

Jan ZYCH  
Politechnika Śląska, Gliwice

## CO WYNIKA Z DOTYCHCZASOWYCH DOŚWIADCZEŃ BUDOWY DRÓG SZYBKIEGO RUCHU NA TERENACH GÓRNICZYCH

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono uwagi, jakie nasuwają się z dotychczasowych doświadczeń przy budowie autostrady A4 i DTŚ. Uwagi dotyczą między innymi rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich, wykonywanych ekspertyz geologiczno-górnictwowych, projektowanych zabezpieczeń oraz monitoringu.

## THE SO FAR EXPERIENCES FROM EXPRESSWAYS CONSTRUCTION IN MINING AREAS

**Summary.** The remarks connected with experiences of DTŚ and A4 motorway constructions are presented in the paper. These remarks concern recognition of geological and mining condition, mining and geological expert opinions, designed protections and monitoring.

### 1. Wstęp

Sieć drogowa, a w tym szczególnie autostrady i drogi szybkiego ruchu są podstawą rozwoju gospodarczego państwa. Polska nie posiada dostatecznie rozwiniętej sieci dróg. W ostatnim czasie nastąpił nieznaczny wzrost w budowie autostrad i dróg szybkiego ruchu, ale to jest bardzo mało w stosunku do potrzeb.

Budowa autostrad, zwłaszcza na terenach górniczych jest przedsięwzięciem trudnym i wymaga uwzględnienia wielu złożonych procesów. Szczególnie na terenach górniczych, projektanci autostrady powinni mieć dodatkowe, rzetelne pojęcie o wpływach eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu.

Jak każdy inżynierski obiekt, tak i autostradę, czy drogę szybkiego ruchu można zbudować dobrze lub źle, nawet używając tych samych materiałów. Można też zbudować bardzo drogo i na dodatek źle. Błędy można popełnić na każdym etapie realizacji inwestycji, począwszy od lokalizacji, poprzez rozeznanie geologiczno-inżynierskie, projekt, wykonawstwo i monitoring.

## **2. Rozpoznanie warunków geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych podłoża gruntowego**

Rozeznanie warunków geologicznych stanowi podstawę do opracowania projektu autostrady. Niewłaściwe rozpoznanie podłoża i błędne określenie wartości parametrów gruntu może być powodem przyjęcia niewłaściwych rozwiązań projektowych, szczególnie w zakresie zabezpieczeń oraz prowadzić do błędnych oszacowań warunków stateczności i stopnia bezpieczeństwa konstrukcji.

Zasady badań podłoża gruntowego zawarte są w instrukcji [6], która uzyskała pozytywną opinię Ministerstwa OŚZNiL i została wprowadzona do stosowania przy prowadzeniu badań podłoża dla potrzeb budownictwa drogowego Zarządzeniem Nr 2 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z dnia 11.02.1998 r. [7]. Na Zarządzenie to powołuje się również norma PN-S-02205 [8].

Z dostępnych materiałów wynika, że zakres i liczba badań jest niewystarczająca i niezgodna z obowiązującą instrukcją. Inną sprawą jest, że badania te stanowią „absolutną tajemnicę” inwestora i stąd trudno dokładnie je ocenić.

Dla przykładu można tutaj podać, że dla jednego z badanych przez autora odcinków autostrady A4, gdzie warunki gruntowe zostały zaliczone do trzeciej kategorii geotechnicznej, zostało odwierconych 14 otworów, gdy tymczasem zgodnie z instrukcją [6] na tym odcinku powinny być odwiercone co najmniej 33 otwory badawcze.

Instrukcja przewiduje, że w celu uzupełnienia rozpoznania dokonanego wierceniami oraz określenia własności gruntów i parametrów geotechnicznych należy stosować badania in situ, jak sondowania dynamiczne, sondowania statyczne, ścinanie sondą obrotową, próbne obciążenia gruntu i inne. Przewiduje też szeroki zakres badań laboratoryjnych, zwłaszcza w przypadku słabych gruntów.

Instrukcja przewiduje również konieczność prowadzenia monitoringu już na etapie badań podłoża, a następnie budowy i eksploatacji obiektu. Nie bez znaczenia jest także konieczność

prowadzenia nadzoru geotechnicznego.

Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że zakres badań polowych i laboratoryjnych oraz monitoringu i nadzoru nie jest wystarczający.

Na terenach podlegających wpływom eksploatacji górniczej dokumentacja geologiczno-inżynierska powinna uwzględniać dodatkowo ewentualne zagrożenie ze strony dawnej płytkiej eksploatacji górniczej.

Autostrady i drogi szybkiego ruchu na Śląsku przebiegają przez tereny dawnej płytkiej eksploatacji górniczej oraz tereny, gdzie aktualnie jest prowadzona eksploatacja i gdzie również w przyszłości będzie prowadzona eksploatacja. W każdym z tych przypadków niesie to określone problemy.

Wykonywanie robót drogowych przechodzących przez tereny związane z dawną płytką eksploatacją górniczą to zadanie trudne i odpowiedzialne. W szczególności mylnie jest przekonanie, że tam, gdzie od wielu lat nie jest już prowadzona działalność wydobywcza, nie zagraża inwestycjom drogowym.

W wielu rejonach eksploatacja prowadzona była bardzo płytko i ciągle stwarza realne zagrożenie, bowiem wpływy płytkiej eksploatacji ujawniają się na powierzchni w różnym czasie po zakończeniu eksploatacji i okres ten wynosi nieraz dziesiątki, a czasami nawet więcej niż 100 lat. W wielu przypadkach proces ten przyspieszają prowadzone prace ziemne, zmiana warunków hydrogeologicznych, dodatkowe obciążenia czy drgania wynikające z ruchu samochodowego. O tym należy szczególnie pamiętać przy budowie dróg.

Zagrożenie ze strony starej płytkiej eksploatacji można określić na podstawie odpowiednio opracowanej ekspertyzy geologiczno-górniczej, w której, na podstawie dostępnych materiałów mierniczo-geologicznych, map, przekrojów, materiałów archiwalnych oraz rozważań teoretycznych określa się stopień zagrożenia, a w przypadku występowania takiego zagrożenia określa się sposób dalszego postępowania. Najczęściej zachodzi potrzeba wykonania odpowiednich badań geofizycznych oraz odwiercenia otworów badawczych. Metoda badań geofizycznych powinna być dobrana do konkretnych warunków. Otwory badawcze powinny być wiercone ze szczególną fachowością i starannością. Te wszystkie przedsięwzięcia powinny określić ostatecznie stopień zagrożenia, który należy bezwzględnie uwzględnić przy opracowywaniu projektu.

Przykładem takiej inwestycji, która przechodzi przez rejony dawnej płytkiej eksploatacji górniczej jest Drogowa Trasa Średnicowa (DTŚ). Dla projektowanego do realizacji odcinka DTŚ z Rudy Śląskiej-Chebzia do Zabrze, ekspertyza geologiczno-górnicza [2, 3] określiła zagrożenie ze strony starej płytkiej eksploatacji górniczej. Na podstawie dostępnej



Na podstawie takiej, wykonanej wadliwie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, został wykonany projekt DTŚ, który w najbliższym czasie będzie realizowany. Uzasadnione są zatem obawy o to, jak zachowa się ten odcinek DTŚ po jego wybudowaniu i po kilku latach eksploatacji drogi.

### 3. Ekspertyzy geologiczno-górnice

Bardziej złożony jest przypadek, kiedy budowla ziemna jest projektowana i wznoszona w okresie ujawniania się wpływów eksploatacji górniczej na powierzchni.

Teoretycznie zagadnienie jest do rozwiązania, ale tylko w przypadku ścisłej współpracy ekspertów opracowujących opinie geologiczno-górnice, projektantów i wykonawców inwestycji.

Ekspertyzy geologiczno-górnice w tym przypadku powinny być bardzo szczegółowe i opierać się na bardzo dobrym rozeznaniu warunków geologicznych (hydrogeologicznych, tektonicznych itp.), dokonanej wcześniej eksploatacji dla określenia stanu zruszenia górotworu, wykorzystaniu dostępnych wyników pomiarów geodezyjnych dla uściślenia parametrów teorii itp.

Truizmem jest stwierdzenie, że punkty na powierzchni pod wpływem eksploatacji górniczej ulegają osiadaniu, ale także, co jest bardzo istotne i nie zawsze dostrzegane, przemieszczeniom poziomym. Jednak prawie żadna z ekspertyz wykonanych dla autostrady A4 i czy obecnie A1 nie uwzględniła w prognozie przemieszczeń poziomych.

Przemieszczenia poziome pod wpływem eksploatacji występują i odgrywają zasadniczą rolę dla właściwego określenia stateczności nasypów. To, że nasyp będzie się przesuwał w wyniku eksploatacji górniczej powinno być wiadome na podstawie dobrze wykonanej ekspertyzy geologiczno-górnicej i odpowiednio uwzględnione w projekcie. Nie powinien zatem stanowić elementu zaskoczenia fakt, że np. nasyp autostrady A4 na pewnym odcinku przesunął się.

Autostrada jest obiektem liniowym, ale o stosunkowo dużej szerokości (kilkadziesiąt metrów). W związku z tym, tylko w prognozach przybliżonych czy bardzo ogólnych można traktować autostradę jako linię i obliczać deformacje dla punktów zlokalizowanych w osi autostrady.

W każdym innym przypadku, zwłaszcza dla okresu budowy, deformacje powinny być obliczone szczegółowo dla całego pasa autostrady. Inne deformacje mogą wystąpić dla jednego, a inne dla drugiego pasa jezdni, a jeszcze inne u podstawy nasypu, co jest niejednokrotnie bardzo istotne dla projektowanego odwodnienia.

Nie jest możliwym wykonanie dobrego projektu autostrady, uwzględniającego zabezpieczenia przed wpływami eksploatacji górniczej, mając do dyspozycji prognozę jedynie dla osi autostrady, a na dodatek bez prognozy przemieszczeń poziomych.

Innym problemem, który występuje w wielu ekspertyzach geologiczno-górnich, są obliczane odkształcenia poziome. Niektórzy eksperci prognozują tzw. odkształcenia poziome efektywne albo też zwane inaczej „zastępcze”, nawet dla stosunkowo krótkich okresów, co jest moim zdaniem niedopuszczalne. Odkształcenia poziome efektywne uzyskuje się stosując pewne współczynniki zmniejszające. Żeby uległy zmniejszeniu odkształcenia poziome musiałyby się zmienić przemieszczenia poziome, a te może zmienić tylko następna eksploatacja. Dlatego moim zdaniem poważnym błędem jest obliczanie dla obiektów drogowych odkształceń efektywnych albo zastępczych.

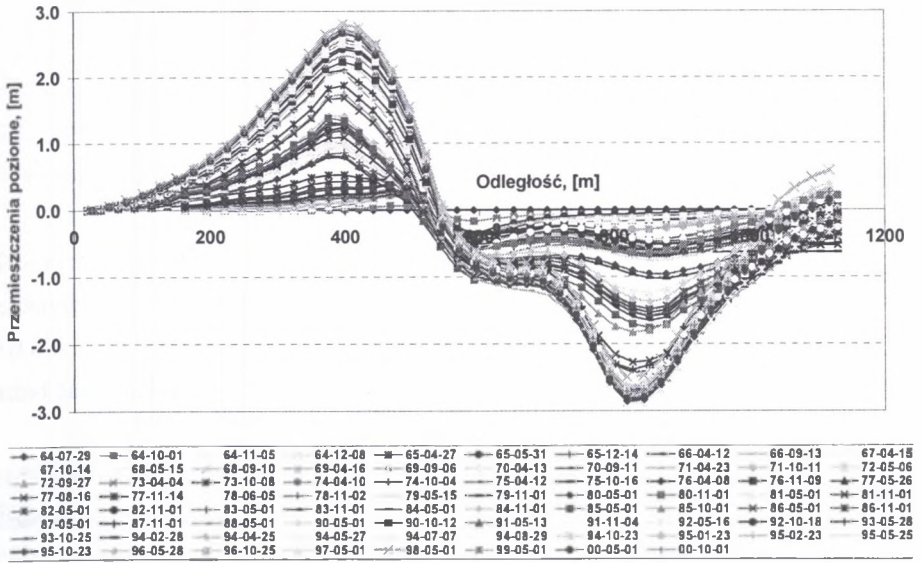
Jeszcze innym niedopuszczalnym błędem jest to, że projektowaną eksploatację dzieli się na krótkie okresy, nie sumując wpływów narastających.

Takie ekspertyzy są zbyt optymistyczne, podają zaniżone odkształcenia poziome, których nie można zweryfikować poprzez pomiary. Odrębną sprawą jest określanie kategorii terenu tylko na podstawie jednego i to zmniejszonego wskaźnika deformacji (odkształceń efektywnych).

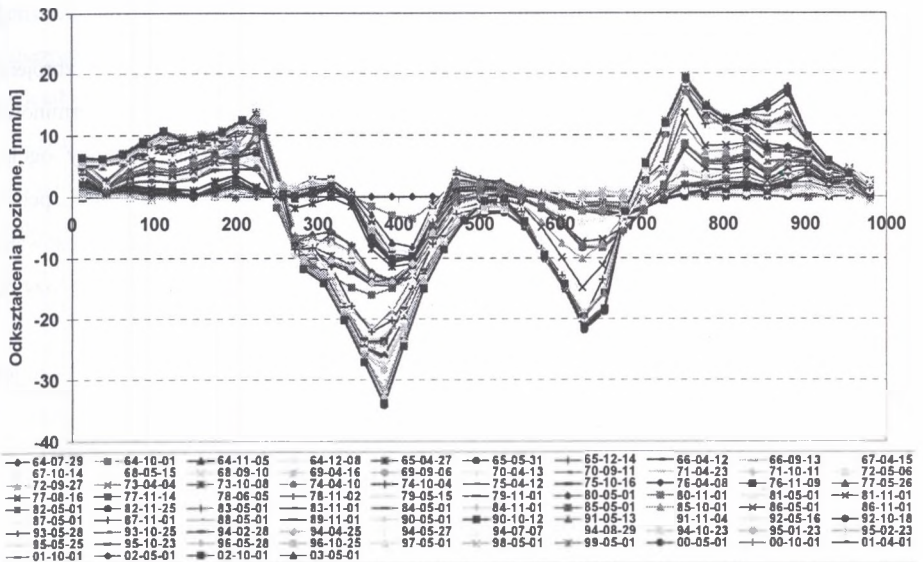
O tym, że przemieszczenia poziome i odkształcenia poziome sumują się w czasie świadczą wyniki pomiarów. Dla przykładu można podać wyniki pomiarów prowadzone na jednej z linii obserwacyjnych przez blisko 40 lat. Na rys. 2 przedstawiono przemieszczenia poziome, a na rys. 3 odkształcenia poziome z tej linii [5].

Inną zasadniczą sprawą jest wykorzystanie prognozy wpływów górniczych przez projektantów. Znając prognozę deformacji na określony czas, np.: na czas budowy czy krótki okres po zakończeniu budowy, można zaprojektować, a następnie wybudować ten odcinek autostrady tak, że po zakończeniu budowy i po całkowitym ujawnieniu się wpływów na powierzchni, autostrada będzie posiadać parametry normowe.

Z doświadczeń uzyskanych w trakcie budowy autostrady A4 wynika, że prognoza deformacji dla jednego z odcinków autostrady nie została wykorzystana ani na etapie projektowania ani też wykonawstwa. Po co więc była robiona prognoza deformacji?



Rys. 2. Przemieszczenia poziome zmierzone na linii wzdłuż ul. Racjonalizatorów w okresie 1964–2000  
 Fig. 2. Measured horizontal displacement along Racjonalizatorów Street in period 1964–2000



Rys. 3. Odształcenia poziome obliczone z pomiarów wzdłuż linii na ul. Racjonalizatorów w okresie 1964–2003  
 Fig. 3. Horizontal strain calculated on base survey along Racjonalizatorów Street in period 1964–2003

#### 4. Zabezpieczenie na wpływy eksploatacji górniczej

Z dostępnych informacji wynika, że obiekty mostowe autostrady A4 są zabezpieczone na III kategorię wpływów eksploatacji górniczej, natomiast cała trasa - na II kategorię. Jeśli chodzi o odwodnienie, to rurociągi posiadają odporność na IV kategorię, natomiast spadki projektowane są na II kategorię.

W związku z tym należy zadać pytanie, dlaczego wszystkie obiekty autostrady, które są ściśle ze sobą związane i których nie można poddać selektywnym wpływom eksploatacji górniczej, nie są zabezpieczone na taką samą kategorię. Zabezpieczenie obiektów mostowych jest w tym przypadku zaprojektowane na wyrost, gdyż ewentualną eksploatację i tak limitować będzie zabezpieczenie trasy, która ma niższą kategorię.

Dla wzmocnienia i zabezpieczenia konstrukcji inżynierskich stosuje się geosyntetyki. Jednak często w procesie projektowania obiektów z zastosowaniem geosyntetyków popełnia się wiele błędów zarówno na etapie projektowania, jak i wykonawstwa [1].

Projektanci często nie odróżniają pojęć wytrzymałości indeksowej (normatywnej, chwilowej, doraźnej) od wytrzymałości długoterminowej, jak też znaczenia parametrów wydłużenia przy zerwaniu pasma geosyntetyku pod względem trwałości i foremności konstrukcji obiektu np. nasypu.

W każdym projekcie, w którym przewiduje się zastosowanie geosiatek jako zbrojenia powinno się obliczać tzw. wartość dopuszczalną wytrzymałości długoterminowej geosyntetyku –  $F_d$ . Wartość tę ustala się metodą kolejnych przybliżeń, tak aby ogólny współczynnik stateczności konstrukcji na poślizg w gruncie lub w części zbrojonej spełniał warunek  $\eta_p \geq 1,50$  wg polskiego prawa budowlanego lub  $\eta_n \geq 1,40$  w przypadku stosowania np.: norm niemieckich, w odniesieniu do stanu podstawowego obciążenia i dla prognozy dla całego okresu sprawności technicznej budowanego obiektu.

Podstawowym wzorem do określenia wytrzymałości długoterminowej geosyntetyku jest wzór

$$F_d = \frac{F_k}{A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6 \gamma} \quad (1)$$

gdzie:

$F_k$  - doraźna wytrzymałość na rozciąganie ustalona w badaniach PN-EN ISO10319,

$A_1 \dots A_6$  - współczynniki materiałowe,

$\gamma$  - tzw. współczynnik bezpieczeństwa materiałowego.



Podstawowymi rodzajami zbrojeń geosyntetykami są: materac, półmaterac, ćwierćmaterac i przekładki geosyntetyczne.

Przy budowie autostrady A4 powszechne zastosowanie znalazło zbrojenie geosyntetyczne w postaci materaca. Dla autostrady A4 stosowano dwa typy konstrukcji materaca:

- Typ I geosiatka o wytrzymałości 20 kN/m,  
35 cm kruszywa łamanego,  
geosiatka o wytrzymałości 40 kN/m
- Typ II geosiatka o wytrzymałości 20 kN/m,  
35 cm kruszywa łamanego,  
geosiatka o wytrzymałości 20 kN/m.

Zabezpieczenie to zastosowano tam, gdzie warunki gruntowe były korzystne i gdzie były najbardziej niekorzystne. Materac ma stanowić zabezpieczenie autostrady na II kategorii wpływów górniczych.

Takie samo zabezpieczenie zastosowano również w rejonie wychodni uskoków, tzn. że w rejonie uskoków nie wykonano żadnego dodatkowego zabezpieczenia.

Z przeprowadzonych dla konkretnych przekrojów dla autostrady A4 obliczeń konstrukcyjnych metodą Bishopa, jak też Kreya wynika, że konstrukcja nasypu przy tych zabezpieczeniach nie zapewnia jego stateczności nawet przy braku jakichkolwiek oddziaływań górniczych [4].

Dotychczas nie został przedstawiony żaden dowód w postaci obliczeń, oprócz werbalnych stwierdzeń, że autostrada została zabezpieczona na II kategorię, tzn. na maksymalne odkształcenia poziome  $\epsilon_{\max} = \pm 3,0$  mm/m, maksymalne nachylenie  $T_{\max} = \pm 5,0$  mm/m i minimalny promień krzywizny  $R \geq 12$  km.

Do zastosowanego zabezpieczenia w postaci materaca są następujące zastrzeżenia:

- ze względu na duży współczynnik tarcia pomiędzy geosiatką a gruntem oraz dużą odkształcalność zastosowanych siatek (do 10 %), materac będzie się odkształcał dokładnie tak jak podłoże, na którym został posadowiony. Zabezpieczenie to ma znikomy wpływ na odkształcenia powstające w podstawie nasypu, jak i w jego koronie,
- zgodnie z definicją materac powinien być wykonany z jednego kawałka geosiatki połączonego końcami na zakładkę, na środku górnej powierzchni zbrojonego gruntu,
- nie można nazwać materacem i przypisywać mu własności materaca, konstrukcji wykonanej w następujący sposób:

- geosiatka dolna ułożona na podłożu w wykonanym korycie poprzecznie do osi autostrady, dłuższa od szerokości koryta o 1,7 m dla umożliwienia wywinięcia tych geosiatek na długości 0,5 m na górną powierzchnię poduszki,
- geosiatki dolne układane są z zakładką 30 cm, a na powierzchni styku siatki powinny być połączone w sposób określony przez producenta,
- po ułożeniu ciągłej przepony z geosiatek dolnych formowana jest na niej warstwa żuźla wielkopieczowego o grubości 35 cm, zagęszczona przejazdem walców wibracyjnych,
- na wierzchu tej warstwy układane są geosiatki górne równoległe do osi autostrady i prostopadle do geosiatek dolnych z zachowaniem zakładki 30 cm zarówno na stykach podłużnych, jak i poprzecznych,
- jaki jest sens dawania geosiatek o dwóch różnych wytrzymałościach: dolna 40 KN/m, górna 20 KN/m?
- jaki jest sens dawania geosiatek w dwóch różnych kierunkach?
- w jaki sposób autostrada, w tym szczególnie wysokie nasypy, została zabezpieczona na krzywizny II kategorii, w tym szczególnie przed krzywizną wypukłą?
- w jaki sposób autostrada została zabezpieczona na nachylenia II kategorii?
- czy zastosowane zabezpieczenie w postaci „materaca” zabezpiecza nasypy na odkształcenia II kategorii?

## 5. Monitoring

Zarządzenie Nr 2 [7] nakłada na inwestorów obowiązek monitoringu budowli drogowych i mostowych.

Istota zintegrowanego monitoringu autostrady na terenach górniczych polega na prowadzeniu takiego systemu obserwacji wszystkich zjawisk zachodzących w związku z budową autostrady i w jej otoczeniu, który umożliwi optymalizację budowy autostrady i zapewni jej bezawaryjne użytkowanie w przyszłości. W szczególności dotyczy to przemieszczeń budowanej autostrady i jej podłoża oraz wpływów eksploatacji górniczej wraz z ich kompleksową analizą naukowo-techniczną.

Zintegrowany monitoring wymaga realizacji odpowiedniej sieci geodezyjnej, pomiarowej i obserwacyjnej, które spełniałyby wymagania osnów:

- realizacyjnej budowy autostrady,
- pomiarowej monitoringu budowlanego autostrad – zgodnie z odpowiednimi przepisami,
- obserwacyjnej dla badania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię i obiekty na powierzchni.

Zintegrowany monitoring na etapie budowy autostrady powinien umożliwić, oprócz kontroli budowanych obiektów autostradowych i procesu deformacji powierzchni, również doskonalenie i uściślanie prognoz wpływów eksploatacji górniczej, optymalizację profilaktyki górniczej i budowlanej oraz wprowadzanie na bieżąco korekt do projektów realizacyjnych budowy autostrady.

Z doświadczeń uzyskanych w trakcie budowy autostrady A4 wynika, że wyniki pomiarów nie były na niektórych odcinkach właściwie analizowane, interpretowane i wykorzystywane na poszczególnych etapach budowy, począwszy od projektu do zakończenia budowy.

## LITERATURA

1. Ajdukiewicz J.: Projektowanie z geosyntetykami – możliwe zagrożenia dla projektantów. Cz. I i II. Magazyn Autostrady. Projektowanie i budowa dróg polskich. Nr 5/2004 i Nr 6/2004.
2. Ekspertyza określająca stopień zagrożenia nieciągłymi odkształceniami powierzchni trasy DTS na odcinku miasta Ruda Śląska w km 15.800-19.000. Zakład Inżynieryjny „GEOREM”. Sosnowiec, listopad 2001 r.
3. Analiza warunków geologiczno-górnich w rejonie trasy N-S od skrzyżowania z DTŚ do połączenia z ul. 1 Maja ze szczególnym uwzględnieniem zagrożeń od starej płytkiej eksploatacji. Przedsiębiorstwo Innowacyjno-Wdrożeniowe Górnictwa „GWAREK” Sp. z o.o. Świętochłowice czerwiec 2003 r.
4. Ekspertyza geologiczno-górnicza dotycząca wpływu dokonanej eksploatacji górniczej na odcinek autostrady A4 w km 330+700 do 331+200. Przedsiębiorstwo Innowacyjno-Wdrożeniowe Górnictwa „GWAREK” Sp. z o.o. Świętochłowice, lipiec 2005 r.
5. Zych J.: Sumowanie długoletnich wpływów eksploatacji górniczej na przykładzie pomiarów geodezyjnych. II Konferencja naukowo-techniczna: Problemy projektowania i ochrony obiektów budowlanych na terenach górniczych. Instytut Techniki Budowlanej. Oddział Śląski. Rudy Raciborskie, 27-28 maja 2004 r.
6. Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych. GDDKiA. Warszawa, 1998 r.
7. Zarządzenie Nr 2 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z dnia 11.02.1998 r.
8. PN-S-02205. Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania. 1998 r.