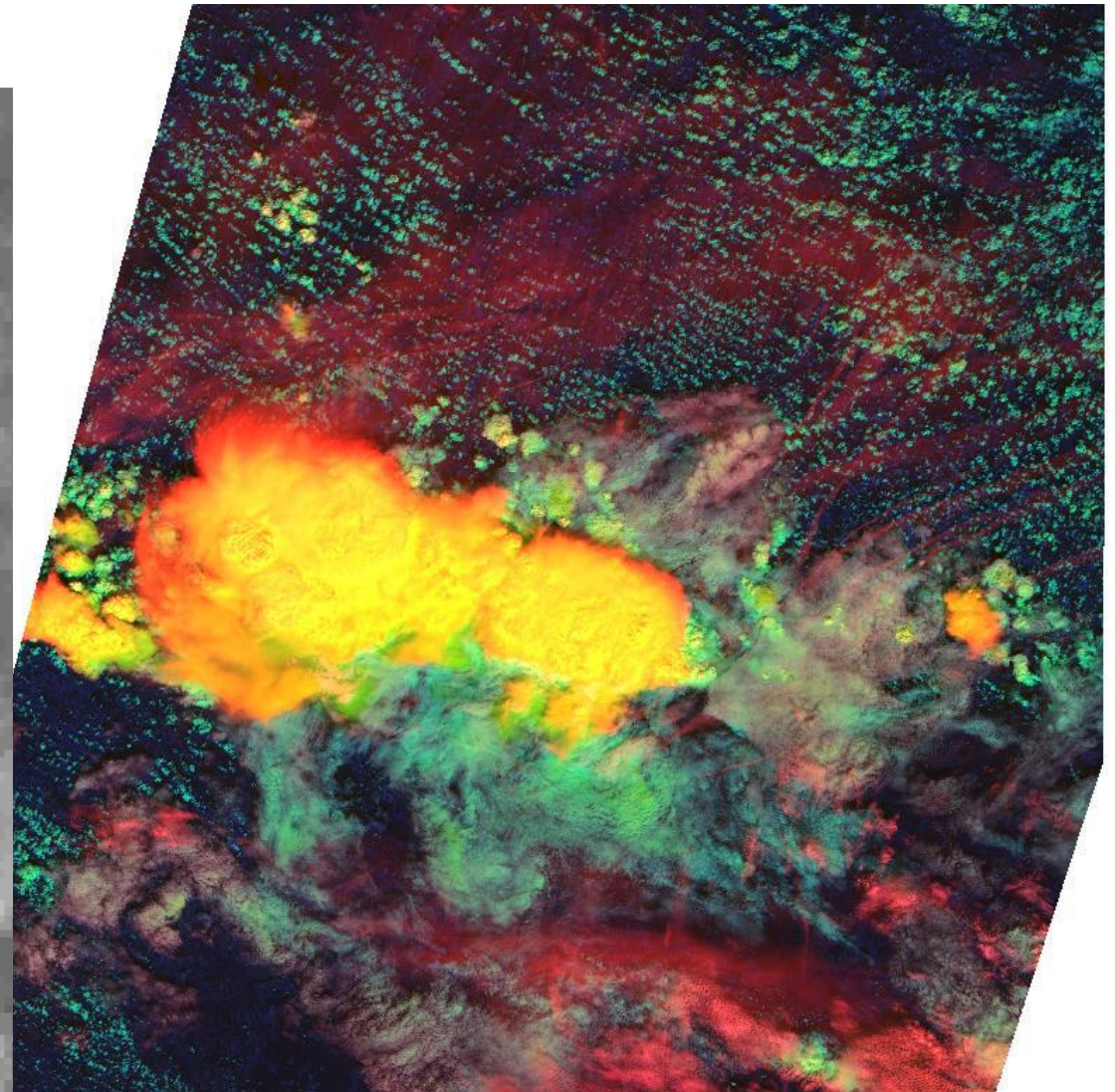


# Porównanie Meteosat-11 Enhanced IR i Sentinel-2 Cloud Type RGB

Meteosat-11 IR enhanced

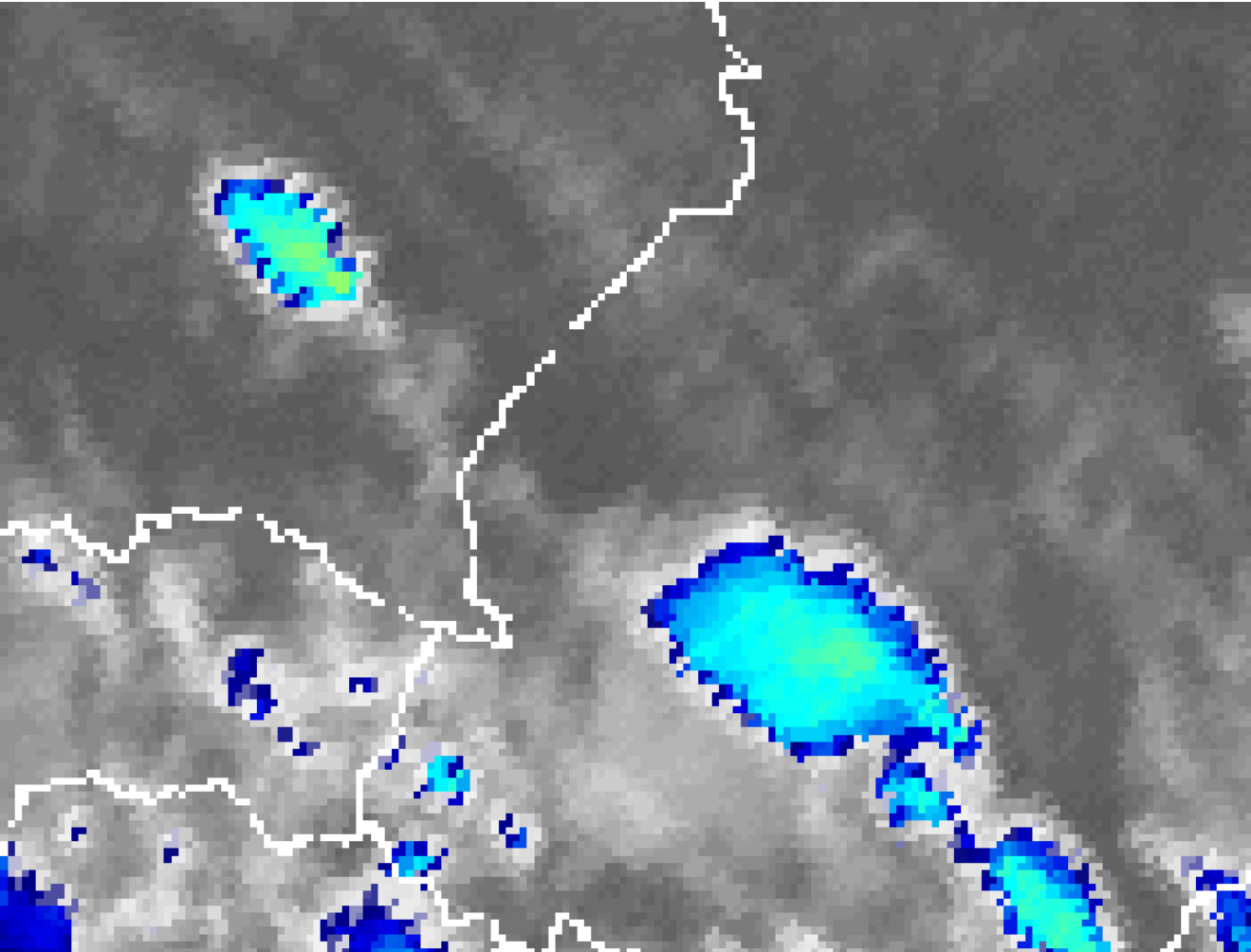


Sentinel-2 Cloud Type RGB at 60 m resolution

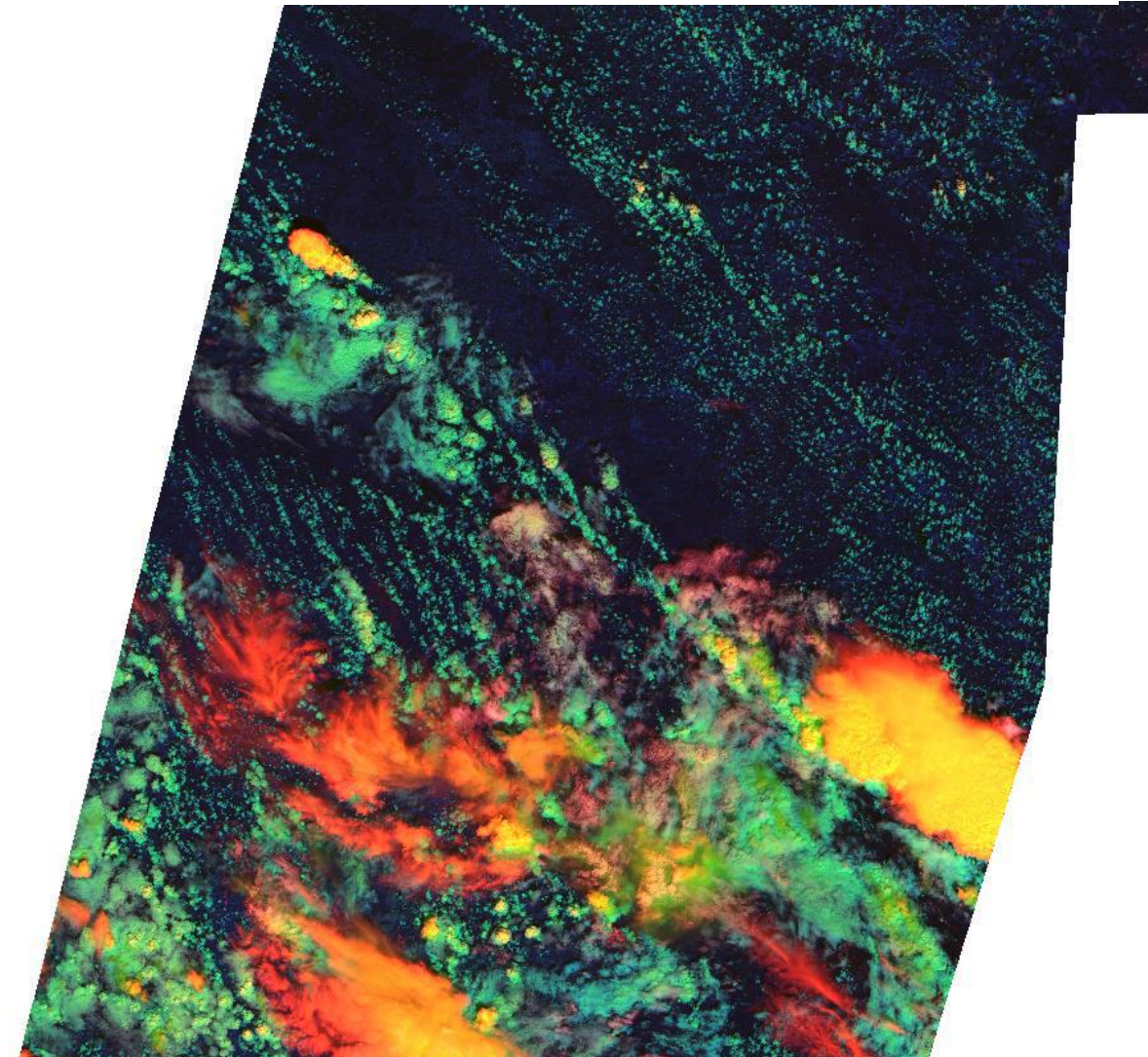




Meteosat-11 IR enhanced



Sentinel-2 Cloud Type RGB at 60 m resolution

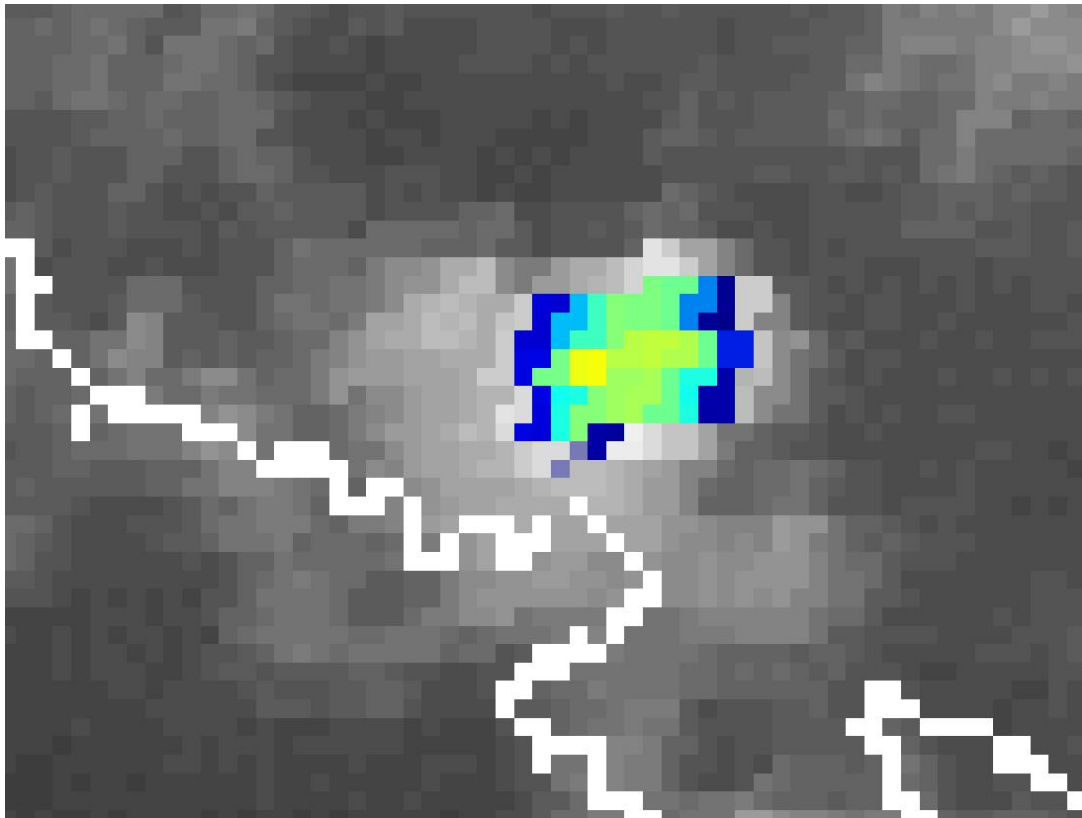




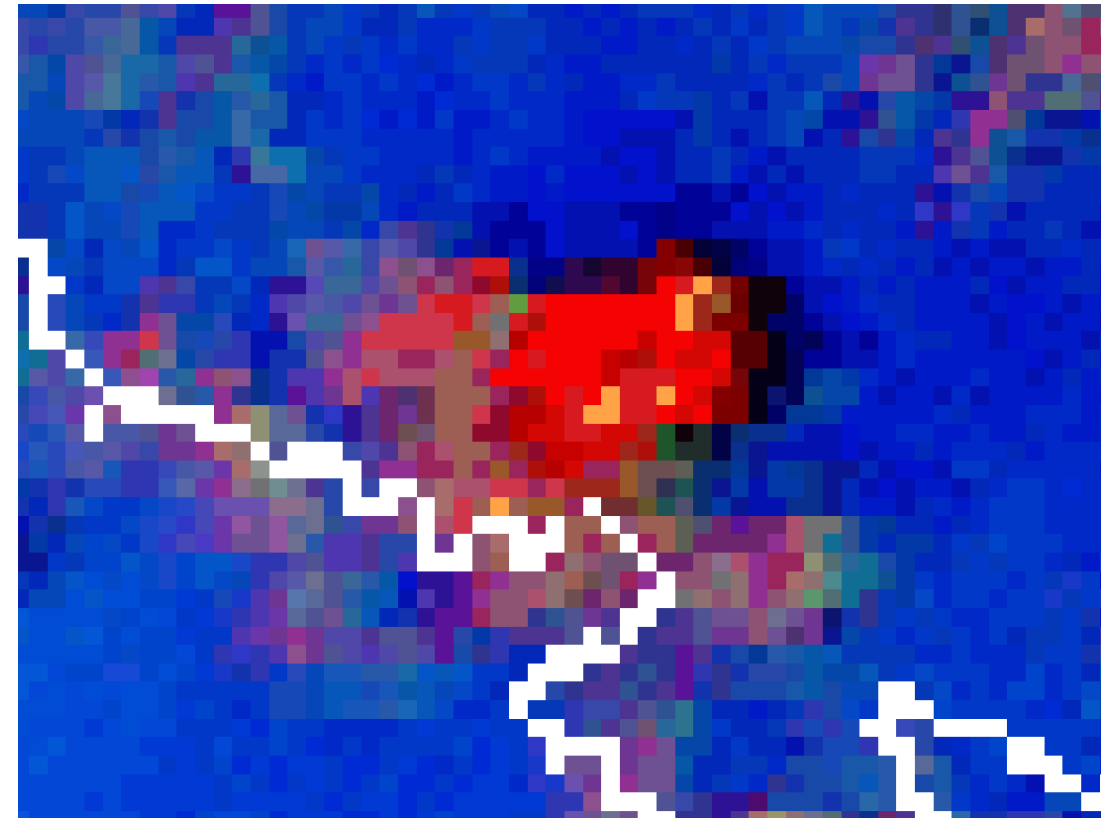
# Analiza w skali jednej burzy

04.08.2018 Meteosat-11 – resolution ~6 km

Meteosat-11 IR 10.8 enhanced



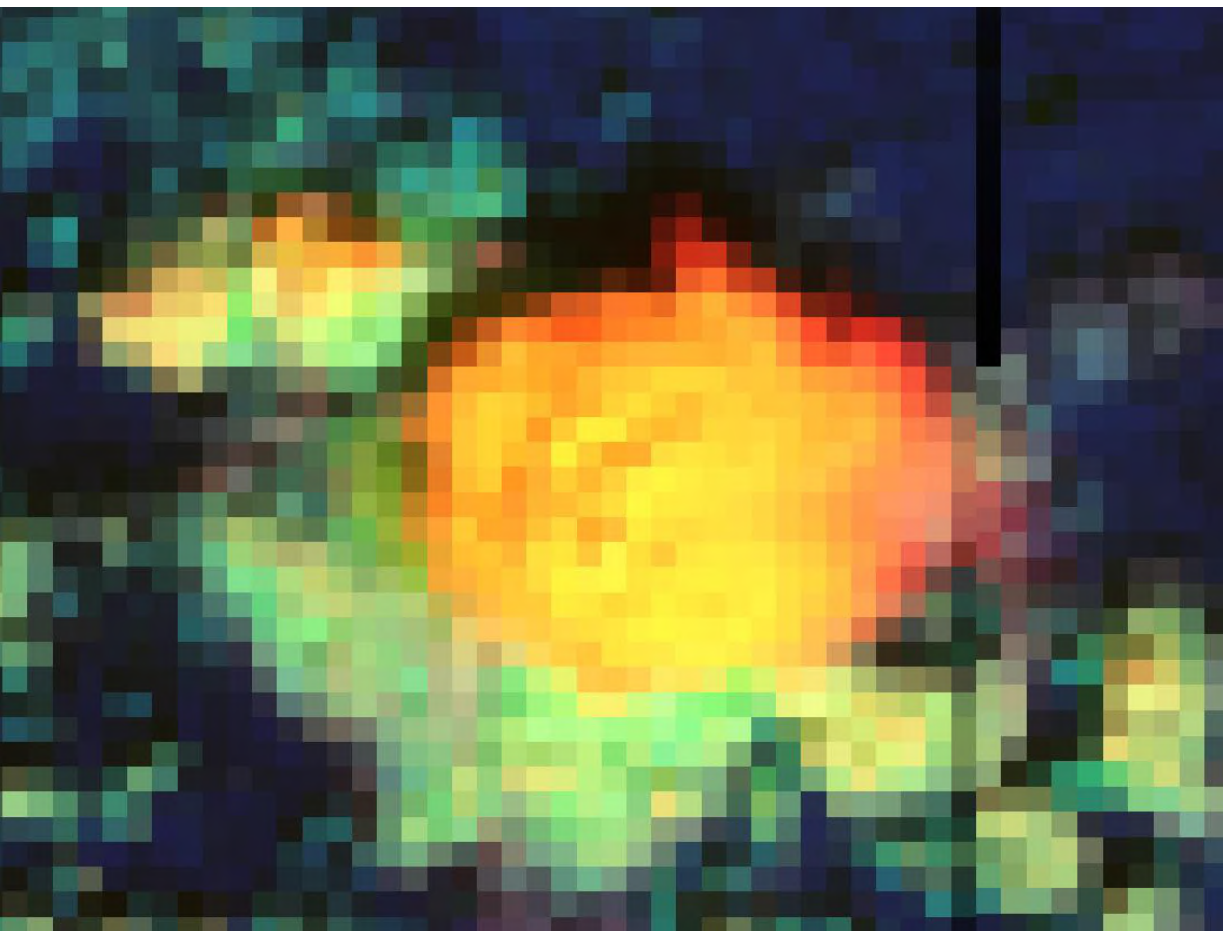
Meteosat-11 RGB 24h Microphysics



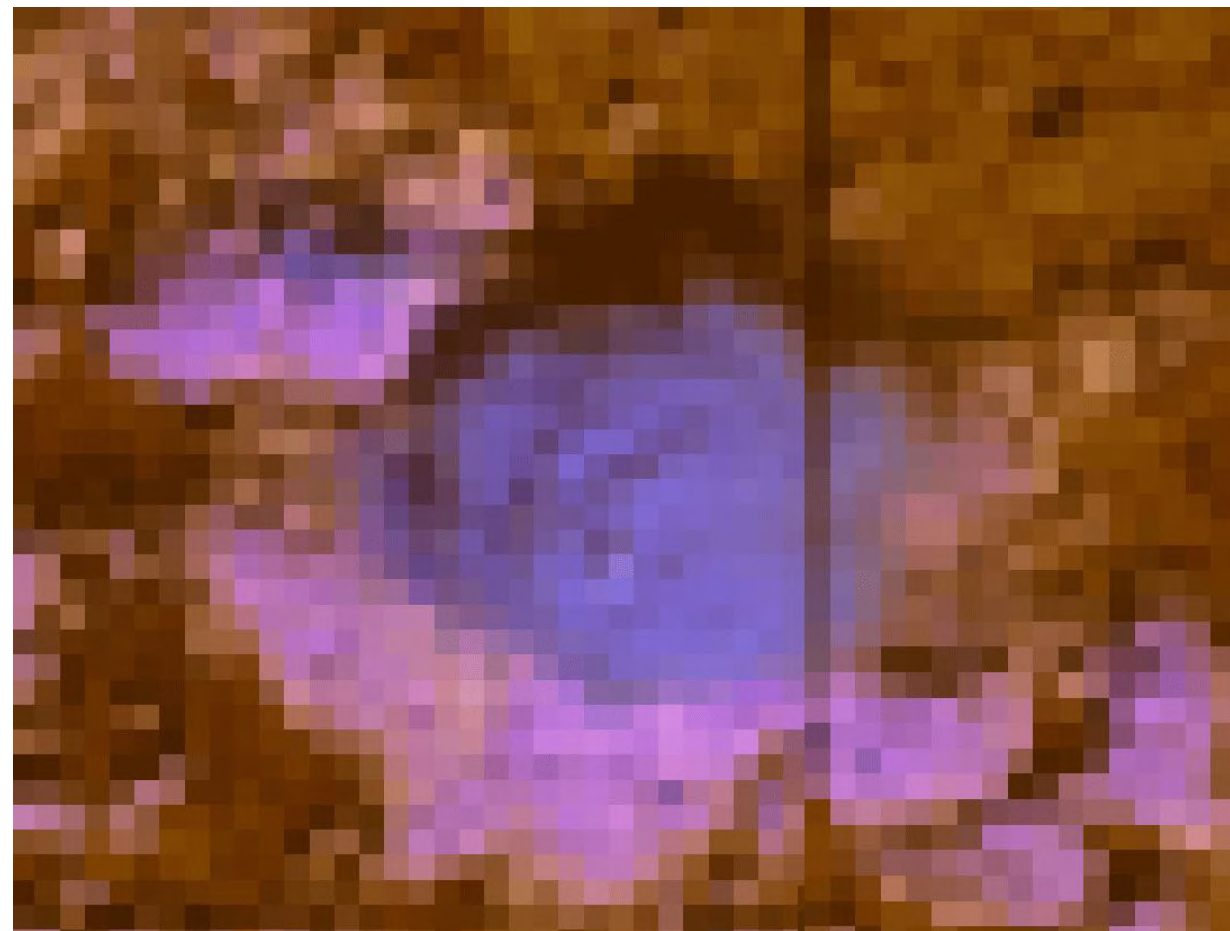
# Analiza w skali jednej burzy

04.08.2018 Sentinel-2 – resolution 2 km

Sentinel-2 Cloud Type RGB (1.3 / 0.4 / 1.6)



Sentinel-2 Cloud Microphysics RGB (1.6 / 2.3 / 0.4)

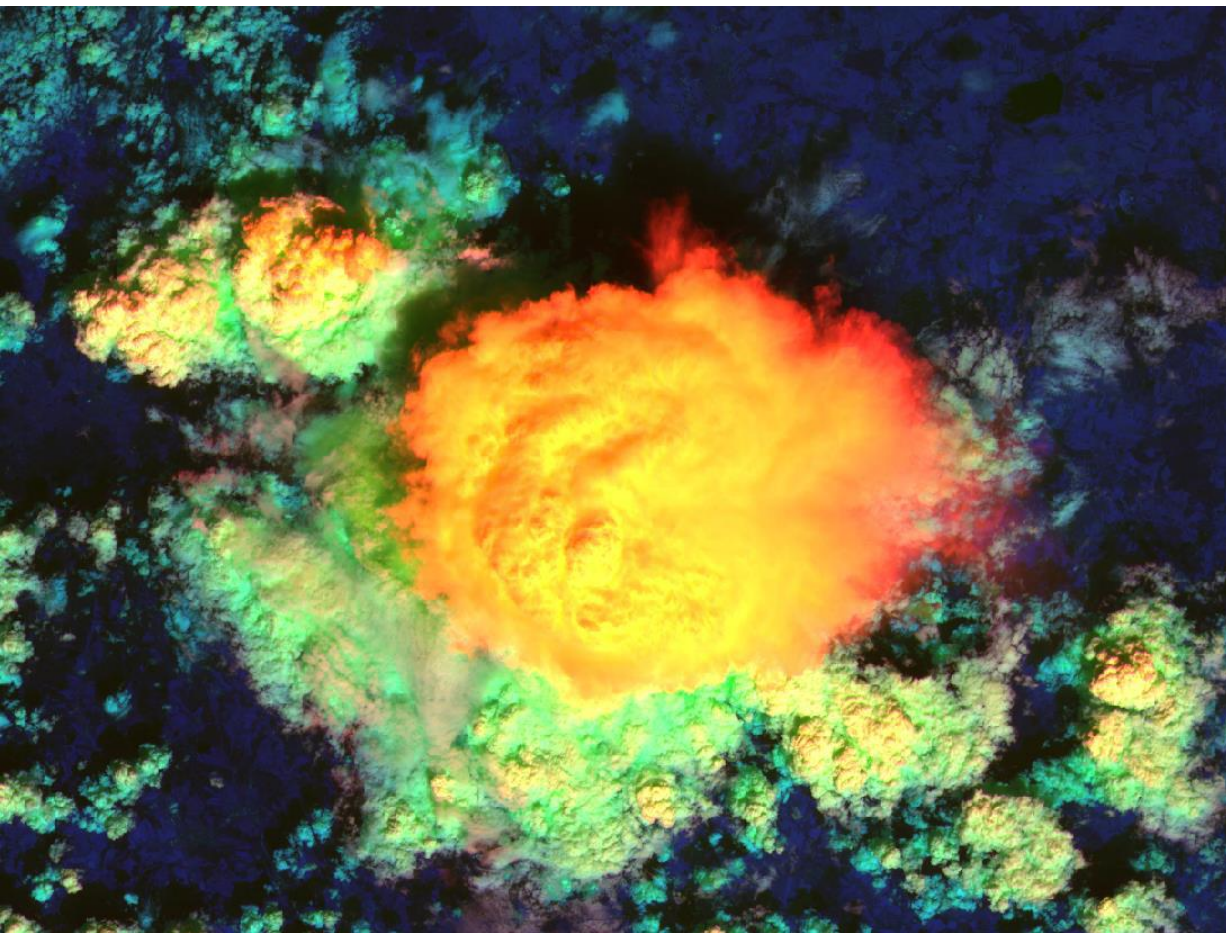




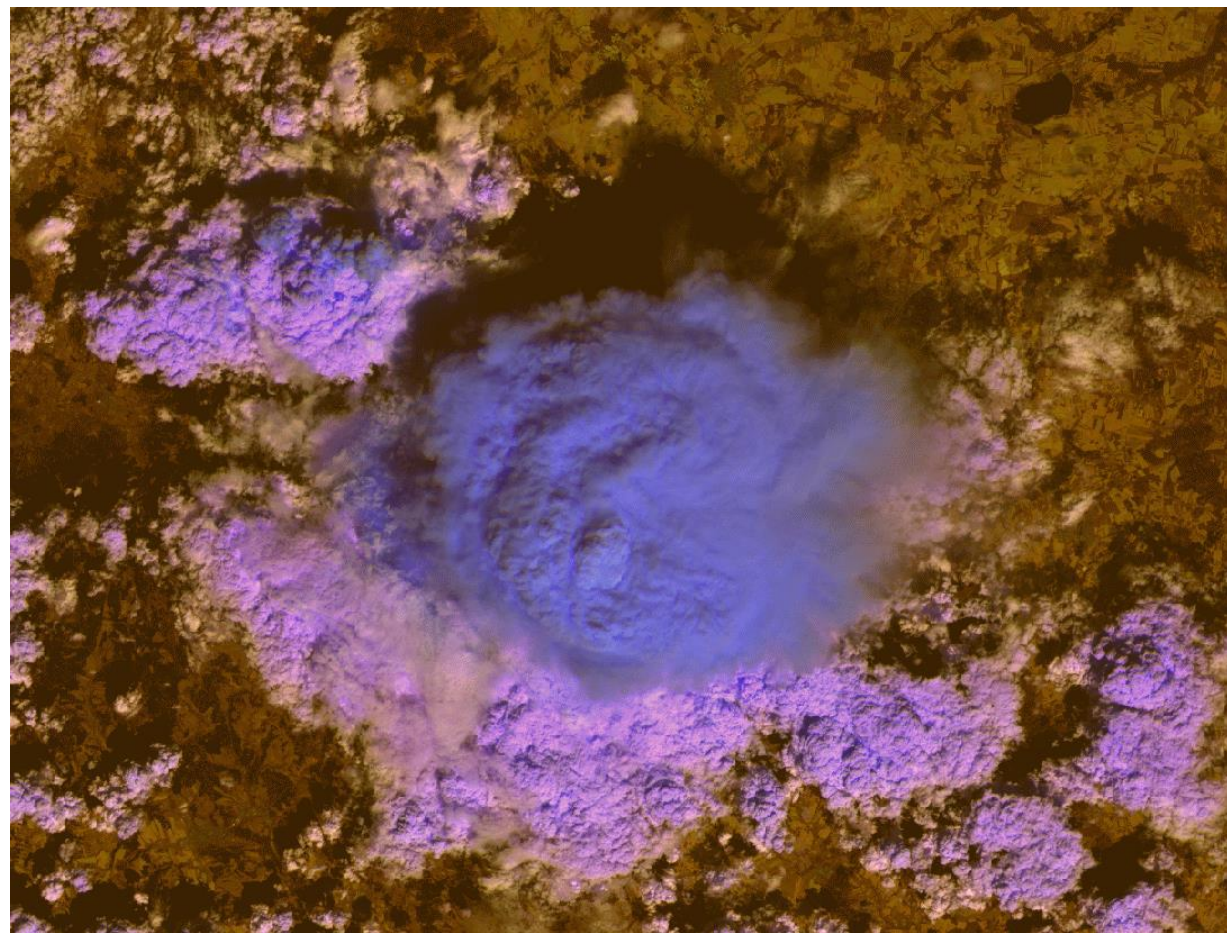
# Analiza w skali jednej burzy

04.08.2018 Sentinel-2 – resolution 60m

Sentinel-2 Cloud Type RGB (1.3 / 0.4 / 1.6)



Sentinel-2 Cloud Microphysics RGB (1.6 / 2.3 / 0.4)

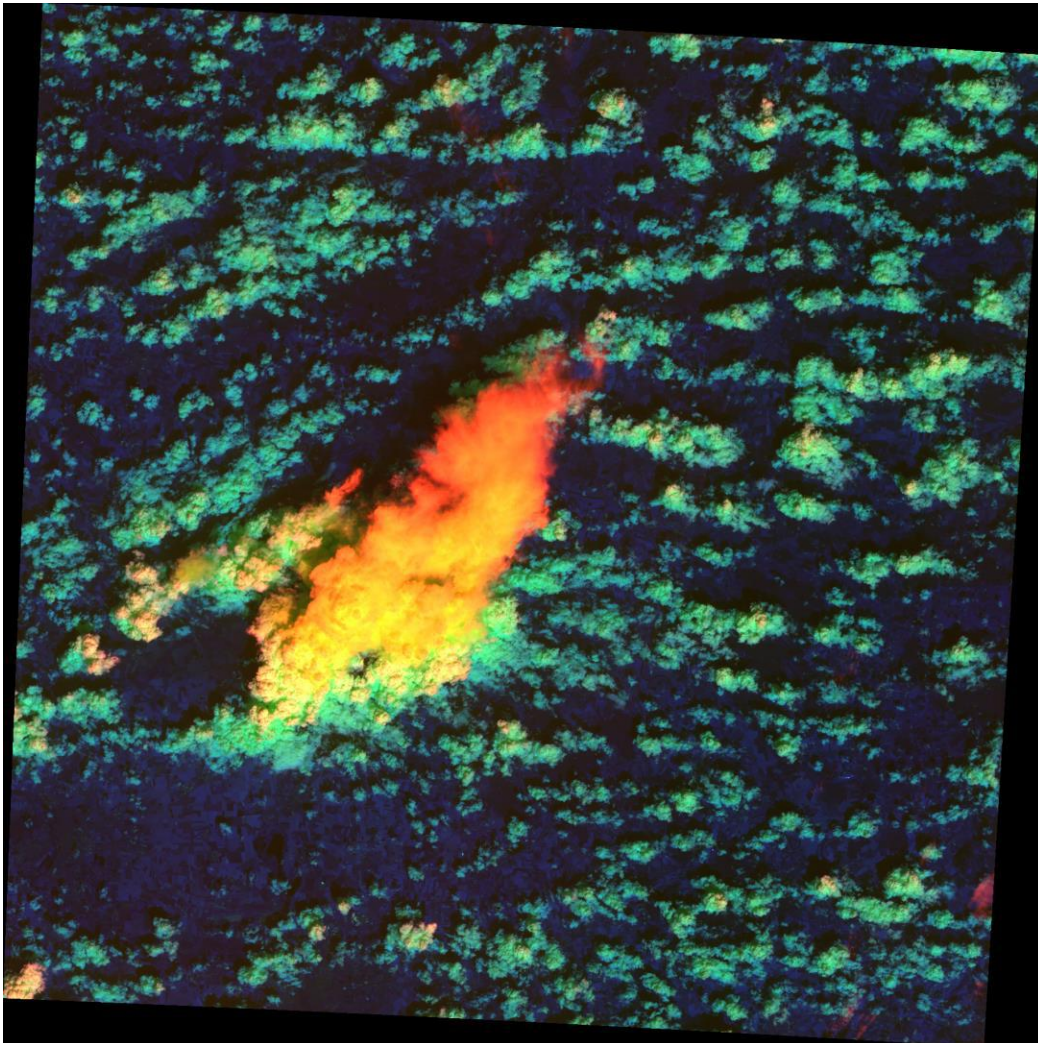




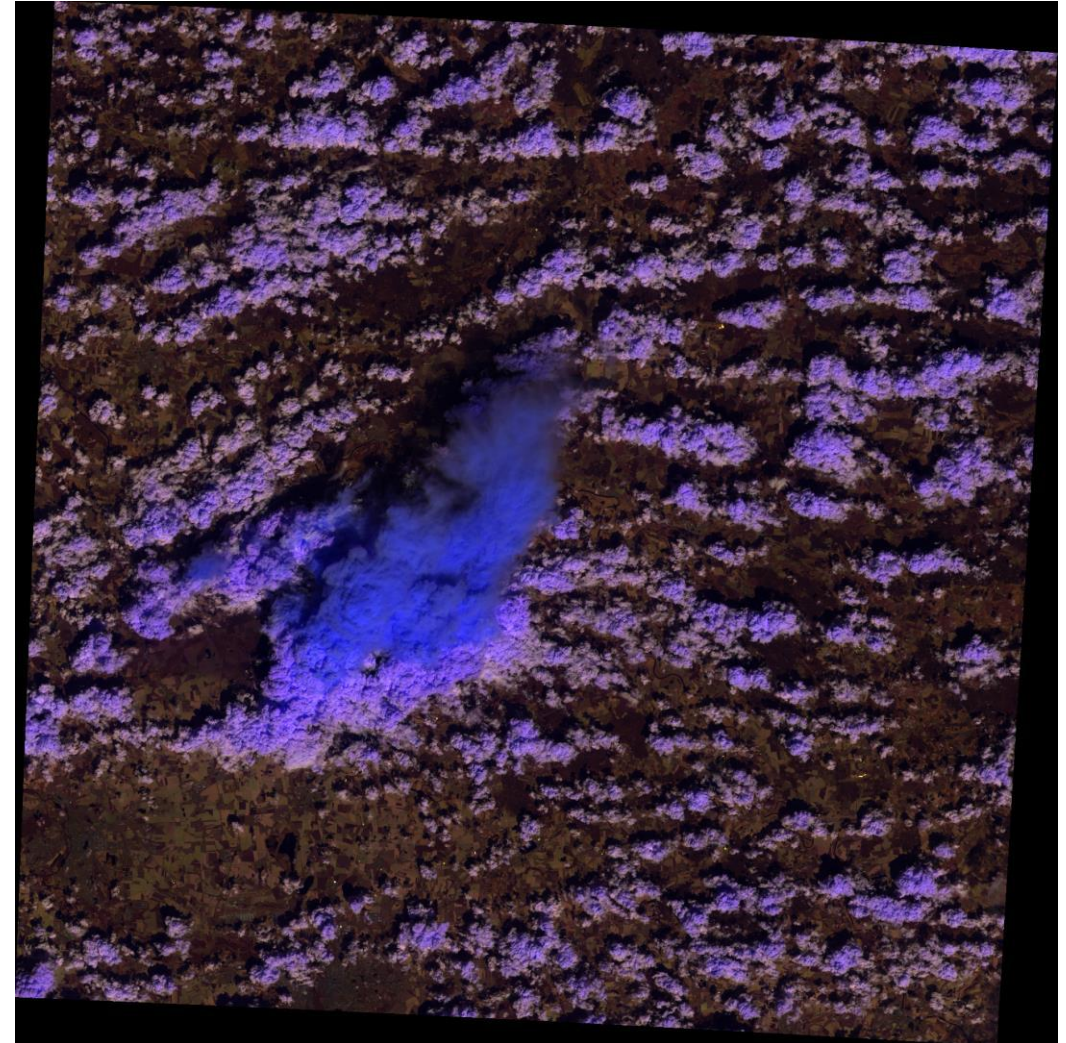
# Analiza w skali jednej burzy

21.07.2019 Sentinel-2 – resolution 60m

Sentinel-2 Cloud Type RGB (1.3 / 0.4 / 1.6)



Sentinel-2 Cloud Microphysics RGB (1.6 / 2.3 / 0.4)

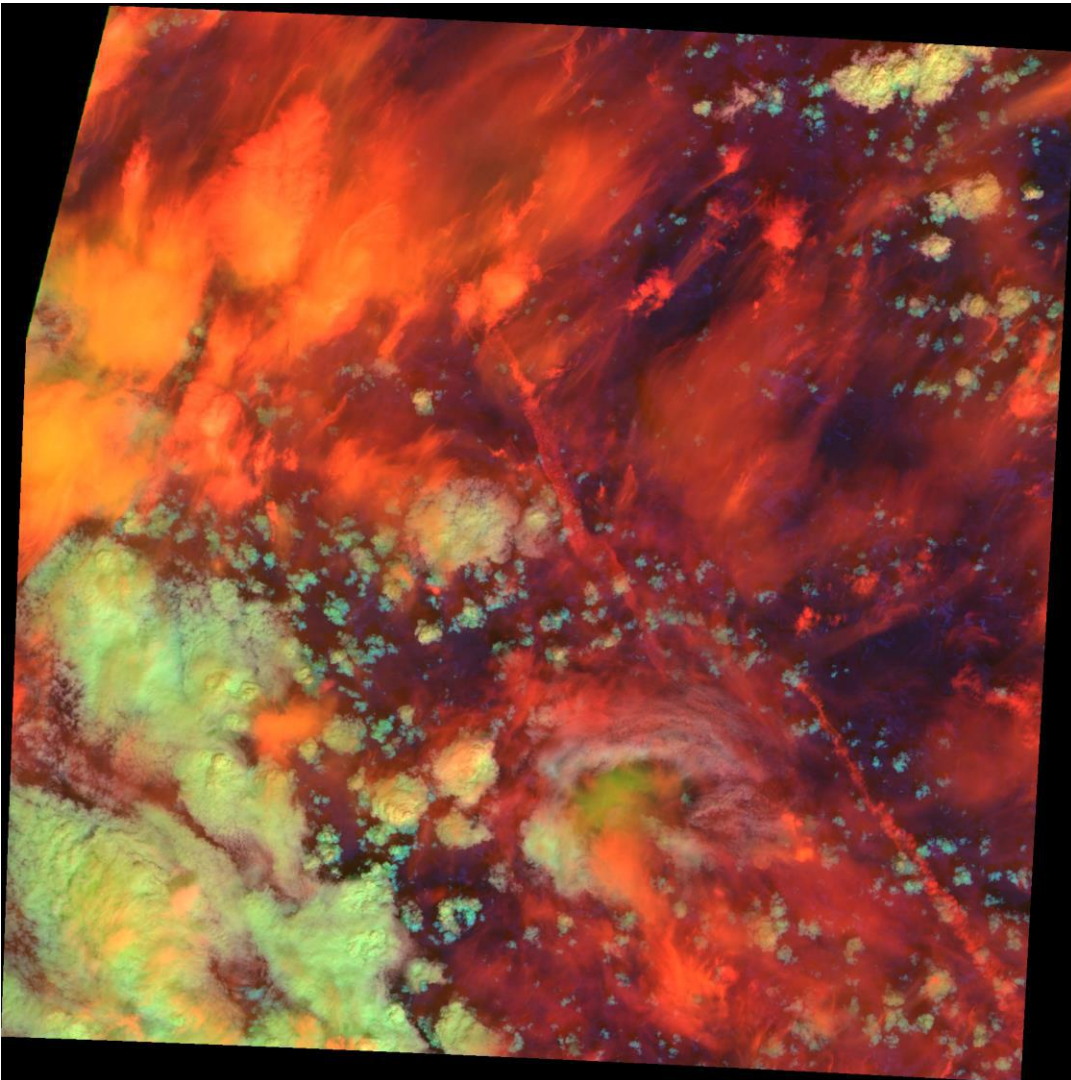




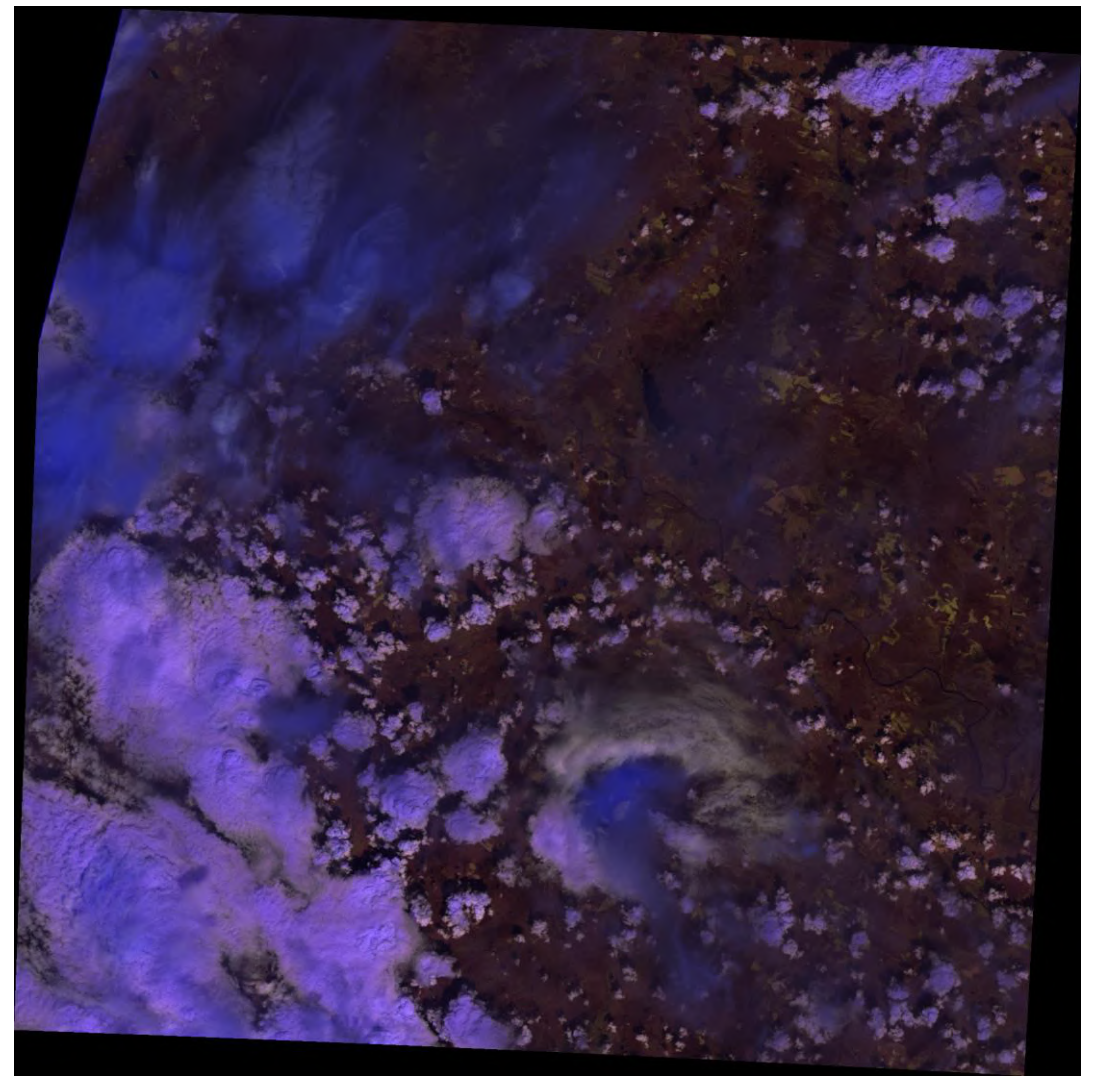
# Some Cirrus Clouds (and Convection)

13.07.2019 Sentinel-2 – resolution 60m

Sentinel-2 Cloud Type RGB (1.3 / 0.4 / 1.6)



Sentinel-2 Cloud Microphysics RGB (1.6 / 2.3 / 0.4)

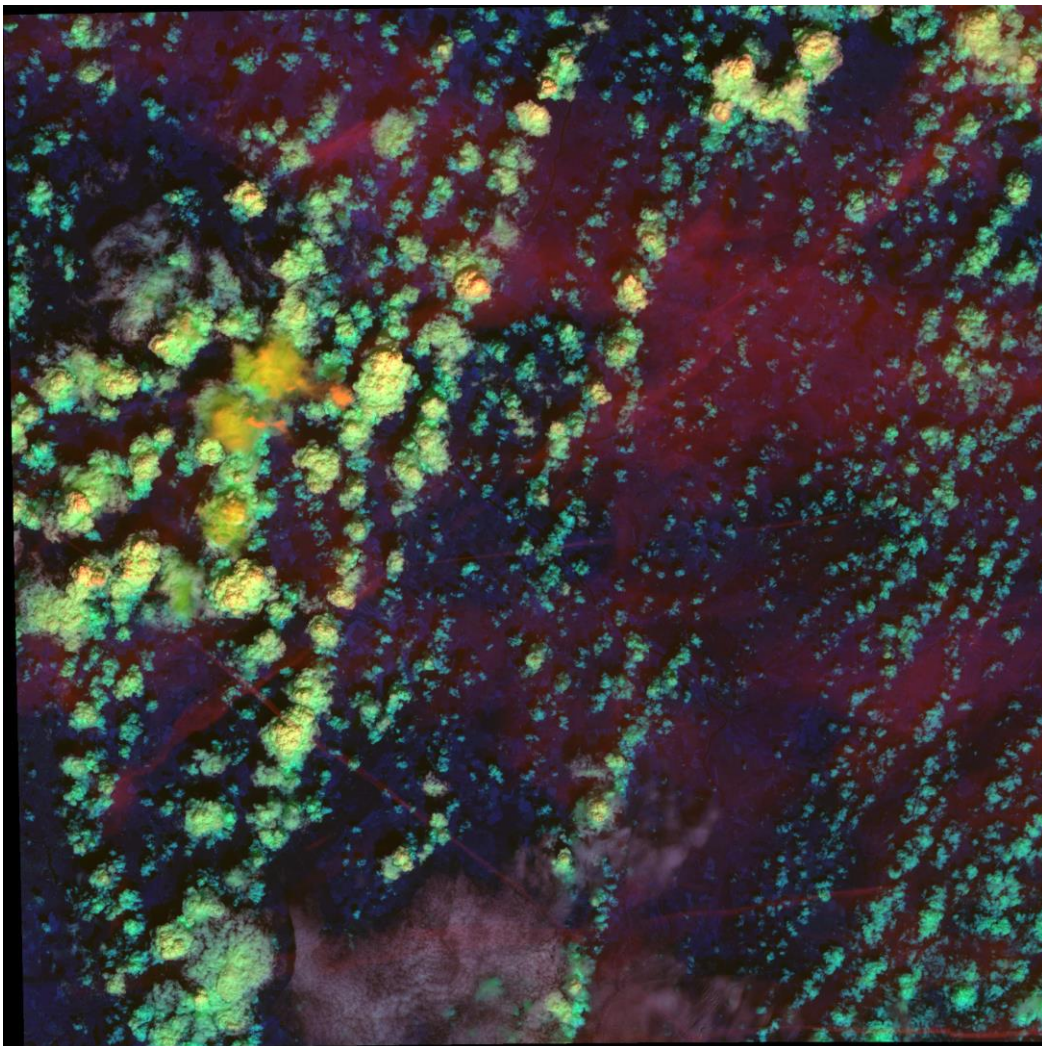




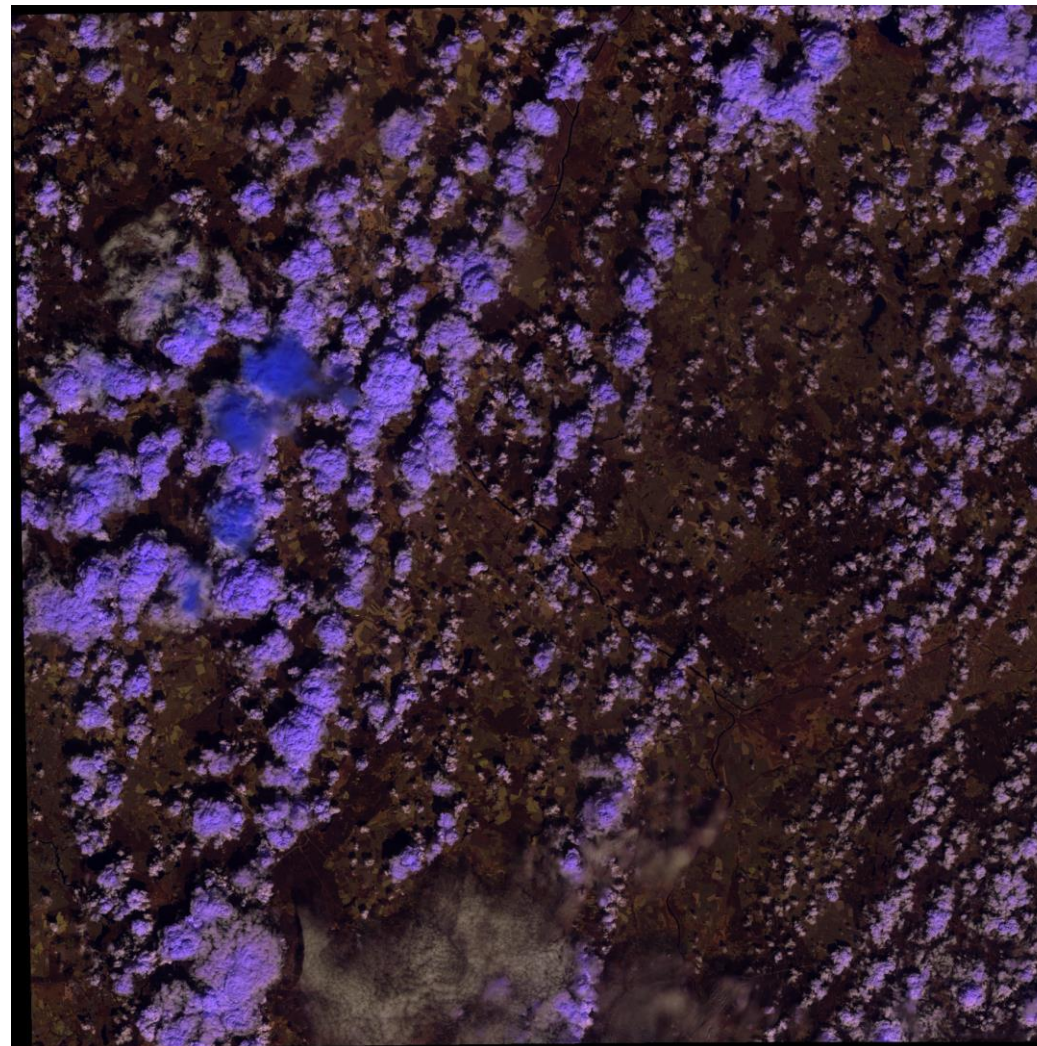
# Niska konwekcja – różnice w fazie cząsteczek (wodna/ lodowa)

13.07.2019 Sentinel-2 – resolution 60m

Sentinel-2 Cloud Type RGB (1.3 / 0.4 / 1.6)

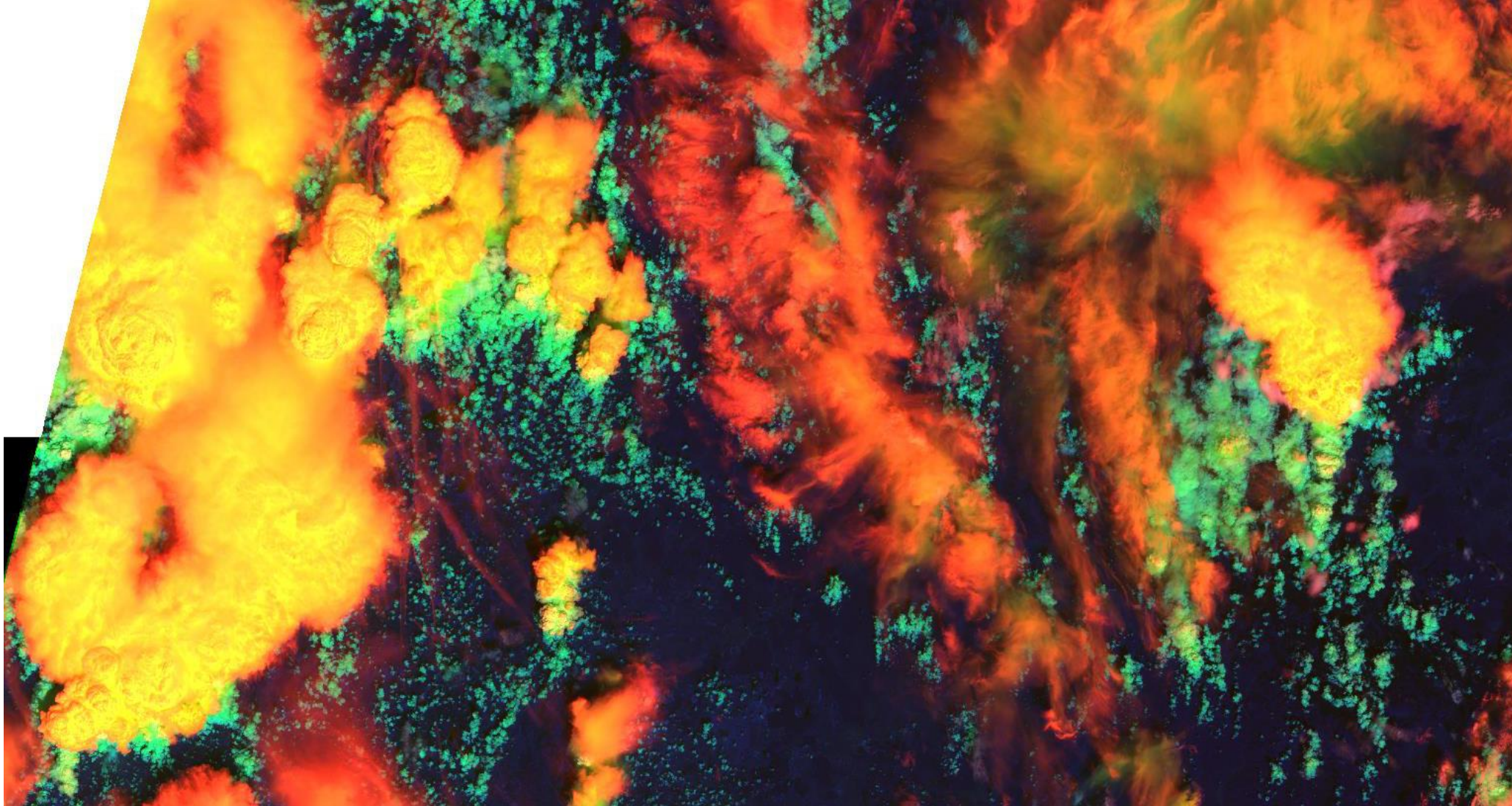


Sentinel-2 Cloud Microphysics RGB (1.6 / 2.3 / 0.4)





1. Repozytorium Sat4Envi zawiera serie obrazów satelitarnych i kompozycji barwnych (ponad 40 rodzajów) pozwalające na analizę sytuacji historycznych i bieżących (zasady licencyjne EUMETSAT !).
2. Przedstawiono nowatorską metodę generowania symulowanych danych z przyszłych satelitów meteorologicznych w oparciu o dane **Sentinel-2: MTG/FCI i EPS-SG/ MetImage z dowolną rozdzielczością i dowolnym kanale zakresu VIS/NIR, włączając w to kompozycje RGB.**
3. Symulowane dane mogą być wykorzystane w szkoleniu przyszłych użytkowników danych z satelitów meteorologicznych kolejnej generacji.



Piotr Struzik i Monika Pajek

Dziękuję za uwagę

