

Selektywne ograniczenie postępu ścian jako sposób zmniejszenia szkodliwych wpływów pod ważnymi obiektami budowlanymi

Selective restriction of wall advance as a method of reducing negative mining impacts under important built features



*Prof. dr hab. inż. Jan Bialek**)



*Dr hab. inż. Ryszard Mielimąka
prof. nzw. w Pol. Śl**)



*Mgr inż. Justyna Orwat**)

Treść: W pracy omówiono przykład eksploatacji górniczej przeprowadzonej przez KWK „Budryk” pod miejscowością Chudów. Dla zminimalizowania szkód górniczych w dwóch najbardziej wrażliwych obiektach jakimi są kościół pw. NMP Królowej Apostołów i szkoła podstawowa, przejściowo ograniczono postępy ścian B–9, B–10 i B–11 w pokładzie 358/1 i prowadzono je możliwie w sposób ciągły. Wielkość ograniczenia dobowego postępu ścian oraz zakres czasowy tego ograniczenia określono na drodze wielowariantowych prognoz wpływów. Analiza wyników pomiarów obniżeń, wykonywanych z dużą częstością na punktach zastabilizowanych w rejonie budynków kościoła i szkoły potwierdziła zgodność prognozy maksymalnych prędkości obniżeń z rzeczywistością. Mały zakres uszkodzeń budynków kościoła i szkoły stwierdzony po przeprowadzeniu planowanej eksploatacji potwierdził skuteczność zastosowanej profilaktyki górniczej.

Abstract: This paper presents an example of exploitation performed by KWK ‘Budryk’ under the Chudów village. For minimization of the mining impact on the surface in two of the most susceptible objects – the building of the Blessed Virgin Mary Queen of Apostles church and the primary school buildings, the advance of wall B–9, B–10 and B–11 in coal bed no. 358/1 was temporarily reduced and the walls were driven continuously as much as possible. The value of the limited daily wall advance and the duration of this restriction was determined by many scenarios of the influence prediction. The analysis of values of subsidences measured frequently on the geodetic points stabilized near the church and the school buildings confirmed the compliance of forecast with the real observations. A low extent of mining damage observed in these buildings after the completion of the planned exploitation confirmed the effectiveness of the applied preventive measures.

Słowa kluczowe:

szkody górnicze, profilaktyka górnicza deformacji powierzchni terenu, prognoza wartości deformacji

Key words:

mining damage, mining prevention of the ground’s surface deformations, prediction of values of deformations

1. Wprowadzenie

Pod miejscowością Chudów w gminie Gierałtówice zalegają złoża węgla kamiennego, stanowiące istotną część bazy zasobowej kopalni «Budryk». Obecnie prowadzona jest pod zabudowaną częścią tej miejscowości eksploatacja górnicza pierwszego pokładu, a mianowicie pokładu 358/1. W związku z planami eksploatacji kolejnych pokładów w tym rejonie ważne było, aby eksploatacja ta wywołała jak najmniejsze szkody na powierzchni terenu, w szczególności w znajdujących się tam budynkach kościoła

i szkoły. Zastosowana profilaktyka górnicza mająca na celu ochronę tych obiektów w powiązaniu z szybkim i kompleksowym usuwaniem szkód w budynkach wywołanych prowadzoną eksploatacją górniczą były istotnymi warunkami utrzymania pozytywnego nastawienia lokalnej społeczności dla eksploatacji kolejnych pokładów pod miejscowością Chudów.

W artykule pokazano przykład profilaktyki górniczej zastosowanej w celu ograniczenia szkód w obiektach kościoła i szkoły, a także w budynkach położonych w najgłębszej zabudowanej części miejscowości Chudów. Profilaktyka polegała na selektywnym zmniejszeniu postępu ścian B-9, B-10 i B-11 i prowadzeniu ich bez przerw sobotnio-niedzielných.

*) Politechnika Śląska, Gliwice

Dzięki temu ograniczono prędkość narastania deformacji w tych obiektach i czasowo zmniejszono zmiany prędkości narastania deformacji, co doprowadziło do minimalizacji szkód górniczych.

2. Opis budynków kościoła i szkoły w Chudowie

Budynki kościoła pw. NMP Królowej Aniołów i szkoły podstawowej położone są w północnej i środkowej części miejscowości Chudów przy ulicy Szkolnej.

Budynek kościoła ma powierzchnię zabudowy wynoszącą ok. 821 m², a kubaturę 9315 m³. Rzut budynku jest regularny, zbliżony do prostokąta o długości boków 44,94 m × 20,12 m. Bryła częściowo podpiwniczony obiekt nie została podzielona dylatacjami. Kalenica dachu nad nawą główną znajduje się 16,24 m nad poziomem terenu, a wysokość wieży ponad poziom terenu wynosi 33,58 m.

Budynek kościoła posadowiony jest na zmiennym poziomie na kamiennych ścianach fundamentowych. Podstawowe elementy konstrukcji kościoła, tj. ściany wzmocnione piłastrami, wewnętrzne filary, łuki półkoliste i eliptyczne są wykonane z cegły pełnej. Konstrukcję dachu stanowi więźba dachowa pokryta blachą fałdową ułożoną na deskowaniu pełnym. Kościół z roku 1949 nie został zabezpieczony na odkształcenia terenu górniczego w trakcie budowy, a jego pierwotna odporność na wpływy eksploatacji górnicznej była zerowa. W 2006 r. przeprowadzono remont obiektu, polegający na zabudowie 1,1 m pod poziomem posadzki parteru, żelbetowej opaski wzmacniającej o przekroju 0,4 m × 0,4 m oraz częściowego kotwienia w poziomie 4,3 m i kotwienia obejmującego cały rzut obiektu w poziomie 9,7 m. Zabezpieczenia te zostały zaprojektowane przy założeniu, że wystąpią ekstremalne ściskania w kierunku głównym o wartości -3,5 mm/m i rozciągania w kierunku głównym wynoszące 2,0 mm/m.

Budynek szkoły podstawowej składa się z trzech części różniących się ze względu na czas powstania i rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne: z części starej, w skład której wchodzi trzy segmenty; z części nowej, na którą składają się również trzy segmenty oraz z sali gimnastycznej. Przedmiotem rozważań jest stara część budynku szkoły, gdyż jej odporność na wpływy górniczne oszacowana na II kategorię jest mniejsza od prognozowanej kategorii wpływów.

Stara część budynku szkoły powstała w latach 50. XX wieku jako budynek jednosegmentowy o rzucie zbliżonym do litery „L”, który można wpisać w prostokąt o długości boków 17,70 m i 40,52 m. Cechuje się dwoma kondygnacjami naziemnymi, użytkowym poddaszem i częściowym podpiwniczeniem. Ławy fundamentowe segmentów są murowane z kamienia i cegły pełnej. Ściany kondygnacji piwnicznej i kondygnacji są murowane z cegły pełnej, a stropy są gęstożebrowe typu Akerman. Część ta została przygotowana do przejmowania odkształceń terenu górniczego przez podział na trzy segmenty oraz wykonanie opaski w poziomie posadowienia i kotwienia w poziomie stropów.

3. Zakres eksploatacji zrealizowanej w rejonie Chudowa

Do lipca 2010 r. kopalnia „Budryk” prowadziła eksploatację górnica jedynie na obrzeżach miejscowości Chudów. W lipcu 2010 r. rozpoczęła wybieranie pokładu 358/1 pięcioma zawałowymi ścianami oznaczonymi jako: B, B-8, B-9, B-10 i B-11, położonymi bezpośrednio pod najgęściej zabudowaną częścią tej miejscowości (rys. 1), w tym pod budynkiem kościoła (ściana B-9) i pod budynkiem szkoły

(ściana B-10). Jako pierwsza została wybrana najbardziej na północ wysunięta ściana B, zaś ściany następne położone na południe od niej były eksploatowane ze wschodu na zachód w kolejności zgodnej z ich numeracją. Eksploatacja tych położonych na głębokości od ok. 780 m (ściana B) do ok. 845 m (ściana B-11) ścian była prowadzona na wysokość od 2,7 m do 3,0 m. W projekcie eksploatacji ścian B, B-8, B-9, B-10 i B-11 w pokładzie 358/1 założono, że ich eksploatacja będzie prowadzona tylko w dni robocze ze średnim postępowaniem 10 m/dobę.

4. Prognoza wpływów eksploatacji pokładu 358/1 na powierzchnię terenu

Prognozę wpływu eksploatacji ścian B, B-8, B-9, B-10 i B-11 w pokładzie 358/1 na powierzchnię terenu i budynki kościoła oraz szkoły w Chudowie wykonano programami komputerowymi EDBJ (autorstwa J. Białka) przy zastosowaniu wartości parametrów przyjętych na podstawie doświadczeń własnych autorów oraz wyników analizy deformacji, pomierzonych na liniach obserwacyjnych założonych w obszarze górnicyz KWK „Budryk”. Wzięto przy tym pod uwagę konieczność zapewnienia pewnego marginesu bezpieczeństwa wykonanej prognozy ze względu na znaczenie budynków kościoła i szkoły dla lokalnej społeczności. Przyjęte ostatecznie do prognozy wpływów wartości parametrów teorii są następujące: $a=0,8$, $\operatorname{tg}\beta=2,2$, $A_{obr}=0,20$, $B=0,32r$.

Z wykonanego matematycznego modelowania wpływów wynika, że eksploatacja ścian B, B-8, B-9, B-10 i B-11 spowoduje wystąpienie w rejonie kościoła i szkoły odpowiednio deformacji o następujących wartościach:

- obniżenia (rys. 1) – ok. 2,0 m i ok. 2,1 m,
- końcowe zmiany nachyleń (rys. 2) – ok. 3,75 mm/m (II kategoria) i ok. 2,10 mm/m (I kategoria),
- ekstremalne w czasie odkształcenia poziome (rys. 3) – ok. 5,25 mm/m (III kategoria) i ok. 3,65 mm/m (III kategoria).

5. Maksymalna prędkość obniżen i ciągłość narastania deformacji a obserwowane uszkodzenia budynków

Doświadczenia [2], [3], [4], [5], [6] pokazują, że zwiększenie dynamiki ujawniania wpływów eksploatacji górnicznej skutkuje wzrostem liczby szkód górniczych. Podobnie uważa się, że zmiany prędkości ujawniania wpływów spowodowane przerwami w wydobywaniu ze ściany negatywnie wpływają na budynki poddane wpływom eksploatacji górnicznej.

Pojęciowo najprostszym i łatwym do zmierzenia wskaźnikiem opisującym dynamiczne własności niecki obniżeniowej jest prędkość obniżen V_w , a szczególnie maksymalna prędkość obniżen V_{wmax} .

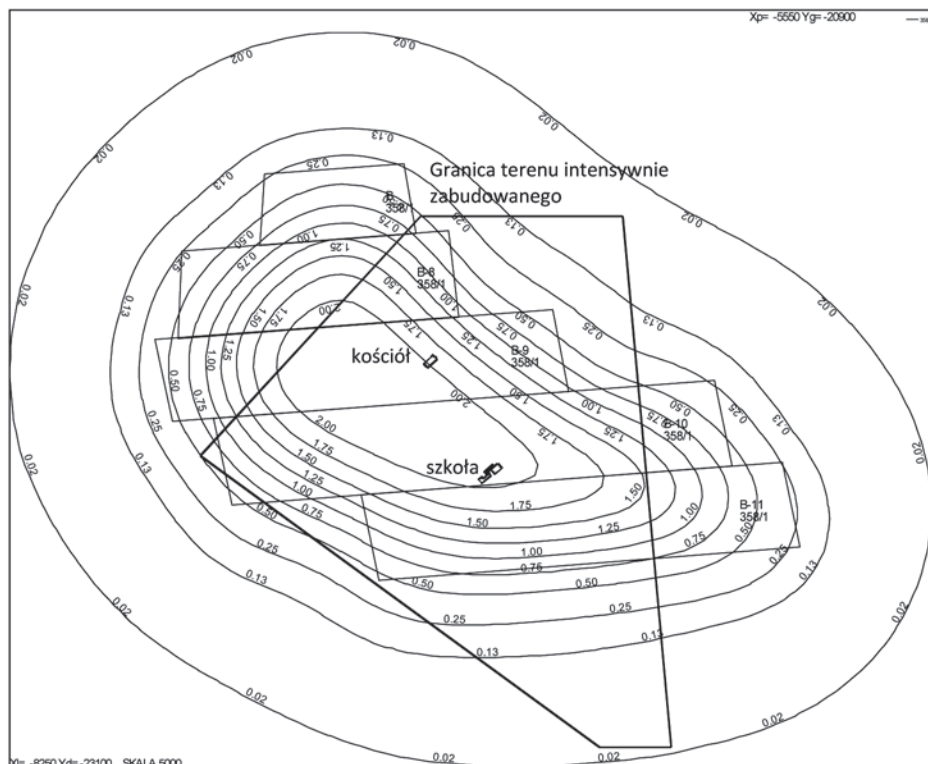
Programy komputerowe EDBJ1, EDBJ2 [1], którymi wykonano obliczenia prognostyczne, umożliwiają obliczenie maksymalnej prędkości obniżen terenu z uwzględnieniem dowolnego kształtu pola eksploatacyjnego dla zmiennej w czasie prędkości postępu frontu wybierania. Wykorzystywana jest zależność

$$V_{wmax} = \max\left(\frac{\partial w(t)}{\partial t}\right) \quad (1)$$

gdzie:

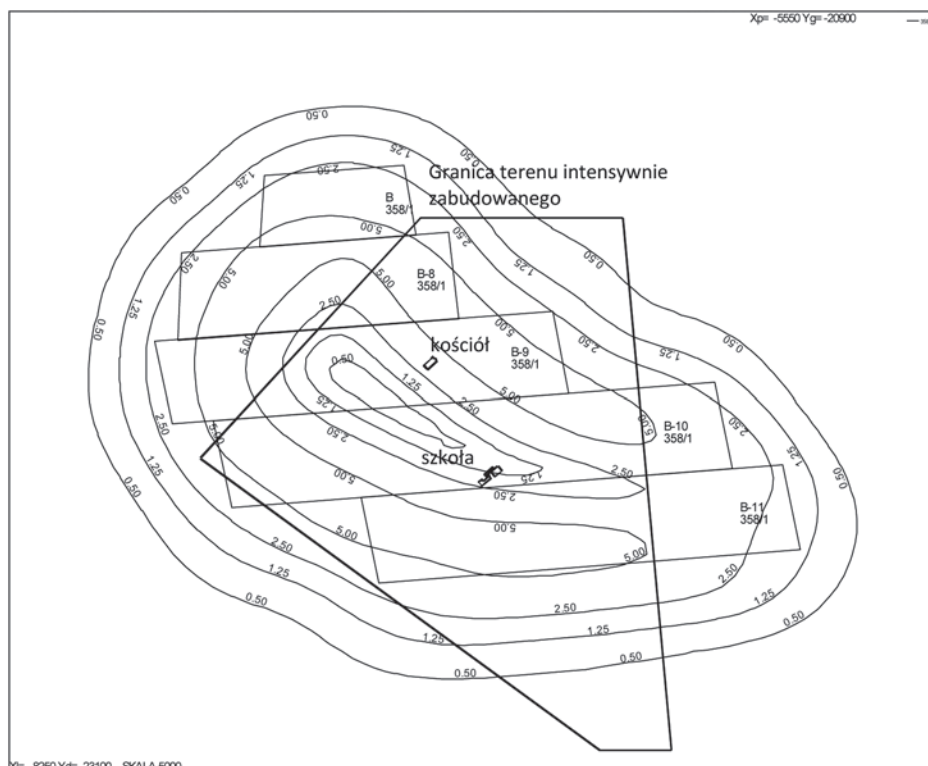
- V_{wmax} – maksymalna prędkość obniżen, mm/dobę;
- $w(t)$ – obniżenie terenu w czasie, mm;
- t – czas, doba.

Generalnie prędkość obniżen w chwili t jest proporcjonalna do prędkości postępu frontu ścianowego V_f oraz nachylenia niecki w kierunku postępu ściany w analizowanym punkcie.



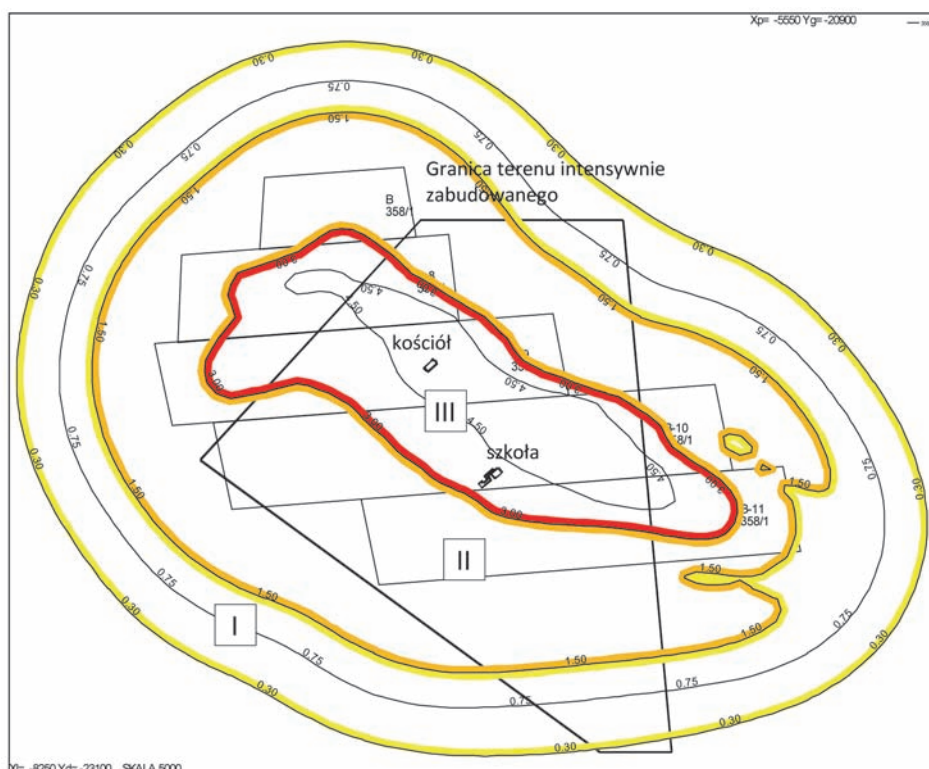
Rys. 1. Obniżenia powierzchni terenu jakie wywoła eksploatacja pokładu 358/1 w rejonie Chudowa

Fig. 1. Depressions of the mining area surface caused by exploitation of coal bed no. 358/1 in the vicinity of Chudów (the forecast)



Rys. 2. Zmiany nachyleń powierzchni terenu jakie wywoła eksploatacja pokładu 358/1 w rejonie Chudowa

Fig. 2. Changes of inclinations caused by exploitation of coal bed no. 358/1 in the vicinity of Chudów (the forecast)



Rys. 3. Kategorie odkształceń poziomych terenu jakie wywoła eksploatacja pokładu 358/1 w rejonie Chudowa

Fig. 3. Categories of ground's horizontal strains caused by exploitation of coal bed no. 358/1 in the vicinity of Chudów (the forecast)

W polskiej literaturze dotyczącej szkód górniczych najstarszą propozycją dotyczącą uzależnienia klasyfikacji terenu górniczego od maksymalnej prędkości obniżeń jest propozycja B. Dżegniuka i A. Sroki [4]. Zagadnienie wpływu prędkości obniżeń na kształtowanie się szkodliwości wpływów zostało również podjęte przez zespół pod kierunkiem S. Knothego m.in. w pracy [5].

Autorzy proponują (nie jest to zobowiązujący podział) rozszerzyć podział terenu na kategorie terenu górniczego o dodatkowy wskaźnik, jakim jest przyrost obniżeń Δw , ustalając progi podziału według danych zawartych w tabeli 1. Autorzy tych opracowań zalecają również zachowanie ciągłości wydobywania jako metody zmniejszenia ewentualnych uszkodzeń obiektach budowlanych.

6. Określenie zakresu profilaktyki górniczej [7]

Dążąc do minimalizacji uszkodzeń w budynkach kościoła i szkoły, koniecznym było zastosowanie odpowiedniej pro-

filaktyki górniczej. Założono, że profilaktyka ta nie powinna prowadzić do zmniejszenia zakresu eksploatacji i wysokości furt eksploatacyjnych, gdyż powodowałyby to znaczne straty złoża i duże straty ekonomiczne dla kopalni.

Zaproponowano w związku z tym, żeby w rejonie kościoła i szkoły istotnie zmniejszyć dobowe postępy eksploatacji ścian B-9, B-10 i B-11 w pokładzie 358/1, a tym samym zmniejszyć maksymalne dobowe przyrosty deformacji oraz prowadzić eksploatację również w dni wolne od pracy, co będzie skutkowało równomiernością narastania deformacji. Zgodnie z aktualnie panującymi poglądami prędkość i równomierność eksploatacji ma istotny wpływ na wielkość szkód w obiektach budowlanych.

Jak wynika z prognozy wpływów wykonanej programem EDBJ, realizacja eksploatacji ścian B-9, B-10 i B-11 z postępem średnim równym 10 metrów/dobę (zgodnie z projektem kopalni) spowodowałyby w rejonie budynków kościoła i szkoły wystąpienie maksymalnych dobowych przyrostów obniżeń odpowiadających V kategorii.

Tabelica 1. Kategorie terenu górniczego w zależności od wartości dobowej prędkości obniżeń
Table 1. Categories of mining area depending the daily values of depression velocity

Kategoria	Przyrost obniżeń Δw	
	mm/tydzień	mm/dobę dla 6-dniowego tygodnia pracy
Ia (zerowa)	$0 \leq \Delta w < 5$	$0 \leq \Delta w < 0,83$
Ib (pierwsza)	$5 \leq \Delta w < 22,5$	$0,83 \leq \Delta w < 3,75$
II	$22,5 \leq \Delta w < 45$	$3,75 \leq \Delta w < 7,50$
III	$45 \leq \Delta w < 90$	$7,50 \leq \Delta w < 15$
IV	$90 \leq \Delta w < 135$	$15 \leq \Delta w < 22,5$
V	$\Delta w \geq 135$	$\Delta w \geq 22,5$

Należało zatem ustalić takie postępy dobowe dla tych ścian, aby maksymalne prędkości obniżeń mieściły się w III kategorii. W tym celu wykonano wariantowe prognozy maksymalnych prędkości obniżeń, co pozwoliło stwierdzić, że w celu zmniejszenia maksymalnych prędkości narastania deformacji do III kategorii w rejonie kościoła i szkoły konieczne jest ograniczenie postępu ściany B-9 (z uwagi na ochronę kościoła) i postępu ścian B-10 i B-11 (z uwagi na ochronę szkoły) do prędkości maksymalnej 5 m/dobę od momentu, gdy front danej ściany będzie znajdował się 100 m przed chronionym obiektem, aż do momentu, gdy front tej ściany będzie położony 200 m za obiektem.

W celu kontroli wpływu ograniczenia postępu ścian na zmniejszenie prędkości obniżeń były wykonywane z dużą częstotliwością pomiary niwelacyjne reperów zastabilizowanych w gruncie w rejonie budynków kościoła i szkoły oraz w ścianach tych obiektów. W oparciu o te pomiary ustalano dobowe prędkości obniżeń. W przypadku, gdyby wystąpiły przyrosty >15 mm/dobę, dokonano by dalszego zmniejszenia postępu frontu ścianowego.

Na rysunku 4 pokazano maksymalne prognozowane prędkości obniżeń uzyskane przy założeniu ograniczenia postępu ścian B-9, B-10 i B-11. Widać z nich, że zarówno w rejonie szkoły, jak i kościoła prędkości te powinny być <15mm/dobę.

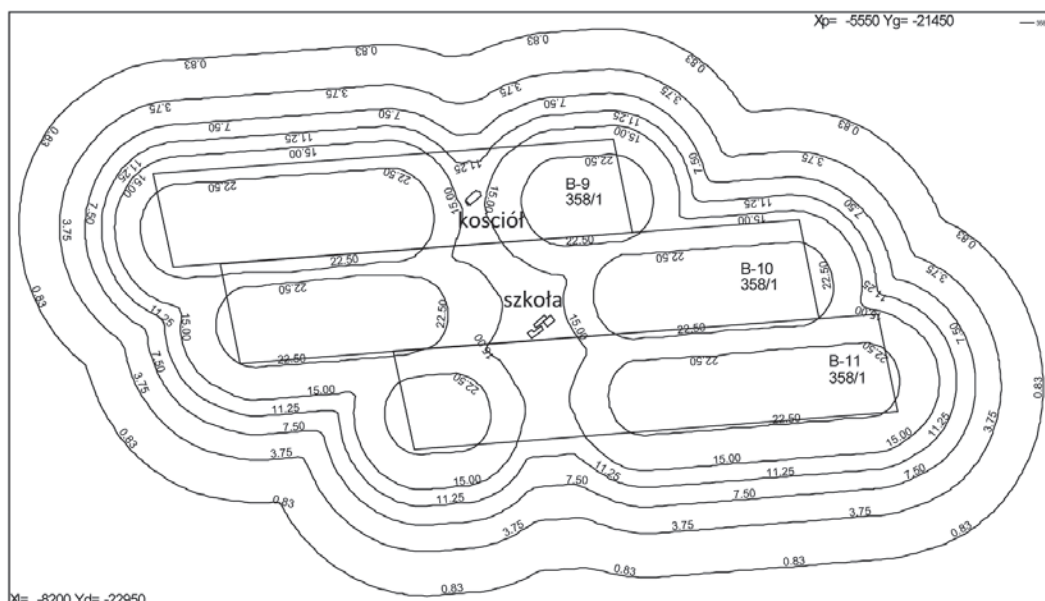
Na rysunku 5 pokazano odrębnie wpływy ściany B-11, która zgodnie z prognozą może spowodować w rejonie szkoły obniżenia ujawniane z prędkością <8mm/dobę.

Wykresy pomierzonych prędkości obniżeń punktów 3 i 7 zastabilizowanych na kościele (rys. 6) oraz punktów 2006, 2008 i 2009 położonych na północ, południe i wschód od budynku szkoły (rys. 7) pokazują, że pomierzone maksymalne prędkości obniżeń są nieco mniejsze od prognozowanych (prędkości te zestawiono w tabeli 2). Wskazuje to na trafne ustalenie prędkości postępu frontu ścianowego i właściwe ustalenie zakresu wybiegów ścian o ograniczonym postępie.

Zbyt małe mierzone maksymalne prędkości obniżeń (w stosunku do prognozowanych) wskazywałyby na zbyt duże ograniczenie prędkości postępu ściany, a wielkości większe od prognozowanych wskazywałyby albo na zawyżoną prognozę albo na dopuszczenie za dużych postępów ścian.

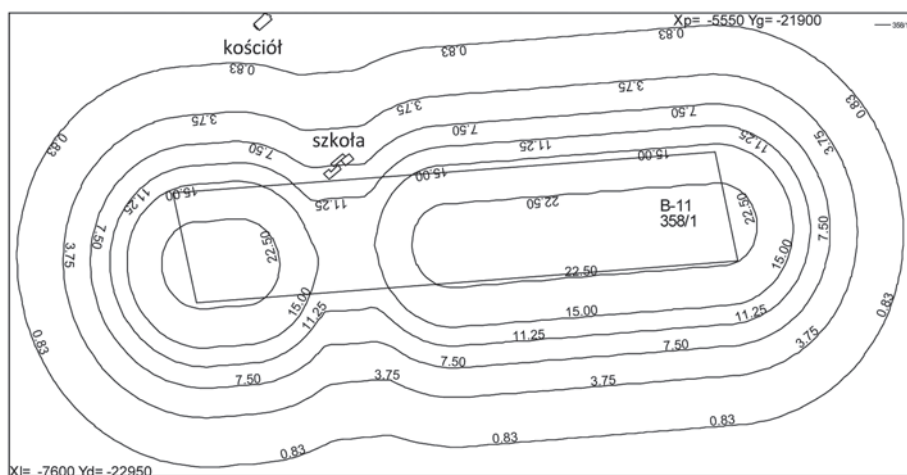
Tablica 2. Maksymalne prędkości obniżeń terenu w rejonie kościoła i szkoły Δw, mm/dobę
Table 2. Maximum velocities of ground's depressions close to the buildings of the church and primary school Δw, mm/day

Kościół			Szkoła				
Punkt	Okres wpływów ściany B-9		Punkt	Okres wpływów ściany B-10		Okres wpływów ściany B-11	
	Pomiar	Prognoza		Pomiar	Prognoza	Pomiar	Prognoza
3	13,9	14,1	2006	13,7	14,5	6,0	6,7
7	14,2	14,6	2008	13,0	14,1	6,7	7,0
			2009	11,7	13,3	8,7	8,8



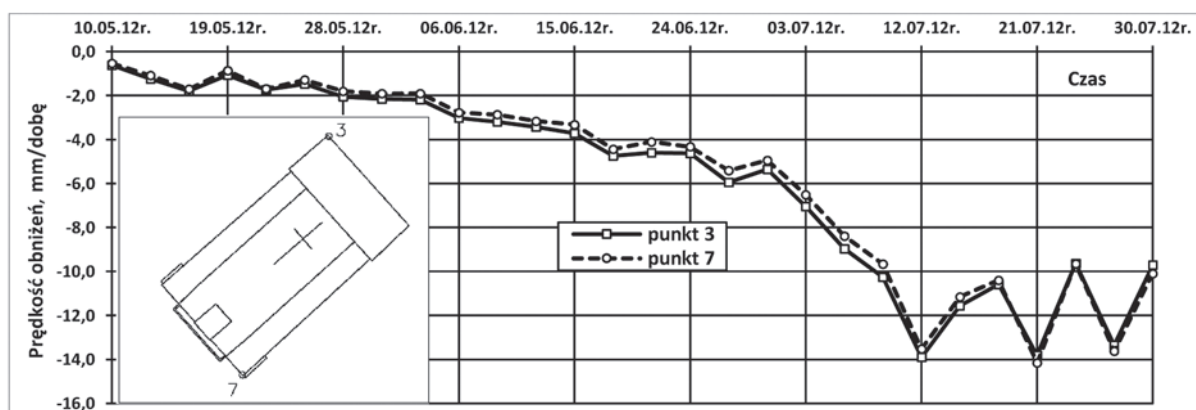
Rys. 4. Prognozowane maksymalne prędkości obniżeń terenu wskutek eksploatacji ścian B-9, B-10 i B-11 w pokładzie 358/1 przy ograniczeniu ich dobowego postępu w rejonie kościoła i szkoły

Rys. 4. Maximum velocities of ground's depressions caused by exploitation of longwall B-9, B-10 and B-11 in coal bed no. 358/1 with the reduced daily advance close to the buildings of the church and primary school (the forecast)



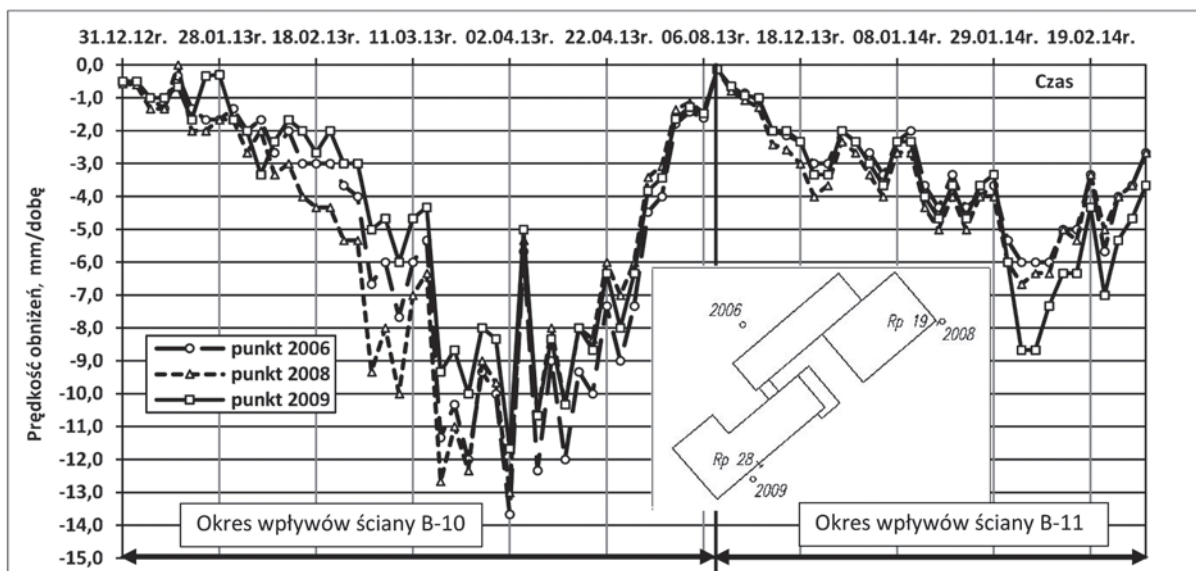
Rys. 5. Prognozowane maksymalne prędkości obniżeń terenu wskutek eksploatacji ściany B-11 w pokładzie 358/1 przy ograniczeniu jej dobowego postępu w rejonie szkoły

Rys. 5. Maximum velocities of ground's depressions caused by exploitation of longwall B-11 in coal bed no. 358/1 with the reduced daily advance close to the buildings of the primary school (the forecast)



Rys. 6. Wykres pomierzonych prędkości obniżeń punktów 3 i 7 założonych na budynku kościoła

Fig. 6. Measured velocities of depression of points no. 3 and 7 situated in the facade of church



Rys. 7. Wykres pomierzonych prędkości obniżeń punktów 2006, 2008 i 2009 położonych w rejonie budynku szkoły

Fig. 7. Measured velocities of depression of points no. 2006, 2008 and 2009 located close to the buildings of the primary school

7. Stwierdzone szkody w budynkach kościoła i szkoły wywołane eksploatacją w rejonie Chudowa

Zrealizowana eksploatacja górnicza ścian B, B-8, B-9 i B-10 w pokładzie 358/1 pod zabudowaną częścią Chudowa nie spowodowała znacznych uszkodzeń budynków kościoła i szkoły.

Przeprowadzona wizja lokalna w tych obiektach pokazała, że :

- w budynku kościoła wystąpiły jedynie uszkodzenia ceglanych łuków przebiegających w kierunku krótszego boku kościoła oraz pewne uszkodzenia w miejscu zmiany poziomu posadowienia budynku, to jest w rejonie połączenia głębiej posadowionej wieży budynku z klatką schodową i w rejonie podpiwniczonej zakrystii;
- w przypadku budynku szkoły istotniejsze uszkodzenia powstały tylko w starej jej części, głównie na ścianach przydylatacyjnych i w otoczeniu dylatacji. Oznacza to, że dylatacje nie spełniają swojego zadania. Brak skutecznego podziału starej części na segmenty wprowadza do budynku dodatkowe siły wywołane eksploatacją górniczną.

Jak wynika z doświadczeń autorów, powstałe uszkodzenia są relatywnie małe, znacznie mniejsze niż te, jakie powstałyby przy porównywalnej eksploatacji prowadzonej bez zmniejszenia postępów dobowych i bez zachowania ciągłości eksploatacji.

8. Podsumowanie

Eksploatacja górnicza pokładu 358/1 pod Chudowem stanowi przykład udanego kompromisu pomiędzy ochroną obiektów budowlanych a wymogami efektywnej eksploatacji górnicznej. Zastosowana profilaktyka górnicza, której celem było zminimalizowanie szkód w budynkach kościoła i szkoły została dobrana tak, by ograniczyć do minimum okres zmniejszonych postępów ściany i jednocześnie skutecznie

zmniejszyć maksymalną szybkość narastania wpływów w samych budynkach. Relatywnie mała liczba uszkodzeń budynków kościoła i szkoły oraz ich niewielki ciężar gatunkowy potwierdzają skuteczność zastosowanej profilaktyki górnicznej.

Pomiary prędkości obniżen potwierdziły zgodność prognozy z rzeczywistością, a także właściwy dobór przyjętego ograniczenia dobowego postępu ścian oraz długości wybiegów ścian o zmniejszonym postępie.

Literatura

1. *Bialek J.*: Algorytmy i programy komputerowe do prognozowania deformacji terenu górniczego. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej – Seria monografie, Gliwice 2003.
2. *Bialek J.*: Wpływ postępu frontu ścianowego na szkody w obiektach. „Bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie” 1996, nr 7.
3. *Bialek J., Mielimąka R.*: Ocena oddziaływania eksploatacji o znacznych postęпах na zabudowę jednorodziną. „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej – Seria Górnictwo” 2000, z. 246.
4. *Dżegniuk B., Sroka A.*: Prędkość postępu frontu eksploatacji górnicznej a proces deformacji górotworu i powierzchni. Katowice, Materiały konferencyjne pt. „Wpływ prędkości eksploatacji na ochronę obiektów na powierzchni” – Komisja Ochrony Terenów Górniczych PAN, 1978.
5. *Drzęzła B.*: Przybliżona ocena niektórych parametrów kinematyki niecki osiadania przy zmianach prędkości wybierania i postojach ścian. „Przeгляд Górniczny” 1995, nr 9.
6. *Knothe S., Popiołek E., Rogowska J., Cygan J., Leśniak J., Pielok W.*: Aktualna klasyfikacja zagrożenia terenów górnicznych w świetle obserwacji terenowych. Rytno, Materiały konferencyjne na IV Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych – AGH, SITG, ISM, PAN, 24 – 27 września 1997.
7. Zespół pod kier. J. Białka: Ekspertyzy dotyczące wpływu eksploatacji pokładu 358/1 na budynki kościoła i szkoły wraz ze wskazaniem profilaktyki niezbędnej dla minimalizacji uszkodzeń tych obiektów. Rybnik 2011 – 2013.