

**Ekspertyza
dotycząca ustalenia przyczyn uszkodzeń
powstałych w czasie zbiornika retencyjnego
w rejonie ul. Folwarcznej w Krakowie,
zlokalizowanego na działkach nr 320/1 oraz 320/2
obr. NH-11 po opadach w roku 2024**

Zamawiający:

Gmina Miejska Kraków, Pl. Wszystkich Świętych 3-4
Reprezentowana przez jednostkę 32-004 Kraków
Klimat – Energia – Gospodarka Wodna w Krakowie
Os. Szkolne 27, 31-977 Kraków

Zespół autorski:

dr inż. Antoni Bojarski
dr inż. Andrzej Męczałowski
dr hab. inż. Stanisław Rybicki, prof. PK upr.: 678/94 oraz 224/86

Kraków, grudzień 2024

Spis treści

1.	Podstawa opracowania ekspertyzy.....	3
2.	Zakres opracowania obejmuje w szczególności:	3
3.	Wykorzystane materiały	3
4.	Opis rozwiązań projektowych	4
4.1.	Rozwiązanie koncepcyjne czaszy zbiornika.....	4
4.2.	Warunki geotechniczne w obrębie czaszy zbiornika (wg. Opinii geotechnicznej).....	8
4.3.	Gospodarka wodna na zbiorniku (wg PB) oraz „Aktualizacji wariantowej koncepcji ...”	10
5.	Projektowane rozwiązanie konstrukcyjne czaszy zbiornika wg Projektu Budowlanego	14
6.	Problemy na etapie wykonawstwa zbiornika	18
7.	Analiza i ocena występujących problemów w okresie budowy zbiornika przy ul. Folwarcznej	34
7.1.	Analiza i ocena rozwiązań przedstawionych w Projekcie Budowlanym w kontekście uwarunkowań projektowych i przyszłej eksploatacji zbiornika.....	34
7.2.	Analiza i ocena rozwiązań projektowych kontekście warunków geotechnicznych	35
7.3.	Analiza i ocena rozwiązań projektowych w kontekście gospodarki wodnej zbiornika.....	35
8.	Wnioski końcowe dotyczące oceny rozwiązań projektowych	36
9.	Zalecenia dotyczące sposobu i zakresu naprawy uszkodzeń występujących w czaszy zbiornika.....	37
9.1.	Założenia	37
9.2.	Roboty rozbiórkowe.....	37
9.3.	Zakres wykonania robót naprawczych zabezpieczenia dna i skarp czaszy zbiornika	38
10.	Uprawnienia.....	40

1. Podstawa opracowania ekspertyzy

Podstawą formalną opracowania „Ekspertyzy dotyczącej ustalenia przyczyn uszkodzeń powstałych w czaszy zbiornika retencyjnego w rejonie ul. Folwarcznej w Krakowie, zlokalizowanego na działkach nr 320/1 oraz 320/2 obr NH-11 po opadach w roku 2024” są umowy indywidualne zawarte z zespołem wykonawczym Ekspertyzy:

dr inż. Antoni Bojarskim (koordynator prac),

dr hab. inż. Stanisławem Rybickim, prof. PK,

dr inż. Andrzejem Mączałowskim

zawarte w dniu 18.11.2024

2. Zakres opracowania obejmuje w szczególności:

- Wizję lokalną na zbiorniku,
- Charakterystykę rozwiązań projektowych,
- Analizę uwarunkowań eksploatacji zbiornika suchego z oceną zagrożeń przy zbiorniku pustym oraz przy stanach nadzwyczajnych,
- Ocenę warunków geotechnicznych i hydrogeologicznych dla czaszy zbiornika,
- Ocenę rozwiązań projektowych ze względu na uwarunkowania pracy zbiornika i warunki geotechniczne,
- Określenie przyczyn występujących uszkodzeń na skarpach i dnie zbiornika,
- Analiza przebiegu procesu budowy w oparciu o dokumenty: dziennik budowy, protokoły, notatki, inwentaryzację itp.,
- Wnioski końcowe i propozycje do zmian projektowych w czaszy zbiornika.

3. Wykorzystane materiały

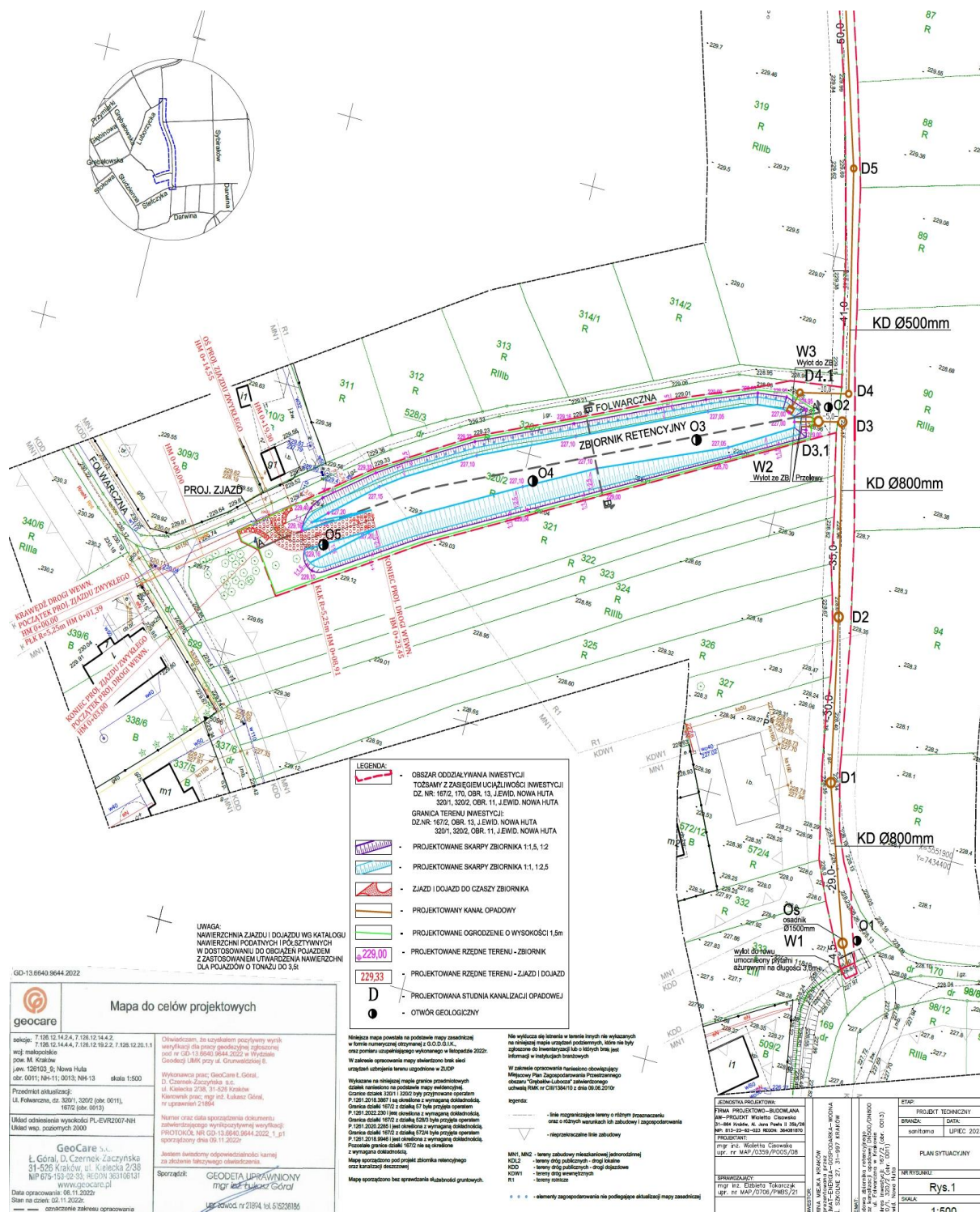
- Aktualizacja wariantowej koncepcji odwodnienia terenów osiedli Grębałów, Lubocza, Łuczanowice, Kantorowice. Retencja.pl, Nr raportu: LUB-KP-P-D-003-4, sierpień 2022.
- Projekt budowlany na budowę zbiornika retencyjnego w rejonie ul. Folwarcznej w Krakowie. Firma Projektowo-Budowlana AW-PROJEKT Wioletta Cisowska. Kraków, 11.2022.
- Opinia geotechniczna z Dokumentacji badań podłoża gruntowego dla projektu pt. „Budowa zbiornika retencyjnego w rejonie ul. Folwarcznej”. Geotechmix Piotr Głogowski. Trzebinia, październik 2022.

- Dokumentacja z okresu budowy: dziennik budowy, notatki, korespondencja, opracowania geodezyjne oraz dokumentacja fotograficzna.
- Opinia Geotechniczna dla potrzeb stabilizacji skarpy zbiornika retencyjnego przy ul. Folwarcznej w Krakowie. Mgr inż. Dariusz Szajowski. Kraków, marzec 2024.
- Materiały z wizji lokalnej.
- Postanowienie Powiatowego Inspektora nadzoru Budowlanego w Krakowie – Powiat grodzki Z dnia 29 listopada 2024 roku.

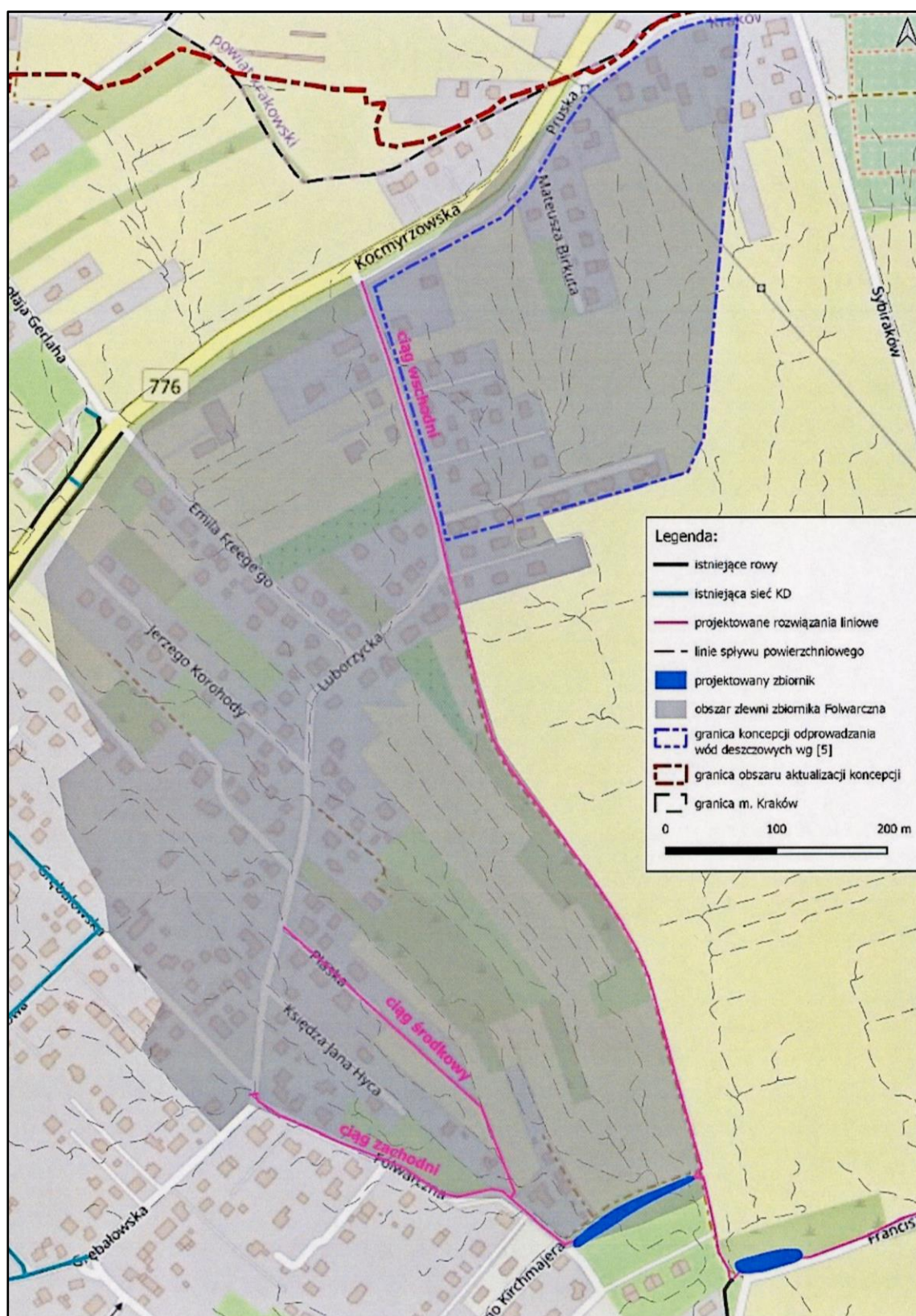
4. Opis rozwiązań projektowych

4.1. Rozwiązanie koncepcyjne czaszy zbiornika

Zbiornik zaprojektowany został jako suchy tzn. pracujący tylko w okresach opadów. Czasza zbiornika wykonana została w całości poniżej poziomu terenu. Czasza w planie jest podłużna o osi przebiegającej w kierunku zachodnio – wschodnim. Wymiary czaszy są następujące: długość 107 m, szerokość 14.4 m, głębokość czynna 1.4 m, średnia głębokość rzeczywista zbiornika około 2.0 m. Objętość zbiornika $V = 1200 \text{ m}^3$ przy powierzchni dna $F = 640 \text{ m}^2$ i na poziomie 1.4 m $F = 1290 \text{ m}^2$. Brzegi zbiornika pokrywają się praktycznie z granicą działek. Rzędna dna wynosi 227.15 – 227.00 m npm. Rzędne terenu wokół zbiornika kształtują się w zakresie: brzeg północny od 228.95 do 229.40 m npm, brzeg południowy nieco niższy od 228.70 do 229.10 m npm. Na krótkim boku czaszy od strony wschodniej zaprojektowano urządzenia wlotowe i upustowe zbiornika a od strony zachodniej drogę zjazdową do czaszy zbiornika. Nachylenie projektowe skarp zbiornika jest zróżnicowane na poszczególnych skarpach oraz ich wysokości: od strony północnej, gdzie zbiornik bezpośrednio sąsiaduje z ul. Folwarczną nachylenie wynosi 1:1 oraz górą 1:1.5, a na stronie południowej 1:2.5 i górą 1:1.5. Nie ma w projekcie technicznego uzasadnienia dlaczego przy prawie identycznych warunkach gruntowo-wodnych nachylenia są tak zróżnicowane. Projektant powołuje się na wymagania środowiskowe, co przy ogrodzonym całkowicie zbiorniku i suchym nie ma uzasadnienia. Wg Wytocznych Wydziału Kształtowania Środowiska UMK jak podano w „Aktualizacji ...” zbiornik przy ul. Folwarcznej leży na skraju obszaru łączności ekologicznej i nie jest zaliczony ani nie leży w pobliżu tzw. „miejsca szczególnej uwagi”. Dno czaszy zbiornika posiada spadek 2% w kierunku osi podłużnej tj. w kierunku urządzeń upustowych. Zagospodarowanie terenu wokół czaszy zbiornika przedstawia rysunek 1, a rozwiązanie czaszy zbiornika rys. 2. Wg opracowania „Aktualizacji wariantowej koncepcji odwodnienia terenów osiedli Grębałów, Lubocza, Łuczanowice, Kantorowice”, na której opiera się omawiany Projekt Budowlany dla zbiornika Folwarczna zaplanowano budowę trzech ciągów odwodnieniowych przedstawiony na rysunku 3. Ciąg wschodni: odcinek zbierający wody opadowe w ul. Luborzyckiej, biegnący od ul. Pruskiej w kierunku południowym. Ciąg proponuje się wykonać jako rurociąg zamknięty na całej długości ze względu na dostępność terenu (niewystarczającą do realizacji części ciągu w postaci rowu otwartego). Odcinek zarurowany na wysokości ul. Luborzyckiej 54 będzie przyjmował wody opadowe z regulatora zbiornika planowanego w tym rejonie na prywatnych parcelach. Cały ciąg cięży do planowanego zbiornika od strony wschodniej. Ciąg środkowy: prowadzi wody opadowe z części ul. Luborzyckiej ulicami Płaską i Folwarczną. W całości planowany jako rurociąg zamknięty. Cały ciąg cięży do planowanego zbiornika od strony zachodniej. Ciąg zachodni prowadzi wody opadowe z części ul. Luborzyckiej i północnej części



Rys. 1. Zagospodarowanie terenu wokół czaszy zbiornika



Rys. 3. Schematyczne rozwiązanie dla Zbiornika Folwarczna (OPZ1) wraz z ciągną zlewnią (wg „Aktualizacji ...”)

4.2. Warunki geotechniczne w obrębie czaszy zbiornika (wg. Opinii geotechnicznej)

Od powierzchni terenu występuje pokrycie utworami lessowymi i urodzajnymi czarnoziemami. W podłożu na podstawie wierceń w otworach OW2 – OW5 (rys. 4) wykonanych do głębokości 3 m stwierdzono, występowanie utworów rodzimych w postaci utworów lessowych wykształconych w postaci glin pylastych oraz pyłów w stanie twardoplastycznym oraz półzwartym.

Wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- Warstwa Ia – są to grunty rodzime wykształcone w postaci glin pylastych oraz pyłów z domieszkami w stanie półzwartym o uśrednionym stopniu plastyczności $I_L = 0.00$.
- Warstwa Ib – są to grunty rodzime wykształcone w postaci glin pylastych oraz pyłów z domieszkami w stanie twardoplastycznym o uśrednionym stopniu plastyczności $I_L = 0.20$.

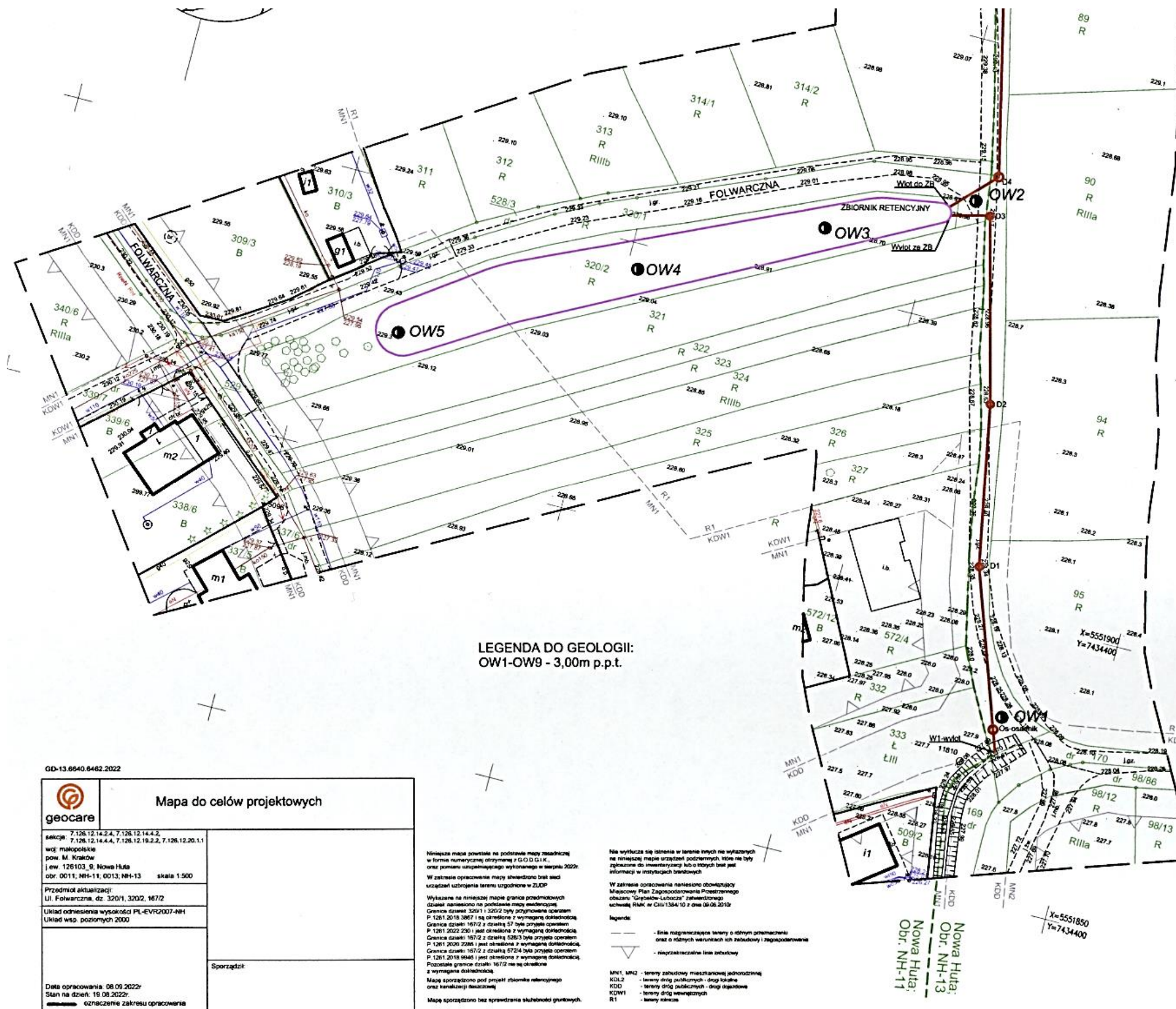
Na badanym terenie nie stwierdzono poziomu wodonośnego, ale stwierdzono liczne i obfite sączenie wód gruntowych mogące stanowić nieciągłe zwierciadło wód gruntowych. Grunty zaliczone do warstwy I charakteryzują się słabymi współczynnikami filtracji od $k_{10} 1 \times 10^{-5}$ do 1×10^{-6} cm/s.

Grunty zaliczone do pakietu warstw I wykazują się małą odpornością na mróz oraz średnią zdolnością do skurczu.

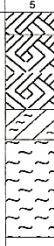
W wytycznych do projektowania wskazano II kategorię geotechniczną oraz konieczną ochronę gruntów przed zmianą wilgotności na etapie budowy i eksploatacji. Zwrócono uwagę na stosunkową dużą głębokość występowania gruntów ornych, nawet do głębokości 1.4 m ppt.

Z uwagi na znaczne domieszki organiczne oraz zniszczoną strukturę pierwotną należy wymienić grunty orne w całości.

Należy dodać do powyższych danych także informację, uzyskaną od Wód Polskich, że obszar inwestycji znajduje się w terenie zdrenowanym, co należało uwzględnić także jako ważne uwarunkowanie projektowe.

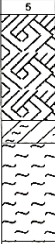


Rys. 4. Lokalizacja otworów geotechnicznych w czasie zbiornika oraz ich karty

Geotechnik Piotr Glogowski			KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO							Zał.Nr: 2.2			
			Profil numer O2							Wierznica: Eijkelkamp			
Miejscowość: Kraków			Objekt: Budowa zbiornika retencyjnego				System wiercenia: Ręczny						
Gmina: Kraków			Zleceńodawca:				Rzędna: 229.20 m n.p.m						
Powiat: Kraków			Wiercenie: Geotechnix				Skala 1 : 50						
Województwo: Małopolskie			Dział geologiczny: mgr inż. P. Glogowski				Data wiercenia: 2022-09-30						
Wiercenie	Głębokość zwiędzania wody [m.p.p.t.]	Stratygrafia	Profil litologiczny		Przelot	Opis litologiczny		Symbol gruntu	Wartość geotechniczna	Isk. walczkowa	Włgność	Stan gruntu	
1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	
					0.30	Głeba ze zwiędz, ciemna szara		Gb+Z			mw	tpl	
						1.0	Głeba, ciemna szara		Gb				
						1.30	Głina pylasta, brązowo-szara		Gs	lb			2/2
						1.70	Pyl. szary		rl	la	0/0	s	pzw
						3.00							

Geotechnik Piotr Glogowski				KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO						Zał.Nr: 2.3			
				Profil numer O3						Wierznica: Ejkelkamp			
Miejscowość: Kraków				Obiekt: Budowa zbiornika retencyjnego				System wiercenia: Ręczny					
Gmina: Kraków				Zleceńodawca:				Rzędna: 229.00 m n.p.m					
Powiat: Kraków				Wiercenie: Geotechnik									
Województwo: Małopolskie				Dział geologiczny: mgr inż. P. Glogowski				Skala 1 : 50		Data wiercenia: 2022-09-30			
Wiercenie	Głębokość zwiędzania wody	Stratygrafia	Profil litologiczny	Przelot	Opis litologiczny			Symbol gruntu	Wartość geotechniczna	Ilość walczków	Włgność	Stan gruntu	
[m.p.p.t.]	[m]												
1	2	3	4	5	6	7			8	9	10	11	12
						Gleba, czarna			Gb				pl
					1.30	Głina pylasta, brązowo-szara			Gs		3/3	w	tpl
					1.70	Pyl. szary			rl	lb	0/1		tpl/pl
					3.00								

Geotechnik Piotr Glogowski				KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO					Zał.Nr: 2.4		
				Profil numer O4					Wierznica: Ejkelkamp		
Miejscowość: Kraków Gmina: Kraków Powiat: Kraków Województwo: Małopolskie				Obiekt: Budowa zbiornika retencyjnego Zleceńiodawca: Wiercenie: Geotechnik Dział geologiczny: mgr inż. P. Glogowski			System wiercenia: Ręczny Rzędna: 229.00 m n.p.m Skala 1 : 50 Data wiercenia: 2022-09-30				
Wiercenie	Głębokość zwiędzania wody	Stratygrafia	Profil litologiczny		Przelot	Opis litologiczny	Symbol gruntu	Wartość geotechniczna	Isk. walczkowa	Włgność	Stan gruntu
1	[m.p.p.t.]	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
						Gleba, ciemna szara	Gb			w	pl
					1.30	Pyl. szary		lb	1/1	mw	tpl
					1.50	Pyl. szary	rl	la	0/0	s	pzw
					3.00						

Geotechnik Piotr Glogowski		KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO								Zał.Nr: 2.5						
		Profil numer O5								Wierznica: Ejkelkamp						
Miejscowość: Kraków			Obiekt: Budowa zbiornika retencyjnego			System wiercenia: Ręczny										
Gmina: Kraków			Zleceniodawca:			Rzędna: 229.30 m n.p.m										
Powiat: Kraków			Wiercenie: Geotechnix			Skala 1 : 50		Data wiercenia: 2022-09-30								
Województwo: Małopolskie			Dział geologiczny: mgr inż. P. Glogowski													
Wiercenie	Głębokość zwiędzania wody	Stratygrafia	Profil litologiczny		Przelot	Opis litologiczny						Symbol gruntu	Wartość geotechniczna	Isk. walczkowa	Włgność	Stan gruntu
[m.p.p.t.]			[m]		[m]											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
▼ 1.40		Czwartorzęd Czwartorzęd				Gleba, ciemna szara	Gb			w	pl					
				1.40		Głina pylasta, szaro-brązowa	Gs	lb	2/2	mw	tpl					
				1.70		Pyl. szary	rl	la	0/0	s	pzw					
				3.00												

4.3. Gospodarka wodna na zbiorniku (wg PB) oraz „Aktualizacji wariantowej koncepcji ...”

Projektowe rozwiązanie zakłada przyjęcie spływu powierzchniowego z rejonu ul. Luborzyckiej i przekierowanie ich do zaprojektowanego zbiornika zlokalizowanego na działkach nr 320/1 i 320/2 (rys. 1), które są naturalnym miejscem skupienia spływu powierzchniowego i na odpływie z analizowanego obszaru.

Zebrane wody w zbiorniku będą następnie w sposób ograniczony odprowadzane dalej na południe do istniejącego rowu w kierunku ul. Darwina.

Do zaprojektowanego zbiornika trafi całość wód opadowych z ul. Luborzyckiej i terenów przyległych. Następnie w trakcie deszczy nawalnych, w wyniku różnic z dopływu do zbiornika i maksymalnego możliwego odpływu ze zbiornika, nadmiar wód opadowych będzie gromadził się w zbiorniku. Zbiornik i kanalizację zaprojektowano zgodnie z „Koncepcją odwodnienia terenu osiedli Grębałów, Lubocza, Łuczanowice, Kantorowice”.

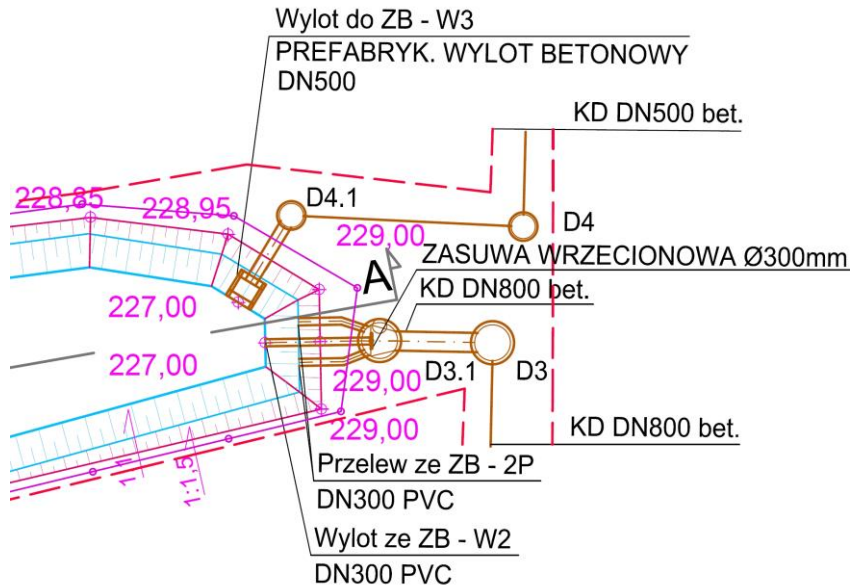
Dla zaplanowanej gospodarki wodnej na zbiorniku zaprojektowano następujące urządzenia (rys. 5) układ zasilający (rurociąg $\phi 500$) i odprowadzający wody ze zbiornika: spust denny DN300 mm zlokalizowany na poziomie dna zbiornika oraz na poziomie 1.4 m powyżej dna przelew w postaci dwóch rur DN300.

Określono maksymalny poziom napełnienia zbiornika ($H = 1.4$ m od dna zbiornika), na którym zaprojektowano dolną krawędź 2 rur przelewowych DN300 (rys. 5). Jednocześnie podano, że maksymalny odpływ przez przelew odbywał się będzie przy zwierciadle wody w zbiorniku wyższym o 0.18 m od dolnej krawędzi, tzn. ustali się poziom $1.4 + 0.18 = 1.58$ m od dna.

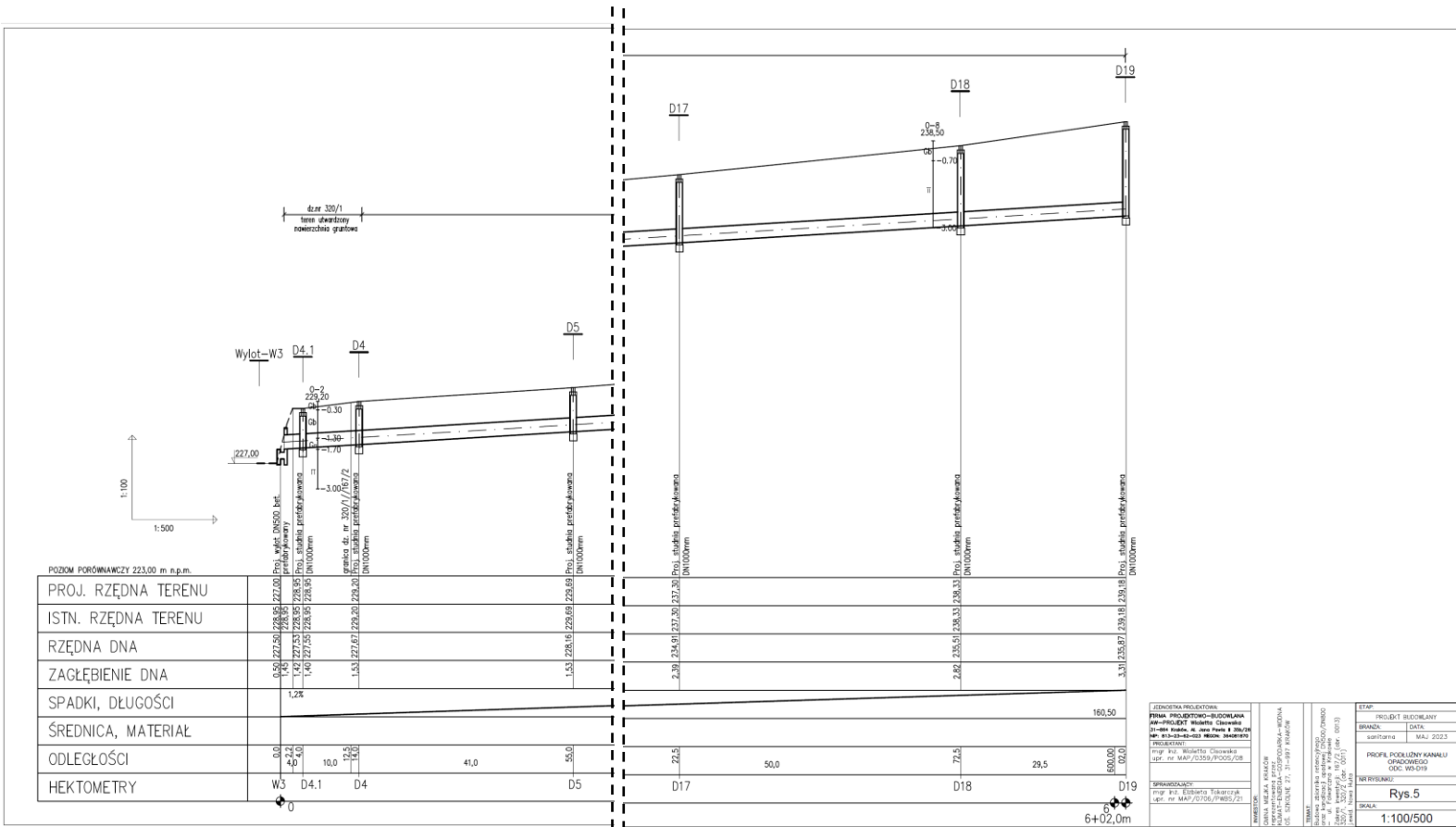
Opisane w Projekcie Budowlanym gospodarowanie wodą na zbiorniku nie zostało potwierdzone odpowiednimi obliczeniami hydrologiczno-hydrodynamicznymi, a przelewy przyjęto z w/w „Aktualizacji wariantowej koncepcji ...”. Zbiornik o pojemności $V = 1200 \text{ m}^3$ i opisanych wcześniej innych parametrach „Pozwoli na przyjęcie napływu wód powstałych z opadu 10 - letniego o czasie trwania 90 min przy ograniczonym odpływie. Duża pojemność zbiornika połączona z małą średnicą wylotu pozwala na wypłaszczenie krzywej przepływu i jej rozciągnięcie w czasie”.

Wg opisu zamieszczonego w „Aktualizacji wariantowej koncepcji ...”, w której wykonano szczegółowe analizy hydrologiczno-hydrauliczne, dane różnią się częściowo od przedstawionych w Projekcie Budowlanym. Różnice przejawiają się w tym, że: i) zbiornik Folwarczna projektowany był jak opisano wcześniej na przyjęcie wód opadowych ze wszystkich ciągów odwodnieniowych (rys. 3), ii) objętość zbiornika wynosiła 1600 m^3 . Wymiary wlotów i wylotów (upustów) przyjęto takie jak określono w „Aktualizacji wariantowej koncepcji ...”, w której oparto się na opracowanych hydrogramach odpływu (rys. 6 i 7).

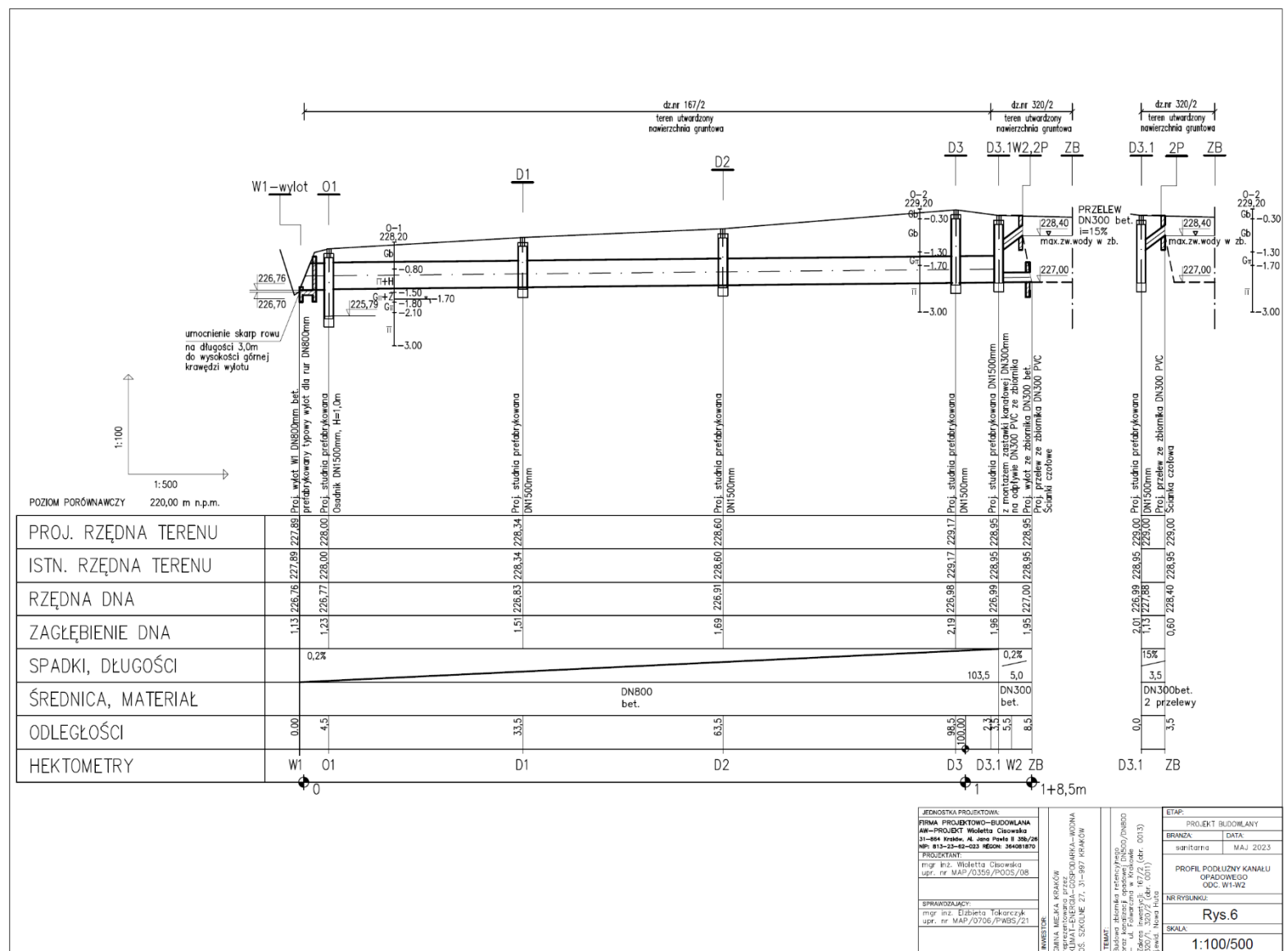
a)



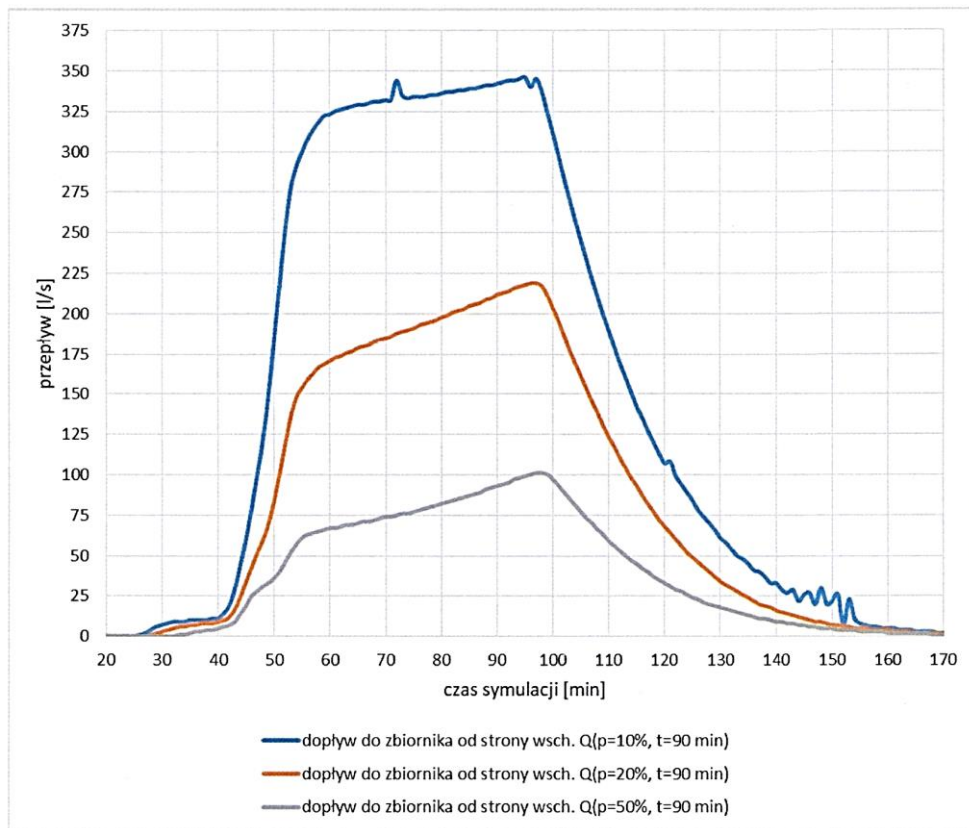
b)



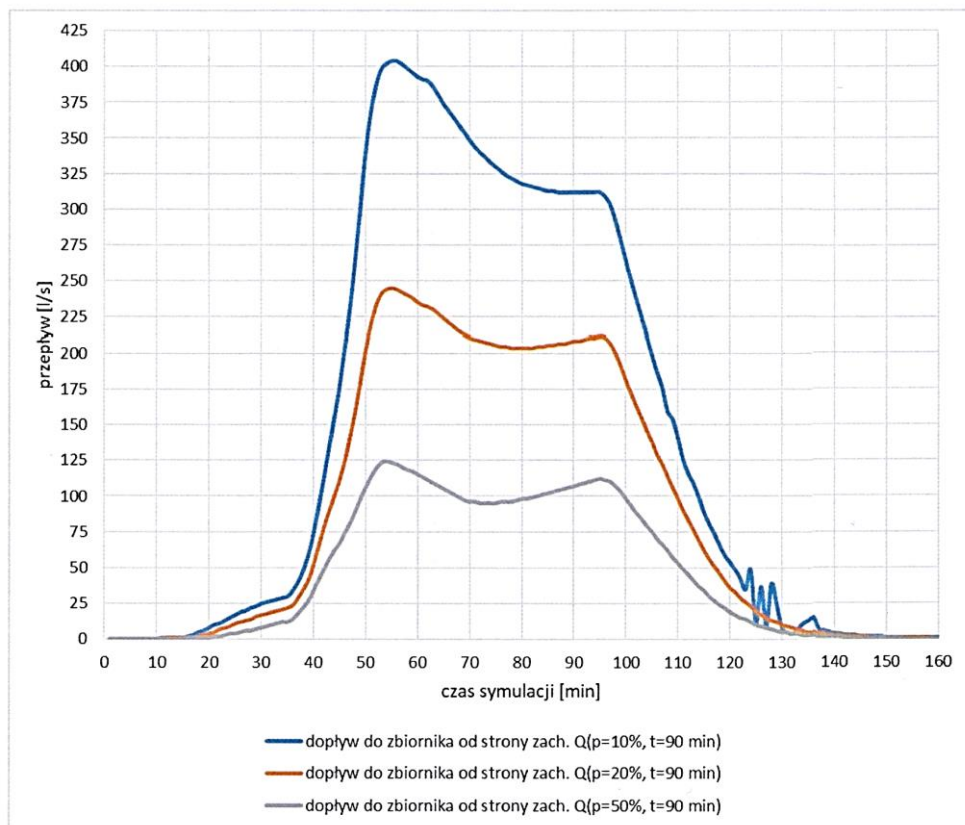
c)



Rys. 5. Urządzenia zasilające zbiornik i upustowe; a) plan, b) kanał klotowy, c) spust i przelew oraz kanał odprowadzający

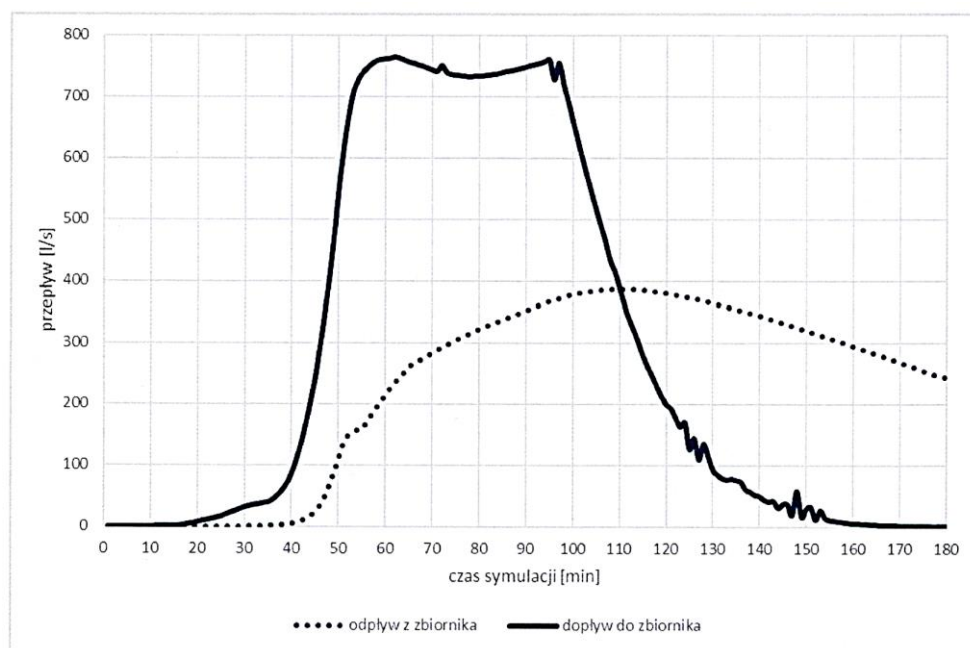


Rys. 6. Hydrogram dopływu od strony wschodniej



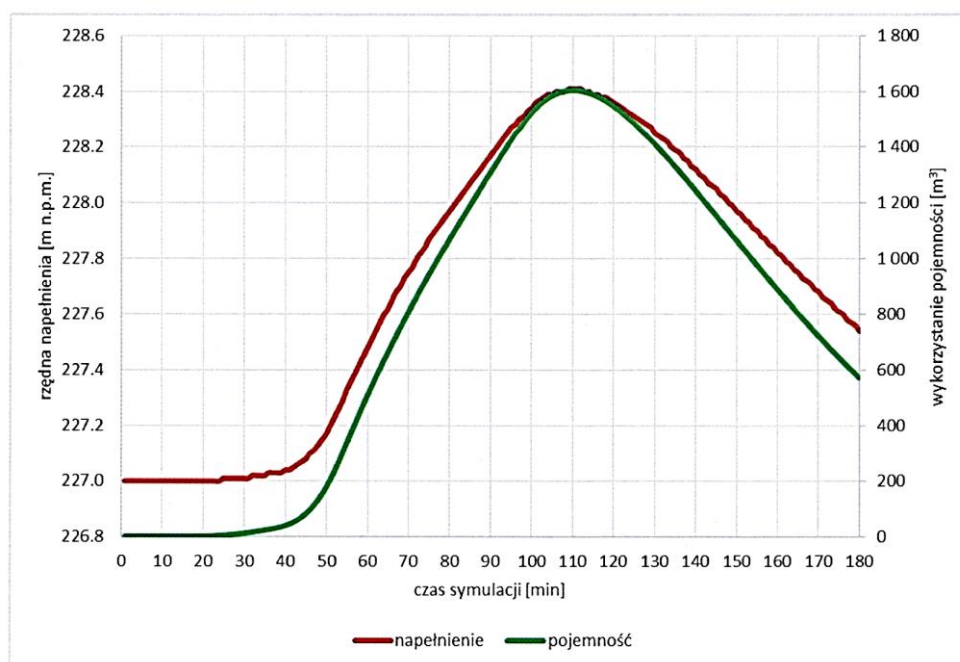
Rys. 7. Hydrogram dopływu od strony zachodniej

Przy takich parametrach określono efektywność redukcji przepływów (rys. 8) dla opadu q (10%, 90 min) z około 780 l/s do wartości ~ 400 l/s oraz do oszacowania czas jej trwania.



Rys. 8. Natężenie dopływu i odpływu ze zbiornika Folwarczna dla opadu q (10%, 90 min)

Na rysunku 9 pokazano jak kształtują się stany wody w zbiorniku i jaką pojemność wykorzystujemy aby uzyskać zakładane efekty. Z rysunku 9 można ocenić także czas napełniania zbiornika.



Rys. 9. Zmienność napełnienia i pojemności zbiornika Folwarczna dla opadu q (10%, 90 min)

Powyższe wyjaśnienia z opracowania „Aktualizacji wariantowej koncepcji ...” wskazują na to, że w Projekcie Budowlanym nie dokonano prawidłowej interpretacji przedstawionych opisów, a w tym przeniesionych z „Aktualizacji wariantowej koncepcji ...” parametrów, kiedy Projekcie Budowlanym występują różnice.

Nie przeprowadzono także analizy uwarunkowań eksploatacyjnych pracy zbiornika, której w rozwiązaniu koncepcyjnym nie było.

Nie podano w Projekcie Budowlanym, że jest to I etap realizacji zadań Zbiornika Folwarczna.

5. Projektowane rozwiązanie konstrukcyjne czaszy zbiornika wg Projektu Budowlanego

Przy przyjętej geometrii czaszy zbiornika i jej wielkości dopasowanej maksymalnie do możliwości terenowych, zaprojektowano poniższe rozwiązania konstrukcyjne w zbiorniku:

Projektant stwierdza w Projekcie Budowlanym (opis pkt 2), że „ze względu na warunki gruntowo-wodne zaprojektowano zbiornik ziemny retencyjny otwarty, suchy, szczelny”. Zbiornik retencyjny projektuje się jako konstrukcję ziemną uszczelnioną w dnie i na skarpach do wysokości 1.4 m geomembraną i wzmocnioną ażurowymi betonowymi płytami. Powyżej wysokości 1.4 m projektuje się geokratę komórkową.

Dojazd do czaszy zbiornika celem umożliwienia jego konserwacji będzie zapewniony przez zaprojektowany zjazd o szerokości 3.5 m dla samochodów o tonażu 3.5 t.

Konstrukcja czaszy (wg opisu PB).

Dno zbiornika:

- betonowe płyty ażurowe grubość 8 cm z kruszywem i obsiewem mieszaną traw
- podsypka cementowo-piaskowa 1:4 o grubości 23 cm
- podbudowa z kruszywa kamiennego, łamanego, stabilizowanego mechanicznie 0/31.5 grubości 20 cm
- podbudowa z kruszywa kamiennego, łamanego, stabilizowana mechanicznie 31.6/60 grubości 20 cm
- geowłóknina gramatury 500 g/m²
- geomembrana HDPE 2.0 mm łączona przez zgrzewanie

Skarpa od strony północnej zbiornika:

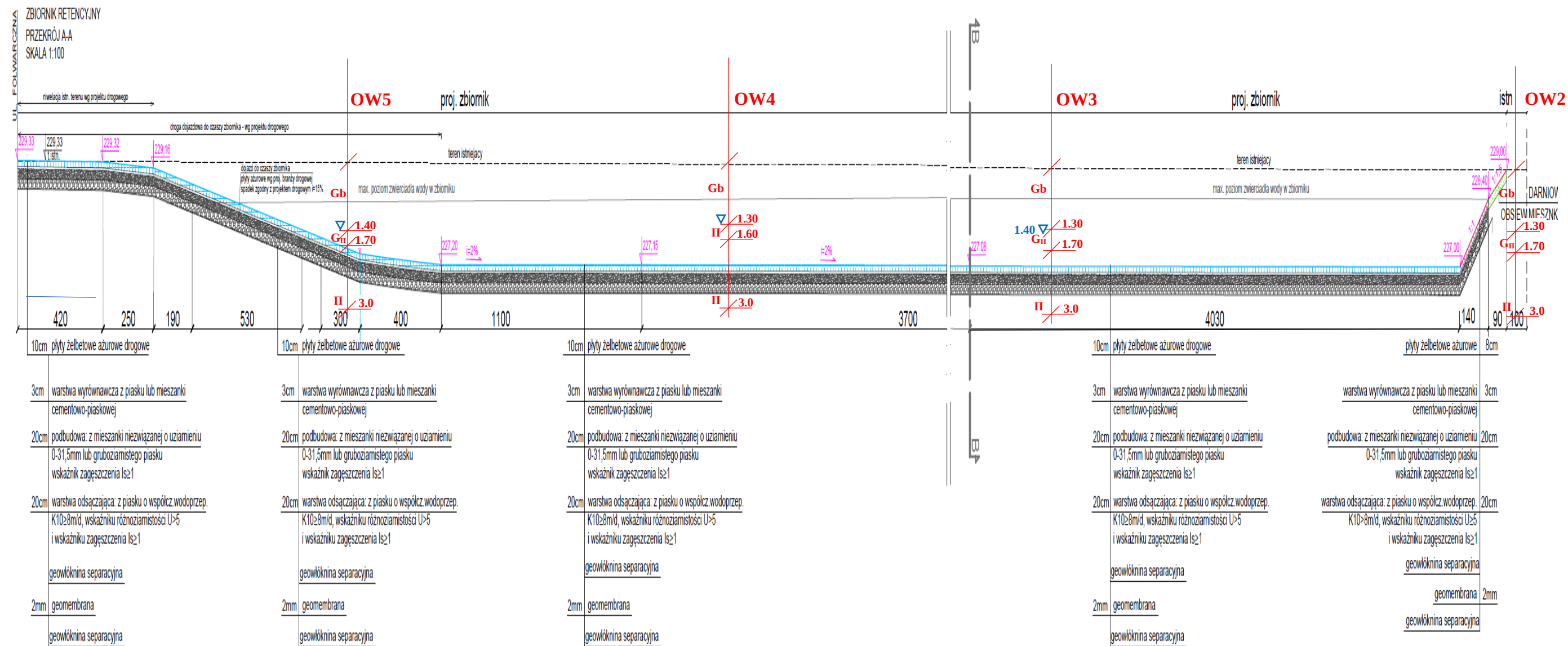
- do wysokości 1.4 m powyżej dna czaszy zbiornika warstwy jak dla dna czaszy z płyt betonowych ażurowych na podbudowie jak dla dna.
- powyżej 1.4 m do poziomu terenu istniejącego przyjęto stabilizowanie gruntu geokratą komórkową o warstwach:
 - geokrata komórkowa wypełniona glebą - 20 cm
 - warstwa wyrównująca - 4 cm

- warstwa nośna – żyzna – 20 cm
- warstwa nośna – drenażowa – 30 cm
- geowłóknina separacyjna
- geomembrana HDPE – gr. 2.0 mm

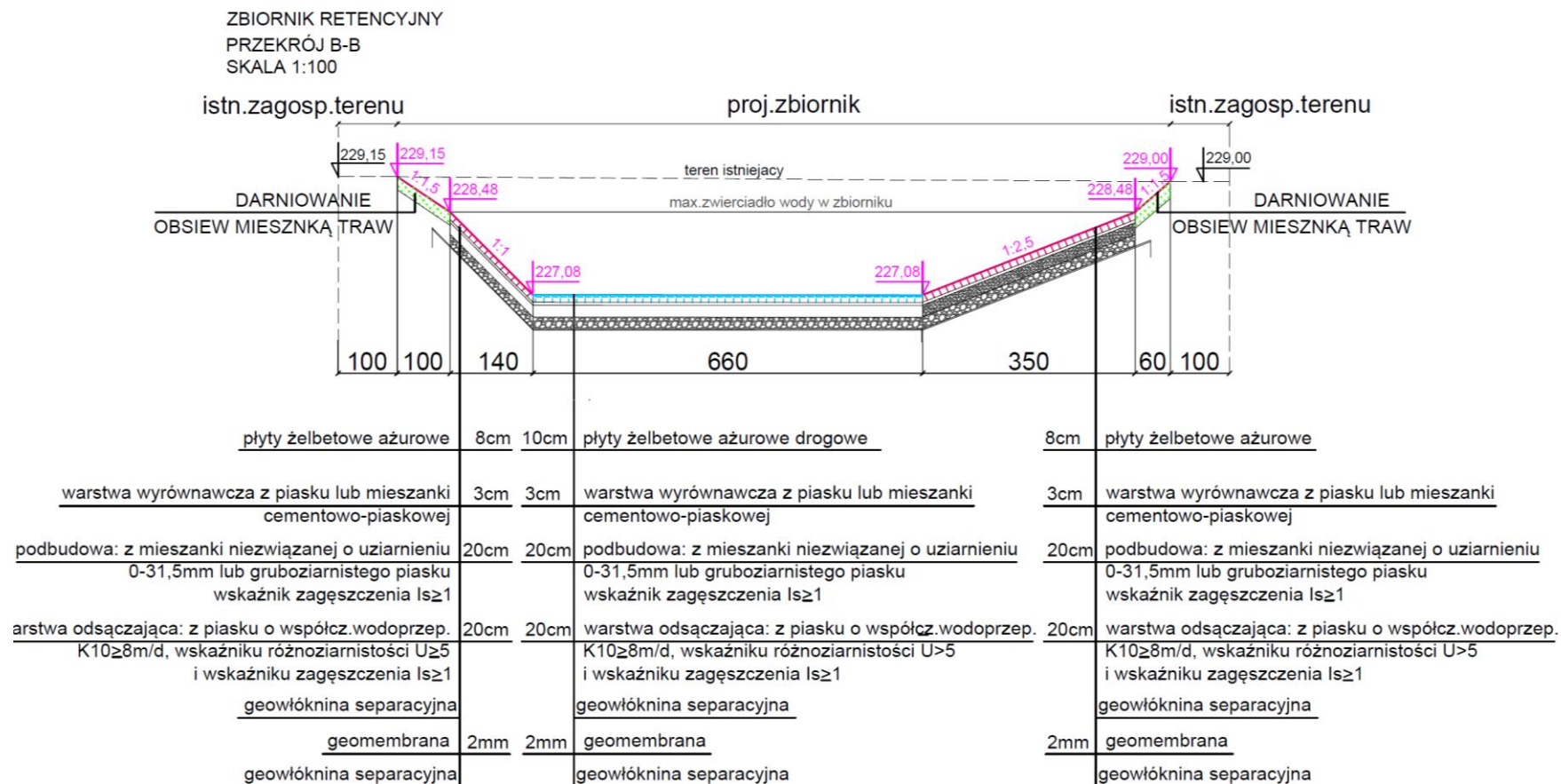
Skarpa od strony południowej zbiornika:

- geokrata komórkowa wypełniona glebą - 20 cm
- warstwa wyrównująca - 4 cm
- warstwa nośna – żyzna – 20 cm
- warstwa nośna – drenażowa – 30 cm
- geowłóknina separacyjna
- geomembrana HDPE – gr. 2.0 mm

Powyższy opis różni się od rozwiązań przedstawionych na rysunku 10 i 11 (rys. 4 PB). Wg rozwiązań przedstawionych na rysunku 4 - PB zrealizowano konstrukcję czaszy zbiornika.



Rys. 10. Profil podłużny zbiornika z rozwiązaniami konstrukcyjnymi uzupełniony o profile geotechniczne



Rys. 11. Przekrój poprzeczny czaszy zbiornika z rozwiązaniami konstrukcyjnymi dna i skarp

6. Problemy na etapie wykonawstwa zbiornika

Na rysunku 12 dla ilustracji przedstawiono krótką dokumentację fotograficzną z okresu budowy zbiornika i dostarczoną przez Inwestora, która będzie bardzo pomocna w zrozumieniu i ocenie problemów występujących na zbiorniku.

Fotografie 1 – 3 pokazują elementy wykonanego systemu kanalizacji odprowadzającego wody z drenów pokazanej na rys. 13. Fotografie od 4 do 18 pokazują kolejne etapy robót budowlanych i warunki ich wykonania. Fotografia 19 pokazuje zbiornik po zakończonych robotach. Fotografie 20 – 29 przedstawiają zniszczenia w czaszy zbiornika po intensywnych opadach w dniu 8 i 9 sierpnia 2024 roku.

Pierwszym problemem było pojawienie się w okresie wykonawstwa zbiornika (do lutego 2024) drenów należących do systemu melioracyjnego omawianego obszaru niezidentyfikowanych na etapie projektowania. Przebiegały one w przybliżeniu prostopadle do podłużnej osi zbiornika. Wykonano nowy system odwodnienia obszaru czaszy zbiornika przez ujęcie drenów do kanalizacji wykonanej po obu stronach zbiornika z odprowadzeniem wody do kanalizacji nowo wykonywanej wg Projektu Budowlanego. Rozwiązanie odwodnienia pokazano na rysunku 13. Liczba przyjętych drenów jest równa liczbie studzienek. Należy zwrócić uwagę na lokalizację kanalizacji w strefie skarp zbiornika i stosunkowo głęboko ułożonej co wiąże się także z następnymi problemami występującymi w czaszy zbiornika.

Drugim problemem była utrata stateczności odcinka skarpy północnej. Zjawisko to wystąpiło na początku marca 2024 roku. Zakres zjawiska przedstawiony jest poniżej na rysunku 14.

Na potrzeby oceny tego problemu wykonano „Opinię geotechniczną dla potrzeb stabilizacji skarpy zbiornika retencyjnego przy ul. Folwarcznej w Krakowie” (marzec 2024). Określono w niej warunki geotechniczne w miejscu powstałego osuwiska oraz ocenę stateczności i sformułowano zalecenia zestawione poniżej.

Warunki geotechniczne

Warunki geotechniczne określono zgodnie z wytycznymi norm: PN-81/B-03020, PN-86/B-02480, PN-B-04452:2002. Na podstawie otworów geotechnicznych (rys. 15) stwierdzono, że teren badań pokryty jest warstwą nasypu niebudowlanego (warstwa osuniętego gruntu) o miąższości 0.4 — 1.0 m. Nasyp w rejonie otworu nr 1 stanowi warstwa gliny pylastej, gleby i pyłu, w stanie plastycznym o miąższości 1.0 m. Nasyp w rejonie otworu nr 2 stanowi warstwa gliny pylastej w stanie plastycznym, o miąższości 0.4 m. poniżej zalegają czwartorzędowe grunty rodzime, mineralne, mało spoiste wykształcone jako pył.

Do głębokości rozpoznania wydzielono trzy warstwy geotechniczne ujęte w jeden pakiet: Pakiet I - czwartorzędowe grunty rodzime, mineralne, spoiste:

Warstwa 1 a - pył, w stanie twaroplastycznym/plastycznym, mało wilgotny. Wartość stopnia plastyczności dla warstwy wynosi $I_L^{(n)} \sim 0,25$. Warstwa nośna.

Warstwa 1 b - pył, w stanie plastycznym, wilgotny. Wartość stopnia plastyczności dla warstwy wynosi $I_L^{(n)} \sim 0,35$. Warstwa o obniżonej nośności.

Warstwa 1 c - pył, w stanie miękkoplastycznym, wilgotny. Wartość stopnia plastyczności dla warstwy wynosi $I_L^{(n)} \sim 0,60$. Warstwa słabonośna.

Parametr wiodący warstw geotechnicznych gruntów spoistych - stopień plastyczności I_L ustalono metodą A w rozumieniu normy PN-81/B-03020. Pozostałe parametry geotechniczne (gęstość objętościową ρ , kohezję c_u , kąt tarcia wewnętrznego ϕ_u , moduł pierwotnego

odkształcenia E_0 oraz edometryczny moduł ścisłości pierwotnej M_0) ustalono za pomocą związków korelacyjnych pomiędzy parametrami wiodącymi a cechami mechaniczno-deformacyjnymi.

Przed zastosowaniem do obliczeń podane parametry charakterystyczne należy pomnożyć przez współczynnik materiałowy γ_m , który wynosi 0.9 lub 1.1 w zależności od zastosowanych obliczeń, przy czym należy przyjmować wartość bardziej niekorzystną.

Zestawienie charakterystycznych parametrów geotechnicznych przedstawia tabela 1.

Tab.1. Parametry geotechniczne przyjęte do obliczeń stateczności skarpy

Symbol warstwy geotechnicznej	Rodzaj gruntu	Symbol gruntu	Stan gruntu	Gęstość objętościowa	Stopień plastyczności	Kohezja	Kąt tarcia wewnętrznego	Moduł pierwotnego odkształcenia	Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej
				$\rho^{(n)}$	$I_L^{(n)}$	$c_u^{(n)}$	$\varphi_u^{(n)}$	$E_0^{(n)}$	$M_0^{(n)}$
				[g/cm ³]	[-]	[kPa]	[°]	[MPa]	[MPa]
1a	Pył	II	tpl/pl	2.0	0.25	15.0	14.0	18.4	26.3
1b	Pył	II	pl	2.0	0.35	11.9	12.4	14.9	21.3
1c	Pył	II	mpl	1.95	0.60	6.9	8.5	9.0	12.8

Obliczenia stateczności zbocza

Obliczenia stateczności przeprowadzono dla warunków stwierdzonych badaniami polowymi i wyznaczonych właściwości warstw geotechnicznych uzyskanych z badań terenowych oraz istniejącej morfologii. W przeprowadzonych obliczeniach wykorzystano metodę Morgensterna-Price'a. Wyniki obliczeń stateczności zbocza przedstawiono w tabeli nr 2.

Tab. 2. Zestawienie wyników obliczeń stateczności zbocza w poszczególnych fazach

Numer obliczenia	Nazwa obliczeń	Współczynnik bezpieczeństwa F
Faza 1	Obliczenia - stan istniejący	0.89
Faza 2	Obliczenia - stan projektowany, grunty powierzchniowe wymienione na nasyp budowlany (kruszywo naturalne)	1.43
Faza 3	Obliczenia - stan projektowany, grunty powierzchniowe wymienione na nasyp budowlany (kruszywo naturalne) oraz wykonanie przypory z płyt ażurowych	1.94

W warunkach istniejącej morfologii wykop nie jest stateczny i wymaga zabezpieczenia przed osunięciem skarpy wykopu. Wykop nie posiada wystarczającego współczynnika bezpieczeństwa określonego zgodnie z obowiązującymi przepisami (obliczenia faza 1).

W warunkach istniejącej morfologii oraz po wymianie istniejącego nasypu na nasyp budowlany z kruszywa naturalnego frakcji 0-63 mm wskaźnik stateczności podnosi się do poziomu 1.43.

Jest to wartość wskaźnika, przy której skarpa jest stateczna, jednak skarpa nie posiada wystarczającej wartości współczynnika bezpieczeństwa określonej zgodnie z obowiązującymi przepisami (obliczenia faza 2).

W warunkach istniejącej morfologii oraz po wymianie istniejącego nasypu na nasyp budowlany z kruszywa naturalnego frakcji 0-63 mm wraz z przyporą z płyt ażurowych wskaźnik stateczności podnosi się do poziomu 1.94. Jest to wartość wskaźnika, przy której skarpa jest stateczna oraz posiada wystarczający współczynnik bezpieczeństwa określony zgodnie z obowiązującymi przepisami (obliczenia faza 3).

Warunki stateczności dotyczącego minimalnej wartości wskaźnika bezpieczeństwa, wynoszącego $F \geq 1.5$, zostały spełnione po wymianie istniejącego nasypu na nasyp budowlany z kruszywa naturalnego frakcji 0-63 mm wraz z przyporą z płyt ażurowych.

Zalecenia i wnioski

Do głębokości rozpoznania, pod warstwą nasypu niebudowlanego (osunięty grunt) o miąższości 0.4 — 1.0 m zalegają czwartorzędowe grunty rodzime, mineralne, mało spoiste wykształcone jako pył.

Stopień plastyczności $I_L^{(n)}$ czwartorzędowych gruntów rodzimych, mineralnych, spoistych (pakiet warstw geotechnicznych I) jest zróżnicowany i zawiera się w zakresie 0.25 — 0.60.

Do głębokości rozpoznania nie stwierdzono zwierciadła wody podziemnej. Na głębokości 0.4 - 1,5 m ppt zaobserwowano sączenia wody pochodzenia infiltracyjnego.

Sączenia mają związek ze stagnowaniem wody opadowej i wody pochodzącej z drenów stagnującej w wykopie wykonanym pod zbiornik.

Osunięcie się skarpy wykopu zbiornika nastąpiło na skutek uplastycznienia się gruntów zalegających w podłożu. Wodę stagnującą w wykopie należy wypompować.

Grunty pylaste mogą posiadać właściwości tiksotropowe polegające na uplastycznianiu się pod wpływem drgań. Z uwagi na to należy wykluczyć przejazd środków transportu wzdłuż skarpy wykopu w jego bezpośrednim sąsiedztwie.

Z uwagi na właściwości gruntów spoistych polegające na podleganiu uplastycznianiu wraz ze wzrostem wilgotności, podczas prac ziemnych należy dołożyć wszelkich starań by nie dopuścić do zaburzenia wilgotności gruntu. Prace ziemne należy prowadzić przy możliwie bezopadowej pogodzie. Wykop należy zabezpieczyć przed wpływem wody.

Analiza stateczności wykazała, że w warunkach istniejącej morfologii skarpy wykopu nie jest stateczna i wymaga zabezpieczenia przed osunięciem ziemi.

Warunki stateczności dotyczącego minimalnej wartości wskaźnika bezpieczeństwa, wynoszącego $F \geq 1.5$, zostały spełnione po wymianie istniejącego nasypu na nasyp budowlany z kruszywa naturalnego frakcji 0-63 mm wraz z przyporą z płyt ażurowych.

Zaleca się wymianę gruntu na kruszywo mineralne frakcji 0-63 mm na głębokości ok 40 cm na dnie i skarpach wykopu.

Wszelkie prace ziemne, wymianę gruntu, odbiór warstw wymienionego gruntu, formowanie i umocnienie skarpy należy prowadzić pod stałym nadzorem geologicznym/geotechnicznym. Wykonawca jest zobowiązany potwierdzić w Dzienniku Budowy prawidłowe wykonanie wszystkich etapów odtworzenia i zabezpieczenia skarpy wykonanych pod nadzorem osoby uprawnionej.

Rys. 11. Fotografie 1 – 29 z okresu robót wykonawczych zbiornika

- Fot. 1 – 18; Okres budowy zbiornika
Fot. 19; Zakończona budowa zbiornika
Fot. 20 – 29; Deformacja dna i skarpy zbiornika po opadach 8 i 9 sierpnia 2024 roku



Fot. 1.



Fot. 2.



Fot. 3.



Fot. 4.



Fot. 5.



Fot. 6.



Fot. 7.



Fot. 8.



Fot. 9.



Fot. 10.



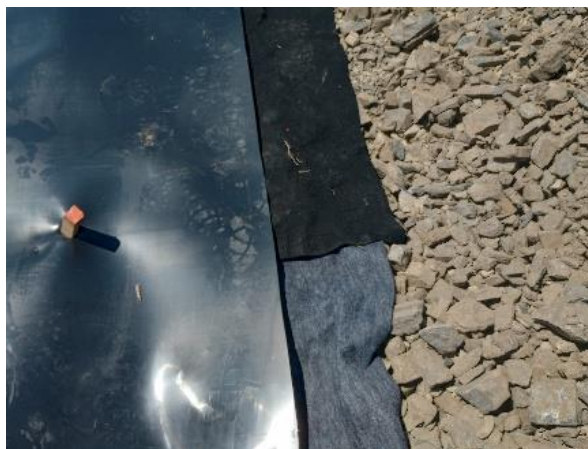
Fot. 11.



Fot. 12.



Fot. 13.



Fot. 14.



Fot. 15.



Fot. 16.



Fot. 17.



Fot. 18.



Fot. 19.



Fot. 20.



Fot. 21.



Fot. 22.



Fot. 23.



Fot. 24.



Fot. 25.



Fot. 26.



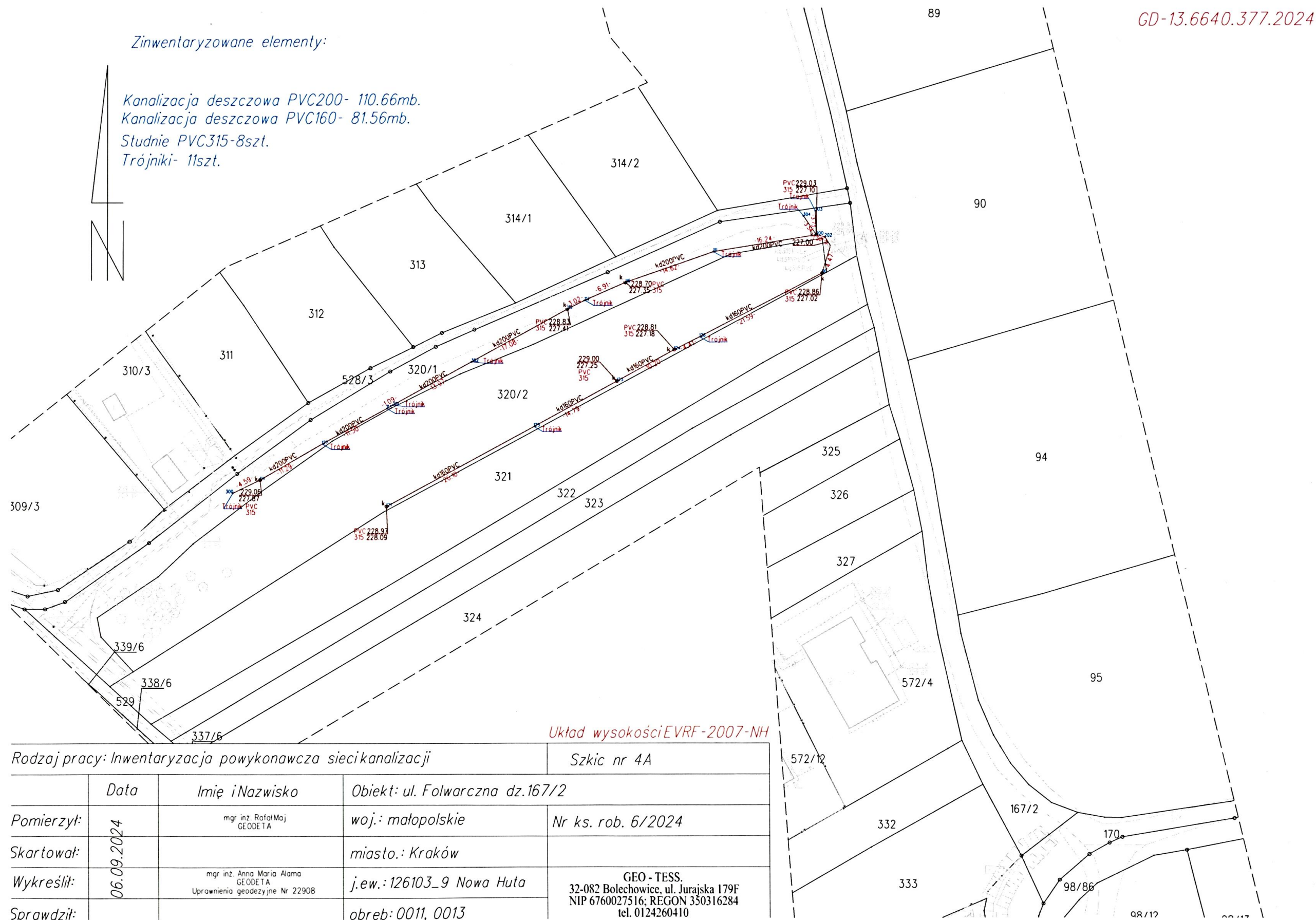
Fot. 27.



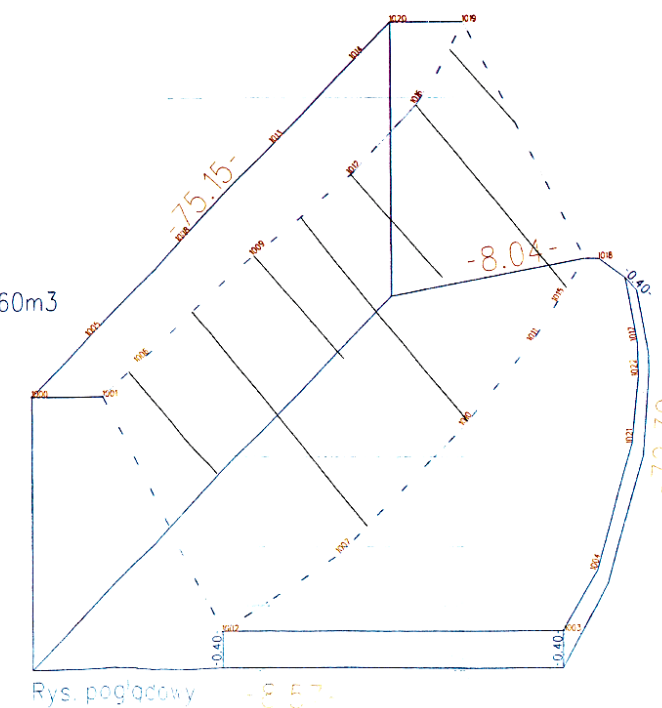
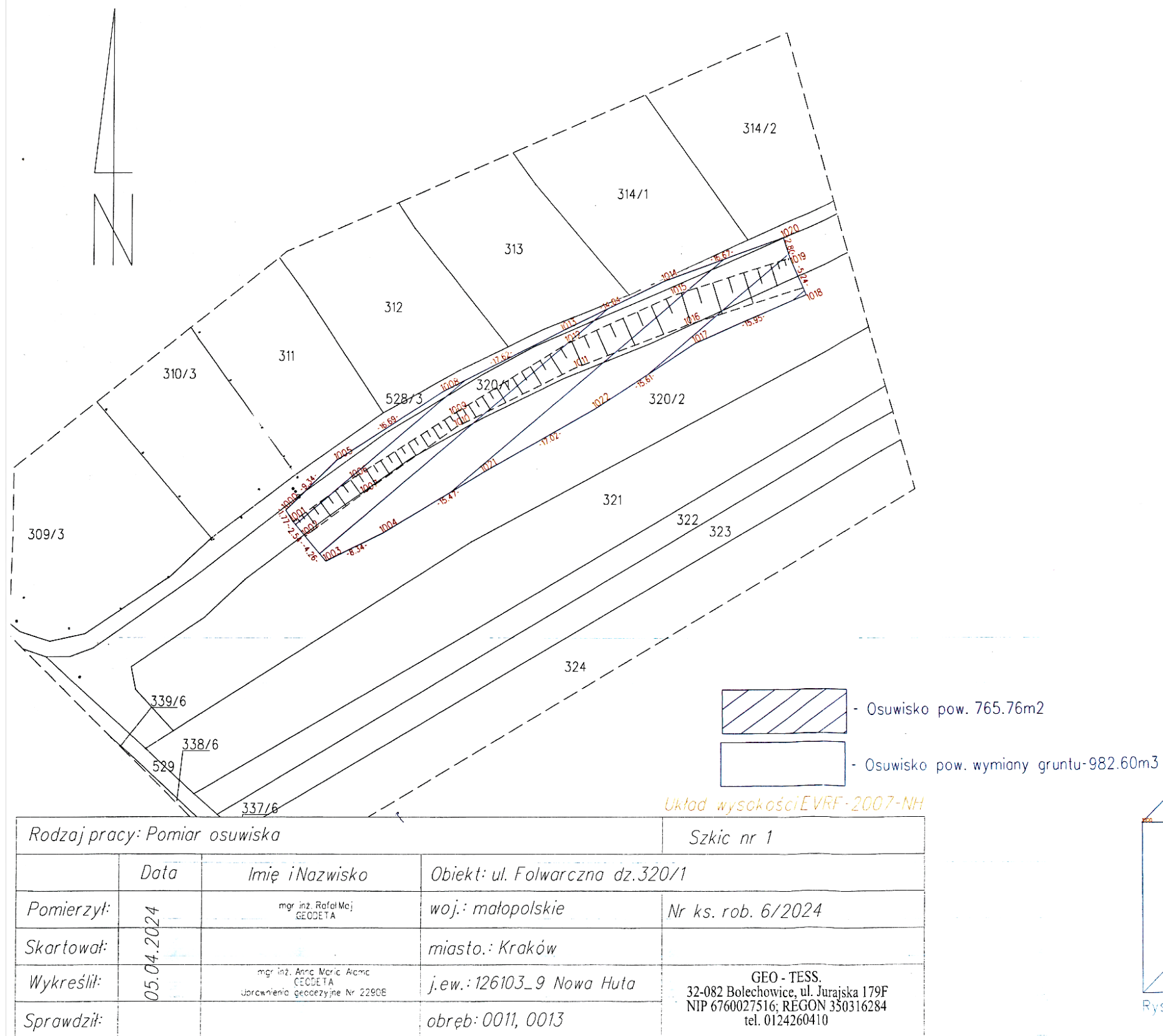
Fot. 28.



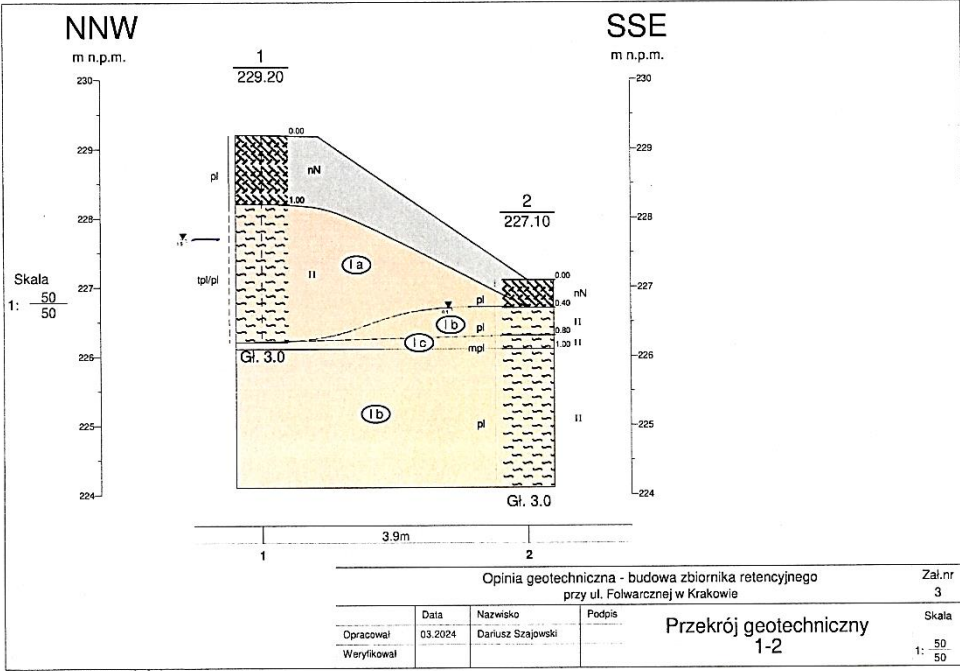
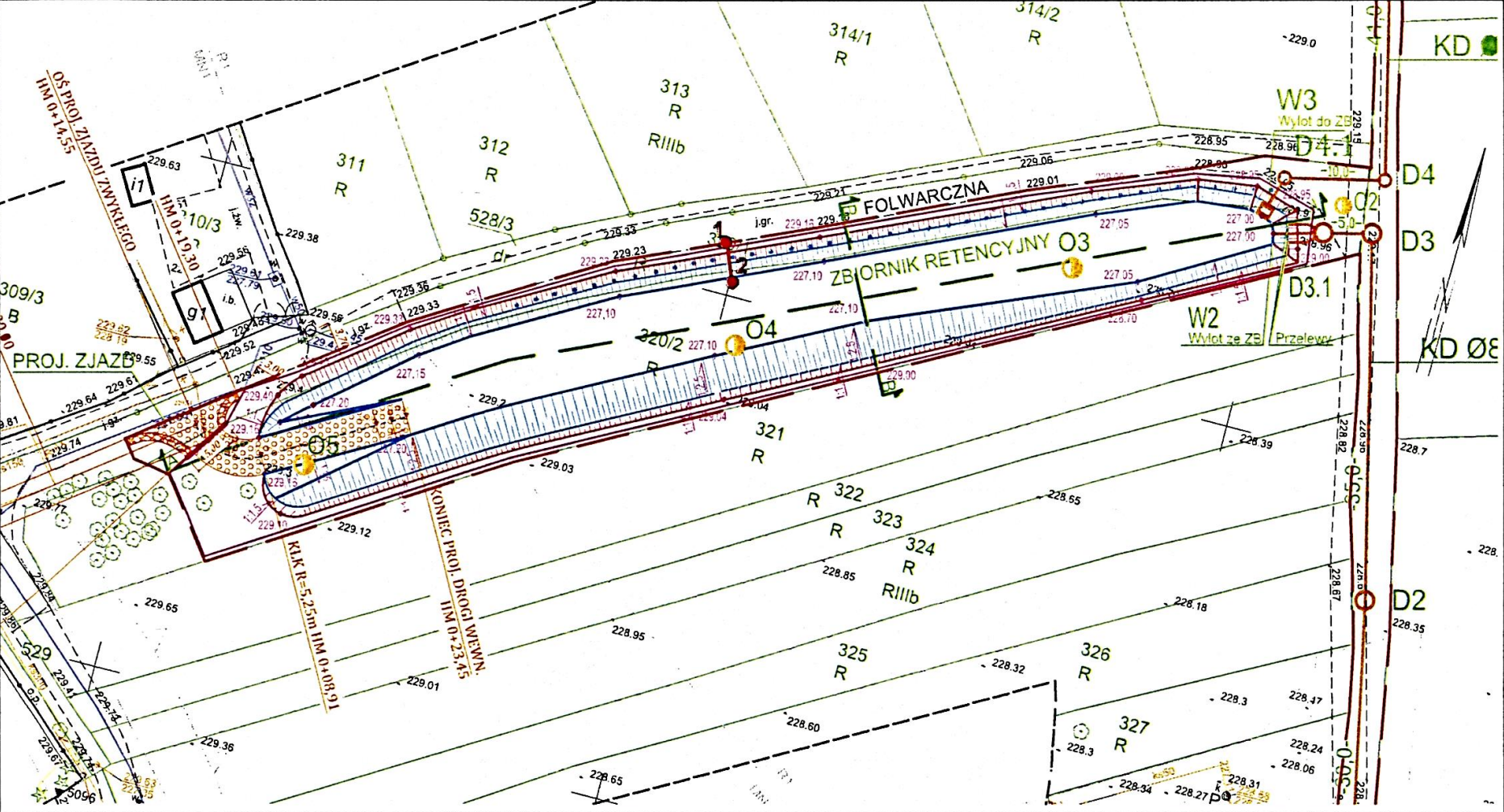
Fot. 29.



Rys. 13. Szkic kanalizacji odwadniającej z ujęciem przeciętych drenów melioracyjnych



Rys. 14. Szkic geodezyjny zakresu utraty stateczności skarpy północnej



- 1. Lokalizacja i numer otworu geotechnicznego
- Linia przekroju geotechnicznego

Opinia geotechniczna dla potrzeb stabilizacji skarpy zbiornika retencyjnego przy ul. Folwarcznej w Krakowie

Mapa dokumentacyjna

Skala: 1 : 500

Data: marzec 2024	Opracował: mgr inż. Dariusz Szajowski	Nr zał.: 1
-------------------	---------------------------------------	------------

Geotechnika Dariusz Szajowski		KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO					Zał.nr: 2.1			
30-418 Kraków, ul. Zakopiańska 2A/22		Profil numer 1					Wiertnica: Eijkelkamp			
Rejon: ul. Folwarczna		Obiekt: zbiornik retencyjny		System wiercenia: Ręcznie						
Miejscowość: Kraków		Zleciennodawca: AW-Projekt		Rzędna: 229.20 m n.p.m.						
Gmina: Kraków		Wiercenie: Geotechnika Dariusz Szajowski		Skala 1 : 30			Data wiercenia: 2024-03-12			
Powiat: Kraków		Dozór geol.: Dariusz Szajowski								
Głębokość zwiędziadła wody	Stratygrafia	Profil litologiczny	Przelot	Opis litologiczny			Symbol gruntu	Wartość geotechniczna	Włgistość	Stan gruntu
[m.p.p.t]	[m]	[m]	[m]							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Nasyp				nasyt niebudowlany (głina pylasta, gleba, pyl) brązowo-szary	nN	-	w	pl
					1.00	pył jasnoszary				
		Czwartorzęd			2.00		n	la	mw	tpl/pl
					3.00					

Geotechnika Dariusz Szajowski		KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO					Zał.nr: 2.2			
30-418 Kraków, ul. Zakopiańska 2A/22		Profil numer 2					Wiertnica: Eijkelkamp			
Rejon: ul. Folwarczna		Obiekt: zbiornik retencyjny		System wiercenia: Ręcznie						
Miejscowość: Kraków		Zleciennodawca: AW-Projekt		Rzędna: 227.10 m n.p.m.						
Gmina: Kraków		Wiercenie: Geotechnika Dariusz Szajowski		Skala 1 : 30			Data wiercenia: 2024-03-12			
Powiat: Kraków		Dozór geol.: Dariusz Szajowski								
Głębokość zwiędziadła wody	Stratygrafia	Profil litologiczny	Przelot	Opis litologiczny			Symbol gruntu	Wartość geotechniczna	Włgistość	Stan gruntu
[m.p.p.t]	[m]	[m]	[m]							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Nasyp				nasyt niebudowlany (głina pylasta) brązowy	nN	-	mw	pl
					0.40	pył szary				
					0.80	pył szary			lb	
					1.00	pył szary			lc	mpl
		Czwartorzęd			2.00					
					3.00					

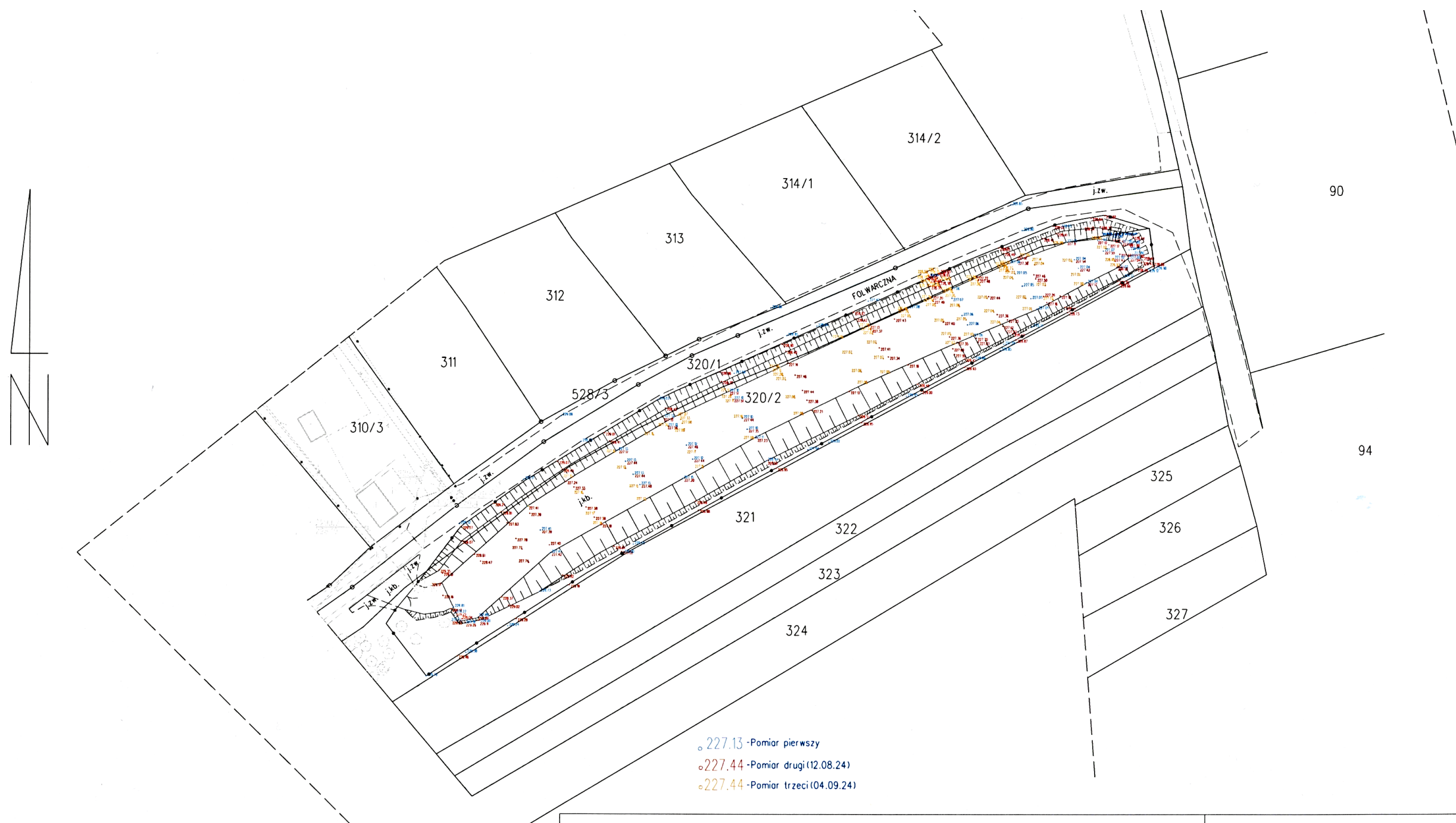
Rys. 15. Lokalizacja otworów geotechnicznych do „Opinii geotechnicznej ...” wraz z kartami otworów i przekrojami geotechnicznym

Działania naprawcze polegały na wymianie gruntu na skarpie i części dna zbiornika i zakończone zostały w maju 2024 roku. Wykonane roboty przedstawiono na rysunku 16.



Rys. 16. Zakres wymiany gruntu w strefie osuwiska skarpy

Trzeci problem pojawił się w fazie zakończonej budowy zbiornika i wystąpił po intensywnych opadach 8 i 9 sierpnia 2024 roku. W tym czasie zbiornik jeszcze nie był włączony w eksploatację tzn. nie był połączony z kanalizacją zasilającą go, przez co nie był też napełniony wodą. Otwierało to drogę działania siły wyporu, której tworzenie się umożliwiły zmieniający się poziom wód gruntowych oraz uszczelnienie geomembraną czaszy zbiornika. Filtracja nawet niedużej ilości wody w szczelinę pomiędzy geomembraną i słabo przepuszczalnych gruntów tworzyła bardzo dużą siłę wyporu nierównoważoną wodą w zbiorniku. Skutki tego zjawiska przedstawiają fotografie 20 – 29 przedstawione na rysunku 11 oraz geodezyjna inwentaryzacja zmian deformacji wykonana w trzech terminach: pomiar I: zakończone roboty w czaszy zbiornika, pomiar II: 12.08.2024 bezpośrednio po opadach 8 i 9 sierpnia i pomiar III: wykonany 4.09.2024 (rys. 17).



Rodzaj pracy: Inwentaryzacja deformacji			Szkic nr 1	
	Data	Imię i Nazwisko	Obiekt: ul. Folwarczna dz.167/2	
Pomierzył:	06.09.2024	mgr inż. Rafał Maj GEODETA	woj.: małopolskie	Nr ks. rob. 6/2024
Skartował:			miasto.: Kraków	
Wykreślił:		mgr inż. Anna Maria Alama GEODETA Uprawnienia geodezyjne Nr 22908	j.ew.: 126103_9 Nowa Huta	GEO - TESS. 32-082 Bolechowice, ul. Jurajska 179F NIP 6760027516; REGON 350316284 tel. 0124260410
Sprawdził:			obręb: 0011, 0013	

Rys. 17. Zmiany deformacji w czaszy zbiornika ukształtowane po opadach w sierpniu 2024 rok

Analizując dane pomiarowe (rys. 17) zauważa się, że maksymalne wielkości deformacji wystąpiły w okresie II pomiaru. Postępujące zmniejszenie deformacji w czasie tj. do III pomiaru świadczy o zmniejszeniu się siły wyporu poprzez filtrację wody w słabo przepuszczalne warstwy gruntów pod geomembraną.

7. Analiza i ocena występujących problemów w okresie budowy zbiornika przy ul. Folwarcznej

7.1. Analiza i ocena rozwiązań przedstawionych w Projekcie Budowlanym w kontekście uwarunkowań projektowych i przyszłej eksploatacji zbiornika

Zaprojektowany zbiornik jako suchy w przedstawionym rozwiązaniu ma pracować w pełnym zakresie przepływów objętych wykonaną kanalizacją. Jest on całkowicie wpięty w kanalizację bez tzw. obejścia. To rozwiązanie jest mniej efektywne jeżeli chodzi o redukcję maksymalnych wartości dopływów wysokich w szczególności, że zmniejszona została obliczeniowa pojemność zbiornika z $V = 1600 \text{ m}^3$ do wartości $V_1 = 1200 \text{ m}^3$, ale także z tego powodu, że wyższe poziomy wody w zbiorniku tworzą w rurociągu doprowadzającym wodę układy ciśnieniowe. Jeżeli założymy, że mogą wystąpić przypadki zablokowania się odpływu tj. spustu dennego to pojawią się problemy w systemie odwodnienia zbiornika i tworzenie się dowolnych stanów w zbiorniku. Sytuacja będzie jeszcze bardziej złożona gdy podłączony zostanie do zbiornika drugi ciąg kanalizacyjny od strony zachodniej. Analizę powyższą prowadzi się w celu zweryfikowania ustalonego w Projekcie Budowlanym maksymalnego poziomu zwierciadła wody w zbiorniku 1.4 m ponad dno zbiornika.

Projektant jednocześnie wskazuje, że przy włączeniu się przelewów i wystąpieniu przepływu z opadu $p = 10\%$ poziom wody wzrośnie co najmniej 0.18 m, tj. do rzędnej 228.58 m n.p.m. W eksploatacji mogą wystąpić jednak przepływy wyższe od obliczeniowego stąd poziom wody w zbiorniku mogą być także wyższe. Nie można wykluczyć też spływu powierzchniowego bezpośrednio do zbiornika.

Poziomy wody w zbiorniku są istotne ze względu na projektowaną wysokość korony brzegów, zakres uszczelnień i umocnień skarp. W przypadku zbiornika przy ul. Folwarcznej zlokalizowanego całkowicie poniżej poziomu terenu istnieje także zagrożenie dla stabilności skarp od spływu powierzchniowego gdyż:

- i) Od strony północnej występuje droga i nachylenie terenu
- ii) Od strony południowej, brzeg jest około 0.20 m niższy od północnego.

Kolejne zagrożenie, na które należy zwrócić uwagę to jest wysadzinowość gruntów budujących czaszę zbiornika. Tego zagrożenia nie można pominąć w sytuacji zbiornika suchego, tj. pustego w okresie zimowym.

Analiza powyższa prowadzi do sformułowania następujących zaleceń projektowych przy robotach naprawczych czaszy zbiornika:

- Wskazane jest zaprojektowanie dodatkowego odcinka kanalizacji pomiędzy studzienkami D4 i D3 i dwóch zasuw na dopływie do zbiornika i dodatkowym odcinku rurociągu pomiędzy studzienkami. Poprawi to efektywność i bezpieczeństwo zbiornika oraz ułatwi okresowe oczyszczanie zbiornika i ewentualne remonty.

- Zakres i sposób zabezpieczenia skarpy zbiornika powinien uwzględniać szerszy zakres zmian poziomów wody w zbiorniku niż przyjęty w Projekcie Budowlanym.
- W projektowaniu umocnień skarp w górnej części, należy przewidzieć ochronę przed erozyjnym działaniem spływu powierzchniowego szczególnie przy wysokich opadach.
- W rozwiązaniu na północnym brzegu zbiornika należy uwzględnić oddziaływanie obciążenia od drogi ale także potencjalnie przebudowę tej drogi.
- W kształtowaniu i umacnianiu skarp należy dostosować się do wymagań geotechnicznych.

7.2. Analiza i ocena rozwiązań projektowych w kontekście warunków geotechnicznych

Analiza przedstawionych rozwiązań projektowych i warunków geotechnicznych prowadzi do wniosku, że nie zostały one uwzględnione w Projekcie Budowlanym. Wymienić tutaj należy jeszcze raz najważniejsze z zaleceń i uwag:

- Zagrożenie od wody gruntowej w warstwie łatwo nawadniających się gruntów urodzajnych (czarnoziemy)
- Bardzo niskiej przepuszczalności gruntu poniżej warstwy urodzajnej
- Zalecenie wymiany warstwy gruntów urodzajnych
- Zagrożenie wysadzinowością gruntów.

W projekcie także nie uwzględniono informacji o istniejącym systemie melioracyjnym, chociaż sygnalizowanie tego problemu wystąpiło już w „Aktualizacji wariantowej koncepcji ...”. Jeżeli Projektant zrezygnował z wymiany gruntów, gdyż wiązało się to z wyjściem poza granice działek przy proponowanej wielkości czaszy zbiornika, to powinien to zalecenie uwzględnić przy ustalaniu nachylenia skarp zbiornika i zabezpieczyć ich stateczność.

Nie uwzględniono także informacji o małej przepuszczalności gruntów. Stąd zaprojektowanie uszczelnienia czaszy zbiornika geomembraną było błędem skutkującym deformacją dna i umocnień skarp poprzez tworzenie się destrukcyjnej siły wyporu.

Ocenia się, że nie uwzględnienie uwarunkowań geotechnicznych w rozwiązaniach projektowych czaszy zbiornika i nie dostosowanie tych rozwiązań do występujących warunków geotechnicznych a także eksploatacyjnych (suchy zbiornik) było błędem projektowym i źródłem występujących problemów w okresie budowy zbiornika opisanych w pkt. 6 niniejszej Ekspertyzy.

7.3. Analiza i ocena rozwiązań projektowych w kontekście gospodarki wodnej zbiornika

Należy podkreślić, że efekty w zakresie redukcji przepływu obliczeniowego dla opadu $p=10\%$ nie są obliczane a przedstawione jako idea działania zbiornika. Nie są też poprawnie określone charakterystyczne stany wody w zbiorniku w okresie jego przyszłej eksploatacji w tym uwzględnione sytuacje nadzwyczajne.

Zaprojektowane urządzenia zasilające zbiornik oraz upustowe (spust denny i przelewy) wymagają przeprowadzenia wód opadowych z każdego występującego opadu przez zbiornik a redukcja przepływu maksymalnego powinna wynikać ze zróżnicowanych średnic rurociągu zasilającego i odpływowego.

Najistotniejsze jest to, że nie uwzględniono w Projekcie Budowlanym tego, że zbiornik jaki przedstawiono w rozwiązaniach koncepcyjnych ma być dodatkowo zasilany drugim ciągiem kanalizacyjnym. Przedstawiony poziom maksymalny wyznaczający objętość zbiornika dotyczy dwóch pojemności tj. $V = 1600 \text{ m}^3$ wg „Aktualizacji wariantowej koncepcji ...” oraz $v = 1200 \text{ m}^3$ wg Projektu Budowlanego. To istotna niespójność jeżeli postawimy problem efektywności zbiornika i warunków pracy urządzeń zasilających.

Ponadto brak jest w Projekcie Budowlanym dopracowania w rozwiązaniach technicznych spustu i przelewów (kształty wlotów) aby urządzenia te zapewniały swoją funkcjonalność w warunkach wyższych prawdopodobnych dopływów. Zwraca się także uwagę na zagrożenie zablokowania spustu w zbiorniku ukształtowanego niekorzystnie jako hydrauliczna przystawka. Poprawą tej sytuacji może być zamontowanie na wlocie np. trójnika z dyfuzorem z jednym otworem skierowanym do góry oraz zlikwidowanie zagrożenia wymywania materiału spod płyt przez strumień z kanału wlotowego umożliwiającego blokowanie spustu.

8. Wnioski końcowe dotyczące oceny rozwiązań projektowych

Jak wcześniej zasygnalizowano wystąpiły problemy z nawodnieniem gruntów w strefie skarp zbiornika, utratą stateczności skarpy o nachyleniu 1:1 zlokalizowanej bezpośrednio przy ul. Folwarcznej oraz całkowite zdeformowanie rozwiązań konstrukcyjnych czaszy zbiornika po intensywnych opadach w sierpniu 2024 roku.

Problemy te powstały z powodów:

- nie uwzględnienia w rozwiązaniach projektowych zaleceń geotechnicznych dotyczących nawodnienia gruntów, wymiany gruntów urodzajnych i zabezpieczenia przed wysadzinowością
- nie uwzględniono scenariuszy obciążeń wynikających z faktu, że zbiornik jest zbiornikiem suchym
- nie uwzględniono informacji, że grunty poniżej warstwy urodzajnej są gruntami słabo przepuszczalnymi

Przy powyższych uwarunkowaniach należało wykluczyć zastosowanie szczelnej, a dodatkowo gładkiej, geomembrany. Ponadto uszczelnienie zbiornika przy kilkugodzinnym piętrzeniu wody przy wysokim napełnieniu w takich warunkach było niecelowe. Niedopuszczalne było zaprojektowanie nachylenia skarpy 1:1 przy występujących parametrach gruntów i sąsiedztwie drogi. W górnej części, ubezpieczone skarpy powinny być zabezpieczone przed dopływem wody w strefę pod geomembraną i podbudowy płyt, pogarszając współczynnik i tak niskiej szorstkości gładkiej geomembrany. Nie uwzględniono skutków budowy kanalizacji odbierającej wodę z drenów melioracyjnych i stanu rozluźnienia gruntów. Nie uwzględniono w rozwiązaniu zagrożenia wysadzinowością gruntów. Należało przy odpowiednich grubościach warstw podkładowych wprowadzić dylatację pomiędzy dno i skarpy. Brak tych dylatacji i wzajemne oddziaływanie na siebie płyt betonowych też powodowało duży wpływ na zakres deformacji występujących po opadach w sierpniu 2024 roku.

Wykonanie ogrodzenia zbiornika bezpośrednio przy krawędzi skarpy również osłabiało stateczność skarp w szczególności, że słupki odrodzeniowe wykonane zostały w gruntach słabonośnych przeznaczonych do wymiany.

Reasumując: Wszystkie problemy występujące w okresie budowy wynikały z wyżej przedstawionych błędów projektowych. Ponadto nie przedstawiono, że zakres Projektu Budowlanego obejmuje tylko I etap budowy odwodnienia osiedli przedstawiony w „Aktualizacji wariantowej koncepcji ...”. Racjonalne było w tym przypadku wykonać dla etapu II zadanie tylko odpływ ze studzienką z drugiego ciągu kanalizacji mającej zasilać zbiornik. Uniknięto by w ten sposób niekorzystnych robót w strefie skarp czaszy zbiornika.

9. Zalecania dotyczące sposobu i zakresu naprawy uszkodzeń występujących w czaszy zbiornika

9.1. Założenia

- Przyjęto, że należy odzyskać i wykorzystać jak największą ilość materiałów z rozbiórki zabezpieczeń dna i skarp czaszy zbiornika.
- Geometria wykopu czaszy nie ulega zmianie ze względu na uwarunkowania terenowe i efektywność zbiornika.
- Ze względu na warunki własnościowe i wielkość czaszy zbiornika, nie może nastąpić pełna wymiana gruntów niebudowlanych (warstwa urodzajna).
- Należy zapewnić sprawne działanie kanalizacji odbierającej wodę z drenów istniejącego systemu melioracyjnego.
- Uwzględnić, że po stronie zachodniej zbiornika przyłączany będzie w II etapie zadania drugi ciąg kanalizacyjny.

9.2. Roboty rozbiórkowe

- Demontaż ogrodzenia
- Usunięcie płyt ażurowych
- Usunięcie warstw kruszywa z nad geomembrany
- Usunięcie warstw geowłókniny i geomembrany

Ponadto:

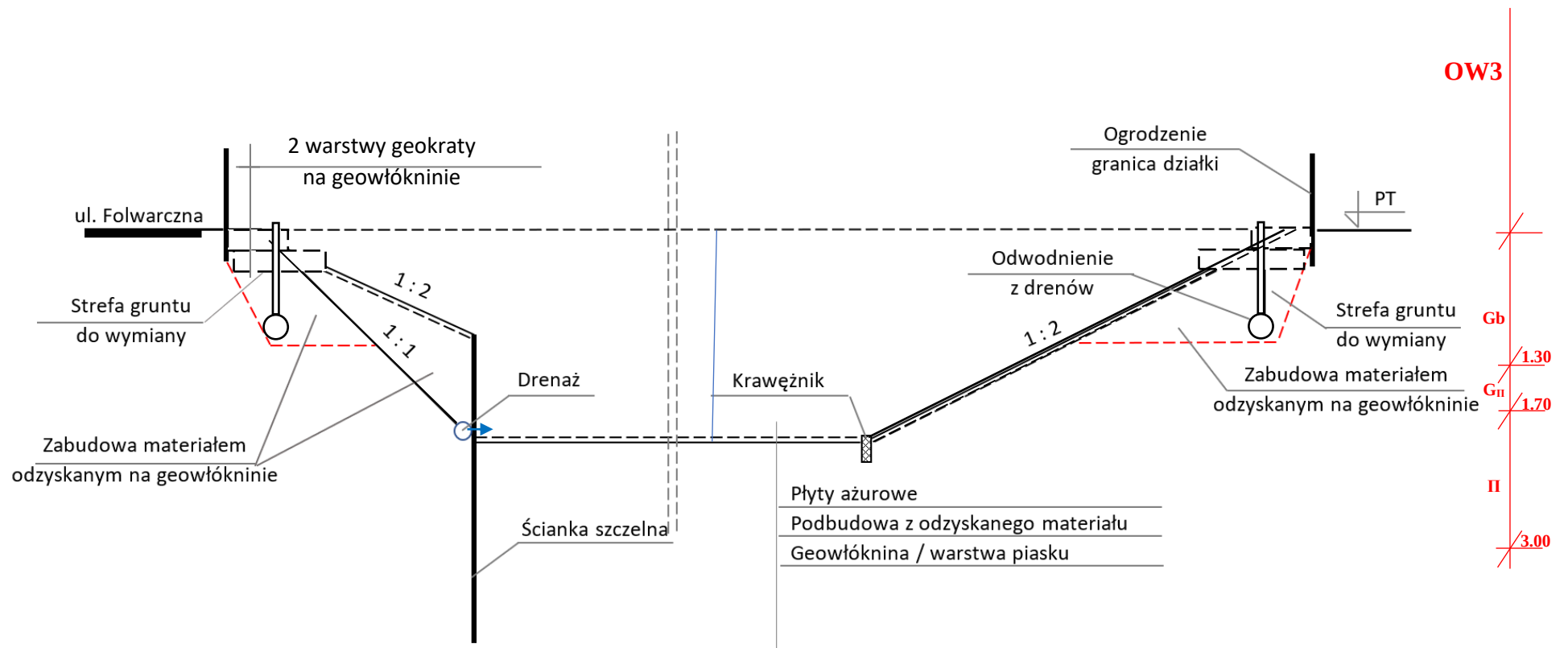
- Odwodnienie czaszy zbiornika

9.3. Zakres wykonania robót naprawczych zabezpieczenia dna i skarp czaszy zbiornika

- Stabilizacja skarp czaszy zbiornika materiałem pozyskanym z rozbiórki poprzez jego zagęszczenie w skarpach
- Ustalenie geometrii skarp wg rysunku 18
- Wykonanie zabezpieczenia skarpy północnej ścianką szczelną z grodzia z tworzywa sztucznego. Wysokość ścianki ok. 1.0 m
- Wykonanie drenażu odwadniającego strefę ze ścianką szczelną
- Wykonanie krawężnika drogowego przy stopie skarpy na pozostałych odcinkach czaszy. Zadaniem krawężnika jest stworzenie dylatacji pomiędzy umocnieniem dna i skarpy oraz podparcie umocnienia skarp. Na długości co ok. 2.0 m wykonać nieszczelnie dylatacje
- Wykonanie na geowłókninie warstwy dren azowej i podbudowy płyt na dnie i karpach czaszy w celu zabezpieczenia przed zjawiskiem filtracji wody do zbiornika od strony podłoża i skarp. Grubość warstwy ok. 0.40 m z materiału odzyskanego
- Wykonanie w strefie wylotów lokalnej podbudowy warstwą materiału niewymywalnego z pod ażurowych płyt pod wpływem skoncentrowanego strumienia
- Ułożenie płyt ażurowych do wysokości 1.60 m od dna tj. do poziomu odbioru wody przez przelewy
- Wykonać montaż słupków ogrodzenia
- Ubezpieczenie brzegu w strefie wysokości 1.60 około 1.8 – 2.0 wykonać z podwójnej warstwy geokraty ułożonej na geowłókninie (pod I warstwą). Geokrata na geowłókninie ma zabezpieczyć krawędź skarpy zbiornika przed erozją i ograniczyć dopływ ze spływu powierzchniowego w strefie podbudowy płyt. Dolną warstwę geokraty wypełnić odzyskanym materiałem, górną warstwę umożliwiającą obsiew traw.

Roboty dodatkowe:

- Wykonanie odcinka kanalizacji pomiędzy studzienkami D3 i D4 z dwoma zamknięciami w studzience D4 w celu umożliwienia okresowego wyłączenia zbiornika i poprawy sterowania
- Wykonanie przed przebudową zabezpieczenia skarp czaszy zbiornika wylotu z II ciągu kanalizacji (II etap)



Rys. 18. Szkic koncepcyjny naprawy ubezpieczenia dna i skarp czaszy zbiornika przy ul. Folwarcznej

10. Uprawnienia

URZĄD WOJEWÓDZKI W KRAKOWIE
WYDZIAŁ POLITYKI REGIONALNEJ
I PRZESTRZENNEJ
31-158 Kraków, ul. Basztowa 22
tel. 21-72-16, 23-01-53
fax 16-02-80

RP-Upr. 678/94

Kraków, dnia 14 grudnia 1994 r.

DECYZJA

O STWIERDZENIU PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO DO PEŁNIENIA SAMODZIELNYCH FUNKCJI TECHNICZNYCH W BUDOWNICTWIE

Na podstawie §2, ust.1, §4, ust.2, §7, §13, ust.1, pkt 4,
lit. a i b rozporządzenia, Ministra Gospodarki Terenowej
i Ochrony Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r. w sprawie
samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. Nr
8 poz. 46) - z późniejszymi zmianami -

stwierdza się, że:

Pan STANISŁAW M. RYBICKI - magister inż. budownictwa wodnego
urodzony dnia 5 sierpnia 1958 r. w Krakowie

posiada przygotowanie zawodowe

upoważniające do wykonywania samodzielnych funkcji

projektanta

w specjalności instalacyjno-inżynierskiej w zakresie:

a/ instalacji sanitarnych

b/ sieci sanitarnych wod.-kan.

Pan Stanisław M. Rybicki jest upoważniony do:

- 1/ sporządzania projektów instalacji sanitarnych oraz projektów sieci sanitarnych wodociągowych, kanalizacyjnych,
- 2/ w budownictwie jednorodzinym, zagrodowym oraz innych budynków o kubaturze 1000 m³ - do kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy, kierowania i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych elementów instalacji oraz oceniania i badania stanu technicznego instalacji sanitarnych.



Z up. Wojewody

dr inż. Stanisław Abrahamowicz
Kierownik Oddziału Nadzoru Budowlanego

Otrzymują:

- 1 x mgr inż. Stanisław M. Rybicki
1 x a/a

POŚWIADCZAM, NINIEJSZY ODPIS JAKO
ZGODNY Z ORYGINAŁEM DOKUMENTU
CZYNNOŚCI DOKONANO
W KRAKOWIE
DN. 05.11.10
RADCA PRAWNY
Mariola Heinrich
KR 623

URZĄD MIASTA KRAKOWA
Wydział Planowania Przestrzennego
Urbanistyki, Architektury i Nadzoru Budowl.
31-547 Kraków tel. c. 11-20-22
ul. Przy Rondzie 12

UAN-Upr-224/86

Kraków, dnia 30 maja 1986r.

DECYZJA O STWIERDZENIU PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO
DO PEŁNIENIA SAMODZIELNYCH FUNKCJI TECHNICZNYCH
W BUDOWNICTWIE

Na podstawie § 5 ust.2, § 6 ust.1, § 7 i § 13 ust.1 pkt.3
lit.d rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony
Środowiska z dnia 20 lutego 1975r. w sprawie samodzielnych
funkcji technicznych w budownictwie /Dz.U.Nr 8, poz.46/

stwierdza się, że:

Obywatel Stanisław RYBICKI magister inżynier budownictwa
wodnego urządzony dnia 5 sierpnia 1958r. w Krakowie posiada
przygotowanie zawodowe ~~na~~ upoważniające do wykonywania
samodzielnej funkcji kierownika budowy i robót w specjalności
konstrukcyjno-inżynieryjnej w zakresie budowli hydro-
technicznych.

Obywatel STANISŁAW RYBICKI jest upoważniony do:

- 1/ kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy i robót,
kierowania i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych
elementów budowlanych oraz oceniania i badania stanu
technicznego w zakresie budowli hydrotechnicznych, ujęć
wód oraz basenów wodnych i zbiorników wodnych przemysłowych
- 2/ sporządzania w budownictwie osób fizycznych projektów
budowli nie będących budynkami.

Otrzymują:

1. mgr inż. Stanisław RYBICKI
2. a/a.-



Z-ca Dyrektora Wydziału

mgr Andrzej Gajda

POŚWIADCZAM NINIEJSZY ODPIĘ JAKO
ZGODNY Z ORYGINAŁEM DOKUMENTU
CZYNNOŚCI DOKONANO
W KRAKOWIE

RADCA PRAWNY
Mariola Heinrich
KR.623

DN. 05.11.17

Kraków, dnia 20 maja 1986r

DECYZJA O STWIERDZENIU PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO
DO PEŁNIENIA SAMODZIELNYCH FUNKCJI TECHNICZNYCH W
W BUDOWNICTWIE

Na podstawie § 5 ust. 1, § 6 ust. 1, § 7 i § 13 ust. 1 pkt.
4 lit. a rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony
Środowiska z dnia 20 lutego 1975r w sprawie samodzielnych funkcji
technicznych w budownictwie / Dz. U. Nr. 8, poz. 46/

stwierdza się, że: Obywatel Stanisław RYBICKI magister inżynier
budownictwa wodnego urodzony dnia 5 sierpnia 1958r w Kra-
kowie posiada przygotowanie zawodowe upoważniające do wykonywania
samodzielnej funkcji KIEROWNIKA BUDOWY I ROBÓT w specjalności
instalacyjno - inżynierskiej w zakresie sieci wodociągowych
i kanalizacyjnych

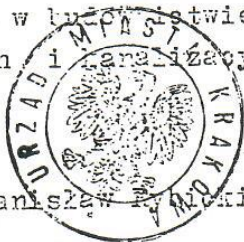
Obywatel STANISŁAW RYBICKI jest upoważniony do:

- 1/ kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy i robót,
kierowania i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych ele-
mentów sieci, oraz oceniania i badania stanu technicznego w
zakresie sieci wodociągowych i kanalizacyjnych.
- 2/ sporządzania w biurze osób fizycznych projektów sieci
wodociągowych i kanalizacyjnych

Otrzymują:

1x mgr inż. Stanisław Rybicki

2x a/a



Z-ca Dyrektora Wydziału

inż. arch. Helena Janusz

POŚWIADCZAM NINIEJSZY ODPIS JAKO
ZGODNY Z ORYGINAŁEM DOKUMENTU
CZYNNOŚCI DOKONANO
W KRAKOWIE
DN. 05.11.10
RADCA PRAWNY
Mariola Heinrich
KR 623



P O L S K A
I Z B A
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

MAP-L5U-BPY-TXL *

Pan Stanisław Maria Rybicki o numerze ewidencyjnym MAP/IS/3298/01

adres zamieszkania [REDACTED]

jest członkiem Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.

Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2024-01-01 do 2024-12-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2024-06-10 09:50:14 roku przez:

Mirosław Boryczko, Przewodniczący Rady Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 781 K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarcza złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Podpis jest prawdziwy
Data: 2024-06-10 09:50:14
Miejsce: Kraków, Małopolska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
im. Tadeusza Kościuszki
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA I ENERGETYKI
31-155 Kraków, ul. Warszawska
tel. 12 626 28 01

Zgodnie z oryginałem
BIURO DZIEKANA
Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki
Specjalista
M. Boryczko

Kraków,
10.12.2024r.