

Tadeusz Majcherczyk¹, Antoni Jakubów²

OPÓŹNIONE DEFORMACJE CIĄGŁE I WSTRZĄSY NA TERENIE POGÓRNICZYM ZLIKWIDOWANEJ KOPALNI „MORCINEK”

Streszczenie

Efektom procesów likwidacyjnych kopalń węgla kamiennego jest pojawianie się w dotychczasowych obszarach górniczych tzw. terenów pogórnich. Artykuł zawiera wyniki analizy deformacji ciągłych powierzchni terenu oraz aktywności sejsmicznej obszaru kopalni „Morcinek” po zaprzestaniu eksploatacji. Zanikający charakter deformacji ciągłych oraz ograniczona i malejąca liczba wstrząsów wykluczają możliwość wystąpienia większego zagrożenia dla terenu i posadowionych na nim budowli.

The delayed continuous deformations and quakes on the post-mining areas of the closed-down “Morcinek” coal mine

Abstract

The closing processes of coal mine results in the occurrence of the so-called post-mining areas. The paper presents the results of the analysis of the continuous deformations of the surface and the seismic activity in the premises of the Morcinek coal mine in a period after finishing the exploitation. The decrease of continuous deformation and the limited decreasing number of quakes excludes a possibility of a considerable hazard to the area and the buildings on surface.

WPROWADZENIE

Likwidacji kopalń węgla kamiennego towarzyszą zjawiska oddziaływające nie tylko na poziom bezpieczeństwa załogi podczas prac górniczo-likwidacyjnych pod ziemią, czy też prac remontowo-demontażowych na powierzchni, lecz także na stan bezpieczeństwa mieszkańców na terenie pogórnym. Za teren pogórnym uważa się fragment powierzchni w granicach zniesionego obszaru górniczego po zlikwidowaniu zakładu górniczego i po wygaśnięciu koncesji na wydobywanie kopaliny (Kwiatek 2000).

Występujące na terenach pogórnym liczne zagrożenia, mające decydujący wpływ na stan bezpieczeństwa powszechnego, to:

- zagrożenie wodne i powodziowe, spowodowane podniesieniem do pierwotnego poziomu wód w górotworze w wyniku zaprzestania odwadniania wyrobisk górniczych,
- zagrożenie gazowe, spowodowane wypieraniem do gleby i przedostawaniem się do obiektów budowlanych toksycznych i wybuchowych gazów kopalnianych,

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.

² Jastrzębska Spółka Węglowa S.A.

- zagrożenie deformacjami ciągłymi terenu i obiektów budowlanych wznoszonych na terenach pogórnich, wymagające odpowiedniego ich zabezpieczenia przeciw ruchom podłoża,
- zagrożenia zapadliskowe, występujące w rejonach płytkiej eksploatacji górniczej,
- zagrożenia wstrząsami, spowodowane aktywnością sejsmiczną górotworu w wyniku reaktywacji starych zrobów.

W artykule przedstawiono analizę deformacji ciągłych przypowierzchniowej warstwy górotworu oraz aktywności sejsmicznej obszaru kopalni „Morcinek” po zaprzestaniu eksploatacji.

1. MIEJSCE BADAŃ

Analizie poddano teren pogórnich byłej kopalni „Morcinek”, w której eksploatację zakończono 31.10.1998 roku. Kopalnia „Morcinek” wchodziła w skład Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. i była położona w najbardziej na południe wysuniętej części Rybnickiego Okręgu Węglowego, przy granicy z Republiką Czeską. Obszar górniczy kopalni nie sąsiadował z żadną czynną kopalnią polską, natomiast po stronie czeskiej znajduje się zagospodarowany górniczo obszar kopalni ČSM.

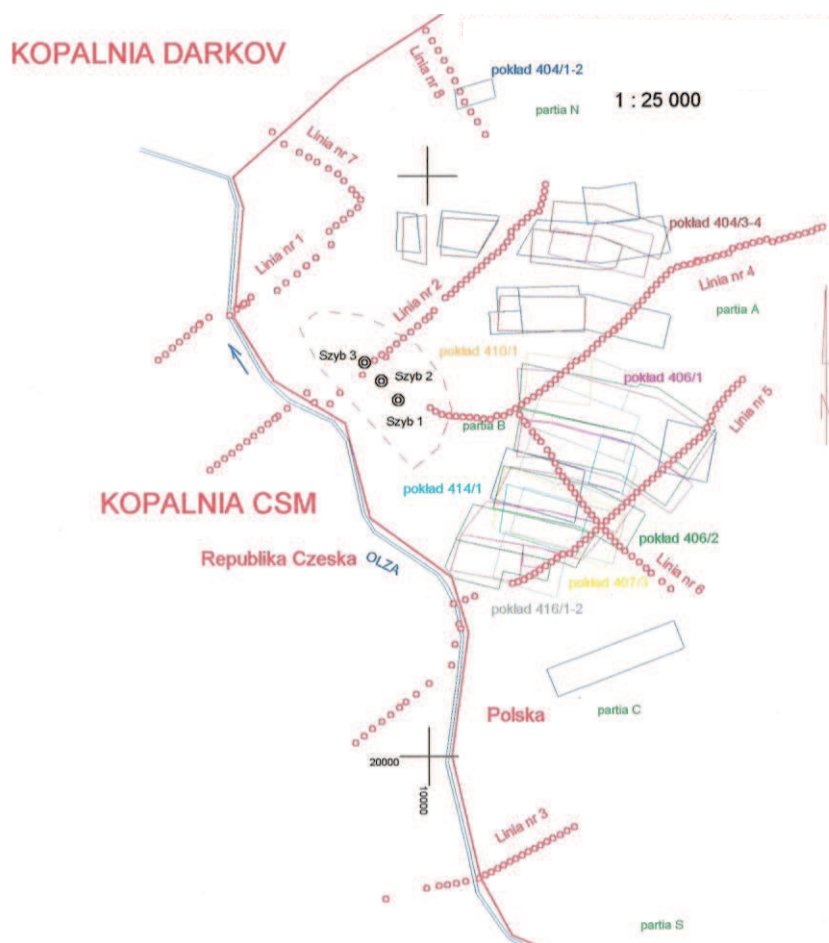
Budowę kopalni „Morcinek” rozpoczęto w 1978 roku, a eksploatację uruchomiono w pokładzie 404/1-2 w 1986 roku. Eksploatacja prowadzona w latach 1986–1998 była zlokalizowana w pokładach 404/1-2, 404/3-4, 406/1, 406/2, 407/3, 410/1, 414/1, 416/1-2, znajdujących się na głębokości 750–1100 m (rys. 1).

Złoże było udostępnione trzema szybami, które miały połączenia z poziomem wydobywczym 950 m i dwoma poziomami wentylacyjnymi 650 i 800 m. W budowie geologicznej złoża do głębokości 1500 m biorą udział warstwy czwartorzędowe, trzeciorzędowe, kredowe oraz karbońskie. Średnia miąższość pokładów węgla w czasie prowadzenia eksploatacji wynosiła 1,94 m.

Złoże charakteryzuje się bogatą tektoniką typu uskokowego, utworzoną z zespołu siedmiu dyslokacji o zrzutach od 20 do 300 m i kierunkach równoleżnikowych oraz trzech dyslokacji południkowych o zrzutach od 25 do 140 m. Dyslokacje te tworzą bloki tektoniczne o charakterze zrębów i rowów. Tak złożona tektonika, łącznie z kilkumetrowymi przemieszczeniami wewnątrz poszczególnych bloków, powodowała lokalne anomalie rozciągłości i zapadania warstw. Przebieg głównych dyslokacji tektonicznych spowodował wydzielenie w obszarze górniczym kopalni umownych partii eksploatacyjnych takich, jak partie: N, A, B, C, S.

Pod względem budowy geologicznej najlepiej rozpoznane były partie B i A w części, gdzie zalegały wiązki pokładów grupy rudzkiej. Partie S, N i C były rozpoznawane robotami górniczymi.

Podczas prowadzenia działalności górniczej stwierdzono, że w eksploatowanych pokładach występują przerosty, powodujące rozszczepienia i łączenia pokładów, przejścia w łupki węglowe i pogorszenie parametrów jakościowych pokładów. Wymienione zaburzenia geologiczne, a zwłaszcza zmienna grubość pokładów i skokowe zmiany jakości węgla spowodowały znaczne utrudnienia w eksploatacji



Rys. 1. Fragment obszaru KWK Morcinek z dokonaną eksploatacją oraz liniami pomiarowymi

Fig. 1. Sample of the Morcinek coal mine area with the exploitation carried out and with measurement lines

złoża (Jakubów, Nawrat 2000). Roboty górnicze były prowadzone w warunkach IV kategorii zagrożenia metanowego, I stopnia zagrożenia tąpnięciami, a w zależności od usytuowania rejonu robót od stropu karbonu – w warunkach zagrożenia wodnego I, II lub III stopnia. Z uwagi na skomplikowaną tektonikę, jak również zmienność zalegania pokładów oraz istniejące zagrożenia naturalne, eksploatacja złoża stawała się pod względem ekonomicznym nieopłacalna. W związku z trwałą nierentownością, Kopalnia Węgla Kamiennego „Morcinek” została postawiona w 1998 roku w stan likwidacji.

W wyniku eksploatacji dużym zmianom uległy stosunki hydrogeologiczne oraz gazowe. W efekcie w górotworze wytworzyły się partie odwodnione i odgazowane tworząc lej depresyjny, którego zasięg na powierzchni terenu sięgał około 3285 m. Według stanu na 01.01.1998 rok z kopalni przez cały okres eksploatacji odprowadzono 13,84 mln m³ wody i 189,24 mln m³ metanu. Uwzględniając objętość pustek po

dokonanej eksploatacji, która wyniosła około 2,6 mln m³ oraz całkowity dopływ wody do kopalni 1,33 m³/min, można przyjąć, że czas odbudowania się słupa wody do zatopienia kopalni wynosił 1357 dni, tj. 3,7 lat, a zatem obecnie kopalnia jest już zatopiona.

1.1. Zastosowana technologia likwidacji kopalni

Likwidacja wyrobisk eksploatacyjnych kopalni „Morcinek” obejmowała demontaż maszyn i urządzeń stanowiących wyposażenie frontu ścianowego oraz otamowanie rejonów wentylacyjnych zlikwidowanych ścian korkami przeciwwybuchowymi. Podczas likwidacji wyrobisk korytarzowych i komorowych z sieci wentylacyjnej kopalni były wyłączane poszczególne rejony wentylacyjne, które po wytransportowaniu z nich wyposażenia były sukcesywnie otamowywane tamami murowymi lub korkami przeciwwybuchowymi. W ostatniej fazie likwidacji wyrobisk podziemnych wykonano korki izolacyjno-oporowe na podszybiach szybów I, II III. Miały one zabezpieczać przed ewentualną migracją materiału zasypowego z rur szybowych do podszybi (Jakubów, Nawrat 1999, 2000). Z uwagi na zagrożenie metanem zaprojektowano wykonanie szczelnych korków oporowych, co miało umożliwić odizolowanie wypływu metanu z kopalni do szybów w celu ich bezpiecznego podsadzania. Korki te z uwagi na naturalny dopływ wody miały również umożliwić odprowadzanie wody. Korki izolacyjno-oporowe wypełniano ekopianą lub materiałem durafoam i doszczelniano mariflexem S/GE 20. Zamykano je tamami ryglowymi drewnianymi lub murowymi. Długość korka była zależna od przekroju wyrobiska i wynosiła od 4 do 8 m.

Przyszybowe korki izolacyjno-oporowe miały stanowić szczelne oddzielenie wyrobisk dołowych od szybów i stanowić zabezpieczenie przed wypływem metanu ze zrobów do szybów, a równocześnie, przez przeprowadzone przez korki rury zaopatrzone w syfony, spełniać warunek wodoprzepuszczalności.

W kwietniu 1999 roku rozpoczęto zasypywanie szybu II kamieniem i pospółką żwirową w stosunku 4:1. Po dwóch miesiącach zakończono likwidację szybu, wsypując ogółem 133 919 ton materiału.

W maju 1999 roku przystąpiono do zasypywania szybu I mieszaniną kamienia, piasku, pyłu oraz iłu. Podczas zasypywania szybu I w dniu 28.06.1999 roku nastąpiło obsunięcie materiału zasypowego o 379 m, tj. z poziomu 608 m do poziomu 987 m. Przy średnicy szybu 8 m objętość materiału zasypowego, który przedostał się z szybu do poziomych wyrobisk kopalni, wyniosła 19 041 m³. Po obsunięciu się materiału nadal kontynuowano zasypywanie szybu I, aż do jego wypełnienia. Zasypywanie szybu I zakończono w dniu 06.08.1999 roku, tj. po około trzech miesiącach, wsypując łącznie 238 304 t materiału zasypowego, w tym 219 276 t kamienia, 13 328 t piasku, 4300 t pyłu oraz 1400 t iłu.

Podczas przygotowań do zasypywania szybu III, w dniu 24.06.1999 roku nastąpiło zapalenie, a następnie wybuch metanu. W ramach profilaktyki przeciwwybuchowej do szybu III podawano wodę oraz zatłaczano azot w celu uzyskania mieszaniny zinertryzowanej i niewybuchowej. Równocześnie od dnia 28.06.1999 roku rozpoczęto podawanie do szybu III pyłów dymnicowych. Od dnia 31.08.1999 roku

zaprzesztao podawania pyłów, natomiast rozpoczęto zasypywanie szybu III kamieniem popłuczkowym. Podczas zasypywania szybu III nastąpiło dwukrotne obsunięcie się materiału (o 436 m w dniu 10.09.1999 roku i 594 m w dniu 01.10.1999 roku). Ilość materiału zasypowego, jaka przedostała się z szybu do wyrobisk poziomych kopalni wyniosła odpowiednio 21 905 m³ i 29 843 m³. Większość materiału zasypowego była podawana z wodą (mieszanina pyłów oraz mokry kamień popłuczkowy) i przez długi czas znajdował się nad nim słup wody, powodując wzrost ciśnienia hydrostatycznego. Ciśnienie to, w odróżnieniu od ciśnienia w materiale suchym, jest funkcją głębokości. W zależności od uziarnienia zmniejsza się siła tarcia między ziarnami aż do stanu, w którym materiał wypełniający zaczyna zachowywać się jak ciecz tiksotropowa. Oznacza to, że przy minimalnym bodźcu mechanicznym, jak wstrząs czy obsunięcie się materiału, dochodzi do całkowitego jego upłynnienia. W przypadku nagłego upłynnienia wzrost ciśnienia dynamicznego może być bardzo duży, co było prawdopodobną przyczyną przerwania korków izolacyjno-oporowych na podszybiach i obsuwania się materiału zasypowego. Po czterech miesiącach zakończono likwidację szybu III, wsypując ogółem 236 102 tony materiału zasypowego.

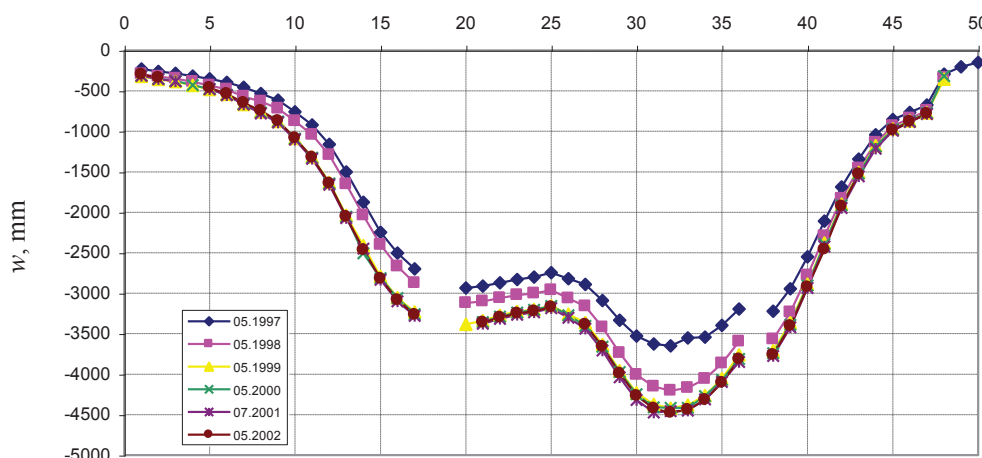
Obsuwanie się materiału zasypowego z szybu do wyrobisk poziomych kopalni nie mogło pozostać bez wpływu na osiadanie powierzchni. Ogółem do wyrobisk poziomych kopalni przedostało się 70 789 m³ materiału zasypowego, który spowodował podsadzenie ponad 5 000 m.b. wyrobisk.

2. WPLYW EKSPLOATACJI NA POWIERZCHNIĘ

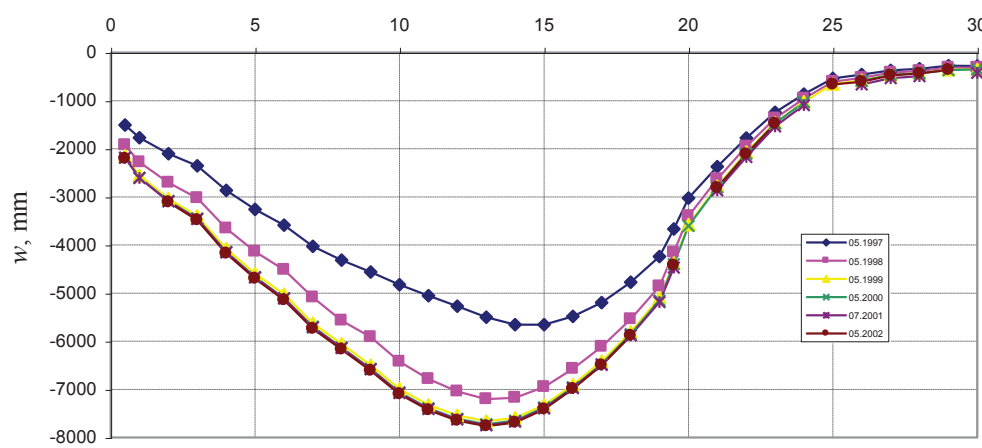
W celu obserwacji ruchów powierzchni terenu w obszarze kopalni „Morcinek” zarówno po stronie polskiej, jak i czeskiej zastabilizowano szereg punktów pomiarowych, które przedstawiono na rysunku 1. Ciągi poligonowe tworzyły osiem linii pomiarowych, z czego linia nr 2 przecinała filar szybów głównych. Jako pierwszą założono linię pomiarową nr 1 – w grudniu 1984 roku, następnie linię pomiarową nr 2 (grudzień ’84 – kwiecień ’87) oraz linie nr 5 i nr 6 – luty ’90, a także linie nr 7 i nr 8 – w lutym ’98. Najbardziej intensywna eksploatacja była prowadzona w rejonie południowo-wschodnim, tj. w partii B kopalni, stąd dla określenia wielkości przemieszczeń pionowych wykorzystano dwa ciągi, tj.: linię pomiarową nr 5 (rys. 2) i linię nr 6 (rys. 3).

Większość linii pomiarowych bądź nie przecinała krawędzi parcel eksploatacyjnych, bądź też biegła wzdłuż ich granic. Położenie takie należało uznać za niekorzystne w przypadku, gdy na podstawie obniżeń zarejestrowanych pomiarami geodezyjnymi z tych linii chce się wyznaczyć wielkości parametrów teorii Budryka-Knothege. Pod tym względem najbardziej odpowiednio była położona linia nr 6 złożona z punktów o numerach 1–30, gdyż przechodziła nad środkiem obrysu eksploatacji w partii B.

Wykonane analizy wykazały, że wraz z rozwojem eksploatacji zwiększała się wartość $\text{tg } \beta$ oraz, że współczynnik osiadania a miał wartość typową dla GZW, co wskazywało na typowy przebieg obniżeń górotworu w partii B. Na liniach 4 i 6



Rys. 2. Wyniki obniżeń w czasie na linii pomiarowej nr 5: 0–50 numery punktów pomiarowych, w – obniżenie
Fig. 2. Results of subsidence in time on measurement line No. 5, w – subsidence



Rys. 3. Wyniki obniżeń w czasie na linii pomiarowej nr 6: 0–30 numery punktów pomiarowych, w – obniżenie
Fig. 3. Results of subsidence in time on measurement line No. 6, w – subsidence

maksymalne stwierdzone pomiarem, obniżenie wynosiło 5,65 m (do maja 1997 r.) – punkt nr 14. Punkt ten znajdował się w zasięgu wpływów eksploatacji dokonanych w pokładach 406/1, 406/2, 407/3 i 416/1 na sumaryczną miąższość około 13 m. Gdyby w każdym z wybieranych pokładów eksploatacja pod analizowanym punktem pomiarowym była dostatecznie rozległa, to wytworzyłaby się pełna niecka obniżeniowa, charakteryzująca się maksymalnym obniżeniem około 10,4 m. Ponieważ analizowany punkt był usytuowany między innymi nad krawędzią eksploatacji pokładu 407/3, sprawiło to, że przyrost obniżenia spowodowany dokonaną eksploatacją nie przekraczał 50% wartości maksymalnej osiadania powierzchni terenu. Podobna sytuacja występowała w pokładzie 416/1, w którym ponadto pod analizowanym punktem zalegał niewybrany pas calizny, wytworzony między polami ścian B-2

i B-4. Eksploatację w pozostałych pokładach charakteryzowały także niewielkie, w stosunku do dużej głębokości, pola wybierania. W konsekwencji na powierzchni terenu wpływy końcowe spowodowane eksploatacją wystąpiły w postaci tzw. niecki niepełnej, stąd też maksymalne zmierzone obniżenie na linii pomiarowej wynosi 5,6 m.

Analiza pomiarów wykazała ponadto, że w rejonie punktów 24–26 linii 6 uwidocznił się na powierzchni wpływ strefy uskokowej, co świadczyłoby o typowym przebiegu obniżania się górotworu również w strefie uskokowej. W świetle przeprowadzonej analizy nie było podstaw do stwierdzenia, że sztywne warstwy skalne powstrzymują proces obniżania się warstw górotworu, co mogłoby stwarzać wzrost zagrożenia wstrząsami wysokoenergetycznymi w następstwie gwałtownego przyrostu obniżenia. Wyniki, które poddano analizie dotyczą lat 1997–2002. Całkowite przemieszczenia pionowe, uzyskane w roku 1997 i 1998, dotyczą stanu, gdy w kopalni prowadzono eksploatację górnictwem, natomiast wyniki z lat następnych dotyczą tzw. opóźnionych deformacji ciągłych na terenie pogórnictwa.

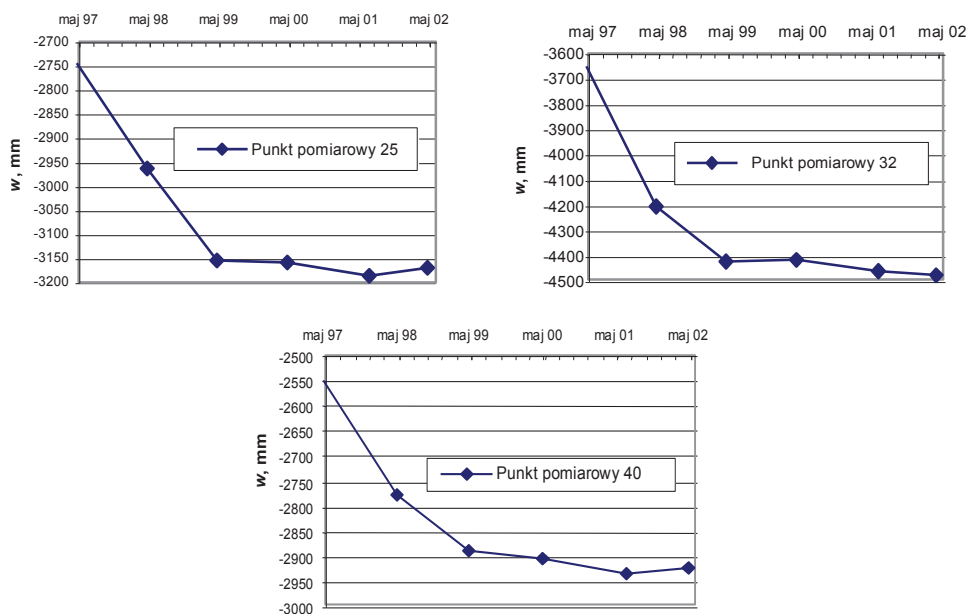
Maksymalne obniżenia powierzchni terenu do czasu zatrzymania eksploatacji zaobserwowano na odcinku między punktami 30–34 na linii pomiarowej nr 5 (nad parcelami w partii B) i wynosiły one 4476 mm (punkt 32), natomiast na linii nr 6 maksymalne obniżenie odnotowano między punktami 11–15 i wynosiły one 7765 mm (punkt 13).

Analizując przyrosty obniżeń w okresach rocznych w poszczególnych punktach na linii nr 6 (tabl. 1) zauważono, że w latach 1997–1998 maksymalne przyrosty wynosiły 1596 mm w 1997 roku i 1297 mm w 1998 roku, natomiast w latach kolejnych: 150 mm – 1999 rok, 14 mm – 2000 rok, 53 mm – 2001 rok i 31 mm – 2002 rok. W miarę upływu czasu na terenie pogórnictwa zaobserwowano pewne fluktuacje przemieszczeń pionowych, tzn. po okresie zmniejszania się wartości obniżeń następowały wypiętrzania sięgające nawet 58 mm. Zjawisko wypiętrzania było związane ze zmianą stosunków wodnych, tzn. z podniesieniem się poziomu wód. Pomiarów tego typu są nieliczne i dlatego nie zbadano jeszcze tych deformacji w wystarczającym zakresie (Fenk 1999).

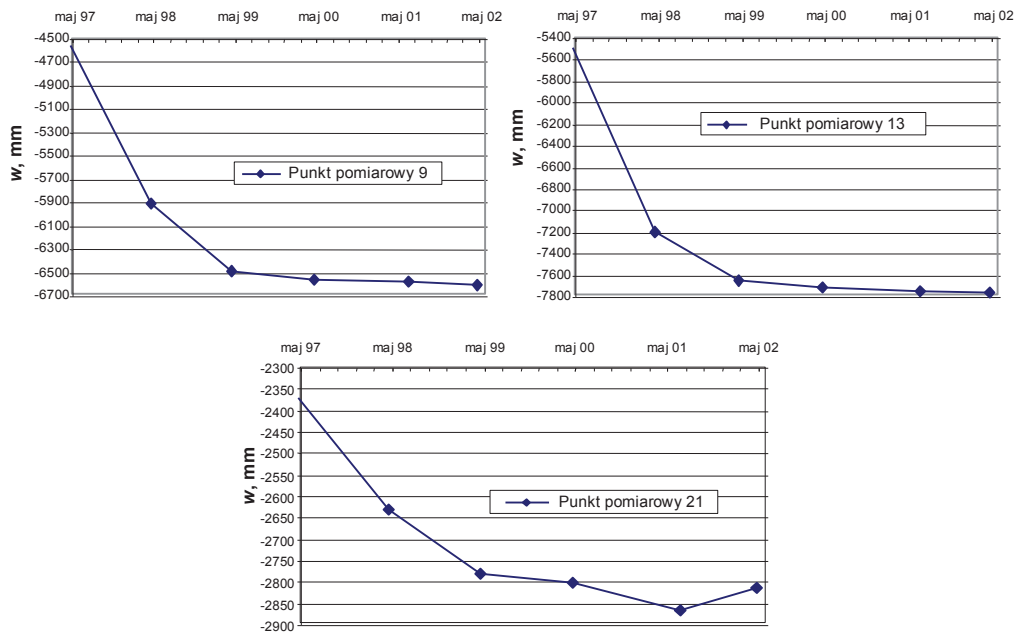
Kształtowanie się obniżeń całkowitych w czasie dla wybranych punktów na liniach pomiarowych nr 5 i nr 6 przedstawiono na rysunkach 4 i 5. Z analizy wynika, że deformacje ciągłe powierzchni, jakie występują po zakończeniu eksploatacji ujawniają się do kilku lat. Na ogół uważa się, że okres taki nie przekracza pięciu lat. Nie znaczy to jednak, że po tym okresie teren pogórnictwa stabilizuje się (Bromek, Kowalski, Kwiatek 2000). O wielkości i zakresie występowania deformacji ciągłych w danych warunkach górnictwo-geologicznych decyduje czas upływający od zakończenia eksploatacji, rodzaj górotworu, sposób kierowania stropem, jak również sposób likwidacji wyrobisk podziemnych. Występujące opóźnione deformacje ciągłe powierzchni o niewielkiej intensywności nie mają większego wpływu na konstrukcje obiektów budowlanych, ale wpływają na ich elementy wykończeniowe, uwidaczniając się przez rysy i pęknięcia. Przyjmuje się, że stabilizacja procesów deformacji powierzchni terenu następuje wtedy, gdy w okresie kolejnych trzech lat przyrosty obniżeń nie przekraczają 10 mm/rok i zbiegają do zera (Kowalski A. i inni 2000).

Tablica 1. Przyrosty obniżeń w okresach rocznych dla linii pomiarowej nr 6

Nr punktu	1996–1997	1997–1998	1998–1999	1999–2000	2000–2001	2001–2002
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	-168	-159	-68	-2	4	-19
1	-236	-191	-88	-1	-8	
2	-314	-228	-106	-3	-6	-20
3	-375	-262	-118	-3	-11	-22
4	-494	-336	-133	-3	-8	-25
5	-576	-403	-144	-4	-9	-26
6	-639	-436	-150	-14	-4	-31
7	-716	-563	-148	0	-14	-27
8	-758	-747	-147	0	-9	-26
9	-787	-853	-141	7	-8	-26
10	-825	-1106	-143	2	-10	-26
11	-882	-1247	-139	2	-10	-24
12	-988	-1297	-136	3	-11	-20
13	-1148	-1242	-131	13	-12	-19
14	-1347	-1077	-127	10	-15	-19
15	-1506	-864	-125	13	-15	-18
16	-1579	-676	-117	18	-10	-19
17	-1596	-524	-108	8	-10	-5
18	-1552	-397	-100	20	-10	-5
19	-1467	-287	-89	-8	-15	
20	-1326	-200	-81	6	-24	50
20	-1106	-132	-70	-7		0
21	-825	-80	-55	-10	-40	53
22	-564	-50	-37	-5	-42	54
23	-337	-29	-26	-4	-40	54
24	-192	-16	-21	-1	-39	
25	-82	-5	-14			
26	-73	-8	-3	-4	-40	56
27	-63	-20	-4	5	-38	58
28	-57	-25	-3	-4	-52	56
29	-52	-22	-2	-10		
30	-42	-25	-6	2	-53	



Rys. 4. Zmiany obniżeń w czasie dla punktów pomiarowych 25, 32 i 40: w – obniżenie
 Fig. 4. The changes of subsidence in time for measurement points No. 25, 32, 40: w – subsidence



Rys. 5. Zmiany obniżen w czasie dla punktów pomiarowych 9, 13 i 21: w – obniżenie
 Fig. 5. The changes of subsidence in time for measurement points No. 9, 13, 21: w – subsidence

3. AKTYWNOŚĆ SEJSMICZNA GÓROTWORU

Wpływy eksploatacji górniczej na górotwór oraz powierzchnię terenu, objawiające się w postaci wstrząsów, są rejestrowane także podczas procesów likwidacyjnych. Pewnym utrudnieniem w realizacji badań związanych z oceną aktywności sejsmicznej jest fakt, że kopalniana sieć sejsmologiczna jest z reguły likwidowana w kilka miesięcy po zaprzestaniu wydobywania. Wynika to między innymi z harmonogramów likwidacji poszczególnych wyrobisk podziemnych, w których lokalnie zabudowane są również stanowiska sejsmometrów (Dubiński 1999). Wyjątkiem może być teren pogórnicy kopalni „Morcinek”, gdzie dzięki istniejącej sieci sejsmologicznej w sąsiedniej kopalni ČSM (Republika Czeska), bezpośrednio przy granicy państwa, możliwa jest rejestracja wstrząsów górotworu.

Na podstawie porozumienia zawartego w dniu 24.09.1999 roku na 13 posiedzeniu Dwustronnej Międzyrządowej Komisji ds. współpracy przy eksploatacji węgla kamiennego w rejonie wspólnej polsko-czeskiej granicy państwowej, była prowadzona wymiana informacji o wstrząsach górotworu o energiach powyżej $1,0 \cdot 10^4$ J, zaistniałych po obu stronach granicy państwowej. Analiza porównawcza tych samych wstrząsów rejestrowanych przez stacje sejsmologiczne obu krajów wykazała, że w kopalni ČSM energia była o połowę rzędu wielkości zaniżona. Po zlikwidowaniu Stacji Geofizyki Górniczej kopalni „Morcinek” zaistniałe wstrząsy wysokoenergetyczne nadal mogą być rejestrowane przez stacje geofizyki górniczej kopalń „Jas-Mos” i „Zofiówka” oraz przez sieć sejsmologiczną kopalń czeskich.

Wykonanie analizy aktywności sejsmicznej pogórnicy jest możliwe jedynie przy uwzględnieniu sejsmiczności indukowanej w okresie eksploatacji złoża. Z obserwacji sejsmologicznych do czasu zakończenia eksploatacji wynika, że zdecydowana większość wstrząsów była indukowana prowadzonymi robotami górniczymi. Aktywność sejsmiczna występująca w kopalni była zmienna w czasie, a jej intensywność była uzależniona od stopnia zaangażowania robót górniczych w pokładach zagrożonych tąpnięciami. Skomplikowana budowa geologiczna oraz grube kompleksy piaskowców zdolne do akumulowania energii sprężystej, jak również duża głębokość eksploatacji i liczne zaszczości eksploatacyjne sprzyjały występowaniu wstrząsów. Pomimo, że niektóre wstrząsy wysokoenergetyczne zaistniałe pod ziemią były odczuwane na powierzchni przez mieszkańców tych terenów, wzbudzając ich zaniepokojenie, to w czasie istnienia kopalni nie stwierdzono niszczącego działania drgań wywołanych wstrząsami górniczymi na zabudowę, jak też na infrastrukturę techniczną podziemną i naziemną (Jakubów, Nawrat 1999). Rejestrowana od 1993 roku aktywność sejsmiczna w kopalni „Morcinek” była niska i nie stanowiła zagrożenia dla prowadzonych robót górniczych. Od 1995 roku zaczęło przybywać wstrząsów o większych energiach, a najwyższa pod względem energetycznym, jak również ilościowym aktywność sejsmiczna wystąpiła w latach 1997–1998 (tabl. 2).

Tablica 2. Zestawienie wstrząsów, jakie wystąpiły w byłej kopalni „Morcinek” w latach 1993–1999

Rok	Liczba wstrząsów o energii rzędu, J					Suma	Sumaryczna energia, J
	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶		
1993	251	59	1	0	0	311	2,5·10 ⁵
1994	86	34	3	0	0	123	2,2·10 ⁵
1995	20	19	11	1	0	51	1,1·10 ⁶
1996	114	73	85	1	0	273	2,91·10 ⁶
1997	677	1 151	95	0	0	1 923	5,99·10 ⁶
1998	1 058	1 267	94	0	0	2 419	6,66·10 ⁶
1999	55	49	5	0	0	109	2,09·10 ⁵
Razem	2 261	2 652	294	2	0	5 209	1,74·10⁷

Przez cały okres istnienia Stacji Geofizyki Górniczej, tj. od 01.02.1993 do dnia 28.02.1999 roku zarejestrowano ogółem 5209 wstrząsów, w tym 2652 wstrząsy o energii rzędu 10³ J, 294 wstrząsy o energii 10⁴ J oraz dwa wstrząsy o energii rzędu 10⁵ J. Przy czym w okresie między zaprzestaniem eksploatacji w kopalni w listopadzie 1998 roku a likwidacją Stacji Geofizyki Górniczej w lutym 1999 roku następowało sukcesywne zmniejszanie aktywności sejsmicznej (w listopadzie zarejestrowano 97 wstrząsów, tj. zmniejszanie w stosunku do października o 221 wstrząsy, w grudniu 50 wstrząsów, a więc dalsze zmniejszenie o 47 wstrząsów, w styczniu 1999 roku 43 wstrząsy oraz w lutym 66 wstrząsów).

W tablicy 3 zawarto zestawienie wstrząsów o energii powyżej 10² J, które zarejestrowano w latach 1997–2002, przy czym wstrząsy z roku 1997 i 1998 zostały zarejestrowane przez Stację Geofizyki Górniczej kopalni „Morcinek”, natomiast wartości z lat następnych pochodzą z sieci sejsmologicznej kopalni ČSM.

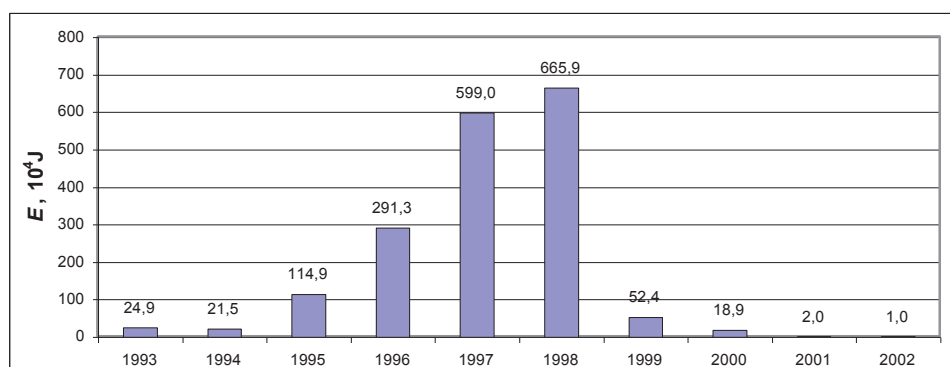
Po 28.02.1999 roku dalsze prace likwidacyjne były prowadzone bez możliwości obserwacji sejsmologicznej sieci kopalnianej. Nie ulega wątpliwości, że w tym okresie istniała także aktywność sejsmiczna górotworu, którą wiązać należy z pozostałymi

Tablica 3. Zestawienie wstrząsów, jakie wystąpiły w byłej kopalni „Morcinek” w latach 1997–2002

Energia, J	Liczba wstrząsów						Razem
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
10^3	1151	1267	33	2	2	3	2458
10^4	95	94	5	3	1	0	198
10^5	0	0	2	0	0	0	2
Ogółem	1246	1361	40	5	3	3	2658

naprężeniami górotworu w rejonach dokonanej eksploatacji górniczej. Rejestracja wstrząsów górotworu była możliwa dzięki istniejącej w kopalni ČSM sieci sejsmologicznej. Stanowiska sejsmometrów odległe są od granicy byłej kopalni „Morcinek” od 300–1500 m. Obserwacja ta niestety była obarczona pewnym błędem pomiarowym (zarówno lokalizacja zjawiska, jak i wielkość energii) z uwagi na położenie obserwowanego rejonu na zewnątrz sieci sejsmologicznej. Ponadto wstrząsy o energiach poniżej 10^3 J były rejestrowane w ograniczonym zakresie. Potwierdzeniem tego jest porównanie aktywności zarejestrowanej przez Stację Geofizyki Górniczej kopalni „Morcinek” w okresie I–II 1999 roku – ogółem zarejestrowano 109 wstrząsów – natomiast w tym samym okresie sieć sejsmologiczna kopalni ČSM zarejestrowała tylko 1 wstrząs o energii rzędu 10^3 J. W związku z powyższym dane z obserwacji sejsmologicznych sieci kopalni ČSM należy uważać za znacznie zanizone pod względem ilościowym.

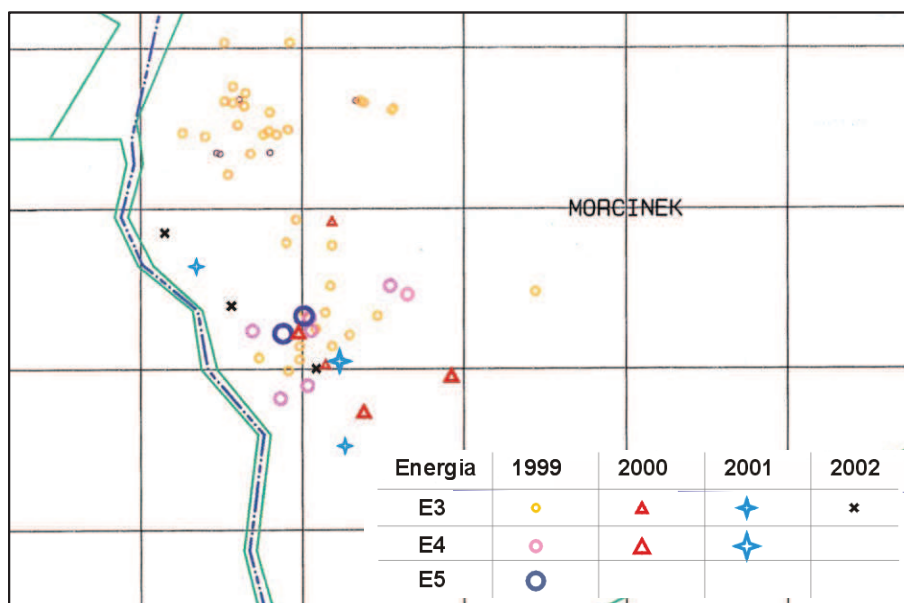
Porównując natomiast energię sejsmiczną wyemitowaną z górotworu w czasie eksploatacji z okresem po zakończeniu eksploatacji wyraźnie widać zanik aktywności sejsmicznej (rys. 6).



Rys. 6. Energia sejsmiczna wydzielona z górotworu w latach 1993–2002: E – energia

Fig. 6. Seismic energy emitted by rock mass in the years 1993–2002: E – energy

W okresie od 01.01.1999 do 31.12.2002 roku zarejestrowano w obszarze górniczym byłej kopalni „Morcinek” ogółem 51 wstrząsów o energiach większych od $1,0 \cdot 10^3$ J. W drugiej połowie sierpnia 1999 roku wystąpił okres wzmożonej emisji sejsmicznej w postaci wstrząsów niskoenergetycznych i średnioenergetycznych lokalizowanych przez kopalnię ČSM we wschodniej części obszaru górniczego kopalni „Morcinek” (rys. 7). Zarejestrowano również dwa wstrząsy o energii rzędu 10^5 J.



Rys. 7. Mapa z lokalizacją wstrząsów które wystąpiły po zakończeniu eksploatacji: E – energia

Fig. 7. Map presenting the location of quakes occurring after the finished of exploitation: E – energy

Z uwagi na lokalizację wstrząsów na zewnątrz sieci sejsmologicznej kopalni ČSM, ich przybliżoną energię oraz prowadzoną w tym czasie eksploatację po stronie czeskiej, jak również stopniowe dociążanie górotworu przez zasypywanie szybów oraz zatapianie wyrobisk górniczych i zrobów kopalni „Morcinek”, powyższa sytuacja wymaga przeprowadzenia wnikliwej analizy.

WNIOSKI

1. Deformacje ciągłe, które pojawiają się na terenach pogórnich zmierzają do ustalonego stanu asymptotycznego. Zanikający charakter tych deformacji wyklucza możliwość występowania większego zagrożenia dla terenu i posadowionych na nim budowli.
2. Zmiana stosunków wodnych na terenie pogórnym ma wpływ na wartość przemieszczeń pionowych rejestrowanych na powierzchni terenu, szczególnie gdy w górotworze występują warstwy o dużej porowatości.
3. Zaprzestanie eksploatacji powoduje szybkie zmniejszenie zarówno liczby wstrząsów, jak i energii sejsmicznej. W sejsmiczności pogórnich dominują wstrząsy o energii mniejszej od 10^4 J, przy czym zjawiska sejsmiczne występują nawet do kilku lat po zakończeniu wydobywania.
4. Proces odbudowywania się słupa wody po zatopieniu kopalni wpływa nie tylko na własności ośrodka skalnego, ale również na warunki geodynamiczne zlikwidowanej kopalni, w szczególności może powodować redystrybucję naprężeń w górotworze.

5. Likwidacja kopalnianej sieci sejsmologicznej, względnie likwidacja linii pomiarowych lub zaniechanie pomiarów na powierzchni terenu utrudniają wykonanie analizy sejsmiczności pogórnicznej, jak i opóźnionych deformacji na terenie pogórnicznym.

Literatura

1. Bromek T., Kowalski A., Kwiatek J. (2000): *Klasyfikacja terenów pogórnicznych. Człowiek i środowisko wobec procesu restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego*. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Kraków, IGSMiE PAN.
2. Dubiński J. (1999): *Problem sejsmiczności w likwidowanych kopalniach węgla kamiennego*. Materiały Konferencyjne Tapania '99. Prace Naukowe GIG, Seria Konferencje nr 32.
3. Fenk J. (1999): *Eine analitische Lösung zur Berechnung von Hebungen der Tagesoberfläche bei Flutung unterirdischer Bergwerksanlagen*. Sesja naukowa z okazji Jubileuszu 80-lecia AGH. Nauka i technika w rozwoju geodezji oraz inżynierii środowiska. Kraków, AGH.
4. Jakubów A., Nawrat S. (1999): *Rozwój zagrożenia sejsmicznego w okresie istnienia Kopalni Węgla Kamiennego „Morcinek”*. Materiały Konferencyjne Tapania '99. Prace Naukowe GIG, Seria Konferencje nr 32.
5. Jakubów A., Nawrat S. (2000): *Techniczne problemy likwidacji Kopalni Węgla Kamiennego „Morcinek”*. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Kraków, IGSMiE PAN.
6. Kowalski A. i inni (2000): *Eksploatacja górnicza a ochrona powierzchni. Doświadczenia z walbrzyskich kopalń*. Katowice, Wydaw. GIG.
7. Kwiatek J. (2000): *Obiekty budowlane na terenach górniczych*. Katowice, Wydaw. GIG.

Recenzent: dr inż. Andrzej Kowalski