

Zbigniew FAJKLEWICZ*, Hubert MOJ**, Jan PAUL**,
Janusz RADOMIŃSKI*

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków*; ZUG MA-PA, Piekary Śląskie**

Zastosowanie mikrograwimetrii do eliminacji zagrożeń wynikających z dokonanej eksploatacji górniczej w budowie obwodnic Bytomia i Piekar Śląskich

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań mikrograwimetrycznych wykonanych w rejonie obwodnic miast Bytom i Piekary Śląskie na tle sytuacji górniczo-geologicznej. Celem tych badań było określenie stopnia zagrożenia dla powierzchni terenu i budowli od starych szybów i szybków porudnych. Zbadano szereg wykrytych ujemnych mikroanomalií siły ciężkości. Na ich podstawie określono stan i zakres likwidacji szybów.

1. Wstęp

Poważne zagrożenie dla ludności i budowli miast górniczych stanowią występujące pod powierzchnią terenu stare szyby górnicze. Ich występowanie stanowi również duży problem dla aktualnie prowadzonych prac budowlanych i inżynierskich, w tym dla nowo budowanych dróg szybkiego ruchu i autostrad.

Szyby, o których mowa, przeważnie należały do kopalń węgla kamiennego i górnictwa rud. Były one czynne nierzadko w okresie sięgającym 1-szej połowy XIX wieku. Po zakończeniu eksploatacji w danym rejonie najczęściej likwidowano je przykrywając otwór szybu płytą betonową wspartą na stalowych dźwigarach, a nieraz nawet leżącą na drewnianych belkach. W ten sposób kanał szybu pozostawał pusty. Tak „zlikwidowany” szyb zasypywano cienką warstwą gruntu. Napotyka się również szyby, w których budowana była drewniano-stalowa platforma na pewnej głębokości poniżej korony szybu i ta jego część zasypywana była materiałem skalnym pozorując właściwe podsadzenie. Zdarzają się również szyby, zasypane materiałem skalnym. W niektórych z nich obserwuje się ubytki kilkumetrowe, licząc od korony szybu, powstałe na skutek osiadania materiału wypełniającego szyb lub przebicia się tego materiału do otaczających wyrobisk.

Wykrycie występowania szybu, a następnie stwierdzenie, czy jest on pusty, częściowo podsadzony lub całkowicie podsadzony przez wykonywanie otworów wiertniczych jest mało efektywne i przede wszystkim skrajnie niebezpieczne. Skutecznymi metodami które mogą znacząco pomóc w rozwiązaniu tych problemów są badania geofizyczne. W wielu przypadkach szczególnie do tego celu predystynowana jest metoda mikrograwimetryczna, która w warunkach gęstej zabudowy wydaje się być jedyną skuteczną.

Metoda mikrograwimetryczna opiera się na możliwości detekcji ujemnych anomalii

grawimetrycznych generowanych w obszarze występowania starych szybów. Analiza tych anomalii, będących funkcją parametrów geometrycznych szybów i stopnia ich zlikwidowania daje możliwość mikrograwimetrycznej oceny zagrożenia powierzchni terenu niezlikwidowanymi szybami górnictwami.

Badania w zakresie lokalizacji i oceny stopnia zlikwidowania szybów zapoczątkowane zostały w Katedrze Geofizyki Kopalnianej AGH w latach 60-tych.

Metoda mikrograwimetryczna została zastosowana z pozytywnym wynikiem w wielu regionach Polski, a w Bytomiu do precyzyjnej lokalizacji pustek poeksploatacyjnych na obszarze przyszłej zabudowy mieszkaniowej. Do tego samego celu zastosowano ją w Olkuszu w 1970 roku, w Bolesławiu i Bukowni w latach 1996-1999 (Madej 1998) oraz w Miedziance na Dolnym Śląsku. Metodą tą wykryte zostały również podziemne korytarze kopalni krzemienia czynnej przed 4,5 tysiącami lat w Krzemionkach Opatowskich (Fajkiewicz 1980). W latach 1970-1971 w Chełmie Lubelskim, w rejonie zwartej zabudowy miejskiej zlokalizowano stare piwnice i labirynty wyrobisk podziemnych (Śliz 1975). Z powodzeniem stosowano metodę w określaniu stref zagrożonych deformacją górotworu w wyniku eksploatacji złóż soli (Gliński 1978). Niezliczoną ilość razy metoda stosowana była skutecznie do wykrywania pustek poeksploatacyjnych i określania stopnia zlikwidowania wyrobisk górniczych występujących na terenie Górnego Śląska (Fajkiewicz 1967, 1970, 1974, 1976a, 1976b, 1980; Fajkiewicz i in. 1971, 1972; Fajkiewicz i Radomiński 1990, 1996).

2. Rejon badań

Rejon badań zlokalizowany jest w pasie wytyczonym przez projektowaną, lub już zbudowaną, obwodnicę północną miasta Bytomia oraz obwodnicę zachodnią i południową Piekar Śląskich.

Wzmiankowane drogi szybkiego ruchu mają na celu odciążenie ruchu samochodowego w miastach Bytom i Piekary Śląskie. Stanowią też będą dla ruchu tranzytowego na trasach Kraków - Olkusz - Wrocław, Katowice - Poznań i Katowice - Wrocław znaczącą możliwość przyspieszenia przejazdów. Docelowo mają stanowić wspomaganie komunikacyjne autostrad A-4 i A-1.

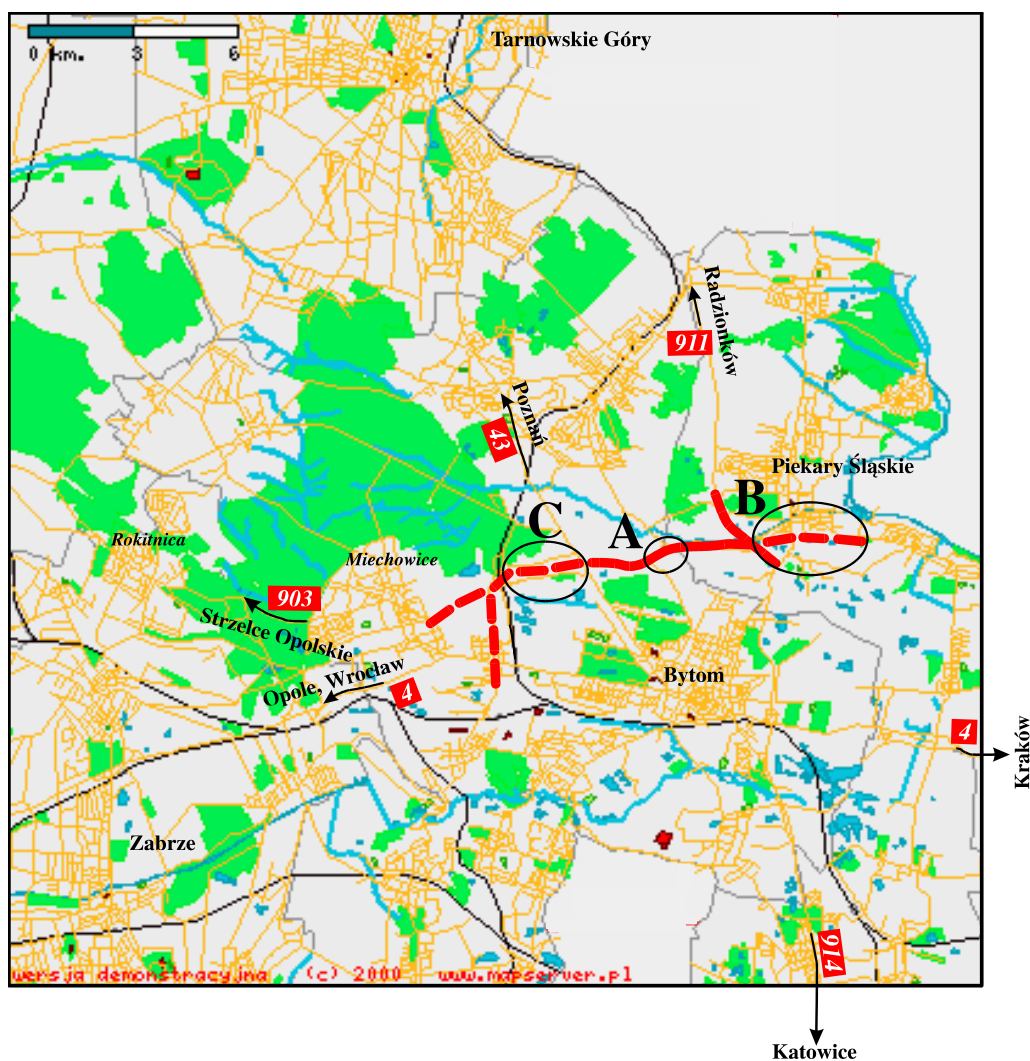
Badania mikrograwimetryczne miały miejsce w rejonach zaznaczonych na rys. 2.1 literami A, B i C na tle zbudowanych i projektowanych dróg szybkiego ruchu.

3. Opis warunków górnictwo-geologicznych

Rejon badań obejmuje północne skrzydło bytomskiej niecki węglowej. Górotwór budują utwory czwartorzędu (miąższość od 15 do 27 m), sięgający do 200 m głębokości kompleks triasu i zalegające niżej utwory karbońskie.

Sporadycznie występują w utworach czwartorzędowych rudy żelaza brunatnego. Rudy te związane są zasadniczo z dolomitami kruszczośnymi, występują również na powierzchni wapieni gogolińskich. Zalegają na kontakcie utworów czwartorzędowych ze zwietrzałymi utworami triasowymi wśród ilów i piasków, tworząc skupienia o bardzo nieregularnych kształtach w postaci gniazd i soczewek różnej wielkości.

Złoże rud cynku i ołowiu zalega w spągowej części dolomitów kruszczośnych przynależnych do górnej części dolnego wapienia muszlowego na kontakcie z utworami



- 903** - ważniejsze drogi
- - zbudowany odcinek obwodnicy
- -** - projektowany odcinek obwodnicy
- A,B,C - rejony badań omówione w tekście

Rys. 2.1 Lokalizacja obwodnic miast Bytom i Piekary Śląskie

wapieni gogolińskich. Występuje jako złożo pierwotne w postaci siarczków cynku i ołowiu tj. blendy cynkowej i galeny oraz jako złożo przeobrażone tj. galmanów powstałe przez utlenienie siarczków. W partiach głębszych, gdzie nie dotarły procesy wietrzeniowe występują siarczki, natomiast w skałach przeobrażonych, zalegających bliżej powierzchni terenu, galmany.

Utwory karbońskie reprezentowane są przez warstwy rudzkie oraz górną część warstw

siodłowych. W profilu litologicznym występują pokłady grupy 300, 400 i 500 i tylko w części zachodniej rejonu badań grupy 600.

Wody w utworach czwartorzędowych zasilane głównie opadami atmosferycznymi nie tworzą trwałego horyzontu wodnego w efekcie ich infiltracji do utworów triasowych. Wskutek systemu spękań, szczelin, pustek i kawern serii dolomitów tarnowickich, diploporowych i kruszczonośnych udroźnione są drogi zasilania i krążenia wód oraz zróżnicowane prędkości ich przepływu. Wywołuje to zawodnienie wyrobisk górniczych wydrążonych w złożu rudnym a odizolowanych od niższych poziomów marglistymi wapieniami górnych warstw gogolińskich (Paul 1996, 1999).

Na przełomie XIX i XX wieku w rejonie projektowanej obwodnicy istniały nadania górnicze dla eksploatacji rud cynkowych. Teren położony jest w granicach byłego obszaru górniczego dla eksploatacji rud cynkowo-ołowiowych ZG-H „Orzeł Biały”. W 1995 roku obszar ten został wykreślony z rejestru obszarów górniczych. Przedmiotem eksploatacji były blenda cynkowa, galena oraz galmany. W zasadzie była to eksploatacja fragmentaryczna, powierzchniowo obejmująca 50% obszaru. Złoże eksploatowano w dwóch ławach, dolnej i górnej w latach 1875-1904, 1930-44, 1962-68, 1970-77 na głębokości od 30 do 50 m.

Z archiwalnych map w skali 1:10000 górnośląskiego górnictwa rudnego wydanych w roku 1911 przez ówczesny Wyższy Urząd Górniczy we Wrocławiu wynika, że prowadzona była również w połowie ubiegłego wieku eksploatacja żelaziaka brunatnego na głębokości od 20 do 35 m.

Eksploatacja rud cynkowo-ołowiowych i żelaziaka brunatnego udostępniona była licznymi szybami i szybikami, które mogą stwarzać zagrożenie dla projektowanej trasy obwodnicy.

Teren badań usytuowany jest w obszarze górniczym Zakładu Górniczego Bytom II (była KWK „Powstańców Śląskich”), gdzie prowadzona była wieloletnia eksploatacja pokładów węgla. Pokłady węgla warstw rudzkich i siodłowych zostały już wyeksploatowane. Prowadzona jest resztkowa eksploatacja w pokładzie 620. W latach od 1924 do 1980, na głębokości od 170 do 550 m sumaryczna grubość wyeksploatowanych z zawałem stropu pokładów węgla wyniosła 32,5 m. Dokonana eksploatacja wywołała całkowite obniżenia powierzchni terenu o 19 m. Wskazuje to na silną deformację górotworu i zalegających tu wyrobisk i szybów porudnych (Paul 1996, Kwiatek 1995).

4. Uwarunkowania metody mikrograwimetrycznej dla rozpoznania zagrożeń ze strony starych wyrobisk i szybów porudnych

Eksploatacja rudna może wywołać zagrożenia dla powierzchni spowodowane:

- a) możliwością przetrwania pustek porudnych,
- b) występowaniem starszych szybów porudnych o nieudokumentowanym sposobie likwidacji.

Wielkość i zasięg zagrożenia ze strony wyrobisk górniczych zależy od warunków geologicznych jak miąższość nadkładu utworów czwartorzędowych i właściwości skał, w których występuje złoże oraz od systemu, zakresu i głębokości eksploatacji.

Korzystniejszym dla zagospodarowania terenów jest sytuacja, w której po bardzo krótkim okresie występują znaczne odkształcenia powierzchni do odkształceń nieciągłych włącznie. Znaczne odkształcenia powierzchni terenu występują szybko, a uspokojenie się górotworu następuje w niedługim czasie.

Tak właśnie przebiega proces odkształceń górotworu zbudowanego z przeobrażonych skał. Dolomity barwy czerwono-brązowej podlegały procesom wietrzenia i są mniej wytrzymałe,

o niskich wskaźnikach wytrzymałościowych. W takich warunkach zazwyczaj po kilkunastu latach następuje pełny i szczelny zawał skał stropowych, a proces odkształceń powierzchni zostaje zakończony. W takich skałach występują przeważnie galmiany. Ich eksploatacja systemem na zawał ponad 100 lat temu upoważnia do stwierdzenia, że nastąpiło uspokojenie górotworu złoża rudnego.

Sytuacja geologiczna charakteryzująca występowanie złóż żelaziaka brunatnego jest też korzystna z uwagi na odkształcenia powierzchni terenu, bowiem płytkie wyrobiska wydrążone w zwietrzałych skałach ulegają szybko pełnemu zawałowi, co jest równoznaczne z ich samopodsadzeniem. Taki proces samopodsadzenia następuje w krótkim czasie po skończonej eksploatacji i wpływy na powierzchnię zanikają całkowicie - tak, że ze strony wyrobisk po eksploatacji żelaziaka brunatnego nie należy się spodziewać ujemnych skutków na powierzchni, co potwierdzają wieloletnie obserwacje (Paul 1996).

W konkretnych warunkach geologiczno-górnicznych wpływ eksploatacji rudnej może przez wiele lat od jej zakończenia w ogóle nie objawiać się na powierzchni terenu, co stanowi okoliczność niekorzystną dla zagospodarowania terenów. I tak w przypadku eksploatacji siarczkowego złoża blendy cynkowej i galeny występującego zazwyczaj wśród szarych doloMITÓW, które charakteryzują się znaczną wytrzymałością mechaniczną, istnieje duże prawdopodobieństwo przetrwania zrobów rudnych przez wiele lat. Jest to niekorzystne zjawisko dla przebiegu odkształceń powierzchni terenu. Proces rozgniatacia pozostawionych calizn złoża stanowiących podpory dla stropu przebiega bardzo powoli, a na powierzchni przez dziesiątki lat nie występują odkształcenia i trudno określić okres i rozmiar ich wystąpienia.

Na terenie Bytomia zinwentaryzowano 308, a na terenie Piekar Śląskich 206 szybów i szybików. Stwierdzono 14 przypadków powstania zapadlisk nad tymi szybami. Stare szyby na podstawie map archiwalnych można odwzorować w terenie z błędem wynikającym z wieku ich powstania i koniecznymi przekształceniami układów współrzędnych. Przyjmuje się, że ekstremalnie błąd odwzorowania jest nie większy niż ± 15 m. Odnośnie sposobu i okresu ich likwidacji na ogół brak jest jakichkolwiek danych. Głębokości szybów wynoszą od kilku do kilkudziesięciu metrów, często jednak jest brak podstawowych danych charakteryzujących ich głębokość i czas wykonania.

Szyby udostępniające złoża żelaziaka brunatnego i galmanów w rejonie wychodni doloMITÓW kruszconośnych drążone były na całej swej głębokości w luźnych utworach czwartorzędowych lub zwietrzałych skałach triasowych. Ciśnienie górotworu powoduje przemieszczanie się tych luźnych, kruchych, o małej wytrzymałości mechanicznej skał do pustych przestrzeni. Jeżeli nawet nie były prawidłowo likwidowane uległy samopodsadzeniu i ewentualne zagrożenie z ich strony jest nieznaczne. Warunki geologiczne odpowiadają sprężysto-plastycznemu modelowi górotworu.

W szybach głębszych, sięgających złóż rudnych nie można wykluczyć istnienia pustek wynikających z technologii podsadzania, czy też spowodowanych infiltracją wód w głąb górotworu. Znane są przypadki, jak już wspomniano we wstępie, że szyb likwidowano przez ułożenie kilka metrów od powierzchni pomostu drewnianego i zasypanie dostępnym materiałem do powierzchni terenu.

Przykładem może być szyb Anna usytuowany na północ od ul. Brzezińskiej w Bytomiu. Na mapach archiwalnych istnieje zapis, że szyb został zasypany. Tymczasem nad tym szybem powstało 26 czerwca 1975 roku największe dotychczas zapadlisko obejmujące powierzchnie około 30 m² i o głębokości około 30 m. W sumie do zasypania użyto 300 m³ odpadów doloMITÓWYCH. W trakcie jego likwidacji stwierdzono, że szyb został zlikwidowany za pomocą

pomostu wykonanego na głębokości kilku metrów.

Taki sposób likwidacji jest bardzo niebezpieczny, grozi bowiem trudnym do przewidzenia w czasie zawaleniem się szybu. Likwidowano również szyby przez ich całkowite zasypanie. Do ich likwidacji używany był materiał przypadkowy, niejednorodny najłatwiej dostępny w danych warunkach – jak odpady przemysłowe, materiały rozbiórkowe i in. Jednak i w takim przypadku może wystąpić zapadlisko, gdy materiał wypełniający szyb, przemieści się na skutek transportującej działalności wody do wyrobisk poziomych, które mogły przetrwać w górotworze przez długi okres czasu. Dotyczy to wyrobisk drążonych w szarych dolomitach charakteryzujących się dużą wytrzymałością mechaniczną. Stwierdzono wyrobiska drożne sprzed 100-120 lat (Paul 1996).

Strefę domniemanego zagrożenia powierzchni terenu można policzyć ze wzoru prof. M. Chudka i W. Olaszowskiego (Chudek i Olaszowski 1970, 1998):

$$d = 2 \cdot h \cdot \text{ctg } \varphi \quad (4.1)$$

gdzie:

d – średnica zapadliska,

h – głębokość,

φ – kąt osypywania materiału.

Przyjmując, że h wynosi nie mniej niż 10 m, $\varphi = 45^\circ$ obliczona średnica zapadliska wyniesie 20 m. Oznacza to, że szyby, których średnica zapadliska mieści się w obrysie trasy drogowej bądź znacznie ją narusza mogą stwarzać zagrożenie. Przyjęto, uwzględniając błąd odwzorowania z archiwalnych map, że odległość graniczna wynosi 50 m dla analizy stopnia zagrożenia starych szybów od podstawy nasypu obwodnicy.

Ważna jest analiza wszystkich dostępnych informacji. Przykładem może być stwierdzenie również zapadliska nad szybem, który nie został udokumentowany na dostępnych mapach. W dniu 4 czerwca 1994 roku w ogródkach działkowych w Karblu pod altankami powstało zapadlisko w kształcie koła o średnicy 3,0-3,5 m i głębokości około 4,0 m zwężając się do średnicy 2,0 m na głębokości ok. 5,5 m. W pierwszej fazie powstawania zapadliska widoczna była obudowa drewniana. Na mapach archiwalnych w tym rejonie nie odwzorowano wyrobisk rudnych.

Szczególnie niebezpieczne dla powierzchni jest występowanie wpływów wtórnych w postaci deformacji nieciągłych na skutek podbierania starych, płytkich zrobów powęglowych lub porudnych (Sobolewski i in. 1998).

Jednocześnie intensywny ruch drogowy zwiększa zagrożenie związane z występowaniem pustek poeksploatacyjnych w pasie drogowym, czego efektem mogą być deformacje nieciągłe, zagrażające bezpieczeństwu szczególnie na drogach szybkiego ruchu i autostradach (Strycharz 1998).

Na podstawie powyższych omówień wyłania się możliwość i potrzeba wykonania takich badań geofizycznych które mogłyby odpowiedzieć na pytania dotyczące:

- lokalizacji stref górotworu naruszonego eksploatacją porudną,
- lokalizacji starych szybów i szybików porudnych,
- stwierdzenia stopnia zagniecenia (wypełnienia - szczelności) starego szybu i prognozy oceny jakie ten stan stwarza dla powierzchni (Fajkiewicz i Radomiński 1999).

Metodą najbardziej predestynowaną do tego są badania mikrograwimetryczne, które mogą być

wykonywane często w ekstremalnie trudnych warunkach terenowych. Od wielu lat w rejonie Bytomia, Tarnowskich Gór i Piekar Śląskich Zespół AGH i ZUG „MA-PA” wykonał wiele badań mikrograwimetrycznych dla oceny stanu zagrożenia ze strony starych szybów porudnych.

5. Badania mikrograwimetryczne

Do badań wykorzystano grawimetr CG-3, produkcji kanadyjskiej firmy Scintrex, umożliwiający względne pomiary siły ciężkości z dokładnością do ± 10 mGal.

5.1 Wyniki badań mikrograwimetrycznych w etapie 1, odcinek 2 obwodnicy północnej miasta Bytomia, obiekt G-210-023

Badaniami objęto 6 szybów porudnych: „Łąka”, „Fryderyk”, „Barbara”, „Mieszko”, „Jakub” i „Poszukiwawczy”. Odpowiadają one strefie A na rys. 2.1 i przedstawione są na rys. 5.1 Wytyczone miejsca szybików pokryto siatkami pomiarowymi zbudowanymi z kwadratów o boku 5 m. Nie stwierdzono na powierzchni śladów występowania szybów porudnych. Morfologia powierzchni terenu była bardzo urozmaicona, wtórnie zniekształcona odkrywkową eksploatacją i zwałami pogórnicznymi i pohutniczymi. Łącznie wykonano 284 obserwacje mikrograwimetryczne. Interpretacja pomierzonych rozkładów mikroanomalii siły ciężkości dla obiektów Jakub, Poszukiwawczy i Barbara wskazała na brak znamion występowania niepodszanych szybów lub ich całkowite zaciśnięcie. Dla pozostałych wykryto obszary występowania ujemnych mikroanomalii siły ciężkości. Stwierdzono ich związek najprawdopodobniej z nasypami powstałymi w trakcie odkrywkowej eksploatacji żelaziaka brunatnego.

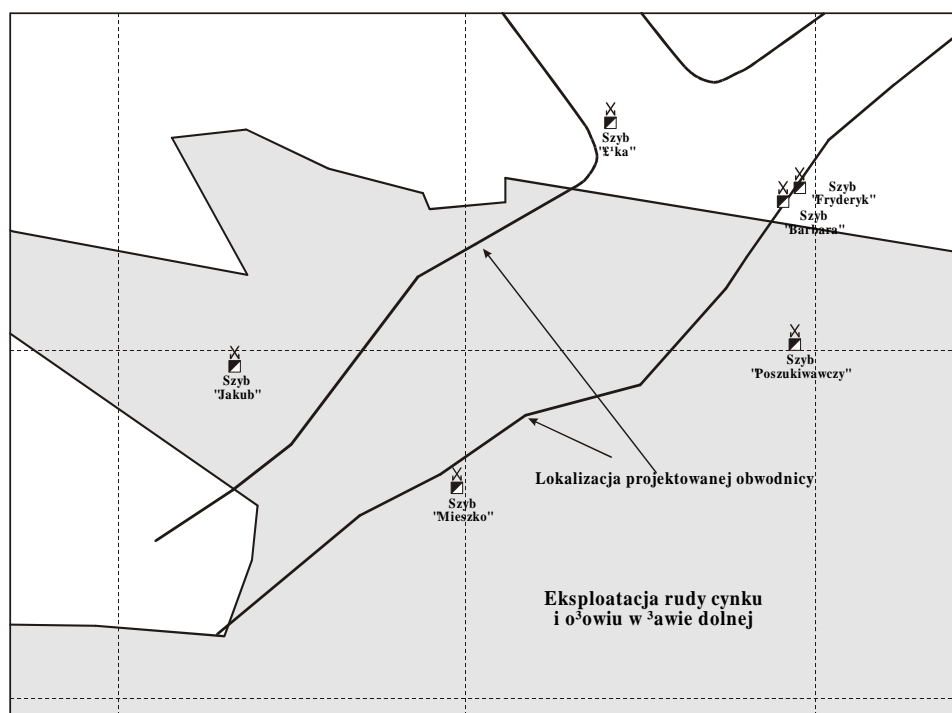
Zaproponowano wykonanie wierceń sprawdzających do głębokości 10-15 m dla jednoznacznego wykluczenia, czy mikroanomalie te nie są związane z obecnością szybów. Wykonane we wskazanych miejscach 3 otwory badawczo-kontrolne o głębokościach 13,5, 14,5 i 12 m potwierdziły interpretację badań mikrograwimetrycznych (Paul 1997).

5.2 Wyniki badań mikrograwimetrycznych w strefie obwodnicy miasta Piekary Śląskie

Łącznie wykonano badania dla 5 obiektów (rejon B na rys. 2.1), z których dwa „Artur” i „Rubin” szczegółowo omówiono w pracy (Paul 1998, Fajklewicz i Radomiński 1999). Kolejne dwa były wykonane uzupełniająco przy istniejącym nasypie budowanej obwodnicy. Poniżej omówione są wyniki badań mikrograwimetrycznych wykonanych dla szybu „Lech”.

Szyb „Lech” usytuowany jest w Piekarach Śląskich w odległości ok. 130 m na zachód od ul. Bytomskiej na przedłużeniu ul. Granicznej w kierunku zachodnim. Na powierzchni przykryty jest płytą betonową. Głębokość szybu wynosi 54,4 m. Nie zachowały się dokumenty dotyczące wykonania szybu i jego likwidacji. Szyb został wydrążony do złoża rudnego eksploatowanego w dwóch ławach na głębokościach 43 i 54 m. Wzrost górnicze pochodzą z lat 1870 do 1875. Eksploatacja zawałowa położonych niżej, na głębokości 203 do 326 m od dna szybu pokładów węgla spowodowała obniżenia terenu równe 8,7 m. Nie należy oczekiwać, że mogłaby wystąpić reaktywacja ruchów górotworu i powierzchni, która dla terenu szybu „Lech” mogłaby zainicjować widoczny proces deformacji. Wskutek wykorzystania szybu „Lech” do odprowadzania wód z sąsiadujących zabudowań zachodziło domniemanie, że rura szybowa i zawarty w niej materiał mogły zostać po części zakolmatowane bądź

też wykształtowały się warunki do swobodniejszego przepływu wód (Paul 1997).



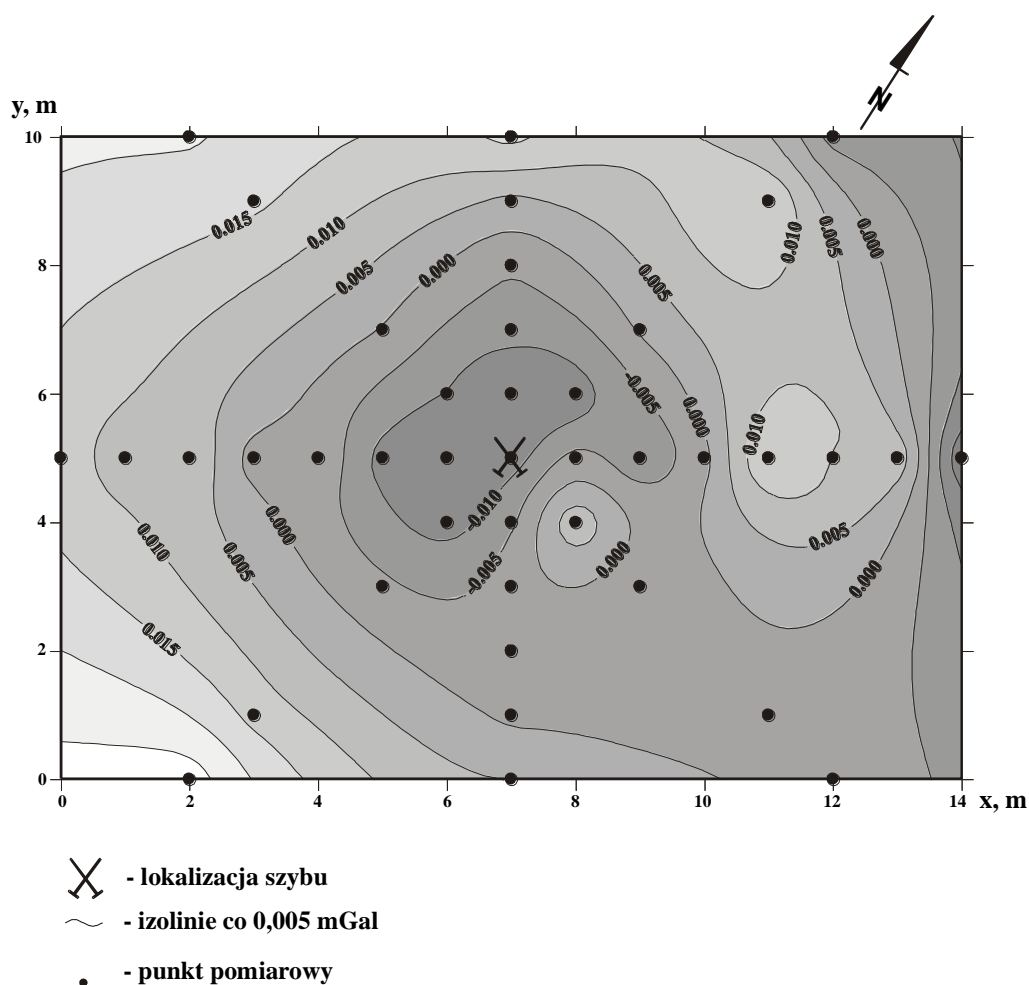
Rys. 5.1 Lokalizacja badań mikrograwimetrycznych w etapie 1, odcinek 2 obwodnicy północnej miasta Bytomia, obiekt G-210-023 (na rys. 2.1 rejon A)

Zadaniem pomiarów mikrograwimetrycznych było stwierdzenie stanu likwidacji szybu, stanu jego podsadzenia i szczelności podsadzenia rury szybowej; czy i jakie stwarza zagrożenie dla powierzchni?; czy i jakie należy podjąć profilaktyczne działania?

Obszar badań o powierzchni 10 m x 14 m został pokryty 43 punktami pomiarowymi. Wyniki obliczeń w postaci rozkładu mikroanomalií siły ciężkości w redukcji Bouguera przedstawione są na rys. 5.2, na którym miejsce występowania szybu zostało zaznaczone odpowiednim symbolem.

Rozkład mikroanomalií siły ciężkości charakteryzuje się występowaniem koncentrycznej ujemnej anomalií siły ciężkości o średniej amplitudzie 0,035 mGala z ekstremum występującym nad środkiem szybu „Lech” (rys. 5.2). Ma ona typowy dla nie w pełni podsadzonego szybu kształt i amplitudę. W kierunku na wschód od szybu „Lech” uwidacznia się pas ujemnej anomalií biegnący do naroża zachodniego pola pomiarowego, prawdopodobnie wywołanego połączeniem szybu z istniejącymi studzienkami wodnymi o głębokości około 2 m.

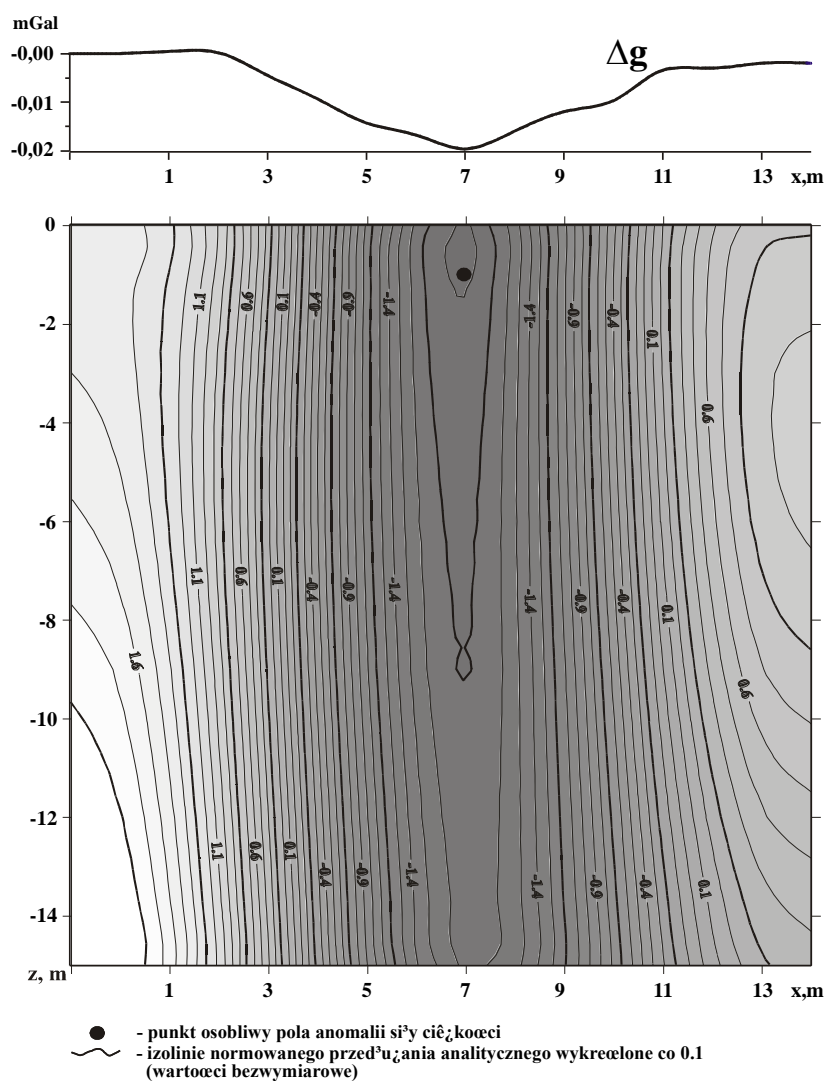
Dla potrzeb dalszej interpretacji ilościowej obliczone zostały wartości średnie mikroanomalií siły ciężkości dla kolejnych odległości od środka szybu. W ten sposób powstał profil uśrednionych wartości mikroanomalií Δg siły ciężkości przebiegający nad środkiem szybu, który przedstawiono na rys. 5.3.



Rys. 5.2 Rozkład mikroanomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera w rejonie szybu porudnego "LECH" o nieudokumentowanym sposobie likwidacji ZGH „ORZEŁ BIAŁY”

Interpretację ilościową przeprowadzono jedną z metod bezpośrednich. Metody te wprost z pomierzonego rozkładu anomalii siły ciężkości pozwalają wyznaczyć parametry ciała zaburzającego wywołującego interpretowaną anomalię. Wybrano metodę analitycznego przedłużania w dół anomalii, w której określa się położenie tzw. punktu osobliwego pochodnej potencjału siły ciężkości. W pewnym uproszczeniu położenie tego punktu utożsamiać można z głębokością zalegania środka ciężkości trójwymiarowego ciała zaburzającego. Gdy anomalia pochodzi od obiektu wydłużonego w pionie wówczas położenie punktu osobliwego lokuje się w górnej jego części. Wyniki obliczeń wykonane do głębokości 15 m przedstawione są na rys. 5.3.

Wynika z nich, że strop wydłużonego w pionie ciała zaburzającego leży bezpośrednio pod powierzchnią terenu, na głębokości około 1 m. Mogłoby to oznaczać, że szyb jest jednorodnie podsadzony od powierzchni w głąb.

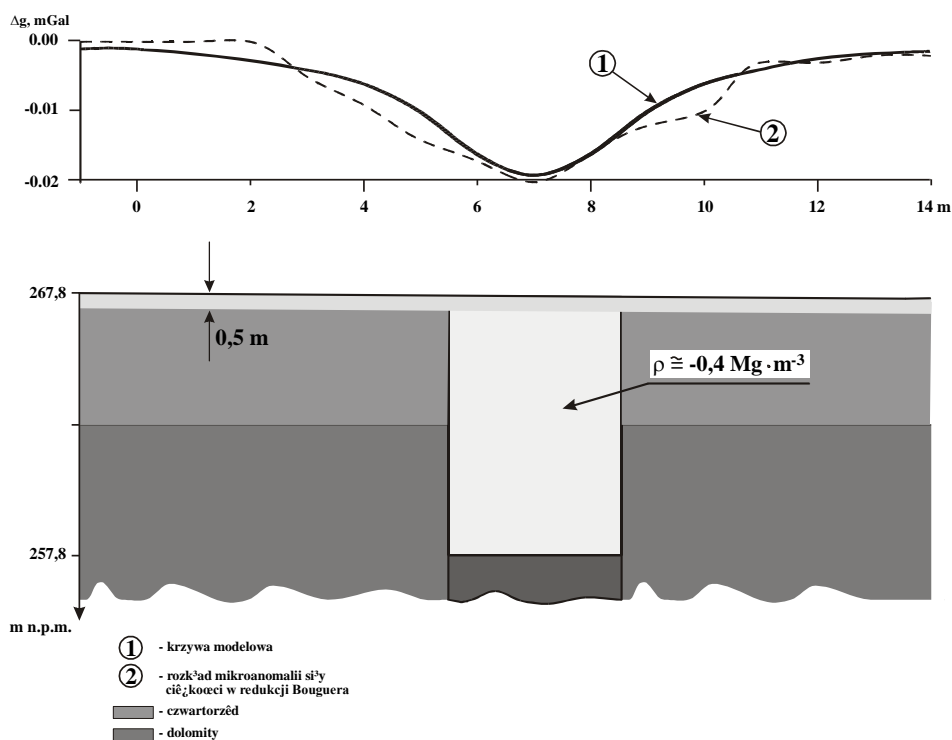


Rys. 5.3 Wyniki przedłużania analitycznego w dół anomalii siły ciężkości Δg wzdłuż uśrednionego profilu w rejonie szybu porudnego "LECH" o nieudokumentowanym sposobie likwidacji ZGH "ORZEŁ BIAŁY"

W celu oszacowania stopnia podsadzenia szybu wykonano cykl obliczeń, w ramach których porównywano rozkład uśrednionych wartości mikroanomalii siły ciężkości z obliczonymi teoretycznie rozkładami składowej pionowej grawitacyjnego oddziaływania od przyjętych, różnych modeli szybu.

Na rys. 5.4 przedstawiono końcowy wynik obliczeń dla modelu szybu jednorodnie podsadzonego o następujących parametrach:

- średnica 3 m, strop 0,5 m p.p.t,
- strefa słabo skonsolidowanego materiału o gęstości różnicowej w stosunku do otoczenia $0,4 \cdot Mg \cdot m^{-3}$ od 0,5 m do 10 m p.p.t.



Rys. 5.4 Wynik modelowania grawimetrycznego szybu porudnego "LECH" wzdłuż uśrednionego profilu o nieudokumentowanym sposobie likwidacji ZGH "ORZEL BIAŁY"

Dopasowanie krzywej modelowej z pomiarową jest spełnione w granicach błędu. Różnice mogą być związane z błędem pomiarów, inną od założonej średnicą szybu oraz niejednorodnościami w górotworze otaczającym szyb.

Uwzględniając wyniki analitycznego przedłużania w dół anomalii siły ciężkości, z których nie wynika istnienie pomostu, poniżej którego szyb był nie podsadzony należy stwierdzić, że model przybliżający szyb, przedstawiony na rys. 5.4 jest poprawny. W interpretacji wnioskuje się o zaliczenie szybu „Lech” jako w pełni podsadzonego słabo skonsolidowanym materiałem o gęstości różnicowej w stosunku do otoczenia $-0,4 \cdot \text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Na tej podstawie ustalenia końcowe ekspertyzy górniczej (Paul 1997) były następujące:

- nie występuje przypadek zlikwidowania szybu Lech jedynie na przypowierzchniowym odcinku tj. do zabudowania tzw. bona i zasypaniu nadległego odcinka szybu z pozostawieniem pozostałego szybu jako niezlikwidowanego,
- zaliczenie szybu „Lech” jako w pełni podsadzonego słabo skonsolidowanym materiałem o gęstości różnicowej w stosunku do otoczenia $-0,4 \cdot \text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ uzasadnia stwierdzenie, że szyb Lech nie stwarza możliwości zagrożenia dla powierzchni,
- zróżnicowanie gęstości szybu w stosunku do jego otoczenia oznacza, że ta część rury szybowej nie nadaje się do fundamentowania budowli. Przed ewentualną zabudową tego terenu wymagane będzie zlikwidowanie różnicowej gęstości szybu i otoczenia przez np. iniekcje pyłami dymnicowymi, bądź roztworami stabilizującymi lub stosowania zabezpieczeń konstrukcyjno-budowlanych itp.

5.3 Wyniki badań mikrograwimetrycznych na trasie etapu II i III „Obwodnicy Północnej miasta Bytomia”

W rejonie projektowanej obwodnicy od ul. Strzelców Bytomskich do drogi szybkiego ruchu w Miechowicach udokumentowano 34 szyby o nieznanym sposobie likwidacji. W wyniku wstępnej analizy górniczo – geologicznej, w oparciu o materiały archiwalne (Kwiatek 1995) podjęto decyzje o wykonaniu badań mikrograwimetrycznych w rejonie występowania 3 szybów: Tadeusz, Poszukiwawczy i Szczęść Boże, dla których orzeczono, że mogą stanowić zagrożenie, jeżeli nie zostały prawidłowo zlikwidowane (rejonie C-rys. 2.1).

W efekcie interpretacji profilowych badań mikrograwimetrycznych nad szybem nr 203-Tadeusz, zlokalizowanym w Bytomiu przy ul. Węglowej stwierdzono, że szyb w przeszłości nie został podsadzony właściwie i ma znamiona szybu niepodsadzonego w rozumieniu zasad metod likwidacji szkód górniczych.

Rozkład mikroanomali siły ciężkości w redukcji Bouguera na obszarze obejmującym otoczenie szybu Poszukiwawczego – nr 195, usytuowanego na nieużytkach po wschodniej stronie ul. Topolowej w Bytomiu wskazała na istnienie ujemnej, koncentrycznej mikroanomali siły ciężkości noszącej znamiona rozkładu mikroanomali siły ciężkości nad szybem nie w pełni podsadzonym. Prawdopodobnie w przypowierzchniowej partii szybu występuje strefa dylatacji będąca wynikiem kompaktacji materiału skalnego, którym szyb został w przeszłości wypełniony. Zwrócono też uwagę na bardzo duży obszar występowania ujemnych mikroanomali siły ciężkości, które od strony zachodniej zaznaczają się silnym gradientem poziomym siły ciężkości. Stwierdzono, że na wschód od linii tego gradientu występuje obszar naruszenia górotworu znacznie większy, niż mogłoby to wynikać z obecności szybu w tym rejonie.

Rozkład mikroanomali siły ciężkości na obszarze występowania szybu nr 181 – Szczęść Boże, na terenie byłego zakładu górniczego w Bytomiu przedstawiono na rys. 5.5. Obszar badań ma kształt kwadratu o boku 40 m. Punkty pomiarowe rozmieszczone zostały w odległości 5 metrów. Domniemane położenie centrum szybu według danych archiwalnych zaznaczono odpowiednim symbolem, a odrębnie podano lokalizację centrum ujemnego ekstremum mikroanomali siły ciężkości, które powinno odpowiadać rzeczywistemu położeniu szybu. Od centrum szybu w kierunku południowym rozciąga się pas ujemnych mikroanomali siły ciężkości, który prawdopodobnie związany jest z towarzyszącymi szybowi wyrobiskami górniczymi. Z tego też względu obszar leżący na wschód od przerywanej linii **a-a** należy uznać za naruszony robotami górniczymi.

Wyżej podana interpretacja wyników badań mikrograwimetrycznych była podstawą do między innymi następujących ustaleń ekspertyzy górniczej (Paul 1999):

Dla szybu nr 203 –Tadeusz przy ul. Węglowej w Bytomiu:

- postępuje proces deformacji szybu,
- zachodzi duże potencjalne zagrożenie zapadnięcia się powierzchni, w szczególności w przypadku oddziaływania egzogennych przyczyn jak np. długotrwałych i burzowych opadów deszczu, wystąpienia wstrząsu górniczego o dużej energii (większej od 10^6 J i przyspieszeń drgań $a > 400$ mm/s²) w bliskiej odległości epicentralnej,
- w trybie pilnym należy podjąć prace likwidacyjne – uszczelniające rurę szybową poprzez odwiercenie otworu i wykonanie kontrolowanego podsadzania.

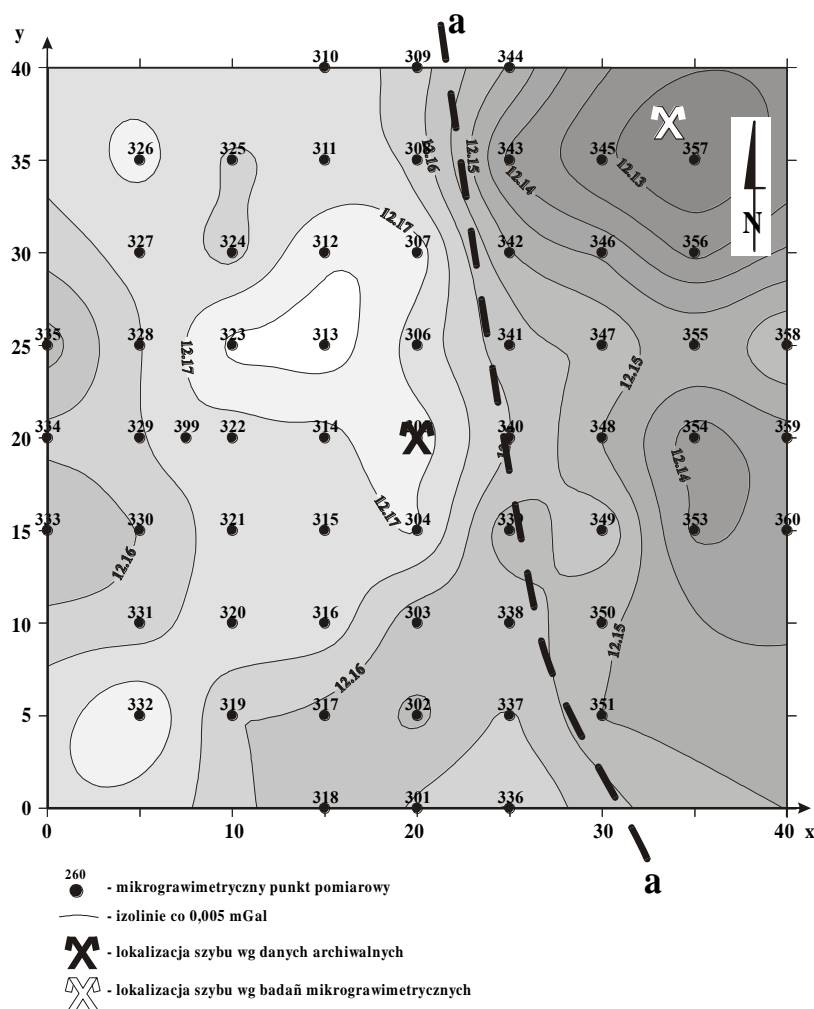
Dla szybu 195 – Poszukiwawczy przy ul. Topolowej w Bytomiu:

- centrum ujemnej anomalii siły ciężkości jest przesunięte 15 m w kierunku wschodnim, co

- wynika z błędu odwzorowania szybu z mapy archiwalnej w skali 1:10000,
- analiza sytuacji górniczej potwierdza wyniki badań geofizycznych, ujemne mikroanomalie siły ciężkości występują w obszarze górotworu naruszonego strukturalnie prowadzoną eksploatacją rud cynkowo-ołowiowych z zawalem stropu.

Dla szybu 182 – Szczęść Boże na terenie byłego zakładu górniczego w rejonie ulic Węglowej i Nowocelnej:

- rozbieżność między ujemnym ekstremum anomalii siły ciężkości a wyznaczonym miejscem szybu na powierzchni jest wynikiem odwzorowania szybu z mapy 1:10000,
- uznaje się za celowe, wobec przesunięcia wynoszącego 22 m w kierunku trasy projektowanej obwodnicy i jednocześnie lokalizacji szybu w obszarze górotworu o naruszonej równowadze, wykonanie uzupełniających pomiarów geodezyjnych i ewentualnego powiększenia obszaru badań mikrograwimetrycznych w kierunku północno-wschodnim.



Rys. 5.5 Rozkład mikroanomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera w rejonie szybu nr 182 "SZCZEŚĆ BOŻE" w Bytomiu

6. Podsumowanie

1. Zbiory archiwalne rejonów byłego górnictwa rudnego na Górnym Śląsku wnoszą szereg złożonych uwarunkowań w sytuacjach, kiedy tereny takie przewiduje się do przestrzennego zagospodarowania. Z tym są związane poważne zagrożenia dla powierzchni terenu, spowodowane istnieniem starych wyrobisk porudnych, a w szczególności szybów i szybków związanych z eksploatacją w ubiegłych wiekach rud żelaza brunatnego i rud cynku i ołowiu. Złożoność tej problematyki narasta w sytuacjach zdekompletowanego udokumentowania i odnoszenia sytuacji górniczej do lokalnych i niemetrycznych układów odniesienia.
2. Wieloletnie obserwacje związane z zachowaniem terenów górnictwa porudnego potwierdzają liczne przypadki katastrofalnych wydarzeń i powstawania na powierzchni gwałtownych zapadlisk i lejów jako skutków zawalenia się starych szybów i szybków porudnych. Zachodzi zatem każdorazowo konieczność rozpoznania i oceny zagrożenia powierzchni terenu, dla którego istnieje domniemanie, że mógł on zostać objęty archiwalnym górnictwem porudnym.
3. Przykładem takiej problematyki stała się programowa koncepcja wybudowania obwodnicy północnej dla miasta Bytomia i w części dla miasta Piekary Śląskie. Problem zagrożenia powierzchni terenu ze strony starych szybów i szybków porudnych o nieudokumentowanym sposobie likwidacji stał się nader ważki. Rzutował on na zamierzony ogrom prac projektowo – realizacyjnych dla uzyskania jednoznacznej oceny w przedmiocie możliwości wystąpienia zagrożenia górniczego dla obwodnicy.
4. Dla projektowanych odcinków obwodnicy, na podstawie analizy uwarunkowań górniczo-geologicznych, wskazano możliwe zagrożenia wymagające jednoznacznego rozpoznania. Najbardziej przydatna dla tego celu okazała się metodyka badań mikrograwimetrycznych - pomiaru rozkładu ujemnych mikroanomali siły ciężkości.
Na wysoką efektywność stosowania tej metody badań składa się w szczególności:
 - możliwość jednoznacznej oceny stopnia zagrożenia dla powierzchni terenu,
 - operatywność i krótki czas wykonywania badań,
 - zaniżone do minimum koszty w stosunku do innego, koniecznego postępowania.
5. Doświadczenia w stosowaniu tej metody badawczej uzasadniają niekwestionowaną wiarygodność wyników badań, stanowiących potwierdzenie dowodowe analitycznych ustaleń ekspertyzy górniczo-geologicznej w przedmiocie oceny zagrożenia powierzchni ze strony starych, nie udokumentowanych szybów porudnych a w szczególności ustalenia ich lokalizacji i tym samym zminimalizowania zakresu robót likwidacyjnych i zabezpieczających.

Literatura

- [1] Chudek M, Janusz W., Zych J., 1998: Studium dotyczące stanu rozpoznania tworzenia się i prognozowania deformacji nieciągłych pod wpływem podziemnej eksploatacji złóż. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Zeszyt 141.
- [2] Chudek M, Olszowski W., 1977: Zagrożenia powierzchni ze strony szybów usytuowanych w obszarze górniczym KGH „Orzeł Biały” oraz sposoby jego likwidacji. Ochrona Terenów Górniczych, nr 39, 5-14.
- [3] Fajkiewicz Z., 1967: Zastosowanie metod geofizycznych do wykrywania uskoków i pustek w górotworze. Ochrona Terenów Górniczych. Wyższy Urząd Górniczy w Katowicach, nr 2, 11-26.
- [4] Fajkiewicz Z., 1970: Interpretacja badań mikrograwimetrycznych na terenie o obszarze 4500 m²

- położonym w Bytomiu przy ul. Łużyckiej, Spółdzielnia Mieszkaniowa "Górnik" w Bytomiu.
- [5] Fajkiewicz Z., 1974: Mikrograwimetria w służbie górnictwa. Przegląd Górniczy nr 7/8, 400-406.
 - [6] Fajkiewicz Z., 1976a: Gravity Vertical Gradient Measurements for the detection of Small Geologic and Antropogenic Forms. Geophysics. Vol. 41 No 5, October 1976, 1016-1030.
 - [7] Fajkiewicz Z., 1976b: Zastosowanie mikrograwimetrii w górnictwie węglowym. Publ. Inst. Geoph. Pol. Ac. Sci., M-1(97), 223-234.
 - [8] Fajkiewicz Z., 1980: Mikrograwimetria górnicza. Wyd. "Śląsk", Katowice.
 - [9] Fajkiewicz Z., i in. 1972: Sprawozdanie z zakresu prac badawczych wykonanych w 1971/72 roku w zadaniu 05-09-03 "Badanie metodami geofizycznymi wyrobisk pionowych celem zlokalizowania i określenia stopnia zlikwidowania starych szybów i szybików". Arch. GIG, Katowice.
 - [10] Fajkiewicz Z., Duda W., Śliz J., 1971: Sposób wykrywania pustek, nieciągłości i stref odprężeń występujących zwłaszcza w górotworze. Zastrz. Patent. P nr 146 149.
 - [11] Fajkiewicz Z., Paul J., Radomiński J., 1997: Ekspertyza górnico-geologiczna i badania geofizyczne dla starego szybu porudnego „Lech”, zlikwidowanego, w Piekarach Śląskich przy ul. Bytomskiej. Dokumentacja ZU-G MA-PA.
 - [12] Fajkiewicz Z., Radomiński J., 1990: Prognozowanie metodą mikrograwimetryczną nieciągłych deformacji powierzchni terenu wywołanych pustkami poeksploatacyjnymi w kopalni Mysłowice. III Konferencja nt. Postęp Naukowy i Techniczny w Geologii Górniczej Węgla Kamiennego, Szczyrk 10-12 październik 1990, 158-168.
 - [13] Fajkiewicz Z., Radomiński J., 1996: Nowe możliwości grawimetrycznego odwzorowania stanu naruszenia górotworu ekspansją pustek poeksploatacyjnych. Archiwum górnictwa AGH, 325-339.
 - [14] Fajkiewicz Z., Radomiński J., 1999: Mikrograwimetryczna ocena zagrożenia powierzchni terenu niezlikwidowanymi szybami górnictwami. Archives of Mining Sciences no 44, 293-305.
 - [15] Gliński A., 1978: Podziemne wielopoziomowe zdjęcia mikrograwimetryczne i ich zastosowanie do badania budowy górotworu. Prace Geologiczne Komisji Nauk Geologicznych. Oddział w Krakowie, nr 109.
 - [16] Kwiatek J., 1995: Wpływ eksploatacji górnictwa na przeobrażenia terenu w obszarze górnictwem KWK „Powstańców Śląskich”, GIG.
 - [17] Ostrowski J., i in. 1998: Ochrona Środowiska na terenach górnictwem. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Madej J. - rozdział w książce „Metody badania pustek w górotworze jako potencjalnej przyczyny powstawania deformacji nieciągłych, 107-108. Kraków 1998.
 - [18] Paul J., Fajkiewicz Z., 1997: Opinia uzupełniająca dla oceny zagrożenia powierzchni terenu ze strony starych szybów porudnych na podstawie ustaleń ekspertyzy górnico-geologicznej oraz pomiarów geofizycznych (obiekt 6-210-023, Obwodnica Północna miasta Bytomia, Etap I, odcinek 2). Kraków-Piekary Śląskie.
 - [19] Paul J., Fajkiewicz Z., Mój H., Dolibóg J., Radomiński J., 1996: Ekspertyza górnico-geologiczna i geofizyczna dotycząca rozpoznania zagrożenia ze strony starych szybów porudnych dla projektowanej trasy obwodnicy północnej miasta Bytomia. Dokumentacja ZU-G MA-PA.
 - [20] Paul J., Fajkiewicz Z., Mój H., Radomiński J., 1998: Wyniki badań geofizycznych wykonane w rejonie występowania szybów „Artur” i „Rubin na obszarze przyszłej obwodnicy w Piekarach Śląskich. Dokumentacja ZU-G MA-PA.
 - [21] Paul J., Fajkiewicz Z., Mój H., Radomiński J., 1999: Pomiar geofizyczny dla wskazanych trzech szybów porudnych na trasie Obwodnicy Północnej miasta Bytomia – Etap II i III. Dokumentacja ZU-G MA-PA.
 - [22] Paul J., Mój H., 1999: Ekspertyza górnico-geologiczna określająca stan zagrożenia ze strony starych szybów porudnych na trasie Obwodnicy Północnej miasta Bytomia – etap II i III. Dokumentacja ZU-G MA-PA.
 - [23] Sobolewski J., Aleksiew D., Rogusz Z., Strycharz B., 1998: Monitoring autostrady na terenach zapadliskowych oraz geosyntetyczne systemy jej zabezpieczeń. Prace Naukowe GIG Nr 25, 115-128.
 - [24] Strycharz B., 1998: Problemy projektowania i utrzymania autostrad na terenach górnictwem. Prace Naukowe GIG, Nr 25, 129-143.
 - [25] Śliz J., 1975: Eliminacja wpływu zabudowy miejskiej z pomierzonej mikroanomalii siły ciężkości. Zeszyty Naukowe AGH.

**Application of microgravity for the elimination of the safety hazard
caused by the old mining excavations for by - pass roads of Bytom
and Piekary Śląskie to be in construction**

In the paper the results of microgravity measurements over the area of by – pass roads Bytom and Piekary Śląskie are presented. Due to the discovered negatives local gravity anomalies old shafts were detected. The stage of filled of this shafts were estimated. Thirty examples are presented.