

Marek CAŁA

Jerzy FLISIAK

Antoni TAJDUŚ

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

ASPEKTY EKONOMICZNE I TECHNICZNE WPŁYWU SPOSOBU LIKWIDACJI WYROBISK KORYTARZOWYCH I KOMOROWYCH NA DEFORMACJE POWIERZCHNI

Słowa kluczowe

Mechanika górotworu-deformacje powierzchni terenu-wyrobiska korytarzowe-wyrobiska komorowe-koszty likwidacji

Streszczenie

W oparciu o wyniki symulacji komputerowej wykazano, że na skutek procesów reologicznych zachodzących w górotworze w likwidowanych kopalniach niszczeniu może ulegać obudowa wyrobisk chodnikowych i korytarzowych, co w konsekwencji prowadzić może do wystąpienia deformacji na powierzchni terenu. Przedstawiono również ocenę oddziaływania na powierzchnię terenu niepodszczonych wyrobisk korytarzowych i komorowych o różnych wymiarach w zależności od głębokości ich lokalizacji. Wyniki tych analiz mogą być pomocne przy typowaniu wyrobisk, których podszczanie jest celowe. W końcowej części pracy zamieszczono przykład, który wskazuje, że podszczanie wybranych wyrobisk może być korzystne również z ekonomicznego punktu widzenia.

1. WSTĘP

Po zakończeniu eksploatacji w kopalniach pozostają różnego rodzaju pustki w postaci niepodszczonych wyrobisk korytarzowych i komorowych o zróżnicowanych wymiarach i kształtach. Dotychczasowa praktyka likwidacji kopalń ogranicza się w zasadzie do otamowania wyrobisk przyszybowych oraz zasypania szybów różnego rodzaju materiałami odpadowymi lub materiałami skalnymi (Czaja 2001). Jedynie sporadycznie prowadzi się podszczanie materiałami odpadowymi komór zlokalizowanych w sąsiedztwie szybów. Taki sposób postępowania wynika przede wszystkim z przyczyn ekonomicznych. Podszczanie

bowiem rozległej sieci wyrobisk korytarzowych i komorowych jest niezmiernie kosztowne i czasochłonne. Niedostatek środków finansowych powoduje, że taki sposób postępowania jest racjonalny w perspektywie krótkiego okresu czasu, kiedy to bieżącą stateczność wyrobisk korytarzowych komorowych gwarantuje obudowa. Żywotność każdej obudowy jest jednak ograniczona. Poddawana jest ona bowiem działaniu różnych czynników, które w miarę upływu czasu wpływać będą na jej osłabienie. Konsekwencją tych procesów będzie niszczenie obudowy oraz spadek lub całkowita utrata jej podporności. Intensywność oraz skala procesów zachodzących w otoczeniu niepodszczonych wyrobisk komorowych i korytarzowych zależą będzie od szeregu czynników, z których najistotniejsze to głębokość lokalizacji, wymiary i kształt, rodzaj zastosowanej obudowy, własności wytrzymałościowe, odkształceniowe oraz reologiczne górotworu, itp. Przemieszczanie się skał do wyrobisk o zniszczonej obudowie wywoła określone konsekwencje na powierzchni terenu, które powinny być uwzględniane przy planowaniu zagospodarowania danego rejonu oraz podejmowania ewentualnych zabezpieczeń obiektów istniejących.

W pracy (Cała i in. 2001) przedstawiono metodykę prognozowania ekstremalnych wartości wskaźników deformacji powierzchni terenu, jakie wystąpić mogą na skutek samolikwidacji niepodszczonych wyrobisk korytarzowych i komorowych. Z przedstawionych tam rozwiązań wynika, że skala potencjalnej degradacji terenu zależą będzie przede wszystkim od głębokości, na jakiej wyrobiska są zlokalizowane oraz od ich wymiarów poprzecznych. Przy niewielkiej głębokości oraz znacznych wymiarach wyrobisk wystąpić mogą w bliżej nieokreślonej przyszłości duże wartości wskaźników deformacji, które mogą ograniczać wykorzystanie terenów do celów gospodarczych czy komunalnych oraz mogą być przyczyną uszkodzeń obiektów istniejących.

Na tej podstawie można sformułować tezę, że przed rozpoczęciem procesu likwidacji kopalni należy przeprowadzić szczegółową inwentaryzację wyrobisk podziemnych oraz sporządzić prognozę ich przyszłego oddziaływania na powierzchnię terenu. Prognoza ta powinna stanowić podstawę do wytypowania wyrobisk stwarzających największe zagrożenie oraz rozważenia możliwości ich podszcznienia. Podjęcie ostatecznej decyzji powinno być poprzedzone szczegółową analizą ekonomiczną, uwzględniającą doraźne koszty podejmowanych działań oraz perspektywiczne koszty ich zaniechania. Należy podkreślić, że pewne działania związane z likwidacją kopalń podziemnych mają charakter ostateczny i nieodwracalny. Do decyzji takich zaliczyć należy rezygnację z podszcznienia wyrobisk korytarzowych i komorowych przed likwidacją szybów.

W niniejszej pracy przedstawiono przykładowe wyniki symulacji komputerowej zachowania się niepodsadzonych wyrobisk przyszybowych w czasie. Wynika z niej, że na skutek procesów reologicznych zachodzących w górotworze i w obudowie może ona ulegać zniszczeniu po upływie stosunkowo niedługiego czasu. Przedstawiono również ocenę oddziaływania na powierzchnię terenu niepodsadzonych wyrobisk korytarzowych i komorowych o różnych wymiarach w zależności od głębokości ich lokalizacji. Wyniki tych analiz mogą być pomocne przy typowaniu wyrobisk, których podsadzanie jest celowe.

W końcowej części pracy zamieszczono przykład, w którym podjęto próbę oszacowania ekonomicznych skutków niepodsadzania wyrobisk korytarzowych i komorowych

2. WPŁYW CZASU NA ZACHOWANIE SIĘ NIEPODSADZONYCH WYROBISK PRZYSZYBOWYCH

Jak już wcześniej opisano, przy likwidacji kopalń najczęściej nie podsadza się wyrobisk wielkogabarytowych znajdujących się w otoczeniu szybu. Podsadzane są tylko rury szybowe. Przy takim sposobie likwidacji przyjmuje się dwa błędne założenia:

- wyrobiska te posiadają obudowę o takich parametrach, że nawet po wielu latach nie ulegnie ona zniszczeniu,
- ewentualne częściowe zniszczenie obudowy i zawalenie się wyrobisk nie spowoduje wystąpienia niebezpiecznych deformacji powierzchni terenu.

Problem ten jest bardzo złożony. Podziemne wyrobiska wielkogabarytowe nie mają praktycznie żadnego wpływu na deformacje powierzchni terenu do momentu zniszczenia ich obudowy. Wtedy, na skutek wypełnienia się wyrobiska skałami zniszczonymi, w pewnych niekorzystnych warunkach, na powierzchni mogą pojawić się deformacje grożące uszkodzeniem budowli na niej zlokalizowanych.

Poniżej przedstawiono przykład numerycznej analizy wpływu czasu na stateczność obudowy komory pomp zlokalizowanej w filarze szybowym (Tajduś i in. 2000). Analizę stateczności obudowy przeprowadzono wykorzystując program Metody Różnic Skończonych FLAC (Flac...2000, Flac...2000). Dla celów obliczeń przyjęto, że górotwór zachowuje się zgodnie z reologicznym modelem Burgersa. Model Burgersa w programie FLAC uzupełniony jest o element plastyczny z warunkiem Coulomba-Mohra. Określony jest on jako lepko-sprężysto-plastyczne zachowanie się dewiatora naprężenia i sprężysto-plastyczne zachowanie się tensora odkształceń objętościowych.

Analizowana komora pomp miała szerokość 10 m, wysokość 5 m i znajdowała się na

głębokości 300m. Obudowę komory stanowiła 40 cm warstwa betonu. We wszystkich rozpatrywanych modelach z górotworu wycięto tarczę o jednostkowej grubości, znajdującą się w płaskim stanie odkształcenia. Została ona podzielona na 4860 elementów i miała wymiary 40 m na 80 m. Na dolnej i obu bocznych krawędziach tarczy założono warunki przemieszczeniowe. Była ona obciążona ciężarem własnym wynikającym z grawitacji. W wyniku obliczeń otrzymano wartości składowych tensora naprężenia, wektora przemieszczenia oraz wyężenia górotworu w otoczeniu komory oraz w jej obudowie. Dla przykładu, na kolejnych rysunkach przedstawiono przemieszczenia górotworu w otoczeniu komory:

rys.1. – przemieszczenia górotworu w otoczeniu komory po upływie 1 roku,

rys.2. – przemieszczenia górotworu w otoczeniu komory po upływie 10 lat,

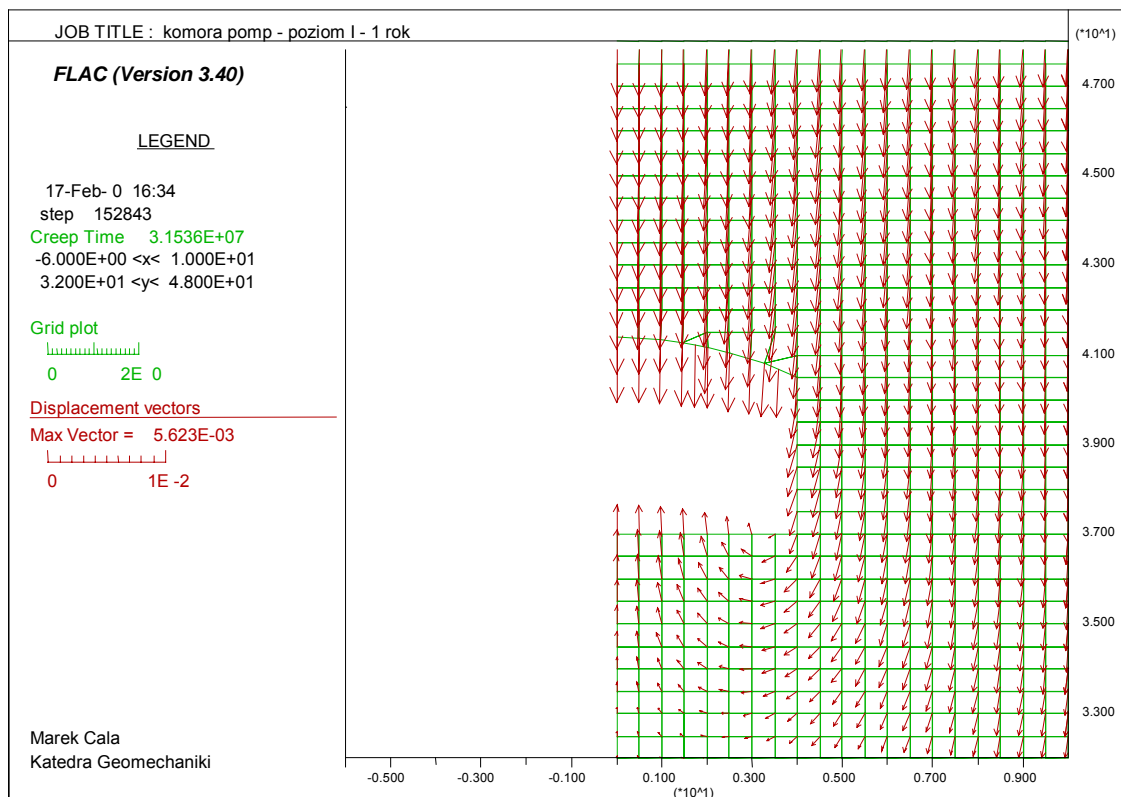
rys.3. – przemieszczenia górotworu w otoczeniu komory po upływie 20 lat,

rys.4. – przemieszczenia górotworu w otoczeniu komory po upływie 30 lat,

rys.5. – przemieszczenia górotworu w otoczeniu komory po upływie 50 lat.

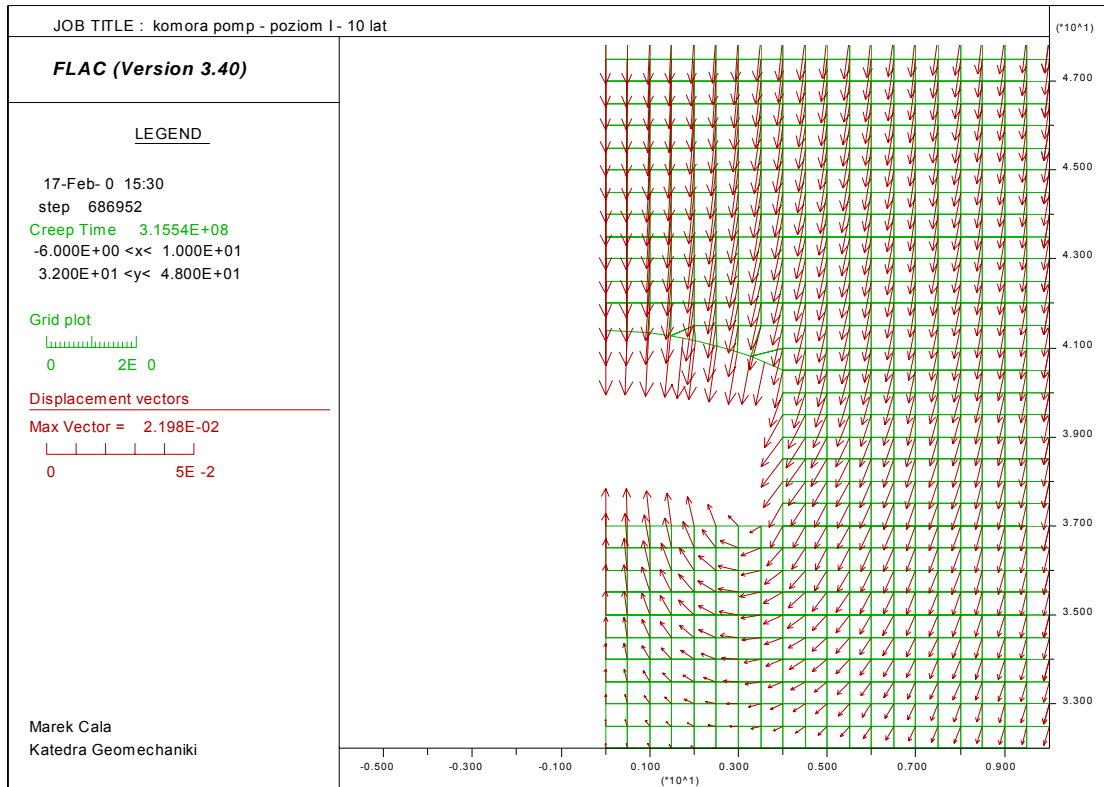
Z rysunków widać, że w miarę upływu czasu rosną przemieszczenia w otoczeniu komory.

Szczególnie wyraźny wzrost przemieszczeń występuje w spągu i stropie wyrobiska.



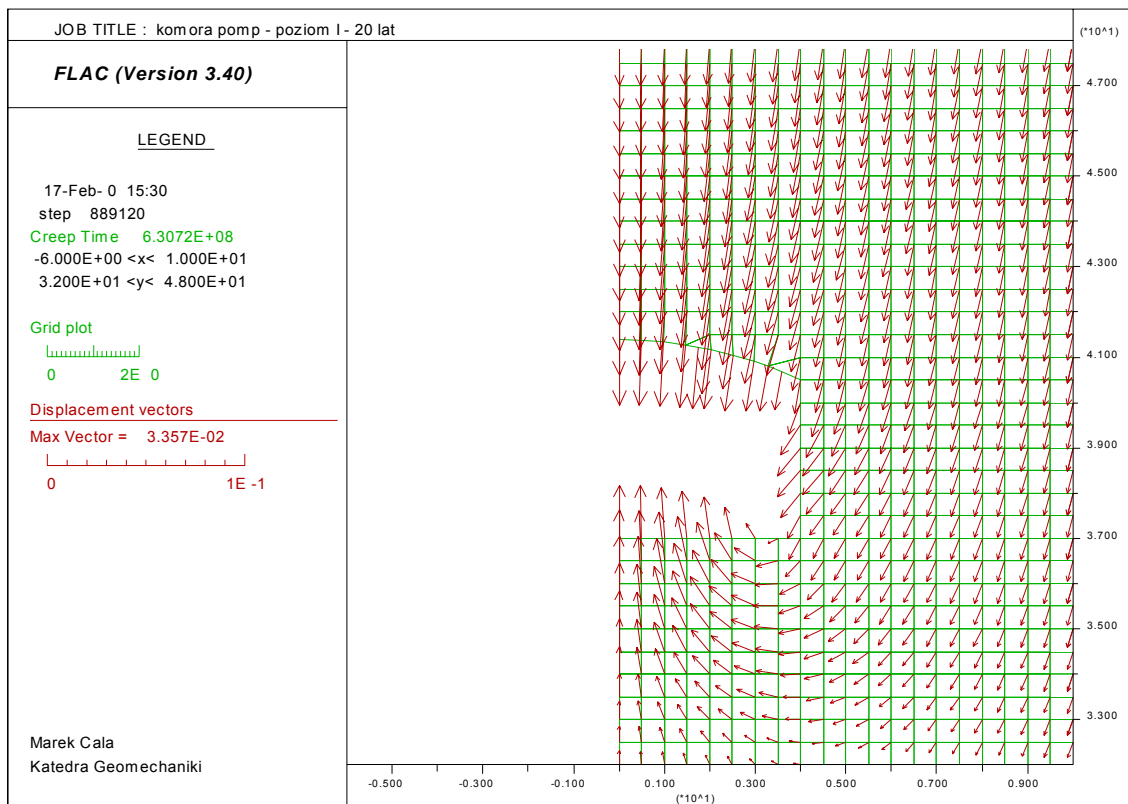
Rys.1. Przemieszczenia górotworu w otoczeniu komory po upływie 1 roku

Fig.1. Displacement of the rock mass in the vicinity of the cavern after 1 year



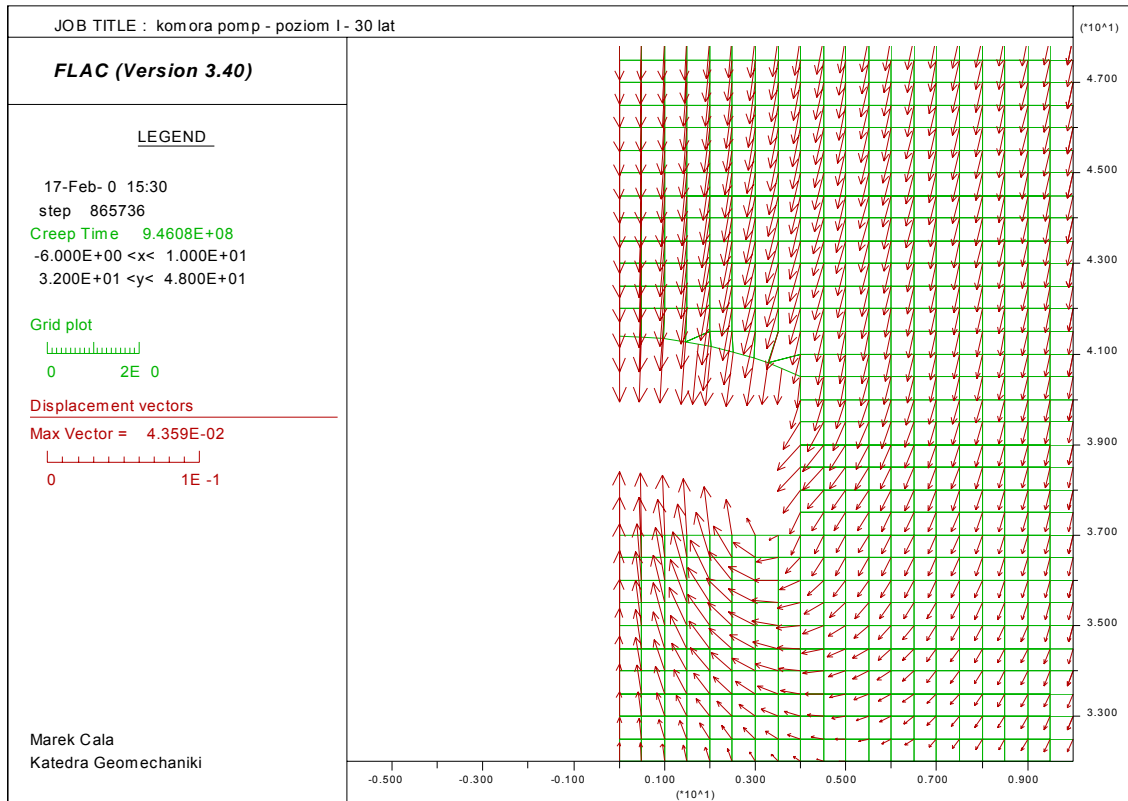
Rys.2. Przemieszczenia górotworu w otoczeniu komory po upływie 10 lat

Fig.2. Displacement of the rock mass in the vicinity of the cavern after 10 years



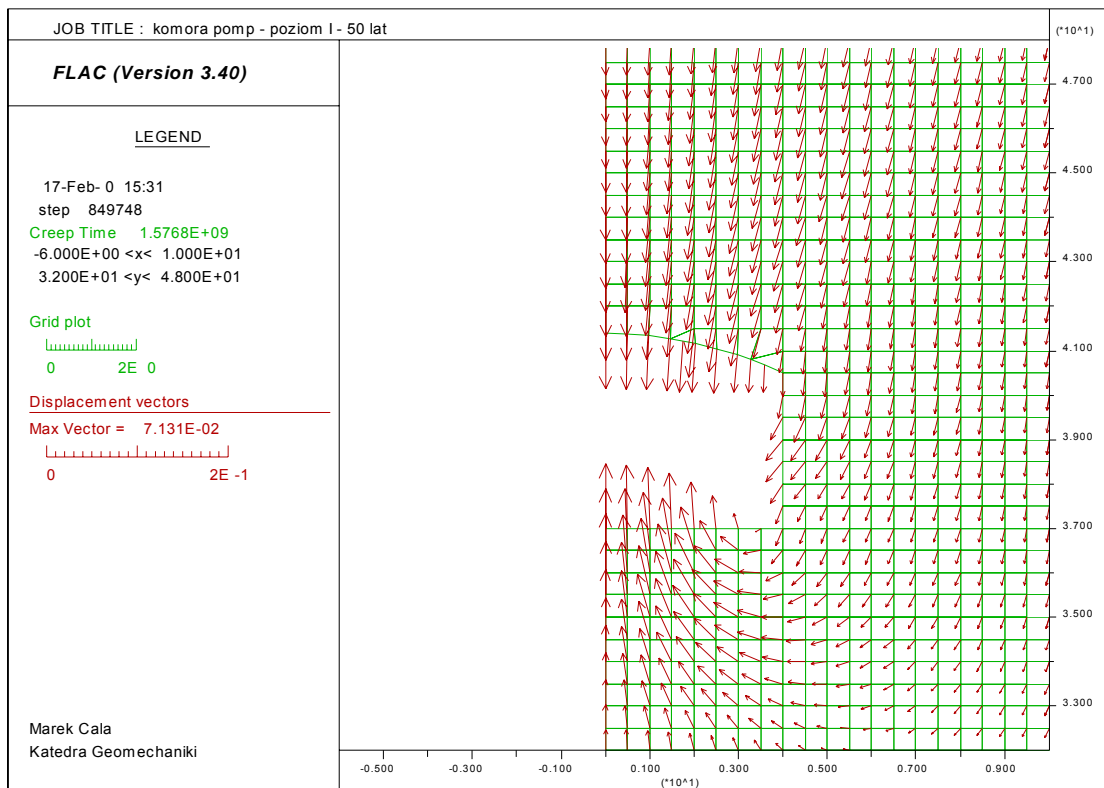
Rys.3. Przemieszczenia górotworu w otoczeniu komory po upływie 20 lat

Fig.3. Displacement of the rock mass in the vicinity of the cavern after 20 years



Rys.4. Przemieszczenia górotworu w otoczeniu komory po upływie 30 lat

Fig.4. Displacement of the rock mass in the vicinity of the cavern after 30 years



Rys.5. – przemieszczenia górotworu w otoczeniu komory po upływie 50 lat

Fig.5. Displacement of the rock mass in the vicinity of the cavern after 50 years

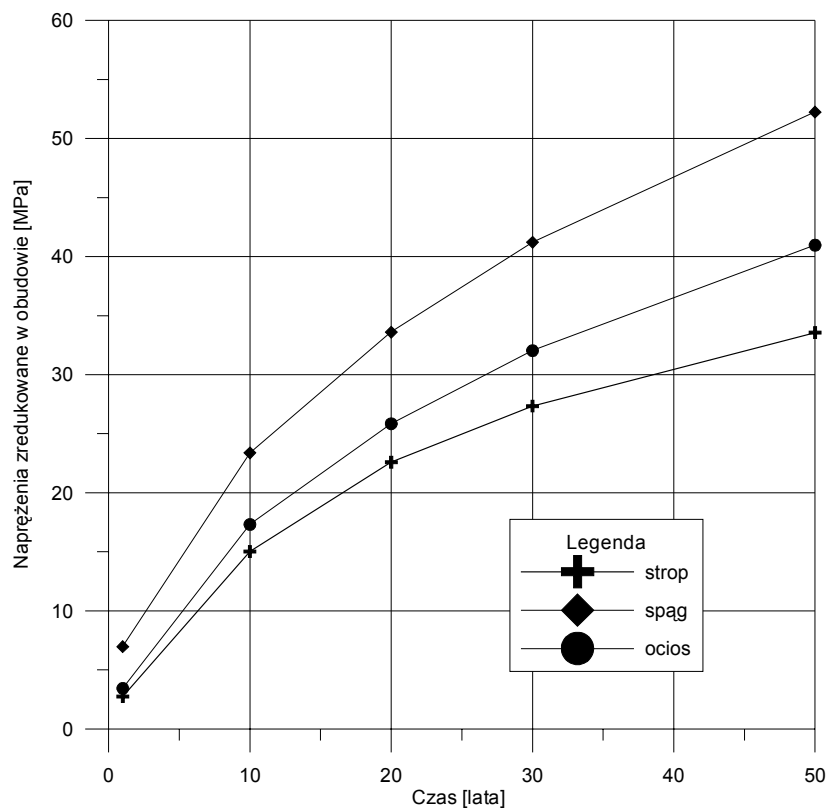
Maksymalne przemieszczenia w spągu komory po upływie 1 roku osiągają wartość około 5 mm i wzrastają do ponad 70 mm po upływie 50 lat. Tak duże wartości przemieszczeń górotworu wskazują na możliwość zniszczenia obudowy. Stąd też poniżej przeprowadzono analizę stanu obudowy wraz z upływem czasu.

Na podstawie określonych w wyniku obliczeń wartości sił tnących, osiowych oraz momentów gnących w poszczególnych elementach obudowy, obliczono naprężenia zredukowane, które wystąpią w różnych chwilach czasu. Wartości te przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Naprężenia zredukowane w poszczególnych elementach obudowy

Czas [lata]	Naprężenia zredukowane w stropie [MPa]	Naprężenia zredukowane w ociosach [MPa]	Naprężenia zredukowane w spągu [MPa]
1	2.73	6.964	3.42
10	15.03	23.37	17.31
20	22.58	33.60	25.84
30	27.34	41.21	32.03
50	33.56	52.24	40.96

Na rys. 6 pokazano zmienność naprężeń zredukowanych w stropie, ociosach i spągu komory wraz z upływem czasu.



Rys.6. Zmiany naprężeń zredukowanych w obudowie komory w miarę upływu czasu

Rys.6. Effective stress in the cavern lining as a function of time.

Na podstawie tego rysunku można przeprowadzić następujące rozumowanie. Założmy, że obudowa komory jest zbudowana z betonu, którego maksymalna wytrzymałość na ściskanie jest równa 40 MPa (nie uwzględniamy tutaj zjawiska obniżania się wytrzymałości z czasem, starzenia betonu etc.). Z wykresu widać, że po około 30 latach naprężenia zredukowane w ociosach przekraczają wartość 40 MPa, co może być utożsamiane z rozpoczęciem procesu utraty stateczności obudowy. Początkowo może to się objawić w postaci niewielkich rys, spękań czy też złuszczeń obudowy, które będą występowały głównie w ociosach komory. W miarę upływu czasu uszkodzenia te zaczną występować także w spągu wyrobiska. Można przypuszczać, że superpozycja zniszczenia spągu i ociosów wyrobiska oraz intensyfikacja tych procesów w miarę upływu czasu może doprowadzić do zniszczenia obudowy w stropie, a w efekcie do całkowitej utraty stateczności obudowy. To, z kolei, może doprowadzić do zawalenia się wyrobiska, czego konsekwencją mogą być deformacje powierzchni terenu.

3. OCENA WPŁYWU WYROBISK KORYTARZOWYCH NA POWIERZCHNIĘ TERENU

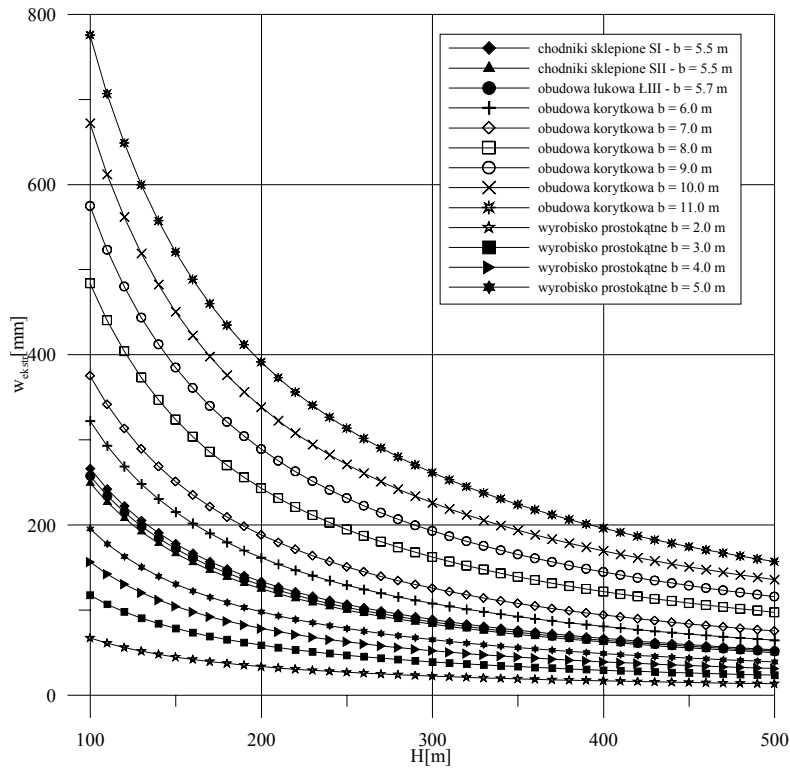
Wykorzystując metodykę zamieszczoną w pracy (Cała i in. 2001) przeprowadzono obliczenia ekstremalnych wartości wskaźników deformacji, jakie wystąpić mogą na powierzchni terenu na skutek zawalenia się wyrobisk korytarzowych o typowych kształtach i wymiarach (wg PN – 90/G-06010), a mianowicie:

- wyrobisk korytarzowych prostokątnych (P) o szerokości od 2.0 do 5.0 m i zgodnej z normą wysokości maksymalnej, wynoszącej od 2.4 do 2.8 m,
- wyrobiska korytarzowego sklepionego SI o wymiarach 5.5x4.5 m,
- wyrobiska korytarzowego sklepionego SII o wymiarach 5.7x3.7 m,
- wyrobiska korytarzowego łukowego ŁIII o wymiarach 5.7x3.8 m,
- wyrobisk korytarzowych w obudowie wykonanej z łuków korytkowych o profilu V21 o wymiarach od 6.0x 3.5 m do 11.0x5.1 m.

W obliczeniach, w których głębokość zmieniała się w zakresie od 100 do 500 m przyjęto, że współczynnik osiadania $a = 0.7$ a kąt zasięgu wpływów głównych $\beta = 63.43^{\circ}$ ($\text{tg } \beta = 2.0$).

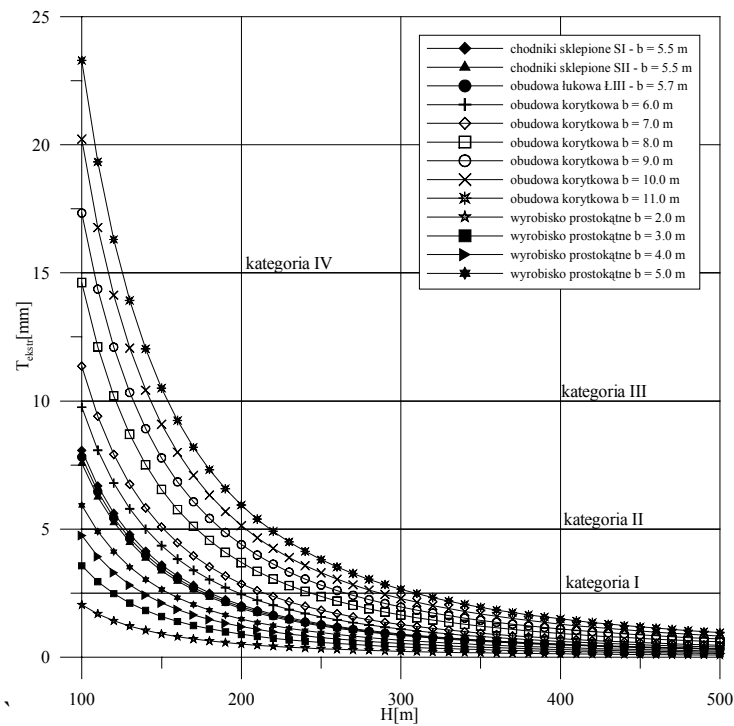
Wyniki tych obliczeń zamieszczono na rysunkach od 7 do 9.

Na podstawie sporządzonych wykresów określono wartości głębokości, poniżej których wartości wskaźników deformacji są większe od dopuszczalnych dla danej kategorii terenów górniczych. Głębokości te, zwane dalej krytycznymi, zestawiono w tabeli 2.



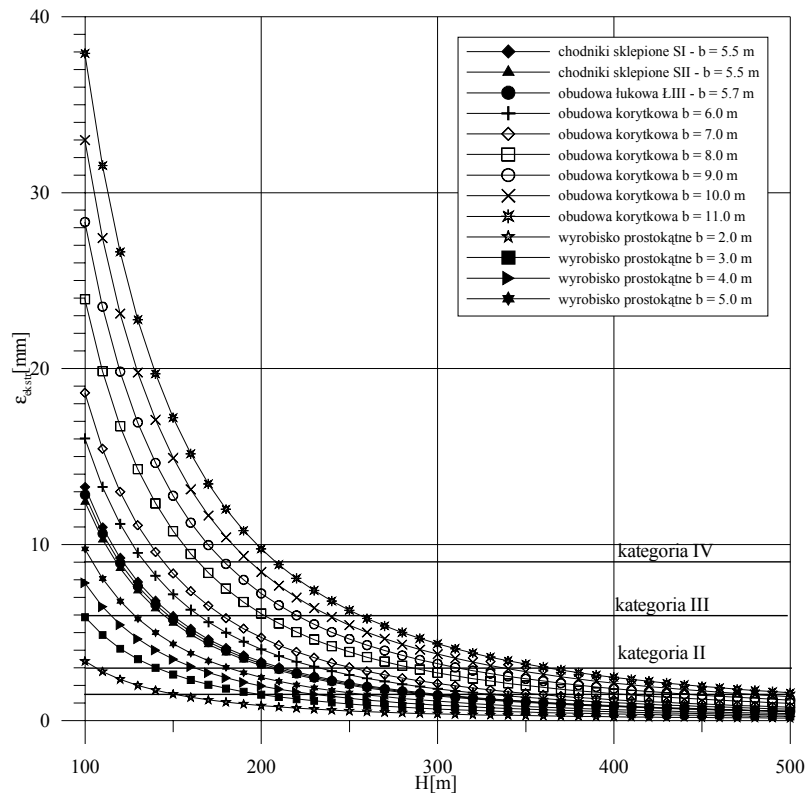
Rys. 7. Zależność ekstremalnych obniżen powierzchni terenu od głębokości lokalizacji wyrobisk korytarzowych

Fig.7. The extreme surface vertical displacement as function of the depth of an opening



Rys. 8. Zależność ekstremalnych nachyleń powierzchni terenu od głębokości lokalizacji wyrobisk korytarzowych

Fig.8. The extreme surface inclinations as function of the depth of an opening



Rys. 9. Zależność ekstremalnych odkształceń poziomych powierzchni terenu od głębokości lokalizacji wyrobisk korytarzowych

Fig.9. The extreme surface horizontal strains as function of the depth of an opening

Tabela 2. Wartości głębokości krytycznej dla różnych wyrobisk korytarzowych

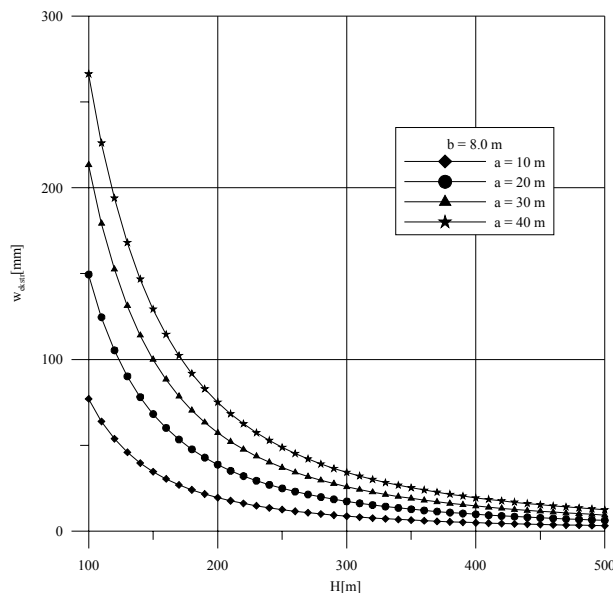
Rodzaj wyrobiska	Wymiary wyrobiska a x h [m]	Głębokość, poniżej której $T_{ekstr} \geq T_{kr}$				Głębokość, poniżej której $\epsilon_{ekstr} \geq \epsilon_{kr}$			
		Kategoria terenu				Kategoria terenu			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Wyrobiska prostokątne	2.0x2.4	-	-	-	-	150	106	-	-
	3.0x2.8	120	-	-	-	200	140	-	-
	4.0x2.8	138	-	-	-	230	162.5	114.4	-
	5.0x2.8	154	109	-	-	257	180.5	128	104
Sklepione	5.5x4.05	174	123	-	-	295	206	145	118
Sklepione	5.7x3.7	177	125	-	-	300	209.5	147	120
10-ŁP-V21	5.7x3.3	179	127	-	-	305	213.5	149	122
Obudowa łukowa, korytkowa o profilu 21	6.0x3.85	198	140	-	-	335	234	164.5	134
	7.0x4.10	214	151	107	-	364	254	178	144.5
	8.0x4.35	243	171	121	-	413	288	201.5	179
	9.0x4.60	265	187	132	108	450	314	219.5	179
	10.0x4.85	287	203	143	116	486	340	238	194
	11.0x5.10	310	218	154	125.5	>500	365	256	208

Wartości zamieszczone w tabeli 2 mogą być przydatne przy typowaniu wyrobisk, których podszadanie jest celowe. Przykładowo, podszadanie wyrobisk prostokątnych o wymiarach

5.0x2.8 m, zalegających na głębokościach większych od 257 m, jest niecelowe, ponieważ prognozowane wartości wskaźników deformacji są niższe od dopuszczalnych dla I kategorii terenów górniczych. Jeżeli wyrobiska te zlokalizowane będą na głębokości mniejszej od 180 m można oczekiwać, że po upływie bliżej nieokreślonego (prawdopodobnie około kilkudziesięciu lat) czasu na powierzchni terenu pojawią się deformacje o wartościach wyższych od dopuszczalnych dla terenów górniczych zaliczanych do II kategorii ze względu na odkształcenia poziome.

4. OCENA WPŁYWU POZOSTAWIENIA NIEPODSADZONYCH WYROBISK KOMOROWYCH NA POWIERZCHNIĘ TERENU

Dla oceny wpływu wyrobisk komorowych na powierzchnię terenu przeprowadzono obliczenia zgodnie z metodyką omówioną w pracy (Cała i in. 2001) dla komór o szerokościach 6, 8 i 10 m oraz długościach zmieniających się w zakresie od 10 do 40 m. Przy większych długościach komory można traktować jak wyrobiska korytarzowe i korzystać z wyników omówionych w poprzednim rozdziale. Obliczenia przeprowadzono przy założeniu, że wysokość komór jest stała i wynosi 3.5 m, współczynnik osiadania wynosi 0.7 a kąt zasięgu wpływów głównych 63.43° . Przykładowe wyniki obliczeń dla komór o szerokości 8 m ilustrują rysunki o numerach od 10 do 12.



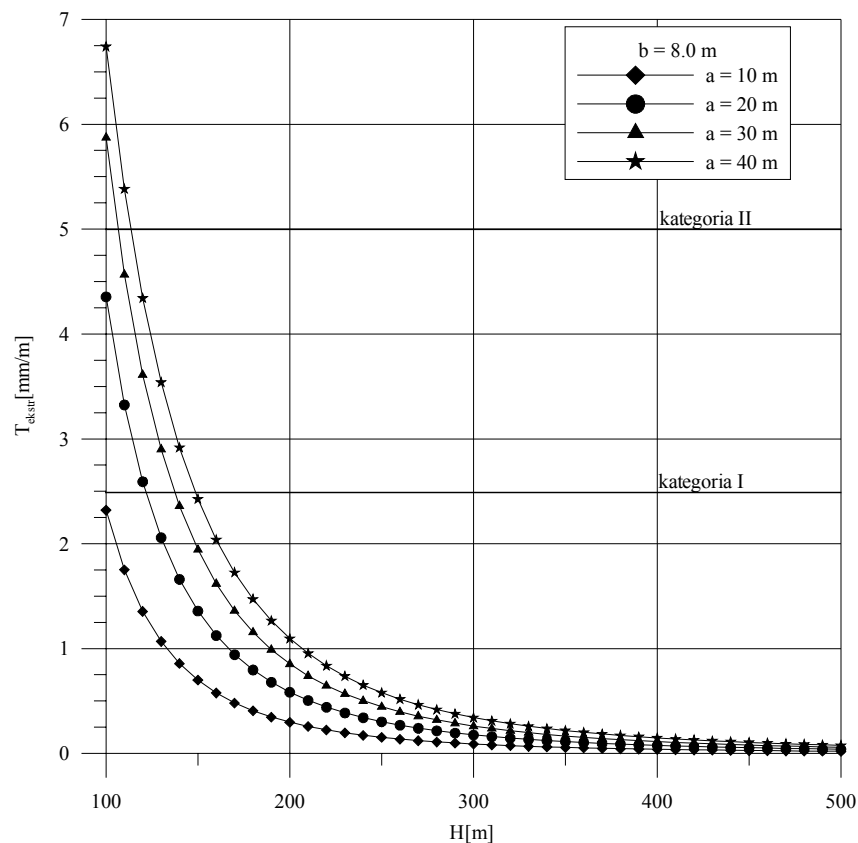
Rys. 10. Zależność ekstremalnych obniżen powierzchni terenu od głębokości lokalizacji wyrobisk komorowych o szerokości 8.0 m.

Fig.10. The extreme surface vertical displacement as function of the depth of an opening (8.0 m width)

Podobnie jak w przypadku wyrobisk chodnikowych na podstawie sporządzonych wykresów określono wartości głębokości krytycznej, poniżej których wartości wskaźników deformacji są większe od dopuszczalnych dla danej kategorii terenów górniczych. Głębokości te w odniesieniu do nachyleń zestawiono w tabeli 3 a w odniesieniu do odkształceń poziomych w tabeli 4.

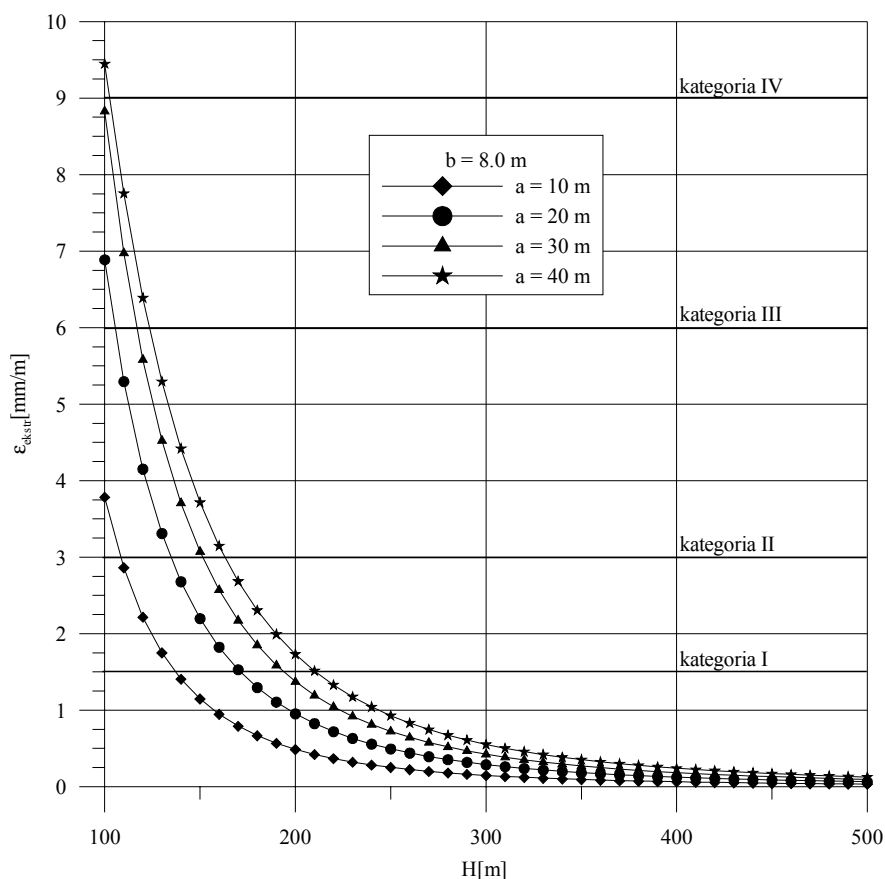
Tabela 3. Wartości głębokości krytycznej dla wyrobisk komorowych ze względu na nachylenia

Długość komory [m]	b = 6.0 m		b = 8.0 m		b = 10 m	
	Kategorie terenu		Kategorie terenu		Kategorie terenu	
	I	II	I	II	I	II
10	-	-	-	-	105.6	-
20	110	-	122	-	132	-
30	124	-	137	107	149	116
40	133	101	149	114	161	124



Rys. 11. Zależność ekstremalnych nachyleń powierzchni terenu od głębokości lokalizacji wyrobisk komorowych o szerokości 8.0 m

Fig.11. The extreme surface inclinations displacement as function of the depth of an opening (8.0 m width)



Rys. 12. Zależność ekstremalnych odkształceń poziomych powierzchni terenu od głębokości lokalizacji wyrobisk komorowych o szerokości 8.0 m.

Fig.12. The extreme surface horizontal strains as function of the depth of an opening (8.0 m width).

Tabela 4. Wartości głębokości krytycznej dla wyrobisk komorowych ze względu na odkształcenia poziome

Długość komory [m]	b = 6.0 m				b = 8.0 m				b = 10.0 m			
	Kategoria terenu				Kategoria terenu				Kategoria terenu			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
10	124	-	-	-	136.5	109	-	-	147	117	-	-
20	155	122	-	-	171	135	106	-	184	145	114	-
30	175	136	105	-	194	151.5	117.5	-	211	165	127	109
40	190	145	109	-	210	163.5	124	103	230	178	136	114

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że w analizowanym zakresie wymiarów komór podszadanie jest zbędne, jeżeli znajdują się one na głębokościach większych od 230 m, ponieważ uzyskane wartości wskaźników deformacji są niższe od dopuszczalnych dla terenów zaliczanych do I kategorii. Przy mniejszych głębokościach skala degradacji powierzchni terenu będzie tym wyższa im większe będą wymiary poprzeczne wyrobisk.

4. PRÓBA OSZACOWANIA EKONOMICZNYCH SKUTKÓW NIEPODSADZANIA WYROBISK KORYTARZOWYCH I KOMOROWYCH

Przeprowadzenie szczegółowej analizy ekonomicznej działań związanych z likwidacją podziemnych kopalń węgla kamiennego jest sprawą niezmiernie trudną, głównie ze względu na brak odpowiednich danych oraz odmienność warunków, jakie występują w poszczególnych kopalniach. Dlatego też ograniczono się do rozważenia abstrakcyjnego przypadku, w którym przyjęto, że w likwidowanej kopalni na głębokości 160 m znajduje się wyrobisko komorowe o objętości 1120 m³ i wymiarach:

- szerokość – 8 m,
- długość 40 m,
- wysokość 3.5 m.

Nad wyrobiskiem tym, na powierzchni terenu znajduje się pięciokondygnacyjny budynek mieszkalny o objętości 30 000 m³, zaliczany do II kategorii odporności. Należy udzielić odpowiedzi na pytanie, czy komorę należy podsadzać czy też nie.

Przy rozwiązaniu tego zadania wykorzystano informacje zawarte w pracy (Kaszowska 2000).

Z wykresów zamieszczonych na rysunkach nr 10 do 12 odczytujemy, że zawalenie się tego wyrobiska wywołać może następujące ekstremalne deformacje:

- osiadanie – 114 mm,
- nachylenie – 2.1 mm/m,
- odkształcenie poziome – 3.15 mm/m.

Uzyskane wartości wskaźników kwalifikują powyższy teren do III kategorii, ze względu na odkształcenia.

Dla oceny ekonomicznych skutków eksploatacji górniczej na obiekty powierzchniowe w pracy (Kaszowska 2000) wprowadzono pojęcie odporności względnej O_w , którą zdefiniowano, jako różnicę między kategorią odporności budynku K_o a kategorią terenu górniczego K_t :

$$O_w = K_o - K_t .$$

W rozpatrywanym przypadku odporność względna wynosi więc -1 . Z danych przedstawionych we wzmiankowanej pracy wynika, że „częstość uszkodzeń budynków w istotny sposób zależy od ich odporności względnej. Im jest ona wyższa, tym mniej obiektów ulega uszkodzeniu. Jest to zależność zbliżona do liniowej; wzrost odporności względnej o 1

powoduje spadek częstości uszkodzeń o około 10%.” Z cytowanej pracy wynika również, że przy odporności względnej równej –1 aż 59.4% kubatury budynków ulega uszkodzeniu a koszt remontów kształtuje się na poziomie 6.08 zł/m³. Można więc szacować, że koszty remontów wspomnianego budynku wyniosą 182 400 zł.

Z informacji uzyskanych Zakładu KWK „Porąbka Klimontów” wynika, że całkowity koszt likwidacji warsztatu elektrycznego o podobnej objętości według sposobu *b* (otamowanie oraz podsadzenie) wynosił 48 800 zł. Przyjmując, że koszt likwidacji rozpatrywanego wyrobiska kształtował by się na podobnym poziomie, otrzymujemy więc różnicę kosztów wynoszącą 133 600 zł (oszczędności rzędu 73%) na korzyść podsadzania.

5. PODSUMOWANIE

W pracy wykazano, że niepodsadzenie wyrobisk korytarzowych i komorowych w pewnych warunkach może doprowadzić do wystąpienia znacznych deformacji powierzchni, które mogą być przyczyną uszkodzenia obiektów na niej zlokalizowanych. Problem ten występuje również gdy obudowa niepodsadzonego wyrobiska ulegnie zniszczeniu, doprowadzając tym samym do przemieszczenia się skał i jego zawalenia.

Zniszczenie obudowy i pojawienie się niebezpiecznych deformacji na powierzchni wystąpić może po upływie dłuższego czasu (często sięgającego kilkudziesięciu lat). Stosowane dotychczas metody likwidacji kopalń, nie biorą tego pod uwagę. Ograniczają się one w zasadzie do wypełnienia szybów. Taki sposób postępowania jest pozornie tani ale krótkowzroczny. W przyszłości może wystąpić konieczność ponoszenia znacznych kosztów związanych z naprawą uszkodzonych obiektów.

LITERATURA

Cała M., Flisiak J., Tajduś A., 2001 : *Wpływ niepodsadzonych wyrobisk przyszybowych na deformacje powierzchni*. W druku.

Czaja P., 2001: *Sposób likwidacji szybów a koszty*. W druku.

FLAC v. 4.0. *Users Manual*. 2000. *Itasca Consulting Group*. Minneapolis. USA.

FLAC v. 4.0. *Optional Features*. 2000. *Itasca Consulting Group*. Minneapolis. USA.

Kaszowska O., 2000: *Koszty usuwania szkód w budynkach spowodowanych eksploatacją górnictwem na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Materiały konferencyjne “Szkoła Ekonomiki i Zarządzania w Górnictwie”.

Kawecki Z., Wąsik J., 1993: *Zasady projektowania kopalń. Projektowanie podszybi, komór i wyrobisk głównego odwadniania*. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice.

Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Red. J. Kwiatek, Wydawnictwo GIG, Katowice 1998.

Tajduś A., Cała M., Flisiak J., Postawa J., Cieślak J. 2000. *Opracowanie zasad zabezpieczenia wyrobisk wielkogabarytowych (podszybi szybów nr 1, nr 2 i komór funkcyjnych) poziom 188 i 320 w aspekcie ich drożności oraz ochrony powierzchni*. Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki. AGH. Kraków. Opracowanie niepublikowane.

Abstract

Computer simulations showed that support of underground excavations may lose its stability due to geological processes occurring in the rock mass. That phenomena may lead to surface deformations. This paper presents the estimation of the influence of unfilled underground openings on surface deformations. The simulations were carried out for different dog headings and caverns as the function of depth. The results of analysis may be useful for to classify for which underground openings backfilling is necessary. The example of calculations showing that backfilling may be profitable from the economy point of view was also considered.