RAPORT DRUGI
Z PRAC ANALITYCZNYCH
O DEFORMACJACH TERENU W TRZEBINI

Gminy:	Trzebinia, Jaworzno, Chrzanów
Powiaty:	chrzanowski, Jaworzno
Województwa:	małopolskie, śląskie

Ministerstwo
Klimatu i Środowiska

Warszawa, 17 kwietnia 2023 r.

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
tel. (+48) 22 45 92 000, fax (+48) 22 45 92 00, biuro@pgi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie,
XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099; **NIP** 525-000-80-40

Centrum Geozagrożeń
ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków,
tel. (+48) 12 290 13 99, fax (+48) 12 290 13 88

www.pgi.gov.pl

Raport opracowali:

dr Tomasz Wojciechowski
dr Janusz Jureczka
dr Maria Przyłucka
dr Zbigniew Perski
dr Marcin Wódka
dr Sylwester Kamieniarz
dr Rafał Sikora
mgr inż. Mariusz Zając
dr Krzysztof Karwacki
dr Piotr Nescieruk
dr inż. Jarosław Kos
mgr Włodzimierz Krieger
dr Weronika Nadłonek
mg inż. Michał Rolka
mgr Remigiusz Maślanka

1. WSTĘP

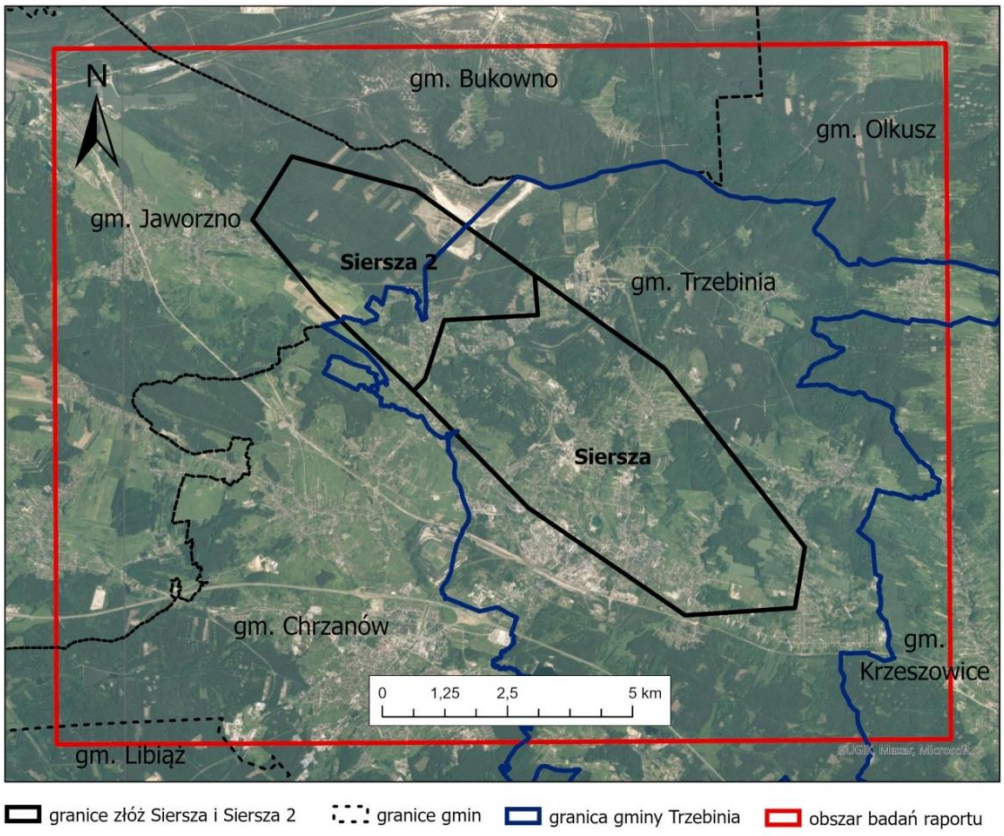
Na prośbę Pana Piotra Dziadzio, Podsekretarza Stanu w Ministerstwie Klimatu i Środowiska, Głównego Geologa Kraju z dnia 16.02.2023 r. (znak pisma DNGS-WPN.70.2.2023.MLD), Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) podjął się wykonania prac mających na celu rozpoznanie problemu pojawiających się zapadlisk w Trzebini. Prace te realizowane są w ramach zadań państwowej służby geologicznej (psg) pn. „Interferometryczny Monitoring Powierzchni Polski (InMoTeP) – etap II" oraz „Wsparcie działań Ministra właściwego ds. środowiska oraz innych organów administracji państwowej w postaci: ekspertyz, opinii, analiz, raportów, recenzji, prezentacji i innych w zakresie geologii (kontynuacja zadania)", które finansowane są przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW). W ramach podjętych działań przewidziano:

1. przeprowadzenie analizy przedmiotowego obszaru z wykorzystaniem satelitarnej interferometrii radarowej, która dostarczy danych o ewentualnych deformacjach ciągłych (osiadaniach), które często towarzyszą deformacjom nieciągłym (zapadliska);
2. wykorzystanie archiwalnych danych radarowych z lat 1992-2010 oraz 2013-2022. Przeprowadzenie analizy dla obszarów niezalesionych i zurbanizowanych;
3. wykonanie raportu dotyczącego ewentualnych deformacji terenu obszaru Trzebini obejmujący stosowną mapę deformacji wraz z objaśnieniami.
4. przeprowadzenie analizy numerycznych modeli terenu (NMT) wygenerowanych na podstawie danych lotniczego skaningu laserowego (ALS), które pozyskano w latach 2011, 2014, 2019, 2022 (interpretacja form zapadliskowych, obliczenie tzw. modeli różnicowych przedstawiających zmiany wysokościowe powierzchni terenu, jakie zaszły w ostatniej dekadzie, interpretacja powierzchniowych uskoków pogórniczych, rozwój niecek osiadań) oraz analiz zdjęć lotniczych;
5. wykonanie bazy danych wektorowych (format shp.) oraz zobrazowań różnicowych na bazie danych ALS;
6. przeprowadzenie terenowych prac kartograficznych i inwentaryzacyjnych polegających na kompleksowej identyfikacji zapadlisk i innych deformacji terenu dla całego obszaru oddziaływania byłej kopalni „Siersza", ze szczególnym uwzględnieniem obszarów płytkiej eksploatacji węgla do 80 m.;
7. wykonanie mapy deformacji nieciągłych w skali 1:10 000 wraz z objaśnieniami uwzględniającymi analizy jakościowe i ilościowe;
8. zinwentaryzowanie każdego niezlikwidowanego zapadliska za pomocą naziemnego skaningu laserowego oraz pomiarów fotogrametrycznych z niskiego pułapu (dron);
9. przeprowadzenie analizy geologicznej obszaru złoża węgla kamiennego Siersza, w zasięgu eksploatacji zlikwidowanej kopalni „Siersza", ze szczególnym uwzględnieniem płytkiej eksploatacji do głębokości ok. 80 - 100 m., w oparciu o profile wierceń w zakresie budowy geologicznej nadkładu serii złożowej

i stropowego 100-metrowego profilu karbonu (ok. 430 otworów) oraz planach/mapach eksploatowanych planów pokładów węgla, w szczególności do głębokości płytkiej eksploatacji – pokłady węgla 206, 207/1, 208, 209-210 i 214, z uwzględnieniem systemu i czasu ich eksploatacji;

10. wykonanie mapy hipsometrycznej powierzchni stropu karbonu, z uwzględnieniem utworów zalegających na stropie karbonu i wychodni karbonu na powierzchnię terenu oraz mapa geologiczna odkrytej po karbon, z uwzględnieniem wychodni pokładów węgla na powierzchnię stropu karbonu. Wykonanie cyfrowania map pokładów węgla oraz mapy stropu karbonu oraz mapy geologicznej odkrytej po karbon;
11. raport uwzględniający wyniki oraz historię eksploatacji i rozpoznania złoża i charakterystyki likwidacji kopalni, budowę geologiczną, w szczególności nadkładu serii złożowej i stropowego 100-metrowego profilu karbonu, opis warunków hydrogeologicznych oraz charakterystykę udokumentowanych obszarów płytkiej eksploatacji wraz z określeniem potencjalnych obszarów eksploatacji niedokumentowanej (tzw. „biedaszybów”);

Raport drugi obejmuje obszar całego złoża Siersza (ryc. 1) i przedstawia wyniki prac w ramach pkt 1-3 (analizy InSAR) oraz 4-5 (analiza ALS). Wraz z raportem przekazano bazę danych dotychczas zinwentaryzowanych zapadlisk w formacie SHP.

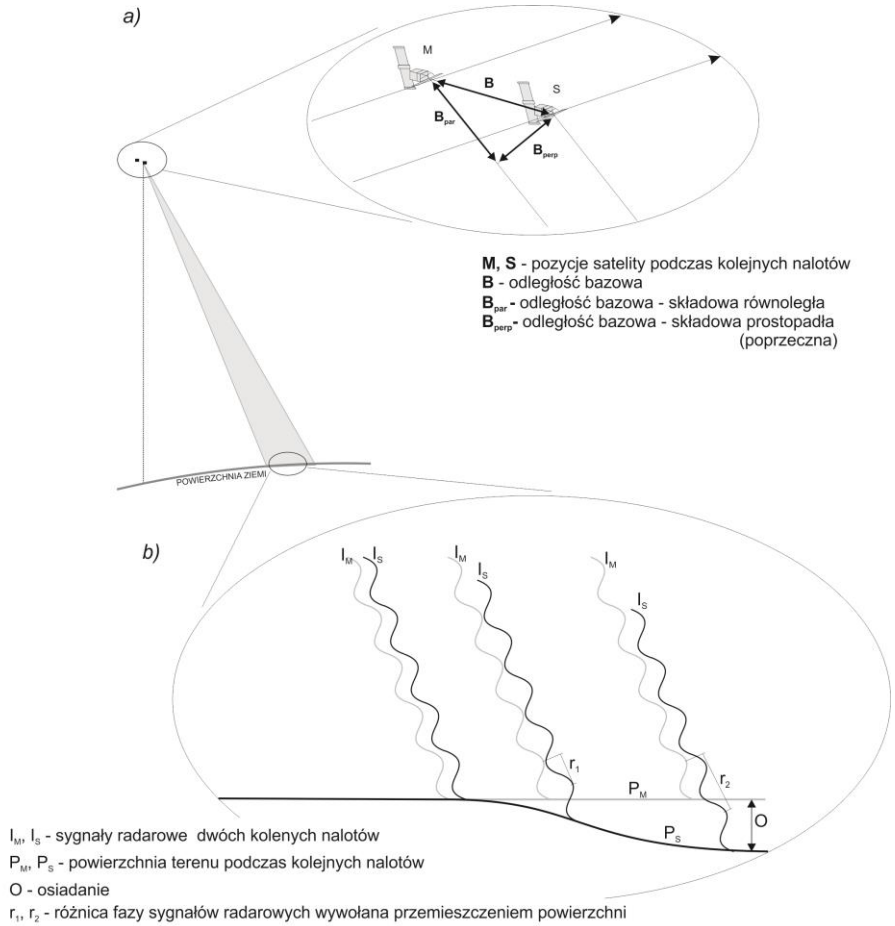


Ryc. 1. Mapa lokalizacyjna obszaru objętego raportem drugim na ortofotomapie (źródło: GUGiK).

2. ANALIZY InSAR

2.1. SATELITARNA INTERFEROMETRIA RADAROWA – OPIS METODY

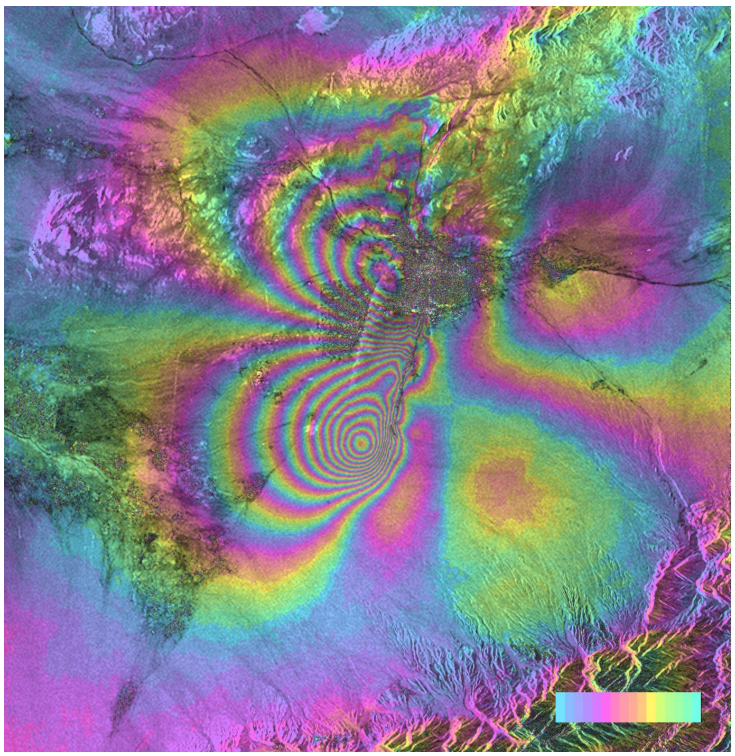
Interferometria SAR (InSAR) to technika służąca do uzyskiwania informacji dotyczących względnych danych wysokościowych (Goldstein et al., 1988). Wykorzystuje ona różnice fazy sygnałów radarowych pochodzących z dwóch obserwacji mikrofalowych typu SAR (Synthetic Aperture Radar) tego samego obszaru (ryc. 2). Dobry przegląd podstaw metodyki, potencjału i obszarów zastosowań InSAR można znaleźć w szeregu prac o charakterze podstawowym (Bamler and Hartl, 1998; Bürgmann et al., 2000; Massonnet and Feigl, 1998; Perski, 1999). Tradycyjna technika InSAR opiera się na wykorzystaniu interferogramów tj. rastrowych zbiorów przedstawiających różnice fazy pomiędzy dwoma rejestracjami SAR. Nazywana jest ona metodą D-InSAR (Differential – InSAR) dla odróżnienia od technik wykorzystujących jednoczesne rejestracje przy użyciu dwóch anten SAR (Bistatic-InSAR). Podsumowując, D-InSAR wykorzystuje rejestracje SAR wykonywane sekwencyjnie za pomocą jednej anteny SAR w czasie kolejnych przelotów satelity nad tym samym obszarem.



Ryc. 2. Geometria i zasada działania D-InSAR.

Przetwarzanie interferometryczne danych SAR polega na obliczeniu różnic fazy na podstawie dwóch zobrazowań SAR. Rezultatem tego przetwarzania jest obraz różnic fazy

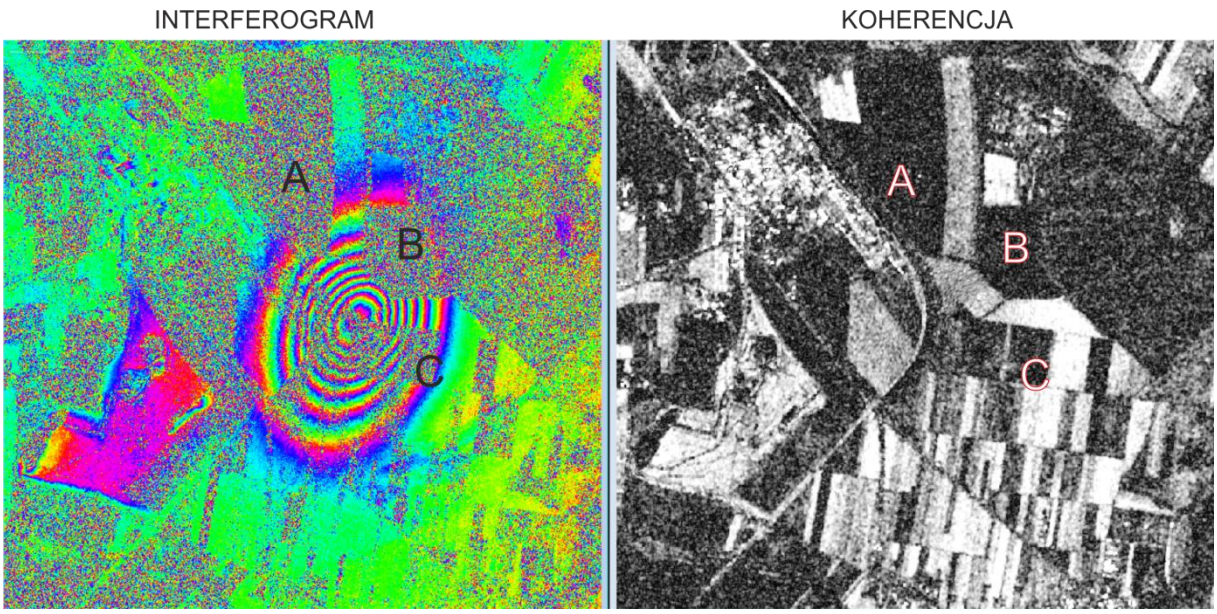
zwany interferogramem. Interferogramy można wizualizować w postaci sekwencji barw odpowiadających różnicom fazy zwanych prążkami interferometrycznymi (ryc. 3).



Ryc. 3. ***Przykład interferogramu. Rejon miasta Bam (Iran) dotkniętego trzęsieniem ziemi 26.12.2003 r. Prążki interferometryczne przedstawiają deformację powierzchni terenu powstałą w wyniku tego trzęsienia. Dane SAR z satelity ENVISAT*** **(Perski, Hanssen 2006)*****. Jedna sekwencja prążków (od niebieskiego do zielonego) odpowiada przemieszczeniu o ok 3 cm w kierunku od satelity. Największa deformacja (11 prążków) odpowiada 33 cm obniżenia terenu.***

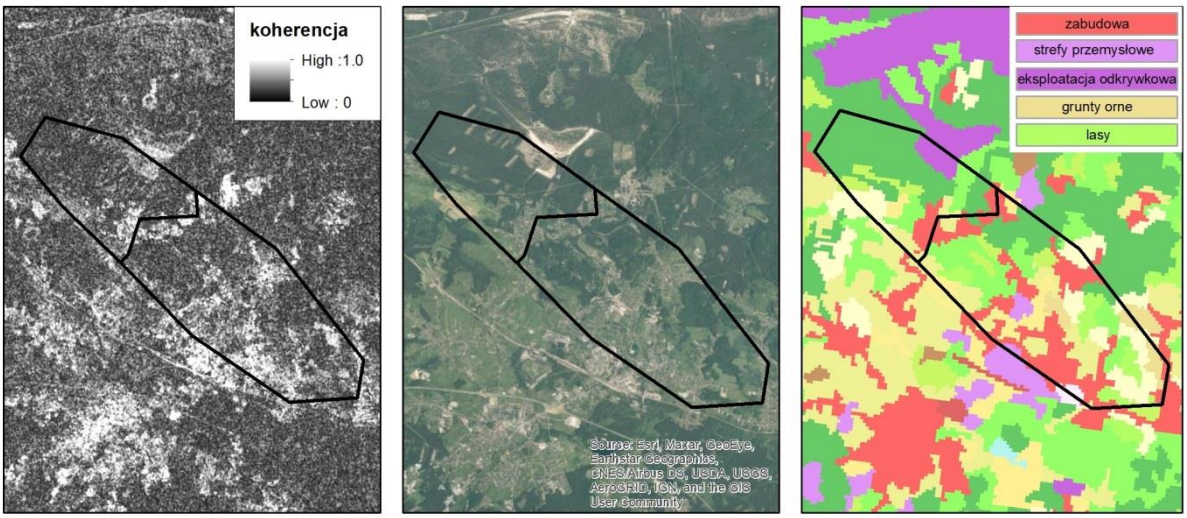
Na degradację jakości interferogramu wpływają błędy atmosfery, szum oraz tzw. koherencja. Jest to wielkość współczynnika korelacji zespolonych wartości sygnału SAR. Największy problem stanowi tzw. dekoherencja czasowa, która związana jest ze zmianami właściwości elektromagnetycznych lub/i pozycją obiektów odbijających fale wewnątrz komórki rozdzielczości czy typem rozpraszania (Perski et al. 2006). Koherencja określa bezpośrednio stopień zgodności fazy sygnałów SAR. Jej wielkość jest zależna bezpośrednio od zakłóceń fazy interferogramu (Cattabeni et al. 1994; Zebker, Villasenor 1992).

Wartość koherencji warunkuje bezpośrednio czytelność generowanego interferogramu: dla obszarów o wysokiej koherencji możliwa jest interpretacja zmian fazy interferogramu (jako np. efektu deformacji, różnic topografii itp.) jak również dalsze jego wykorzystanie w metodyce serii czasowych; dla obszarów o niskiej bądź zerowej koherencji interpretacja interferogramu jest utrudniona bądź często niemożliwa, gdyż pierwotna faza sygnału uległa degradacji przez czynniki techniczne lub środowiskowe (ryc. 4).



Ryc. 4. Wpływ koherencji na jakość interferogramu. Interferogram i koherecja dla obszaru górniczego KWK Bogdanka obliczony na podstawie wysokorozdzielczych danych TerraSAR-X. Zaszumione obszary A, B, C o niewidocznych prążkach interferometrycznych na interferogramie odpowiadają obszarom o słabej koherencji (ciemne).

Na ryc. 5 przedstawiono obraz koherencji 12-dniowego interferogramu satelity Sentinel-1 dla obszaru Trzebini w porównaniu z obrazem ortofotomapy i pokrycia terenu. Tereny o wysokiej koherencji odpowiadają głównie terenom zabudowanym, przemysłowym bądź terenom odkrytym (kopalnie odkrywkowe). Tereny leśne, jak również łąki, pastwiska i grunty orne cechują się niską koherencją. Obraz koherencji dla obszaru badawczego ilustruje miejsca, gdzie wyniki przetworzeń InSAR będą możliwe do uzyskania. Na obszarach pokrytych roślinnością, które stanowią większą część terenu badawczego, informacja o deformacjach za pomocą techniki InSAR nie będzie możliwa do uzyskania, lub będzie mało wiarygodna.



Ryc. 5. Obraz koherencji (lewy) dla typowego 12-dniowego interferogrmau danych Sentinel-1 dla obszaru oddziaływania KWK „Siersza" w zestawieniu z ortofotomapą (środek) i pokryciem terenu Corine Land Cover (prawy). Wysoka koherencja (jasne obszary na obrazie lewym) odpowiadają głównie terenom zabudowanym. Tereny o małej koherencji (ciemne obszary na obrazie lewym) odpowiadają terenom pokrytym roślinnością.

Największe ograniczenia metody InSAR wiążą się z tzw. dekorelacją czasową (stopniową utratą koherencji w czasie), która związana jest ze zmianami właściwości elektromagnetycznych lub/i pozycją rozpraszacza wewnątrz komórki rozdzielczości (Cattabeni et al., 1994; Zebker, Villasenor 1992). Kolejnym ograniczeniem metody InSAR jest występowanie tzw. artefaktów atmosferycznych. Zróżnicowana zawartość pary wodnej w troposferze a także jej turbulentny charakter są źródłem dodatkowej składowej fazowej sygnału nazywanej atmosferycznym obrazem fazy. W przypadku pojedynczego lub jedynie kilku interferogramów dla danego obszaru efekty atmosferyczne są bardzo trudne lub wręcz niemożliwe do usunięcia, stąd uzyskiwane dokładności pomiarowe są często dużo niższe od oczekiwanych (Hanssen, 2005). Z powodu wymienionych ograniczeń praktyczne użycie metody InSAR jest w większości przypadków zredukowane do danych o małych bazach czasowych, przypadków badania zjawisk o dużych przyrostach deformacji zachodzących w czasie pomiędzy kolejnymi rejestracjami, badania obszarów pozbawionych roślinności, przypadków, gdy oba obrazy użyte do konstrukcji interferogramu zostały zarejestrowane w tych samych bądź bardzo zbliżonych warunkach atmosferycznych.

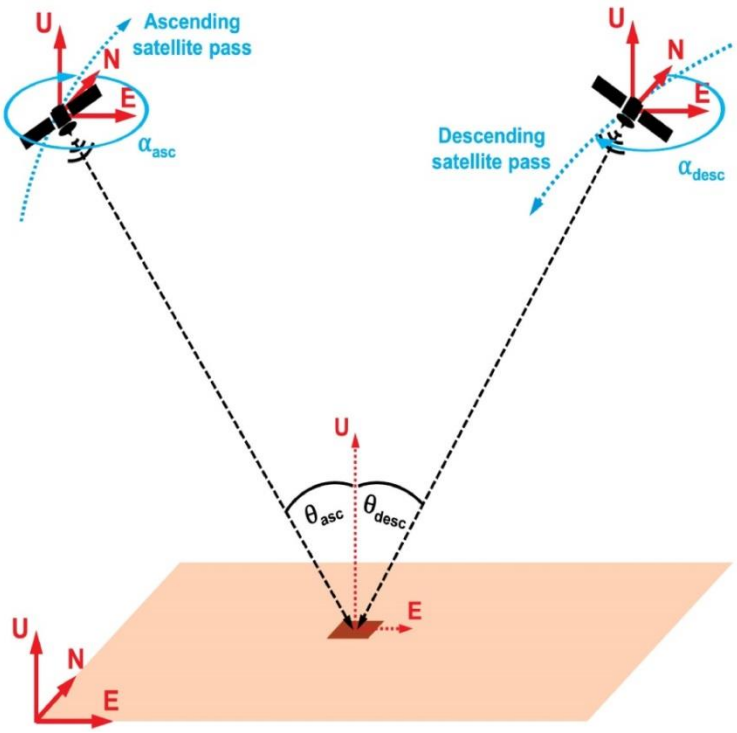
Ominięciem tych ograniczeń są metody bazujące na analizie serii czasowych danych SAR. Celem tych metod jest odtworzenie historii deformacji danego obszaru w oparciu o analizę serii czasowych interferogramów. Takie podejście, zapewniające redundancje danych umożliwia dekompozycję fazy interferometrycznej na składowe i wyznaczenie przyrostów deformacji z bardzo wysoką dokładnością (w granicach nawet 1mm/rok). Serie czasowe interferogramów zawierają sporo obszarów, jak i całych interferogramów, o niskich wartościach koherencji interferometrycznej. Aby móc takie dane wykorzystać należy z nich wyseparować piksele zachowujące wysoką koherencję dla całej serii lub jej części. Piksele o wysokiej koherencji są to tzw. rozpraszacze stabilne (z ang. Persistent Scatterers, PS). W rzeczywistości są to obiekty fizyczne. których odbicie dominuje dla danego piksela. Piksele PS charakteryzują się bardzo stabilną w czasie fazą sygnału radarowego, praktycznie niewrażliwą na zmiany geometrii obrazowania oraz warunki atmosferyczne. Mogą nimi być dachy i narożniki budynków, fragmenty różnego rodzaju konstrukcji (mostów, ogrodzeń, itp.), wysokie słupy telegraficzne czy latarnie oraz specjalnie w tym celu konstruowane reflektory (Perissin et al. 2006). Na terenach pozbawionych obiektów infrastruktury rozpraszacze stabilne stanowią np. wychodnie skał. Właściwości PS omówiono szczegółowo w (Perski et al. 2006).

Metoda przetwarzania Persistent Scatterer Interferometry (PSI) służy do wyznaczania wielkości deformacji na podstawie analizy wieloczasowej serii danych SAR. Wykorzystuje ona właściwości rozpraszaczy stabilnych (PS). Była ona pierwszą opracowaną i wdrożoną w praktyce metodą analiz wieloczasowych SAR (Ferretti et al. 1999). Podstawowym warunkiem prawidłowego przeprowadzenia dekompozycji sygnału i wyłonienia składowej odpowiadającej za deformację jest odpowiednia liczba obserwacji, stąd wymaganie co najmniej 20 interferogramów. Tak duża liczba obserwacji umożliwia dokładne wyznaczenie modelu deformacji oraz modelu obrazu atmosfery (APS). Należy podkreślić, że w metodzie

PSI, podobnie jak w przypadku InSAR mamy do czynienia z wyznaczeniem wartości deformacji o charakterze względnym, tak w czasie, jak i przestrzeni. Na wstępie przetwarzania konieczny jest wybór tzw. sceny referencyjnej, będącej jednocześnie odniesieniem czasowym dla wszystkich pozostałych obserwacji. Wyboru tego dokonuje się w taki sposób, aby bazy czasowe i geometryczne pomiędzy sceną referencyjną i pozostałymi były jak najmniejsze.

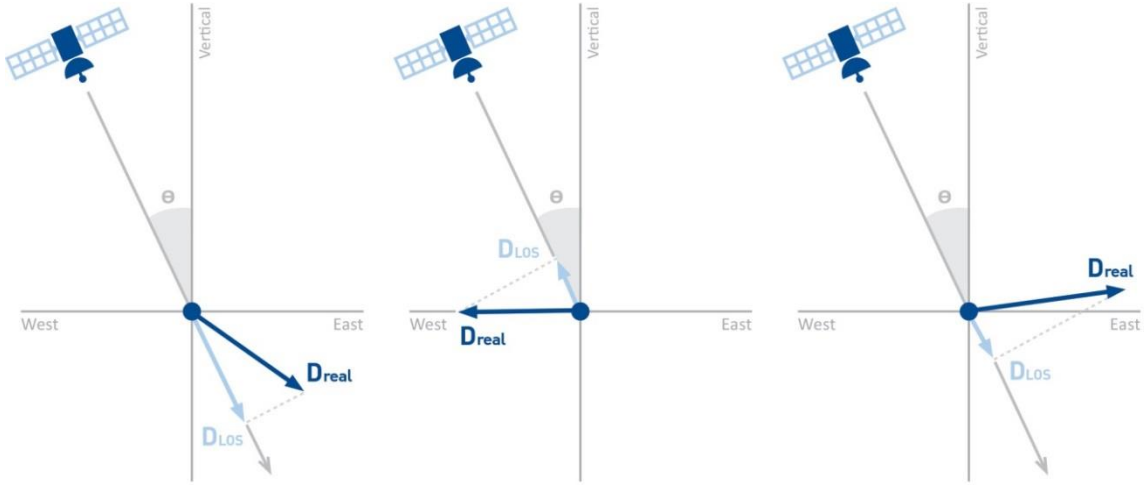
Kluczowym elementem metody PSI jest wykrycie rozpraszaczy stabilnych PS a następnie wyodrębnienie informacji fazowej dla tych właśnie punktów. Jednym z najistotniejszych ograniczeń tej metody pomiarowej jest brak możliwości zaplanowania rozmieszczenia punktów pomiarowych nazywanych stabilnymi rozpraszaczami. Lokalizacja ich zależy od właściwości obiektów znajdujących się na terenie. Wyniki przetwarzania ściśle zależą od koherencji. W konsekwencji wszelkie gwałtowne zmiany w charakterystyce odbicia sygnału w obrębie analizowanej serii czasowej powodują utratę koherencji a tym samym informacji o ewentualnych przemieszczeniach. Zmiany charakterystyki odbicia mogą być powodowane przez szereg czynników takich jak: wzrost roślinności, zmiany ulistnienia, zmiany wilgotności, pojawianie się i zanikanie pokrywy śnieżnej. Do zmian środowiskowych wywołujących utratę koherencji zaliczyć można również roboty ziemne, prace budowlane i rozbiórkowe a także pojawianie się zapadlisk. Najlepszą koherencją, a tym samym największą gęstością punktów charakteryzują się obszary pozbawione roślinności – wychodnie skalne, odkrywki a w warunkach Polski przede wszystkim tereny zurbanizowane, przemysłowe oraz szlaki komunikacyjne.

Wynikowe pomiary deformacji powierzchni terenu są ograniczone do jednowymiarowej (1D) geometrii widoku wzdłuż kierunku propagacji sygnału radarowego satelity, *line-of-sight* (LOS). Geometria „widzenia" satelity LOS jest określona przez kąt padania θ, ang. *incidence angle* (kąt między lokalnym zenitem a wektorem „patrzenia" satelity) oraz kąt kursu satelity α, ang. *satellite heading*. Obserwacje LOS są wykonywane w kierunku prostopadłym do kursu satelity (ryc. 6). Dane mogą być pozyskiwane w dwóch geometriach obserwacyjnych – orbity wschodzącej (ang. *ascending*), kiedy satelita porusza się z południa na północ oraz orbity schodzącej (and. *descending*), kiedy satelita porusza się z północy na południe.



Ryc. 6. Schemat geometrii obrazowania SAR (Fuhrmann i Garthwaite, 2019).

Należy mieć na uwadze, iż wyniki pomiaru ograniczone do kierunku LOS będą stanowić przybliżenie rzeczywistych deformacji, gdyż ruchy powierzchniowe zachodzą na ogół w trzech wymiarach przestrzennych (tj. wschód (E), północ (N) i góra (U)). Oznacza to, że analizy InSAR uzyskane w pojedynczej geometrii obserwacyjnej nie są w stanie w pełni uchwycić wielkości i kierunku ruchów powierzchniowych (ryc. 7).



Ryc. 7. Przykład odwzorowania rzeczywistych deformacji (strzałka D_{real}) na kierunek LOS (strzałka D_{LOS}), źródło: https://site.tre-altamira.com/insar/.

Wynikiem przetwarzania PSI jest wektorowy zbiór punktów PS, którym przypisane są wartości średniej prędkości ruchu w kierunku LOS obliczonej względem punktu referencyjnego oraz serie czasowe z względnymi wartościami przemieszczeń obliczonymi dla każdej daty pozyskanego obrazu z okresu rejestracji.

Metoda PSI najlepiej sprawdza się do monitorowania powolnych zmian ciągłych, których linia trenu przyrostu przemieszczenia będzie zbliżona do liniowego. Podstawowym warunkiem prawidłowego przeprowadzenia obliczeń w metodzie PSI jest odpowiednia liczba obserwacji, stąd wymaganie co najmniej 20 interferogramów. Narzuca to konieczność monitorowania danego obszaru podczas każdego przelotu satelity, np. w okresie rocznym lub kilkuletnim.

Celem przeprowadzonych analiz z wykorzystaniem technik satelitarnej interferometrii radarowej było zbadanie deformacji ciągłych w obszarze oddziaływania KWK „Siersza". Metody ty nie nadają się do wykrywania szybko zachodzących deformacji nieciągłych, takich jak zapadliska.

2.2. EUROPEAN GROUND MOTION SERVICE

European Ground Motion Service (EGMS) należy do grupy produktów programu Copernicus służącego do monitorowania powierzchni lądów, a jego wdrożenie powierzono Europejskiej Agencji Środowiska (EEA).

EGMS dostarcza spójnych, regularnych, znormalizowanych, zharmonizowanych informacji dotyczących naturalnych i antropogenicznych ruchów powierzchni terenu w Europie, niezależnie od granic administracyjnych państw, z milimetrową dokładnością. Przemieszczenia są wyznaczane na podstawie analiz szeregów czasowych satelitarnych danych radarowych Sentinel-1 z wykorzystaniem metod interferometrii radarowej: https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/european-ground-motion-service

Serwis udostępnia dane trzech poziomów przetworzenia:

Podstawowy: Mapy prędkości w kierunku obrazowania satelity (line-of-sight) z orbit wschodzącej i schodzącej oddzielnie dla każdego punktu pomiarowego. Produkty podstawowe dowiązane są do lokalnego punktu referencyjnego;

Skalibrowany (produkt L2b): Mapy prędkości w kierunku obrazowania satelity (line-of-sight) z orbit wschodzącej i schodzą oddzielnie w odniesieniu do modelu referencyjnego pochodzącego z danych szeregów czasowych globalnych systemów nawigacji satelitarnej. Skalibrowane produkty są bezwzględne, nie odnoszą się już do lokalnego punktu odniesienia;

Orto (produkt L3): Składowe ruchu (poziome i pionowe) dowiązane do referencyjnego modelu geodezyjnego. Produkty Orto są generowane dla siatki o boku 100 m.

Dla obszaru badawczego obejmującego oddziaływanie byłej kopalni KWK „Siersza" zostały pobrane dane poziomu "Orto" ilustrujące deformacje w kierunku poziomym oraz pionowym w siatce 100 m. Każdy z tych pikseli (punktów stabilnych rozpraszaczy) ma przypisaną wartość średniej prędkości ruchu w podanym kierunku w jednostkach mm na rok oraz wartości szeregów czasowych przemieszczeń w milimetrach pomiędzy każdym pozyskanym obrazem.

Dodatkowo pobrano dane poziomu „Skalibrowany" orbity wschodzącej i schodzącej. Prezentują one deformacje w kierunku obrazowania satelity, a więc nie przeliczone na łatwe w interpretacji wektory deformacji pionowe i poziome, ale odchylone od kierunku pionowego o 29.1° - 46.0°.

2.3. WYKORZYSTANE ZESTAWY DANYCH INSAR DLA OBSZARU ODDZIAŁYWANIA KWK „SIERSZA"

Do analizy deformacji na obszarze gminy Trzebinia, zostały wykorzystane darmowe dane Europejskiej Agencji Kosmicznej. W szczególności wykorzystano sceny:

- z satelitów ERS-1/2 SAR IM Single Look Complex Image, pobrane poprzez ESA User Service Portal Dissemination Service, https://esar-ds.eo.esa.int/;
- z satelity Envisat ASAR Image Mode Single Look Complex Level 1, pobrane poprzez ESA User Service Portal Dissemination Service, https://esar-ds.eo.esa.int/;
- z satelity Sentinel-1A Level-1 Single Look Complex, pobrane poprzez serwis NASA Earth Observation Data, https://search.asf.alaska.edu/;
- wyniki przetworzeń danych Sentienl-1A/B udostępnione poprzez serwis Copernicus European Ground Motion Service (EGMS), EGMS (copernicus.eu).

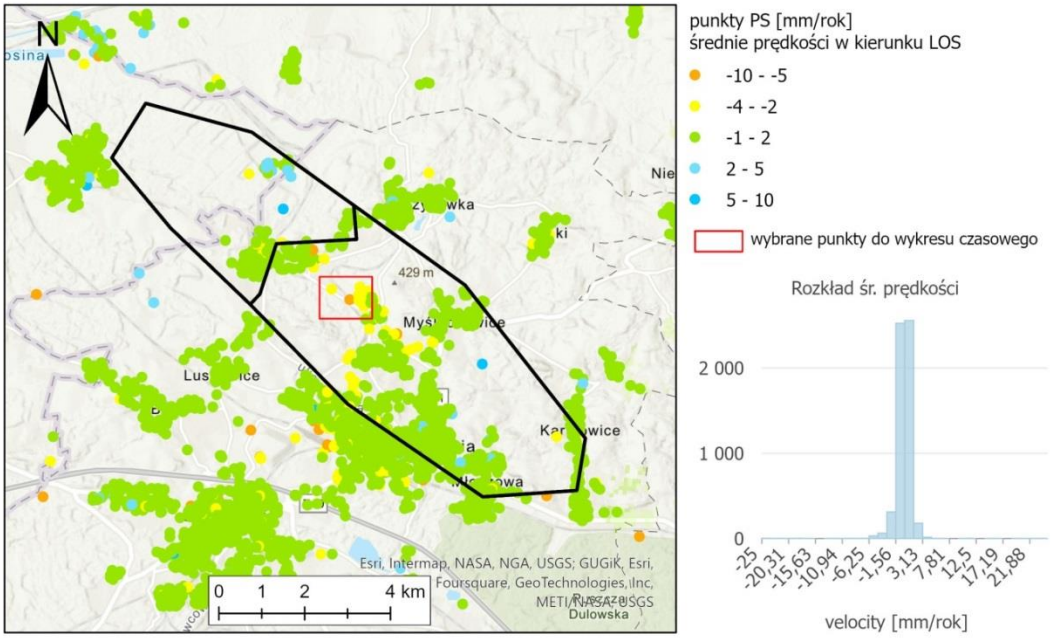
Szczegółowa charakterystyka przetworzonych i wykorzystanych do analizy zestawów danych SAR została przedstawiona w Tabeli 1. Zestawy danych zostały przetworzone w technice PSI przy użyciu oprogramowania ENVI SARScape. Wyniki przetwarzania zostały przedstawione dla każdego zestawu oddzielnie w poniższych podrozdziałach raportu.

Tabela 1. Charakterystyka wykorzystanych zestawów danych SAR

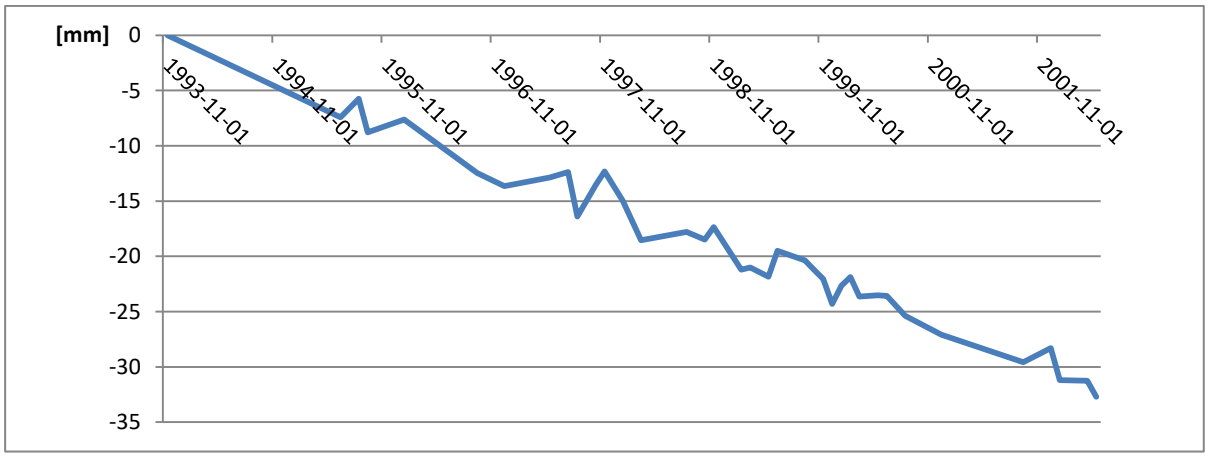
	Nazwa zestawu/ orbital track	Geom. obserwacyjna	Zakres czasowy	Liczba scen w zestawie	Kąt θ [st.]	Liczba PS	Pow. zestawu [km^2]	Śr. gęstość punktów PS [no./km^2]
1	ERS_451	DES	09/11/1993 - 10/05/2002	37	24	5 818	229,35	25
2	ERS_222	DES	30/08/1992 - 09/01/2002	37	21	2 993	169,51	18
3	Envisat_451	DES	01/11/2002 - 06/08/2010	21	24	1 942	172,43	11
4	Envisat_143	ASC	14/11/2002 – 29/05/2009	20	24	1 176	229,35	5
5	Sentinel_124	DES	06/11/2021 - 24/01/2023	35	31	51 792	172,55	300
6	Sentinel_102	ASC	10/12/2021 - 29/12/2022	32	33	58 747	172,55	340
7	EGMS_L2b_051	DES	06/02/2015 - 19/12/2021	348	40	126540	248,24	510
8	EGMS_L2b_102	ASC	09/02/2015 - 22/12/2021	362	33	46 957	248,24	189
9	EGMS_L3_Up	Vert.	05/01/2016 – 10/12/2021	362	nd	5 528	248,24	22
10	EGMS_L3_EW	Horiz.	05/01/2016 - 10/12/2021	362	nd	5 528	248,24	22

2.3.1. Zestaw danych z satelity ERS track 451

W przetwarzaniu archiwalnych danych z lat 1993-2002 wykorzystano 37 scen SAR. Szczegółową charakterystykę zastosowanych baz interferometrycznych stanowi Załącznik 1a. Otrzymano 5 818 punktów PS, których średnie prędkości przemieszczeń w kierunku LOS (odchylonym od pionu o 24 stopnie) dla badanego okresu przedstawiono na ryc. 8. Większość punktów cechuje się wartościami stabilnymi, średnia wartość w zestawie wynosi 0 mm na rok. W centralnej części obszaru oddziaływania KWK „Siersza" widoczne jest skupisko punktów osiadających o wartościach do – 5 mm na rok. Osiadanie zidentyfikowane na punktach PS prawdopodobnie jest związane z prowadzoną w tamtym okresie eksploatacją górniczą. Wykres czasowy względnych zmian przemieszczeń dla wybranych punktów z tego obszaru przedstawiono na ryc. 9.



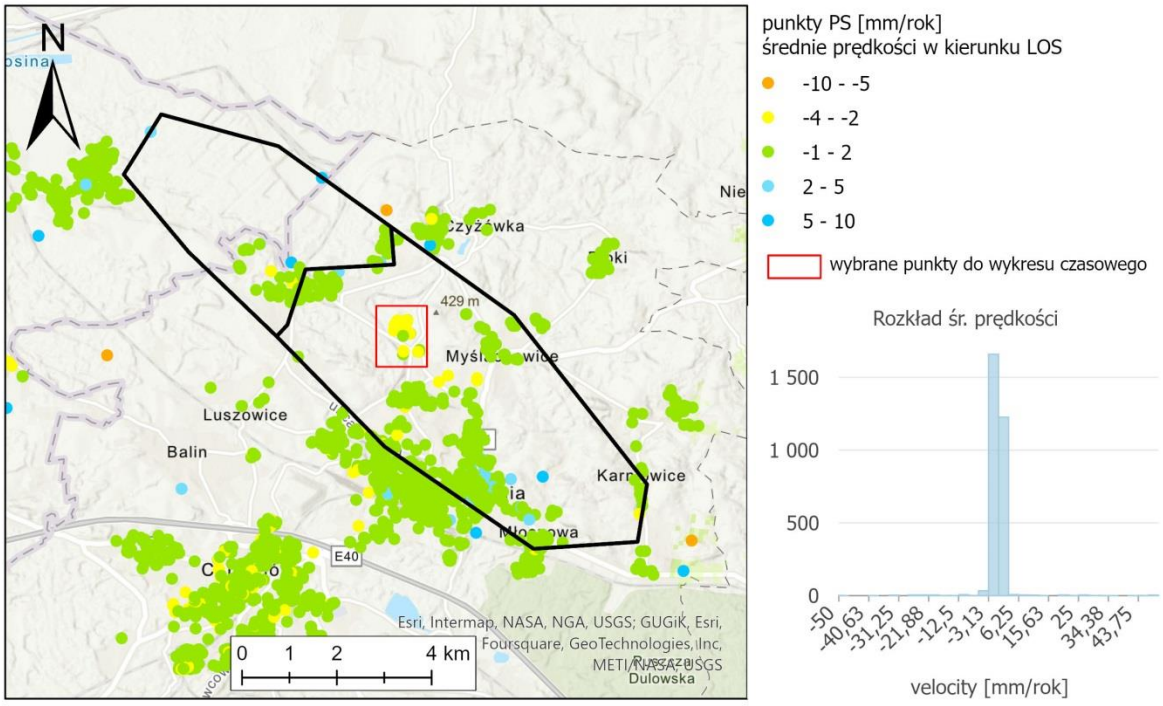
Ryc. 8 Wyniki przetworzenia PS dla danych ERS track 451. Okres 1993-2002. Czerwoną ramką zaznaczono punkty PS dla których wykreślono wykres czasowy względnych zmian położenia (ryc. 9).



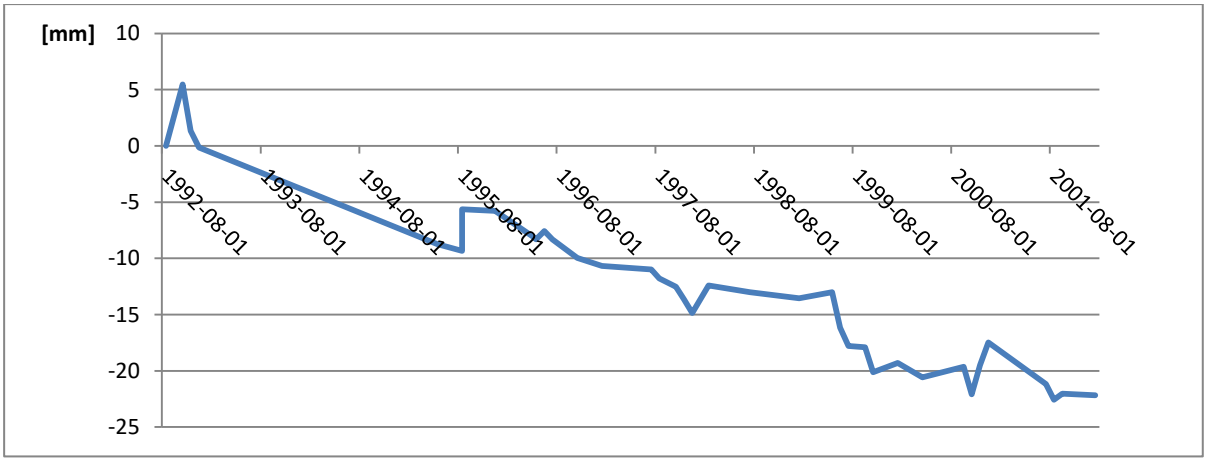
Ryc. 9. Wykres czasowy względnych zmian położenia punktów PS ERS 451 w centralnej części obszaru oddziałwyania KWK „Siersza" (ryc. 8). Uśrednione wartości punktów osiadających.

2.3.2. Zestaw danych z satelity ERS track 222

Drugie przetworzenie archiwalnych scen SAR obejmowało również 37 scen z okresu 1992-2002. Szczegółową charakterystykę zastosowanych baz interferometrycznych stanowi Załącznik 1b. Wynik przetworzenia dał podobny obraz zachodzących zmian na powierzchni terenu jak dla zestawu ERS 451, tz. większa części zbioru punktów PS mieści się w granicach wartości stabilnych od -2 do 2 mm na rok a ich średnia wartość wyniosła również 0 (ryc. 10). Podobnie jak dla zbioru ERS 451, zaobserwowano niewielką grupę punktów osiadających w centralnej części obszaru oddziaływania KWK „Siersza" (punkty żółte), ich wartości nie przekraczają – 5 mm na rok. Wykres czasowy średnich zmian położenia tych punktów został przedstawiony na ryc. 11.



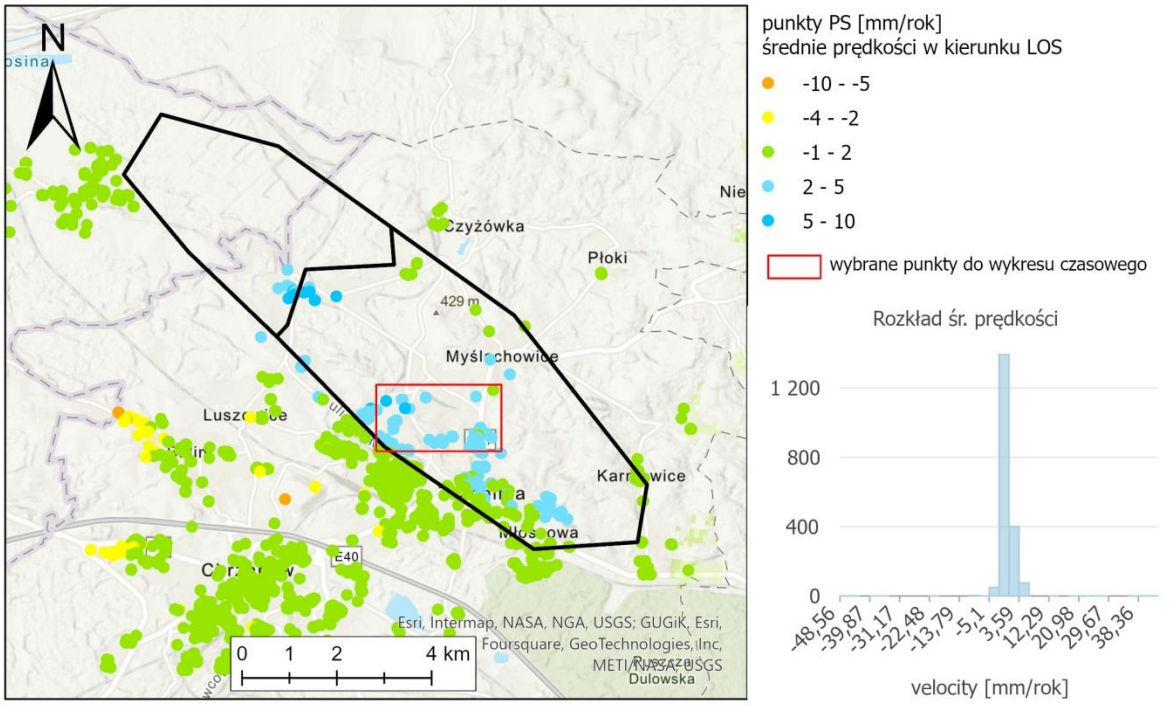
Ryc. 10. Wyniki przetworzenia PS dla danych ERS track 222. Okres 1992-2002. Czerwoną ramką zaznaczono punkty PS dla których wykreślono wykres czasowy względnych zmian położenia (ryc. 11).



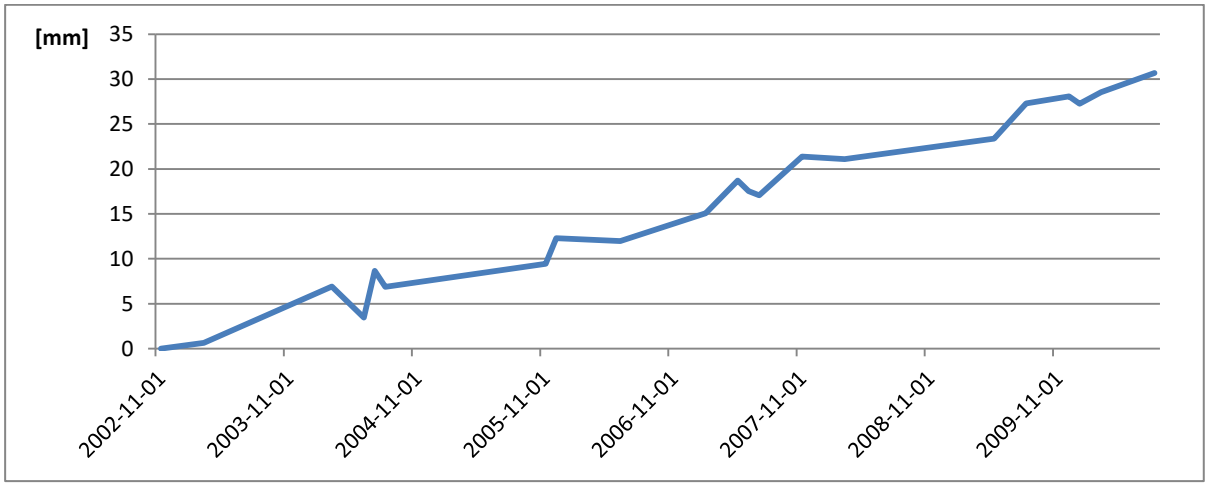
Ryc. 11. Wykres czasowy względnych zmian położenia punktów PS ERS 222 w centralnej części obszaru odziaływania KWK „Siersza" (ryc. 10). Uśrednione wartości punktów osiadających.

2.3.3 Zestaw danych z satelity Envisat track 451

Przetworzenie scen archiwalnych satelity Envisat obejmowało 21 scen z okresu 2002-2010. Szczegółowe zestawienie zastosowanych baz interferometrycznych zawarto w Załączniku 1c. W wyniku przetworzenia otrzymano 1 942 punkty PS, których średnie wartości prędkości przemieszczeń w kierunku LOS przedstawiono na ryc. 12. Obraz zaobserwowanych przemieszczeń różni się od poprzedniego analizowanego okresu (tj. 1992-2002). W centralnej części obszaru odziaływania KWK „Siersza" widoczna jest grupa punktów wykazujących podnoszenie o wartościach do 14 mm na rok. Wykres czasowy uśrednionych względnych zmian położenia punktów PS wykazujących podnoszenie został przedstawiony na ryc. 13. Poza historycznym obszarem górniczym punkty maja wartości stabilne (z wyjątkiem obszaru osiadającego na zachód od niego). Średnia wartość prędkości punktów w całym zbiorze wynosi 0 mm na rok.



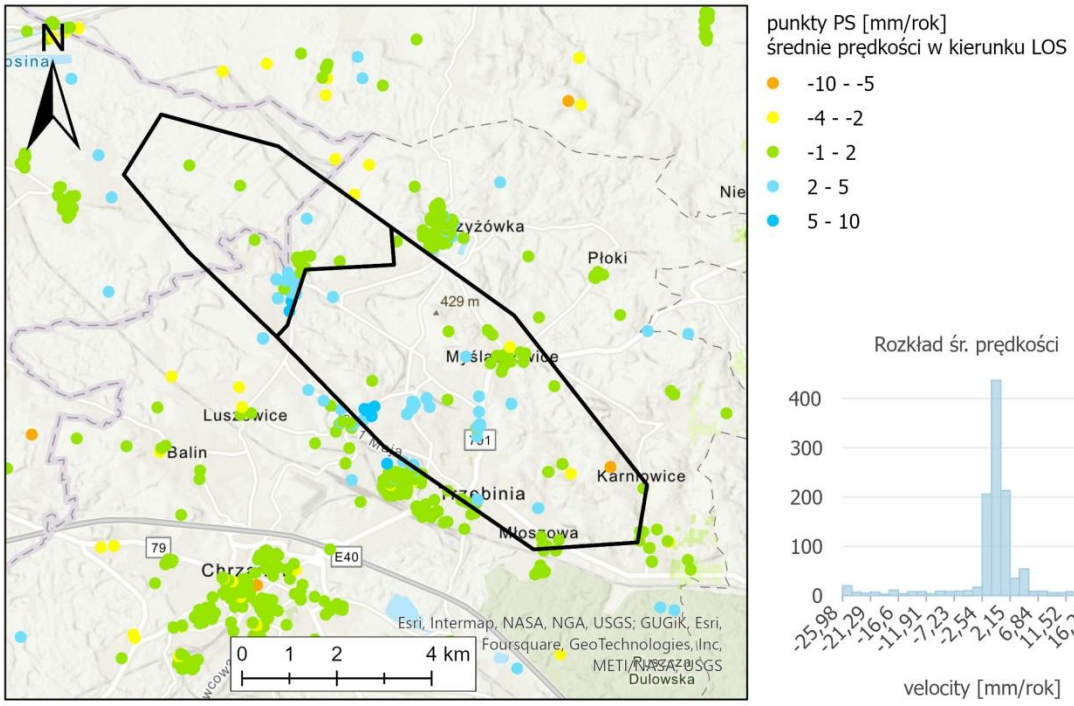
Ryc. 12. Wyniki przetworzenia PS dla danych Envisat track 451. Okres 2002-2010. Czerwoną ramką zaznaczono punkty PS dla których wykreślono wykres czasowy względnych zmian położenia (ryc. 13).



Ryc. 13. Wykres czasowy względnych zmian położenia punktów PS Envisat 451 w centralnej części obszaru odziaływania KWK „Siersza" (ryc. 12). Uśrednione wartości punktów wypiętrzających.

2.3.4. Zestaw danych z satelity Envisat track 143

Drugie przetworzenie scen archiwalnych satelity Envisat obejmowało 20 scen z okresu 2002-2009, pozyskanych z drugiej geometrii obrazowania (Envisat 143 jest to geometria *ascending*, podczas gdy Envisat 451 *descending*, ryc. 6). Szczegółowe zestawienie zastosowanych baz interferometrycznych zawarto w Załączniku 1d. Otrzymano 1 176 punkty PS, których średnie wartości prędkości przemieszczeń w kierunku LOS przedstawiono na ryc. 14. Mimo mniejszej gęstości punktów PS, obraz zaobserwowanych przemieszczeń jest podobny do wyniku Envisat 451, a więc w granicach historycznego obszaru górniczego widoczne są punkty charakteryzujące się niewielkimi wartościami podnoszenia. Poza obszarem górniczym punkty maja wartości stabilne, a średnia wartość prędkości punktów w całym zbiorze wynosi 0 mm na rok.



Ryc. 14. Wyniki przetworzenia PS dla danych Envisat track 143. Okres 2002-2009.

Porównując wyniki otrzymane z opracowania danych ERS-1/2 (zestawy 451 i 222) oraz Envisat (zestaw 451 i 143) dla centrum obszaru odziaływania KWK „Siersza" można zauważyć zmianę kierunku wektora deformacji ciągłych. Moment zmiany trendu (z obniżania na podnoszenie) koreluje się w czasie z okresem wygaszania eksploatacji i zamykania kopalni (2001/2002). Wartości ruchów w obu przypadkach są niewielkie (max do kilku mm/rok) ale jednoznaczne, potwierdzone na podstawie niezależnego opracowania odrębnych zestawów danych. Z uwagi na niewielką liczbę archiwalnych scen spełniających wymagania interferometrii nie jest możliwe bardziej szczegółowe prześledzenie tego zjawiska w czasie i przestrzeni.

2.3.5. Zestaw danych z satelity Sentinel track 124

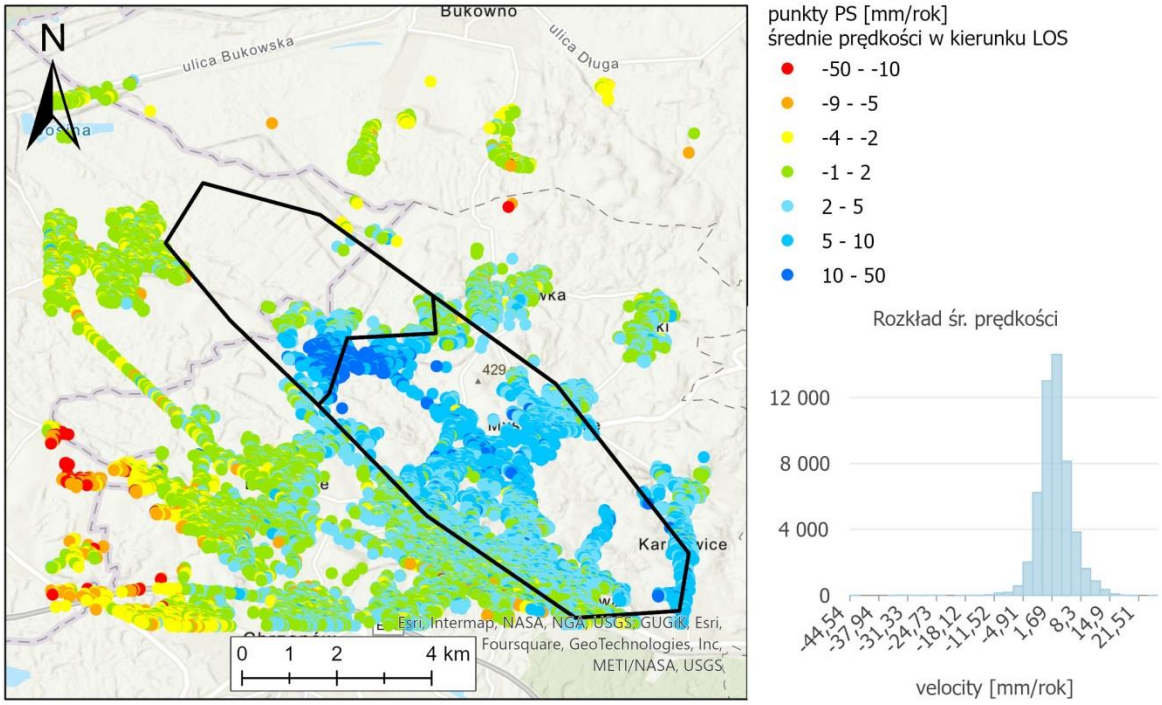
Wykonane w ramach opracowania przetworzenia scen satelity Sentinel-1 stanowią

obraz deformacji jakie miały miejsce w roku 2022 (Tabela 1, wiersze 5-6). Przetworzenia obejmujące wcześniejszy okres od 2015 do 2021 roku zostały pobrane z serwisu EGMS (Tabela 1, wiersz 7-10).

Przetworzenie scen z okresu 11.2021-01.2023 dla ścieżki 124 obejmowało 35 scen. Szczegółowe zestawienie zastosowanych baz interferometrycznych zawarto w Załączniku 1e. Otrzymano łącznie 51 792 punkty, których średnie prędkości przemieszczeń w kierunku LOS zaprezentowano na ryc. 15. Średnia wartości punktów w zbiorze wynosi 2 mm na rok, wartość minimalna -44 a maksymalna 25 mm na rok. Punkty znajdujące się w granicach obszarów górniczych wykazują niewielkie podnoszenie. W zachodniej części obszaru opracowania jest widoczne skupisko punktów osiadających związane najprawdopodobniej z eksploatacją KWK Janina w Libiążu.

Należy zwrócić uwagę na fakt ponad dziesięciokrotnie większej gęstości punktów PS niż w przypadku scen archiwalnych. Wynika ona głównie z krótkiej bazy czasowej pomiędzy interferogramami (12 dni), dzięki której identyfikacja punktów PS jest bardziej efektywna. Gęstość punktów ułatwia identyfikację obszaru, na których zachodzą przemieszczenia, jednakże ponieważ oba przetworzenia współczesnych danych Seninel-1 zawierają wartości w kierunku LOS (a nie rzeczywiste deformacje w kierunku pionowym bądź poziomym), zdecydowano wykorzystać je tylko do ogólnej analizy ruchów zachodzących w ostatnim roku. Mapa deformacji została wykonana na podstawie danych EGMS dla kierunku pionowego, co zostało omówione w dalszej części raportu.

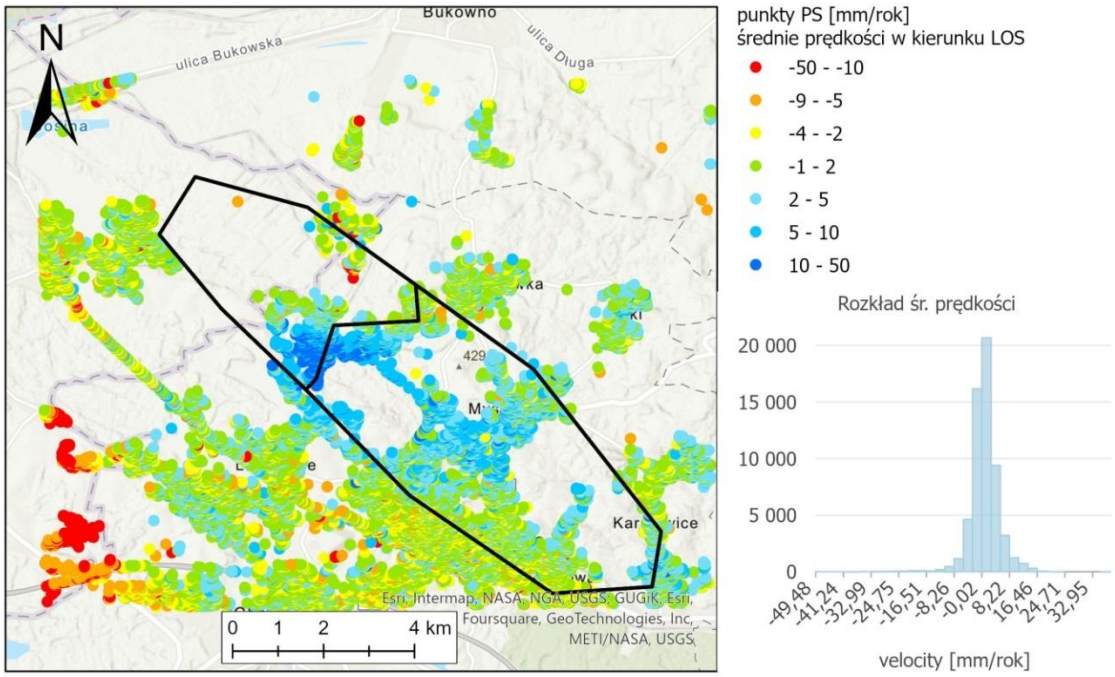
Niemniej jednak dane zestawu Sentinel track 124 z roku 2022, pozwalają jednoznacznie stwierdzić, iż na badanym obszarze wciąż zachodzą niewielkie ciągłe dodatnie deformacje o charakterze podnoszenia.



Ryc. 15. Wyniki przetworzenia PS dla danych Sentinel track 124. Okres 2022.

2.3.6. Zestaw danych z satelity Sentinel track 102

Przetworzenie scen Sentinel ścieżki 102 obejmowało 32 sceny z okresu 12.2021-12.2022. Szczegółowe zestawienie zastosowanych baz interferometrycznych zawarto w Załączniku 1f. W wyniku przetworzenia otrzymano 58 747 punkty o średnich wartościach prędkości od -67 do 38 mm na rok, dla których wartość średnia wynosi 0 mm/rok (ryc. 16). Ogólny, przestrzenny obraz przemieszczeń jest podobny jak dla zestawu Sentinel track 124 (Tabela 1, wiersz 5). Różnica w poszczególnych wartościach wynika z innej geometrii obserwacyjnej satelity. Zestaw danych Sentinel ścieżki 124 został zarejestrowany z orbity *descending*, podczas gdy zestaw Sentinel track 102 z orbity *ascending* (ryc. 6). Niemniej jednak również na tym zbiorze danych widoczny jest zbiór punktów o charakterze wypiętrzającym znajdujących się w granicach historycznego obszaru górniczego KWK „Siersza".



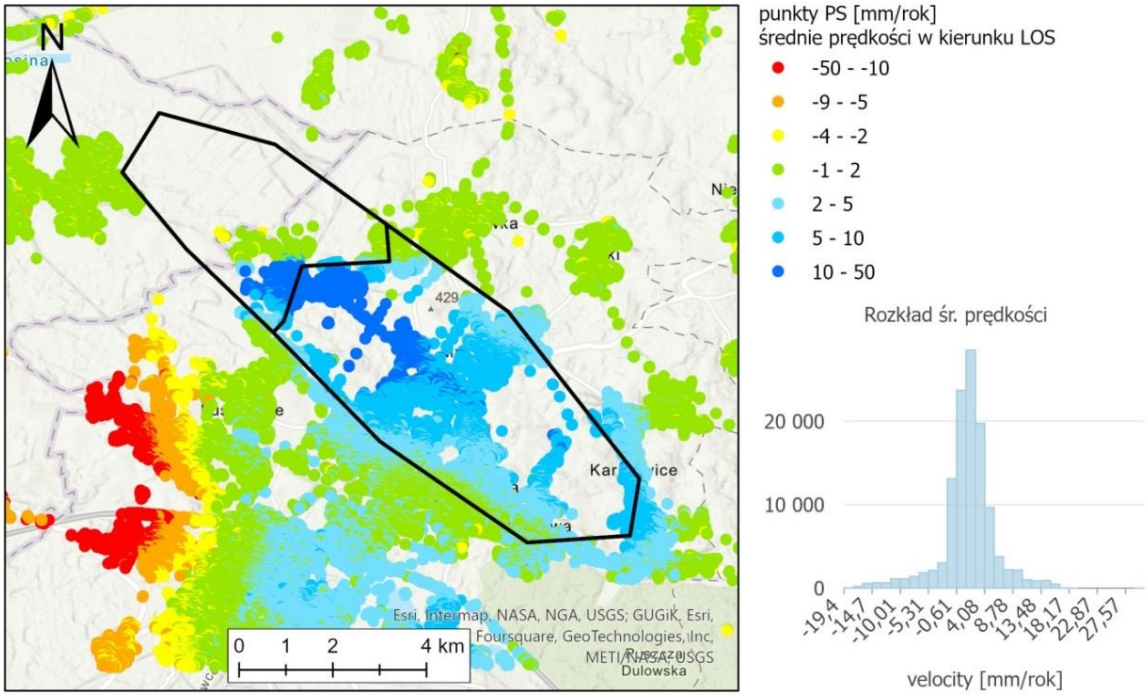
Ryc. 16. Wyniki przetworzenia PS dla danych Sentinel track 102. Okres 2022.

2.3.7. Zestaw danych z serwisu EGMS_L2b track 051

Dane z serwisu European Ground Motion Service z poziomu 2b są to dane skalibrowane do wspólnego układu odniesienia dla obszaru całej Europy, ale zawierające informacje o przemieszczeniach w kierunku LOS. Dane dla okresu 2015-2021 zostały pobrane dla obu geometrii obrazowania satelity (*descending* - track 051, oraz *ascending* track 102) w celu porównania wartości otrzymanych dla tych geometrii dla roku 2022 (zestaw danych Sentinel track 124 oraz Sentinel track 102). Właściwe wartości deformacji przeliczone dla kierunku pionowego i poziomego stanowią zestawy EGMS_L3, omówione w podrozdziale 2.3.9 i 2.3.10. Dane w kierunku LOS mają charakter pomocniczy, ze względu na większą gęstość punktów obserwacyjnych.

Zestaw EGMS_L2b track 051 stanowi 126 540 punktów PS o wartościach od -20 do 30 mm na rok, których średnia wartości wynosi 1 mm/rok (ryc. 17). Dane zostały przetworzone

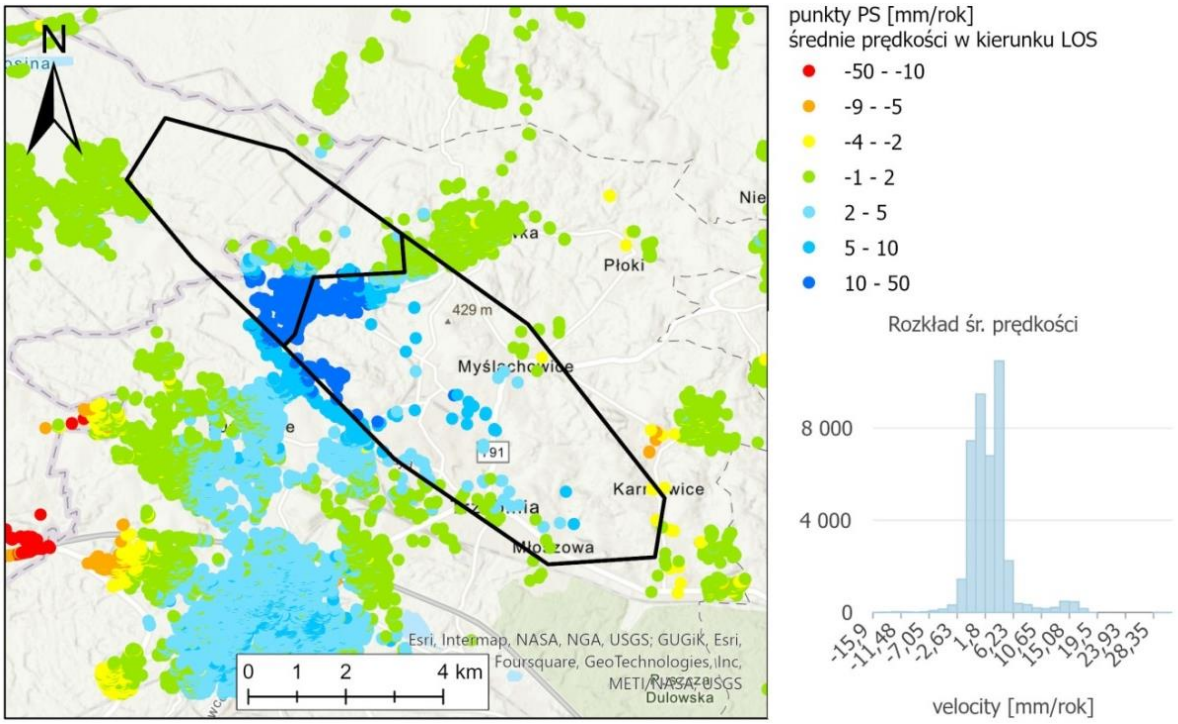
dla okresu 2015-2021. Punkty znajdujące się w granicach obszaru odziaływania KWK „Siersza” wykazują stałe, niewielkie podnoszenie, natomiast w zachodniej części obszaru opracowania występuje niecka osiadania, która jak wcześniej wspomniano związana jest z podziemną eksploatacją węgla kamiennego prowadzona przez KWK Janina.



Ryc. 17. Zestaw danych EGMS_L2b track 051. Okres 2015-2021.

2.3.8. Zestaw danych z serwisu EGMS_L2b track 102

Zestaw danych EGMS_L2b track 102 zawiera 46 957 punktów o wartościach średnich przemieszczeń w kierunku LOS dla okresu 2015-2021 od -27 do 31 mm na rok (średnia wartość 2 mm/rok). Podobnie jak dla zestawu EGMS_L2b track 051, widoczne jest niewielkie podnoszenie w granicach byłego obszaru górniczego, z tym że w tej geometrii obrazowania satelity punkty wykazują ruch do satelity również na południe od obszaru odziaływania KWK „Siersza”, niemniej jednak ich wartości są małe, do 5 mm na rok, (ryc. 18).



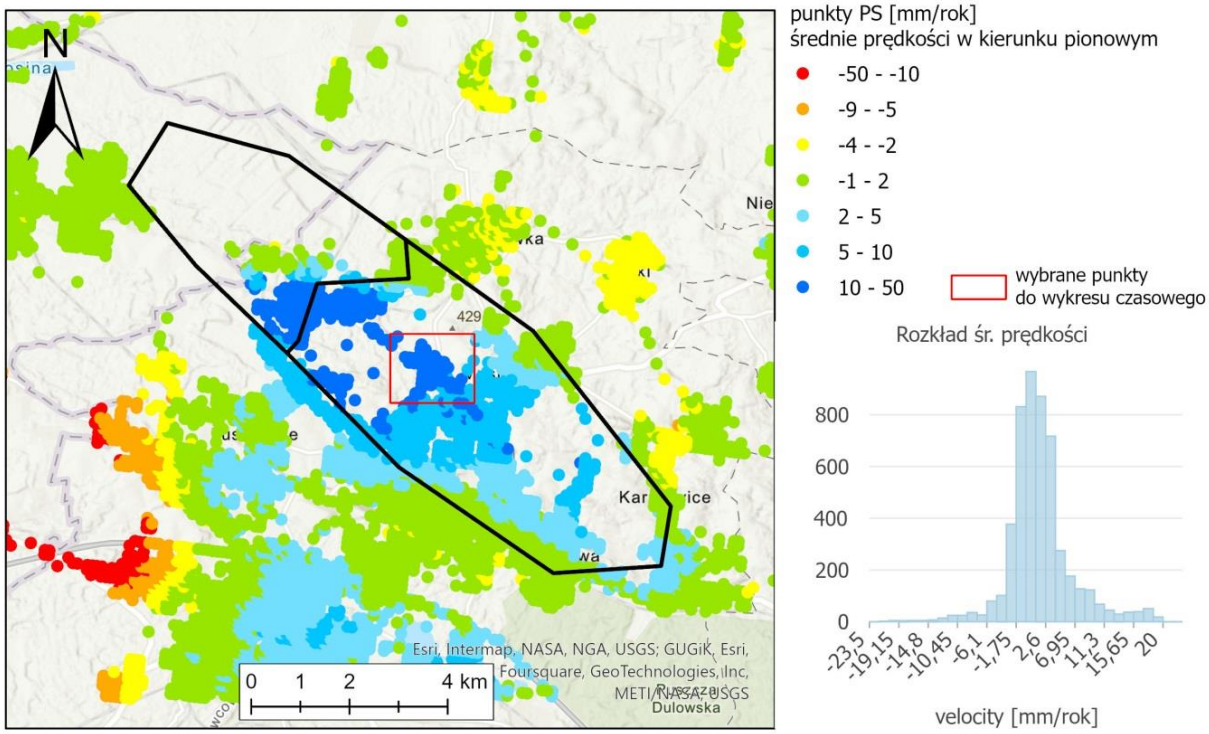
Ryc. 18. Zestaw danych EGMS_L2b track 051. Okres 2015-2021.

2.3.9. Zestaw danych z serwisu EGMS_L3 kierunek pionowy (Up-Down)

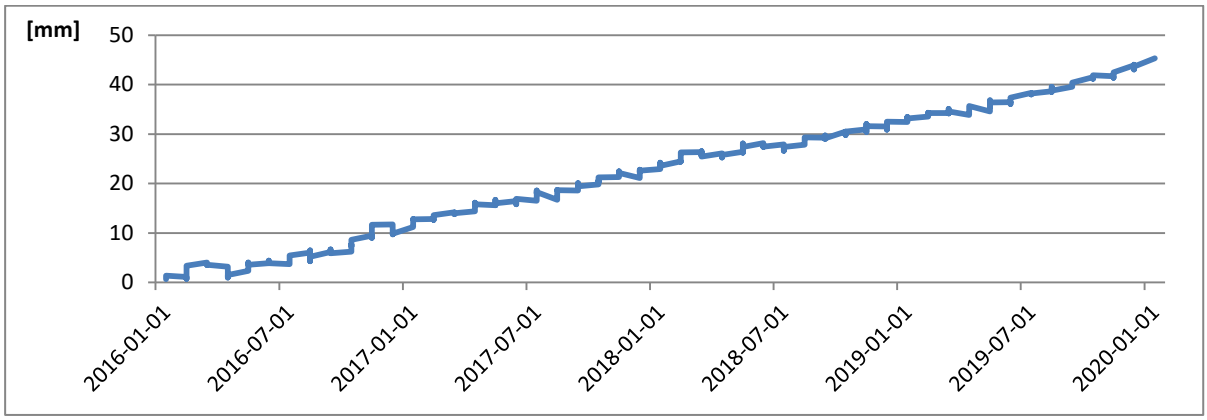
Zestawy danych EGMS poziomu L3 stanowią średnie prędkości przemieszczeń przeliczone dla kierunku pionowego oraz poziomego w siatce 100 m. Zastosowanie regularnej siatki wynikowego zestawu danych skutkuje zmniejszeniem średniej gęstości ostatecznie wybranych pikseli w stosunku do danych w kierunku LOS poziomu L2b. Niemniej jednak krótki czas rewizyty konstelacji satelitów Sentinel-1 (6 lub 12 dni) umożliwił otrzymanie relatywnie gęstego zbioru danych, który dobrze ilustruje współczesne deformacje ciągłe zachodzące na obszarze opracowania. Obszary dla których nie otrzymano informacji są to obszary pokryte roślinnością, cechujące się małą koherencją (ryc. 5).

Zestaw danych EGMS_L3 kierunek pionowy obejmuje okres od 2016 do 2021 roku i zawiera 5 528 punktów o wartościach od -23 do +22 mm na rok, ze średnią wartością +1 mm/rok. Jak zostało to zauważone również na poprzednich zestawach danych, w centralnej części obszaru opracowania występuje niewielkie, ciągłe podnoszenie, którego granice wychodzą poza historyczny obszar górniczy KWK „Siersza” (ryc. 19). Zidentyfikowane na punktach PS pionowe deformacje mają wartości w granicach 20 mm na rok.

Wykres czasowy uśrednionych zmian położenia wybranych punktów o charakterze wypiętrzającym znajdujących się w centralnej części obszaru oddziaływania KWK „Siersza” został przedstawiony na ryc. 20. Wykres ilustruję charakter deformacji zachodzących w rejonie opracowania. Są to niewielkie, ciągłe przemieszczenia w kierunku pionowym, których trend jest bardzo zbliżony do liniowego.



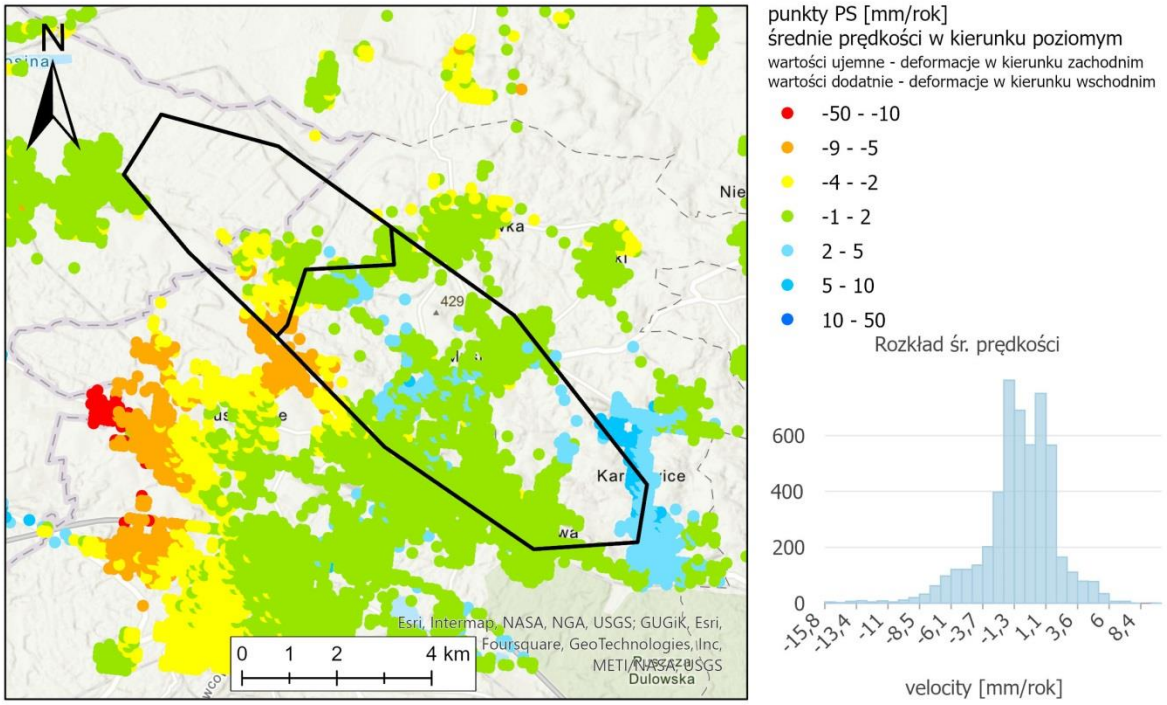
Ryc. 19. Zestaw danych EGMS_L3 kierunek pionowy. Okres 2016-2021. Czerwoną ramką zaznaczono punkty PS dla których wykreślono wykres czasowy zmian położenia (ryc. 20).



Ryc. 20. Wykres czasowy zmian położenia punktów PS EGMS_L3 Up-Down w centralnej części obszaru górniczego (ryc. 19). Uśrednione wartości wybranych punktów.

2.3.10. Zestaw danych z serwisu EGMS_L3 kierunek poziomy (East-West)

Zestaw danych EGMS_L3 przeliczonych do wartości przemieszczeń w kierunku poziomym również zawiera 5 528 punktów. Ich wartości mieszczą się w przedziale od -15 mm na rok (ruch w kierunku zachodnim) do 10 mm na rok (ruch w kierunku wschodnim). Średnia wartości punktów wynosi 0 mm na rok. Niewielkie przemieszczenia poziome zaobserwowane na granicach historycznego obszaru górniczego KWK „Siersza" są składową wypiętrzania się ternu w jego centralnej części (ryc. 21) i tym samym nie stanowią odrębnej deformacji o innej genezie.



Ryc. 21. Zestaw danych EGMS_L3 kierunek poziomy. Okres 2016-2021.

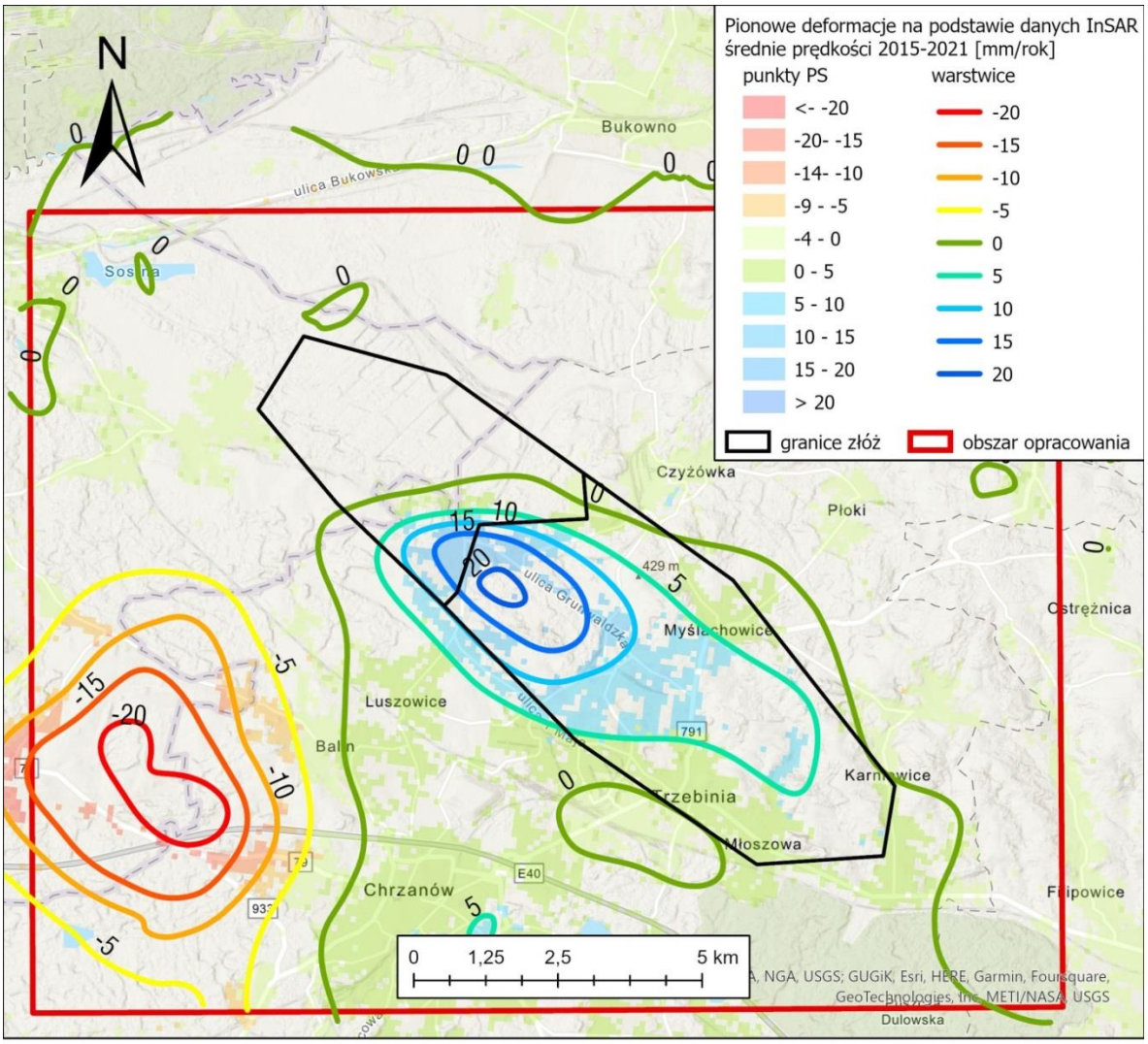
2.4. MAPA DEFORMACJI NA PODSTAWIE DANYCH INSAR

Mapa deformacji powierzchni zachodzących na obszarze opracowania, została wykonana na podstawie zestawu danych EGMS_L3 kierunek Up-Down (podrozdział 2.3.9., Tabela 1, wiersz 9). Mapa prezentuje średnie prędkości przemieszczeń w kierunku pionowym, jakie miały miejsce w okresie od 2016 do 2021 i jakie kontynuują się po dziś dzień, ryc. 22. Na mapie przedstawiono deformacje na dwóch warstwach informacyjnych:

-mapę pikseli o boku 100m, które odpowiadają lokalizacji jednostek terenowych dla których możliwa była identyfikacja punktów PS dla obu geometrii obrazowania;

-warstwice liniowe wygenerowane na podstawie interpolacji warstwy punktowej do ciągłej powierzchni, tak aby uzupełnić miejsca braku danych (tam gdzie punkty PS nie zostały zaobserwowane).

Najbardziej precyzyjne dane stanowi warstwa pikseli 100 m, gdyż są to dane pomiarowe, pochodzące bezpośrednio z danych EGMS. Niemniej jednak dla obszarów o małej koherencji, głównie lasów, łąk i obszarów rolniczych, gdzie informacji o przemieszczeniach nie udało się uzyskać z obliczeń, zdecydowano się uzupełnić dane pomiarowe warstwą pomocniczą, otrzymaną na podstawie interpolacji punktów PS.

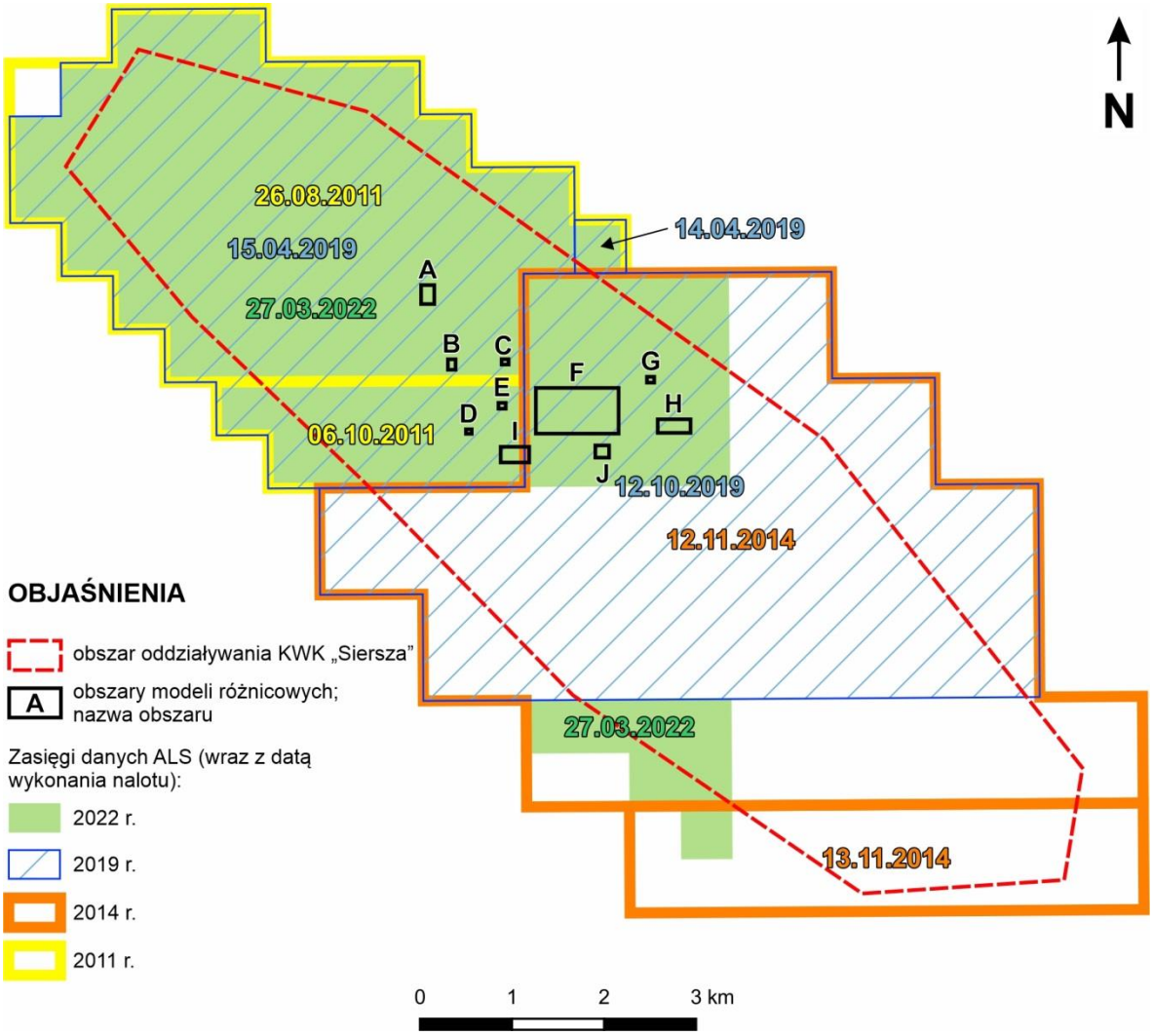


Ryc. 22. Mapa deformacji pionowych występujących na obszarze opracowania, na podstawie danych InSAR z serwisu EGMS

3. ANALIZA ALS – RÓŻNICOWE MODELE TERENU

Metody przetwarzania i analiz danych z lotniczego skaningu laserowego (ALS) zostały omówione w pierwszym raporcie dotyczącym deformacji terenu w rejonie Trzebini (Wojciechowski i in., 2023). W niniejszym raporcie przedstawiono wyniki analiz różnicowych modeli terenu (RMT) dla rejonów, gdzie na podstawie danych LiDAR stwierdzono uaktywnienie się istniejących lub powstanie nowych form zapadliskowych. Analizowane dane ALS pozyskano z Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii (GUGiK). Zasięgi poszczególnych serii danych wraz z datami wykonania nalotów przedstawiono na ryc. 23.

Dodatkowo wykonano RMT na podstawie danych ALS z 2011/2014 r. i wojskowego modelu DTED 2 opracowanego przez Służbę Topograficzną Wojska Polskiego w latach 90-tych.



Ryc. 23. Skorowidz danych ALS dla obszaru oddziaływania KWK „Siersza”.

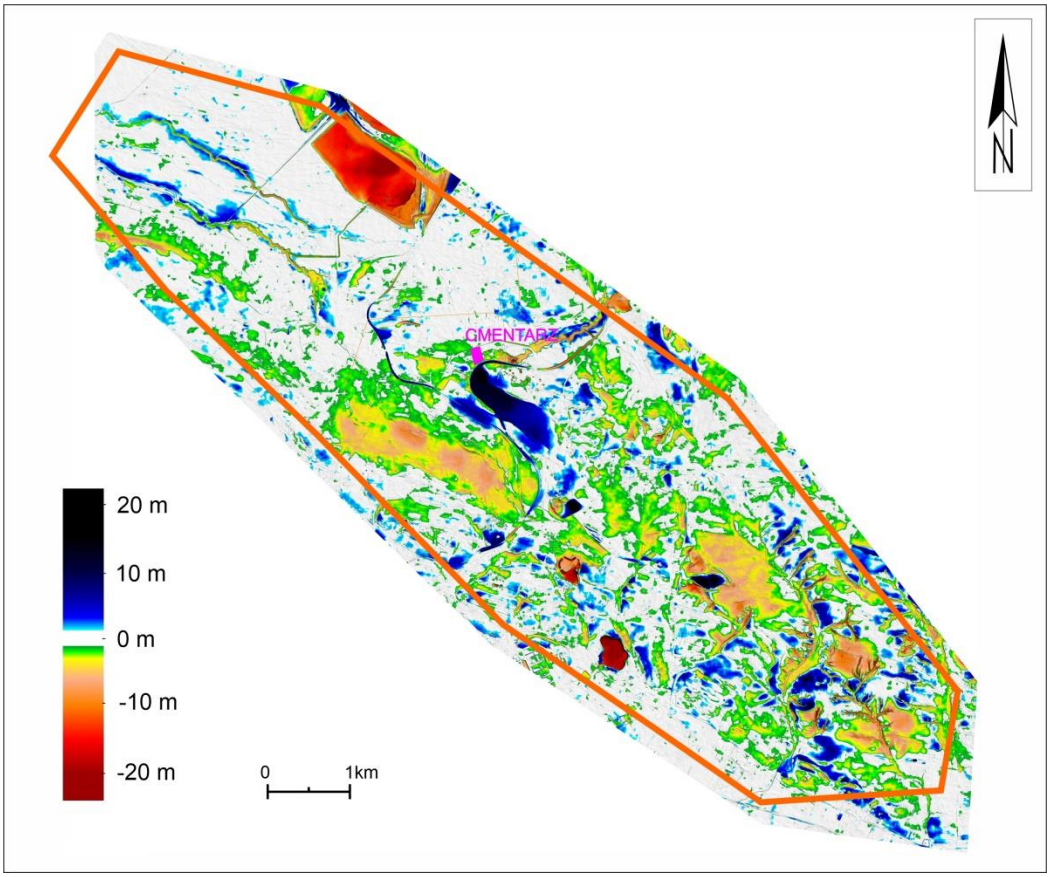
3.1. Historyczne niecki osiadań na podstawie RMT z danych LIDAR i DTED 2

Model DTED 2 powstał przez wektoryzację diapozytywów wojskowych map topograficznych. Dokładność pionowa tych map (skala 1:25000 lub 1:50000) wynosiła 1-3 m, aktualność topografii terenu można przyjąć jako koniec lat osiemdziesiątych – początek lat dziewięćdziesiątych XX w. Dokładność NMT wykonanego na bazie ALS jest znacznie wyższa. Błąd wysokościowy dla terenów utwardzonych w tym przypadku nie przekracza kilku centymetrów, choć dla terenów zalesionych może przekraczać 20 cm. W związku z powyższym konkretne wartości w danym punkcie uzyskanego modelu różnicowego mogą nie być wiarygodne, niemniej jednak na większych obszarach gdzie dochodziło do deformacji ciągłych różnice wysokościowe wyraźnie się zaznaczają (ryc. 24). Na podstawie wykonanego RMT wyznaczono historyczne niecki osiadań związane z podziemną eksploatacją węgla kamiennego prowadzoną przez KWK Siersza (ryc. 25, 26).

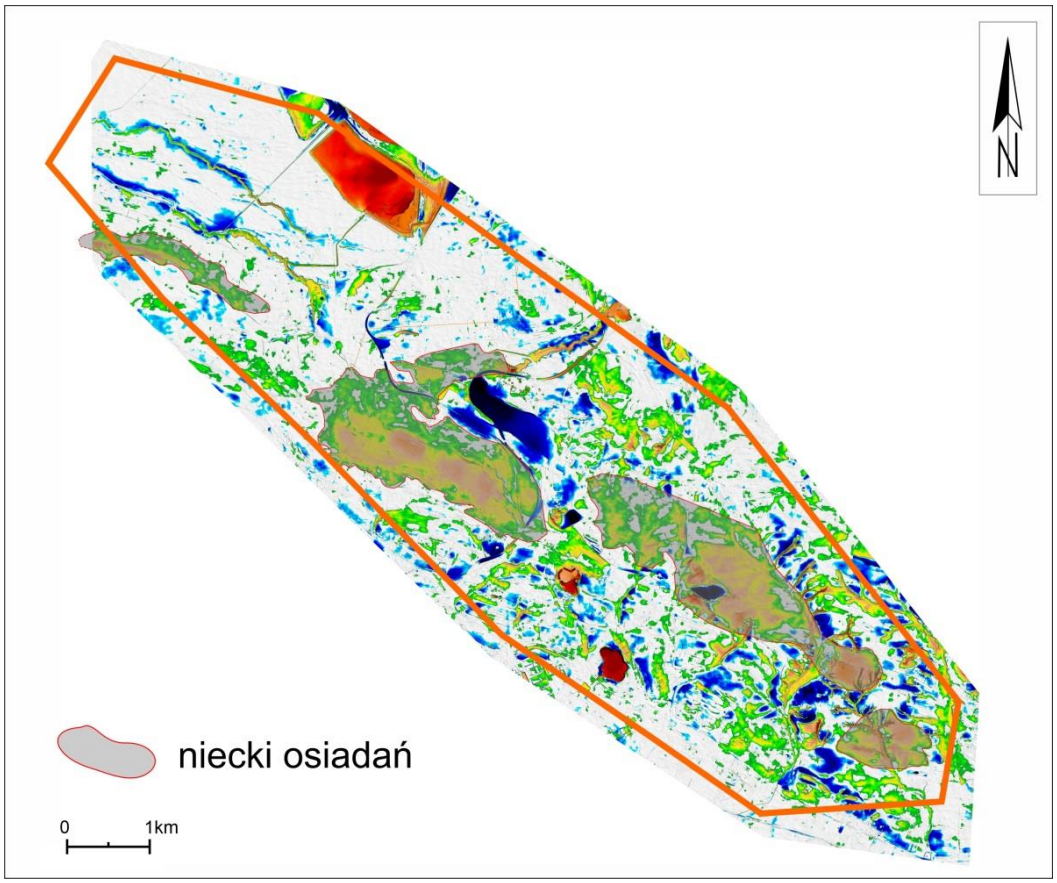
Wyznaczone niecki koncentrują się w centralnej, wschodniej i południowo-wschodniej części złoża. Niecka osiadań w centralnej części złoża ma charakterystyczną i na niektórych

odcinkach prostolinijną granicę północno-zachodnią. Granica ta jest dziś widoczna w rzeźbie terenu w postaci niewielkiego progu o rozciągłości SW-NE, który kończy się w pobliżu dzisiejszego osiedla Gaj.

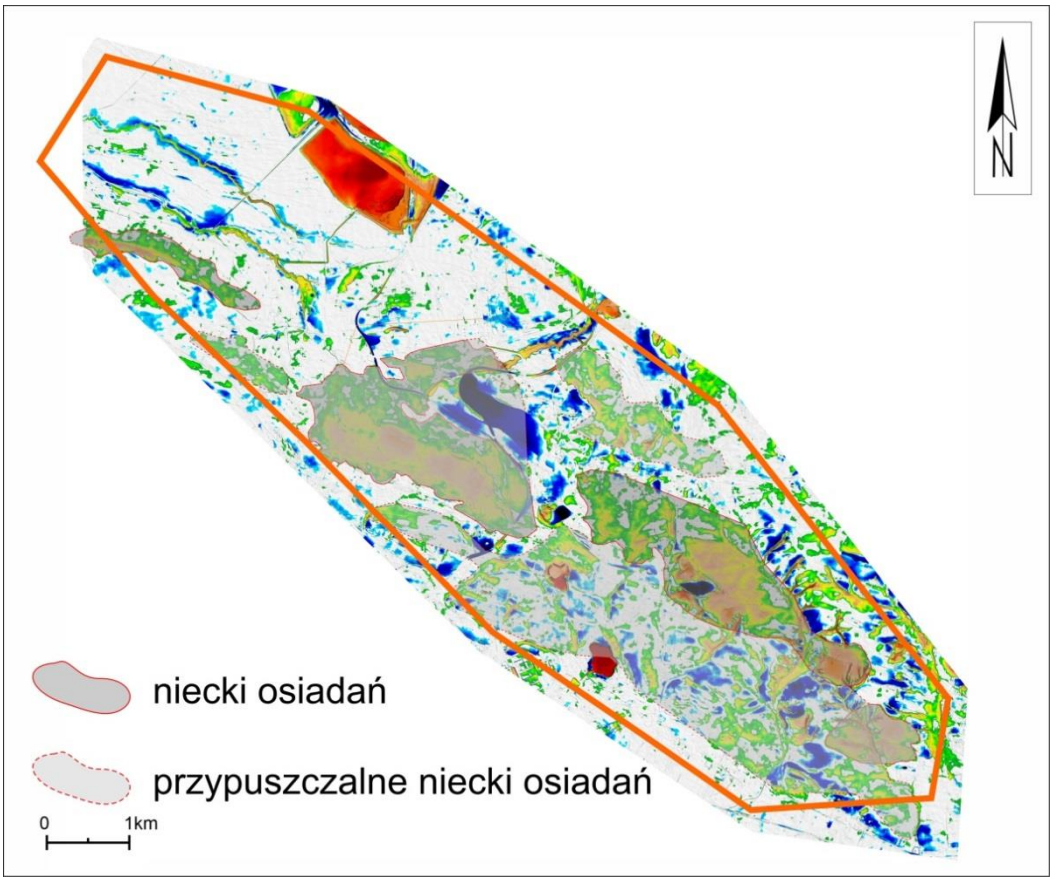
Granice niecek osiadań nie korelują się z granicami udokumentowanej płytkiej eksploatacji. Są one związane z wydobyciem węgla kamiennego na większych głębokościach. Obniżanie terenu w nieckach osiadań w rejonie działalności KWK „Siersza" należy uznać za fakt historyczny, gdyż obecnie nie odnotowuje się obniżania terenu w tych rejonach.



Ryc. 24. RMT wykonany na podstawie NMT z 2011/2014 r. i modelu DTED 2 z przełomu lat 80/90-tych. Pomarańczową ramką zaznaczono historyczny obszar górniczy KWK „Siersza".



Ryc. 25. Niecki osiadań wyinterpretowane na podstawie różnicowego modelu terenu.



Ryc. 26. Przypuszczalne niecki osiadań wyinterpretowane na podstawie różnicowego modelu terenu.

3.2. Rozwój zapadlisk na podstawie analiz różnicowych modeli terenu

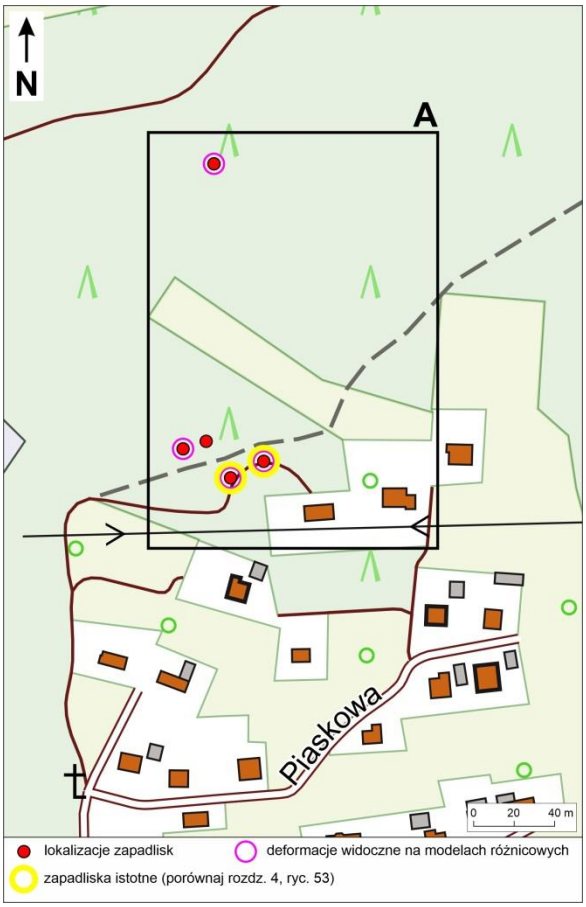
Dla analizowanego obszaru opracowano numeryczne modele różnicowe dla następujących okresów: 2011 – 2019, 2014 – 2019, 2019 – 2022. Z uwagi na nierównomierne pokrycie poszczególnych serii danych ALS (ryc. 23) modele te nie obejmują całości obszaru odziaływania KWK „Siersza" (część południowo-wschodnia). Wskazanie kierunków rozwoju zapadlisk w ostatnich latach pozwoli na skorelowanie ich z danymi górniczymi i ewentualne prognozy kolejnych obszarów zagrożonych. Wyniki tych prac zostaną przedstawione w raporcie końcowym.

Na podstawie przeprowadzonych analiz wyznaczono 10 obszarów (A – J), w których stwierdzono występowanie deformacji zapadliskowych widocznych na modelach różnicowych (ryc. 23). W poszczególnych obszarach wskazano lokalizacje nowopowstałych i/lub uaktywnionych zapadlisk, wraz z informacją na temat objętości zapadniętego gruntu. Na modelach różnicowych wskazano tylko te deformacje, które dotyczą zapadlisk. Pozostałe zmiany mają związek głównie z błędami NMT oraz przekształceniami antropogenicznymi. Ze względu na ograniczoną ilość danych ALS (ostatnie pochodzą z marca 2022 r.) na modelach różnicowych nie zaznaczają się zapadliska, które powstały lub uaktywniły się w ostatnim czasie.

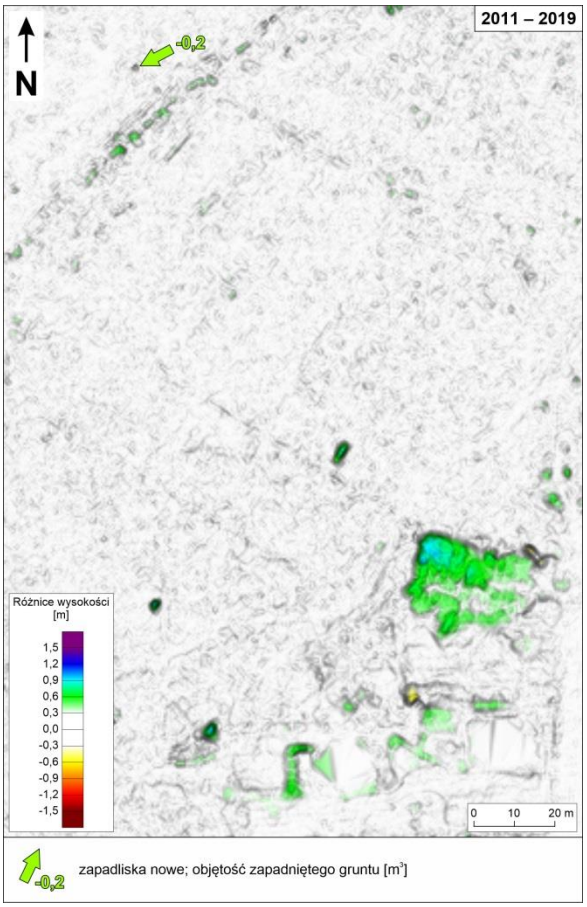
Należy podkreślić, że dane ALS z 2011 r. i 2014 r. zostały opracowane w układzie wysokościowym PL-KRON86-NH (stosowanym do dnia 31.12.2019 r.), z kolei dane ALS z 2019 r. i 2022 r. w układzie wysokościowym PL-EVRF2007-NH. Średnia różnica wysokości pomiędzy tymi układami dla rejonu obszaru odziaływania KWK „Siersza" wynosi około 17 cm (na podstawie modelu danych GUGiK; http://www.gugik.gov.pl/bip/prawo/modele-danych). Ze względu na ograniczenia czasowe związane z harmonogramem badań realizowanych przez PIG – PIB oraz główny cel analiz różnicowych nie przeliczano danych ALS z 2011 r. i 2014 r. do układu wysokościowego PL-EVRF2007-NH. W związku z powyższym, dane dotyczące objętości nowopowstałych lub uaktywnionych zapadlisk obliczone na podstawie modeli różnicowych dla okresów 2011 – 2019 i 2014 – 2019 mogą być częściowo niedoszacowane (tj. mogą być większe).

Obszar A

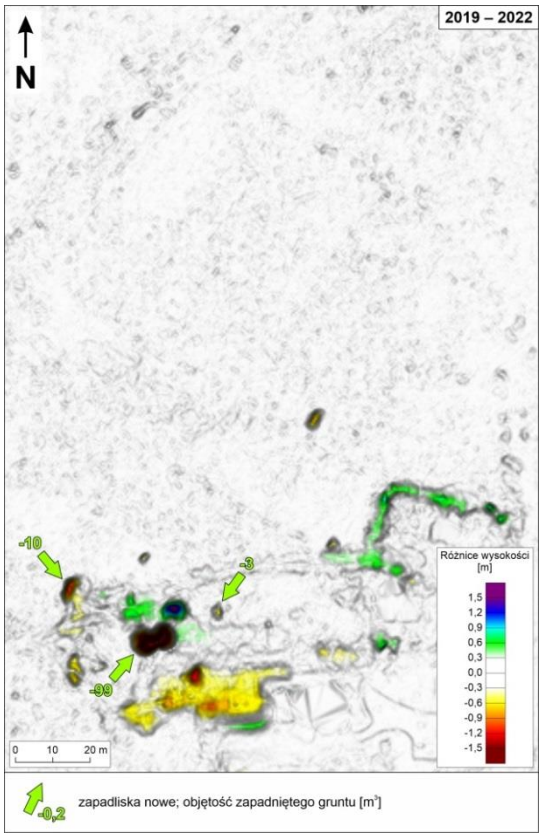
Obszar ten położony jest w północnej części osiedla Misiury, na północ od ul. Piaskowej (ryc. 27). W północnej części tego obszaru, w okresie 08.2011 – 04.2019 na obszarze tym doszło do utworzenia się niewielkiego zapadliska w północnej części obszaru (ryc. 28). Z kolei w okresie 04.2019 – 03.2022 powstały trzy nowe zapadliska (ryc. 29). Sumarycznie, w okresie 08.2011 – 03.2022 zapadnięciu uległ grunt o objętości ponad 112 m^3. Należy zaznaczyć, iż zapadliska te utworzyły się poza obszarami udokumentowanej, płytkiej eksploatacji złóż węgla kamiennego i określenie ich genezy wymaga dalszych badań



Ryc. 27. Mapa lokalizacyjna obszaru A na podkładzie BDOT10K (źródło: GUGiK).



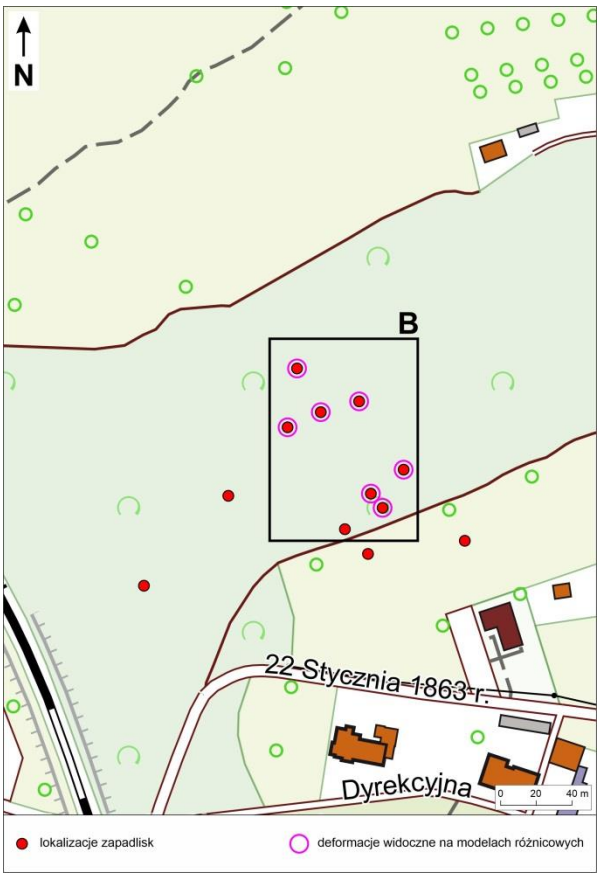
Ryc. 28. RMT 2011 – 2019 dla obszaru A.



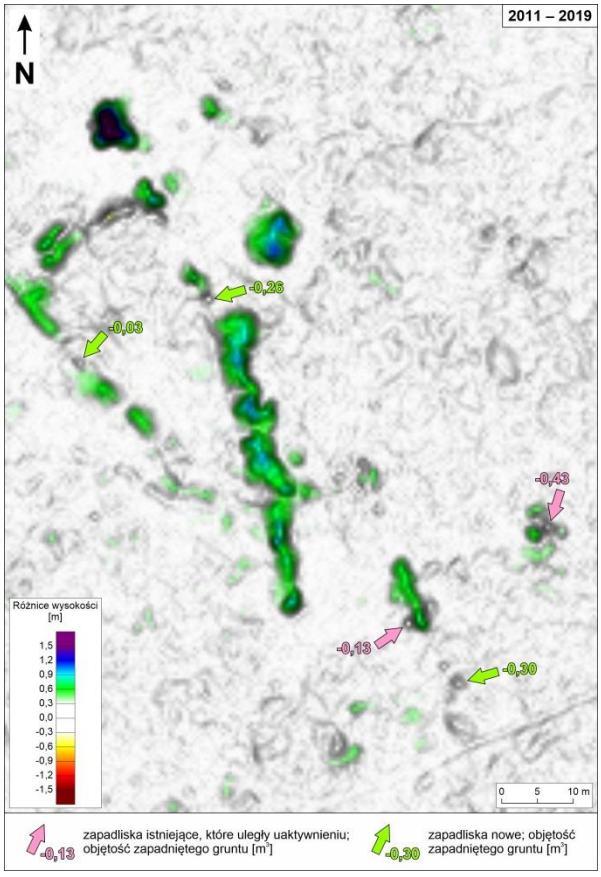
Ryc. 29. RMT 2019 – 2022 dla obszaru A.

Obszar B

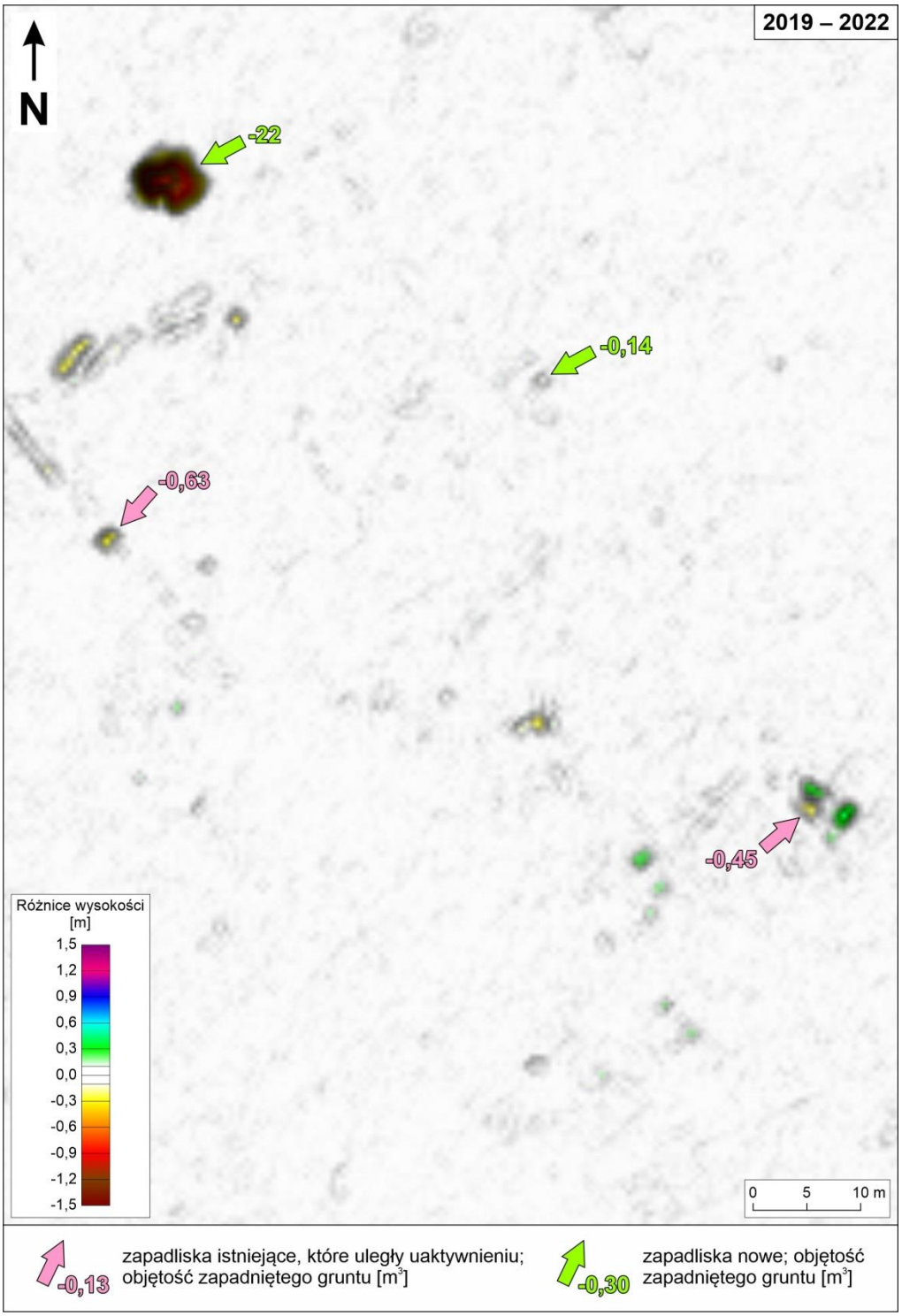
Kolejny obszar zlokalizowany jest na południowy zachód od dawnej Sztolni Wanda i obejmuje zapadliska skupiające się w rejonie zlikwidowanego szybu Zofia oraz starych elementów infrastruktury kopalnianej (ryc. 30). W okresie 08.2011 – 04.2019 doszło tu do powstania trzech nowych zapadlisk i uaktywnienia się dwóch istniejących (ryc. 31). Widoczne deformacje są niewielkie (łącznie ponad 1 m^3). Warto dodać, że problem tych zapadlisk był opisywany również w materiałach prasowych z czerwca 2011 r. (https://gazetakrakowska.pl/trzebinia-szyb-zofia-straszy-w-lesie-wielkimi-dziurami/ar/c3-412411). W okresie 04.2019 – 03.2022 doszło do uaktywnienia dwóch zapadlisk i powstania dwóch nowych, z czego największe utworzyło się w miejscu szybu Zofia (ryc. 32). Zapadnięciu uległ grunt o objętości 22 m^3.



Ryc. 30. Mapa lokalizacyjna obszaru B na podkładzie BDOT10K (źródło: GUGiK).



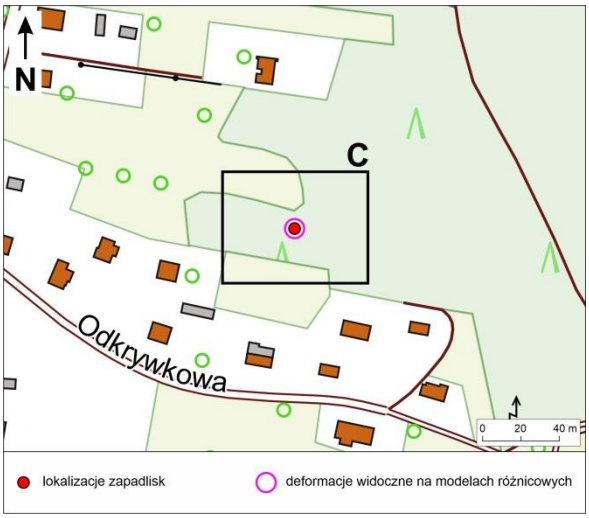
Ryc. 31. RMT 2011 – 2019 dla obszaru B.



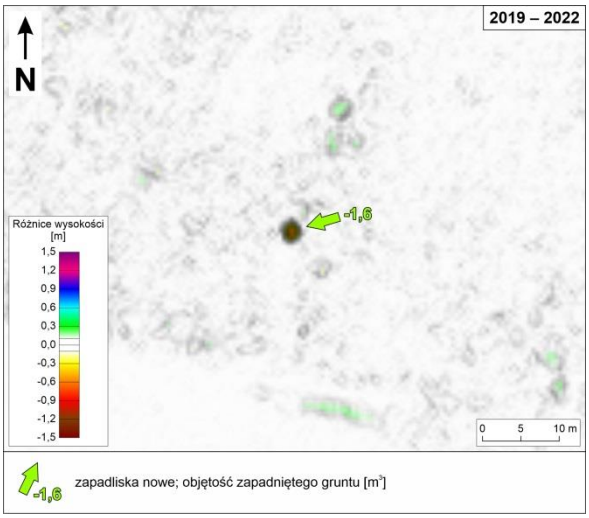
Ryc. 32. RMT 2019 – 2022 dla obszaru B.

Obszar C

W rejonie Huty (Huty Izabella), około 85 m na północ od ul. Odkrywkowej znajduje się lej zapadliskowy o średnicy 2 m i głębokości 1 m, który utworzył się w okresie 04.2019 – 03.2022 (ryc. 33, 34). Objętość zapadniętego gruntu wynosi 1,6 m^3.



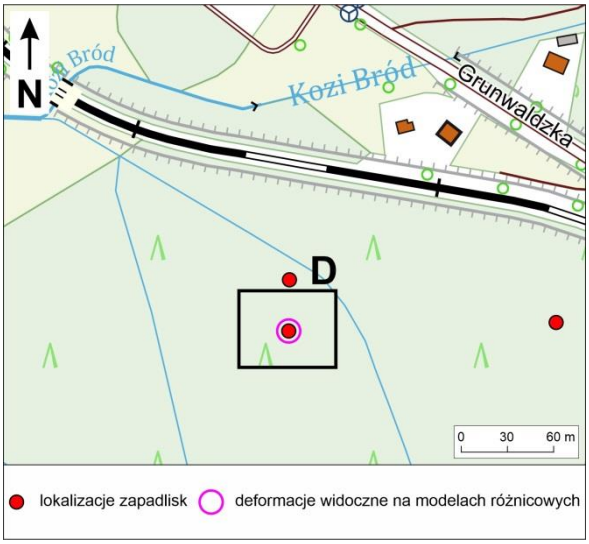
Ryc. 33. Mapa lokalizacyjna obszaru C na podkładzie BDOT10K (źródło: GUGiK).



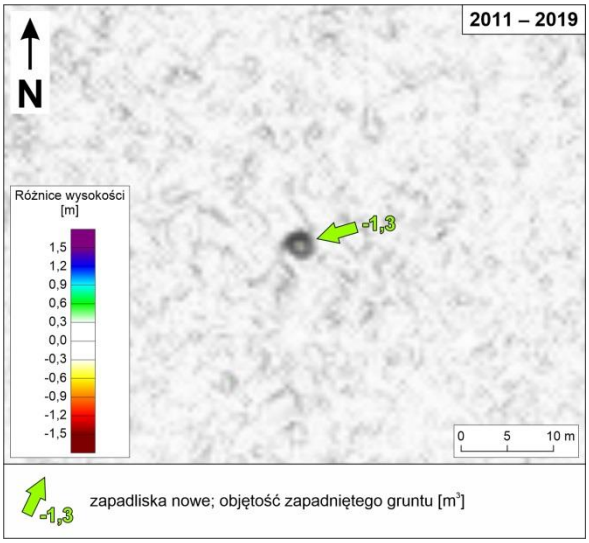
Ryc. 34. RMT 2019 – 2022 dla obszaru C.

Obszar D

Kolejny obszar zlokalizowany jest na południowy zachód od ul. Grunwaldzkiej, za nieczynnym nasypem kolejowym (ryc. 35). W okresie 10.2011 – 04.2019 powstało tam nowe zapadlisko. Objętość zapadniętego gruntu wynosi ponad 1,3 m^3 (ryc. 36). W trakcie prowadzenia prac terenowych (03.03.2023 r.) zapadlisko to było zalane wodą.



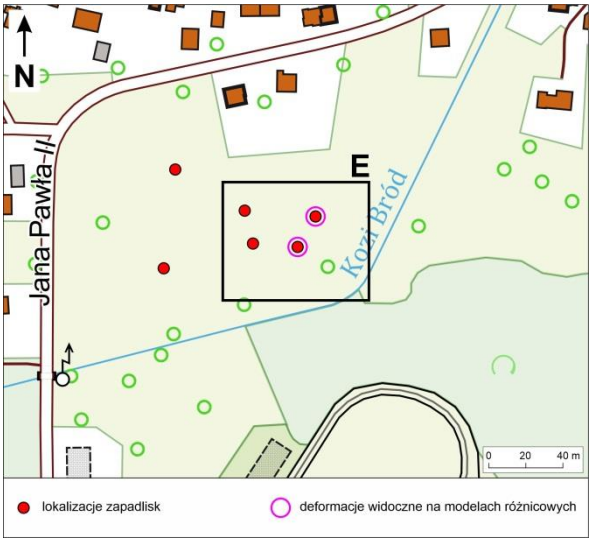
Ryc. 35. Mapa lokalizacyjna obszaru D na podkładzie BDOT10K (źródło: GUGiK).



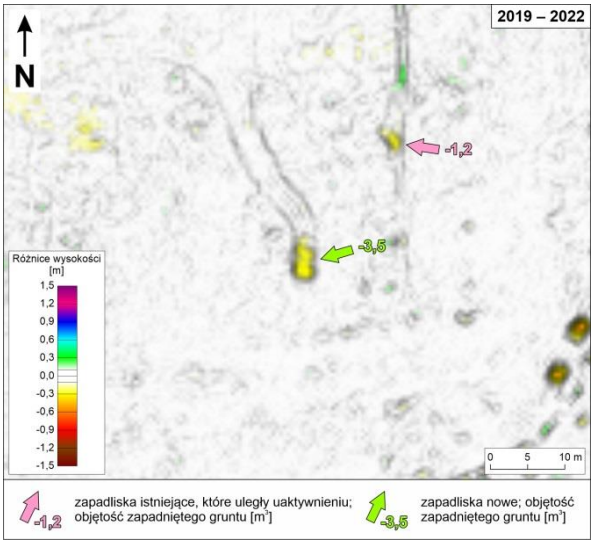
Ryc. 36. RMT 2011 – 2019 dla obszaru D.

Obszar E

Na wschód od ul. Jana Pawła II (rejon dawnego osiedla górniczego), na modelu różnicowym dla okresu 04.2019 – 03.2022 widoczne są deformacje dla dwóch zapadlisk (ryc. 37). W przypadku zapadliska powstałego w tym okresie zaznacza się zapadnięty obszar o objętości 3,5 m^3, przy czym jest to najprawdopodobniej deformacja po jego zasypaniu, o czym świadczą ślady dróg dojazdowych (ryc. 38). Drugie zapadlisko widoczne na RMT uległo uaktywnieniu (-1,2 m^3).



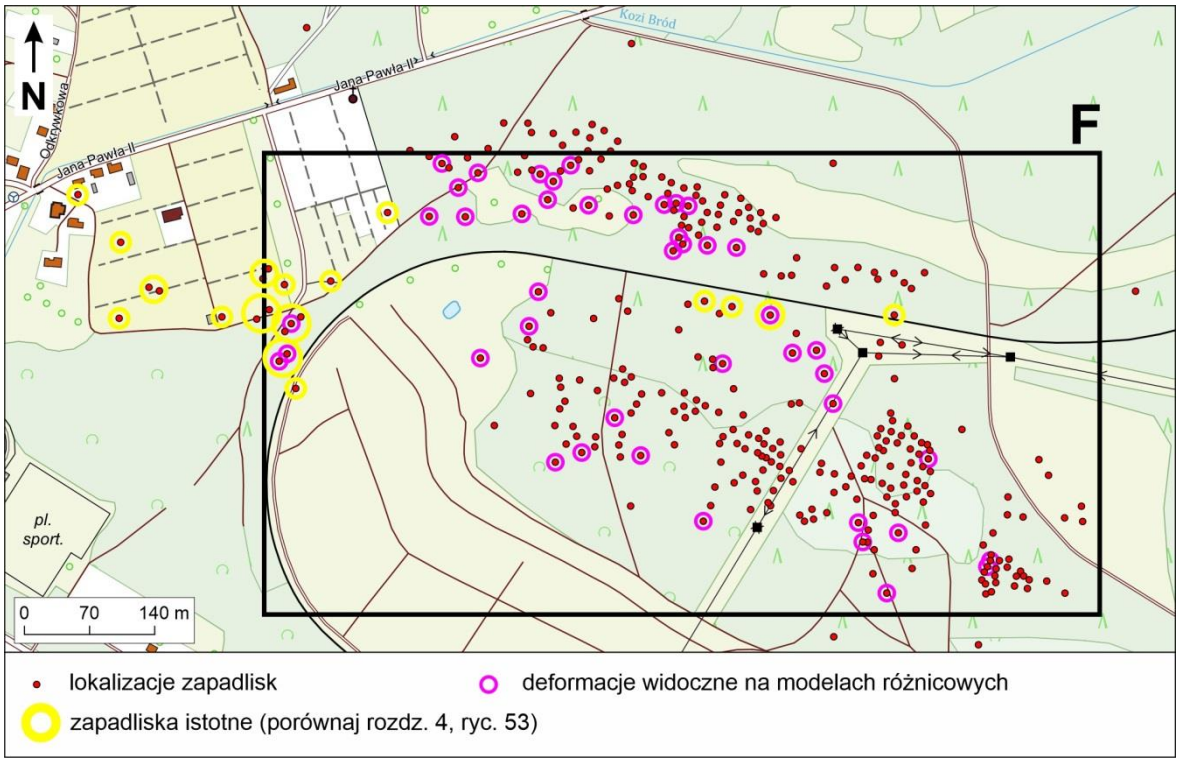
Ryc. 37. Mapa lokalizacyjna obszaru E na podkładzie BDOT10K (źródło: GUGiK).



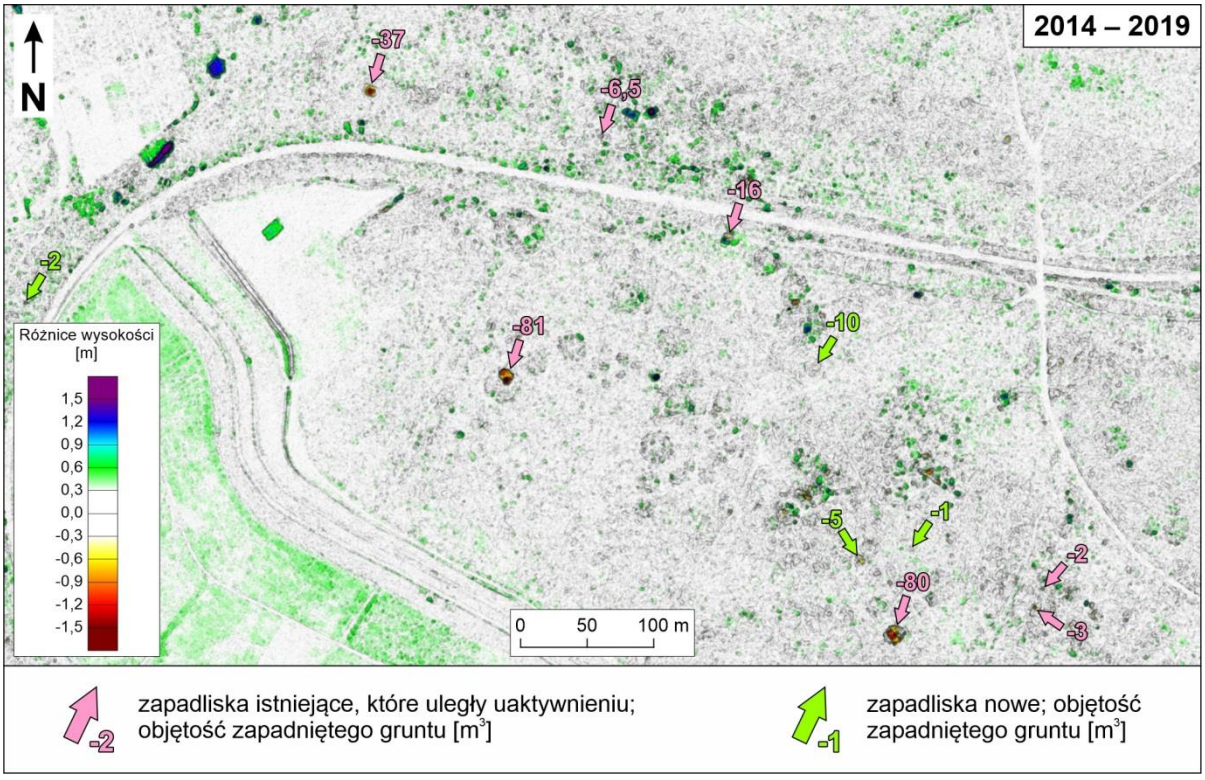
Ryc. 38. RMT 2019 – 2022 dla obszaru E.

Obszar F

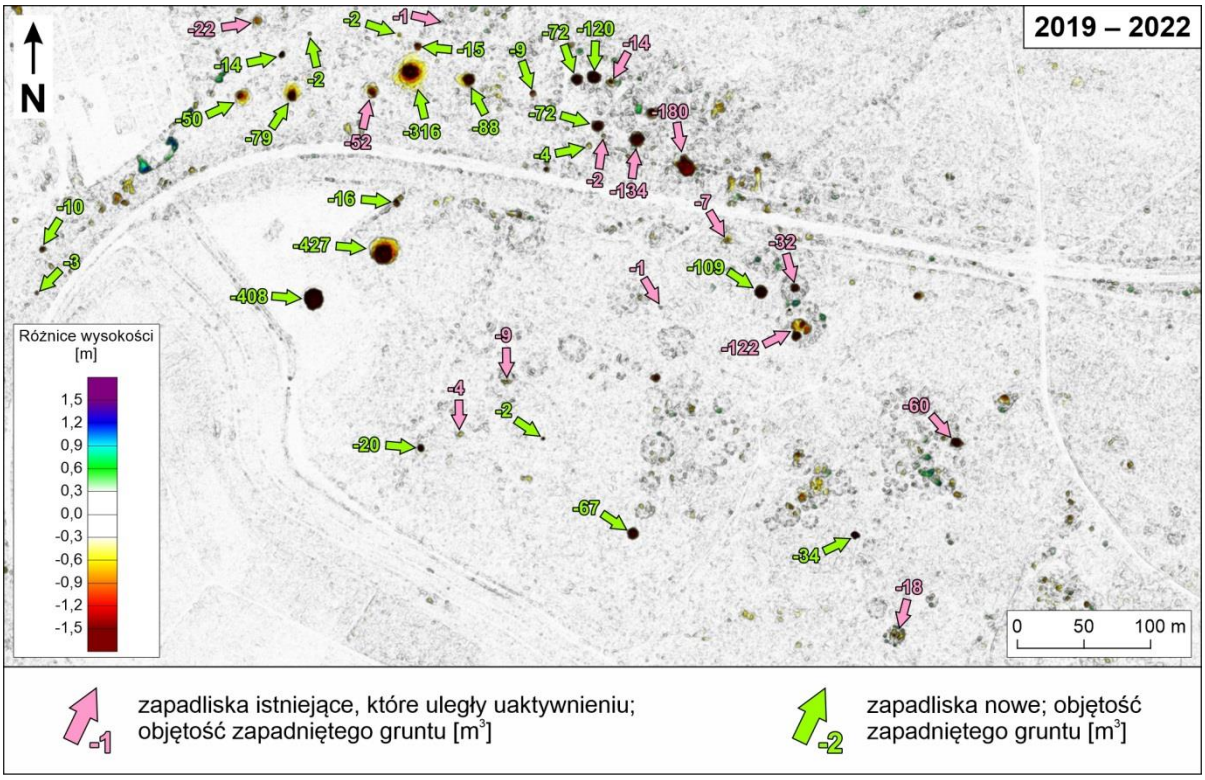
Obszar ten zlokalizowany jest na południe od ul. Jana Pawła II i obejmuje południowo-wschodni fragment ogródków działkowych, południową część cmentarza, odcinek nasypu kolejowego linii P205 Trzebinia Siersza – Elektrownia Siersza i tereny leśne (ryc. 39). W obszarze tym stwierdzono najwięcej deformacji związanych z zapadliskami. W okresie 04.2014 – 10.2019 powstały 4 nowe zapadliska, a 7 się uaktywniło (ryc. 40). Łącznie zapadło się ponad 243 m^3 gruntu. Z kolei w okresie 10.2019 – 03.2022 utworzyły się 23 nowe zapadliska, a 15 uległo uaktywnieniu (ryc. 41). Sumaryczna objętość zapadniętego gruntu w tym okresie wynosi 2597 m^3.



Ryc. 39. Mapa lokalizacyjna obszaru F na podkładzie BDOT10K (źródło: GUGiK).



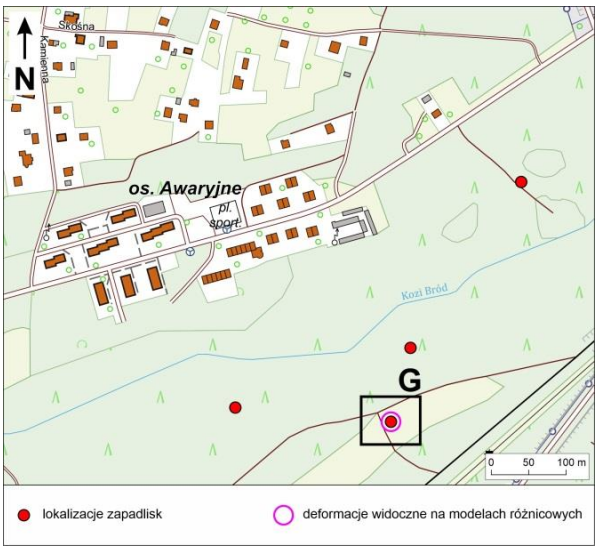
Ryc. 40. RMT 2014 – 2019 dla obszaru F.



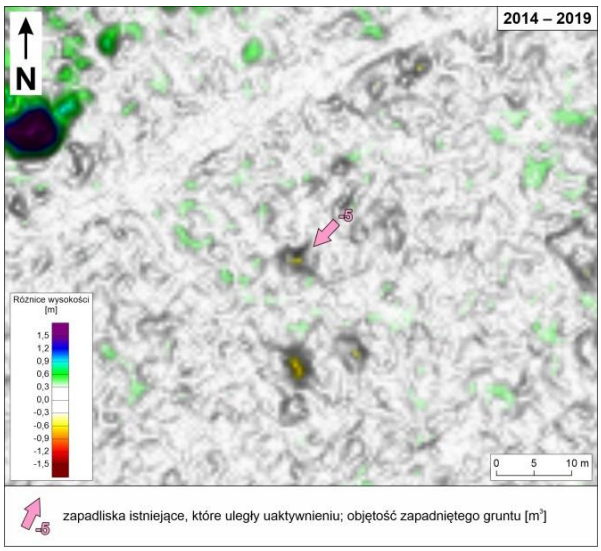
Ryc. 41. RMT 2019 – 2022 dla obszaru F.

Obszar G

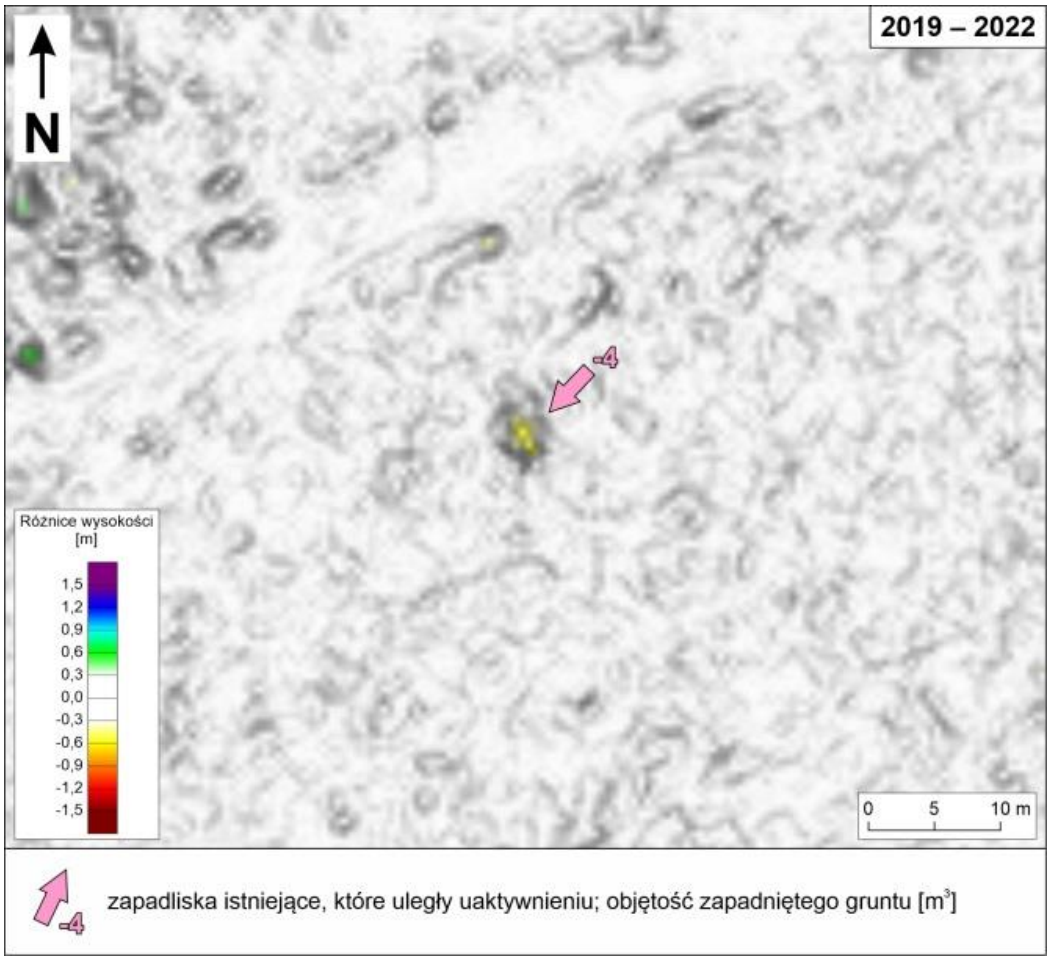
Na południowy wschód od os. Awaryjnego, po lewej stronie doliny Koziego Brodu znajduje się zapadlisko, które jest już widoczne na NMT z 12.11.2014 r. (ryc. 42). Zapadlisko to wykazywało aktywność w okresach 11.2014 – 10.2019 i 10.2019 – 03.2022 (ryc. 43, 44). Łącznie, w obu tych okresach zapadnięciu uległ grunt o objętości ponad 9 m^3.



Ryc. 42. Mapa lokalizacyjna obszaru G na podkładzie BDOT10K (źródło: GUGiK).



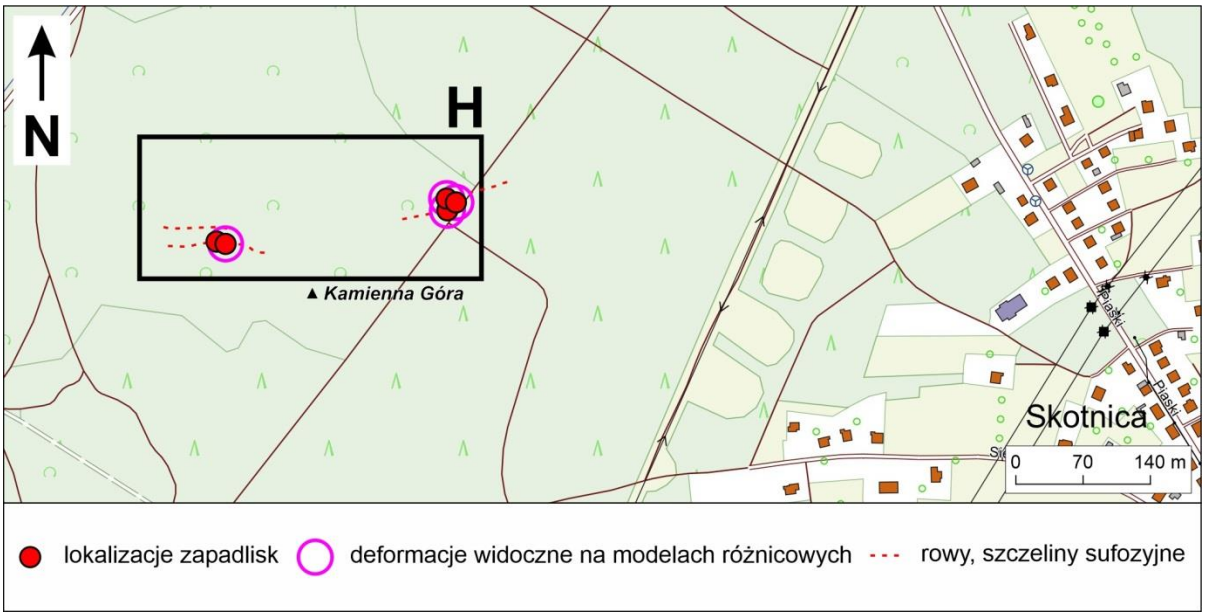
Ryc. 43. RMT 2014 – 2019 dla obszaru G.



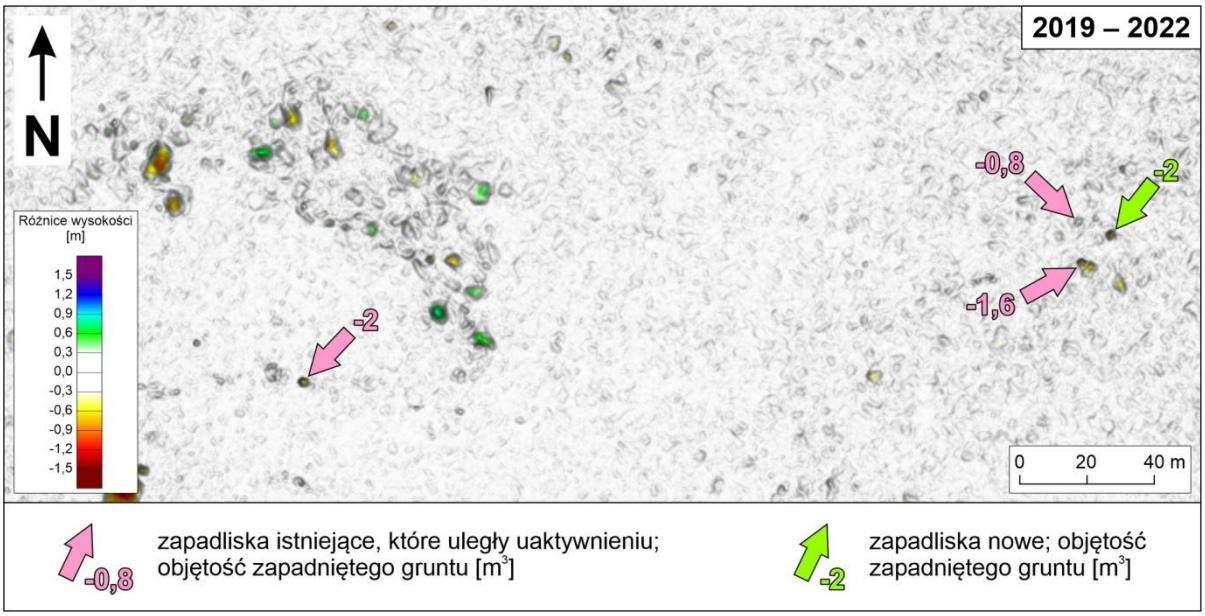
Ryc. 44. RMT 2019 – 2022 dla obszaru G.

Obszar H

Obszar ten obejmuje rejon Kamiennej Góry, na zachód od Myślachowic (ryc. 45). W okresie 10.2019 – 03.2022 doszło do powstania jednego zapadliska oraz uaktywnienia się trzech zapadlisk (ryc. 46). Całkowita objętość zapadniętego gruntu w analizowanym okresie wynosi 6,6 m^3. Zapadliska utworzone w tym rejonie znajdują się poza granicami płytkiej eksploatacji złóż węgla kamiennego i mają prawdopodobnie złożoną genezę – nałożenie procesów sufozji i eksploatacji w pokładach 214 i 301. O obecności procesów sufozji świadczy występowanie rowów i szczelin sufozyjnych pomiędzy zapadliskami (ryc. 45). Z kolei o wpływie działalności górniczej dowodzi *„Mapa powierzchni terenu górniczego KWK „Siersza" – w likwidacji, z zaznaczaniem płytkich wyrobisk górniczych, deformacji spowodowanych eksploatacją i przewidywanych zalewisk w skali 1: 10 000"* (źródło: WUG), według której część z tych deformacji została zarejestrowana w pierwszym kwartale 1976 r. (zgodnie z wykazem kopalni). Podobne deformacje zostały stwierdzone również w rejonie zapadlisk zlokalizowanych na zachód od Karniowic (rejon Kowalikowej Góry).



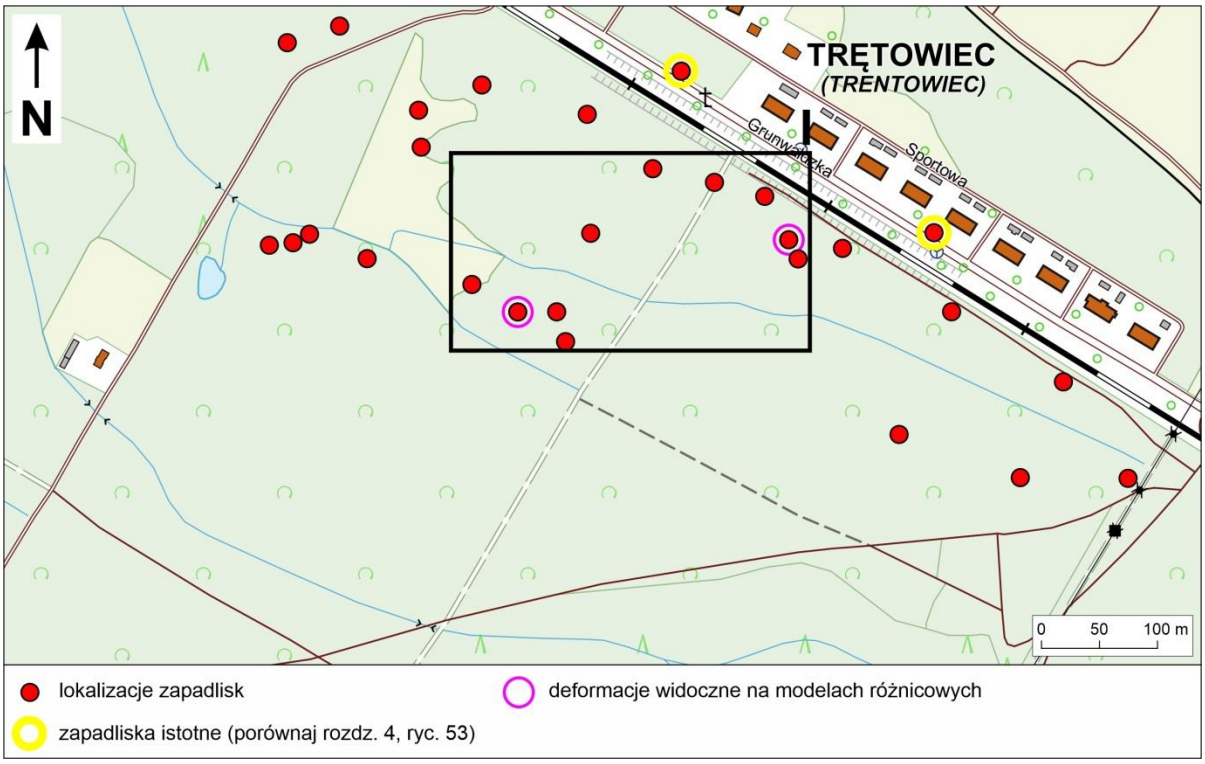
Ryc. 45. Mapa lokalizacyjna obszaru H na podkładzie BDOT10K (źródło: GUGiK).



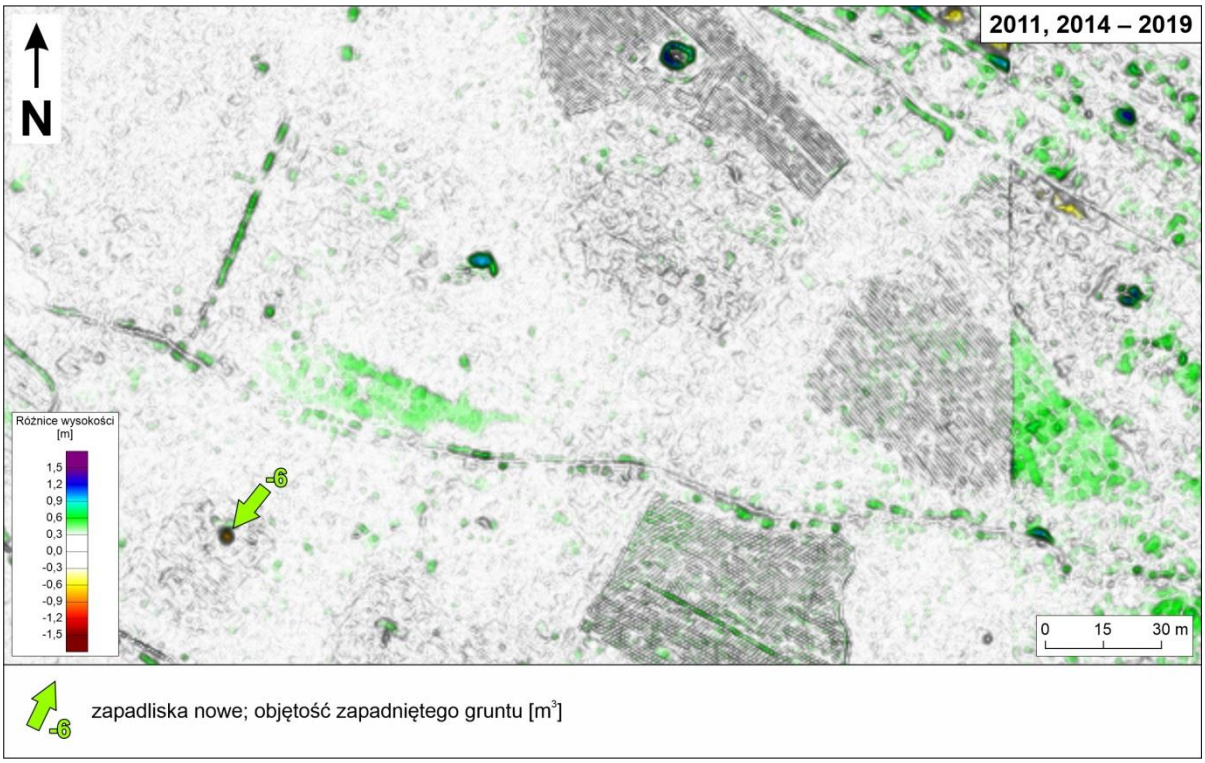
Ryc. 46. RMT 2019 – 2022 dla obszaru H.

Obszar I

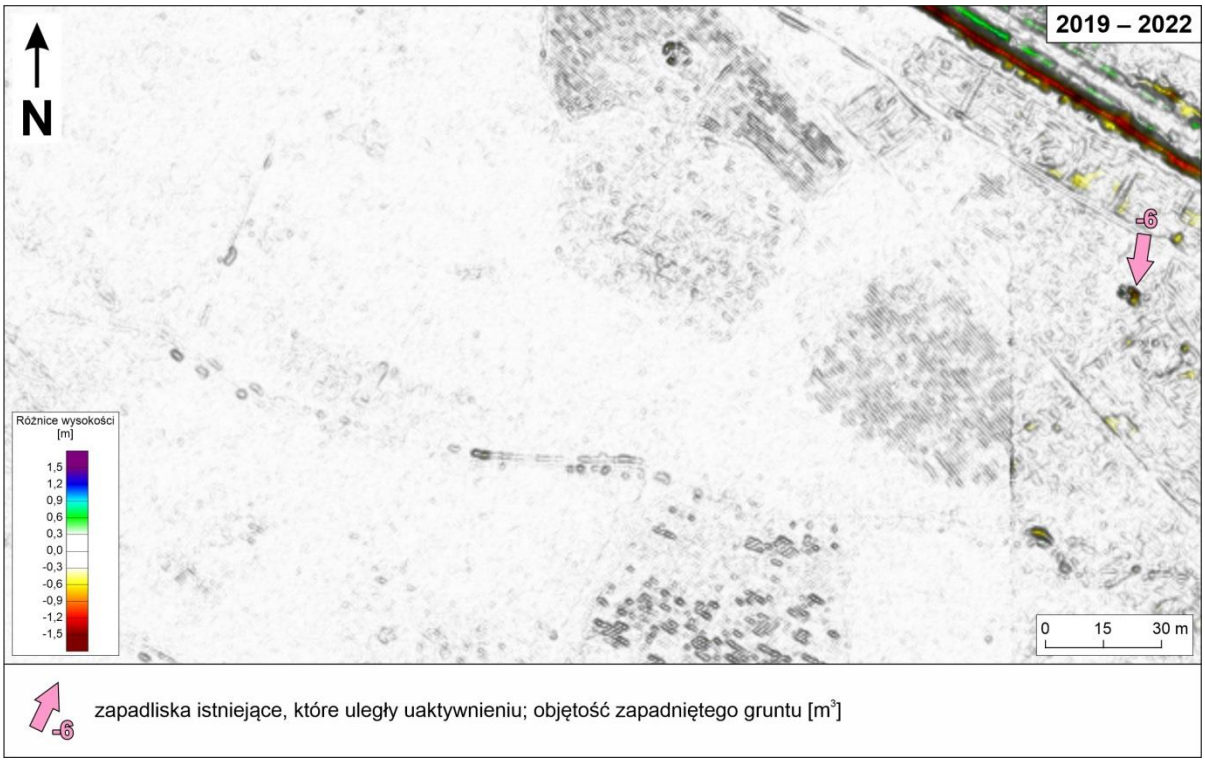
Na modelach różnicowych kilka deformacji zapadliskowych zaznacza się w lesie w pobliżu Trentowca, na południowy zachód od ul. Grunwaldzkiej. (ryc. 47). W okresie 10.2011 – 04.2019, w południowo-zachodniej części obszaru powstało nowe zapadlisko, w wyniku którego zapadło się ponad 6 m^3 gruntu (ryc. 48). Z kolei w okresie 10.2019 – 03.2022 doszło do uaktywnienia się zapadliska w obrębie dawnego szybu Józef (ryc. 49). Zapadnięciu uległ grunt o objętości 6 m^3.



Ryc. 47. Mapa lokalizacyjna obszaru I na podkładzie BDOT10K (źródło: GUGiK).



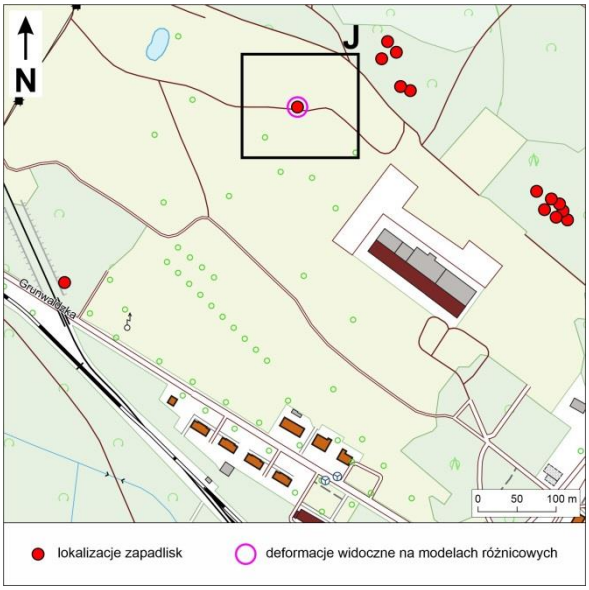
Ryc. 48. RMT 2011, 2014 – 2019 dla obszaru I.



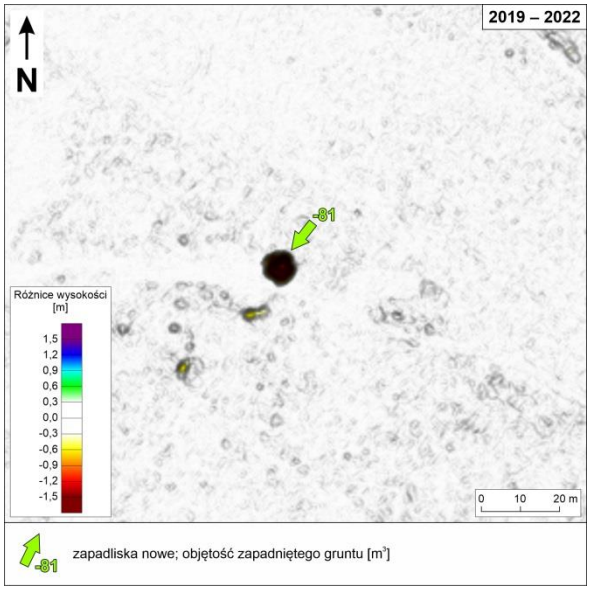
Ryc. 49. RMT 2019 – 2022 dla obszaru I.

Obszar J

Ostatni obszar występowania deformacji zapadliskowych zaznaczających się na modelach różnicowych zlokalizowany jest na północ od ul. Grunwaldzkiej, na północny zachód od dawnych budynków kopalnianych (ryc. 50). Do utworzenia się zapadliska doszło w okresie 10.2019 – 03.2022 (ryc. 51). Objętość zapadniętego gruntu wynosi 81 m^3.



Ryc. 50. Mapa lokalizacyjna obszaru J na podkładzie BDOT10K (źródło: GUGiK).



Ryc. 51. RMT 2019 – 2022 dla obszaru J.

4. BAZA DANYCH O ZPADLISKACH

Do niniejszego raportu dołączono bazę danych zapadliskowych w formacie SHP. Dane dotyczące zapadlisk odnoszą się do stanu badań na dzień 17.04.2023 r. Baza zawiera lokalizację zapadlisk wraz z następującymi atrybutami:

- **MAX_SR** – maksymalna średnica otworu zapadliska określona z dokładnością do 1 m
- **MAX_GL** – maksymalna głębokość leja zapadliskowego, określona z dokładnością do 0,1 m
- **DATA_POW** – data lub okres utworzenia się zapadliska
- **DATA_ZRODL** – źródło informacji o dacie lub okresie utworzenia się zapadliska
- **LIKWID** – informacja o likwidacji/ zasypaniu leja zapadliskowego (TAK lub NIE); informacja ta odnosi się do daty terenowej inwentaryzacji zapadliska przez PIG – PIB (atrybut DATA_INW)
- **UWAGI** – dodatkowe informacje i uwagi dotyczące zapadliska
- **DATA_INW** – data terenowej inwentaryzacji zapadliska przez PIG – PIB

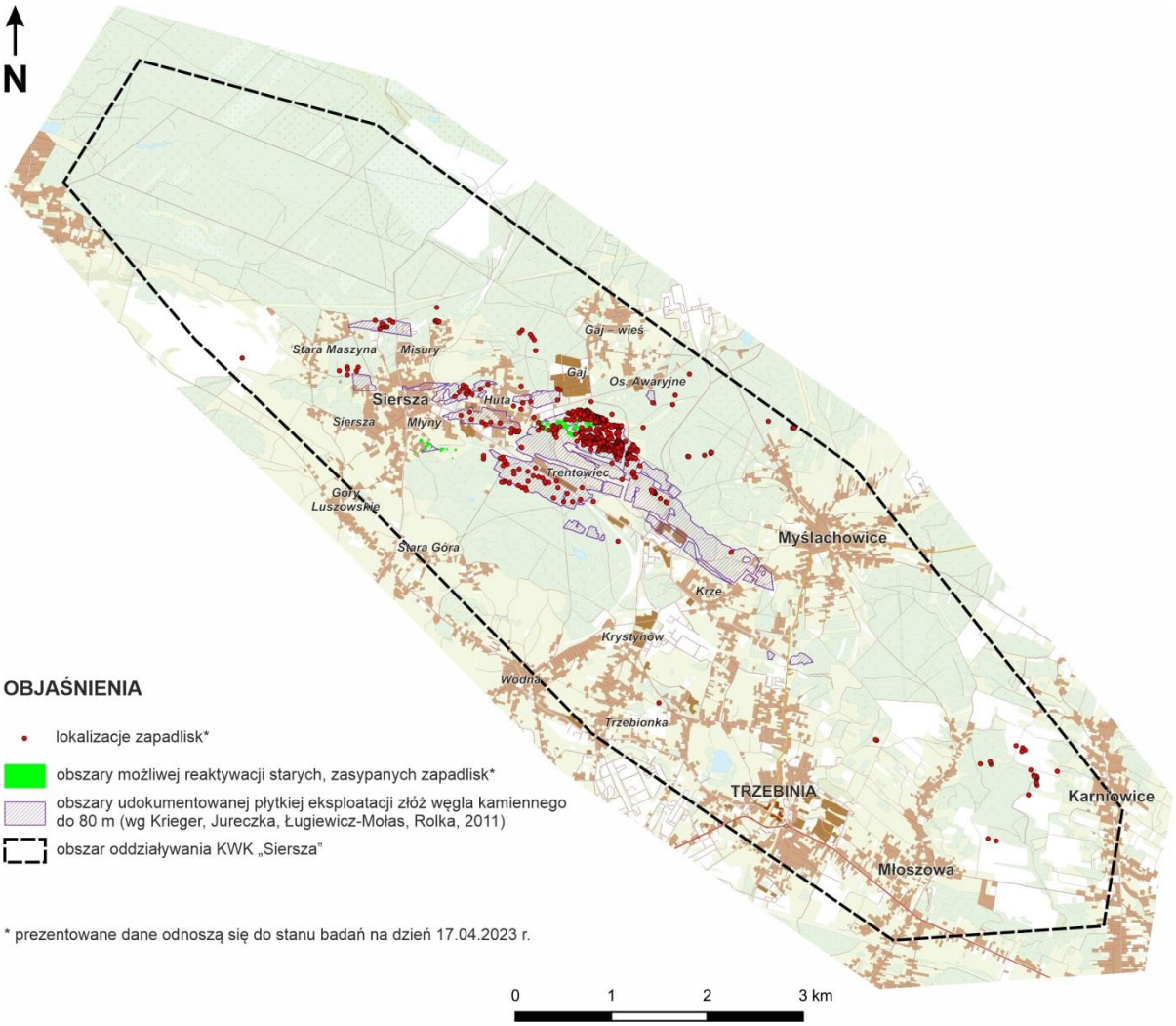
W końcowym etapie prac zostanie nadany również atrybut zawierający numerację zapadlisk. Należy zaznaczyć, że z uwagi na trwające badania PIG – PIB jak i również dynamikę zjawiska (powstawanie kolejnych form), dane dotyczące ilości i lokalizacji zapadlisk oraz ich atrybutów mogą ulegać zmianom.

Stan wiedzy o zapadliskach (również tych obecnie zlikwidowanych/zasypanych) opiera się głównie o:

- analizy różnoczasowych danych z lotniczego skaningu laserowego, zdjęć lotniczych i ortofotomap pozyskanych z Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii (GUGiK)
- pomiary fotogrametryczne (dron)
- prace terenowe
- dane o lokalizacji zapadlisk prezentowane na stronie internetowej Głównego Instytutu Górniczego (dostęp 10.02.2023 r.)
- dane zapadliskowe prezentowane w raporcie z wyników badań wykonanych na zlecenie Spółki Restrukturyzacji Kopalń S.A.
- dane medialne

Wyniki prac inwentaryzacyjnych wskazują na występowanie 488 zapadlisk w obrębie byłego obszaru górniczego KWK „Siersza”. Lokalizację zapadlisk przedstawia ryc. 52. Na podstawie bazy danych obiektów topograficznych pozyskanej z GUGiK wytypowano 38 zapadlisk, które znajdują się w buforze 20 m od głównych dróg, obszarów zabudowanych, cmentarza, ogródków działkowych oraz nasypu kolejowego. Zapadliska te określono jako istotne (ryc. 53).

Niektóre zapadliska mają złożoną genezę. Na ich powstanie nałożyło się kilka procesów np. wydobycie węgla kamiennego i naturalne procesy sufozji lub krasu.



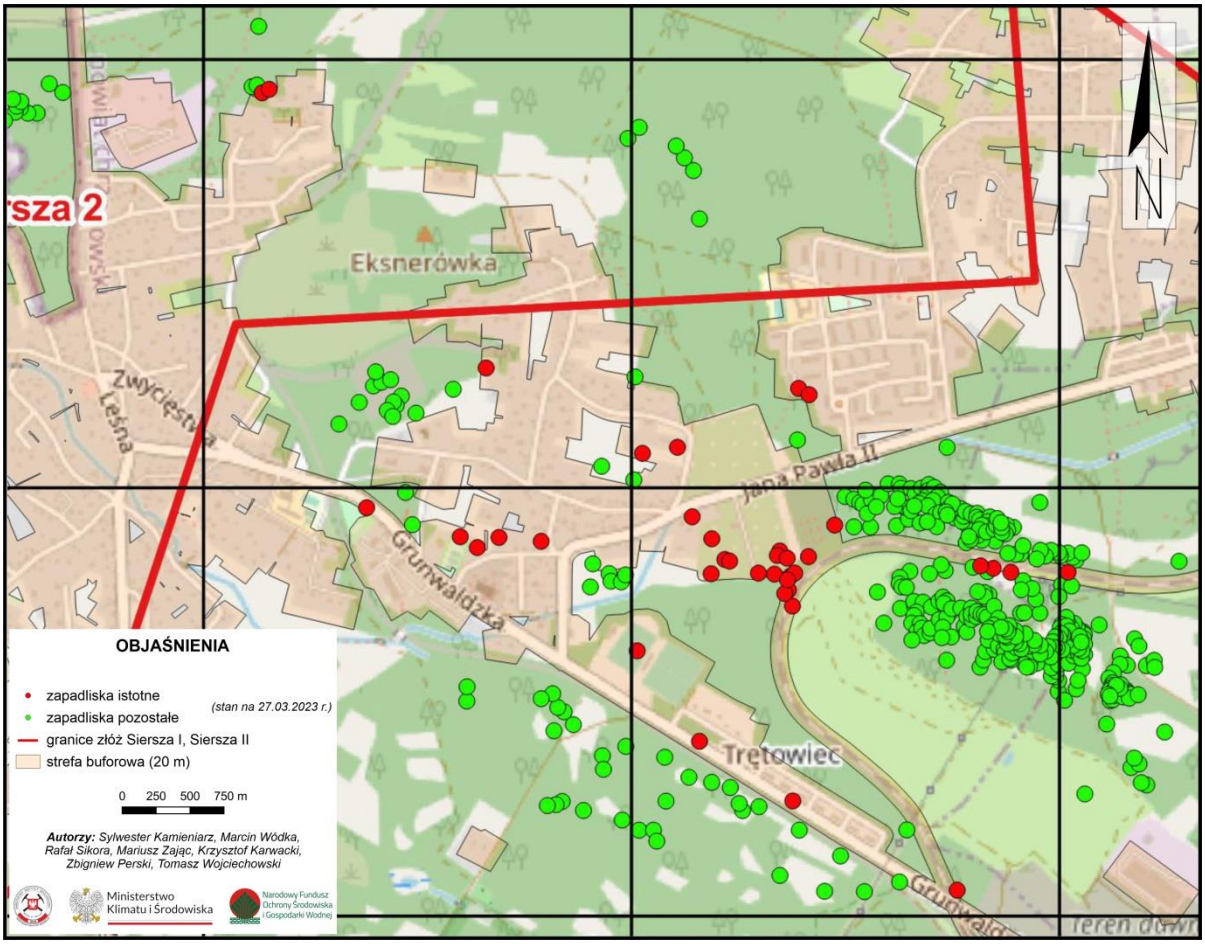
Ryc. 52. Lokalizacja zapadlisk w obrębie obszaru oddziaływania KWK „Siersza".

Jednym z dwóch zapadlisk, którym można przypisać tylko genezę krasową jest forma znajdująca się na zachód od Starej Maszyny. Wskazuje na to duża miąższość dolomitów (ponad 60 m) pokrywająca węglonośne utwory karbonu. Drugim zapadliskiem o możliwej genezie krasowej jest forma występująca w rejonie Trzebionki. Największa liczba zapadlisk skupia się w centralnej części złoża, w pasie ciągnącym się od ogródków działkowych i cmentarza, przez rejon nasypu kolejowego prowadzącego do elektrowni Siersza, do obszarów leśnych w rejonie ul. Kopalnianej. Najwięcej zapadlisk w rejonach zabudowanych znajduje się przy ul. Jana Pawła II, ul. Górniczej, w rejonie os. Trentowiec, na zachód od os. Gaj oraz w rejonie os. Misiury. Niektóre zapadliska są związane z zapadaniem się starych szybów wraz z infrastrukturą techniczną (np. szyb Zofia oraz szyby w rejonie os. Trentowiec). Zapadliska we wschodniej części złoża (na zachód od Karniowic) są wynikiem podziemnej eksploatacji, jak również procesów sufozji intensywnie działającej w słabozdiagenezowanych i zwietrzałych zlepieńcach myślachowickich.

Prace analityczne w połączeniu z pracami terenowymi (wszystkie miejsca wytypowane prze pomocy metod zdalnych zostały sprawdzone w terenie) pozwoliły stwierdzić występowanie licznych zapadlisk poza obszarami udokumentowanej płytkiej eksploatacji

węgla kamiennego (do 80 m p.p.t.). Wskazuje to na możliwość dokonywania w przeszłości niekontrolowanej eksploatacji lub braki w wyznaczeniu zasięgu płytkiej eksploatacji. Możliwość płytkiego wydobycia złóż poza udokumentowanymi obszarami potwierdza mapa miąższości nadkładu karbonu.

Korelacja zinwentaryzowanych zapadlisk z archiwalnymi materiałami (również zdjęciami lotniczymi) pozwoliła stwierdzić, że wiele obecnie powstających zapadlisk to reaktywacja starych, zasypanych form. Na tej podstawie wytypowano kilka nowych miejsc (poza rejonem cmentarza) gdzie istnieje możliwość reaktywacji zapadlisk historycznych, które nie zaznaczają się obecnie na powierzchni i nie można ich potwierdzić podczas wizji terenowej. Do takich obszarów należy rejon ul. Młyńskiej. Dalsze analizy materiałów archiwalnych mogą przyczynić się do wytypowania kolejnych takich miejsc. Pełne wyniki analiz zostaną przedstawione w raporcie końcowym. Obszary płytkiej eksploatacji wyznaczone na podstawie dokumentacji geologicznej złoża węgla kamiennego KWK Siersza (1985) oraz opracowania dotyczącego inwentaryzacji płytkiej eksploatacji w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (Krieger, Jureczka, Ługiewicz-Mołas, Rolka, 2011) uznano za obszary najbardziej zagrożone występowaniem zapadlisk. W toku dalszych analiz zasięgi obszarów płytkiej eksploatacji mogą ulec zmianie.



Ryc. 53. Rejon występowania zapadlisk „istotnych" na podkładzie OpenStreetMap.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Opracowanie danych archiwalnych danych SAR pozwoliło prześledzić rozwój deformacji ciągłych na zadanym obszarze w latach 1993 – 2022. Stwierdzono, że teren objęty obszarem górniczym KWK Siersza podlegał stałym, niewielkim obniżeniom o wartościach do kilku mm/rok w jego centrum. W latach 2001/2002 nastąpiła zmiana wektora ruchu z obniżającego na podnoszenie. Obecnie teren KWK Siersza podlega stałym, niewielkim ruchom podnoszącym o wartościach do ok 20 mm/rok w jego centrum. Zmiana charakteru ruchów obniżających na podnoszenie nastąpiła mniej więcej w tym samym okresie kiedy zakończono eksploatacje węgla i zamknięto kopalnię. Obserwowane w południowo zachodniej części obszaru badań obniżenia o ok > 20 mm/rok związane są z występującą na tym terenie podziemną eksploatacją węgla kamiennego prowadzoną przez KWK Janina w Libiążu.

2. Proces deformacji powierzchni terenu w trakcie prowadzenia eksploatacji podziemnej jest cechą charakterystyczną obszarów górniczych. W czasie prowadzenia podziemnej eksploatacji powierzchnia terenu ulega obniżeniu, co powoduje powstanie trwałych zmian w górotworze poprzez grawitacyjne przemieszczanie skał i gruntów oraz przepływ wód podziemnych w kierunku czynnych wyrobisk. Proces ten przyczynia się do powstawania znacznych obniżeń terenu. Po likwidacji kopalni następuje jej zatopienie poprzez zaprzestanie prowadzenia odwodnienia. W kolejnym etapie obserwowane jest powolne wypiętrzanie powierzchni terenu związane z odbudowywaniem ciśnień hydraulicznych w górotworze. Proces powyższy obserwowany jest na obszarze zlikwidowanej KWK Siersza.

3. Z uwagi na charakter użytkowania terenu byłej KWK Siersza (większość obszaru zajmują tereny pokryte szatą roślinną) oraz niewielką liczbę scen satelitarnych nadających się do opracowania otrzymany rozkład przestrzenny osiadania i podnoszenia za lata 1993 – 2010 ma charakter przybliżony i ogólny.

4. Dotychczas na obszarze oddziaływania KWK Siersza zidentyfikowano 488 zapadlisk.

5. Spośród zidentyfikowanych 488 zapadlisk, 38 określono jako istotne. Są to zapadliska, które wg bazy danych obiektów topograficznych pozyskanej z GUGiK, znajdują się w buforze 20 m od głównych dróg, obszarów zabudowanych, cmentarza, ogródków działkowych oraz nasypu kolejowego.

6. Z przeprowadzonych analiz różnicowych wynika, że w latach 2011 – 2019 i 2014 – 2019 doszło do powstania lub uaktywnienia łącznie 20 zapadlisk, w wyniku czego zapadnięciu uległ grunt o sumarycznej objętości ponad 257 m3. Z kolei w latach 2019 – 2022 utworzyło się lub uaktywniło 55 zapadlisk, a całkowita objętość zapadniętego materiału w tym okresie wynosi niecałe 2836 m3. Badania pokazują, że dynamika rozwoju

zapadlisk w latach 2019 – 2022 jest kilkukrotnie większa niż we wcześniejszych latach.

7. Zapadliska występują również poza granicami obszarów udokumentowanej płytkiej eksploatacji. Może to wskazywać na dokonywanie w przeszłości niekontrolowanej eksploatacji, a w niektórych przypadkach mogą mieć one inną genezę np. krasową. Korelacja danych zapadliskowych z mapą miąższości nadkładu karbonu wskazuje, że wydobycie węgla kamiennego z płytkich pokładów mogło odbywać się również poza miejscami udokumentowanej płytkiej eksploatacji. Możliwe jest też występowanie zapadlisk w miejscach gdzie eksploatację węgla prowadzono głębiej.

8. Do obszarów objętych większym ryzykiem należy zaliczyć m.in. rejon cmentarza, ogródków działkowych, nasypu kolejowego, rejon ul. Górniczej, Jana Pawła II (zwłaszcza rejon obecnie nieistniejącego osiedla górniczego). Niepokojące są też zapadliska w okolicy osiedla Misiury, które znajdują się w odległości kilkudziesięciu metrów od zabudowań oraz stare zlikwidowane formy zapadliskowe w rejonie ul. Młyńskiej.

9. Niektóre zapadliska są związane z zapadaniem się starych szybów wraz z infrastrukturą techniczną (np. szyb Zofia oraz szyby w rejonie os. Trentowiec).

10. Dotychczasowe wyniki prac zostały udostępnione na stronie www.pgi.gov.pl/zapadliska.html, gdzie będą cyklicznie aktualizowane.

11. Ostateczna ocena zagrożeń będzie możliwa dopiero po korelacji wszystkich przetworzonych danych po zakończeniu prac i zostanie przedstawiona w raporcie końcowym.

Literatura

Bamler, R., Hartl, P., 1998. Synthetic aperture radar interferometry. Inverse Probl. 14, R1–R54.

Bürgmann, R., Rosen, P.A., Fielding, E.J., 2000. Synthetic Aperture Radar interferometry to measure Earth's surface topography and its deformation. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 28, 169–209.

Cattabeni, M., Monti-Guarnieri, A., Rocca, F., 1994. Estimation and Improvement of Coherence in SAR Interferograms. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1994. IGARSS '94, 720–722.

Crosetto, M., Monserrat, O., Cuevas-González, M., Devanthéry, N., Crippa, B. 2015. Persistent scatterer interferometry: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 115, 78-89.

Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F., 1999. Permanent Scatterers in SAR Interferometry. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1999. IGARSS '99, 1–3.

Dokumentacja geologiczna złoża węgla kamiennego i łupku węglowego rejonu Sierszy, 1964.

Dokumentacja geologiczna złoża węgla kamiennego i łupku węglowego Pola Południowego KWK „Siersza" w Sierszy, 1966.

Dokumentacja geologiczna złoża węgla kamiennego K.W.K. „Siersza", 1985.

Fuhrmann, T., Garthwaite, M. C., 2019. Resolving three-dimensional surface motion with InSAR: Constraints from multi-geometry data fusion. Remote Sensing, 11(3), 241.

Goldstein, R.M., Zebker, H.A., Werner, C.L., 1988. Satellite radar interferometry: Two-dimensional phase unwrapping. Radio Sci. 23, 713–720.

Hanssen, R.F., 2005. *Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis* 2nd ed., Heidelberg: Springer Verlag.

Krieger, W., Jureczka, J., Ługiewicz-Mołas, I., Rolka, M., 2011. Inwentaryzacja płytkiej i powierzchniowej eksploatacji węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (niepublikowane).

Massonnet, D., Feigl, K.L., 1998. Radar interferometry and its application to changes in the earth's surface. Rev. Geophys. 36, 441–500.

Mapa powierzchni terenu górniczego KWK „Siersza" – w likwidacji, z zaznaczaniem płytkich wyrobisk górniczych, deformacji spowodowanych eksploatacją i przewidywanych zalewisk w skali 1: 10 000. Archiwum Wyższego Urzędu Górniczego.

Perissin, D. et al., 2006. On the physical characterization of SAR Permanent Scatterers in urban areas. *Proceedings of EUSAR'06*.

Perski, Z., Hanssen, R., 2006. The interpretation of Bam fault kinematics using envisat SAR interferometric data. In *European Space Agency, (Special Publication) ESA SP*.

Perski, Z., 1999. Osiadania terenu GZW pod wpływem eksploatacji pozdziemnej określane za pomocą satelitarnej interferometrii radarowej (InSAR). Przegląd Geol. 2, 171–174.

Perski, Z., Ketelaar, G., Mróz, M., 2006. Interpretacja danych ENVISAT/ASAR o przemiennej polaryzacji na obszarach zurbanizowanych w kontekście charakterystyki stabilnych rozpraszaczy (Persistent Scatterers). *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 16.

Wojciechowski, T., Jureczka, J., Wódka, M., Kamieniarz, S., Przyłucka, M., Perski, Z., Sikora, R., Nescieruk, P., Kos, J., Krieger, W., Nadłonek, W., Rolka, M., 2023. Raport wstępny z prac analitycznych o deformacjach terenu w Trzebini (obszar cmentarza komunalnego przy ulicy Jana Pawła II w Trzebini i tereny przyległe). Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 27 lutego 2023 r.

Zebker, H.A., Villasenor, J., 1992. Decorrelation in interferometric radar echoes. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 30, 950–959.

Źródła on-line

http://www.gugik.gov.pl/bip/prawo/modele-danych

https://gazetakrakowska.pl/trzebinia-szyb-zofia-straszy-w-lesie-wielkimi-dziurami/ar/c3-412411

Załączniki

Załącznik 1 Zestawienie baz interferometrycznych wykorzystanych w przetwarzaniu PSI

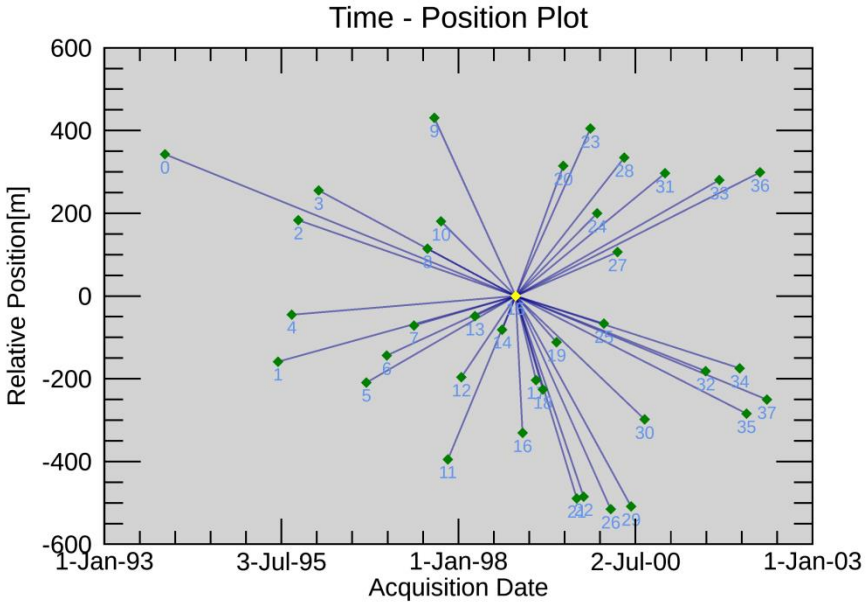
Załącznik 1a – Zestaw ERS track 451

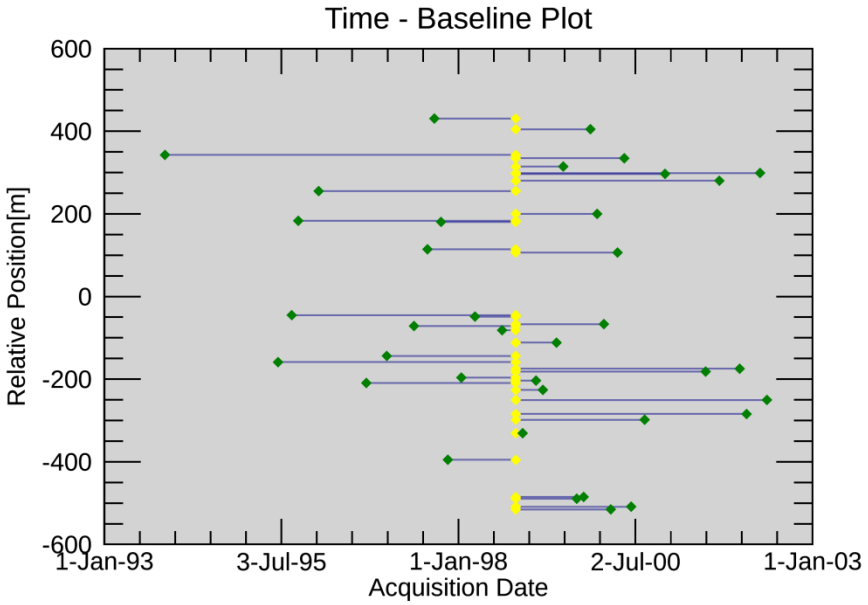
Reference Date23-OCT-1998ers-2_451_19981023_093509069_IS2_D_VV_slc PRECISION Velocity = 0.501146 mm/year Height = 0.703676 m

Slave file	Normal Baseline [m]	Temporal Baseline [days]	2 Pi Ambiguity [m]	Doppler Difference [m]	Critical Baseline [m]
09-NOV-1993 ers-1_451_19931109_093508664_IS2_D_VV_slc	342.668	-1809	29.4304	-221.934	-1001.01,1001.01
15-JUN-1995 ers-1_451_19950615_093519145_IS2_D_VV_slc	-158.858	-1226	63.5741	-230.774	-1002.64,1002.64
28-SEP-1995 ers-1_451_19950928_093520897_IS2_D_VV_slc	183.369	-1121	55.0253	-226.599	-1001.58,1001.58
11-JAN-1996 ers-1_451_19960111_093516722_IS2_D_VV_slc	255.268	-1016	39.5202	-162.51	-1001.37,1001.37
25-AUG-1995 ers-2_451_19950825_093522547_IS2_D_VV_slc	-45.225	-1155	223.238	63.9084	-1002.27,1002.27
13-SEP-1996 ers-2_451_19960913_093517953_IS2_D_VV_slc	-209.331	-770	48.2554	53.4958	-1002.86,1002.86
27-DEC-1996 ers-2_451_19961227_093513453_IS2_D_VV_slc	-143.855	-665	70.2114	5.34201	-1002.71,1002.71
16-MAY-1997 ers-2_451_19970516_093515268_IS2_D_VV_slc	-71.3871	-525	141.43	12.5193	-1002.3,1002.3
25-JUL-1997 ers-2_451_19970725_093516842_IS2_D_VV_slc	114.33	-455	88.2641	54.031	-1001.74,1001.74
29-AUG-1997 ers-2_451_19970829_093515619_IS2_D_VV_slc	430.74	-420	23.4066	29.7162	-1000.7,1000.7
03-OCT-1997 ers-2_451_19971003_093515133_IS2_D_VV_slc	180.373	-385	55.9439	37.9683	-1001.66,1001.66
07-NOV-1997 ers-2_451_19971107_093511222_IS2_D_VV_slc	-395.234	-350	25.5755	37.0709	-1003.62,1003.62
16-JAN-1998 ers-2_451_19980116_093512433_IS2_D_VV_slc	-196.195	-280	51.4889	29.1783	-1002.9,1002.9
27-MAR-1998 ers-2_451_19980327_093513140_IS2_D_VV_slc	-48.7084	-210	207.266	35.9042	-1002.22,1002.22
14-AUG-1998 ers-2_451_19980814_093513006_IS2_D_VV_slc	-81.6304	-70	123.689	-10.3542	-1002.36,1002.36
27-NOV-1998 ers-2_451_19981127_093506695_IS2_D_VV_slc	-330.86	35	30.5146	56.7848	-1003.25,1003.25

05-FEB-1999 ers-2_451_19990205_093507905_IS2_D_VV_slc	-203.531	105	49.6047	-62.7047	-1002.94,1002.94
12-MAR-1999 ers-2_451_19990312_093509192_IS2_D_VV_slc	-226.101	140	44.6529	-25.0136	-1002.97,1002.97
21-MAY-1999 ers-2_451_19990521_093511331_IS2_D_VV_slc	-111.551	210	90.5062	-13.3985	-1002.55,1002.55
25-JUN-1999 ers-2_451_19990625_093511452_IS2_D_VV_slc	314.328	245	32.1196	-29.6643	-1001.08,1001.08
03-SEP-1999 ers-2_451_19990903_093506131_IS2_D_VV_slc	-489.527	315	20.6241	43.0514	-1003.87,1003.87
08-OCT-1999 ers-2_451_19991008_093508607_IS2_D_VV_slc	-485.175	350	20.8091	52.7786	-1003.81,1003.81
12-NOV-1999 ers-2_451_19991112_093509185_IS2_D_VV_slc	404.678	385	24.9484	26.7984	-1000.88,1000.88
17-DEC-1999 ers-2_451_19991217_093509058_IS2_D_VV_slc	200.116	420	50.451	-43.4312	-1001.73,1001.73
21-JAN-2000 ers-2_451_20000121_093509572_IS2_D_VV_slc	-66.8694	455	150.982	27.8982	-1002.41,1002.41
25-FEB-2000 ers-2_451_20000225_093511605_IS2_D_VV_slc	-515.506	490	19.5848	-175.022	-1003.92,1003.92
31-MAR-2000 ers-2_451_20000331_093512849_IS2_D_VV_slc	106.336	525	94.9448	562.525	-1001.85,1001.85
05-MAY-2000 ers-2_451_20000505_093509324_IS2_D_VV_slc	334.567	560	30.1765	385.972	-1000.99,1000.99
09-JUN-2000 ers-2_451_20000609_093508852_IS2_D_VV_slc	-508.885	595	19.8396	624.437	-1003.78,1003.78
18-AUG-2000 ers-2_451_20000818_093520432_IS2_D_VV_slc	-298.408	665	33.8331	768.368	-1003.2,1003.2
01-DEC-2000 ers-2_451_20001201_093512741_IS2_D_VV_slc	296.601	770	34.0393	219.731	-1001.23,1001.23
29-JUN-2001 ers-2_451_20010629_093442229_IS2_D_VV_slc	-181.749	980	55.5966	-7665.99	-995.855,995.855
07-SEP-2001 ers-2_451_20010907_093406635_IS2_D_VV_slc	280.275	1050	36.022	2393.89	-1001.27,1001.27
21-DEC-2001 ers-2_451_20011221_093326519_IS2_D_VV_slc	-174.717	1155	57.7854	-2696.11	-1002.87,1002.87
25-JAN-2002 ers-2_451_20020125_093327895_IS2_D_VV_slc	-284.304	1190	35.5116	-568.61	-1003.2,1003.2
05-APR-2002 ers-2_451_20020405_093332209_IS2_D_VV_slc	298.977	1260	33.7687	-585.057	-1001.25,1001.25

10-MAY-2002 ers-2_451_20020510_093338054_IS2_D_VV_slc	-250.377	1295	40.3236	-2220.32	-1002.46,1002.46



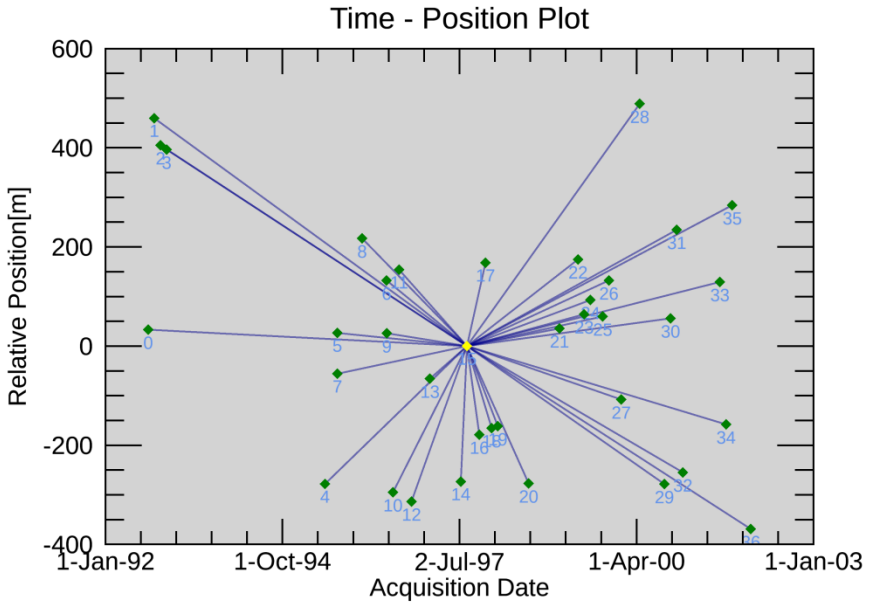


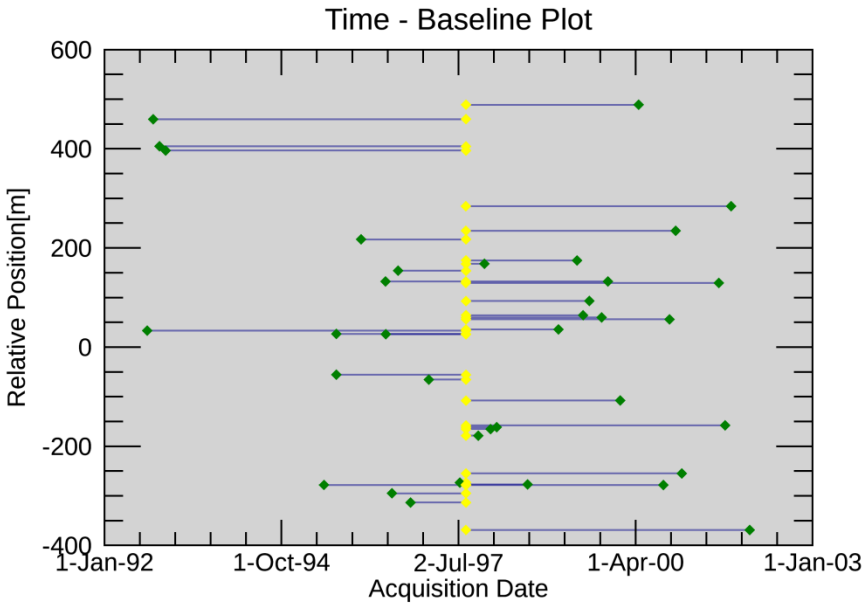
Załącznik 1b – Zestaw ERS track 222

Reference Date13-AUG-1997ers-2_222_19970813_093808874_IS2_D_VV_slc PRECISION Velocity = 0.424882 mm/year Height = 0.887359 m

Slave file	Normal Baseline [m]	Temporal Baseline [days]	2 Pi Ambiguity [m]	Doppler Difference [m]	Critical Baseline [m]
30-AUG-1992 ers-1_222_19920830_093813154_IS2_D_VV_slc	33.1001	-1809	256.635	-265.792	-826.589,826.589
04-OCT-1992 ers-1_222_19921004_093812007_IS2_D_VV_slc	459.608	-1774	18.4534	-292.672	-825.16,825.16
08-NOV-1992 ers-1_222_19921108_093806581_IS2_D_VV_slc	404.949	-1739	20.9497	-236.445	-825.396,825.396
13-DEC-1992 ers-1_222_19921213_093757122_IS2_D_VV_slc	396.337	-1704	21.4062	-301.758	-825.445,825.445
30-MAY-1995 ers-1_222_19950530_093810834_IS2_D_VV_slc	-278.187	-806	30.5604	-317.449	-827.333,827.333
08-AUG-1995 ers-1_222_19950808_093814185_IS2_D_VV_slc	26.5436	-736	319.946	-299.775	-826.375,826.375
14-MAY-1996 ers-1_222_19960514_093814430_IS2_D_VV_slc	132.358	-456	64.1434	-297.867	-826.091,826.091
09-AUG-1995 ers-2_222_19950809_093816825_IS2_D_VV_slc	-55.8326	-735	152.179	18.3979	-826.8,826.8
27-DEC-1995 ers-2_222_19951227_093814623_IS2_D_VV_slc	217.22	-595	39.0818	-63.4219	-826.005,826.005
15-MAY-1996 ers-2_222_19960515_093813551_IS2_D_VV_slc	25.8625	-455	328.436	-2.49289	-826.552,826.552
19-JUN-1996 ers-2_222_19960619_093812260_IS2_D_VV_slc	-294.882	-420	28.8368	-11.2734	-827.539,827.539
24-JUL-1996 ers-2_222_19960724_093811876_IS2_D_VV_slc	153.947	-385	55.1486	12.5472	-826.098,826.098
02-OCT-1996 ers-2_222_19961002_093810017_IS2_D_VV_slc	-313.556	-315	27.1239	-1.20388	-827.679,827.679
15-JAN-1997 ers-2_222_19970115_093806258_IS2_D_VV_slc	-65.6296	-210	129.48	-33.294	-826.902,826.902
09-JUL-1997 ers-2_222_19970709_093809008_IS2_D_VV_slc	-273.302	-35	31.1141	-30.1477	-827.547,827.547
22-OCT-1997 ers-2_222_19971022_093806434_IS2_D_VV_slc	-178.716	70	47.5307	9.50533	-827.211,827.211
26-NOV-1997 ers-2_222_19971126_093804366_IS2_D_VV_slc	167.974	105	50.5703	8.79276	-826.156,826.156
31-DEC-1997 ers-2_222_19971231_093805902_IS2_D_VV_slc	-165.359	140	51.3702	-42.1945	-827.231,827.231
04-FEB-1998 ers-2_222_19980204_093804612_IS2_D_VV_slc	-161.614	175	52.5606	-34.3793	-827.142,827.142
29-JUL-1998 ers-2_222_19980729_093804358_IS2_D_VV_slc	-277.096	350	30.6554	-56.3556	-827.553,827.553
20-JAN-1999 ers-2_222_19990120_093803141_IS2_D_VV_slc	35.5404	525	239.01	-70.211	-826.64,826.64
05-MAY-1999 ers-2_222_19990505_093805756_IS2_D_VV_slc	174.847	630	48.5825	-53.3208	-826.111,826.111
09-JUN-1999 ers-2_222_19990609_093804639_IS2_D_VV_slc	64.1326	665	132.452	-80.79	-826.425,826.425
14-JUL-1999 ers-2_222_19990714_093802427_IS2_D_VV_slc	92.8921	700	91.445	-60.622	-826.366,826.366
22-SEP-1999 ers-2_222_19990922_093802887_IS2_D_VV_slc	59.6788	770	142.337	15.6884	-826.626,826.626
27-OCT-1999 ers-2_222_19991027_093802915_IS2_D_VV_slc	132.373	805	64.1712	0.890131	-826.306,826.306
05-JAN-2000 ers-2_222_20000105_093802890_IS2_D_VV_slc	-107.779	875	78.8142	-45.477	-826.986,826.986

19-APR-2000 ers-2_222_20000419_093805346_IS2_D_VV_slc	488.64	980	17.384	341.877	-825.058,825.058
06-SEP-2000 ers-2_222_20000906_093814747_IS2_D_VV_slc	-278.287	1120	30.5243	532.356	-827.52,827.52
11-OCT-2000 ers-2_222_20001011_093814786_IS2_D_VV_slc	55.9543	1155	151.812	159.443	-826.523,826.523
15-NOV-2000 ers-2_222_20001115_093809486_IS2_D_VV_slc	234.603	1190	36.208	79.5377	-826.005,826.005
20-DEC-2000 ers-2_222_20001220_093809470_IS2_D_VV_slc	-254.772	1225	33.3416	165.953	-827.523,827.523
18-JUL-2001 ers-2_222_20010718_093725632_IS2_D_VV_slc	129.327	1435	65.6823	-1520.98	-823.975,823.975
22-AUG-2001 ers-2_222_20010822_093707216_IS2_D_VV_slc	-157.945	1470	53.7815	1883.32	-826.871,826.871
26-SEP-2001 ers-2_222_20010926_093650080_IS2_D_VV_slc	284.153	1505	29.8942	-1151.74	-824.335,824.335
09-JAN-2002 ers-2_222_20020109_093619089_IS2_D_VV_slc	-368.88	1610	23.0278	2015.83	-827.902,827.902



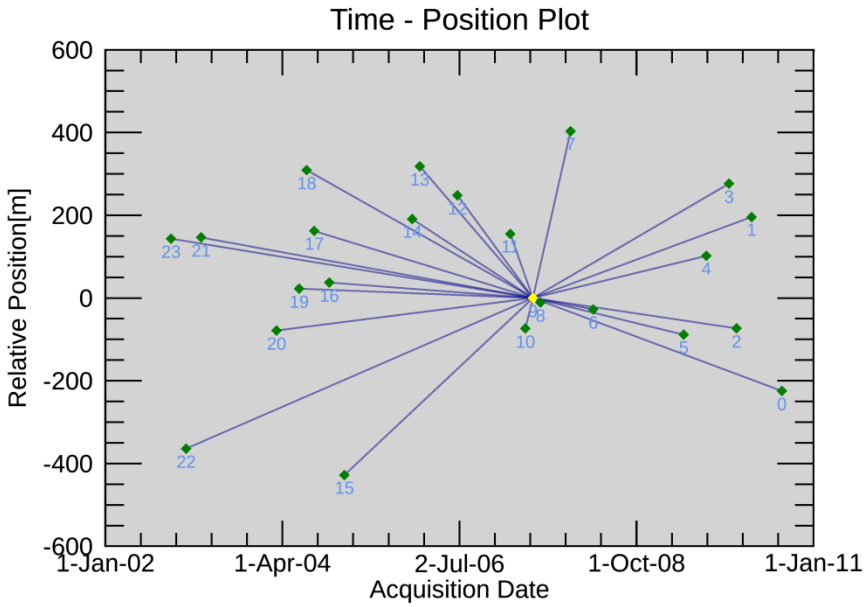

Time - Baseline Plot
600
400
200
0
-200
-400
Relative Position[m]
1-Jan-92
1-Oct-94
2-Jul-97
1-Apr-00
1-Jan-03
Acquisition Date

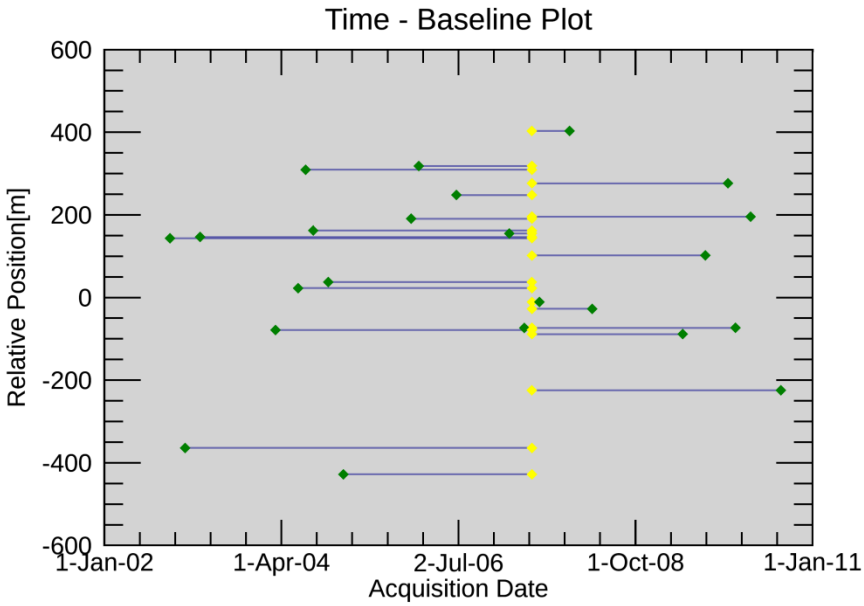
Załącznik 1c – Zestaw Envisat track 451

Reference Date08-JUN-2007asar_451_20070608_090516411_IS2_D_VV_slc PRECISION Velocity = 0.561148 mm/year Height = 1.17801 m

Slave file	Normal Baseline [m]	Temporal Baseline [days]	2 Pi Ambiguity [m]	Doppler Difference [m]	Critical Baseline [m]
06-AUG-2010 asar_451_20100806_090502128_IS2_D_VV_slc	-224.562	-1155	44.7208	8.85293	-1025.89,1025.89
19-MAR-2010 asar_451_20100319_090502042_IS2_D_VV_slc	195.807	-1015	51.2287	5.74592	-1024.53,1024.53
08-JAN-2010 asar_451_20100108_090503651_IS2_D_VV_slc	-73.4335	-945	136.715	-8.4236	-1025.5,1025.5
04-DEC-2009 asar_451_20091204_090501622_IS2_D_VV_slc	276.506	-910	36.2688	-9.36628	-1024.25,1024.25
21-AUG-2009 asar_451_20090821_090509293_IS2_D_VV_slc	101.807	-805	98.5463	-9.89638	-1024.75,1024.75
08-MAY-2009 asar_451_20090508_090507689_IS2_D_VV_slc	-88.7005	-700	113.168	2.3746	-1025.38,1025.38
14-MAR-2008 asar_451_20080314_090510773_IS2_D_VV_slc	-27.4664	-280	365.448	-6.52465	-1025.29,1025.29
30-NOV-2007 asar_451_20071130_090508502_IS2_D_VV_slc	403.129	-175	24.8678	-8.58295	-1023.82,1023.82
13-JUL-2007 asar_451_20070713_090516966_IS2_D_VV_slc	-10.6888	-35	939.118	-6.95539	-1025.33,1025.33
04-MAY-2007 asar_451_20070504_090514386_IS2_D_VV_slc	-73.7236	35	136.132	-3.60509	-1025.31,1025.31
23-FEB-2007 asar_451_20070223_090513847_IS2_D_VV_slc	155.245	105	64.6469	-1.31329	-1024.73,1024.73
23-JUN-2006 asar_451_20060623_090519112_IS2_D_VV_slc	248.155	350	40.443	-0.401082	-1024.29,1024.29
30-DEC-2005 asar_451_20051230_090511793_IS2_D_VV_slc	318.394	525	31.5211	-4.35985	-1024.1,1024.1
25-NOV-2005 asar_451_20051125_090518748_IS2_D_VV_slc	190.867	560	52.5818	-6.45399	-1024.58,1024.58
14-JAN-2005 asar_451_20050114_090516380_IS2_D_VV_slc	-427.988	875	23.4495	18.1227	-1026.72,1026.72
05-NOV-2004 asar_451_20041105_090521874_IS2_D_VV_slc	37.4251	945	268.165	14.6858	-1025.16,1025.16
27-AUG-2004 asar_451_20040827_090521433_IS2_D_VV_slc	161.906	1015	61.9873	15.0589	-1024.65,1024.65
23-JUL-2004 asar_451_20040723_090524007_IS2_D_VV_slc	309.253	1050	32.4528	13.4758	-1024.12,1024.12

18-JUN-2004 asar_451_20040618_090522324_IS2_D_VV_slc	22.6256	1085	443.574	18.9654	-1025.12,1025.12
05-MAR-2004 asar_451_20040305_090518571_IS2_D_VV_slc	-78.6163	1190	127.659	24.0934	-1025.52,1025.52
21-MAR-2003 asar_451_20030321_090513505_IS2_D_VV_slc	146.377	1540	68.5636	-37.1556	-1024.77,1024.77
10-JAN-2003 asar_451_20030110_090510675_IS2_D_VV_slc	-364.152	1610	27.5602	17.6342	-1026.49,1026.49
01-NOV-2002 asar_451_20021101_090515429_IS2_D_VV_slc	143.459	1680	69.9582	70.5963	-1024.78,1024.78

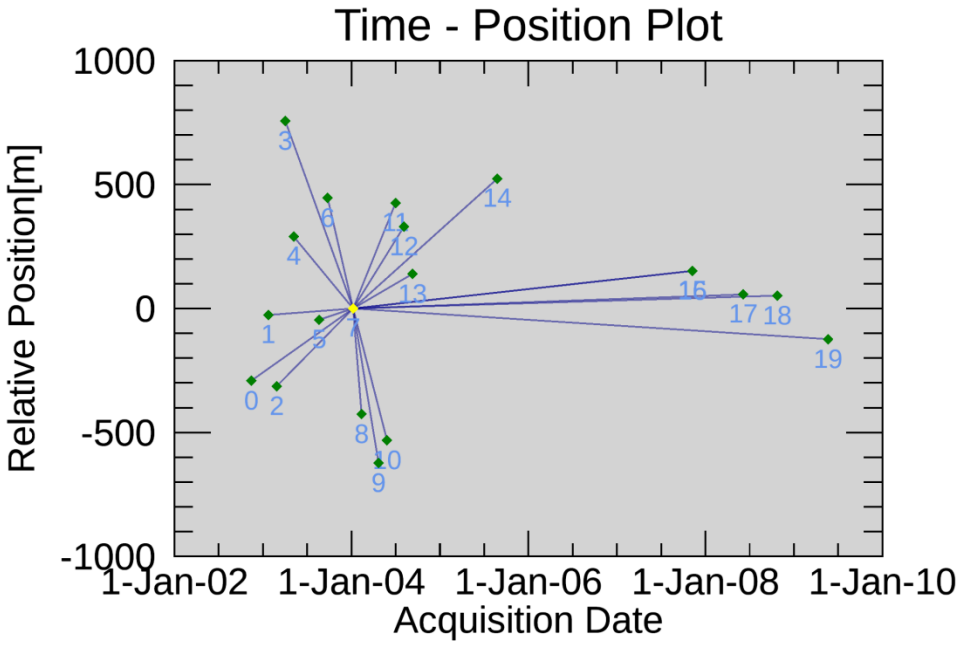


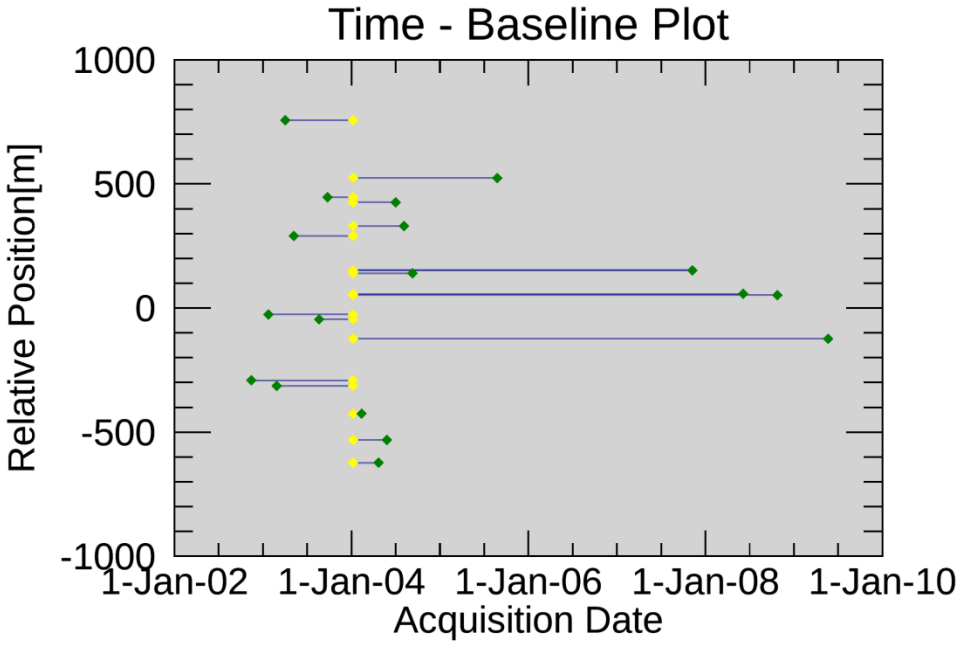

Time - Baseline Plot
600
400
200
0
-200
-400
-600
Relative Position[m]
1-Jan-02
1-Apr-04
2-Jul-06
1-Oct-08
1-Jan-11
Acquisition Date

Załącznik 1d – Zestaw Envisat track 143

Reference Date08-JAN-2004asar_143_20040108_201830883_IS2_A_VV_slc PRECISION Velocity = 0.45267 mm/year Height = 0.717296 m

Slave file	Normal Baseline [m]	Temporal Baseline [days]	2 Pi Ambiguity [m]	Doppler Difference [m]	Critical Baseline [m]
14-NOV-2002 asar_143_20021114_201825955_IS2_A_VV_slc	-291.214	-420	33.5536	19.053	-994.545,994.545
23-JAN-2003 asar_143_20030123_201822529_IS2_A_VV_slc	-26.1595	-350	373.194	-48.2489	-993.553,993.553
27-FEB-2003 asar_143_20030227_201820366_IS2_A_VV_slc	-313.175	-315	31.1983	-91.9178	-994.492,994.492
03-APR-2003 asar_143_20030403_201822009_IS2_A_VV_slc	756.997	-280	12.8653	-90.5286	-990.858,990.858
08-MAY-2003 asar_143_20030508_201822772_IS2_A_VV_slc	290.063	-245	33.6247	-103.599	-992.491,992.491
21-AUG-2003 asar_143_20030821_201833449_IS2_A_VV_slc	-45.4876	-140	214.633	6.93785	-993.624,993.624
25-SEP-2003 asar_143_20030925_201832372_IS2_A_VV_slc	446.002	-105	21.8561	38.421	-991.893,991.893
12-FEB-2004 asar_143_20040212_201827989_IS2_A_VV_slc	-425.824	35	22.9263	-1.73057	-994.917,994.917
22-APR-2004 asar_143_20040422_201828165_IS2_A_VV_slc	-623.232	105	15.6644	6.43547	-995.682,995.682
27-MAY-2004 asar_143_20040527_201832552_IS2_A_VV_slc	-531.262	140	18.3762	2.56754	-995.278,995.278
01-JUL-2004 asar_143_20040701_201831634_IS2_A_VV_slc	425.547	175	22.9413	-1.96484	-991.956,991.956
05-AUG-2004 asar_143_20040805_201833581_IS2_A_VV_slc	330.778	210	29.514	0.355158	-992.33,992.33
09-SEP-2004 asar_143_20040909_201831725_IS2_A_VV_slc	139.564	245	69.9505	-4.18109	-992.979,992.979
25-AUG-2005 asar_143_20050825_201828862_IS2_A_VV_slc	523.854	595	18.6361	-7.10248	-991.64,991.64
08-NOV-2007 asar_143_20071108_201822375_IS2_A_VV_slc	151.7	1400	64.3544	-20.4412	-992.981,992.981
08-NOV-2007 asar_143_20071108_201823112_IS2_A_VV_slc	151.703	1400	64.3532	-20.1434	-992.981,992.981
05-JUN-2008 asar_143_20080605_201821350_IS2_A_VV_slc	56.8846	1610	171.621	-18.6518	-993.234,993.234
23-OCT-2008 asar_143_20081023_201820091_IS2_A_VV_slc	51.9934	1750	187.766	-20.3983	-993.411,993.411
21-MAY-2009 asar_143_20090521_201818934_IS2_A_VV_slc	-123.69	1960	78.9281	-16.2839	-993.805,993.805


Time - Position Plot
Relative Position[m]
1000
500
0
-500
-1000
1-Jan-02
1-Jan-04
1-Jan-06
1-Jan-08
1-Jan-10
Acquisition Date
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

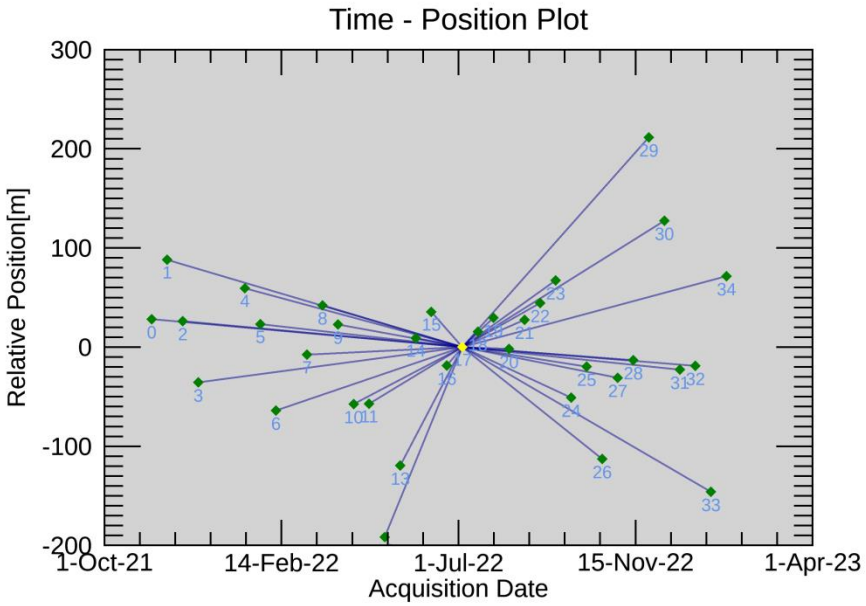

Time - Baseline Plot
Relative Position[m]
1000
500
0
-500
-1000
1-Jan-02
1-Jan-04
1-Jan-06
1-Jan-08
1-Jan-10
Acquisition Date

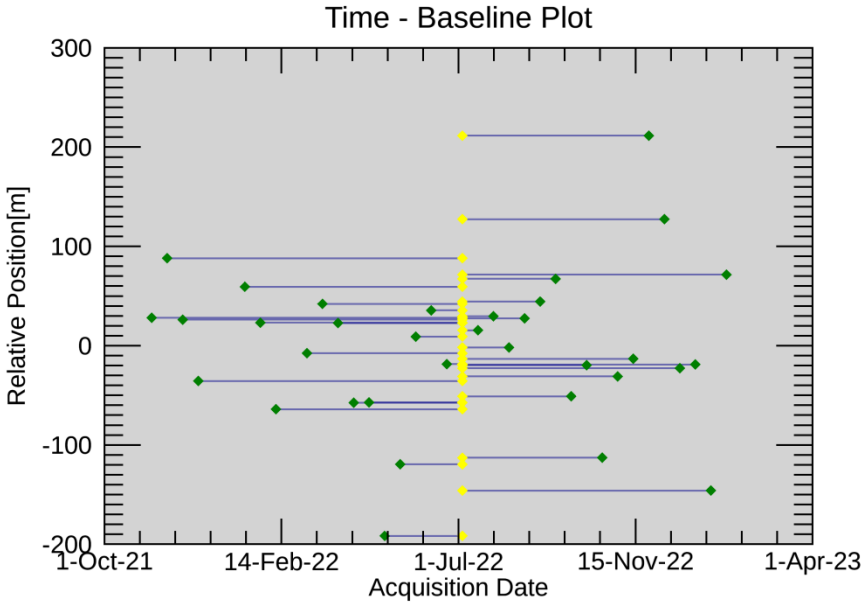
Załącznik 1e – Zestaw Sentinel track 124

Reference Date04-JUL-2022sentinel1_124_20220704_050143217_IW_D_VV_slc_list PRECISION Velocity = 3.24913 mm/year Height = 3.23488 m

Slave file	Normal Baseline [m]	Temporal Baseline [days]	2 Pi Ambiguity [m]	Doppler Difference [m]	Critical Baseline [m]
06-NOV-2021sentinel1_124_20211106_050141313_IW_D_VV_slc_list	28.1758	-240	409.466	-22.5674	-4421.92,4421.92
18-NOV-2021sentinel1_124_20211118_050141221_IW_D_VV_slc_list	88.0191	-228	131.055	-23.0625	-4421.13,4421.13
30-NOV-2021sentinel1_124_20211130_050140672_IW_D_VV_slc_list	26.158	-216	441.067	-27.7706	-4422.07,4422.07
12-DEC-2021sentinel1_124_20211212_050140196_IW_D_VV_slc_list	-35.6344	-204	323.822	-33.4254	-4422.88,4422.88
17-JAN-2022sentinel1_124_20220117_050138471_IW_D_VV_slc_list	59.3357	-168	194.431	-25.1868	-4421.75,4421.75
29-JAN-2022sentinel1_124_20220129_050137971_IW_D_VV_slc_list	23.16	-156	498.182	-25.2685	-4422.29,4422.29
10-FEB-2022sentinel1_124_20220210_050137690_IW_D_VV_slc_list	-63.9864	-144	180.354	-29.7575	-4423.39,4423.39
06-MAR-2022sentinel1_124_20220306_050137366_IW_D_VV_slc_list	-7.64907	-120	1508.41	-17.9308	-4422.38,4422.38
18-MAR-2022sentinel1_124_20220318_050137436_IW_D_VV_slc_list	42.144	-108	273.735	-12.0286	-4421.65,4421.65
30-MAR-2022sentinel1_124_20220330_050137727_IW_D_VV_slc_list	22.7477	-96	507.145	-8.77855	-4421.76,4421.76
11-APR-2022sentinel1_124_20220411_050138030_IW_D_VV_slc_list	-57.461	-84	200.813	-11.6008	-4422.93,4422.93
23-APR-2022sentinel1_124_20220423_050138750_IW_D_VV_slc_list	-57.1656	-72	201.858	-6.42764	-4423.07,4423.07
05-MAY-2022sentinel1_124_20220505_050138764_IW_D_VV_slc_list	-191.647	-60	60.2345	-14.5476	-4425.1,4425.1
17-MAY-2022sentinel1_124_20220517_050139580_IW_D_VV_slc_list	-119.53	-48	96.5545	-7.78501	-4423.94,4423.94
29-MAY-2022sentinel1_124_20220529_050140841_IW_D_VV_slc_list	9.11511	-36	1265.75	-7.0989	-4422.2,4422.2
10-JUN-2022sentinel1_124_20220610_050141874_IW_D_VV_slc_list	35.5585	-24	324.43	-11.5716	-4421.63,4421.63
22-JUN-2022sentinel1_124_20220622_050142561_IW_D_VV_slc_list	-18.6054	-12	620.123	-13.2931	-4422.3,4422.3
16-JUL-2022sentinel1_124_20220716_050143949_IW_D_VV_slc_list	15.5086	12	743.922	-0.797407	-4422.08,4422.08

28-JUL-2022sentinel1_124_20220728_050144579_IW_D_VV_slc_list	29.546	24	390.481	3.37517	-4421.87,4421.87
09-AUG-2022sentinel1_124_20220809_050145508_IW_D_VV_slc_list	-1.80988	36	6374.55	2.21893	-4422.14,4422.14
21-AUG-2022sentinel1_124_20220821_050146129_IW_D_VV_slc_list	27.528	48	419.108	-0.685219	-4421.76,4421.76
02-SEP-2022sentinel1_124_20220902_050146859_IW_D_VV_slc_list	44.4098	60	259.789	7.64297	-4421.55,4421.55
14-SEP-2022sentinel1_124_20220914_050147227_IW_D_VV_slc_list	67.256	72	171.541	2.89285	-4421.3,4421.3
26-SEP-2022sentinel1_124_20220926_050147115_IW_D_VV_slc_list	-51.024	84	226.113	-10.9329	-4423.08,4423.08
08-OCT-2022sentinel1_124_20221008_050147479_IW_D_VV_slc_list	-19.7359	96	584.577	-13.5947	-4422.64,4422.64
20-OCT-2022sentinel1_124_20221020_050147302_IW_D_VV_slc_list	-112.877	108	102.21	-15.6619	-4424.04,4424.04
01-NOV-2022sentinel1_124_20221101_050147302_IW_D_VV_slc_list	-30.9753	120	372.464	-17.6256	-4422.88,4422.88
13-NOV-2022sentinel1_124_20221113_050147044_IW_D_VV_slc_list	-13.2135	132	873.137	-20.2897	-4422.7,4422.7
25-NOV-2022sentinel1_124_20221125_050147247_IW_D_VV_slc_list	211.472	144	54.5566	-9.70265	-4419.37,4419.37
07-DEC-2022sentinel1_124_20221207_050146519_IW_D_VV_slc_list	127.373	156	90.5776	-21.5134	-4420.55,4420.55
19-DEC-2022sentinel1_124_20221219_050145664_IW_D_VV_slc_list	-22.7836	168	506.381	-27.9405	-4422.8,4422.8
31-DEC-2022sentinel1_124_20221231_050145172_IW_D_VV_slc_list	-18.9356	180	609.286	-35.7077	-4422.67,4422.67
12-JAN-2023sentinel1_124_20230112_050143991_IW_D_VV_slc_list	-145.991	192	79.0266	-40.0068	-4424.71,4424.71
24-JAN-2023sentinel1_124_20230124_050144201_IW_D_VV_slc_list	71.537	204	161.276	-25.6349	-4421.35,4421.35


Time - Position Plot
Relative Position[m]
300
200
100
0
-100
-200
1-Oct-21
14-Feb-22
1-Jul-22
15-Nov-22
1-Apr-23
Acquisition Date

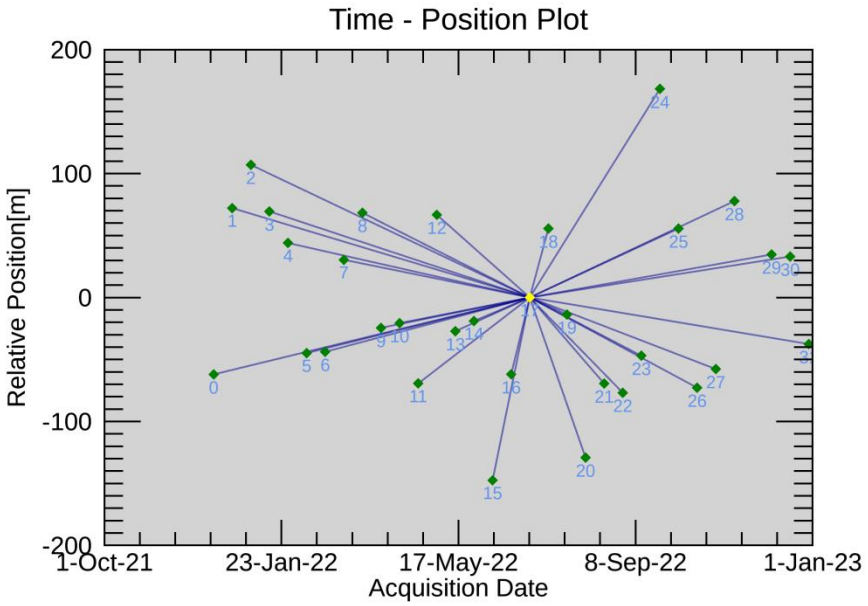

Time - Baseline Plot
Relative Position[m]
300
200
100
0
-100
-200
1-Oct-21
14-Feb-22
1-Jul-22
15-Nov-22
1-Apr-23
Acquisition Date

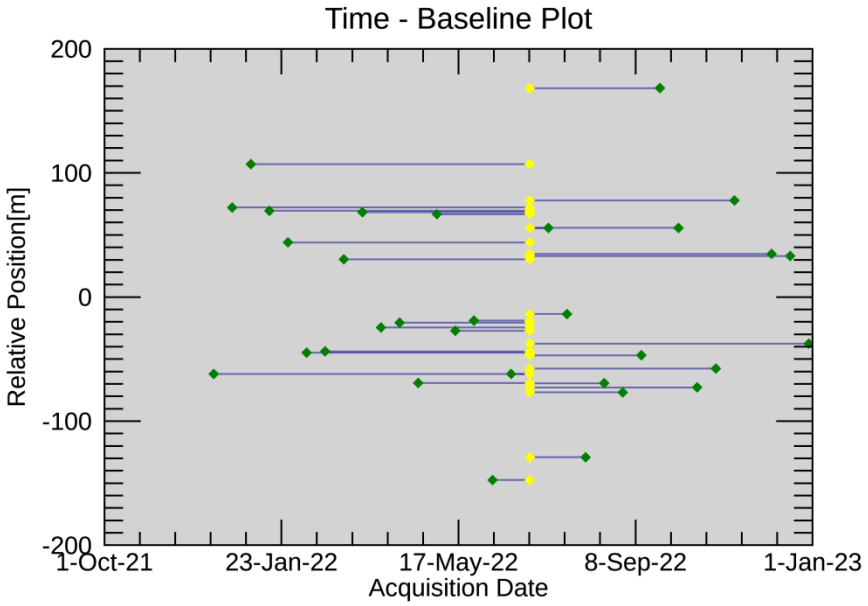
Załącznik 1f – Zestaw Sentninel track 102

Reference Date02-JUL-2022sentinel1_102_20220702_162722636_IW_A_VV_slc_list PRECISION Velocity = 4.18651 mm/year Height = 4.17679 m

Slave file	Normal Baseline [m]	Temporal Baseline [days]	2 Pi Ambiguity [m]	Doppler Difference [m]	Critical Baseline [m]
10-DEC-2021 sentinel1_102_20211210_162719669_IW_A_VV_slc_list	-62.045	-204	204.593	-58.0508	-4970.7,4970.7
22-DEC-2021 sentinel1_102_20211222_162718976_IW_A_VV_slc_list	72.1351	-192	175.976	-53.4771	-4970.75,4970.75
03-JAN-2022 sentinel1_102_20220103_162718480_IW_A_VV_slc_list	107.014	-180	118.623	-42.6045	-4970.84,4970.84
15-JAN-2022 sentinel1_102_20220115_162718086_IW_A_VV_slc_list	69.4676	-168	182.739	-19.9112	-4970.92,4970.92
27-JAN-2022 sentinel1_102_20220127_162717532_IW_A_VV_slc_list	43.9911	-156	288.569	-19.3385	-4970.95,4970.95
08-FEB-2022 sentinel1_102_20220208_162717171_IW_A_VV_slc_list	-44.8182	-144	283.249	-46.9496	-4971.08,4971.08
20-FEB-2022 sentinel1_102_20220220_162717063_IW_A_VV_slc_list	-43.7979	-132	289.858	-27.1558	-4971.33,4971.33
04-MAR-2022 sentinel1_102_20220304_162716760_IW_A_VV_slc_list	30.4531	-120	416.876	-18.9612	-4971.32,4971.32
16-MAR-2022 sentinel1_102_20220316_162716794_IW_A_VV_slc_list	68.3629	-108	185.714	-6.75486	-4971.76,4971.76
28-MAR-2022 sentinel1_102_20220328_162717325_IW_A_VV_slc_list	-24.4771	-96	518.7	-9.50652	-4971.91,4971.91
09-APR-2022 sentinel1_102_20220409_162717520_IW_A_VV_slc_list	-20.686	-84	613.805	-19.903	-4972.4,4972.4
21-APR-2022 sentinel1_102_20220421_162718081_IW_A_VV_slc_list	-69.3823	-72	183.012	-4.83365	-4972.74,4972.74
03-MAY-2022 sentinel1_102_20220503_162718321_IW_A_VV_slc_list	66.7437	-60	190.251	-10.3789	-4972.88,4972.88
15-MAY-2022 sentinel1_102_20220515_162719427_IW_A_VV_slc_list	-27.1975	-48	466.888	-7.33481	-4972.96,4972.96
27-MAY-2022 sentinel1_102_20220527_162720100_IW_A_VV_slc_list	-18.959	-36	669.742	-7.5022	-4972.66,4972.66
08-JUN-2022 sentinel1_102_20220608_162721353_IW_A_VV_slc_list	-147.496	-24	86.0839	-38.5705	-4972.34,4972.34
20-JUN-2022 sentinel1_102_20220620_162721968_IW_A_VV_slc_list	-61.963	-12	204.923	-46.352	-4972.67,4972.67
14-JUL-2022 sentinel1_102_20220714_162723260_IW_A_VV_slc_list	55.6449	12	228.183	-4.20788	-4972.81,4972.81

26-JUL-2022 sentinel1_102_20220726_162724065_IW_A_VV_slc_list	-13.713	24	925.93	1.32511	-4972.67,4972.67
07-AUG-2022 sentinel1_102_20220807_162724953_IW_A_VV_slc_list	-129.13	36	98.3296	0.846106	-4972.6,4972.6
19-AUG-2022 sentinel1_102_20220819_162725593_IW_A_VV_slc_list	-69.4304	48	182.877	-6.1412	-4973,4973
31-AUG-2022 sentinel1_102_20220831_162726142_IW_A_VV_slc_list	-76.8121	60	165.303	-3.58154	-4972.39,4972.39
12-SEP-2022 sentinel1_102_20220912_162726766_IW_A_VV_slc_list	-47.0059	72	270.121	-4.20508	-4972.77,4972.77
24-SEP-2022 sentinel1_102_20220924_162726347_IW_A_VV_slc_list	168.279	84	75.4537	-6.80568	-4972.07,4972.07
06-OCT-2022 sentinel1_102_20221006_162726830_IW_A_VV_slc_list	55.6969	96	227.971	-33.2138	-4971.81,4971.81
18-OCT-2022 sentinel1_102_20221018_162726899_IW_A_VV_slc_list	-72.8013	108	174.41	-22.6278	-4974.61,4974.61
30-OCT-2022 sentinel1_102_20221030_162726973_IW_A_VV_slc_list	-57.6983	120	220.063	-26.8586	-4971.51,4971.51
11-NOV-2022 sentinel1_102_20221111_162726492_IW_A_VV_slc_list	77.7696	132	163.268	-28.1408	-4970.98,4970.98
05-DEC-2022 sentinel1_102_20221205_162726043_IW_A_VV_slc_list	34.7114	156	365.795	-43.7976	-4970.87,4970.87
17-DEC-2022 sentinel1_102_20221217_162725205_IW_A_VV_slc_list	33.0642	168	384.018	-35.2849	-4970.85,4970.85
29-DEC-2022 sentinel1_102_20221229_162724610_IW_A_VV_slc_list	-37.5326	180	338.299	-56.2244	-4970.62,4970.62


Time - Position Plot
Relative Position[m]
200
100
0
-100
-200
1-Oct-21
23-Jan-22
17-May-22
8-Sep-22
1-Jan-23
Acquisition Date


Time - Baseline Plot
Relative Position[m]
200
100
0
-100
-200
1-Oct-21
23-Jan-22
17-May-22
8-Sep-22
1-Jan-23
Acquisition Date