

Ireneusz Gawriuczenkow

Skład mineralny gruntów spoistych a ich właściwości deformacyjne

Mineral composition of clay soils and their deformation properties

Streszczenie: W artykule przedstawiono wpływ zawartości minerałów ilastych na niektóre właściwości deformacyjne gruntów spoistych, takie jak pęcznienie, ciśnienie pęcznienia, odkształcenie. Badania przeprowadzono na próbkach o strukturze naruszonej i modelowanym składzie mineralnym. Zbadano wpływ najczęściej występujących minerałów ilastych w gruntach spoistych (beidellitu i kaolinitu) na właściwości deformacyjne.

Słowa kluczowe: minerały ilaste, beidellit, kaolinit, właściwości deformacyjne, ciśnienie pęcznienia, pęcznienie, odkształcenie

Abstract: The paper presents influence of clay mineral composition on selected clay soils deformation properties, namely: free swell, swelling pressure, strain. The examined samples had disturbed structure and modeled mineral composition. The influence of the most occurring clay minerals (beidellite and kaolinite) on the deformation properties of soils were tested.

Key words: clay minerals, beidellite, kaolinite deformation properties, swell pressure, swelling, strain

Wstęp

Właściwości deformacyjne gruntów, takie jak: skurcz, pęcznienie, odkształcenie, są przyczyną wielu awarii budowlanych, zwłaszcza jeśli nie są dobrze rozpoznane. Zjawiska te są szczególnie intensywne w gruntach spoistych. Oprócz takich cech gruntów, jak skład granulometryczny, charakter przestrzeni porowej itd., właściwości deformacyjne są determinowane w głównej mierze przez ich skład mineralny. Skład mineralny iłów ma ogromny wpływ na wiele właściwości geologiczno-inżynierskich, takich jak pęcznienie, skurcz, osiadanie (Grabowska-Olszewska, 2005).

Badania przedstawione w tym artykule miały na celu określenie wpływu składu mineralnego ilów na właściwości deformacyjne w sposób zapewniający eliminację innych czynników mogących wpływać na uzyskane wyniki.

Metodyka badań

Do badań wytypowano ily, które charakteryzowały się monomineralnym składem, tj. kaolinitowym i beidellitowym. Próbkę kaolinitu pobrano z odkrywki w Jegłowej, natomiast próbki beidellitu z nadkładu węgla brunatnego w Bełchatowie. Skład mineralny pobranych próbek został określony za pomocą analizy termicznej (Wyrwicki, 1988; Kościółko, Wyrwicki, 1996), z zastosowaniem derywatografu Lab-Sys TG-DTA/DSC firmy Setaram.

Do dalszych badań metodą sedymentacyjną przygotowano odpowiednie ilości frakcji ilowej (poniżej $2 \mu\text{m}$) w celu wykonania mieszanin (11 próbek) o znanym składzie mineralnym (tab. 1). Dodatkowo dla porównania pobrano próbkę iltu poznańskiego ze stacji metra Marymont, która charakteryzowała się znaczną zawartością frakcji ilowej powyżej 95%. Frakcja ilowa uzyskana w wyniku sedymentacji posłużyła do wykonania mieszanin w proporcjach wagowych przedstawionych w tabeli 1. Po przygotowaniu odpowiednich proporcji wszystkie próbki zostały wysuszone w temperaturze 105°C , a więc ich wilgotność początkowa była równa 0, następnie próbki były zagęszczane do takich samych wartości gęstości objętościowych szkieletu gruntowego, co miało zagwarantować takie same warunki początkowe badania.

Tabela 1. Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego, pęcznienie swobodne, ciśnienie pęcznienia oraz odkształcenia modelowanych próbek ilów

Table 1. Dry density (ρ_d), free swell (FS), swelling pressure (s), strain (H) of model clay sample

Numer próbki	Skład mineralny [%]			ρ_d [Mg/m^3]	FS [%]	σ [kPa]	H [mm]
	kaolinit	beidellit	kwarc				
K0	100	0	0	1,53	12,4	75	0,042
K1	90	10	0	1,54	15,6	93	0,043
K2	80	20	0	1,53	20,4	105	0,045
K3	70	30	0	1,53	24,4	132	0,048
K4	60	40	0	1,54	28,9	160	0,052
K5	50	50	0	1,54	31,5	191	0,058
K6	40	60	0	1,56	35,6	251	0,065
K7	30	70	0	1,55	40,9	294	0,073
K8	20	80	0	1,56	46,3	366	0,082
K9	10	90	0	1,55	50,4	475	0,091
K10	0	100	0	1,56	54,2	592	0,098
P1	8,9	86,1	1,4	1,54	38,3	357	0,081

Dla tak przygotowanych próbek przeprowadzono badania pęcznienia swobodnego, ciśnienia pęcznienia, odkształcenia.

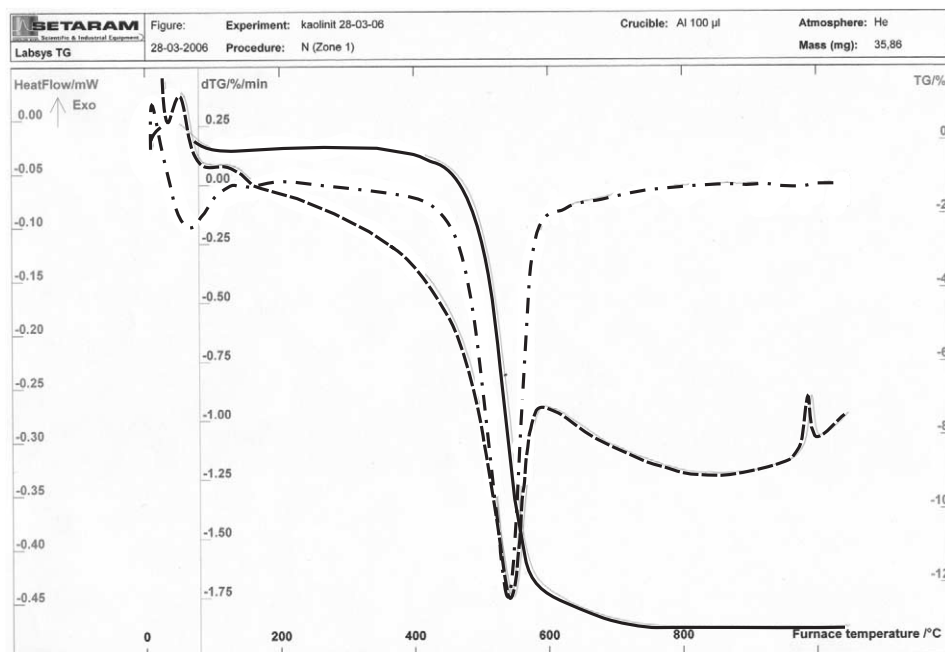
Pęcznienie swobodne FS oznaczono zgodnie z normą ASTM D 4546-90 pod wstępnym ciśnieniem σ_{se} równym 1 kPa.

Badania ciśnienia pęcznienia przeprowadzono w aparacie h-200A firmy Geonor według metody C (ASTM D 4546-90).

Odkształcenie wyrażone przez wielkość osiadań gruntu H pod obciążeniem całkowitym 400 kPa zbadano w edometrach, stosując typową ścieżkę obciążeń proponowaną w PN-88/B-04481.

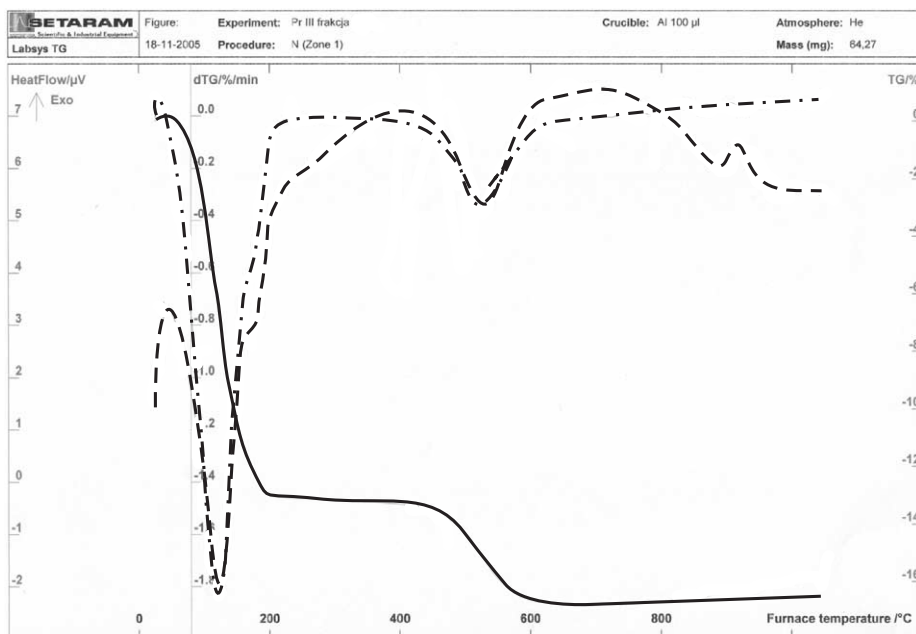
Wyniki badań

Jak wcześniej wspomniano, badania składu mineralnego miały na celu wytypowanie próbek iłów o monomineralnym składzie oraz iłu, który charakteryzuje się znaczną zawartością frakcji ilowej i w którego składzie mineralnym występują oba minerały ilaste, tj. kaolinit i beidellit. Derywatogramy frakcji ilowej obu iłów pozwoliły określić monomineralny charakter tej frakcji na podstawie wartości dehydratacji (dh) i dehydroksylacji (dhm) (ryc. 1). Na kaolinitowy charakter iłu z Jęglowy wskazują: bardzo mała wartość dehydratacji 1–2% oraz duża wartość dehydroksylacji w zakresie temperatur 400–800°C, jak również charakterystyczna



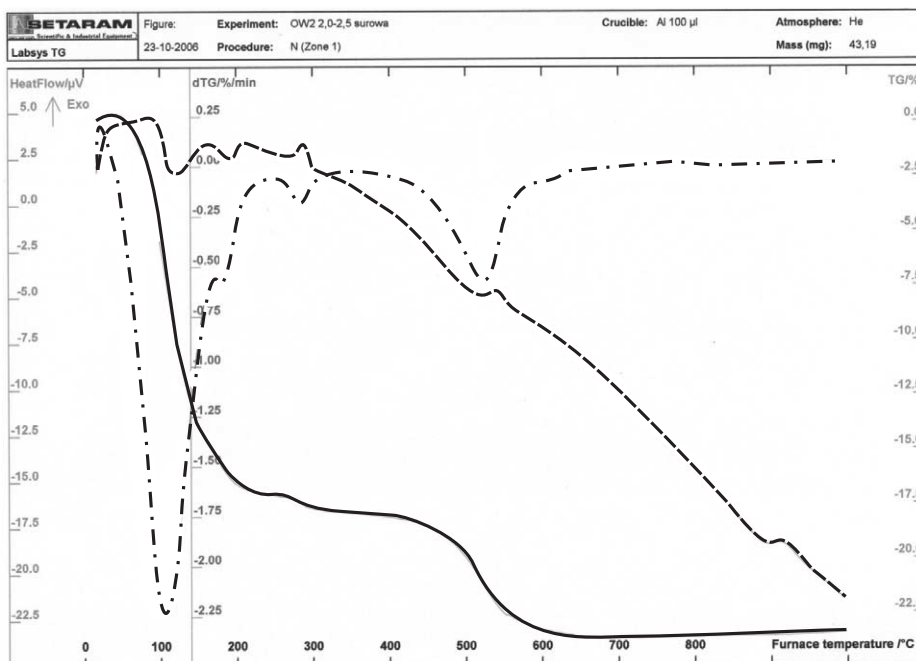
Ryc. 1a. Derywatogramy badanych utworów ilastych kaolinitu

Fig. 1a. Thermograms of the tested clays kaolinite



Ryc. 1b. Derywatogramy badanych utworów ilastych beidellitu

Fig. 1b. Thermograms of the tested clays beidellite



Ryc. 1c. Derywatogramy badanych utworów ilastych iłu poznańskiego

Fig. 1c. Thermograms of the tested clays "poznań" clay

ostra egzoterma rejestrowana w okolicach 1000°C zwana pikiem kaolinitowym (ryc. 1a) (Mitchell, 1976).

Beidellitowy charakter łu z nadkładu węgla brunatnego w Bełchatowie potwierdzają wartości dehydratacji rzędu $dh=10\%$ i dehydroksylacji $dho=4\%$ (z maksimum pomiędzy 500–600°C) charakterystyczne dla tego minerału (ryc. 1b).

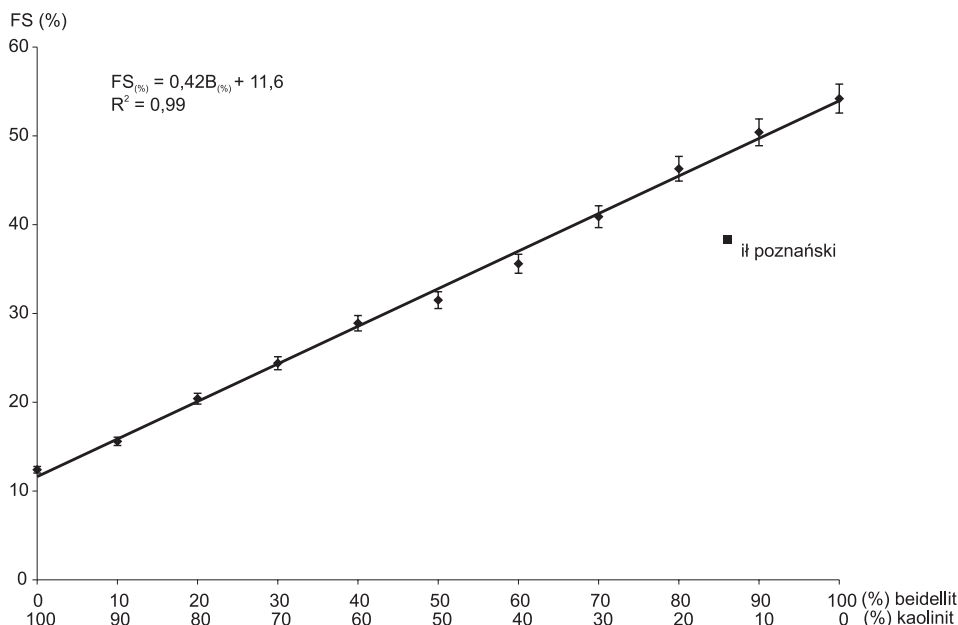
Badania składu mineralnego pozwoliły wykorzystać frakcję iłową do spreparowania próbek o znanym składzie mineralnym. Badania łu poznańskiego wykazały, iż ıl ten charakteryzuje się znaczną zawartością beidellitu – 86,1%, a drugim co do ilości występowania minerałem jest kaolinit – 8,9%. Dodatkowo w próbce występuje niewielka ilość minerałów nieaktywnych termicznie – 1,4% (ryc. 1c) oraz związki żelaza 3,6%.

Wyniki badań pęcznienia swobodnego przedstawione w tabeli 1 i na rycinie 2 pokazują, iż wraz ze zwiększeniem ilości beidellitu w próbce zwiększa się też wartość pęcznienia swobodnego FS. Zależność ta jest zależnością liniową o równaniu:

$$FS_{(\%)} = 0,42B_{(\%)} + 11,6.$$

Przy stopniu korelacji $R^2=0,99$. Podobne wyniki uzyskała w swojej pracy Grabowska-Olszewska (2003).

Próbka łu z metra charakteryzuje się niższymi wartościami pęcznienia swobodnego, co najprawdopodobniej związane jest z tym, iż we frakcji iłowej oprócz minerałów ilastych występują domieszki związków żelaza 3,6% oraz kwarcu 1,4%.



Ryc. 2. Zależność między pęcznieniem swobodnym FS a procentową zawartością mieszaniny beidellit-kaolinit

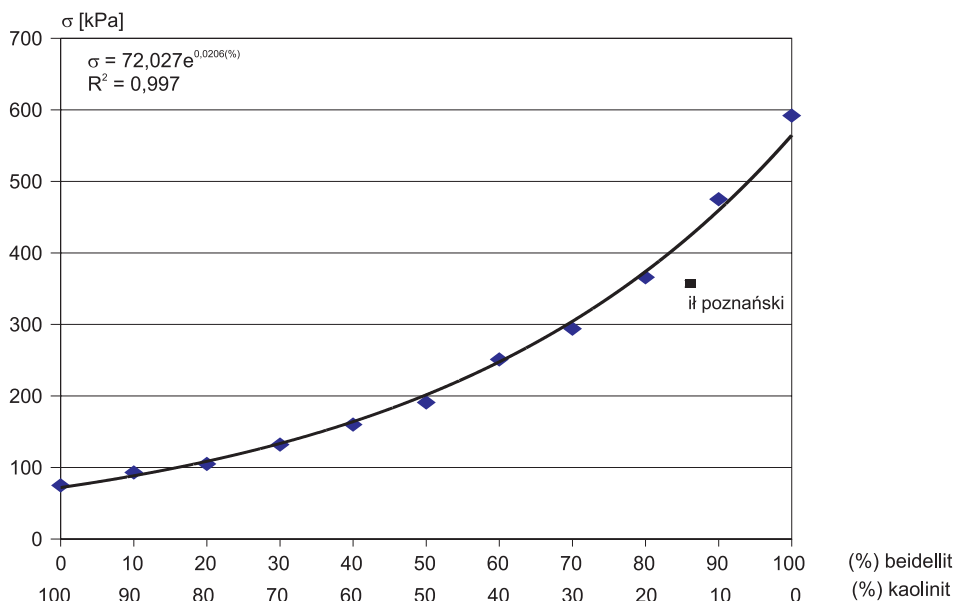
Fig. 2. Relationship between free swell (FS) and percentage of mixture beidellite-kaolinite

Ciśnienie pęcznienia gruntów w dobry sposób odzwierciedla właściwości ekspansywne gruntów (Pusch, 2006), a co za tym idzie właściwości deformacyjne. Zależność ciśnienia pęcznienia od składu mineralnego przedstawiono w tabeli 1 oraz na rycinie 3.

Wraz ze wzrostem beidellitu w mieszaninie minerałów beidellit-kaolinit wzrastają wartości ciśnienia pęcznienia. Wzrost wartości ciśnienia pęcznienia jest wyższy niż wzrost procentowej zawartości beidellitu, co wskazuje na wykładniczy charakter zależności. Najniższe wartości ciśnienia pęcznienia uzyskują grunty, w których składzie przeważają minerały z grupy kaolinitu (ryc. 3), a najwyższe – grunty z przewagą minerałów z grupy smektytu (Pusch, 1994; Gawriuczenkow, Krzynówek, 1998).

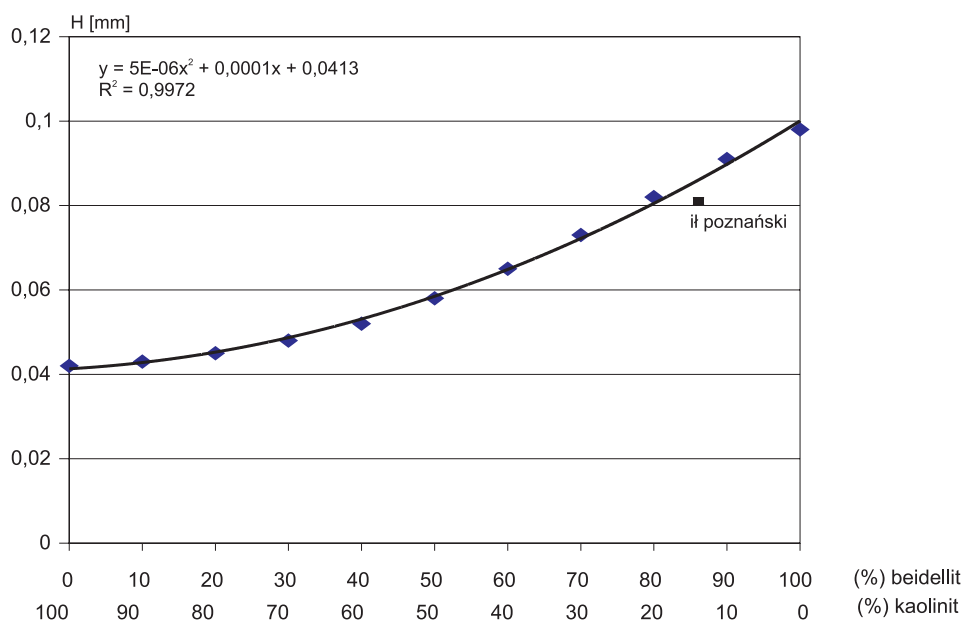
Do właściwości deformacyjnych gruntów przebadanych przez autora, a zachodzących pod wpływem obciążenia przekazywanego przez obiekty budowlane należy osiadanie gruntu. Podobnie jak w przypadku innych właściwości tu również pewne zależności wynikają ze składu mineralnego, jakim charakteryzuje się dany grunt (ryc. 4).

Wraz ze wzrostem zawartości beidellitu, minerału z grupy smektytu, zwiększa się wielkość odkształceń badanej próbki i odwrotnie – im więcej jest w takiej próbce kaolinitu, tym osiadania takiego gruntu są mniejsze. Wielkość odkształceń badanych próbek jest niewielka i nie przekracza 0,5% jej pierwotnej wysokości.



Ryc. 3. Zależność między ciśnieniem pęcznienia σ a procentową zawartością mieszaniny beidellit-kaolinit

Fig. 3. Relationship between swelling pressure σ and percentage of mixture beidellite-kaolinite



Ryc. 4. Zależność między odkształceniem H a procentową zawartością mieszaniny beidellit-kaolinit

Fig. 4. Relationship between strain H and percentage of mixture beidellite-kaolinite

Należy jednak pamiętać, że badania prowadzone były na próbkach o wilgotności równej 0%, co w dużym stopniu zmniejsza odkształcenia gruntów spoistych, szczególnie tych, które zawierają duże ilości minerałów pęczniących.

Głównymi przyczynami osiadania próbek wysuszonych są: z jednej strony zmniejszanie porów, z drugiej strony niszczenie struktury próbki, natomiast w mniejszym stopniu zmniejszanie przestrzeni międzypakietowej.

Badana próbka łu poznańskiego charakteryzowała się mniejszym osiadaaniem niż wynikałoby to z zawartości mieszaniny minerałów ilastych kaolinit-beidellit, co może być również związane z występowaniem w tej próbce domieszek kwarcu i związków żelaza.

Podsumowanie

Badania wykazały istnienie silnych zależności pomiędzy właściwościami deformacyjnymi a składem mineralnym gruntów. Wartości takich parametrów, jak pęcznienie swobodne, ciśnienie pęcznienia, odkształcenie rosną wraz z procentowym wzrostem minerałów z grupy smektytu (beidellitu). Zależności te w przypadku pęcznienia swobodnego przyjmują charakter liniowy, w przypadku ciśnienia pęcznienia – wykładniczy, natomiast w przypadku odkształceń – równania kwadratowego. Niewielkie domieszki minerałów nie pęczniących, związków żelaza znacznie obniżają wartości badanych parametrów.

Badania gruntów o wilgotności równej 0% z jednej strony będą potęgowały efekty takich zjawisk, jak pęcznienie, a z drugiej strony obniżały efekty np. odkształcenia gruntu. Próbkę w stanie powietrzno-suchym, jak wykazały badania prowadzone między innymi przez Grabowską-Olszewską (2003), w zależności od składu mineralnego charakteryzują się różną wilgotnością (wyższą dla iltu, w którego składzie mineralnym przeważa montmorillonit, a niższą, w którym dominuje kaolinit). Powoduje to, iż wpływ minerałów ilastych na właściwości np. ekspansyjne w próbkach powietrzno-suchych jest mniejszy niż w próbkach o takiej samej wilgotności początkowej.

Opisane właściwości deformacyjne sprzyjają różnego rodzaju awariom obiektów inżynierskich. Tylko po dokładnym rozpoznaniu podłoża można zapobiegać i ewentualnie przeciwdziałać tego typu zagrożeniom.

Literatura

- ASTM D 4546-90. Standard test methods for one-dimensional swell or settlement potential of cohesive soils.
- Gawriuczenkow I., Krzynówek M., 1998. Ciśnienie pęcznienia badane w aparacie firmy Geonor, wybrane czynniki wpływające na uzyskane wartości. W: Liszkowski J. (red.), Współczesne problemy geologii inżynierskiej w Polsce. Wind, Wrocław, s. 133–137.
- Grabowska-Olszewska B., 2003. Modelling physical properties of mixtures of clays: example of two-component mixture of kaolinite and montmorillonite. *Applied Clay Science* 22: 251–259.
- Kościówko H., Wyrwicki R., 1996. Metody badań kopaliny ilastych. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa–Wrocław, s. 76–95.
- Mitchell J.K., 1976. Fundamentals of soil behavior. John Wiley & Sons, New York.
- Polska Norma Budowlana (PN-88/B-04481). Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- Pusch R., 1994. Waste disposal in rock. *Developments Engineering in Geotechnical* 76. Elsevier, Amsterdam.
- Pusch R., 2006. Mechanical properties of clays and clay minerals. W: Bergaya F. (red.), *Handbook of clay science*. Elsevier, Amsterdam, s. 247–260.
- Wyrwicki R., 1988. Analiza derywatograficzna skał ilastych. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.