

# Wyniki wstępnych badań parametrów geotechnicznych gruntów organicznych interglacjału eemskiego na terenie lewobrzeżnej części Poznania

Dr inż. Andrzej Tadeusz Wojtasik, dr Maciej Troć, mgr Marcin Nyćkowiak  
GT Projekt, Tarnowo Podgórne

Na przykładzie analizy wyników badań terenowych oraz laboratoryjnych wykonanych w czasie badań geotechnicznych oraz geologiczno-inżynierskich przedstawiono wyniki wstępnych badań parametrów geotechnicznych gruntów organicznych wieku eemskiego, występujących na terenie lewobrzeżnej części miasta Poznania. Grunty organiczne zalegają pod warstwą osadów mineralnych (glin morenowych oraz / lub piasków) i były poddane procesowi konsolidacji w czasie ostatniego zlodowacenia. Stąd, ich parametry różnią się zasadniczo od młodszych osadów organicznych powstałych w okresie holocenu. Poznanie parametrów wytrzymałościowych oraz ściśliwości tych osadów ma istotne znaczenie przy prowadzeniu prac projektowych dla obiektów, których oddziaływanie sięga głębszego podłoża gruntowego.

Badania geotechniczne, których wyniki przedstawiono w niniejszym artykule, wykonano na próbkach pobranych z rejonu ulicy Bułgarskiej i ulicy Naramowickiej w Poznaniu.

## BUDOWA GEOLOGICZNA

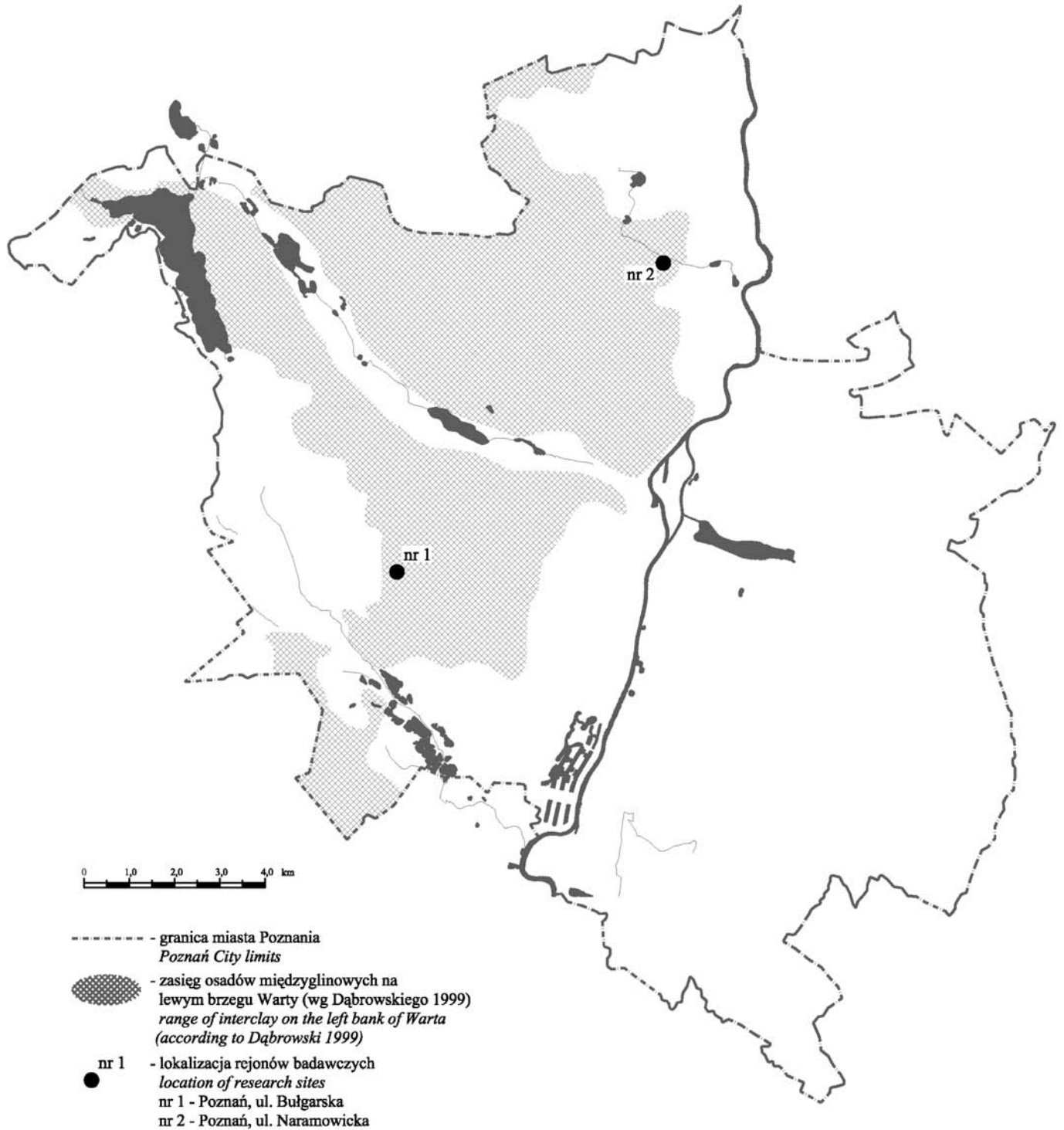
Obszary objęte badaniami znajdują się na lewym brzegu Warty. W granicach administracyjnych miasta Poznania i w jego najbliższych okolicach można wyróżnić następujące elementy geomorfologiczne: strefa moren czołowych (Góra Morasko i Góra Dziewicza), równiny dennomorenowe (wysoczyzny morenowe), równiny sandrowe współbudujące równiny dennomorenowe zbudowane z piasków wodnolodowcowych (w pracy [1] wyróżniono sandr: Lusowski, Junikowski, Strzeszyński, Piątkowski, Naramowicki, Kiciński i Główniej), rynny i doliny rozcinające równiny dennomorenowe (dolina Warty oraz rynny subglacjalne Cybiny-Bogdanki i Strumienia Junikowskiego); terasy akumulacyjno-erozyjne rozmieszczone wzdłuż Warty, równiny zastoiskowe (wzgórza Św. Wojciecha, Góra Przemysława).

W podziale geomorfologicznym, zaprezentowanym przez Kondrackiego [9] analizowane rejonów badań są położone na Pojezierzu Poznańskim (Poznań ul. Bułgarska), granicząc od wschodu z Poznańskim Przełomem Warty (Poznań ul. Naramowicka).

Na przekroju geologicznym w regionie Wielkopolski wyróżnić można trzy różne zespoły skalne [8]: skały wieku przedpermowego, skały mezozoiczne wraz ze skałami młodszego permu, utwory kenozoiczne – warstwy najmłodsze zalegające prawie poziomo. Najmłodsze osady kenozoiczne to utwory plejstoceny i holoceny, które występują w części przypowierzchniowej budowy geologicznej, rozciągając się na całym analizowa-

nym terenie [2]. Do utworów wieku plejstoceny zaliczyć można osady bezpośredniej akumulacji zlodowaceń południowopolskich, środkowopolskich, osady międzyglinowe, osady bezpośredniej akumulacji zlodowaceń północnopolskich, osady zastoiskowe powstałe pomiędzy fazą leszczyńską i poznańską oraz osady fluwioglacjalne fazy poznańskiej spoczywające na glinach zwałowych zlodowaceń północnopolskich.

Na obszarach wysoczyznowych, bezpośrednio na stopie iłów trzeciorzędowych zalega pakiet glin zlodowaceń południowopolskich i środkowopolskich. Gliny najstarszych zlodowaceń wypełniają obniżenia podłoża podczwartorzędowego. Na



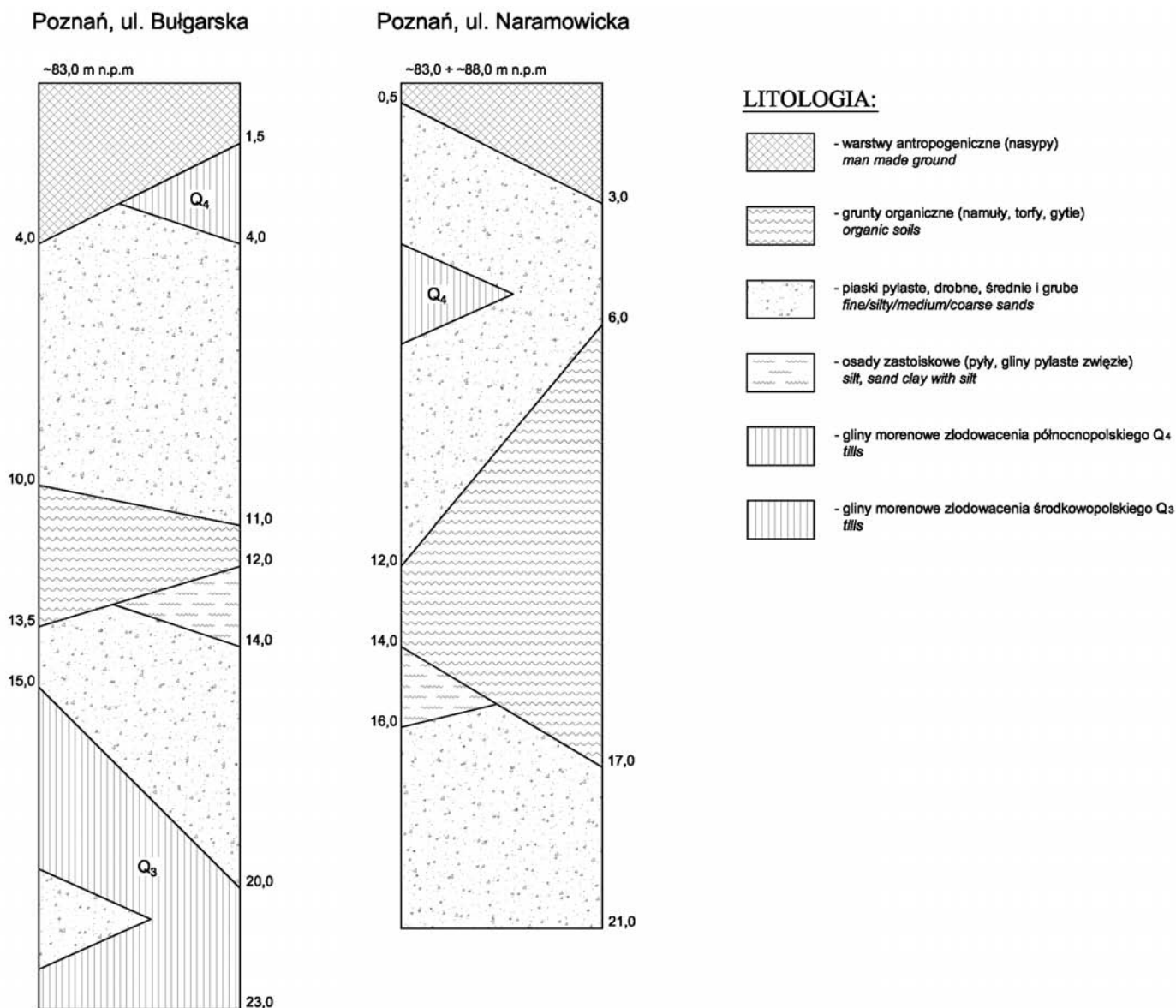
Rys. 1. Orientacyjny zasięg utworów międzyglinowych [5]

najstarszych glinach odłożone są gliny morenowe zlodowaceń środkowopolskich: zlodowacenia Odry i Warty. Przeważnie utwory z tych dwóch zlodowaceń tworzą wspólny pakiet, ale również mogą być rozdzielone piaskami wodnolodowcowymi. Osady zlodowacenia Warty to przede wszystkim sedimentacja glin morenowych o miąższości do 30 m. Depozycję osadów okresu zlodowaceń środkowopolskich kończą piaski i żwiry wodnolodowcowe [3] o zasięgu lokalnym. Osady międzyglinowe to przede wszystkim utwory interglacjału eemskiego. W okresie tym nastąpiła erozja wcześniejszych osadów. Utwory interglacjału eemskiego to utwory jeziorne: gytie, torfy i mułki zastoiskowe oraz osady piaszczyste, przeważnie drobnoziarniste. Do osadów organogenicznych zaliczyć należy również szczątki drewna [3]. Orientacyjny zasięg utworów międzyglinowych za Dąbrowskim [5] opisano na rys. 1.

Wkroczenie ostatniego lądolodu na analizowany obszar zostało zapisane w pierwszej kolejności sedimentacją mułków piaszczystych zastoiskowych [3]. Mułki te występują lokalnie, natomiast większe rozprzestrzenienie mają piaski i żwiry wod-

nolodowcowe dolne pochodzące z transgresji lądolodu fazy leszczyńskiej. Piaski i mułki mogą również pochodzić z interglacjału eemskiego. Glina morenowa fazy leszczyńskiej ma miąższość kilkumetrową, rzadko przekracza 10 m i jest silnie spiaszczona. Gliny te zostały częściowo usunięte w strefach krawędziowych doliny Warty w okresie formowania sandrów w fazie poznańskiej.

W fazie poznańskiej podczas stacjonowania lądolodu na północ od Poznania, na linii Góra Moraska i Dziewicza nastąpiło kształtowanie sandrów tego rejonu. Północną, marginalną strefę odwodnienia lądolodu wyznacza ciąg pagórków moreny czołowej fazy poznańskiej zlodowacenia północnopolskiego, których wiek określa się [10] na około 18 400 lat BP. W rejonie Poznania Biedrowski [1] opisał następujące sandry: Lusowski, Junikowski, Strzeszyński, Piątkowski, Naramowicki, Kiciński i Główny. Na lewym brzegu Warty w obrębie miasta Poznania występują osady wodnolodowcowe (piaski drobne, średnie rzadziej grubsze) sandru Junikowskiego, Strzeszyńskiego, Piątkowskiego i Naramowickiego o miąższości do kilku metrów.



Rys. 2. Poglądowe profile geologiczne występujące w rejonie ul. Bułgarskiej oraz ul. Naramowickiej w Poznaniu

Tabl. 1. Właściwości fizyczne gruntów organicznych

Poznań ul. Naramowicka (gytie)				
Parametr	liczba próbek	minimalna	maksymalna	średnia
Wilgotność $w_n$ [%]	46	42,7	119,9	94,2
Zawartość części organicznych $I_{om}$ [%]	46	4,2	18,5	12,2
Gęstość objętościowa $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	38	1,21	1,55	1,35
Poznań ul. Bułgarska (gytie)				
Wilgotność $w_n$ [%]	4	71,6	77,8	74,8
Zawartość części organicznych $I_{om}$ [%]	4	12,5	36,4	26,4
Poznań ul. Bułgarska (namuły)				
Wilgotność $w_n$ [%]	3	25,4	99,6	62,1
Zawartość części organicznych $I_{om}$ [%]	3	3,7	19,6	12,5

Do utworów uformowanych w holocenie należą osady aluwialne wypełniające doliny rzeczne wykształcone w facji korytowej, poza korytowe (rozlewiskowe, zastoiskowe) i starorzeczy (bagiennej – organicznej). Odrębną kategorię gruntów stanowią utwory pochodzenia antropogenicznego, tzw. kulturowe związane z działalnością ludzką na przestrzeni wieków.

Odmierna budowa geologiczna występuje w rejonach dolin rzecznych np. Bogdanki czy Strumienia Junikowskiego. Doliny te głęboko wcinają się w podłoże do stropu glin morenowych zlodowacenia środkowopolskiego lub stropu iłów (w przypadku doliny Bogdanki nawet głębiej) i są wypełnione osadami zastoiskowymi odłożonymi głównie w okresie pomiędzy fazą leszczyńską i fazą poznańską. Osady zastoiskowe przykryte zostały utworami wodnolodowcowymi, w które wcięły się holocenijskie ciekły, w wyniku czego zdeponowane zostały głównie grunty organiczne.

Na rys. 2 przedstawiono poglądowe profile geologiczne występujące w rejonie ul. Bułgarskiej oraz ul. Naramowickiej w Poznaniu.

## PARAMETRY FIZYCZNE

Grunty organiczne wieku eemskiego [11] zostały nawiercone w Poznaniu m.in. przy ul. Bułgarskiej oraz przy ulicy Naramowickiej. W pierwszej lokalizacji ich obecność stwierdzono w miejscu modernizowanego stadionu miejskiego, natomiast w drugiej lokalizacji zostały nawiercone na zachód od istniejącej ulicy Naramowickiej w rejonie linii kolejowej Zieliniec – Kiekrz i Strumienia Różanego.

W Poznaniu przy ul. Naramowickiej grunty organiczne wieku eemskiego zostały udokumentowane w 18 punktach badawczych (wierceniach lub/i sondowaniach). Ich miąższość wynosiła od 0,4 do 8,4 m. Na gruntach organicznych zalega warstwa osadów piaszczystych o miąższości od 0,4 do 14,5 m, średnio sięga blisko 9,0 m. W Poznaniu przy ul. Bułgarskiej grunty organiczne zostały stwierdzone w 20 punktach badawczych (wierceniach lub/i sondowaniach). Ich miąższość wynosiła od 0,3 do 2,2 m (średnio 1,0 m). Na gruntach organicznych zalega warstwa osadów mineralnych (piasków i glin morenowych) o miąższości od 9,2 do 13,7 m (średnio około 11,5 m).

Grunty organiczne występujące w rejonie ul. Naramowickiej rozpoznano w zakresie określenia wilgotności naturalnej, zawartości części organicznych i gęstości objętościowej, natomiast w rejonie ul. Bułgarskiej w zakresie określenia wilgotności naturalnej oraz zawartości części organicznych. Należy zwrócić uwagę, że w pierwszej lokalizacji grunty organiczne zakwalifikowano jako gytie, natomiast w drugiej są to gytie i namuły, sporadycznie torfy. Wyniki przeprowadzonych badań zestawiono w tabl. 1.

Prezentowane wyniki są zbieżne z badaniami przeprowadzonymi dla interglacialnych osadów jeziornych (eem) „Rynny Żoliborskiej” [6], gdzie dla namułów uzyskano następujące średnie wartości parametrów fizycznych:  $w_n = 72,6\%$ ,  $I_{om} = 12\%$ ,  $\rho_d = 1,56$  g/cm<sup>3</sup>, a dla gytii następujące średnie wartości parametrów fizycznych:  $w_n = 102,0\%$ ,  $I_{om} = 90,2\%$ ,  $\rho_d = 1,26$  g/cm<sup>3</sup>. Dla namułów interglacialnych z rejonu Słubic [7] uzyskano następujące wartości omawianych parametrów:  $w_n = 128,0\%$ ,  $I_{om} = 24,8\%$ ,  $\rho_d = 1,28$  g/cm<sup>3</sup>.

Dla czterech próbek z rejonu Poznań ul. Naramowicka wykonano badania uziarnienia gruntów po usunięciu substancji organicznej. Dla próbki z otworu nr M22 z głębokości 15,0 m uzyskano skład granulometryczny odpowiadający glinom ( $f_i = 15,0\%$ ,  $f_\pi = 47,0\%$ ,  $f_p = 37,7\%$ ,  $f_z = 0,3\%$ ), dla próbki z otworu nr M25 z głębokości 10,5 m skład granulometryczny odpowiada pyłom piaszczystym ( $f_i = 5,0\%$ ,  $f_\pi = 64,0\%$ ,  $f_p = 31,0\%$ ,  $f_z = 0,0\%$ ), dla próby z M32 z głębokości 14,0 m skład granulometryczny odpowiada glinom ( $f_i = 12,0\%$ ,  $f_\pi = 47,0\%$ ,  $f_p = 40,2\%$ ,  $f_z = 0,8\%$ ), dla próby z M33 z głębokości 16,0 m skład granulometryczny odpowiada glinom pylastym ( $f_i = 19,5\%$ ,  $f_\pi = 59,5\%$ ,  $f_p = 21,0\%$ ,  $f_z = 0,0\%$ ). Uzyskane wyniki są zgodne z danymi dla gytii z „Rynny Żoliborskiej”, gdzie skład granulometryczny odpowiadał gruntom pylastym (pyłom piaszczystym, pyłom oraz glinom pylastym według PN-B-02480:1986).

## PARAMETRY MECHANICZNE

Parametry mechaniczne określono dla siedmiu próbek gytii pobranych z rejonu Poznań ul. Naramowicka. Na pobranych próbkach wykonano badania wytrzymałości na ścinanie w aparacie bezpośredniego ścinania zgodnie z PKN-CEN ISO/TS 17892-10:2009.

Wyniki przeprowadzonych badań, tj. spójności i kąta tarcia wewnętrznego zestawiono w tabl. 2.

Z przeprowadzonych badań wynika, że wartość spójności waha się w granicach od 11,4 do 44,3 kPa, natomiast wartość kąta tarcia wewnętrznego od 29,1 do 36,4°. W podsumowaniu nie uwzględniono danych z próbki M32 / 14,7 m, która została całkowicie zalana/nasycona wodą przed badaniem. Badania te wykonano w celu sprawdzenia, jak analizowane grunty będą zachowywać się w przypadku pełnego nasycenia wodą gruntową po odprężeniu.



**Tabl. 2. Parametry mechaniczne próbek gytii**

Próbka z otworu / głębokość	Prędkość ścinania [mm/minutę]	$c$ [kPa]	$\phi$ [°]	Uwagi
M22 / 15,0 m	0,05	20,4	29,9	Składowa normalna naprężenia: 100, 200, 400 kPa. Wstępna konsolidacja przy każdym stopniu obciążenia trwała 600 minut.
M25 / 10,5 m	1,0	23,6	33,2	Składowa normalna naprężenia: 100, 200, 400 kPa. Wstępna konsolidacja przy każdym stopniu obciążenia trwała 5 minut.
M32 / 14,6 m	0,01	32,6	29,1	Składowa normalna naprężenia: 25, 50, 75 kPa. Brak konsolidacji wstępnej.
M32 / 14,7 m	0,01	0,0	43,3	Składowa normalna naprężenia: 25, 50, 75 kPa. Brak konsolidacji wstępnej, Uwaga: próbka całkowicie zlana wodą.
M32 / 14,1 m	0,01	28,4	36,4	Składowa normalna naprężenia: 25, 50, 76 kPa. Brak konsolidacji wstępnej.
M33 / 14,2 m	0,01	44,3	32,7	Składowa normalna naprężenia: 25, 50, 76 kPa. Brak konsolidacji wstępnej.
M34 / 8,0 m	0,01	11,4	34,1	Składowa normalna naprężenia: 26, 50, 76 kPa. Brak konsolidacji wstępnej.

Dla gruntów organicznych „Rynny Żoliborskiej” [6] uzyskano następujące wartości spójności i kąta tarcia wewnętrznego dla namulów:  $c = 40$  kPa i  $\phi = 14^\circ$ , dla gytii:  $c = 30$  kPa i  $\phi = 7^\circ$ . Dla namulów interglacialnych rejonu Słubic [7] uzyskano następujące wartości parametrów:  $c = 10$  kPa i  $\phi = 2,5^\circ$ .

Warto zauważyć, że w publikacji [4] są podane wartości parametrów uzyskane dla gruntów organicznych w badaniach trójosiowych TXCIU, gdzie kąt tarcia wewnętrznego wynosi  $29 \div 33^\circ$ , a spójność 0 kPa. Badania te przeprowadzono najprawdopodobniej dla próbki nasyconej całkowicie wodą, co można uznać za zbieżne z badaniami wykonanymi dla próbki M32 / 14,7 m.

Dla pięciu próbek gytii wykonano badania modułów ścisłości w edometrze zgodnie z PN/B 04481:1988. Grunty budowlane. Badania próbek gruntu. Wyniki przeprowadzonych badań zestawiono w tabl. 3.

Z przeprowadzonych badań wynika, że moduł ścisłości pierwotnej w zależności od przyłożonego obciążenia waha się:

- $0 \div 100$  kPa od 1,01 do 5,39 MPa, średnio 2,71 MPa;
- $100 \div 250$  kPa od 3,08 do 12,48 MPa, średnio 6,18 MPa;
- $0 \div 250$  kPa od 1,76 do 8,24 MPa, średnio 4,11 MPa.

Moduł ścisłości wtórnej wynosi odpowiednio:

- $25 \div 100$  kPa od 11,21 do 44,67 MPa, średnio 23,33 MPa;
- $100 \div 250$  kPa od 12,53 do 24,53 MPa, średnio 17,53 MPa.

Podobne wartości pierwotnego modułu ścisłości  $M_0 = 7,4 \div 8,5$  MPa uzyskano z badań [12] dla warstw gytii zalegających na głębokości od 12,0 do 18,0 m, w przedziałach obciążeń:  $100 \div 200$  i  $200 \div 400$  kPa. Natomiast dla gytii leżącej powyżej (od 7 do 11 m) i zakresie obciążeń:  $25 \div 50$ ;  $50 \div 100$ ;  $100 \div 200$  i  $200 \div 400$  kPa uzyskano moduł edometryczny na poziomie 2,5 MPa [12].

Podana wartość modułu ścisłości w ocenie autorów opracowania może być zaniżona. Moduł edometryczny gruntów organicznych eemskich w Warszawie, w zakresie 20 MPa okazał się właściwy. Obserwacje terenowe osiadań wykazały, że odkształcenie podłoża (gytie „Rynny Żoliborskiej” ze stropem

**Tabl. 3. Moduły ścisłości pierwotnej i wtórnej gytii**

Próbka z otworu / głębokość	Moduł ścisłości pierwotnej $M_0$ [MPa]		Moduł ścisłości wtórnej $M$ [MPa]		
	Obciążenia [kPa]				
	$0 \div 100$	$100 \div 250$	$0 \div 250$	$25 \div 100$	$100 \div 250$
M32 / 13,8 ÷ 14,0 m	3,37	7,31	5,04	20,27	20,93
M32 / 15,3 ÷ 15,5 m	1,01	3,08	1,76	44,67	17,13
M33 / 13,0 ÷ 13,2 m	5,39	12,48	8,24	26,20	24,18
M33 / 16,2 ÷ 16,4 m	1,08	3,52	1,91	11,21	12,88
M34 / 7,0 ÷ 7,2 m	2,69	4,49	3,61	14,31	12,53

na głębokości  $3 \div 7$  m p.p.t.) przy obciążeniach jednostkowych  $100 \div 200$  kPa nie przekroczyły 20 mm [12].

W utworach organicznych „Rynny Żoliborskiej” [4] moduł ścisłości na podstawie sondowania DMT określono na poziomie  $10 \div 15$  MPa. Podobną wartość modułu ścisłości na podstawie badań dylatometrycznych podano w pracy [12] i wynosiła 18,5 MPa.

Dodatkową metodą pozwalającą na określenie modułu ścisłości jest metoda oparta na wynikach sondowania CPT/CPTU, gdzie moduł określa się za pomocą zależności empirycznej  $M = \alpha q_c$ . Współczynnik  $\alpha$  dobiera się w zależności m.in. od rodzaju gruntu i uzyskiwanych wartości  $q_c$ . W pracy [12] wartość tę określono na poziomie  $6,9 \div 8,0$  MPa przy przyjęciu  $\alpha = 2,5$ .

Również w gruntach organicznych z rejonu ul. Bułgarskiej i ul. Naramowickiej przeprowadzono sondowania statyczne CPTU (ponad 50 sond), gdzie zakres wartości oporu pod stożkiem przedstawiono w tabl. 4. W ocenie autorów badań wartość współczynnika  $\alpha$  można przyjąć na poziomie od 4,0 do 6,0.

Tabl. 4. Wyniki sondowań statycznych CPTU

Poznań ul. Naramowicka (gytie)			
Parametr	Ilość sondowań	Minimum	Maksimum
Opór na stożku $q_c$ [MPa]	9	1,5	2,0
Poznań ul. Bułgarska (gytie)			
Opór na stożku $q_c$ [MPa]	20	0,8	3,9
Poznań ul. Bułgarska (namuły)			
Opór na stożku $q_c$ [MPa]	20	2,0	4,1

## PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz przedstawia się następujące uwagi końcowe dotyczące gruntów organicznych wieku eemskiego zalegających na terenie lewobrzeżnej części miasta Poznania:

- grunty te to przeważnie gytie i namuły, o wilgotności średniej  $62 \div 94\%$  i zawartości części organicznych średnio od 12,0 do 26%, zalegające pod około  $9,0 \div 12,0$  metrową warstwą osadów mineralnych;
- w czasie sondowań statycznych otrzymano stosunkowo wysoki parametr oporu na stożku ( $q_c$ ), wynoszący średnio około 2,0 MPa;
- uśrednione parametry geotechniczne można przyjąć na poziomie: spójność  $c_u = 15$  kPa, kąt tarcia wewnętrznego  $\phi_u = 25^\circ$ , moduł ścisłości pierwotnej  $8 \div 12$  MPa, moduł ścisłości wtórnej  $15 \div 22$  MPa.

Należy podkreślić, że badane osady zawierają od około 45% do 65% frakcji pyłowej i mają właściwości gruntu wysadzino-wego oraz, że są podatne/wrażliwe na zmiany wilgotności i na oddziaływanie dynamiczne (drżania).

Zdaniem autorów badane osady mogą, w wielu przypadkach, stanowić nośne podłoże budowlane bez konieczności ich wzmocnienia, szczególnie gdy pozostają one pod przykryciem osadów mineralnych i nie nastąpi nadmierne odprężenie podłoża. W przypadku całkowitego odsłonięcia tych osadów oraz ich ekspozycję na działanie czynników atmosferycznych, w konse-

kwencji odprężenie i zmianę wilgotności, może dojść do zniszczenia struktury tych osadów i gwałtowny spadek parametrów wytrzymałościowych. Badane osady należy uznać za bardzo wrażliwe na wszelkie oddziaływania dynamiczne. Przy rozwiązywaniu zadań inżynierskich należy każdorazowo prowadzić szczegółowe badania parametrów fizycznych i mechanicznych gytii, w zakresie dostosowanym do stopnia złożoności rozwiązywanego zadania projektowego.

## LITERATURA

1. Biedrowski Z.: Sandry okolic Poznania. Studium Geomorfologiczno-Sedymentologiczne. Praca doktorska. UAM w Poznaniu, 1968.
2. Chmal R.: Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski arkusz 471-Poznań (N-33-130-D). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1996.
3. Chmal R.: Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski arkusz 471-Poznań (N-33-130-D). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1997.
4. Dawidowski J. S., Pęski S.: Utwory organiczne „Rynny Żoliborskiej” na trasie I i II linii metra w Warszawie. Inżynieria i Budownictwo, nr 10/2012.
5. Dąbrowski S. i zespół: Dokumentacja hydrogeologiczna Regionu Poznańskiego Dorzecza Warty zawierająca ocenę zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych z utworów czwartorzędowych i trzeciorzędowych, Część A. Syn-teza wyników badań, HYDROCONSULT Sp. z o. o. Biuro Studiów i Badań Hydrogeologicznych i Geofizycznych w Warszawie Oddział w Poznaniu, czer-wiec 1999 r.
6. Frankowski Z. i inni: Atlas geologiczno-inżynierski Warszawy tem. 2.05.0001.00.0”. PIG, Warszawa, marzec 2000.
7. Gontaszewska A.: Geneza i geotechniczne aspekty występowania gruntów organicznych w dolinie Odry – przykład Słubic, Górnictwo i Geologia, Tom 5, Zeszyt 4/2010.
8. Grocholski W.: Budowa geologiczna przedkenozoicznego podłoża Wielkopolski. Materiały 62. Zjazdu PTG, Poznań 1991.
9. Kondracki J.: Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa 1998.
10. Kozarski S.: Deglacjacja północno-zachodniej Polski: warunki środowiska i transformacji geosystemu (-20ka-10ka BP). Dokumentowanie Geograficzne 1, 1995.
11. Milecka K., Nyckowiak M., Troć M.: Wiek osadów międzyglinowych na lewym brzegu Warty w Poznaniu. Badania Fizjograficzne, A61., 2010, 105-118.
12. Pietrzykowski P.: „Eemskie gytie i kreda jeziorna z Warszawy jako przykład „mocnych” gruntów organicznych”, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 446, 2011.