

CHARAKTERYSTYKA SKŁADU MINERALNEGO FRAKCJI IŁOWEJ PÓLNOCNO- I ŚRODKOWOPOLSKICH GLIN LODOWCOWYCH ORAZ ICH PARAMETRÓW GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH NA TERENIE POZNANIA I OKOLIC¹

Dorota Anna KRAWCZYK*

^{*)} Politechnika Poznańska, Instytut Inżynierii Lądowej

Artykuł prezentuje wyniki badań różnowiekowych glin lodowcowych zalegających w podłożu budowlanym północnej części Poznania i okolic. Dla gruntów tych oznaczono cechy fizyczne oraz ich właściwości związane z konsystencją i spoistością, a także scharakteryzowano je pod względem granulometrycznym. Ponadto, przy pomocy analizy rentgenostrukturalnej, przeprowadzono analizę składu mineralnego frakcji iłowej w badanych próbkach glin zwałowych. Wynikiem wyżej wymienionych badań, mających wymiar interdyscyplinarny, jest korelacja cech mineralogicznych (związanych z genezą osadu) morenowych gruntów spoistych z ich parametrami geotechnicznymi.

1. WPROWADZENIE

1.1. Problem badawczy

Fizyczno-mechaniczne właściwości gruntów spoistych zależą m.in. od ich składu mineralnego, a jego rozpoznanie jest jednym z podstawowych elementów przy inżyniersko-geologicznej ocenie tychże gruntów jako podłoża budowlanego [12]. Pomimo to w badaniach spoistych gruntów budowlanych zwykle nie uwzględnia się cech litologicznych, opisując warstwy geotechniczne jedynie wartościami parametrów fizyczno-mechanicznych i klasyfikując grunty na podstawie ogólnego kryterium genetycznego wg Polskiej Normy [14]. Powoduje to często przyjęcie błędnych założeń w prognozowaniu zjawisk mogących zachodzić w gruncie. Istnieje więc potrzeba przeprowadzenia interdyscyplinarnych badań mających na celu prześledzenie zmienności parametrów geotechnicznych gruntów spoistych w zależności od ich genezy.

¹ DOI 10.21008/j.1897-4007.2016.22.06

1.2. Cel badań

Celem badań było powiązanie cech mineralogicznych (związanych z genezą osadu) glin lodowcowych występujących w podłożu budowlanym w północnej części Poznania z ich parametrami geotechnicznymi. Podstawową frakcją kształtującą właściwości gruntów spoistych jest frakcja iłowa, a w szczególności zawarte w niej minerały ilaste zaliczane do krzemianów warstwowych (wykazujące różną intensywność współdziałania z wodą – m.in. w różnym stopniu pęczniące). Dlatego też przeprowadzono identyfikację składu mineralnego glin morenowych w obrębie tej najdrobniejszej frakcji. Celem było zestawienie wyników badań mineralogicznych ze szczegółowym rozpoznaniem cech uziarnienia, właściwości fizycznych oraz parametrów konsystencji i stanu badanych gruntów.

1.3. Przedmiot badań

Glina morenowa (lodowcowa, zwałowa) jako powszechnie występujący osad akumulacji glacialnej na obszarze plajstocenijskich zlodowaceń kontynentalnych jest podstawowym i jedynym utworem świadczącym o obecności lądolodu w miejscu gdzie się ona znajduje [7]. Pod względem genetycznym powszechnie akceptowany jest podział glin [10, 11, 19, 21, 22] na typy zależne od pozycji materiału lodowcowego:

- subglacialna glina bazalna, in. "z odłożenia" (ang. *lodgment till*) – powstaje w środowisku lądowym z aktywnego lodu na skutek odkładania materiału wlezonego pod stopą (podstawą) lodowca, zwykle charakteryzuje się wysokim stopniem konsolidacji, gdyż była długotrwanie, a często też wielokrotnie obciążana przez lądolód
- supraglacialna i inglacialna glina ablacyjna in. „spływowa” (ang. *flow till*) – powstaje po wytopieniu lądolodu i „spłynięciu” mieszaniny wytopionego materiału różnych frakcji na powierzchnię terenu w formie moren czołowych i bocznych
- glina wytopieniowa (ang. *melt-out till*) – powstaje przez wytapianie materiału skalnego i mineralnego ze stagnującego martwego lodu
- subglacialna glina deformacyjna (ang. *deformation till*) – powstaje przez wymieszanie pierwotnych osadów
- glina składana do basenów morskich [7]

Na terenie Poznania i okolic wydziela się, wg Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski [2], sześć różnych poziomów glin zwałowych. Są to gliny zwałowe: zlodowaceń południowopolskich (występujące jedynie w rynnach subglacialnych), zlodowaceń środkowopolskich – Odry i Warty, zlodowaceń północnopolskich – fazy leszczyńskiej i poznańskiej oraz gliny zwałowe moren czołowych fazy poznańskiej. Poszczególne poziomy litostatygraficzne glin różnią się od siebie uziarnieniem, w tym zawartością frakcji iłowej czy eratyków, składem

mineralno-petrograficznym, morfologią ziarn kwarcu (w zakresie obtoczenia, obróbki, mikrorzeźby powierzchni), składem geochemicznym, zawartością węgla wapnia, odczynem, cechami mikrostrukturalnymi [7]. Ponadto na ich różnorodność mają również wpływ procesy postsedymentacyjne, których wynikiem jest m.in. różny stopień konsolidacji.

W ramach prowadzonych badań ustalono zmienność składu mineralnego frakcji iłowej glin morenowych. Teren badawczy stanowiła północna część miasta Poznania oraz obszary z nim graniczące. Szczegółowej analizie mineralogiczno-geotechnicznej poddano gliny zlodowaceń północnopolskich (zarówno fazy leszczyńskiej, jak i poznańskiej) oraz środkowopolskich – zlodowacenia Warty, jako te, które najczęściej odsłaniają się na powierzchni terenu, a co za tym idzie stanowią podłoże budowlane obiektów wznoszonych na Piątkowie, Morasku i w Suchym Lesie.

2. ZAKRES I METODYKA BADAŃ

2.1. Badania terenowe

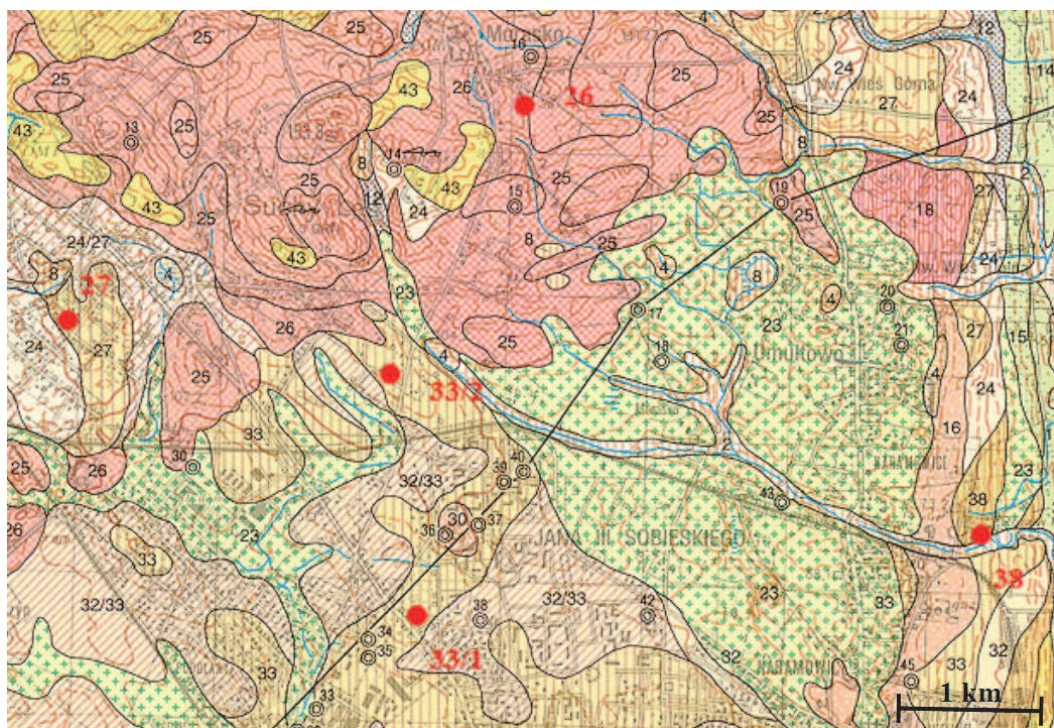
Z sześciu poziomów litostratygraficznych glin lodowcowych występujących w okolicach Poznania [2] do badań wytypowano cztery – te, które względnie często występują w podłożu budowlanym i oznaczono je numeracją zgodną z legendą Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski [2]:

- 26 – gliny zwałowe moren czołowych fazy poznańskiej zlodowaceń północnopolskich,
- 27 – gliny zwałowe fazy poznańskiej zlodowaceń północnopolskich,
- 33 – gliny zwałowe fazy leszczyńskiej zlodowaceń północnopolskich,
- 38 – gliny zwałowe zlodowaceń środkowopolskich – zlodowacenia Warty.

Prace terenowe prowadzone były na 5 poligonach badawczych (rys. 1) dobranych w taki sposób, aby różnowiekowe gliny lodowcowe odsłaniające się na powierzchni uchwycić w możliwie jak najmniejszym oddaleniu od siebie:

- Poznań, Huby Moraskie, ul. Poligonowa/ul. B. Lewandowskiego (26)
- Suchy Las, ul. Sasankowa (27)
- Poznań, ul. Obornicka/ul. Hulewiczów (33/1)
- Suchy Las, ul. Źródlana (33/2)
- Poznań, Różany Młyn, ul. Bożywoja (38)

Wykonano 16 badawczych otworów wiertniczych (o głębokości od 2,0 do 4,0 m p.p.t.) oraz 7 wykopów badawczych. Do badań laboratoryjnych pobrano 55 próbek gruntowych o naturalnej wilgotności (NW) i 14 próbek o nienaruszonej strukturze (NNS). Dokonano rozpoznania makroskopowego podłoża gruntowego w obrębie wszystkich poligonów badawczych oraz sporządzono dzienniki wiertnicze wykonanych otworów.



Rys. 1. Lokalizacja poligonów badawczych na tle fragmentu Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000; arkusz 471 – Poznań (N-33-130-D)

Objaśnienia barw oznaczonych numerami:

- 23 – piaski i żwiry wodnolodowcowe poziomego sandrowego I (złodowacenia północnopolskie, złodowacenie bałtyckie, stadiał leszczyńsko-pomorski, faza poznańska)
- 24 – piaski i żwiry, miejscami głazy (złodowacenia północnopolskie, złodowacenie bałtyckie, stadiał leszczyńsko-pomorski, faza poznańska)
- 25 – piaski i żwiry moren czołowych (złodowacenia północnopolskie, złodowacenie bałtyckie, stadiał leszczyńsko-pomorski, faza poznańska)
- 26 – gliny zwałowe moren czołowych (złodowacenia północnopolskie, złodowacenie bałtyckie, stadiał leszczyńsko-pomorski, faza poznańska)
- 27 – gliny zwałowe (złodowacenia północnopolskie, złodowacenie bałtyckie, stadiał leszczyńsko-pomorski, faza poznańska)
- 30 – piaski i żwiry kemów (złodowacenia północnopolskie, złodowacenie bałtyckie, stadiał leszczyńsko-pomorski, faza leszczyńska)
- 32/33 – piaski lodowcowe na glinach zwałowych (złodowacenia północnopolskie, złodowacenie bałtyckie, stadiał leszczyńsko-pomorski, faza leszczyńska)
- 33 – gliny zwałowe (złodowacenia północnopolskie, złodowacenie bałtyckie, stadiał leszczyńsko-pomorski, faza leszczyńska)
- 38 – gliny zwałowe (złodowacenia środkowopolskie, złodowacenie Warty)

2.2. Badania laboratoryjne – właściwości geologiczno-inżynierskie gruntu

Badania laboratoryjne objęły: analizy granulometryczne (metodą areometryczną oraz metodą sitową), wyznaczenie: wilgotności naturalnej, gęstości obję-

tościowej, granic konsystencji - granicy płynności w aparacie Casagrande'a, granicy plastyczności. Oznaczono stan i konsystencję gruntów, obliczono stopień i wskaźnik plastyczności oraz tzw. wilgotność krytyczną, dokonano interpretacji aktywności koloidalnej gruntów. Wszystkie te badania wykonane zostały zgodnie z wytycznymi polskiego systemu normalizacyjnego [16]. Ponadto metodą obliczeniową wyznaczono wartości pochodnych cech fizycznych gruntów, tj. gęstości objętościowej szkieletu gruntowego, porowatości i wskaźnika porowatości, stopnia wilgotności i wilgotności całkowitej – wg zasad normy [16]. W celu identyfikacji facjalnej i wnioskowania o procesach postsedymentacyjnych na podstawie analizy granulometrycznej określono również wskaźniki ilastości (V_i), pylastości (V_p) i spławialności (V_s) wg metody Karczewskiego [4].

2.3. Analiza rentgenostrukturalna frakcji iłowej – skład mineralny

Z badanych glin lodowcowych, po odseparowaniu frakcji iłowej, przy pomocy metody rentgenostrukturalnej - wykonana została analiza składu mineralnego tejże frakcji. Do badań wytypowano 7 próbek gruntowych. Próbkę nr 26 i 27 stanowiły gliny fazy poznańskiej, przy czym pierwsza z nich pobrana została w obrębie moreny czołowej, druga zaś moreny dennej. Do badań wytypowano również 4 próbki glin fazy leszczyńskiej z dwóch różnych poligonów badawczych – nr 33 a, b, c, d. W celu zestawienia uzyskanych wyników ze składem mineralnym utworów starszych ostatnią próbkę (nr 38) pobrano z glin zlodowacenia Warty, tzw. glin „szarych”.

W skład szkieletu ziarnowego gruntów spoistych wchodzi:

- okruchy skalne i minerały pierwotne (koncentrujące się głównie we frakcji piaskowej i pyłowej, a także żwirowej)
- minerały wtórne – głównie minerały ilaste (koncentrujące się we frakcji iłowej)
- węglany, gips i inne sole mineralne
- substancja organiczna (humusowa)

Wszystkie te składniki mają wpływ na cechy fizyczno-mechaniczne gruntów spoistych. Podstawową jednak frakcją kształtującą właściwości tychże gruntów jest frakcja iłowa i zawarte w niej minerały ilaste zaliczane do krzemianów warstwowych. We frakcji iłowej często koncentrują się także związki żelaza i glinu oraz krzemionka bezpostaciowa.

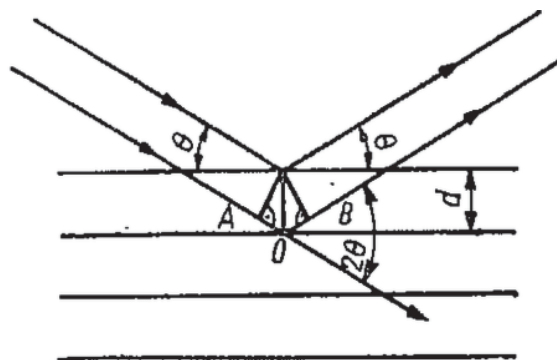
Minerały ilaste to grupa minerałów będących uwodnionymi glinokrzemianami glinu, niekiedy magnezu o budowie warstwowej lub rzadziej warstwowo-wstęgowej i rozmiarach ziaren najczęściej nie przekraczających 2 μm . Zróżnicowana budowa wewnętrzna minerałów ilastych jest powodem zmienności wielu cech fizyczno-mechanicznych gruntów spoistych.

Do identyfikacji składu mineralnego frakcji iłowej zastosowano proszkową analizę rentgenowską przy użyciu rentgenografu (rys. 2), a do opracowania dyfraktogramów i analizy jakościowej specjalistyczne oprogramowanie WinXRD.



Rys. 2. Szwajcarski rentgenograf Thermo Electron, model ARL X'tra w laboratorium rentgenografii strukturalnej (XRD) Instytutu Geologii

Analiza rentgenostrukturalna ma podstawowe znaczenie, zarówno dla identyfikacji minerałów, jak i badania ich struktury. Wykorzystuje się w niej zjawisko dyfrakcji (ugięcia fali) promieniowania rentgenowskiego przy przejściu przez substancje krystaliczne. Dyfrakcja stosowana jest do badania obiektów o niewielkich rozmiarach (w tym minerałów we frakcji ilowej). Kryształy dowolnej substancji składają się z atomów ułożonych w przestrzeni w stały i określony sposób tak, że zawsze można znaleźć system atomów ułożonych w jednej płaszczyźnie. Odległości między tymi płaszczyznami w siatce krystalograficznej są charakterystyczne dla danego rodzaju minerału. Znaczy to, że siatka krystalograficzna staje się pewnego rodzaju siatką dyfrakcyjną dla promieni rentgenowskich (rys. 3). Jeżeli na układ ten pada np. wiązka równoległych promieni rentgenowskich, to na każdej z płaszczyzn ulega ona odbiciu. Promień odbity tylko wtedy osiągnie określone natężenie, gdy promień pierwotny będzie padał pod ściśle określonym kątem (Θ), takim by fale odbite od kolejno następujących po sobie płaszczyzn sieciowych mogły się wzmacnić przez interferencję.



Rys. 3. Odbicie promieni rentgenowskich od równoległych płaszczyzn sieciowych [1]
 Θ – kąt padania i odbłyśnięcia promieni rentgenowskich
 d – odstęp między płaszczyznami sieciowymi

W celu identyfikacji minerałów ilastych za pomocą promieni rentgenowskich stosuje się tzw. metodę proszkową. Metoda ta polega na roztarciu badanej substancji na drobny proszek złożony ze zorientowanych w różnych kierunkach kryształów i oświetleniu go monochromatycznymi promieniami rentgenowskimi. Wśród tych kryształów zawsze znajdują się takie, których płaszczyzna będzie tworzyć z padającymi promieniami kąt, przy którym będzie zachodzić interferencyjne odbicie promieni rentgenowskich, a więc będą spełnione warunki równania Wulfa-Bragga (2.1).

$$n\lambda = 2d_{hkl}\sin\theta \quad (2.1)$$

λ – długość fali użytego promieniowania,

θ – kąt odbłyску, tj. kąt zawarty między promieniem padającym a płaszczyznami, na których zachodzi ugięcie,

d_{hkl} – odstęp między równoległymi płaszczyznami sieciowymi o wskaźnikach h,k,l

n – liczba całkowita.

Dla zwiększenia dokładności wyników i pewności interpretacyjnej, w przypadku analizy minerałów ilastych, preparat do badań rentgenowskich przygotowuje się na trzy sposoby: suszy się go do stanu powietrzno-suchego (rys. 6, linia czarna), nasycy się go glikolem etylenowym (rys. 6, linia niebieska) oraz praży przez godzinę w temperaturze np. 500-600°C (rys. 6, linia czerwona). Przykładem zastosowania takiej specjalnej preparatyki mogą być minerały z grupy smektytów (choćby montmorillonit), które nasycone przed badaniem glikolem etylenu wykazują zmianę odległości $d(001)$, czego nie obserwujemy w minerałach z innych grup (kaolinitu, łuszczyków).

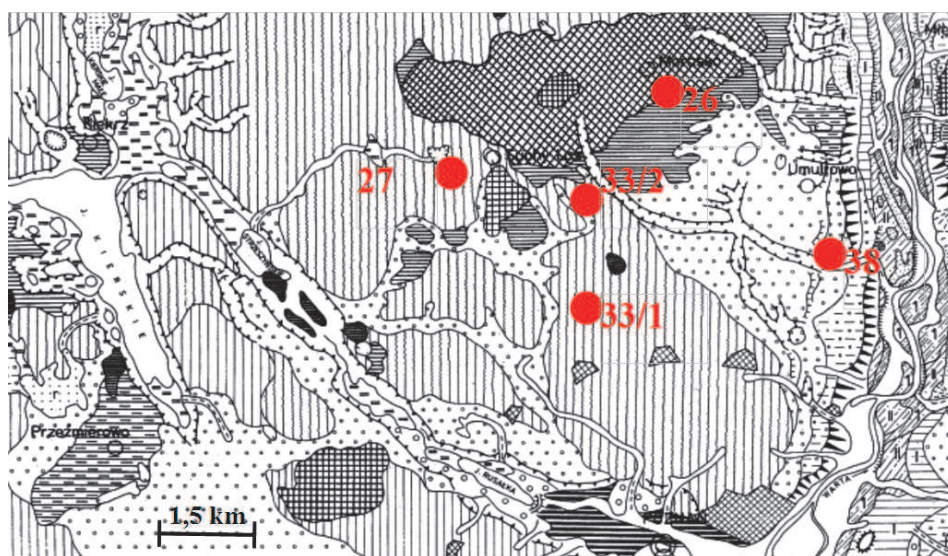
Wyniki badań rentgenowskich dla minerałów ilastych wykazały dotychczas większe zróżnicowanie regionalne niż stratygraficzne. Zmienność regionalna powodowana jest głównie zróżnicowaniem rodzajów skał podłoża egzarowanego przez łądolód oraz różną intensywnością procesów wietrzeniowych. Główne różnice stratygraficzne obserwuje się w składzie minerałów ilastych glin morenowych złodowaceń północnopolskich w stosunku do glin starszych [20].

3. BUDOWA GEOLOGICZNA TERENU BADAŃ

Obszar badań w większości położony jest na wysoczyźnie morenowej o charakterze falistym, o wysokościach względnych 2-5 m i nachyleniu ok. 5° (rys. 4). Poligon badawczy 26 zlokalizowany jest w obrębie wzgórz morenowych o charakterze spiętrzonego. Najstarsze badane grunty - gliny złodowacenia Warty odsłaniają się w dolinie rzecznej (poligon 38 położony jest na tarasie kemowym).

Na terenie północnej części aglomeracji poznańskiej, gdzie położony jest obszar badań, budowa geologiczna jest dość dobrze rozpoznana i udokumentowana, m.in. otworami wiertniczymi wykonanymi w trakcie realizacji Szczegó-

łowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Poznań [2]. Obszar badań leży w północnej części tego arkusza, gdzie w spągu utworów czwartorzędowych zalegają osady neogenu: miocenska formacja burowęglowa wykształcona w formie piasków, mułków, ilów i węgla brunatnego, a na niej pliocenska formacja ilów pstrych poznańskich wykształcona w formie ilów, mułków, a miejscami piasków (rys. 5). Na nich bezpośrednio leżą osady plejstocenske. Strop utworów podczwartorzędowych zalega na omawianym obszarze na głębokości od 30 do 60 m p.p.t. [2].

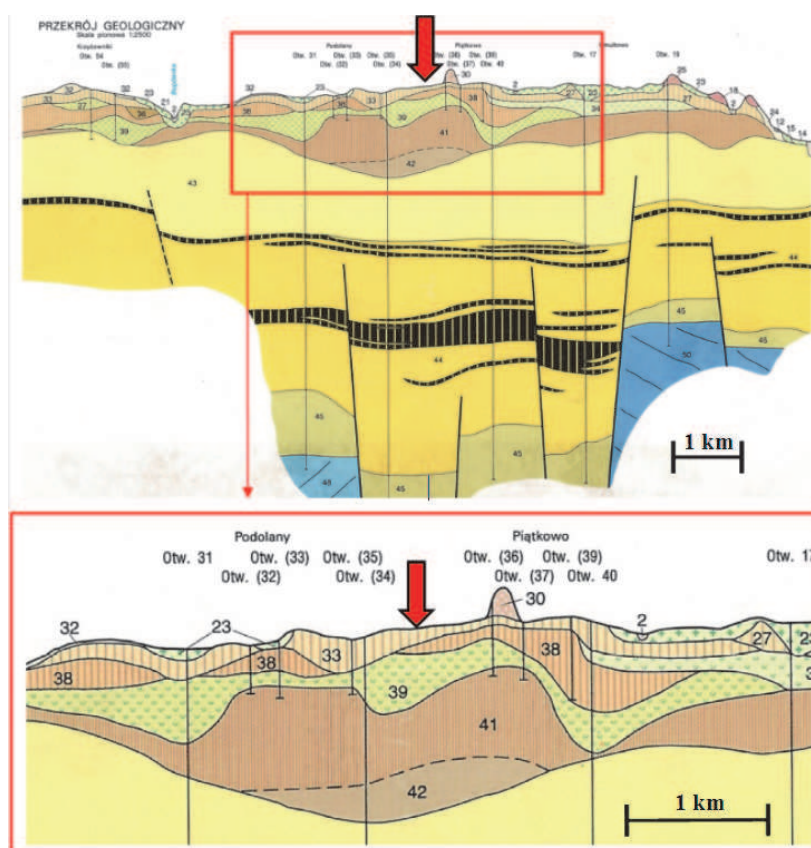


Rys. 4. Lokalizacja terenu badań na tle szkicu geomorfologicznego

Gliny zwałowe zlodowaceń środkowopolskich – zlodowacenia Odry zalegają dość zwartym pokładem bezpośrednio na utworach neogeńskich lub na glinach starszej generacji (rys. 5). Nad nimi występują piaski i żwiry wodnolodowcowe interglacjału mazowieckiego, o miąższości do 22 m.

Gliny zwałowe zlodowaceń środkowopolskich – zlodowacenia Warty (38) zalegają płatowo na glinach tzw. dolnych lub na utworach międzyglinowych rozdzielających te dwa pokłady morenowe od siebie. Górne gliny zwałowe osiągnęły miąższość do 28 m, na ogół jednak jest ona znacznie mniejsza niż glin dolnych. Na obszarze arkusza Poznań gliny te odsłaniają się na powierzchni terenu – np. w obrębie poligonu badawczego Poznań, Różany Młyn, ul. Bożywoja (38) (rys. 1). Sedymentację okresu zlodowaceń środkowopolskich kończą piaski i żwiry wodnolodowcowe, które występują lokalnie w obrębie wzgórz, a więc mogą mieć charakter kemowy.

Do najstarszych osadów plejstocenskich należą gliny zwałowe zlodowaceń południowopolskich. Na obszarze arkusza Poznań występują one jedynie w obrębie subglacialnych rynien rozcinających utwory trzeciorzędowe, lokalnie nawet do miocenskiej formacji burowęglowej (rys. 5). Są to gliny ilaste, ciemnoszare, o dużej zwężności i zawierające wkładki węgla brunatnego.



Rys. 5. Obszar badań na tle fragmentu przekroju geologicznego ze Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000; arkusz 471 – Poznań (N-33-130-D)

Objaśnienia barw oznaczonych numerami:

39 – piaski i żwiry wodnolodowcowe (złodowacenia środkowopolskie, złod. Odry)

41 – gliny zwałowe (złodowacenia środkowopolskie, złodowacenie Odry)

42 – gliny zwałowe (złodowacenia południowopolskie)

* pozostałe objaśnienia jak dla rys. 1

Utwory lodowcowe i wodnolodowcowe z okresu ostatniego zlodowacenia (bałtyckiego) rozdzielono na fazy leszczyńską i poznańską. Gliny zwałowe obu tych faz odsłaniają się na dużym obszarze arkusza Poznań, a co za tym idzie względnie często stanowią podłoże budowlane (rys. 1). Gliny lodowcowe fazy leszczyńskiej (33) są silnie piaszczyste (68-74%), barwy żółtej. Ich miąższość wynosi zwykle 3–5 m, a miejscami dochodzi do 12 m. Gliny fazy poznańskiej natomiast występują tu w dwóch formach: w obrębie moreny czołowej – strefy wzgórz powstałych przez glacitektoniczne spiętrzenie utworów neogeńskich (26) oraz moreny dennej, falistej tworząc liczne pagórki i wzgórza o wysokościach względnych 5–15 m [2].

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. Właściwości geologiczno-inżynierskie

Wszystkie przebadane próbki gruntowe wg polskiego systemu normalizacyjnego [14] pod względem granulometrycznym zaliczone zostały do glin. We-

dług norm europejskich [17] mamy do czynienia zarówno z piaskami, pyłami, jak i iłami. Gliny zwałowe fazy leszczyńskiej (próbki 33 a, b, c, d) wykazują największą zawartość frakcji piaszkowej (68-74% wg PN i 65-71% wg ISO) – wykształcone są w postaci glin piaszczystych (Gp) lub piasków ilastych (clSa) (tab. 1). Grunty morenowe (zarówno moren czołowych, jak i dennych) związane z fazą poznańską wykazują znacznie mniejszą zawartość piasku (59-62% wg PN i 56-59% wg ISO), na korzyść frakcji drobniejszych, szczególnie frakcji iłowej. Pomimo to klasyfikujemy je również jako gliny piaszczyste (Gp) lub pyły ilasto-piaszczyste (saclSi) i ły piaszczyste (saCl). Charakteryzują się one również największą domieszką żwiru. Gliny zlodowacenia Warty (najstarsze z przebadanych utworów) charakteryzują się największą zawartością frakcji pyłowej (31% wg PN i 33% wg ISO) – wykształcone są głównie w postaci glin (G) lub łów pylasto-piaszczystych (sasiCl). Odbiegają one barwą od młodszych utworów – są ciemnoszare, podczas gdy pozostałe próbki gruntowe wykazywały barwy brunatne i żółto-brunatne.

Wskaźniki ilastości zawarte w przedziale od 0,12 do 0,22 świadczą o facjalnym zróżnicowaniu glin. Najwyższe wartości V_i wykazują gliny fazy poznańskiej pobrane w obrębie moreny czołowej. Mogłoby to wskazywać na spiętrzony charakter owej moreny. Wartości wskaźnika ilastości dla glin ablacyjnych, spływowych oscylują zwykle w granicach od 0,08 do 0,10. Wyjątkowo wysoka wartość omawianego parametru (0,22) może być również spowodowana domieszkami łów miopliocenijskich serii poznańskiej, które w obrębie moreny spiętrzonej występują w formie kier, łusek i porwaków. Wartość wskaźnika ilastości dla próbki nr 27 wynosi 0,15, co odpowiada dokładnie danym literaturowym dla glin bazalnych zlodowacenia bałtyckiego stadiału poznańskiego. Omawiany parametr wykazuje większe zróżnicowanie facjalne niż stratygraficzne, w związku z tym gliny „z odłożenia” starszych generacji wykazują zbliżone wartości V_i (gliny fazy leszczyńskiej – średnio 0,14, a zlodowacenia Warty – 0,12).

Wskaźniki frakcji pyłowej (tab. 1), ilustrujące procesy kruszenia i ścierania lodowcowego, a co za tym idzie świadczące o dojrzałości osadu, wykazują duże zróżnicowanie. Najwyższa wartość cechuje gliny najstarsze, najniższa zaś piaszczyste gliny fazy leszczyńskiej (średnia wartość $V_{\pi}=0,19$). Gliny fazy poznańskiej cechują się bardzo zbliżonymi wartościami omawianego parametru ($V_{\pi} = 0,27-0,30$) bez względu na fację, co świadczyłoby o podobnej drodze i długości transportu materiału skalnego, z którego są zbudowane.

Najwyższą gęstość właściwą wykazują grunty o największej zawartości frakcji iłowej (tj. gliny zwałowe moren czołowych fazy poznańskiej). Omawiany parametr dla pozostałych badanych gruntów wynosi $\rho_s = 2,67-2,68$ [g/cm³].

Tab. 1. Właściwości geologiczno-inżynierskie badanych próbek gruntowych

Oznaczenie próbki	Cechy uziarnienia wg PN-89B-02480				Cechy uziarnienia wg P-N-BN-ISO 14688							Podstawowe cechy fizyczne			Różniczne cechy fizyczne - zmierzane z powolną osiadłością					Różniczne cechy fizyczne - zmierzane z powolną osiadłością				Właściwości gruntów związane z konsystencją i sprężalnością				
	Rodzaj gruntu	Zawartość frakcji kamienistej f_{10} [%]	Zawartość frakcji żwirowej f_{20} [%]	Zawartość frakcji piaszczowej f_{60} [%]	Zawartość frakcji pyłowej f_{200} [%]	Zawartość frakcji ilowej f_{cl} [%]	Rodzaj gruntu	Zawartość frakcji b. gruboziarnistych Co+Bo+LBo [%]	Zawartość żwiru Gr [%]	Zawartość piasku Sa [%]	Zawartość pyłu Si [%]	Zawartość ilu Ci [%]	Wilgotność naturalna w_n [%]	Gęstość właściwa ρ_s [g/cm ³]	Gęstość objętościowa ρ [g/cm ³]	Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego ρ_s [g/cm ³]	Porowatość n [%]	Wskaźnik porowatości e [-]	Stopień wilgotności S_r [-]	Wilgotność całkowita w [%]	Granica plastyczności w_p [%]	Granica płynności w_L [%]	Wskaźnik plastyczności I_p [%]	Stopień plastyczności I_c [-]	Konsystencja i stan	Aktywność koloidalna A [-]	Rodzaj gruntu pod względem aktywności	Wilgotność krytyczna w_c [%]
26	głina piaszczysta (Gp)	0,0	2,0	69,0	21,0	18,0	II piaszczysty (SdCl)	0,0	2,0	66,0	26,0	18,0	16,90	2,69	2,040	1,746	35,13	0,64	0,84	20,13	12,60	30,68	17,98	0,239	plastyczna twardoplastyczna (bt)	1,00	grunt nieaktywny	21,59
27	głina piaszczysta (Gp)	0,0	2,0	62,0	23,0	13,0	III piaszczysto-piaszczysty (SdClS)	0,0	2,0	69,0	26,0	13,0	14,67	2,88	2,025	1,796	34,11	0,62	0,76	19,31	11,86	19,31	2,00	0,378	plastyczna twardoplastyczna (bt)	4,54	grunt nieaktywny	28,50
33a	głina piaszczysta (Gp)	0,0	1,0	69,0	20,0	11,0	II azdek ilasty (cl Sa)	0,0	1,0	66,0	25,0	11,0	16,90	2,67	2,095	1,790	34,07	0,62	0,81	19,39	11,14	18,95	2,00	0,602	plastyczna miękkoplastyczna (mpI)	5,64	grunt nieaktywny	31,00
33b	głina piaszczysta (Gp)	0,0	1,0	71,0	12,0	16,0	II azdek ilasty (cl Sa)	0,0	1,0	68,0	17,0	16,0	14,99	2,88	2,090	1,819	32,12	0,47	0,94	17,86	12,39	21,92	1,00	0,263	plastyczna twardoplastyczna (bt)	4,25	grunt nieaktywny	34,00
33c	głina piaszczysta (Gp)	0,0	1,0	69,0	17,0	13,0	II azdek ilasty (cl Sa)	0,0	1,0	66,0	22,0	13,0	14,99	2,67	2,110	1,867	31,22	0,46	0,88	17,00	11,80	20,41	1,00	0,369	plastyczna twardoplastyczna (bt)	6,46	grunt nieaktywny	36,60
33d	głina piaszczysta (Gp)	0,0	1,5	74,0	13,5	11,0	II azdek ilasty (cl Sa)	0,0	1,5	71,0	19,5	11,0	14,29	2,67	2,145	1,877	29,71	0,42	0,90	16,83	12,50	19,78	1,00	0,246	plastyczna twardoplastyczna (bt)	6,27	grunt nieaktywny	34,50
38	głina (G)	0,0	0,0	69,0	31,0	11,0	III piaszczysto-piaszczysty (SdClS)	0,0	0,0	66,0	33,0	11,0	16,33	2,67	2,030	1,790	34,08	0,62	0,79	19,39	11,48	19,92	1,50	0,466	plastyczna twardoplastyczna (bt)	6,73	grunt nieaktywny	37,00

Współczynnik porowatości badanych gruntów stanowiący ważny wskaźnik struktury osadu waha się w szerokich granicach od 29,71 do 35,13%. Najwyższą wartość omawianego parametru wykazują ponownie gliny najmłodsze – fazy poznańskiej. Jest to w sposób oczywisty związane z wiekiem utworów lodowcowych, a co za tym idzie ze stopniem ich diagenety. Przy czym próbki grunto-we pobrane w obrębie moreny spiętrzanej (próbka nr 26), jako te o największej zawartości frakcji ilowej, wykazują większą wartość współczynnika porowatości niż gliny tego samego wieku pobrane w obrębie moreny dennej (próbka 27). Porowatość glin fazy leszczyńskiej jest bardzo zmienna ($n = 29,71 - 34,07 \%$), co wynika z dużego zróżnicowania strukturalnego tych utworów (liczne wkładki piaszczyste, kongrecje węglanowe, wytrącenia pirytu). Porowatość glin „szarych”, a więc najstarszych w niniejszym zestawieniu jest zaskakująco wysoka ($n = 34,08 \%$), co wytłumaczyć można dużą zawartością ogólnie frakcji drobnych (wskaźnik spławialności na poziomie 0,54).

4.2. Wyniki analizy rentgenostrukturalnej

Wynikiem analizy rentgenostrukturalnej jest rentgenogram (in. *dyfraktogram rentgenowski*) rejestrowany w postaci wykresu intensywności ugiętego promieniowania rentgenowskiego (intensywności wiązek dyfrakcyjnych) w zależności od kąta odbłyску (Θ) (rys. 6).

Interpretacja dyfraktogramów nie jest prosta, szczególnie w próbkach poli-mineralnych. Większość próbek mineralnych, z jakimi spotykamy się w laboratoriach gruntoznawczych jest mieszaniną faz krystalicznych różnych minerałów. Podczas badania takich mieszanin każdy kryształ daje swój oryginalny rentgenogram. Rentgenogram mieszaniny jest więc sumą nakładających się na siebie rentgenogramów wszystkich faz krystalicznych zawartych w proszku, co znacznie utrudnia identyfikację poszczególnych minerałów.

Tab. 2. Wartości d (Å) pierwszego refleksu niskokątowego krzemianów warstwowych

Minerał		W stanie powietrzno-suchym	Po nasyceniu glikolem etylenowym	Po wyprażeniu (1h)	
				300-350°C	500-600°C
1		2	3	4	5
Grupa kaolinitu	oprócz haloizytu – 7 Å	7	7	7	znika
	haloizyt – 10 Å	10	11	7	znika
Smektyty	smektyt – Na	12,5	17	10	10
	smektyt – Mg, – Ca	15	17	10	10
Wermikulyty	wermikulit – Na	12,5	14,5	10	10
	wermikulit – Mg, – Ca	14,5	14,5	10	10

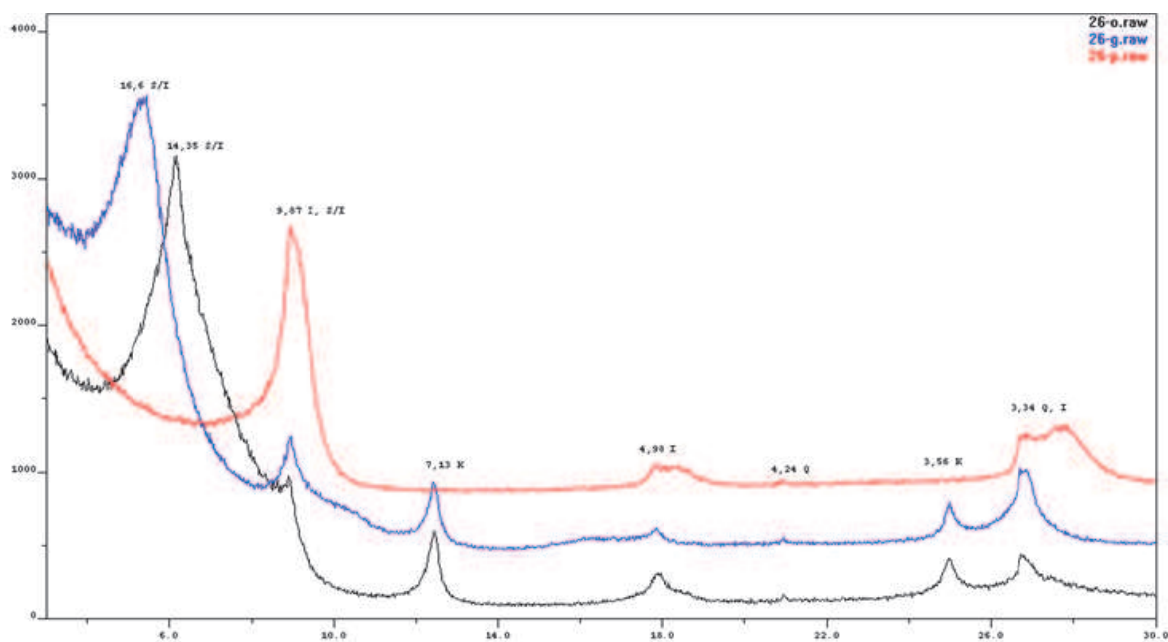
Cd. tabeli 2

1		2	3	4	5
Grupa mik i illit		10	10	10	10
Grupa chlorytu	chloryty pęczniejące	14	16-17	14	14
	chloryty kolapsujące	14	14	10	10

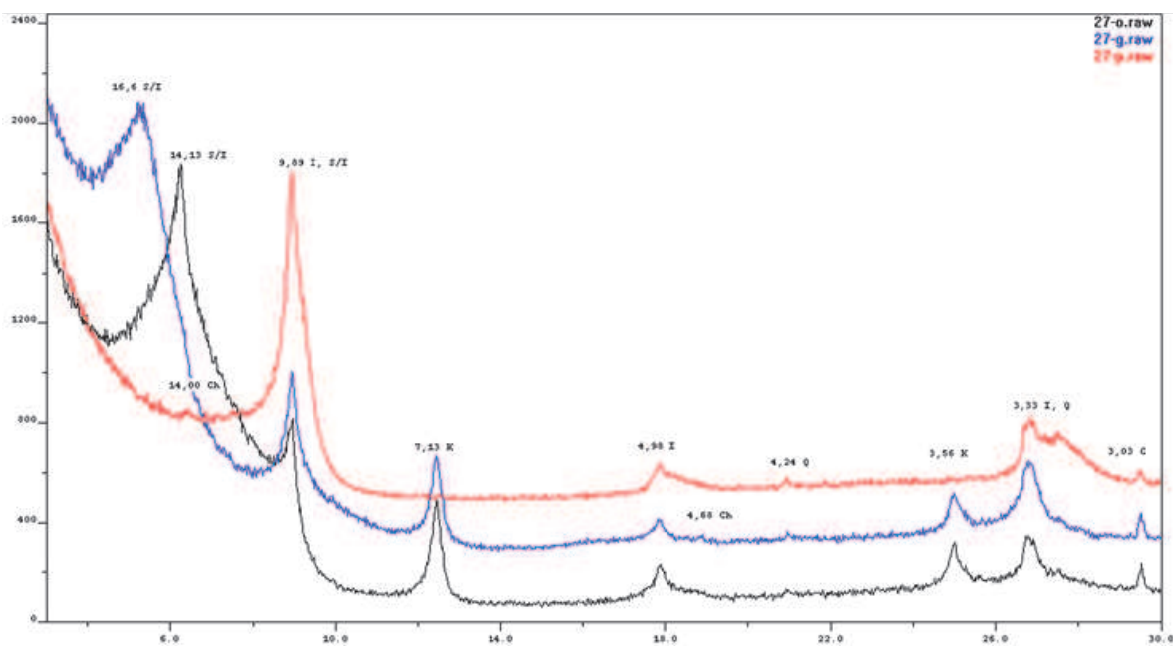
Interpretacja dyfraktogramu polega na odczytaniu wartości kąta ugięcia z osi rzędnych dla najwyraźniejszych pików, które odpowiadają poszczególnym wiązkom interferencyjnym, pochodzącym od określonych płaszczyzn sieciowych kryształu. Wartość tę można przeliczyć (korzystając z równania Wulfa-Bragga) na wielkość d , a więc na odległości międzypłaszczyznowe charakterystyczne dla danego minerału. Mając dane odległości oraz odpowiadające im intensywności można przystąpić do właściwej identyfikacji badanej substancji. Przeprowadza się ją przez porównywanie uzyskanych wyników z tabelarycznymi zbiorami danych wartości d_{hkl} i intensywności (I) substancji wzorcowych (np. Inorganic Index to the Powder Diffraction File, ASTM, 1967). Główną cechą identyfikacyjną każdej substancji jest wyrażona w angstromach lub w nanometrach wartość odstepu sieciowego obliczona dla podstawowej odległości płaszczyznowej $d_{(001)}$ – w przypadku preparatów orientowanych lub trzech najsilniejszych linii na rentgenogramie w przypadku preparatów nieorientowanych (tab. 2) [1].

Wzorzec składu mineralnego frakcji ilastej dla większości mineralnych gruntów czwartorzędowych Polski (zwłaszcza glin zwałowych) wskazuje jako główne minerały montmorillonit oraz minerały z grupy mik (głównie illit), a także, jako niewielką domieszkę, kaolinit [7].

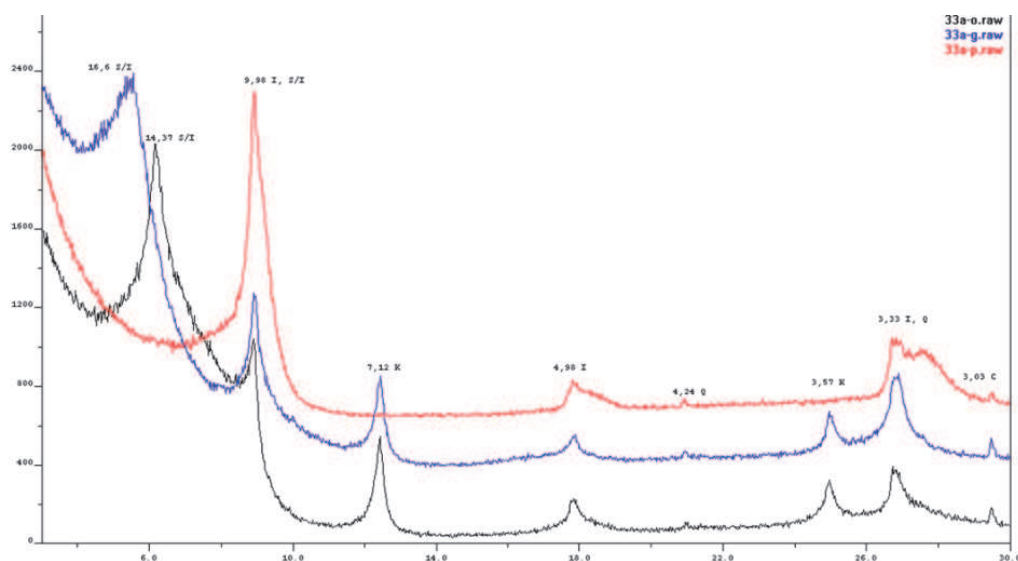
Wstępne oszacowanie zróżnicowania składu mineralnego różnowiekowych glin lodowcowych okolic Poznania oparte na zamieszczonych rentgenogramach (rys. 6) potwierdza w/w informacje. Głównym minerałem jest illit (łyszczyk diagnozowany na podstawie refleksu o wartości d wynoszącej ok. 10 Å), kaolinit, dla którego diagnostyczny jest widoczny na dyfraktogramach rentgenowskich refleks ok. 7 Å oraz minerały mieszano-pakietowe smektyt/illit. Zawartość wermikulitu w próbce gliny zlodowaceń środkowopolskich odróżnia ją od glin młodszej generacji. Te zaś (np. próbka 27) wykazują zawartość chlorytu.



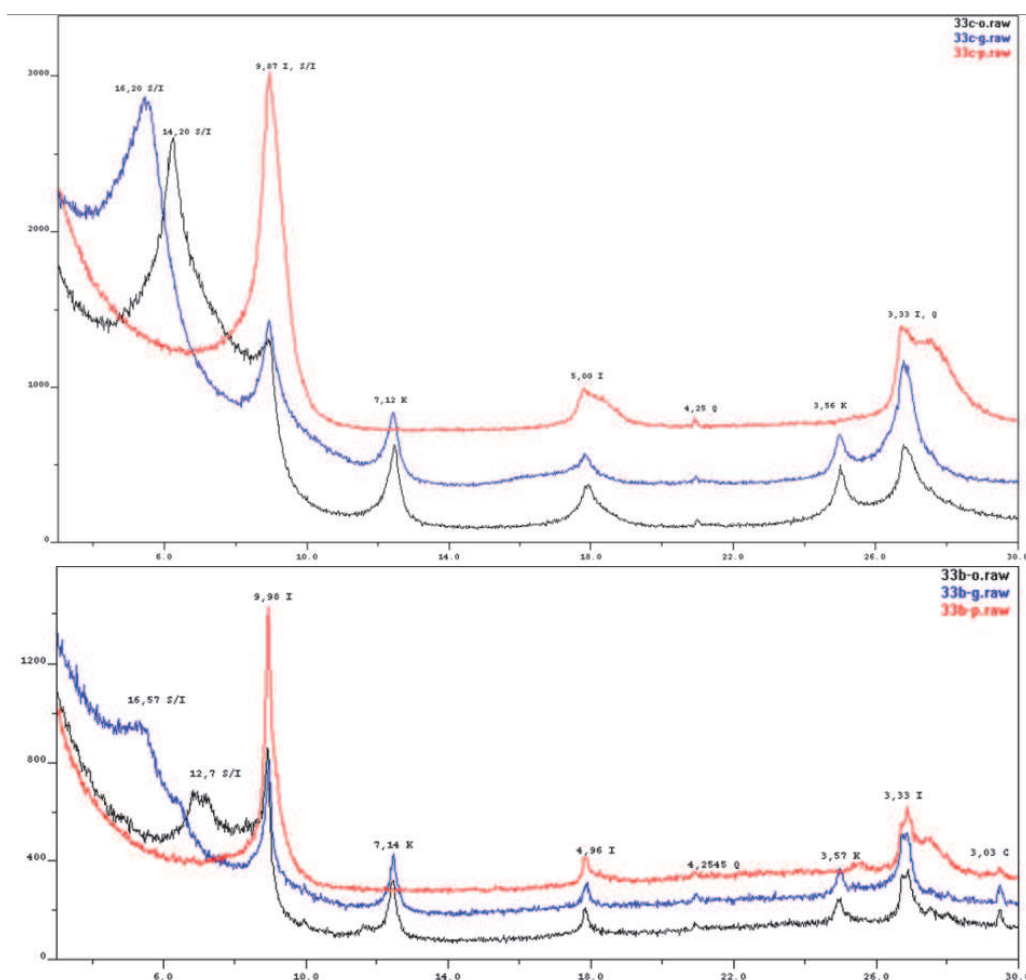
Rys. 6a. Skład mineralny frakcji iłowej z glin lodowcowych okolic Poznania zapisany na rentgenogramach (26 – próbka gliny zwałowej zlodowacenia północnopolskiego)



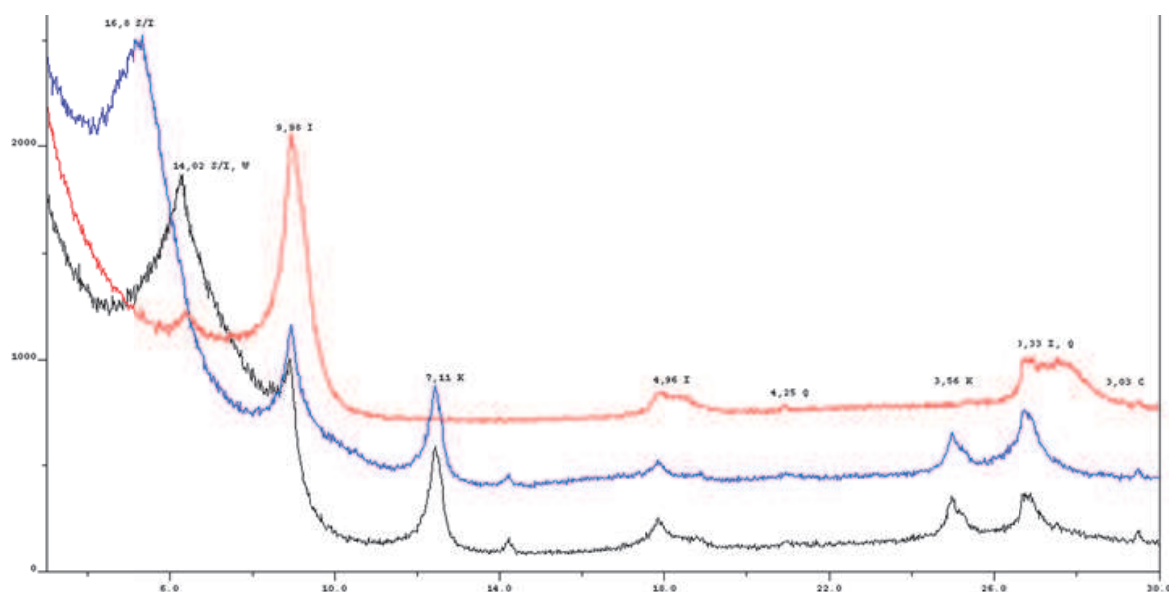
Rys. 6b. Skład mineralny frakcji iłowej z glin lodowcowych okolic Poznania zapisany na rentgenogramach (27 – próbka gliny zwałowej moren czołowych zlodowacenia północnopolskiego)



Rys. 6c. Skład mineralny frakcji iłowej z glin lodowcowych okolic Poznania zapisany na rentgenogramach (33a, b – próbki glin fazy leszczyńskiej zlodowacenia północnopolskiego pobrane na poligonie badawczym Poznań, ul. Obornicka/ul. Hulewiczów)



Rys. 6d. Skład mineralny frakcji iłowej z glin lodowcowych okolic Poznania zapisany na rentgenogramach (33c, d – próbki glin fazy leszczyńskiej)



Rys. 6e. Skład mineralny frakcji iłowej z glin lodowcowych okolic Poznania zapisany na rentgenogramach (38 – próbka gliny zwałowej zlodowacenia Warty)

Głównym minerałem stwierdzonym we wszystkich przebadanych próbkach gruntowych jest kaolinit (tab. 3). Minerale z grupy kaolinitu (kaolinit, dickit, nakryt, haloizyt) mają pakiety typu 1:1 (jedna warstwa tetraedryczna jest połączona z jedną warstwą oktaedryczną). Tak więc, dwie powierzchnie sąsiednich pakietów są obsadzone z jednej strony atomami tlenu, a z drugiej grupami wodorotlenowymi, co powoduje istnienie silnych wiązań międzypakietami. Uniemożliwiony jest więc dostęp wody między pakiety, która może tylko zwilżać powierzchnie kryształów. W wyniku tego minerały grupy kaolinitu są w stosunku do innych minerałów ilastych najmniej hydrofilne. Grunty zawierające minerały z grupy kaolinitu wykazują zwykle niską wilgotność i plastyczność, małe pęcznienie i ściśliwość.

Wszystkie próbki badanych różnowiekowych glin zawierają illit, należący do grupy mik (in. łyszczyków). Łyszczyki (illit, glaukonit, seladonit) mają budowę pakietów typu 2:1. Oznacza to, że jedna warstwa oktaedryczna jest zamknięta między dwiema warstwami tetraedrycznymi, co powoduje, że powierzchnie dwóch sąsiednich pakietów, obsadzone atomami tlenu mogłyby się odpychać, a odległość między pakietami mogłaby się zmieniać, tak jak to się dzieje w minerałach grupy smektytu. Jednak obecność dużych jonów potasu (K^+) w przestrzeniach międzypakietowych powoduje ich unieruchomienie. Częściowe wylugowanie tych jonów i zastąpienie ich wodą powoduje, że minerały te charakteryzują się hydrofilnością pośrednią w stosunku do montmorillonitów i kaolinitów. Tak więc, takie właściwości jak zdolność do pęcznienia, plastyczność, ściśliwość w gruntach zawierających minerały z grupy łyszczyków są wyższe niż w gruntach kaolinitowych, a niższe niż w montmorillonitowych.

W przeprowadzonych badaniach glin lodowcowych nie stwierdzono czystych minerałów z grupy **smektytu** (np. montmorillonitu), będących najbardziej aktywnymi minerałami ilastymi. Zidentyfikowano jedynie (i to we wszystkich próbkach) minerały mieszanopakietowe smektyt/illit. Są to substancje o strukturze złożonej z przewarstwiających się pakietów niepęczniejących typu łyśczyków oraz pakietów pęczniejących typu smektytu. Ważną cechą minerałów mieszanopakietowych jest zdolność wymiany kationów na pozycjach wymiennych. Stwarza to możliwość modyfikowania ich właściwości jako składników gruntów budowlanych.

W próbce glin zlodowceń środkowopolskich (próbka nr 38) zidentyfikowano zawartość **wermikulitu**. Jest to minerał, który strukturalnie charakteryzuje pakiet o budowie 2:1 i pewne podobieństwo w budowie do smektytu, a także do talku. Między pakietami znajdują się jednak cząsteczki H₂O i kationy międzypakietowe, którymi najczęściej są Ca, Na i Mg. W związku z powyższym nie okazują właściwości pęczniejących, lecz jedynie zdolność sorbowania kationów oraz tworzenia połączeń kompleksowych ze związkami organicznymi.

W glinach bazalnych zlodowacenia północnopolskiego stwierdzono występowanie **chlorytu**. Jest to minerał o strukturze typu 2:1:1, co oznacza, że pomiędzy pakietami typu 2:1 zawiera on dodatkową warstwę oktaedryczną. Taka specyficzna budowa wewnętrzna sprawia, że wyróżniamy zarówno chloryty pęczniejące, jak i kolapsujące.

Tab. 3 Skład mineralny frakcji iłowej w próbkach badanych glin lodowcowych

Oznaczenie próbki	Minerały ilaste	Inne minerały we frakcji ilastej
26	minerały mieszanopakietowe smektyt/illit, illit, kaolinit	kwarc, bytownit (plagioklaz)
27	minerały mieszanopakietowe smektyt/illit, illit, kaolinit, chloryt	kwarc, kalcyt, anortyt (plagioklaz)
33a	minerały mieszanopakietowe smektyt/illit, illit, kaolinit	kwarc, kalcyt, dolomit, anortyt (plagioklaz)
33b	minerały mieszanopakietowe smektyt/illit, illit, kaolinit	kwarc, kalcyt, bytownit (plagioklaz)
33c	minerały mieszanopakietowe smektyt/illit, illit, kaolinit	kwarc, anortyt (plagioklaz)
33d	minerały mieszanopakietowe smektyt/illit, illit, kaolinit	kwarc, anortyt (plagioklaz)
38	minerały mieszanopakietowe smektyt/illit, illit, kaolinit, wermikulit	kwarc, kalcyt, amfibol, anortyt (plagioklaz)

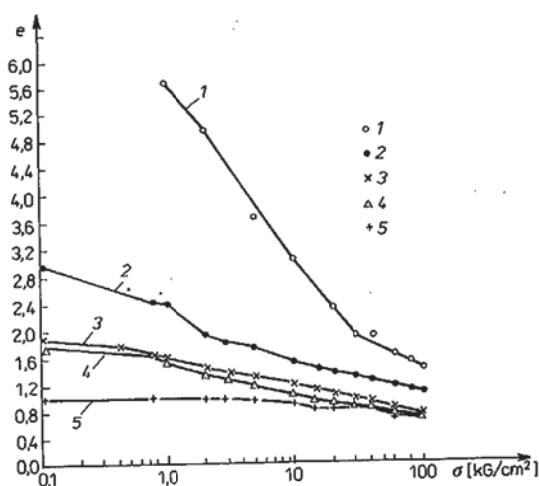
Poza minerałami ilastymi w najdrobniejszej frakcji wszystkie badane gliny zawierają kwarc i minerały z grupy plagioklazów (są to plagioklasy wapniowe, głównie anortyt i bytownit). Część z próbek wykazała również obecność krystalicznego kalcytu, który zwiększa ich spoistość pozorną. Są to próbki glin bazal-

nych złodowacenia północnopolskiego (próbka nr 27), glin fazy leszczyńskiej – jedynie na poligonie badawczym przy ul. Obornickiej (próbki nr 33a i 33b) oraz glin "szarych" środkowopolskich. Charakterystyczną cechą tych ostatnich glin jest również nietypowa zawartość amfiboli we frakcji ilastej. Obok kalcytu w jednej z próbek glin fazy leszczyńskiej stwierdzono również obecność dolomitu.

5. WNIOSKI

Przy założeniu, że skład mineralny frakcji ilastej ma zdecydowany wpływ na właściwości fizyczno-mechaniczne gruntów spoistych (co zostało już udowodnione, por. rys. 7) dokonano próby korelacji przestrzennej oraz wiekowej zmienności składu mineralnego glin lodowcowych z ich cechami geologiczno-inżynierskimi.

Skład mineralny frakcji ilastej w utworach spoistych ma niewątpliwie wpływ na ich gęstość właściwą. Parametr ten ma podstawowe znaczenie dla charakterystyki stanu fizycznego gruntów budowlanych – wykorzystuje się go do obliczeń współczynnika porowatości (n), wskaźnika porowatości (e), stopnia wilgotności (S_r) oraz wilgotności całkowitej (w_r), a także pozornego ciężaru objętościowego gruntu w strefie saturacji (γ') i ciężaru objętościowego gruntu z uwzględnieniem ciśnienia spływowego (γ''). Pośrednio wartość gęstości właściwej wpływa na wielkość gęstości objętościowej (ρ) i gęstości objętościowej szkieletu gruntowego (ρ_d) – parametrów służących m. in. do obliczeń stanu naprężeń w ośrodku gruntowym.



Rys. 7. Wpływ składu mineralnego na ściśliwość wyrażoną zmianą wskaźnika porowatości (e) (1 – torf, 2 – bentonit, 3 – kaolinit, 4 – il hydroływczy, 5 – kwarc drobnoziarnisty) (wg Gruntoznawstwa, 1977)

Dla większości zadań inżynierskich w gruntoznawstwie, w których wykorzystuje się metodę „B” ustalania parametrów geotechnicznych [14] wartość gęstości właściwej przyjmowana jest na podstawie ustalonych zależności korelacyjnych. W utworach spoistych omawiany parametr zmienia się jedynie ze względu na rodzaj gruntu, w taki sposób, że im większa zawartość frakcji iłowej tym wyższa gęstość właściwa danego gruntu. Zależność ta jest oczywista, ponieważ kwarc będący głównym składnikiem frakcji grubszych (szczególnie piaskowej, ale również pyłowej) ma zdecydowanie mniejszą gęstość niż minerały ilaste (tab. 4) wchodzące w skład frakcji najdrobniejszej. Pomimo to, z przeprowadzonych badań wynika jasno, że frakcja iłowa jest zróżnicowana pod względem składu mineralnego (tab. 3) – budują ją minerały o zróżnicowanej gęstości. Dlatego grunty przyporządkowane do tych samych wydzielen granulometrycznych mogą różnić się od siebie gęstością właściwą w zależności od swojego pochodzenia, wieku, historii sedymentacyjnej.

W badanych glinach najstarszej generacji (próbka 38) stwierdzono występowanie fragmentów amfiboli we frakcji iłowej. Są to minerały należące do grupy tzw. minerałów ciężkich – o znacznej gęstości właściwej (tab. 4). Zakłada się, że zawartość minerałów ciężkich ma wpływ na wartość gęstości właściwej, a nawet gęstości objętościowej gruntów spoistych. Z pewnością w grubszych frakcjach obecność minerałów ciężkich jest znacząca. Przeprowadzone badania nie dokumentują jednakże owego wpływu, gdyż parametr ρ_s przyjęty został na podstawie ustalonych zależności korelacyjnych, wg polskiej normy [14].

Przebadane w obrębie dwóch poligonów badawczych gliny fazy leszczyńskiej zlodowacenia północnopolskiego są jednorodne pod względem składu minerałów ilastych we frakcji iłowej (tab. 3). Różnią się natomiast zawartością innych (poza ilastymi) minerałów wśród najdrobniejszych cząstek. Gliny pobrane w okolicach skrzyżowania ulic Obornickiej i Hulewiczów (próbki 33a, 33b) wykazują zdecydowaną obecność cząstek kalcytu lub kalcytu i dolomitu we frakcji iłowej. Probki 33c oraz 33d pochodzące z poligonu przy ul. Źródlanej są tych minerałów pozbawione. Duża zawartość węglanów w gruntach spoistych nadaje im specyficznych właściwości. Gliny z poligonu 33/1 wykazywały generalnie wyższy stopień spoistości – częściej klasyfikowane były jako grunty zwięzłospoiste (głównie gliny piaszczyste zwięzłe) oraz większą wartość wskaźnika plastyczności (średnio $IP = 8,47\%$). Podczas gdy próbki pobrane na poligonie 33/2 to przeważnie grunty średnio spoiste (gliny piaszczyste) o średnim wskaźniku plastyczności $IP = 7,94\%$. Węglan wapnia oraz węglan wapnia i magnezu w stanie rozdrobnionym wykazują wysoką hydrofilność. Stąd grunty spoiste o dużej węglanowości (kilkanaście, nawet do 25%) mają najczęściej wyższą wilgotność naturalną niż podobne utwory bezwapniste. Gliny fazy leszczyńskiej pochodzące z poligonu 33/1 wykazywały wilgotność naturalną na średnim poziomie 15,24%, czyli o prawie 1% wyższą niż analogiczne bezwapniste gliny z poligonu 33/2 (średnia $w_n = 14,59\%$).

Określenie zawartości węglanu wapnia pozwala scharakteryzować środowisko depozycji gliny morenowej oraz wietrzeniowe procesy postsedymentacyjne [7]. Niejednokrotnie grunty pochodzenia lodowcowego wtórnie pozbawione są węglanów, w szczególności jeżeli zdeponowane zostały jako wypukłe formy terenu o stosunkowo dużych deniwelacjach. Taka sytuacja geomorfologiczna sprzyja wypłukiwaniu kalcytu i dolomitu do niższych warstw gruntowych. Zjawisko takie obserwować możemy na przykładzie najmłodszych przebadanych utworów. Frakcja iłowa glin fazy poznańskiej zlodowacenia północnopolskiego pochodzących z moreny spiętrzonej pozbawiona jest węglanu wapnia, w przeciwieństwie do próbki nr 27 reprezentującej gliny zwałowe tej samej generacji, ale pobrane w obrębie moreny dennej.

Należy w tym miejscu zwrócić uwagę, że obecność rozdrobnionych węglanów w gruntach spoistych zmienia zdecydowanie ich obraz mikrostrukturalny. Gliny wapniste wykazują zdecydowanie wyższą tendencję do tworzenia agregatów gruntowych, w których ziarna i cząstki mineralne są połączone (scementowane) innymi składnikami mineralnymi – w tym przypadku węglanami. Takie agregaty mogą nie rozpadać się w wodzie i wykazywać pewną wytrzymałość mechaniczną [12]. Obecność agregatów w gruntach spoistych ma wpływ na rzeczywistą porowatość gruntów, która jest na ogół wyższa niż może to wynikać z oceny pierwotnego składu granulometrycznego [12]. Fakt ten może powodować wyciąganie mylnych wniosków co do przepuszczalności i ściśliwości gruntu w warunkach naturalnych. Z przeprowadzonych badań wynika, że próbki glin zwałowych, w których stwierdzono obecność kalcytu i/lub dolomitu we frakcji iłowej (próbka nr 27, 33a, 33b, 38) mają porowatość średnio o ponad 3% wyższą (nśr = 33,59%) niż próbki (próbka nr 33c, 33d) glin bezwapnistych (nśr = 30,46%). W powyższych rozważaniach pominięto gliny moreny czołowej najmłodszej generacji (próbka nr 27), których skrajnie wysoka porowatość (n = 35,13%) może być w sposób oczywisty związana z ich wiekiem i stopniem diagenety oraz odprężeniem podczas procesu spiętrzenia.

Tab. 4. Gęstość właściwa minerałów frakcji ilastej badanych próbek glin lodowcowych

Minerały stwierdzone we frakcji ilastej badanych próbek glin		Gęstość właściwa ρ_s [g/cm ³]
	kwarc	2,65
	kalcyt	2,71
	amfibol	3,0 – 3,4
plagioklasy	anortyt	2,67 – 2,74
	bytownit	2,61 – 2,77
minerały ilaste	illit	2,60 – 2,90
	kaolinit	2,58 – 2,61
	chloryt	2,60 – 3,30
	wermikulit	2,40 – 2,70

Stwierdzony zróżnicowany skład minerałów ilastych występujących we frakcji iłowej przebadanych glin lodowcowych (np. próbka nr 27 – chloryt, próbka nr 38 – wermikulit), pomimo podobnego składu granulometrycznego badanych próbek, ma istotny wpływ na różne właściwości tych gruntów, m. in. różną intensywność współdziałania z wodą czy różną tendencję do ulegania zjawiskom ekspansywnym.

Rozwój metod badawczych dedykowanych minerałom ilastym być może pozwoli w niedługim czasie na relatywnie szybką i wiarygodną możliwość dokonywania (obok analizy jakościowej) analizy ilościowej poszczególnych faz mineralnych w próbce, co w znacznym stopniu ułatwi rozważania podjęte w niniejszej publikacji.

LITERATURA

- [1] Bolewski A., Manecki A.: Mineralogia szczegółowa, Warszawa, Wydawnictwo Polskiej Agencji Ekologicznej 1993.
- [2] Chmal R.: Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000 – arkusz 471 Poznań, Warszawa, Państwowy Instytut Geologiczny 1990.
- [3] Grabowska-Olszewska B., Siergiejew E. M.: Gruntoznawstwo, Warszawa, Wydawnictwa geologiczne 1977.
- [4] Karczewski A.: Morfologia, struktura i tekstura moreny dennej na obszarze Polski Zachodniej, Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, IV, 2 (1963), s. 111.
- [5] Kenig K.: Analiza składu mineralno-petrograficznego frakcji piaszczystej, W: Metodyka opracowania Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50000 (red. L. Marks, A. Ber), Warszawa, Państwowy Instytut Geologiczny 1999.
- [6] Kenig K.: Osady sedimentacji rzecznej i fluwioglacjalnej w profilach wiertniczych w rejonie Radzymina (Środkowe Mazowsze), Przegl. Geol., 55, 3 (2007), s. 204.
- [7] Kenig K.: Litologia glin morenowych na Niżu Polskim – podstawowe metody badawcze. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 437 (2009) 1-58.
- [8] Kenig K., Marks L.: Znaczenie kryteriów litologicznych dla litostratygrafii osadów czwartorzędowych. W: Eolizacja osadów jako wskaźnik stratygrafii czwartorzędu (red. E. Myślińska), Warszawa, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, 2001.
- [9] Kowalska S.: Określenie ilościowego składu mineralnego skał zawierających minerały ilaste metodą Rietvelda. Nafta-Gaz, 12 (2013) 894-902.
- [10] Liszkowski J.: Cechy diagnostyczne oraz typowe sekwencje subfacji glin morenowych wistulianu środkowej Wielkopolski. Geologos 1 (1996) 159-174.
- [11] Mojski J. E., Rzechowski J.: Niektóre wyniki badań petrograficzno-litologicznych nad utworami czwartorzędowymi Polski wschodniej i środkowej. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Geografia, 7 (1967).
- [12] Myślińska E.: Laboratoryjne badania gruntów. Warszawa, Wyd. Nauk. PWN, 2001.
- [13] Myślińska E.: Występowanie agregatów w gruntach spoistych i ich wpływ na ocenę niektórych właściwości tych gruntów, Przegląd geologiczny, 52, 8/1 (2004).

- [14] PN-81/B-03020: Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowe.
- [15] PN-86/B-02480: Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
- [16] PN-88/B-04481: Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- [17] PN-EN ISO 14688-1: Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów.
- [18] PN-EN ISO 14688-2: Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów.
- [19] Rusczyńska-Szenajch H.: Struktura glin lodowcowych jako istotny wskaźnik ich genezy. W: Struktury sedymentacyjne i postsedymentacyjne w osadach czwartorzędowych i ich wartość interpretacyjna (red. E. Mycielska-Dowgiałło), Warszawa, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniw. Warszawskiego, 1998.
- [20] Stankowska A.: Stratygraficzne i regionalne zróżnicowanie glin morenowych na terenie Polski w świetle badań minerałów ilastych. Zeszyty naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Geografia, 17 (1979).
- [21] Stankowska A., Stankowski W.: Definicja i genetyczna klasyfikacja glin morenowych. Przegląd Geologiczny 32/1 (1984) 16-19.
- [22] Stankowski W.: Podstawowe facje glin morenowych oraz kryteria ich wyróżniania. Geologos 1 (1996) 149-158.

EFFECT OF THE MINERAL COMPOSITION OF CLAY FRACTION ON THE VARIABILITY OF GEOLOGICAL-ENGINEERING PARAMETRES OF NORTH AND MIDDLEPOLISH TILLS IN THE AREA OF POZNAŃ

Summary

This paper presents results of research of unevenly aged tills (boulder clays) occurring in the construction ground of the northern part of Poznań. For these deposits physical features and their parametres connected with the consistency and cohesiveness were determined. They were also characterised in terms of grain size. Furthermore, using the X-ray diffraction method, the analysis of the mineral composition of clay fraction in the examined samples of boulder clays was conducted.

The result of the aforementioned tests, of interdisciplinary dimension, is the correlation mineralogical properties (associated with the origin of deposits) of moraine cohesive soils with their geotechnical parametres.

Dane autora:

mgr Dorota Anna Krawczyk

e-mail: dorota.krawczyk@put.poznan.pl

tel.: 61 6652 136

fax: 61 6652 432