



Seminarium
Teledetekcja i GIS
w zarządzaniu obszarami chronionymi



Funded by
European Union

Grant Agreement 952111
H2020 WIDESPREAD-05-2020 (Twinning)

Możliwości zastosowania teledetekcji do monitoringu obszarów podmokłych i zalewowych oraz zmian w korytach rzecznych

Marta Milczarek

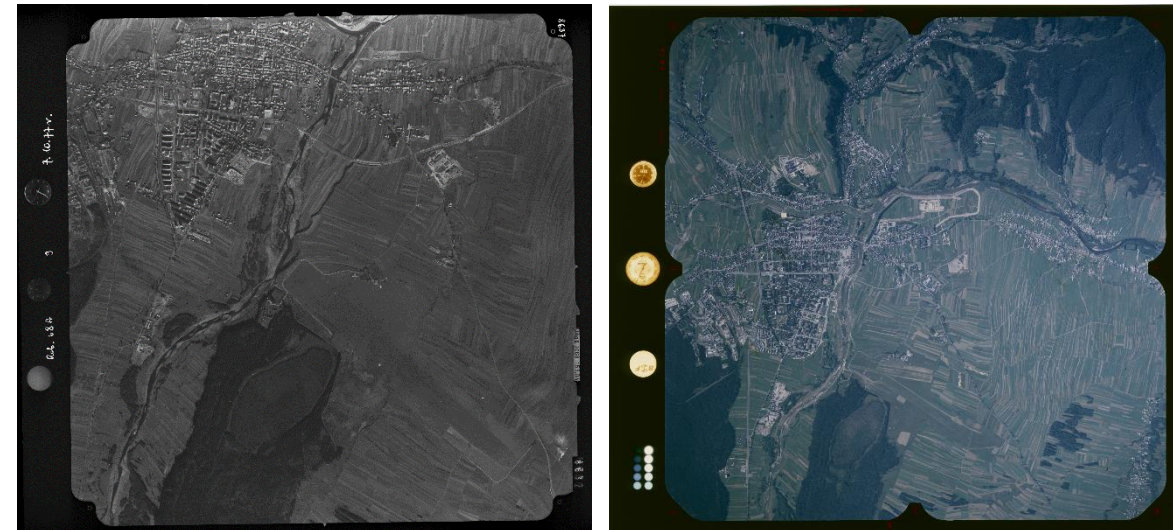
Centrum Badań Kosmicznych PAN



Dostępność danych obrazowych

- mapy topograficzne
- zdjęcia lotnicze
 - różne źródła: 1 poł. XX w., cz-b
 - PZGiK (GUGiK): od lat 50. XX w., cz-b i kolorowe
- ortofotomapy ze zdjęć lotniczych (GUGiK): głównie XXI w.; RGB i CIR
- zdjęcia hiperspektralne (komercyjne; lotnicze, a także satelitarne)
- obrazy satelitarne
 - CORONA: 1960-1972 (optyczne, cz-b) *
 - program Landsat: od 1972 r. (optyczne)
 - Program Copernicus: od 2015 r. (satelity Sentinel, optyczne i radarowe)
 - dostawcy komercyjni (XXI w.)

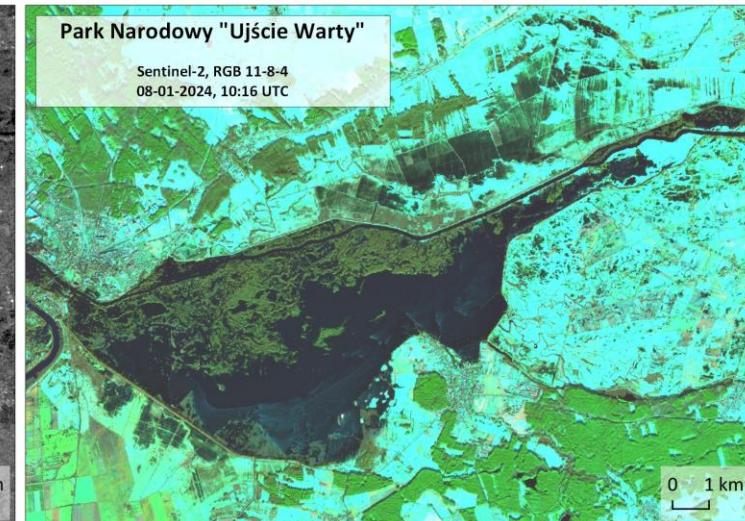
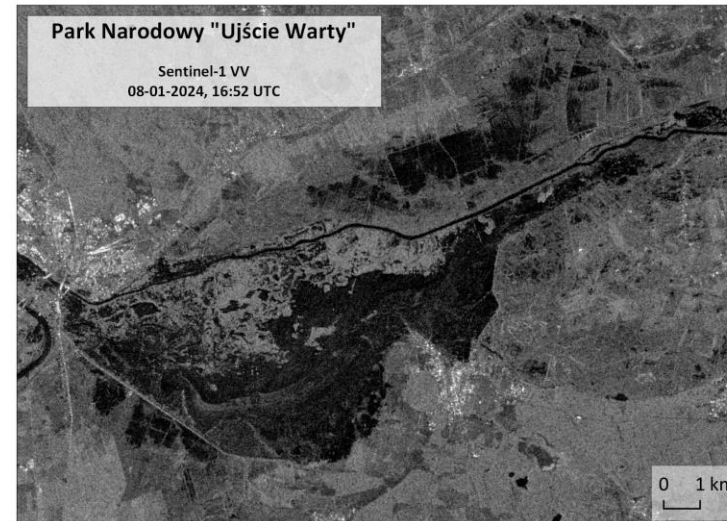
* Archiwum można przeszukać na stronie www.earthexplorer.usgs.gov.
Należy szukać wśród danych Declassified Data -> Declass 1 (1996).



Zdjęcia lotnicze, 1977 vs. 1994, Nowy Targ (GUGiK / Fundacja Przyroda i Człowiek)

Dostępność danych obrazowych

- mapy topograficzne
- zdjęcia lotnicze
 - różne źródła: 1 poł. XX w., cz-b
 - PZGiK (GUGiK): od lat 50. XX w., cz-b i kolorowe
- ortofotomapy ze zdjęć lotniczych (GUGiK): głównie XXI w.; RGB i CIR
- zdjęcia hiperspektralne (komercyjne; lotnicze, a także satelitarne)
- obrazy satelitarne
 - CORONA: 1960-1972 (optyczne, cz-b) *
 - program Landsat: od 1972 r. (optyczne)
 - Program Copernicus: od 2015 r. (satelity Sentinel, optyczne i radarowe)
 - dostawcy komercyjni (XXI w.)



* Archiwum można przeszukać na stronie www.earthexplorer.usgs.gov.
Należy szukać wśród danych Declassified Data -> Declass 1 (1996).

Wykrywanie wody na obrazach optycznych

Wskaźniki spektralne



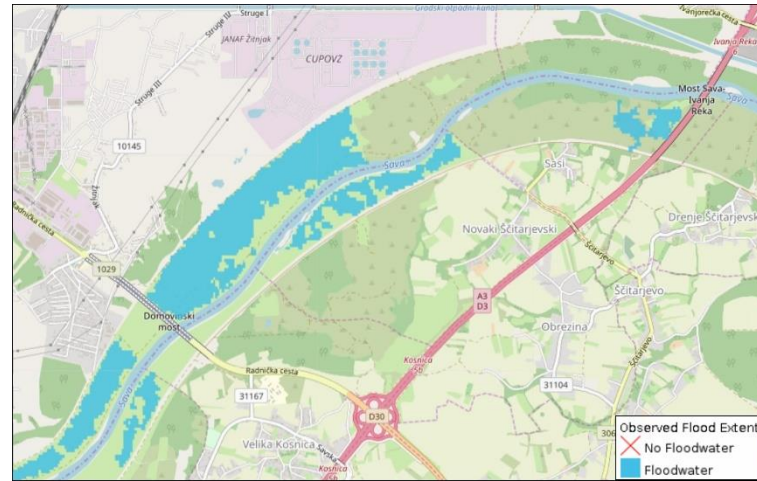
Detekcja wody przy użyciu wskaźnika wodnego SWM
na obrazie Sentinel-2
(źródło: dane Copernicus, zmodyfikowane)

Nazwa	Wzór	Literatura
NDWI _{McFeeters}	$\frac{\text{GREEN} - \text{NIR}}{\text{GREEN} + \text{NIR}}$	McFeeters (1996)
NDII	$\frac{\text{NIR} (0,819) - \text{SWIR} (1,65)}{\text{NIR} (0,819) + \text{SWIR} (1,65)}$	Hardisky, Klemas, Smart (1983), Jackson et al. (2004)
NDWI _{Rogers&Kearney}	$\frac{\text{RED} - \text{SWIR} (1,65)}{\text{RED} + \text{SWIR}(1,65)}$	Rogers, Kearney (2004) Wilson, Sader (2002)
MNDWI _{Xu}	$\frac{\text{GREEN} - \text{SWIR} (1,65)}{\text{GREEN} + \text{SWIR} (1,65)}$	Xu (2006)
AWEI _{nsh}	$4 * (\text{GREEN} - \text{SWIR}1) - (0,25 * \text{NIR} + 2,75 * \text{SWIR}2)$	Feyisa et al. (2014)
AWEI _{sh}	$\text{BLUE} + 2,5 * \text{GREEN} - 1,5 * (\text{NIR} + \text{SWIR}1) - 0,25 * \text{SWIR}2$	Feyisa et al. (2014)
LSWI	$\frac{\text{NIR} - \text{SWIR} (2,13)}{\text{NIR} + \text{SWIR}(2,13)}$	Chandrasekar, Roy (2010)
MLSWI	$\frac{1 - \text{NIR} - \text{SWIR}(2,13)}{1 - \text{NIR} + \text{SWIR}(2,13)}$	Kwak, Iwami (2014)
MSI	$\frac{\text{SWIR} (1,65)}{\text{NIR}}$	Hunt, Rock (1989)
SWM	$\frac{\text{GREEN} + \text{RED}}{\text{NIR} - \text{SWIR}1 (1,61)}$	Robak et al. (2017)

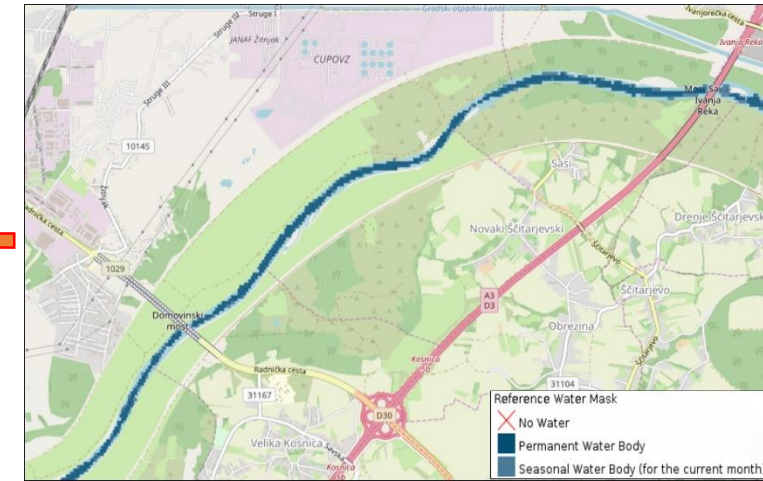
Serwis monitorujący powodzie na świecie (Copernicus EMS)

Global Flood Monitoring (GFM):

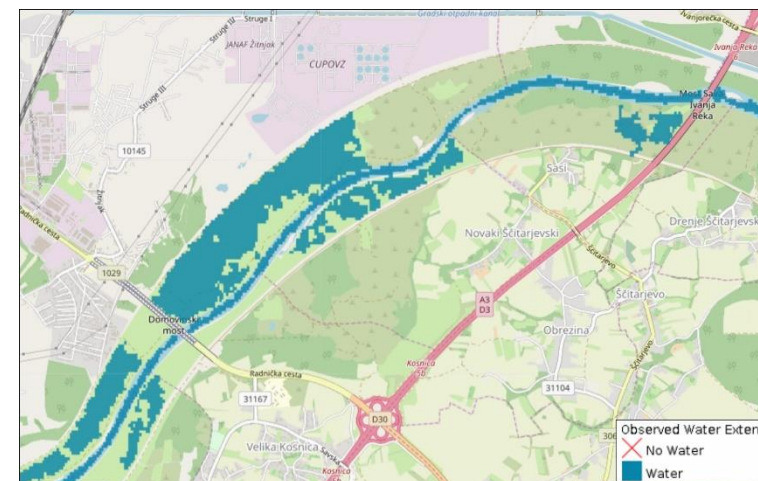
- serwis programu Copernicus
- przetworzeniu podlega każdy satelitarny obraz radarowy Sentinel-1
- działa operacyjnie dla całego świata
- dostępny w ramach serwisu zarządzania kryzysowego (CEMS) jako część globalnego systemu świadomości o powodziach (GLOFAS)
- dostarcza kilku produktów informacyjnych, które są dostępne na portalu w przeciągu max. 8 h od momentu pozyskania nowego obrazu, m.in.:
 - zasięg wód powodziowych/wezbraniowych
 - maska wody „referencyjnej”
 - zasięg wody powierzchniowej
- 9-letnie archiwum sięga początku 2015 r.



Observed Flood Extent

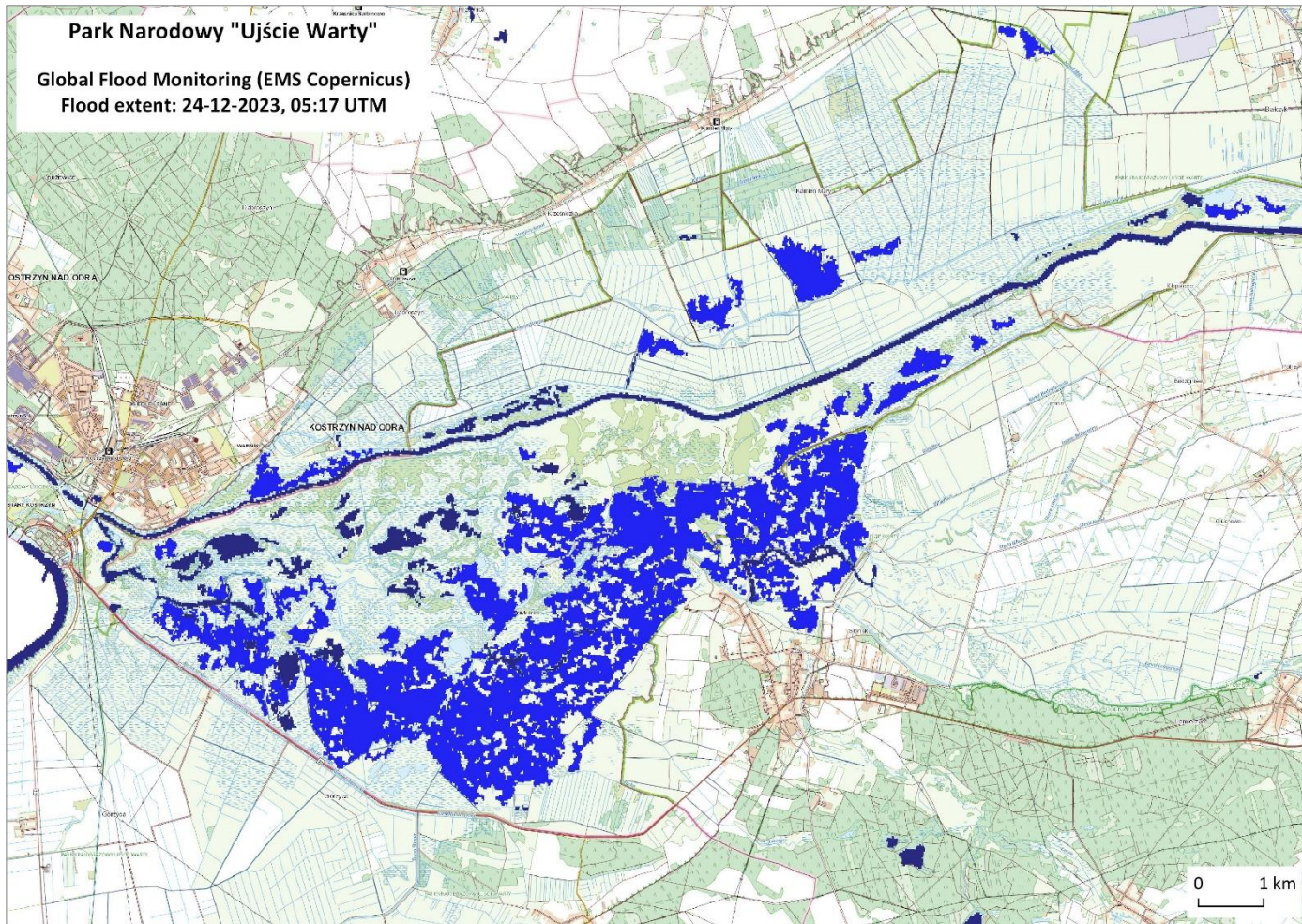


Reference Water Mask

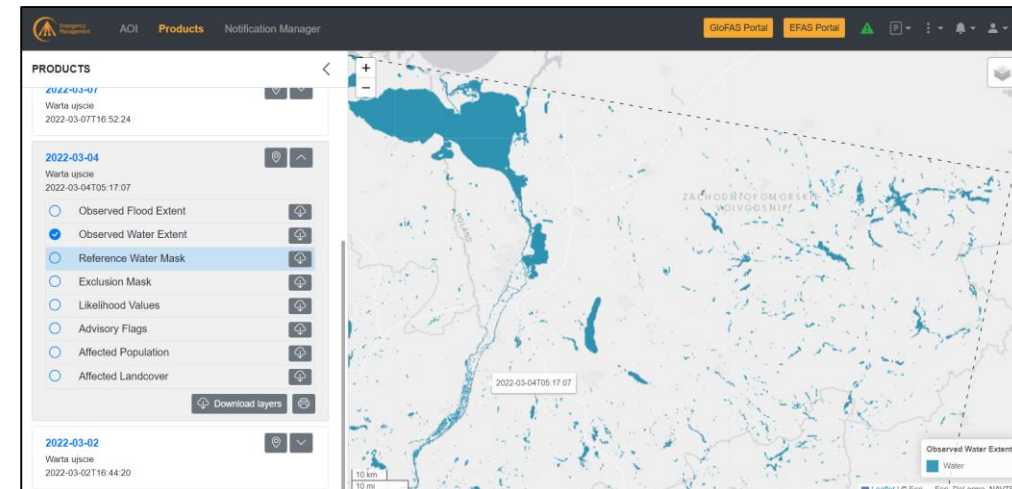


Observed Water Extent

Serwis monitorujący powodzie na świecie (Copernicus EMS)

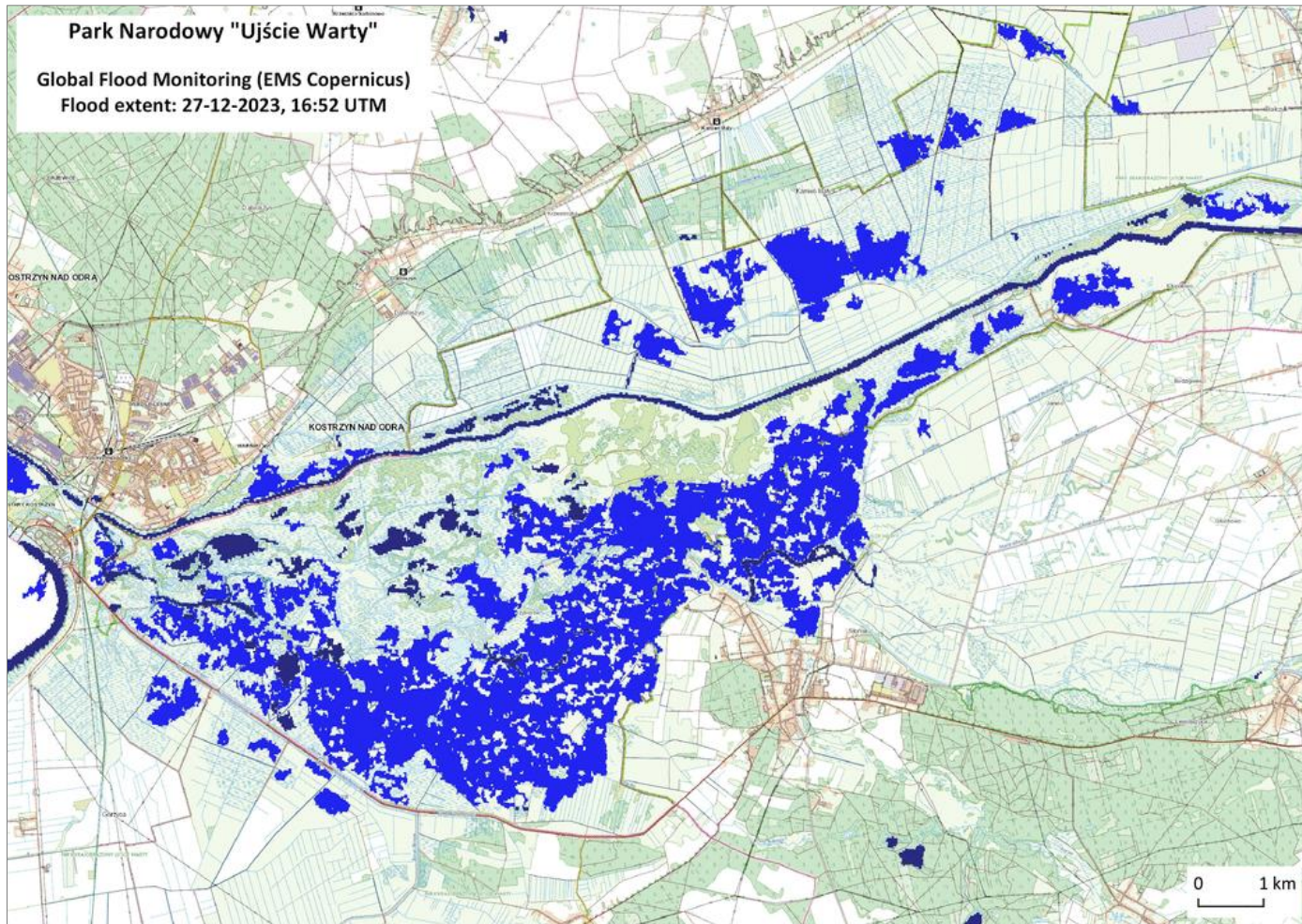


<https://portal.gfm.eodc.eu/products>

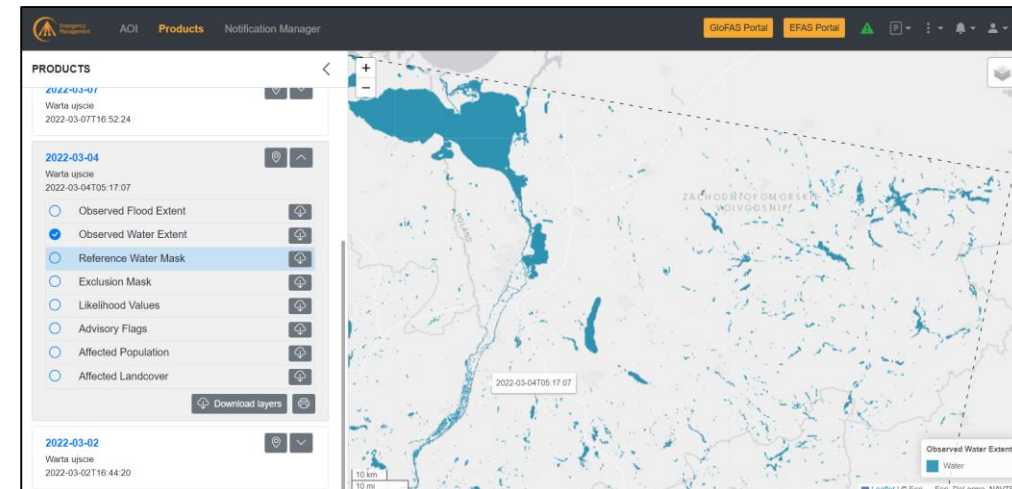


Seria czasowa danych z Global Flood Monitoring (źródło: EMS Copernicus, BDOT10k / mapy: CBK PAN)

Serwis monitorujący powodzie na świecie (Copernicus EMS)

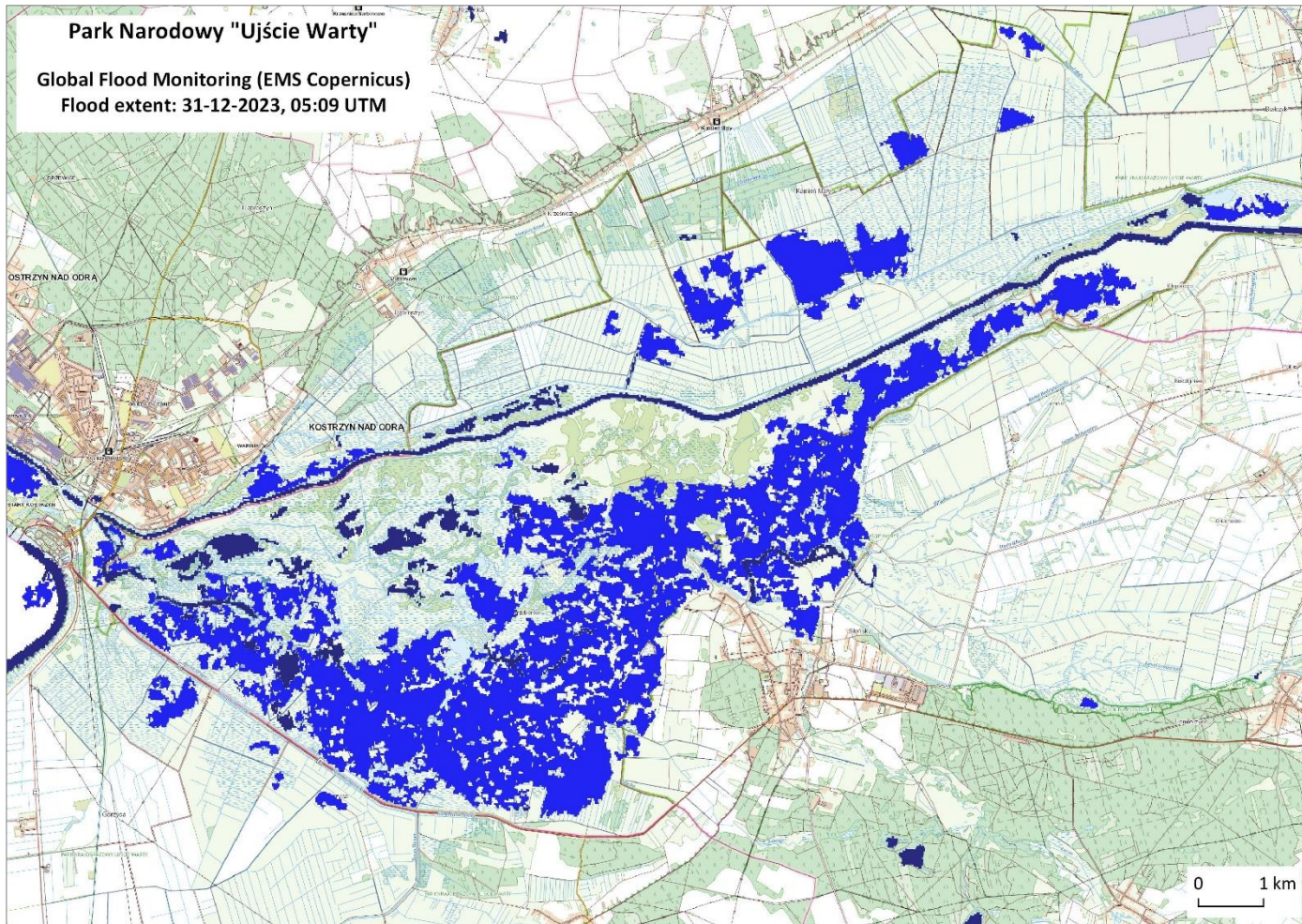


<https://portal.gfm.eodc.eu/products>

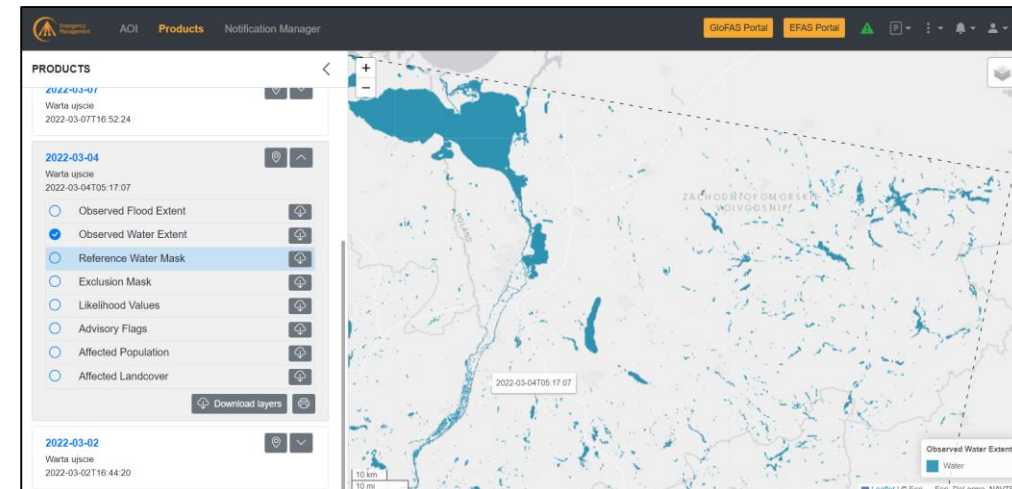


Seria czasowa danych z Global Flood Monitoring (źródło: EMS Copernicus, BDOT10k / mapy: CBK PAN)

Serwis monitorujący powodzie na świecie (Copernicus EMS)

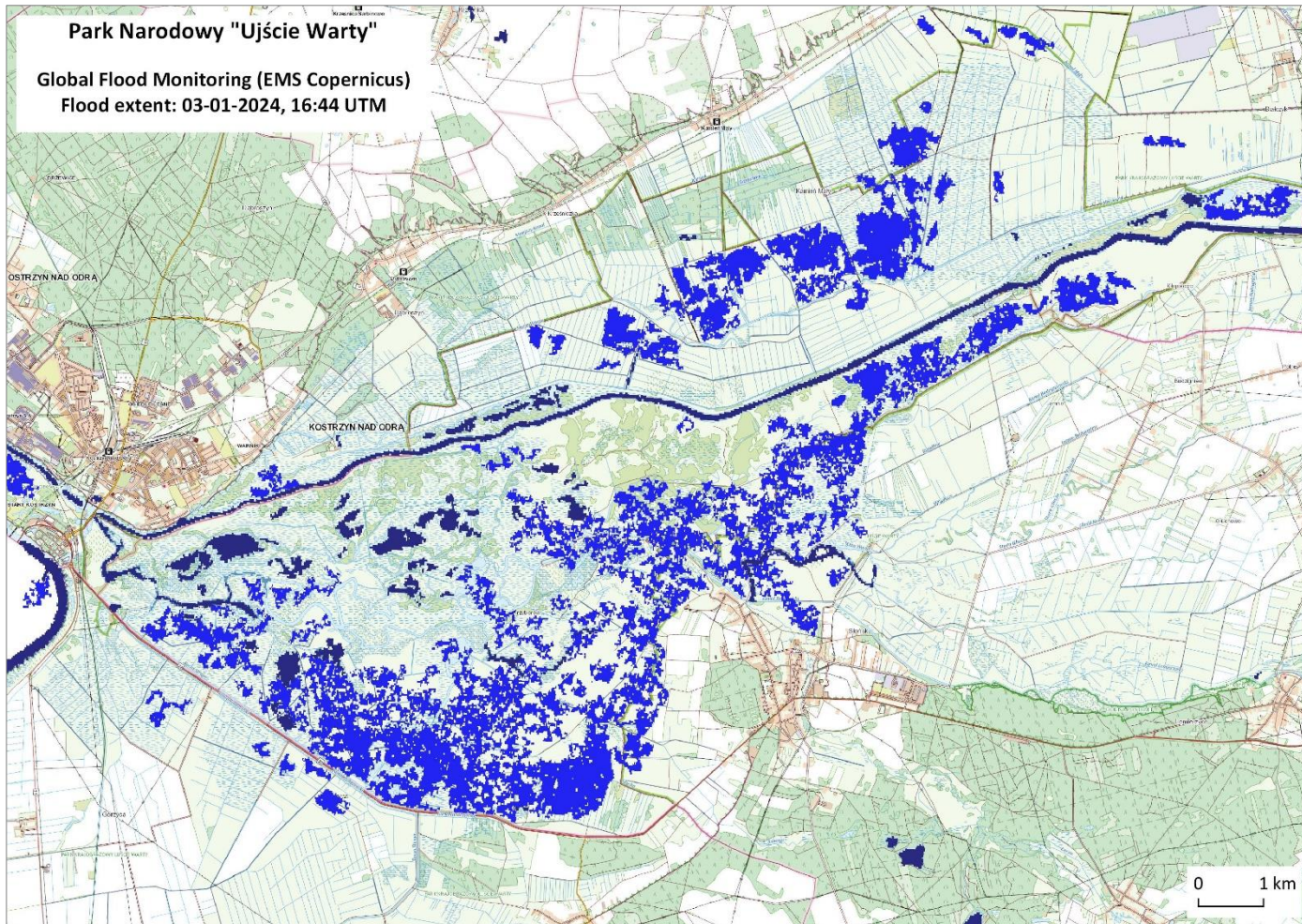


<https://portal.gfm.eodc.eu/products>

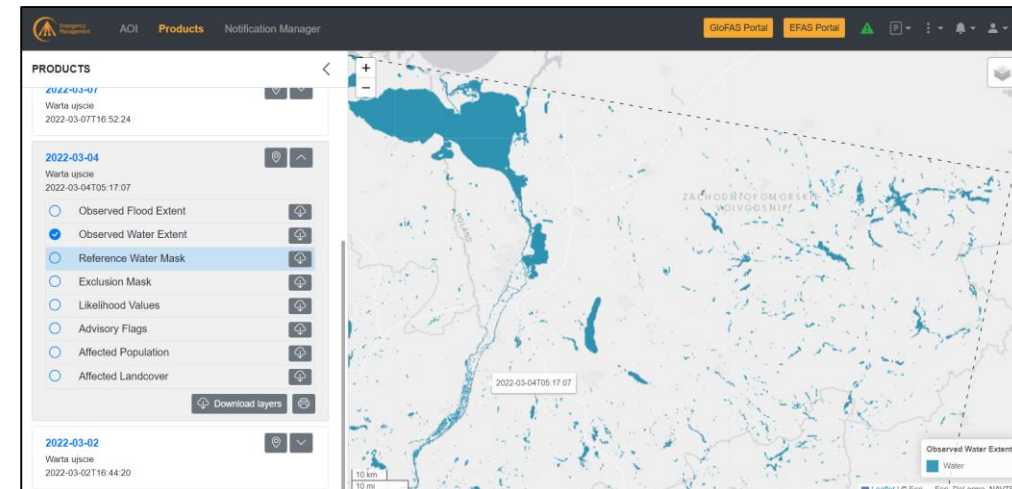


Seria czasowa danych z Global Flood Monitoring (źródło: EMS Copernicus, BDOT10k / mapy: CBK PAN)

Serwis monitorujący powodzie na świecie (Copernicus EMS)

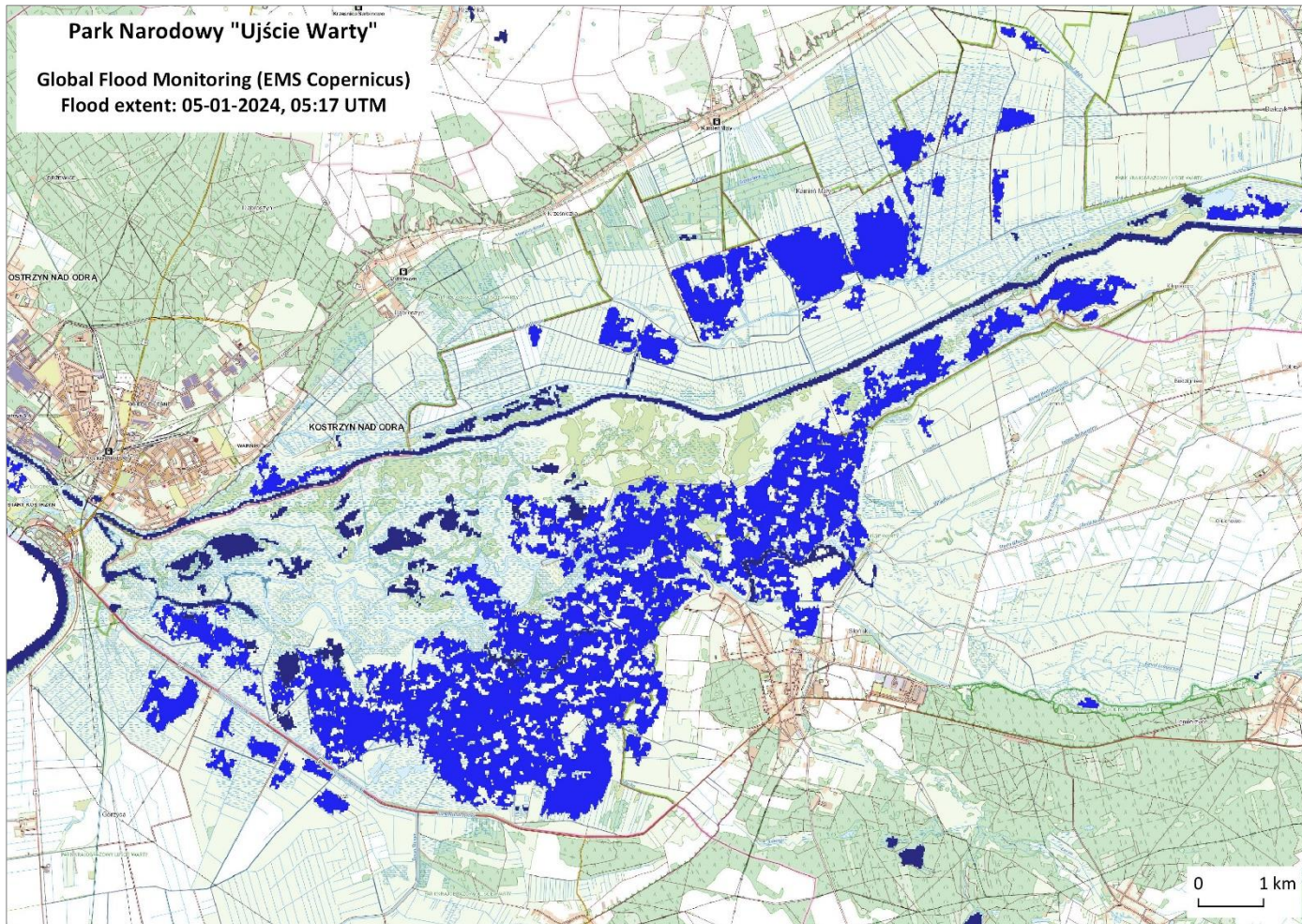


<https://portal.gfm.eodc.eu/products>

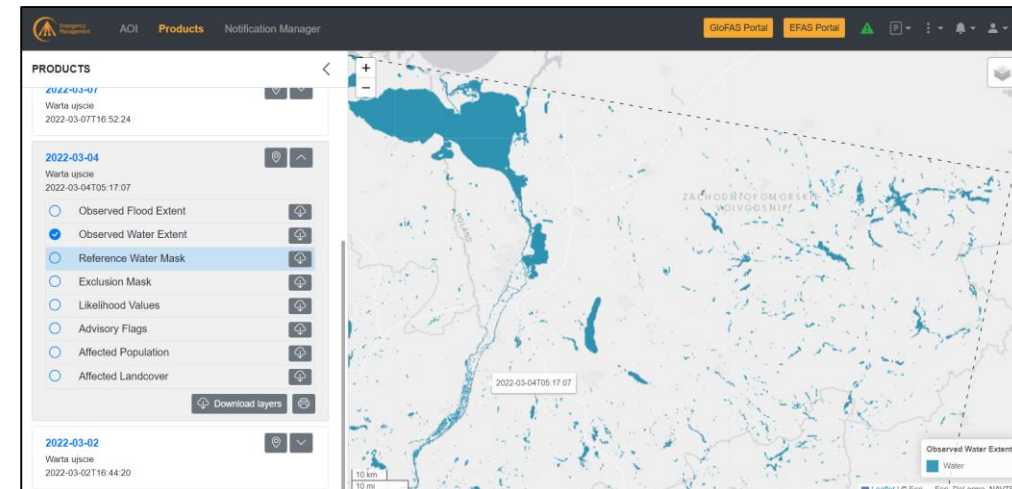


Seria czasowa danych z Global Flood Monitoring (źródło: EMS Copernicus, BDOT10k / mapy: CBK PAN)

Serwis monitorujący powodzie na świecie (Copernicus EMS)

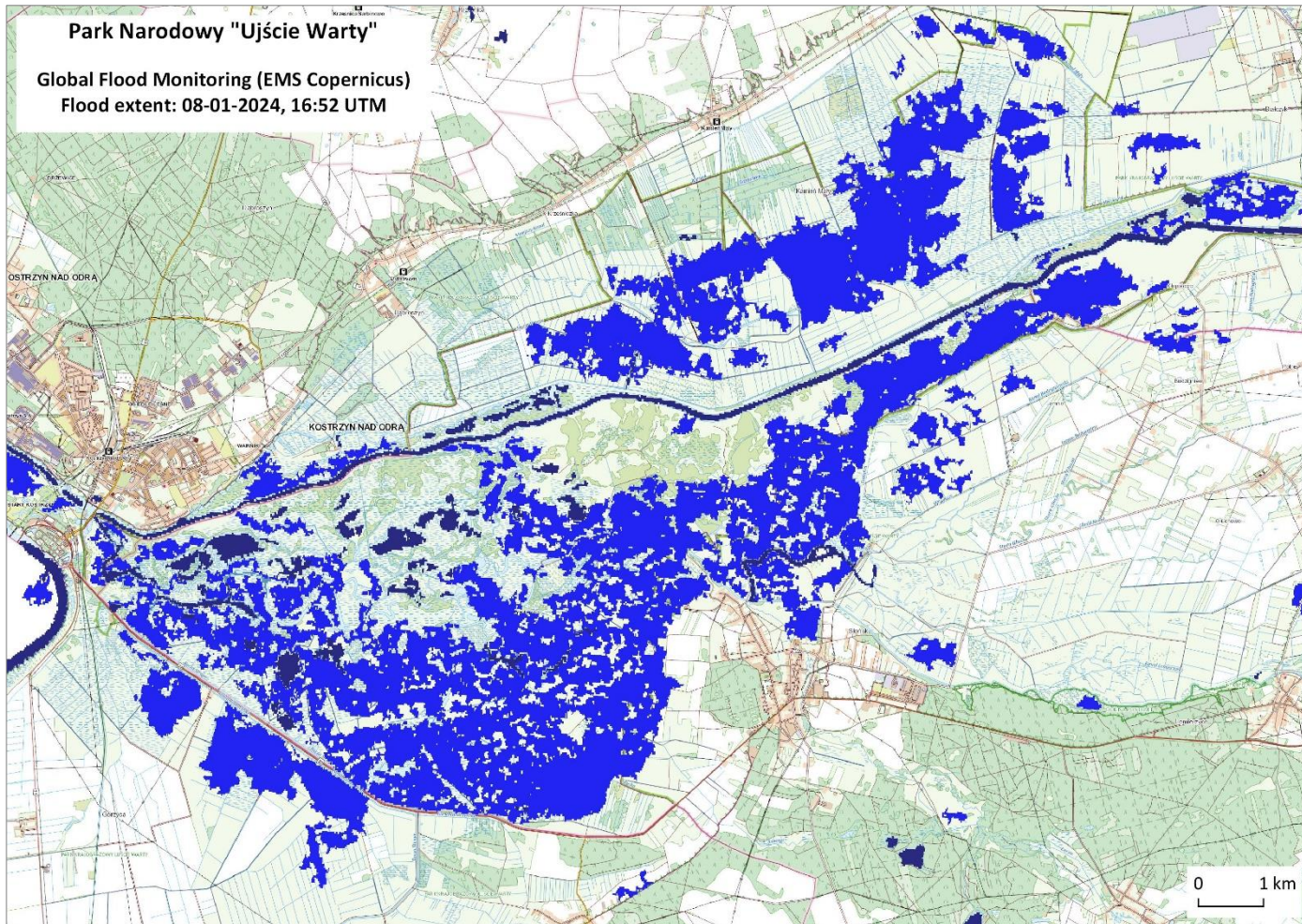


<https://portal.gfm.eodc.eu/products>

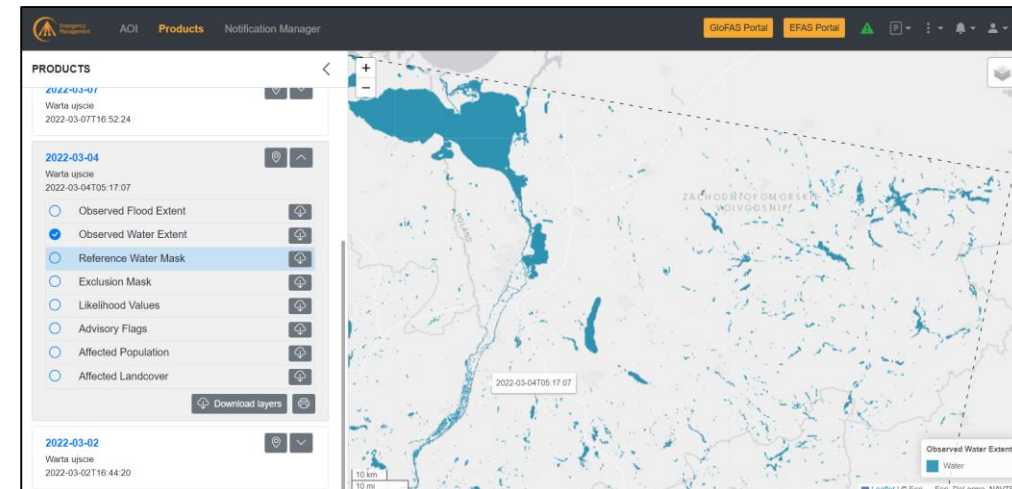


Seria czasowa danych z Global Flood Monitoring (źródło: EMS Copernicus, BDOT10k / mapy: CBK PAN)

Serwis monitorujący powodzie na świecie (Copernicus EMS)



<https://portal.gfm.eodc.eu/products>

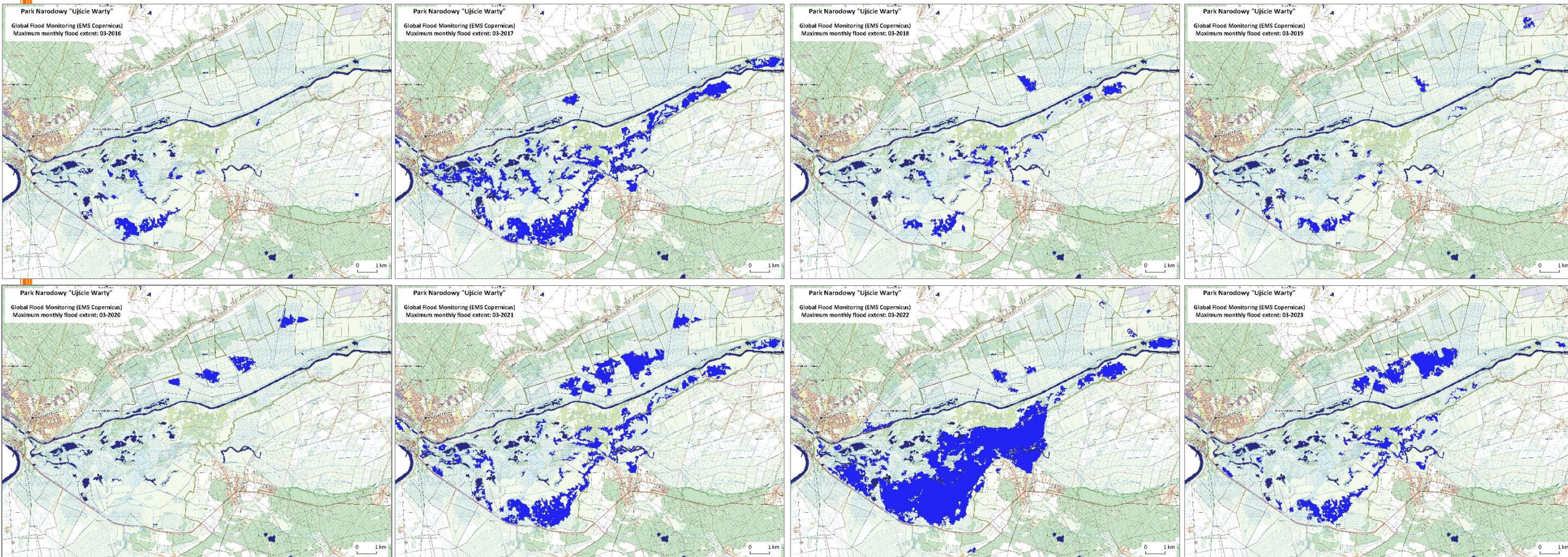


Seria czasowa danych z Global Flood Monitoring (źródło: EMS Copernicus, BDOT10k / mapy: CBK PAN)

Serwis monitorujący powodzie na świecie (Copernicus EMS)

<https://portal.gfm.eodc.eu/products>

Maksymalny miesięczny zasięg wody w marcu w latach 2016-2023



(źródło: Copernicus EMS, BDOT10k / mapy: CBK PAN)

Serwis monitorujący zasięg wody powierzchniowej w Polsce

Serwis CBK-Floods:

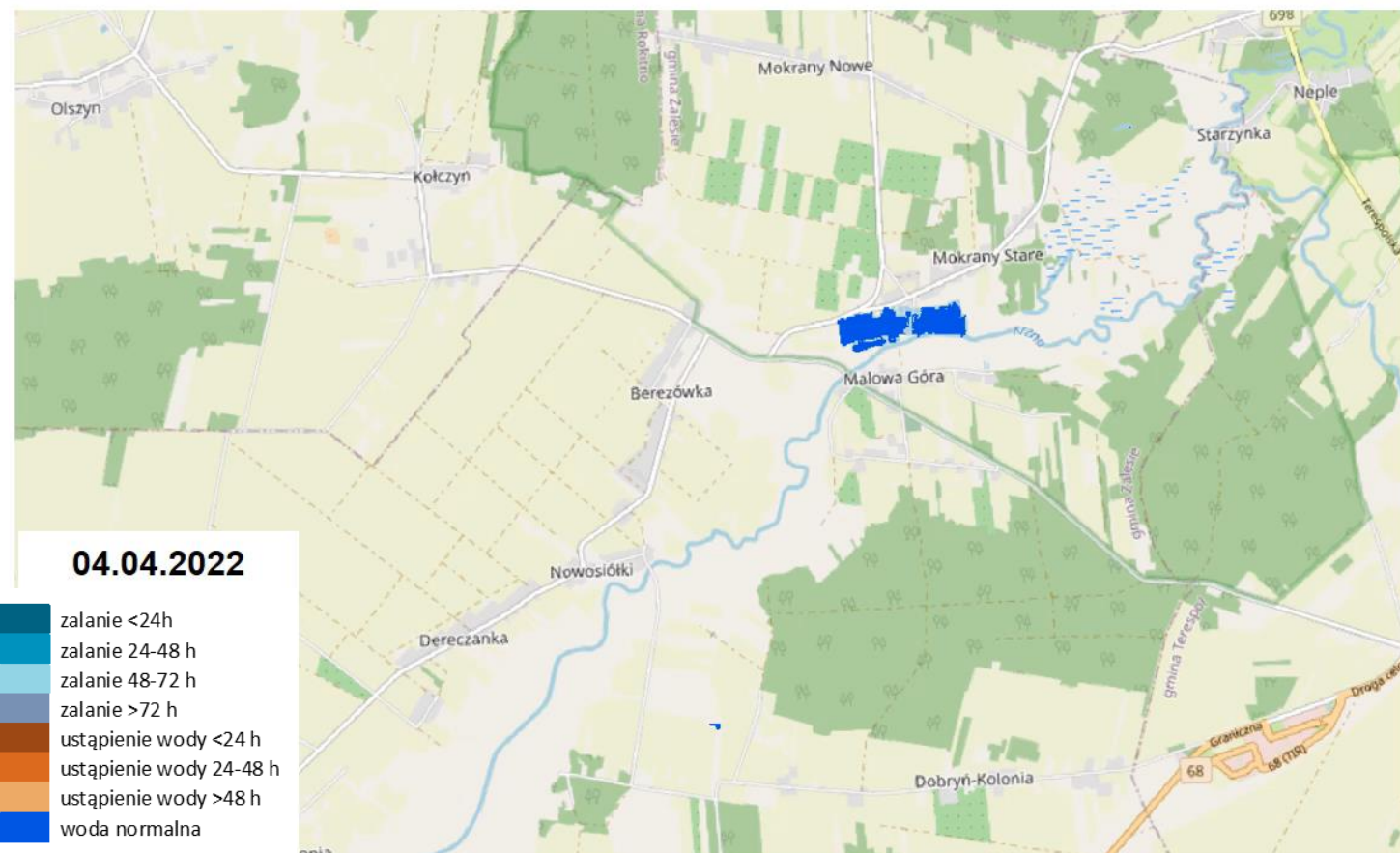
- automatyczna detekcja wody powierzchniowej dla Polski na radarowych obrazach Sentinel-1
- przetworzeniu podlega każdy obraz nad Polską
- metodyka i oprogramowanie zostało opracowane w CBK PAN
- obrazuje różne stadia wezbrania:
 - zasięg „nowej” wody
 - obszary z długo zalegającą wodą
 - obszary, z których woda się wycofała ostatnio
 - „normalną” wodę
- działa operacyjnie od IX 2023 r.
- dostępny na portalu Sat4Envi

Więcej o metodzie i serwisie:

Woźniak et al. 2023,

doi: [10.1117/12.2684443](https://doi.org/10.1117/12.2684443)

dostępny [tutaj](#).



Serwis monitorujący zasięg wody powierzchniowej w Polsce

Serwis CBK-Floods:

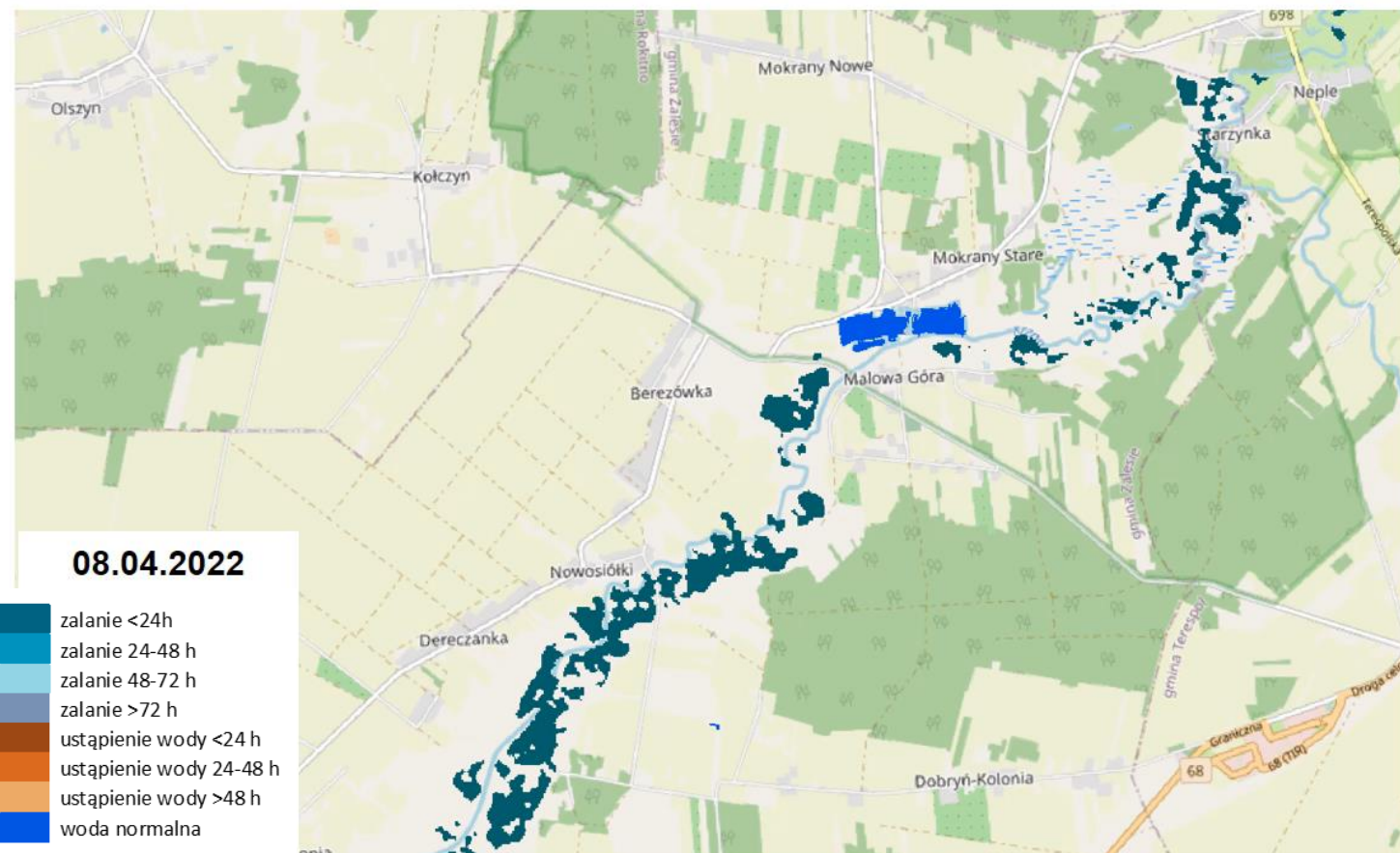
- automatyczna detekcja wody powierzchniowej dla Polski na radarowych obrazach Sentinel-1
- przetworzeniu podlega każdy obraz nad Polską
- metodyka i oprogramowanie zostało opracowane w CBK PAN
- obrazuje różne stadia wezbrania:
 - zasięg „nowej” wody
 - obszary z długo zalegającą wodą
 - obszary, z których woda się wycofała ostatnio
 - „normalną” wodę
- działa operacyjnie od IX 2023 r.
- dostępny na portalu Sat4Envi

Więcej o metodzie i serwisie:

Woźniak et al. 2023,

doi: [10.1117/12.2684443](https://doi.org/10.1117/12.2684443)

dostępny [tutaj](#).





Serwis monitorujący zasięg wody powierzchniowej w Polsce

Serwis CBK-Floods:

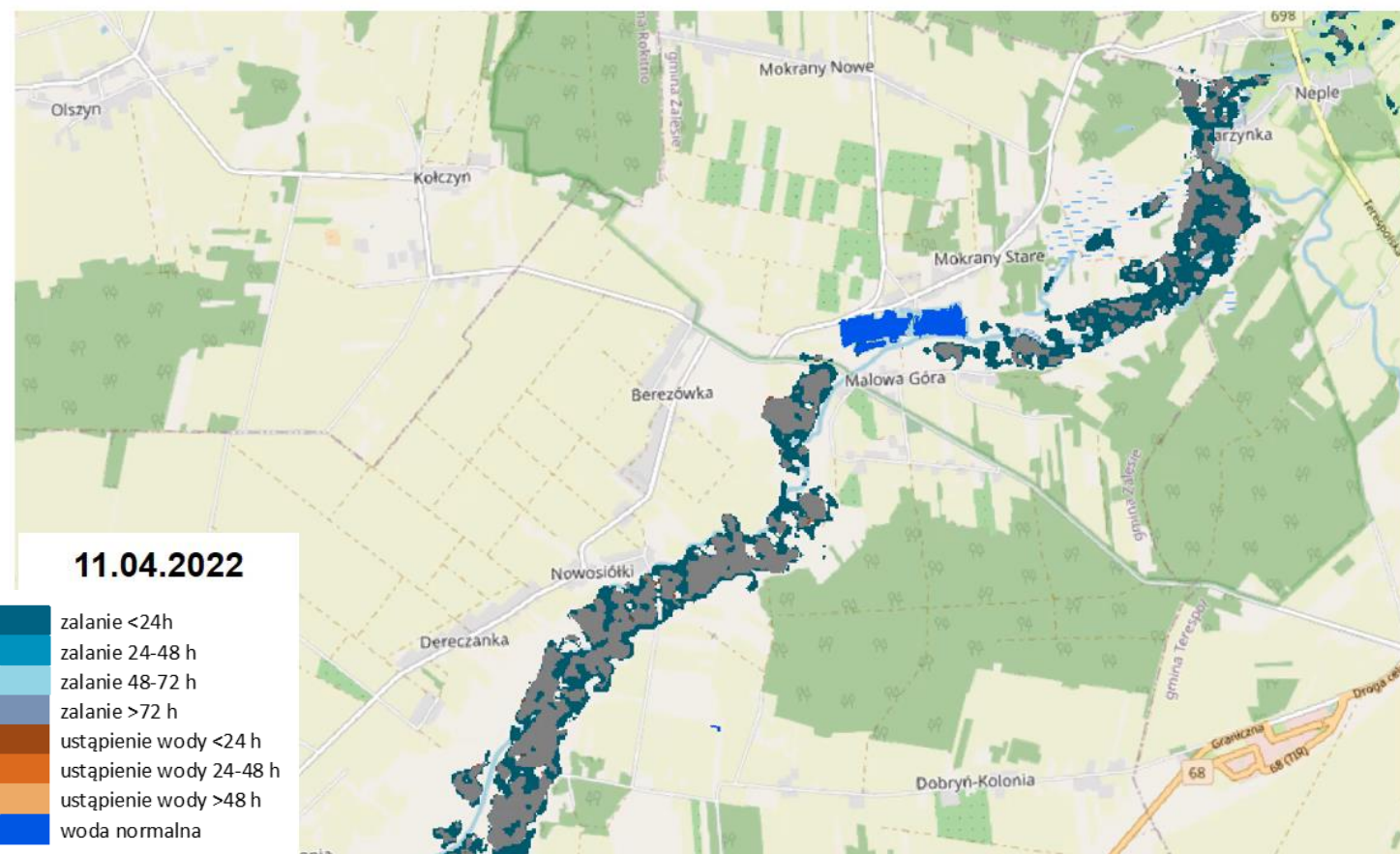
- automatyczna detekcja wody powierzchniowej dla Polski na radarowych obrazach Sentinel-1
- przetworzeniu podlega każdy obraz nad Polską
- metodyka i oprogramowanie zostało opracowane w CBK PAN
- obrazuje różne stadia wezbrania:
 - zasięg „nowej” wody
 - obszary z długo zalegającą wodą
 - obszary, z których woda się wycofała ostatnio
 - „normalną” wodę
- działa operacyjnie od IX 2023 r.
- dostępny na portalu Sat4Envi

Więcej o metodzie i serwisie:

Woźniak et al. 2023,

doi: [10.1117/12.2684443](https://doi.org/10.1117/12.2684443)

dostępny [tutaj](#).





Serwis monitorujący zasięg wody powierzchniowej w Polsce

Serwis CBK-Floods:

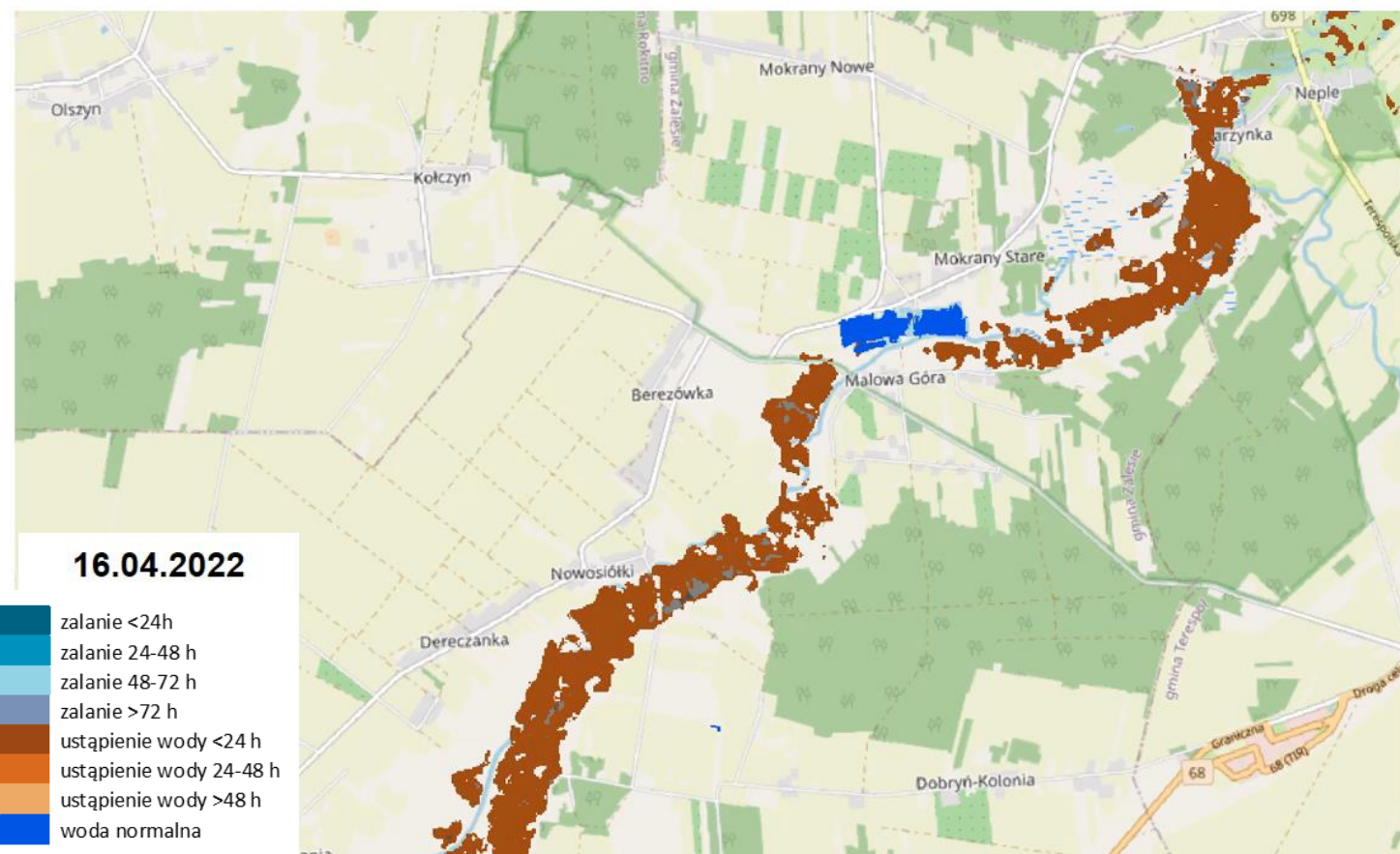
- automatyczna detekcja wody powierzchniowej dla Polski na radarowych obrazach Sentinel-1
- przetworzeniu podlega każdy obraz nad Polską
- metodyka i oprogramowanie zostało opracowane w CBK PAN
- obrazuje różne stadia wezbrania:
 - zasięg „nowej” wody
 - obszary z długo zalegającą wodą
 - obszary, z których woda się wycofała ostatnio
 - „normalną” wodę
- działa operacyjnie od IX 2023 r.
- dostępny na portalu Sat4Envi

Więcej o metodzie i serwisie:

Woźniak et al. 2023,

doi: [10.1117/12.2684443](https://doi.org/10.1117/12.2684443)

dostępny [tutaj](#).





Serwis monitorujący zasięg wody powierzchniowej w Polsce

Serwis CBK-Floods:

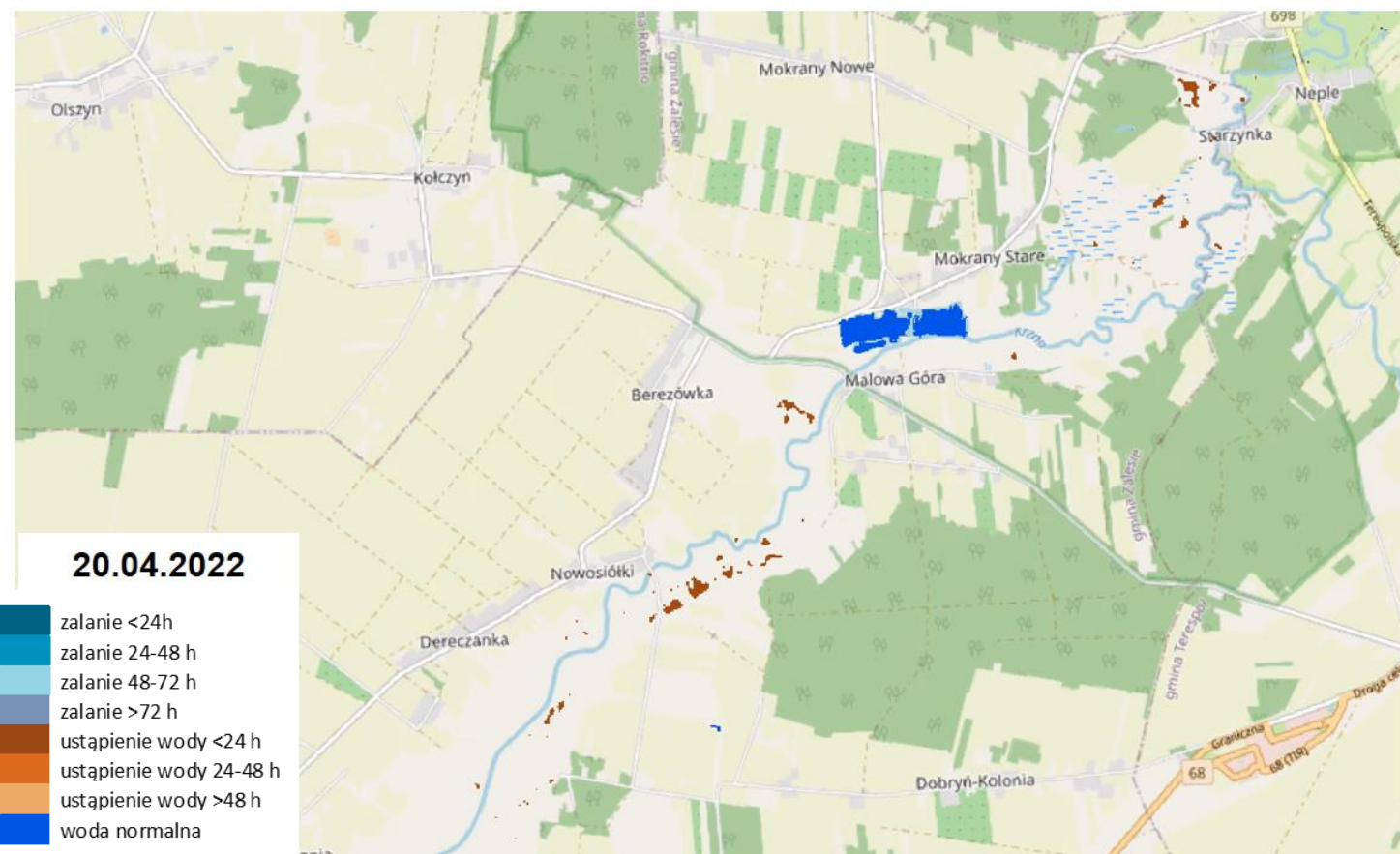
- automatyczna detekcja wody powierzchniowej dla Polski na radarowych obrazach Sentinel-1
- przetworzeniu podlega każdy obraz nad Polską
- metodyka i oprogramowanie zostało opracowane w CBK PAN
- obrazuje różne stadia wezbrania:
 - zasięg „nowej” wody
 - obszary z długo zalegającą wodą
 - obszary, z których woda się wycofała ostatnio
 - „normalną” wodę
- działa operacyjnie od IX 2023 r.
- dostępny na portalu Sat4Envi

Więcej o metodzie i serwisie:

Woźniak et al. 2023,

doi: [10.1117/12.2684443](https://doi.org/10.1117/12.2684443)

dostępny [tutaj](#).





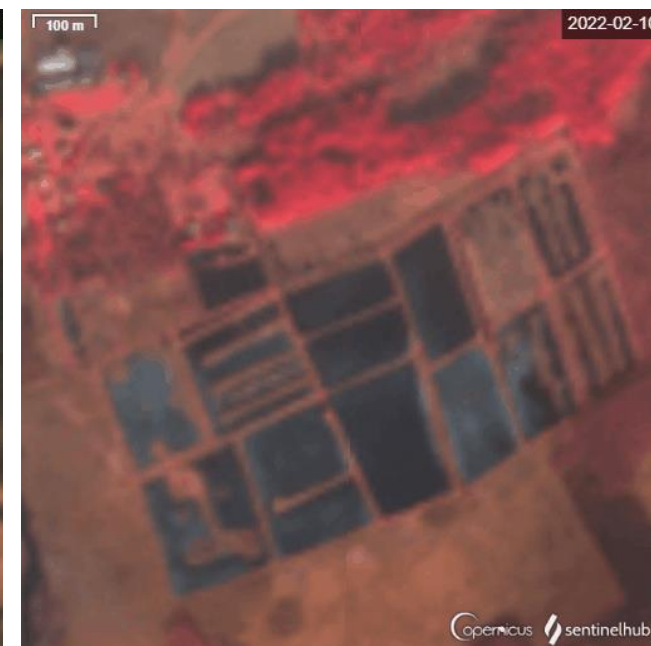
Zalety oraz wady optycznych i radarowych obrazów satelitarnych w przypadku wykrywania wody

	OPTYCZNE	RADAROWE
ZALETY	<ul style="list-style-type: none">więcej satelitów i ich konstelacji (w tym komercyjne)większe zasoby archiwalnych obrazówzwykle dokładniejsza detekcja wodyłatwiejsze w przetwarzaniu i analizie	<ul style="list-style-type: none">możliwość analizy terenu przy zachmurzeniu i zamgleniu, niezależnie od światła słonecznego (również w nocy)automatyczne systemy monitoringowe (GFM, CBK-Floods)
WADY	<ul style="list-style-type: none">dużo zachmurzonych obrazówbrak automatycznego systemu monitoringowego opartego na obrazach optycznych	<ul style="list-style-type: none">obecnie zmniejszona liczba obrazów Sentinel-1brak możliwości wykrycia wody pod roślinnością (pasmo C) oraz w cieniu radarowymtrudności w detekcji wody w zbiornikach podczas wiatru/silnego deszczu (falowanie wody)trudniejsze w przetwarzaniu i analizie

„Śledztwo” na podstawie danych obrazowych

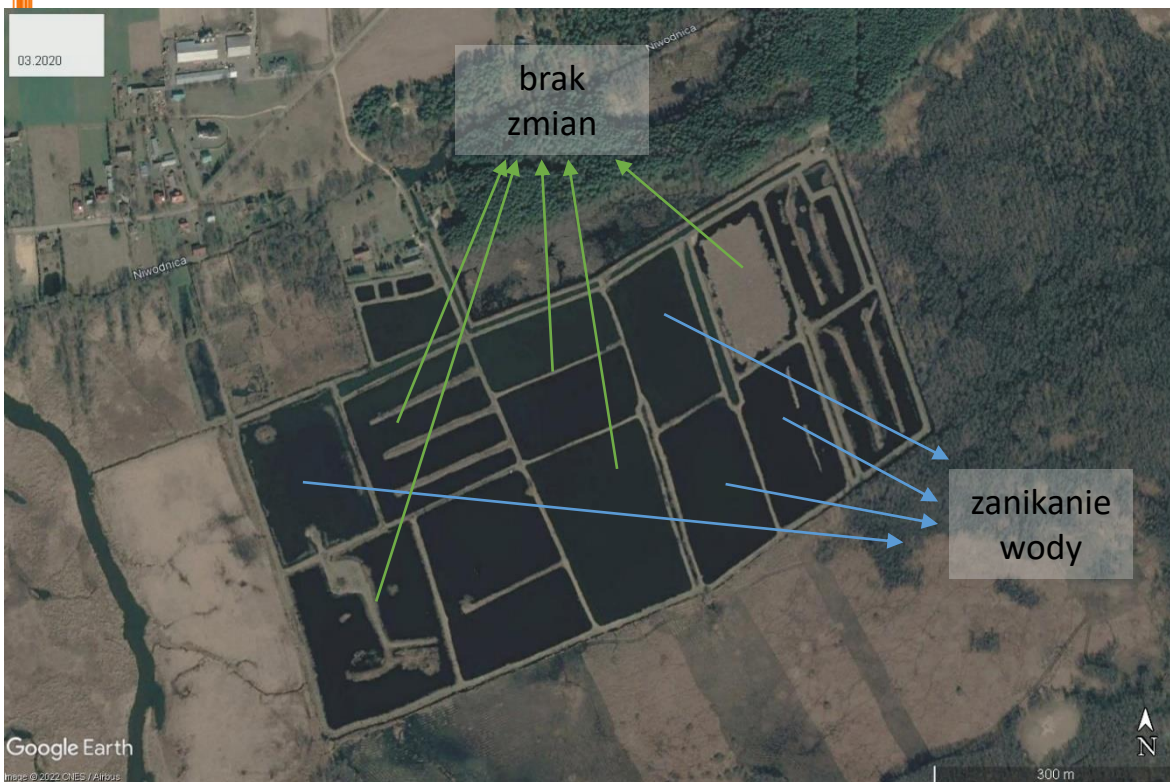
Cel:

Sprawdzenie czy został zablokowany dopływ wody do stawów, co spowodowało wymarcie lub pogorszenie warunków życia organizmów wodnych (maj-czerwiec) znajdujących się na terenie chronionym.



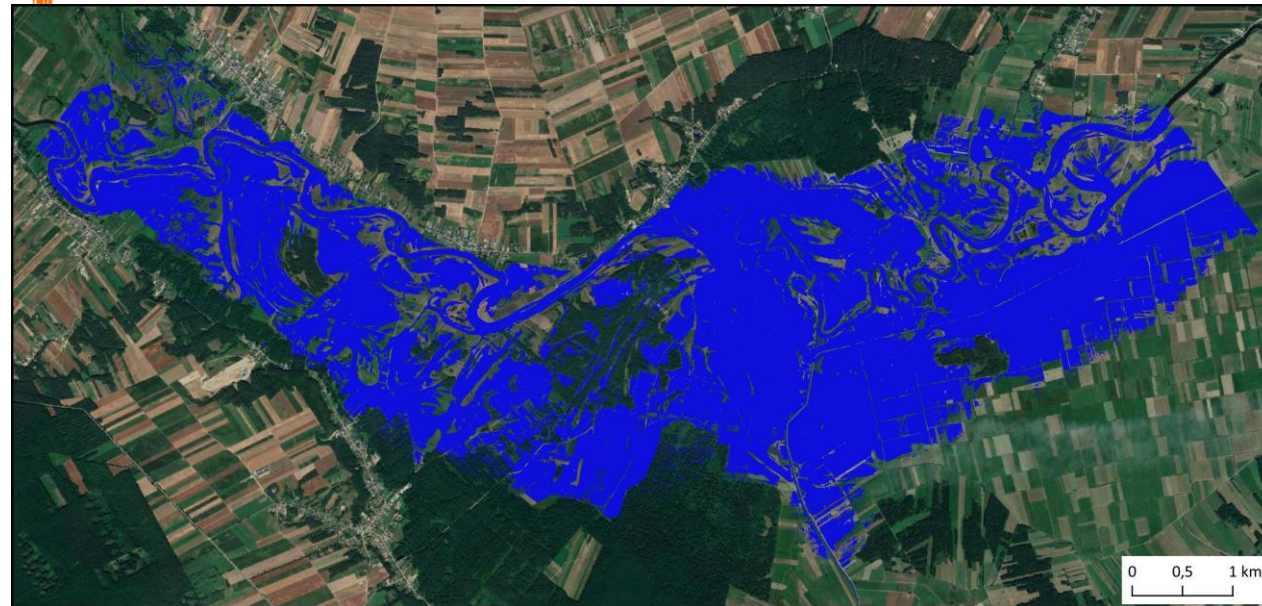
Seria czasowa obrazów Sentinel-2 (źródło: dane Copernicus przetworzone w EO Browser)

- obrazy Sentinel-2 (rozd. 10-20 m) oraz ortofotomapa
- okres marzec-październik 2022 r.

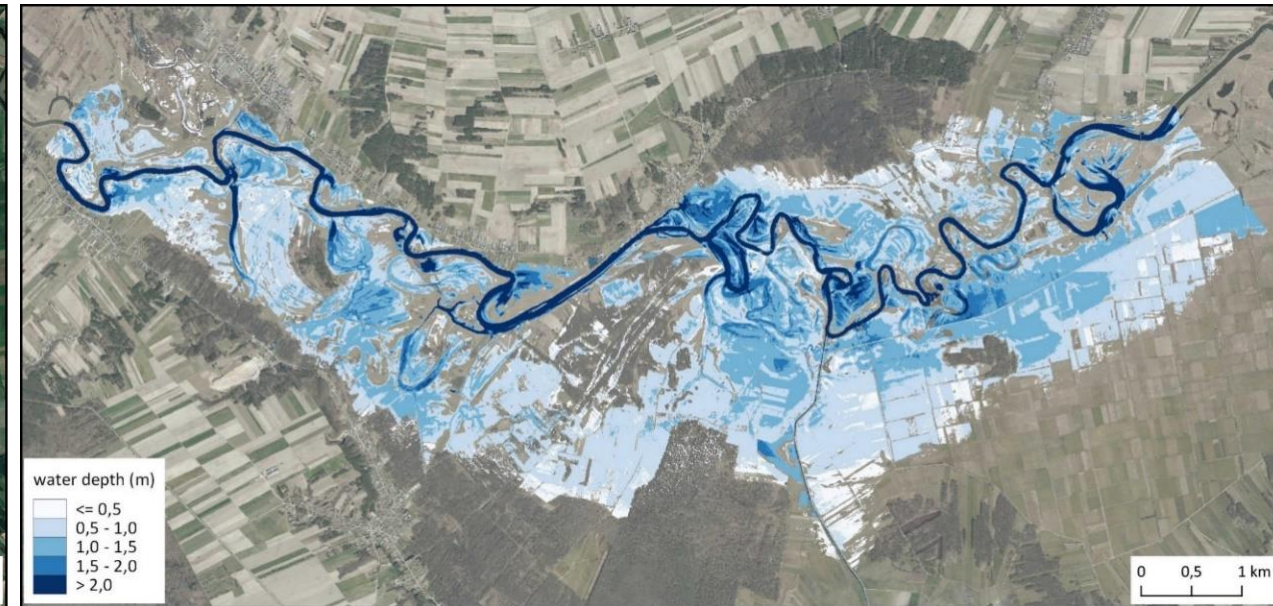


Głębokość wody

Zasięg wody (obraz satelitarny) + NMT (LiDAR)

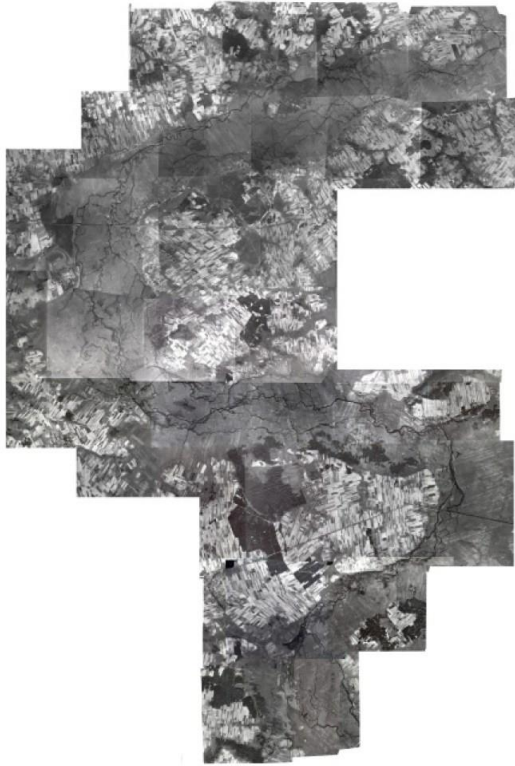


WorldView-2, 9.04.2018 (rozdzielczość przestrzenna 2 m), 09.04.2018
zasięg wody wyznaczony wskaźnikiem NDWI (mapa: CBK PAN)



Przybliżona głębokość wody obliczona przy użyciu Numerycznego Modelu Terenu
ze skanowania laserowego, o rozd. przestrzennej 1 m (dane GUGiK / mapa: CBK PAN)

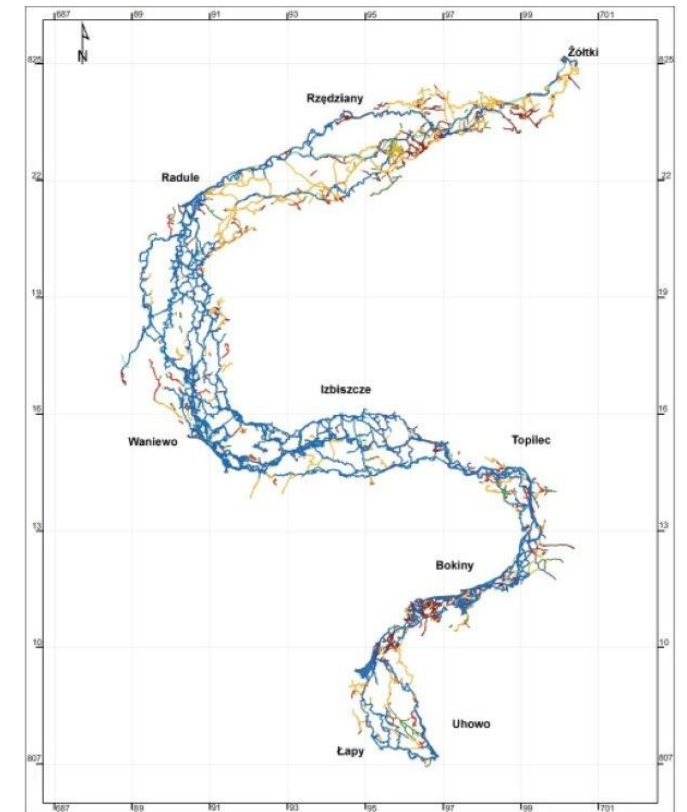
Zmiany w korytach rzecznych



Ryc. 2. Fotszkie z panchromatycznych zdjęć lotniczych z 1966 roku



Ryc. 3. Spektrostrefowa ortofotomapa z 1997 roku



Ryc. 19. Mapa zmian w układzie koryt rzecznych w dolinie Narwi w latach 1966 – 1997

1 – koryta czynne (bez zmian); 2 – koryta odcięte-wypłycone (bez zmian); 3 – koryta czynne → koryta odcięte-wypłycone; 4 – zanikłe koryta odcięte-wypłycone; 5 – nowe koryta odcięte-wypłycone; 6 – koryta odcięte-wypłycone → koryta czynne; 7 – nowe koryta czynne; 8 – zanikłe koryta czynne

Zmiany w korytach rzecznych

Rok	Ortofotomapa	Uwagi
1964		tylko południowa część PN
1966		tylko obszar na północ od łap
1970		tylko obszar na południe od łap
1975		tylko północny kraniec PN
1979		tylko wzdłuż Narwi
1980		
1988		tylko północny kraniec PN
1989		
1997	+	0,5 m
2006	+	0,5 m
2010	+	0,25 m
2014	+	0,25 m
2017	+	0,25 m
2020	+	0,25 m
2022	+	0,25 m



2006



09.10.2010



10.06.2014



02.04.2017



06.04.2020



29.07.2022

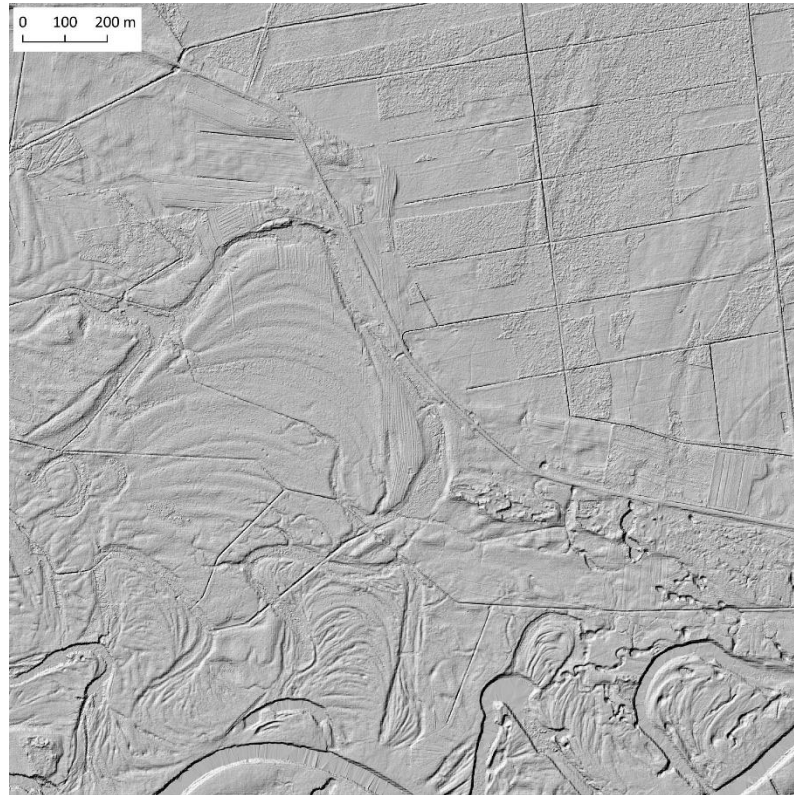


Melioracje

Dolina Narwi na zachód od Tykocina



ortofotomapa, 08.10.2010,
wielkość piksela 0,25 (GUGiK)



cieniowany NMT ze skaningu laserowego, 11.11.2011,
wielkość piksela 1 m (GUGiK)



mapa hipsometryczna wraz z cieniowaniem NMT LiDAR,
11.11.2011, wielkość piksela 1 m (GUGiK)

Zarastanie jezior



2012 r.

- Poleski PN
- 2012 vs. 2020 (kwiecień)
- ortofotomapy z PZGiK (GUGiK)

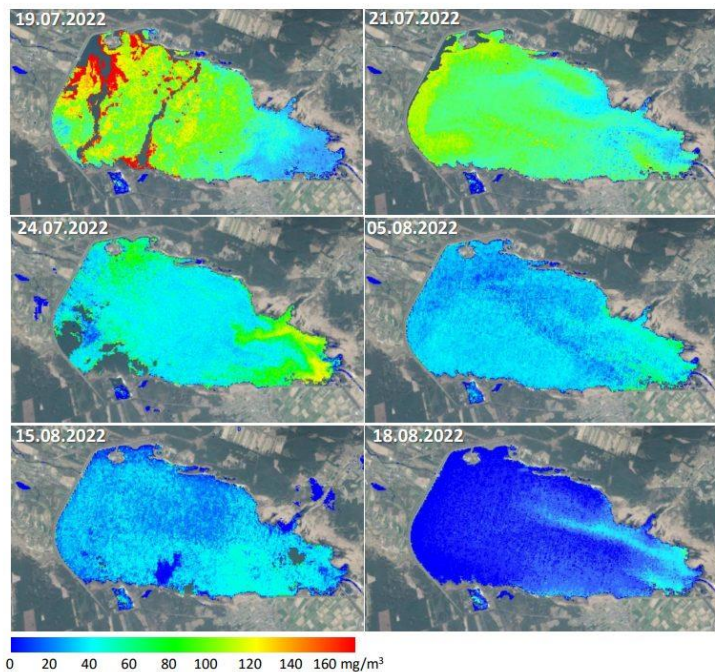
Zarastanie jezior



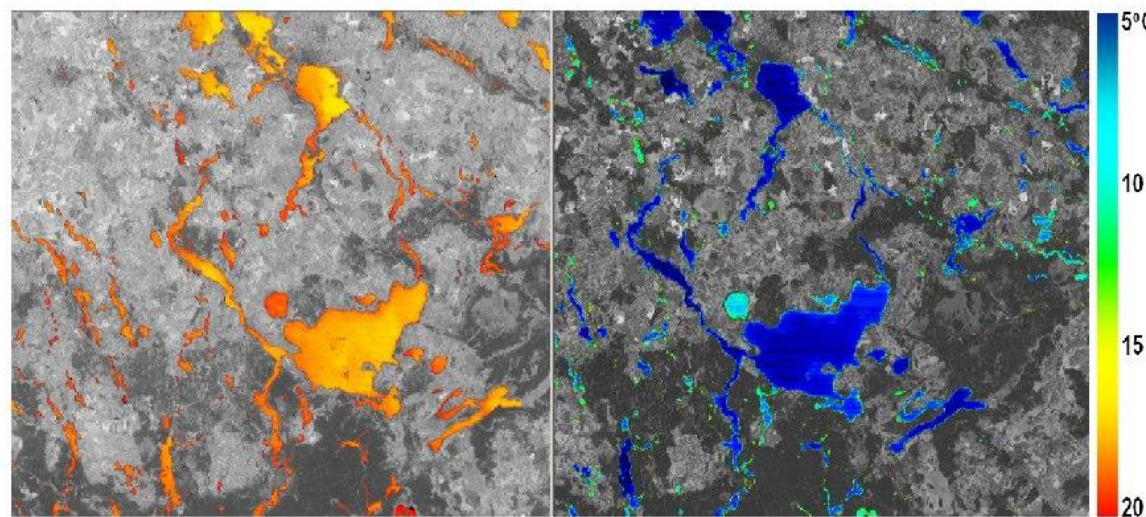
2020 r.

- Poleski PN
- 2012 vs. 2020 (kwiecień)
- ortofotomapy z PZGiK (GUGiK)

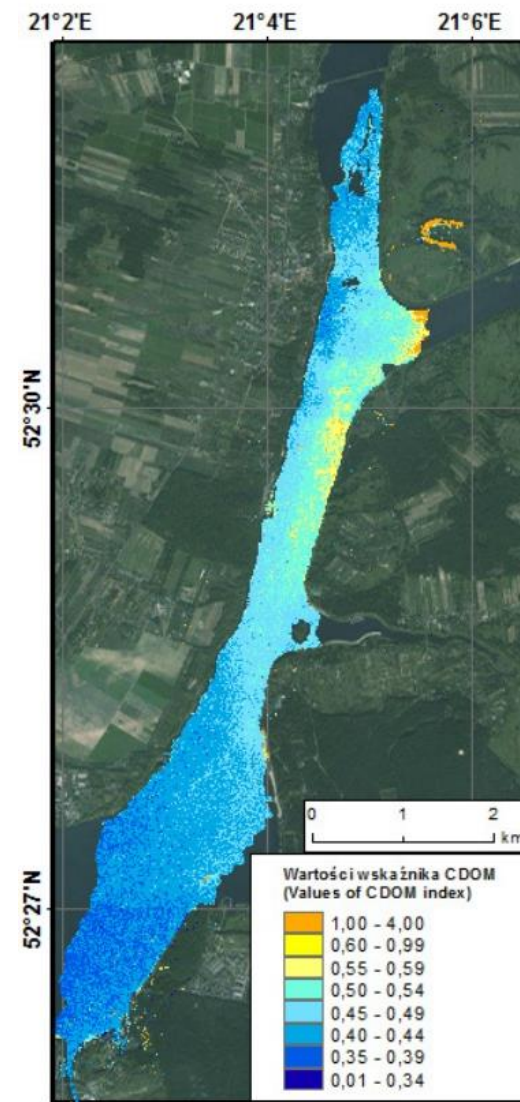
Jakość wód



Rozkłady zawartości chlorofilu w wodzie Jez. Turawskiego Dużego opracowane na podstawie zdjęć satelitarnych Sentinel-2
(źródło: Osińska-Skotak K., 2022)



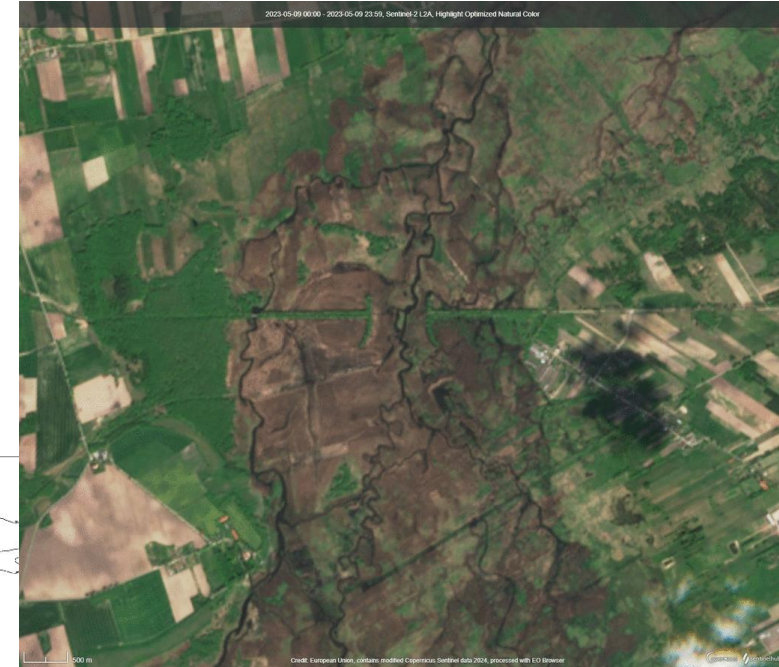
Rozkłady temperatury wód jezior mazurskich obliczone na podstawie danych Landsat TM dla 21.06.1990 i 02.04.1990
(źródło: Osińska-Skotak K., 2010)



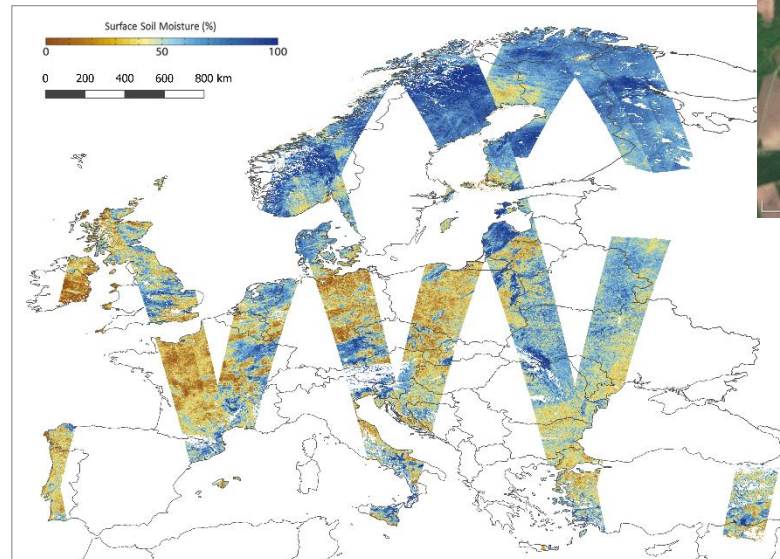
Rozkład wskaźnika zawartości materii organicznej (CDOM) na Jeziorze Żegrzyńskim obliczony na podstawie obrazu hiperspektralnego AISA
(źródło: Sabat A., 2016)

Wilgotność gleby

- obrazy optyczne
 - pośrednio poprzez określanie zawartości wody w roślinności wskaźnikami spektralnymi, np. NDMI
- obrazy radarowe
 - Surface Soil Moisture – produkt Copernicus obliczany na podstawie Sentinel-1 (pasmo C*), rozd. 1 km
 - satelity obrazujące w paśmie L (np. ALOS, w przyszłości ROSE-L)



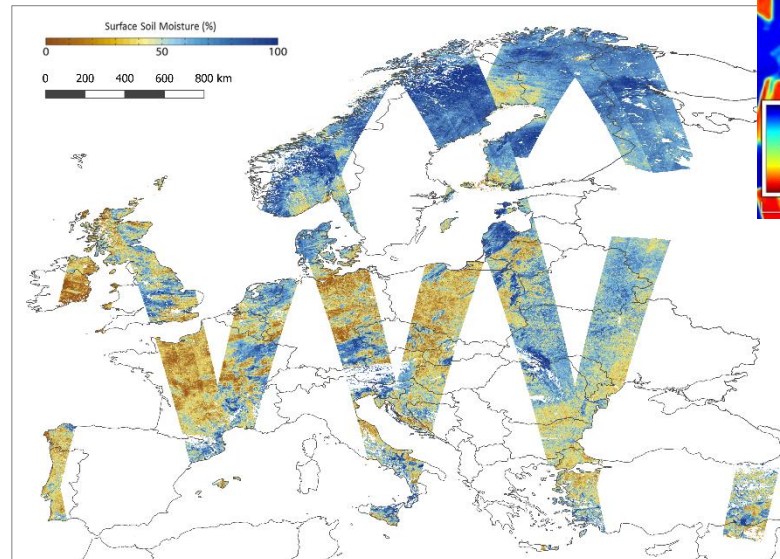
Wskaźnik NDMI obliczony na obrazie Sentinel-2, 9.05.2023 (źródło: dane Copernicus przetworzone w EO Browser)



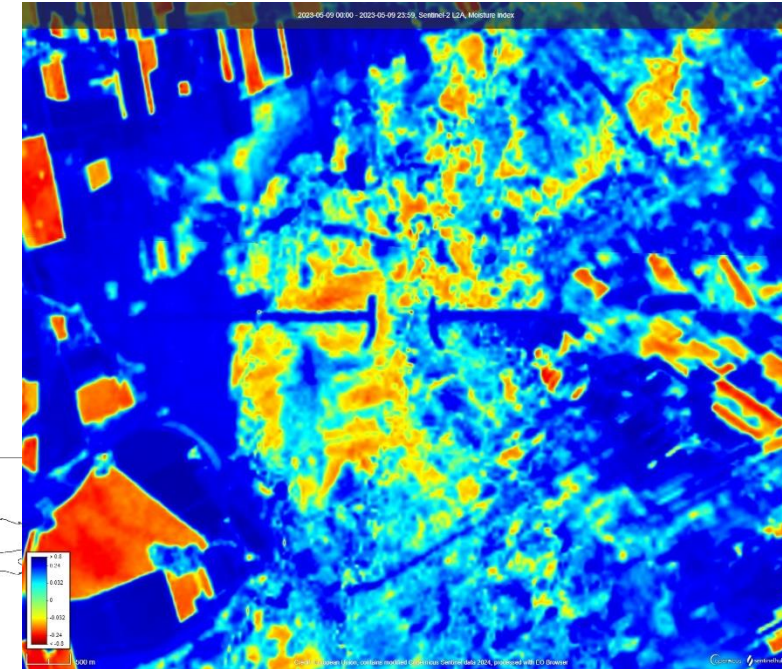
Dzienne pokrycie Europy produktem Surface Soil Moisture, 24.08.2018 (źródło: www.land.copernicus.eu)

Wilgotność gleby

- obrazy optyczne
 - pośrednio poprzez określanie zawartości wody w roślinności wskaźnikami spektralnymi, np. NDMI
- obrazy radarowe
 - Surface Soil Moisture – produkt Copernicus obliczany na podstawie Sentinel-1 (pasmo C*), rozd. 1 km
 - satelity obrazujące w paśmie L (np. ALOS, w przyszłości ROSE-L)



Dzienne pokrycie Europy produktem Surface Soil Moisture, 24.08.2018 (źródło: www.land.copernicus.eu)



Wskaźnik NDMI obliczony na obrazie Sentinel-2, 9.05.2023 (źródło: dane Copernicus przetworzone w EO Browser)



Źródła

- Osińska-Skotak K., 2010, Metodyka wykorzystania super- i hiperspektralnych danych satelitarnych w analizie jakości wód śródlądowych (rozprawa habilitacyjna).
- Osińska-Skotak K., 2022, Analiza zdjęć satelitarnych, [w:] Wstępny raport zespołu ds. sytuacji na rzece Odrze.
- Robak A., Gadawska A., Milczarek M., Lewiński S., 2016, Wykrywanie wody na zdjęciach optycznych Sentinel-2 na podstawie wskaźników wodnych, Teledetekcja Środowiska 55.
- Sabat A., Jarocińska A., Magnuszewski A., Sławik Ł., Zagajewski B., Ochtyra A., Niedzielko J., 2016, Wykorzystanie technik hiperspektralnych do kartowania wód Jeziora Zegrzyńskiego, Prace i Studia Geograficzne, T. 62. Z. 2, 85-103.
- Tobiasz M., 2012, Zmienność układu koryt rzecznych w dolinie Narwi na odcinku między Łapami a Żółtkami w II połowie XX wieku, Teledetekcja Środowiska 47.
- Woźniak E., Milczarek M., Gromny E., Ruciński M., Cudak M., Krupiński Mi., Jenerowicz-Sanikowska M., Ryzenko J., Krupiński Ma. (2023). Contry-wide flood monitoring service: methods, applications and functionalities, Proc. SPIE 12727, Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems and Hydrology XXV, 127270A (17 October 2023), [doi:10.1117/12.2684443](https://doi.org/10.1117/12.2684443).
- www.earthexplorer.usgs.gov
- www.geoportal.gov.pl
- www.pzgik.geoportal.gov.pl
- www.land.copernicus.eu
- <https://extwiki.eodc.eu/GFM/PUM/Products>
- <https://portal.gfm.eodc.eu/products>