

Zmienność wskaźników deformacji powierzchni terenu Wieliczki

Jadwiga Maciaszek¹, Jacek Szewczyk¹

Variability of ground surface deformation indexes in Wieliczka area

Abstract. To define the character of the variability of deformation indexes in the area of Wieliczka, geostatistic analysis was carried out with the use of semivariograms (pattern 1) of the distribution of subsidence (W), horizontal displacements (U), inclinations (T) and horizontal strains (ϵ) for 5 out of 11 observation lines located in central part of the Wieliczka area (G — Grabówki, K — Kościusko, D — Daniłowicz, P — Kopernik, R — Roźnowa). The aim of the analysis was to assess the role of the random factor in total variability of the indexes.

The results of calculations (tab. 1) indicate that horizontal strains (ϵ) are practically random, i.e. do not depend on the correctness of deformation process. Their application in defining borders of category of the area is loaded with too high uncertainty. For small study areas, e.g. around individual buildings, the strain becomes the basic indicator to be taken into account in predicting degree of damage. Inclination (T) is an index that should be analysed in the landslide areas (as sometimes even a small increase of a steep inclination can initiate a landslide process) and in the case of very tall buildings. For curvatures (or curvature radius R) it is difficult to determine and interpret measurement results, thus they were not studied. Only subsidence (W) and horizontal displacement (U) of the points are characterized by a small participation of the random component. The studies indicate that in determination of category of the mining area the deformation indexes should be analysed individually and not in combination. Interpretation of results makes it also necessary to consider the observed trend to overestimations of the random factor participation by the method of semivariograms.

Deformacje powierzchni terenu, powstające pod wpływem eksploatacji górniczej, są czynnikiem, który należy uwzględnić podczas sporządzania planów zagospodarowania przestrzennego w gminach górniczych. Likwidacja kopalni nie oznacza zakończenia procesu deformowania się górotworu i powierzchni; z procesem tym należy się liczyć co najmniej jeszcze przez kilka lat. Problem ten dotyczy w najwyższym stopniu obszarów zabytkowych kopalń soli, gdzie proces zaciskania się wyrobisk trwa przez dziesięciolecia po zakończeniu wydobywania.

Na podstawie wykonywanych w kilkuletnich zwykle odstępach (na terenie Wieliczki przeciętnie co 5 lat) geodezyjnych obserwacji deformacji określa się stopień zagrożenia obiektów w górotworze (np. wyrobisk zabytkowej kopalni) i na powierzchni. Pomiaru te pozwalają na weryfikację prognoz deformacji, które z kolei stanowią podstawę do określania granic kategorii górniczych terenu, wyznaczając jego przydatność do zabudowy. Wyniki wykonywanych pomiarów deformacji wykazują różnice między

faktycznymi a prognozowanymi wskaźnikami deformacji, osiągające niekiedy znaczne wielkości. Ich przyczyną, oprócz błędów pomiarowych oraz odchyłeń między zakładaną a dokonaną eksploatacją, jest zróżnicowanie samego zjawiska deformacji, którego nie można uniknąć. Należy przy tym zauważyć, że znaczne wielkości tego zróżnicowania, mającego charakter losowy, mogą istotnie wpłynąć na położenie granic kategorii terenu.

W celu określenia charakteru zmienności wskaźników deformacji na terenie Wieliczki (badania statutowe nr 11.11.150.009) przeprowadzono za pomocą semiwariogramów geostatystyczną analizę rozkładu obniżeń, przemieszczeń poziomych, nachyleń i odkształceń poziomych dla 5 (z 11 ogółem) linii obserwacyjnych, rozmieszczonych na obszarze Wieliczki (G — Grabówki, K — Kościusko, D — Daniłowicz, P — Kopernik, R — Roźnowa). Analiza miała na celu określenie udziału składnika losowego w ogólnej zmienności wskaźników. Sumaryczna długość badanych linii wynosiła 11 033 m. Strukturę zmienności

Tab. 1. Udział czynnika losowego U_L w pomierzonych współczynnikach deformacji powierzchni na liniach badawczych w Kopalni Soli Wieliczka

Table 1. The participation of the random factor U_L in the measured surface deformation coefficients on study lines in the Salt Mine Wieliczka

Współczynnik deformacji Deformation coefficient	Okres Time period	Udział składnika losowego U_L w ogólnej zmienności wskaźnika (%) Participation of the random component U_L in general variability of the index (%)						Średnio U_L (w %) Mean U_L (%)
		G	K	D	P	R		
Obniżenia (W) Subsidence	1996–2000	1 (43)	13 (49)	13 (33)	5 (40)	37 (42)	13,8	16,4
	2000–2005	1(43)	3 (49)	43 (33)	6 (40)	15 (42)	13,6	
	1996–2005	2(43)	50 (49)	28(33)	3 (40)	27 (42)	21,8	
Nachylenia (T) Inclination	2000–2005	100 (42)	100 (49)	100 (37)	67 (38)	2 (36)	73,8	55,5
	1996–2005	100 (42)	51 (49)	10 (37)	10 (38)	15 (36)	37,2	
Odkształcenia poziome (ϵ) Horizontal strains	2000–2005	100 (42)	100 (46)	95 (33)	100 (39)	100 (35)	99,0	97,4
	1996–2005	100 (42)	100 (46)	96 (33)	100 (39)	83 (28)	95,8	
Przemieszczenia poziome (U) Horizontal displacements	2000–2005	2 (43)	19 (47)	30 (38)	24 (39)	12 (40)	17,4	16,9
	1996–2005	18 (41)	49 (47)	4 (38)	1(39)	10 (40)	16,4	

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica, al. Mickiewicza 30/C4, 30-059 Kraków; maciasze@agh.edu.pl, jszewczy@agh.edu.pl

opisał w syntetycznej formie semiwariogram, który określa zależność między średnim zróżnicowaniem wartości analizowanego parametru (semiwariancją) i odległością między punktami pomiaru.

Dla dyskretnej i regularnej sieci pomiarów wartości semiwariancji (d) dla odległości d między punktami pomiarowymi ustala się ze wzoru:

$$\gamma(d) = \frac{\sum_{i=1}^n (z(x_i) - z(x_i + d))^2}{2n} \quad (1)$$

gdzie:

$Z(x_i), z(x_i + d)$ — wartości badanych zmiennych w punktach pomiarowych oddalonych o d ,

n — liczba par punktów pomiarowych odległych o d .

Rezultaty obliczeń zestawiono w tabeli 1 (w nawiasie podano liczbę danych dla każdej linii). Uzyskane dane wskazują, że odkształcenia poziome są praktycznie losowe, czyli nie zależą od prawidłowości procesu deformacji.

Ich stosowanie do określania granic kategorii terenu jest obarczone zbyt wielką niepewnością rezultatu. Dla małych rejonów badawczych, np. wokół budynków, odkształcenie dalej jest podstawowym wskaźnikiem, na podstawie którego prognozuje się stopień jego uszkodzenia. Nachylenie jest wskaźnikiem, który powinien być analizowany w rejonach osuwiskowych (czasami nawet niewielkie zwiększenie nachylenia stromego terenu może uruchomić proces osuwiskowy) oraz przy bardzo wysokich budynkach. W przypadku krzywizn (lub promienia krzywizny) trudna jest wyznaczalność i interpretacja wyników pomiarowych, dlatego w prezentowanej pracy ich nie badano. Jedynie obniżenia i przemieszczenia poziome punktów zawierają mały udział składnika losowego. Przeprowadzone badania wskazują, że podczas wyznaczania kategorii terenu górniczego wskaźniki deformacji powinno się analizować indywidualnie, a nie łącznie. W interpretacji wyników badań należy także uwzględnić obserwowaną tendencję do zawyżania udziału składnika losowego przez metodę semiwariogramów.