

Stanisław Rybicki, Piotr Krokoszyński

Geologiczno-inżynierskie uwarunkowania deformacji skarp w pasie drogowym autostrady A-4 na odcinku Sośnica–Kleszczów

Engineering-geological conditions of embankments deformations on the stretch of motor-way A-4 between Sośnica–Kleszczów

Streszczenie: Na odcinku autostrady A-4 stanowiącym obejście Gliwic wiele fragmentów skarp wykopów wykazuje zaburzenia stateczności. Główną przyczyną tych zaburzeń są warunki hydrogeologiczne. Skarpy wykopów o wysokości od 3 do 8 m i nachyleniu 1:1,5 osłaniają zmiennie przewarstwione, spoiste i sypkie grunty czwartorzędowe (gliny zwałowe, piaski i żwiry). Infiltracja wód deszczowych powoduje, że na odsłoniętych w wykopach kontaktach warstw przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych pojawiają się wypływy i wycieki wody gruntowej, w wielu wypadkach obejmujące znaczne fragmenty skarp. Wypływowi tym towarzyszą zjawiska sufozji i wymywania, prowadzące do obniżenia zapasu stateczności skarp. Zjawiska te nie zostały wzięte pod uwagę w fazie przygotowywania projektu drogi.

Słowa kluczowe: stateczność zboczy, wykopy drogowe, procesy geodynamiczne

Abstract: On the stretch of motor-way A-4 bypassing of Gliwice, many parts of embankments are unstable. The main reason of embankment slopes instability, are hydrogeological conditions. Slopes of embankments at the height of about 3–8 m and inclination of 1:1,5 are composed of disorderly layered cohesive and noncohesive quaternary soils (boulder clays, sands and gravels). Infiltration of rainwaters into the soils caused, that on contacts of the permeable and non permeable soils there are many outflows of water, in many cases on the long parts of slopes. The outflows are accompanied by suffosion and soils washing away. These processes leading to loss of slopes stability, was not taken into consideration at the projection of road.

Key words: slopes stability, road embankments, geodynamics processes

Wstęp

Na odcinku autostrady A-4 Sośnica–Kleszczów wystąpiły w wielu miejscach deformacje (uszkodzenia) skarp wykopów i w niewielkim stopniu skarp nasypów. Miały one miejsce zarówno w okresie budowy tego odcinka autostrady, jak i po oddaniu go do użytku w 2005 r. Masowość deformacji skarp (uszkodzeniu uległo około 23% długości odcinka autostrady) narzuca oczywiste pytanie o przyczyny tego zjawiska, z czego powinny wynikać wnioski na przyszłość.

Położenie obiektu, morfologia i hydrografia terenu

Przedmiotowy odcinek autostrady ma długość 19,1 km i przebiega łukiem na południe od Gliwic. Geograficznie jest to Wyżyna Katowicka – fragment Wyżyny Śląskiej, gdzie rzędne terenu wahają się głównie w granicach od +240 m n.p.m. do +278 m n.p.m. (Kondracki, 2000). Teren jest łagodnie pofalowany, a jego deniwelacje osiągają maksymalnie 40 m, co sprawia, że nachylenie stoków (spadki terenu) wynoszą najczęściej około 0,5–1%. Deniwelacje terenu powodują, że pewne odcinki autostrady przebiegają w wykopach, inne na mniejszych lub większych nasypach. Głębokość wykopów dochodzi do 8m, a najczęściej wynosi około 2–5 m przy pochyleniu skarp 1:1,5 (34°). Podobne są wysokości i pochylenia skarp nasypów. Omawiany odcinek autostrady przebiega nieco na południe od lokalnego działu wodnego pomiędzy rzekami Kłodnicą na północy i Bierawką na południu, przecinając na pewnych odcinkach ich boczne dopływy.

Charakterystyka warunków geologiczno-inżynierskich na odcinku autostrady

W budowie geologicznej terenu biorą udział utwory starszego podłoża (karbon, trias, miocen), na których zalegają utwory czwartorzędowe (plejstocen i holocen) o miąższości od kilku do około 50 m (Żero, 1997). Są to głównie plejstocenijskie gliny zwałowe zlodowacenia środkowopolskiego lub zwietrzliny tych glin. Pokrywają one około 80% terenu, po którym przebiega trasa przedmiotowego odcinka autostrady. Stosunkowo niewielkie jej odcinki przebiegają przez deluwia piaszczyste oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe. Na północ od miejscowości Żernica autostrada przechodzi też odcinkowo przez holocenijskie osady rzeczne rozgałęzionego prawobrzeżnego dopływu rzeki Bierawki.

Wgłębną budowę geologiczną oraz charakter gruntów budujących skarpy wykopów pod autostradę rozpoznano w oparciu o bezpośrednie obserwacje skarp oraz profile archiwalnych otworów badawczych o głębokości do 15 m na trasie autostrady (Kurdziel-Łabuzek, 1996). Wynika z nich, że grunty czwartorzędowe mają bardzo zmienny charakter pod względem rodzaju i sposobu zalegania, nawet na dystansie kilku, kilkunastu, a zwłaszcza kilkudziesięciu metrów, oraz pod wzglę-

dem warunków zawodnienia. Niemniej jednak dają się zauważyć w skali subregionalnej pewne ogólne prawidłowości charakteru utworów czwartorzędowych. Z reguły przy powierzchni terenu występuje seria brązowych glin piaszczystych, piasków gliniastych i glin z przewarstwieniami i wkładkami piasków. Jej miąższość wynosi najczęściej około 1–3,5 m, a udział procentowy wkładek i przewarstwień piaszczystych dochodzi do 35%. Seria ta uważana jest za zwietrzelinę głębiej zalegających glin zwałowych, wtórnie sedymentowaną przez wody polodowcowe (Żero, 1997). W niektórych miejscach widoczne były w trakcie wykonywania wykopów pod autostradę zaburzenia glaciektoniczne w tej serii.

Pod serią zwietrzelinowych glin piaszczystych występuje dość ciągła seria glin zwałowych górnych barwy głównie brązowej. Ma ona miąższość około 3–5 m. Są to różne rodzaje glin, najczęściej gliny piaszczyste z lokalnymi gniazdami i przewarstwieniami materiału piaszczysto-żwirowego. Gliny te w wielu przypadkach oddzielone są od serii glin zwałowych dolnych barwy szarej dość ciągłą warstwą żółtych lub szarych piasków średnioziarnistych, lokalnie pospółek lub żwirów. Warstwa tych utworów piaszczysto-żwirowych, zapewne genezy wodnolodowcowej, ma grubość około 0,5–3 m, a najczęściej około 1 m i występuje w przedziale głębokości około 4–12 m pod powierzchnią terenu.

Pod warstwą piaszczysto-żwirową występuje dolna glina zwałowa o miąższości około 1–3 m, barwy na ogół szarej. Jest to podobnie, jak seria gliny górnej, głównie glina piaszczysta ze żwirem i otoczakami w postaci gniazd i soczew. W części północno-zachodniej terenu dolne gliny zwałowe są zredukowane lub zastępowane lokalnie przez pospółki, żwiry i piaski.

Warunki wodne na obszarze przedmiotowego odcinka autostrady są dość skomplikowane. Zbiornikiem wód infiltrujących w podłoże z opadów atmosferycznych jest bowiem cały profil utworów czwartorzędowych o złożonym i zmiennym charakterze gruntów. Chociaż przeważają tu serie glin zwałowych (utworów spoiстых), to jednak liczne lokalne soczewki i gniazda lub przewarstwienia piaszczysto-żwirowe w obrębie serii glin sprawiają, że i one, oprócz utworów piaszczystych, akumulują wody infiltracyjne. W utworach czwartorzędowych nie ma wyraźnego jednolitego poziomu wodonośnego, aczkolwiek należy przyjąć, że istnieją połączenia hydrauliczne pomiędzy poszczególnymi lokalnymi nagromadzeniami wód gruntowych. Wody infiltracyjne z opadów atmosferycznych gromadzą się przede wszystkim w górnej serii glin wietrzelinowych przewarstwowanych piaskami. Objawy tych wód na skarpach wykopów zależą od morfologii terenu oraz warunków atmosferycznych – są wyraźne po roztopach wiosennych i po dłuższych opadach atmosferycznych, zanikają lub zmniejszają się w okresach bardziej suchych.

O stabilności skarp wykopów pod autostradę oprócz warunków wodnych decydują też właściwości geotechniczne gruntów w profilu wykopów. Można je głównie oceniać na podstawie wyników laboratoryjnych i terenowych badań gruntów zawartych w opracowaniu Kurdziela-Łabuzka (1996). Wynika z niego, że gliny zwałowe górne i dolne, a także wietrzeliny glin zwałowych pozostają najczęściej w stanie twardoplastycznym, rzadziej w stanie plastycznym, a sporadycznie w stanie półzwałowym i miękkoplastycznym. Przeciętnie największe wartości stopnia plastycz-

ności (I_L) mają wietrzliny glin zwałowych – średnio $I_L = 0,19$; mniejsze gliny zwałowe górne – średnio $I_L = 0,13$ oraz gliny zwałowe dolne średnio $I_L = 0,15$. Wietrzliny glin zwałowych znajdują się częściej na granicy stanu twardoplastycznego i plastycznego niż pozostałe grunty. Wynika to z większego ich zawodnienia. Plastyczny, a niekiedy miękkoplastyczny stan konsystencji mają głównie cieńsze wkładki i przewarstwienia glin w obrębie piasków oraz strefy przykontaktowe glin górnych lub dolnych z zawodnionymi warstwami lub przewarstwieniami piasków i żwirów, w szczególności z serią piasków między gliną zwałową dolną i górną.

Jeśli chodzi o rodzaje gruntów czwartorzędowych na omawianym odcinku autostrady należy stwierdzić, że utwory sypkie piaszczysto-żwirowe stanowią tu najczęściej około 20% miąższości przewiercanego profilu czwartorzędowego, a spoiste około 80% (Kurdziel-Łabuzek, 1996). Jednak udział utworów sypkich jest wyraźnie większy w wierzchniej wietrzelinowej warstwie glin zwałowych, gdzie wynosi najczęściej około 35%. Wśród utworów spoistych dominują wyraźnie gliny piaszczyste (około 61%) oraz piaski gliniaste. Są to więc grunty średnio spoiste i mało spoiste, czego konsekwencją jest ich duża podatność na działanie wody – rozmakanie i upłynnienie. Własne badania kontrolne kilku próbek glin z osuwiska w rejonie węzła Bojków wykazały, że rozmakają one w wodzie w czasie kilkunastu sekund do kilku minut. Ze względu na skład granulometryczny grunty spoiste występujące na trasie autostrady należą do gruntów bardzo wysadzinowych (Wiłun, 1976; Polska Norma PN-S-02205), co ma też pewien wpływ na trwałość i stabilność skarp wykopów pod autostradę.

Tabela 1. Zestawienie parametrów warstw gruntów wg Kurdziela-Łabuzka (1996)
Table 1. Soil layers parameters according to Kurdziel-Łabuzek (1996)

Nr warstwy	Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Ciężar objętościowy [kN]	Spójność [kPa]	Kąt tarcia wewnętrznego [°]
1	Wietrzlina glin zwałowych	pzw	22,1	52,0	15,0
		tpl	21,5	40,7	12,6
		pl	20,6	25,0	7,3
		mpl	19,6	15,0	6,0
2	Gliny zwałowe górne	pzw	22,1	54,0	16,0
		tpl	21,5	39,2	13,7
		pl	20,6	18,5	7,6
		mpl	19,6	15,0	6,0
3	Piaski	szg	16,7	0	33,0
4	Gliny zwałowe dolne	pzw	22,1	55,0	16,0
		tpl	21,5	42,0	12,1
		pl	20,6	20,0	8,3
		mpl	19,6	15,0	6,0
5	Trzeciorzędowe ropy pyłaste	pzw	20,1	60,0	13,0
		tpl	18,6	52,0	11,0

Parametry oporu ścinania gruntów zawarte w archiwalnym opracowaniu (Kurdziel-Łabuzek, 1996) użyte do analiz stateczności skarp wykopów zestawiono według stanu konsystencji gruntów, jako wartości średnie w tabeli 1. Są to parametry gruntów z okresu przed budową autostrady. Wykonanie wykopów, odprężenie gruntów, ich zwietrzenie i zawodnienie pogorszyło niewątpliwie te parametry, lecz ich aktualne wartości nie są jednak zbadane.




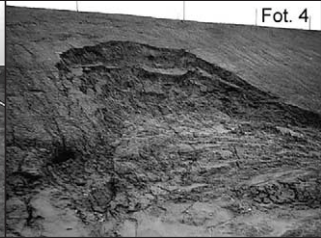

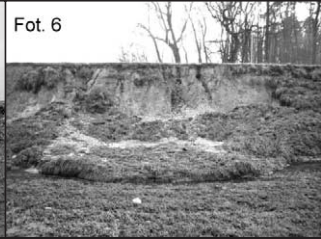


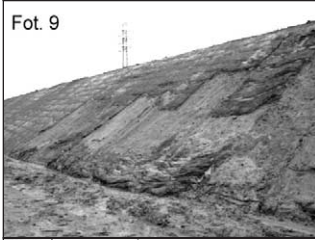



Charakter i przyczyny uszkodzeń skarp wykopów i nasypów pod autostradę

Obserwowane w terenie uszkodzenia skarp wykopów i nasypów ze względu na ich charakter można podzielić następująco:

- A. **Osuwiska** na skarpach wykopów (fot. 1, 2).
- B. **Wymycia filtracyjno-sufozyjne** gruntów sypkich na skarpach wykopów, przez wody wypływające (wysączające się) z masywu gruntowego (fot. 3) połączone niekiedy z obrywaniami nadległych glin (fot. 4).
- C. **Splywy i spęły** rozmoczonych i uplastycznionych gruntów spoistych na skarpach wykopów, głównie wskutek wypływów wody z masywu gruntowego, a także wskutek zwietrzenia pod działaniem czynników atmosferycznych (fot. 5, 6).
- D. **Rozmycia erozyjne gruntów sypkich i spoistych** w skarpach wykopów przez wody opadowe i ze spływu powierzchniowego z bocznych stoków autostrady (fot. 7, 8).
- E. **Zsuwy powierzchniowej warstwy humusu i/lub darni** po biowłókninie lub wraz z biowłókniną przy braku przejawów wodnych na skarpach nasypów (fot. 9, 10).
- F. **Podcięcia erozyjne** dolnej części skarp wykopów przez spływającą przepelnionymi korytkami ściekowymi wodę przy poboczach jezdni i podmycia erozyjne skarp rowów przydrożnych w rejonach nasypów (fot. 11, 12).

Występowanie danego rodzaju uszkodzeń zależy od warunków gruntowo-wodnych danego fragmentu skarpy (rodzaju gruntów, ich miąższości i następstwa, zawodnienia, intensywności wypływów wody itp.), a także od morfologii otaczającego terenu i jego warunków hydrogeologicznych oraz hydrograficznych. Te ostatnie czynniki są ważne zwłaszcza w przypadku uszkodzeń typu (D) i (F) spowodowanych rozmyciami erozyjnymi skarp przez wody spływu powierzchniowego oraz uszkodzeń w rodzaju podcięcia erozyjnego skarp przez nadmierny napływ wód do korytek ściekowych lub rowów przydrożnych. Należy też wyraźnie podkreślić, że nasilenie objawów wodnych na skarpach wykopów jest zależne od pory roku i może być zmienne w poszczególnych latach. Dużo uszkodzeń skarp wystąpiło na wiosnę po długiej i śnieżnej zimie 2005/2006.

Oprócz wyżej opisanych uszkodzeń skarp wykopów występują lokalnie uszkodzenia skarp nasypów pod autostradę. Mają one charakter zsuwów wierzchniej warstwy gruntowo-humusowej po biowłókninie lub wraz z biowłókniną po podcięciach ją gruntach w warunkach braku wycieków wód ze skarp i spływu wód ze stoków (fot. 9, 10). Jedną z głównych przyczyn tego rodzaju uszkodzeń jest duże na-

<p>Fot. 1</p> 	<p>Fot. 2</p> 	<p>Osuwiska Rotational slides of road embankments</p>
<p>Fot. 3</p> 	<p>Fot. 4</p> 	<p>Wymycia filtracyjno-sufozyjne Liquefaction and suffusion failures</p>
<p>Fot. 5</p> 	<p>Fot. 6</p> 	<p>Splywy i spelzy Slump – earthflows</p>
<p>Fot. 7</p> 	<p>Fot. 8</p> 	<p>Rozmycia erozyjne Soil surface erosion</p>
<p>Fot. 9</p> 	<p>Fot. 10</p> 	<p>Zsuwy warstwy humusu Slides of protective humus cover</p>
<p>Fot. 11</p> 	<p>Fot. 12</p> 	<p>Podcięcia erozyjne Embankments destruction caused by erosion</p>

chylenie skarp 1:1,5 (34°). Jak podaje np. literatura (O'Grady, 1996), kąt tarcia na granicy (styku) warstwy gruntowo-humusowej z geowłókniną odpowiedzialny za stabilność tej warstwy wynosi około 28° (kąt tarcia między membraną geotekstylną i piaskiem wg O'Grady'ego (1996)). Jest więc zrozumiałe, że przy takim lub podobnym kącie tarcia kontaktowego mogą występować zsuwy warstwy gruntowo-humusowej po biowłókninie (lub łącznie z biowłókniną po podścielających gruntach) przy pochyleniu skarp 34° , zwłaszcza w warunkach zawilgocenia po opadach.

Ocena stateczności niektórych profili skarp wykopów

Wśród uszkodzeń skarp wykopów stwierdzono między innymi występowanie osuwisk. Mają one stosunkowo niewielki zasięg, lecz ich występowanie wskazuje, że warunki gruntowo-wodne na niektórych odcinkach wykopów mogą być przyczyną niewielkiego zapasu stateczności skarp i powodować ich grawitacyjne deformacje osuwiskowe. Przeprowadzono więc kontrolne obliczenia stateczności dla różnych wysokości skarp od około 3 m do 8 m. Do obliczeń wybrane zostały 3 typowe przekroje przez wykopy autostrady, a współczynniki stateczności określano odrębnie dla południowej (S) i północnej (N) skarpy wykopu w danym przekroju. Przyjęte do obliczeń właściwości gruntów w obrębie poszczególnych warstw (tab. 1) określone zostały na podstawie wszystkich wyników badań dla poszczególnych serii litostratygraficznych.

Analizę stateczności prowadzono dla dwóch wariantów stanu gruntów:

1. stan gruntów zgodny z rozpoznanymi archiwalnymi wierceniami badawczymi,
2. stan gruntów zmieniony (obniżone wartości stopnia plastyczności) przez zawodnienie skarp wynikające ze spływu powierzchniowego, sączeń śródwartwowych oraz podpiętrzeń i stagnacji wody w rowach odwadniających u podstawy skarp.

W wariacie 2 obniżano stopień plastyczności gruntów. Przyjęto stan plastyczny w wyższych partiach skarp oraz miękkoplastyczny dla warstwy zalegającej w podstawie skarpy. Stosownie do stanu gruntów określano parametry wytrzymałościowe poszczególnych warstw (spójność, kąt tarcia wewnętrznego, ciężar objętościowy).

Obliczenia współczynników stateczności (F) prowadzono za pomocą metod równowagi granicznej z programu komputerowego SLOPE/W (Geo-Slope International), stosując technikę poszukiwania minimum (F) dla powierzchni kołowo-cylindrycznych. Wyniki przeprowadzonych obliczeń stateczności zamieszczone zostały w tabeli 2.

Obliczenia wykonane dla parametrów z archiwalnego rozpoznania wykazały znaczny zapas stateczności analizowanych skarp także dla profilu 1 zlokalizowanego w rejonie największego osuwiska (fot. 1), co spełnia wymogi stawiane skarpom wykopów drogowych ($F \geq 1,5$) (Dz. U. z dnia 14.05.1999).

Uwzględnienie w obliczeniach warunków zawodnienia, jakie obserwowano na skarpach, i związanych z tym zmian stopnia plastyczności gruntów, zmniejsza radykalnie wartości współczynników stateczności. Wartości (F) w drugim wariacie

Tabela 2. Zestawienie wyników obliczeń stateczności skarp (obliczenia metodą Spencera)
 Table 2. Results of slope stability investigations (Spencer's method)

Profil obliczeniowy stateczności	Skarpa wykopu	Wartość współczynnika stateczności F	
		Dla parametrów warstw stwierdzonych rozpoznaniem	Dla parametrów warstw uwzględniających zawodnienie i zawilgocenia
1	N	2,584	1,548
308,300 km	S	2,130	1,200
2	N	3,559	1,601
312,150 km	S	3,126	2,056
3	N	2,219	1,055
312,500 km	S	2,169	1,243

obliczeń zawierają się w zakresie od 1,05 do 2,05. Zagrożone utratą stateczności okazały się południowa skarpa w profilu 1 (rejon osuwiska) oraz północna i południowa skarpa w profilu 3.

W świetle obliczeń istnieje więc możliwość dalszej osuwiskowej utraty stateczności skarp, także na innych odcinkach wykopów autostrady. Kolejne okresy wzmożonych opadów atmosferycznych, jak też roztopów śniegu mogą powodować dalsze rozmywanie, niszczenie skarp oraz utratę drożności istniejącego systemu odwodnienia. Konieczne jest więc wykonanie trwałego drenażu skarp wykopów na odcinkach wypływów i wysączeń wód gruntowych (ostrogi drenujące, przypory filtracyjne itp.), likwidacja osuwisk np. poprzez wymianę gruntu i drenaż, wykonanie rowów stokowych lub wyprofilowanie terenu na zewnątrz górnych krawędzi skarp z przeciwspadkiem dla przejścia wód ze stoków i niedopuszczenia do ich spływu po skarpach.

Podsumowanie i wnioski końcowe

1. Na odcinku autostrady A-4 Kleszczów–Sośnica wystąpiły uszkodzenia skarp wykopów w obrębie pasa drogowego obejmujące łącznie około 4,3 km jego długości. Są to zwłaszcza rejony węzłów drogowych Sośnica, Bojków, Ostropa i Kozłów. Mniej było uszkodzeń skarp nasypów w obrębie pasa drogowego o charakterze spełzań wierzchniej warstwy gruntowo-humusowej i geowłókniny.
2. Uszkodzenia skarp wykopów to w głównej mierze płytkie powierzchniowe spływy i spełzy gruntów spoistych oraz sufozyjne wymycia gruntów sypkich, a sporadycznie głębsze, bardziej typowe osuwiska w rodzaju zsuwu lub obrywu gruntowego.
3. Główną przyczyną uszkodzeń skarp było ich zawodnienie związane z wyciekami i sączeniami wód z warstw gruntowych, zwłaszcza na kontaktach silniej zawodnionych utworów przepuszczalnych i mniej przepuszczalnych oraz z wodami opadowymi ze spływu powierzchniowego ze stoków wokół autostrady w kierunku do wykopów. Przyczynami dodatkowymi o mniejszym znaczeniu są:

skłonność gruntów budujących skarpy wykopów do wysadzinowości (co powoduje rozluźnienie ich struktury, uplastycznienie i spływy przypowierzchniowe w okresach wiosennych) oraz lokalne konsekwentne do wykopów pochylenia kontaktów warstw gruntowych, sprzyjające zsuwom.

4. Przykład uszkodzeń skarp z odcinka autostrady A-4 Kleszczów–Sośnica, które w dużej mierze miały charakter tzw. deformacji filtracyjnych, pokazuje, że same analizy stateczności skarp nie są wystarczające do oceny ich możliwych deformacji (uszkodzeń), jeśli nie weźmie się pod uwagę innych procesów niszczących skarpy (erozyjne podcięcia i rozmycia, sufozja itp.), których nie można wprost uwzględnić w obliczeniach statycznych, a które najczęściej inicjują grawitacyjne procesy osuwiskowe. Przykład ten pokazuje też, że w projektowaniu geotechnicznym budowli drogowych projektanci niekiedy zbyt rutynowo podchodzą do problemów stabilności skarp wykopów i nasypów, uznając, że pochylenia skarp zalecane przez odpowiednie normatywy i instrukcje (najczęściej 1:1,5) zagwarantują ich stabilność bez względu na lokalne warunki geologiczno-inżynierskie terenu. Niekiedy w małym stopniu korzysta się tu z wyników badań zawartych w dokumentacjach geologicznych i hydrogeologicznych, nie mówiąc o częstych niedostatkach rozpoznania geologiczno-inżynierskiego (za mało otworów badawczych, wykopów, badań prób gruntowych itp.). Późniejsze koszty związane z naprawą skarp przekraczają na ogół nakłady na dokładniejsze rozpoznanie geologiczno-inżynierskie.

Niniejszy artykuł opracowano w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.140.292

Literatura

- Wiłun Z., 1976. Zarys geotechniki. Wyd. Kom. i Łącz., Warszawa.
- Geo-Slope International, Calgary, Canada. Geotechnical Software for slope stability analysis SLOPE/W.
- Kurdziel-Łabuzek J., 1996. Karty dokumentacyjne otworów geologiczno-inżynierskich. Zakład Wiertniczo-Geologiczny Kraków, Kraków.
- O'Grady M., 1996. An integrated approach to soil stabilisation on soil and membrane-lined slopes. First European Conference. Siges-Barcelona.
- Żero E., 1997. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000. Arkusz M34-62A Gliwice. Wyd. Instytutu Geologicznego, Warszawa.
- Polska Norma PN-S-02205, 1998. Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Dz.U. z dnia 14 maja 1999 r.
- Kondracki J., 2000. Geografia regionalna Polski. Wyd. PWN, Warszawa.

