

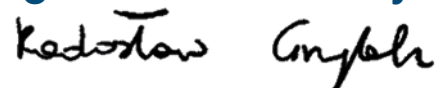
MONITORING OSIADANIA TERENU NA OBSZARZE GMINY IMIELIN



RAPORT Kraków, 15.12.2021

Zleceniodawca:
Gmina Imielin

Autor:
mgr inż. Radosław Grzybek



tel. +12 315 73 51

e-mail: radek.grzybek@satim.pl

1

DANE FORMALNE

1.1. Zamawiający: gmina Imielin

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

1.3. Tytuł zadania: Bieżący monitoring osiadania terenu dla gminy Imielin – IV kwartał 2021 r.

1.4. Data rozpoczęcia etapu: 28.09.2021 r.

1.5. Data zakończenia etapu: 09.12.2021 r.

1.6. Data wykonania: 15.12.2021 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: 28.09.2021, 04.10.2021, 10.10.2021, 16.10.2021, 22.10.2021, 28.10.2021, 03.11.2021, 09.11.2021, 15.11.2021, 21.11.2021, 27.11.2021, 03.12.2021, 09.12.2021. Parametry obrazów są przedstawione w poniższej tabeli.

Tab.1. Parametry wykorzystanych zobrazowań

PARAMETRY ZOBRAZOWAŃ	
Satelita	Sentinel-1A/B
Tryb zobrazowania	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:

- 28.09.2021 - 04.10.2021,
- 04.10.2021 - 10.10.2021,
- 10.10.2021 - 16.10.2021,
- 16.10.2021 - 22.10.2021,
- 22.10.2021 - 28.10.2021,
- 28.10.2021 - 03.11.2021,
- 03.11.2021 - 09.11.2021,
- 09.11.2021 - 15.11.2021,
- 15.11.2021 - 21.11.2021,
- 21.11.2021 - 27.11.2021,
- 27.11.2021 - 03.12.2021,
- 03.12.2021 - 09.12.2021.

Mapy osiadań z tych okresów zsumowano i stworzono mapę osiadań terenu w okresie **28.09.2021 – 09.12.2021** (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
28.09.2021 – 09.12.2021	73512	147086	0,42

Powierzchnia obszaru koherentnego (gdzie wartość koherencji > 0,3) wynosi **16,5 km²**,

Poza obliczeniem mapy osiadań dla analizowanego okresu, pracami objęta była również **aktualizacja Numerycznego Modelu Terenu**. Dotychczasowy model, zawierający wysokości punktów terenu, pozyskano z poprzedniej analizy (aktualność na 01.01.2021 r.). Produkt ten poddano aktualizacji wysokości poprzez dodanie do niego map osiadań terenu ze wszystkich czterech kwartałów 2021 roku (tj. z okresu **01.01.2021 – 09.12.2021**). W ten sposób powstał zaktualizowany model terenu na koniec roku 2021, nazywany dalej jako NMT_2022 w celu podtrzymania nazewnictwa.

3 WYNIKI ANALIZY

Zidentyfikowane zostały dwa obszary, na których powstały niecki osiadań w czwartym kwartale 2021 roku. Pierwszy z nich znajduje się w południowej części gminy Imielin pomiędzy **ulicą Grzybową a ulicą Generała J. Hallera**, wzdłuż **ulicy Kordeckiego**. Osiadania terenu w analizowanym okresie przekroczyły tu wartość **20 cm**. Osiadaniami o wartości ponad 1 cm objętych zostało 45 budynków.

Drugi z obszarów położony jest na terenie zalesionym w południowo-zachodniej części gminy, wzdłuż torów kolejowych. Koherencja dla tego obszaru była zatem umiarkowanie niska. Zaobserwowano tu jednak osiadanie przekraczające **43 cm**.

Obszary objęte pionowymi przemieszczeniami terenu zajęły łączną powierzchnię ok. 61 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 czwartym kwartale 2021 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 izolunii zapisane są w kolumnie o nazwie „Osiać” w jednostkach centymetry [cm]. Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 5 cm cięcia poziomowego.
- **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 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.,
 - NMT 2020 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2020) w obrębie budynku w m n. p. m.,
 - NMT 2021 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2021) w obrębie budynku w m n. p. m.,
 - NMT 2022 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 09.12.2021) w obrębie budynku w m n. p. m.,
 - Osiać_Sred – średnia wartości osiadania terenu pod obszarem danego budynku w IV kwartale 2021 r. w jednostkach centymetry [cm],
 - Osiać_Min – minimalna wartość osiadania terenu pod obszarem danego budynku w IV kwartale 2021 r. w jednostkach centymetry [cm],
 - Osiać_Max – maksymalna wartość osiadania terenu pod obszarem danego budynku w IV kwartale 2021 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 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.,
 - NMT 2020 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2020) w punkcie adresowym w m n. p. m.,

- NMT 2021 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2021) w punkcie adresowym **w m n. p. m.**,
- NMT 2022 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 09.12.2021) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
- Osiad – wartości osiadania terenu w danym punkcie adresowym w IV kwartale 2021 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 2018 roku na obszarze działki **w m n. p. m.**,
 - NMT 2019 – średnia wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (01.01.2019) na obszarze działki **w m n. p. m.**,
 - NMT 2020 – średnia wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (01.01.2020) na obszarze działki **w m n. p. m.**,
 - NMT 2021 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2021) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
 - NMT 2022 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 09.12.2021) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
 - Osiad_Sred – średnia wartości osiadania terenu pod obszarem danej działki w IV kwartale 2021 r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
 - Osiad_Min – minimalna wartość osiadania terenu pod obszarem danej działki w IV kwartale 2021 r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
 - Osiad_Max – maksymalna wartość osiadania terenu pod obszarem danej działki w IV kwartale 2021 r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
- **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 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.**,
 - NMT 2020 – średnia wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2020) **w m n. p. m.**,
 - NMT 2021 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2021) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
 - NMT 2022 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 09.12.2021) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
 - Osiad – średnia wartości osiadania terenu w IV kwartale 2021 r. **w jednostkach centymetry [cm]**,

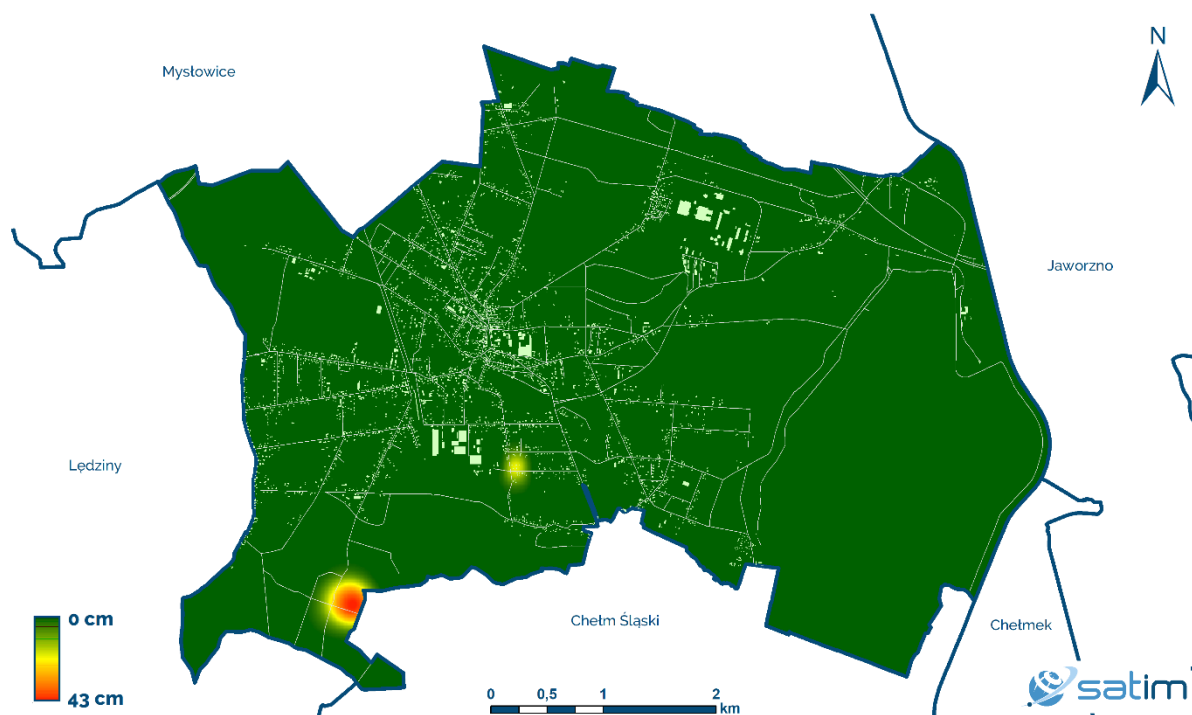
- **Numeryczny Model Terenu z aktualnością na 09.12.2021 w formacie .tif**
- **wizualizacje 2D oraz 3D budynków znajdujących się na niecce obniżeniowej z zaznaczoną kolorystyką związaną z osiadaniem terenu w formacie .png.**

Tab.3 Zestawienie produktów

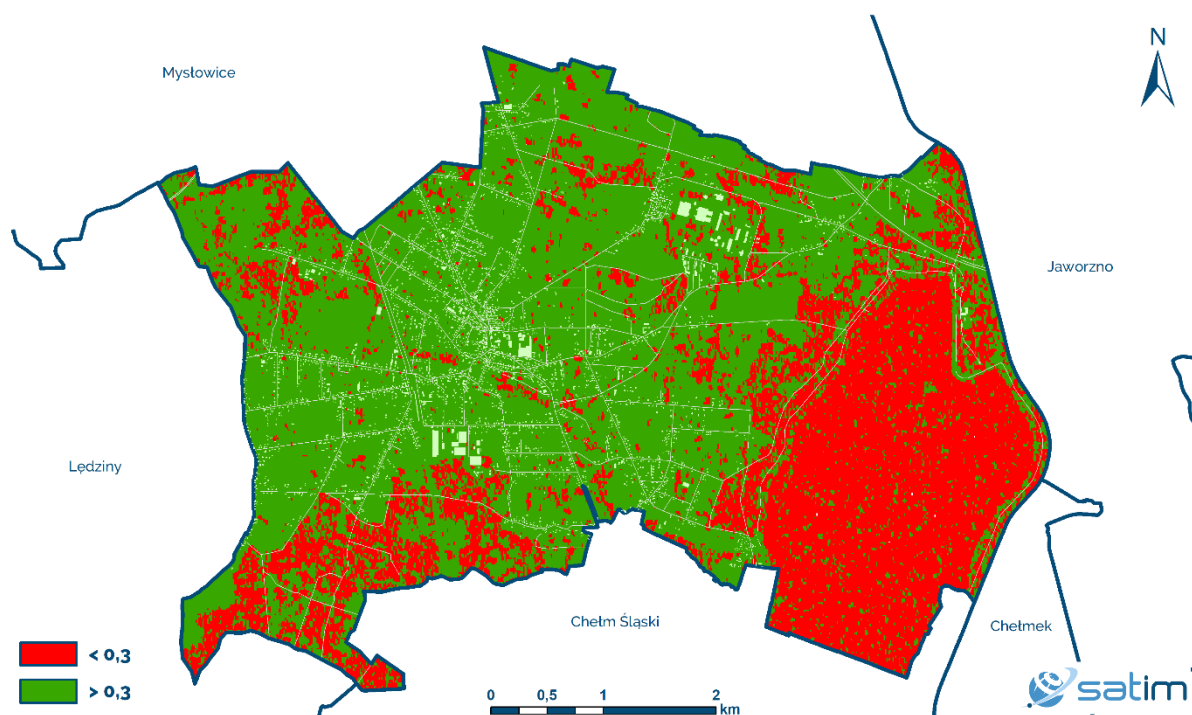
PRODUKTY	
Nazwa	Format
1. Rastrowa mapa osiadania terenu	.tif
2. Mapa koherencji	.tif
3. Izolinie osiadań	.shp
4. Mapa budynków	.shp
5. Mapa punktów adresowych	.shp
6. Mapa działek ewidencyjnych	.shp
7. Wykaz współrzędnych punktów pomiarowych (XYZ)	.csv
8. Wykaz działek i punktów adresowych znajdujących się w obrębie niecki obniżeniowej	.csv
9. Numeryczny Model Terenu (stan na 09.12.2021)	.tif
10. Wizualizacje 2D oraz 3D budynków	.png

Spis Rycin:

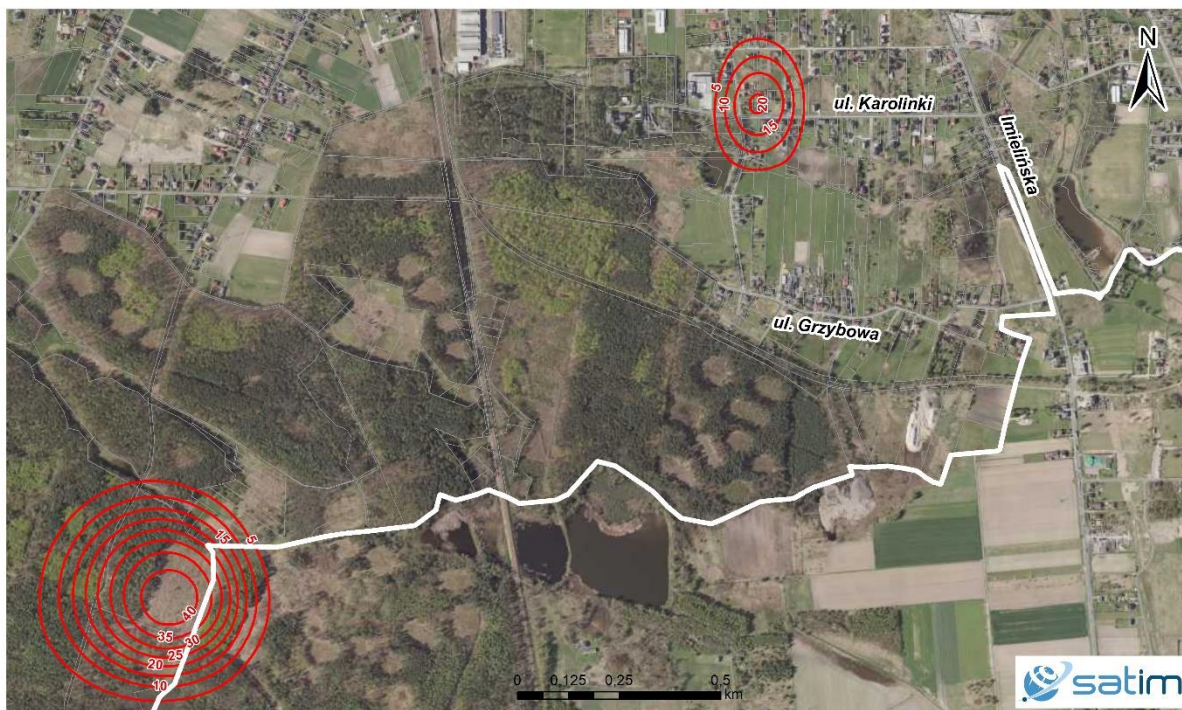
- **Ryc. 1** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie rastrowej
- **Ryc. 2** – Mapa rozkładu koherencji
- **Ryc. 3** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii
- **Ryc. 4** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu z naniesionymi budynkami
- **Ryc. 5** – Mapa zagrożonych budynków
- **Ryc. 6** – Mapa działek ewidencyjnych
- **Ryc. 7** – Numeryczny model terenu po aktualizacji (stan na 09.12.2021)
- **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



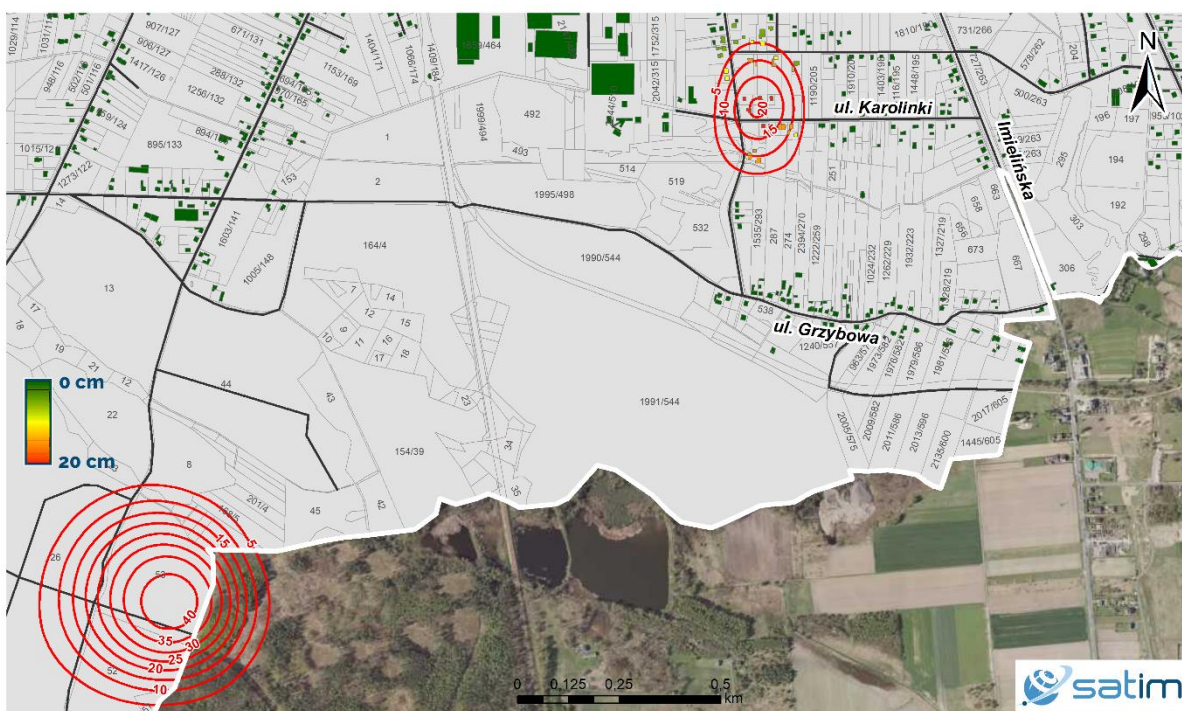
Ryc. 1 – Mapa pionowych przemieszczeń terenu. Maksymalne osiadania terenu, jakie wystąpiły w IV kwartale 2021 roku to ok. 43 cm.



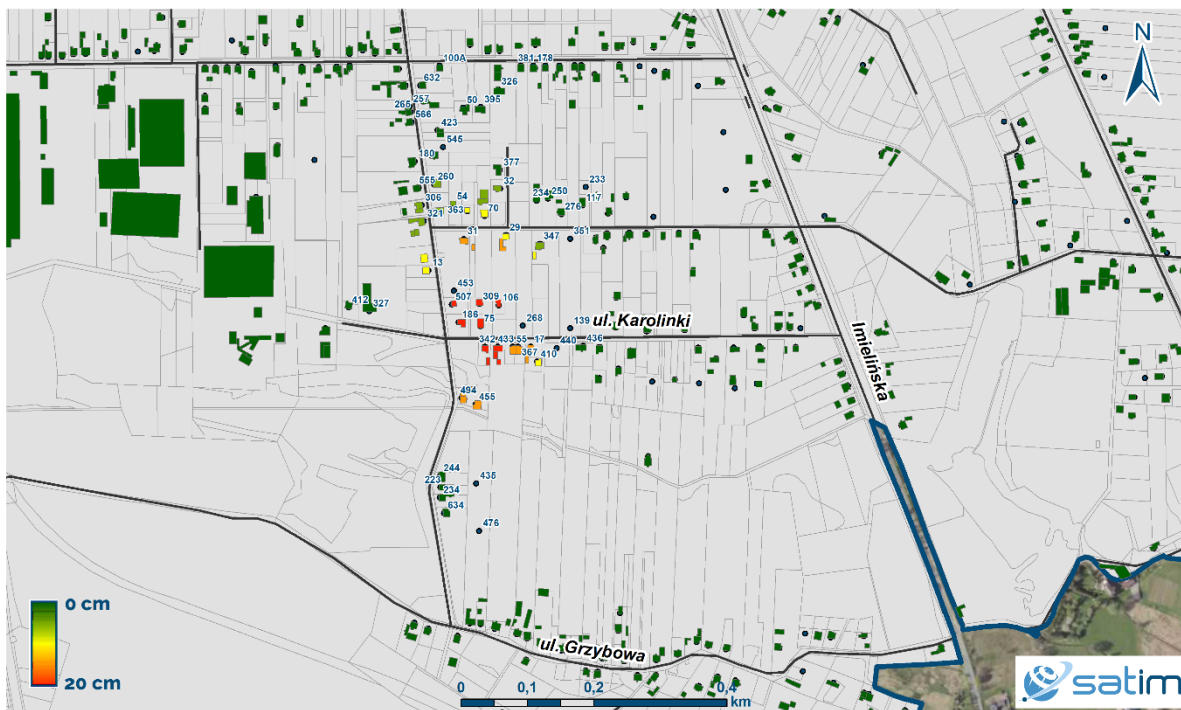
Ryc. 2 – Mapa rozkładu koherencji. Koherencja jest miarą jakości wykonanych obliczeń – im wyższa jej wartość (maksymalnie 1), tym wyższa dokładność wyznaczenia przemieszczeń terenu.



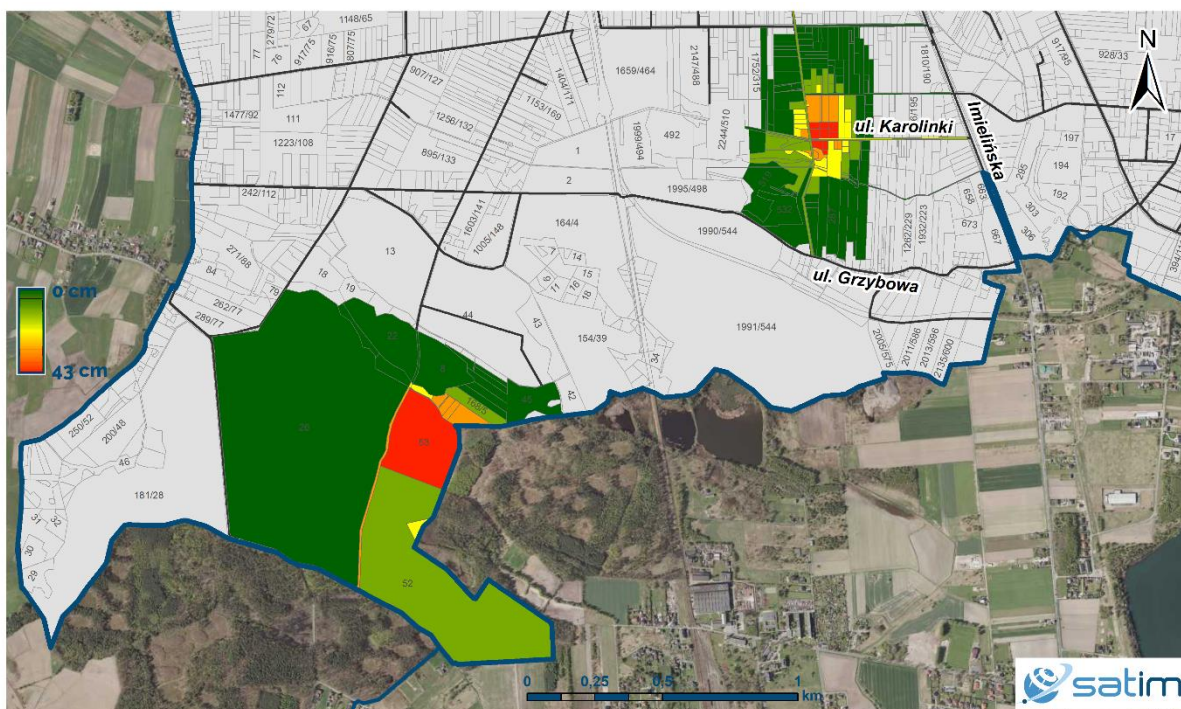
Ryc. 3 - Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii. Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 5 cm cięcia poziomowego.



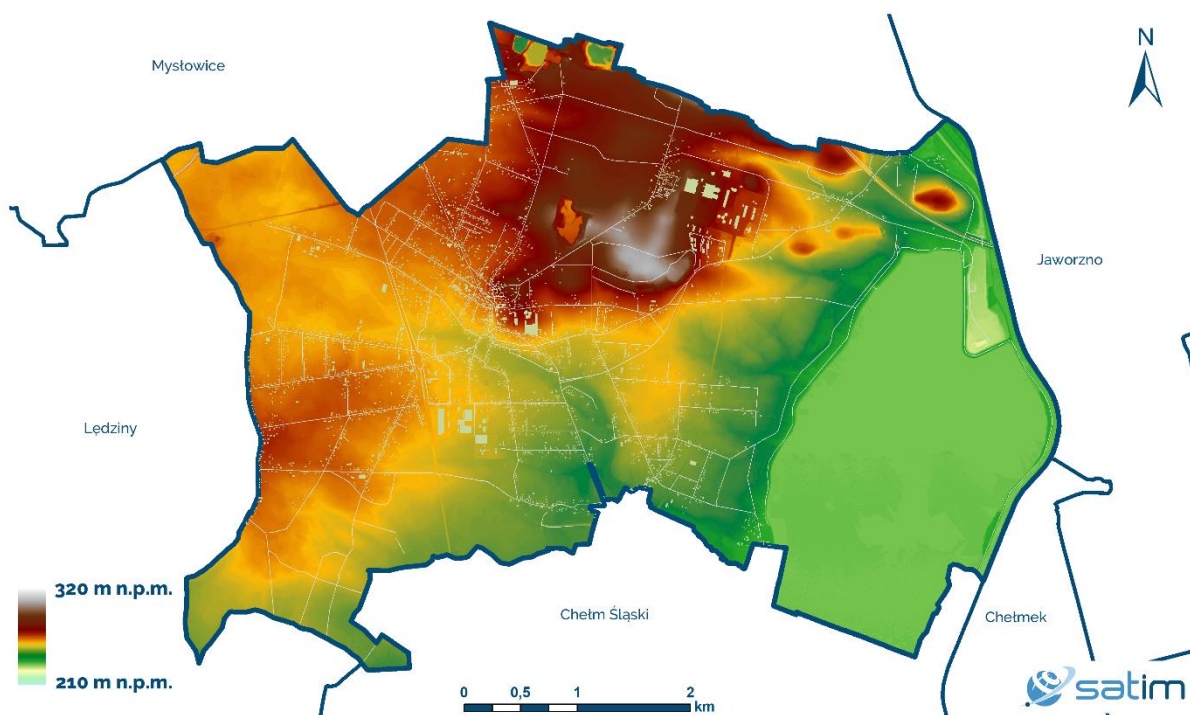
Ryc. 4 - Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii. Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 5 cm cięcia poziomowego. W IV kwartale 2021 r. 45 budynków znajdowało się na zagrożonym obszarze.



Ryc. 5 - Mapa zagrożonych budynków. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w IV kwartale 2021 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.



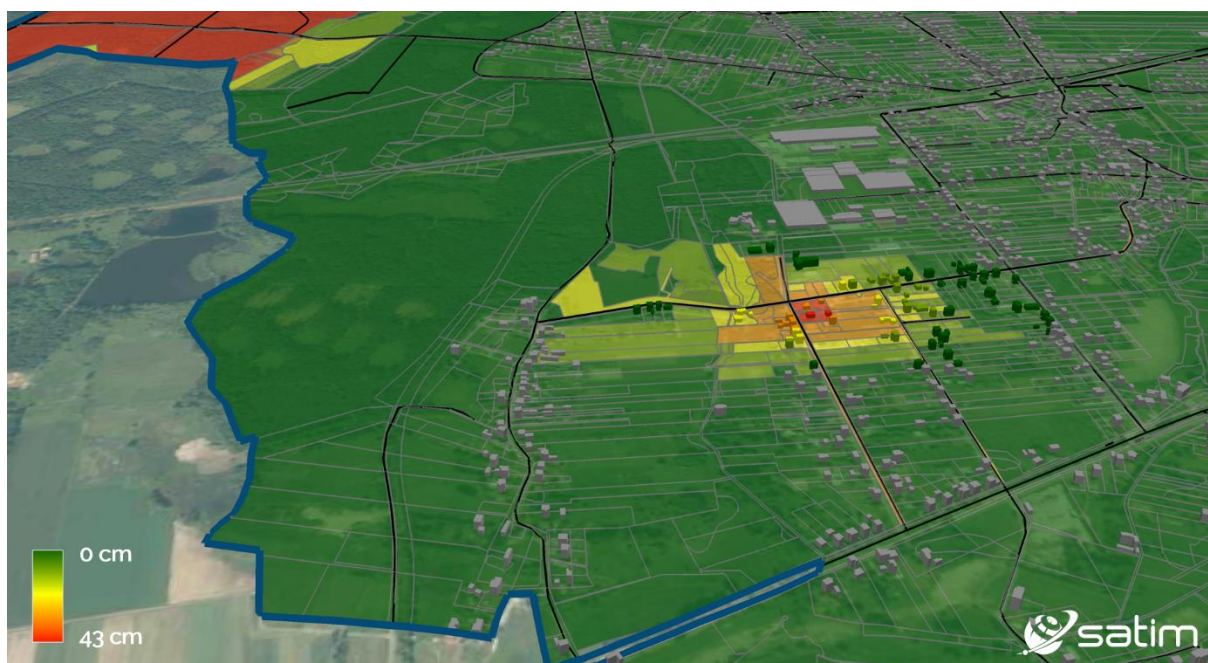
Ryc. 7 – Numeryczny model terenu po aktualizacji (stan na 09.12.2021); od NMT z 2021 roku odjęte zostały wartości osiadań jakie wystąpiły w okresie od stycznia 2021 do grudnia 2021 r.



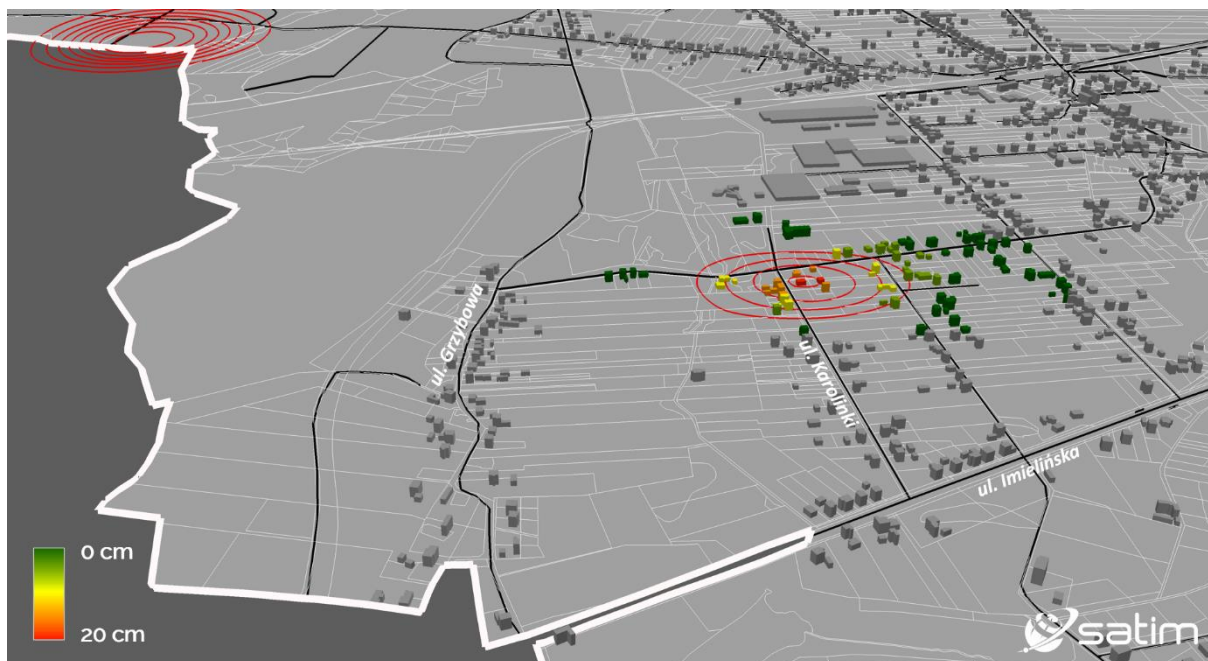
Ryc. 8 – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w IV kwartale 2021 r.



Ryc. 9 – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w IV kwartale 2021 r. Izolinie osiadań oddalone od siebie o stałą wartość 5 cm cięcia poziomowego



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 IV kwartale 2021 r. Izolinie osiadań oddalone od siebie o stałą wartość 5 cm cięcia poziomicowego



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