

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska (2016), 25 (3), 366–378
Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. (2016), 25 (3)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2016), 25 (3), 366–378
Sci. Rev. Eng. Env. Sci. (2016), 25 (3)
http://iks_pn.sggw.pl

Grzegorz ROMAN¹, Małgorzata ROMAN², Michał Grzegorz ROMAN³

¹Geotechnika-Łódź Grzegorz Roman
Geotechnics-Łódź Grzegorz Roman

²Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki
Faculty of Geographical Sciences, University of Łódź

³Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa; Polish Geological Institute – National Research Institute

Warunki geologiczno-inżynierskie w dolinach rzecznych na przykładzie tarasu zalewowego Warty w rejonie Uniejowa Geological and engineering conditions in river valleys as exemplified by the Warta flood terrace at Uniejów

Słowa kluczowe: dolina Warty, warstwy geotechniczne, warunki geologiczno-inżynierskie
Key words: Warta river valley, geoenvironmental layers, geological and engineering conditions

Wprowadzenie

Zagospodarowanie den dolinnych stwarza wiele problemów geotechnicznych powodowanych złożonością warunków geologiczno-inżynierskich w dolinach rzecznych, jak i trudnością określenia zmienności parametrów wytrzymałościowych aluwii. W geotechnice szczególnie ważnym zagadnieniem jest ocena parametrów podłoża i wybór metody posadowienia obiektów budowlanych w ramach realizacji inwestycji, a w geologii inżynierskiej istotna jest nie tylko ocena tych parametrów, ale ich

interpretacja w czasie i przestrzeni (Laskowski, 2007; Kaczyński, 2011).

Dna dolin rzecznych (tarasy zalewowe, równie zalewowe, łożysko rzeki) są najmłodszym, współcześnie kształtowanym obszarem, poddawany ciągłym przeobrażeniom w reakcji na zmieniające się warunki klimatyczne i hydrologiczne, lokalne zjawiska neotektoniczne czy gwałtowne zmiany wywołane działalnością człowieka poprzez budowę stopni wodnych, przepraw mostowych, wałów przeciwpowodziowych i realizację innych inwestycji budowlanych lub hydrotechnicznych w ich obszarze. Z tego powodu istniejąca regulacja prawna w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowiania obiektów budowlanych (Rozporządzenie..., 2012) uznaje doliny i delty rzeczne za obszar

ry skomplikowanych warunków gruntowych. Zatem całość inwestycji budowlanych projektowanych w dolinach rzecznych należy do trzeciej kategorii geotechnicznej, co skutkuje koniecznością opracowywania projektu geotechnicznego i dodatkowo dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, które są poprzedzone projektem robót geologicznych. Celem artykułu jest zwrócenie uwagi czytelników na szczególnie złożone i dynamicznie zmieniające się środowisko, jakim są dna dolin rzecznych, oraz ukazanie skomplikowania warunków geologiczno-inżynierskich takiego obszaru na przykładzie dna doliny Warty w Uniejowie.

Teren badań

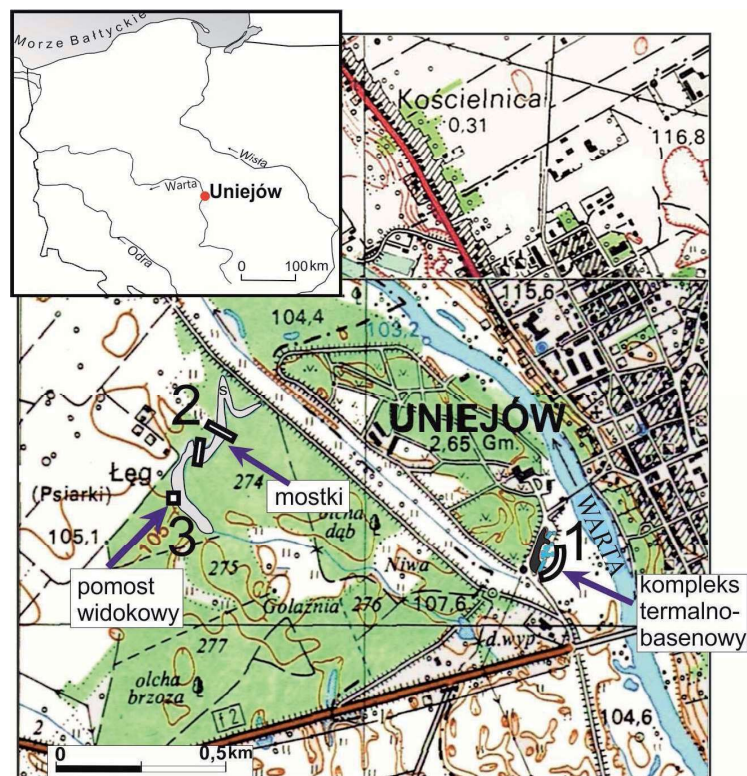
Obszar badań położony jest nad środkową Wartą, w południowej części Kotliny Kolskiej. Lewy, niski brzeg Warty w Uniejowie był zagospodarowywany już od średniowiecza, czego przykładem jest XIV-wieczny zamek ulokowany na wyższym tarasie zalewowym, mającym tam charakter erozyjny (Turkowska, 2006).

W późniejszym okresie, zadrzewione otoczenie starego zamku przekształcono w Park Zamkowy, a od zachodu wybudowano wały przeciwpowodziowe wraz z odkrytym kanałem odwadniającym. Zagospodarowywanie lewobrzeżnej części doliny nabrało tempa z początkiem XXI wieku, kiedy powstały tam obiekty o funkcjach rekreacyjno-uzdrowiskowo-sportowych: Termy Uniejów, Instytut Zdrowia Człowieka, Kasztel Rycerski, zespół boisk sportowych, małe tężnie i parkingi. Na przeciwnym, wysokim brzegu Warty (114–118 m n.p.m.),

należącym do wysoczyzny polodowcowej położona jest zasadnicza część Uniejowa.

Nowe inwestycje: rozbudowa kompleksu termalno-basenowego oraz budowa mostków i pomostu widokowego nad starorzeczem Warty (rys. 1), projektowane są w zachodniej, lewobrzeżnej części miasta, w obszarze tarasu zalewowego opadającego łagodnie (od rzędnej 105,5 do 104,7 m n.p.m.) w kierunku koryta rzeki. Antropogenicznie nadsypane podłoże kompleksu termalno-basenowego znajduje się na rzędnej około 107,5 m n.p.m. i wyraźnie zaznacza się w morfologii terenu stromą skarpią o wysokości 2–3 m. Teren projektowanej rozbudowy obejmuje obszar pomiędzy już istniejącym obiektem Term Uniejów a korytem przepływającej w kierunku północno-zachodniej Warty, a jego podłoże jest uzbrojone w liczne instalacje podziemne (rys. 2).

Projektowany, dwukondygnacyjny, podpiwniczony łukowy budynek będzie domykać istniejący kompleks od wschodu, od strony rzeki Warty. Dotychczas nieprzekształcony przez człowieka rejon starorzecza, gdzie na trasie ścieżki dydaktycznej projektowany jest pomost widokowy i mostki o długości od kilku do kilkudziesięciu metrów, znajduje się poza wałem przeciwpowodziowym (rys. 1). Strome i kręte skarpy jeziora osiągają wysokość do 3 m, a urozmaicona morfologicznie powierzchnia tarasu zalewowego Warty znajduje się tu na 104,5–103,0 m n.p.m. Starorzecze wypełnia woda o głębokości do 2 m. Wszystkie istniejące oraz obecnie projektowane obiekty budowlane w tym rejonie znajdują się w granicach stuletniej wody powodziowej Warty o rzędnej 106,45 m n.p.m., bez względu na ich położenie w rejonie międzywala czy zawala.



RYSUNEK 1. Lokalizacja projektowanych obiektów: kompleksu termalno-basenowego Uniejów (1) oraz mostków (2) i pomostu widokowego (3) nad starorzeczem Warty

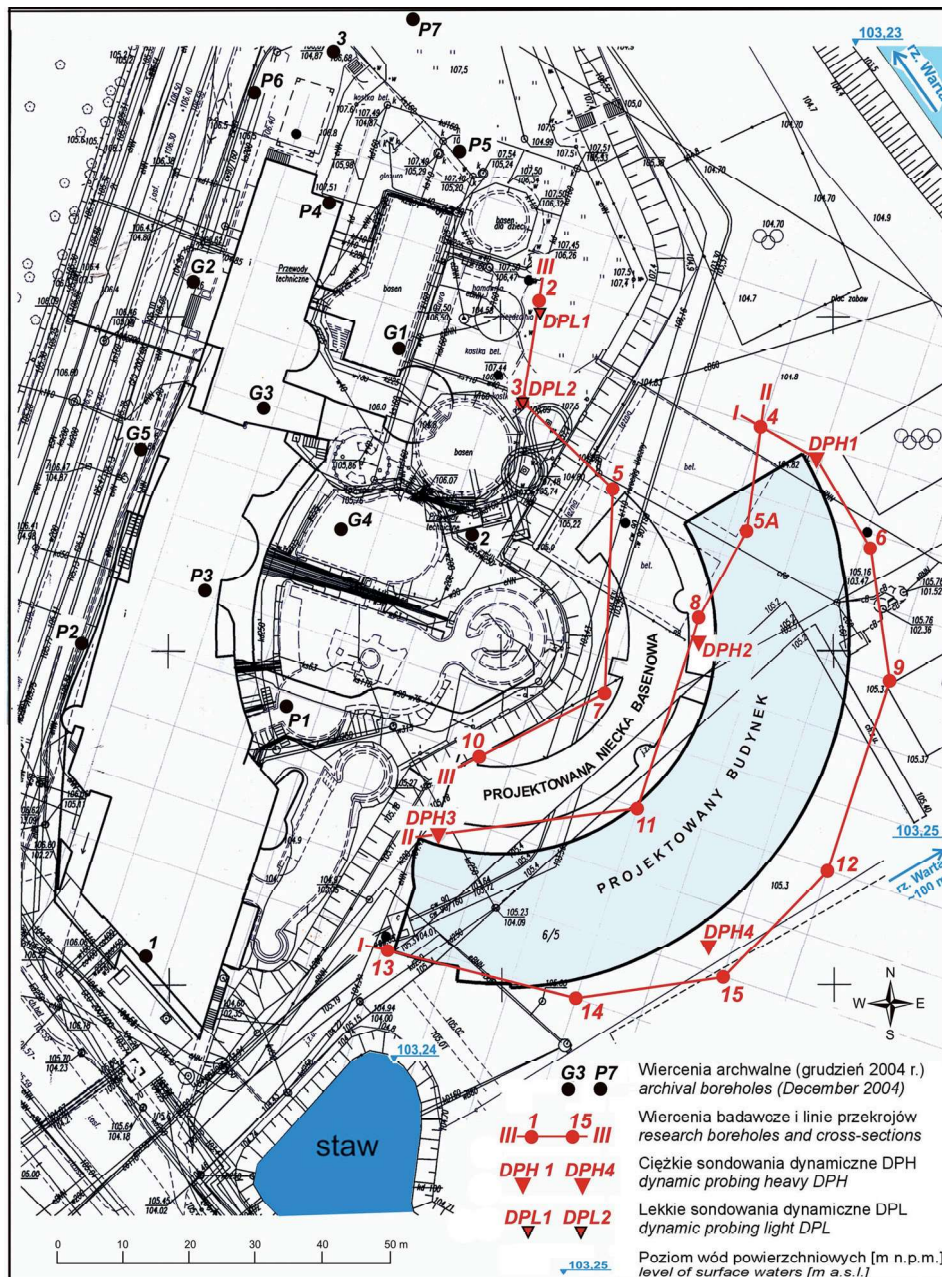
FIGURE 1. Location of design objects: the Uniejów thermal spa and swimming pool complex (1), small bridges (2) and viewing deck (3) nearby the Warta oxbow

Metody i zakres badań

Zakres badań geologicznych podłoża dostosowano na potrzeby programu funkcjonalno-użytkowego (PFU) rozbudowy kompleksu termalno-basenowego w Uniejowie oraz projektów mostków i pomostu widokowego nad starorzeczem Warty (rys. 1).

Budowę geologiczną i warunki hydrogeologiczne podłoża rozpoznano na podstawie 20 wierceń badawczych, w trakcie których pobrano próbki gruntów do badań laboratoryjnych. Dla okre-

ślenia zagęszczenia gruntów niespoistych przeprowadzono w warunkach *in situ* sondowania dynamiczne z końcówką stożkową. Na terenie czynnego kompleksu basenowego wykonano dwa lekkie sondowania dynamiczne typu DPL, które przerywano przy bardzo dużych oporach wpeędu stożka $N_{10L} > 100$. Na powierzchni tarasu zalewowego Warty, w rejonie projektowanej rozbudowy kompleksu, przeprowadzono cztery ciężkie sondowania dynamiczne typu DPH, które również przerywano przy bardzo znacznych oporach wpeędu stożka



RYSUNEK 2. Plan rozbudowy kompleksu termalno-basenowego w Uniejowie z lokalizacją wierceń i sondowań dynamicznych

FIGURE 2. Map of the enlargement of the thermal spa and swimming pool at Uniejów with localization of geological drillings and dynamic probing

$N_{10H} > 30-40$, lecz dopiero poniżej głębokości 9–10 m. W celu charakterystyki zagęszczenia osadów dennych starorzecza wykonano sondowania DPL na brzegach i w dnie jeziora z tafli lodowej. Na podstawie oporów sondowań dynamicznych wykonanych w dnie starorzecza próbowano interpretować profil litologiczny i stan gruntów. Za miąższość świeżego osadu dennego przyjęto odcinki początkowego i samoistnego zagłębiania się stożka z żerdziami pod własnym ciężarem przy $N_{10L} = 0$ i dalsze, minimalne opory sondowania $N_{10L} \leq 2$.

Badania laboratoryjne próbek gruntów pobranych podczas wierceń wykonano w zakresie: określenia wilgotności naturalnej, granic konsystencji i stopnia plastyczności gruntów spoistych metodą Cassagrande'a, zawartości substancji organicznej i oznaczenia strat prażenia (I_z) w temperaturze 700°C oraz analizy granulometrycznej gruntów niespoistych oraz obliczenia współczynnika filtracji wzorem USBSC w postaci:

$$k = 0,0036 (d_{20})^{2,3}$$

gdzie:

k – współczynnik filtracji [m/s],

d_{20} – średnica zastępcza odpowiadająca zawartości 20% (licząc wagowo) drobnych ziaren na krzywej uziarnienia [mm].

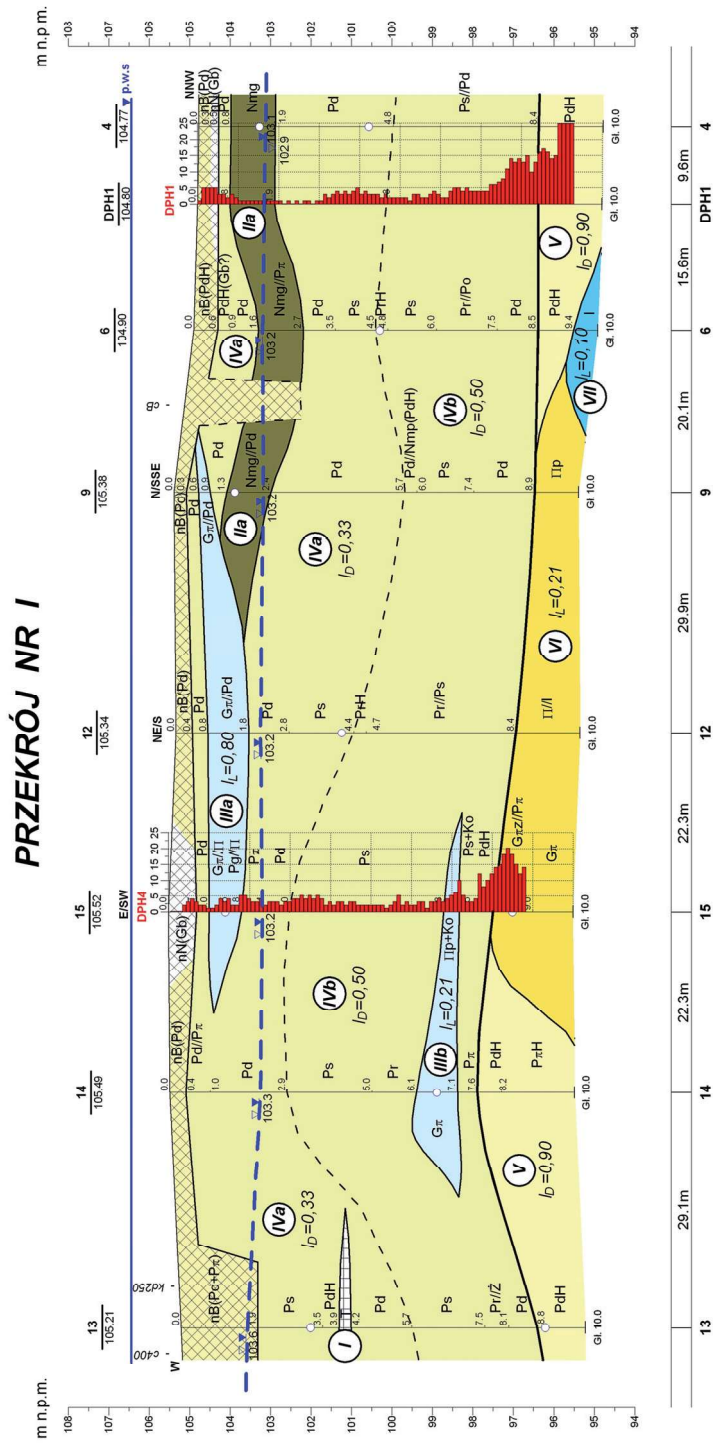
Uwzględniając litologię, genezę i stan gruntów, wydzielono w podłożu kilkanaście warstw geotechnicznych, dla których obliczono wartości parametrów wiodących: stopnia zagęszczenia (I_D) i stopnia plastyczności (I_L) (Roman, 2014, 2015).

Wyniki badań

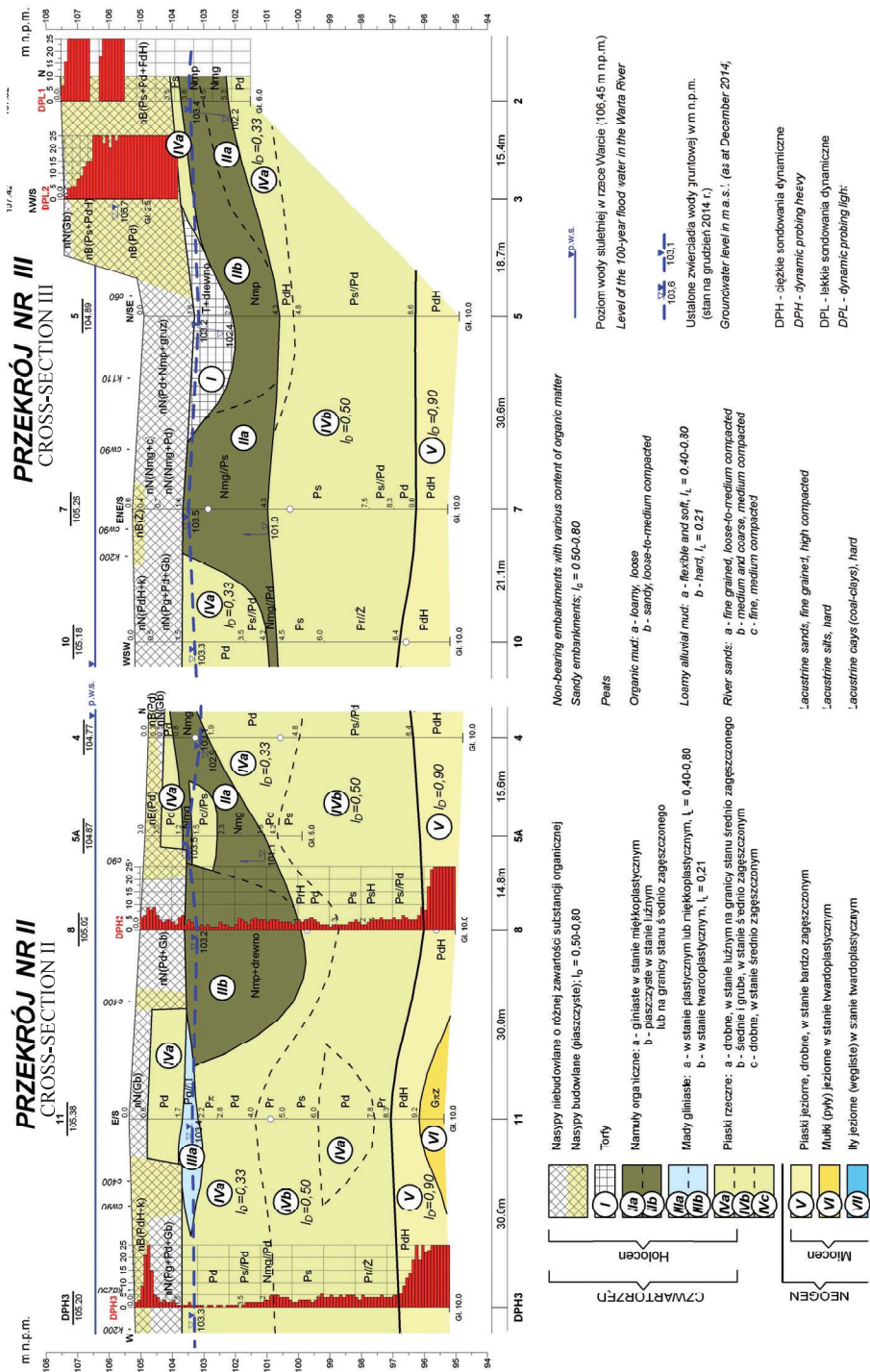
Budowa geologiczna

Podłoże projektowanych inwestycji charakteryzuje się warstwową zmiennością przestrzenną oraz występowaniem na stropie starszych, piaszczysto-mułkowo-ilastych utworów neogeńskich, ciągłej warstwy czwartorzędowych piasków rzecznych z przewarstwieniami mułków lub osadów organicznych. W rejonie kompleksu termalno-basynowego mineralne i organiczne osady rodzime w całości przykryte są współczesnymi nasypami o zróżnicowanej miąższości (rys. 3, 4).

Podłoże czwartorzędu występuje za ledwie na głębokości od 5 do 9 m p.p.t. Stanowią go neogeńskie piaski drobnoziarniste z rozproszoną substancją organiczną, mułki i ropy węgliste. Granica między neogenem a czwartorzędem ma charakter erozyjny. Bezpośrednio na neogenie zalega ciągła warstwa piaszczystych aluwów, o zróżnicowanej granulacji i miąższości od 3,5 do 8,0 m. Wśród piasków występują przewarstwienia lub soczewki mułków (gliniastych mad rzecznych) i serie organicznych osadów rzeczno-bagiennych, w postaci namulów lub torfów o miąższości do 4 m. Dna starorzeczy wypełniają płynne muły jeziorne. Brak osadów starszej części czwartorzędu (np. glin lodowcowych) świadczy o przewadze procesów erozyjnych w okresie plejstocenu, które spowodowały usunięcie lub redukcję tych osadów w dolinie Warty (Kamiński i Forysiak, 2008). Występowanie wśród



RYSUNEK 3. Przekrój geologiczno-inżynierski I dla rozbudowy kompleksu termalno-basenowego w Uniejowie (objaśnienia przy rys. 4)
 FIGURE 3. Geological and engineering for enlargement of the spa and swimming pool at Uniejów (for explanations see Fig. 4)



RYSUNEK 4. Przekroje geologiczno-inżynierskie II i III dla rozbudowy kompleksu termalno-basenowego w Uniejowie
 FIGURE 4. Geological and engineering cross-sections II and III for enlargement of the spa and swimming pool at Uniejów

piasków rzecznych zagrzebanych starorzeczy wypełnionych torfami i namulami oraz widoczne w obecnej rzeźbie terenu ślady przepływu wód świadczą o zmiennym przebiegu koryt Warty w nieodległej przeszłości. Jedynie w rejonie rozbudowy kompleksu termalno-basenowego całość osadów rodzimych przykrywa ciągła warstwa współczesnych nasypów (rys. 3, 4).

Warunki hydrologiczne

W okresie badań terenowych, w grudniu 2014 i 2015 roku, stan wód w Warcie, jej starorzeczu i stawie był niski, na poziomie 103,3–102,8 m n.p.m., wykazując spadek w kierunku północnego wschodu. Poziom ten był nieznacznie niższy niż swobodne zwierciadło wody gruntowej w profilach wykonanych wierceń, co świadczy o drenującym charakterze Warty. Jednak podczas wysokich stanów rzeki następuje podniesienie lustra wód gruntowych w obszarze doliny, włącznie z jej okresowym podtapianiem lub zalewaniem w stanach powodziowych. Wówczas lokalnie występuje w dolinie wzmożona boczna i wgłębna erozja, często w osiach starszych koryt wypełnionych obecnie osadami organicznymi, bardzo podatnymi na rozmywanie lub wypływ torfów na powierzchnię (zjawisko pła).

Ustalona rzędna wody stuletniej w Warcie na wysokości kompleksu basenowego w Uniejwie, o prawdopodobieństwie 1% wynosi $H_{1\%} = 106,45$ m n.p.m. (Stanek i Zalewski, 2004) i jest o ponad 3 m wyższa niż obecny poziom wód Warty oraz o niecały metr wyższa od stanu powodziowego Warty z wiosny 2010 roku, kiedy przekroczyła 105,5 m n.p.m. W okresie powodzi obszar pro-

jektowanej rozbudowy kompleksu termalno-basenowego jest zalewany przez wody płynące o głębokości 1–2 m. W tym czasie rejon starorzecza jest całkowicie wypełniony wodą pomimo jego położenia na zawału. Jak wynika z relacji mieszkańców pobliskiego siedliska, takie sytuacje miały miejsce w latach 1997 i 2010. Badane rejon inwestycyjne należą zatem do strefy o najwyższym poziomie zagrożenia i wysokiego ryzyka wystąpienia powodzi z dużą głębokością wody (>1,5 m) lub dużej prędkości (>2 m/s) przepływu (Marszałik, 2009). Jedynie powierzchnia ziemnej platformy nasypowej istniejącego kompleksu basenowego i korona wałów, znajdujące się na rzędnej około 107,5 m n.p.m., pozostają około 1 m wyżej ponad stan powodziowej wody stuletniej. W czasie powodzi skarpa kompleksu poddawana jest erozji i pełni funkcję ostrogi rozdzielającej wody płynące obecnym korytem rzeki na wschodzie a starym korytem na zachodzie. Po wykonaniu rozbudowy kompleksu taką funkcję od strony rzeki musi przejąć umocniona skarpa nasypu za projektowanym łukowym budynkiem lub sam budynek (rys. 2).

Warunki hydrogeologiczne

Skomplikowana budowa geologiczna, wyrażona zmiennością litologii i układu warstw, lokalizacja obydwu inwestycji w obszarze tarasu zalewowego Warty i jej okresowe wystąpienia pozakorytowe mają zasadniczy wpływ na zmienność warunków wodnych badanego podłoża. W znacznej części obszaru zwierciadło wód gruntowych występuje w poziomie lub powyżej słabonośnych osadów

organicznych (rys. 3, 4). W związku z powyższym warunki wodne podłoża są złożone i okresowo bardzo niekorzystne dla realizacji projektowanych inwestycji i ich późniejszej eksploatacji.

W obszarze doliny występuje ciągła warstwa wodonośna, która charakteryzuje się zwierciadłem swobodnym lub lekko napiętym (rys. 4). Czwartorzędowy poziom wodonośny ma charakter ciągły, jest związany z porowym środowiskiem piaszczystych aluwii i występuje na głębokości od 0,0 do 2,5 m p.p.t. Zwierciadło wody gruntowej stabilizowało się na rzędnej 103,6–102,8 m n.p.m., wykazując na przepływ wód gruntowych generalnie ku północy, w kierunku Warty, która odprowadza wody podziemne. Zasilanie pierwszego poziomu wodonośnego następuje przez pionową infiltrację opadów atmosferycznych. Pomiary głębokości występowania zwierciadła wody gruntowej wykonano w grudniu 2014 i 2015 roku, a więc w okresie suszy trwającej od 2013 roku, dlatego stan wody gruntowej uznano za bardzo niski. W rejonach dolin rzecznych zwierciadło pierwszej warstwy wodonośnej może ulegać znacznym wahaniom, co związane jest ściśle z jej zasilaniem oraz stanem wody w rzekach. Poziom wód gruntowych w stopach projektowanych budowli ziemnych może podnieść się okresowo do stanu wody powodziowej (Roman, 2014).

Czwartorzędowy poziom wodonośny pozostaje w całkowitej więzi hydraulicznej nie tylko z wodami powierzchniowymi, ale również z głębszym poziomem neogeńskim, związanym z porowym środowiskiem piasków węglistych (rys. 3, 4).

Warunki geologiczno-inżynierskie

Uwzględniając litologię, genezę i stan gruntów rodzimych, wyróżniono kilkanaście wydzielen litologiczno-genetycznych, ujętych w warstwy geotechniczne o diametralnie różnych parametrach wytrzymałościowych. Warstwy te zgrupowano w pięć zasadniczych serii. Jedynie w rejonie projektowanej rozbudowy kompleksu termalno-basenowego przy powierzchni dominują współczesne nasypy.

Grunty nasypowe stwierdzono tylko w obszarze projektowanej rozbudowy kompleksu termalnego i wyłączono je z ogólnego podziału na warstwy geotechniczne, z uwagi na ich znaczne pionowe i poziome zróżnicowanie, trudne do interpretacji. Rozdzielono jedynie nasypy budowlane (nB) o składzie mineralnym, w przewodzie piaszczystym nB(Pd+Ps), lokalnie drobne piaski próchniczne nB(PdH), od nasypów niebudowlanych (nN) z dużym udziałem gleby, namulów piaszczystych i gliniastych nN(Gb+Nmp+Nmg) – rysunki 3 i 4. Sondowania DPL1 i DPL2 oraz wiercenia wykonane na terenie czynnego kompleksu basenowego wykazały generalnie zagęszczony i bardzo zagęszczony stan piaszczystej platformy nasypowej o $I_D \geq 0,70$.

Muły jeziorne i mady rzeczne wykształcone są dwojako – jako gliny pylaste i pyły piaszczyste lub jako piaski. Współczesne osady jeziorne, wypełniające dno starorzecza, znajdują się w stanie luźnym lub płynnym. Gliniasto-pylaste mady rzeczne, występujące wśród piasków, są w stanie plastycznym i miękoplastycznym o $I_L = 0,40–0,80$. Gliniasto-pylaste mady występujące przy powierzchni terenu charakteryzują

się okresowymi zmianami plastyczności, w zależności od wahań zwierciadła wody gruntowej i opadów atmosferycznych. Starsze grunty tego typu, występujące głębiej i jedynie lokalnie (rys. 4), charakteryzują się stabilną wilgotnością i stanem twaroplastycznym. Mady piaszczyste w postaci piasków drobnych, lokalnie próchnicznych z domieszką substancji organicznej poniżej 2% (PdH) wykazują stan luźny, na granicy stanu średnio zagęszczonego o $I_D \leq 0,33$.

Grunty organiczne stanowią słabo rozłożone torfy, występujące w postaci płatów, oraz warstwy namulów o zawartości substancji organicznej w granicach $I_{\Sigma} = 9,3\text{--}22,1\%$. W obrębie tej serii wyróżniono: słabonośne namuły gliniaste w stanie miękkoplastycznym, namuły piaszczyste i piaski rzeczne z domieszką słabo rozłożonego drewna. Spąg gruntów organicznych występuje na zróżnicowanych głębokościach, od 5,1 do 1,9 m p.p.t. (rys. 3, 4). Grunty organiczne tego typu nie mogą stanowić bezpośredniego podłoża budowlanego.

Piaski rzeczne, nawodnione to mineralne piaski charakteryzujące się stanem średnio zagęszczonym o uogólnionym o $I_D = 0,40\text{--}0,60$. Ze względu na uziarnienie wydzielono dominujące w podłożu piaski średnie i grube oraz piaski drobne.

Miocenijskie osady jeziorne to nieskaliste grunty, które występują na głębokości 5–9 m p.p.t. i charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem litologicznym (rys. 3, 4). W podłożu kompleksu termalno-basenowego są to drobne i pylaste piaski z rozproszoną substancją organiczną (PdH). Sondowania DPH wskazują na bardzo zagęszczonego stan tych piasków o $I_D \geq 0,90$. Podob-

nie skonsolidowane są gliniasto-pylaste grunty miocenijskie w stanie twaroplastycznym. Strop ilów, należących do grupy gruntów ekspansywnych, ma bardzo urozmaiconą rzeźbę. Występuje płytko w zachodniej części badanego obszaru na 5–6 m p.p.t. i zapada ku Warcie, gdzie zalega na głębokości 9–10 m. Osady miocenijskie mogą być zaburzone glacitektoniczne, ale z uwagi na głębsze występowanie, ich niekorzystne własności mogą nie mieć praktycznego znaczenia dla projektowanych inwestycji. Strop neogenu, pomimo dużego zróżnicowania litologicznego, charakteryzuje się bardzo dobrymi parametrami wytrzymałościowymi.

Podsumowanie

Środkowa część doliny Warty w rejonie Uniejowa jest modelem przykładowym skomplikowania warunków geologiczno-inżynierskich wynikających ze zmienności budowy geologicznej, zwłaszcza w odniesieniu do litologii holocenijskich aluwów, obecności nasypów oraz okresowo znacznych wahań stanów wód powierzchniowych i gruntowych. O warunkach geologiczno-inżynierskich decyduje nieregularne i znaczne rozprzestrzenienie gruntów słabonośnych, w obszarze den dolinnych dominują mineralne i organiczne grunty nieskaliste o bardzo zróżnicowanych stanach, od luźnego do bardzo zagęszczonego lub od płynnego do twaroplastycznego. Ma to decydujący wpływ na zmienność parametrów wytrzymałościowych gruntów podłoża, ich duże zróżnicowanie oraz liczbę wydzielanych warstw geotechnicznych. Znaczny udział w budowie

den dolinnych mają słabonośne grunty organiczne lub mady rzeczne, które nie mogą stanowić bezpośredniego podłoża większych obiektów budowlanych. Zatem całość inwestycji projektowanych w obszarach dolin rzecznych należy zaliczać do trzeciej kategorii geotechnicznej, nie tylko z powodu istniejących regulacji prawnych (Rozporządzenie..., 2012), ale właśnie z uwagi na uwarunkowania geologiczno-inżynierskie. W rejonie projektowanej rozbudowy kompleksu termalno-basenowego strukturą o bardzo dobrych parametrach wytrzymałościowych podłoża przy powierzchni terenu jest jedynie uformowana w wyniku zabiegów geotechnicznych platforma nasypowa. Świadczy o tym dotychczas bezawaryjna eksploatacja obiektu i wykonane punktowo badania. Przy projektowaniu rozbudowy kompleksu sytuacja jest o tyle korzystna, że można wykorzystać doświadczenia z poprzednich etapów rozbudowy obiektu i sprawdzianu przyjętych rozwiązań budowlanych w trudnych warunkach powodzi 2010 roku. W rejonie projektowanych mostków nad starorzeczem, korzystne warunki geologiczno-inżynierskie do bezpośredniego posadowienia przyczółków mostowych stwierdzono tylko w jednym punkcie badawczym. Polskie rzeki okazały się niejednokrotnie żywołem utrudniającym eksploatację inwestycji realizowanych w ich dolinach, szczególnie w czasie powodzi stulecia w 1997 roku. Realizację przedsięwzięć budowlanych w dolinach rzecznych wymagają zazwyczaj licznych zabiegów geotechnicznych w celu bezpiecznego posadowienia obiektów. Fundamenty głębokie i pośrednie w postaci pali, studni, czy częściowa wy-

miana gruntów słabych i organicznych ze wzmocnieniem tych pozostawionych w podłożu, należą do powszechnie stosowanych, ale też bardzo drogich rozwiązań geoinżynierskich wykonywanych w celu zrównoważenia osiadań obiektów. W projektowaniu obiektów zagłębianych należy uwzględniać dodatkowo ich zabezpieczenia przed wypieraniem przez wodę gruntową lub powierzchniową, których zwierciadła osiągają maksymalnie stan wód powodziowych. Zazwyczaj skomplikowane warunki geologiczno-inżynierskie w dolinach rzecznych powodują, że obiekty wznoszone na tarasach zalewowych muszą mieć odpowiednie zabezpieczenia przed erozją powodziowych wód płynących, a piwnice budynków szczelne izolacje wodne. Z niekorzystnymi warunkami hydrogeologicznymi związana jest konieczność stosowania odwodnień budowlanych, które często okazują się w tych rejonach nieskuteczne lub długotrwałe, za to zawsze kosztowne. Optymalnie wszelkie prace ziemne należałoby prowadzić w suchej porze roku, przy niskim poziomie wód gruntowych i powierzchniowych. Jednakże harmonogramy prac i warunki kontraktów budowlanych uwzględniają zazwyczaj co najwyżej ekstremalne warunki pogodowe, nie zaś kilkumetrowe wahania stanów wód powierzchniowych lub gruntowych w dolinach rzecznych.

Podziękowania

Autorzy dziękują Panu Marcinowi Pamfilowi, Prezesowi Zarządu PGK TERMY UNIEJÓW Spółka z o.o. za zgodę na wykorzystanie wyników badań podłoża związanych z rozbudową obiektów termalno-basenowych.

Literatura

- Kaczyński, R. (2011). Akademska geologia inżynierska w Polsce. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 446, 75-84.
- Kamiński, J. i Forysiak, J. (2008). *Objaśnienia do SMGP 1:50000, Arkusz Uniejów (588)*. Warszawa: PIG.
- Laskowski, K. (2007). O schematach w geologii inżynierskiej z myślą o Prof. dr. hab. Jerzym Liszkowskim. *Geologos*, 151-156.
- Marszałik, M. (2009). *Modelowanie stref zagrożenia powodziowego z wykorzystaniem Numerycznego Modelu Terenu z lotniczego skaningu laserowego*. Kraków: Wydawnictwa AGH.
- Roman, G. (2014). *Dokumentacja badań podłoża gruntowego z opinią geotechniczną dla projektu rozbudowy kompleksu termalno-basenowego przy ul. Zamkowej w Uniejowie*. Łódź: Geotechnika Łódź Grzegorz Roman.
- Roman, G. (2015). *Dokumentacja badań podłoża gruntowego z opinią geotechniczną dla projektu projektu mostków i pomostu widokowego dla zadania p.n. „Budowa ścieżki dydaktycznej Zieleń wraz z modernizacją części istniejącej” obręb Zieleń, jednostka Uniejów*. Łódź: Geotechnika Łódź Grzegorz Roman.
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 27 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych* (Dz.U. z 2012, nr 81, poz. 463).
- Stanek, E. i Zalewski, G. (2004). *Opinia geotechniczna dotycząca warunków gruntowo-wodnych w rejonie projektowanego kompleksu basenowego w Uniejowie*. Łódź: Polgeol S.A. Zakład w Łodzi.
- Turkowska, K. (2006). *Geomorfologia regionu łódzkiego*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytet Łódzki.

Streszczenie

Warunki geologiczno-inżynierskie w dolinach rzecznych na przykładzie tarasu zalewowego Warty w rejonie Uniejowa.

Przedstawiono studium przypadku dotyczące badań podłoża gruntowego w obrębie dna doliny rzecznej na przykładzie Uniejowa. Na podstawie wyników wierceń, sondowań dynamicznych i badań laboratoryjnych wydzielono kilkanaście warstw geotechnicznych w gruntach rodzimych i dwa typy gruntów nasypowych. Wykazano skomplikowanie warunków geologiczno-inżynierskich w obszarze doliny wynikające ze zmienności litologii i stanu holocenijskich aluwów, obecności nasypów oraz znacznych wahań stanów wód powierzchniowych i gruntowych. Uwzględniono wpływ wahań poziomu wód w rzece, w tym wód powodziowych, na zmiany warunków geologiczno-inżynierskich podłoża. Uzyskane wyniki transponowano dla charakterystyki warunków posadowienia obiektów budowlanych na tarasach zalewowych.

Summary

Geological-engineering conditions in river valleys as exemplified by the Warta flood terrace at Uniejów. A case study concerning ground conditions within river valley bottom has been presented on the example of Uniejów. Drilling, dynamic probing and laboratory work data allow to distinguish over a dozen geotechnical layers within natural ground and two man-made ground types. The complexity of geological and engineering conditions within the valley has been proved resulting from lithological variability of the Holocene alluvia, occurrence of made grounds and also high amplitudes of surface and groundwater levels. Water levels variations in the Warta river, including flood waters, have been taken into account as influencing changes of the subsoil geological and engineering conditions. Result obtained have been synthesised to describe conditions for placement building structures on flood terraces.

Authors' addresses:

Grzegorz Roman
Geotechnika-Łódź Grzegorz Roman,
91-433 Łódź, ul. Franciszkańska 17/25,
Poland
e-mail: roman@geotechnika-lodz.pl

Małgorzata Roman
Uniwersytet Łódzki
Wydział Nauk Geograficznych
Instytut Nauk o Ziemi
90-139 Łódź, ul. Narutowicza 88,
Poland
e-mail: malgorzata.roman@geo.uni.lodz.pl

Michał Grzegorz Roman
Państwowy Instytut Geologiczny
– Państwowy Instytut Badawczy
00-975 Warszawa, ul. Rakowiecka 4,
Poland
e-mail: michal.roman@pgi.gov.pl