

Badania procesów geologicznych w opracowaniach inżyniersko-geologicznych i geotechnicznych

Witold Cezariusz Kowalski*

Study of geological processes in engineering geological and geotechnical reports. Prz. Geol., 51: 147–150.

Summary. Engineering geological and geotechnical reports use various models of geologic processes. Both natural and anthropogenic factors influence the geological environment of a developed site, resulting in dynamic interactions. Proper recognition and evaluation of geological processes relevant for a given object needs adequate knowledge and practice, not only geological, but also related to land management, landscape planning, building construction (especially foundations), and mining. Engineering geology studies are most important in the early development phases, for reasonable estimation of costs and timing of an object. Only after a properly trained engineering geologist assesses the investment project, further investigations by properly trained construction or mining engineer with necessary geological skills may and should be done.

Key words: *engineering geology, geotechnics, investments geological processes, land development and site planning, building foundation, building engineering, mining, ecology*

Oceny opracowań inżyniersko-geologicznych i geotechnicznych (projektów i dokumentacji, ekspertyz i opinii), jak to wynika z analizy ich formalnych i merytorycznych treści, były zawsze bardzo różne.

Zespołowe oceny tych opracowań były dokonywane w latach 1970–2000 między innymi w Międzyresortowej

Komisji Dokumentacji Geologiczno-Inżynierskich (KDGI), działającej przy Centralnym Urzędzie Geologii i Ministerstwie Środowiska, oraz w radach, komitetach i komisjach różnych instytucji naukowych i naukowo-technicznych, a także w biurach projektowych i w przedsiębiorstwach. Zawsze niezbędnym warunkiem przystąpienia do zespołowego analizowania i oceniania opracowań inżyniersko-geologicznych było uprzednie pozytywne zaakceptowanie treści i wniosków tych opracowań przez:

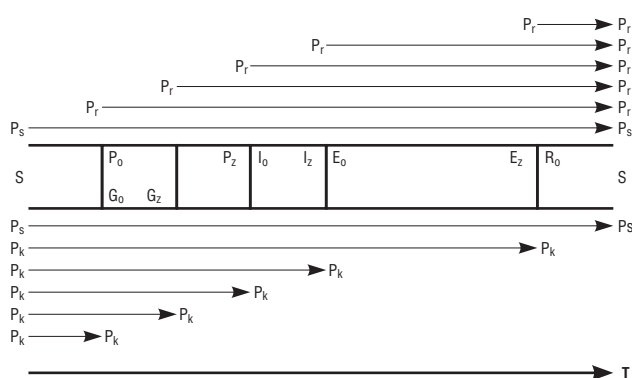
*Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

inwestora i projektanta, realizatora i eksploatatora danego obiektu inwestycyjnego, jak również przez przedstawiciela wojewody, w którego województwie projektowano lub realizowano ten obiekt. Niejednokrotnie opinie inwestorów, projektantów i realizatorów o badaniach inżyniersko-geologicznych i geotechnicznych dla potrzeb danego obiektu inwestycyjnego nie pokrywały się z zespołowymi ocenami specjalistów z zakresu tych badań. Przyczynami różnic były przede wszystkim: różne kompetencje merytoryczne (tzn. różna znajomość i zrozumienie istoty badań

Tab. 1. Kategorie 1240 zespołowych opinii pierwszych wersji opracowań inżyniersko-geologicznych i geotechnicznych, przedłożonych do zaopiniowania w latach 1970–2000

Table 1. Categorization of 1240 team evaluations of draft engineering geology and geotechnical reports, submitted for review in the years 1970–2000

Kategorie ocen <i>Ranks</i>	Rodzaje opracowań <i>Categories of reports</i>			
	Inż.-geol. <i>Eng. Geol.</i>	Geotech. <i>Geotechnical</i>	Łącznie <i>Total</i>	%
Błędne <i>Erroneous</i>	45	71	116	9,3
Częściowo błędne <i>Partly erroneous</i>	72	122	194	15,6
Częściowo poprawne <i>Mostly correct</i>	68	195	263	21,2
Poprawne <i>Correct</i>	379	188	567	45,7
Wzorcowe <i>Exemplary</i>	75	25	100	8,2
Suma <i>Total</i>	639	601	1240	100



Ryc. 1. Zmiany stanu środowiska inżyniersko-geologicznego — (S) obiektu inwestycyjnego spowodowane oddziaływaniem procesów geologicznych: naturalnych i inżyniersko-geologicznych w czasie T. Kolejność harmonogramów badań geologicznych: G_0 – G_z ; projektowania: P_0 – P_z ; wykonywania robót inwestycyjnych: I_0 – I_z ; eksploatacji obiektów inwestycyjnych: E_0 – E_z ; rekultywacji terenu po zakończeniu eksploatacji: R_0 na tle procesów geologicznych naturalnych i inżyniersko-geologicznych: nowo rozwijających się — P_r ; kończących się — P_k . Procesy geologiczne stale działające — P_s

Fig. 1. Changes in the engineering geological environment (S) of a developed object caused by geological processes (natural and engineering geology related) during time T. Sequence of geological studies (G_0 – G_z); design stage (P_0 – P_z); construction works (I_0 – I_z); exploitation of the object (E_0 – E_z); post-exploitation recultivation of the site (R_0), against the background of natural and engineering geological processes: newly developing (P_r); terminating (P_k); constant acting geological processes — P_s

inżyniersko-geologicznych dla danego obiektu inwestycyjnego), oraz różne pojmowanie celu, kosztów i czasu trwania badań inżyniersko-geologicznych i geotechnicznych, zwłaszcza przez osoby niekiedy decydujące w kwestiach procesu inwestycyjnego (inwestorów, projektantów, realizatorów i eksploatatorów danego obiektu inwestycyjnego) a nieposiadające niezbędnej, choćby minimalnej wiedzy o istocie, celu i konieczności takich badań. Wiele sporów i nieporozumień co do istoty tych badań odbijało się ujemnie na wzajemnych stosunkach między geologami i inżynierami budownictwa i górnictwa — zwłaszcza zajmujących się badaniami geotechnicznymi i inżyniersko-geologicznymi.

Pomijając wynikające z nieprzebrzegania obowiązującego prawa i przepisów związkowych niedociągnięcia, uchybienia i usterki natury formalnej (a nawet mactwa), jako nie mające istotnego wpływu na merytoryczne treści analizowanych opracowań inżyniersko-geologicznych i geotechnicznych, wyróżniono 5 kategorii tych opracowań: **błędne** (tzn. obarczone błędem lub błędami wykluczającymi możliwość zgodności treści wniosków danego opracowania z rzeczywistością geologiczną); **odpowiednio określone opracowania częściowo błędne; częściowo poprawne** (gdy tylko część treści i wniosków danego opracowania jest lub może być zgodna z rzeczywistością); **opracowania poprawne** (gdy nie można wykluczyć możliwości zgodności nawet jednej części opracowania z rzeczywistością geologiczną, którą można prawidłowo modelować, wykorzystując wszystkie dane zawarte w ocenianym opracowaniu; **opracowania wzorcowe** (gdy można przypuszczać, że jego treści i wnioski odtwarzają obraz rzeczywistości geologicznej w zadanej skali z wymaganą w tej skali dokładnością i szczegółowością — Kowalski, 1999, 2002) — tab. 1. Dane tabeli 1 należy traktować, jako wskaźnikowe. Bowiern nigdy nie ma pewności, czy dokonana przez nawet najbardziej kompetentny i wiarogodny zespół specjalistów ocena danej dokumentacji odpowiada jej zgodności z rzeczywistością geologiczną.

Błąd w opracowaniach inżyniersko-geologicznych i geotechnicznych w najbardziej ogólnym sensie jest to niezgodność między obiektywnie istniejącą rzeczywistością geologiczną, a jej odbiciem w opracowaniu inżyniersko-geologicznym bądź geotechnicznym. Prawie we wszystkich ocenianych opracowaniach podawano wyniki badań bez przedyskutowania możliwości popełnienia takiego błędu, bądź co najwyżej w odniesieniu do tylko niektórych wyodrębnionych parametrów ilościowych. W wielu, zwłaszcza geotechnicznych opracowaniach, przeważała tendencja do matematycznego opisywania zjawisk geologicznych, szczególnie inżyniersko-geologicznych. Tendencję tę ujawniały nie zawsze uzasadnione, uogólniające uproszczenia, prowadzące do konstruowania maksymalnie prostych modeli teoretycznych, nie we wszystkich przypadkach zgadzających się z rzeczywistością. Błędy w ocenianych opracowaniach mogły być spowodowane różnymi przyczynami: błędnymi obserwacjami i pomiarami, błędnymi zapisami i zaokrągleniami, oraz niewłaściwym modelowaniem. Pamiętajając, że ostatecznym celem badań środowiska inżyniersko-geologicznego każdego obiektu inwestycyjnego jest odtworzenie obrazu rzeczywistości geologicznej, a nie jego modelu, oraz że przedstawienie tylko jednego z możliwych do skonstruowania na podstawie całego zbioru wszystkich zestawionych danych geologicznych — zwłaszcza inżyniersko-geologicznych (archiwalnych, publikowanych i własnych autora badań) powoduje, że model ten jest przyjmowany jako obraz rzeczywistości geologicznej, przedstawionej w danej skali ze związaną z tą skalą dokładnością i szczegółowością. Przyjmowanie modelu, jako obrazu rzeczywistości geologicznej,

potęguje u odbiorcy pomijanie określania umownego prawdopodobieństwa zgodności tego modelu z rzeczywistością (Kowalski, 1984, 1998; Siehl i in., 1992). Wykazana później niezgodność modelu, przyjętego już jako obraz rzeczywistości geologicznej, zawsze obciąża autora opracowania inżyniersko-geologicznego lub geotechnicznego i może ujemnie wpłynąć na przebieg procesu inwestycyjnego danego obiektu.

Zestawione w tabeli 1 opracowania inżyniersko-geologiczne i geotechniczne można podzielić inaczej na 2 grupy opisujące badane środowiska inżyniersko-geologiczne danych obiektów inwestycyjnych:

□ statycznie (tzn. tak, jakby były one niezmiennie w czasie, jakby nie zachodziły w nim żadne procesy geologiczne, które mogłyby wpłynąć na stateczność i trwałość tych obiektów od momentu zakończenia danej fazy badań do czasu zakończenia eksploatacji obiektu inwestycyjnego i rekultywacji jego terenu);

□ dynamicznie (tzn. z uwzględnieniem zmian środowiska i jego otoczenia w czasie upływającym od przeprowadzenia badań do co najmniej do zakończenia eksploatacji danego obiektu inwestycyjnego (ryc. 1).

Zmiany w środowisku inżyniersko-geologicznym obiektu inwestycyjnego zachodzą nie tylko w wyniku oddziaływania tego obiektu na jego środowisko (nb. stosunkowo łatwe do rozpoznania, opisanie i prognozowania ich skutków), lecz także działania w tym środowisku i w jego otoczeniu procesów geologicznych, których skutki mogą wpływać ujemnie (czasami nawet katastroficznie) na dany obiekt i jego środowisko inżyniersko-geologiczne wraz z jego dalszym otoczeniem. Wiele awarii i katastrof obiektów inwestycyjnych, było spowodowanych niedostrzeżeniem i nieuwzględnieniem, bądź nieprzewidzeniem umownego oddziaływania niektórych procesów geologicznych naturalnych, lub spowodowanych działalnością antropogeniczną: inżyniersko-geologicznych. Opisy takich awarii i katastrof przedstawili między innymi: Terzaghi, 1929; Sawareński, 1937; Keil, 1951; Dmitriew, 1956; Krynine i Judd, 1957; Legget, 1962; Szèchy 1976; Rossiński, 1978; Wiłun, 1982; Kowalski, 1988; Zaruba i Mencil, 1976.

Rozpoznanie i określenie natężenia działania procesów geologicznych: naturalnych i inżyniersko-geologicznych, wymaga odpowiedniej wiedzy o możliwościach zaistnienia takich procesów, odpowiednio długiego czasu badań i niejednokrotnie kosztownej aparatury i ekipy dobrych fachowców. Znacznie łatwiej i szybciej opisać można stan badanego środowiska inżyniersko-geologicznego danego

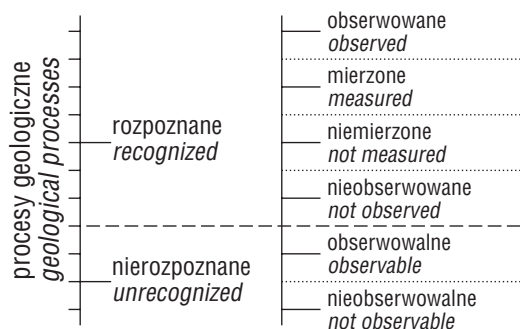
obiektu inwestycyjnego (środowiska zwanego przez niektórych geotechnicznym — być może z tej przyczyny), przyjmując błędne założenie o niezmienności tego środowiska w stosunkowo krótkim okresie: od przeprowadzenia badań do zakończenia eksploatacji tego obiektu i renowacji jego terenu (niezbędnej do jego ponownego racjonalnego zagospodarowania), niż rozpoznać, ocenić wpływ na dany obiekt inwestycyjny i jego środowisko inżyniersko-geologiczne procesów geologicznych: naturalnych i inżyniersko-geologicznych, a tym trudniej opracować i przedstawić wiarygodną prognozę rozwoju tych procesów, które powodują zmiany stanu badanego środowiska w przedziałach czasu interesujących inwestora, projektanta, realizatora i użytkownika obiektu inwestycyjnego a także odpowiednie urzędy.

Na każde środowisko inżyniersko-geologiczne każdego obiektu inwestycyjnego i na sam obiekt mogą oddziaływać procesy geologiczne: naturalne i inżyniersko-geologiczne w tym środowisku już **rozpoznane, obserwowane i mierzone** oraz procesy chwilowo lub stale **nieobserwowane i niemierzone**, a także procesy w danym środowisku w możliwych warunkach ich badania — **nie-rozpoznane: obserwowalne i nieobserwowalne** (ryc. 2).

O aktywności procesu geologicznego w przeszłości i w momencie badań świadczyć mogą zaobserwowane skutki jego działania. Jednak należy pamiętać, że różne procesy mogą wywoływać skutki podobne, a nawet takie same. Duża wiedza, wnikliwość i intuicja są niezbędne, aby związać obserwowany skutek z odpowiednim, powodującym ten skutek procesem. Jeszcze większa wiedza geologiczna, szerokość horyzontów i głębia przemyśleń niezbędne są w rozważaniach na temat możliwości istnienia i charakteru procesów w danym środowisku w danym momencie badań nierozpoznanych. Nie wszystkie bowiem w ogóle możliwe procesy geologiczne i inżyniersko-geologiczne oddziałują w danym środowisku w danym czasie. Stwierdzenie, które z tych procesów są obserwowalne, a które nieobserwowalne, decyduje o sensowności dalszych badań tych procesów. W każdym razie bez rozpoznania i przeanalizowania możliwości istnienia lub zaistnienia procesów geologicznych, które mogłyby ujemnie wpłynąć na obiekt inwestycyjny, jego środowisko inżyniersko-geologiczne i jego otoczenie, niemożliwe jest opracowanie wiarogodnej, udokumentowanej prognozy zmian tego środowiska w czasie tylko na podstawie nawet dobrego opisu statycznego stanu tego środowiska w okresie przeprowadzonych badań.

Badania środowiska inżyniersko-geologicznego obiektu inwestycyjnego są prowadzone w postępowaniu inwestycyjnym zawsze w celu zebrania danych geologicznych, niezbędnych do racjonalnego projektowania, realizacji, eksploatacji tego obiektu (przede wszystkim zapewnienia jego stateczności i stabilności) oraz poeksploatacyjnej rekultywacji jego terenu. W istocie w procesie inwestycyjnym celem tych badań jest możliwie maksymalne zmniejszenie ryzyka awarii i katastrof obiektu inwestycyjnego i, coraz silniej wymagane, niedopuszczenie do zanieczyszczenia i ekologicznego zniszczenia środowiska inżyniersko-ekologicznego danego obiektu inwestycyjnego w różnych stadiach projektowania, realizowania i eksploataowania tego obiektu i w różnych fazach badań inżyniersko-geologicznych, związanych ściśle z tymi stadiami.

Minimalizacja ryzyka inwestycyjnego wymaga przede wszystkim udokumentowanej wyższymi studiami geologicznymi wiedzy geologicznej i praktyki zawodowej oraz ścisłej współpracy w pełni merytorycznie kompetentnych geologów inżynierskich (Edwards, 1971; Rawlings, 1971; Taylor, 1971) z równie kompetentnymi inżynierami budownictwa i górnictwa, projektującymi, realizującymi i eksplo-



Ryc. 2. Schematyczna klasyfikacja rozpoznawalności procesów geologicznych: naturalnych i inżyniersko-geologicznych, które mogą oddziaływać w środowisku inżyniersko-geologicznym obiektu inwestycyjnego na to środowisko i ten obiekt

Fig. 2. A classification scheme of recognizability of geological processes (natural or engineering geological related) that may act within the engineering geology environment of a developed object, in fluencing the environment or the object

atującymi zwłaszcza duże obiekty inwestycyjne. Natomiast w przypadkach projektowania, realizacji i ewentualnie eksploatacji małych obiektów inwestycyjnych zamiast przeprowadzania rutynowych badań inżyniersko-geologicznych na terenach o prostej budowie i warunkach geologicznych powinna wystarczyć ekspertyza kompetentnego, doświadczonego geologa, opracowana na podstawie wiarygodnych danych geologicznych: archiwalnych, kartograficznych i literaturowych oraz własnych badań i doświadczeń eksperta.

Przedstawione problemy zmian środowisk inżyniersko-geologicznych różnorodnych obiektów inwestycyjnych pod wpływem działających w tych środowiskach i oddziaływujących na nie procesów geologicznych docierają, chociaż niestety powoli, do świadomości wszystkich uczestników procesów inwestycyjnych, wraz ze zrozumieniem, że dobro racjonalnego rozpoznania tych procesów wymaga rzetelnego współdziałania inwestorów, planistów, projektantów, realizatorów i eksploataatorów obiektów inwestycyjnych z kompetentnymi geologami, a wszystkie niepotrzebnie antagonizmy między uczestnikami procesu inwestycyjnego są po prostu społecznie szkodliwe.

W zakończeniu należy zauważyć, że problemy rozpoznawania i badania procesów geologicznych: naturalnych i inżyniersko-geologicznych nurtują w podobny sposób społeczności krajów zarówno urbanizujących się i uprzemysławianych, jak już zurbanizowanych i wysoce uprzemysłowionych (Ries & Watson, 1914–1948; Redlich & Kampe, 1929; Paiges, 1950; Kiersch, 1963; Terzaghi, 1960; Calambert, 1974; Zaruba & Mencil, 1976; McLean & Gribble, 1979).

Wnioski

Z przedstawionych rozważań nad zmiennością w czasie środowisk inżyniersko-geologicznych różnych obiektów inwestycyjnych wysnuć można następujące wnioski:

1. Merytoryczna przydatność opracowań inżyniersko-geologicznych (zwanych czasami geotechnicznymi) dla potrzeb projektowania, realizowania, eksploatacji obiektów inwestycyjnych oraz rekultywacji terenu po zakończeniu eksploatacji tych obiektów jest bardzo różna i uwarunkowana przede wszystkim kompetencją i doświadczeniem autorów tych opracowań.

2. Opracowania obciążone niedoróbkami i błędami, niepełne, nazywane inżyniersko-geologicznymi i geotechnicznymi utrudniają, a niekiedy nawet uniemożliwiają terminowe i racjonalne projektowanie, realizację i eksploatację obiektów inwestycyjnych i rekultywację terenów po ich eksploatacji.

3. Opracowania inżyniersko-geologiczne i geotechniczne są ograniczane najczęściej do opisów stanu środowisk inżyniersko-geologicznych obiektów inwestycyjnych tylko w okresie ich badania; przedstawiają zatem te środowiska jako układy statyczne, podczas gdy są one układami dynamicznymi, zmieniającymi się w czasie pod wpływem działania w nich i oddziaływania na nie procesów geologicznych: naturalnych i inżyniersko-geologicznych.

4. Spełniające potrzeby procesu inwestycyjnego opracowania inżyniersko-geologiczne powinny zawierać: analizę procesów geologicznych: naturalnych i inżyniersko-geologicznych, działających w środowisku inżyniersko-geologicznym i oddziaływujących na nie i na obiekty inwestycyjne, oraz prognozę zmian stanu tego środowiska w czasie: od

przeprowadzenia badań do zakończenia eksploatacji tego obiektu i poeksploatacyjnej rekultywacji terenu.

5. Nawiązując do przyjmowanego w krajach Unii Europejskiej Eurokodu, powinno się przyjąć zasadę, że w przypadku niewielkich obiektów inwestycyjnych, lokalizowanych na terenach o prostej budowie i nieskomplikowanych warunkach geologicznych — niezbędnym i wystarczającym dokumentem, uprawniającym do przeprowadzania badań tylko geotechnicznych jest wynikająca z danych archiwalnych, kartograficznych, literaturowych i własnej wiedzy opinia kompetentnego geologa, legitymująca się ukończonymi wyższymi studiami geologicznymi i odpowiednią praktyką.

6. W interesie społecznym w Polsce, jak i w innych krajach, zmierzających i już tworzących Unię Europejską, niezbędne jest poprawianie i przyspieszanie procesów inwestycyjnych, co w przypadku każdego obiektu inwestycyjnego wymaga rzetelnej współpracy odpowiednio wykształconych kompetentnych geologów i kompetentnych inżynierów budownictwa i górnictwa, pozbawionych partykularnych i osobistych animozji i wzajemnej niechęci.

Literatura

- CALAMBERT L. 1974 — La géologie de l'ingénieur. Ed. Societé géologique de Belgique. Liège.
- DMITRIEW F.D. 1956 — Katastrofy budowli. Bud. Arch. Warszawa.
- EDWARDS R. J. G. 1971 — The engineering geologist. Quart. Jour. Eng. Geol., 4: 283–316.
- KEIL K. 1951 — Ingenieurgeologie und Geotechnik. Ver. Wilhelm Knapp., (Saale).
- KIERSCH G. A. 1963 — Trends in engineering geology in the United States. 14-th. Con. Int. Soc. Rock Mechannics. Salzburg.
- KOWALSKI W. C. 1984 — Probability of Geological Models. Int. Geol. Congr. Moskwa, Abs., 8: 69–70.
- KOWALSKI W. C. 1988 — Geologia inżynierska. Wyd. Geol.
- KOWALSKI W. C. 1998 — Umowne prawdopodobieństwo zgodności modeli geologicznych z rzeczywistością. Prz. Geol., 46: 95–98.
- KOWALSKI W. C. 1999 — Nieoznaczalność, niejednorodność, anizotropia i niestabilność materii skalnej ciał geologicznych. Prz. Geol., 47: 56–60.
- KOWALSKI W. C. 2002 — Wpływ skali opracowań geologicznych na ich oceny. Prz. Geol., 50: 121–123.
- KRYNINE D. P. & JUDD W. R. 1957 — Principles of Engineering Geology and Geotechnics. McGraw-Hill Book Comp. New York, Toronto, London.
- LEGGET R. F. 1962 — Geology and Engineering. McGraw-Hill Book Comp. New York, San Francisco, Toronto, London.
- MCLEAN A. C. & GRIBBLE C. D. 1979 — Geology for Civil Engineers. George Allen & Unwin. Boston, Sydney.
- PAIGE S. (ed.) 1950 — Application of Geology to Engineering Practice. Berk. Vol. Geol. Am. New York.
- RAWLINGS G. E. 1971 — The role of the engineering geologist during construction. Quart. Jour. Eng. Geol., 4: 209–220.
- REDLICH K. A., TERZAGHI K. & KAMPE R. 1929 — Ingenieur geologie. Ver. J. Springer, Wien, Berlin.
- RIES H. & WATTSON W. L. 1914–1948 — Engineering Geology.
- ROSSIŃSKI B. 1978 — Błędy w rozwiązaniach geotechnicznych. Wyd. Geol.
- SAWAREŃSKI F. P. 1937 — Inżynierska geologia. GONTI. Moskwa.
- SIEHL A., RUBE O., VALDIVIA-MACHEGO M. & KLAFF J. 1999 — Geological maps derived from interactive spatial modeling. Geol. Jb., 17122: 273–289.
- SZOCHY K. 1976 — Błędy posadowienia. Arkady. Warszawa.
- TAYLOR R. K. 1971 — The functions of the engineering geologist in urban development. Quart. Jour. Eng. Geol., 4: 221–240.
- TERZAGHI K. 1960 — From Theory to Practice in Soil Mechanics. J. Wiley & Sons. New York.
- WIŁUN Z. 1982 — Zarys geotechniki. Wyd. Komunik. i Łączn., Warszawa.
- ZARUBA Q. & MENCIL V. 1976 — Engineering geology. Elsevier, Amsterdam.