

# Wpływ podziemnej eksploatacji górniczej na drogi szybkiego ruchu – doświadczenia krajowe oraz zagraniczne

## Influence of underground mining operation on highways – domestic and foreign experience



Dr inż. Krzysztof Tajduś \*) \*\*)



Mgr inż. Rafał Misa \*) \*\*)

**Treść:** Autorzy, bazując na dostępnej literaturze, opisali dotychczasowe doświadczenia związane z eksploatacją podziemną w rejonach autostrad oraz dróg szybkiego ruchu. W artykule podano wytyczne stawiane przedsiębiorcy górnictwem, który planuje eksploatację pod trasą szybkiego ruchu. Przedstawiono przykłady współistnienia eksploatacji podziemnej w rejonie przebiegu tras szybkiego ruchu oraz zaprezentowano przykładowe rozwiązania stosowane w USA, Niemczech i w Polsce.

**Abstract:** Basing on the available literature, the authors described the current experiences related to the mining operation in the area of highways. This paper discusses the guidelines for mining operators who plan to operate under the expressway. The examples of coexistence of underground mining in the area of the expressways in the U.S., Germany and Poland are presented.

### Słowa kluczowe:

*przemieszczenia poziome, deformacje powierzchni, drogi szybkiego ruchu w rejonie eksploatacji górniczej, szkody górnicze*

### Key words:

*horizontal displacements, surface deformations, highways in the area of mining exploitation, mining damages*

## 1. Wprowadzenie

W Polsce w ostatnich latach następują duże zmiany w funkcji zagospodarowania przestrzennego powierzchni terenu. Wynikają one z budowy nowych szlaków komunikacyjnych, które niejednokrotnie prowadzone są przez tereny górnicze. Prowadzi to często do konfliktów pomiędzy przedsiębiorcą górnictwem a inwestorem, których skutkiem z reguły jest ograniczenie eksploatacji złóż. Jest to spowodowane faktem, że podziemna eksploatacja górnictwa powoduje deformacje terenu. Ich konsekwencją mogą być szkody górnicze w obiektach położonych wewnątrz górotworu i na powierzchni terenu. Przy ocenie wpływu eksploatacji na ewentualne szkody w obiektach budowlanych należy szczególnie zwrócić uwagę na typ obiektu (jego przeznaczenie oraz konstrukcję). W zależności od typu obiektu, różne

rodzaje deformacji i związane z tym wskaźniki deformacji mają decydujący wpływ na jego ewentualne uszkodzenia. Przykładowo, dla szybów oraz pionowych budowli podziemnych najbardziej znacząca w ocenie szkód górniczych jest wartość odkształcenia pionowego oraz wychylenia obiektu, dla obiektów naziemnych mieszkalnych o niskiej zabudowie – wartość odkształceń poziomych, natomiast w przypadku obiektów mieszkalnych wysokich dodatkowo kupić się trzeba nad wartościami nachyleń. W otoczeniu obiektów liniowych, takich jak autostrady oraz drogi szybkiego ruchu, z uwagi na swój szczególny charakter oraz gabaryty, należy szczególnie zwrócić uwagę na następujące wartości deformacji: obniżenia terenu, odkształcenia poziome, nachylenia oraz krzywizny. Wszystkie te deformacje mogą powodować szkody górnicze, których skutkiem może być wyłączenie drogi z użytkowania. Do uszkodzeń dróg można zaliczyć (m.in. [3]):

1. Deformowanie osi drogi w planie i zniekształcenie krzywizn poziomych (łuk, krzywa przejściowa).
2. Deformowanie niwelety drogi:

\*) AGH Akademia Górniczo-Hutnicza \*\*) Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

- powstanie dodatkowych załomów i krzywizn pionowych,
- powstanie dodatkowych nachyleń podłużnych, których wartości mogą spowodować przekroczenie dopuszczalnych normatywnych wielkości (zmiany te mogą spowodować ograniczenie widoczności i zagrożenie bezpieczeństwa ruchu),
- deformowanie przekrojów poprzecznych przez powstawanie nieplanowanych nachyleń poprzecznych jezdni, które mogą stanowić zagrożenie bezpieczeństwa ruchu na odcinkach prostych oraz na krzywych poziomych (szczególnie w sytuacjach powstania odwrotnych przechyłek).

Deformacje terenu spowodowane podziemną eksploatacją górnictwem opisane są za pomocą wskaźników. Każdy ze wskaźników może być przyczyną innych uszkodzeń i utrudnień na budowlach drogowej.

Parametr  $T$  opisuje zmiany nachyleń terenu i w pewnych sytuacjach może prowadzić do:

- powstania nachylenia, które może stanowić zagrożenie w postaci zsuwania się wolno poruszających pojazdów wewnątrz łuku lub,
- powstania niedostatecznego nachylenia drogi, które może doprowadzić do zagrożenia zsunięcia się pojazdu na zewnątrz przy jeździe z prędkością, dla której zaprojektowano promień łuku,
- powstania nachylenia zbyt małego w przypadku minimalnego nachylenia poprzecznego na łuku (2%) nieodpowiedniego ze względu na odwodnienie i niedogodnego dla ruchu pojazdów po łuku,
- pojawienia się na odcinkach prostych niewłaściwego nachylenia poprzecznego.

Odkształcenia poziome  $\epsilon$  powierzchni terenu mogą powodować na drogach następujące skutki [3]:

- rozluźnienie podłoża lub nasypu i obniżenie jego nośności, może to doprowadzić w dalszej kolejności do zmniejszenia nośności nawierzchni drogowej,
- pęknięcia konstrukcji nawierzchni.

Kolejnym ważnym wskaźnikiem jest przemieszczenie pionowe powierzchni terenu  $w$ , które może powodować m.in. [3]:

- zmiany ukształtowania terenu,
- zapadanie się powierzchni jezdni lub jej wypiętrzenie,
- dezaktualizację dokumentacji w kwestii rozwiązań wysokościowych zarówno w fazie projektowania, jak i w okresie budowy,
- zmiany stosunków wodnych w obrębie drogi i jej sąsiedztwa,
- powstawanie zalewisk zagrażających trwałości korpusu drogi, w tym również możliwość zalania drogi,
- odkształcenie się systemu odwodnienia powierzchniowego w postaci zmiany spadków podłużnych w urządzeniach odwadniających (zmiana kierunku spływu wód),
- niemożliwości odprowadzenia wód opadowych z obszarów bezodpływowych.

Dodatkowo należy zwrócić uwagę, że infrastruktura autostrad oraz dróg szybkiego ruchu składa się również z obiektów inżynierskich. Wspomniane wskaźniki deformacji, również w tym przypadku, mogą wskazywać na bardzo istotne szkody, m.in. [3]: zmiany wysokościowe i sytuacyjne położenia podpór, powstawanie dodatkowych naprężeń ścisających, rozciągających, skręcających, przechylenia podpór w kierunku osi podłużnej obiektu, zmieniających długości przęsł i wymuszających stosowanie specjalnych systemów

dylatacyjnych, przechylenia podpór w kierunku prostopadłym do osi podłużnej obiektu powodujące skrócenie konstrukcji nośnej.

## 2. Doświadczenia międzynarodowe w zakresie prowadzenia eksploatacji górniczej w rejonach dróg szybkiego ruchu i autostrad z uwzględnieniem stanu prawnego

### 2.1. Doświadczenia w górnictwie polskim

W Polsce prowadzenie podziemnej eksploatacji górniczej w rejonach autostrad i dróg szybkiego ruchu jest kwestią stosunkowo nową, która pojawia się wraz z rozwojem infrastruktury drogowej łączącej miasta o dużym zurbanizowaniu w regionach górniczych Górnego i Dolnego Śląska.

Podstawowym aktem prawnym regulującym warunki przygotowania budowy, zasady koncesjonowania i umowy o budowę oraz eksploatację autostrad (oraz dróg szybkiego ruchu) w Polsce jest Ustawa z dnia 27 października 1994 r. o autostradach płatnych (Dz.U. Nr 127 poz. 627 ze zmianami). Przepisy techniczno-budowlane dotyczące autostrad są wydawane przez ministra transportu i gospodarki morskiej. Z budową autostrad związane są następujące przepisy określające wymagania techniczne [5]:

- wytyczne projektowania dróg WPD-1 stanowiące załącznik nr 1 do Zarządzenia Nr 5/95 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z dnia 31 marca 1995 r., oraz
- rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 14 maja 1997r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych.

W wymienionych przepisach zaleca się omijanie w fazie projektowania autostrad terenów zalewowych, bagien, terenów osuwiskowych oraz terenów szkód górniczych. Niestety dotychczasowa praktyka pokazuje, że nawet w sytuacji, gdy istniała możliwość ominięcia niektórych obszarów górniczych o dużych zasobach, w niewielkim stopniu korzystano z tego zalecenia (przykład – przebieg autostrady przez obszar górniczy kopalni „Halemba”).

W przypadku, gdy nie ma możliwości ominięcia terenów zaliczonych do grupy trudnych (do których zalicza się tereny szkód górniczych), dopuszcza się budowę drogi, zalecając obniżenie prędkości projektowanej do 100 km/h.

Analizując wymagania stawiane drogom na terenach trudnych, do których zaliczyć można tereny wpływów górniczych, warto odnotować [5], że:

- nachylenia podłużne drogi nie powinny być mniejsze niż 0,3% (0,5% na odcinkach zacienionych) i nie większe niż: dla prędkości projektowanej 120 km/h – 4%, a dla 100 km/h – 5%,
- nachylenie poprzeczne jezdni powinno ułatwić spływ wody z jezdni i być nie mniejsze niż 2%, przy czym w złych warunkach dopuszcza się większe nachylenie, jednak nie większe niż 2,5%,
- przechyłki na łukach i krzywych przejściowych, ich zmiany oraz inne parametry geometryczne autostrad konieczne do zachowania (określone w przedmiotowych przepisach),
- nawierzchnię drogi należy projektować na okres 20 lat dla nawierzchni podatnej, 40 lat dla nawierzchni sztywnej oraz 20-25 lat w obrębie obiektu mostowego,
- najmniejsza odległość obiektu budowlanego od zewnętrznej krawędzi pasa ruchu to 30 m dla terenu zabudowy miast i wsi oraz 50 m poza terenami zabudowanymi,
- najmniejsza zalecana odległość budynku z pobytami ludzi to 120 m dla budynków jednokondygnacyjnych, 150 m dla wielokondygnacyjnych i 300 m dla szpitali i sanatoriów.

Należy zwrócić uwagę, że jednym z podstawowych problemów podczas projektowania i budowy dróg w rejonach eksploatacji górniczej jest utrzymanie parametrów geometrycznych autostrad (w tym odpowiednich spadków profilu podłużnych i poprzecznych).

W tab. 1 i 2 podano za Kotem i Świątkiewiczem [5] zestawienie skutków techniczno-ekonomicznych dla budowniczych i użytkowników autostrad (tab. 1) oraz dla przedsiębiorcy górniczego (tab. 2).

W Polsce w ciągu ostatnich lat podjęto liczne decyzje ograniczające możliwość eksploatacji w rejonach autostrad. Jedną z pierwszych regulacji było zarządzenie Prezesa Urzędu Mieszkalnictwa i Rozwoju Miast z dnia 30.06.1998 r. zgodnie z którym:

- „(...) obiekty autostradowe muszą być odpowiednio zaprojektowane, a teren w ich rejonie nie powinien przekroczyć II kategorii szkód górniczych”;
- „(...) wybrane przez projektantów obiekty inżynierskie, projektować i zabezpieczać należy na wpływy III kategorii terenu górniczego”.

Zmiana funkcji zagospodarowania przestrzennego powierzchni terenu wynikająca z budowy nowych szlaków komunikacyjnych ogranicza w wielu przypadkach w sposób zasadniczy eksploatację złóż, jednak należy zaznaczyć, że nie wyklucza jej możliwości. Wynika to z zapisu Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych [6]:

- konstrukcję autostradowej budowli ziemnej oraz konstrukcję nawierzchni autostrady należy projektować

i wykonywać w taki sposób, aby przeniosły wszystkie oddziaływania i wpływy mogące występować podczas budowy i użytkowania, miały odpowiednią trwałość, z uwzględnieniem przewidywanego okresu eksploatacji, nie ulegały zniszczeniu w stopniu nieproporcjonalnym do jej przyczyn (art. 84, ust.1),

- wymagania o których mowa w art. 84 ust. 1 uznaje się za zachowane, jeśli są spełnione równocześnie:
  - a) warunki określone w rozporządzeniu zapewniające nieprzekroczenie stanów granicznych nośności i stanów granicznych przydatności do użytkowania w każdym z elementów oraz z w całej konstrukcji budowli ziemnej i nawierzchni autostrady.
  - b) wymagania dotyczące materiałów i wyrobów dopuszczalnych do obrotu i stosowania w budownictwie drogowym,
  - c) procedury kontrolne wykonawstwa i użytkowania określone w rozporządzeniu (art. 85, ust. 1, 2, 3).
  - d) na terenie podlegającym wpływom eksploatacji górniczej powinny być stosowane zabezpieczenia autostradowej budowli ziemnej, odpowiednie do kategorii terenu górniczego (art. 88).

Z punktu d) wynika, że budowa autostrady/drogi ekspresowej powinna być dostosowana do kategorii terenu górniczego a nie odwrotnie, tak jak to jest sformułowane w zarządzeniu Prezesa Urzędu Mieszkalnictwa i Rozwoju Miast 1998 r.

Poczynione ustalenia nie wykazują potrzeby całkowitej eliminacji oddziaływań górniczych na autostradę, wymuszają jednak pewne jej ograniczenia.

Te różnice w interpretacji rozporządzeń prowadzą do wielu nieporozumień i związanych z tym problemów z eksploatacją w rejonie autostrad. Przykładem może być eksploatacja ko-

**Tablica 1. Skutki techniczno-ekonomiczne dla budowniczych i użytkowników autostrad w ramach projektowania budowy i eksploatacji autostrad na terenach górniczych [5]**

**Table 1. Technical and economical effects for road builders and users of motorways as a part of construction design and operation of highways in mining areas [5]**

Dla budowniczych i użytkowników autostrad		
Pośrednie		Bezpośrednie
Negatywne	Pozytywne	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– wzrost kosztu transportu wskutek ograniczenia prędkości,</li> <li>– potrzeba koordynacji monitoringu ruchowego autostrady z deformacjami autostrady wskutek robót górniczych.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zwiększony nadzór nad stanem autostrad,</li> <li>– szybka bieżąca naprawa uszkodzeń autostrady.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wzrost kosztów wskutek wydłużenia trasy autostrady dla ominięcia złóż kopalni,</li> <li>– wzrost kosztów wskutek gorszych warunków geotechnicznych (deformacje nieciągłe, zawodnienie, itp.),</li> <li>– koszty zabezpieczeń autostrady na wpływ eksploatacji górniczej i zmiany stosunków wodnych podłoża,</li> <li>– wzrost kosztów naprawy autostrady na terenach górniczych.</li> </ul>

**Tablica 2. Skutki techniczno-ekonomiczne dla przedsiębiorcy górniczego w ramach projektowania, budowy i eksploatacji autostrad na terenach górniczych [5]**

**Table 2. Technical and economical effects for a mining operator as a part of construction design and operation of highways in mining areas [5]**

Dla przedsiębiorcy górniczego			
Bezpośrednie		Pośrednie	
Strata poniesionych nakładów	Wzrost kosztów	Negatywne	Pozytywne
<ul style="list-style-type: none"> <li>– strata kosztów przygotowania złoża dla eksploatacji (rozpoznania złoża, budowy kopalni, udostępnienia złoża i robót przygotowawczych),</li> <li>– strata korzyści wskutek zmniejszenia zdolności produkcyjnych,</li> <li>– utrata prawa użytkowania górniczego dla części złoża.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– koszty eksploatacji górniczej w warunkach skrzepowanych,</li> <li>– koszty likwidacji skutków eksploatacji górniczej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– strata złoża kopaliny – nieodnawialnego elementu środowiska,</li> <li>– skrócenie żywotności poziomu wydobywczego i całej kopalni.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– możliwość wykorzystania odpadów pogórniczych w trakcie budowy autostrady.</li> </ul>



pałń Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. w rejonie autostrady A1. W roku 2003 wojewoda śląski podjął decyzję w sprawie warunków prowadzenia eksploatacji w rejonie autostrady A1, podtrzymując wcześniejsze wnioski z zarządzenia Urzędu Mieszkalnictwa i Rozwoju Miast dotyczące utrzymania rygoru II kategorii terenów górniczych oraz zasady projektowania i zabezpieczenia obiektów budowlanych na wpływy III kategorii. W roku 2006 zostało zawarte porozumienie pomiędzy JSW S.A., a GDDKiA, powołujące Zespół Porozumiewawczy [2], którego zadaniem było rozwiązywanie problemów dotyczących koegzystencji kopalń „Borynia” i „Jas-Mos” oraz wspomnianej autostrady A1. Następnie zalecono wykonanie weryfikacji i aktualizacji profilaktyki w oparciu o zintegrowany monitoring.

Jednym z głównych dyskusyjnych zapisów była zasada, że „eksploatacja górnicza będzie podlegała zaopiniowaniu przez GDDKiA Oddział w Katowicach, jako zarządzającym autostradą (lub koncesjonariuszem) w trybie przepisów o sporządzeniu planu ruchu kopalni”. Zapis ten powodował duże utrudnienia w realizacji planów eksploatacji kopalń „Borynia” i „Jas-Mos” w rejonie autostrady A1 co wiązało się z różnym rozumieniem zapisu decyzji o **nieprzekraczalności II kategorii wpływów w rejonie autostrady**. GDDKiA uznawała, że zapis ten oznacza, że żaden ze wskaźników deformacji w dowolnym punkcie autostrady nie może przekroczyć wartości granicznych dla II kategorii wpływów, natomiast strona górnicza przyjmowała, że dotyczy to wartości średnich (przeciętnych) [2]. Skutkiem tych różnic były negatywne opinie wydawane przez GDDKiA, co w konsekwencji prowadziło do wstrzymania eksploatacji w spornym terenie. Natomiast jeżeli dochodziło do zgody na eksploatację w niewielkim zakresie, obudowane to było wieloma ograniczeniami.

W okresie wydawania decyzji lokalizacyjnej i podpisywania porozumienia pomiędzy JSW S.A. a GDDKiA praktycznie wszystkie prognozy określające kategorię terenu górniczego obliczane były przy wykorzystaniu teorii Knothego przy założeniu współczynnika odkształceń poziomych równych  $B=0,32r$ , co oznacza przyjęcie do prognozy przeciętnych wartości odkształceń poziomych (lub niższych). Powodowało to kolejne problemy w komunikacji pomiędzy partnerami, bowiem wartość  $B$  ma bezpośredni wpływ na wartość przemieszczeń i odkształceń poziomych.

Przykład prowadzenia eksploatacji.

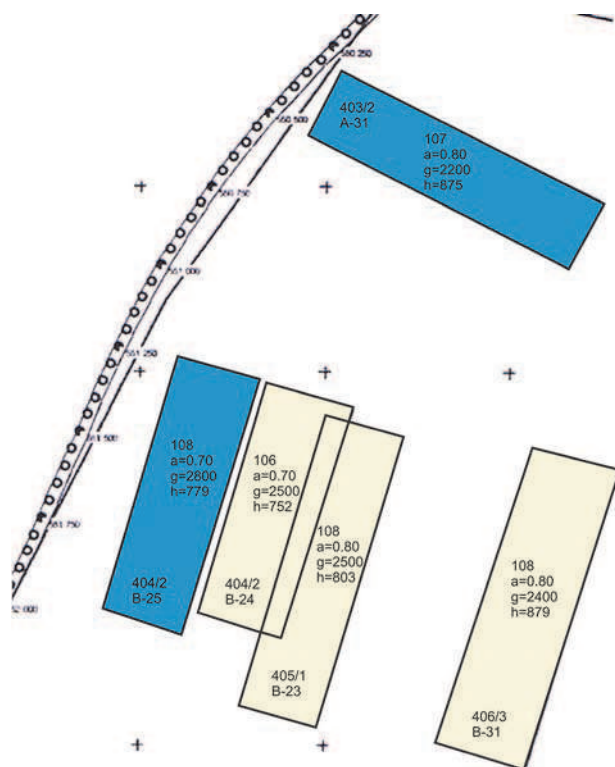
W rejonie autostrady A1 w kopalni „Borynia”, po rozpoczęciu jej budowy (pod koniec roku 2006) przeprowadziła eksploatację z zawałem stopu dwóch ścian (rys. 1):

- ściany A-31 w partii A w pokładzie 403/2 o miąższości  $g=2,0$  m znajdującego się na głębokości  $H=875$  m, która rozpoczęła bieg w odległości ok. 80 m od osi autostrady A1,
- ściany B-25 w partii B w pokładzie 404/2 o miąższości  $g=2,8$  m zalegającego na głębokości  $H=779$  m, której bieg prowadzony był w przybliżeniu równoległe do osi autostrady (w najbliższej odległości ok. 160 m).

Do obliczeń prognostycznych dla przedstawionego odcinka autostrady przyjęto następujące wartości współczynników:

- kąt wpływów głównych (przedstawiony w postaci tangensa kąta),  $\operatorname{tg}\beta=1,6$ ,
- $B=0,32r$ ,
- współczynnik osiadania,  $a=0,8$ ,
- brak uwzględnienia obrzeża eksploatacyjnego  $\Delta=0$ .

Wartości tych parametrów oszacowano wykorzystując obliczenia oparte o metodę Knothego, dopasowując ich wyniki do uzyskanych pomiarów [2].



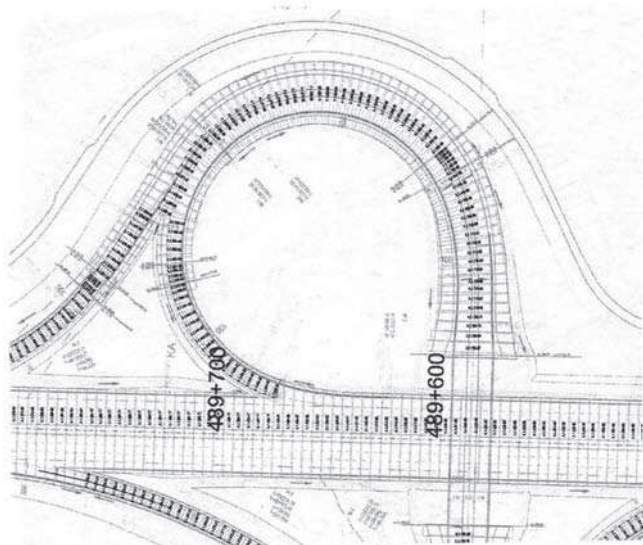
Rys. 1. Schemat eksploatacji w rejonie autostrady A1 [2]

Fig. 1. Scheme of mining exploitation in the region of the A1 highway [2]

Z uwagi na prognozowane maksymalne dopuszczalne deformacje powierzchni terenu (zaakceptowane przez zarządcę autostrady), w niektórych rejonach przedsiębiorca budowlany zastosował dodatkowe zbrojenie, które miało na celu wzmocnienie struktury drogi. Zbrojenie geosyntetykami (rys. 2) autostrady A1 w rejonie wpływów eksploatacji górniczej zaprojektowano w taki sposób, aby przenosiły one prognozowane obciążenia i umożliwiły ciągłość eksploatacji autostrady [1]. Wyznaczono wartości graniczne sił i wydłużeń zbrojenia geosyntetyków, a następnie zastosowano monitoring, za pomocą którego szacowano siły i wydłużenia zbrojenia geosyntetycznego, co dało możliwość kontrolowania pracy konstrukcji gruntowej zabezpieczonego odcinka autostrady. Ewentualne przekroczenie zdefiniowanych poziomów alarmowych wyłączenia geosyntetyku spowoduje automatyczne wprowadzenie ograniczenia prędkości lub może też skutkować zamknięciem autostrady. Przyjęto, że konstrukcja ma za zadanie zabezpieczyć drogę przed ewentualnymi deformacjami nieciągłymi, a w przypadku ich pojawienia się, zapewnić bezpieczne użytkowanie przez okres nie krótszy niż 90 dni. W okresie tym działający w dwóch warstwach system monitoringu miał zapewnić kontrolę stanu wyłączenia konstrukcji zbrojenia geosyntetycznego.

## 2.2. Doświadczenia górnictwa Wielkiej Brytanii w zakresie eksploatacji w rejonie autostrad

W Wielkiej Brytanii przed rozpoczęciem projektowania przebiegu trasy autostrady, projektanci są zobowiązani do zebrania informacji na temat: budowy górotworu, dotychczas przeprowadzonych robót górniczych w rejonie planowanej autostrady, zasobów przemysłowych przewidzianych do eks-



Rys. 2. Fragment z planu instalacji geosyntetyków [1]  
Fig. 2. Fragment of the geosynthetics installation plan [1]

ploatacji w przyszłości, nabytych doświadczeń związanych z wpływem eksploatacji na powierzchnię [4]. Na terenach górniczych, projektanci autostrad muszą konsultować i brać pod uwagę rady i sugestie Licencjonowanego Operatora Górniczego (ang. *Licensed Operator* zgodnie z definicją *The Coal Industry Act* z 1994 r. - przedsiębiorstwa górniczego, który ma licencję na eksploatację), lub we wczesnym etapie projektu odpowiedniego urzędu górniczego. Zapisy prawa w zakresie właściwej współpracy pomiędzy przedsiębiorcą górniczym lub urzędem górniczym są skomplikowane, lecz przedsiębiorca górniczy lub ewentualnie urząd górniczy jest ustawowo zobowiązany do wypłacenia odszkodowania lub naprawienia uszkodzeń wynikających z wydobycia węgla. Urząd górniczy powinien w pełni współpracować w dostarczaniu informacji dla projektantów, aby pomóc im w podejmowaniu odpowiednich środków zapobiegawczych w celu zminimalizowania ewentualnych skutków deformacji powierzchni, będących konsekwencją działalności kopalń zarówno czynnych, jak i zamkniętych.

W sytuacji, gdy autostrada ma być zlokalizowana nad czynną kopalnią węgla kamiennego, projektanci muszą zapewnić odpowiednie zabezpieczenie przed maksymalnymi deformacjami powierzchni, które mają wpływ na konstrukcję drogi. Dla niektórych mniejszych konstrukcji, takich jak, np. stalowe kładki, najlepszym rozwiązaniem jest czasowy demontaż na czas prac górniczych, następnie ponowny montaż po przejściu frontu. Dla innych konstrukcji można zaplanować i wykonać tymczasowe prace prewencyjne bezpośrednio przed wydobyciem węgla w sąsiedztwie chronionej konstrukcji. Dla pozostałych konstrukcji należy wykonać trwałe zabezpieczenia dla prognozowanych deformacji przestrzegając szczegółowo przepisy prawne zawarte w *BD 10/97, part 14, Design of Highway Structures in Areas of Mining Subsidence*. Prace przy budowie autostrad powinny w miarę możliwości być tak zaplanowane, aby budowa dróg nie odbywała się w czasie największych ruchów powierzchni spowodowanych podziemną eksploatacją.

W obszarach potencjalnej przyszłej działalności górniczej może nie być możliwe ustalenie dokładnych dat eksploatacji, dokładnej lokalizacji ścian lub kierunku wybierania parceli. O ile urząd górniczy nie poinformuje, że nie ma żadnych

planów do wydobycia kopaliny w dającej się przewidzieć przyszłości, projektanci muszą zapewnić zabezpieczenia dla działalności górniczej. Projekt powinien być skoordynowany z planowanym rozwojem kopalni i powinien być przygotowany w sposób zapewniający najodpowiedniejsze zabezpieczenia powierzchni terenu (do obliczeń należy przyjąć najbardziej niekorzystny wariant i zarazem najbezpieczniejsze rozwiązanie).

### 2.3. Doświadczenia górnictwa USA w prowadzeniu eksploatacji w rejonie autostrad

W USA prowadzi się eksploatację pod i w bezpośrednim sąsiedztwie autostrad. Jako przykład przedstawiono eksploatację pokładu węgla przez kopalnie „Cumberland” oraz „Emerald” w rejonie autostrady I-79 (rys. 3).

W roku 2006 w rejonach dwóch kopalń: „Cumberland” oraz „Emerald” prowadzono eksploatację górniczą szerokim frontem ścianowym w rejonie autostrady I-79 (rys. 4).

Górotwór w rejonach prowadzonych eksploatacji kopalń „Emerald” i „Cumberland” składa się głównie z warstw skalnych o niskich parametrach wytrzymałościowych. Udział warstw skalnych o wysokich wytrzymałościach w profilach litologicznych wynosi około 30%. Eksploatację pokładu węgla o miąższości w przedziale od 1,9 m do 2,4 m prowadzono na niewielkich głębokościach sięgających od 195 m do 245 m. Wymienione warunki górnicze oraz geologiczne powodują, że deformacje ujawniają się bardzo szybko, tworząc na powierzchni terenu niecki o dużych nachyleniach.

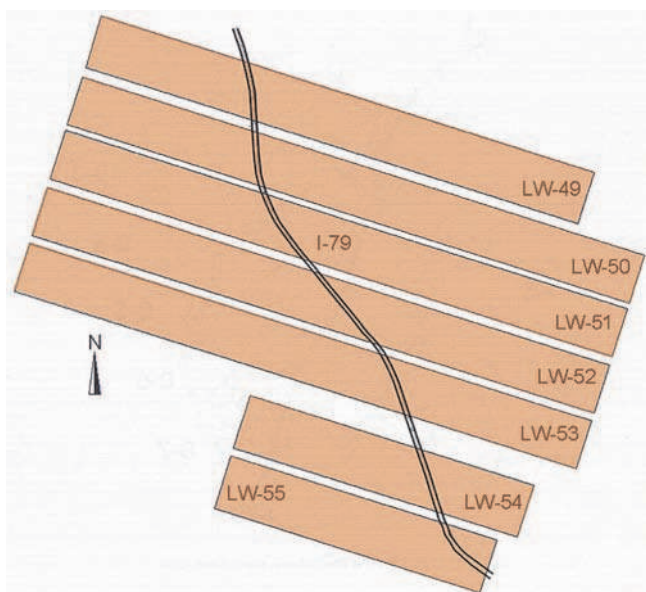
Amerykanie przeprowadzili analizę pomiarów przemieszczeń pionowych oraz poziomych dla kilku rejonów autostrady poddanych wpływom eksploatacji górniczej z uwzględnie-



Rys. 3. Schemat układu terenów górniczych w stosunku do przebiegu kilku autostrad [8]

Fig. 3. Scheme of the mining areas arrangement in relation to the course of selected highways [8]



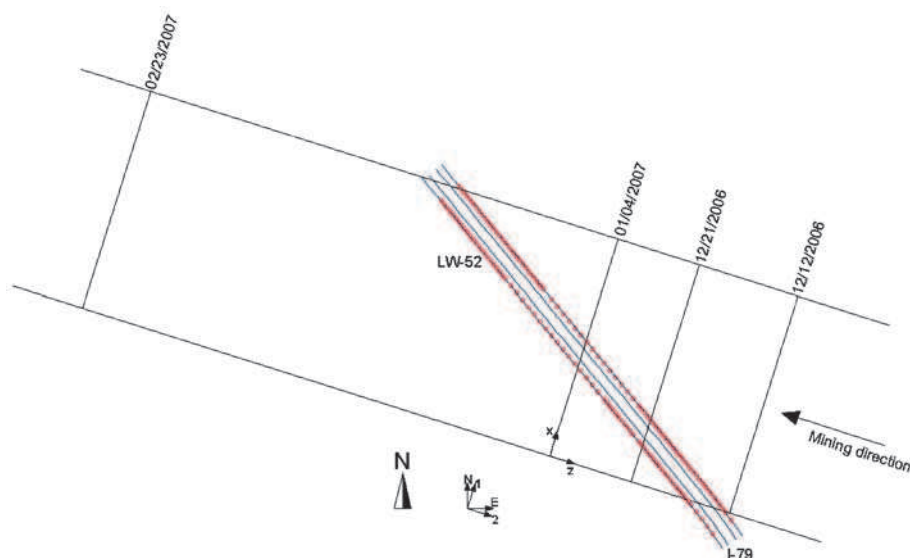


Rys. 4. Szkic eksploatacji kopalni Cumberland wraz z linią autostrady I-79 [8]

Fig. 4. Sketch of Cumberland mine exploitation, together with the line of I-79 highway [8]

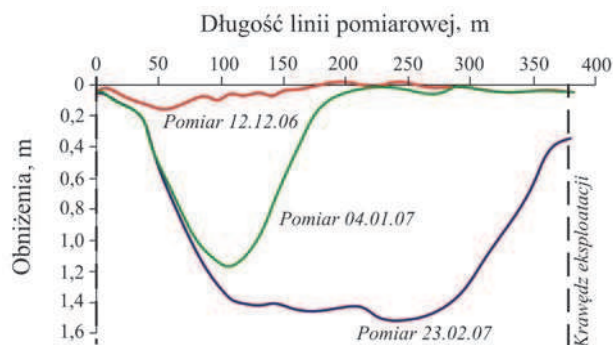
niem postępu frontu. Przykładowe wartości wyników tych pomiarów zostały przedstawione na rysunkach od 5 do 7.

Jak wykazały pomiary przemieszczeń poziomych oraz osiadań terenu wzdłuż osi autostrady I-79, eksploatacja górnicza spowodowała powstanie dużych deformacji powierzchni terenu. Maksymalne pomierzone osiadanie wyniosło  $w_{\max} = 1,8$  m, a maksymalne przemieszczenie poziome  $u_{\max} = 0,5$  m. Jak wcześniej wspomniano, z uwagi na warunki górnico-geologiczne kopalni „Emerald” i „Cumberland” eksploatacja ta prowadziła do bardzo dużych wartości nachyleń w rejonie autostrady. Maksymalne pomierzone nachylenia znajdowały się w granicach ok.  $15 \div 25$  mm/m, co zapewne doprowadziło do dużych uszkodzeń nawierzchni jezdnej. Ponieważ istnieje prosta współzależność pomiędzy nachyleniami powierzchni



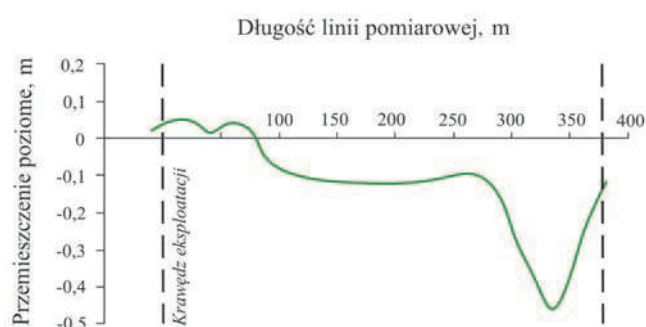
Rys. 5. Przebieg ściany LW-52 w stosunku do autostrady I-79 [8]

Fig. 5. Run of wall LW-52 in relation to I-79 highway [8]



Rys. 6. Wyniki pomiarów osiadania punktów w czasie dla eksploatacji ściany LW-52 wzdłuż autostrady I-79 [8]

Fig. 6. Results of subsidence point measurements over time for the exploitation of wall LW-52 along I-79 highway [8]



Rys. 7. Wyniki pomiarów przemieszczeń poziomych pomierzonych dla eksploatacji ściany LW-52 wzdłuż autostrady I-79 [8]

Fig. 7. Results of horizontal displacement measurements for the exploitation of wall LW-52 along I-79 highway [8]

terenu oraz odkształceniami, można z dużym prawdopodobieństwem twierdzić, że dla przedstawionego przypadku odkształcenia powierzchni terenu przekroczyły wartości 10mm/m.

## 2.4. Doświadczenia górnictwa Niemiec w eksploatacji w rejonie autostrad

Prowadzenie eksploatacji górniczej w silnie zurbanizowanym rejonie jakim jest Zagłębie Ruhry prowadziło w przeszłości nieuchronnie do wielu problemów wynikających z istnienia autostrad i dróg szybkiego ruchu.

Nie stanowiło to formalnie żadnej przeszkody w uzyskaniu zezwolenia na prowadzenie eksploatacji górniczej. Ponadto nie istnieją specjalne zarządzenia lub wytyczne urzędów górniczych poszczególnych krajów federalnych odnośnie prowadzenia eksploatacji górniczej pod autostradami i innymi szlakami komunikacyjnymi. Eksploatacji pod autostradą nie można zatem formalnie zapobiec. Prowadzona jest ona jednak przy intensywnej współpracy specjalistów z Zarządem Budowy Dróg Kraju Nadrenia-Westfalia (Landesbetrieb Straßenbau NRW) z Zakładem Górniczym, zarówno w trakcie planowania eksploatacji, jak i jej realizacji.

Należy jednak podkreślić, że ze strony Zakładu Górniczego eksploatacja pod autostradami i innymi szlakami komunikacyjnymi jest prowadzona tylko w tym przypadku, gdy istnieje duże prawdopodobieństwo, potwierdzone dotychczasowymi doświadczeniami i obliczeniami, że ich funkcjonalność w czasie prowadzenia eksploatacji górniczej i po jej zakończeniu zostanie, co najwyżej z małymi ograniczeniami, utrzymana. Do ograniczeń tych należy czasowe ograniczenie prędkości lub konieczność małych robót naprawczych.

Na rysunku 8 [7] ukazano przeprowadzoną w okresie od 11.1996 r. do 08.1998 r., przez nieistniejącą już kopalnię Niederberg, eksploatację ściany tzw. „zwrotnej” 236 w pokładzie Finefrau pod skrzyżowaniem Moers autostrad A57 i A40 (odcinek Krefeld-Goch) i A40 (odcinek Duisburg – Venlo).

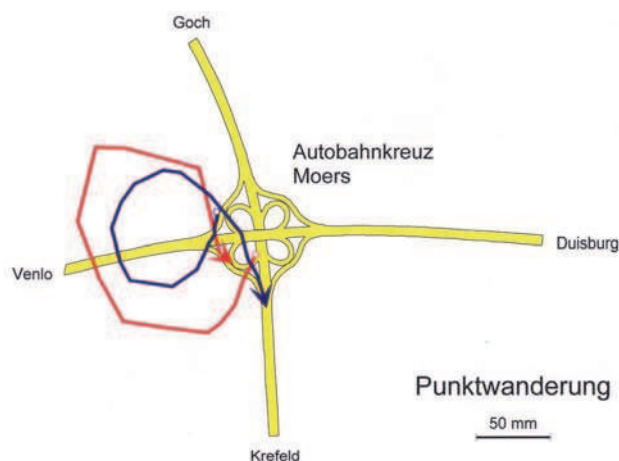
Po wykonaniu koniecznej inwentaryzacji stanu technicznego autostrady, w tym szczególnie wiaduktu autostrady A40, oraz po zaplanowaniu koniecznych zabezpieczeń przed rozpoczęciem eksploatacji, ustalono, że wpływy projektowanej eksploatacji górniczej nie mogą przekroczyć następujących wartości wskaźników deformacji:

- nachylenie:  $T_{dop} = 1,5 \text{ mm/m}$ ,
- odkształcenie:  $|\varepsilon_{dop}| \text{ mm/m}$ .

W przypadku wskaźnika odkształcenia poziomego przyjęta wartość odpowiada górnej granicy I kategorii odporności obiektów budowlanych na wpływy eksploatacji. W trakcie prowadzenia eksploatacji ściany „zwrotnej” prowadzony był monitoring obiektów autostrady, jak i monitoring powierzchni terenu. Monitoring autostrad i wiaduktów (rys. 9) był prowadzony przez specjalistów Zarządu Budowy Dróg kraju Nadrenia-Westfalia. Koszty tego monitoringu poniosła w pełni kopalnia „Niederberg”. Monitoring przemieszczeń punktów powierzchni terenu wykonano za pomocą technologii GPS [7]. Pomiary te były prowadzone w celu określenia rzeczywistych wpływów ściany „zwrotnej” na powierzchnię terenu, w tym szczególnie na skrzyżowanie autostrad A57 i A40 oraz w celu przyszłej kalibracji modelu Ruhrkohle do prognozy wskaźników deformacji, tzn. w celu wyznaczenia wartości współczynnika osiadania  $a$ , współczynnika czasu  $c$ , oraz wartości kąta zasięgu wpływów granicznych  $\gamma$ . Stosowana w Niemczech metoda Ruhrkohle oparta jest, podobnie jak teoria Knothego, na funkcji wpływów będącej funkcją Gaussa. Dlatego też obie metody są w sensie matematycznym identyczne. Różnią się jedynie definicją kątów ograniczających poziomy zasięg niecki osiadania, które to kąty stoją w ściśle zdefiniowanej zależności funkcyjnej



Rys. 8. Ściana „zwrotna” 236 kopalni Niederberg w pokładzie Finefrau pod skrzyżowaniem Moers autostrad A57 i A40 [7]  
Fig. 8. "Return" wall 236 of Niederberg mine in the seam Finefrau under the Moers intersection on A57 and A40 highways [7]



Rys. 9. Skrzyżowanie Moers autostrad A57 i A40 z przykładowymi wektorami przemieszczeń poziomych powierzchniowych punktów pomiarowych [7]  
Fig. 9. Moers intersection on A57 and A40 highways with surface sample vectors of the measured horizontal displacement points [7]

$$\pi \cdot \text{tg}^2\beta = k \cdot \text{tg}^2\gamma,$$

gdzie:

- $k = -\ln 0,01$ ,
- $\beta$  – kąt zasięgu wpływów głównych wg teorii Knothego, oraz
- $\gamma$  – kąt graniczny metody Ruhrkohle.

Kryterium wstępnym analizy możliwości eksploatacji górniczej pod skrzyżowaniem autostrady A57 i A40 był warunek głębokości, krytycznej  $H_{kr}$ . Warunek ten oznacza graniczną głębokość, przy której prognozowane wpływy eksploatacji górniczej nie powinny przekroczyć określonych dopuszczalnych wartości odkształcenia  $\varepsilon_{dop}$ , zgodnie z wzorem

$$H_{kr} = 0,734 \cdot \frac{a \cdot g}{\varepsilon_{dop}} \cdot \text{tg}\gamma = 0,607 \cdot \frac{a \cdot g}{\varepsilon_{dop}} \cdot \text{tg}\beta$$

Dla danych ściany 236 oraz przyjętych wartości parametrów metody Ruhrkohle:

- długość ściany:  $d=330$  m,
- średnia głębokość zalegania:  $H=855$  m,
- średnia miąższość:  $g=1,04$  m,
- współczynnik eksploatacji:  $a=0,9$ ,
- kąt graniczny:  $\gamma=60$  gon, ( $\beta=59^\circ$ ),

otrzymano

$$H_{kr} = 630 \text{ m.}$$

Ponieważ głębokość zalegania pokładu jest większa niż głębokość krytyczna zachodzi w zasadzie możliwość eksploatacji tego pokładu bez dodatkowych ograniczeń.

W tabeli 3 ukazano zestawienie porównawcze prognozowanych maksymalnych wartości nachylenia i deformacji przed rozpoczęciem eksploatacji z maksymalnymi wartościami stwierdzonymi pomiarami.

**Tablica 3. Zestawienie porównawcze maksymalnych prognozowanych wartości nachylenia i odkształcenia przed rozpoczęciem eksploatacji z wartościami stwierdzonymi pomiarami [7]**

**Table 3. Comparison of the maximum expected values of the tilt and strain before exploitation with the values identified by measurements [7]**

Wskaźnik	Prognoza	Pomiar
Nachylenie, mm/m	1,3	1,3
Odkształcenie rozciągające, mm/m	0,8	0,6
Odkształcenie ściskające, mm/m	-1,4	-1,7

Z powyższego zestawienia wynika, że jedynie odkształcenie ściskające było większe niż przyjęta wartość odkształcenia dopuszczalnego. Przekroczenie to można było jednak w tym przypadku wytłumaczyć niedokładnościami prowadzonych pomiarów.

W trakcie prowadzenia eksploatacji górniczej ściany zwrotnej wprowadzone ograniczenia dotyczyły jedynie czasowego ograniczenia prędkości do 80km/h w rejonie skrzyżowania Moers oraz drobnych poprawek stanu jezdni związanych z pofalowaniem powierzchni asfaltowej, spowodowanej odkształceniami ściskającymi i koniecznością ich okresowego sfredowania. Koszty te były w całości pokrywane przez Zakład Górniczy i nie były większe niż przeciętne obciążenie na tonę węgla z tytułu szkód górniczych Koncernu RAG Deutsche Steinkohle AG.

### 3. Podsumowanie

Stawiane w ostatnich latach pytanie o możliwości prowadzenia eksploatacji podziemnej w rejonach autostrad i dróg szybkiego ruchu jest wciąż aktualne. Autorzy w zaprezentowanym artykule przedstawili wytyczne krajowe oraz zagraniczne stawiane przedsiębiorstwom górniczym oraz przedstawicielom odpowiedzialnym za inwestycję w infrastrukturę drogową. Przepisy związane z tym zagadnieniem są różne w różnych krajach. Jednakże można stwierdzić, że w większości krajów istnieje możliwość prowadzenia eksploatacji w rejonie drogi szybkiego ruchu oraz autostrady pod następującymi warunkami:

- eksploatacja jest dostosowana do lokalnych warunków górniczo-geologiczno-tektonicznych,
- eksploatacja jest odpowiednio zaprojektowana zarówno

pod względem geometrycznym (lokalizacja, kształt, wielkość eksploatowanego pola), górniczym (wysokość eksploatacji, rodzaj obudowy, sposób eksploatacji, w tym sposób likwidacji przestrzeni wybranej), jak i również pod względem czasowym,

- w miejscach, w których prognozuje się wystąpienie maksymalnych wartości wskaźników deformacji przekraczających możliwości nośne trasy jezdnej, należy tak zaprojektować eksploatację, by jej skutki ujawniły się przed rozpoczęciem budowy autostrady w tym rejonie lub też gdy eksploatacja prowadzona jest po wybudowaniu, wprowadzić czasowe ograniczenia na drodze, stały monitoring, a po ewentualnym wystąpieniu szkód górniczych naprawić je.

W rejonach przewidzianych do eksploatacji podczas budowy autostrady lub drogi szybkiego ruchu należy zaprojektować odpowiednie posadowienie autostrady na możliwe zwiększone deformacje terenu.

Wszystkie te uwagi mogą pomóc w rozwiązaniu konfliktów jakie pojawiają się między przedsiębiorcą górniczym a inwestorem w trakcie projektowania trasy i późniejszej jej eksploatacji. Jednak należy również zastanowić się nad problemem aktualnej sytuacji, w której przeprowadza się inwestycję drogową w postaci autostrady (lub drogi szybkiego ruchu) przechodzącą przez planowane do eksploatacji złoża surowców, w tym strategicznych, uznając pierwszeństwo autostrady (drogi szybkiego ruchu), w stosunku do znajdujących się w ich bezpośrednim sąsiedztwie złóż surowców. Brak możliwości eksploatacji w bezpośrednim sąsiedztwie planowanej lub już wykonanej autostrady czy drogi szybkiego ruchu z reguły prowadzi do marnowania zasobów surowców, często ważnych dla gospodarki kraju. Z tego względu niezwykle istotne jest poszukiwanie kompromisu, z jednej strony pomiędzy inwestorem lub zarządcą autostrady (drogi szybkiego ruchu), a z drugiej strony przedsiębiorcami górniczymi, w wyniku którego będzie możliwa (na odpowiednich warunkach) eksploatacja podziemna w rejonie autostrad (dróg szybkiego ruchu), tak jak to się dzieje w wielu krajach, niektórych znacznie od nas bogatszych.

Już teraz konieczne jest przeprowadzenie wnikliwej analizy lokalizacji zasobów złóż surowców (w tym strategicznych, pierwiastków krytycznych), a następnie odpowiednie wytyczenie proponowanych nowych tras, których przebieg umożliwiłby nieskrępowaną eksploatację w przyszłości.

### Literatura

1. *Ajdukiewicz J., Klocek K., Sobolewski J.*: Ochrona konstrukcji autostrady A1 na terenie szkód górniczych z wykorzystaniem wysokowytrzymałych zbrojeń geosyntetycznych. „Przeгляд Komunikacyjny” 2011 R. LXVI, nr. 5-6.
2. *Bialek J., Mielimka R., Majchrzak J., Zielonka L.*: Problematyka projektowania i zatwierdzania eksploatacji kopalń „Borynia” i „Jas-Mos” w rejonie wpływów na autostradę A-1. Materiały III Konferencji Naukowo-Technicznej „Ochrona powierzchni na terenach górniczych kopalń w subregionie zachodnim województwa śląskiego”, Jastrzębie Zdrój 2011, str. 62-69.
3. *Cieśliński J.*: Droga w czterech wymiarach. Budownictwo drogowie na szkodach górniczych. „Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału Krakowskiego SITK” 1996, nr 43, str. 129-139.
4. Design Manual for Roads and Bridges. 1997: Volume 1, Section 3, Part 14, BD 10/97. Design of Highway Structures in Areas of Mining Subsidence.
5. *Kot M., Świątkiewicz A.*: Możliwości optymalizacji budowy i eksploatacji autostrad na terenach górniczych. „Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej” 2000, nr 27, str. 215-227.



6. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych. Dz.U. z dnia 15 lutego 2002 r.
7. *Sroka A.*: Pomiary przemieszczeń punktów powierzchni z zastosowaniem techniki satelitarnej GPS przy eksploatacji ściany zwrotnej. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2000, IGSMiE PAN Kraków, 21-22 lutego 2000 r., Szczyrk 2000, str. 361-370.
8. *Vallejo L., Lin J-S., Gutiérrez J.J.*: A study of Highway Subsidence due to Longwall Mining using data collected from I-79. Pennsylvania Department of Transportation. Final Report 2010.

---

## Przypominamy!

Na łamach Przeglądu Górniczego trwa  
**KONKURS O NAGRODĘ IMIENIA PROFESORA  
BOLESŁAWA KRUPIŃSKIEGO**

na

*najlepszy artykuł upowszechniający doświadczenia kopalń  
podziemnych w zakresie działań skutkujących poprawą  
bezpieczeństwa górniczego i ekonomicznej efektywności  
eksploatacji złóż.*

Doświadczenia, które gromadzą się w kopalniach są istotnym źródłem wiedzy i postępu. Dzielimy się swymi doświadczeniami!

