

MONITORING OSIADANIA
TERENU NA OBSZARZE
GMINY IMIELIN



RAPORT
Kraków, 13.08.2018

Zleceniodawca:
Gmina Imielin

1 DANE FORMALNE

1.1. Zamawiający: gmina Imielin

1.2. Wykonawca: SATIM Monitoring Satelitarny sp. z o. o.

1.3. Tytuł zadania: Historyczny raport dotyczący pionowych przemieszczeń terenu dla gminy Imielin – za rok 2018

1.4. Data rozpoczęcia etapu: 01.01.2018 r.

1.5. Data zakończenia etapu: 31.12.2018 r.

1.6. Data wykonania: 13.08.2019 r.



2 OPIS METODY

Satelitarny monitoring osiadania terenu przeprowadzono przy wykorzystaniu metody DInSAR. Użyto do tego celu obrazy zarejestrowane przez satelitę Sentinel-1A oraz Sentinel-1B w dniach 30.12.2017, 05.01.2018, 11.01.2018, 17.01.2018, 23.01.2018, 29.01.2018, 04.02.2018, 10.02.2018, 16.02.2018, 22.02.2018, 28.02.2018, 06.03.2018, 12.03.2018, 18.03.2018, 24.03.2018, 30.03.2018, 05.04.2018, 11.04.2018, 17.04.2018, 23.04.2018, 29.04.2018, 05.05.2018, 11.05.2018, 17.05.2018, 23.05.2018, 29.05.2018, 04.06.2018, 10.06.2018, 16.06.2018, 22.06.2018, 28.06.2018, 04.07.2018, 10.07.2018, 16.07.2018, 22.07.2018, 28.07.2018, 03.08.2018, 09.08.2018, 15.08.2018, 21.08.2018, 27.08.2018, 02.09.2018, 08.09.2018, 14.09.2018, 20.09.2018, 26.09.2018, 02.10.2018, 08.10.2018, 14.10.2018, 20.10.2018, 26.10.2018, 01.11.2018, 07.11.2018, 13.11.2018, 19.11.2018, 25.11.2018, 01.12.2018, 07.12.2018, 13.12.2018, 19.12.2018, 25.12.2018, 31.12.2018. Parametry obrazów są przedstawione w poniższej tabeli.

Tab.1 Parametry wykorzystanych zobrażeń

PARAMETRY ZOBRAZOWAŃ	
Satelita	Sentinel-1A/B
Tryb zobrażenia	StripMap
Polaryzacja fali	VV
Rozdzielczość przestrzenna	5 m x 20 m
Częstotliwość	5,405 GHz
Długość fali	55 mm

W wyniku ich analizy otrzymano mapy pionowych osiadań terenu, jakie wystąpiły w przedziałach czasu:

- 30.12.2017 - 05.01.2018,
- 05.01.2018 - 11.01.2018,
- 11.01.2018 - 17.01.2018,
- 17.01.2018 - 23.01.2018,
- 23.01.2018 - 29.01.2018,
- 29.01.2018 - 04.02.2018,
- 04.02.2018 - 10.02.2018,
- 10.02.2018 - 16.02.2018,
- 16.02.2018 - 22.02.2018,
- 22.02.2018 - 28.02.2018,
- 08.03.2018 - 06.03.2018,
- 06.03.2018 - 12.03.2018,
- 12.03.2018 - 18.03.2018,
- 18.03.2018 - 24.03.2018,
- 24.03.2018 - 30.03.2018.
- 30.03.2018 - 05.04.2018,
- 05.04.2018 - 11.04.2018,
- 11.04.2018 - 17.04.2018,
- 17.04.2018 - 23.04.2018,
- 23.04.2018 - 05.05.2018,
- 05.05.2018 - 11.05.2018,
- 11.05.2018 - 17.05.2018,
- 17.05.2018 - 23.05.2018,
- 23.05.2018 - 04.06.2018,
- 04.06.2018 - 10.06.2018,
- 10.06.2018 - 16.06.2018,
- 16.06.2018 - 22.06.2018,
- 22.06.2018 - 28.06.2018,
- 28.06.2018 - 04.07.2018,
- 04.07.2018 - 10.07.2018,

- 10.07.2018 – 16.07.2018,
- 16.07.2018 – 22.07.2018,
- 22.07.2018 – 28.07.2018,
- 28.07.2018 – 03.08.2018,
- 03.08.2018 – 09.08.2018,
- 09.08.2018 – 15.08.2018,
- 15.08.2018 – 21.08.2018,
- 21.08.2018 – 27.08.2018,
- 27.08.2018 – 02.09.2018,
- 02.09.2018 – 08.09.2018,
- 08.09.2018 – 14.09.2018,
- 14.09.2018 – 20.09.2018,
- 20.09.2018 – 26.09.2018,
- 26.09.2018 – 02.10.2018,
- 02.10.2018 – 08.10.2018,
- 08.10.2018 – 14.10.2018,
- 14.10.2018 – 20.10.2018,
- 20.10.2018 – 26.10.2018,
- 26.10.2018 – 01.11.2018,
- 01.11.2018 – 07.11.2018,
- 07.11.2018 – 13.11.2018,
- 13.11.2018 – 19.11.2018,
- 19.11.2018 – 25.11.2018,
- 25.11.2018 – 01.12.2018,
- 01.12.2018 – 07.12.2018,
- 07.12.2018 – 13.12.2018,
- 13.12.2018 – 19.12.2018,
- 19.12.2018 – 25.12.2018,
- 25.12.2018 – 31.12.2018.

Mapy osiadań z tych okresów zsumowano i stworzono mapę osiadań terenu w okresie **30.12.2017 – 31.12.2018** (Ryc. 1).

Dokładność pomiarów zależy od uzyskanej koherencji pomiędzy analizowanymi obrazami. Koherencja jest miarą jakości wykonanych obliczeń – im wyższa jej wartość (maksymalnie 1), tym wyższa dokładność wyznaczenia przemieszczeń terenu. Na terenach, gdzie koherencja ma wartość większą niż 0,3, dokładność wyników osiadania terenu to **+/- 1 cm**. Poniższa tabela przedstawia podstawowe wartości statystyczne dla obrazu uśrednionej koherencji dla całej gminy Imielin. Obraz uśrednionej koherencji przedstawiony został na Ryc. 2.

Tab.2. Statystyka uzyskanych wartości obrazów koherencji

Okres analizy	Ilość pikseli o wartości koherencji < 0,3	Ilość pikseli o wartości koherencji > 0,3	Średnia wartość koherencji
30.12.2017 – 31.12.2018	80003	138165	0,38

Powierzchnia obszaru koherentnego (gdzie wartość koherencji > 0,3) wynosi **17,5 km²**,

Poza obliczeniem mapy osiadań dla analizowanego okresu, pracami objęta była również **aktualizacja Numerycznego Modelu Terenu**. Model ów, zawierający wysokości punktów terenu, pozyskano z centralnego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, prowadzonego przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii. Dane zostały przekazane Wykonawcy w postaci 14 plików tekstowych ASCII, zawierających współrzędne XYZ punktów w siatce o oczku 1 lub 5 metrów. Punkty zostały wyinterpolowane na podstawie pomiarów na zdjęciach lotniczych z **maja 2018 roku**, a ich średni błąd wyznaczenia wysokości to 0,9 m.

Otrzymane pliki tekstowe zostały połączone oraz przekonwertowane do rastra o rozmiarze piksela 1 m, który to raster przycięto do granic administracyjnych gminy Imielin. Tak

przygotowany produkt poddano aktualizacji wysokości poprzez dodanie do niego mapy osiadań terenu opisanej powyżej. W ten sposób powstał zaktualizowany model terenu na początek roku 2019.

3 WYNIKI ANALIZY

Zidentyfikowany został obszar, na którym powstała niecka osiadań w 2018 roku. Obszar ten znajduje się w południowej części gminy Imielin wzdłuż **ulicy Grzybowej**. Osiadania terenu w analizowanym okresie przekroczyły **150 cm**.

Na terenie gminy Imielin obszar objęty pionowymi przemieszczeniami terenu zajmował łączną powierzchnię ok. 35,8 ha.

4 OPIS PRODUKTÓW

Wyniki analizy zapisane zostały w układzie współrzędnych 2000 (Państwowy Układ Współrzędnych Geodezyjnych 2000, PL-2000), strefa 6. Produktami są:

- **rastrowa mapa osiadań terenu w formacie .tif.** Wartości każdego piksela oznaczają wartość osiadań terenu odnotowanych w danym punkcie w 2018 roku w jednostkach centymetry [cm].
- **rastrowa mapa średniej koherencji analizowanych obrazów satelitarnych w formacie .tif.** Wartości każdego piksela oznaczają wartość średniej koherencji pomiędzy analizowanymi obrazami.
- **wektorowa mapa izolinii osiadań terenu w formacie .shp.** Wartości osiadań izolinii zapisane są w kolumnie o nazwie „Osiać” w jednostkach centymetry [cm]. Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomicowego.
- **wektorowa mapa budynków zawierająca przypisane wartości statystyczne osiadania terenu i NMT w formacie .shp.** Do każdego budynku dopisane zostały wartości:
 - NMT 2018 – wartość numerycznego modelu terenu z maja 2018 roku w obrębie budynku w m n. p. m.,
 - NMT 2019 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2019) w obrębie budynku w m n. p. m.,
 - Osiać_Sred – średnia wartości osiadania terenu pod obszarem danego budynku w 2018 r. w jednostkach centymetry [cm],
 - Osiać_Min – minimalna wartość osiadania terenu pod obszarem danego budynku w 2018 r. w jednostkach centymetry [cm],
 - Osiać_Max – maksymalna wartość osiadania terenu pod obszarem danego budynku w 2018 r. w jednostkach centymetry [cm],

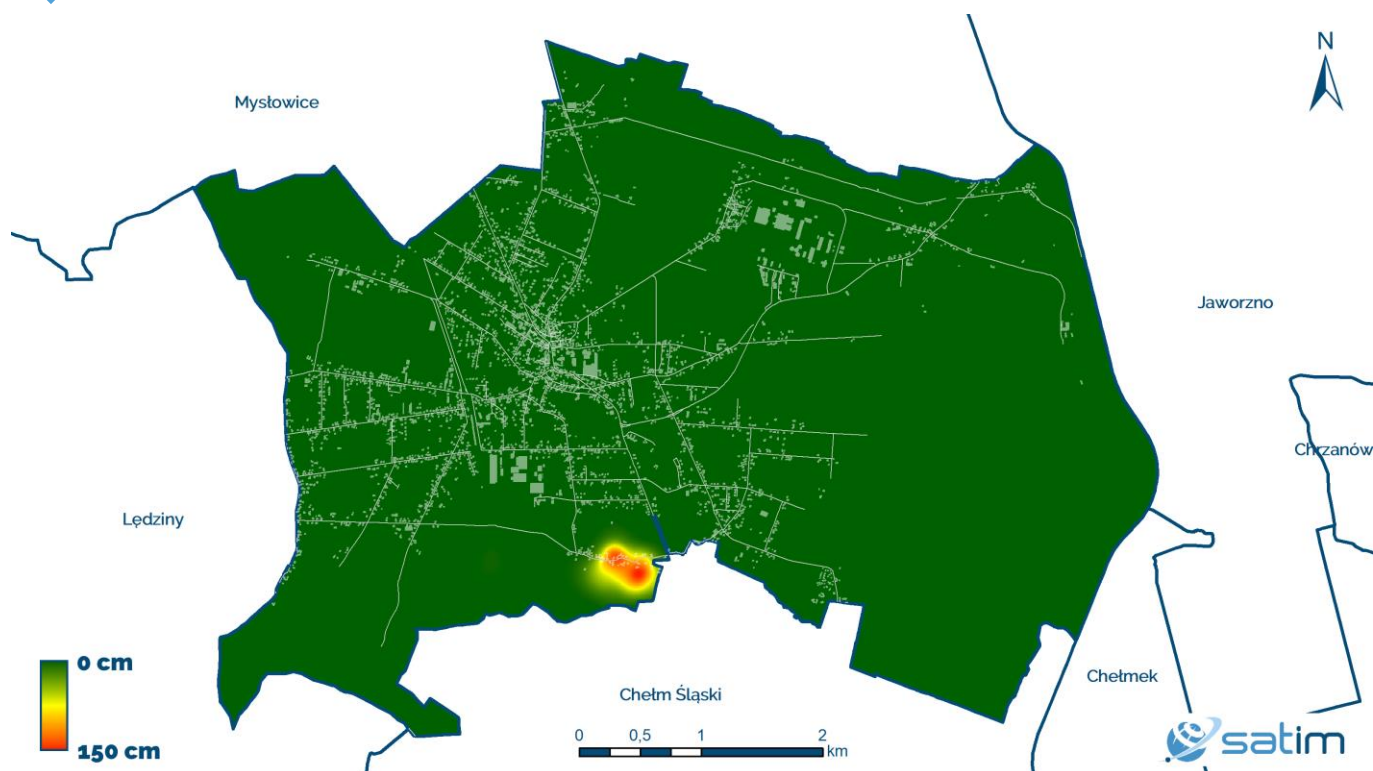
- **wektorowa mapa punktów adresowych zawierająca przypisane wartości statystyczne osiadania terenu i NMT w formacie .shp.** Do każdego punktu adresowego dopisane zostały wartości:
 - NMT 2018 – wartość numerycznego modelu terenu z maja 2018 roku w punkcie adresowym **w m n. p. m.**,
 - NMT 2019 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2019) w punkcie adresowym **w m n. p. m.**,
 - Osiad – wartości osiadania terenu w danym punkcie adresowym w 2018 r. **w jednostkach centymetry [cm]**.
- **wektorowa mapa działek zawierająca przypisane wartości statystyczne osiadania terenu i NMT w formacie .shp.** Do każdej działki dopisane zostały wartości:
 - NMT 2018 – średnia wartość numerycznego modelu terenu z maja 2018 roku na obszarze działki **w m n. p. m.**,
 - NMT 2019 – średnia wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2019) na obszarze działki **w m n. p. m.**,
 - Osiad_Sred – średnia wartości osiadania terenu pod obszarem danej działki w 2018r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
 - Osiad_Min – minimalna wartość osiadania terenu pod obszarem danej działki w 2018r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
 - Osiad_Max – maksymalna wartość osiadania terenu pod obszarem danej działki w 2018r. **w jednostkach centymetry [cm]**.
- **rastrowy numeryczny model terenu zaktualizowany na 1.01.2019 w formacie .tif.** Wartości każdego piksela oznaczają wysokość terenu **w m n. p. m.**
- **wykaz współrzędnych punktów pomiarowych (XYZ) w formacie .csv** (kompatybilny z programem Microsoft Office Excel). Plik zawiera trzy kolumny: X, Y, Osiad. Wartości X oraz Y oznaczają współrzędne płaskie w układzie 2000 strefa 6, natomiast „Osiad” oznacza wartości zaobserwowanych osiadań w stosunku do stanu wyjściowego **w jednostkach centymetry [cm]**. Jako separatora użyto przecinka.
- **wykaz działek i punktów adresowych znajdujących się w obrębie niecki obniżeniowej w formacie .csv** (kompatybilny z programem Microsoft Office Excel). Jako separatora użyto przecinka. Do każdego obiektu dopisane zostały wartości:
 - NMT 2018 – średnia wartość numerycznego modelu terenu z maja 2018 r. **w m n. p. m.**,
 - NMT 2019 – średnia wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2019) **w m n. p. m.**,
 - Osiad – średnia wartości osiadania terenu w 2018 r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
- **wizualizacje 2D oraz 3D budynków znajdujących się na niecce obniżeniowej z zaznaczoną kolorystyką związaną z osiadaniami terenu w formacie .png.**

Tab.3. Zestawienie produktów

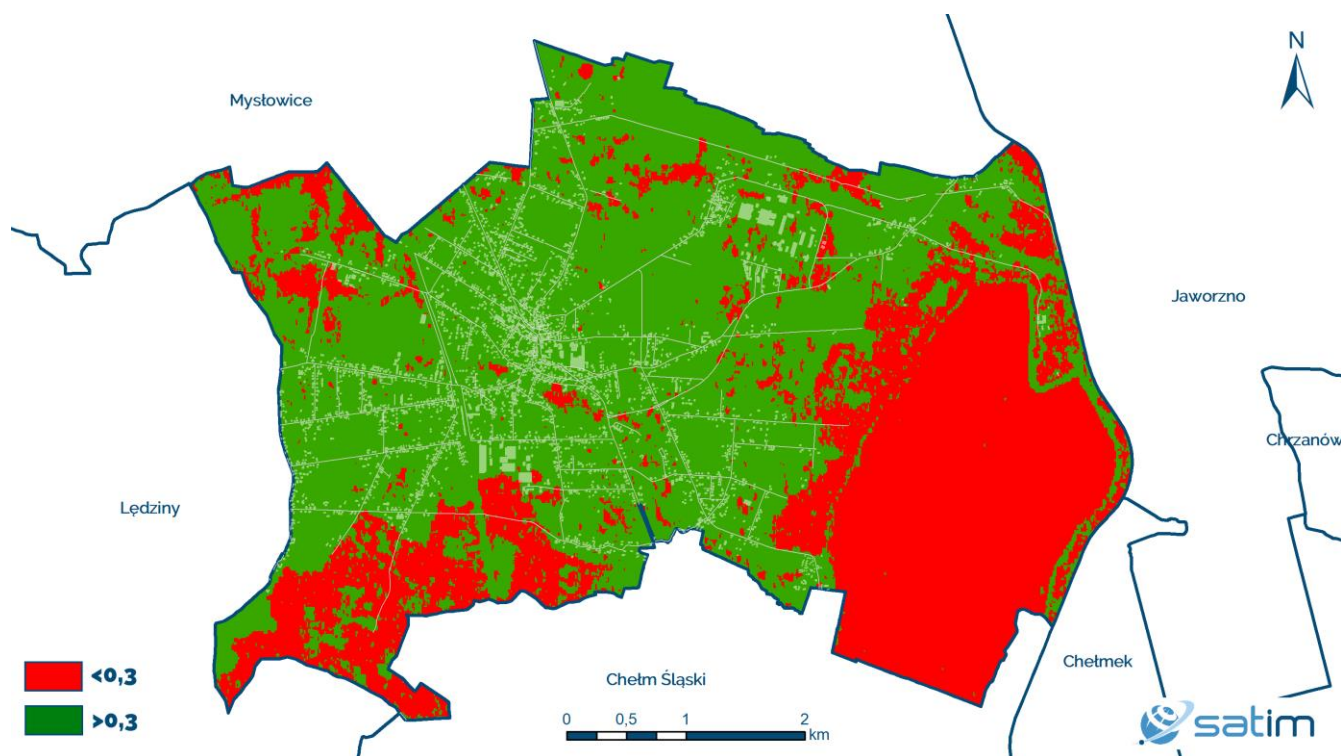
PRODUKTY	
Nazwa	Format
1. Rastrowa mapa osiadania terenu	.tif
2. Mapa koherencji	.tif
3. Izolinie osiadań	.shp
4. Mapa budynków	.shp
5. Mapa punktów adresowych	.shp
6. Mapa działek ewidencyjnych	.shp
7. Mapa NMT po aktualizacji (stan na 01.01.2019)	.tif
8. Wykaz współrzędnych punktów pomiarowych (XYZ)	.csv
9. Wykaz działek i punktów adresowych znajdujących się w obrębie niecki obniżeniowej	.csv
10. Wizualizacje 2D oraz 3D budynków	png

Spis Rycin:

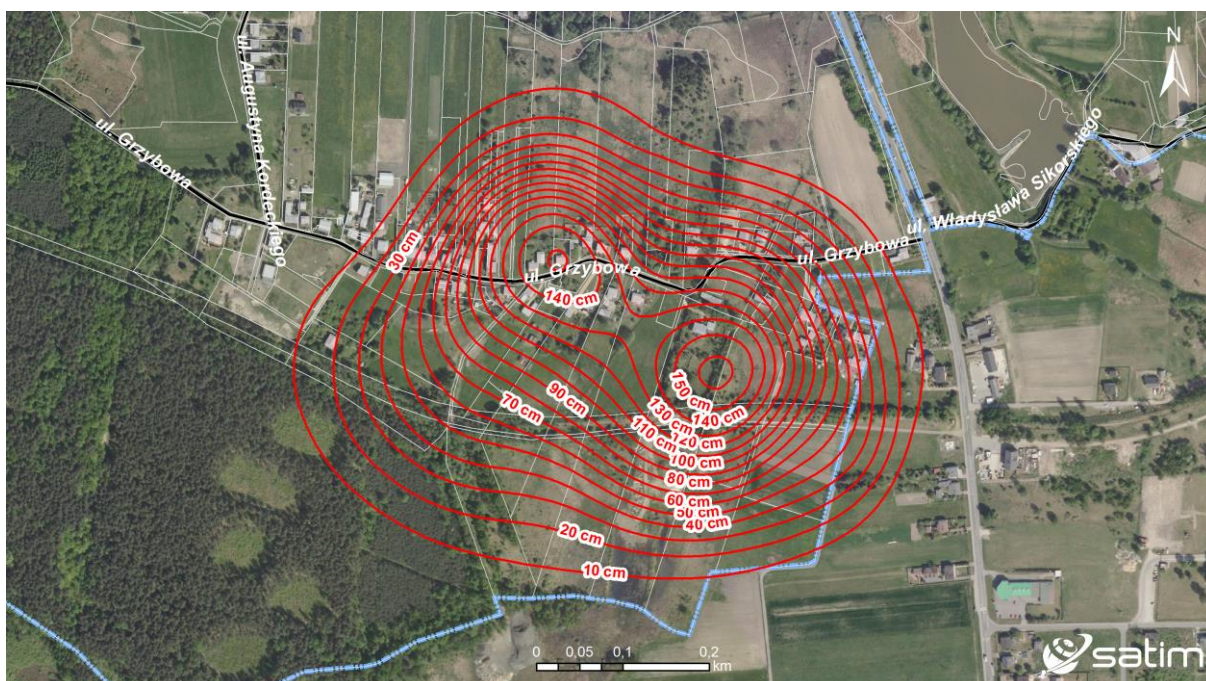
- **Ryc. 1** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie rastrowej
- **Ryc. 2** – Mapa rozkładu koherencji
- **Ryc. 3** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii
- **Ryc. 4** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu z naniesionymi budynkami
- **Ryc. 5** – Mapa zagrożonych budynków
- **Ryc. 6** – Mapa działek ewidencyjnych
- **Ryc. 7** – NMT po aktualizacji (stan na 01.01.2019)
- **Ryc. 8** – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej – osiadania w formie rastrowej
- **Ryc. 9** – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej – osiadania w formie izolinii
- **Ryc. 10** – Wizualizacja działek ewidencyjnych objętych osiadaniem terenu
- **Ryc. 11** – Wizualizacja budynków i ulic
- **Ryc. 12** – Wizualizacja osiadań terenu gminy Imielin z ortofotomapą w podkładzie



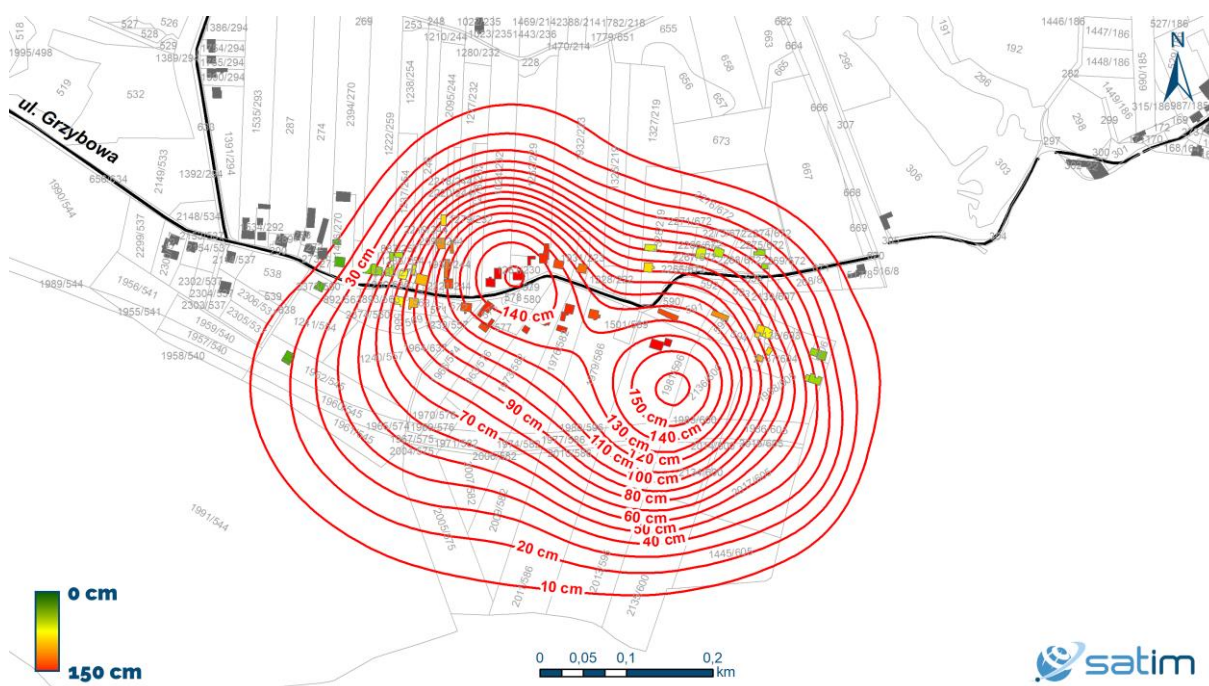
Ryc. 1 – Mapa pionowych przemieszczeń terenu. Maksymalne osiadania terenu jakie wystąpiły w 2018 roku to ok. 150 cm.



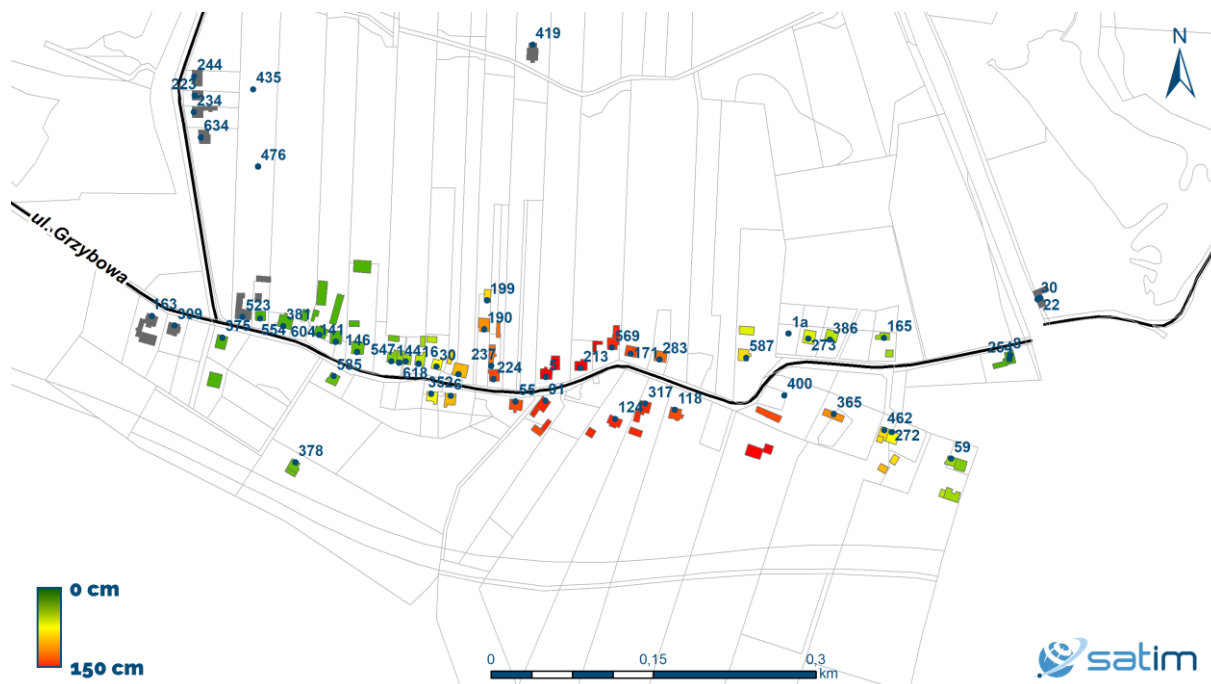
Ryc. 2 – Mapa rozkładu koherencji. Koherencja jest miarą jakości wykonanych obliczeń – im wyższa jej wartość (maksymalnie 1), tym wyższa dokładność wyznaczenia przemieszczeń terenu.



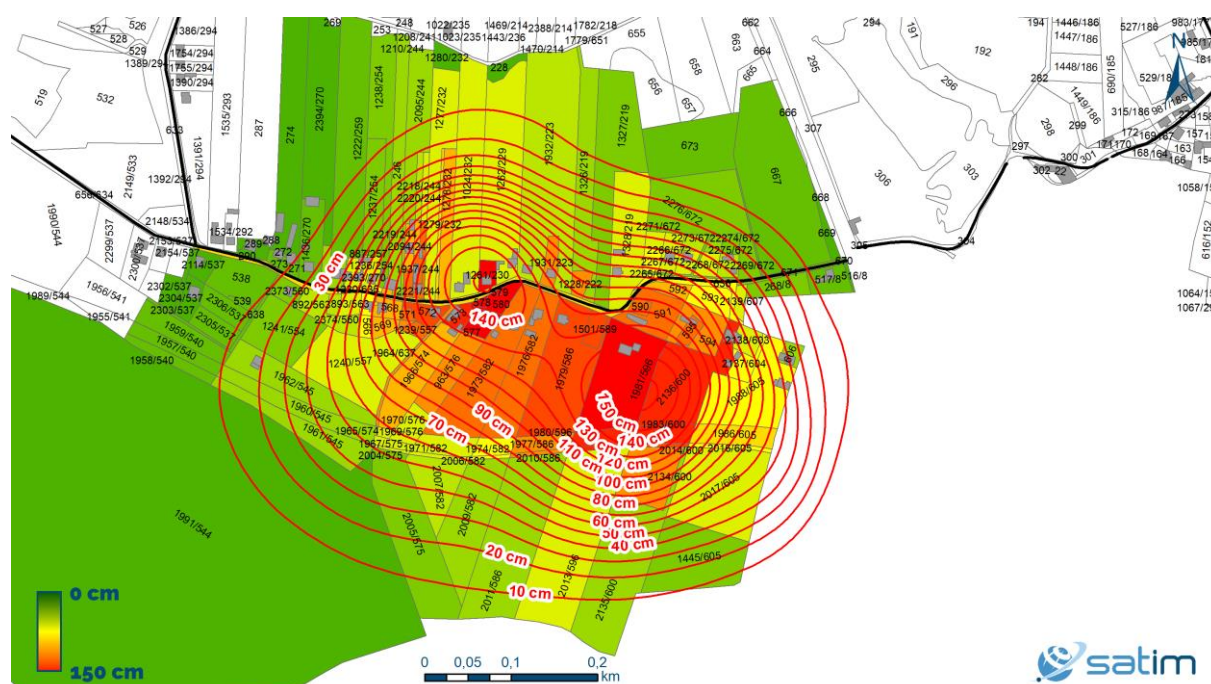
Ryc. 3 - Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii. Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomowego.



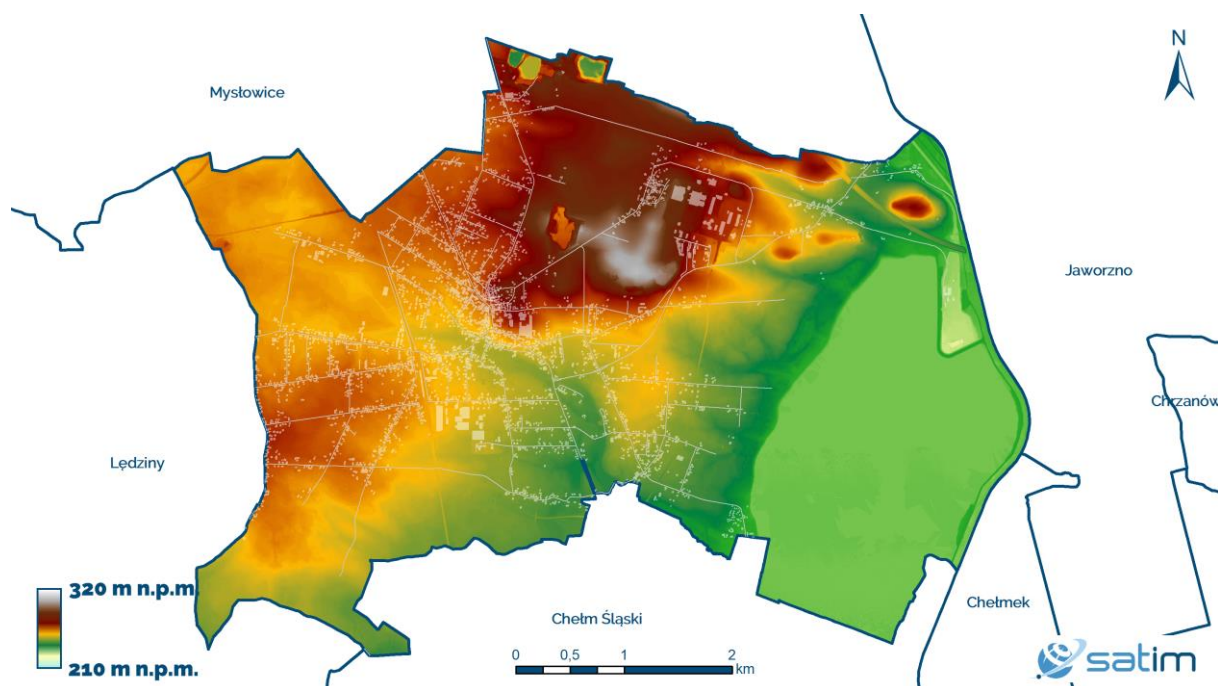
Ryc. 4 - Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii. Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomowego. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi.



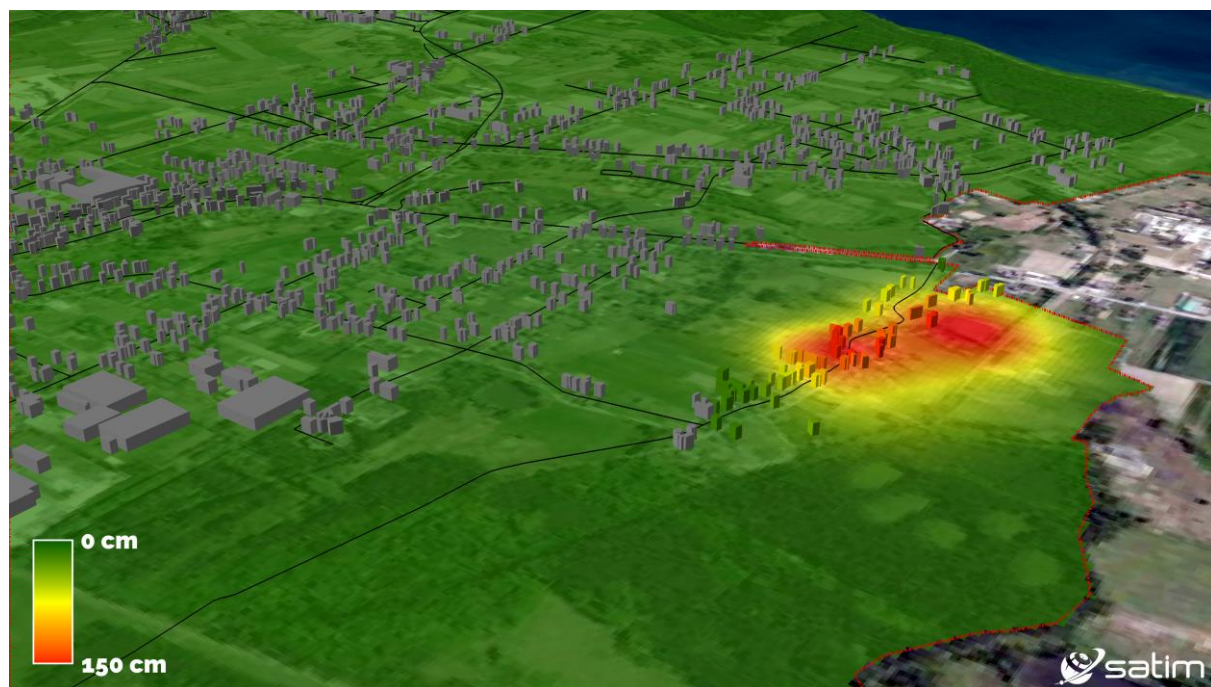
Ryc. 5 - Mapa zagrożonych budynków. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi 2018 r. Liczby przy budynkach oznaczają numery adresowe.



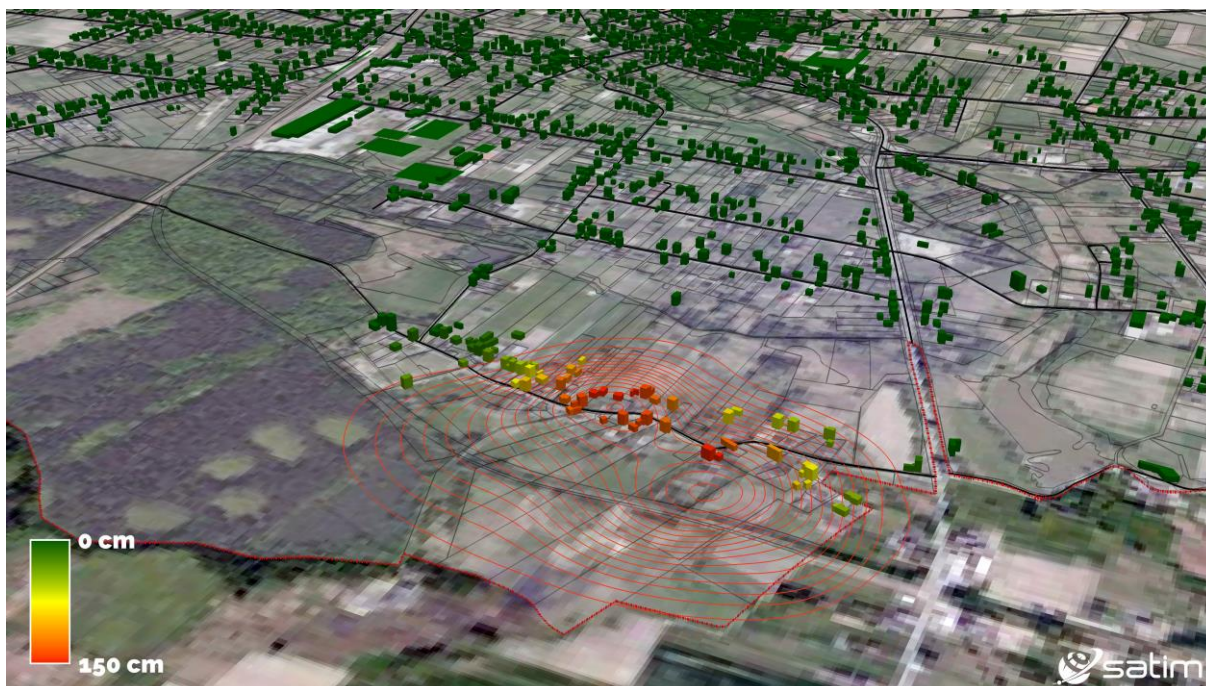
Ryc. 6 - Mapa działek ewidencyjnych. Kolorami oznaczone zostały działki ze względu na średnią wielkość osiadania terenu w ich obrębie. Izolinie osiadań oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomowego



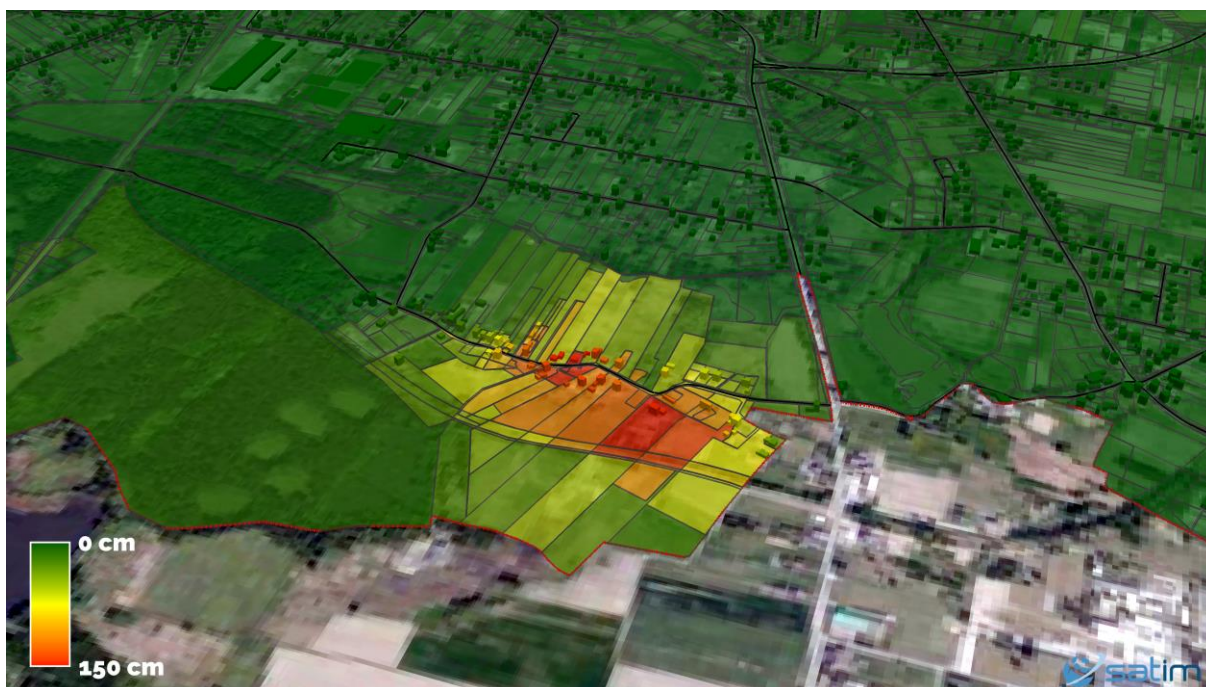
Ryc. 7 – Numeryczny model terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2019). Od NMT z maja 2018 roku odejście zostały wartości osiadań jakie wystąpiły w okresie od maja 2018 do końca grudnia 2018.



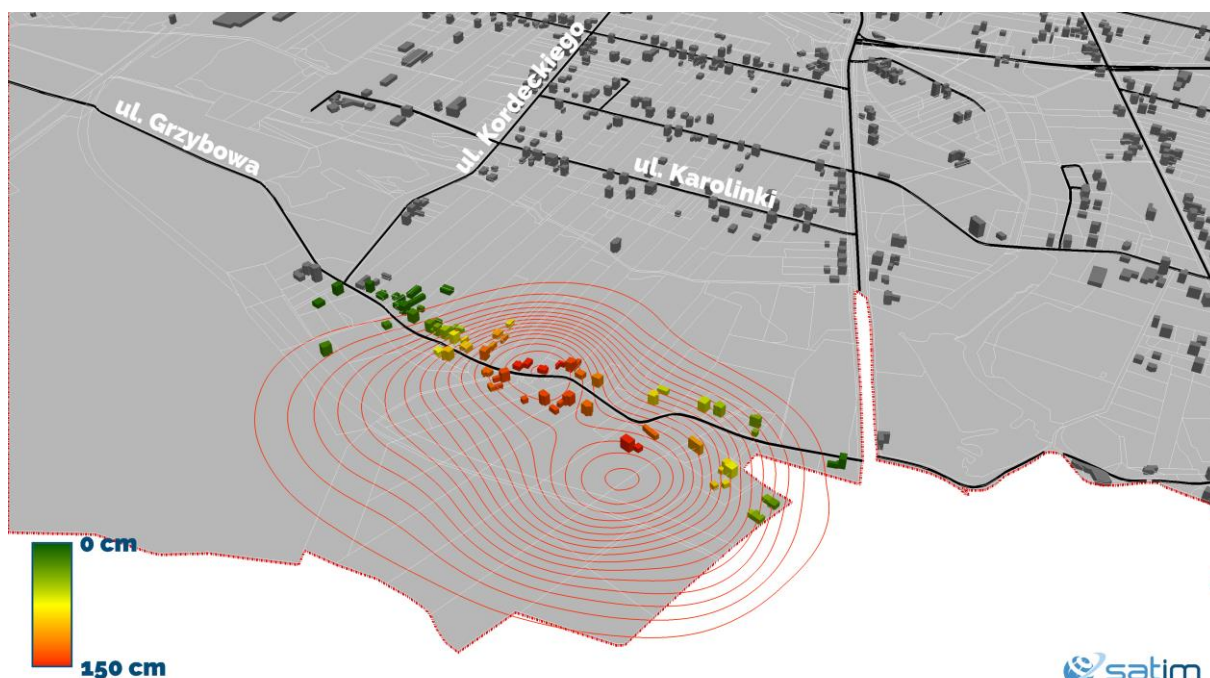
Ryc. 8 – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w 2018 r.



Ryc. 9 – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w 2018 r. Izolinie osiadań oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomicowego



Ryc. 10 – Wizualizacja działek ewidencyjnych objętych osiadaniem terenu. Kolorami oznaczone zostały działki ze względu na średnią wielkość osiadania terenu w ich obrębie.



Ryc. 11 – Wizualizacja budynków i ulic. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w 2018 r. Izolinie osiadań oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomicowego



Ryc. 12 – Wizualizacja osiadań terenu gminy Imielin z ortofotomapą w podkładzie