

mgr inż. Jacek AJDUKIEWICZ

członek:



Inżynieria geosyntetyków nad szkodami górnictwami.

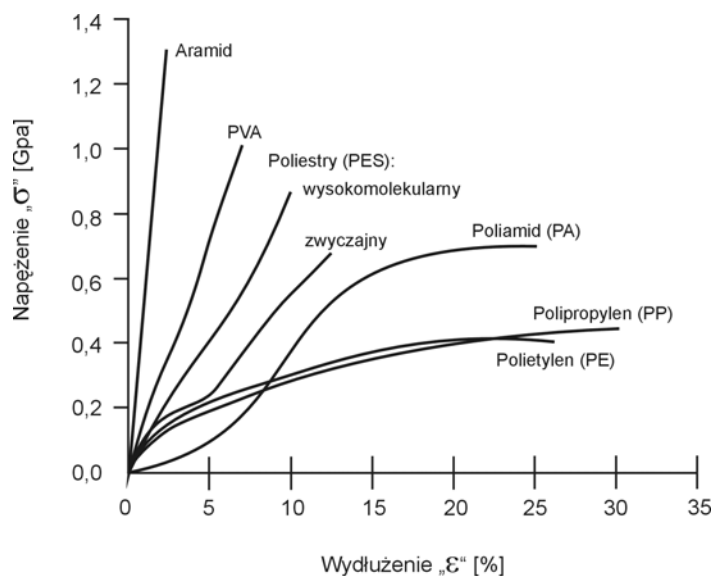
Streszczenie

W artykule omówiono pozytywne i negatywne przykłady zastosowań geosyntetyków w rozwiązaniach drogowych na obszarach objętych oddziaływaniem podziemną eksploatacją górnictwami oraz przedstawiono logiczną możliwość wykorzystania zebranych dotychczas pozytywnych doświadczeń w tym zakresie w projektowaniu i budowie autostrady A1.

Konferencja Naukowo – Techniczna SITG jest doskonałą okazją do dokonania retrospektywnego przeglądu osiągnięć i porażek w konstrukcjach zabezpieczeń obiektów komunikacyjnych, zrealizowanych w ubiegłych latach na obszarach aktywnych górnictwami.

W okresie minionych pięciu lat na Górnym Śląsku wybudowano szereg obiektów, w których znalazły swoje miejsce tzw. geosyntetyki, czyli wyroby pochodzenia chemicznego (tworzywa sztuczne, włókna chemiczne, geomembrany) o charakterze konstrukcyjnym. Zasadniczą cechą tych materiałów jest możliwość stosowania ich wspólnie z surowcami mineralnymi, tak pochodzenia naturalnego, jak i z surowcami o charakterze odpadowym (skała płonna, przepalone hałdy i inne).

Materiały te znalazły zastosowanie zarówno dla zmniejszenia skutków oddziaływań górnictwami dla obiektów liniowych (drogi, torowiska), jak i obiektów inżynierskich (nasypy, podbudowy posadzek). Różne też były surowce wyjściowe służące do produkcji zastosowanych geosyntetyków. Właściwości tych surowców najlepiej obrazuje rys. 1.



Rys. 1. Wykresy charakterystyk zależności σ - ϵ (przenoszone naprężenia i wielkości odpowiadających im wydłużeń) surowców stosowanych w zbrojeniach geosyntetycznych.

Wynika z niego, że są surowce (polietylen PE, polietylen wysokiej gęstości PEHD, polipropylen PP) charakteryzujące się bardzo dużym wydłużeniem „ε”, zdolne jednocześnie przenosić stosunkowo nieduże siły. Na drugim końcu palety surowcowej znajdują się surowce (aramid A, poliwinylalkohol PVA) o wręcz przeciwnych charakterystykach – są zdolne przenosić bardzo duże siły, a jednocześnie zapewniają niewielkie odkształcenia po ich obciążeniu konstrukcyjnym. Są wreszcie pośrednie materiały (poliester PET, poliamid PA) o średnich wydłużeniach i średnich wielkościach przenoszonych sił.

Pragnąc uchronić obiekt komunikacyjny od zmieniających się w czasie i przestrzeni powierzchniowych skutków podziemnej działalności górniczej każdorazowo należy wyważyć, jak zaprojektować konstrukcję. Czy na maksymalne ograniczenia odkształceń i maksymalne przeciwdziałanie siłom np. rozpychu w nasypach, czy też założyć, że wkładka geosyntetyczna będzie jedynie niwelować w niewielkim stopniu skutki odkształceń terenu na którym obiekt jest wybudowany i stawiać będzie stosunkowo niewielki opór deformacjom samego obiektu.

Mamy okazję przeanalizowania skutków tych dwóch filozofii na przykładzie dwóch konkretnych obiektów nasypowych, wybudowanych i oddanych do użytku na terenie województwa katowickiego w minionych trzech latach.

Pierwszym obiektem jest nasyp w ciągu Autostrady A4 wybudowany w ramach odcinka (kontraktu) Ruda Śląska, Wirek – Węzeł Batory, Chorzów.

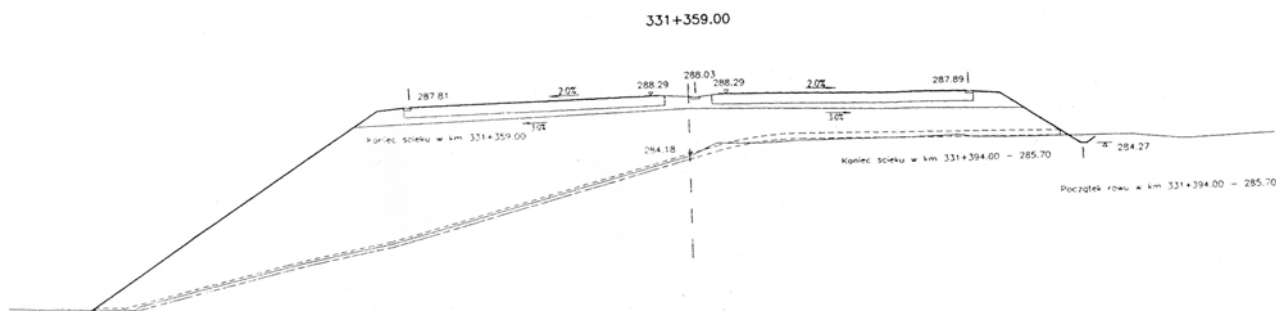
Obiekt drugi wybudowany został w formie dwóch najazdów do wiaduktu nad torami kolejowymi służącymi do wywozu węgla z trzech kopalni ROW, w ciągu Drogi Wojewódzkiej nr 933 ÷ Racibórz - Pszczyna.

Jak z powyższego wynika, różna była też ważność tych obiektów, a zatem i rozwiązania konstrukcyjne powinny być lepsze dla obiektu położonego w ciągu Autostrady w stosunku do obiektu położonego w ciągu Drogi Wojewódzkiej. Z drugiej strony, wg przyjętych w ich projektach założeń, obiekt w ciągu Autostrady powinien być konstrukcyjnie zabezpieczony przed skutkami szkód górniczych II kategorii, obiekt drugi – IV kategorii.

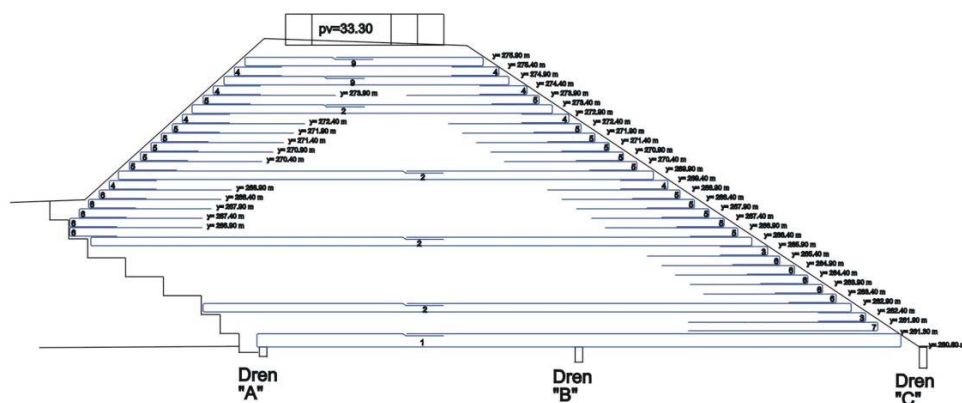
De facto z pomiarów monitoringowych uzyskano informację, że na obiekcie autostradowym (o wysokości rzędu 10 m) w niewielkim stopniu, na niedługim odcinku, zostały przekroczone parametry II kategorii szkód górniczych, na obiekcie drugim (o wysokości ponad 20 m) charakter terenu wskutek działalności górniczej w filarze ochronnym zmienił kategorię na V, z jednoczesnym 2,5 krotnym przekroczeniem jednego z istotnych parametrów tej kategorii.

Różnicami zasadniczymi jednak jest fakt, że obiekt pierwszy uległ awarii o charakterze trwałym i niemożliwym do naprawy jeszcze przed oddaniem autostrady do użytku, a obiekt drugi nie wykazał dotychczas najmniejszych nawet zmian wymiarowych na nawierzchni drogowej ani wyniesień na nią skutków intensywnej eksploatacji górniczej prowadzonej bezpośrednio pod tym obiektem, w dotychczasowym filarze ochronnym.

Przekroje charakterystyczne obydwu obiektów przedstawione są na rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. Przekrój poprzeczny nasypu Autostrady A4 na awaryjnym odcinku, znajdującym się pomiędzy węzłem Ruda Śląska – Wirek a węzłem Chorzów – Batory. – Obiekt „1”.



Rys. 3. Przekrój poprzeczny nasypów zabezpieczonych przed wpływami eksploatacji górniczej w ciągu Drogi Wojewódzkiej nr 933 w Jastrzębiu – Zdroju. – Obiekt „2”.

Obiekt 1 został zabezpieczony przed skutkami II kategorii szkód górniczych przekładkami w postaci dwóch warstw siatek wykonanych z polipropylenu PP o wytrzymałości: dolna warstwa z siatki 20 względnie 40 kN/m, górna warstwa z siatki o wytrzymałości 20 względnie 40 kN/m. Różnice pochodzą stąd, że różne źródła informacji podają różne warianty tego zabezpieczenia (20 i 20, 20 i 40 oraz 40 i 20 kN/m)!

Obiekt 2 został zabezpieczony czterema pełnymi materacami wykonanymi z siatek o fabrycznej wytrzymałości na zerwanie 250 kN/m, co łącznie, arytmetycznie daje zdolność przeciwdziałaniu siłom rozporu od zmiennych krzywizn niecki górniczej na poziomie 2000 kN/m. Dodatkowo skarpy obiektu zostały zabezpieczone co 0,5 m wysokości nasypu siatkami o wytrzymałości 80 lub 55 kN/m, co w efekcie daje łącznie zabezpieczenie na poziomie, w zależności od przekroju, od 3800 ÷ 4850 kN/mb długości nasypu.

Obiekt pierwszy, wg informacji pochodzącej od autorów jego konstrukcji, został zabezpieczony głównie na parametr przeciwdziałania zmniejszaniu się spójności gruntu rodzimego, do której dochodzi wskutek działalności górniczej.

Zastosowane zabezpieczenie w żaden sposób nie mogło przeciwdziałać skutkom krzywizn wypukłych, do których dochodzi na obszarze niecki osiadań górniczych, jak też (o co toczy się spór drogowców z górnikiem w Sądzie w Katowicach) nie był w stanie przeciwdziałać potężnym siłom rozpychu, pochodzącym od ciężaru własnego obiektu,

obiekty usytuowanego na pochylonej o 10° w stosunku do poziomu podstawy gruntowej nasypu. Po prostu, najprawdopodobniej, nie była przeprowadzona analiza stateczności nasypu ani też wykonane odpowiednie obliczenia inżynierskie.

Obydwa obiekty posadowione były na obszarach aktywnych górniczo i obydwie miały powyżej 6,0 m wysokości, a więc zaliczały się do tzw. trzeciej kategorii geotechnicznej obiektów inżynierskich. Od projektantów tego typu obiektów wymaga się zapewnienia współczynnika stateczności równego 1,50, a więc bardzo wysokiego stopnia bezpieczeństwa samej konstrukcji. Próba naprawy pierwszego obiektu poprzez tzw. gwoździowanie jego skarp jest jednoznacznym dowodem na to, że już obliczeniowo obiekt nie miał zapewnionego tego współczynnika.

Trwałość skarp obiektu drugiego, pomimo bardzo wysokiego kąta nachylenia w stosunku do poziomu, dochodzącego do 73° , jest pośrednim dowodem zapewnienia przez projektantów obiektowi właściwej stateczności.

Reasumując: W procesie projektowania zastosowane zostały dwie odmienne filozofie. Dla obiektu pierwszego założono brak konieczności związania konstrukcyjnego geosyntetykami bryły nasypu w jednorodny trwały monolit i doszło do zastosowania geosyntetyków o bardzo dużym wydłużeniu przy zerwaniu a bardzo małej wytrzymałości.

Dla obiektu drugiego założono zapewnienie monolityczności nasypu poprzez zazbrojenie wysokowytrzymałościowymi geosyntetykami o małym dopuszczalnym wydłużeniu, jak również założono wielowarstwowość konstrukcji, pozwalającą na kompensację oddziaływań górniczych pomiędzy poszczególnymi warstwami konstrukcyjnymi nasypu.

Obrazowo rzecz przedstawiając: obiekt pierwszy można porównać do klocka z suchego drewna, obiekt drugi do wielowarstwowej drewnianej sklejki.

Można mieć nadzieję, że ocenę sposobu i stopnia zabezpieczenia obiektu pierwszego na oddziaływania górnicze ustali w swoim wyroku Sąd. Obiekt drugi przeszedł po wybudowaniu jak gdyby potrójną weryfikację: postfactum został pozytywnie oceniony zarówno przez Główny Instytut Górnictwa jak i przez Instytut Techniki Budowlanej, zaś trzecią weryfikacją była pozytywna ocena działań Inwestora, Urzędu Miasta Jastrzębie Zdrój, wydana przez Najwyższą Izbę Kontroli, która oceniła bardzo pozytywnie konsekwentność i upór Urzędu wobec prób „potaniania” konstrukcji przez jego wykonawcę poprzez eliminację nadmiernego (jego, wykonawcy, zdaniem) zbrojenia geosyntetykami. Notabene, był to ten sam wykonawca, który po obiekcie drugim realizował obiekt pierwszy!

Podobne różnice w podejściach jakościowych i materiałowych zaobserwować można również w przygotowaniach obiektów liniowych do zminimalizowania na ich nawierzchniach odwzorowań skutków oddziaływań górniczych na teren ich posadowienia.

Nie wdając się w szczegóły, spotyka się od czasu do czasu próby zabezpieczenia takich obiektów przy pomocy geosiatek wykonanych z polipropylenu PP lub polietylenu wysokiej gęstości (PEHD), np. geosiatek o tzw. sztywnych węzłach, które nie są w stanie stawić oporu oddziaływaniom górniczym, lecz w sposób elastyczny dostosowują się do zmieniających się parametrów gruntu, co stawia sens tego typu „zastosowań” pod dużym znakiem zapytania! Na terenie ROW-u niestety w kilku miejscach zastosowano tego typu wyroby, co obrazuje rys. 4.



Rys. 4. Zastosowane geosiatek o tzw. „sztywnych węzłach” w obiektach usytuowanych na obszarze ROW’u.

Przykładów skutecznego stosowania geosyntetyków na terenie chociażby samego ROW-u jest bardzo wiele i to nie tylko na terenach aktywnych górniczo, ale również na terenach słabonośnych lub nienośnych, w tym również słabonośnych i aktywnych górniczo. Zakres zastosowań obrazuje załączona mapa (rys.5).

Na bazie zebranych w ubiegłych 15-tu latach doświadczeń i wyników zastosowań różnorodnych materiałów geosyntetycznych w 2004 roku opracowano kompleksową technologię przygotowującą system prewencji i zabezpieczeń przed oddziaływaniem szkód górniczych dla jednej z ważniejszych Dróg Krajowych, DK – 44, dla odcinka od węzła Autostradowego A4/A1 Gliwice–Sośnica do ulicy Oświęcimskiej w Borowej Wsi, na której to drodze już wystąpiły liczne szkody górnicze I, II i III kategorii oraz dwa uskoki – knurowski i makoszowski, zaś prognozowane jest do 2020 roku również wystąpienie szkód kategorii IV i zaktywizowanie się zarówno szkód II i III kategorii, jak i pojawienie się dalszych uskoków.

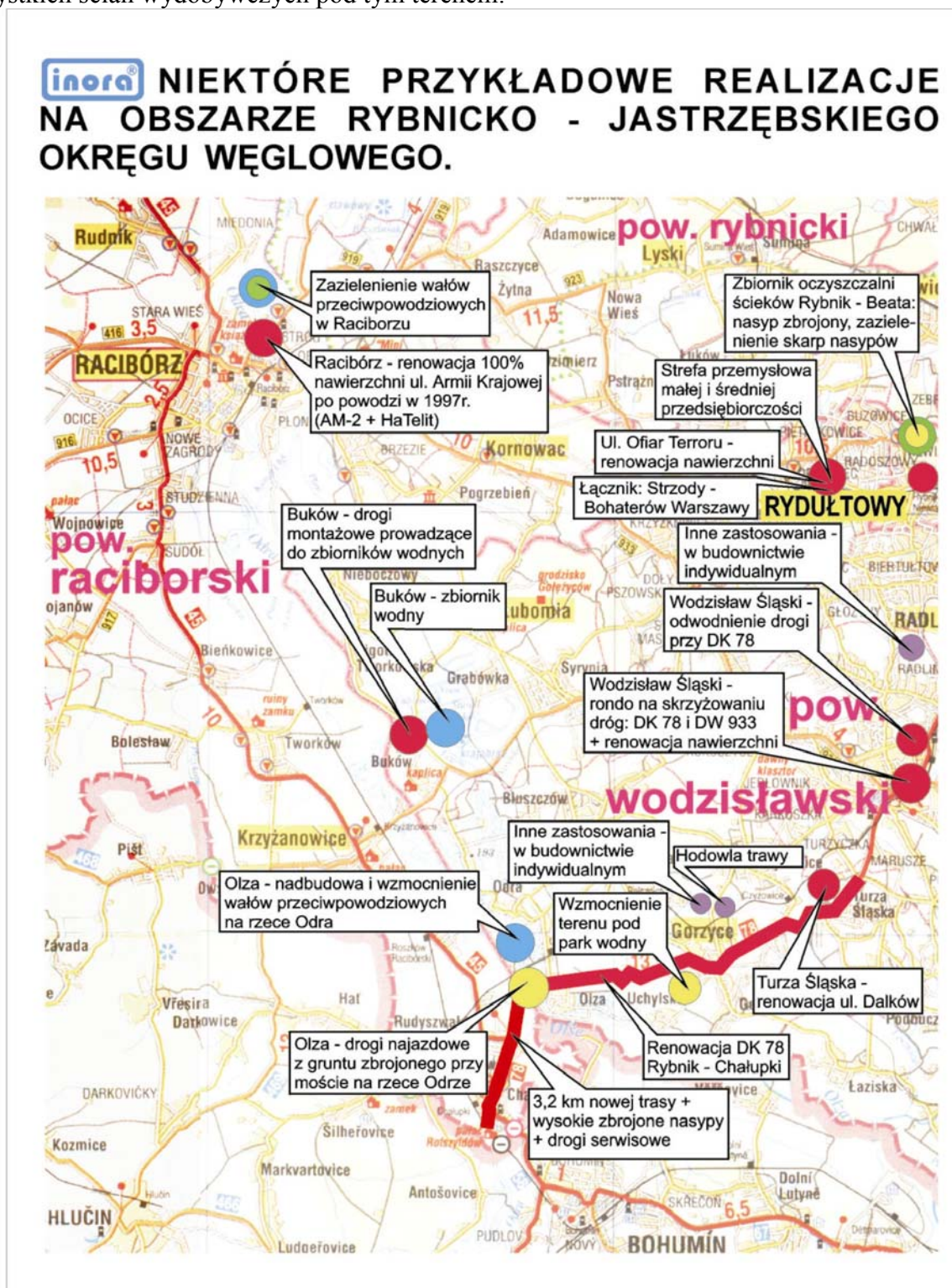
Przykładem prewencji przeciwko szkodom górniczym w rejonie uskoków jest zobrazowany na rys. 6 oraz na rys. 7 system zabudowy (pomiędzy cieńszymi, od zwykle stosowanych w drogownictwie, warstwami mineralnymi) zróżnicowanych materiałowo i wytrzymałościowo geosyntetyków, opierający się na wcześniejszych aplikacjach autorskiej jednostki eksperckiej, w tym również na doświadczeniach przeprowadzonych w ubiegłych latach m. in. na tej właśnie drodze DK-44 w obszarze uskoków.

Już w okresie realizacji przebudowy pierwszej połowy szerokości tej drogi zastosowane technologie przeszły pozytywnie swą próbę bojową.

Na dwóch wykonanych „na gotowo” odcinkach pierwszej połowy szerokości drogi nie wystąpiły nawet najmniejsze zniekształcenia na nowej nawierzchni, pomimo iż na drugiej, jeszcze nie rozebranej połowie, wystąpił w trakcie realizacji przebudowy pierwszej połowy pełen „bukiet” szkód górniczych, takich jak: spękania, pęknięcia podłużne nawierzchni,

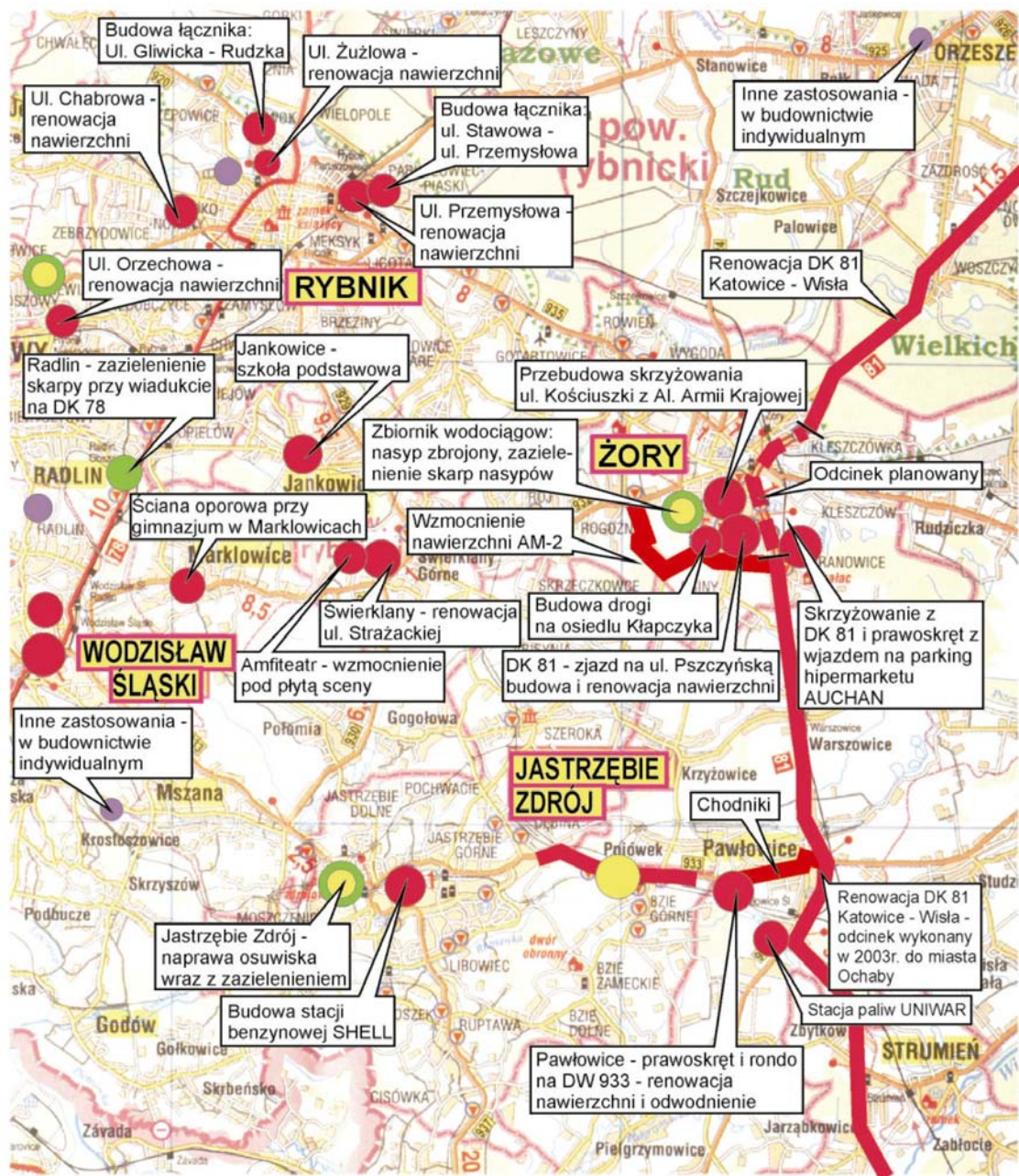
osadzanie się ukośnie w stosunku do osi jezdni części nawierzchni zgodnie z obniżającą się w tym miejscu niweletą terenu, zmiany kąta nachylenia i pochylenia nawierzchni.

Oczywiście finalnej oceny skuteczności zabezpieczeń w zakresie poszczególnych parametrów technicznych będzie można dokonać po zakończeniu całości robót i po przejściu wszystkich ścian wydobywczych pod tym terenem.

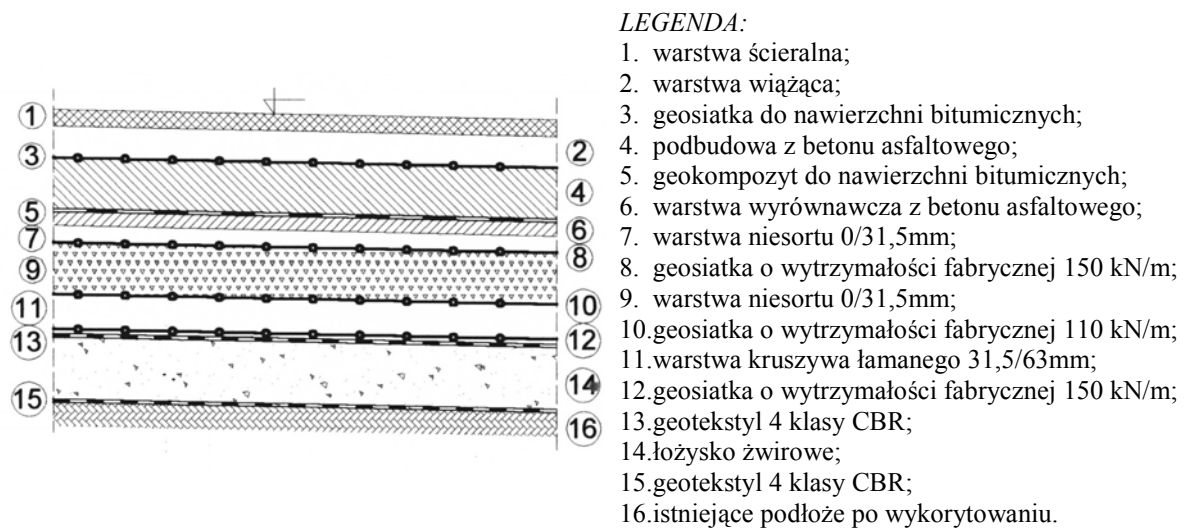


Rys. 5a. Niektóre przykładowe realizacje na obszarze Rybnicko-Jastrzębskiego Okręgu Węglowego, część zachodnia.

- Zastosowanie geosyntetyków z **inora**® :
- - w budownictwie hydrotechnicznym
 - - przy budowie dróg i renowacji nawierzchni
 - - przy zazielenianiu i umocnieniu skarp
 - - w technologii gruntów zbrojonych
 - - w budownictwie indywidualnym



Rys. 5b. Niektóre przykładowe realizacje na obszarze Rybnicko-Jastrzębskiego Okręgu Węglowego, część wschodnia.



Rys. 6. Zabezpieczenia geosyntetyczne konstrukcji drogi krajowej na obszarze IV kat. szkód górniczych w rejonie uskoku.



Rys. 7. DK-44 jako przykład efektywnej rehabilitacji Drogi Krajowej narażonej na wpływ eksploatacji górniczej.

Ale już dzisiaj można powiedzieć, że te rozwiązania, absolutnie pionierskie w stosunku do dotychczasowych zabezpieczeń, rokują 100% nadzieję na zachowanie technicznych parametrów szlaku drogowego na wymaganym: poziomie i w całym czasookresie przyszłej eksploatacji.

Wszystkie powyżej wypróbowane przez jednostkę ekspercką rozwiązania technologiczne mają na celu umożliwienie jednostkom projektowym, projektującym Autostradę A1, przyjęcie zarówno sprawdzonych rozwiązań inżynieryjnych, jak i innych niż dotychczas parametrów i rodzajów geosyntetyków dla tej Autostrady. Jedynie od dobrej woli tych jednostek i od chęci Inwestora zależy, czy wiedza i doświadczenie inżynierów z INORY zostaną wykorzystane w budowie A1, czy też, jak to miało miejsce przy budowie Autostrady A4 - zostaną pominięte.

Moralność inżynierska wymaga jednak przedstawienia środowisku górniczemu, a nie tylko drogowemu, istniejących i sprawdzonych możliwości w zakresie prewencji antyškodowej zastosowania materiałów geosyntetycznych.

Literatura:

1. Ajdukiewicz J.: „Projektowanie z geosyntetykami”. Autostrady. Nr 5 i 6, 2004.
2. Ajdukiewicz J.: „Zbrojenie nawierzchni asfaltowych – Czym? I za ile?”. Polskie Drogi. Nr 1 i 2, 2005.
3. Ajdukiewicz J.: „Inżynieria z geosyntetykami”. Polskie Drogi. Nr 7 i 8, 2005
4. Informacje prasowe: Gazeta Wyborcza.: „Autostrada do poprawki”, listopad 2004; Dziennik Zachodni.: „Autostrada w sądzie”, marzec 2005; „Polskie drogi donikąd”, lipiec 2005; Trybuna Górnicza.: „Tajemnice Autostrady A4”. Nr 31(563), sierpień 2005.
5. Najwyższa Izba Kontroli.: „Informacja o wynikach kontroli. Ustalenie i egzekwowanie przez jednostki zobowiązane do utrzymania dróg publicznych wymogów zabezpieczających jakość i terminowość wykonania robót drogowych”. Katowice, wrzesień 2003r.