

**PRZYCZYNY NADMIERNEGO ZAWILGOCENIA
WYBIEGU DLA KONI STACJI DOŚWIADCZALNEJ
UNIwersYTETU ROLNICZEGO W KRAKOWIE
ORAZ KONCEPCJA JEGO OSUSZENIA I STABILIZACJI**

**CAUSES OF AN EXCESSIVE MOISTURE CONTENT
OF Paddock AT THE EXPERIMENTAL STATION
OF THE UNIVERSITY OF AGRICULTURE IN KRAKOW
AND CONCEPTION OF ITS DRYING AND STABILIZATION**

Andrzej Gruchot, Eugeniusz Zawisza

Streszczenie. W pracy przedstawiono ocenę przyczyn nadmiernego zawilgocenia wybiegu dla koni oraz jego erozji powierzchniowej. Wybieg zlokalizowany jest na działce nr 95/2 przy ul. Jodłowej 12 w Krakowie należącej do Stacji Doświadczalnej Katedry Rozrodu i Anatomii Zwierząt Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. W celu rozpoznania warunków gruntowo-wodnych przeprowadzono odpowiednio ukierunkowane badania terenowe i laboratoryjne właściwości geotechnicznych gruntów podłoża. Biorąc pod uwagę panujące warunki gruntowo-wodne terenu wybiegu, stwierdzono, że wody opadowe nie mają właściwego odpływu, a niskie współczynniki filtracji gruntów podłoża powodują ich stagnowanie w warstwach przypowierzchniowych, z czego wynika jego zabagnienie po większych opadach. Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz opracowano koncepcję osuszenia i stabilizacji powierzchni terenu wybiegu. Zaproponowano zabezpieczenie przed stagnowaniem wód opadowych oraz przed erozją powierzchniową z wykorzystaniem gruboziarnistych gruntów mineralnych jako drenażu. Wykorzystano również geosyntezy komórkowy stanowiący zabezpieczenie stabilizujące. Zalecono wykonanie kolektora zbiorczego odprowadzającego wodę z drenażu.

Abstract. In the paper an evaluation of causes of an excessive moisture content of the paddock and its surface erosion have been presented. The paddock is located on the lot number 95/2 at the 12 Jodłowa Street in Kraków, that belongs to the Experimental Station of the Department of Animal Breeding and Anatomy at University of Agriculture in Krakow.

Adres do korespondencji – Corresponding authors: dr inż. Andrzej Gruchot, dr hab. inż. Eugeniusz Zawisza, prof. UR, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: rmgrucho@cyf-kr.edu.pl, kiwig@ur.krakow.pl.

In order to determine the groundwater conditions a proper field and laboratory tests of the geotechnical parameters were carried out. Based on the current groundwater conditions of the paddock area it was stated that the rainfall does not have a proper drainage and low permeability coefficients of the soils cause its stagnation in the surface layers, which is the reason for the swamping of the ground after heavy rainfall. Based on the carried out tests and analysis a conception of drying and stabilization of the paddock area was prepared. Two types of protection were suggested – one against rainfall stagnation and another one against surface erosion, using coarse mineral soils as a drainage and cellular geosynthetic as a stabilizing protection. A collecting pipe to discharge water from the drainage was also planned.

Słowa kluczowe: warunki gruntowo-wodne, odwodnienie, erozja powierzchniowa

Keywords: groundwater conditions, drainage, erosion

WSTĘP

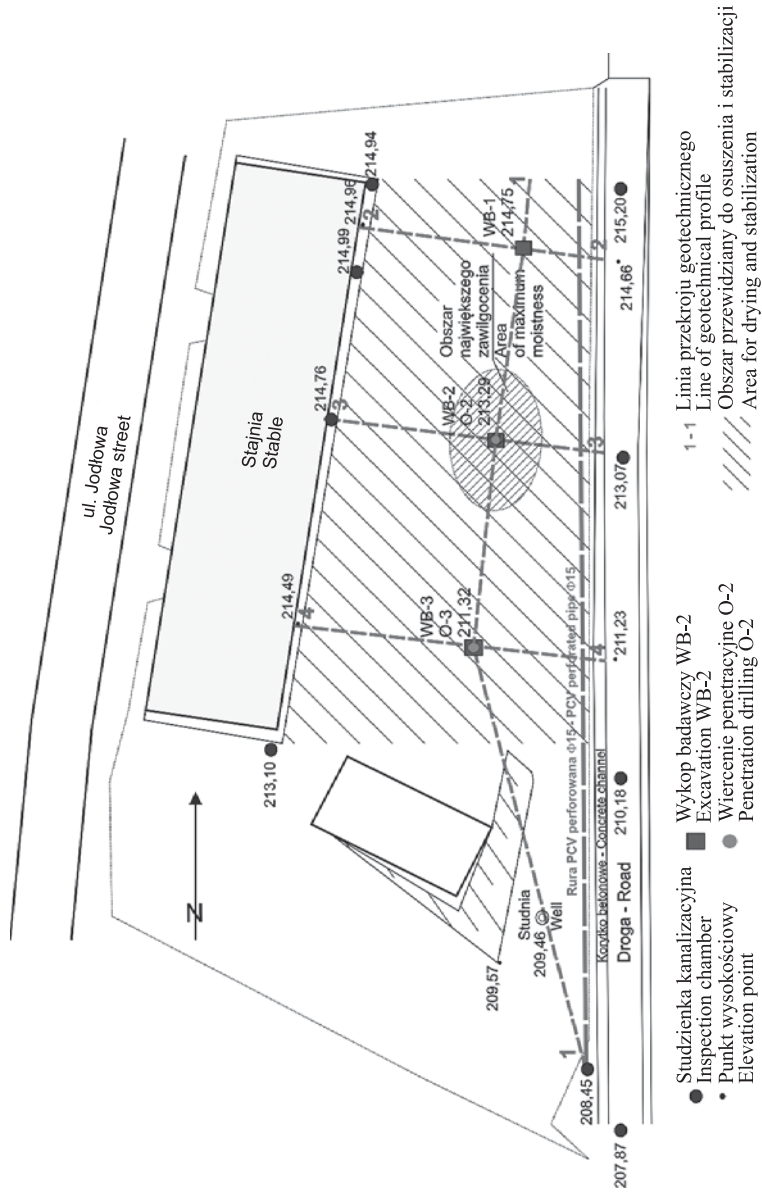
Działalność techniczna bądź gospodarcza człowieka stanowi często przyczynę podtopienia terenów i ich degradacji. Dzieje się tak głównie wtedy, gdy w podłożu znajdują się grunty słabo przepuszczalne, uniemożliwiające swobodny przepływ wód opadowych, lub gdy poziom zwierciadła wody gruntowej jest wysoki. Do najczęściej stosowanych zabiegów inżynierskich mających na celu uniknięcie podtopienia należy likwidacja ich przyczyny poprzez właściwe ukształtowanie terenu, a więc uzyskanie jak najlepszego spływu powierzchniowego i w konsekwencji ich zebranie i odprowadzenie [Mielcarzewicz 1990, Sokołowski i Żbikowski 1993].

Urządzenia odwadniające pracują w środowisku wodno-gruntowym, które charakteryzuje się specyficznymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi. Dlatego projektując odwodnienie, należy właściwie rozpoznać podłoże gruntowe, określić rodzaj i sposób zasilania chronionego obszaru, a także zebrać informacje topograficzne i gospodarcze o danym terenie [Opęchowski 2005, Rajda i Kanownik 2006]. Projektowanie i prowadzenie robót odwodnieniowych bez dokumentacji geologiczno-inżynierskiej jest niedopuszczalne. Badania i pomiary powinny objąć część lub całość obszaru filtracji wydzielonej w przestrzeni określonymi granicami.

CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem prezentowanych badań było określenie przyczyn nadmiernego zawilgocecia wybiegu dla koni oraz jego erozji powierzchniowej. Wybieg zlokalizowany jest na działce nr 95/2 przy ul. Jodłowej 12 w Krakowie należącej do Stacji Doświadczalnej Katedry Rozrodu i Anatomii Zwierząt Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (ryc. 1). Na podstawie obserwacji stwierdzono, że każdorazowo po większych opadach deszczu występowało zabagnienie wybiegu wynikające z dużej wilgotności gruntów i związaną z tym erozją powierzchniową, ponieważ wybieg zlokalizowany jest na terenie o znacznym spadku.

W celu rozpoznania warunków gruntowo-wodnych podłoża przeprowadzono odpowiednio ukierunkowane badania terenowe i laboratoryjne. Zakres prac terenowych



Ryc. 1. Plan sytuacyjny terenu badań z lokalizacją wykopów i przekrojów badawczych
Fig. 1. Location plan with localization of the excavations and geotechnical profiles

obejmował wykonanie 3 wykopów badawczych do głębokości od 1,40 m (WB-1) do 1,55 m (WB-2 i WB-3). Z dna wykopów WB-2 i WB-3 wykonano wiercenia penetracyjne lekkim świdrem ręcznym do głębokości odpowiednio 3,10 i 3,80 m (por. ryc. 1). W wykopach badawczych oznaczono gęstość objętościową metodą pierścienia, ponadto zarówno z wykopów, jak i z otworów wiertniczych pobrano próbki gruntów z wydzielonych warstw geotechnicznych do badań laboratoryjnych. W odkrywce WB-2 zainstalowano piezometr. Prowadzone w piezometrze okresowe pomiary poziomu wód gruntowych, w powiązaniu z pomiarami poziomu wody w studni gospodarczej zlokalizowanej w dolnej części działki (ryc. 1), pozwoliły określić położenie i wahania zwierciadła wód gruntowych.

Zakres badań laboratoryjnych obejmował oznaczenie składu granulometrycznego metodą analizy sitowej, wilgotności naturalnej metodą suszarkową w temperaturze 105°C, granic konsystencji gruntów spoistych metodą wałeczowania (granica plastyczności) i metodą Cassagrandea (granica płynności), strat masy przy prażeniu oraz zawartości części organicznych metodą utlenienia. Oznaczono również parametry zagęszczalności nasypu występującego w przypowierzchniowej warstwie wybiegu oraz współczynnika filtracji próbek gruntów pobranych w wykopach i otworach wiertniczych.

Parametry zagęszczalności, to jest wilgotność optymalną i maksymalną gęstość objętościową szkieletu, oznaczono w standardowym aparacie Proctora w cylindrze o objętości 2,2 dm³ przy energii zagęszczania 0,59 J · cm⁻³.

Współczynnik filtracji gruntów drobnziarnistych oznaczono w edometrach wyposażonych w oprzyrządowanie do pomiarów wodoprzepuszczalności, na próbkach o wysokości 2,0 cm i średnicy 6,5 cm pobranych w postaci brył o nienaruszonej strukturze. Oznaczenie polegało na pomiarze przepływu wody z dołu do góry próbki w warunkach zmiennego spadku hydraulicznego. Przygotowane próbki umieszczono w edometrach, a następnie przykładano obciążenie o wartości 12,5 kPa. Pomiary filtracji rozpoczęto po całkowitym przepływie wody przez próbkę. Badania polegały na rejestracji zmian poziomu wody w rurce aparatu w jednostce czasu. Obliczenia współczynnika filtracji (k_T) przeprowadzono za pomocą równania:

$$k_T = \frac{a \cdot l}{A \cdot (t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2} \quad (1)$$

gdzie:

- a – powierzchnia pola przekroju rurki szklanej, m²,
- l – wysokość próbki, m,
- A – pole powierzchni próbki, m²,
- $t_2 - t_1$ – różnica czasu pomiędzy dwoma kolejnymi odczytami wysokości słupa wody w rurce szklanej, s,
- h_1, h_2 – początkowa i końcowa wysokość słupa wody w rurce, m.

Współczynnik filtracji gruntów gruboziarnistych występujących w strefie przypowierzchniowej oznaczono w średniowymiarowym permeametrze. Próbki o średnicy i wysokości po 36 cm były formowane bezpośrednio w aparacie, przez zagęszczenie

materiału o wilgotności zbliżonej do optymalnej w 6 warstwach o wysokości 6,0 cm każda, do uzyskania zagęszczenia $I_s = 0,87$ i $0,92$. Oznaczenie współczynnika filtracji przeprowadzono po przefiltrowaniu się wody przez próbkę i ustabilizowaniu przepływu. Badanie polegało na pomiarze objętości przefiltrowanej wody przez próbkę przy stałym spadku hydraulicznym, w stałych odstępach czasu. Pomiarzy przeprowadzono przy przepływie wody z dołu do góry (w celu wyeliminowania powietrza) i z góry do dołu próbki. Jako wynik podano wartość średnią z obydwu pomiarów. Współczynnik filtracji (k_T) obliczono z następującego wzoru:

$$k_T = \frac{Q}{A \cdot i \cdot t} \quad (2)$$

gdzie:

- Q – wydatek filtracji, m^3 ,
- A – pole powierzchni próbki, m^2 ,
- i – spadek hydrauliczny,
- t – czas pomiaru, s.

Wartości współczynnika filtracji przeliczono w odniesieniu do umownej temperatury $10^\circ C$ ze wzoru:

$$k_{10} = \frac{k_T}{0,7 + 0,03T} \quad (3)$$

gdzie:

- T – temperatura wody, $^\circ C$.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

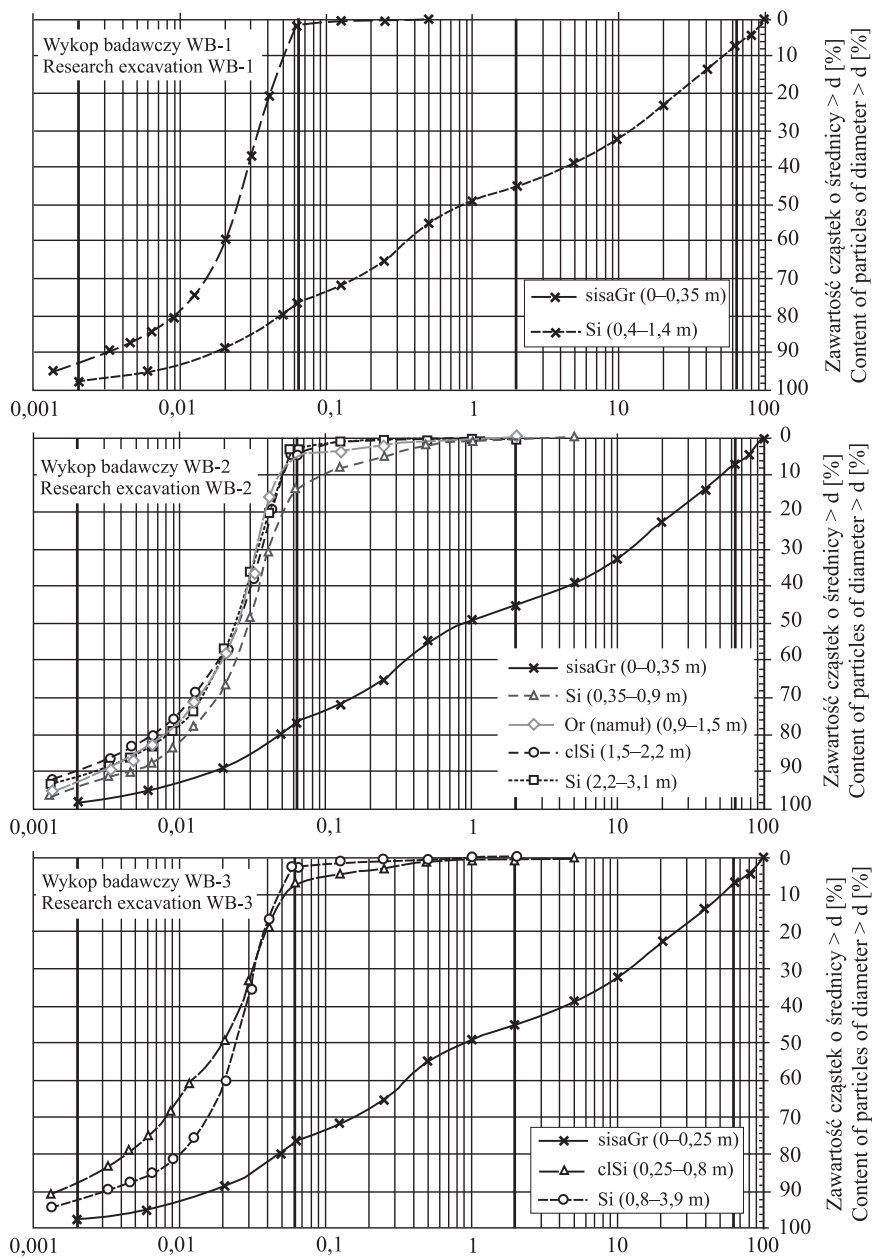
Badany wybieg dla koni posiada nachylenie w kierunku południowym (por. ryc. 1) oraz w mniejszym stopniu w kierunku zachodnim. W przekroju geotechnicznym w przypowierzchniowej warstwie wybiegu wyróżniono nasyp o grubości 0,25–0,35 m, o uziarnieniu odpowiadającym żwirom piaszczysto-pylastym (ryc. 2, 3, 4), z blisko 3% zawartością części organicznych (tab. 1). Zagęszczenie nasypu było nierównomierne i raczej przypadkowe, wynikające z jego dogęszczenia przez biegające po nim konie. Parametry zagęszczalności, a więc maksymalna gęstość objętościowa szkieletu wynosiła $1,575 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, a wilgotność optymalna 20,5%. Współczynnik filtracji oznaczony w średniowymiarowym permeametrze wykazywał silną zależność od zagęszczenia. Wzrost wskaźnika zagęszczenia I_s od 0,87 do 0,92 spowodował zmniejszenie współczynnika filtracji od $3,92 \cdot 10^{-7}$ do $1,13 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Uzyskane wartości były niskie, co powoduje, że wody opadowe mogą długo stagnować na powierzchni terenu i powodować jego zabagnienie.

Tabela 1. Właściwości geotechniczne gruntów podłoża
Table 1. Geotechnical characteristics of the subsoils

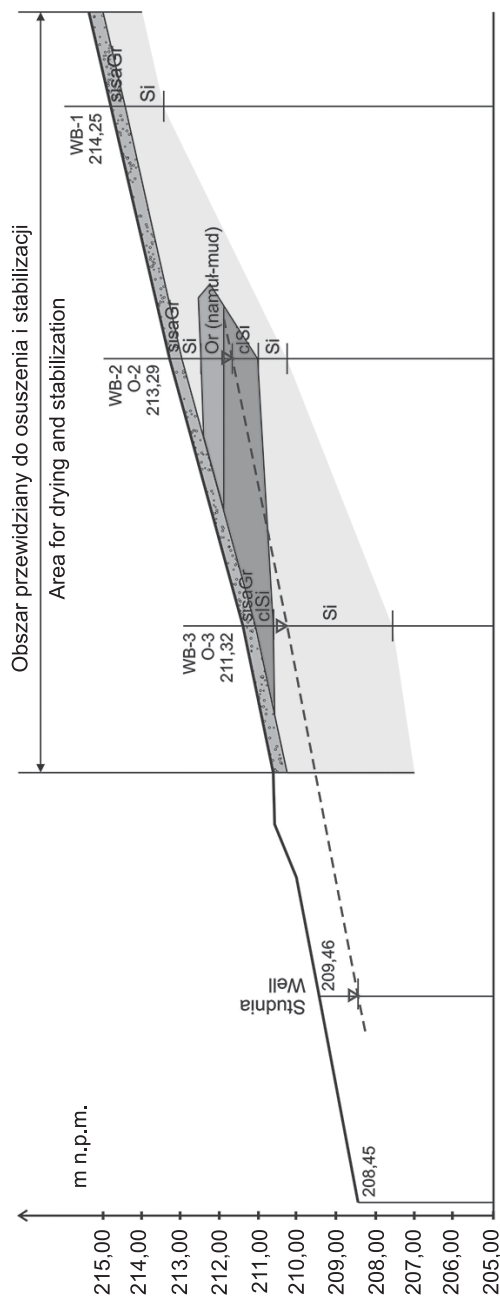
Przełot warstwy Layer thickness	Zawartość frakcji, % Fraction content, %				Cl	Nazwa gruntu wg PN-EN ISO 14688-2:2006 Name of the soil acc. to	w_n Natural moisture content, %	I_D Gęstość objętościowa, $t \cdot m^{-3}$ Bulk density $t \cdot m^{-3}$	I_L Stopień plastyczności Liquidity index	ϕ Zawartość części organicznych, % Organic matter content, %	Wsółczynnik filtracji, $m \cdot s^{-1}$ Permeability coefficient, $m \cdot s^{-1}$	c
	Zwirłowa Gravel	Piaskowa Sand	Pyłowa Silt	Ilowa Clay								
Wykop badawczy WB-1 – Excavation WB-1												
0,35	45,8	31,8	21,3	2,1	2,1	sasiGr	13,5			5,2*	1,13 · 10 ⁻⁸	
1,40	–	2,0	91,0	7,0	7,0	Si	16,9÷20,3	2,05÷2,12	-0,05÷0,30		1,02 · 10 ⁻⁸	
Wykop badawczy/Odwiert – WB-2/O-2 – Excavation/Penetration drilling – WB-2/O-2												
0,35	45,8	31,8	21,3	2,1	2,1	sasiGr	20,1			5,2*	1,13 · 10 ⁻⁸	
0,90	–	13,4	81,1	5,5	7,0	Si	23,7÷26,0	1,91÷2,02		1,3*	1,13 · 10 ⁻⁹	
1,50	–	4,6	88,5	7,0	7,0	Or (namul) (mud)	44,0÷49,2	1,59÷1,64	0,46÷0,62	5,5*	9,04 · 10 ⁻¹⁰ ÷9,98 · 10 ⁻⁹	
2,20	–	4,2	86,0	9,9	9,9	cSi	24,5÷27,7	1,95÷2,02	0,26÷0,48	4,0**	1,10 · 10 ⁻⁹	
3,10	–	3,2	88,1	8,7	8,7	Si	22,3÷22,6	2,07÷2,11				
Wykop badawczy/Odwiert – WB-3/O-3 – Excavation/Penetration drilling – WB-3/O-3												
0,25	45,8	31,8	21,3	2,1	2,1	sasiGr	10,2					
0,80	0,4	6,2	81,8	11,6	11,6	cSi	21,8÷23,1	1,92	0,27÷0,31	1,0**	9,79 · 10 ⁻⁹	
3,9	–	1,7÷3,5	89,7÷91,4	6,8÷7,5	6,8÷7,5	Si	21,2÷24,4	1,91÷2,08			1,51 · 10 ⁻⁹ ÷2,86 · 10 ⁻⁸	

* metoda strat masy przy prażeniu – ignition loss method

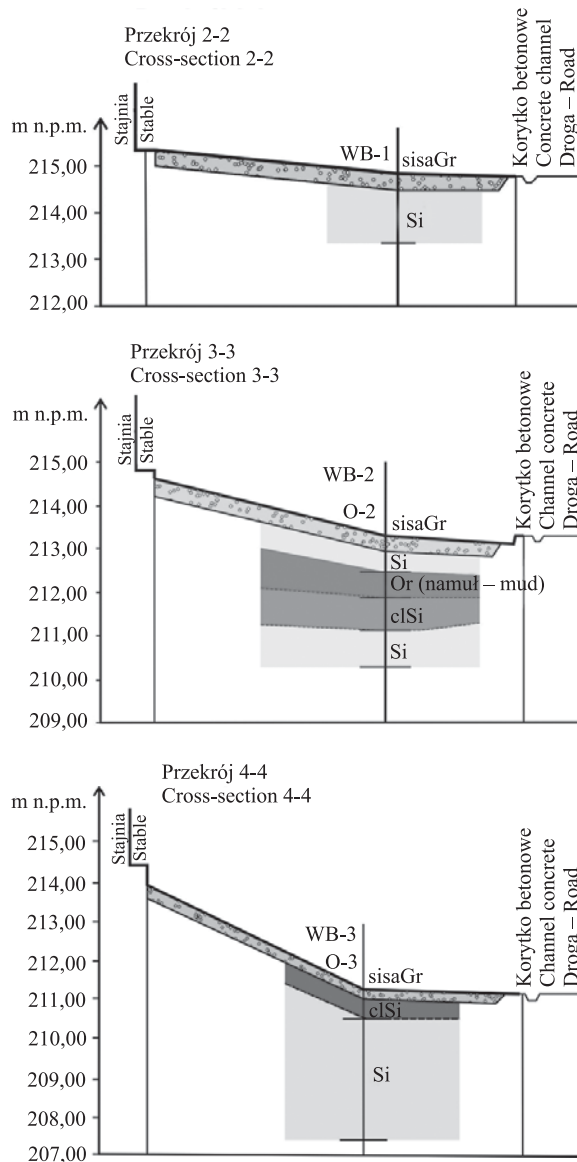
** metoda utleniania – hydrogen peroxide method



Ryc. 2. Krzywe uziarnienia gruntów podłoża
 Fig. 2. Grain size distribution of the subsoils



Ryc. 3. Podłużny przekrój geotechniczny 1-1
Fig. 3. Geotechnical profile 1-1

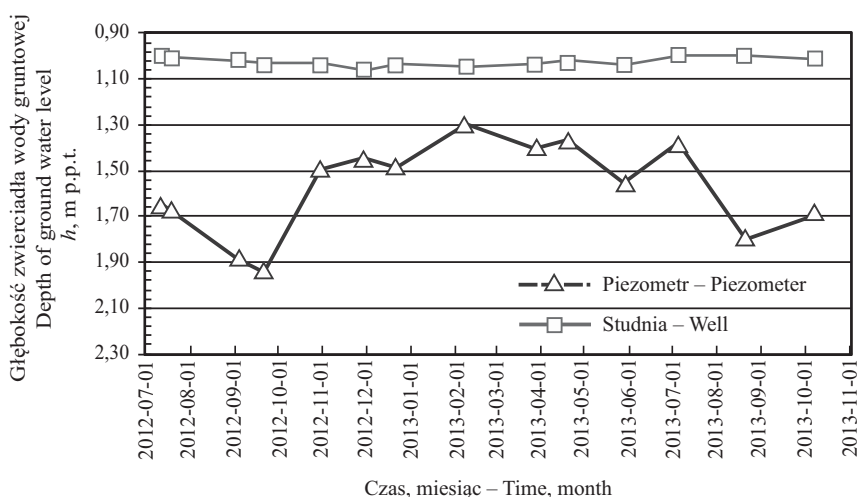


Ryc. 4. Poprzeczne przekroje geotechniczne
Fig. 4. Geotechnical cross-sections

Poniżej nasypu występowały grunty pylaste z wkładkami pyłów ilastych (ryc. 2, 3, 4) o niewielkiej miąższości. Grunty te najczęściej były w stanie twardoplastycznym oraz plastycznym, przy wilgotności w granicach 17–28%. Jedynie w wykopie WB-2 stwierdzono warstwę namułów o wilgotności 44–49% i zawartości części organicznych 4–5% (tab. 1). Współczynnik filtracji pyłów i pyłów ilastych oznaczony w edometrze był

rzędu $10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, a w przypadku namułu $10^{-10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Tak niskie wartości współczynnika filtracji uniemożliwiają infiltrację wód opadowych w głąb podłoża i stanowią bezpośrednią przyczynę zabagnienia terenu występującego po większych opadach, przy czym w rejonie odkrywki WB-2, gdzie w podłożu stwierdzono warstwę namułu o najmniejszej wodoprzepuszczalności, zabagnienie było największe.

Pomiary poziomu wody gruntowej mierzone w okresie od lipca 2012 do października 2013 w piezometrze zainstalowanym w otworze O-2 (środkowa część terenu wybiegu – por. ryc. 1) wykazały, że wahał się on w zakresie od 1,30 do 1,94 m poniżej powierzchni terenu (ryc. 5). Można więc stwierdzić, że praktycznie miały one niewielki wpływ na wilgotność wyżej leżących warstw gruntu. Pomiary stanów wody w studni zlokalizowanej poniżej analizowanego wybiegu wykazały bardzo małe wahania i można przyjąć, że zalegała ona na głębokości około 1,0 m poniżej powierzchni terenu (ryc. 5). Należy zaznaczyć, że położenie wody gruntowej naniesione na przekrój 1-1 (ryc. 3) jest najwyższe z pomierzonych w wyżej wymienionym okresie, a zatem przedstawia stan najbardziej niekorzystny.



Ryc. 5. Stany wody gruntowej w okresie od lipca 2012 do października 2013

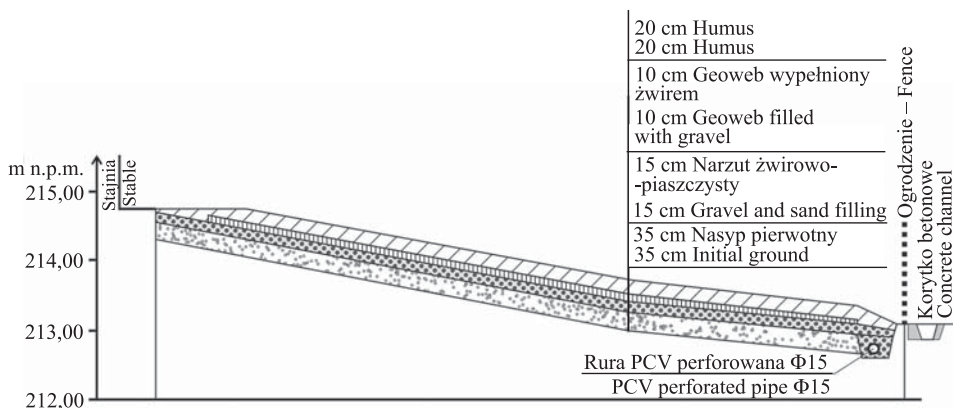
Fig. 5. Ground water level from august 2012 to october 2013

Biorąc pod uwagę warunki gruntowo-wodne terenu wybiegu stwierdzono, że wody opadowe nie mają właściwego odpływu, a niskie współczynniki filtracji gruntów podłoża powodują ich stagnowanie w warstwach przypowierzchniowych, z czego wynika jego zabagnienie po większych opadach. Wody gruntowe nie mają w tym przypadku istotnego wpływu na zabagnienie z uwagi na ich poziom nie sięgający powierzchni terenu.

KONCEPCJA OSUSZENIA I STABILIZACJI TERENU WYBIEGU

Wyniki przeprowadzonych badań i analiz pozwoliły na opracowanie koncepcji osuszenia i stabilizacji omawianego wybiegu dla koni. Stwierdzono, że powierzchnia terenu wybiegu wymaga dwóch rodzajów zabezpieczeń, a mianowicie zabezpieczenia przed stagnowaniem wód opadowych i powodowanego przez to zabagnienia terenu oraz przed erozją powierzchniową, po części wynikającą z zabagnienia, a po części powodowaną przez biegające po niej konie. Uwzględniając powyższe, proponuje się (ryc. 6):

- pokrycie całego terenu warstwą piasku grubego/żwiru/pospółki o grubości 15 cm, stanowiącą drenaż warstwowy;
- ułożenie na niej geosyntetyku komórkowego (GEOWEB) o grubości 10 cm wypełnionego tym samym materiałem stanowiącym element stabilizacyjny;
- pokrycie całości warstwą zatrawionego humusu o grubości minimum 20 cm;
- zainstalowanie kolektora zbiorczego w postaci rury perforowanej PCV Ø15 cm odprowadzającego wodę z drenażu warstwowego do studzienki kanalizacyjnej.



Ryc. 6. Planowane rozwiązanie osuszająco-stabilizujące teren wybiegu. Przekrój 3-3

Fig. 6. Conception of drying and stabilization of paddock. Cross section 3-3

Geosyntetyk komórkowy będzie stanowił dodatkowe zabezpieczenie stabilizujące. Pozostawienie samego drenażu warstwowego bez ochrony geosyntetykiem narażałoby ten drenaż na zniszczenie kopytami biegających koni.

PODSUMOWANIE

Warunki przebywania koni na terenie analizowanego obiektu są aktualnie niekorzystne ze względu na jego nadmierne zawilgocenie po większych opadach deszczu. Występujące w przypowierzchniowej warstwie podłoża grunty o małej przepuszczalności uniemożliwiają szybkie odprowadzenie wód opadowych. Poprawę tych warunków i przez to dobrostanu zwierząt można uzyskać poprzez przeprowadzenie zabiegów polegających na osuszeniu i stabilizacji terenu wybiegu zgodnie z przedstawionym rozwiązaniem

konceptyjnym. Rozwiązanie to może być korzystne zarówno w aspekcie technicznym, jak i ekonomicznym.

PIŚMIENNICTWO

- Mielcarzewicz E., 1990. Odwadnianie terenów zurbanizowanych i przemysłowych. Systemy odwadniania. PWN Warszawa.
- Opęchowski W., 2005. Odwodnienia budowlane wykopów na przykładzie obiektów zrealizowanych w Warszawie. Mat. XX Ogólnopolskie Konf. „Warsztat pracy projektanta konstrukcji”, Wisła–Ustroń, 297–316.
- PN-EN ISO 14688-2:2006. Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Cz. 2: Zasady klasyfikacji. Polski Komitet Normalizacyjny Warszawa.
- Rajda W., Kanownik W., 2006. Retencja użyteczna warstwy nośnej i drenażowej płyty boiska do piłki nożnej. Acta Sci. Pol., Architectura 5(2), 65–74.
- Sokołowski J., Żbikowski A., 1993. Odwodnienia budowlane i osiedlowe. Wyd. SGGW Warszawa.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 10.06.2014