

Eligiusz Jędrzejec*, Andrzej Kowalski*, Piotr Gruchlik*

SYSTEM SZKODY WER. 4.0 JAKO WSPARCIE BUDOWY AUTOSTRADY A4
W ZAKRESIE PROGNOZOWANIA DEFORMACJI TERENU GÓRNICZEGO

1. Wstęp

Prognozowanie deformacji ma istotne znaczenie dla ochrony zagospodarowania powierzchni oraz projektowania nowych obiektów, gdyż od wyników prognozy zależy zakres i koszty podejmowanej w kopalni profilaktyki górniczej, a na powierzchni – profilaktyki budowlanej.

W polskim górnictwie węgla kamiennego prognozowanie deformacji odbywa się głównie przy zastosowaniu teorii Budryka–Knotheho. Opracowano dla niej kilka programów prognostycznych, najczęściej stosowane są programy autorstwa: J. Białka [2], B. Drzęzli [1], R. Hejmanowskiego [4], E. Jędrzejca [5, 6].

W GIG najważniejsze były napisane w latach 1987–1993 dla komputerów PC pracujących pod kontrolą DOS systemy programów Szkoły 2.0 oraz Szkoły 3.0 [5]. System Szkoły 2.0 służył do prognozy ustalonych wskaźników deformacji, wywołanych etapową eksploatacją w grupach parcel, bez uwzględnienia harmonogramu eksploatacji. W systemie Szkoły 3.0 uwzględnia się harmonogram eksploatacji i wyszukuje się tzw. czasowo ekstremalne wartości wskaźników deformacji. Jest też możliwość prognozowania deformacji nieustalonych.

Zapoczątkowany w roku 1995 przez firmę Microsoft rozwój wielozadaniowych systemów operacyjnych dla komputerów PC sprawił, iż programy ery DOS utraciły swoją atrakcyjność i przestały być stosowane. W 2000 r. napisano kolejny program Szkoły wer. 4.0. Jest to 32-bitowa wersja systemu, która umożliwia bardzo szybkie obliczanie deformacji w systemie Windows. W 2005 r. opracowano już kolejną wersję oprogramowania, która jest testowana.

* Główny Instytut Górnictwa, Katowice

Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie systemu SZKODY wer. 4.0 oraz jego zastosowania do profilaktyki górniczej i budowanej dla autostrady A4 na odcinku węzeł Wirek – węzeł Batorego (między Gliwicami i Katowicami).

2. Budowa systemu Szkody wer. 4.0

Istotą koncepcji tego systemu jest projekt, który może zawierać wiele wariantów. Każdy wariant jest zbiorem typowych zadań.

Zdefiniowano następujące zadania:

- dwa typy edycji danych;
- cztery typy obliczeń (np. dla punktów rozproszonych, punktów w siatce, obiektów liniowych);
- pięć typów edycji raportu (w tabelach dla punktów rozproszonych lub obiektów liniowych albo w plikach GRD, które są plikami danych dla programu Surfer umożliwiającego tworzenie izolinii deformacji).

Każdy wariant projektu może zawierać różne zbiory zadań operujących na innych plikach danych, co zazwyczaj wiąże go z określonym wariantem eksploatacji.

Projekt jest fizycznie plikiem tekstowym i zawiera informacje o składzie poszczególnych wariantów i ich zadaniach oraz nazwach plików danych i plików wynikowych.

Program zawiera wyspecjalizowane edytory parametrów i kształtu parcel, współrzędnych wierzchołków parcel i punktów obliczeniowych oraz harmonogramu eksploatacji. Umożliwia także kopiowanie tabel wynikowych z raportów do dokumentów Worda lub Excela.

Program udostępnia użytkownikowi realizację własnej koncepcji lokalizacji plików danych i wyników oraz ich nazewnictwa, którą zapisuje w pliku konfiguracyjnym. Możliwa jest także archiwizacja projektu (pliku projektu wraz ze wszystkimi plikami danych i wyników) poprzez spakowanie wszystkich plików w jednym skompresowanym pliku (o rozszerzeniu *.pck). Taki plik można rozpakować na innym stanowisku, co automatycznie lokalizuje pliki składowe we właściwych dla tego stanowiska folderach.

3. Niektóre programy narzędziowe

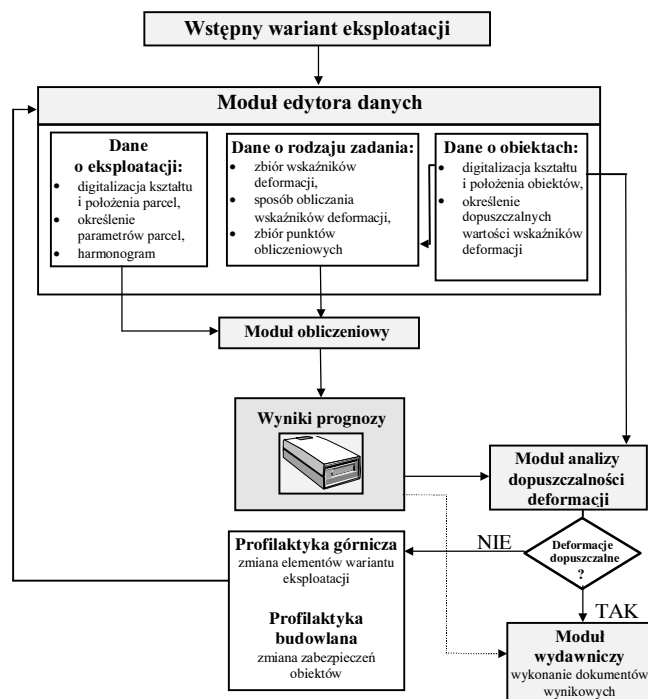
Do użycia w systemie zaprojektowano wyspecjalizowane narzędzia. Oto ważniejsze z nich:

- Program *Digitize.exe* służy do digitalizacji map za pomocą digitizera obsługiwane-go sterownikiem *wintab*.
- Program *Filter.exe* służy do konwersji danych pochodzących z programów Białka do systemu Szkody i odwrotnie.
- Program *GRDview.exe* umożliwia graficzny podgląd plików GRD wraz z identyfikacją wartości funkcji w wybranym punkcie i automatycznym wskazaniem jej ekstremów.
- Program *BLNwyk.exe* umożliwia wyspecjalizowaną obróbkę plików BLN (tekstowe pliki w formacie stosowanym w programie Surfer między innymi do rysowania grup parcel eksploatacyjnych):
 - tworzenie plików BLN ze zgrupowanych parcel lub wycinanie stanu parcel w określonym przedziale czasu,
 - płaskie przekształcenia obiektów BLN,
 - edycja plików w postaci tekstowej.

- Program *Hodograf.exe* daje możliwość przeglądu historii deformacji w punktach rozproszonych w postaci zmieniającego się w czasie (animacja), wykresu charakterystyki wskaźnika deformacji w formie hodografu.
- Program *TimeFun.exe* umożliwia obliczenie nieustalonych deformacji pochodzących od eksploatacji ścianowej dla różnych funkcji czasu z uwzględnieniem tygodniowego harmonogramu eksploatacji (przerwy).
- Program *CategoriesPainterMAP.exe* służy do ręcznego i automatycznego (z uwzględnieniem baz danych) zaznaczania w dokumencie DWG kategorii odporności i kategorii terenu obiektów przy współpracy z programem Autodesk MAP 3D lub AutoCAD-em.

4. Organizacja komputerowego wspomaganie projektowania eksploatacji

Projektowanie eksploatacji górniczej, której negatywny wpływ na znajdujące się na powierzchni obiekty byłby ograniczony do pewnego dopuszczalnego poziomu, przy jednoczesnym ograniczeniu koniecznych zabezpieczeń tych obiektów, ma charakter iteracyjny, [8]. Pewne fragmenty tego procesu, tj. prognozowanie wskaźników ciągłych deformacji, analiza dopuszczalności deformacji oraz korygowanie wstępnego wariantu eksploatacji, ze względu na obliczeniową złożoność powinny i mogą być wspomagane komputerowo (rys. 1).



Rys. 1. Schemat komputerowego wspomaganie projektowania eksploatacji

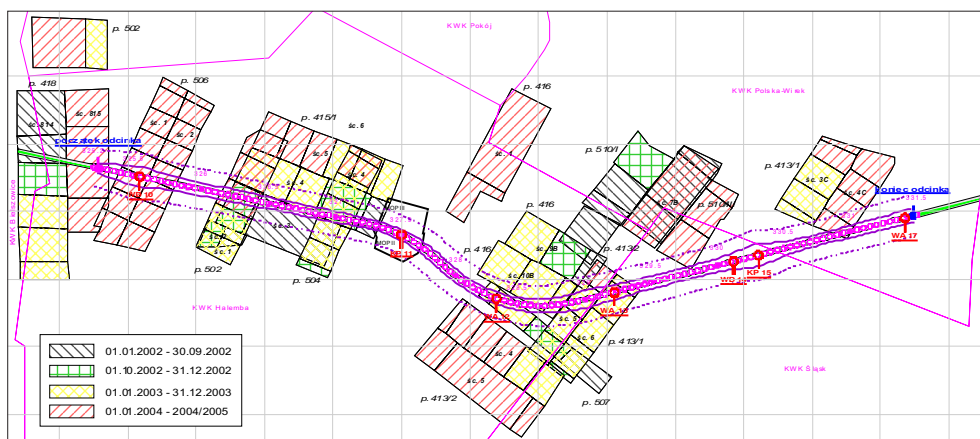
Źródło: [8]

5. Przykład zastosowania systemu przy budowie autostrady A4

5.1. Uwarunkowania górnicze

Autostradę A4 na odcinku od węzła Wirek (km 325+232,8) do węzła Batorego (km 331+470) budowano od połowy 2002 r. do końca 2004 r. Autostrada została zaprojektowana na deformacje odpowiadające II kategorii, a mosty – III kategorii terenu górniczego [9]. Przewidywane obniżenia terenu wzdłuż osi autostrady na okres budowy w latach 2001–2004 zawarto w [9]. W czasie rozpoczęcia budowy prowadzono eksploatację ośmiu ścian (rys. 2), a powierzchnia terenu podlegała deformacjom.

W drugiej połowie 2002 r. GIG wykonał korektę zakresu eksploatacji górniczej, uwzględniając warunki ochrony autostrady (deformacje II kategorii) oraz ujawniające się w tym czasie deformacje. Zakres eksploatacji proponowany przez kopalnie ujęty w *Porozumieniu...* obejmował w okresie budowy autostrady eksploatację dalszych dwunastu ścian (rys. 2).



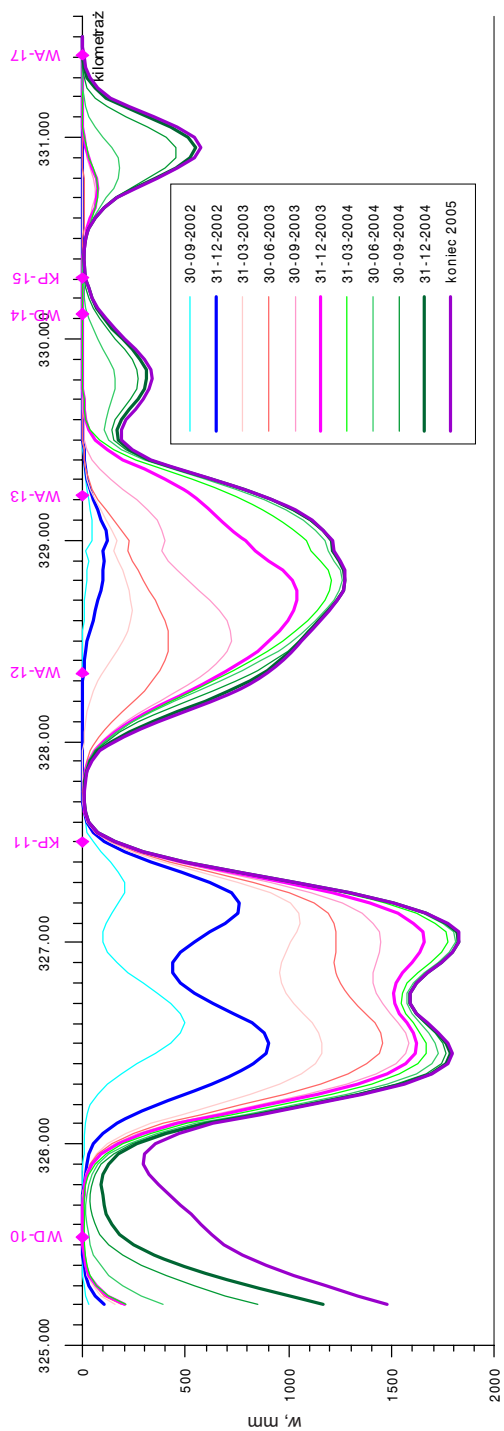
Rys. 2. Schemat prowadzonej i projektowanej eksploatacji górniczej w okresie budowy autostrady

5.2. Profilaktyka górnicza przed rozpoczęciem budowy

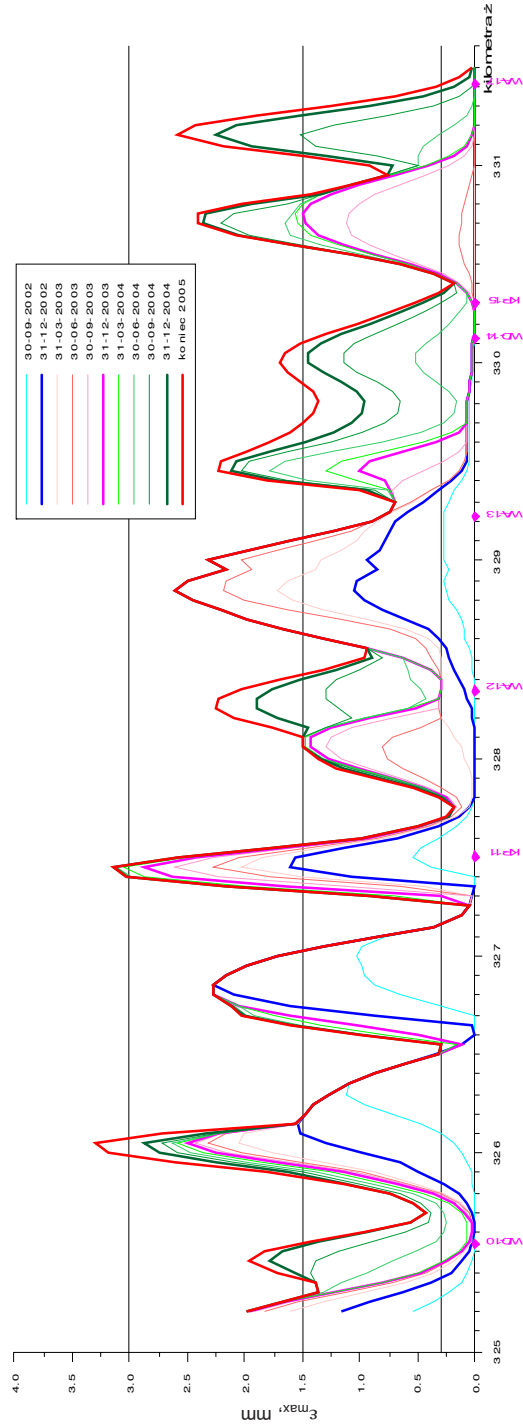
Dla proponowanego przez kopalnie zakresu eksploatacji (wariant 0) opracowano profilaktykę górniczą, w takim zakresie (rys. 2), aby deformacje w czasie budowy mieściły się w II kategorii terenu górniczego. W tym celu zastosowano system Szkoły, prognozując deformacje; korygując wariant 0 eksploatacji i analizując dopuszczalność deformacji, wykonano pięć korekt [3]. Polegały one na:

- opóźnieniu eksploatacji ścian (4 i 5 w pokładzie 413/2 oraz 1 i 2 w pokładzie 506),
- ograniczeniu wysokości frontu eksploatacyjnego (w ścianach 3 i 4 w pokładzie 415/1),
- ograniczeniu zakresu eksploatacji (skrócenie wybiegu ściany 10B w pokładzie 416).

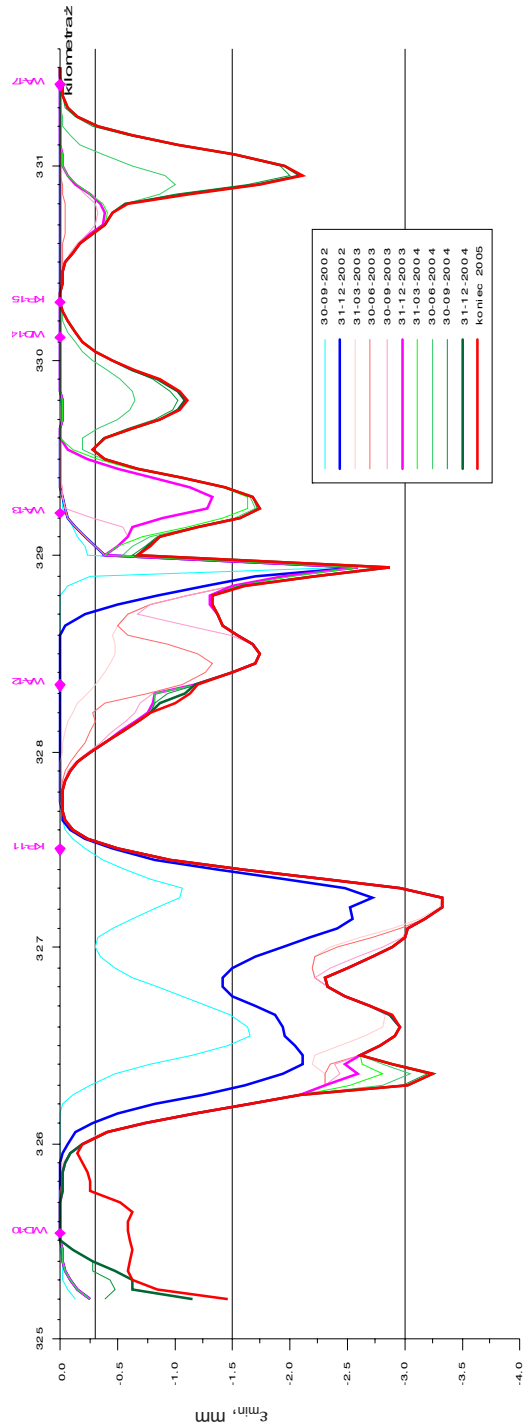
Wyniki prognoz obniżen i ekstremalnych odkształceń poziomych w osi autostrady przedstawiono na rysunkach 3–5. Były one podstawą do opracowania korekty projektu budowy i monitoringu deformacji autostrady.



Rys. 3. Profile prognozowanych przyrostów obniżień w osi autostrady



Rys. 4. Maksymalne odkształcenia poziome w osi autostrady

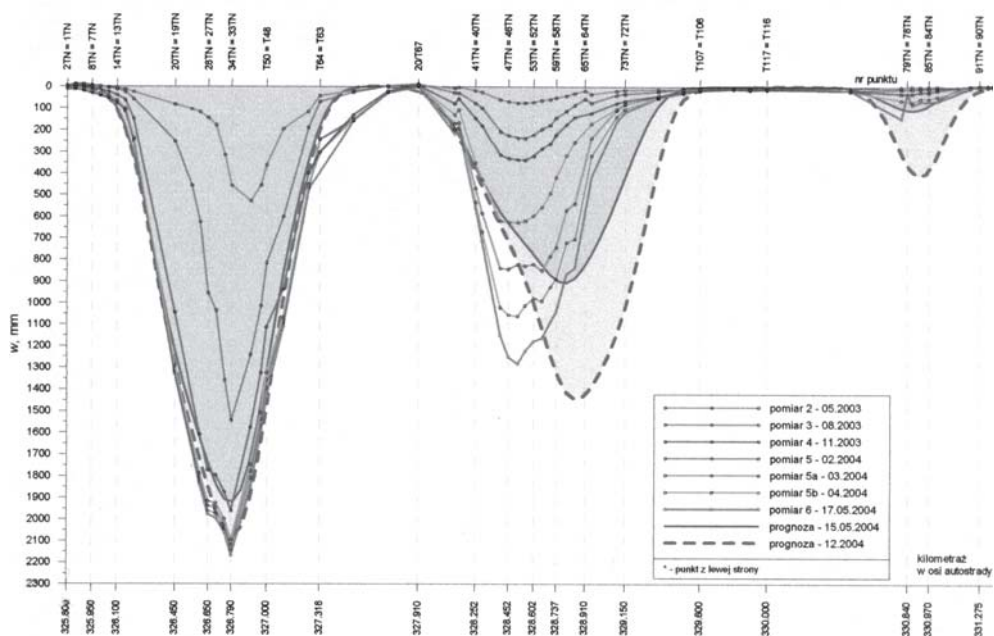


Rys. 5. Minimalne odkształcenia poziome w osi autostrady

5.3. Profilaktyka w czasie prowadzenia eksploatacji i monitoringu

W czasie budowy autostrady A4 monitoring obejmował głównie pomiary obniżeń terenu wzdłuż autostrady, geometrii autostrady oraz infrastruktury podziemnej, a także deformacji terenu w strefach uskokowych. Monitorowano wszystkie obiekty mostowe.

Monitoring obejmował pomiary wysokościowe około 500 punktów rozproszonych rozmieszczonych poza pasem robót ziemnych, a w rejonach stref uskokowych dodatkowo pomiary długości. Punkty pomiarowe tworzyły dwie linie przebiegające w przybliżeniu równoległe do osi autostrady po jej prawej i lewej stronie. Pomiary wykonywano początkowo w odstępach kwartalnych, później miesięcznych. Po każdym pomiarze sporządzano analizy porównawcze prognozowanych i pomierzonych obniżeń, następnie weryfikowano parametry teorii i prognozy deformacji dla aktualnego zakresu i harmonogramu eksploatacji, która pozostała do przeprowadzenia. Przykład porównania pomierzonych i prognozowanych obniżeń za analogiczny okres – do maja 2004 r. – przedstawiono na rysunku 6 [10].



Rys. 6. Wykresy pomierzonych przyrostów obniżeń
(wartości uśrednione z pomiarów po prawej i lewej stronie autostrady)

Źródło: [10]

Na podstawie porównania obniżeń prognozowanych i pomierzonych stwierdzano różnice, których przyczynami były:

- inne zakresy wybranych pokładów niż przyjęte do prognozy;
- większe, niż się spodziewano, współczynniki a dla eksploatacji z zawalem stropu i zawalem stropu doszczelnianego pyłami dymnicowymi;

- większy parametr górotworu $t\beta$;
- zmienne obrzeże eksploatacyjne;
- zmienny współczynnik czasu.

6. Zakończenie

1. Jak wynika z przykładu zastosowania systemu Szkody ver. 4.0, jest on przydatny w praktyce, zwłaszcza w tych przypadkach, kiedy projektowana jest eksploatacja wielu parcel eksploatacyjnych, których wpływy sumują się w czasie i przestrzeni, oraz konieczne jest stosowanie profilaktyki górniczej i budowlanej.
2. Rozwój technologii map cyfrowych umożliwia wykorzystanie systemu Szkody w szerszym zakresie, dla opracowania wyników prognoz, a także wyników pomiarów deformacji.
3. Odrębnym problemem wymagającym dalszych badań jest trafność wykonywanych prognoz oraz potrzeba prowadzenia kontrolnych geodezyjnych pomiarów przemieszczeń powierzchni – wskaźników o najmniejszym rozproszeniu.

Literatura

- [1] Białek J., Drzęzła B.: *Przegląd aktualnego stanu oprogramowania problematyki prognozowania poeksploatacyjnych deformacji górotworu*. Materiały z konferencji naukowo-technicznej: II Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Katowice, GIG 1993
- [2] Białek J.: *Algorytmy i programy komputerowe do prognozowania deformacji terenu górniczego*. Gliwice, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2003
- [3] *Ekspertyza górniczo-budowlana do projektu budowy autostrady A4 na odcinku węzeł Wirek – węzeł Batorego wraz z Aneksem*. Dokumentacja GIG, Katowice, Zakład Ochrony Powierzchni i Obiektów Budowlanych 2002/2003 (praca niepublikowana)
- [4] Hejmanowski R.: *Prognozowanie deformacji górotworu i powierzchni terenu na bazie uogólnionej teorii Knothe'go dla złóż surowców stałych, ciekłych i gazowych*. Kraków, Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2001
- [5] Jędrzejec E.: *Komputerowy system prognozowania wpływu podziemnej eksploatacji górniczej na górotwór*. Materiały z konferencji naukowo-technicznej: II Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Katowice, GIG 1993
- [6] Jędrzejec E.: *32-bitowa aplikacja Szkody 4.0 do prognozowania poeksploatacyjnych deformacji górotworu*. Prace Naukowe GIG, Seria Konferencje nr 41, Katowice, 2002
- [7] Kowalski A., Kwiatek J.: *Doświadczenia z prowadzenia eksploatacji górniczej pod budowaną autostradą A4, zwłaszcza na odcinku węzeł Wirek – węzeł Batorego*. Konferencja naukowo-techniczna „Problematyka budowy i eksploatacji autostrady A-1 na odcinku Sośnica-Gorzyczki w świetle wymogów ochrony środowiska i uwarunkowań górniczych”, ZO SITG Rybnik, Jastrzębie-Zdrój, maj 2006

-
- [8] Kwiatek J. (red.): *Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych*. Katowice, Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa 1997
- [9] *Porozumienie zawarte 30.11. 2000 r. pomiędzy Agencją Budowy i Eksploatacji Autostrad – Oddział w Gliwicach, Generalną Dyрекcją Dróg Publicznych – Oddział Południowy w Katowicach, Rudzką Spółką Węglową S.A. i Krakowskim Biurem Projektów Dróg i Mostów, dla odcinka węzeł Wirek – węzeł Batorego* (niepublikowane, GIG)
- [10] *Prognoza deformacji powierzchni dla autostrady A4 – Lot 2 węzeł Wirek – węzeł Batorego, uwzględniająca ustalenia Zespołu Porozumiewawczego z dnia 10.05.2004 r. oraz stan eksploatacji górniczej na 15.05.2004 r.* Dokumentacja GIG, Katowice, Zakład Ochrony Powierzchni i Obiektów Budowlanych 06.2004 (praca niepublikowana)