

**MONITOROWANIE ZAGROŻEŃ GEODYNAMICZNYCH
I HYDROGEOLOGICZNYCH NA TERENACH GÓRNICZYCH I POGÓRNICZYCH
W GÓRNOŚLĄSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM ORAZ ZAGROŻEŃ RADIACYJNYCH**

Zadanie 3. Monitorowanie deformacji terenu w obszarach górniczych
i pogórnich Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

RAPORT KWARTALNY 3.4

za okres 01.10.2025 – 31.12.2025

Podstawą sporządzenia Raportu jest rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 lipca 2023 r. w sprawie nadania Głównemu Instytutowi Górnictwa statusu państwowego instytutu badawczego (Dz. U. z 2023 r. poz. 1579) oraz umowa nr 7/D/10095/2830/DGH/MP/2025 z dnia 05.03.2025 r. zawarta pomiędzy Ministerstwem Przemysłu oraz Głównym Instytutem Górnictwa - Państwowym Instytutem Badawczym.

Jarosław Zagórowski
Dyrektor GIG-PIB

dr inż. Zbigniew Lubosik
Z-ca Dyrektora
ds. Geoinżynierii i Bezpieczeństwa
Przemysłowego

dr hab. inż. Adam Lurka prof. GIG-PIB
Kierownik Zakładu Geologii, Geofizyki
i Ochrony Powierzchni

dr inż. Bartosz Apanowicz
Kierownik Zadania

Zespół autorski:

Bartosz Apanowicz

Małgorzata Bodziony

Jarosław Chećko

Piotr Gruchlik

Andrzej Kowalski

Grzegorz Mutke

Piotr Nicer

Tomasz Urych

Zawartość raportu:

1. Wprowadzenie
2. Charakterystyka monitorowanego obszaru
3. Narzędzia i metody wykorzystywane w monitoringu deformacji terenu na obszarze GZW
 - 3.1. Radarowa interferometria satelitarna (InSAR)
 - 3.2. Sieć monitoringowa GZW - Globalny Nawigacyjny System Satelitarny (GNSS)
 - 3.3. Ocena błędów pomiarowych
4. Interpretacja wyników monitoringu
 - 4.1. Pionowe przemieszczenia powierzchni
 - 4.1.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB
 - 4.1.2. Wielkoobszarowe przemieszczenia powierzchni wyznaczone metodą SBAS/SBAS+LD
 - 4.2. Poziome przemieszczenia powierzchni
 - 4.2.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB
5. Podsumowanie
6. Literatura

Załączniki:

1. Mapa powierzchni wraz z pionowymi przemieszczeniami powierzchni wyznaczonymi metodą InSAR-SBAS+LD, na obszarach górniczych GZW – IV kwartał 2025 r., skala 1 : 100 000
2. Mapa powierzchni wraz z pionowymi przemieszczeniami powierzchni wyznaczonymi metodą InSAR-SBAS, na terenach pogórniczych GZW – IV kwartał 2025 r., skala 1 : 100 000

1. Wprowadzenie

Każda podziemna ingerencja górnicza, mająca na celu wydobywanie surowców naturalnych, ma wpływ na środowisko naturalne. Powoduje powstawanie pustek w górotworze, do których, pod wpływem grawitacji, następuje przemieszczanie się mas skalnych. Efektem tego zjawiska są zniekształcenia powierzchni terenu, zwane deformacjami górniczym, określane przemieszczeniami pionowymi i poziomymi oraz ich pochodnymi (nachylenia, odkształcenia, krzywizny). Mogą one występować w formie deformacji ciągłych, to jest niecek obniżeniowych lub liniowych i powierzchniowych deformacji nieciągłych to jest szczelin, stopni i zapadlisk, a także struktur z nich złożonych. Mają one destrukcyjny wpływ na powierzchnię terenu, w tym również, na infrastrukturę budowlaną (rys. 1).



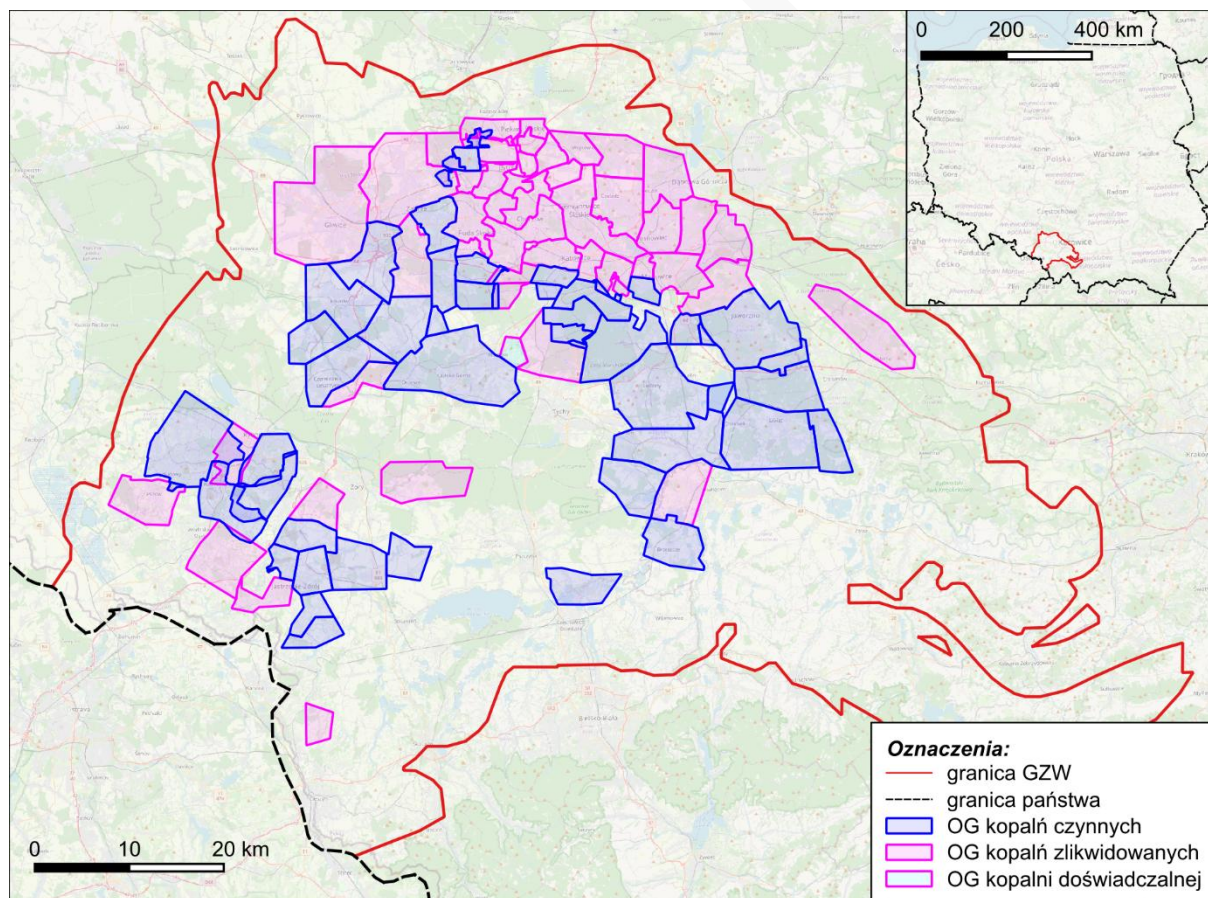
Rys. 1. Przykład deformacji powierzchni oraz zniszczeń w budynku wywołanych podziemną eksploatacją górniczą (Apanowicz 2022).

Działalność górnicza w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) prowadzona jest nieprzerwanie od średniowiecza. Początkowo eksploatowano rudy cynku i ołowiu, a od XVIII w., złożę węgla kamiennego, którego wydobywanie w kulminacyjnym momencie, w 1979 r., wyniosło ok. 200 mln Mg. Szacuje się, że na skutek eksploatacji we wszystkich obszarach górniczych GZW, w górotworze powstała pustka o średniej wysokości równej 5,5 m. Dokonana eksploatacja górnicza spowodowała liczne przekształcenia powierzchni terenu, które w niektórych rejonach GZW przekraczają 25 m w ciągu ostatnich 50 lat. Prędkość obniżenia powierzchni dochodziła nawet do 4 cm/dobę, a obecną normą są obniżenia wynoszące 1,0-1,5 m w skali roku. Problem deformacji górniczych cały czas narasta ponieważ eksploatacja

pokładów węgla kamiennego odbywa się w coraz trudniejszych warunkach geologiczno-górnictwowych i w górotworze naruszonym poprzednią działalnością. Następuje sumowanie się wpływów górniczych oraz reaktywacja starych zrobów (Kowalski 2015). Problem występowania ruchów powierzchni nie kończy się wraz z zaprzestaniem wydobywania oraz likwidacją zakładu górniczego. Badania dynamiki zmian ukształtowania powierzchni dowiodły, że około 80 % deformacji ujawnia się w trakcie eksploatacji, a pozostałe 20 % po jej zakończeniu. Proces ten szacuje się na okres około 2 – 5 lat. Później następuje wieloletni proces występowania deformacji rezydualnych (Kowalski i in. 2000) lub wypiętrzeń powierzchni powstałych na skutek zatapiania zlikwidowanych wyrobisk górniczych (Milczarek 2011).

2. Charakterystyka monitorowanego obszaru

Górnośląskie Zagłębie Węglowe (GZW) zlokalizowane jest w południowej części Polski, w granicach administracyjnych województwa Śląskiego i Małopolskiego, oraz w północno-wschodniej części Republiki Czeskiej. Po Polskiej stronie zajmuje powierzchnię około 4250 km² (rys. 2). W granicach GZW znajduje się Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia (GZM), składająca się z 41, sąsiadujących ze sobą, miast i gmin i licząca około 2,3 mln mieszkańców.



Rys. 2. Lokalizacja monitorowanego obszaru - granice obszarów górniczych i terenów pogórnictwa kopalń GZW (stan na 2025 r.).

Serię warstw geologicznych do głębokości około 3000 m tworzą utwory karbońskie, podzielone na 3 główne grupy: warstwy łęgowe (pokłady nr 100-499), warstwy siodłowe (pokłady nr 501-510) oraz warstwy brzeżne (pokłady nr 600-900). Nad karbonem zalegają warstwy nadkładu. W północnej i wschodniej części GZW nadkład tworzą warstwy triasu, jury oraz kredy, a ich miąższość dochodzi do około 200 m. W południowej i zachodniej części GZW nadkład stanowią głównie warstwy czwartorzędu i trzeciorzędu, których miąższość dochodzi do około 800 m. Górntwór zbudowany jest głównie z iłowców, mułowców oraz piaskowców. Utwory karbońskie zalegają nieregularnie w kształcie siołół i niecek geologicznych, a górntwór poprzecinany jest dużą liczbą uskokoów o wysokości zrzutu od nieprzekraczającej 2 m do kilkuset metrów. Nachylenie warstw skalnych jest zmienne i może wynosić od kilku do kilkudziesięciu stopni. Warunki hydrogeologiczne GZW są zróżnicowane i mają związek z rodzajami warstw, z których zbudowany jest nadkład. W północnej części GZW, w rejonach występowania warstw triasu, dopływy wód do wyrobisk górniczych wynoszą 10-25 m³/min. W południowej części GZW, występujące warstwy trzeciorzędu składają się z iłów i iłowców, które stanowią naturalną izolację i powodują dopływy wód w granicach 5 m³/min. Obszary te są predysponowane do powstawania zalewisk na powierzchni (Kowalski 2015).

Obecnie (stan na 2025 r.) w granicach GZW znajduje się 20 obszarów czynnych kopalń (30 ruchów) oraz 46 zlikwidowanych. Eksploatację prowadzi się przede wszystkim systemem ścianowym z zawałem skał stropowych. Wyjątkiem jest eksploatacja prowadzona według specjalnych uwarunkowań z uwagi na ochronę powierzchni. Średnia głębokość działalności górniczej wynosi około 800 m, a wysokość eksploatowanego pokładu nie przekracza z reguły 4 m. Grube pokłady wydobywane są z podziałem na warstwy o wysokości około 2,0 – 3,5 m.

3. Narzędzia i metody wykorzystywane w monitoringu deformacji terenu na obszarze GZW

3.1. Radarowa interferometria satelitarna (InSAR)

Metody InSAR są głównym narzędziem wykorzystywanym w zadaniu do monitorowania przemieszczeń powierzchni powstałych na skutek eksploatacji górniczej. Wykorzystywane są zobrazenia satelitarne typu SLC pochodzące z satelity Sentinel 1 i udostępniane przez Europejską Agencję Kosmiczną w ramach programu Copernicus. Aktualnie, od 2022 r., satelita wykonuje zobrazenia w 12-dniowym interwale czasowym. Zobrazenia przetwarzane są jako szereg czasowy, algorytmem krótkich linii bazowych SBAS (Berardino i in. 2002), z dwóch orbit przejścia satelity (wschodzącej nr 175 i opadającej nr 51) (tab. 1). Rezultatem są 2 szeregi czasowe zawierające informacje o przemieszczeniach powierzchni w kierunku wzroku satelity LOS (line of sight). Następnie, w celu wyznaczenia pionowych przemieszczeń powierzchni, dokonywana jest dekompozycja 2D dwóch wektorów LOS w kierunku pionowymi i poziomym wschód-zachód (E-W) (Hanssen 2001). Obliczenia interferogramów oparte są na przetwarzaniu dwuprzbiegowym z wykorzystaniem oprogramowania GMTSAR (Sandwell i in. 2011), a rozwinięcie fazy wykonywane jest 2-kierunkową metodą rozwijania faz zaimplementowaną do aplikacji SNAPHU (Chen i Zebker

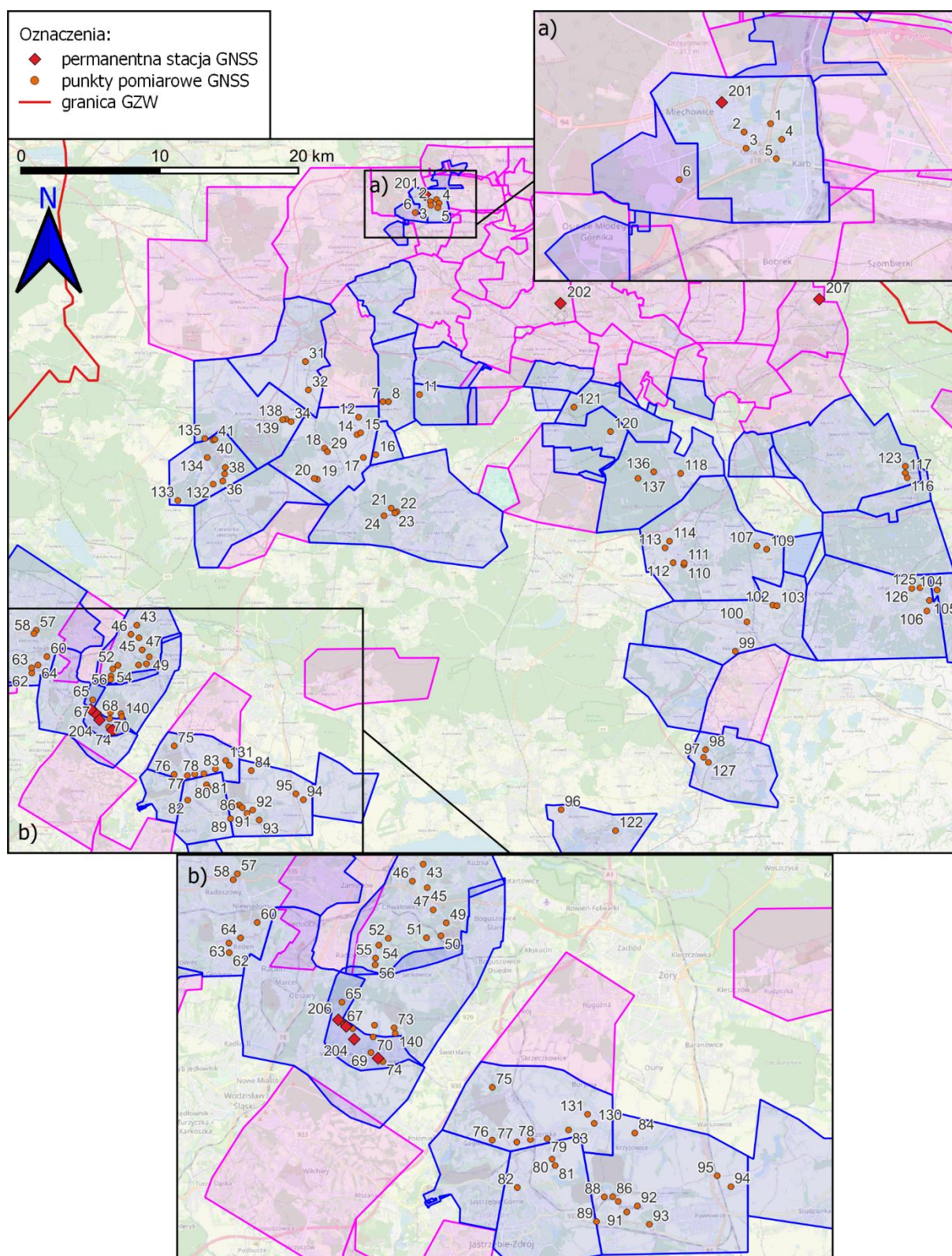
2002). Do korekcji fazy w odniesieniu do powierzchni terenu stosowane są dane z SRTM-1 (Farr i in. 2007). W celu usunięcia niedoskonałości w postaci szumów, rozwinięta faza poddawana jest filtracji poprzez dopasowanie otrzymanych wyników do wielomianowego trendu niskiego rzędu metodą najmniejszych kwadratów i usunięcie niepasujących niedoskonałości. W tym celu wykorzystywany jest algorytm zaimplementowany do oprogramowania GMT (Wessel i in. 2019). W obliczeniach dokonywana jest również korekcja opóźnień atmosferycznych poprzez zastosowanie poprawek GACOS (Yu i in. 2020). Otrzymany końcowy szereg czasowy, zawierający informacje o przemieszczeniach powierzchni, poddawany jest dodatkowej filtracji z wykorzystaniem filtru Gaussa, w kierunku czasowym i przestrzennym. Celem tego działania jest usunięcie lokalnych zakłóceń o charakterze systematycznym i losowym, które mimo filtracji fazy i korekcji opóźnień atmosferycznych nie zostały usunięte na etapie przetwarzania zobrażeń satelitarnych oraz wygładzenie danych w celu poprawy spójności przestrzenno-czasowej sygnału. Działania filtrujące oraz korekcja opóźnień atmosferycznych pozwalają na redukcję błędu systematycznego, według literatury, o około 50 %, z 8 mm/rok do 4 mm/rok, co znacząco poprawia jakość i wiarygodność wyników (Berardino i in. 2020; Yu i in. 2018).

Otrzymane rezultaty końcowe są walidowane i korygowane w oparciu o pomiary GNSS autorską metodą zależności liniowych (LD) opracowaną w Głównym Instytucie Górnictwa – Państwowym Instytucie Badawczym (Apanowicz 2023).

3.2. Sieć monitoringowa GZW - Globalny Nawigacyjny System Satelitarny (GNSS)

W GZW zlokalizowana jest sieć punktów GNSS GIG-PIB składająca się z 7 permanentnych stacji GNSS Leica GR50 o numerach 201 - 207 oraz ze 107 punktów pomiarowych. Stacje GNSS umieszczone są na obiektach infrastruktury budowlanej. Wykonują pomiary ciągłe, w czasie rzeczywistym w 1-sekundowym interwale czasowym, metodą statyczną. Surowe dane pomiarowe przesyłane są automatycznie do GIG-PIB z wykorzystaniem łączności sieci telefonii komórkowej GSM. Postprocessing danych jest prowadzony w nawiązaniu do sieci stacji referencyjnych SmartNet Leica Geosystems za pomocą oprogramowania Leica Infinity. Dane przetwarzane są w 12-godzinnych interwale czasowym (Czarnecki 2014).

Na punktach pomiarowych wykonywane są pomiary GNSS metodą RTN, z wykorzystaniem odbiornika GNSS Leica GS18T. Na każdym punkcie pomiar wykonywany jest 3-krotnie na minimum 5 epok. Następnie obliczane są średnie współrzędne dla każdego z nich. Lokalizacja punktów pomiarowych została zaprojektowana na podstawie przemieszczeń powierzchni wyznaczonych dla I kwartału 2024 r., w miejscach potencjalnego występowania największych przemieszczeń powierzchni spowodowanych podziemną eksploatacją górnictwem. Liczba i lokalizacja punktów pomiarowych jest zmienna w czasie i aktualizowana kwartalnie w zależności od obecnie prowadzonej eksploatacji. Lokalizację punktów sieci GNSS GIG-PIB pokazano na rysunku 3.



Rys. 3. Lokalizacja punktów sieci GNSS GIG-PIB w granicach GZW przygotowana na potrzeby realizacji zadania.

3.3. Ocena błędów pomiarowych

Niepewność przemieszczeń powierzchni terenu, wyznaczonych algorytmem SBAS, szacowana jest na podstawie analizy reszt regresji liniowej względem czasu. Dla każdego piksela szeregu czasowego dopasowywany jest model liniowy do wartości skumulowanych przemieszczeń, traktując tempo deformacji jako składową systematyczną, a odchylenia od modelu jako losowy składnik błędu. Następnie dla każdego piksela obliczone są reszty regresji, czyli różnice między zidentyfikowanymi przemieszczeniami powierzchni, a wartościami przewidywanymi przez model. Na tej podstawie szacowany jest średni przestrzenny błąd pojedynczego pomiaru, który interpretowany jest jako niepewność pojedynczej obserwacji satelitarnej. Następnie wykonywana jest analiza całkowitej niepewności przemieszczeń terenu wyznaczonych algorytmem SBAS, uwzględniające zarówno średni przestrzenny błąd pojedynczego pomiaru oraz błąd systematyczny, który szacowany jest empirycznie na podstawie pięciu rejonów referencyjnych o wysokiej koherencji, zlokalizowanych poza terenami górniczymi i pogórnymi. Dla każdego z wyznaczonych rejonów o wymiarach 1×1 km obliczane jest średnie przemieszczenie powierzchni, które w założeniu powinno wynosić 0 mm. Jako ostateczna wartość błędu systematycznego przyjmowana jest wartość bezwzględna średniej arytmetycznej wyników uzyskanych dla wszystkich rejonów (Apanowicz i in. 2025). W przypadku średniego przestrzennego błędu pojedynczego pomiaru uwzględniana jest liczba zobrażeń satelitarnych w analizowanym okresie. Natomiast błąd systematyczny traktowany jest jako składnik stały. Działania te pozwalają na wyznaczenie końcowej, skumulowanej niepewności przemieszczeń powierzchni terenu, wyznaczonych algorytmem SBAS.

Niepewność przemieszczeń powierzchni terenu, wyznaczonych algorytmem SBAS, a następnie skorygowanych metodą LD, szacowana jest niezależnie, w oparciu o pomiary GNSS niewykorzystane w procesie korekcji. Dla każdego punktu pomiarowego sieci GNSS GIG-PIB obliczane są różnice między przemieszczeniami wyznaczonymi metodą SBAS+LD, a zmierzonymi metodą RTN. Na tej podstawie określany jest średni błąd kwadratowy (RMSE) przemieszczeń powierzchni wyznaczonych metodą SBAS+LD (1):

$$m_0 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i)^2} \quad (1)$$

gdzie:

m_0 – średni błąd kwadratowy (RMSE),

n – liczba punktów porównania,

d_i – różnica między przemieszczeniami SBAS+LD i GNSS RTN w punkcie i .

Dodatkowo, w przypadku błędów pomiarowych odnoszących się do metody SBAS i metody SBAS+LD określany jest również błąd zasięgu wyznaczonych niecek obniżeniowych. Obliczany jest on według zależności przedstawionej w (Apanowicz i in. 2025) jako 0,22 głębokości eksploatowanego pokładu. Przy czym, na potrzeby monitoringu, przyjmowana jest

pojedyncza wartość głębokości eksploatacji, średnia dla całego GZW, to jest 800 m (Kowalski 2015). Na koniec błąd zasięgu zaokrąglany jest do pełnych dziesiątek.

W ocenie błędów pomiarowych przemieszczeń powierzchni terenu, zmierzonych z zastosowaniem technologii GNSS (zarówno z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS jak również w przypadku pomiarów RTN wykonywanych na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB), wykorzystywana jest analiza statystyczna stabilności pomiarów względem trendu czasowego. W przypadku permanentnych stacji GNSS, stosowana jest metoda analizy reszt regresji liniowej względem czasu (podobnie jak dla danych uzyskanych algorytmem SBAS). Wartość reszt średniokwadratowych (RMS) przyjmowana jest jako estymator błędu pojedynczego pomiaru dla każdej permanentnej stacji GNSS. Dla pomiarów wykonywanych metodą RTN na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, w pierwszej kolejności obliczane są odchylenia standardowe współrzędnych X, Y oraz Z, na podstawie trzykrotnych pomiarów każdej sesji pomiarowej (z początku i z końca analizowanego kwartału). Następnie, wykorzystując różnicę średnich współrzędnych z obu sesji oraz propagację niepewności, szacowany jest błąd przemieszczeń poziomych i pionowych dla poszczególnych punktów sieci. Średni błąd pomiarowy dla wszystkich punktów w sieci obliczany jest jako średnia arytmetyczna wartości błędów wszystkich punktów. Końcowy globalny średni błąd pomiarów wykonywanych metodami GNSS, reprezentujący łączny błąd pochodzący z obu źródeł (permanentne stacje GNSS i pomiary na punktach sieci GNSS GIG-PIB), wyznaczany jest statystycznie, z uwzględnieniem niezależności źródeł błędów. Rezultatem są dwie globalne wartości błędów pomiarowych danych GNSS reprezentujące, osobno, składową poziomą i pionową.

Wyniki są syntetycznymi wskaźnikami wiarygodności przemieszczeń powierzchni terenu uzyskanych za pomocą zastosowanych technologii pomiarowych.

Błędy pomiarowe w IV kwartale 2025 r.:

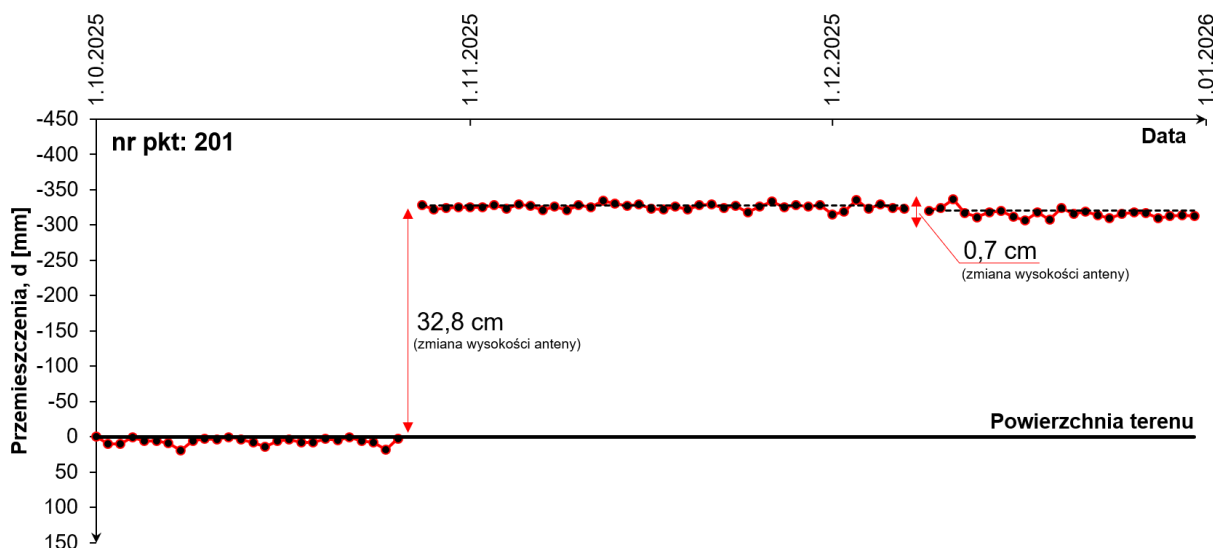
- metoda SBAS – $\pm 0,007$ m; metoda SBAS+LD – $\pm 0,037$ m;
- pomiary GNSS – pionowo: $\pm 0,011$ m, poziomo: $\pm 0,010$ m;
- zasięg niecek obniżeniowych – ± 180 m.

4. Interpretacja wyników monitoringu

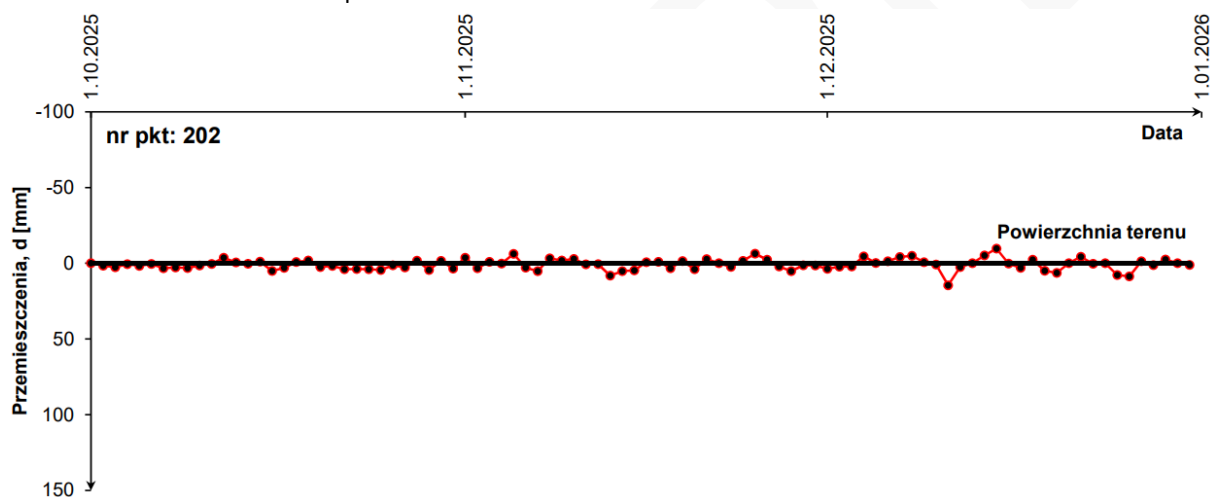
4.1. Pionowe przemieszczenia powierzchni

4.1.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB

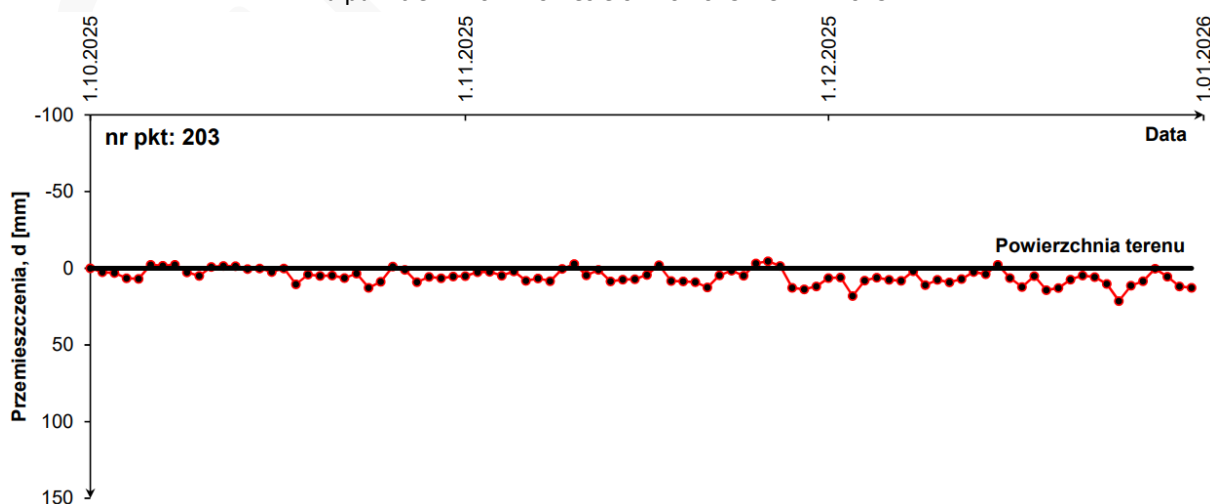
Przemieszczenia powierzchni zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB w okresie od 01.10.2025 do 31.12.2025 r. z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS przedstawiono na rysunkach 4 - 10.



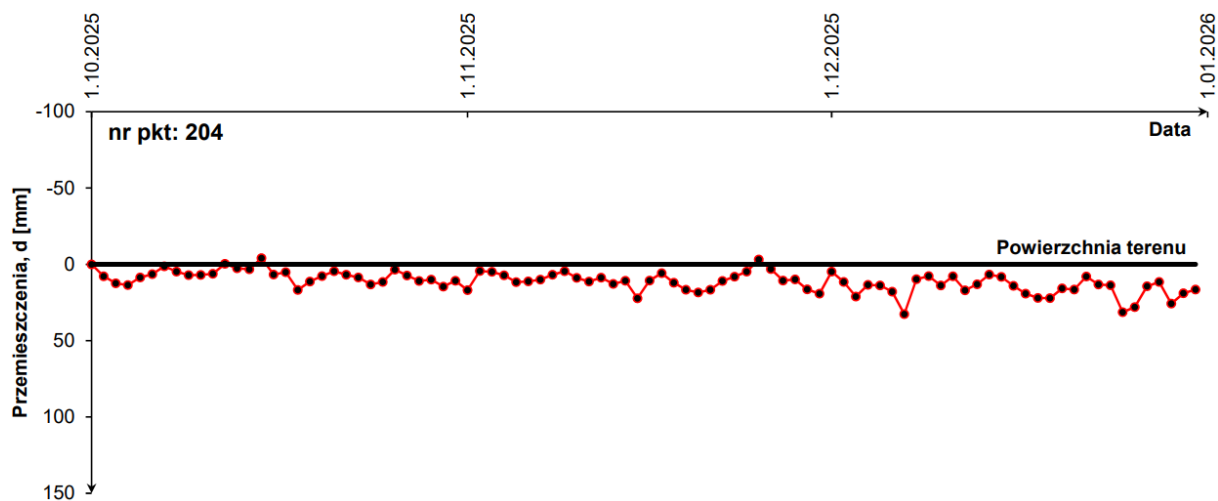
Rys. 4. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 201 w okresie 01.10.2025 – 31.12.2025 r.



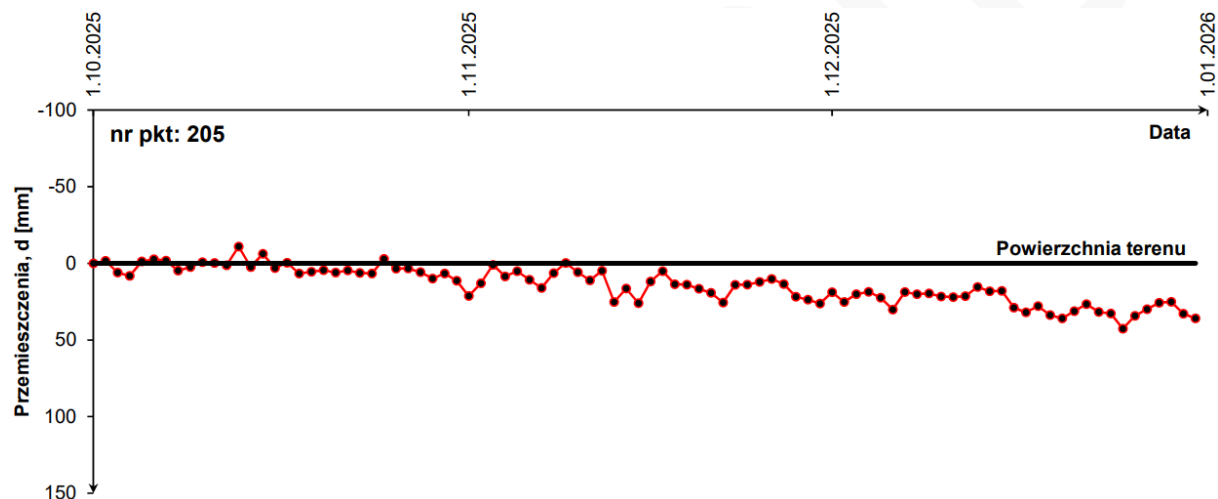
Rys. 5. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 202 w okresie 01.10.2025 – 31.12.2025 r.



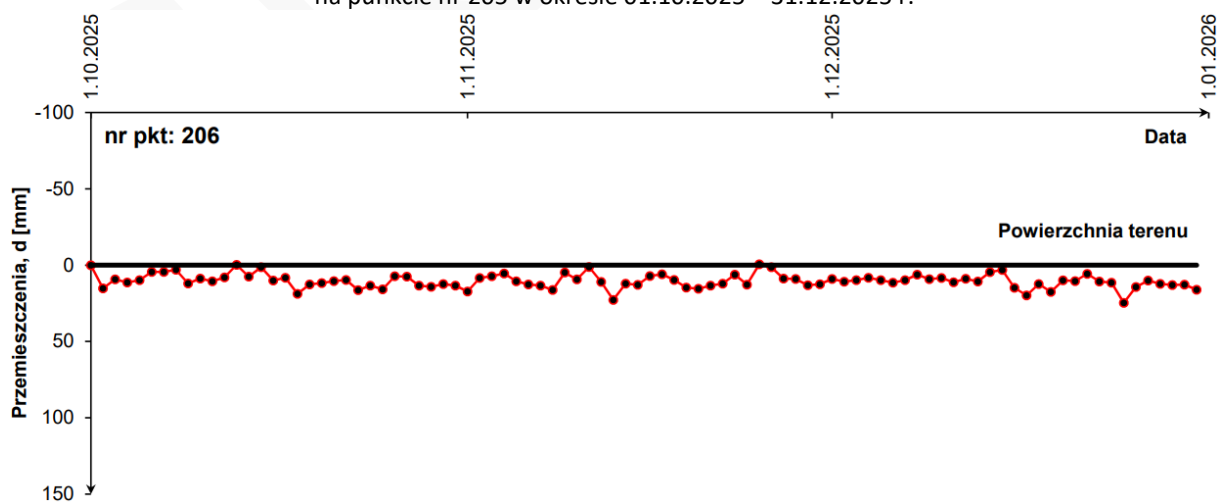
Rys. 6. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 203 w okresie 01.10.2025 – 31.12.2025 r.



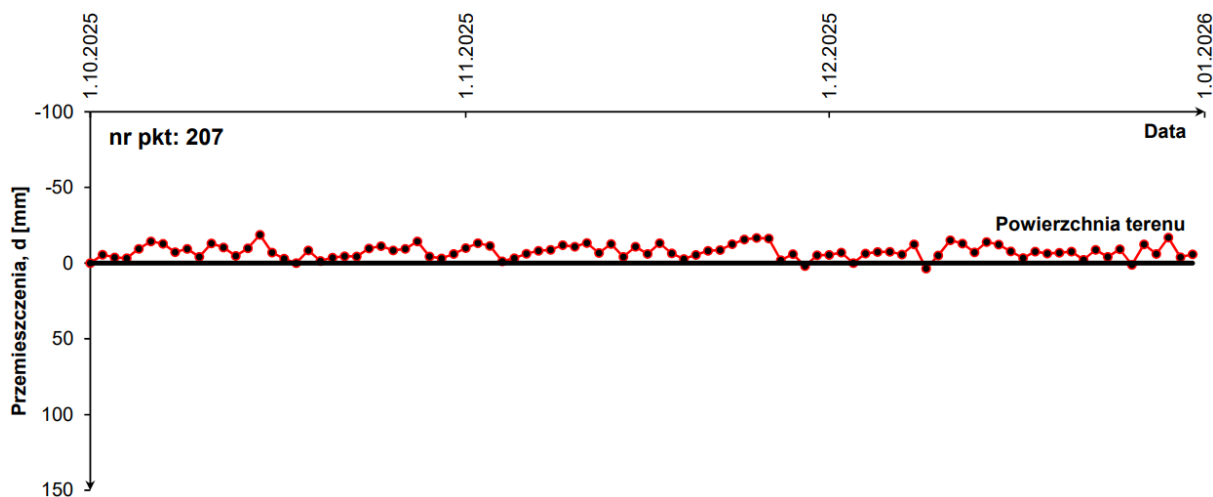
Rys. 7. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 204 w okresie 01.10.2025 – 31.12.2025 r.



Rys. 8. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 205 w okresie 01.10.2025 – 31.12.2025 r.



Rys. 9. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 206 w okresie 01.10.2025 – 31.12.2025 r.



Rys. 10. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 207 w okresie 01.10.2025 – 31.12.2025 r.

W IV kwartale 2025 r. nieduże przemieszczenia powierzchni zarejestrowano na punkcie nr 205 (rys. 8). Zmierzone przemieszczenia wykazały obniżenie powierzchni terenu o około 36 mm w skali całego kwartału. Obniżanie powierzchni rozpoczęło się około połowy listopada i trwało do końca grudnia. Niewielkie przemieszczenia pionowe, nieprzekraczające 20 mm, zaobserwowano również na punktach nr 204 i 206 (rys. 7 i 9). Na pozostałych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB nr 202, 203 i 207 nie zarejestrowano zwiększonej aktywności powierzchni terenu w zakresie ruchów pionowych. Zmierzone skumulowane przemieszczenia dochodziły do ± 10 mm (z pojedynczymi wyjątkami przekraczającymi tę wartość), a przemieszczenia w poszczególnych interwałach dziennych wynosiły kilka milimetrów. Wielkości te są porównywalne z oszacowaną niepewnością pomiaru (patrz rozdział 3.3). Z wykresów (rys. 5, 6 i 10) wynika, że zarejestrowane przemieszczenia, na przestrzeni całego kwartału, oscylowały koło 0 mm. Można zatem stwierdzić, że ww. wahania są pochodną ograniczeń dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej.

Wyjątek stanowi punkt nr 201, dla którego na wykresie (rys. 4) obserwowane są skokowe zmiany wysokości anteny. Pierwsza zmiana, wynosząca 32,8 cm (względem 01.10.2025 roku) miała miejsce w 27.10.2025 roku i była związana z rektyfikacją obiektu budowlanego, na którym zlokalizowana jest permanentna stacja GNSS. Prace miały na celu niwelację wychylenia obiektu powstałego na skutek eksploatacji górniczej, a tym samym ruchów powierzchni terenu. Druga zmiana wysokości anteny, wynosząca 0,7 m (względem 28.10.2025 roku to jest pierwszego dnia po rektyfikacji obiektu) miała miejsce 08.12.2025 roku i była wynikiem planowanych prac serwisowych wykonywanych na stacji. Opisane skokowe zmiany wysokości anteny mają charakter techniczny i nie są związane z procesami deformacyjnymi powierzchni terenu zachodzącymi na skutek podziemnej eksploatacji górniczej. Prace te nie miały wpływu na poprawności działania stacji, jakość wykonywanych pomiarów wysokościowych ani możliwości interpretacyjne uzyskanych wyników. Z punktu widzenia monitoringu deformacji górniczych, na punkcie nr 201, nie zarejestrowano zwiększonej aktywności powierzchni terenu w zakresie ruchów pionowych. Zmierzone skumulowane przemieszczenia, podobnie jak w przypadku punktów nr 202, 203

i 207, dochodziły do ± 10 mm (z pojedynczymi wyjątkami przekraczającymi tę wartość) i w całym analizowanym kwartale oscylowały wokół 0 mm. Obserwowane wahania należy zatem wiązać z ograniczeniami dokładnościowymi zastosowanej technologii pomiarowej.

Na pozostałych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, o numerach 0 - 140, wykonano dwie kampanie pomiarowe w dniach 25-30.09.2025 r. oraz 29-31.12.2025 r. Zakres zmierzonych przemieszczeń mieścił się w przedziale od +26 mm (wypiętrzenie) do -591 mm (obniżenie). Największe obniżenie powierzchni, wynoszące 591 mm i 590 mm, miało miejsce, odpowiednio, na punkcie nr 109 zlokalizowanym w obszarze górniczym kopalni Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit, w gminie Chełm Śląski przy ul. Wiosennej oraz na punkcie nr 84 zlokalizowanym w obszarze górniczym kopalni Pniówek, w gminie Pawłowice przy ul. Śląskiej. Znaczące obniżenia powierzchni, przekraczające 100 mm, wystąpiły również na punktach nr 1, 4, 5, 12, 24, 34, 37, 40, 45, 55, 70, 77, 79, 89, 93, 94, 95, 105, 116, 118 i 140. Punkty te są zlokalizowane w:

- OG KWK Bobrek-Piekary Ruch Bobrek, w Bytomiu, przy Alei Jana Nowaka Jeziorańskiego (DK88) (pkt nr 1), ul. Kołłątaja (pkt nr 4) i ul. Miechowickiej (pkt nr 5),
- OG KWK Budryk, w gminie Gierałtowice, przy ul. Zaburskiej (pkt nr 12),
- OG KWK Bolesław-Śmiały, w gminie Orzesze, przy ul. Świętego Wawrzyńca (pkt nr 24),
- OG KWK Knurów-Szczygłowice Ruch Knurów, w gminie Gierałtowice, na przedłużeniu ul. Prusa (pkt nr 34),
- OG KWK Kurów-Szczygłowice Ruch Szczygłowice, w gminie Czerwionka-Leszczyń, przy ul. Granicznej (pkt nr 37) i w gminie Knurów, przy ul. Kościelnej (pkt nr 40),
- OG KWK ROW Ruch Chwałowice, w Rybniku, przy ul. Świerklańskiej (pkt nr 45) i w gminie Świerklany, przy ul. Dygasińskiego (pkt nr 55),
- OG KWK ROW Ruch Marce i Ruch Jankowice, w gminie Marklowice, przy ul. Długiej (pkt nr 70),
- OG KWK ROW Ruch Jankowice, w gminie Marklowice, przy ul. Kwiatowej (pkt nr 140),
- OG KWK Borynia-Zofiówka, Ruch Borynia, w Jastrzębiu-Zdroju, przy ul. Powstańców Śląskich (pkt nr 77) i przy ul. Gagarina (pkt nr 79),
- OG KWK Pniówek, w gminie Pawłowice, przy ul. Dąbkowej (pkt nr 89), ul. Wodzisławskiej (pkt nr 93), ul. Spacerowej (pkt nr 94) i ul. Szybowej (pkt nr 95),
- OG ZG Janina, w gminie Libiąż, przy ul. Astronautów (pkt nr 105),
- OG ZG Sobieski, w Jaworznie, przy ul. Cezarówka Górna (pkt nr 116),
- OG KWK Mysłowice-Wesoła Ruch Wesoła, w Mysłowicach, przy ul. Plebiscytowej (pkt nr 118).

Na pozostałych punktach pomiarowych zidentyfikowano obniżenia powierzchni nie przekraczające 100 mm lub mieszczące się w granicach niepewności pionowego pomiaru GNSS (patrz rozdział 3.3).

Wyjątkiem jest 6 punktów pomiarowych nr 18, 19, 47, 64, 81 i 104 na których zmierzono wypiętrzenia powierzchni przekraczające 11 mm, tj. oszacowaną niepewność pomiarową. Największe wypiętrzenia, wynoszące 26 mm, miały miejsce na punktach nr 81 i 104, zlokalizowanych, odpowiednio, w obszarze górniczym KWK Borynia-Zofiówka Ruch

Zofiówka, w Jastrzębiu-Zdroju, przy ul. Norwida oraz w obszarze górniczym ZG Janina, w gminie Babice, przy ul. Sosnowej. Na pozostałych punktach wypiętrzenia nie przekroczyły 20 mm. Biorąc pod uwagę niedużą skalę wypiętrzeń oraz lokalizację punktów, na których zostały zmierzone, wypiętrzenia te są pochodną ograniczeń dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej, a nie fizycznym procesem deformacyjnym powierzchni terenu.

Pionowych przemieszczeń powierzchni nie wyznaczono dla 8 punktów pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB (tab. 1) z powodu braku dostępu do punktów, a w konsekwencji nie wykonania dwóch cykli pomiarowych. Punkty nr 20, 56, 71, 76, 78, 126, 137 i 138 zostały zniszczone. Punkty o nr: 56, 71, 76, 78, 126, 137 i 138 wznowiono. Punktu nr 20 nie wznowiono z uwagi na brak potrzeby wykonywania na nim kolejnych pomiarów.

Szczegółowe przemieszczenia zmierzone na każdym punkcie pomiarowym zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Pionowe przemieszczenia powierzchni zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB metodą RTN, w okresie 25-30.09.2025 – 29-31.12.2025 r.

Data pomiaru	25-30.09.2025	29-31.12.2025	Przemieszczenia, d [mm]
Nr	H [m]	H [m]	
1	274,361	274,251	-111
2	275,406	275,380	-26
3	277,891	277,838	-53
4	270,038	269,772	-266
5	279,085	278,965	-120
6	280,659	280,649	-10
7	234,204	234,177	-27
8	238,226	238,186	-40
11	245,706	245,694	-12
12	235,901	235,673	-228
14	252,171	252,167	-4
15	246,919	246,880	-39
17	286,455	286,455	0
18	247,283	247,298	15
19	273,094	273,114	20
20	272,270	zniszczony**	-
21	308,359	308,336	-23
22	315,299	315,293	-6
23	320,591	320,576	-15
24	337,150	337,041	-109
29	252,561	252,566	4
31	212,925	212,842	-83
32	232,484	232,468	-16
34	230,721	230,611	-110
36	234,603	234,521	-81
37	231,586	231,450	-136
38	226,596	226,546	-50
40	233,750	233,646	-104
41	232,891	232,798	-93
43	243,033	243,029	-5
45	250,755	250,328	-427
46	268,059	268,009	-50
47	271,746	271,760	14
50	282,899	282,880	-19
51	248,758	248,754	-5
52	237,830	237,781	-49

Data pomiaru	25-30.09.2025	29-31.12.2025	Przemieszczenia, d [mm]
Nr	H [m]	H [m]	
54	244,940	244,922	-19
55	245,463	245,301	-162
56	245,349	244,805n***	-
57	267,322	267,288	-33
58	270,999	271,000	1
60	288,145	288,131	-14
62	279,339	279,320	-19
63	295,531	295,511	-20
64	292,642	292,658	17
65	275,915	275,884	-31
67	272,335	272,335	0
68	264,564	264,542	-22
70	250,626	250,492	-134
71	251,348	250,793n***	-
74	258,364	258,358	-6
75	255,960	255,968	8
76	251,789	251,760n***	-
77	264,974	264,865	-109
78	265,807	265,870n***	-
79	265,976	265,755	-221
80	271,855	271,864	9
81	267,869	267,895	26
82	278,806	278,783	-23
83	262,892	262,879	-13
84	255,086	254,495	-590
87	270,671	270,654	-17
88	269,022	268,995	-27
89	256,214	255,751	-462
91	271,027	271,012	-15
92	273,745	273,738	-6
93	252,970	252,726	-244
94	256,277	256,159	-118
95	268,620	268,494	-125
96	251,798	251,798	1
97	237,649	237,609	-41
98	234,139	234,077	-62
99	231,254	231,264	11
100	240,132	240,126	-6
102	241,030	240,977	-52
103	239,429	239,408	-21
104	243,150	243,177	26
105	246,123	245,647	-476
106	259,470	259,470	0
107	246,034	246,029	-5
109	245,303	244,712	-591
110	266,964	266,945	-18
111	269,120	269,070	-50
112	297,598	297,581	-17
113	249,886	249,835	-51
114	251,408	251,388	-21
116	308,077	307,827	-250
117	299,662	299,576	-86
118	254,566	254,293	-273
120	323,301	323,284	-17
121	291,507	291,456	-51
122	236,489	236,493	4
123	295,324	295,286	-39

Data pomiaru	25-30.09.2025	29-31.12.2025	Przemieszczenia, d [mm]
Nr	H [m]	H [m]	
125	273,808	273,762	-46
126	291,546	292,331n***	-
127	240,582	240,575	-7
130	262,117	262,113	-5
131	270,947	270,955	8
132	240,098	240,078	-21
133	260,069	260,027	-42
134	229,848	229,794	-54
135	227,542	227,513	-29
136	264,888	264,822	-66
137	262,135	262,090n***	-
138	236,615	236,423n***	-
139	239,103	239,043	-60
140	279,405	279,280	-125

** – punkt zniszczony – niewznowiony

*** – punkt zniszczony – wznowiono i zmierzono nowy punkt

4.1.2. Wielkoobszarowe przemieszczenia powierzchni wyznaczone metodą SBAS/SBAS+LD

Obszary górnicze

W IV kwartale 2025 r. zidentyfikowano 20 niecek obniżeniowych, w których obniżenia powierzchni terenu przekroczyły 100 mm. Wymiary niecek kształtowały się w zakresie od 300 do 2200 m w kierunku północ-południe (N-S) i od 300 do 3500 m w kierunku wschód-zachód (E-W), gdzie jako granice niecki przyjęto zidentyfikowane obniżenia wynoszące 100 mm. Powierzchniowo największa niecka powstała w obszarach górniczych KWK Borynia-Zofiówka Ruch Borynia i Ruch Zofiówka oraz KWK Pniówek. Jej wymiary wyniosły 2000 m (N-S) i 3500 m (E-W). Największe zidentyfikowane obniżenie wyniosło 0,46 m i miało miejsce w obszarze górniczym KWK Budryk w gminie Gierałtowice, w rejonie ul. Zaburskiej i Darwina. Zidentyfikowane, wieloobszarowe pionowe przemieszczenia powierzchni przekraczające 100 mm, występujące w obszarach górniczych, wyznaczone z przetwarzania obrazów satelitarnych metodą SBAS+LD, przedstawiono na załączniku mapowym nr 1 do niniejszego raportu. Szczegółowe informacje o zidentyfikowanych nieckach zestawiono w tabeli 2. Ze względu na brak pomiarów referencyjnych oraz lokalnie występujących wysokich stopni zaszumienia rezultatów uzyskanych z przetwarzania obrazów satelitarnych metodą SBAS, nie było możliwe określenie wielkości przemieszczeń powierzchni w miejscu występowania 9 niecek obniżeniowych.

Tabela 2. Informacje dotyczące zidentyfikowanych niecek obniżeniowych w IV kwartale 2025 r., w których obniżenie przekroczyło 100 mm.

L.p.	Lokalizacja	Kopalnia	Wymiary w kierunku N-S / E-W [m*]	Obniżenie maksymalne, w _{max} [m]	Metoda identyfikacji
1	Bytom, rejon Alei Jana Nowaka Jeziorańskiego, ul. Frenzla i ul. Miechowskiej	Bobrek-Piekary Ruch Bobrek	1000 / 1800	bd**	InSAR-SBAS
2	Gierałtówce, rejon ul. Gliwickiej (DK44)	Sośnica	300 / 300	0,10	InSAR-SBAS+LD
3	Ruda Śląska, na północ od ul. Podlaskiej	Ruda Ruch Bielszowice	800 / 900	bd	InSAR-SBAS
4	Gierałtówce, rejon ul. Zaborskiej i Darwina	Budryk	1600 / 1900	0,46	InSAR-SBAS+LD
5	Knurów, na zachód od autostrady A1	Knurów-Szczygłowie Ruch Knurów	1400 / 1600	bd	InSAR-SBAS+LD
6	Knurów, rejon ul. Zwycięstwa i Michalskiego	Knurów-Szczygłowie Ruch Szczygłowie	400 / 400	0,12	InSAR-SBAS+LD
7	Knurów, rejon ul. Zwycięstwa i Czerwionka-Leszczyny rejon ul. Gliwickiej i Granicznej	Knurów-Szczygłowie Ruch Szczygłowie	800 / 1500	0,18	InSAR-SBAS+LD
8	Czerwionka-Leszczyny, na wschód od ul. Pojdy	Knurów-Szczygłowie Ruch Szczygłowie	1600 / 1800	bd	InSAR-SBAS
9	Rybnik, rejon ul. Świerklańskiej i Kowalczyka	ROW Ruch Chwałowice	1100 / 1200	bd	InSAR-SBAS
10	Rybnik, rejon ul. Trzech Krzyży i Świerklany rejon ul. Wowry	ROW Ruch Chwałowice	900 / 1200	0,22	InSAR-SBAS+LD
11	Markłowice, na północ od ul. Wyzwolenia, rejon ul. Długiej i Rzemieślniczej	ROW Ruch Jankowice i Ruch Marcel	1100 / 1000	0,14	InSAR-SBAS+LD
12	Jastrzębie Zdrój, rejon ul. Powstańców Śląskich i Gagarina i Mszana, rejon ul. Jastrzębskiej i Wiejskiej	Borynia-Zofiówka Ruch Borynia i Ruch Zofiówka	1700 / 2400	0,22	InSAR-SBAS+LD
13	Jastrzębie Zdrój i Pawłowice, rejon ul. Pszczyńskiej (DW933	Borynia-Zofiówka Ruch Zofiówka i Pniówek	2200 / 1500	bd	InSAR-SBAS

L.p.	Lokalizacja	Kopalnia	Wymiary w kierunku N-S / E-W [m*]	Obniżenie maksymalne, $w_{\max}$ [m]	Metoda identyfikacji
14	Jastrzębie Zdrój, na południe od ul. 3-Maja i Pawłowice, rejon ul. Zwycięstwa, Ligonia, Orlej i Śląskiej	Borynia-Zofiówka Ruch Borynia i Ruch Zofiówka oraz Pniówek	2000 / 3500	bd	InSAR-SBAS
15	Jastrzębie Zdrój, rejon ul. Pszczyńskiej i Pawłowice, rejon ul. Kruczej i Orlej	Pniówek	1300 / 1500	0,35	InSAR-SBAS+LD
16	Pawłowice, rejon ul. Wyzwolenia i Zjednoczenia (DK81)	Pniówek	1600 / 2500	0,27	InSAR-SBAS
17	Libiąż, rejon ul. Jaworowej	ZG Janina	2100 / 1700	bd	InSAR-SBAS
18	Jaworzno, rejon ul. Kasztanowej, Herbowej i Cezarówka Górna	ZG Sobieski	1700 / 1800	bd	InSAR-SBAS
19	Mysłowice, rejon ul. Piastów Śląskich i Plebiscytowej oraz Katowice, rejon ul. Beskidzkiej	Mysłowice-Wesoła Ruch Wesoła	1100 / 1500	0,36	InSAR-SBAS+LD
20	Katowice, na północ od ul. Beskidzkiej	Mysłowice-Wesoła Ruch Wesoła	2200 / 2400	0,40	InSAR-SBAS+LD

* - wymiary zaokrąglone do pełnych setek

** - brak danych

Ponadto zidentyfikowano również 6 rejonów pionowych obniżeń powierzchni, nie przekraczających 100 mm. Rejony te zlokalizowane są w:

- OG ZG EKO-PLUS, w Bytomiu, rejon ul. Celnej – $W_{\max} = 0,04$ m (metoda identyfikacji: InSAR-SBAS),
- OG ZG SILTECH, w Zabrze, rejon ul. Ziemskiej – $W_{\max} = 0,02$ m (metoda identyfikacji: InSAR-SBAS),
- OG KWK Piast-Ziemowit Ruch Piast, w gminie Chełm Śląski, rejon ul. Osada – $W_{\max} = 0,03$ m (metoda identyfikacji: InSAR-SBAS),
- OG KWK Knurów-Szczygłowice Ruch Knurów, w gminie Gierałtowice, rejon ul. Leśnej – $W_{\max} = 0,07$ m (metoda identyfikacji: InSAR-SBAS+LD),
- OG ZG Brzeszcze, w gminie Brzeszcze, rejon ul. Młyńskiej – $W_{\max} = 0,05$ m (metoda identyfikacji: InSAR-SBAS),
- OG KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit, w Łędzinach, rejon ul. Jagiellońskiej, Pokoju i Łędzińskiej – $W_{\max} = 0,04$ m (metoda identyfikacji: InSAR-SBAS).

Z uwagi na podwyższoną dekorrelację sygnału niemożliwe było wyznaczenie wiarygodnych wielkopowierzchniowych obniżeń powierzchni terenu w następujących lokalizacjach:

- OG KWK Bolesław-Śmiały, w gminie Orzesze, przy ul. Świętego Wawrzyńca (nr pkt GNSS: 24),
- OG ZG Janina, w gminie Libiąż, przy ul. Astronautów (nr pkt GNSS: 105),
- OG KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit, w gminie Chełm Śląski, przy ul. Wiosennej (nr pkt GNSS: 109).

Jednak pomiary GNSS wykonywane metodą RTN (tab. 1) wykazały występowanie obniżeń powierzchni terenu na wymienionych punktach sieci GNSS GIG-PIB. Obniżenia te mieściły się w zakresie od 0,11 do 0,59 m, co jednoznacznie wskazuje na występowanie w tych rejonach znaczących deformacji górniczych.

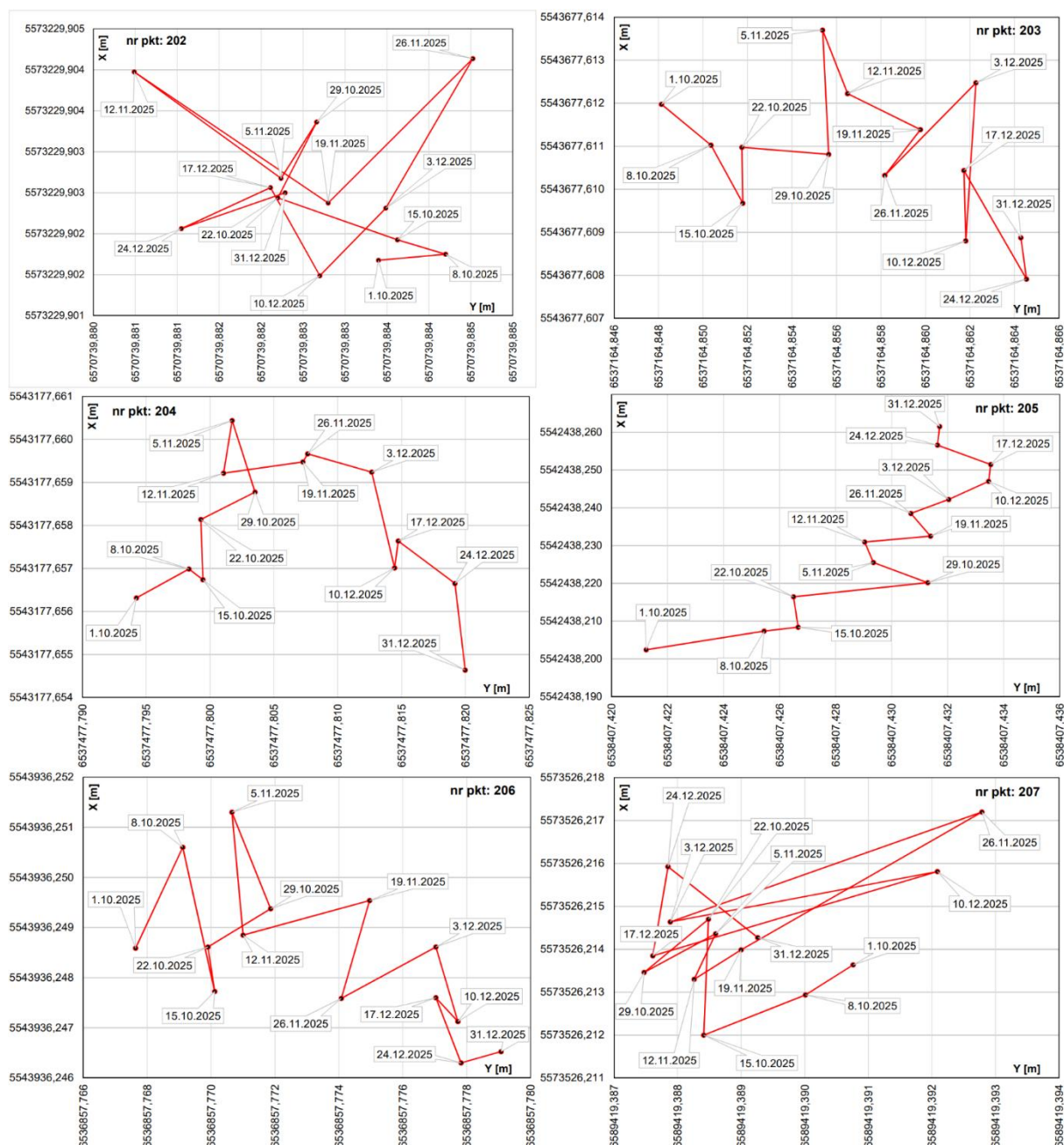
Tereny pogórnice

Wielkoobszarowe przemieszczenia powierzchni, występujące na terenach pogórnich GZW, wyznaczone z przetwarzania zobrażeń satelitarnych metodą SBAS, przedstawiono na załączniku mapowym nr 2 do niniejszego raportu. Zakres zidentyfikowanych przemieszczeń powierzchni, w skali kwartału, wyniósł od -30 mm (obniżenia) do +30 mm (wypiętrzenia). Wypiętrzenia wystąpiły głównie w północno-wschodniej części GZW na terenach pogórnich kopalń: Saturn, Paryż, Sosnowiec, Niwka Modrzejów, Kazimierz-Juliusz oraz Siemianowice (południowa część). Obniżenia z kolei zaobserwowano na terenach pogórnich kopalń Krupiński i Cieczott. Charakterystyka zidentyfikowanych przemieszczeń, rozkład powierzchniowy oraz miejsce występowania (głównie obszary zalesione lub pola uprawne) wskazują jednak na podwyższoną dekorrelację sygnału, a w rezultacie, na obniżenie dokładności pomiarowej w tych miejscach, a nie na rzeczywiste ruchy powierzchni terenu będące pochodzenia górniczego. W pozostałych rejonach terenów pogórnich GZW nie zidentyfikowano ruchów powierzchni gruntu, a zarejestrowane przemieszczenia nie przekraczały oszacowanego poziomu niepewności zastosowanej technologii pomiarowej.

4.2. Poziome przemieszczenia powierzchni

4.2.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB

Przemieszczenia powierzchni zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB w okresie od 01.10.2025 do 31.12.2025 r. z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS, na punktach nr 202 – 207, przedstawiono na rysunku 11.

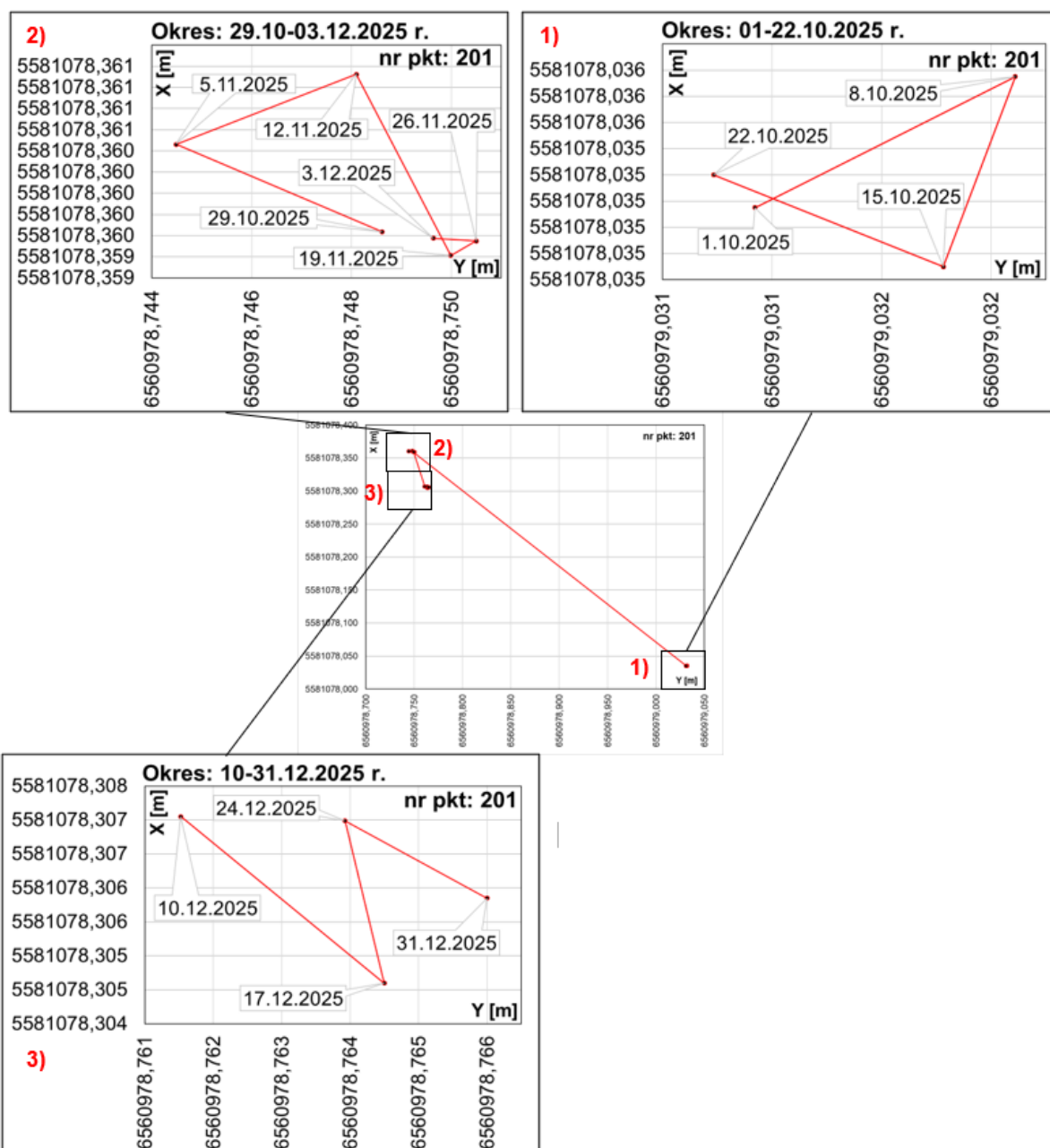


Rys. 11. Skumulowane poziome przemieszczenia powierzchni w 7-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS, na punktach 202-207, w okresie 01.10.2025 – 31.12.2025 r.

Największe przemieszczenie poziome, wypadkowe w skali kwartału, wyniosło 60 mm w kierunku azymutu równego 10° i zostało zarejestrowane na punkcie nr 205. Poziome przemieszczenia powierzchni zarejestrowano również na punktach nr 203, 204 i 206, które w skali kwartału (przemieszczenie wypadkowe) wyniosły, odpowiednio, 16, 26 i 12 mm, w kierunku azymutu równego, odpowiednio, 101° , 94° i 100° . Przemieszczenia obserwowane w krótkich interwałach czasowych (dziennych i tygodniowych) nie przekraczały poziomu niepewności poziomego pomiaru GNSS (patrz rozdział 3.3) i mają charakter losowy. Na pozostałych punktach pomiarowych nr 202 i 207, również zarejestrowano przemieszczenia poziome, jednak wypadkowe nie przekroczyły 2 mm w skali kwartału co również mieści się

w granicach poziomu niepewności poziomego pomiaru GNSS. Można zatem uznać, że w rejonach lokalizacji punktów pomiarowych nr 202 i 207 nie wystąpiły przemieszczenia poziome w IV kwartale 2025 r.

Wyjątek stanowi punkt nr 201, na którym obserwowane są poziome zmiany położenia anteny. Pierwsza zmiana położenia wyniosła 43,2 cm (względem 01.10.2025 roku) i miała miejsce 27.10.2025 roku. Związana była z rektyfikacją obiektu budowlanego, na którym zlokalizowana jest permanentna stacja GNSS. Prace miało na celu niwelację wychylenia obiektu powstałego na skutek eksploatacji górniczej, a tym samym ruchów powierzchni terenu. Druga pozioma zmiana położenia anteny wyniosła 5,6 cm (względem 28.10.2025 roku to jest pierwszego dnia po rektyfikacji obiektu) i związana była z zaplanowanymi pracami serwisowymi stacji przeprowadzonymi 08.12.2025 roku. Opisane poziome zmiany położenia anteny mają charakter techniczny i nie są związane z procesami deformacyjnymi powierzchni terenu zachodzącymi na skutek podziemnej eksploatacji górniczej. Prace te nie miały wpływu na poprawności działania stacji, jakość wykonywanych pomiarów sytuacyjnych ani możliwości interpretacyjne uzyskanych wyników. Zarejestrowane przemieszczenia poziome dla punktu nr 201 przedstawiono na rysunku nr 12.



Rys. 11. Skumulowane poziome przemieszczenia powierzchni w 7-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS, na punkcie nr 201, w okresie 01.10.2025 – 31.12.2025 r.

Zarejestrowane wypadkowe przemieszczenia poziome na punkcie nr 201, w trzech okresach pomiarowych, to jest przed rektyfikacją obiektu budowlanego, pomiędzy rektyfikacją, a pracami serwisowymi oraz po pracach serwisowych, nie przekroczyły 5 mm. W krótszych interwałach czasowych zarejestrowano niewielkie wahania dochodzące do 7 mm (interwał dzienny) i 4 mm (interwał tygodniowy). Wartości te nie przekraczają poziomu niepewności poziomego pomiaru GNSS (patrz rozdział 3.3) i mają charakter losowy. Można zatem uznać, że w rejonie lokalizacji punktu pomiarowego nr 201 nie wystąpiły przemieszczenia poziome w IV kwartale 2025 r.

Poziome przemieszczenia powierzchni wraz z ich azymutem, zarejestrowane na poszczególnych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Poziome przemieszczenia powierzchni, wypadkowe w skali kwartału oraz ich azymut, zarejestrowane na poszczególnych punktach sieci GNSS GIG-PIB, z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS, w IV kwartale 2025 r.

Nr pkt	Przemieszczenie poziome, u [mm]	Azymut przemieszczenia [°]
201	-	-
202	1	307
203	16	101
204	26	94
205	60	10
206	12	100
207	2	293

Na pozostałych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, o numerach 0 - 140, wykonano dwie kampanie pomiarowe w dniach 25-30.09.2025 r. oraz 29-31.12.2025 r. Zakres zmierzonych przemieszczeń mieścił się w przedziale od 3 mm do 263 mm. Największe przemieszczenie poziome, wynoszące 263 mm w kierunku azymutu równego 354°, miało miejsce na punkcie nr 89 zlokalizowanym w obszarze górniczym KWK Pniówek, w gminie Pawłowice, przy ul. Dąbkowej. Znaczące przemieszczenia poziome, przekraczające 100 mm, wystąpiły również na punktach nr: 12, 45, 55, 79, 84, 93, 95 i 109. Punkty te są zlokalizowane w:

- OG KWK Budryk, w gminie Gierałtowice, przy ul. Zaborskiej (pkt nr 12),
- OG KWK ROW Ruch Chwałowice, w Rybniku, przy ul. Świerklańskiej (pkt nr 45) i w gminie Świerklany, przy ul. Dygasińskiego (pkt nr 55),
- OG KWK Borynia-Zofiówka, Ruch Borynia, w Jastrzębiu-Zdroju, przy ul. Gagarina (pkt nr 79),
- OG KWK Pniówek, w gminie Pawłowice przy ul. Śląskiej (pkt nr 84), ul. Wodzisławskiej (pkt nr 93) i ul. Szybowej (pkt nr 95),
- OG KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit, w gminie Chełm Śląski przy ul. Wiosennej (pkt nr 109).

Na pozostałych punktach pomiarowych zidentyfikowano poziome przemieszczenia powierzchni nie przekraczające 100 mm lub mieszczące się w granicach niepewności poziomego pomiaru GNSS (patrz rozdział 3.3).

Poziomych przemieszczeń powierzchni nie wyznaczono dla 9 punktów pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB (tab. 4) z powodu braku dostępu do punktów, a w konsekwencji nie wykonania dwóch cykli pomiarowych lub obniżonej dokładności pomiarowej składowej poziomej, spowodowanej czynnikami zewnętrznymi. Punkty nr: 20, 56, 71, 76, 78, 126, 137 i 138 zostały zniszczone. Punkty o nr: 56, 71, 76, 78, 126, 137 i 138 wznowiono. Punktu nr 20 nie wznowiono z uwagi na brak potrzeby wykonywania na nim kolejnych pomiarów.

Szczegółowe przemieszczenia zmierzone na każdym punkcie pomiarowym zamieszczono w tabeli 4.

Tabela 4. Poziome przemieszczenia powierzchni, wraz z azymutem, zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB metodą RTN, w okresie 25-30.09.2025 – 29-31.12.2025 r.

Data pom.	25-30.09.2025		29-31.12.2025		Przemieszczenia poziome, u [mm]	Azymut przemieszczenia [°]
	Nr	X [m]	X [m]	Y [m]		
1	5580721,699	6561797,353	5580721,642	6561797,371	60	162
2	5580578,855	6561353,249	5580578,891	6561353,297	60	53
3	5580308,359	6561386,264	5580308,352	6561386,298	34	102
4	5580456,543	6561985,936	5580456,538	6561985,940	6	148
5	5580132,750	6561893,579	5580132,752	6561893,607	28	85
6	5579781,147	6560264,200	5579781,153	6560264,177	24	284
7	5566144,735	6557922,774	5566144,762	6557922,758	32	330
8	5566135,972	6558330,653	5566135,979	6558330,634	21	290
11	5566651,382	6560572,406	5566651,375	6560572,415	11	133
12	5565022,305	6556179,002	5565022,367	6556179,083	102	53
14	5563759,048	6556062,080	5563759,069	6556062,077	21	353
15	5563892,943	6556325,522	5563892,991	6556325,511	49	347
17	5562110,231	6556526,187	5562110,216	6556526,169	23	230
18	5562776,021	6553718,008	5562776,010	6553718,028	23	117
19	5560533,059	6553205,640	5560533,063	6553205,652	12	70
20	5560599,627	6552982,060	zniszczony**		-	-
21	5558454,517	6558530,229	5558454,551	6558530,189	52	310
22	5558199,277	6558936,770	5558199,283	6558936,757	14	297
23	5558103,758	6558793,644	5558103,767	6558793,655	14	51
24	5557911,641	6558019,965	5557911,594	6558019,972	47	171
29	5562530,972	6553930,734	5562531,001	6553930,734	29	1
31	5569031,106	6552335,580	5569031,104	6552335,606	27	94
32	5566983,434	6552557,731	5566983,438	6552557,737	7	56
34	5564697,401	6551307,283	5564697,410	6551307,289	11	34
36	5560414,322	6546381,188	5560414,331	6546381,189	9	4
37	5560925,022	6546510,475	5560924,967	6546510,506	63	151
38	5561387,172	6546556,738	5561387,142	6546556,738	30	179
40	5563367,131	6545681,609	5563367,151	6545681,628	27	45
41	5563421,241	6545809,129	5563421,276	6545809,144	38	23
43	5550014,480	6540167,535	5550014,468	6540167,553	22	124
45	5549096,818	6540327,181	5549096,622	6540327,164	196	185
46	5549352,226	6539750,541	5549352,183	6539750,586	62	134
47	5548229,910	6540562,801	5548229,907	6540562,797	5	235
50	5547219,228	6540865,741	5547219,230	6540865,744	3	66
51	5547140,843	6540298,320	5547140,851	6540298,323	8	20
52	5547118,003	6538809,473	5547117,985	6538809,475	18	174
54	5546852,701	6538437,409	5546852,692	6538437,411	9	165
55	5546345,691	6538309,904	5546345,590	6538309,954	113	154
56	5546084,340	6538295,432	5546084,911n ***	6538297,347n ***	-	-
57	5549642,059	6532913,842	5549642,101	6532913,824	46	336
58	5549403,920	6532753,967	5549403,903	6532753,959	19	206
60	5547737,952	6533690,923	5547737,955	6533690,913	11	450

Data pom.	25-30.09.2025		29-31.12.2025		Przemieszczenia poziome, u [mm]	Azymut przemieszczenia [°]
	Nr	X [m]	X [m]	Y [m]		
62		5546562,265	6532596,838	bd*	bd*	-
63		5546931,602	6532585,182	5546931,614	6532585,192	40
64		5547137,177	6533040,236	5547137,183	6533040,249	62
65		5544630,826	6537010,559	5544630,830	6537010,538	21
67		5543753,033	6537059,304	5543753,046	6537059,289	20
68		5543593,360	6537421,582	5543593,351	6537421,601	21
70		5543271,176	6538218,382	5543271,167	6538218,452	71
71		5543727,097	6538271,286	5543726,957n ***	6538271,919n ***	-
74		5542309,109	6538595,562	5542309,183	6538595,560	73
75		5541301,306	6542872,374	5541301,314	6542872,404	31
76		5539239,873	6542867,736	5539240,167n ***	6542869,605n ***	-
77		5539162,548	6543826,421	5539162,506	6543826,496	86
78		5539258,344	6544359,031	5539259,118n ***	6544367,961n ***	-
79		5539297,885	6545013,097	5539297,797	6545013,168	113
80		5538496,935	6545204,071	5538496,946	6545204,096	27
81		5538248,255	6545322,395	5538248,279	6545322,413	29
82		5537390,708	6543845,348	5537390,699	6543845,369	23
83		5539634,545	6545846,548	5539634,557	6545846,546	13
84		5539518,784	6548433,515	5539518,715	6548433,695	192
87		5536847,548	6547786,488	5536847,569	6547786,520	38
88		5537020,122	6547242,646	5537020,172	6547242,666	54
89		5536057,772	6546939,162	5536058,034	6546939,134	263
91		5536432,210	6548122,178	5536432,150	6548122,169	61
92		5536671,720	6548533,958	5536671,752	6548533,973	36
93		5535952,822	6549004,924	5535953,015	6549004,942	194
94		5537419,532	6552182,691	5537419,594	6552182,715	67
95		5537846,973	6551653,506	5537847,062	6551653,619	143
96		5536695,877	6570789,505	5536695,887	6570789,499	11
97		5540476,882	6581073,002	5540476,883	6581072,980	22
98		5541024,981	6581213,936	5541024,963	6581213,975	42
99		5548123,682	6583357,878	5548123,691	6583357,856	23
100		5550258,345	6584200,310	5550258,361	6584200,307	16
102		5551458,153	6586068,615	5551458,146	6586068,589	28
103		5551409,896	6586361,194	5551409,887	6586361,186	12
104		5552549,570	6597916,419	5552549,559	6597916,413	13
105		5551799,009	6597364,746	5551798,945	6597364,702	77
106		5551035,381	6597183,405	5551035,395	6597183,405	14
107		5555738,901	6584920,511	5555738,897	6584920,518	8
109		5555487,335	6585623,331	5555487,129	6585623,260	218
110		5554362,068	6579646,582	5554362,042	6579646,585	27
111		5554503,002	6579667,858	5554503,010	6579667,860	8
112		5554519,269	6578878,995	5554519,260	6578878,965	31
113		5555589,442	6578287,296	5555589,413	6578287,285	30
114		5556068,016	6578610,899	5556068,021	6578610,890	10
116		5560651,343	6595763,652	5560651,368	6595763,703	57

Data pom.	25-30.09.2025		29-31.12.2025		Przemieszczenia poziome, u [mm]	Azymut przemieszczenia [°]
Nr	X [m]	X [m]	X [m]	Y [m]		
117	5560993,438	6595620,728	5560993,441	6595620,751	24	84
118	5560960,980	6579423,197	5560960,952	6579423,161	45	232
120	5563979,375	6574355,693	5563979,397	6574355,698	23	12
121	5565739,790	6571714,102	5565739,770	6571714,116	24	145
122	5535186,901	6574715,918	5535186,895	6574715,911	10	230
123	5561474,805	6595624,895	5561474,792	6595624,933	40	108
125	5552709,322	6596685,784	5552709,328	6596685,754	31	282
126	5552663,701	6596099,161	5552651,192n ***	6596101,713n ***	-	-
127	5540113,182	6581420,042	5540113,188	6581420,052	12	57
130	5539894,483	6546849,757	5539894,506	6546849,771	27	31
131	5540247,895	6546589,372	5540247,911	6546589,362	19	331
132	5560184,581	6545683,500	5560184,593	6545683,494	13	336
133	5559014,016	6543137,677	5559013,943	6543137,691	74	169
134	5562106,646	6545253,754	5562106,597	6545253,763	50	170
135	5563466,385	6545073,841	5563466,398	6545073,863	25	60
136	5561078,950	6577471,309	5561078,918	6577471,292	36	209
137	5560601,030	6576335,706	5560601,043n ***	6576335,727n ***	-	-
138	5564873,918	6550939,959	5564869,522n ***	6550931,983n ***	-	-
139	5564831,682	6550693,349	5564831,682	6550693,357	8	92
140	5543406,439	6539080,651	5543406,472	6539080,644	34	348

* – brak danych – punkt niedostępny do pomiaru/obniżona dokładność podczas pomiaru

** – punkt zniszczony – niewznowiony

*** – punkt zniszczony – wznowiono i zmierzono nowy punkt

5. Podsumowanie

Na podstawie przedstawionych w raporcie wyników oraz ich interpretacji można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Na obszarach górniczych GZW, w IV kwartale 2025 r., zidentyfikowano 26 obszarów, w których wystąpiły pionowe wielkoobszarowe obniżenia powierzchni. W tym 20 obszarów zidentyfikowano jako niecki obniżeniowe, w których obniżenia przekroczyły 100 mm. Ich rozmiar mieścił się w zakresie od 300 m do 2200 m w kierunku północ-południe oraz od 300 m do 3500 m w kierunku wschód-zachód, gdzie jako granice niecki przyjęto zidentyfikowane obniżenia wynoszące 100 mm. Największe zidentyfikowane obniżenie powierzchni, w nieckach obniżeniowych, wyniosło 0,46 m i miało miejsce w gminie Gierałtowice, w rejonie ul. Zaburskiej i Darwina . Największe zidentyfikowane obniżenie punktowe wyniosło 0,59 m i miało miejsce na punktach nr 109 i 84 zlokalizowanych w, odpowiednio, gminie Chełm Śląski przy ul. Wiosennej oraz w gminie Pawłowice przy ul. Śląskiej.

2. Na obszarach górniczych GZW, w IV kwartale 2025 r., nie zidentyfikowano, zarówno wielkoobszarowych jak i punktowych, wypiętrzeń powierzchni spowodowanych działalnością górniczą.
3. Na obszarach górniczych GZW, w IV kwartale 2025 r., zidentyfikowano punktowe przemieszczenia poziome powierzchni, dochodzące do 0,26 m. Największe przemieszczenie poziome, wynoszące 0,26 m w kierunku azymutu 354°, zidentyfikowano na punkcie nr 89, zlokalizowanym w gminie Pawłowice, przy ul. Dąbkowej.
4. Na terenach pogórniczych GZW, w IV kwartale 2025 r., nie zidentyfikowano przemieszczeń powierzchni będących pochodzenia górniczego.

Zasady korzystania z Raportów GIG-PIB

Zawartość Raportu, jego forma, treści, sposób wyrażenia, stanowi utwór w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz.U.2025.24 t.j.) i podlega ochronie przewidzianej w tej ustawie.

Wykorzystanie danych zawartych w Raporcie w zakresie innym niż realizacja zadań publicznych oraz ich ewentualne dalsze przetwarzanie wymaga uzyskania zgody/odrębnej licencji Ministra Energii/uprawnionego podmiotu.

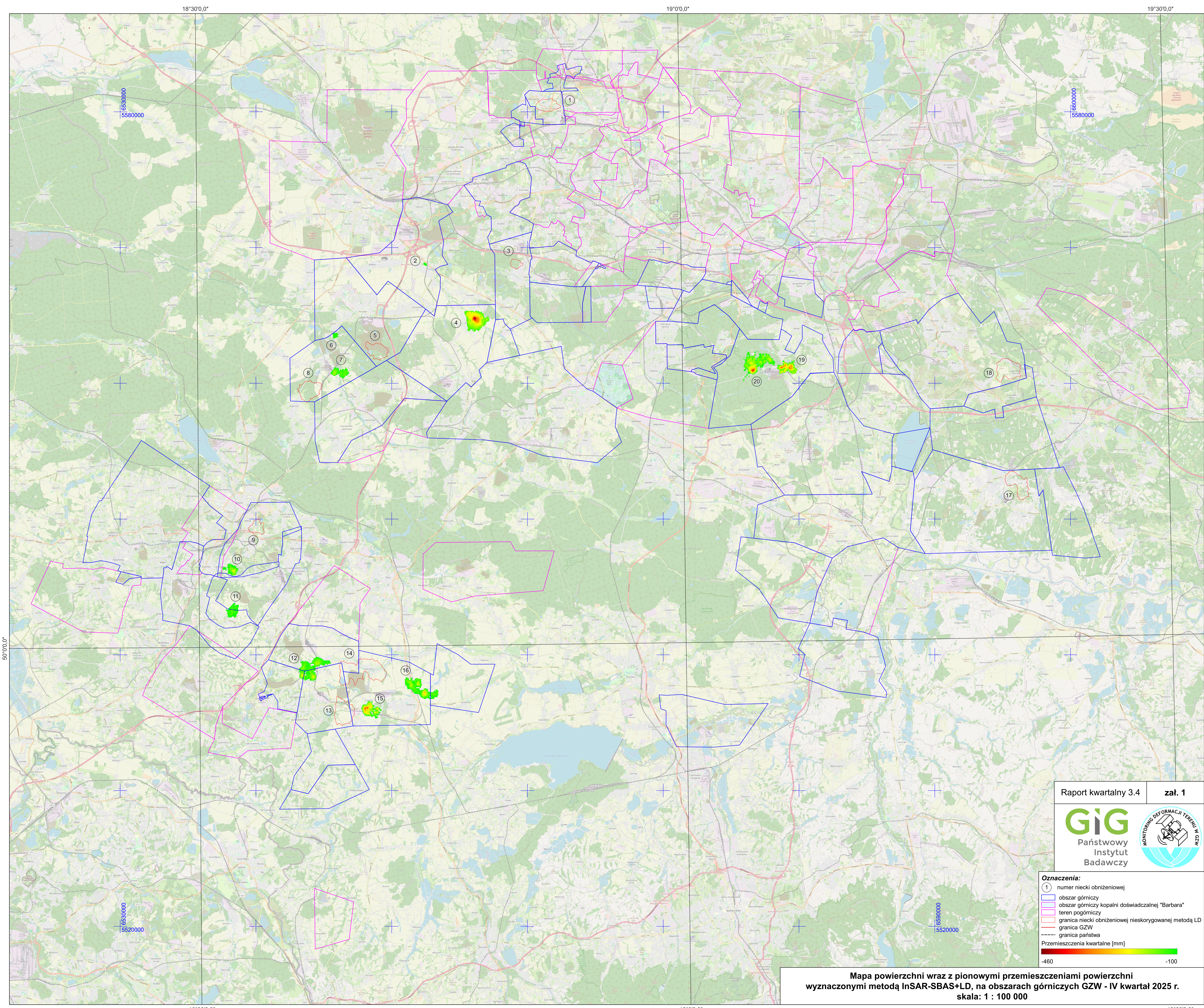
Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy nie ponosi odpowiedzialności za:

- błędną interpretację i/lub przetwarzanie bazy danych,*
- wykorzystanie danych niezgodne z ich przeznaczeniem,*
- wykorzystanie danych niezgodne z ich standardem i szczegółowością,*
- dokonywanie modyfikacji danych, ich opracowanie czy łączenie z innymi utworami.*

6. Literatura

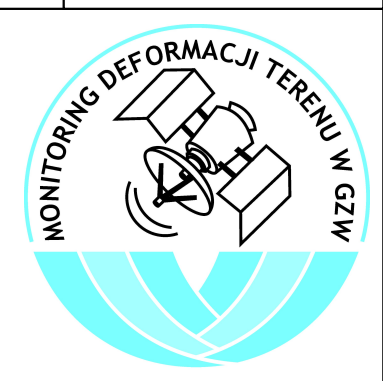
1. Apanowicz B. 2022. *Use of InSAR in Linear Discontinuous Ground Deformation Generation Analysis: Case Study of a Mine in Poland*. Journal of Sustainable Mining, 21(1), 4.
2. Apanowicz B. 2023. *Analiza obniżeń powierzchni na terenach górniczych i pogórniczych w aspekcie zasięgu i czasu z wykorzystaniem interferometrii satelitarnej*. Rozprawa doktorska, GIG – PIB, Katowice.
3. Apanowicz B., Milczarek W., Kowalski A. 2025. *Advanced InSAR-SBAS method for determining the extent of mining-induced deformations*. Geocarto International, 40(1), 2523428.
4. Berardino P., Fornaro G., Lanari R., Sansosti E. 2002. *A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms*. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 40, 2375–2383.
5. Czarnecki K. 2014. *Geodezja współczesna*. Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa.
6. Chen C., Zebker H. 2002. *Phase unwrapping for large SAR interferograms: Statistical segmentation and generalized network models*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 40(8), 1709-1719.

7. Farr T., Rosen P., Caro E., Crippen R., Duren R., Hensley S., Kobrick M., Paller M., Rodriguez E., Roth L., Seal D., Shaffer S., Shimada J., Umland J., Werner M., Oskin M., Burbank D., Alsdorf D. 2007. *The shuttle radar topography mission*. Reviews of Geophysics 45, 1-33.
8. Hanssen R. 2001. *Satellite Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis*. Rozprawa doktorska, Remote Sensing and Digital Image Processing, Springer, Holandia.
9. Kowalski A. (red). 2000. *Eksploracja górnicza a ochrona powierzchni. Doświadczenia z wałbrzyskich kopalń*. Wydawnictwo GIG-PIB, Katowice.
10. Kowalski A. 2015. *Deformacje powierzchni w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym*. Wydawnictwo GIG-PIB, Katowice.
11. Massonnet D., Feigl K. L. 1998. *Radar interferometry and its application to changes in the earth's surface*. Reviews of Geophysics, 36, 441-500.
12. Milczarek W. 2011. *Analiza zmian powierzchni górotworu po zakończeniu eksploatacji górniczej w wybranym rejonie dawnego Wałbrzyskiego Zagłębia*. Rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska, Wrocław.
13. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 lipca 2023 r. w sprawie nadania Głównemu Instytutowi Górnictwa statusu państwowego instytutu badawczego (Dz. U. 2023 poz. 1579).
14. Sandwell D., Mellors R., Tong X., Wei M., Wessel P. 2011. *Open radar interferometry software for mapping surface deformation*. EOS, Transactions American Geophysical Union, 92(28), 233-240.
15. Wessel P., Luis J., Uieda L., Scharroo R., Wobbe F., Smith W., Tian D. 2019. *The Generic Mapping Tools version 6*. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 20, 5556-5564.
16. Yu, C., Wang, L., Zhu, J. 2018. *Improving InSAR time series analysis by spatial-temporal filtering and atmospheric corrections*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 56(9), 5339-5352.
17. Yu C., Li Z., Penna N.T. 2020. *Triggered afterslip on the southern Hikurangi subduction interface following the 2016 Kaikoura earthquake from InSAR time series with atmospheric corrections*. Remote Sensing of Environment, 251, 112097.



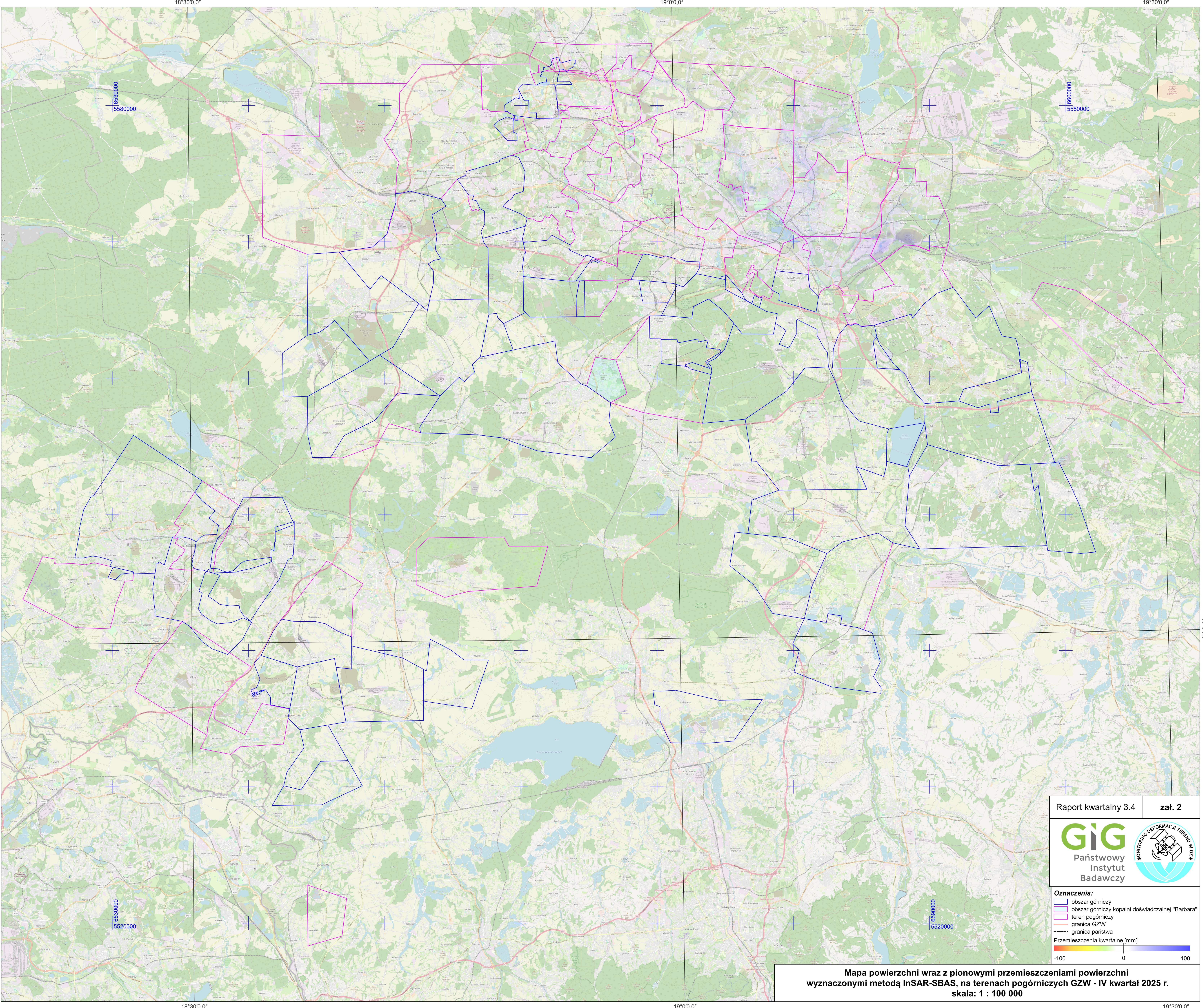
Raport kwartalny 3.4

zał. 1



- Oznaczenia:**
- 1 numer niecki obniżeniowej
 - obszar górniczy
 - obszar górniczy kopalni doświadczalnej "Barbara"
 - teren pogórczy
 - granica niecki obniżeniowej nieskorygowanej metodą LD
 - granica GZW
 - granica państwa
- Przemieszczenia kwartalne [mm]
- 460 -100

Mapa powierzchni wraz z pionowymi przemieszczeniami powierzchni
wyznaczonymi metodą InSAR-SBAS+LD, na obszarach górniczych GZW - IV kwartał 2025 r.
skala: 1 : 100 000



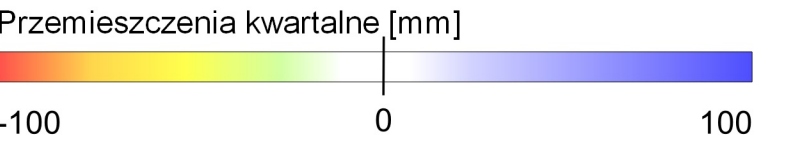
Report kwartalny 3.4

zał. 2



Oznaczenia:

- obszar górniczy
- obszar górniczy kopalni doświadczalnej "Barbara"
- teren pogórnicy
- granica GZW
- granica państwa



Mapa powierzchni wraz z pionowymi przemieszczeniami powierzchni
wyznaczonymi metodą InSAR-SBAS, na terenach pogórnicznych GZW - IV kwartał 2025 r.
skala: 1 : 100 000