ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: GÓRNICTWO z. 222 Nr kol. 1257

Jan ZYCH
Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni
Politechniki Śląskiej

# PROBLEMY OCHRONY POWIERZCHNI PO ZLIKWIDOWANIU KOPALNI

Streszczenie. Na przykładzie kopalni "Nowa Przemsza", zlikwidowanej około 1930 r., przedstawiono w artykule problemy ochrony powierzchni, które mogą wystąpić po zlikwidowaniu kopalni. Pojawiły się zagadnienia typu: jak długo mogą ujawniać się szkody na powierzchni, kto ma za nie odpowiadać, kto ponosić koszty tych szkód i ewentualnych badań w tym zakresie. Wymaga to opracowania odpowiednich uregulowań prawnych.

## ISSUES ON SURFACE PROTECTION AFTER COAL MINE LIQUIDATION

Summary. Issues on surface protection that can occur after coal mine liquidation has been presented in this paper. This problem has been described on the example of "Nowa Przemsza" coal mine closed in 1930. The problem arises, how long damages to the land surface may occur, who is responsible for costs of that and for the costs of possible research works. It requires working out adequate legal regulations.

## ПРОБЛЕММЫ ОХРАНЫ ПОВЕРХНОСТИ ПОСЛЕ ЗАКРЫТЬЯ ШАХТЫ

Резюме. В статье представлены проблеммы охраны поверхности, которые могут появиться после закрытия шахты. Такая проблемма возникла в районе шахты "Нова Пшемша" закрытой в 1930 году. Встает вопрос: „На протяжении какого еше времени будут выступать деформации поверхности, связанные с прежней добычей угля на данной територии, и кто должен отвечать и возмещать затраты или связанные с этим явлением исследования?" Эти вопросы требуют создания соответствующих законов.

## 1. WSTĘP

Zakres problemów związanych z likwidacją kopalni jest bardzo szeroki i obejmuje wiele zagadnień wiążących się z prawidłową gospodarką złożem, ograniczeniami zagrożeń naturalnych dla kopalń sąsiednich oraz odpowiednimi przedsięwzięciami organizacyjnymi, technicznymi, prawnymi, ekonomicznymi, ekologicznymi i społecznymi.

W przebiegu procesu likwidacji kopalń z technicznego punktu widzenia można wyróżnić trzy kolejno po sobie następujące etapy:

- przygotowanie do likwidacji obejmujące fazę gromadzenia danych do opracowania harmonogramu likwidacji, oceny opłacalności końcowej eksploatacji oraz analizę warunków techniczno-ekonomicznych przedsięwzięcia,
- likwidację właściwą infrastruktury podziemnej,
- okres po zamknięciu kopalni obejmujący rozbiórkę i demontaż urządzeń nadszybi, likwidację hałd i rekultywację terenu oraz usuwanie szkód górniczych.

Każdy z tych etapów ma określone znaczenie, przy czym za najważniejszy uważa się etap likwidacji właściwej, gdyż błędy popełnione na tym etapie mogą mieć nieodwracalne skutki dla ochrony złoża, dla środowiska naturalnego, a także dla życia i zdrowia ludzkiego.

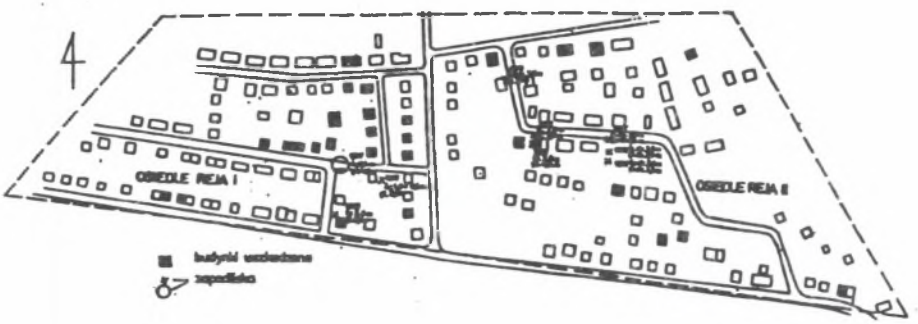
Nie bez znaczenia są problemy, które mogą wystąpić na etapie trzecim, a zwłaszcza problem, jak długo mogą ujawniać się wpływy eksploatacji górniczej na powierzchni, jakie szkody mogą powodować, kto za nie ponosi odpowiedzialność i jakie to powoduje skutki ekonomiczne.

Problem ten postaram się przedstawić na przykładzie kopalni "Nowa Przemsza" zlikwidowanej ok. 1930 r. przez jej zatopienie oraz wybudowanego na byłym obszarze tej kopalni w latach 1960-1975 osiedla domków jednorodzinnych M.Reja położonego w Mysłowicach-Brzezince.

## 2. ZABUDOWA OSIEDLA M.REJA W MYSŁOWICACH - BRZEZINCE

Zabudowę osiedla M.Reja stanowią wolno stojące lub bliźniacze jednorodzinne budynki mieszkalne, w większości dwukondygnacyjne, całkowicie podpiwniczone, o małych

wymiarach w rzucie poziomym (rys.1). Budynki w większości posiadają zabezpieczenie profilaktyczne przed wpływami deformacji ciągłych III i IV kategorii. Całe osiedle nie posiada kanalizacji, a każdy budynek ma indywidualny zbiornik ścieków. W latach 1976-1980 wykonano kanalizację deszczową, a także sieć wodociągową i gazową.



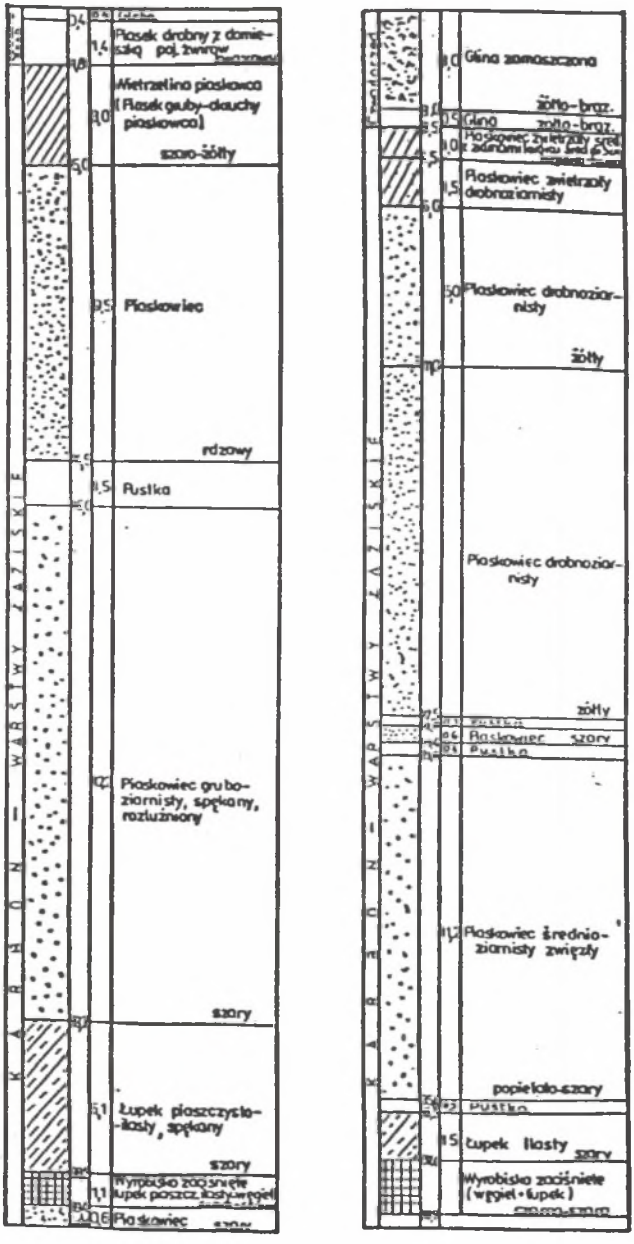

Rys.1. Schemat zabudowy osiedla M.Reja
Fig.1. The scheme of M.Rej housing estate

## 3. WARUNKI GEOLOGICZNO-GÓRNICZE W REJONIE OSIEDLA

Górotwór w rejonie osiedla M.Reja w Mysłowicach-Brzezince jest rozpoznany na podstawie starych map górniczych oraz 18 otworów wiertniczych odwierconych w latach 1977-1985. Zbudowany jest on z utworów czwartorzędowych oraz karbonu.

Powierzchnia pokryta jest warstwą nasypu o grubości do 0.5 m, a lokalnie do 2.0 m. Warstwy czwartorzędowe mają miąższość do 4.9 m i zbudowane są z glin zapiaszczonych oraz piasków.

Karbon do rozpatrywanej głębokości zbudowany jest z warstw orzeskich. Strop warstw karbońskich stanowi zwietrzelina piaskowcowa wykształcona w postaci piaskowców drobno- oraz średnioziarnistych, a także rumoszu piaskowca o miąższości od 1.0 m do 5.5 m, zalegająca na głębokości od 3.8 m do 6.0 m. W rejonie otworów 14 i 5 strefa zwietrzałego piaskowca jest znacznie grubsza i sięga do głębokości 15.5 m, a nawet 25.2 m. Poniżej zalegają warstwy piaskowca średnio- i gruboziarnistego o miąższości od 18.4 m do 29.0 m. Spąg




Rys.2. Profile geologiczne wybranych otworów badawczych

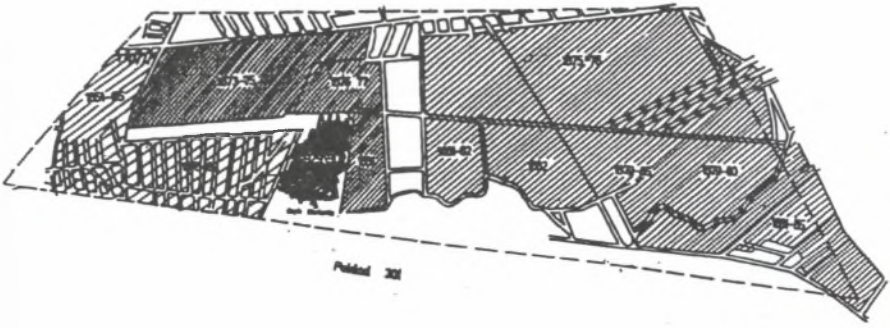
Fig.2.The geological profiles of some boreholes

piaskowca, a strop pokładu 301 stanowią warstwy łupku o miąższości od 1.5 m do 5.1 m. W warstwach piaskowca występują rozluzowania i spękania, a także pustki o wysokości od 0.3 m do 1.5 m (rys.2). Pustki te stwierdzono na podstawie otworów wiertniczych na głębokości od 13.2 m do stropu pokładu 301. Wyrobiska pokładu 301 stwierdzono na głębokości od 33.6 m do 39.7 m. Wysokość wyrobisk w pokładzie 301 wynosiła od 0.3 m do 3.0 m. W kilku otworach nawiercono pustki w pokładzie 301. I tak np. w otworze nr 1 z 1985 r. wysokość pustki wynosiła 2.5 m. W czasie wiercenia występowała ucieczka płuczki na głębokościach od 8.2 m do 28.0 m.

Górotwór w przedmiotowym terenie jest zawodniony. Wodę nawiercono we wszystkich otworach na głębokościach od 17.0 m do 21.1 m, głównie w piaskowcu, lokalnie w rejonie otworu 14 w rumoszu piaskowca. Lustro wody ukształtowało się na wysokości od 240.69 m npm do 244.12 m npm. Poniżej pokładu 301 górotwór zbudowany jest głównie z piaskowców.Na głębokości ok. 170 m występuje pokład 304 ("Luiza") o miąższości ok. 4 m.

## 4. DOKONANA EKSPLOATACJA GÓRNICZA

W rejonie osiedla M. Reja eksploatowany był pokład 301 przez byłą kopalnię "Nowa Przemsza" (rys. 3). Eksploatacja prowadzona była w latach 1851 -1885 oraz w latach 1929 -



Rys.3. Mapa pokładu 301 kopalni "Nowa Przemsza"
Fig.3. The map of the coal seam 301 of "Nowa Przemsza"mine

1930 systemem zabierkowym z zawałem stropu na średniej głębokości 37 m. Grubość wybieranej warstwy wynosiła od 3 m do 4 m. Jak wykazały wiercenia, wyrobiska te nie są całkowicie zaciśnięte i stanowią zagrożenie dla powierzchni terenu. Pod pokładem 301 eksploatowany był pokład 304 ("Luiza") w latach 1880 - 1912. Eksploatacja prowadzona była systemem zabierkowym na zawał na wysokość ok. 4.0 m. Głębokość eksploatacji wynosiła ok. 170 m. Ze względu na występowanie pomiędzy pokładami 301 i 304 grubych ław piaskowca eksploatacja pokładu 304 nie spowodowała reaktywacji zrobów pokładu 301 i zaciśnięcia się istniejących tam pustek.

## 5. WPŁYW DOTYCHCZASOWEJ EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ NA TEREN OSIEDLA M. REJA

Wpływ eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu jest złożonym procesem czasoprzestrzennym i ujawnia się na powierzchni w postaci:

- deformacji ciągłych powodujących w efekcie powstanie tzw. niecki osiadania z towarzyszącymi im deformacjami w postaci nachyleń, odkształceń poziomych i krzywizn powierzchni terenu,
- deformacji nieciągłych, wywołujących zapadliska o różnych kształtach oraz szczeliny i progi terenowe.

Przez pojęcie deformacji ciągłych należy rozumieć takie deformacje, przy których nie zachodzi przerwanie w sposób widoczny ciągłości warstw górotworu i które ujawniają się w sposób ciągły w dłuższym okresie. Deformacje ciągłe opisywane są przez odpowiednie wzory (teorie) pozwalające na przewidywanie z wystarczającą dla praktyki dokładnością wielkości i rozkładu spodziewanych skutków eksploatacji górniczej.

Przez pojęcie deformacji nieciągłych powierzchni terenu należy rozumieć takie deformacje, przy których zachodzi przerwanie ciągłości i względne przemieszczenie cząstek przypowierzchniowej warstwy gruntu. Deformacje te od deformacji ciągłych różnią się następującymi cechami:

- tworzą się stosunkowo szybko (gwałtownie) w czasie kilku dni, godzin, a nawet minut,
- powodują z reguły całkowite zniszczenie powierzchni terenu nad taką deformacją,

- występują w bardzo różnym czasie od zaistnienia przyczyny ich występowania, tj. powstania pustki w górotworze,
- obejmują zwykle małe powierzchnie, obok których teren nie ulega prawie żadnym deformacjom.

Aby można było mówić o możliwości wystąpienia na powierzchni terenu deformacji nieciągłych typu powierzchniowego (zapadlisk) musi istnieć w górotworze faktyczna pustka i musi ona ulec gwałtownemu zawałowi z wytworzeniem sklepienia ciśnień. Pustki, które ulegają powolnemu zaciskaniu, nie grożą natychmiastowymi zapadliskami powierzchni terenu. Najistotniejszymi elementami pustki są: wysokość, szerokość oraz głębokość występowania.

Dokumentacja zjawisk zachodzących na terenie osiedla M. Reja w Mysłowicach Brzezince od 1977 r. wskazuje, że teren osiedla jest typowym rejonem płytkiej eksploatacji, na którym występują deformacje nieciągłe. Poniżej przytoczone zostaną najważniejsze deformacje nieciągłe, jakie wystąpiły na terenie osiedla (rys. 1).

Najgroźniejsze w skutkach zapadlisko w postaci eliptycznego leja o wymiarach 3.5 x 5.0 m i głębokości ok. 4.0 m wystąpiło w dniu 3 maja 1977 r. w rejonie skrzyżowania na ul. Różanej. W zasięgu powstałego zapadliska znalazły się cztery budynki jednorodzinne oraz stacja transformatorowa. W leju stwierdzono przerwanie wodociągu i wypływ wody. Zapadlisko zasypano, ale w wyniku dalszych osiadań terenu budynek nr 3 uległ uszkodzeniom wykluczającym możliwość jego naprawy. Akcję likwidowania zapadliska zakończono 14.07.1977 r.

2 sierpnia 1977 r. zaobserwowano 3 zapadliska, powstałe przy ul. Malinowej 16. 3 sierpnia 1977 r. zarejestrowano zapadlisko przy ul. Różanej 1 w ogrodzie obok dołu biologicznego. Zapadlisko miało wymiary 1.0 m x 0.5 m i głębokość 1.0 m. Również 3 sierpnia 1977 r. powstało zapadlisko gruntowe przy ul. Jaśminowej 8 o objętości ok. 6 $m^3$. W 1979 roku również w pobliżu posesji przy ul. Jaśminowej 8 powstało zapadlisko o średnicy 2.0 m i głębokości 4.5 m. W 1982 roku zapadlisko to odnowiło się osiągając głębokość 4.5 m. W roku 1979 wystąpiło zapadlisko w rejonie ul. Jaśminowej 4 o średnicy ok. 2.0 m i głębokości 1.0 m. 31 maja 1983 r nastąpiła awaria ciągu kanalizacyjnego w rejonie posesji przy ul. Jaśminowej 18. Zapadlisko to, jak i wszystkie wcześniejsze, zlikwidowano przez zasypanie.

W czerwcu 1985 r. wystąpiło zapadlisko w rejonie budynku mieszkalnego przy ul. M. Reja 49. Zapadlisko to, o średnicy 3.0 m i głębokości 0.8 m, wystąpiło w rejonie szybiku "Stefania"

zgłębionego do pokładu 301. Zapadlisko zostało zasypane, a we wrześniu i październiku 1985 r. odwiercono w tym rejonie 5 otworów, przy czym otwory nr 1 i 2 wypełniono popiołami lotnymi wtłaczanymi pod ciśnieniem.

Jak wynika z rozmieszczenia deformacji nieciągłych na terenie osiedla, a także z czasowego ich występowania (lata 1977, 1979, 1982, 1983, 1985) nie ma podstaw do wykluczenia powstawania podobnych zjawisk w przyszłości.

## 6. PRZYCZYNY I WARUNKI POWSTAWANIA DEFORMACJI NIECIĄGŁYCH

Deformacje nieciągłe mogą być pochodzenia:

- naturalnego,
- antropogenicznego (związane z działalnością człowieka).

Przyczyną powstawania deformacji nieciągłych pochodzenia antropogenicznego są przede wszystkim wszelkie ziemne i podziemne roboty inżynierskie, a zwłaszcza roboty górnicze. Do podziemnych robót górniczych, stwarzających szczególne zagrożenie powierzchni deformacjami nieciągłymi należą:

- płytkie eksploatacje górnicze, w szczególności prowadzone systemem na zawał,
- reaktywacja starych, płytko zalegających zrobów górniczych, wskutek różnych przyczyn (podbudowa nową eksploatacją, naruszenie stosunków wodnych itp.),
- roboty górnicze w strefach zawodnionych uskoków,
- aktywizacja nieprawidłowo zlikwidowanych szybów i szybików,
- pożary w resztkach pokładów zalegających na małej głębokości,
- aktywizacja wtórnych pustek w górotworze powstałych w wyniku sufozji mechanicznej, rozwarstwienia warstw i innych procesów poprzez infiltrację wód opadowych lub z innych źródeł w głąb górotworu.

Przyczynami, które mogą spowodować uaktywnienie pustek, są:

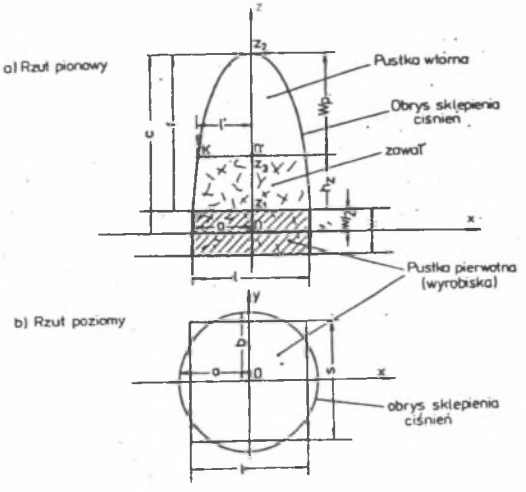
- zmiany stosunków wodnych w górotworze,
- wypełnienie pustek wodą,
- drgania podłoża związane ze wstrząsami podziemnymi oraz ruchem komunikacyjnym,
- wzniesienie na powierzchni ciężkich obiektów budowlanych.

Każda z wymienionych przyczyn z osobna może właściwie wywołać na powierzchni deformacje nieciągłe.

Analizując warunki geologiczno-górnicze oraz dotychczas powstałe zapadliska, stwierdzić należy, że na zagrożenie deformacjami nieciągłymi w rejonie osiedla M. Reja nakłada się kilka przyczyn, a szczególnie:

- istnienie płytkiej starej eksploatacji zawałowej w pokładzie 301 zalegającym pod osiedlem na głębokości od ok. 33 m do 37 m,
- stwierdzenie za pomocą wierceń oraz badań elektrooporowych i grawimetrycznych pustek w zrobach pokładu 301, a także nad pokładem 301 na różnych głębokościach,
- brak warstwy izolacyjnej w stropie karbonu, w związku z czym następuje infiltracja w głąb górotworu wód opadowych oraz wód pochodzących z uszkodzonych instalacji wodociągowych i dołów chłonnych,
- wstrząsy wywołane ruchem komunikacyjnym w rejonie osiedla, a zwłaszcza poza nim (droga szybkiego ruchu).

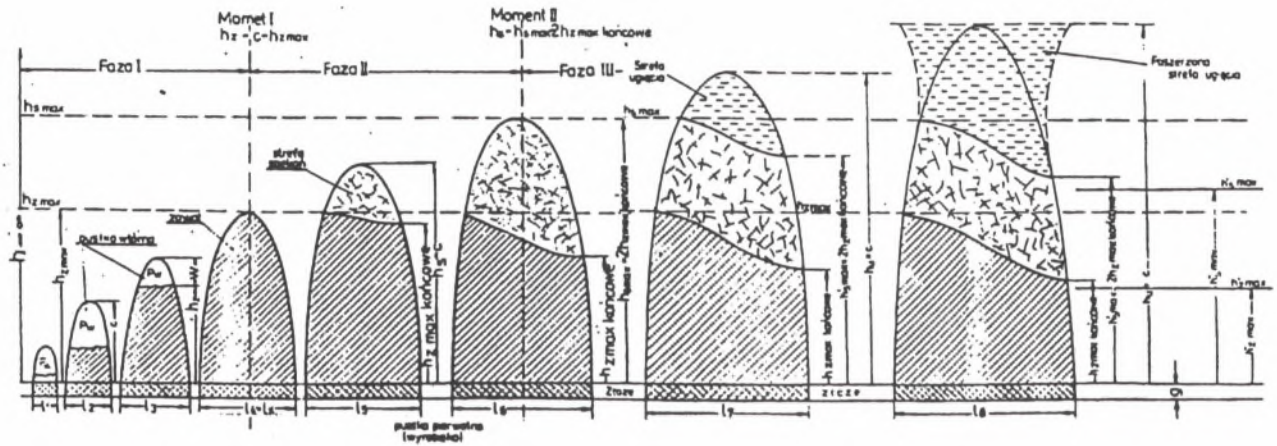
Proces powstawania pustek przebiega według pewnego modelu opisanego w pracy [1]. Model ten opiera sie na teorii tzw. sklepienia ciśnień. Według tej teorii wokół pustki wytwarza się strefa skał odprężonych o kształcie elipsy w przekroju, a elipsoidy obrotowej w przestrzeni (rys. 4).




Rys.4. Model sklepienia ciśnień powstającego nad pustką pierwotną
Fig.4. The pressure arch model created around the cavity

W części tej strefy położonej nad pustką materiał skalny ulega spękaniu, a następnie rozkruszeniu i opada na dno pustki tworząc strefę zawału o wysokości $h_z$ (rys.5). Nad pustką pierwotną wytwarza się sklepienie ciśnień o wysokości f, utrzymujące skały nadległe w stanie pierwotnych naprężeń. Ponad strefą zawału, w przestrzeni ograniczonej sklepieniem ciśnień, tworzy się pustka wtórna, której dolnym ograniczeniem jest górna powierzchnia strefy zawału. Sklepienie nad pustką ma kształt czaszy eliptycznej. Jak wynika z odpowiednich wzorów, wysokość sklepienia ciśnień zależy od szerokości pustki. W miarę wzrostu szerokości pustki- l wysokość sklepienia ciśnień wzrasta. Wzrasta też wysokość strefy zawału $h_z$, a objętość pustki stopniowo maleje w stosunku do pustki pierwotnej. Przy pewnej szerokości pustki - $l_x$ i dostatecznie dużej miąższości górotworu zwięzłego - h następuje samopodsadzenie pustki wtórnej. Jest to wynikiem zwiększania się objętości skał w zawale zgodnie ze współczynnikiem rozluźnienia - k. W tym momencie wysokość strefy zawału osiąga maksimum $h_z=h_{zmax}$. Wysokość $h_{zmax}$ ma charakter stałej (parametru) dla danego górotworu scharakteryzowanego współczynnikiem k. Jeżeli szerokość pustki dalej wzrasta ponad $l_x$ , to wysokość sklepienia ciśnień dalej rośnie. Nie może jednak już wzrastać wysokość strefy zawału, gdyż brak jest już pustki wtórnej. Skały wewnątrz sklepienia ciśnień wprawdzie nadal pękają, ale nie mogą się już przemieszczać. Ponad strefą zawału pojawia się nowa strefa, której uprzednio nie było - strefa spękań o wysokości - $h_s$. Wysokość strefy spękań jest ograniczona i przy pewnej szerokości pustki skały w pobliżu wierzchołka sklepienia ciśnień przestają pękać, a jedynie zmienia się ich stan naprężeń. Liczbowe określenie $h_{smax}$ jest trudne i dlatego zakłada się w przybliżeniu, że $h_{smax} = 1.5\ h_{zmax}$.

W rozpatrywanym przypadku, przy szerokości wyrobiska większej od 10 m, pustka powinna dotrzeć do powierzchni i utworzyć zapadlisko. Przy szerokości wyrobiska mniejszej od 10 m pustka powinna zostać uwięziona w strefie górotworu zwięzłego. W przypadku tym, aby powstało zapadlisko, muszą zaistnieć dodatkowe okoliczności,jak np.zmiana stosunków wodnych, sufozja itp. Fakt ten potwierdzają występujące dotychczas zapadliska. Brak warstwy izolacyjnej powyżej strefy zwietrzałych piaskowców powoduje infiltrację wód powierzchniowych do wnętrza górotworu, w konsekwencji czego zmienia się układ stosunków wodnych, powodując przemieszczanie się materiału skalnego. Warstwy stropowe tych pustek ulegają spękaniom i obwałom, które wędrują aż do powierzchni, powodując powstanie zapadliska. Ograniczenie lub wyeliminowanie infiltracji wód powierzchniowych w głąb




Rys.5. Przebieg procesu deformacji górotworu nad pustką
Fig.5. The course of the deformation process above the cavity

górotworu jest niemożliwe nawet poprzez skanalizowanie całego osiedla. W przypadku zbudowania kanalizacji będzie ona odprowadzać poza obręb osiedla wszystkie ścieki sanitarne i tylko część (ok. 30%) wód opadowych (kanalizacja deszczowa). Wynika to z gęstości zabudowy powierzchni osiedla, szczelności pokrycia powierzchni zlewni oraz ukształtowania powierzchni terenu. Wybudowanie kanalizacji ograniczy, a nie zlikwiduje zatem zagrożenia. Należy przy tym zwrócić uwagę na szczelność kanalizacji. W przypadku jej nieszczelności istnieje dodatkowe zagrożenie występowania deformacji nieciągłych.

Ponieważ nie można wyeliminować infiltracji wód, a zroby starej płytkiej eksploatacji pokładu 301 występują pod całą powierzchnią osiedla, nie jest możliwe kompleksowe zabezpieczenie powierzchni terenu osiedla M. Reja nawet pod warunkiem ścisłego zlokalizowania pustek w górotworze. Brak jest bowiem skutecznych metod podsadzania pustek zawodnionych.

## 7. WNIOSKI

Z analizy warunków geologiczno-górniczych, a także przeprowadzonych dotychczas badań geofizycznych oraz wierceń wynikają następujące wnioski:

1. Osiedle M. Reja w Mysłowicach - Brzezince położone jest nad starymi, ponad 100- letnimi zrobami pokładu 301 zalegającego w tym rejonie na głębokości od ok. 33 m do 37 m. Wyrobiska górnicze w tym pokładzie nie zostały dotychczas całkowicie zaciśnięte i występują w nich pustki, które były przyczyną powstania zapadlisk na powierzchni.
2. Na podstawie wykonanych otworów wiertniczych, przeprowadzonych badań grawimetrycznych i geofizycznych stwierdzono istnienie dużej ilości pustek wtórnych uwięzionych na różnej wysokości nad stropem pokładu 301. Z powyższego wynika, że pod osiedlem M.Reja istnieją nie tylko pustki pierwotne w pokładzie 301, ale także pustki wtórne uwięzione na różnej głębokości. Pustki te w sprzyjających warunkach mogą być przyczyną powstania dalszych zapadlisk.

   Czynnikami, które mogą je uaktywnić, są:
   - zmiana stosunków wodnych,
   - drgania wywołane ruchem komunikacyjnym,
   - wzniesienie na powierzchni ciężkich obiektów budowlanych.

3.Zagrożenia powierzchni nie można w zasadzie zlikwidować z następujących powodów:

- nie ma praktycznie możliwości wykrycia wszystkich pustek występujących pod osiedlem,
- brak jest metod efektywnego podsadzania pustek zawodnionych,
- nie ma możliwości zapobieżenia infiltracji wód powierzchniowych w głąb górotworu.

4.Mimo upływu długiego czasu od momentu zamknięcia kopalni, zagrożenie powierzchni przez deformacje nieciągłe nadal istnieje i nie można określić, kiedy będzie zlikwidowane. W obecnych warunkach należy ustalić, kto ma ponosić odpowiedzialność za powstałe deformacje nieciągłe oraz kto ma ponosić koszty ewentualnych dalszych szkód, badań i zabezpieczeń. Wymaga to opracowania odpowiednich rozwiązań prawnych.

## Literatura

[1] Chudek M., Janusz W., Zych J.: Studium dotyczące stanu rozpoznania, tworzenia się i prognozowania deformacji nieciągłych pod wpływem podziemnej eksploatacji złóż. ZN Pol. Śl. s. Górnictwo, z.141, Gliwice 1988.

[2] Praca zbiorowa: Opinia górniczo-geologiczna i budowlana dla określenia celowości budowy kanalizacji w rejonie osiedla M.Reja w Mysłowicach. Świętochłowice 1992.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Edward POPIOŁEK

Wpłynęło do Redakcji w maju 1994 r.

## Abstract

The range of problems connected with the proces of coal mine liquidation comprises numerous issues refering to reasonable management of coal deposits, limitation of natural hazards as well as suitable proceedings in the fields of organisation, technical performance, law, economy and also ecological and social approach. From technical point of view three

succeeding stages can be distinguished during the process of coal mine liquidation, each of them with defined importance.

One of the problems that has to be solved is land surface protection after coal mine liquidation. A number of questions arise, e.g. how long underground mining extraction influences may affect land surface, what damages they can cause and who is responsible for these damages.

This problem has been presented on the example of "Nowa Przemsza" coal mine, liquidated in 1930 by inundation. The housing estate with one-family houses on the mine's area was built within the period 1960-75. The discontinuous deformations appeared on the land surface in the shape of ground sinks and linear discontinuous deformations. Many buildings were damaged.

Although the coal mine was liquidated long time ago, the date of cease in discontinuous deformation can not be estimated. It requires working out adequate legal regulations.