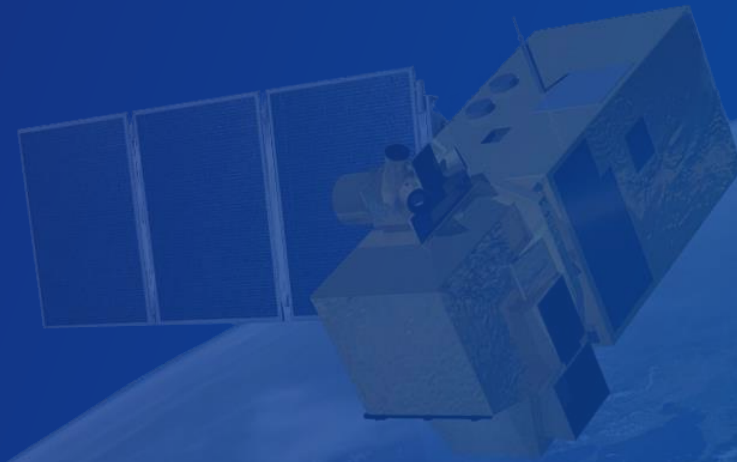


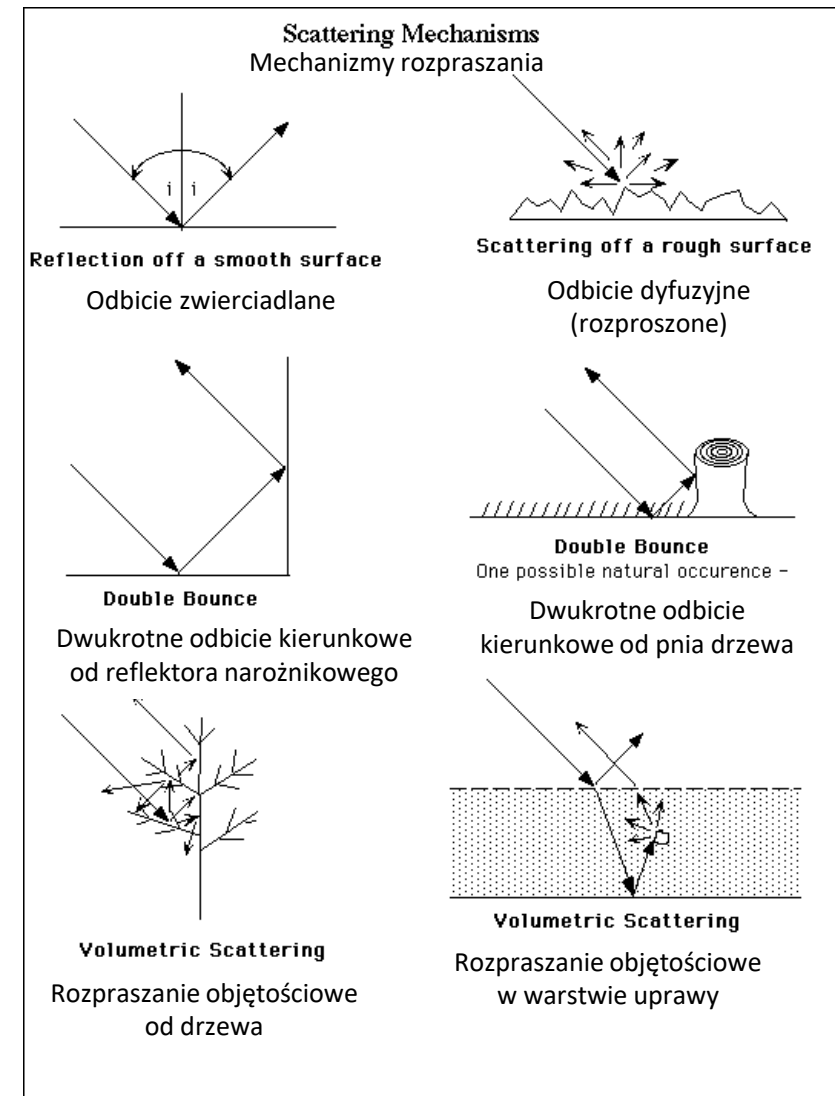
Zastosowanie obrazów radarowych w kryzysowych sytuacjach środowiska

dr hab. inż. Marek S. Mróz
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski



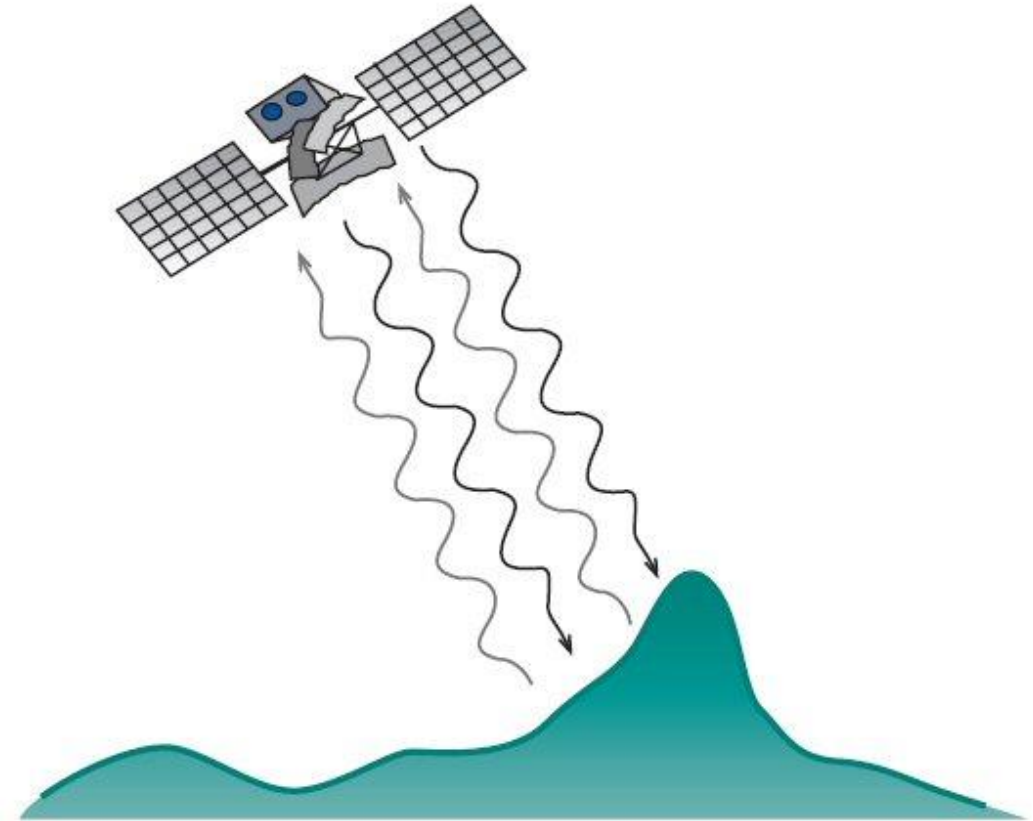
- Dlaczego wykorzystujemy obrazy radarowe SAR?
- Co mierzymy, a co „wykrywamy” na obrazach SAR?
- Przykłady „detekcji radarowej” i źródeł danych radarowych.
- Środowisko w sytuacjach kryzysowych wspierane przez obrazowanie radarowe – przykłady zastosowań danych radarowych w monitorowaniu zagrożeń powodziowych, zmian klimatu, zagrożeń środowiska i zasobów naturalnych.
- Podsumowanie.

- Użycie mikrofal przechodzących przez chmury.
- Użycie aktywnego systemu emisji fal – niezależnego od oświetlenia słonecznego – a więc obserwacja powierzchni Ziemi w warunkach nocnych lub pełnego zachmurzenia.
- Częściowa penetracja szaty roślinnej (obserwacje nie tylko „powierzchniowe”).
- Wrażliwość na strukturalne cechy powierzchni – szorstkość, „nierówności” porównywalne z długościami wysyłanych fal.
- Wrażliwość na wilgotność gleby i roślinności – na zawartość wody wolnej.
- Komplementarność informacyjna w stosunku do zakresu widzialnego i podczerwieni.



Źródło: ESA, 2002

- Moc powracającego sygnału – zależna od właściwości i geometrii obrazowanych obiektów.
- Faza powracającej fali – zależna i od właściwości obiektu i odległości do niego.
- Różnica faz dwóch lub więcej kolejno wykonanych obrazów – zależna od różnicy odległości.
- Koherencja (spójność) fazy sekwencji obrazów radarowych – zależna od mechanizmu rozpraszania mikrofal.
- Polaryzacja/Depolaryzacja fal – zależna od geometrii obiektów i mechanizmów rozpraszania.

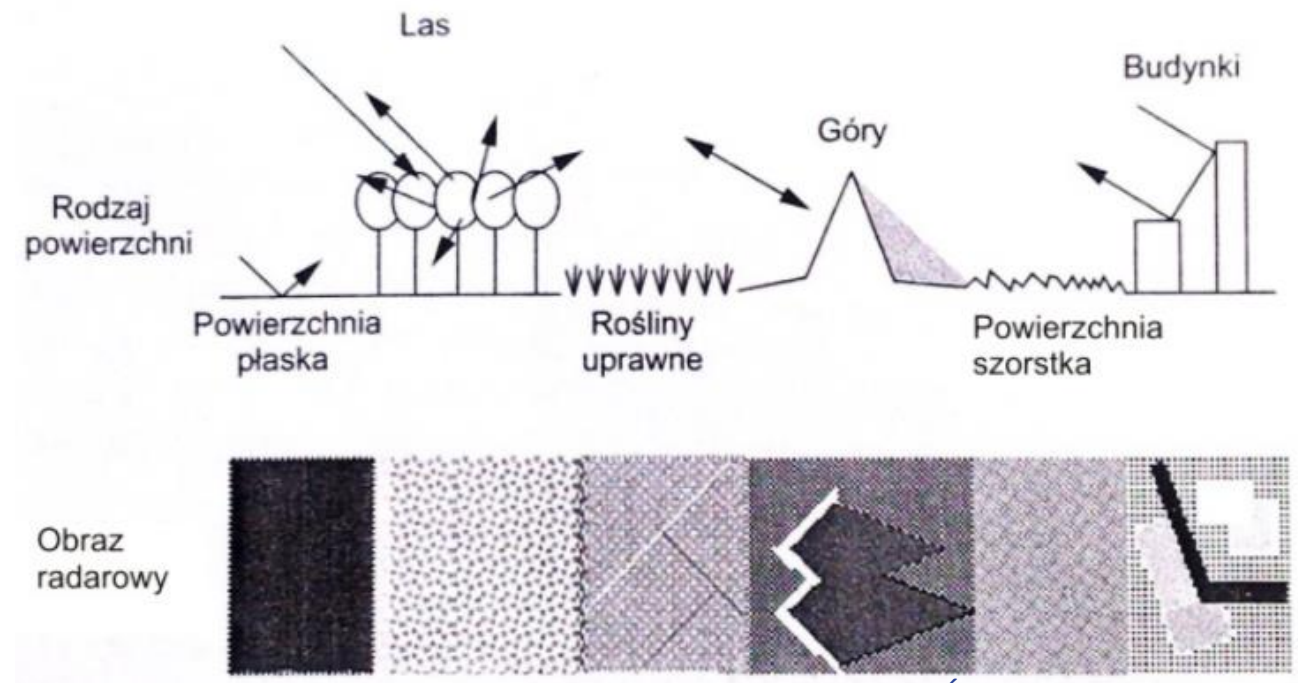


Wykrywamy elementy kontrastujące ze sobą pod względem:

- szorstkości i/lub wilgotności oraz
- geometrii / struktury „przestrzennej”

czyli różniące się mocą rozpraszanego wstecznie promieniowania mikrofalowego i koherencją fazy.

Wpływ rodzaju powierzchni na jej obraz radarowy



Źródło: Southport, 2011

Zależy ona od parametrów systemu SAR:

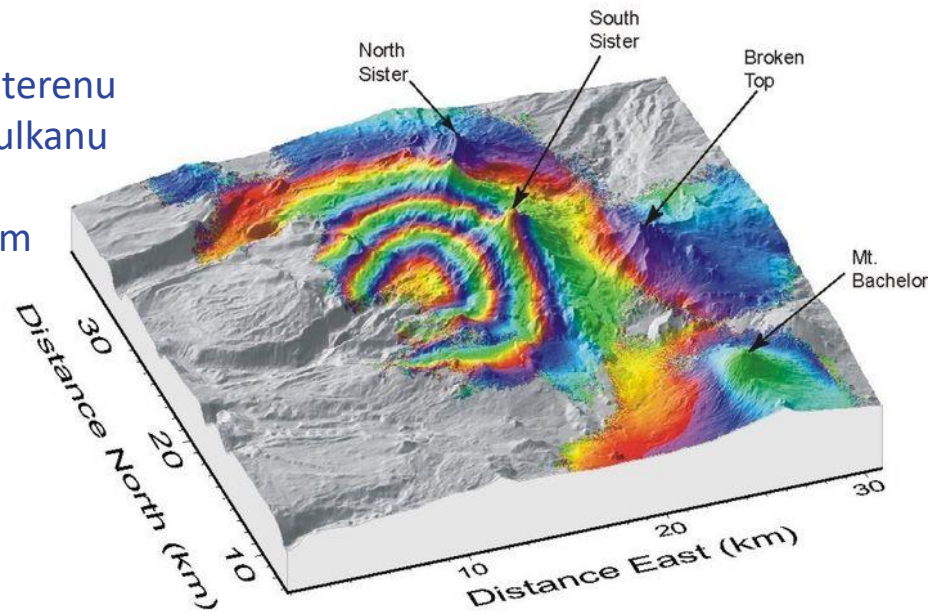
- zastosowanej częstotliwości (długości fal),
- rozdzielczości przestrzennej obrazów,
- zastosowanej polaryzacji fali wysyłanej,
- pionowego kąta „oświetlenia”,
- orientacji obiektów odbijających/ rozpraszających w stosunku do kierunku orbity,
- i in.

- **Powierzchnie gładkie** – np. zbiorniki wodne lub obszary stagnowania wody (powodzie), ale tylko w warunkach bezwietrznych lub umiarkowanego wiatru, rozlewiska ropy lub substancji ropopochodnych na powierzchni mórz – „wygładzające” powierzchnię wody nawet w warunkach silniejszego sfałowania wywoływanego wiatrem.
- **Powierzchnie o dużej szorstkości** – np. zlodzenia na rzekach w postaci spiętrzonej kry, inne postacie lodu płynącego (śryżu).
- **Obiekty „punktowe”** – silnie odbijające mikrofałe „konstrukcje geometryczne” w kształcie dwuścianów lub tróścianów, lub ich złożonych zespołów, wykonane z betonu, kamienia lub metalu (budynki, mosty, wieże, itp.), w tym obiekty infrastruktury militarnej, statki i okręty i inne.
- **Obszary o odmiennej koherencji (spójności fazy)** – głównie wody powierzchniowe i lasy (brak koherencji) oraz pozostałe obszary lądowe (wysoka lub średnia koherencja).

To zależy od konfiguracji układu satelitów i opracowania informacji fazowej:

- albo do generowania trójwymiarowego modelu pokrycia terenu, np. globalny DSM,
- albo do wyznaczania milimetrowych/centymetrowych deformacji terenu, np. wolnozmiennie i szybkozmiennie deformacje terenu (zdarzenia sejsmiczne i para-sejsmiczne, osuwiska, zapadliska, deformacje obiektów infrastruktury).

Deformacja terenu w okolicy wulkanu South Sister w środkowym Oregonie

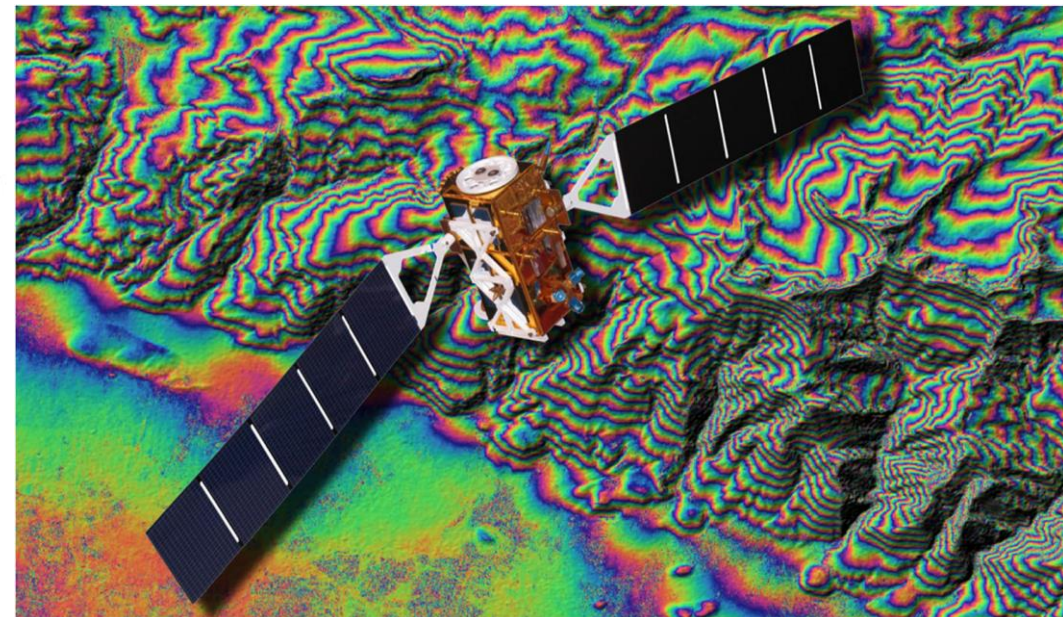


Źródło: USGS, 2002



GMT May 1 10:43 Interferogram by C Wicks, USGS

Trójwymiarowy model pokrycia terenu wygenerowany na podstawie danych Sentinel-1



Źródło: Brauns A., 2020

1. Copernicus Sentinel-1 A/B/C/D – masowe dane bezpłatne.
2. Systemy komercyjne:
 - TerraSAR-X / TanDEM-X
 - PAZ,
 - Cosmo SkyMed,
 - ICEYE,
 - SAOCOM,
 - NOVA SAR,
 - Radarsat,
 - Capella Space,
 - i inne.



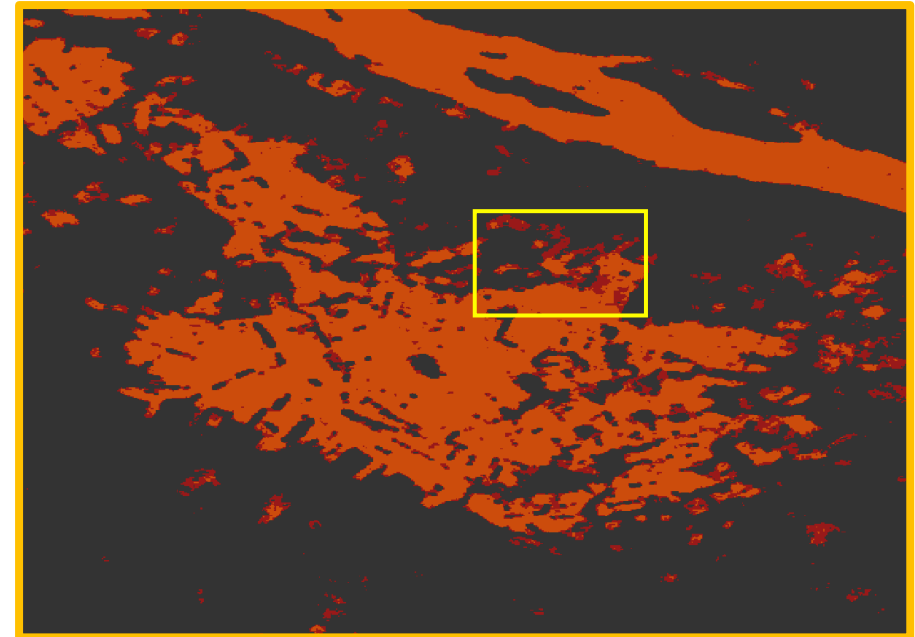
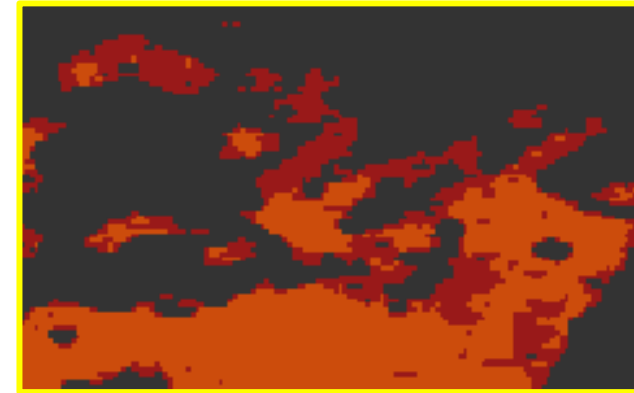
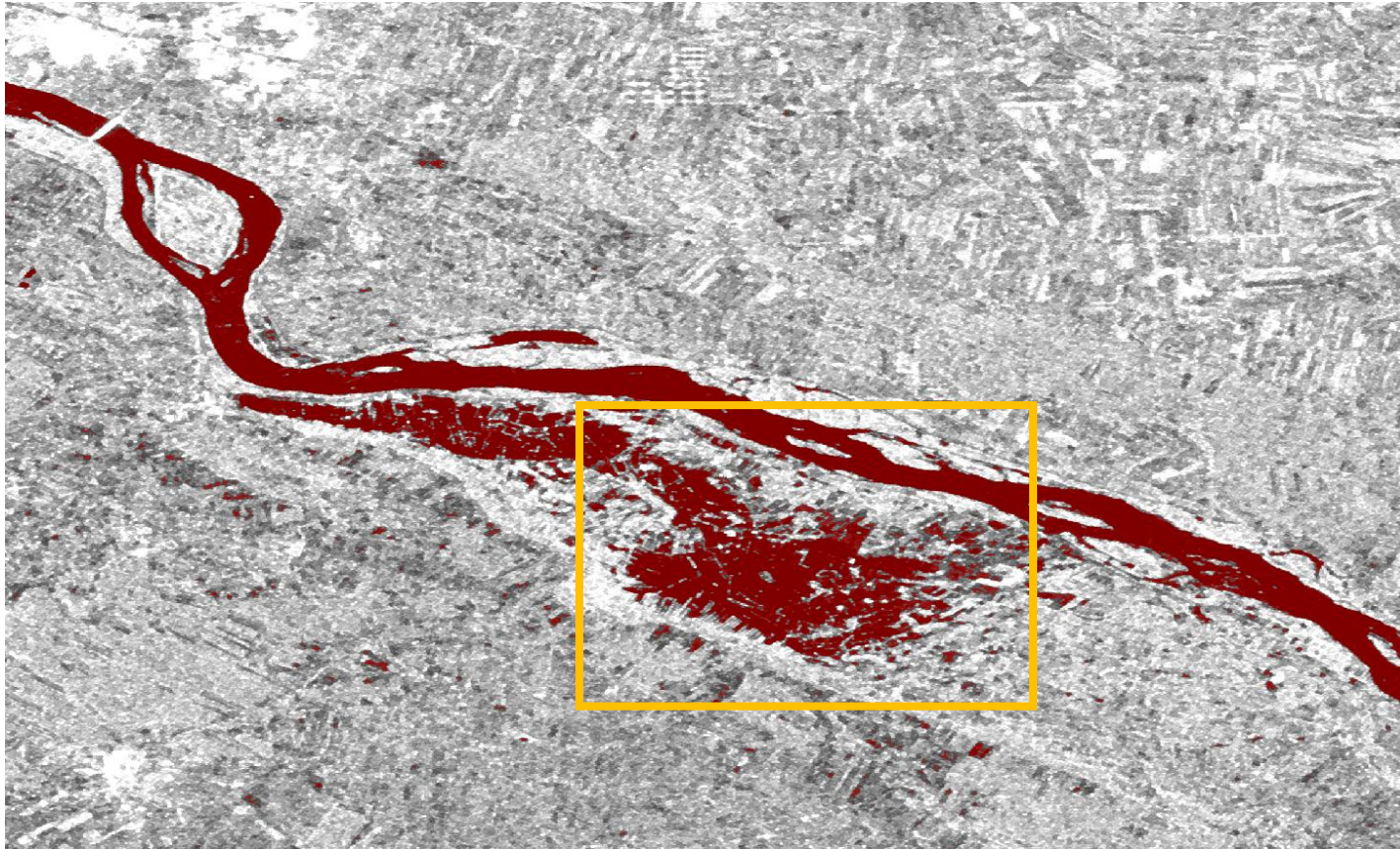
Źródło: copernicus.eu, 2022

- Powodzie.
- Katastrofy morskie.
- Nielegalne migracje na morzu/ bezpieczeństwo morskie.
- Przemieszczenia i deformacje.
- Zniszczenia lasów i deforestacja z powodów rolniczych.
- Topnienie lodowców.



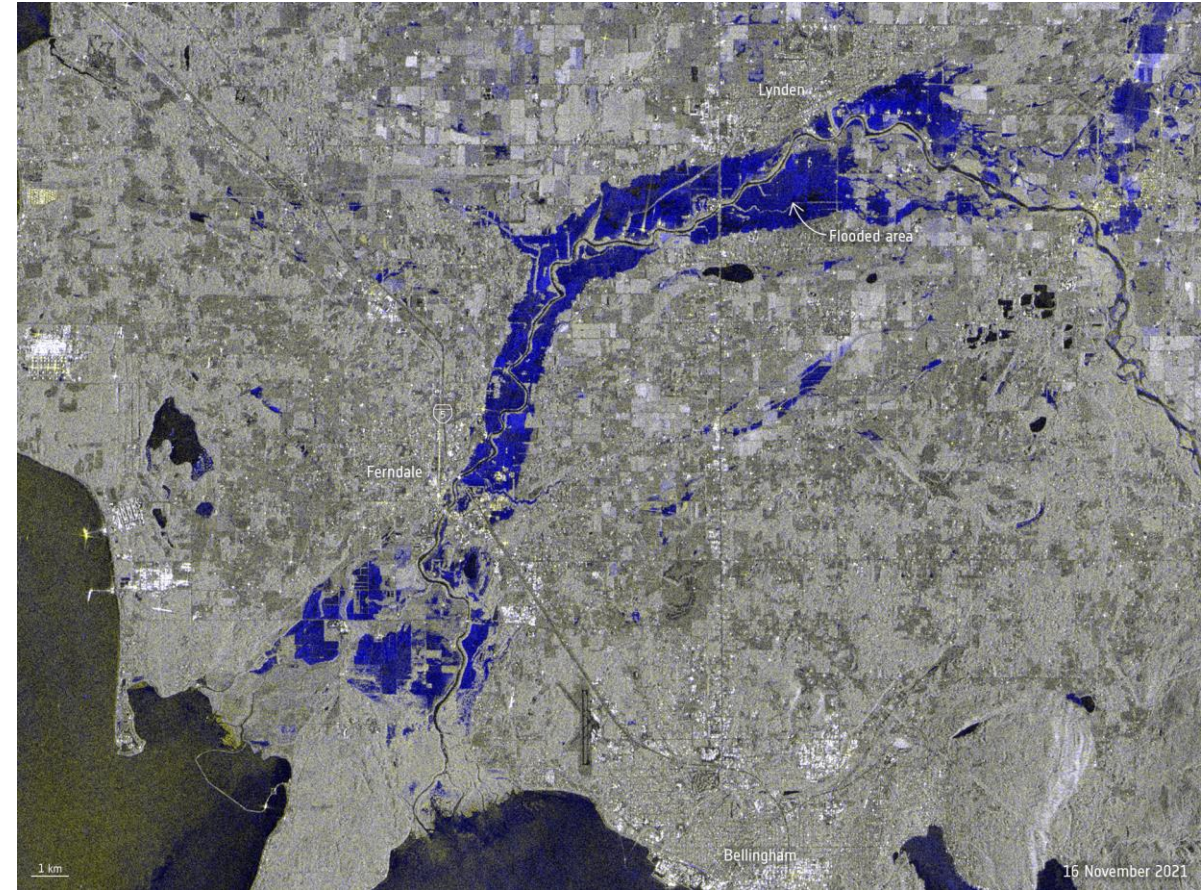
Źródło: ESA, 2022

Automatyczne generowanie zasięgu wody z danych radarowych Sentinel-1.



Źródło: SAFEDAM, 2018

Powódź w stanie Waszyngton w listopadzie 2021 roku.

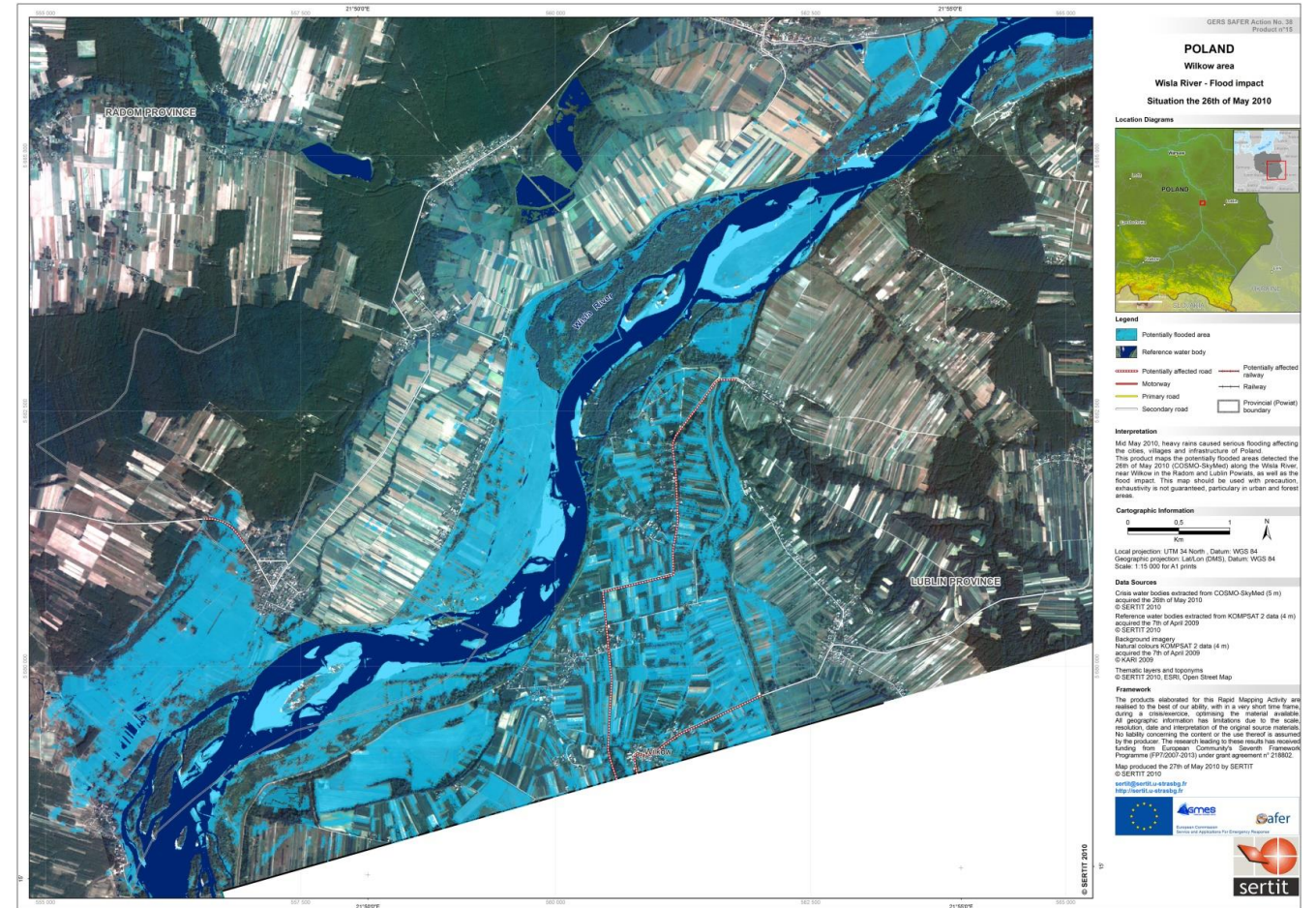


Źródło: ESA, 2021

Dane satelitarne w monitoringu powodzi.
Powódź w Wilkowie, rzeka Wisła, Polska.



Mapa powodzi z dnia 26.05.2010 opracowana na podstawie zobrażeń COSMO-SkyMed – Wilków, Polska



Źródło: ICube – SERTIT, 2010

Dane satelitarne w monitoringu powodzi.
Powódź w powiecie opolskim, rzeka Odra.



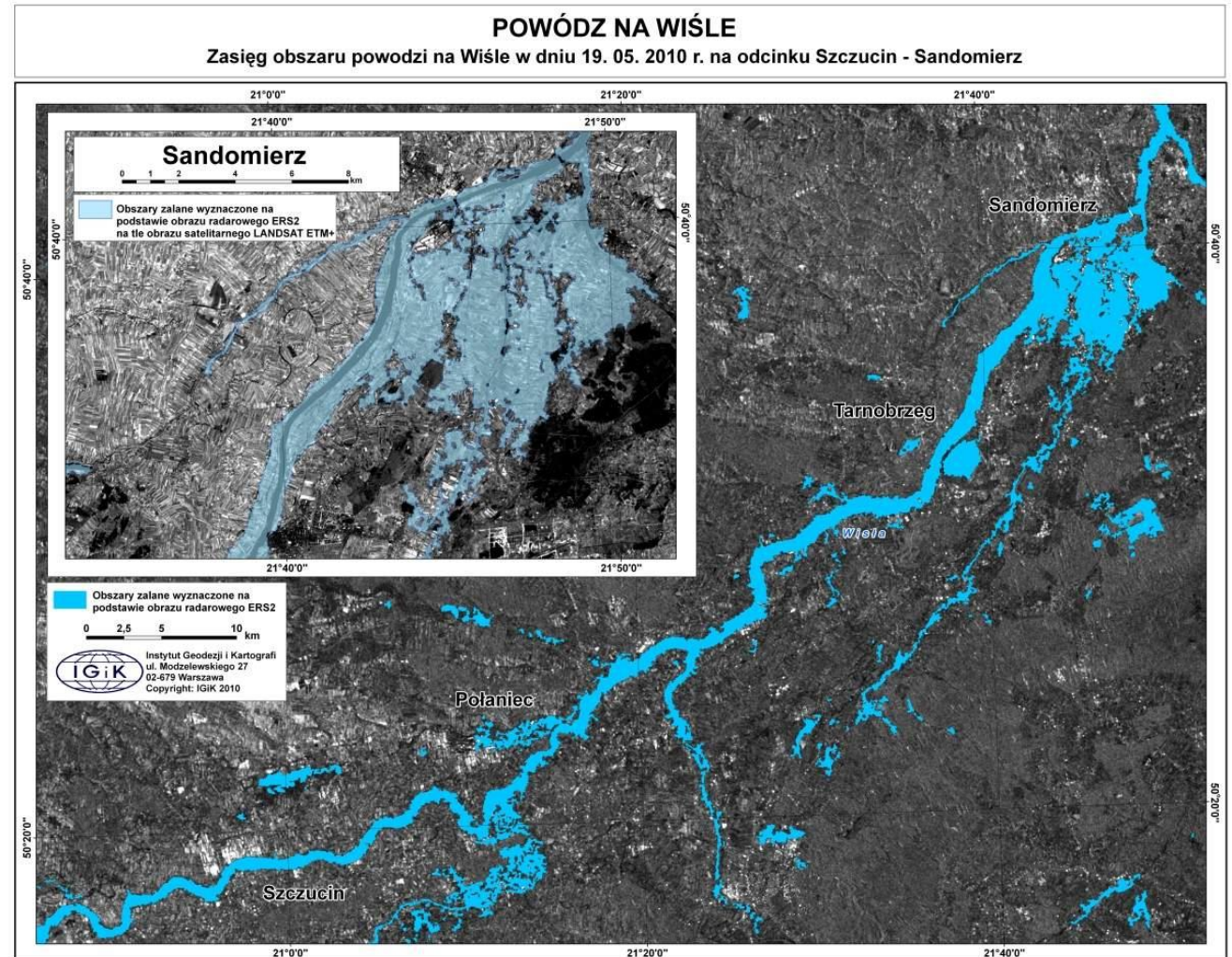
Mapa powodzi z dnia 27.05.2010 opracowana na podstawie zobrażeń COSMO-SkyMed – powiat opolski, Polska



Źródło: ICube – SERTIT, 2010

Dostęp do archiwalnych danych radarowych umożliwia odtworzenie zasięgu historycznych powodzi.

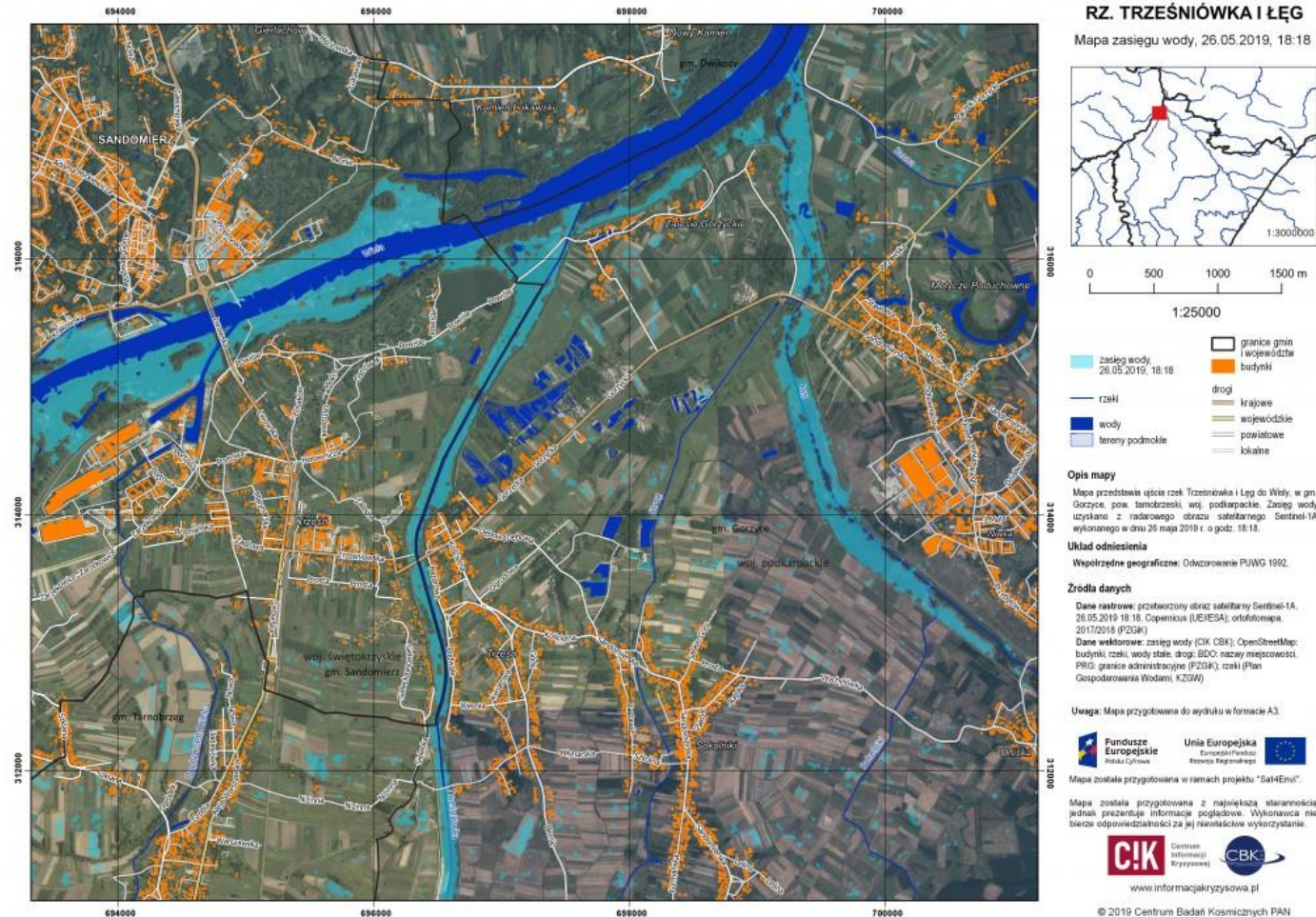
Zasięg powodzi na Wiśle opracowany na podstawie zobrazenia ERS-2



Źródło: IGiK, 2010

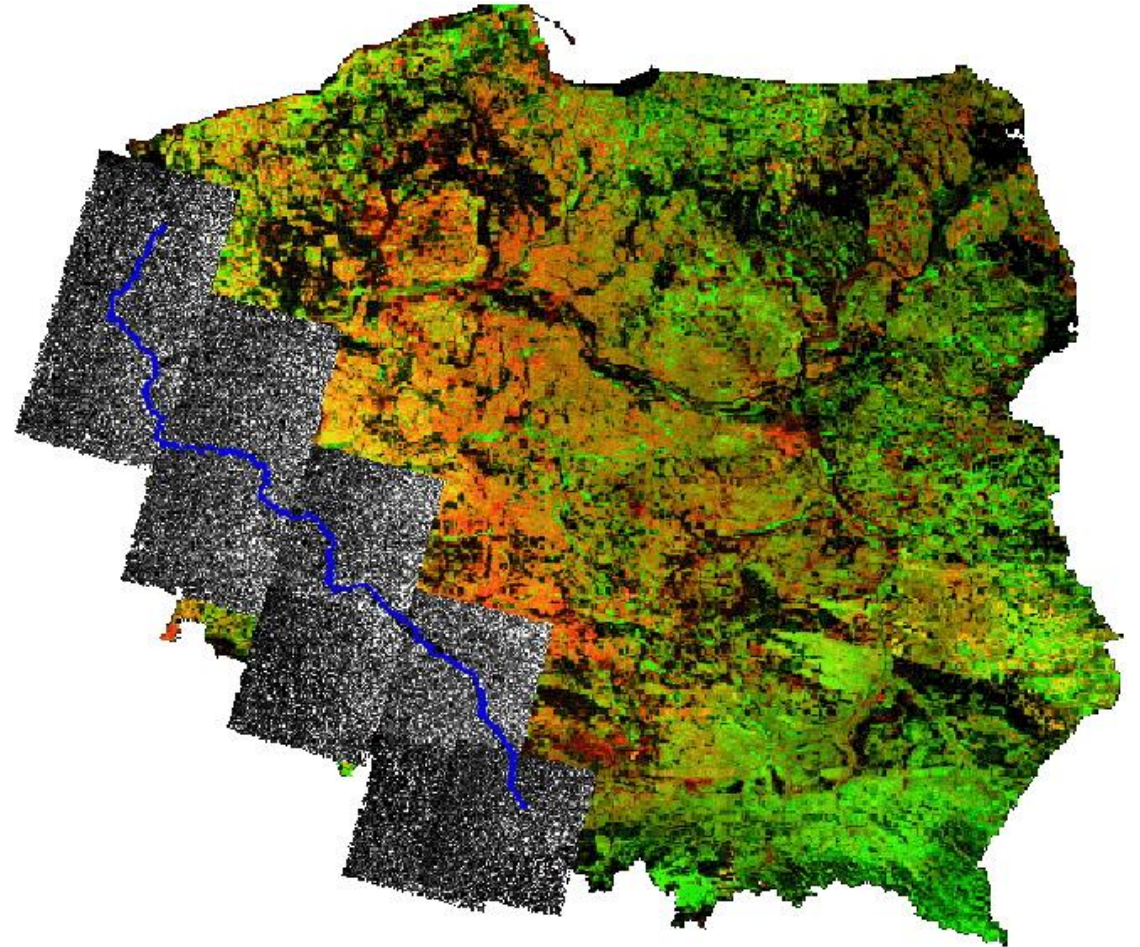
Powodzie – wyznaczanie zasięgu powodzi

Mapy zasięgu powodzi opracowana na podstawie satelity radarowego Sentinel-1 (25.05.2019) w ramach projektu Sat4Envi.



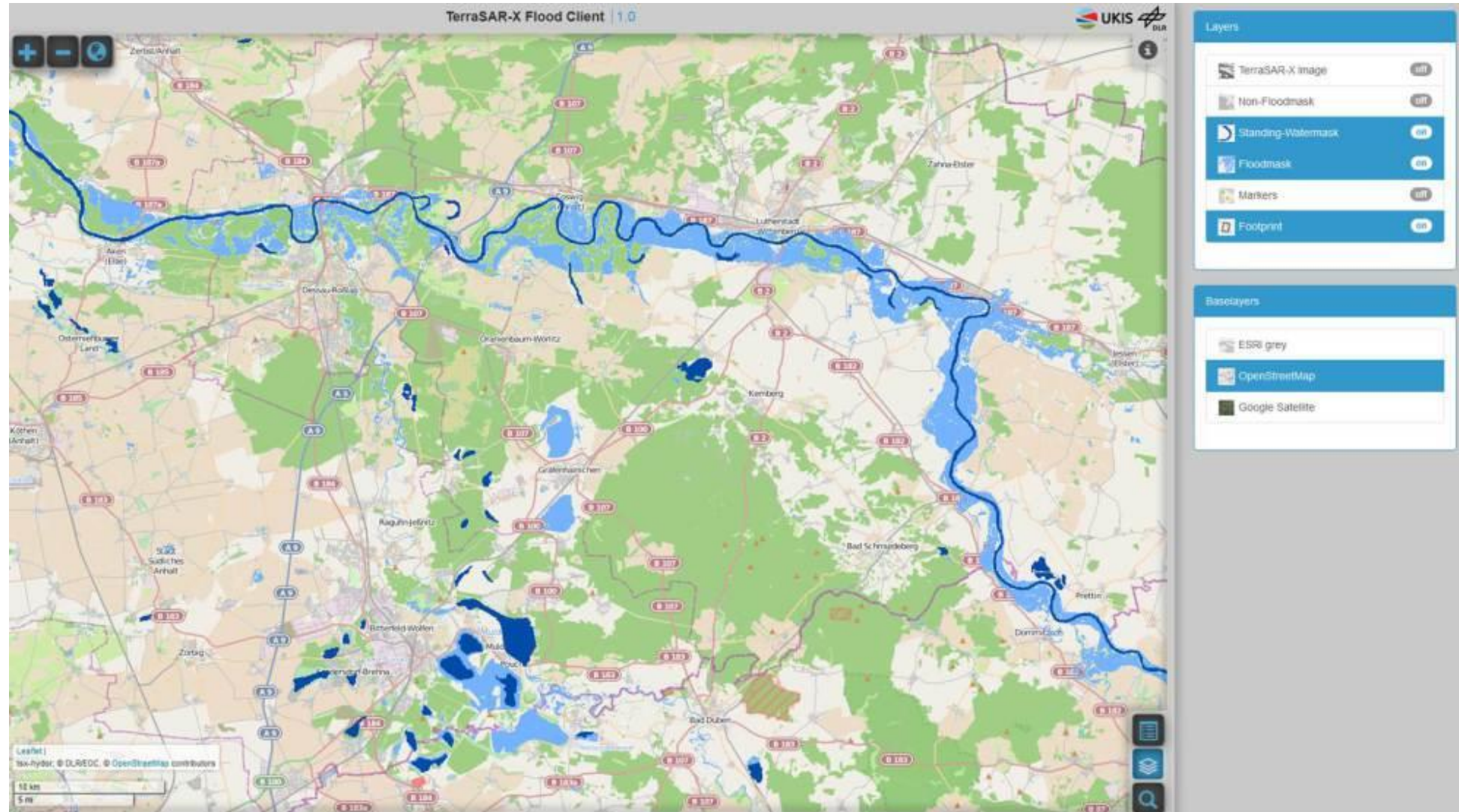
Źródło: Centrum Informacji Kryzysowej (CIK), 2019

- Wyznaczanie zasięgu powodzi.
- Monitorowanie dynamiki przybierania wody.
- Wyznaczanie terenów nadmiernie uwilgotnionych.
- Określanie form pokrycia terenu i użytkowania ziemi zajęte przez powódź.
- Monitorowanie obszarów popowodziowych.
- Odtworzenie historycznych powodzi.



Źródło: IGIK, 2010

W pełni zautomatyzowany serwis do wykrywania powodzi w czasie zbliżonym do rzeczywistego przy użyciu danych TerraSAR-X z syntetycznej apertury radarowej (SAR) o wysokiej rozdzielczości.



Źródło: Martinis S. et al, 2015

- Zatory lodowe na rzekach, to jedna z przyczyn występowania powodzi w Polsce w okresie zimowym.
- Klasyfikacja zjawisk lodowych na podstawie zobrazowań radarowych wg H. Łoś, 2017:

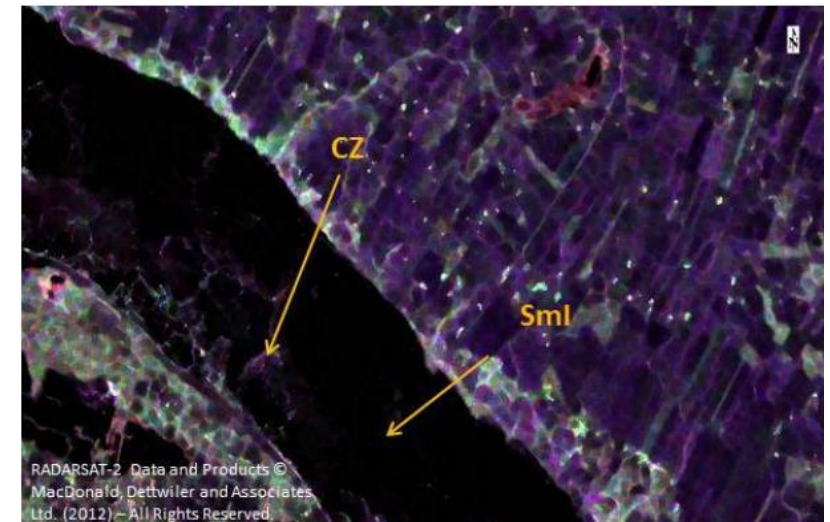
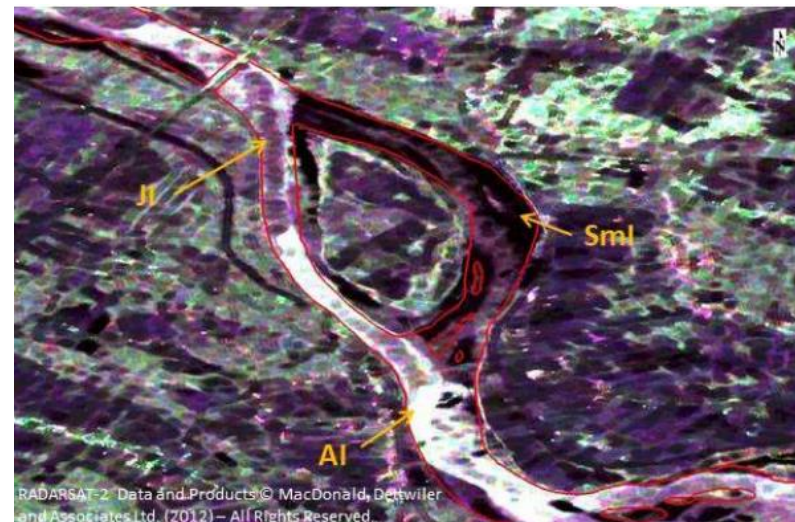
Sml - Gładka pokrywa lodowa,

CZ - Strefy kontaktowe pomiędzy polami lodowymi,

Jl - Pokrywa lodowa z połączonych form lodu mobilnego (głównie śryż),

Al - Pokrywa lodowa ze stłoczonych form lodu mobilnego (głównie śryż).

Kompozycja barwna RGB HH HV VV (dane RADARSAT-2 z dn. 28.01.2014 r.)



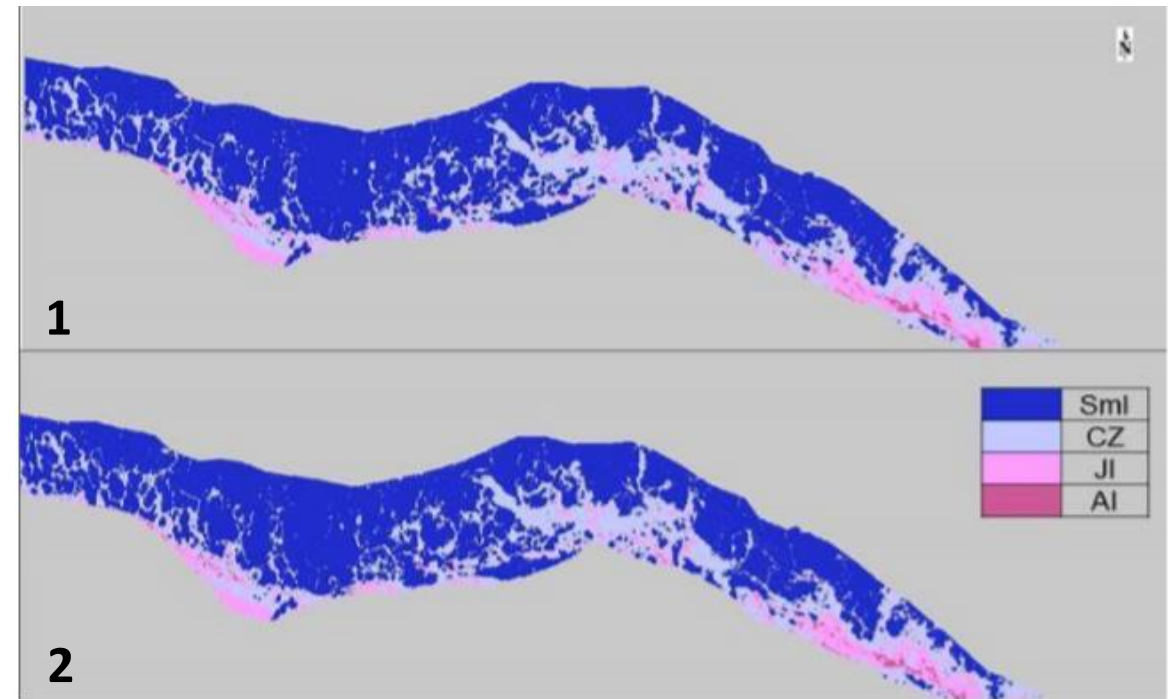
Źródło: Łoś H., 2017

Pokrywa lodowa na Zbiorniku Włocławskim.

Wyniki te są istotne dla służb monitorujących zjawiska lodowe na rzekach, ale także dla samorządów, na obszarze których mogą wystąpić podobne zjawiska i związane z nimi problemy.



Wynik klasyfikacji na podstawie danych RADARSAT-2:
1 – 01.02.2014 o czterech kanałach polaryzacji,
2 – 01.02.2014 w polaryzacji HH-HV.



Źródło: Łoś H., 2017

Zmiana zasięgu
powodzi w okolicach
Sandomierza
w okresie 23-29 maja
2019 r.

Sentinel-1 23.05.2019



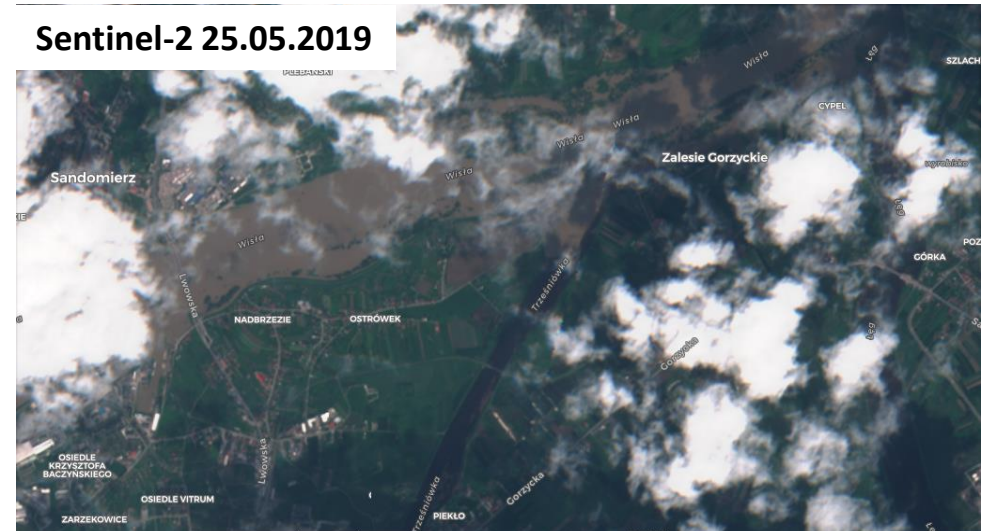
Sentinel-1 25.05.2019



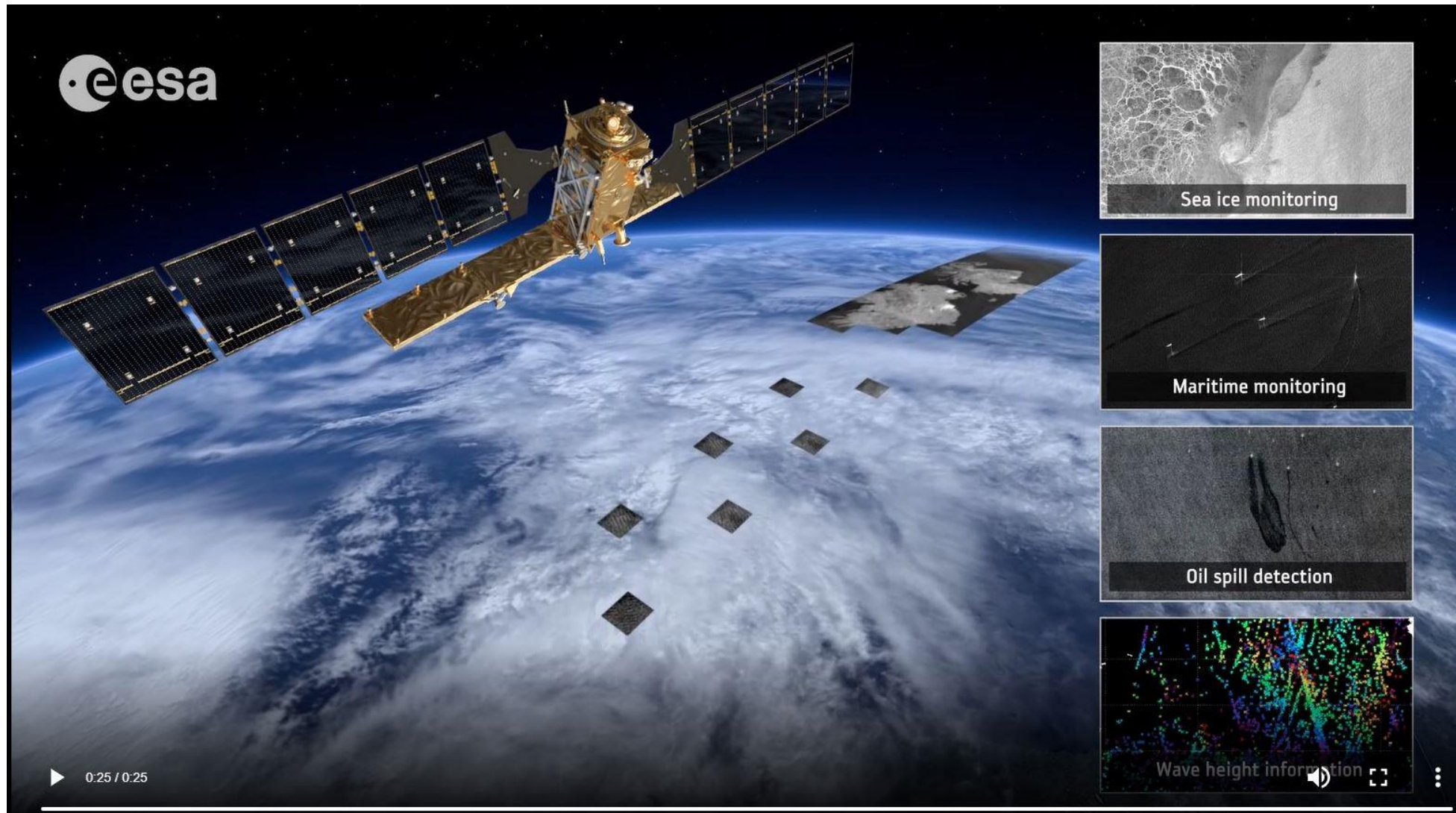
Sentinel-1 29.05.2019



Sentinel-2 25.05.2019



Źródło: Hościło A., 2020

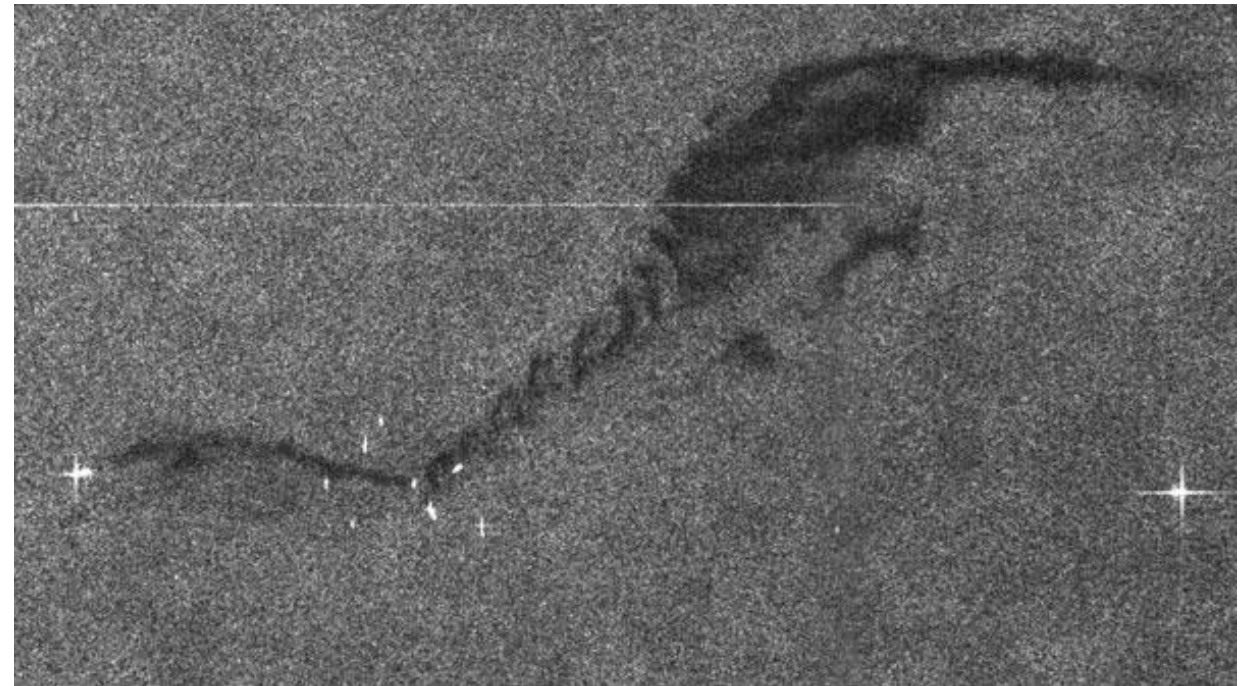


Źródło: ESA, 2022

Zdjęcia satelitarne i mapy tematyczne GIS w ocenie skutków wycieków ropy naftowej i olejów.

- Monitorowanie zanieczyszczeń mórz i oceanów.
- Zalety danych radarowych:
 - niezależne od pory dnia,
 - niezależne od stopnia zachmurzenia,
 - efektywne obrazowanie powierzchni wody pokrytej olejem czy ropą naftową.

Plama oleju u wybrzeża Belgii – Sentinel-1 (08.10.2015)

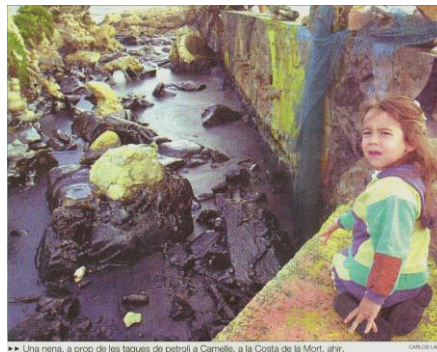


Źródło: ESA, 2015

Katastrofa tankowca „Prestige” listopad 2002 roku



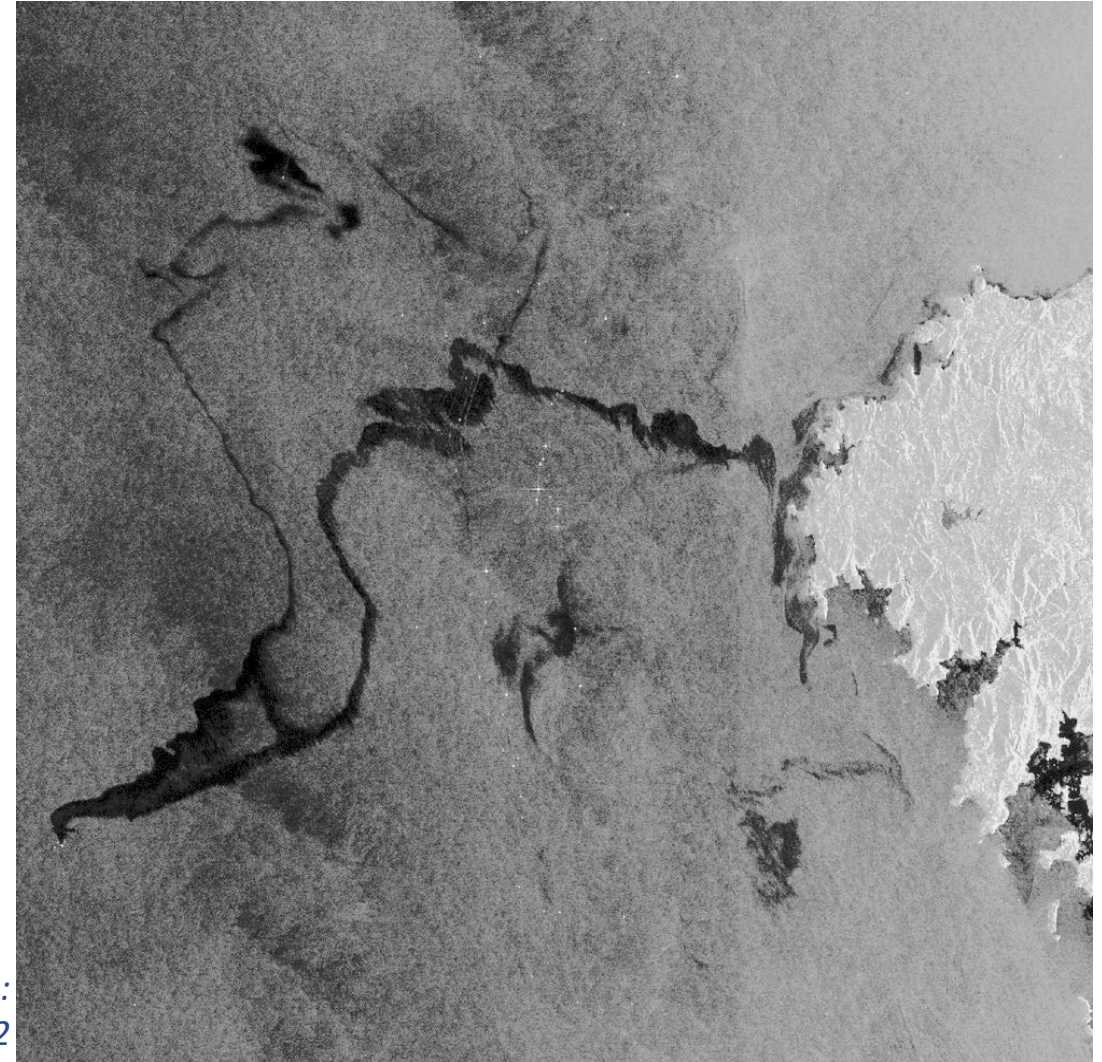
Źródło:
Crosetto
M, 2010



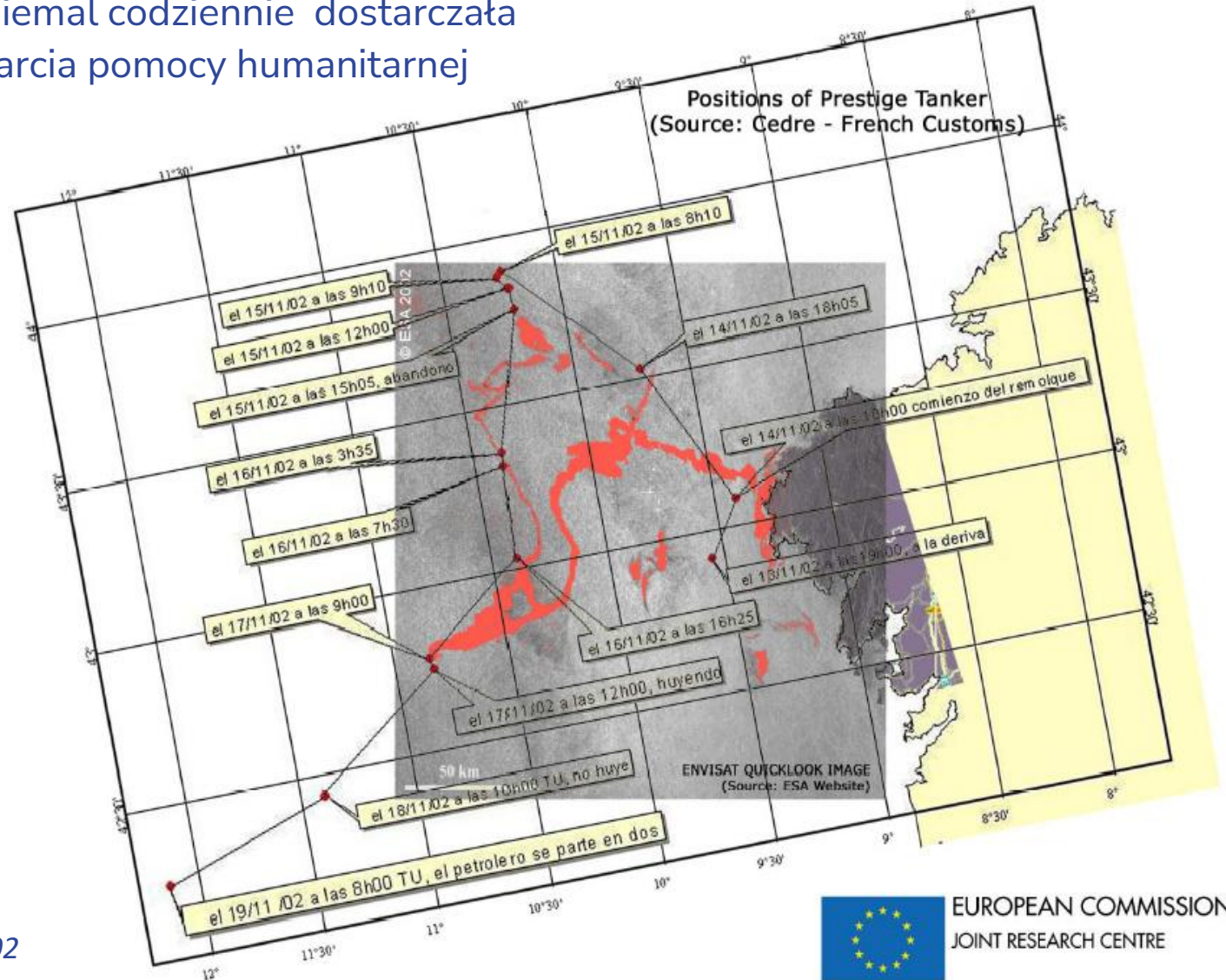
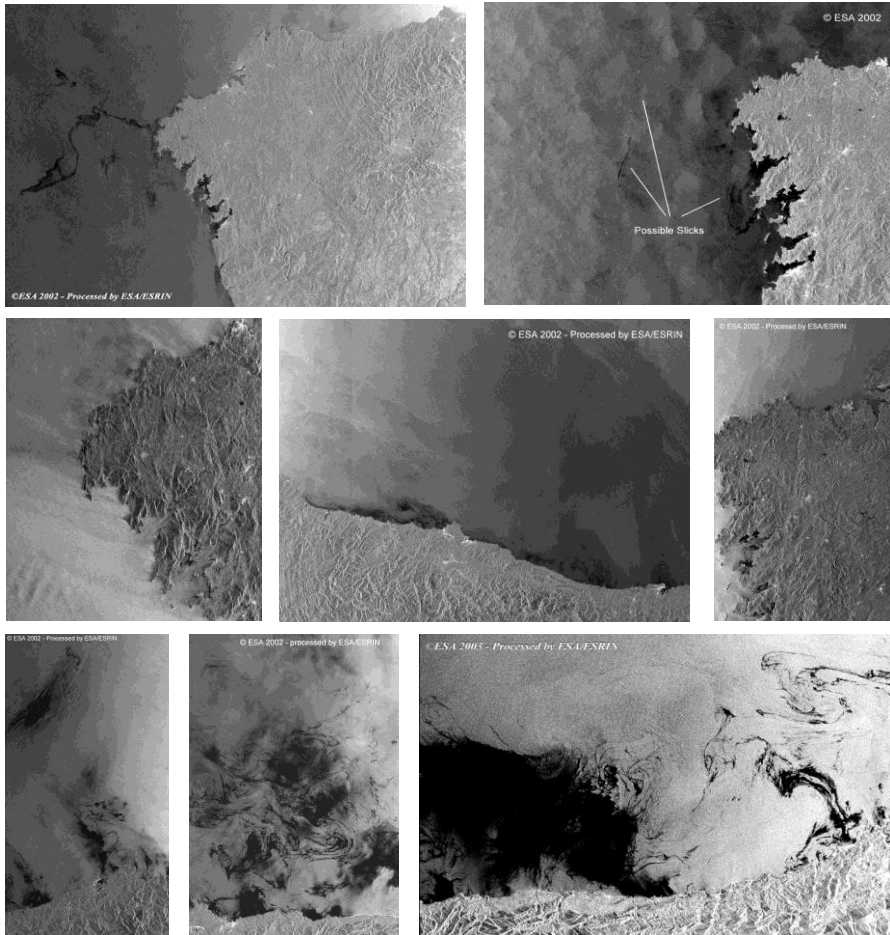
►► Una nena, a prop de les tanques de petroli a Camelle, a la Costa de la Mort, ahr. GARCIA/LEO

Źródło:
ESA, 2002

Wyciek ropy zarejestrowany przez satelitę Envisat ASAR
(Wide Swath, 17.11.2002 r.)



ESA od listopada 2002 roku do marca 2003 roku niemal codziennie dostarczała zdjęcia satelitarne z misji ERS i Envisat w celu wsparcia pomocy humanitarnej w następstwie wycieku ropy u wybrzeży Hiszpanii.



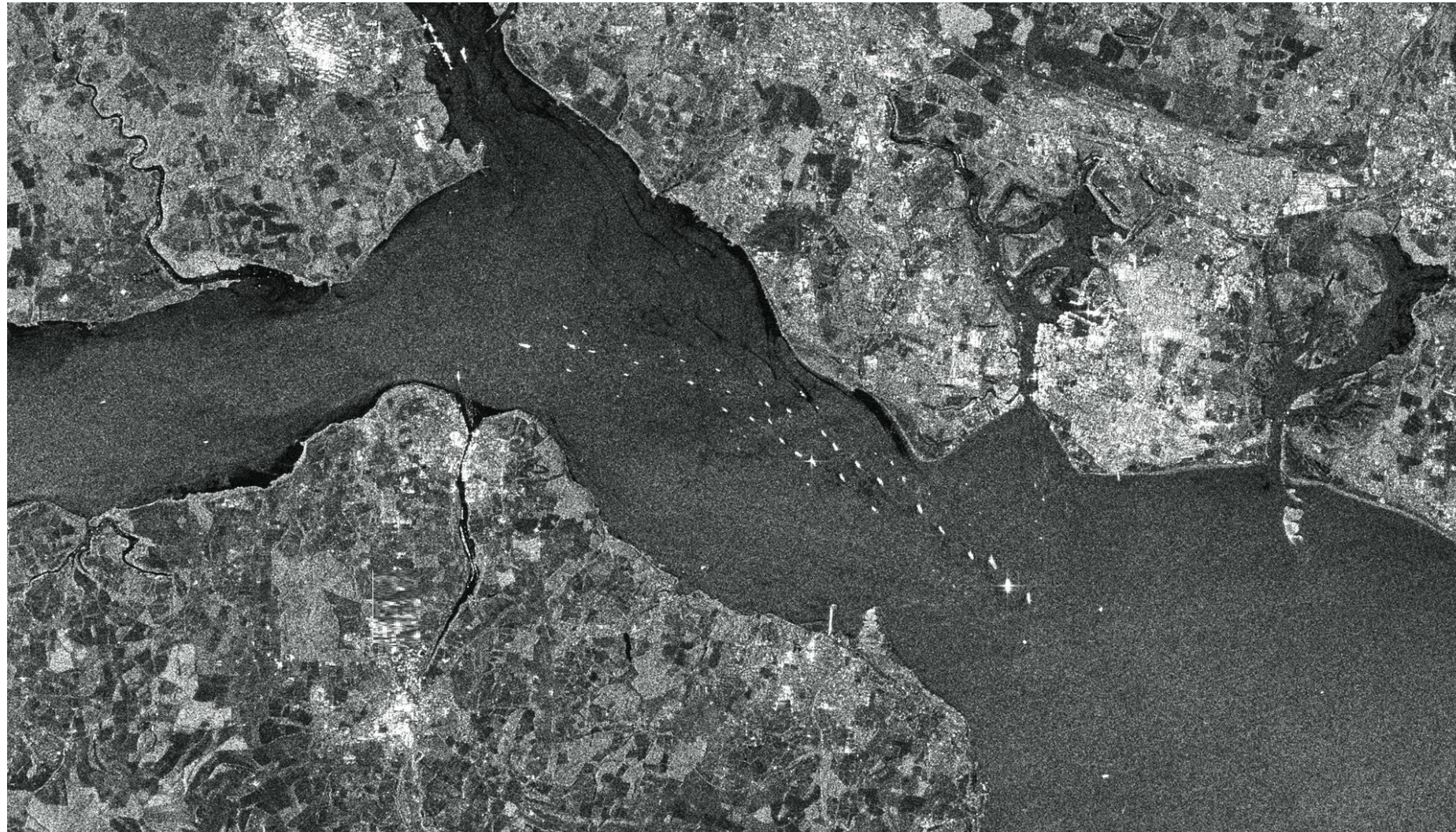
Źródło:
ESA, 2002

Envisat ASAR (26.06.2005 r., GSD 30 m)

Statki Międzynarodowego Przeglądu Floty (International Fleet Review Assembling) gromadzące się w Solent między wyspą Wight a Portsmouth.

Ten obraz został pozyskany przez instrument Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR) na pokładzie satelity Envisat w dniu 26 czerwca 2005 roku.

Widok uzyskano w trybie obrazu ASAR z rozdzielczością piksela 30 m.



Źródło: ESA, 2005

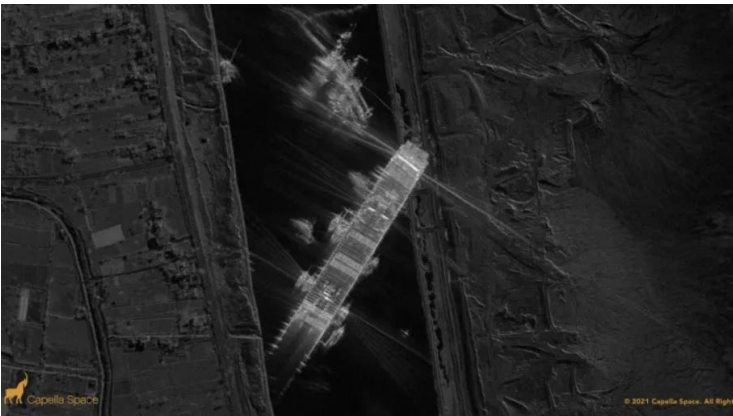
Blokada Kanału Sueskiego w 2021 roku.



Źródło:
Maxar, 2021

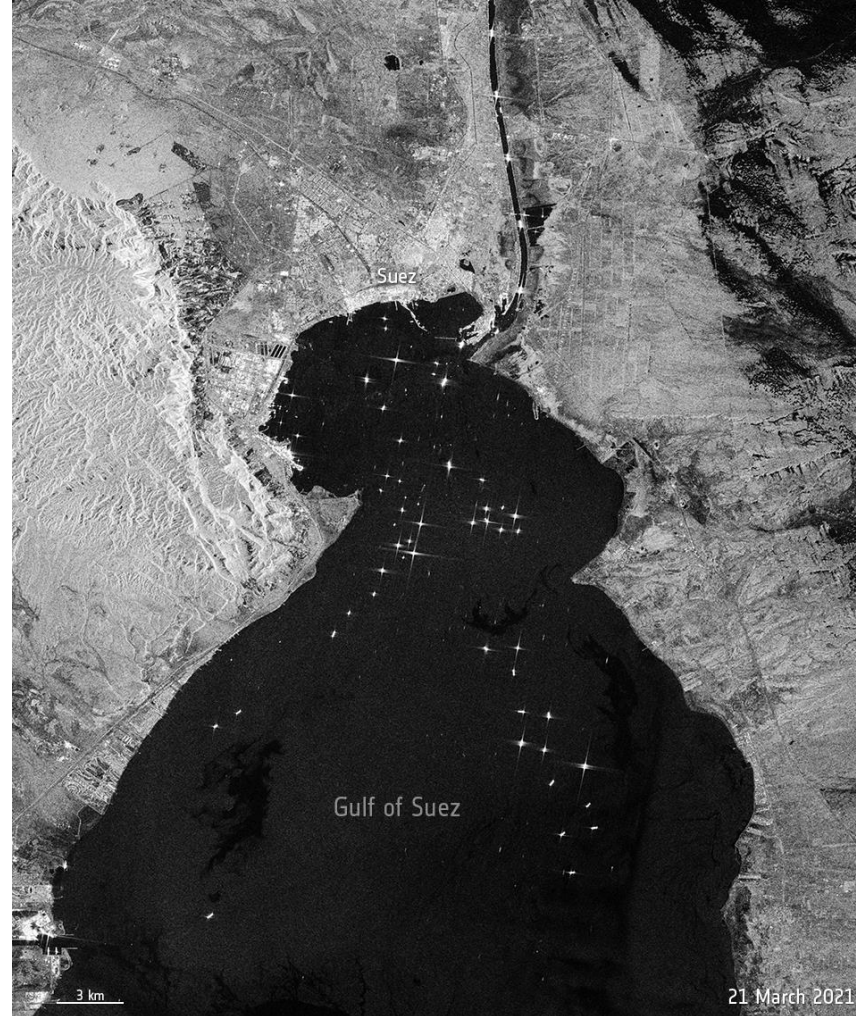


Źródło:
Planet Labs, 2021



Źródło: Capella Space, 2021

Kanał Sueski i Wielkie Jezioro Gorzkie (Sentinel-1, 21 i 25 marzec 2021 r.)



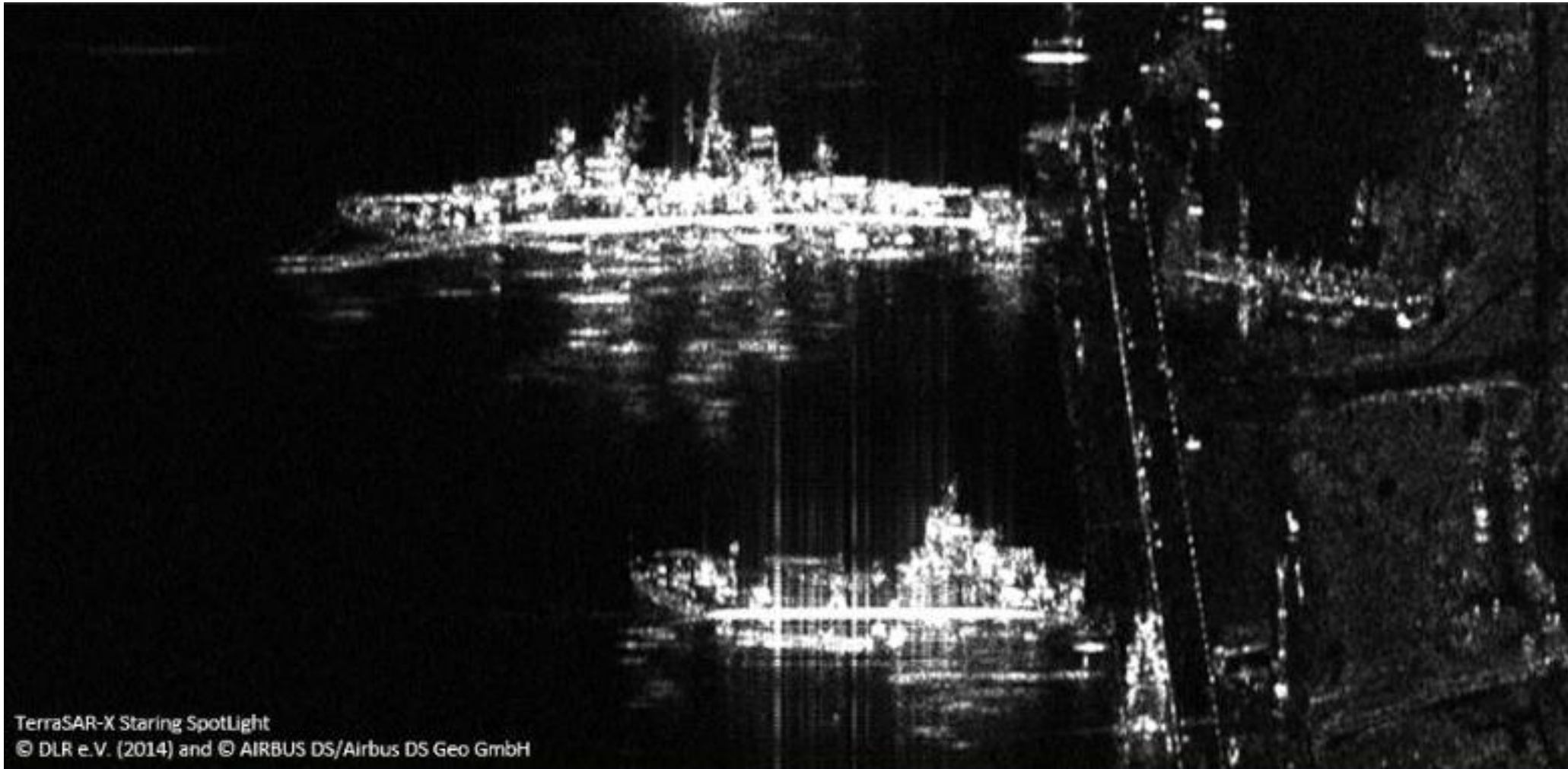
21 March 2021



25 March 2021

Źródło: ESA, 2021

Dwa okręty wojenne na wysokorozdzielczym obrazie TerraSAR-X SpotLight.

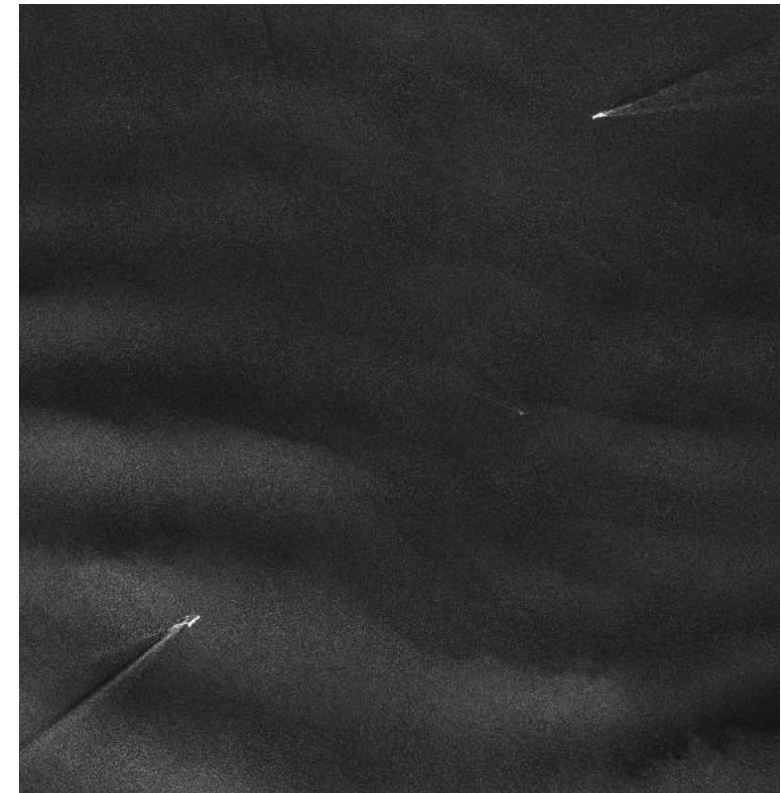
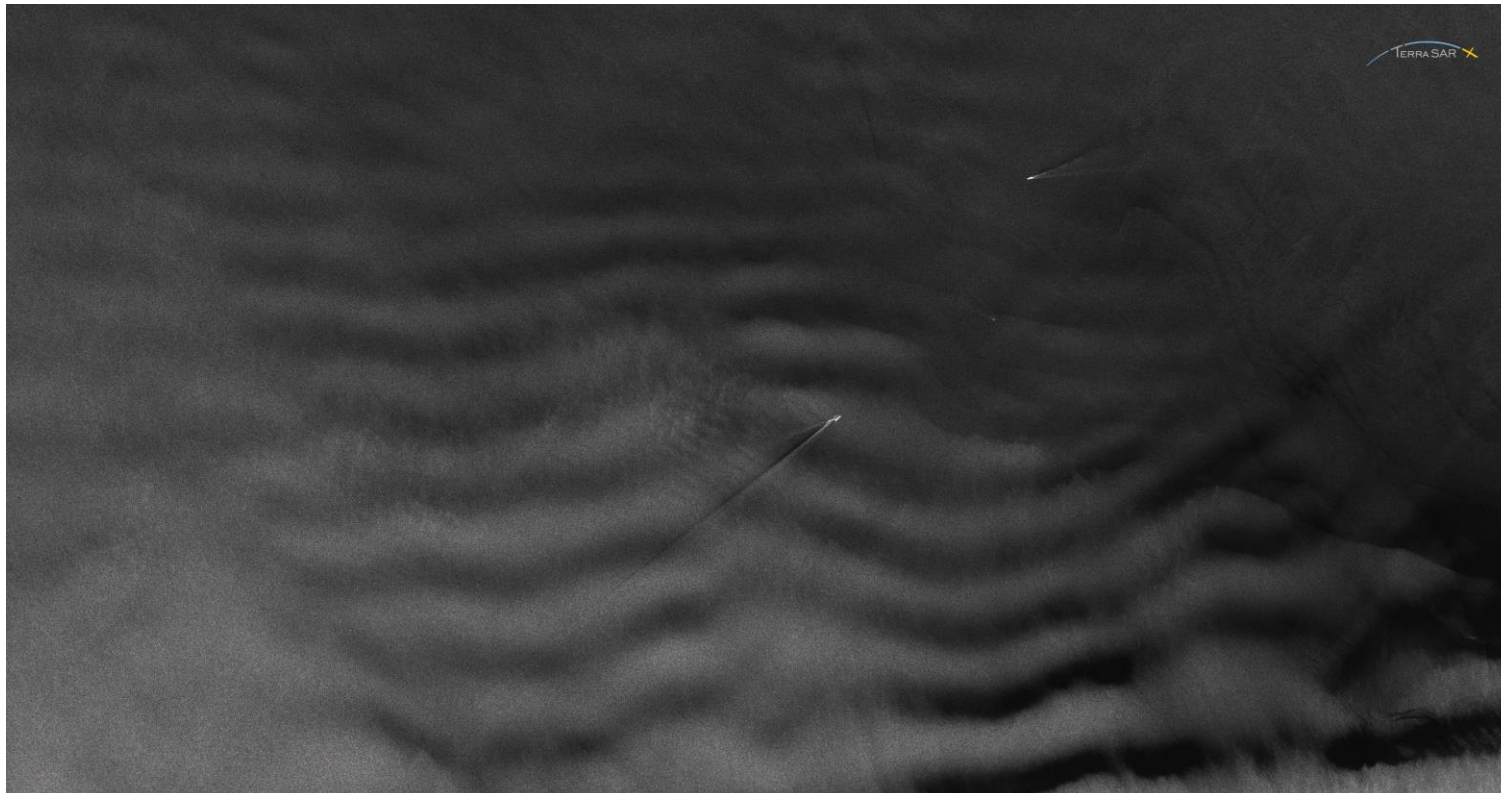


TerraSAR-X Staring SpotLight
© DLR e.V. (2014) and © AIRBUS DS/Airbus DS Geo GmbH

Źródło: DLR, 2014

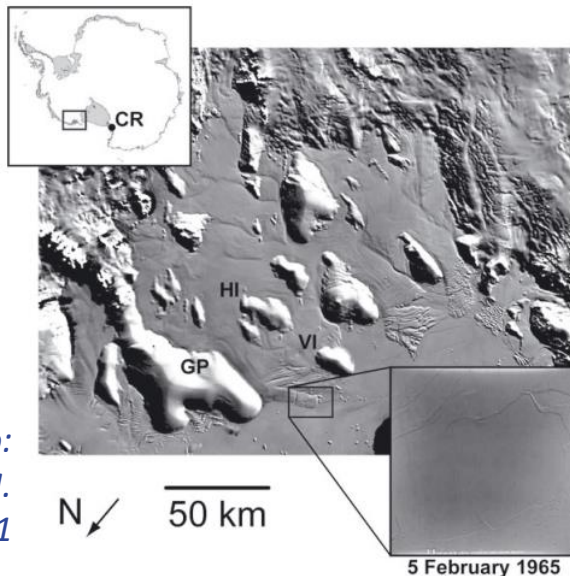
Odległość obrazu statku od osi jego trasy wskazuje na jego prędkość.

Statki i fale na morzu blisko wybrzeża Łotwy (TerraSAR-X, 22.05.2008, GSD 3,3 m)



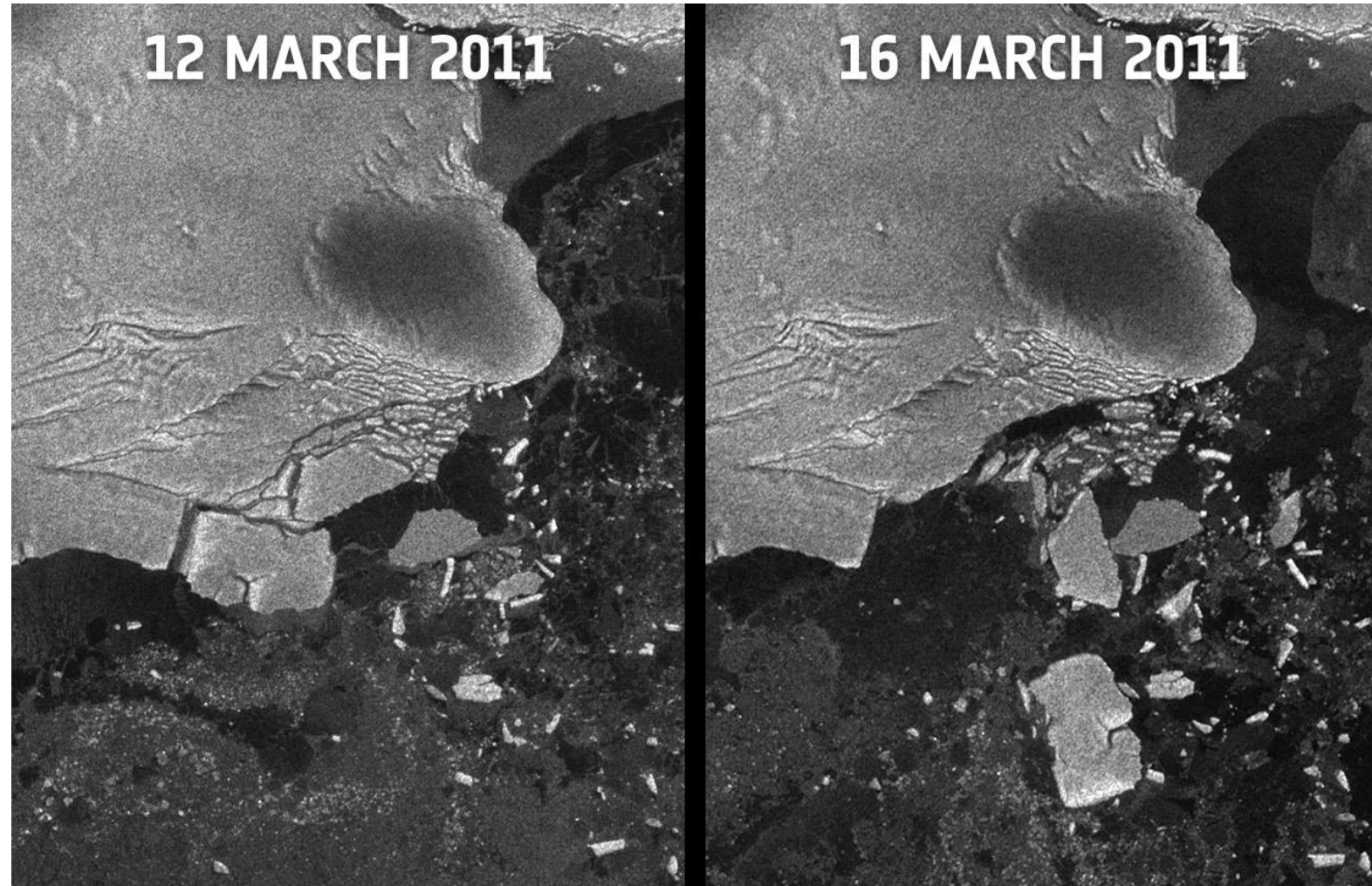
Źródło:
DLR, 2008

W ciągu jednego dnia po trzęsieniu ziemi i tsunami w Tōhoku w marcu 2011 roku, szelf lodowy uwolnił góry lodowe, które łącznie miały powierzchnię prawie 125 km². Naukowcy powiązali cilenie się lodu z tsunami docierającym do szelfu lodowego ok. 13 600 kilometrów od epicentrum trzęsienia ziemi.



Źródło:
Brunt K.M.
et al., 2011

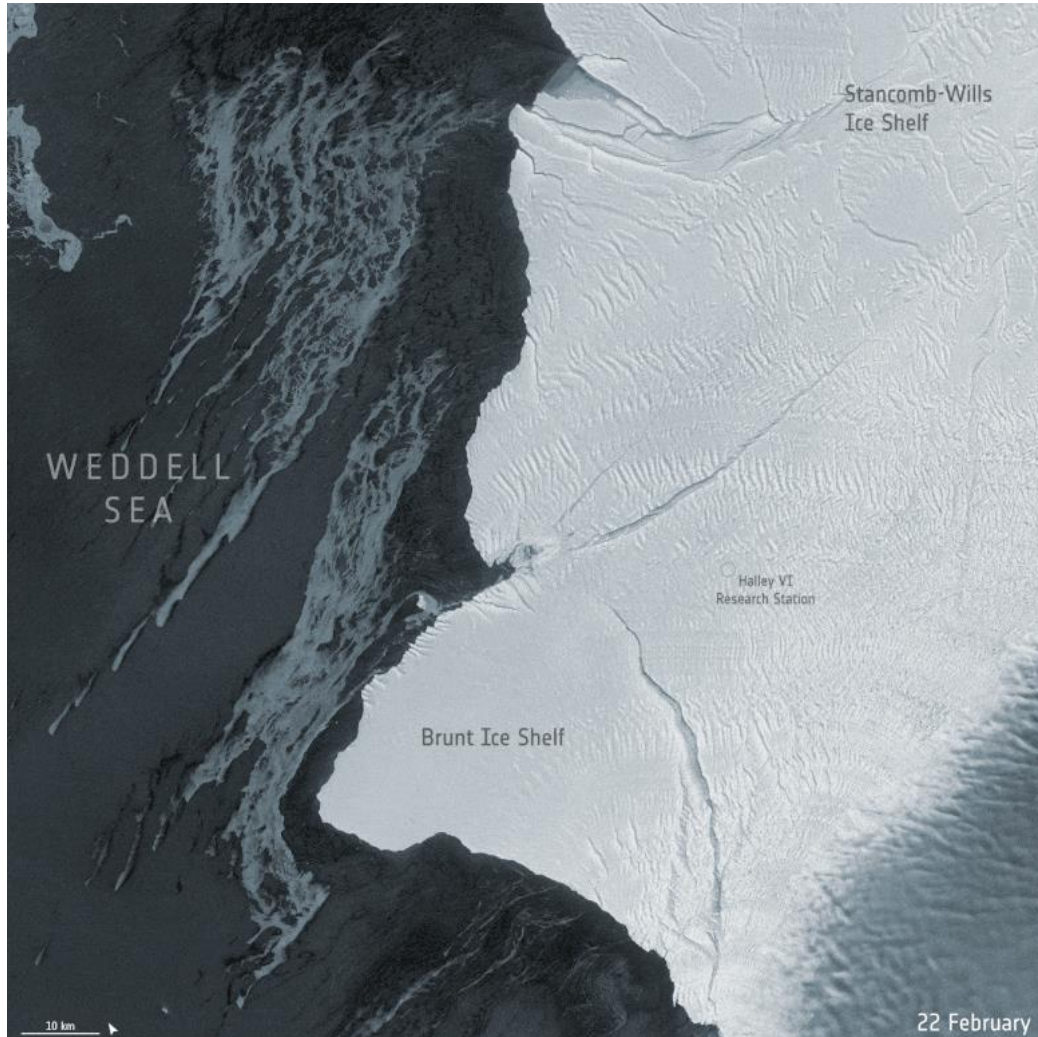
Zatoka Sulzbergera (Envisat ASAR, 12 i 16 marca 2011 r.)



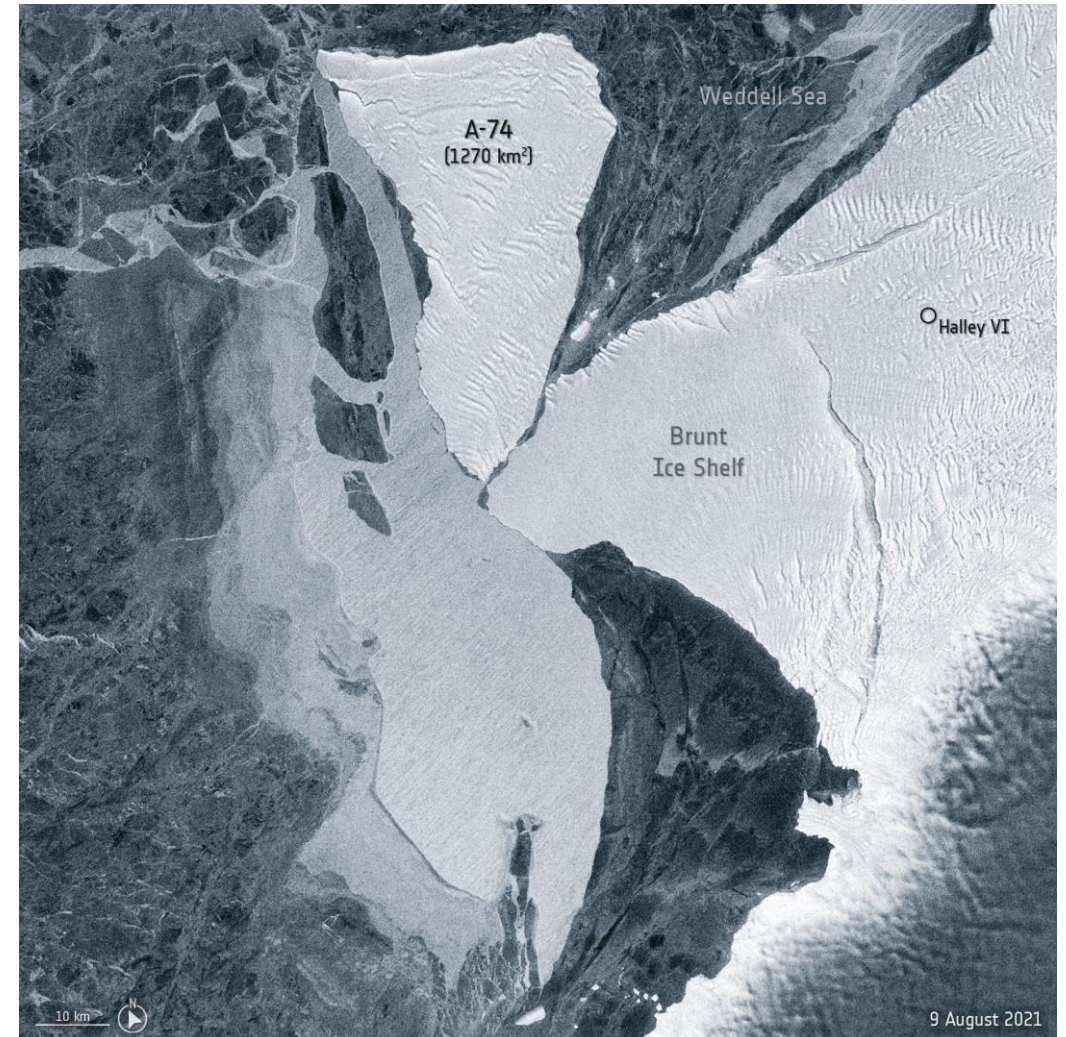
Źródło: ESA, 2011

Monitorowanie topniejących lodowców

Moment oderwania się góry lodowej A-74 (Sentinel-1, 22-28.02.2021 r.)



Ruch góry lodowej A-74 (Sentinel-1, 9-18.03.2021 r.)



Źródło: ESA, 2021

W maju 2015 roku satelita Sentinel-1 zarejestrował oderwanie się od Antarktydy największej na świecie góry lodowej A-76.

Źródło: *journalsofindia.com, 2021*

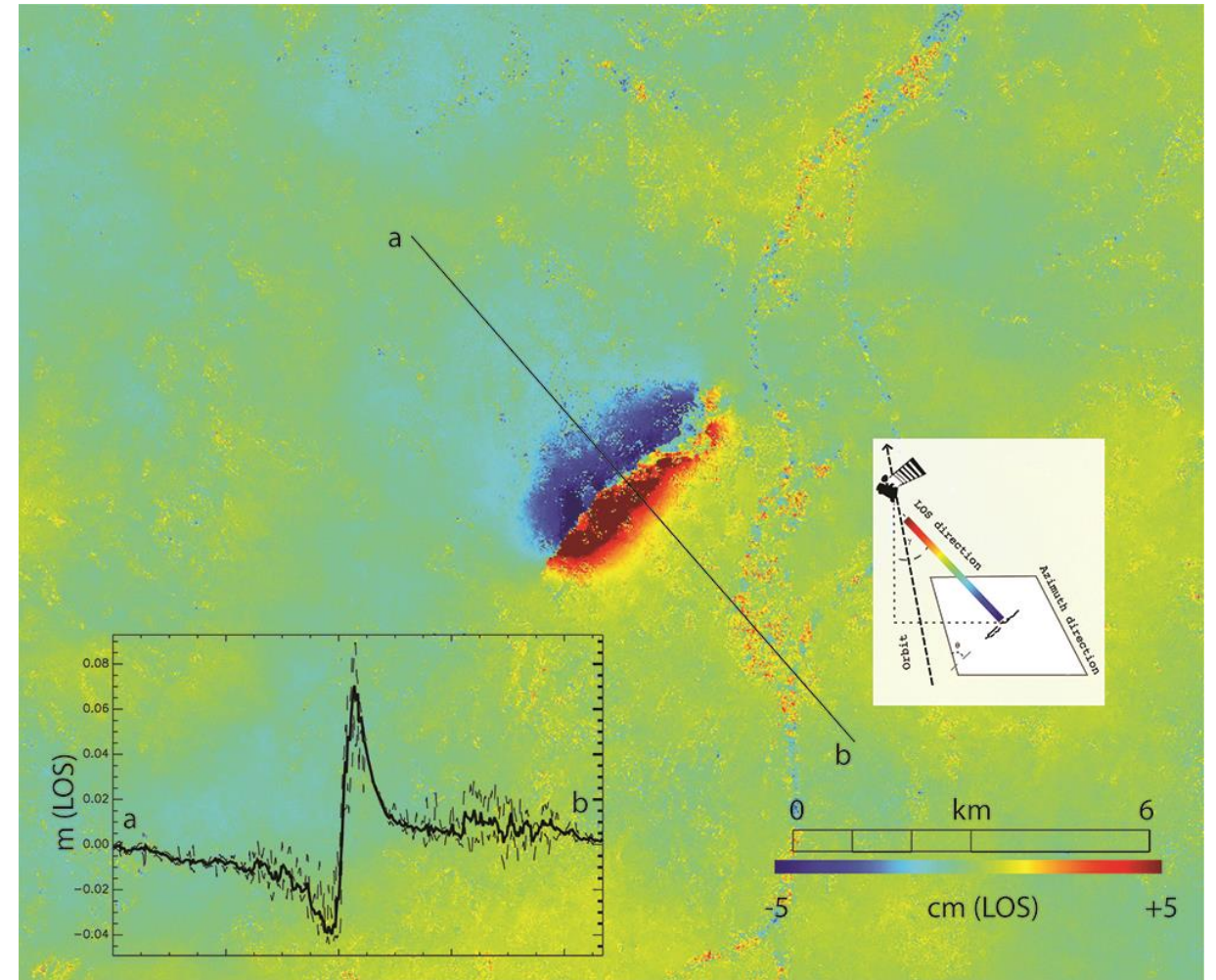
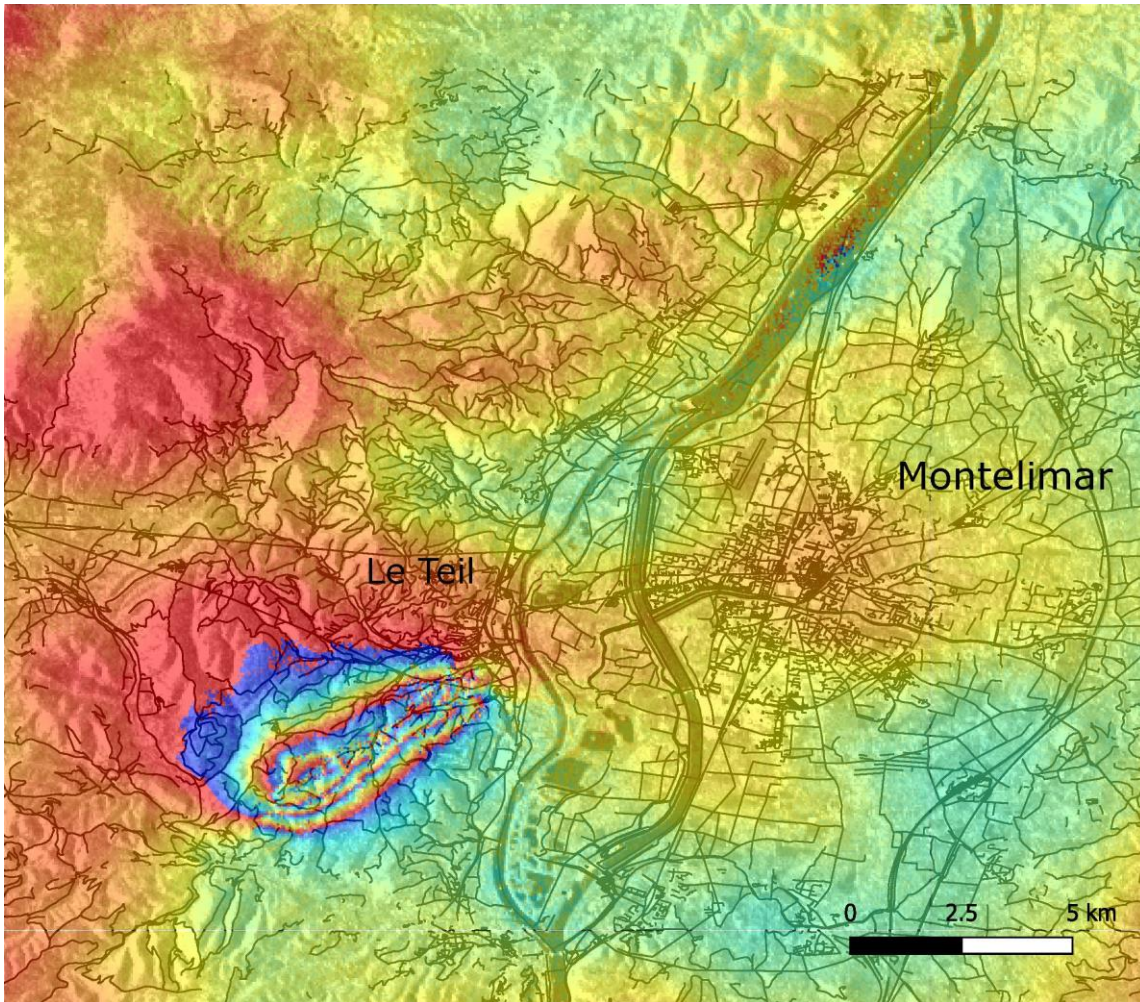


Góra lodowa A-76 (Sentinel-1, 11-16.05.2021 r.)



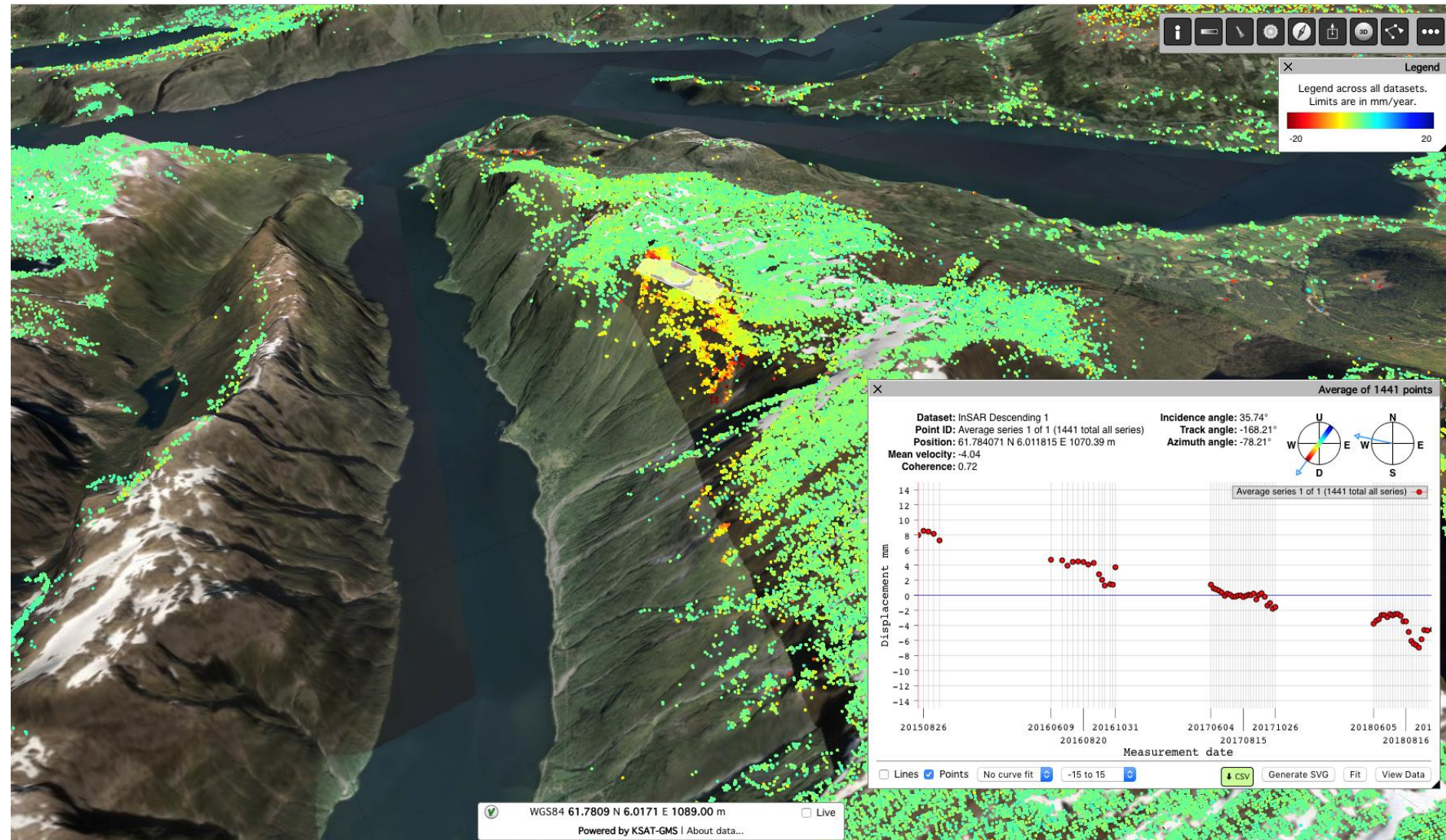
Źródło: *ESA, 2021*

Ocena skutków trzęsienia ziemi, które miało miejsce w południowo-wschodniej Francji 17 listopada 2019.



Źródło: ESA, 2019

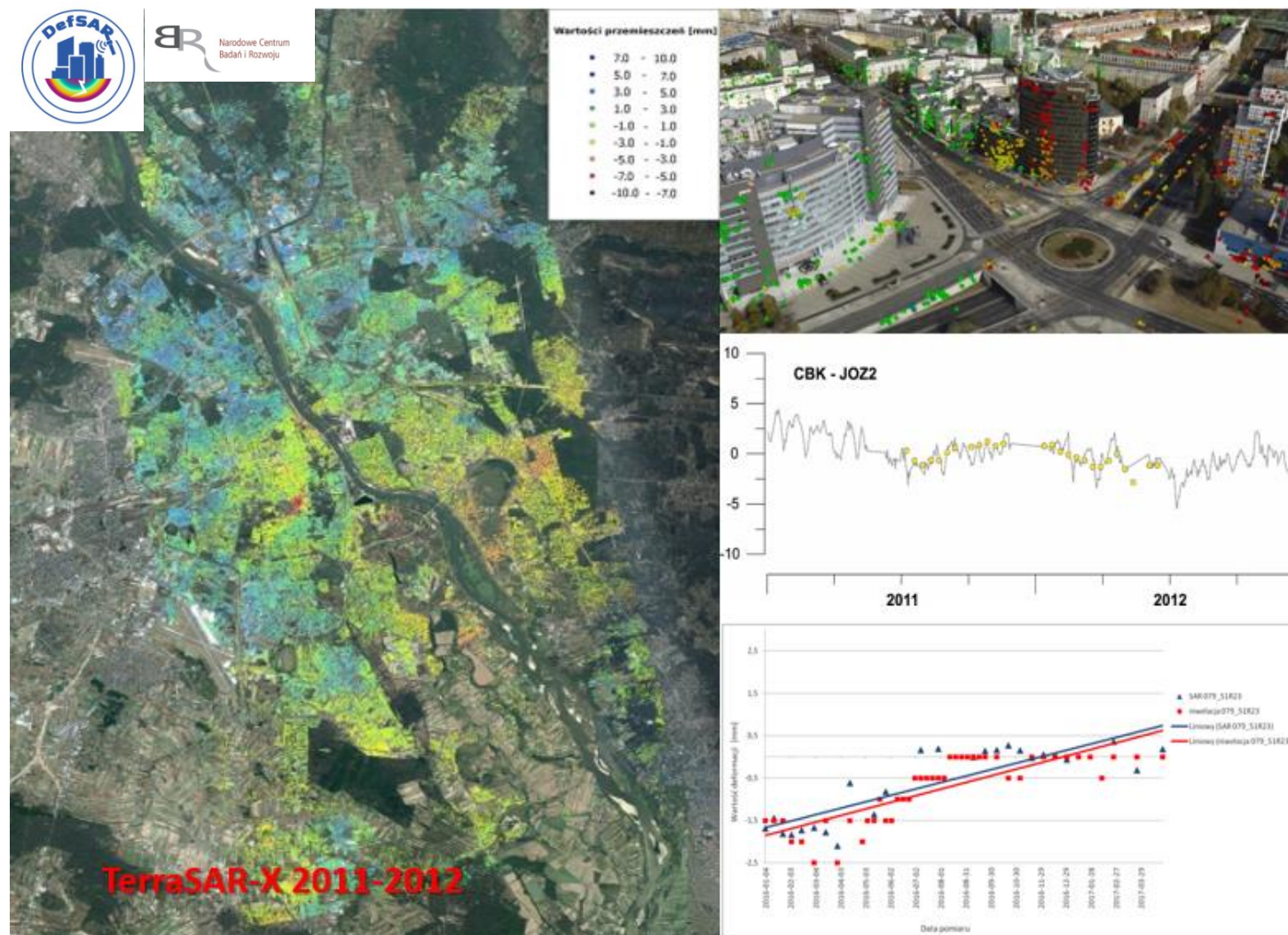
Usługa InSAR Norway ma na celu monitorowanie i pomiar ruchów masowych w skali całego państwa. W serwisie do pomiaru ruchów powierzchni terenu wykorzystane są dane Sentinel-1. Usługa InSAR Norway działa od listopada 2018 roku.



Źródło: ESA, 2019

Przykład wykrywania i monitorowania deformacji na większym obszarze na podstawie wieloczasowych zobrazowań radarowych z satelity TerraSAR-X, z okresu 2011-2012.

- Dokładność przemieszczeń pionowych poniżej 0,5 mm.
- Osiągnięcie wysokiej dokładności było możliwe dzięki zastosowaniu metody interferometrii radarowej trwałych reflektorów (ang. PSInSAR - Permanent Scatters Interferometry Synthetic Aperture Radar), wykorzystywanej do badania przemieszczeń na „punktach” dających silne i stabilne odbicie w czasie (głównie budynki i inne obiekty antropogeniczne).



Źródło: IGIK, 2018

Wyniki analizy DInSAR osiadania gruntu w Sallent (Hiszpania).

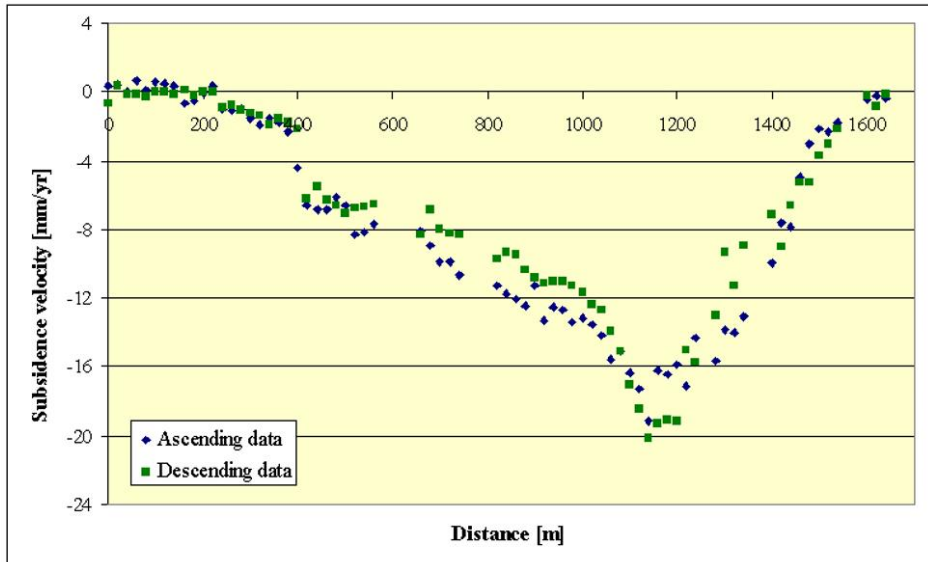
Na obrazie przedstawiono geokodowane pola średniej prędkości osiadania gruntu na przestrzeni około pięciu lat, oszacowane za pomocą metody PSI.



Sallent



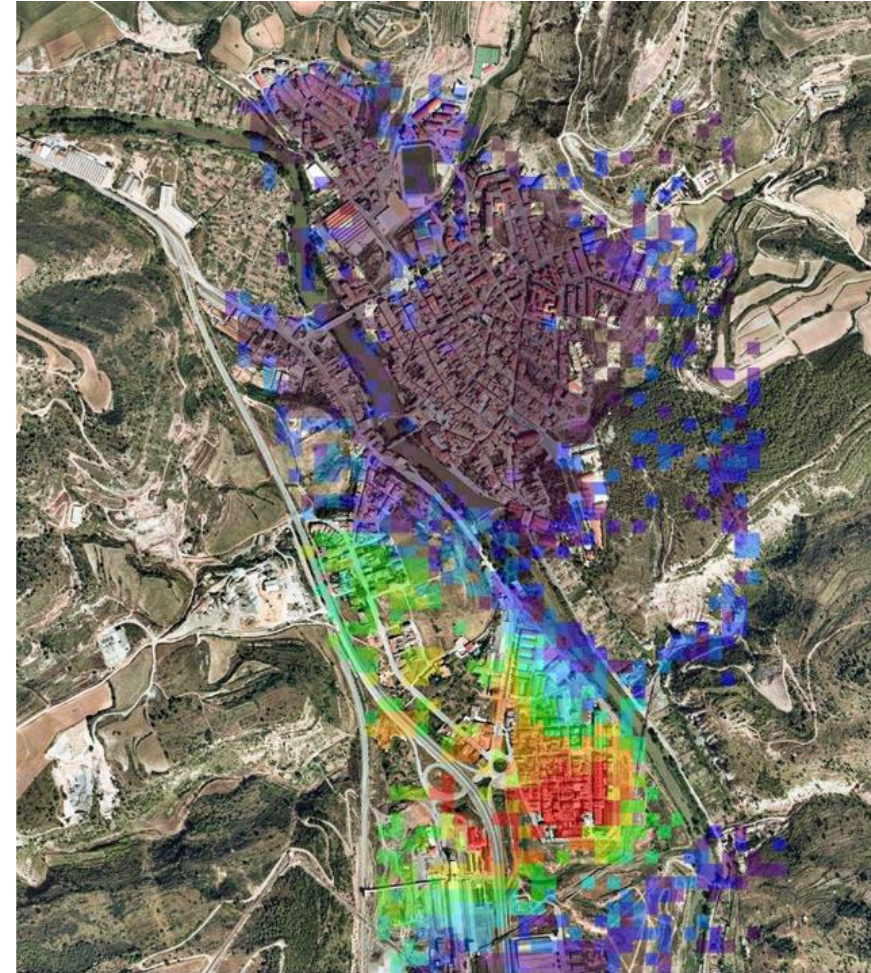
Sallent



Źródło: Crosetto M. et al., 2010

Średnia prędkość deformacji

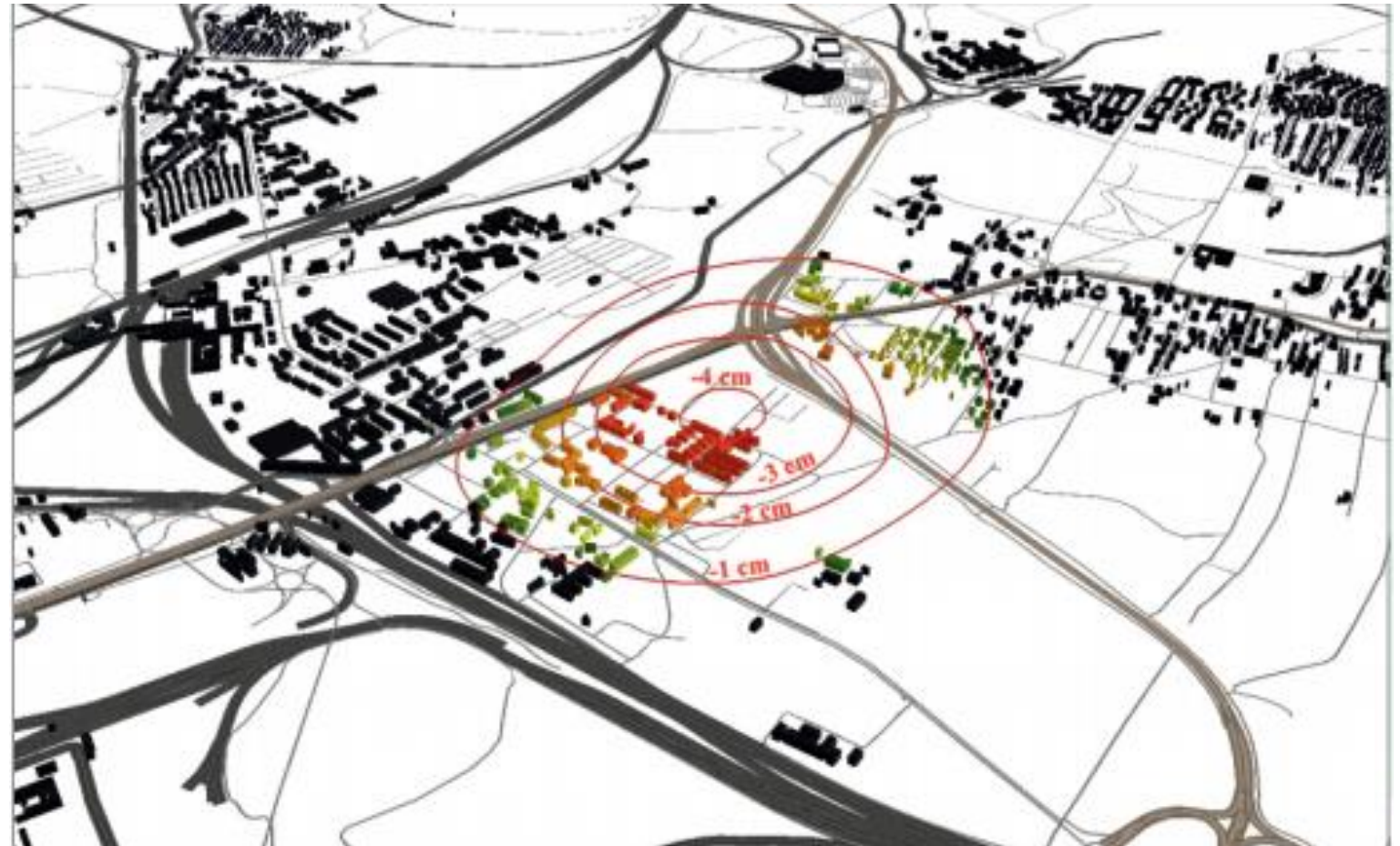
Okres:
6.1995-4.2000



Badania obszaru Górnego Śląska przeprowadzone metodą DInSAR dowodzą, że na znacznej części tego terenu występuje zjawisko osiadania gruntu.

Analizy wykonane dla miasta Bytom wykazały, że w ciągu zaledwie 12 dni (3.11- 15.11.2016), wartości osiadania powierzchni na badanym terenie wynosiły od 1 do 4 cm.

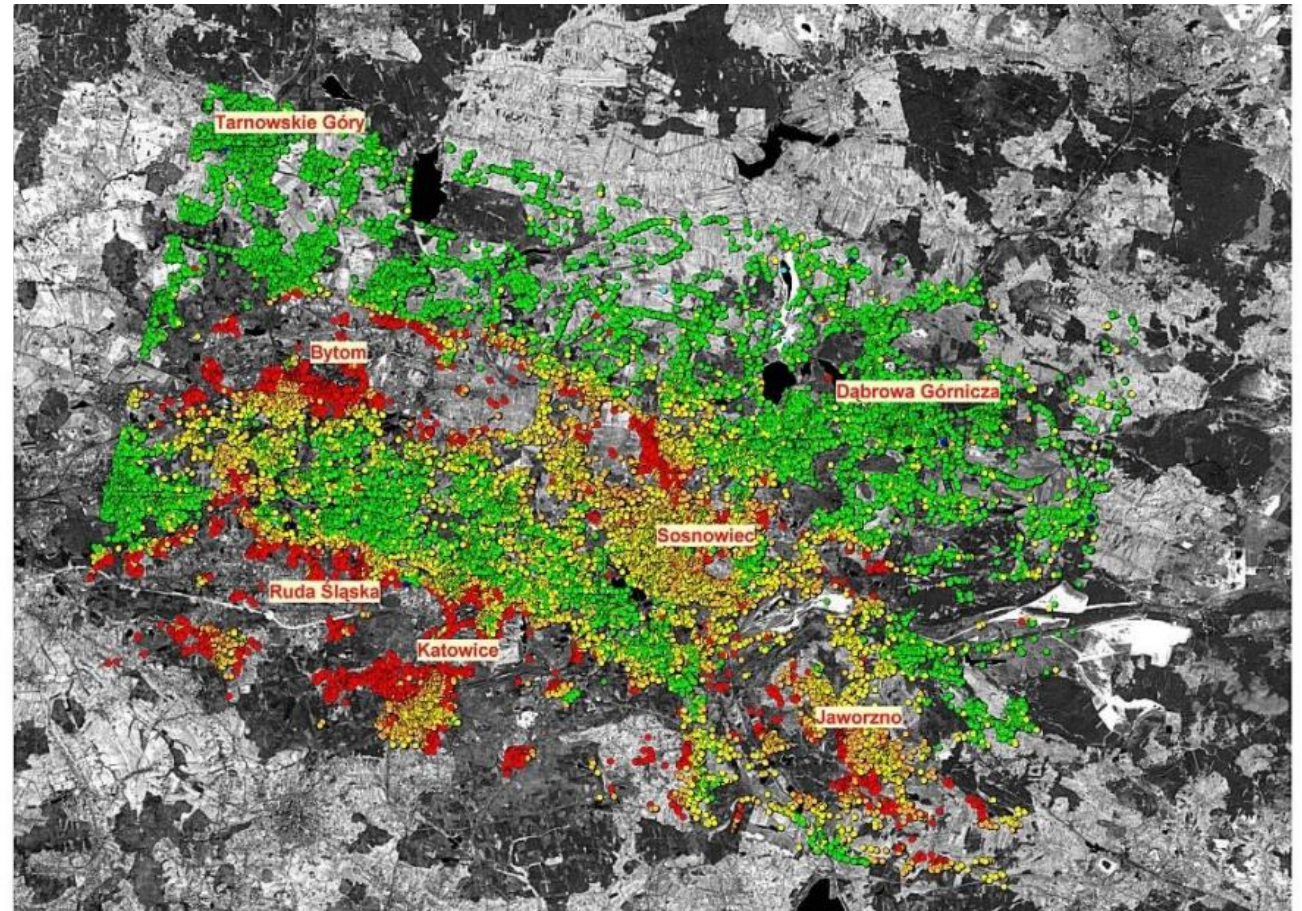
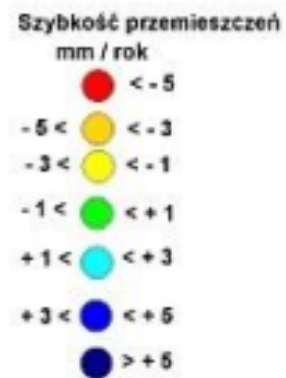
Mapa izolinii pionowych przemieszczeń terenu w czasie między 03-15.11.2016 r.
– centrum miasta Bytom



Źródło: SATIM Monitoring Satelitarny Sp z o.o., 2016

Badanie metodą satelitarnej interferometrii radarowej PSInSAR (Permanent Scatterer Interferometry SAR) z wykorzystaniem stałych reflektorów.

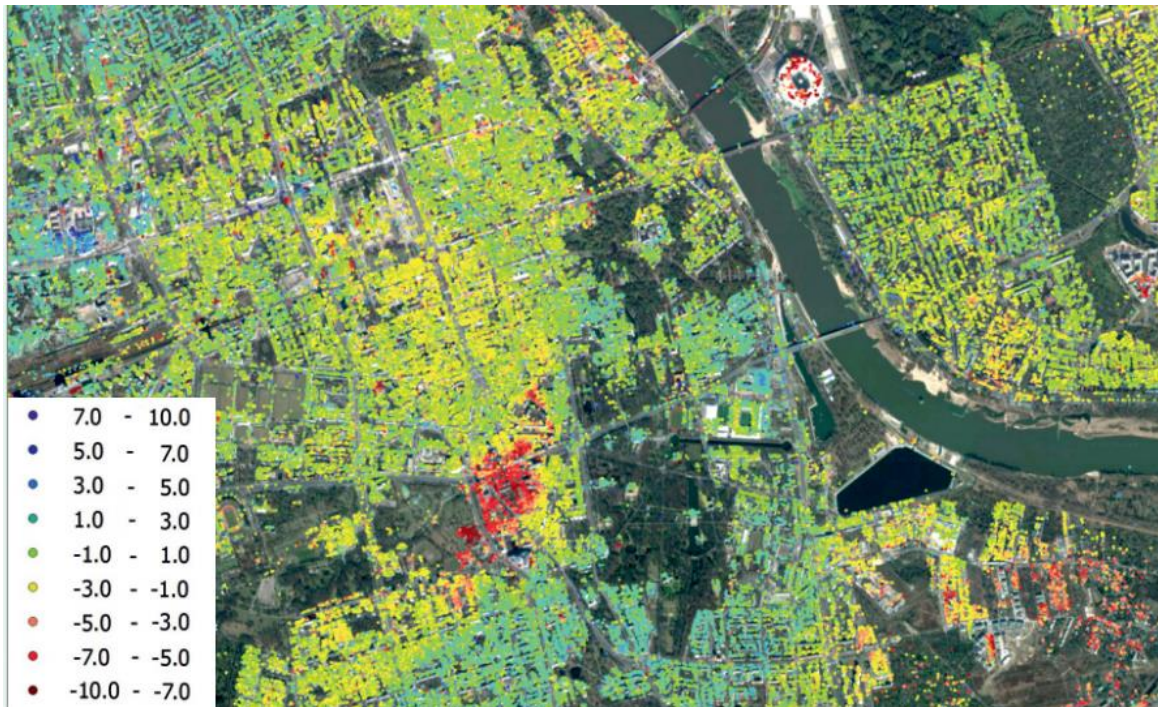
Szybkość przemieszczeń pionowych określona z satelitarnych danych radarowych ERS-1, ERS-2 i ENVISAT pozyskanych z lat 1992–2003



Źródło: Graniczny M. i in., 2006

- DefSAR – projekt badawczo-rozwojowy.
- Cel: stworzenie dla aglomeracji warszawskiej zintegrowanego systemu monitoringu deformacji podłoża gruntowego.
- Metoda: satelitarna interferometria radarowa trwałych reflektorów (PSInSAR).

Wynik projektu DefSAR przedstawiający deformacje powstałe na terenie Warszawy



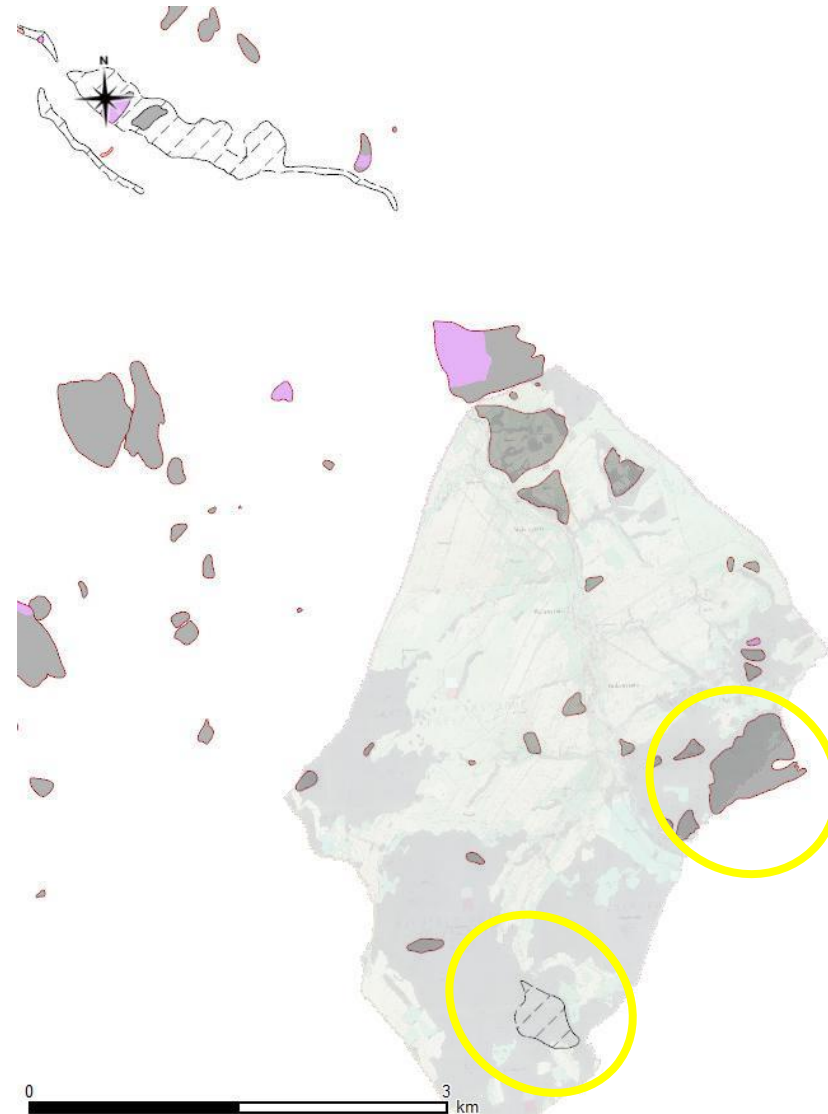
Źródło: IGIK, 2017

Wizualizacja osiadania terenu w roku 2017 w Jastrzębiu-Zdrój



Źródło: Satim, 2017

Przykład zestawienia osuwisk
z dawnym układem ruralistycznym
– pola i zabudowa wsi Wola Wyżna.



Źródło: Państwowy Instytut Geologiczny, System Ochrony Przeciwosuwiskowej, 2020

Dzięki zaawansowanym usługom dostępnym zarówno dla danych optycznych, jak i SAR, platforma G-TEP zapewnia społeczności związanej z monitorowaniem geozagrożeń systematyczne przetwarzanie danych na żądanie.

Platforma zapewnia również ogromną moc obliczeniową i zasoby w chmurze obliczeniowej.

Źródło: ESA, 2022

The screenshot shows the G-TEP website interface. At the top right, there are links for 'Sign in', 'Register', and 'Contact'. Below these are navigation links: 'Home', 'Workspace', 'Web Store', 'Background', 'Observations & Measurements', and 'Stakeholders area'. The main content area features a large radar image with a text overlay that reads: 'GEP offer expands to include operational service packs. The recent start of the ESA Network of Resources (NoR) initiative provides a new way for procuring EO services. GEP users can now directly request service packs or seek ESA sponsorship if eligible. Read more'. Below the image, there are four service cards: 'Thematic Apps' (Click to find out the existing thematic applications), 'Communities' (The Geohazards platform gather activities from active groups of users), 'Forum' (Go to the Geohazards community forum), and 'Analytics' (Find out what is your usage of the platform). Each card has a 'View' button.



Article

Rapid Detection of Windthrows Using Sentinel-1 C-Band SAR Data

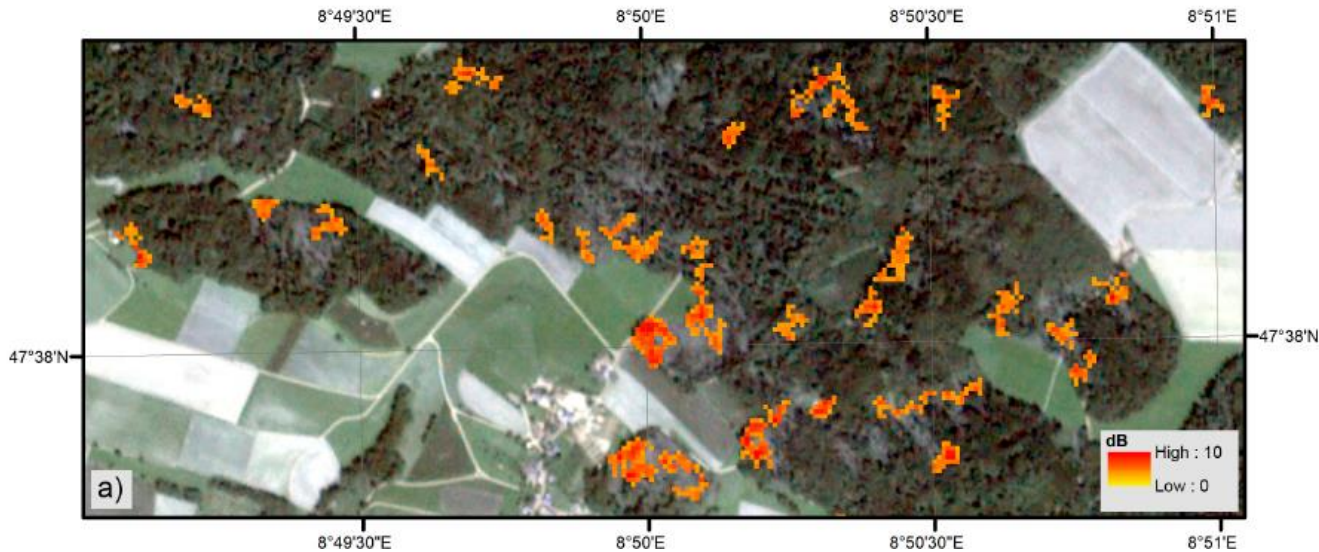
Marius Rüetschi ^{1,*}, David Small ² and Lars T. Waser ¹

¹ Department of Land Change Science, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, Switzerland; waser@wsl.ch

² Remote Sensing Laboratories (RSL), University of Zürich, Winterthurerstrasse 190, 8057 Zürich, Switzerland; david.small@geo.uzh.ch

* Correspondence: marius.rueetschi@wsl.ch; Tel.: +41-44-739-2894

Received: 8 November 2018; Accepted: 4 January 2019; Published: 10 January 2019



Analiza sygnału radarowego Sentinel-1 w celu detekcji zmian po wystąpieniu wiatrołomów



Contents lists available at ScienceDirect

Remote Sensing of Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rse

Detection of windthrows and insect outbreaks by L-band SAR: A case study in the Bavarian Forest National Park

Mihai A. Tanase ^{a,b,*}, Cristina Aponte ^b, Stéphane Mermoz ^c, Alexandre Bouvet ^c, Thuy Le Toan ^c, Marco Heurich ^{d,e}

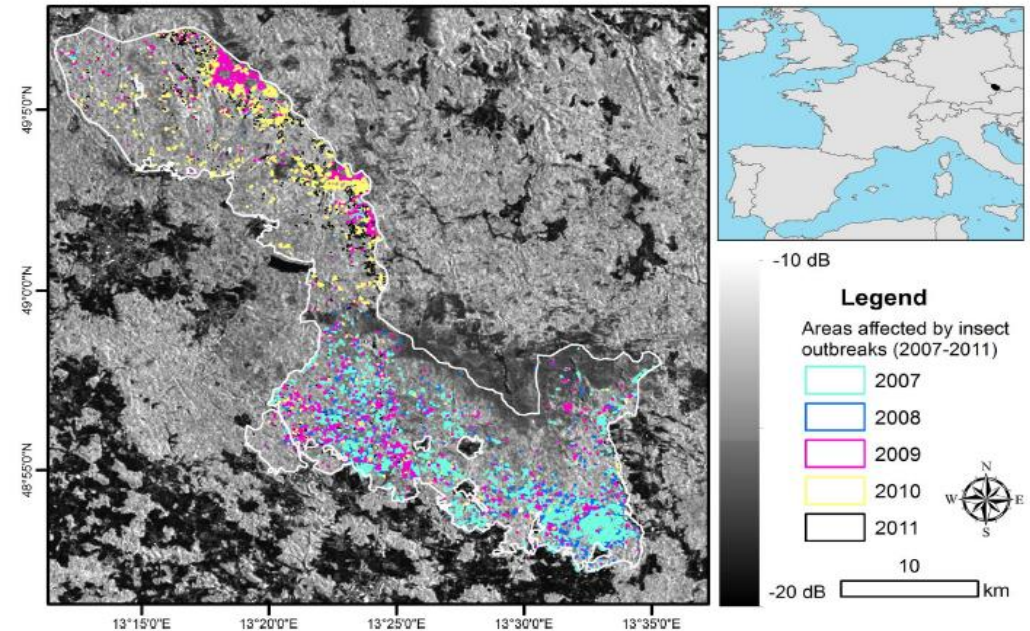
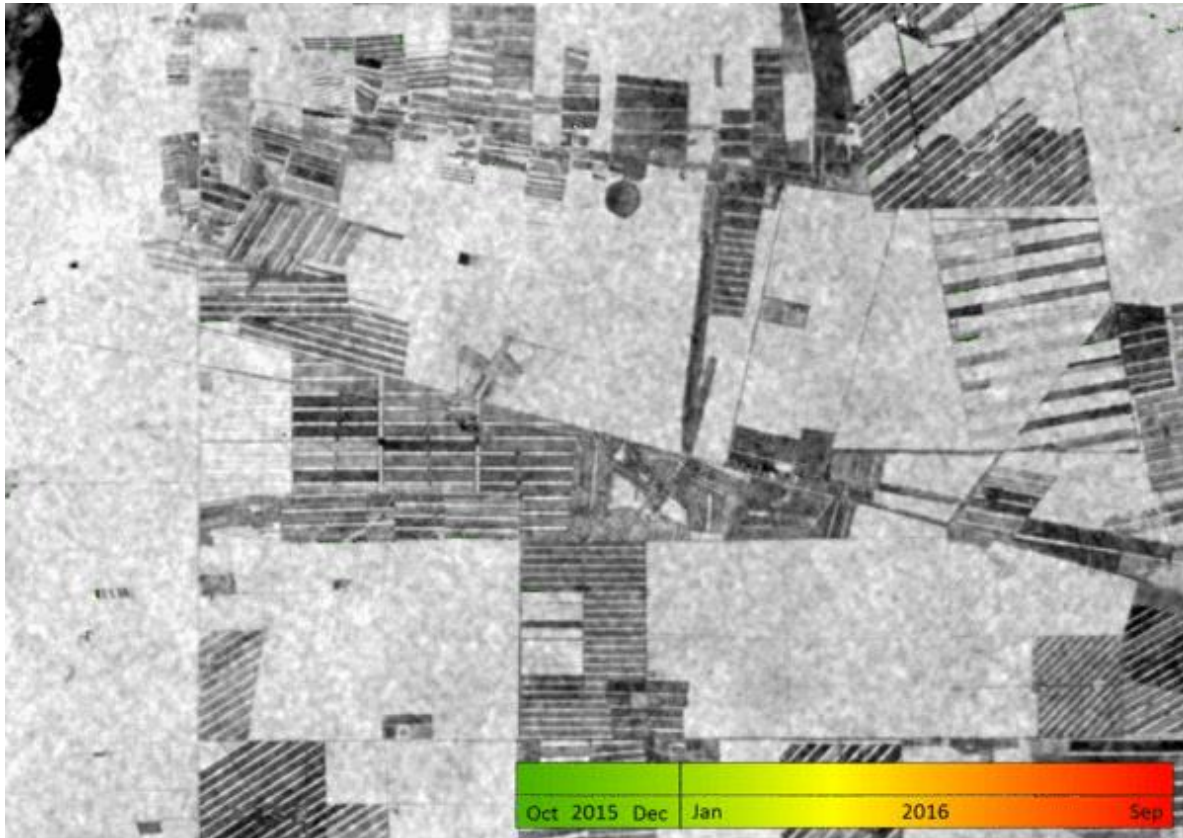
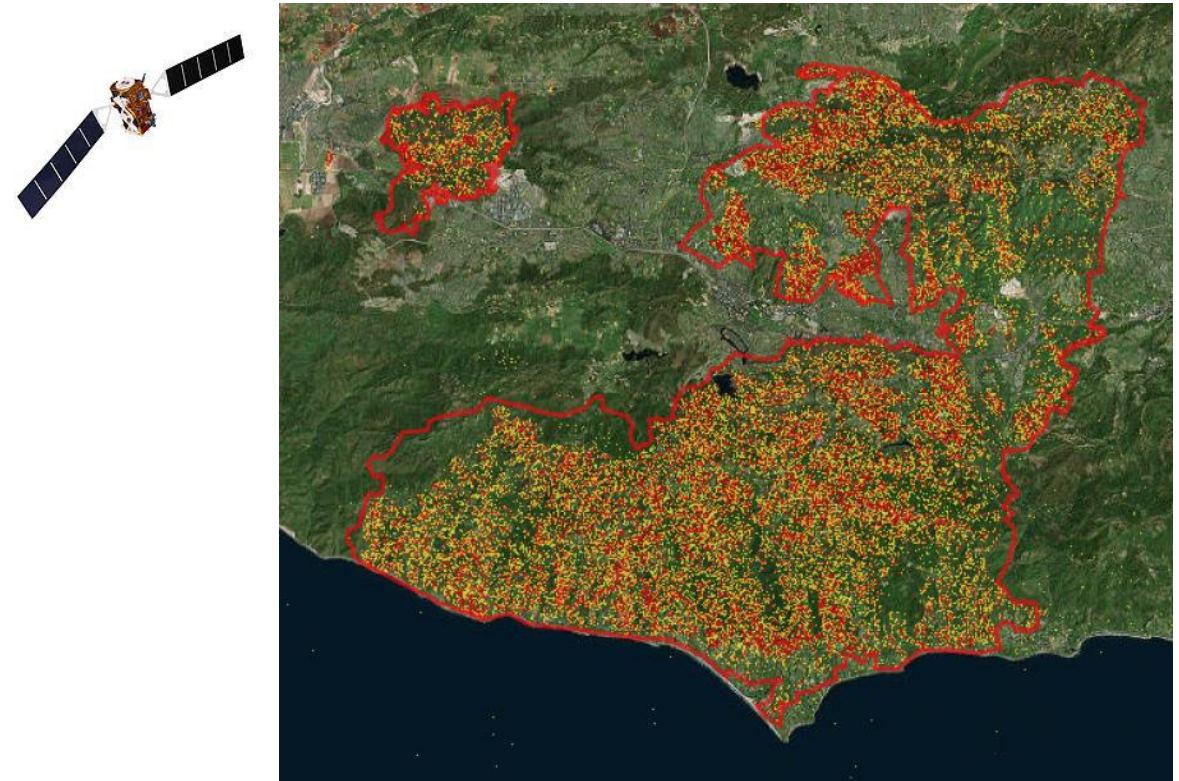


Fig. 1. Location of the Bavarian Forest National Park (white polygon) and the areas affected by insect outbreaks between 2007 and 2011 derived by aerial imagery inter background is represented by HV-polarized ALOS backscatter acquired on August 11, 2007.

Źródło: Ruetschi i in. , 2019; Tanase i i n., 2018



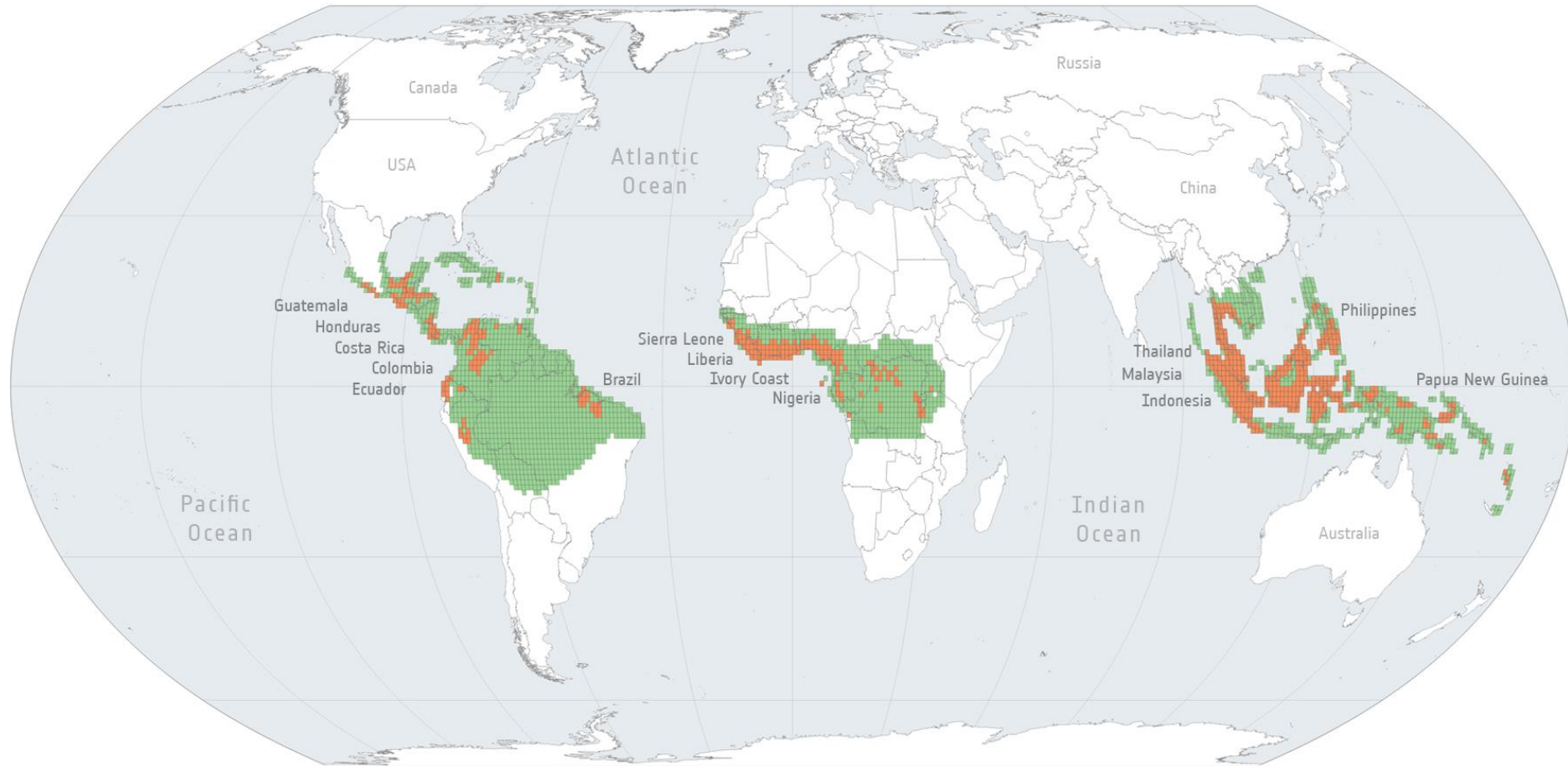
Animacja postępujących wylesień w lasach deszczowych Boliwii na podstawie analiz różnic sygnałów rejestrowanych przez Sentinel-1.



Mapa zniszczeń dokonanych przez pożary w Woolsey w Kalifornii (USA). Sentinel-1 zarejestrował obraz w dniu 11.11.2018 roku (GSD 30 m).

Źródło: ESA, NASA
<https://disasters.nasa.gov/november-2018-california-wildfires/woolsey-fire-damage-proxy-map>

Plantacje palm olejowych wykryte na podstawie danych Sentinel-1 .



Oil palm plantation distribution grid

- Potential distribution of oil palm plantations
- Detected oil palm plantations

Źródło: ESA, 2022

System EMS (Emergency Management Service) – system wczesnego ostrzegania i monitorowania programu Copernicus dzięki ciągłym obserwacjom i prognozom zapewnia informacje geoprzestrzenne na poziomie europejskim i globalnym dotyczącym m. in. powodzi.



Źródło: ESA, 2022



Copernicus Services

Europejska Służba ds. Monitorowania deformacji Terenu (European Ground Motion Service, EGMS) stanowi część portfolio usług monitorowania obszarów lądowych Copernicus (Copernicus Land Monitoring Service, CLMS).

Site Map | About | Contact us | Log in | Register

FAQ Ask the service desk Search

Global Pan-European Local Imagery and reference data Product portfolio News and events Language

You are here: Home / Pan-European / European Ground Motion Service

European Ground Motion Service

Print

Description of the Service

The European Ground Motion Service (EGMS) provides consistent, regular, standardised, harmonised and reliable information regarding natural and anthropogenic ground motion over the Copernicus Participating States and across national borders, with millimetre accuracy. The EGMS represents a baseline for ground motion applications at continental, national and local level.

Background and concept definition

The EGMS is a direct response to the request of users for ground motion data at continental scale. It is the results of a bottom-up process that involved selected user groups in the definition of the Service requirements.

A task force was formed in 2016 to discuss and consolidate user needs and to scope key specifications for a European Ground Motion Service. The work of the Task Force resulted in a [White Paper](#) which forms the basis for the EGMS.

The EEA in 2019 entrusted a consortium composed of key figures of satellite interferometry industry and R&D to define the technical boundaries and specifications for the Service. The "[European Ground Motion Service: Service Implementation Plan and Product Specification Document](#)" collects all the information that has been used to delineate the technical implementation of the EGMS.

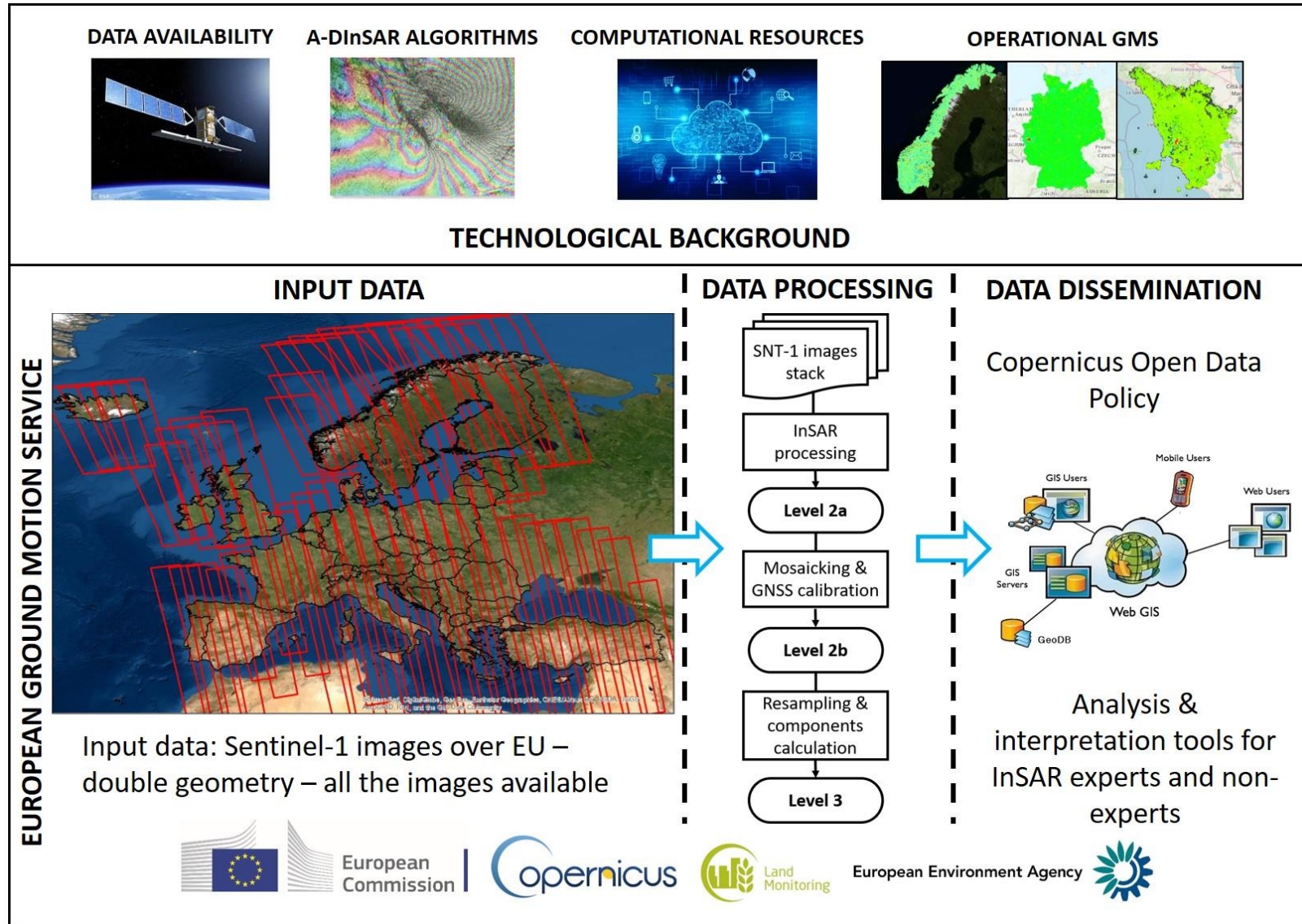
The document "[Interaction and cooperation between the EGMS and other operational GMS](#)" describes the characteristics of existing national services and provides a tentative and initial plan of possible collaboration activities between European and national services.

User corner

- How to access our data
- Technical library
- Factsheets
- Use cases
- Looking for National projection & Expert products?

Źródło:
ESA, 2022

EGMS zapewnia spójne, regularne, znormalizowane, zharmonizowane i wiarygodne informacje dotyczące naturalnych i antropogenicznych ruchów gruntu z milimetrową dokładnością.



Źródło: ESA, 2022

- Obrazy radarowe zastępują obrazy „optyczne” w warunkach zachmurzenia, zamglenia i w nocy.
- Obrazy radarowe uzupełniają informacje pozyskiwane z sensorów pasywnych – są komplementarne.
- Odzwierciedlają zmiany zachodzące na powierzchni Ziemi, które zmieniają jej szorstkość (wygładzają lub potęgują) i właściwości dielektryczne (zawartość wody wolnej w gruncie i roślinności).
- Obserwacje radarowe to również szczególne obserwacje dalmiercze – bez rejestracji pełnych cykli, a tylko „końcówki fazowej”.
- Dostęp do bezpłatnych danych radarowych zapewnia program Copernicus, dostęp do niezbędnego oprogramowania zapewnia ESA (np. SNAP), a dostęp do edukacji w tym zakresie POLSA.
- Wszystko to razem tworzy warunki do rozwoju teledetekcji w Polsce przez wprowadzanie na rynek nowych usług internetowych i produktów kartograficznych, geodezyjnych, geoinżynierskich i „geofizycznych”.

OPRACOWAŁ:
dr hab. inż. Marek S. Mróz

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

