

## GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE CHARAKTERYSTYKI TYPOWYCH GRUNTÓW WYSTĘPUJĄCYCH W POLSCE

### ENGINEERING-GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TYPICAL SOILS IN POLAND

RYSZARD R. KACZYŃSKI<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Zaprezentowano charakterystyki – wyniki badań, głównie laboratoryjnych, przeprowadzonych dla podstawowych typów genetycznych gruntów występujących w Polsce, uzyskanych w jednym laboratorium Wydziału Geologii UW. Rozpatrywano je w podziale na grunty paleogeńsko-neogeńskie (iły oligoceńskie, mioceńskie, plioceńskie) i czwartorzędowe (grunty lodowcowe, zastoiskowe, rzeczne, morskie, eoliczne i organiczne). Przedstawiono najczęściej spotykane właściwości gruntów, niezbędne do oceny gruntów jako podłoża budowlanego. Wyraźnie zaznaczono, że na dzień dzisiejszy zbiór danych jest niewystarczający, aby w wyróżnionych grupach gruntów podać np. wartości średnie czy wyprowadzone wraz z ich zmiennościami. Celem pracy jest również apel do innych laboratoriów w sprawie powiększenia i uzupełnienia danych. Być może będzie istniała potrzeba ustalenia charakterystycznych parametrów w układzie regionalnym.

**Słowa kluczowe:** geologiczno-inżynierskie charakterystyki, grunty paleogeńsko-neogeńskie i czwartorzędowe.

**Abstract.** In this paper the results (characteristics) of tests carried out mainly in the laboratory of the Geological Faculty (Warsaw University) on the basic genetic types of soils known from the territory of Poland were reviewed. They have been divided into Paleogene-Neogene (Oligocene, Miocene and Pliocene clays) and Quaternary (glacial, fluvial, glaciolacustrine, eolian, marine and organic soils). The characteristics reflect the most common features of soils crucial for assessing their suitability as a foundation subsoil. It has been emphasized that, for today, the data base is insufficient for providing, for example, the average or derived values together with their variability for the distinguished soil groups. This paper is also an appeal to other laboratories for expanding and supplement their own data bases. Most likely a regional approach will be necessary for establishing characteristic parameters for the individual soil groups.

**Key words:** engineering-geological characteristics, Paleogene-Neogene soils, Quaternary soils.

### WSTĘP

Mapy warunków geologiczno-inżynierskich/geotechnicznych stanowią główny element większości opracowań (dokumentacji) geologiczno-inżynierskich. Moduł geologiczno-inżynierski (mapa warunków) składa się z zespołów warstw (np. map analityczno-tematycznych). Jednym z istotnych zespołów warstw jest zespół warstw informatycznych o podłożu budowlanym. Warstwa informatyczna dotycząca przydatności budowlanej podłoża wynika z analizy geologii, mor-

fologii, litologii, stanu, właściwości gruntów oraz warunków hydrogeologicznych i zagrożeń geologicznych. Właściwości gruntów (charakterystyki) są wykorzystywane do ustalenia wskaźników nośności i odkształcalności podłoża, a także do oceny gruntów przy rejonizacji geologiczno-inżynierskiej, która powinna zawierać wskazówki dla zagospodarowania (kierunków ekspansji różnych rodzajów budownictwa). Ustalenie charakterystyk gruntów jest ważną procedurą, która

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; r.r.kaczynski@uw.edu.pl

powinna być uwzględniona w opracowaniach na potrzeby planowania, dokumentowania i projektowania.

Obecnie w praktyce charakterystyki (właściwości, parametry) gruntów wyznacza się trzema sposobami:

– na zasadzie ekstrapolacji, analogii z doświadczeń i danych archiwalnych,

– z nomogramów (zamieszczonych w instrukcjach lub normach), przy znajomości rodzaju gruntu oraz stanu (konsystencji i zagęszczenia) metodą pośrednią,

– na drodze bezpośredniego badania (laboratoryjnego lub polowego).

W pracy przedstawiono wyniki badań (głównie laboratoryjnych) otrzymanych w pracowniach dawnej Katedry Geologii Inżynierskiej oraz Instytutu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej (Zakładu Geologii Inżynierskiej i dawnego Zakładu Fundamentowania i Mechaniki Gruntów) w okresie ponad 50-letniej ich działalności (Prace magisterskie, doktorskie i prace naukowo-badawcze, 1960–2010; Materiały, 2008). Zaprezentowane dane nie pretendują do tzw. paramet-

trów charakterystycznych, średnich, obliczeniowych czy wyznaczonych. Dlatego zastosowano termin „charakterystyki” – właściwości (parametry) najczęściej spotykane. W tabelach podano zakresy wartości obejmujące 80% przedziału otrzymanych wyników, czyli  $0,8 (R_{\min} - R_{\max})$ , tzn. z każdej strony odjęto po 10% najniższych i najwyższych wartości. Uznano, że przy braku w literaturze takich danych, podzielenie się znacznym zasobem wyników badań wykonanych w jednym laboratorium dla różnych genetycznie gruntów występujących w Polsce będzie przydatnym kompendium danych, umożliwiającym zorientowanie się o granicach spotykanych wartości (charakterystyk) oraz wykorzystanie ich do sporządzania prognoz związanych z zagospodarowaniem przestrzennym terenu.

Przedstawiono wyniki dotyczące gruntów paleogeńsko-neogeńskich (iłó oligoceńskich, mioceńskich, plioceńskich/mioplioceńskich) oraz czwartorzędowych (lodowcowe, zastoiskowe, rzeczne, morskie, eoliczne, organiczne) występujących na obszarze Polski w przekroju północ–południe.

## CHARAKTERYSTYKI TYPOWYCH GRUNTÓW

W Polsce podłoże budowlane jest bezpośrednio związane z gruntami czwartorzędowymi, występującymi na ponad 80% powierzchni kraju. Tylko niecałe 20% powierzchni obejmują grunty starsze od czwartorzędu, w tym skały różnego wieku. Grunty paleogeńsko-neogeńskie rzadko występują na powierzchni, ale w wielu przypadkach stanowią strefę aktywnego podłoża budowlanego.

### IŁY PALEOGEŃSKO-NEOGEŃSKIE

Na terenie Polski szczególnym zainteresowaniem dla potrzeb aplikacyjnych, z uwagi na specyficzne charakterystyki (właściwości), cieszą się iły oligoceńskie, mioceńskie i plioceńskie (zwane niekiedy mioplioceńskie) tzw. serii poznańskiej. Ze względu na znaczne obszary występowania istotne znaczenie mają iły mioceńskie i plioceńskie. Iły powstały w różnych warunkach sedymentacyjnych. Iły oligoceńskie i mioceńskie są zaliczane do iłów morskich, a iły plioceńskie tworzyły się w warunkach limnicznych, w śródlądowym wysychającym zbiorniku. Należą one w większości przypadków do gruntów przekonsolidowanych. Dla typowych obiektów, dla obciążenia pionowego stanowią nośne podłoże o stosunkowo dobrych parametrach. Iły te podczas obciążania i odciążania do momentu przekroczenia zapamiętanego obciążenia prekonsolidacyjnego mają prawo „ssać wodę”. Są bardzo wrażliwe na oddziaływanie czynników egzogenicznych, powodujących dezintegrację gruntów, a tym samym obniżenie właściwości wytrzymałościowo-odkształceniowych. Główną rolę odgrywają tu procesy pęcznienia i skurczu, w mniejszym odmarzania-zamarzania – powstają wykształcone profile wietrzeniowe. W profilu wie-

trzeniowym można wyróżnić cztery strefy: I – iły niezwiertzałe (o NNS), II – iły lekko zwiertzałe (zmiany do 30%), III – iły umiarkowanie zwiertzałe (zmiany 30–70%), IV – iły mocno zwiertzałe (zmiany powyżej 70%).

Geologiczno-inżynierskie charakterystyki iłów paleogeńsko-neogeńskich zestawiono w tabeli 1.

**Iły oligoceńskie** generalnie występują na dużych głębokościach i z punktu widzenia podłoża budowlanego znacznie mają jedynie iły znane jako iły septariowe „szczecińskie”, występujące w północno-zachodniej Polsce w rejonie Szczecina. Miąższość ich dochodzi do 60 m, przykryte są osadami czwartorzędowymi (do 10 m), są silnie zaburzone glacitektonicznie w postaci spękań, uskoków i fałdów. W ich składzie mineralnym znajdujemy illit i montmorylonit oraz kwarc, jako główne minerały; ponadto są obecne: kalcyt, substancja organiczna, piryty i tlenki żelaza. Stan tych iłów w zakresie głębokości 1–15 m określa się jako twardoplastyczny.

**Iły mioceńskie** występują w zapadlisku przedkarpackim o długości ok. 340 km i o zmiennej szerokości. Największa miąższość miocenu (w osi zapadliska) dochodzi nawet do 3–4 km. Ku północy miąższość iłów maleje, w rejonie obrzeżenia Gór Świętokrzyskich osiąga kilkadziesiąt do kilku metrów, a niekiedy iły występują na powierzchni. Nazwa iły mioceńskie obejmuje głównie iły krakowieckie, grabowieckie (pektenowe) i chodenickie. W strefie przypowierzchniowej iły mioceńskie są zaburzone mikrotektonicznie w postaci deformacji ciągłych i nieciągłych (typu spękań ciosowych i złustowań). Generalnie są one wykształcone w postaci laminowanych (warstwowych), marglistych iłów, na większych głębokościach jako iłowce, iłolupki i mułowce. W tabeli 1 scharakteryzowano iły niezwiertzałe (krakowieckie),

iły zwietrzałe oraz bentonity i iły bentonitowe. Te ostatnie występują głównie jako przewarstwienia i wkładki o miąższości od kilku milimetrów do 2 m. W składzie mineralnym iłów dominują minerały ilaste, węglanowe i kwarc. Wśród minerałów ilastych – minerały z grupy smektytu, illit, podrzędnie chloryt i kaolinit. Bentonity wykazują prawie monomineralny skład – główny minerał to montmorylonit wapniowy.

**Iły plioceńskie**, nazwane również poznańskimi, występują na znacznym obszarze Polski pod nadkładem utworów czwartorzędowych o zróżnicowanej miąższości. W literaturze obszar występowania został podzielony na trzy rejony: A – północno-wschodni, B – centralny i C – południowo-zachodni. Iły niekiedy są silnie zaburzone glaciektonicznie, obserwuje się szerokopromienne fałdy oraz liczne deformacje nieciągłe. Miąższość ich dochodzi do kilkudziesięciu metrów. Skład granulometryczny i właściwości iłów są uzależnione od strefy sedymentacyjnej zbiornika. Najczęściej są wykształcone jako iły (pylaste) lub gliny pylaste (zwięzłe). Wśród minerałów dominują minerały mieszanopaketowe, głównie beidelitowe, stwierdza się dużą zawartość illitu, małą kaolinitu.

W podsumowaniu należy podkreślić, że:

- iły paleogeńsko-neogeńskie podczas swojej długiej historii geologicznej były obciążone bardziej aniżeli to wynika z dzisiejszego obciążenia pierwotnego, przeszły w stan przekonsolidowany (poza strefą zwietrzliny), nieodprężony do końca;
- znaczne zróżnicowanie litologiczne iłów ma bezpośredni związek ze składem granulometrycznym, mineralnym, co wpływa na ich charakterystyki;
- iły wykazują zróżnicowaną, znaczną ekspansywność, którą można uszeregować w kierunku wzrastających wartości: iły plioceńskie rejonu C, iły plioceńskie rejonu A, iły mioceńskie, zwietrzliny iłów mioceńskich, iły oligoceńskie, iły plioceńskie rejonu B, mioceńskie bentonity i iły bentonitowe;
- ciśnienie pęcznienia zmienia się w zakresie od 30 do powyżej 300 kPa;
- polskie iły paleogeńsko-neogeńskie w stosunku do morskich eoceńskich iłów londyńskich (najlepiej zbadanych iłów na świecie, o OCR = 1–41) wykazują mniejszą wytrzymałość i większą odkształcalność;
- iły podczas trójosiowego ściskania, po przekroczeniu maksymalnej wartości dewiatora naprężeń, ulegają bardzo wyraźnemu odkształcaniu (w postaci najczęściej powierzchni ścięcia) i wykazują wartość wytrzymałości minimalnej (rezydualnej);
- w wyniku procesów wietrzeniowych wystarczająco nośne podłoże zbudowane z iłów paleogeńsko-neogeńskich może zamienić się w podłoże słabonośne lub nienośne.

#### OSADY CZWARTORZĘDOWE

W grupie tych gruntów wyróżniamy osady typowo lodowcowe, fluwioglacjalne i limnoglacjalne. Głównymi gruntami są: grunty spoiste (gliny lodowcowe i iły zastoiskowe),

mikroporowate (lessy, mady), organiczne (namuły, torfy, gytie i kreda jeziorna) oraz grunty sypkie.

**Gliny lodowcowe (zwałowe)** – grunty (osady niewysortowane) o zmiennych proporcjach zawartości frakcji żwirowej, piaszkowej, pyłowej i iłowej (tab. 2). Gliny występują w różnych formach akumulacji lodowcowej (moreny czołowe, spiętrzone, denne, boczne). Natomiast ze względu na charakter środowiska, sedymentacji i genezy wyróżnia się gliny: z odłożenia, wytopieniowe i spływowo. Oceniając gliny w całej masie, wydają się one ośrodkiem mało zróżnicowanym, ale lokalnie gliny wykazują dość znaczne zróżnicowanie składu granulometrycznego i charakterystyk fizyczno-mechaniczno-odkształceniowych. Nośność podłoża budowlanego zbudowanego z glin lodowcowych często jest zmniejszona poprzez naprzemianległe występowanie przewarstwień, soczewek o nieregularnym rozprzestrzenieniu, często nawodnionych. Niejednorodność glin powiększa obecność licznych otoczków, głązów oraz spękań (foliacji) i szczelin. Znaczący wpływ na zachowanie (naprężenie–odkształcenie) glin ma wiek i historia obciążeń.

Charakterystyki tych glin zmieniają się w kierunku N–S: im bardziej na północ (w kierunku glin młodszych wiekowo), tym stanowią one gorsze podłoże. Gliny lodowcowe w większości przypadków stanowią optymalną mieszankę o różnej wielkości i kształcie ziarn i cząstek, o stosunkowo dużym zagęszczeniu (gęstości objętościowej). Głównym składnikiem glin jest kwarc (do 90%) i minerały ilaste (do 40%). Wśród minerałów ilastych wyróżnia się beidelit, illit i kaolinit. Gliny nie wykazują znaczącej aktywności na zmiany wilgotności.

Na charakterystyki wytrzymałościowe-odkształceniowe glin miały wpływ obciążenia lodowcem, które spowodowały wzrost wytrzymałości o ok. 25–30%. Miąższości glin są niezwykle zróżnicowane. Generalnie gliny lodowcowe są dobrym podłożem o dużym dopuszczalnym obciążeniu jednostkowym, przy czym uważa się, że nie należy w pełni wykorzystywać ich nośności.

**Iły zastoiskowe (tab. 2)** – osady, które powstały w okresie cofania się lądolodu, na jego przedpolu, sedymentowały w jeziorzyskach-zastoiskach. Obecnie nie tworzą wyraźnych form morfologicznych. Występują głównie w środkowej i północnej części Niżu Polskiego, pod nadkładem gruntów piaszczystych o różnej grubości. Miąższość iłów zastoiskowych dochodzi do 20 m. Najbardziej typowym osadem zastoiskowym są iły warwowe (wstęgowe). Cechą charakterystyczną tych gruntów jest ich laminacja, w której wyróżnia się laminy jasne i ciemne o grubości 1–2 cm. Iły warwowe pod względem granulometrycznym są podobne, ciemne warstewki są iłami pylastymi, a jasne przeważnie glinami pylastymi (lub pyłami). Warstwowanie iłów sprawia, że są to grunty wyjątkowo anizotropowe zarówno pod względem kierunku wytrzymałości i odkształcalności, jak i wodoprzepuszczalności. W składzie frakcji ilastej dominują przede wszystkim hydromiki, wodorotlenki żelaza, montmorylonit i kaolinit. Wykazują one niewysoką aktywność koloidalną ( $A < 1$ ). Stwierdzone w nich przekonsolidowanie (OCR = 5–12) nie wynika z historycznego obciążenia, jest ono pozorne. Iły warwowe są wyjątkowo wrażliwe na oddziaływanie wody

i obciążenia dynamiczne. Szybko zmieniają niekorzystnie swój stan pierwotny. Są również bardzo podatne na zmiany wywołane przez odmarzanie-zamarzanie. Osłabienie iłów mogą wywoływać soczewki i przewarstwienia gruntów piaszczystych nawodnionych. Iły warwowe łatwo się uplastyczniają, a nawet niekiedy podlegają upłynnieniu.

Podłoże zbudowane z iłów warwowych jest kłopotliwe dla budownictwa, przy posadowieniu fundamentów wskazane jest staranne odwodnienie wykopów fundamentowych. Przy zachowaniu określonych warunków ily warwowe mogą być wykorzystane jako umiarkowanie nośne podłoże budowlane.

**Grunty makroporowate** (tab. 3). W tej grupie gruntów wyróżnia się lessy i mady. Charakteryzują się dużymi wartościami porowatości (40–60%), tzn. makroporowatością, którą spotykamy głównie w lessach.

Lessy występują przede wszystkim w południowej części Polski. Wyróżnia się dwie prowincje: północną (wyżyny Lubelsko-Sandomierska i Krakowsko-Częstochowska) i południową (Karpaty i pogórze oraz Sudety i pogórze). Zajmują one ok. 8% powierzchni kraju, ich miąższość dochodzi do 20 m. W Polsce lessy powstały w klimacie peryglacialnym na przedpolu lodowców, w wyniku działalności eolicznej. Wykształcone są w postaci pyłów, pyłów piaszczystych i glin pylastych. W składzie mineralnym (dość monotonnym) dominuje kwarc (>60%) i węglan wapnia (<20%). Węglan wapnia nadaje lessom spójność i zdolność utrzymywania pionowych zboczy (skarp). W składzie mineralnym frakcji iłowej stwierdza się smektyt/illit oraz kaolinit i chloryt. Lessy jako grunty makroporowate (o współczynniku makroporowatości od <0,02 do 0,8) są niezwykle wrażliwe na wpływ wody, pod wpływem której odszałcenia zwiększają się niekiedy dość znacznie, wykazują one przy stałym obciążeniu charakter gwałtownego osiadania tzw. zapadowego (współczynnik >0,02). Podłoże lessowe powinno być odpowiednio przygotowane, np. dogęszczone, polewane wodą, wstępnie obciążone, tak aby zlikwidować nietrwałą strukturę. Lessy są wrażliwe również na ablację wód opadowych oraz są podatne na deformacje filtracyjne, szczególnie na sufozję, wykazują niską odsączalność, co skutkuje trudnością ich odwodnienia. Warto pamiętać, że skarpy w lessach wykonuje się jako pionowe stopnie.

Mady stanowią aluwialne osady serii powodziowej rzek. Zalicza się je do gruntów przejściowych pomiędzy organicznymi a mineralnymi, często klasyfikuje się je jako grunty organiczno-mineralne. Zajmują około 4% powierzchni Polski. Generalnie wyróżnia się osady rzeki roztopowej, tzw. mady lekkie (piaszczysto-pylasto-gliniaste), oraz rzeki meandrującej, tzw. mady ciężkie (pylasto-gliniaste-ilaste).

W madach w większości przypadków zawartość części organicznych nie przekracza 2%, wyjątkowo 5–10%. Również zawartość węglanu wapnia nie przekracza 10%. Największą miąższość mady osiągają na tarasach zalewowych Wisły i Odry, nawet do kilku metrów. W składzie granulometrycznym mad brak jest frakcji żwirowej i kamienistej. Stan mad przeważnie jest plastyczny lub twaroplastyczny (niekiedy miękoplastyczny). Duża porowatość (czasem mikroporowatość), młody wiek (mogą tworzyć się też współczes-

nie), brak konsolidacji, zawartość części organicznych sprawiają, że mady są bardzo ściśliwe, mało wytrzymałe, niekorzystne (słabonośne) jako podłoże budowlane. Przeważnie wyklucza się te grunty z bezpośredniego posadowienia.

**Grunty organiczne** (tab. 4) występują przede wszystkim na obszarach akumulacji jeziornej (limnicznej), bagiennej, zastoiskowej oraz rzecznej. Głównymi typami gruntów są: torfy, namuły i gytie. W tabeli 4 do tej grupy dołączono również dane dotyczące kredy jeziornej. Analizowane osady powstają w różnych stadiach: w tzw. stadium bagiennym tworzą się torfy i namuły, natomiast w tzw. stadium jeziornym – w głębszych partiach gytie i kreda jeziorna. Substancja organiczna jest głównie pochodzenia roślinnego, mogą również stanowić ją szczątki zwierzęce. Typowym profilem torfowisk jest układ: torf (namuł) – gytia – kreda jeziorna – podłoże mineralne.

Najczęściej przyjmuje się, że torfy zawierają części organicznych powyżej 30%, a namuły 5–30%. Pod względem genetycznym wyróżnia się trzy typy torfów (torfowisk): niski, przejściowy i wysoki. Torfowiska w Polsce zajmują prawie 4% powierzchni (ok. 50 tys. torfowisk).

Gytie są przeważnie ciemnoszarym, jeziornym lub bagiennym osadem organicznym, powstającym w zbiornikach słodkowodnych (również w rynnach polodowcowych), zbudowanym z części organicznych, węglanu wapnia i części mineralnych. W zależności od przewagi jednego z tych składników wyróżnia się trzy odmiany gytii: organiczne, mineralno-organiczne (węglanowe) i mineralne.

Podobnie jak torfy, gytie występują przede wszystkim w północnej Polsce, miąższość ich dochodzi do 15–20 m, przeciętnie 2–4 m. Właściwości gytii są niezwykle zróżnicowane. Warto pamiętać, że starsze gytie (eemskie), np. w rynie żoliborskiej, uległy już zaawansowanej konsolidacji i charakteryzują się, jak na te grunty, całkiem dobrymi parametrami wytrzymałościowo-odszałcalnościowymi. W takich przypadkach dla niektórych obiektów może być rozważane posadowienie bezpośrednie.

Kreda jeziorna często występuje z pokładami gytii, tworzy się współcześnie, charakteryzuje się dużą porowatością, jest bardzo ściśliwa i mało wytrzymała. Kreda jeziorna i gytie charakteryzują się kontaktami i wiązaniami koagulacyjnymi.

Grunty organiczne uważa się za grunty słabe (małonośne). W większości przypadków są one usuwane z podłoża budowlanego, a posadowienie fundamentów następuje na gruncie wymienionym lub w sposób pośredni.

Rzadko stosuje się wstępną konsolidację gruntów organicznych. Pod względem wytrzymałościowo-odszałcalnościowym można wskaźnikowo ułożyć następujący szereg (w kierunku wzrostu wytrzymałości i zmniejszenia odszałcalności): torf → gytia (organiczna i mineralno-organiczna) → kreda → namuł → gytia mineralna.

**Grunty sypkie.** Charakterystykę gruntów sypkich pochodzenia lodowcowego, fluwioglacjalnego, rzecznej, eolicznego i morskiego zestawiono w tabeli 5. Piaszki, niekiedy żwiry i pospółki lodowcowe oraz fluwioglacjalne (często skośne i poziomo warstwowane) w obrębie wysoczyzn morenowych charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem

granulometrycznym i są zmiennie zagęszczone, wykazują urozmaiconą różnoziarnistość i słabe wysortowanie. W ozach grunty sypkie wykształcone są w postaci piasków, często gruboziarnistych, i żwirów, są dobrze zagęszczone. Stanowią potencjalne złoża kruszywa. W sandrach zmienność uziarnienia piasków nie jest duża, są dobrze zagęszczone. Generalnie grunty te stanowią dobre podłoże, o dużej nośności i małej odkształcalności. Natomiast grunty sypkie kemów jako podłoże są trudne i niejednoznaczne do oceny.

Ocena gruntów sypkich pochodzenia rzecznego zależy od charakteru rozpatrywanego odcinka doliny. Doliny w górnych odcinkach rzek charakteryzują się brakiem osadów drobnoziarnistych, występują tu otoczaki frakcji kamienistej i żwiry, stanowią one dobre podłoże, wykorzystywane zazwyczaj przez budownictwo hydrotechniczne. W środkowym i dolnym odcinku rzek miąższości aluwii są już znaczne, nawet do kilkudziesięciu metrów. Najkorzystniejsze charakterystyki wykazują piaski i żwiry tarasów akumulacyjno-nadzalewowych. Przy ustalaniu głębokości posadowienia fundamentów można wykorzystać fakt, że w tarasach rzek średnica ziarn maleje ku górze, a zatem im głębiej, tym korzystniejsze są warunki wytrzymałościowe. Znacznie gorsze parametry wykazują grunty występujące na tarasach zalewowych, deltach i stożkach napływowych (w dolnych partiach rzek).

Formami akumulacji eolicznej są wydmy i pola piasków przewianych, które są zbudowane z piasków drobnych i średnich, w których przeważają ziarna kwarcu (90–99%). Wydmy powstały po ostatnim zlodowaceniu, tworzyły je wiatry zachodnie. Charakterystyczną cechą piasków wydmy jest duża zawartość frakcji 0,25–0,50 mm i 0,10–0,25 mm, które stanowią nieraz 100% całej masy. Ziarna tych piasków są dobrze obtoczone, często matowe, o stosunkowo małym zagęszczeniu ( $I_D = 0,15–0,60$ ). Wskaźnik różnoziarnistości zawiera się w granicach 2–3, a współczynnik wystortowania dochodzi do 2. Zmienne, małe zagęszczenie oraz znaczne, do 2 m, podniesienie kapilarne, podatność na rozmywanie sprawiają, że piaski wydmy w większości przypadków uznaje się za podłoże niekorzystne.

Grunty sypkie pochodzenia morskiego jako podłoże można ograniczyć do piasków plażowych o szerokości (dla średniego poziomu morza) rzędu 10–20 m i miąższości 1,0–1,5 m. Wykazują one dość zmienne zagęszczenie oraz w miarę dobre wysortowanie. Tego rodzaju piaski uznaje się jako dobre podłoże budowlane dla budownictwa morskiego.

## PODSUMOWANIE

Przedstawione w tabelach dane dla typowych gruntów występujących w Polsce – iłów oligoceńskich, mioceńskich i plioceńskich oraz gruntów czwartorzędowych (lodowcowych, zastoiskowych, rzecznych, morskich, eolicznych i organicznych) – dobitnie świadczą o tym, że charakterystyki gruntów są funkcją przede wszystkim: genezy (środowiska, sedymentacji), historii (wieku) obciążeń, litologii (składu granulometrycznego i mineralnego) oraz stanu (zagęszczenia i konsolidacji). Ponadto niejednorodność (zmienność) parametrów zależy od rozprzestrzenia danego typu genetycznego.

Praca stanowi próbę zestawienia wyników badań w ramach typów genetycznych uzyskanych przez okres 50 lat w jednym laboratorium, przy zastosowaniu jednakowej metodyki. Na dzisiaj liczba wyników w większości wyróżnionych grup gruntów jest niewystarczająca do pełnej analizy statystycznej i ustalenia konkretnych zmienności. Ta propozycja (pewna kontynuacja prac zapoczątkowanych przez prof. L. Wysokińskiego w ITB) może stanowić zachętę dla innych

laboratoriów do uzupełnienia i zwiększenia liczby badań. Prawdopodobnie w przyszłości trzeba będzie rozpatrywać takie zestawienia również w układzie regionalnym.

Należy wyraźnie zaznaczyć, że podane charakterystyki nie są wartościami średnimi, obliczonymi ani wyrowadzonymi, stanowią one zakres zmienności charakterystyk najczęściej spotykanych dla danego typu równy 0,8 ( $R_{\min} - R_{\max}$ ). Zaprezentowane kompendium danych umożliwia orientację co do przedziałów najniższych i najwyższych wartości i wykorzystanie ich do sporządzania prognoz związanych głównie z zagospodarowaniem przestrzennym.

Przedstawione w tabelach wyniki można podsumować następująco: większość analizowanych gruntów stanowi dobre (nośne) podłoże budowlane, natomiast grunty organiczne, mady rzeczne oraz piaski eoliczne są niekorzystne jako podłoże budowlane. Przy czym w niektórych sytuacjach nawet grunty mało-nośne po odpowiednich zabiegach można wykorzystać w budownictwie.

## Objaśnienia do tabel 1–5

## Explanations for Tables 1–5

|                               |   |                               |  |
|-------------------------------|---|-------------------------------|--|
| $A$ [–]                       | – aktywność Skemptona, <i>Skempton activity</i>   | $U$ [–]                       | – wskaźnik różnoziarnistości, <i>uniformity coefficient</i>  |
| $A_c$ [%]                     | – popielność, <i>ash content</i>  | $V_s$ [%]                     | – skurcz objętościowy, <i>volume shrinkage</i>   |
| $C_c$ [%]                     | – zawartość węgla wapnia, <i>carbonate calcium content</i>                                      | $w_L$ [%]                     | – granica płynności, <i>liquid limit</i>   |
| $C_u/C'$ [kPa]                | – całkowita/efektywna spójność, <i>total/effective cohesion</i>                                 | $w_n$ [%]                     | – wilgotność naturalna, <i>natural water content</i>   |
| $i_{>2}$ [%]                  | – zawartość frakcji żwirowej, <i>gravel fraction content</i>                                    | $w_p$ [%]                     | – granica plastyczności, <i>plastic limit</i>  |
| $i_{2-0,05}$ [%]              | – zawartość frakcji piaskowej, <i>sand fraction content</i>                                     | $\rho$ [Mg/m <sup>3</sup> ]   | – gęstość właściwa, <i>density</i>   |
| $i_{0,05-0,002}$ [%]          | – zawartość frakcji pyłowej, <i>silt fraction content</i>                                       | $\rho_o$ [Mg/m <sup>3</sup> ] | – gęstość objętościowa gruntu, <i>bulk density</i>   |
| $i_{<0,002}$ [%]              | – zawartość frakcji ilowej, <i>clay fraction content</i>  | $\rho_d$ [Mg/m <sup>3</sup> ] | – gęstość objętościowa szkieletu gruntowego, <i>dry density</i>                                    |
| $I_{cc}$ [–]                  | – wskaźnik osiadania zapadowego, <i>collapsing coefficient</i>                                  | $\sigma_{sp}$ [kPa]           | – ciśnienie pęcznienia, <i>swelling pressure</i>   |
| $I_D$ [–]                     | – stopień zagęszczenia, <i>relative density index</i>   | $\Phi_u / \Phi'$ [°]          | – całkowity, efektywny kąt tarcia wewnętrznego, <i>total, effective angle of internal friction</i> |
| $I_g$ [%]                     | – strata przy prażeniu, <i>ignition loss</i>  | $\Phi_r$ [°]                  | – rezydualny kąt tarcia wewnętrznego, <i>residual angle of internal friction</i>                   |
| $I_L$ [–]                     | – stopień plastyczności, <i>liquidity index</i>   |                               |  |
| $I_p$ [%]                     | – wskaźnik plastyczności, <i>plasticity index</i>   | Gp                            | – glina piaszczysta, <i>sandy clay</i>   |
| $k$ [cm/s]                    | – współczynnik filtracji, <i>permeability coefficient</i>                                       | Gpz                           | – glina piaszczysta zwięzła, <i>sandy clay with silt</i>   |
| $K_f$                         | – rodzaj gruntu, <i>soil type</i>   | Gz                            | – glina zwięzła, <i>sandy &amp; silty clay</i>   |
| $M_0$ [MPa]                   | – edometryczny moduł ściśliwości, <i>oedometer modulus of compressibility</i>                   | G                             | – glina, <i>clayey and sandy silt</i>  |
| $n$ [%]                       | – porowatość, <i>porosity</i>   | G $\pi$                       | – glina pylasta, <i>clayey silt</i>  |
| OCR [–]                       | – stopień przekonsolidowania, <i>overconsolidation ratio</i>                                    | G $\pi$ z                     | – glina pylasta zwięzła, <i>silty clay with sand</i>   |
| $q_c$ [MPa]                   | – opór stożka w CPT, <i>cone resistance in CPT</i>  | I                             | – il, <i>clay</i>  |
| $S$ [–]                       | – współczynnik uziarnienia wg Laskowskiego, <i>coefficient of granulation acc. to Laskowski</i> | Ip                            | – il piaszczysty, <i>sandy clay</i>  |
| $S_f$                         | – symbol gruntu, <i>soil symbol</i>   | I $\pi$                       | – il pylasty, <i>silty clay</i>  |
| $S_m$ [%]                     | – zawartość części mineralnych, <i>mineral substance content</i>                                | P                             | – piasek, <i>sand</i>  |
| $S_{oc}$ [%]                  | – zawartość części organicznych, <i>organic substance content</i>                               | Pd                            | – piasek drobny, <i>fine sand</i>  |
| $S_r$ [–]                     | – stopień nasycenia, <i>saturation ratio</i>  | Pg                            | – piasek gliniasty, <i>clayey sand</i>   |
| $S_{ro}$ [%]                  | – stopień rozmakania, <i>soaking ratio</i>  | Pr                            | – piasek gruby, <i>coarse sand</i>   |
| $S_{sp}$ [m <sup>2</sup> /kg] | – powierzchnia właściwa, <i>specific surface area</i>   | P $\pi$                       | – piasek pylasty, <i>silty sand</i>  |
| $S_0$ [–]                     | – współczynnik wysortowania, <i>sorting coefficient</i>   | Ps                            | – piasek średni, <i>medium sand</i>  |
| $T_s$ [h]                     | – czas rozmakania, <i>time of soaking</i>   | Ż                             | – żwir, <i>gravel</i>  |
|                               |   | Żp                            | – pospółka, <i>sandy gravel</i>  |
|                               |   | $\pi$                         | – pył, <i>silt</i>   |
|                               |   | $\pi$ p                       | – pył piaszczysty, <i>sandy silt</i>   |

Tabela 1

**Geologiczno-inżynierskie charakterystyki ilów paleogeńsko-neogeńskich**  
Engineering-geological characteristics of Paleogene-Neogene clays

| Parametr<br><i>Parameter</i>  | Iły oligoceńskie<br><i>Oligocene clays</i> | Iły mioceńskie<br><i>Miocene clays</i> |               |           |   | Iły plioceńskie<br><i>Pliocene clays</i> |                |           |           |
|-------------------------------|--|--|---------------|-----------|---|--|----------------|-----------|-----------|
|                               |  | I                                      | II, III       | IV        | bentonity<br>i iły bentonitowe<br><i>bentonite<br/>and bentonitic clays</i> | I  |                |           | II-IV     |
|                               |  |  |               |           |   | A  | B              | C         |           |
| $i_{<0,002}$ [%]              | 37–65                                      | 15–60, 40                              | 20–60         | 25–65     | 8–35  | 15–55                                    | 12–83          | 10–90     | do 85     |
| $\rho_0$ [Mg/m <sup>3</sup> ] | 1,90–2,10                                  | 1,85–2,36; 2,10                        | 1,75–2,00     | 1,65–1,90 | 1,45–2,15   | 1,80–2,13                                | 1,80–2,40      | 1,72–2,15 | 1,70–2,00 |
| $n$ [%]                       | 25–38                                      | 22–45, 28                              | 35–55         | 40–60     | 33–67   | 33–48                                    | 31–50          | 15–50     | 35–60     |
| $w_L$ [%]                     | 75–120                                     | 40–80, 55                              | 45–85         | 45–90     | 72–121  | 49–95                                    | 42–118         | 20–110    | do 100    |
| $w_p$ [%]                     | 26–34                                      | 20–40, 28                              | 20–40         | 20–45     | 32–78   | 25–38                                    | 28–35          | 15–55     | do 40     |
| $I_p$ [%]                     | 48–68                                      | 15–50                                  | 16–49         | 22–61     | –   | 23–38                                    | 13–82          | 13–51     | do 70     |
| $I_L$ [–]                     | 0,0–0,25                                   | –0,50 do 0,15                          | –0,10 do 0,25 | 0,0–0,90  | –0,35–0,15  | –0,5–0,5                                 |                |           | 0,2–0,5   |
| $A$ [–]                       | 0,70–1,40                                  | 0,70–1,50                              | 0,80–1,35     | 0,60–1,55 | 1,40–4,00   | 0,75–1,25                                | 0,75–2,00      | 0,5–0,75  | do 2,5    |
| $\sigma_{sp}$ [kPa]           | 30–50                                      | 150 do >300                            | < 150         | > 300     | –   | 30–350, wyjątkowo do 500                 |                |           | do 200    |
| $M_0$ [MPa]                   | >10  | 10–150                                 | 5–50          | 1–10      | do 30   | 4–26                                     | 5–20<br>10–200 | 8–25      | 1–10      |
| $C_u$ [kPa]                   | >50  | 20–400, 150                            | 20–100        | 5–50      | do 100  | do 150                                   |                |           | do 100    |
| $\Phi_u$ [°]                  | 8–10                                       | 10–30, 18                              | 5–20          | 3–15      | do 20   | 12–22                                    |                |           | do 10     |
| $\Phi_r$ [°]                  | 5–8  | 8                                      | 7–8           |           | ~5  | 5–15                                     |                | –         | 3–5       |
| OCR                           | >10  | 1–20                                   | 1–10          | ~ 1,0–1,5 | 5–10  | 1–14                                     |                |           | do 350    |
| $S_s$ [m <sup>2</sup> /g]     | –  | 50–250                                 | 100–250       | 200–300   | 170–830   | do 250                                   |                | 105–310   | –         |

Grabowska-Olszewska, Siergiejew (red.), 1977; Kaczyński, Grabowska-Olszewska, 1977; Kaczyński, 1993, 2002, 2003, 2004a, b, 2010; prace naukowo-badawcze, projekty KBN, prace doktorskie i magisterskie

Części basenu plioceńskiego: A – północno-zachodnia, B – centralna, C – południowo-wschodnia  
*Parts of Pliocene basin: A – northwestern, B – central, C – southeastern*

I–IV – strefy wietrzeniowe  
*weathering zones*

Tabela 2

**Geologiczno-inżynierskie charakterystyki glin lodowcowych i ilów zastoiskowych**  
Engineering-geological characteristics of tills and glaciolacustrine clays

| Parametr<br><i>Parameter</i>         | Gliny lodowcowe<br><i>Tills</i>  |   |                                      |  | Iły zastoiskowe<br><i>Glaciolacustrine clays</i> |  |
|--------------------------------------|--|---|--------------------------------------|--|--|--|
|                                      | zlodowacenia<br>północnopolskie<br><i>North Polish<br/>glaciations</i> | zlodowacenia<br>środkowopolskie<br><i>Middle Polish glaciations</i> |                                      | zlodowacenia<br>południowopolskie<br><i>South Polish<br/>glaciations</i> | Polska centralna<br><i>Central Poland</i>        | klif południowego<br>Bałtyku<br><i>cliff of south<br/>Baltic Sea</i> |
|                                      |  | zlod. warty<br><i>Warta Glaciation</i>                              | zlod. odry<br><i>Odra Glaciation</i> |  |  |  |
| $S_f$                                | Gp, Gpz, Gz, Pg, Ip  | Gp, G, Pg, Gpz, I   | Gp, G, Gpz, I                        | Gp, G, Gpz, I  | $I\pi/\pi$                                       | $I\pi/\pi_p$   |
| $i_{>2}$ [%]                         | 0–10, 4  | 1–10, 5   | 5–15, 7                              | 5–0, 10  | –  |  |
| $i_{2-0,05}$ [%]                     | 5–85, 40   | 5–95, 50  | 30–90, 55                            | 5–70, 50   | –  |  |
| $i_{0,05-0,002}$ [%]                 | 5–65, 30   | 5–70, 25  | 5–50, 20                             | 10–60, 30  | 20–55  |  |
| $i_{<0,002}$ [%]                     | 5–60, 25   | 10–45, 20   | 5–40, 15                             | 10–50, 10  | do 80  | 32–65  |
| $\rho$ [Mg/m <sup>3</sup> ]          | 2,65–2,75; 2,70  | 2,55–2,75; 2,67   | 2,55–2,72; 2,67                      | 2,62–2,70; 2,66  | 2,67–2,77  | 2,65–2,85  |
| $\rho_p/\rho_d$ [Mg/m <sup>3</sup> ] | 1,70–2,10; 1,95<br>1,45–1,95, 1,70                                     | 1,65–2,25; 2,05<br>1,50–2,00; 1,82                                  | 1,75–2,30; 2,10<br>1,65–2,05; 1,85   | 2,00–2,35; 2,15<br>1,80–2,15; 1,90                                       | 1,80–2,12  | 1,70–2,05  |
| $w_n$ [%]                            | 10–25, 15  | 7–22, 14  | 6–20, 12                             | 5–22, 9  | –  | –  |
| $w_L$ [%]                            | 14–45, 25  | 17–46, 24   | 17–40, 22                            | 15–35, 20  | 30–90  | 52–75  |
| $w_p$ [%]                            | 7–21, 12   | 8–18, 11  | 8–20, 10                             | 7–21, 9  | 20–40  | 16–32  |
| $I_p$ [%]                            | 9–23, 14   | 10–25, 13   | 6–21, 11                             | 8–23, 10   | 15–50  | 26–48  |
| $I_L$ [–]                            | –0,10 do 0,50; 0,15  | –0,10 do 0,60; 0,07   | –0,15 do 0,30; 0,05                  | –0,50 do 0,50; 0,0   | 0,0–0,30   |  |
| $n$ [%]                              | 27–48, 38  | 22–40, 35   | 20–38, 30                            | 20–35, 27  | 34–52  | 42–52  |
| $M_0$ [MPa]                          | 5–70   | 10–90   | 15–110                               | 15–200   | do 70  |  |
| $C_u$ [kPa]                          | 5–100  | 10–120  | 15–150                               | 20–200   | do 100   |  |
| $\Phi_u$ [°]                         | 10–25  | 15–32   | 17–33                                | 20–35  | do 22  |  |
| $S_{vo}$ [%] $\frac{w_n}{\rho_d}$    | 2–90<br>20–100   | 5–90<br>10–100  | 10–85<br>5–100                       | 30–95<br>60–100  | 40–85<br>50–100                                  |  |
| $T_r$                                | 0,05–24  | 0,05–24   | 0,1–24                               | 0,05–24  | 0,5 do > 24                                      |  |
| OCR [–]                              | do 50  |   |                                      |  | do 15  |  |

Myślińska, 1965, 1967; Kaczyński, Trzeciński, 1992; projekty KBN i CPBR; prace doktorskie i magisterskie

Tabela 3

**Geologiczno-inżynierskie charakterystyki gruntów makroporowatych**  
Engineering-geological characteristics of macroporous soils

| Parametr<br><i>Parameter</i>  | Mady<br><i>Alluvial soils</i>                                  |   | Lessy<br><i>Loesses</i>  |   |  |   |
|-------------------------------|--|---|--|---|--|---|
|                               | lekkie<br><i>light</i>   | ciężkie<br><i>heavy</i>                 | Wyżyna<br>lubelsko-sandomierska<br><i>Lublin-Sandomierz Upland</i>               | Wyżyna<br>krakowsko-częstochowska<br><i>Cracow-Czestochowa Upland</i> | Karpaty i pogórze<br><i>Carpathians and upland</i> | Sudety i pogórze<br><i>Sudetes and upland</i> |
| $K_f$                         | pylasto-piaszczysto-<br>gliniaste<br><i>silty-sandy-clayey</i> | gliniasto-ilaste<br><i>silty-clayey</i> | pyły piaszczyste, pyły, gliny pylaste<br><i>sandy silts, silts, clayey silts</i> |   |  |   |
| $i_{2-0,05}$ [%]              | 10–85, 50  | 1–80, 25                                | 5–30   |   |  | 20–50   |
| $i_{0,05-0,002}$ [%]          | 20–60, 40  | 30–80, 50                               | 40–80  |   |  | 25–70   |
| $i_{<0,002}$ [%]              | 5–20, 10   | 10–65, 25                               | 0–20   | 2–25  | 5–27   | 5–2   |
| $\rho$ [Mg/m <sup>3</sup> ]   | 2,45–2,65  | 2,30–2,70                               | 2,55–2,73  | 2,65–2,67   | 2,65–2,75  | 2,65–2,71                                     |
| $\rho_o$ [Mg/m <sup>3</sup> ] | 1,40–2,00  | 1,60–2,10                               | 1,66–2,15  | 1,60–1,80   | 1,82–2,05  | 1,68–2,01                                     |
| $\rho_d$ [Mg/m <sup>3</sup> ] | 1,30–1,70  | 1,25–1,70                               | 1,40–1,70  |   |  |   |
| $n$ [%]                       | 30–55  | 35–65                                   | 30–50  | 35–43   | 35–46  | 40–48   |
| $w_n$ [%]                     | 10–40, 20  | 20–100, 35                              | 5–20   |   |  |   |
| $S_r$ [–]                     | 0,40–0,70  | 0,60–1,00                               | 0,30–0,75  |   |  |   |
| $w_L$ [%]                     | 20–40, 30  | 30–80, 50                               | 25–40  | 24–28   | 19–36  | 23–30   |
| $w_p$ [%]                     | 10–30, 20  | 15–40, 30                               | 15–30  | 21–25   | 16–23  | 18–22   |
| $I_p$ [%]                     | 10–30, 20  | 15–45, 25                               | 2–25   | 3–6   | 1–15   | 3–11  |
| $I_L$ [–]                     | –0,10 do 0,55; 0,10  | 0,05–0,70; 0,20                         | od $\leq 0$ do 0,1   |   |  |   |
| $\Phi_u/\Phi'$ [°]            | 10–25/20–35  | 2–20/20–30                              | do 32  |   |  |   |
| $C_u/C'$ [kPa]                | 10–50/ 0–30  | 10–100/5–50                             | do 50  |   |  |   |
| $M_0$ [MPa]                   | 1,5–10; 5,5  | 2–6, 4                                  | 2–20   | 3–16  |  |   |
| $I_{cc}$ [–]                  | –  | –                                       | od $\leq 0,02$ do 1,0  | od $\leq 0,02$ do 0,07  | od $\leq 0,02$ do 0,06                             | od $\leq 0,02$ do 0,08                        |

Grabowska-Olszewska, 1977, 1998; Myślińska, 2001; Kaczyński, 2010; prace magisterskie i doktorskie

Tabela 4

**Geologiczno-inżynierskie charakterystyki gruntów organicznych**  
Engineering-geological characteristics of organic soils

| Parametr<br><i>Parameter</i>  | Torfy<br><i>Peats</i>                  | Namuły<br><i>Muds</i>                 | Gytie<br><i>Gyttja</i>       |  |                             | Kreda jeziorna<br><i>Lacustrine chalk</i> |
|-------------------------------|--|---------------------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|---|
|                               |  |                                       | organiczne<br><i>organic</i> | mineralno-organiczne<br><i>mineral-organic</i> | mineralne<br><i>mineral</i> |   |
| $S_{oc}$ [%]                  | > 30                                   | 5–30                                  | 30–90                        | < 40   | 5–35                        | < 20                                      |
| $I_g$ [%]                     | 10–90                                  | do 50                                 | –                            | –  | –                           | –   |
| $A_c$ [%]                     | 20–70                                  | do 70                                 | –                            | –  | –                           | –   |
| $C_c$ [%]                     | –                                      | –                                     | < 20                         | 20–80  | < 20                        | > 80                                      |
| $S_m$ [%]                     | –                                      | –                                     | < 65                         | < 60   | < 65                        | < 20                                      |
| $\rho$ [Mg/m <sup>3</sup> ]   | 1,5–2,5                                | 2,0–2,7                               | 1,5–2,0                      | 2,2–2,0  | 2,35–2,75                   | 1,7–2,4                                   |
| $\rho_o$ [Mg/m <sup>3</sup> ] | 0,2–1,4                                | 1,3–1,9s                              | 1,0–1,3                      | 1,15–1,50                                      | 1,20–1,95                   | 1,1–1,7                                   |
| $\rho_d$ [Mg/m <sup>3</sup> ] | 0,10–0,45                              | 0,20–0,75                             | 0,1–0,5                      | 0,25–0,75                                      | 1,45–2,00                   | 0,3–0,7                                   |
| $n$ [%]                       | 70–95                                  | 50–100                                | 40–90                        | 45–75  | 30–50                       | 60–80                                     |
| $w_n$ [%]                     | 200 do >1500                           | 20–200                                | 100–1000                     | 150–500  | 25–300                      | 70–400                                    |
| $w_L$ [%]                     | 200–1200                               | 30–100                                | 110–600                      |  |                             | 70–200                                    |
| $w_p$ [%]                     | 50–500                                 | 20–60                                 | 50–120                       |  |                             | 50–70                                     |
| $I_p$ [%]                     | 40–200                                 | 10–50                                 | 40–350                       |  |                             | 100–150                                   |
| $I_L$ [–]                     | > 0,20                                 | > 0,30                                | > 0,80                       |  |                             | > 0,60                                    |
| $C_u$ [kPa]                   | 10–100                                 | do 30                                 | 10–50                        |  |                             | –   |
| $\Phi_u$ [°]                  | 1–10                                   | do 20                                 | 1–15                         |  |                             | –   |
| $M_0$ [MPa]                   | 100–2500                               | 500–3000                              | 150–750                      | 200–2500                                       | do 5000                     | 200–1000                                  |
| $k$ [cm/s]                    | $1 \times 10^{-10} - 5 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-4}$ | $< 1 \times 10^{-5}$         |  |                             | $1 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-5}$     |
| $V_s$ [%]                     | 20–80                                  | do 50                                 | 25–65                        |  |                             | do 75                                     |

Myślińska, 2001; prace magisterskie, doktorskie i prace naukowo-badawcze dla gospodarki narodowej

Tabela 5

**Geologiczno-inżynierskie charakterystyki gruntów sypkich**  
Engineering-geological characteristics of sandy soils

| Parametr<br><i>Parameter</i>  | Grunty sypkie<br><i>Cohesionless soils</i> |  |  |   |                              |                                |
|-------------------------------|--|--|--|---|------------------------------|--------------------------------|
|                               | lodowcowe<br><i>glaciation soils</i>       | fluwioglacjalne<br><i>fluvioglaciation soils</i> | rzeczne<br><i>fluvial soils</i>                                      |   | wydmowe<br><i>dune soils</i> | morskie<br><i>marine soils</i> |
|                               |  |  | żwiry<br><i>gravels</i>  | piaski różnoziarniste<br><i>varigrained sands</i> |                              |                                |
| $S_f$                         | Pr, Ps, Pd, Ż                              | Ps, Pd   | Ż  |   | Ps, Pd//P $\pi$              | Ps, Pd//Ż                      |
| $i_{z2}$ [%]                  | 0–10, 4                                    | –  | do 5   | do 3  | 0–5                          | do 5                           |
| $i_{z-0,05}$ [%]              | 65–100, 25                                 | 75–100   | 30–70  | 90–100  | do 90                        | 95–100                         |
| $i_{0,05-0,002}$ [%]          | do 15                                      | do 10  | 0–5  | do 5  | 0–10                         | do 5                           |
| $U^*$ [-]                     | 2–20, 7                                    | 2,0–3,5  | 5 do >15   | 1–5   | 2–3                          | 3–10                           |
| $S^{**}$ [-]                  | –  | >2   | osady rzeki meandrującej $\leq 1$<br>osady rzeki roztopowej $\geq 1$ |   | –                            | –                              |
| $S_0^{***}$ [-]               | 1,5–7,0; 2,5                               | 2,0–5,5  | 1,5–4,0  | 1–5   | 1,5–2,0                      | 1,5–3,0                        |
| $\rho$ [Mg/m <sup>3</sup> ]   | 2,63–2,67                                  | 2,64–2,65  | 2,64–2,66  | 2,64–2,66   | 2,62–2,65                    | 2,64–2,66                      |
| $\rho_o$ [Mg/m <sup>3</sup> ] | 1,60–1,90                                  | 1,50–1,90  | 1,70–2,10  | 1,50–1,80   | 1,40–1,70                    | 1,5–2,0                        |
| $n$ [%]                       | 25–50                                      | 30–40  | 20–55  | 25–45   | 35–45                        | 25–40                          |
| $I_D$ [-]                     | do 0,70                                    | 0,30–0,90  | 0,35–0,55 (> 0,67)   | 0,20–0,45   | 0,15–0,60                    | 0,40–0,80                      |
| $\Phi_u$ [°]                  | >33  | 32–38  | 22–36  | 29–32   | 28–30                        | 30–33                          |
| $M_0$ [MPa]                   | >100                                       | >50  | >75  | >25   | >30                          | 20–100                         |
| $q_c$ [MPa]                   | 2–35                                       | 1–30   | 2,5–40   | 1–20  | 0,5–10                       | 1–25                           |
| OCR [-]                       | 1,5–7,0                                    | 2–5  | 1–5  | 1–1,5   | –                            | –                              |

\* wskaźnik różnoziarnistości Hazena  $U = d_{60} : d_{10}$   
*uniformity coefficient of Hazen*

\*\* współczynnik uziarnienia wg Laskowskiego  $S = \frac{d_{20} \cdot d_{60}}{d_{50}^2}$   
*coefficient of granulation according to Laskowski*

\*\*\* wskaźnik wysortowania Traski  $S_0 = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_3}}$   
*Trask coefficient of shaddy*

$d_{10}, d_{20}, d_{25} = Q_3, d_{50}, d_{60}, d_{75} = Q_1$  – średnice (d) i kwartyle (Q), które wraz z mniejszymi stanowią 10, 20, 25, 50, 60 i 75% masy osadu  
*diameter (d) and quartile (Q) which together of smaller size to make 10, 20, 25, 50, 60 and 75% of sediment mass*

## LITERATURA

- GRABOWSKA-OLSZEWSKA B., 1988 — Engineering-geological problem of less in Poland. *Engineering Geology*, **25**: 177–199.
- GRABOWSKA-OLSZEWSKA B., 1998 — Inżyniersko-geologiczna rejonizacja lessów polskich. Mat. II Ogólnopolskiego Symp. „Współczesne problemy geologii inżynierskiej w Polsce” (red. J. Liszkowski): 139–145. Wyd. Wind, Wrocław.
- GRABOWSKA-OLSZEWSKA B., SIERGIEJEW J.M. (red.), 1977 — Gruntoznawstwo. Wyd. Geol., Warszawa.
- KACZYŃSKI R., 1993 — Table of engineering-geological properties of Miocene clays of the Carpathian Foredeep. Proc. Int. Conf. IISMFE, Geotechnical Engineering of Hard Soil-Soft Rocks. (red. A. Anagnostopoulos i in.): 189–194. Balkema.
- KACZYŃSKI R., 2002 — Engineering-geological evaluation of Mio-Pliocene clays in the Warsaw area, central Poland. *Acta Geol. Pol.*, **52**, 4: 437–448.
- KACZYŃSKI R., 2003 — Overconsolidation and microstructures in Neogene clays from the Warsaw area. *Geol. Quart.*, **47**, 1: 43–54.
- KACZYŃSKI R., 2004a — Wpływ historii geologicznej na inżynierskie zachowanie się łąw trzeciorzędowych. II Problemowa Konf. Geotechniki: 295–305. Politechnika Białostocka, Komitet Inżynierii Łądowej i Wodnej PAN.
- KACZYŃSKI R., 2004b — Long-term stability of Tertiary clays slopes in the Polish Carpathian Foredeep. *W: Advances in geotechnical engineering. The Skempton Conference, Imperial Collage BGA*, **1**: 834–841.
- KACZYŃSKI R., 2010 — Microstructure in soils. *W: Mathematical modelling and analysis in continuum mechanics of microstructured media*: 255–284. Wyd. PŚl., Sosnowiec.
- KACZYŃSKI R., GRABOWSKA-OLSZEWSKA B., 1997 — Soil mechanics of the potentially expansive clays in Poland. *Applied Clay Science*, **11**: 337–355.
- KACZYŃSKI R., TRZCIŃSKI J., 1992 — The physical-mechanical and structural properties of boulder clays of the Vistula Glaciation in the area of Poland. *Geol. Quart.*, **36**, 4: 481–508.
- MATERIAŁY Sesji Jubileuszowej, 2008 — 50 lat geologii inżynierskiej na Uniwersytecie Warszawskim. Wyd. Geologii UW, Warszawa.
- MYŚLIŃSKA E., 1965 — Wpływ warunków sedymentacji i diagenety łąw warwowych zlodowacenia łąrowopolskiego na obszarze Mazowsza na ich włąciwości inżyniersko-geologiczne. *Biul. Geol. UW*, **7**.
- MYŚLIŃSKA E., 1967 — Włąności fizyczno-mechaniczne łąw warwowych zlodowacenia łąrowopolskiego okolic Warszawy na tle ich stratygrafii oraz warunków występowania. *Biul. Geol. Inst. Geol.*, **198**: 151–173.
- MYŚLIŃSKA E., 2001 — Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- PRACE DOKTORSKIE, 1970–2110 — K. Laskowski, R. Czajka, J. Trzcński, M. Barański, I. Gawruczenkow, E. Wójcik, P. Zawrzykraj, A. Pająk-Komorowska, T. Szczepański, A. Bąkowska. Arch. IHiGI, Wyd. Geologii UW, Warszawa.
- PRACE MAGISTERSKIE, 1960–2010 — Arch. IHiGI, Wyd. Geologii UW, Warszawa.

## SUMMARY

The data on typical Polish Oligocene, Miocene and Pliocene clays and Quaternary soils (glacial, fluvial, glaciolacustrine, eolian, marine and organic soils) given in the tables clearly indicate that their characteristics depend chiefly on their origin (sedimentary environment), history (age), load, lithology (grain size distribution and mineral composition) and state (compaction and consolidation). In addition, the variability of parameters is related to the spatial distribution of given genetic types. This paper is a compilation of the results obtained for the particular genetic types of soils over a half century in one laboratory using the same laboratory techniques. It should be emphasized that given parameters are not the average values, calculated or derived, and they show the variability range of the most common parameters, equaling 0,8 ( $R_{\min} - R_{\max}$ ). The presented data set gives a rough esti-

mation of the lowest and the highest range of the values. This may be used for forecasting the values of parameters, mostly in the area of spatial planning. This attempt (a continuation of work initiated by professor L. Wysokiński at the Building Research Institute – ITB) may encourage other laboratories to enlarge the scope of their research. Most likely, in a foreseeable future, a regional approach will be necessary for such a compilation.

Thus, the data given in the tables can be summed up as follows: most of the examined soils represent the foundation subsoil with adequate bearing capacity. The non-bearing grounds are: organic soils, fluvial deposits and eolian dune sands. However, even soils with low bearing capacity, if adequately treated, can serve as a foundation subsoil.