

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

Zadanie 1.3. Monitorowanie deformacji terenu w obszarach górniczych  
i pogórnicych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

**RAPORT KWARTALNY 1.3.4.**

**za okres 01.10.2024 – 31.12.2024**

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 17/D/10095/2830/2024/DA z dnia 12.08.2024 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 inż. Bartosz Apanowicz  
Kierownik Zadania

## **Zawartość raportu:**

1. Wprowadzenie
2. Charakterystyka monitorowanego obszaru
3. Sieć monitoringowa GZW i zastosowana metodyka badawcza
  - 3.1. Radarowa interferometria satelitarna (InSAR)
  - 3.2. Globalny Nawigacyjny System Satelitarny (GNSS)
4. Interpretacja wyników
  - 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 i LD, na obszarach górniczych GZW – IV kwartał 2024 r., skala 1 : 100 000
2. Mapa powierzchni wraz z pionowymi przemieszczeniami powierzchni wyznaczonymi metodą InSAR-SBAS, na obszarach pogórniczych GZW – IV kwartał 2024 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 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).

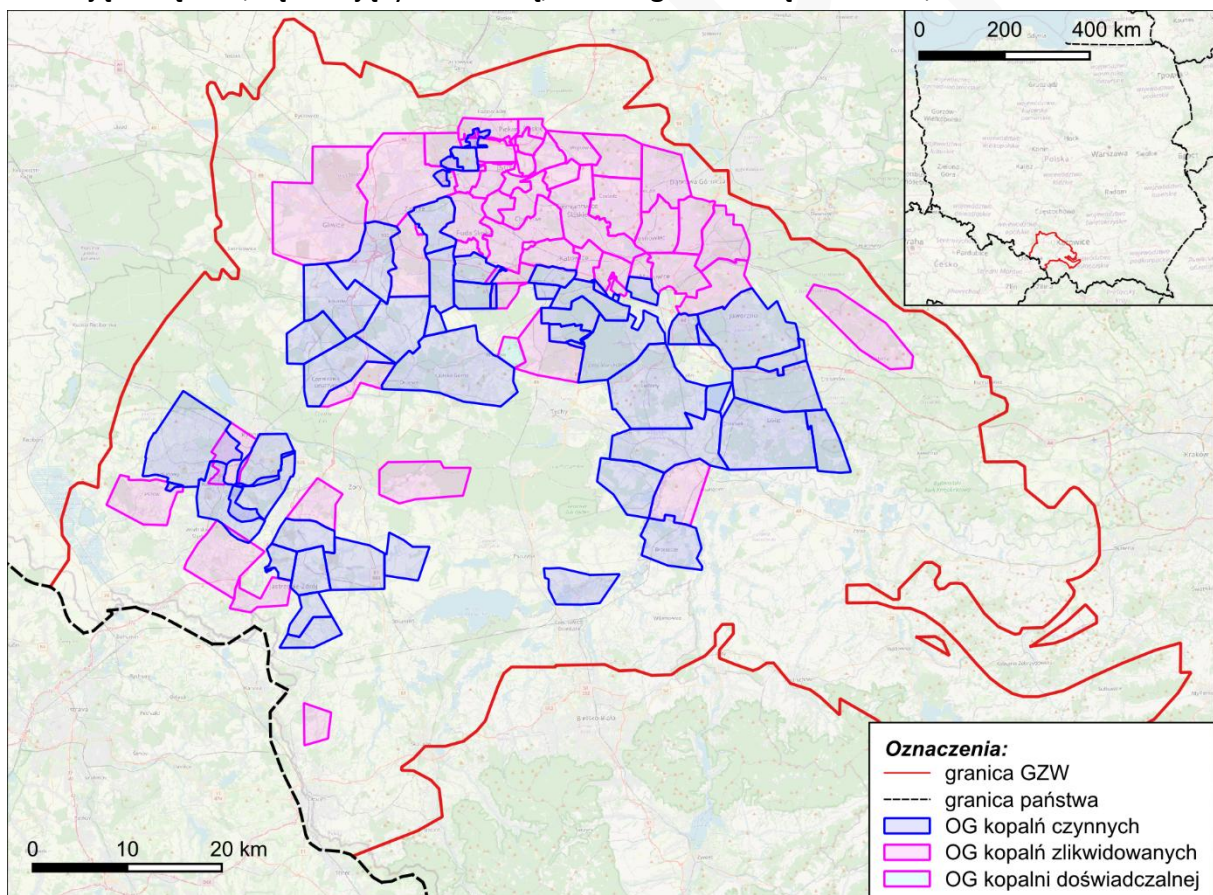
Działalność górnicza w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) prowadzona jest nieprzerwanie od średniowiecza. Początkowo eksploatowano rudy cynku i ołowiu, a od XVIII w., złożę węgla kamiennego, którego wydobycie w kulminacyjnym momencie, w 1979 r., wyniosło 200 mln Mg/rok. Szacuje się, że na skutek eksploatacji 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 obniżeń 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-



górnictwych i w górotworze naruszonym poprzednią działalnością. Następuje sumowanie się wpływów górnictwych oraz reaktywacja starych zrobów (Kowalski 2015). Problem występowania ruchów powierzchni nie kończy się wraz z zaprzestaniem wydobycia oraz likwidacją zakładu górnictwego. 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 górnictwych (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 km<sup>2</sup> (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 górnictwych i terenów pogórnictwych kopalń GZW, stan na 2023 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). Grubość poszczególnych

pokładów dochodzi do 22 m. 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 siodła i niecek geologicznych, a górntwór poprzecinany jest dużą liczbą uskoku 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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/min. Obszary te są predysponowane do powstawania zalewisk na powierzchni (Kowalski 2015).

Obecnie (stan na 2023 r.) w granicach GZW znajduje się 20 obszarów czynnych kopalń (30 ruchów) oraz 46 zlikwidowanych. Eksploatację prowadzi się przede wszystkim systemem ścianowym z zawalem 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. Sieć monitoringowa GZW i zastosowana metodyka badawcza**

#### **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 obrazowania satelitarne typu SLC pochodzące z satelity Sentinel 1 i udostępniane przez Europejską Agencję Kosmiczną w ramach programu Copernicus. Aktualnie, od 2022 r., satelita wykonuje obrazowania w 12-dniowym interwale czasowym. Obrazowania przetwarzane są jako szereg czasowy, ponad 400 obrazowań, 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 dwuprzebiegowym 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 dodatkowej 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). Otrzymane rezultaty są walidowane i korygowane w oparciu o pomiary GNSS autorską metodą zależności liniowych (LD) opracowaną w Głównym Instytucie Górnictwa – Państwowym Instytucie Badawczym (Apanowicz 2023).

**Tabela 1.** Podstawowe informacje dotyczące wykorzystanych danych SAR.

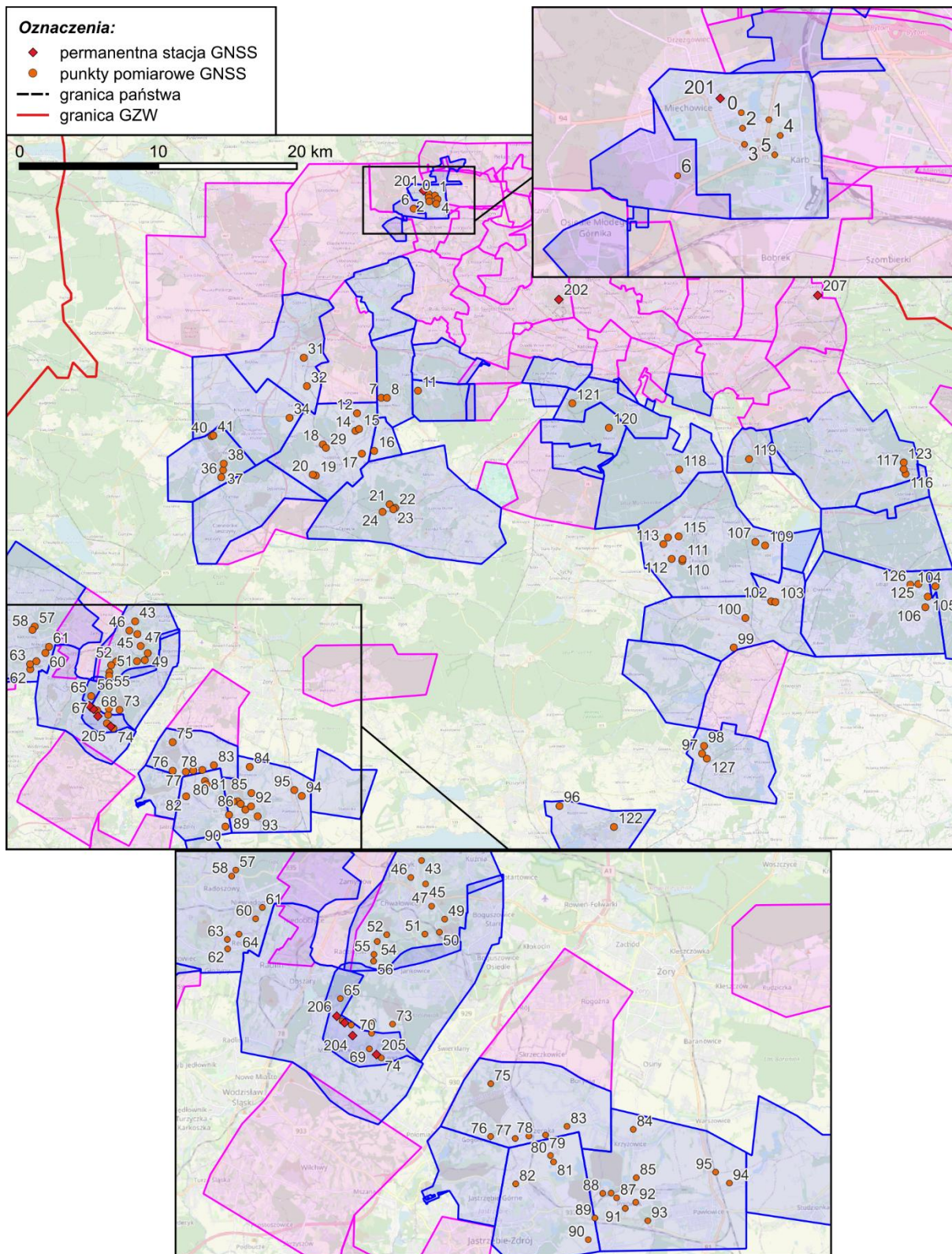
Sensor	Sentinel 1A	
Numer orbity/IW	175/IW2-IW3	51/IW2-IW3
Typ orbity	wschodząca	opadająca
Liczba zobrazowań	453	435
Przestrzenna linia bazowa	120 / 250	120 / 250
Czasowa linia bazowa	60	60
Liczba interferogramów	3063	2802

### 3.2. 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-godzinnym interwale czasowym (Czarnecki 2014).

Na punktach pomiarowych wykonywane są pomiary GNSS metodą RTN, z wykorzystaniem odbiornika GNSS Leica GS18. 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 w zależności od obecnie prowadzonej eksploatacji. Lokalizację punktów sieci GNSS GIG-PIB pokazano na rysunku 3.





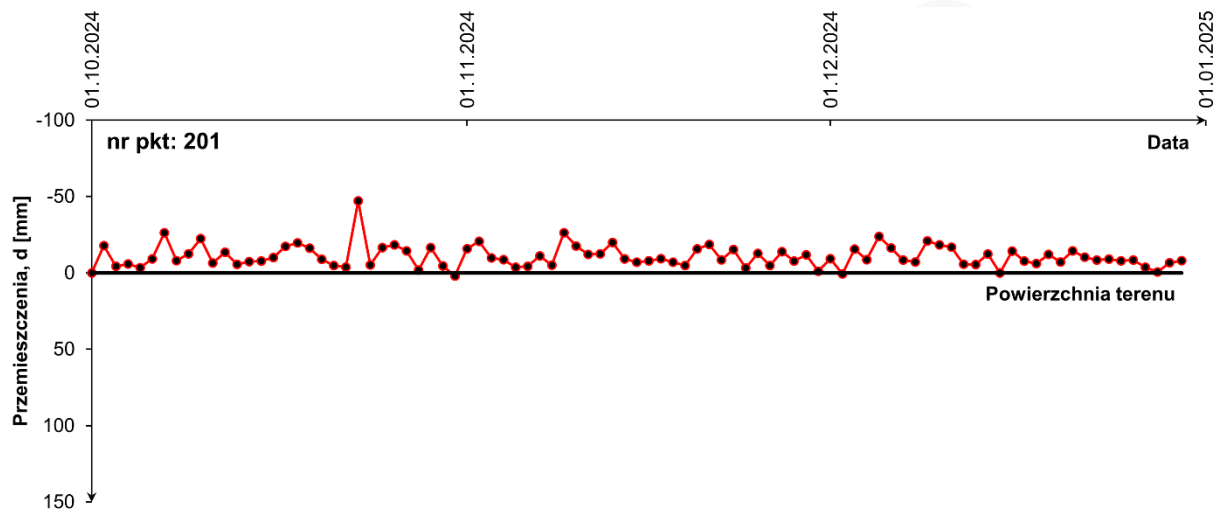
**Rys. 3.** Lokalizacja punktów sieci GNSS GIG-PIB w granicach GZW przygotowana na potrzeby realizacji zadania.

## 4. Interpretacja wyników

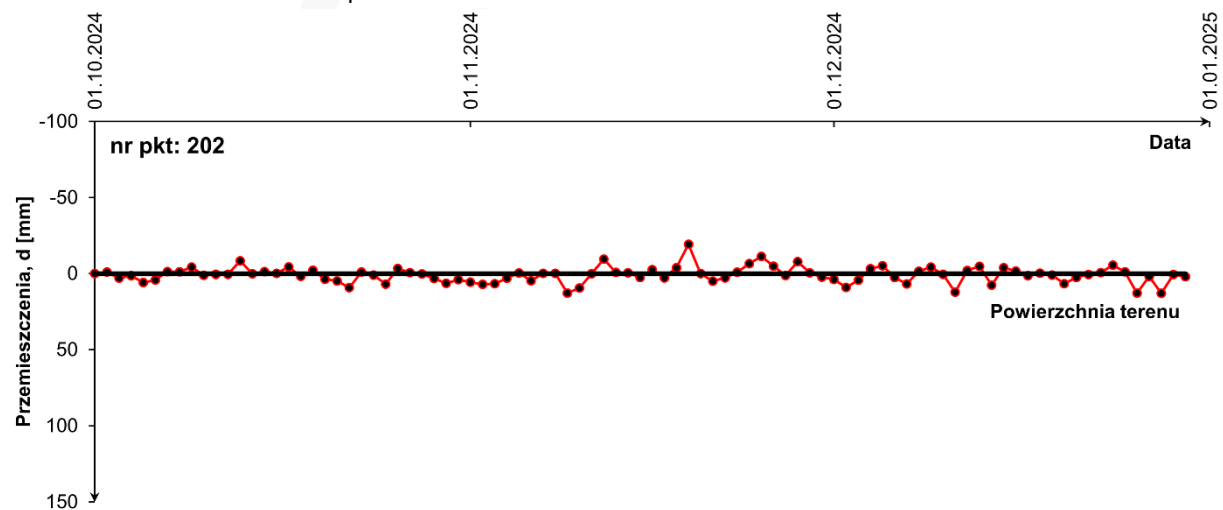
### 4.1. Pionowe przemieszczenia powierzchni

#### 4.1.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB

Przemieszczenia powierzchni zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB w okresie od 01.10.2024 do 31.12.2024 z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS przedstawiono na rysunkach 4 - 10.

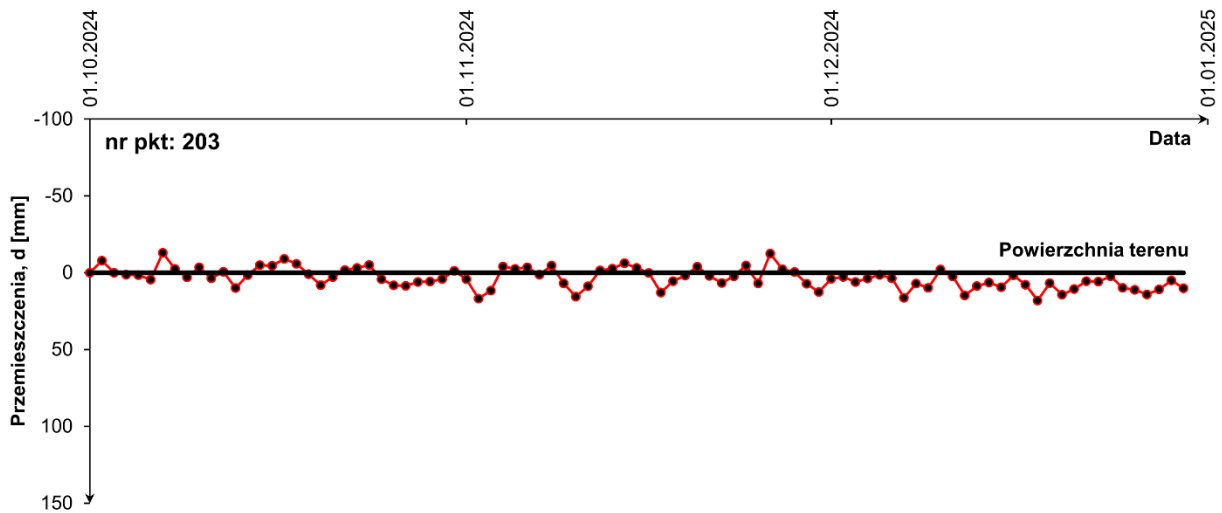


**Rys. 4.** Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 201 w okresie 01.10.2024 – 31.12.2024 r.

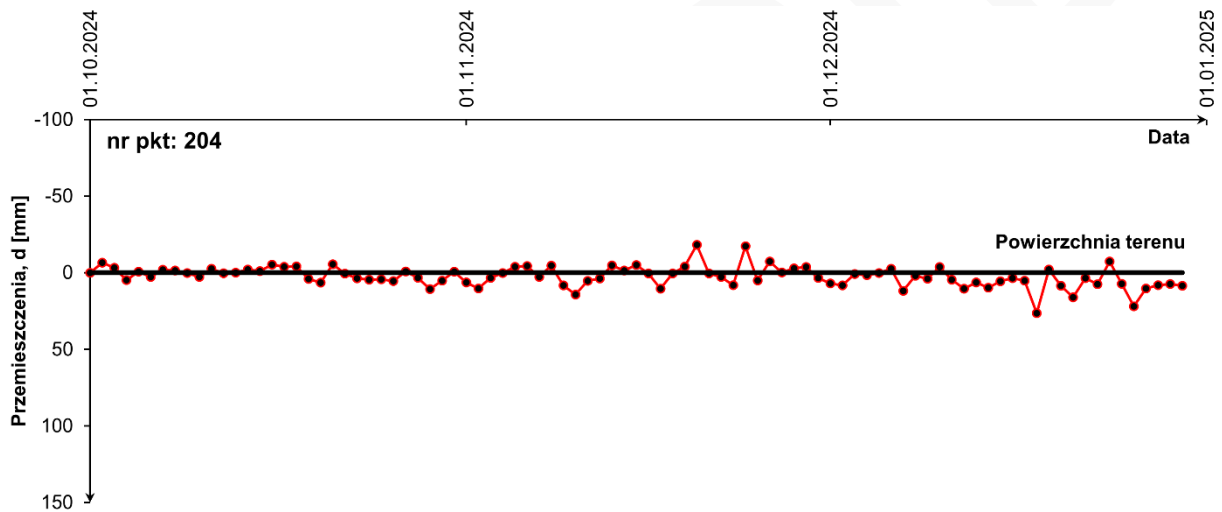


**Rys. 5.** Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 202 w okresie 01.10.2024 – 31.12.2024 r.

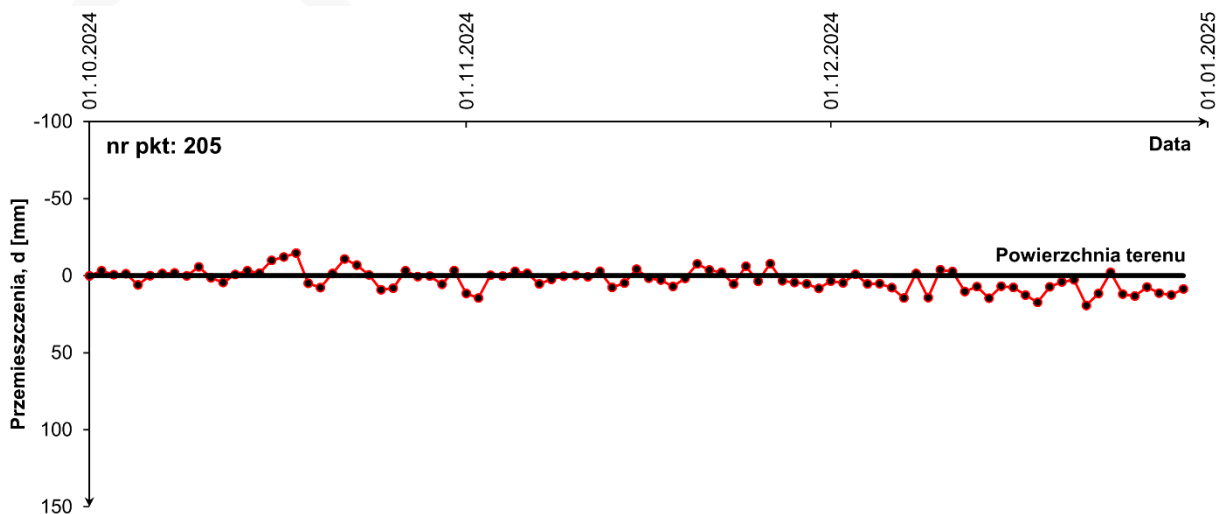




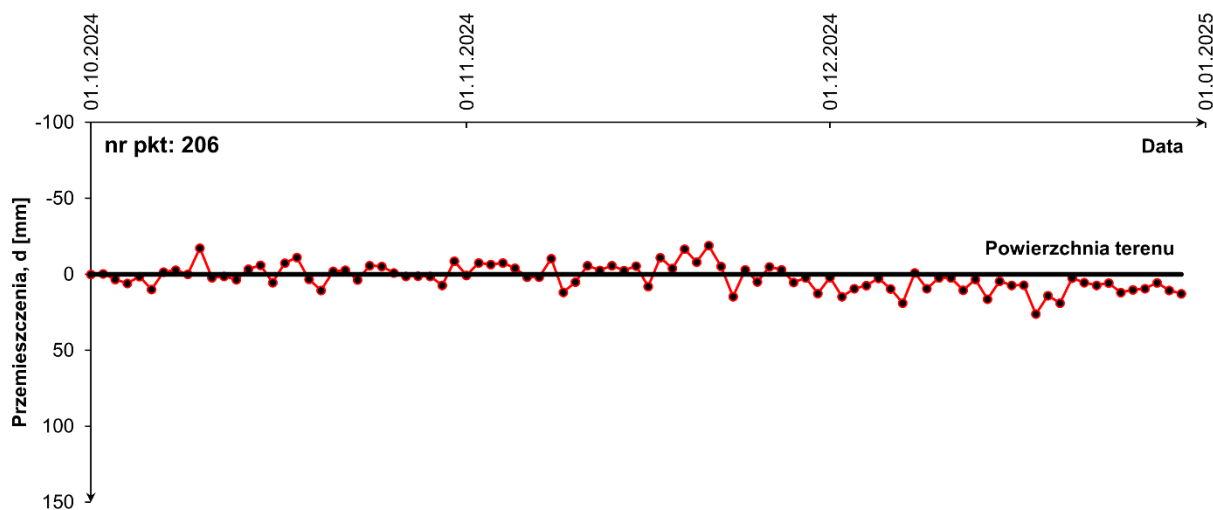
**Rys. 6.** Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 203 w okresie 01.10.2024 – 31.12.2024 r.



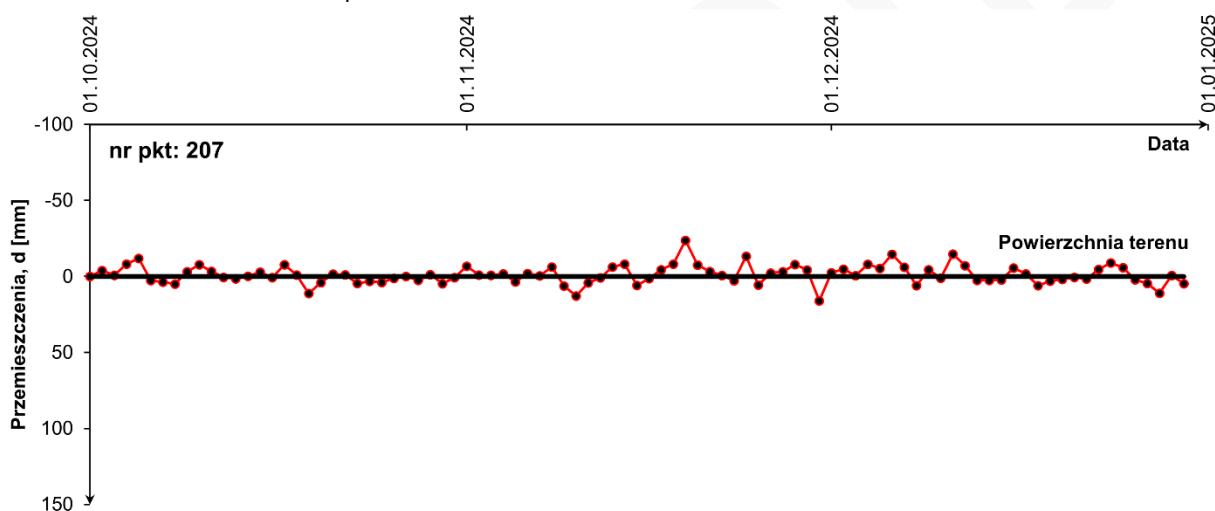
**Rys. 7.** Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 204 w okresie 01.10.2024 – 31.12.2024 r.



**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 01.10.2024 – 31.12.2024 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 01.10.2024 – 31.12.2024 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 01.10.2024 – 31.12.2024 r.

W IV kwartale 2024 r. na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB nr 201 – 207 nie zarejestrowano zwiększonej aktywności powierzchni terenu w zakresie ruchów pionowych. Zmierzone skumulowane przemieszczenia dochodziły do  $\pm 15$  mm, z pojedynczymi wyjątkami przekraczającymi tę wartość. Z wykresów (rys. 4 – 10) wynika jednak, że zarejestrowane przemieszczenia, na przestrzeni całego kwartału, oscylowały koło 0 mm. Można zatem stwierdzić, że ww. wahania są pochodną ograniczeń dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej.

Na pozostałych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, o numerach 0 - 127, wykonano dwie kampanie pomiarowe w dniach 25-30 września 2024 r. oraz 27-31 grudnia 2024 r. Zakres zmierzonych przemieszczeń mieścił się w przedziale od +30 mm (wypiętrzenie) do -364 mm (obniżenie). Największe obniżenie powierzchni, wynoszące 364 mm, miało miejsce na punkcie nr 93 zlokalizowanym w obszarze górniczym kopalni Pniówek, w gminie Pawłowice przy skrzyżowaniu ulic Wodzisławskiej, Pszczyńskiej (DW933) i Przemysłowej

(DW933). Znaczące obniżenia powierzchni, przekraczające 100 mm wystąpiły również na punktach nr 17, 24, 32, 45, 52, 55, 56, 65, 84, 85, 92 i 125. Punkty te są zlokalizowane w:

- OG kopalni Budryk, w Mikołowie przy ul. Chudowskiej (pkt nr 17),
- OG kopalni Bolesław-Śmiały, w gminie Łaziska Górne przy ul. Brada (pkt nr 24),
- OG kopalni Sośnica, w gminie Gierałtowice przy ul. Gierałtowskiej (pkt nr 32),
- OG kopalni ROW Ruch Chwałowice, w Rybniku, przy ul. Świerklańskiej (pkt nr 45) i ul. Radziejowskiej (pkt nr 52),
- OG kopalni ROW Ruch Chwałowice, w gminie Świerklany przy ul. Dygasińskiego (pkt nr 55) i ul. Trzech Krzyży (pkt nr 56),
- OG kopalni ROW Ruch Marcel, w gminie Markłowice przy ul. Jarzębinowej (pkt nr 65),
- OG kopalni Pniówek, w gminie Pawłowice przy ul. Śląskiej (pkt nr 84), około 220 m na wschód od ul. Orlej (pkt nr 85) i przy ul. Kruczej (pkt nr 92),
- OG zakładu górniczego Janina, w gminie Libiąż przy ul. Żeromskiego (pkt nr 125).

Na pozostałych punktach pomiarowych zidentyfikowano obniżenia powierzchni nie przekraczające 100 mm lub ogólnie przemieszczenia mieszczące się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej. Wyjątkiem są 3 punkty pomiarowe o nr 38, 49 i 103 na których zmierzono wypiętrzenia powierzchni dochodzące do 30 mm. Punkty te są zlokalizowane w:

- OG kopalni Knurów-Szczygłowice Ruch Szczygłowice, w Knurowie przy ul. Starowiejskiej (pkt nr 38),
- OG kopalni ROW Ruch Chwałowice, w Rybniku przy skrzyżowaniu ulic Przez Zwał, Kolberga i Tkoczów (pkt nr 49),
- OG kopalni Piast-Ziemowit Ruch Piast, w gminie Chełm Śląski przy ul. Karłowicza (pkt nr 103).

Należy jednak zauważyć, że zmierzone wypiętrzenia powierzchni oscylują w granicach około 21-30 mm w skali kwartału. Może być to spowodowane obniżeniem dokładności zastosowanej technologii pomiarowej, z uwagi na czynniki zewnętrzne.

Dwóch cykli pomiarów wysokościowych nie wykonano na 8 punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, nr 16, 68, 71, 80, 87, 115, 120 i 126, z powodu braku dostępu do punktów. Dwa punkty pomiarowe nr 16 i 36 uległy zniszczeniu i zostały wznowione w drugim cyklu pomiarowym.

Szczegółowe przemieszczenia zmierzone na każdym punkcie pomiarowym zamieszczono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Pionowe przemieszczenia powierzchni zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB metodą RTN, w okresie 25-30.09.2024 – 27-31.12.2024 r.

Data pomiaru	25-30.09.2024	27-31.12.2024	Przemieszczenia, d [mm]
Nr	H [m]	H [m]	
0	272,353	272,298	-55
1	274,781	274,714	-67
2	275,566	275,501	-65
3	278,054	277,988	-67

4	270,585	270,531	-54
5	279,253	279,228	-25
6	280,772	280,720	-52
7	234,243	234,230	-12
8	238,266	238,209	-57
11	245,753	245,744	-9
12	236,098	236,002	-96
14	252,484	252,396	-88
15	247,330	247,286	-43
16	bd*	278,236n*	bd
17	286,735	286,597	-139
18	247,311	247,297	-14
19	273,210	273,159	-51
20	272,322	272,301	-21
21	309,194	309,146	-48
22	315,328	315,319	-9
23	320,613	320,601	-12
24	337,453	337,296	-157
29	252,604	252,557	-47
31	213,150	213,113	-37
32	232,709	232,581	-128
34	230,852	230,825	-28
36	234,488	234,614n	bd
37	231,776	231,790	15
38	226,632	226,661	29
40	233,996	233,961	-35
41	233,087	233,096	9
43	243,196	243,190	-6
45	251,172	251,057	-116
46	268,139	268,075	-64
47	271,760	271,766	6
49	272,493	272,514	21
50	282,902	282,913	11
51	248,758	248,752	-6
52	238,315	238,053	-262
54	244,973	244,973	1
55	246,027	245,816	-212
56	245,667	245,480	-186
57	267,414	267,367	-47
58	271,140	271,078	-62
60	288,169	288,155	-14
61	248,757	248,747	-10
62	279,355	279,339	-16
63	295,599	295,563	-36
64	292,644	292,648	3
65	277,167	277,004	-163
67	272,382	272,381	-1
68	264,659	bd	bd
69	271,128	271,135	6
70	250,843	250,746	-98
71	bd	251,870	bd



73	266,869	266,789	-80
74	258,404	258,382	-22
75	256,049	256,038	-11
76	251,858	251,859	1
77	265,034	264,994	-40
78	265,839	265,826	-14
79	266,050	266,017	-34
80	bd	271,871	bd
81	267,842	267,851	9
82	279,036	279,035	-1
83	262,926	262,934	8
84	256,307	256,011	-296
85	264,075	263,859	-216
86	267,011	266,964	-47
87	bd	270,663	bd
88	269,145	269,058	-87
89	256,825	256,825	0
90	275,411	275,403	-8
91	271,078	271,086	8
92	273,852	273,716	-136
93	254,043	253,678	-364
94	256,908	256,868	-40
95	268,717	268,646	-71
96	251,822	251,821	-1
97	237,718	237,696	-23
98	234,610	234,547	-63
99	231,324	231,337	13
100	240,345	240,315	-29
102	241,430	241,430	0
103	240,366	240,396	30
104	243,439	243,358	-81
105	246,630	246,631	1
106	259,513	259,516	3
107	246,057	246,039	-18
109	245,304	245,298	-6
110	267,382	267,359	-23
111	269,431	269,426	-5
112	297,710	297,697	-14
113	249,898	249,894	-4
114	251,416	251,420	4
115	bd	bd	bd
116	308,227	308,214	-13
117	299,863	299,776	-87
118	254,965	254,941	-24
119	254,086	254,063	-22
120	bd	323,263	bd
121	291,510	291,513	4
122	236,550	236,532	-19
123	295,429	295,383	-46
125	274,163	273,963	-199
126	291,571	bd	bd

127	240,667	240,664	-3
-----	---------	---------	----

\* – brak danych

\*\* – wysokość nowego punktu pomiarowego

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

##### Obszary górnicze

Wielkoobszarowe przemieszczenia powierzchni, występujące na obszarach górniczych, wyznaczone z przetwarzania zobrazowań satelitarnych metodą SBAS oraz SBAS+LD, przedstawiono na załączniku mapowym nr 1 do niniejszego raportu. Zidentyfikowano 36 niecek obniżeniowych o wymiarach od 500 do 2500 m w kierunku północ-południe (N-S) i od 600 do 3700 m w kierunku wschód-zachód (E-W). Powierzchniowo największa niecka powstała na obszarach górniczych kopalni Bobrek-Piekary Ruch Bobrek i zakładu górniczego Eko-Plus. Jej wymiary wyniosły 3900 m (N-S) i 3700 m (E-W). Z przedstawionej mapy (zał. 1) wynika, że są to deformacje powierzchni składające się z 3 mniejszych niecek obniżeniowych zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie. W związku z tym, deformacje te są rezultatem eksploatacji więcej niż jednej parceli eksploatacyjnej. Przemieszczenia pionowe w zidentyfikowanych nieckach obniżeniowych mieściły się w zakresie od 0,03 m do 0,51 m. Największe, wynoszące 0,51 m, miało miejsce w obszarze górniczym kopalni Pniówek, w Pawłowicach, w rejonie ul. Pszczyńskiej, Wodzisławskiej i Przemysłowej. Szczegółowe informacje o zidentyfikowanych nieckach obniżeniowych przedstawiono w tabeli 3. Ze względu na brak pomiarów referencyjnych oraz lokalnie występujący wysoki stopień zaszumienia rezultatów uzyskanych z przetwarzania zobrazowań satelitarnych metodą SBAS, nie było możliwe określenie wielkości przemieszczeń powierzchni w miejscu występowania 15 niecek obniżeniowych.

**Tabela 3.** Szczegółowe informacje o zidentyfikowanych nieckach obniżeniowych w IV kwartale 2024 r.

L.p.	Lokalizacja	Kopalnia	Wymiary w kierunku N-S / E-W [m]	Obniżenie maksymalne, $w_{max}$ [m]	Metoda identyfikacji
1	Bytom, rejon ul. Energetyki, Warszawskiej oraz Celnej	Bobrek-Piekary Ruch Bobrek i Z. G. Eko-Plus	3900 / 3700	0,07	InSAR-SBAS
2	Ruda Śląska, rejon ul. Rogoźnickiej	Ruda Ruch Bielszowice	500 / 700	bd*	InSAR-SBAS
3	Ruda Śląska, rejon ul. Na Piaski	Ruda Ruch Bielszowice	500 / 600	bd	InSAR-SBAS
4	Gierałtowiec, rejon ul. Gliwickiej	Sośnica	1600 / 1700	0,06	InSAR-SBAS
5	Gierałtowiec, rejon ul. Gierałtowieckiej	Sośnica	2000 / 1900	0,34	InSAR-SBAS+LD

6	Gierałtowie, na południe od ul. Ks. W. Roboty	Szczygłowie-Knurów, Ruch Knurów	1700 / 1900	bd	InSAR-SBAS
7	Knurów, około 800 m na zachód od autostrady A1	Szczygłowie-Knurów, Ruch Knurów	2300 / 2100	bd	InSAR-SBAS
8	Knurów, między ul. Zwycięstwa i Ligonzy	Szczygłowie-Knurów, Ruch Szczygłowie	2100 / 2200	bd	InSAR-SBAS
9	Czerwionka-Leszczyny, rejon ul. Ks. J. Pojdy	Szczygłowie-Knurów, Ruch Szczygłowie	2400 / 3600	bd	InSAR-SBAS
10	Gierałtowie, rejon ul. Zaburskiej	Budryk	1000 / 1400	0,22	InSAR-SBAS+LD
11	Gierałtowie, rejon ul. Szkolnej i Mikołów, rejon ul. Chudowskiej	Budryk	2500 / 1900	0,20	InSAR-SBAS+LD
12	Mikołów, rejon ul. Szkolnej i Orzesze rejon ul. Świętego Wawrzyńca	Bolesław-Śmiały	1900 / 1500	0,36	InSAR-SBAS+LD
13	Rybnik, rejon ul. Świerklańskiej	ROW, Ruch Chwałowice	1500 / 1500	0,14	InSAR-SBAS+LD
14	Rybnik, rejon ul. Składowej	ROW, Ruch Chwałowice	1200 / 1500	0,31	InSAR-SBAS+LD
15	Rybnik, rejon ul. Trzech Krzyży i Dygasińskiego	ROW, Ruch Chwałowice	1200 / 1400	0,29	InSAR-SBAS+LD
16	Rybnik, rejon ul. Raciborskiej i Niewiadomskiej	ROW, Ruch Rydułtowy	1400 / 1400	0,08	InSAR-SBAS
17	Markłowice, rejon ul. Jarzębinowej	ROW, Ruch Marcel i Jankowice	1100 / 1400	0,17	InSAR-SBAS+LD
18	Markłowice, na północ od ul. Wyzwolenia	ROW, Ruch Marcel i Jankowice	1900 / 2900	0,21	InSAR-SBAS+LD
19	Markłowice, rejon ul. Mroza	ROW, Ruch Marcel	700 / 700	bd	InSAR-SBAS
20	Świerklany, rejon ul. Powstańców, Stawowej, Gogołowskiej	Borynia-Zofiówka-Bzie, Ruch Borynia	1600 / 1600	bd	InSAR-SBAS
21	Jastrzębie-Zdrój, rejon ul. Rybnickiej i Stodoły	Borynia-Zofiówka-Bzie, Ruch Zofiówka	900 / 800	0,03	InSAR-SBAS
22	Jastrzębie Zdrój, rejon ul. Wolności	Borynia-Zofiówka-Bzie, Ruch Borynia, Ruch Zofiówka	1400 / 1900	bd	InSAR-SBAS
23	Jastrzębie Zdrój, rejon ul. 3 Maja	Borynia-Zofiówka-Bzie, Ruch Borynia	1100 / 1500	bd	InSAR-SBAS

24	Pawłowice, rejon ul. Śląskiej, Zwycięstwa, Orlej i Ligonia	Pniówek	1800 / 2300	0,39	InSAR-SBAS+LD
25	Pawłowice, rejon ul. Orlej i Kruczej	Pniówek	1100 / 2200	0,21	InSAR-SBAS+LD
26	Pawłowice, rejon ul. Pszczyńskiej, Wodzisławskiej i Przemysłowej	Pniówek	1600 / 1600	0,51	InSAR-SBAS+LD
27	Jastrzębie Zdrój, rejon ul. Rolniczej	Borynia-Zofiówka-Bzie, Ruch Zofiówka	1300 / 1500	bd	InSAR-SBAS
28	Pawłowice, rejon ul. Wyzwolenia, Spacerowej i Szybowej	Pniówek	1300 / 800	0,25	InSAR-SBAS+LD
29	Pszczyna, rejon ul. Spokojnej i Brzozowej, Goczałkowice-Zdrój, rejon ul. Brzozowej	P. G. Silesia	2300 / 1900	bd	InSAR-SBAS
30	Brzeszcze, rejon ul. Młyńskiej i Podgórze	Z. G. Brzeszcze	1200 / 2200	0,12	InSAR-SBAS+LD
31	Bieruń, rejon ul. Bijasowickiej	Piast-Ziemowit, Ruch Piast	800 / 1200	bd	InSAR-SBAS
32	Lędziny, rejon ul. Zabytkowej	Piast-Ziemowit, Ruch Ziemowit	900 / 1300	0,03	InSAR-SBAS
33	Katowice, rejon ul. Beskidzkiej	Mysłowice-Wesoła, Ruch Wesoła	1500 / 2200	bd	InSAR-SBAS
34	Jaworzno, rejon ul. Herbowej i Jesiennej	Z. G. Sobieski	1400 / 1900	0,12	InSAR-SBAS+LD
35	Jaworzno / Chrzanów, na południu od ul. Cezarówka Górna w Jaworznie	Z. G. Sobieski	1500 / 1400	bd	InSAR-SBAS
36	Libiąż, rejon ul. Jaworowej, Pilotów i Żeromskiego	Z. G. Janina	1600 / 3000	0,32	InSAR-SBAS+LD

\* - brak danych

Analiza otrzymanych rezultatów wykazała występowanie wypiętrzeń powierzchni w obszarze górniczym kopalni Borynia-Zofiówka-Bzie Ruch Bzie. Wypiętrzenia dochodziły do 27 mm i zlokalizowane były na północ od Drogi Głównej Południowej DW933 w Jastrzębiu-Zdroju. W miejscu występowania zidentyfikowanych wypiętrzeń zlokalizowana jest hałda górnicza, co wskazuje, że mogą być one spowodowane nadsypywaniem hałdy materiałem pochodzącym z kopalni. Ponadto, na obszarach górniczych GZW, zidentyfikowano również wielkopowierzchniowe wypiętrzenia powierzchni przekraczające 15 mm (lokalnie dochodzące do 70 mm). Ich rozkład powierzchniowy wskazuje jednak na podwyższoną dekorelację sygnału, a w rezultacie, na obniżenie dokładności pomiarowej w tych miejscach, a nie na



rzeczywiste ruchy powierzchni terenu. Nie można ich zatem klasyfikować jako przemieszczenia powierzchni spowodowane eksploatacją górniczą. W pozostałych rejonach obszarów górniczych GZW nie zidentyfikowano ruchów powierzchni gruntu, a zarejestrowane przemieszczenia mieściły się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej.

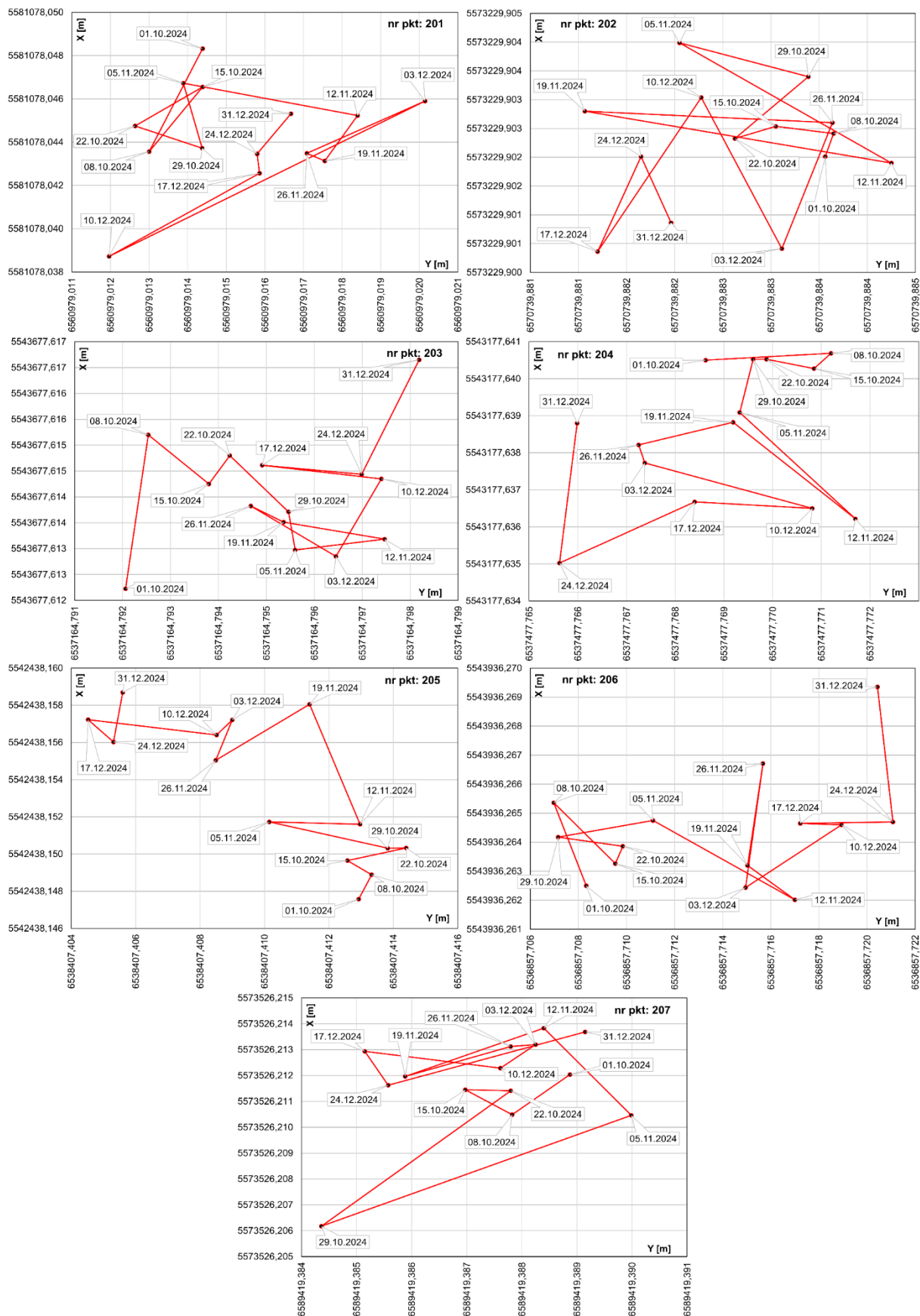
### Tereny pogórnice

Wielkoobszarowe przemieszczenia powierzchni, występujące na terenach pogórnicznych, wyznaczone z przetwarzania obrazów satelitarnych metodą SBAS, przedstawiono na załączniku mapowym nr 2 do niniejszego raportu. Na terenach pogórnicznych GZW, zidentyfikowano kilka rejonów, w których w IV kwartale 2024 r. wystąpiły wahania gruntu przekraczające  $\pm 15$  mm (lokalnie przekraczające nawet  $\pm 40$  mm). Ich charakterystyka, rozkład powierzchniowy oraz miejsce występowania (głównie obszary zalesione lub pola uprawne) wskazują jednak na podwyższoną dekorelację 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 pogórnicznych GZW nie zidentyfikowano ruchów powierzchni gruntu, a zarejestrowane przemieszczenia mieściły się w granicach dokładnościowych 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 01.10.2024 do 31.12.2024 z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS 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 201-207 w okresie 01.10.2024 – 31.12.2024 r.

Największe przemieszczenia poziome, wypadkowe w skali kwartału, wyniosło 14 mm w kierunku azymutu równego 60° i zostało zarejestrowane na punkcie nr 206. Ulegał on stopniowemu dziennemu przemieszczeniu dochodzącemu do 8 mm (do 7 mm w skali tygodnia) w różnych kierunkach, z tendencją główną w kierunku północno-wschodnim. Poziome przemieszczenia powierzchni zarejestrowano również na punkcie nr 205, które w skali kwartału wyniosły 13 mm w kierunku azymutu równego 327°. Dzielne przemieszczenia zarejestrowane na tym punkcie dochodziły do 6 mm. Na pozostałych punktach pomiarowych o nr 201, 202, 203, 204 i 207 również zarejestrowano przemieszczenia poziome, jednak nie przekroczyły one 8 mm w skali kwartału co mieści się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej. Można zatem uznać, że w rejonach lokalizacji punktów pomiarowych nr 201, 202, 203, 204 i 207 nie wystąpiły przemieszczenia poziome powierzchni w IV kwartale 2024 r. Poziome przemieszczenia powierzchni wraz z ich azymutem, zarejestrowane na poszczególnych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, zestawiono w tabeli 4.

**Tabela 4.** 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 2024 r.

Nr pkt	Przemieszczenie poziome, u [mm]	Azymut przemieszczenia [°]
201	4	143
202	2	234
203	8	54
204	3	238
205	13	327
206	14	60
207	2	9

Na pozostałych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, o numerach 0 - 127, wykonano dwie kampanie pomiarowe w dniach 25-30 września 2024 r. oraz 27-31 grudnia 2024 r. Zakres zmierzonych przemieszczeń mieścił się w przedziale od 3 mm do 274 mm. Największe przemieszczenia poziome, wynoszące 274 mm w kierunku azymutu równemu 146°, miało miejsce na punkcie nr 93 zlokalizowanym w obszarze górniczym kopalni Pniówek, w gminie Pawłowice przy skrzyżowaniu ulic Wodzisławskiej, Pszczyńskiej (DW933) i Przemysłowej (DW933). Znaczące przemieszczenia poziome, przekraczające 100 mm, wystąpiły również na punktach nr 32, 55, 65 i 69. Punkty te zlokalizowane są:

- OG kopalni Sośnica, w gminie Gierałtowice przy ul. Gierałtowskiej (pkt nr 32),
- OG kopalni ROW Ruch Chwałowice, w gminie Świerklany przy ul. Dygasińskiego (pkt nr 55),
- OG kopalni ROW Ruch Marcel, w gminie Markłowice przy ul. Jarzębinowej (pkt nr 65) oraz przy ul. Rzemieślniczej (pkt nr 69).

Na pozostałych punktach pomiarowych zidentyfikowano poziome przemieszczenia powierzchni nie przekraczające 100 mm lub ogólnie mieszące się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej, to jest 10 mm.

Dwóch cykli pomiarów sytuacyjnych nie wykonano na 9 punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, nr 16, 68, 71, 75, 80, 81, 87, 115, 120 i 126, z powodu braku dostępu do punktów lub obniżonej dokładności składowej poziomej, spowodowanej czynnikami zewnętrznymi. Dwa punkty pomiarowe nr 16 i 36 uległy zniszczeniu i zostały wznowione w drugim cyklu pomiarowym.

Szczegółowy wykaz przemieszczeń poziomych, wraz z ich azymutem, zmierzonych na każdym punkcie pomiarowym zamieszczono w tabeli 5.

**Tabela 5.** Poziome przemieszczenia powierzchni, wraz z azymutem, zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB metodą RTN, w okresie 25-30.09.2024 – 27-31.12.2024 r.

Data pomiaru	25-30.09.2024		27-31.12.2024		Przemieszczenia poziome, u [mm]	Azymut przemieszczenia [°]
	Nr	X [m]	Y [m]	X [m]		
0	5580839,383	6561331,780	5580839,378	6561331,781	6	177
1	5580721,829	6561797,266	5580721,823	6561797,256	12	239
2	5580578,890	6561353,205	5580578,883	6561353,203	8	195
3	5580308,315	6561386,215	5580308,322	6561386,213	8	340
4	5580456,365	6561985,936	5580456,368	6561985,911	25	277
5	5580132,627	6561893,584	5580132,649	6561893,562	31	315
6	5579781,131	6560264,191	5579781,106	6560264,204	28	152
7	5566144,727	6557922,777	5566144,720	6557922,757	22	253
8	5566135,957	6558330,633	5566135,961	6558330,631	5	328
11	5566651,402	6560572,392	5566651,385	6560572,392	17	182
12	5565022,273	6556178,952	5565022,274	6556178,932	20	274
14	5563758,988	6556061,959	5563759,001	6556061,981	25	60
15	5563892,853	6556325,478	5563892,921	6556325,523	81	34
16	bd*	bd	5562310,243n**	6557416,899n	bd	bd
17	5562110,227	6556526,209	5562110,204	6556526,214	23	168
18	5562776,015	6553718,039	5562776,028	6553718,022	21	307
19	5560533,047	6553205,658	5560533,059	6553205,659	12	5
20	5560599,609	6552982,099	5560599,663	6552982,023	93	305
21	5558454,295	6558530,493	5558454,349	6558530,482	56	348
22	5558199,262	6558936,783	5558199,274	6558936,771	17	314
23	5558103,772	6558793,680	5558103,745	6558793,670	29	202
24	5557911,441	6558020,126	5557911,491	6558020,063	80	309
29	5562530,958	6553930,787	5562530,962	6553930,721	66	273
31	5569031,217	6552335,567	5569031,175	6552335,579	43	169
32	5566983,424	6552557,532	5566983,422	6552557,636	104	274
34	5564697,552	6551307,326	5564697,520	6551307,333	32	214
36	5560414,276	6546381,185	5560414,278n	6546381,159n	bd	bd
37	5560924,974	6546510,436	5560924,959	6546510,427	17	284
38	5561387,234	6546556,725	5561387,217	6546556,714	20	278
40	5563367,130	6545681,644	5563367,135	6545681,623	21	164
41	5563421,275	6545809,200	5563421,278	6545809,179	22	91
43	5550014,638	6540167,450	5550014,659	6540167,429	29	316
45	5549096,743	6540327,371	5549096,767	6540327,366	25	348



46	5549352,290	6539750,488	5549352,284	6539750,495	9	132
47	5548229,907	6540562,796	5548229,902	6540562,793	6	209
49	5547724,424	6541073,335	5547724,443	6541073,329	20	345
50	5547219,220	6540865,764	5547219,230	6540865,759	11	337
51	5547140,852	6540298,324	5547140,848	6540298,315	10	243
52	5547117,972	6538809,478	5547117,928	6538809,473	44	187
54	5546852,639	6538437,340	5546852,626	6538437,338	13	187
55	5546345,714	6538309,662	5546345,606	6538309,714	120	154
56	5546084,210	6538295,421	5546084,246	6538295,406	40	338
57	5549642,105	6532913,873	5549642,094	6532913,870	11	198
58	5549403,915	6532753,979	5549403,920	6532753,989	11	66
60	5547737,971	6533690,913	5547737,958	6533690,914	13	174
61	5548180,823	6533950,537	5548180,821	6533950,528	9	253
62	5546562,284	6532596,843	5546562,289	6532596,830	15	293
63	5546931,439	6532585,236	5546931,453	6532585,255	24	53
64	5547137,179	6533040,258	5547137,186	6533040,256	8	347
65	5544624,557	6536995,068	5544624,476	6536995,191	148	124
67	5543753,118	6537059,292	5543753,119	6537059,306	14	85
68	5543593,347	6537421,508	bd	bd	bd	bd
69	5542660,047	6538132,603	5542660,246	6538132,621	200	5
70	5543271,037	6538218,448	5543271,041	6538218,368	79	273
71	bd	bd	5543726,856	6538271,922	bd	bd
73	5543627,238	6539036,637	5543627,211	6539036,584	59	244
74	5542309,056	6538595,626	5542309,108	6538595,566	79	311
75	5541301,273	6542872,381	bd	bd	bd	bd
76	5539239,950	6542867,761	5539239,943	6542867,751	12	232
77	5539162,610	6543826,439	5539162,585	6543826,387	58	245
78	5539258,416	6544359,042	5539258,389	6544359,025	32	212
79	5539297,934	6545013,103	5539297,932	6545013,112	10	105
80	bd	bd	5538497,018	6545204,161	bd	bd
81	5538248,148	6545322,445	bd	bd	bd	bd
82	5537390,645	6543845,249	5537390,645	6543845,272	23	89
83	5539634,581	6545846,574	5539634,575	6545846,573	5	184
84	5539518,622	6548433,679	5539518,674	6548433,599	96	303
85	5537632,093	6548554,127	5537632,149	6548554,121	57	355
86	5537029,614	6547572,641	5537029,676	6547572,655	64	12
87	bd	bd	5536847,472	6547786,465	bd	bd
88	5537020,021	6547242,601	5537020,038	6547242,650	52	72
89	5536057,978	6546939,141	5536058,027	6546939,134	50	353
90	5535213,799	6546679,288	5535213,803	6546679,322	34	83
91	5536432,207	6548122,107	5536432,211	6548122,161	54	86
92	5536671,803	6548533,912	5536671,797	6548533,923	12	117
93	5535953,082	6549004,718	5535952,854	6549004,870	274	146
94	5537421,320	6552189,370	5537421,324	6552189,352	18	282
95	5537846,824	6551653,399	5537846,891	6551653,369	74	336
96	5536695,912	6570789,501	5536695,900	6570789,516	19	130
97	5540476,876	6581072,995	5540476,864	6581073,005	16	138
98	5541024,924	6581213,868	5541024,968	6581213,851	47	339
99	5548123,704	6583357,916	5548123,706	6583357,879	37	273
100	5550258,242	6584200,293	5550258,241	6584200,288	5	266
102	5551458,311	6586068,255	5551458,326	6586068,254	15	355

103	5551409,962	6586361,117	5551409,936	6586361,091	37	224
104	5552549,783	6597916,502	5552549,755	6597916,491	30	201
105	5551798,905	6597364,678	5551798,918	6597364,670	15	328
106	5551035,363	6597183,420	5551035,360	6597183,420	3	180
107	5555739,054	6584920,709	5555739,075	6584920,753	48	64
109	5555487,340	6585623,338	5555487,334	6585623,321	18	251
110	5554361,967	6579646,641	5554361,956	6579646,631	14	222
111	5554503,074	6579667,908	5554503,052	6579667,895	26	211
112	5554519,294	6578878,914	5554519,288	6578878,907	9	231
113	5555589,450	6578287,319	5555589,467	6578287,324	18	15
114	5556068,032	6578610,872	5556068,006	6578610,864	28	197
115	bd	bd	bd	bd	bd	bd
116	5560651,315	6595763,644	5560651,342	6595763,658	30	28
117	5560993,409	6595620,678	5560993,446	6595620,711	49	41
118	5560960,899	6579423,196	5560960,954	6579423,194	55	358
119	5561719,294	6584463,018	5561719,322	6584463,049	42	49
120	bd	bd	5563977,269	6574352,115	bd	bd
121	5565739,815	6571714,075	5565739,806	6571714,058	20	241
122	5535186,917	6574715,921	5535186,916	6574715,934	13	96
123	5561474,853	6595624,867	5561474,819	6595624,897	46	138
125	5552709,376	6596685,919	5552709,347	6596685,828	96	252
126	5552663,716	6596099,250	bd	bd	bd	bd
127	5540113,156	6581420,077	5540113,179	6581420,049	36	309

\* – brak danych

\*\* – współrzędne nowego punktu pomiarowego

## 5. Podsumowanie

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

1. Na obszarach górniczych GZW, w IV kwartale 2024 r., zidentyfikowano 36 obszarów, na których wystąpiły deformacje górnicze w postaci niecek obniżeniowych. Ich rozmiar mieścił się w zakresie od 500 m do 2500 m w kierunku północ-południe oraz od 600 m do 3700 m w kierunku wschód-zachód.
2. Na obszarach górniczych GZW, w IV kwartale 2024 r., zidentyfikowano 1 obszar, na którym wystąpiły deformacje górnicze w postaci wypiętrzeń powierzchni.
3. Największe zidentyfikowane obniżenie powierzchni, na obszarach górniczych GZW, wyniosło 0,51 m i miało miejsce w miejscowości Pawłowice, w rejonie ul. Pszczyńskiej, Przemysłowej i Wodzisławskiej.
4. Największe zidentyfikowane przemieszczenie poziome powierzchni, na obszarach górniczych GZW, wyniosło 0,27 m w kierunku azymutu równemu 146° i miało miejsce w miejscowości Pawłowice, w rejonie ul. Pszczyńskiej, Przemysłowej i Wodzisławskiej.
5. Zidentyfikowane wypiętrzenie powierzchni, na obszarach górniczych GZW, wyniosło 0,03 m i miało miejsce w Jastrzębiu-Zdroju, na północ od Drogi Głównej Południowej DW933.

6. Na terenach pogórnicznych GZW, w IV kwartale 2024 r., nie wystąpiły przemieszczenia powierzchni spowodowane działalnością górnictwem.

#### Dokładność pomiarów:

- metoda SBAS –  $\pm 1,5$  cm; metoda SBAS+LD –  $\pm 10$  cm;
- pomiary GNSS – pionowo:  $\pm 1,5$  cm, poziomo:  $\pm 1$  cm;
- zasięg niecek obniżeniowych –  $\pm 120$  m.

#### **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. z 2022 roku, poz. 2509, 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 Przemysłu/uprawnionego podmiotu.

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

- Błędą 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 górnicznych i pogórnicznych w aspekcie zasięgu i czasu z wykorzystaniem interferometrii satelitarnej*. Rozprawa doktorska, GIG – PIB, Katowice.
3. 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.
4. Czarnecki K. 2014. *Geodezja współczesna*. Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa.
5. 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.
6. 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.
7. Hanssen R. 2001. *Satellite Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis*. Rozprawa doktorska, Remote Sensing and Digital Image Processing, Springer, Holandia.
8. Kowalski A. (red). 2000. *Eksploatacja górnictwa a ochrona powierzchni. Doświadczenia z wałbrzyskich kopalń*. Wydawnictwo GIG-PIB, Katowice.
9. Kowalski A. 2015. *Deformacje powierzchni w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym*. Wydawnictwo GIG-PIB, Katowice.
10. Massonnet D., Feigl K. L. 1998. *Radar interferometry and its application to changes in the earth's surface*. Reviews of Geophysics, 36, 441-500.
11. Milczarek W. 2011. *Analiza zmian powierzchni górotworu po zakończeniu eksploatacji górnictwa w wybranym rejonie dawnego Wałbrzyskiego Zagłębia*. Rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska, Wrocław.
12. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 lipca 2023 r. w sprawie nadania Głównemu Instytutowi Górnictwa statusu państwowego instytutu badawczego (Dz. U. 2023 poz. 1579).

13. 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.
14. 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.
15. 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.