

Monitorowanie zmian powierzchni terenu GZW z użyciem satelitarnej interferometrii radarowej



Maria Przyłucka, Zbigniew Perski, Tomasz Wojciechowski, Michalina Cisto

Centrum Geozagrożeń

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy



**Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy**
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



InSAR - Satelitarna interferometria radarowa

Radar bocznego wybierania z syntetyczną aperturą - Synthetic Aperture Radar (SAR) wysyła spójną wiązkę promieniowania mikrofalowego.

Dostępne są dane o długościach fali:

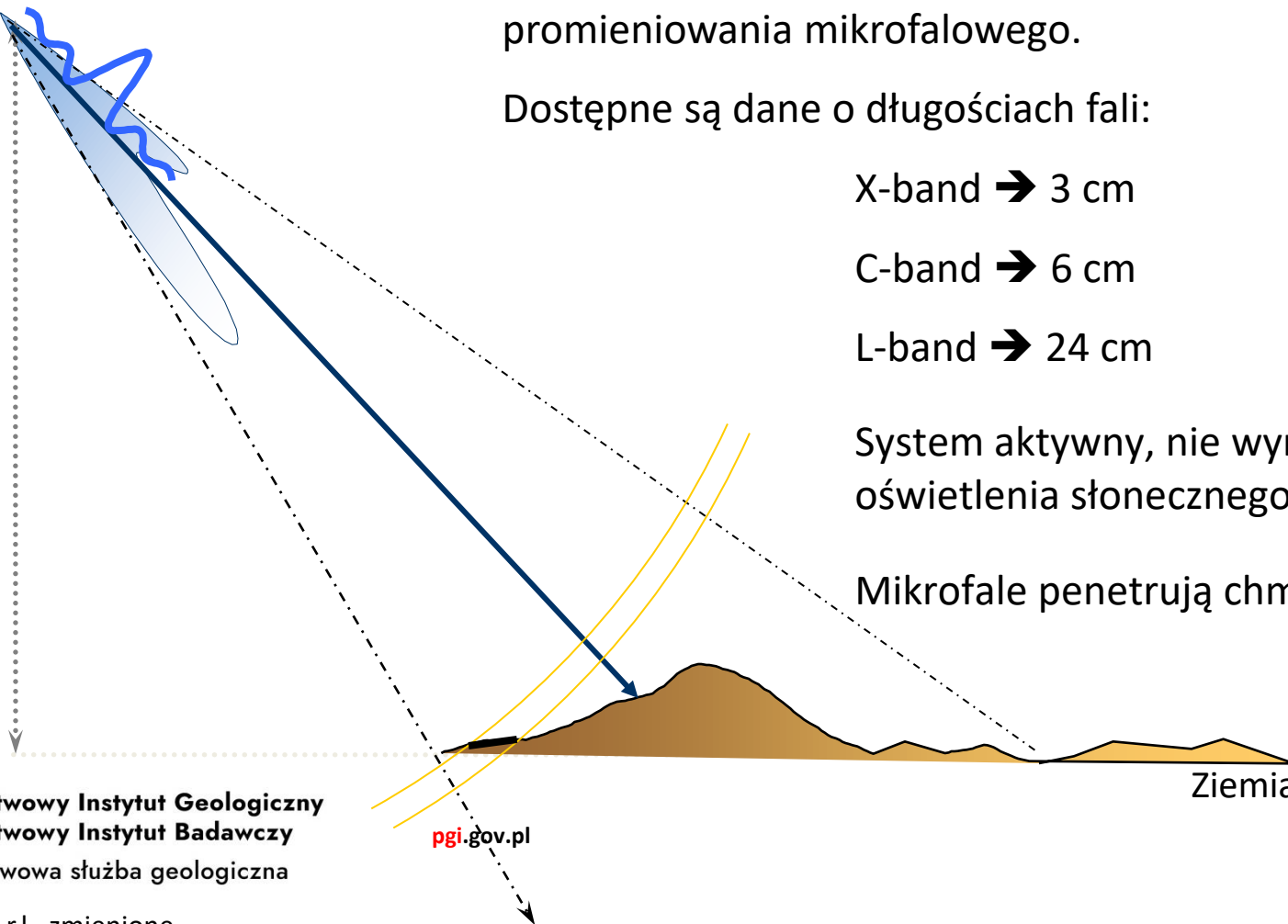
X-band → 3 cm

C-band → 6 cm

L-band → 24 cm

System aktywny, nie wymaga oświetlenia słonecznego.

Mikrofale penetrują chmury.

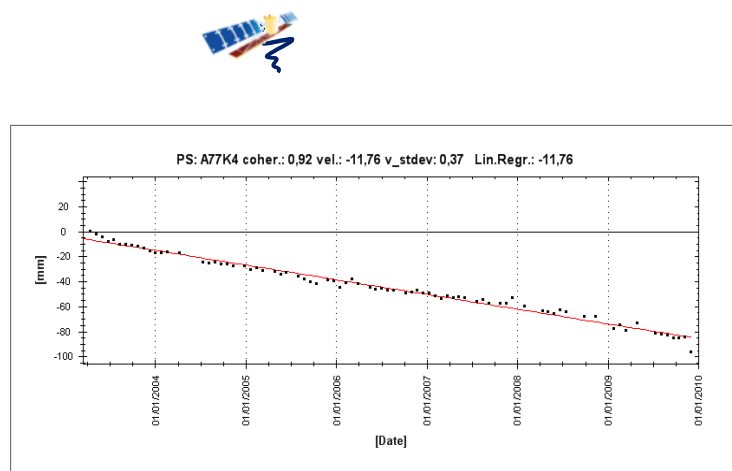


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

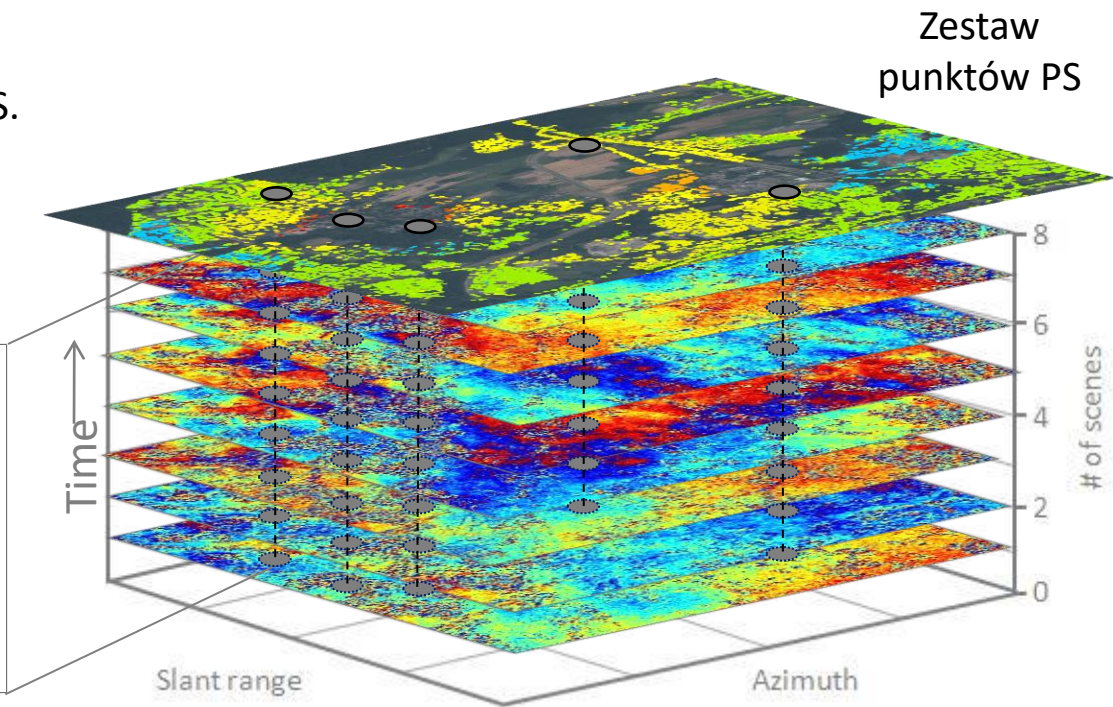
pgi.gov.pl

PSI - Interferometria radarowa stabilnych rozpraszaczy

- Dane satelitarne są analizowane przy wykorzystaniu wielu scen na raz.
- Obrazy są pozyskiwane za każdym razem kiedy satelita przechodzi nad badanym obszarem.
- Tworzone są kolejne interferogramy z dostępnych par obrazów. Interferogramy są gromadzone w zbiór – eng. „stack”.
- Zidentyfikowane zostają spójne punkty Persistent Scatterer (silnie odbijające fale radarową) – PS.
- Indywidualne wykresy czasowe są obliczane dla każdego z punktów PS.



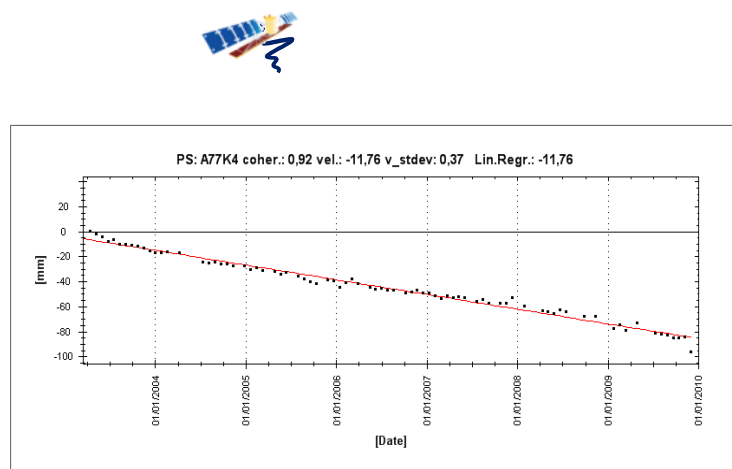
Wykres czasowy punktu PS



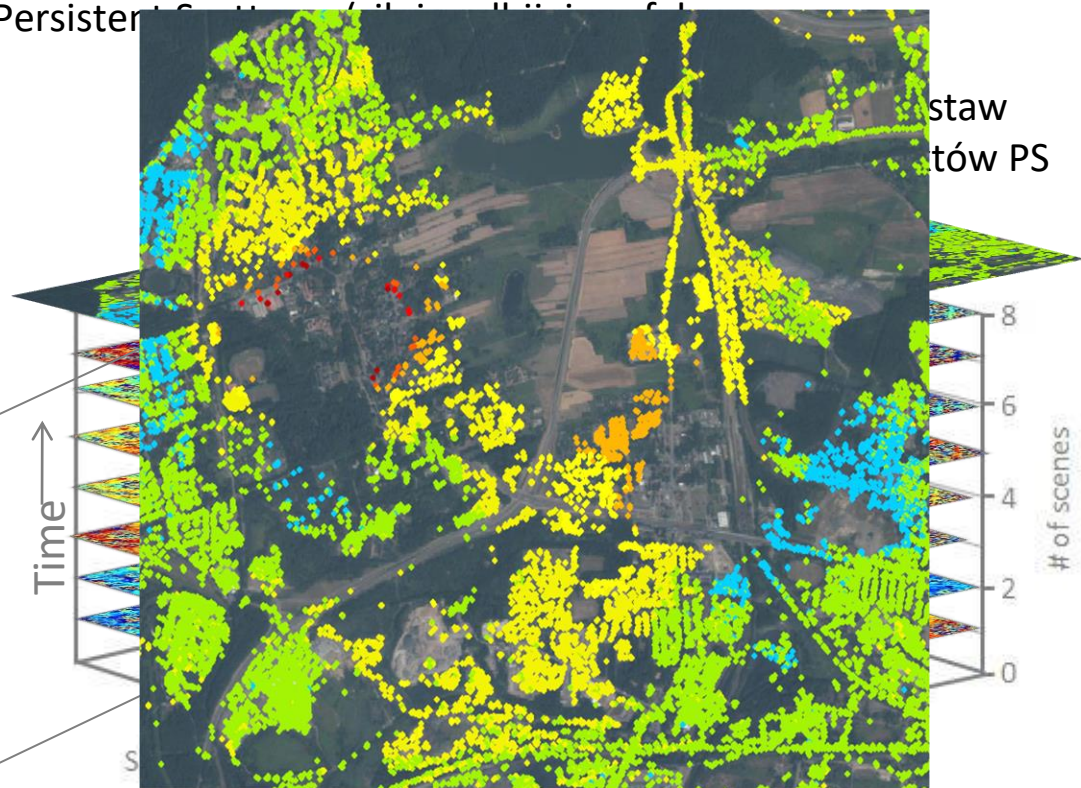
„Stack” interferogramów

PSI - Interferometria radarowa stabilnych rozpraszaczy

- Sceny satelitarne są analizowane przy wykorzystaniu wielu scen na raz.
- Obrazy są pozyskiwane za każdym razem kiedy satelita przechodzi nad badanym obszarem.
- Tworzone są kolejne interferogramy z dostępnych par obrazów. Interferogramy są gromadzone w zbiór – eng. „stack”.
- Zidentyfikowane zostają spójne punkty Persistent Scatterers (z nieliniową interferometrią radarową) – PS.
- Indywidualne wykresy czasowe są obliczane dla każdego z punktów PS.



Wykres czasowy punktu PS

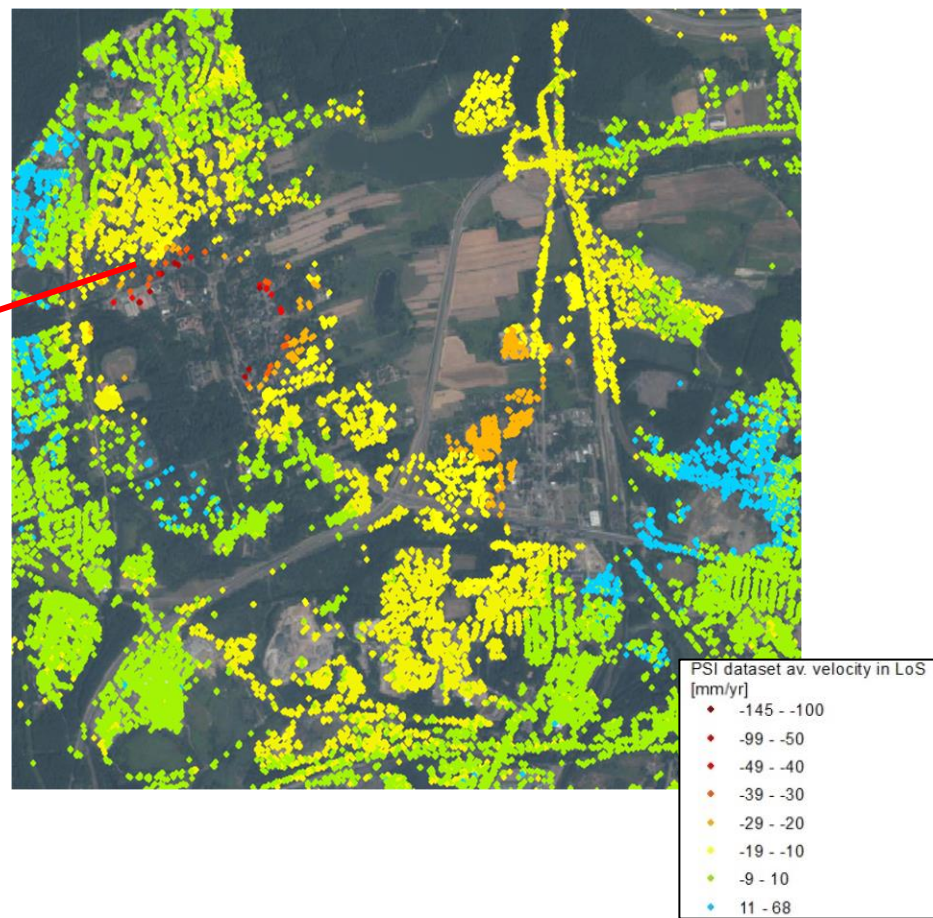
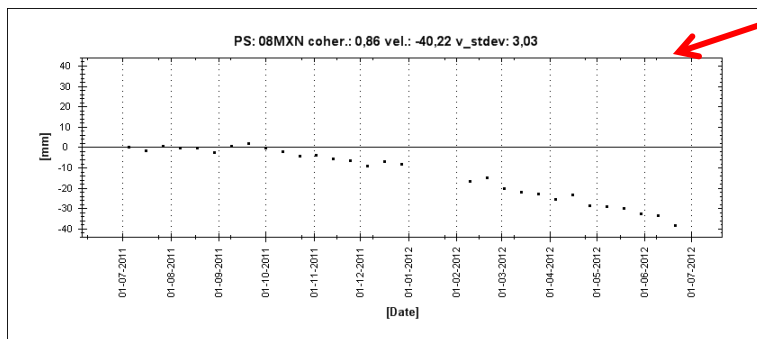


„Stack” interferogramów

PSI - Interferometria radarowa stabilnych rozpraszaczy

wektorowy zestaw punktów PS oraz wykresy czasowe

- zestaw wektorowy z informacją o średniej prędkości zmiany położenia
- wykresy czasowe
- małe przemieszczenia w jednostkach mm/rok
- długi okres pomiarowy
- duży obszar monitoringu





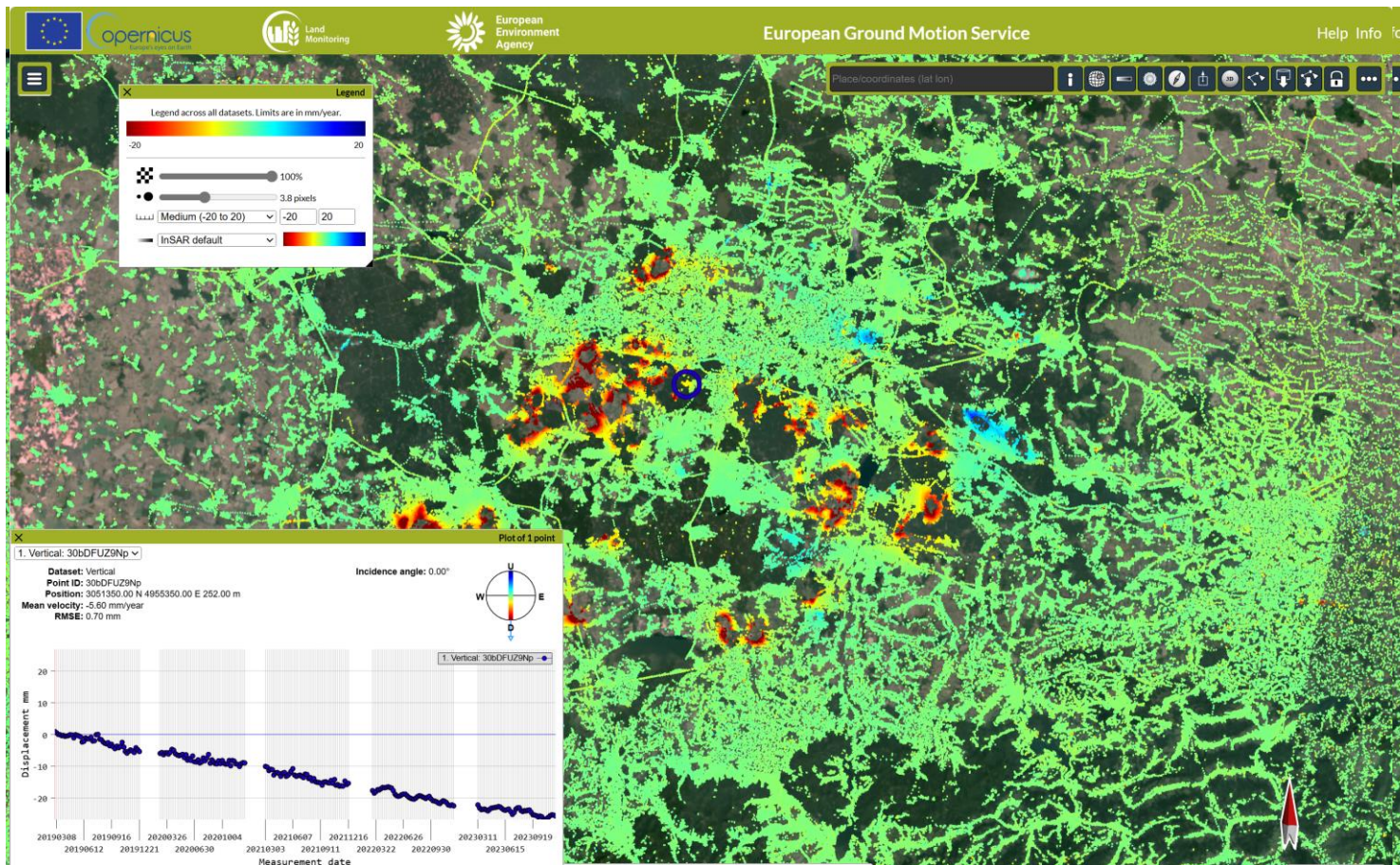
InMoTeP

INTERFEROMETRYCZNY MONITORING
POWIERZCHNI TERENU POLSKI

European Ground Motion Service

Copernicus Land Monitoring Service

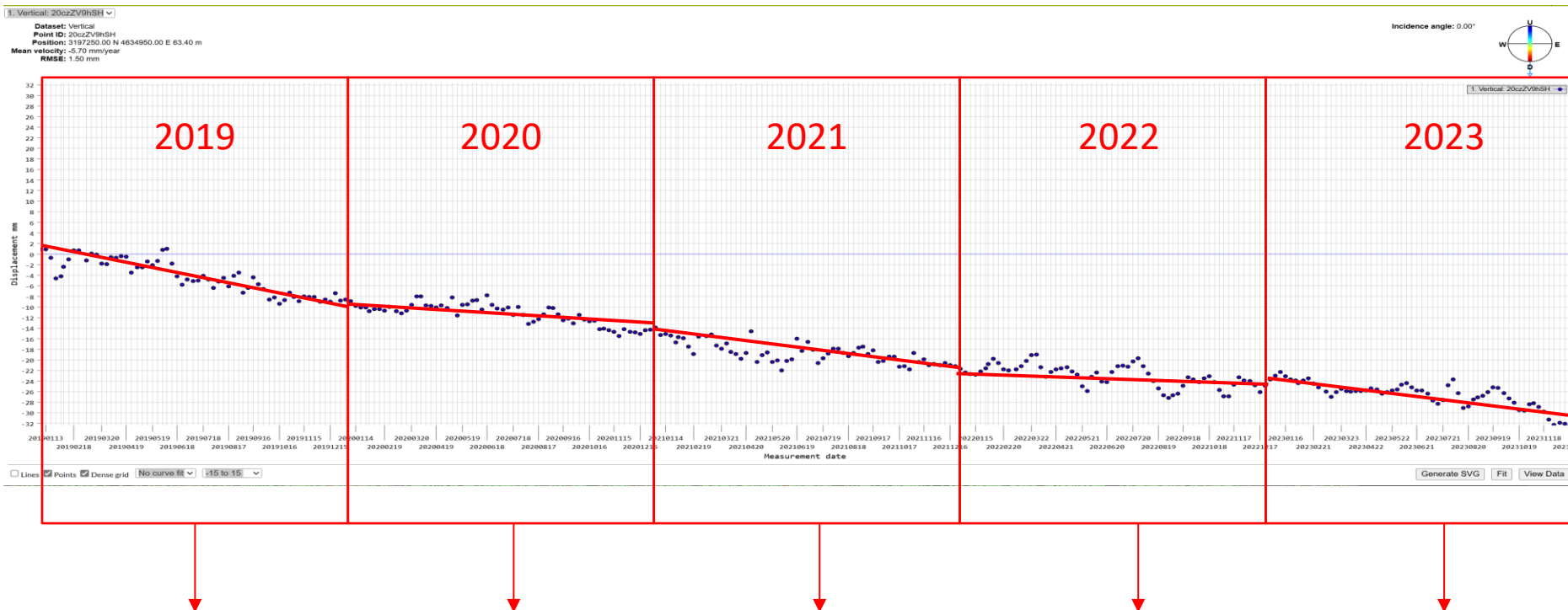
<https://land.copernicus.eu/en/products/european-ground-motion-service>



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

Analiza długoterminowa 2016-2023



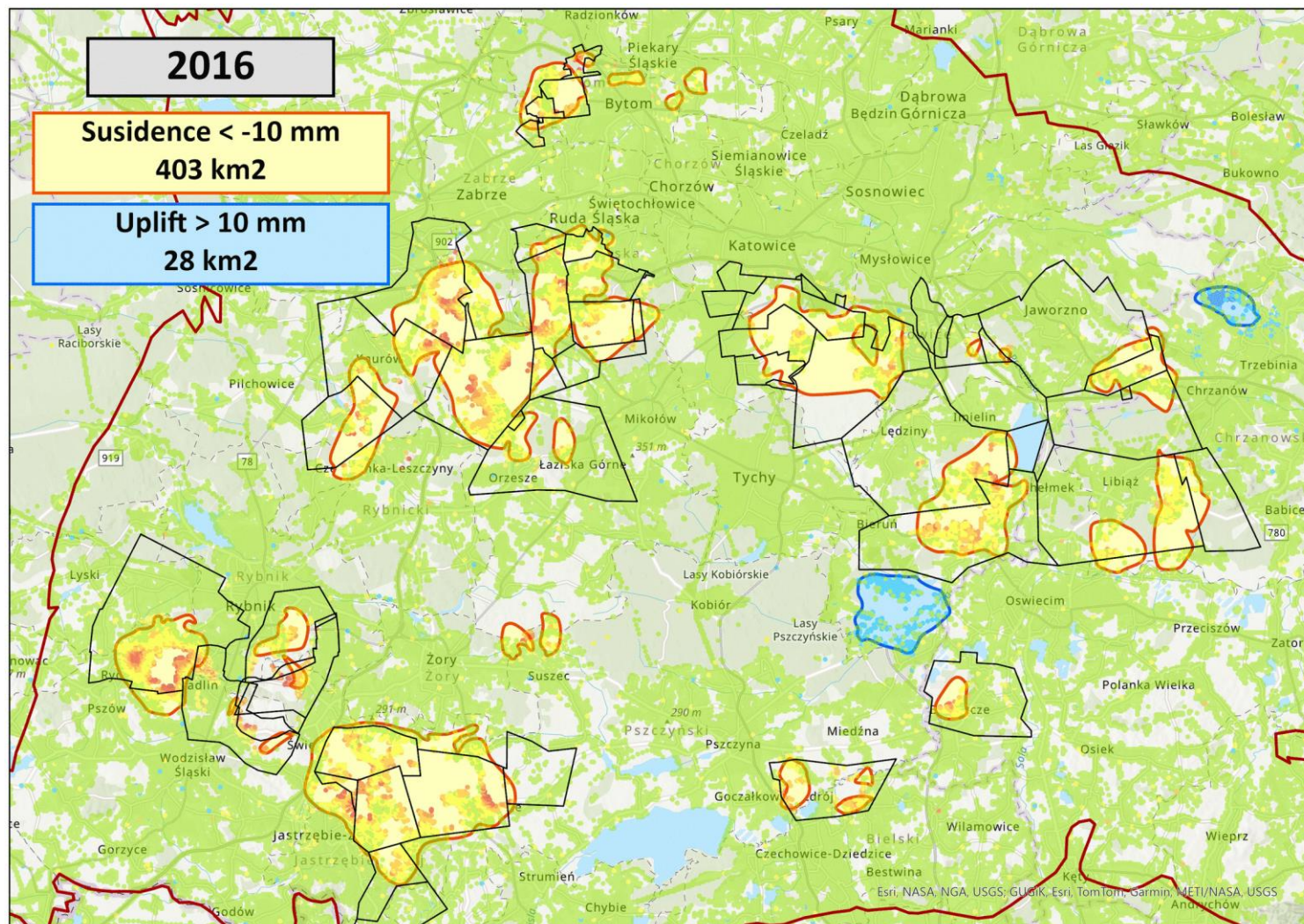
średnia prędkość roczna dla każdego roku



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

Analiza długoterminowa 2016-2023

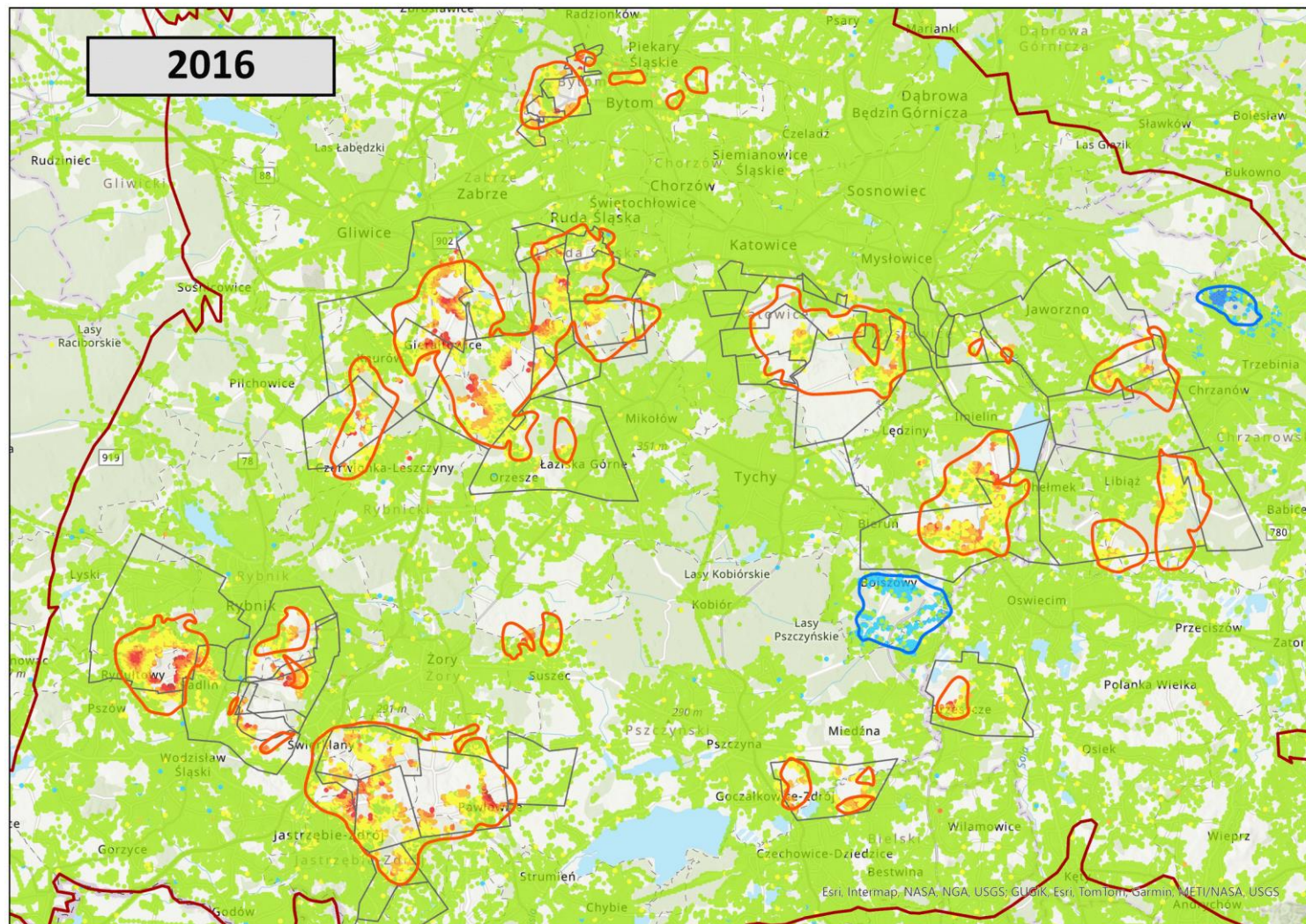


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

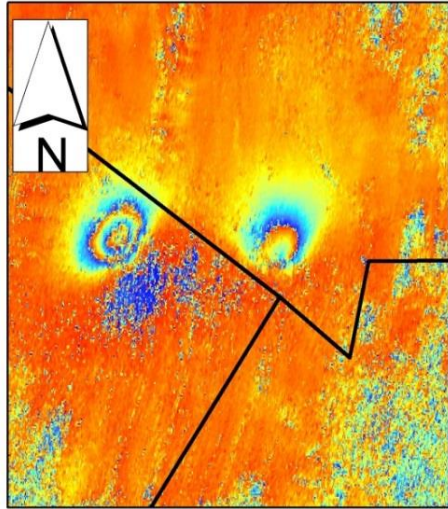
Analiza długoterminowa 2016-2023

wartości skumulowane

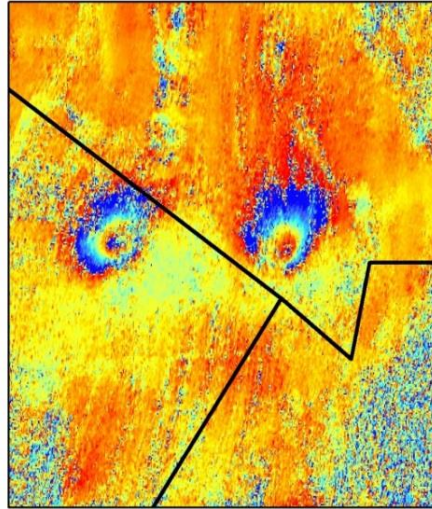


Uzupełnienie danych PSI o interferogramy

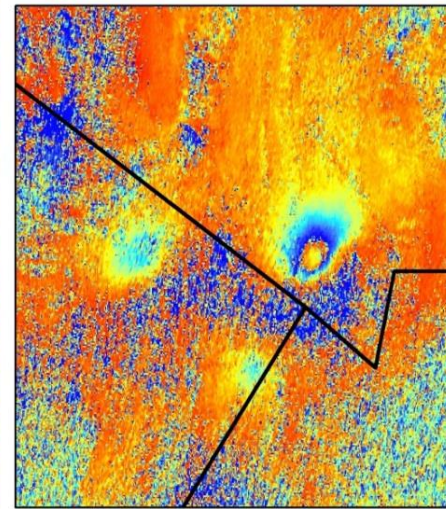
Zestaw 9 interferogramów
Sentinel
31/01/2017-19/05/2017



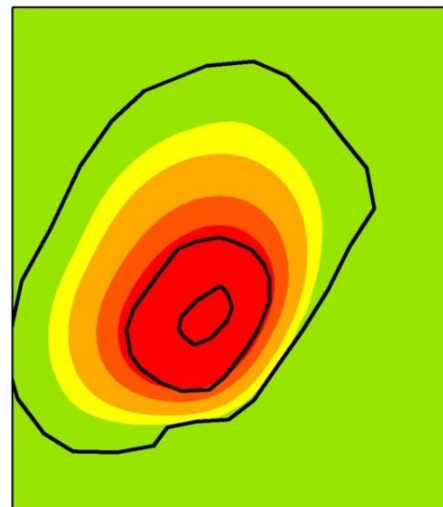
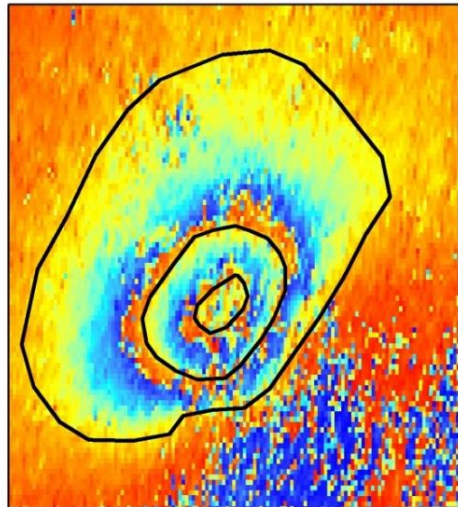
08-20.03.2017



20.03-01.04.2017



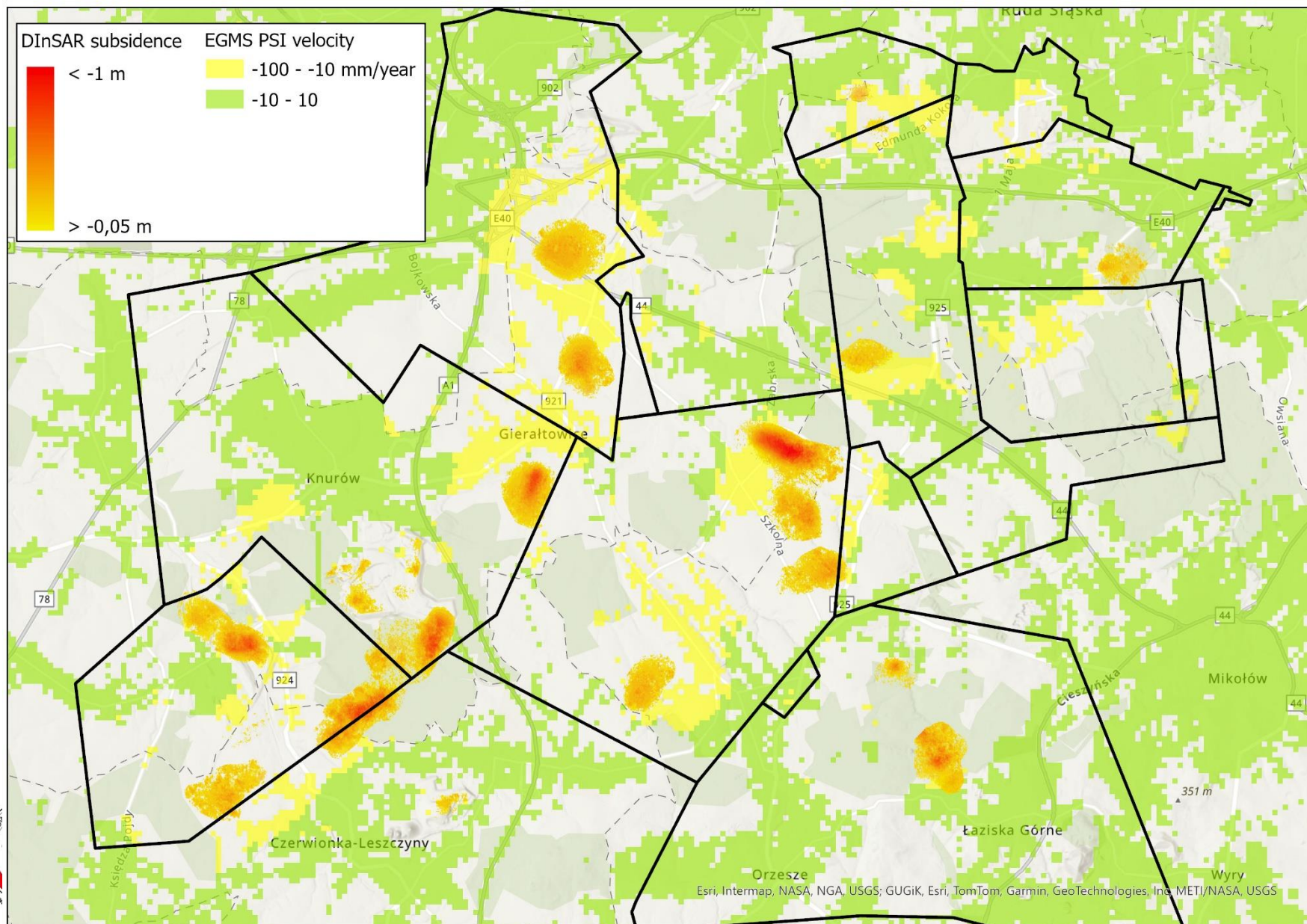
13-25.04.2017

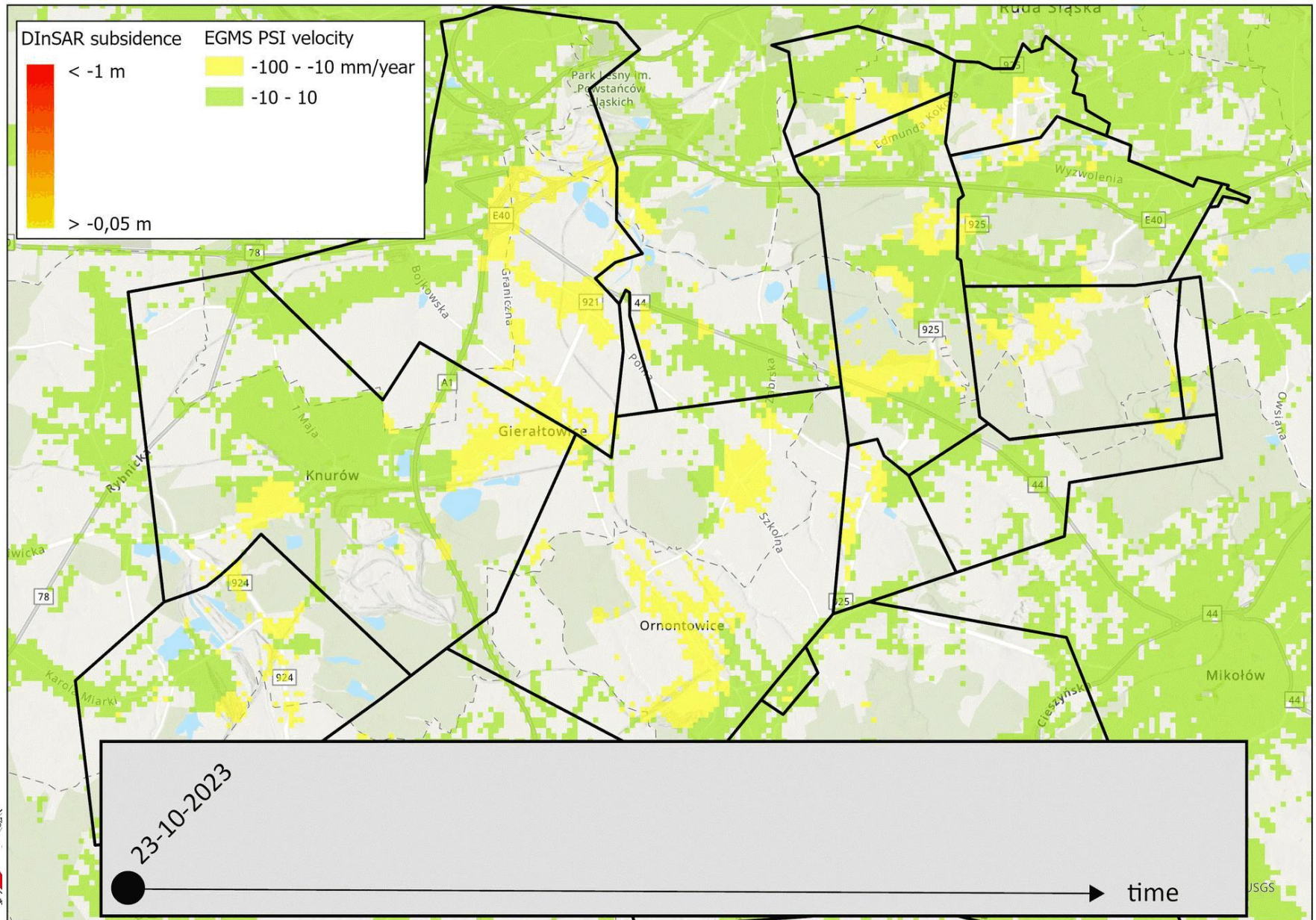


obniżenie 08-20.03.2017 [mm]



Uzupełnienie danych PSI o interferogramy





Modele terenu

Różnicowy model terenu



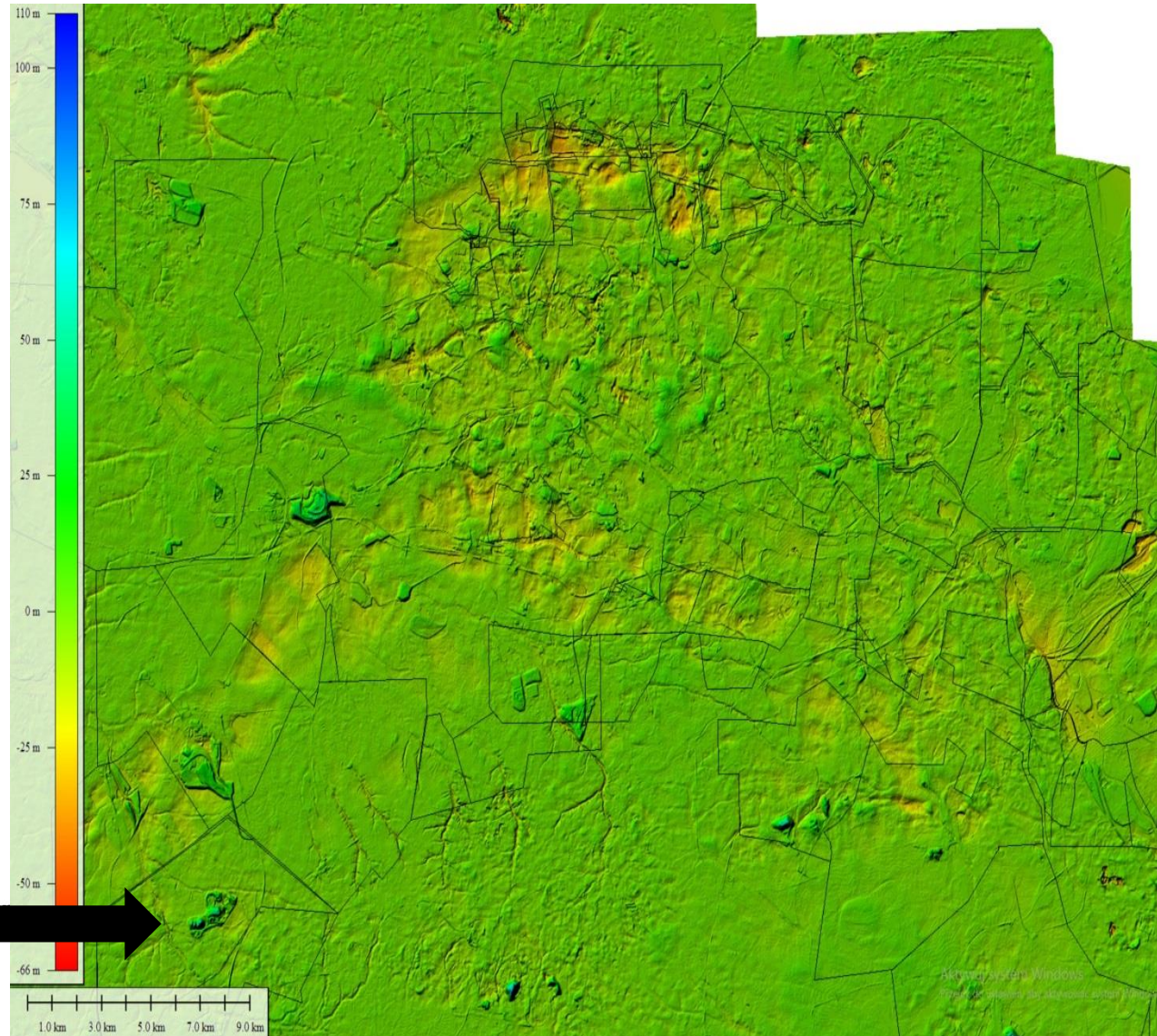
2024

(minus)

2011



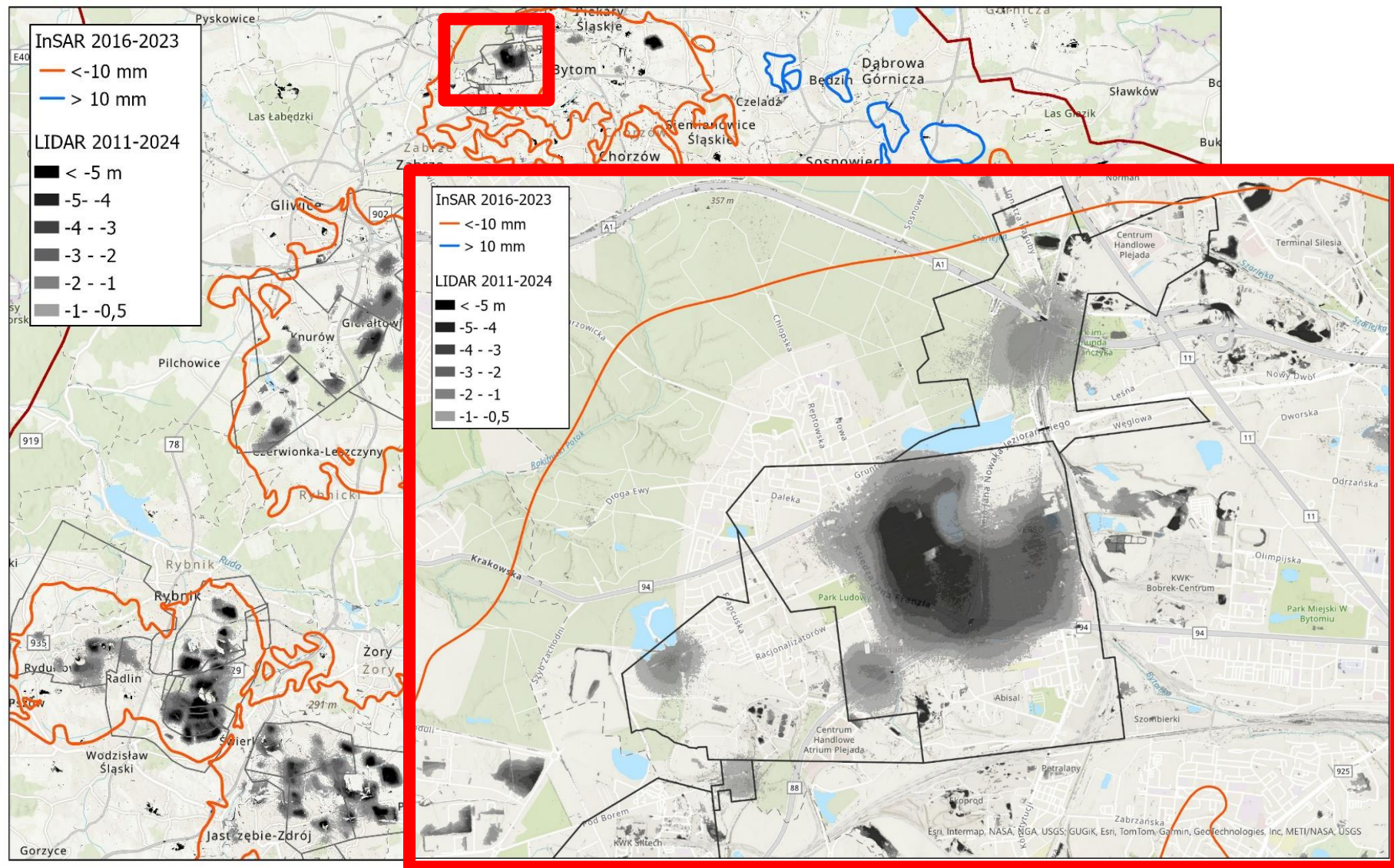
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna



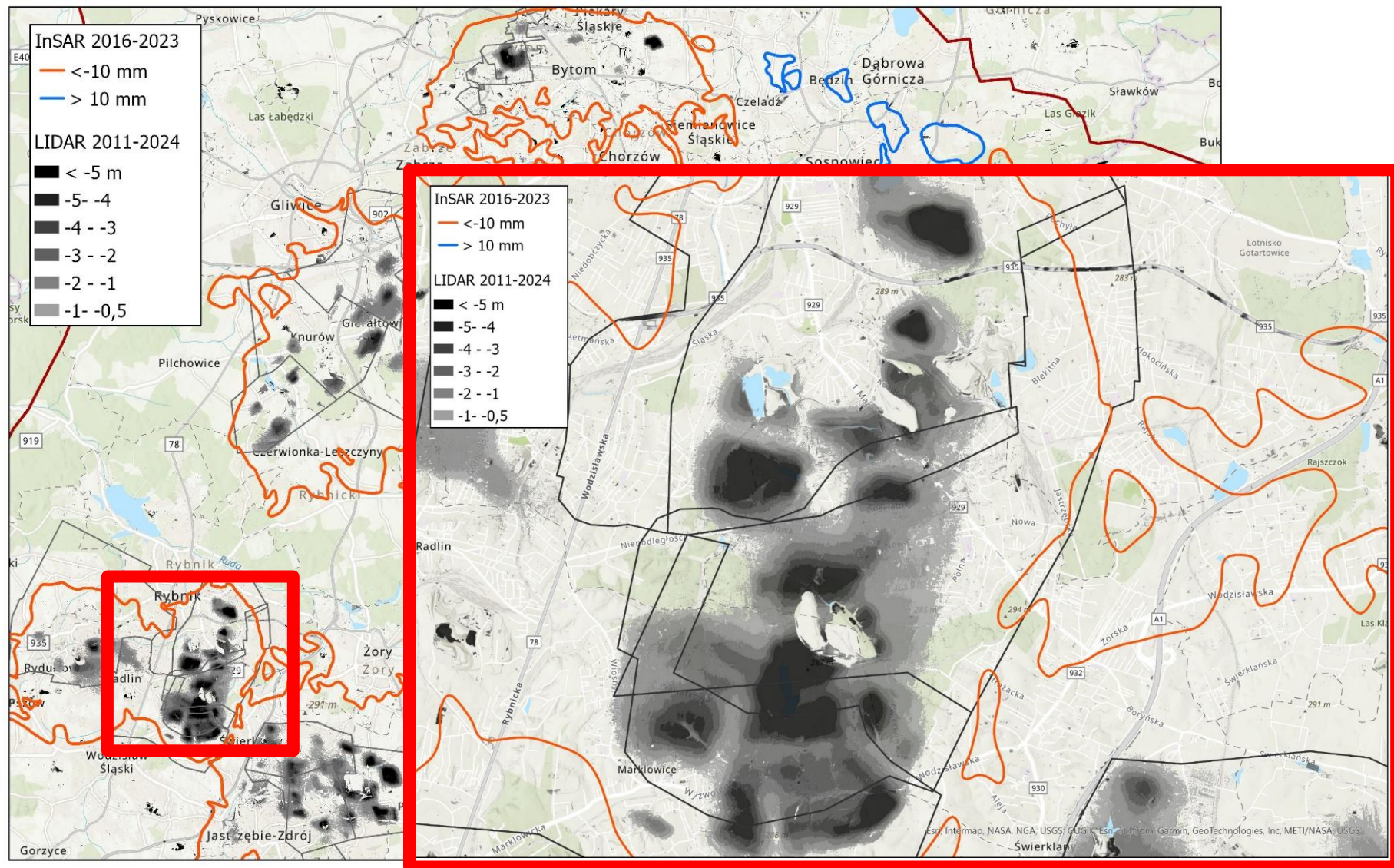
Różnicowy LIDAR



Różnicowy LIDAR



Różnicowy LIDAR





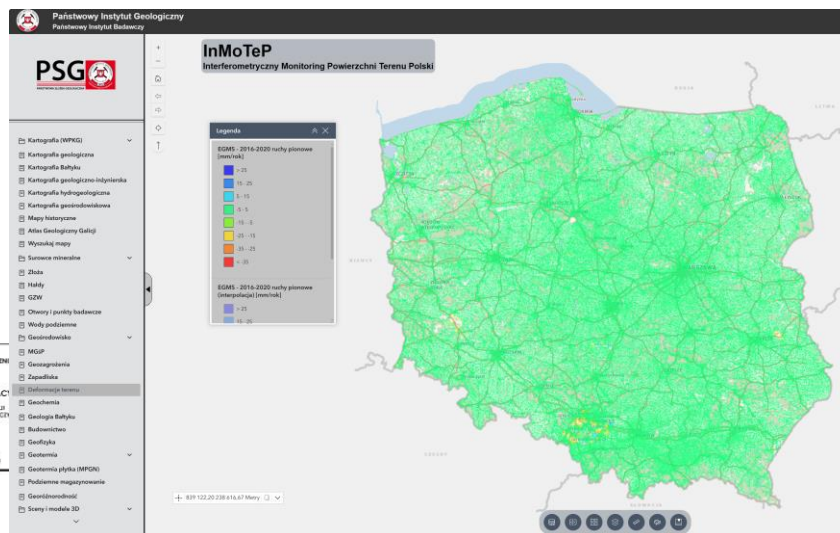
InMoTeP

INTERFEROMETRYCZNY MONITORING
POWIERZCHNI TERENU POLSKI

<https://www.pgi.gov.pl/monitoring-osiadan/o-projekcie.html>



<https://geologia.pgi.gov.pl/>



INTERFEROMETRYCZNY MONITORING POWIERZCHNI TERENU POLSKI (INMOTEP) ETAP II

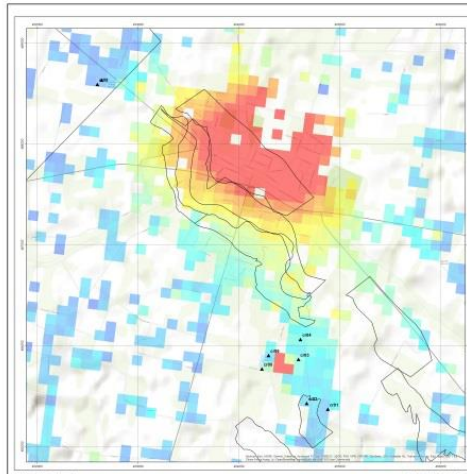
RAPORT ZADANIE 1.2
Analizy deformacji dla terenów o szczególnym
znaczeniu
Górnosląskie Zagłębie Węglowe

Główny autor

dr inż. Maria Przyłucka

Kierown

dr inż. N



NARODOWY FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ



InMoTeP

INTERFEROMETRYCZNY MONITORING POWIERZCHNI TERENU POLSKI

Lokalizacje

Lokalizacja Górnośląskie Zagłębie Węglowe Orawska w Karpatach Wapno Konin Kłodawa

Górnośląskie Zagłębie Węglowe

Obszar Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) znajduje się w południowej części Polski oraz w rejonie ostrawsko-karwińskim w Republice Czeskiej. Całkowita powierzchnia zagłębia wynosi ok. 7250 km², w tym na terenie państwa polskiego ok. 5600 km². Pod względem administracyjnym Górnośląskie Zagłębie Węglowe w obrębie Polski położone jest w województwie śląskim (ponad 70% obszaru) i w województwie małopolskim. W Górnośląskim Zagłębiu Węglowym znajdują się duże złoża różnych surowców mineralnych. Mimo że najbardziej rozpowszechniona jest eksploatacja górnictwa węgla kamiennego, zagłębie posiada także blisko tysiącletnią tradycję eksploatacji złóż galeny, srebra oraz rud żelaza, a eksploatacja galmu dała Polsce jedno z czołowych miejsc wśród górnictw państw świata. Występują tu także surowce skalne, z których największe znaczenie miała eksploatacja plejstoceńskich piasków podszkockich. Na potrzeby przemysłu hutniczego, wapienniczego, cementowego i budowlanego wydobywano w tym rejonie dolomity, wapienie, margle, porfiry i melafiry, a w południowej części Zagłębia znajdują się także złoża solanki. Podziemna eksploatacja węgla kamiennego powoduje duże deformacje powierzchni terenu, aktywne niecki osiadania powodują zniszczenia infrastruktury i stanowią ciągłe zagrożenia. Dzięki satelitarnej interferometrii radarowej, można określać wielkość deformacji na znacznych obszarach z bardzo dużą dokładnością, co jest niemożliwe do osiągnięcia dużo droższymi klasycznymi metodami naziemnymi.

W czasie trwania etapu I projektu InMoTeP opracowano mapę deformacji GZW na podstawie archiwalnych danych radarowych z satelitów ERS-1/2, Envisat, TerraSAR-X oraz Sentinel-1, a także historycznych danych kartograficznych. Mapa ta jest spójnym obrazem złożonych zmian powierzchni terenu tego obszaru w ciągu ostatnich 100 lat i ilustruje współzależność pomiędzy historycznymi nieckami osiadania, dynamiką osiadania w latach 1993-2010 oraz prędkościami współczesnych ruchów (lata 2014-2017).

Dla sporej liczby przypadków współczesne procesy deformacyjne zachodzą w rejonach, gdzie osiadania występują już od ponad 100 lat. Najbardziej wyraźnie widać to na przykładzie północnej jak i południowej strefy osiadania. Duże przynosi deformacji współczesną rejonom, gdzie współczesna prędkość osiadania wynosi 5,0 - 10 mm/rok bądź więcej. Dla wielu obszarów historyczne niecki osiadania nadal podlegają ruchom obniżeniowym - są to właśnie obszary najbardziej narażone na występowanie szkód w budynkach, infrastrukturze komunikacyjnej i przemyśle.

Dokładny opis wyników mapy jest dostępny do przeczytania w raporcie.

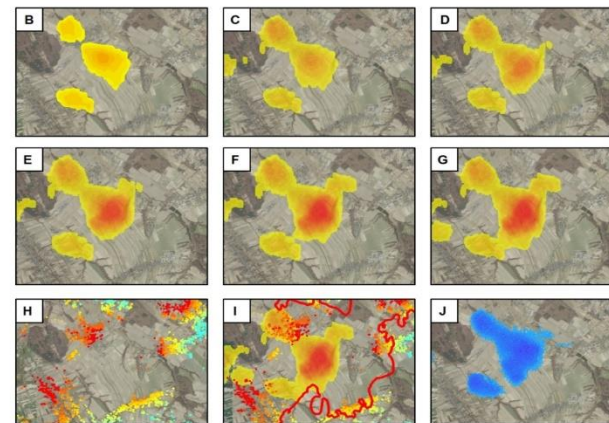
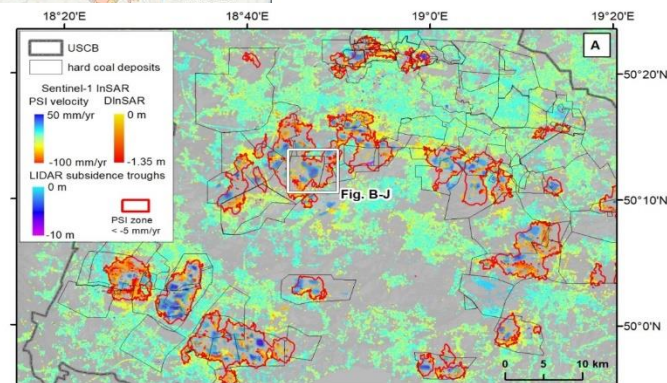
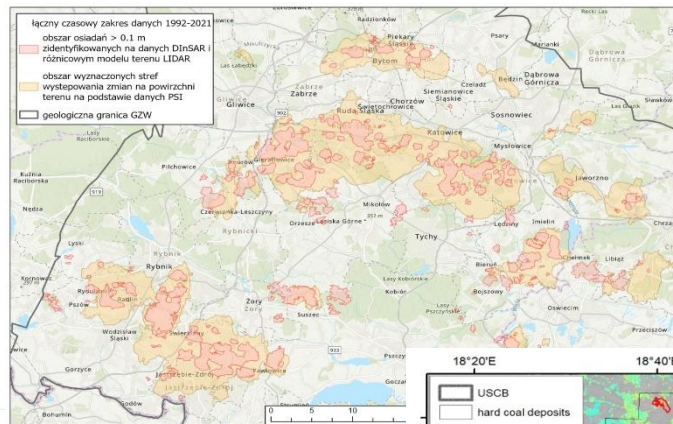
Analiza osiadania w okresie 1992-2012 na podstawie danych InSAR

Do określenia lokalizacji nieek obniżeniowych techniką DInSAR w okresie 1993-2012 wykorzystano trzy zestawy interferogramów na podstawie: archiwalnych scen ERS i Envisat w paśmie C, scen ALOS w paśmie L oraz scen w paśmie X satelity TerraSAR-X. Pozwoliły one na scharakteryzowanie pionowych, szybkich przemieszczeń na obszarze GZW. Prace obejmowały także pięć zestawów danych przetworzonych PSI pochodzących z satelity ERS w paśmie C, z satelity Envisat i z misji TerraSAR-X w paśmie X.

Stworzono mapy skumulowanego osiadania i rozwoju nieek na terenach górniczych poprzez sekwencyjne dodawanie powierzchni przemieszczeń otrzymanych metodą DInSAR. Mapa przedstawiona poniżej uwzględnia osiadanie ze wszystkich wykorzystanych interferogramów różnicowych. Sporządzenie zbiorczego obrazu przemieszczeń pionowych umożliwiło identyfikację miejsc, w których w analizowanym okresie pojawiły się nowe niecki osiadania, zmieniające powierzchnię terenu w sposób typowy dla podziemnych obszarów eksploatacyjnych. Łącznie zidentyfikowano 312,5 km² takich lokalizacji, z czego 18 km² pokrywa się z obszarami zurbanizowanymi. Maksymalne wartości osiadania otrzymane za pomocą techniki PSIInSAR w wykorzystanych zbiorach wyniosły -16 mm/rok (PSI ERS_Rybnik), -23 mm/rok (PSI_Sosnowiec), -28 mm/rok (Envisat_Katowice), -40 mm/rok (PSI ERS_Katowice) i -335 mm/rok (PSI TSX).

Dzięki wykorzystaniu techniki PSIInSAR wyznaczono strefy wpływów górniczych pokazujące obszary, na których wystąpiły powolne, szczytkowe deformacje terenu. Kompleksowe połączenie danych InSAR zawnocowało stworzeniem mapy ilustrującej zasięg i skalę osiadania terenu spowodowanych działalnością górnictwa na Górnym Śląsku w latach 1992-2012. Ostateczna mapa pozwala ocenić wpływ górnictwa na powierzchnię Górnego Śląska na przestrzeni 20 lat przełomu XX i XXI wieku. W połączeniu z danymi topograficznymi może dostarczyć decydującą lokalną i regionalną ogólną informacji o obszarach zagrożonych. Przedstawione opracowanie danych może posłużyć do szczegółowej analizy rozwoju nieek obniżeniowych w wybranych lokalizacjach. Przykład takiej analizy przedstawiono na rysunku poniżej

<https://www.pgi.gov.pl/monitoring-osiedlan/wyberz-lokalizacje.html#gornoslaskie-zaglebie-weglowe>





DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!

maria.przylucka@pgi.gov.pl



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



NARODOWY FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ