



## **OPINIA TECHNICZNA**

**DOTYCZĄCA STANU POWŁOK ZABEZPIELAJĄCYCH KONSTRUKCJĘ  
ŻELBETOWĄ ZBIORNIKA NA WODĘ  
W LABORATORIUM WODNYM WIBHiŚ PW  
WRAZ Z WYTYCZNYMI NAPRAWY**

Wykonawcy:

prof. dr hab. inż. Zbigniew Kledyński  
dr hab. inż. Paweł Falaciński – kierujący pracą  
dr hab. inż. Agnieszka Machowska  
dr inż. Łukasz Szarek  
mgr inż. Łukasz Krysiak

---

Kierownik Zakładu  
Budownictwa Wodnego i Hydrauliki

Dziekan Wydziału

dr hab. inż. Apoloniusz Kodura

dr hab. inż. Paweł Popielski, prof. uczelni

Warszawa, maj 2022 r.



**Politechnika  
Warszawska**

ul. Nowowiejska 20  
00-653 Warszawa  
tel. 22 234 78 87  
[www.is.pw.edu.pl](http://www.is.pw.edu.pl)  
e-mail: [sekretariat.wibhis@pw.edu.pl](mailto:sekretariat.wibhis@pw.edu.pl)

## SPIS TREŚCI

1. PODSTAWA PRAWNA OPRACOWANIA.....	3
2. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA.....	3
3. MATERIAŁY WYKORZYSTANE.....	3
4. INFORMACJE O OBIEKCIE.....	4
4.1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA BUDOWLI.....	4
4.2. OPIS TECHNICZNY ZBIORNIKA.....	6
4.3. OPIS TECHNICZNY POMPOWNI.....	9
5. WIZJA LOKALNA.....	9
6. BADANIA I POMIARY IDENTYFIKACYJNE.....	22
6.1. BADANIE PRZYCZEPNOŚCI POWŁOKI ZABEZPIECZAJĄCEJ METODĄ PULL-OFF .....	22
6.2. BADANIE GŁĘBOKOŚCI KARBONATYZACJI BETONU.....	24
6.3. POMIAR pH ROZTWORU ODWZOROWUJĄCEGO CIECZ POROWĄ.....	25
7. ANALIZA WYNIKÓW OGLĘDZIN I BADAŃ.....	26
7.1. PRZYCZYNY POWSTAŁYCH USZKODZEŃ.....	26
7.2. ANALIZA STANU TECHNICZNEGO .....	27
8. WNIOSKI I ZALECENIA.....	28
9. ZALECENIA DOTYCZĄCE DZIAŁAŃ NAPRAWCZYCH.....	29
Uwagi końcowe.....	33
10. KOLEJNOŚĆ TECHNOLOGICZNA WYKONYWANYCH ROBOT .....	34

ZAŁĄCZNIK 1. Kosztorys inwestorski prac remontowych.

ZAŁĄCZNIK 2. Karty informacyjne materiałów naprawczych - wersja elektroniczna.

ZAŁĄCZNIK 3. Dokumentacja fotograficzna – wersja elektroniczna.

## 1. PODSTAWA PRAWNA OPRACOWANIA

Opracowanie zostało wykonane na ustną prośbę Dziekana Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska.

## 2. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest zbiornik żelbetowy na wodę, zlokalizowany na poziomie piwnicy w budynku Starej Kotłowni, w części przynależnej do Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa.

Celem opracowania jest ocena stanu technicznego zabezpieczenia przeciwwodnego, tj. powłok zabezpieczających wewnętrzne powierzchnie ścian oraz dna zbiornika.

Zakres opracowania obejmuje:

- wizję lokalną obiektu (przeprowadzoną w dniach 27 kwietnia 2022 r. oraz 4, 5, 9 i 11 maja 2022 r.),
- oględziny i inwentaryzację wewnętrznych powierzchni ścian i dna zbiornika,
- oględziny i inwentaryzację powierzchni ściany oddzielającej zbiornik od pomieszczenia pompowni, od strony pompowni,
- zebranie informacji od Użytkownika obiektu,
- wykonanie dokumentacji fotograficznej,
- badanie głębokości karbonatyzacji betonu,
- pobór próbek do badań specjalistycznych betonu,
- wykonanie pomiaru przyczepności istniejących powłok zabezpieczających do podłoża betonowego przez odrywanie (metodą pull-off), ,
- wykonanie badań specjalistycznych pobranych próbek betonu,
- analizę zgromadzonych materiałów,
- opracowanie opinii.

## 3. MATERIAŁY WYKORZYSTANE

- [1] *Projekt budowlany przebudowy i adaptacji części południowej budynku Starej Kotłowni Politechniki Warszawskiej*. Pracownia Projektowa Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej, Pl. Politechniki 1, Warszawa, październik 1998.
- [2] *Projekt budowlany przebudowy i adaptacji części południowej budynku dla potrzeb laboratorium wodnego Wydziału Inżynierii Środowiska P.W. Projekt instalacji technologicznych*. Pracownia Projektowa Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej, Pl. Politechniki 1, Warszawa, styczeń 1998.

- [3] *Projekt techniczny zabezpieczeń pomieszczeń podziemnych przed wodą i wilgocią budynku laboratorium wodnego w gmachu Starej Kotłowni.* Aut. Dąbrowski H., Wrzosek K. Kodura A. Pisarczyk S., Warszawa, wrzesień 1998.
- [4] *Awaryjne pomiary wilgotności ścian i posadzki pomieszczenia pompowni w laboratorium wodnym „Stara Kotłownia”.* EKSNA Ryszard Koć. Warszawa, kwiecień 2022.
- [5] PN-EN 1542:2000. Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Metody badań – Pomiar przyczepności przez odrywanie.
- [6] Zalecenia dotyczące oceny jakości betonu „in-situ” w istniejących konstrukcjach obiektów mostowych. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Wrocław-Żmigród 1998.
- [7] PN-EN 14630:2007. Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Metody badań – Oznaczanie głębokości karbonatyzacji w stwardniałym betonie metodą fenoloftaleinową.
- [8] Neville A. M. Właściwości betonu, wydanie czwarte, Polski Cement, Kraków 2000.
- [9] Zybura A., Jaśniok M., Jaśniok T. Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Badania korozji zbrojenia i właściwości ochronnych betonu. PWN, Warszawa 2011.
- [10] ZTV-W LB 219 (1997, 2004). Bundesminister für Verkehr. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserrbau (ZTV-W) für Schutz und Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken.
- [11] Kledyński Z. Remonty budowli wodnych. OWPW. Warszawa 2006.

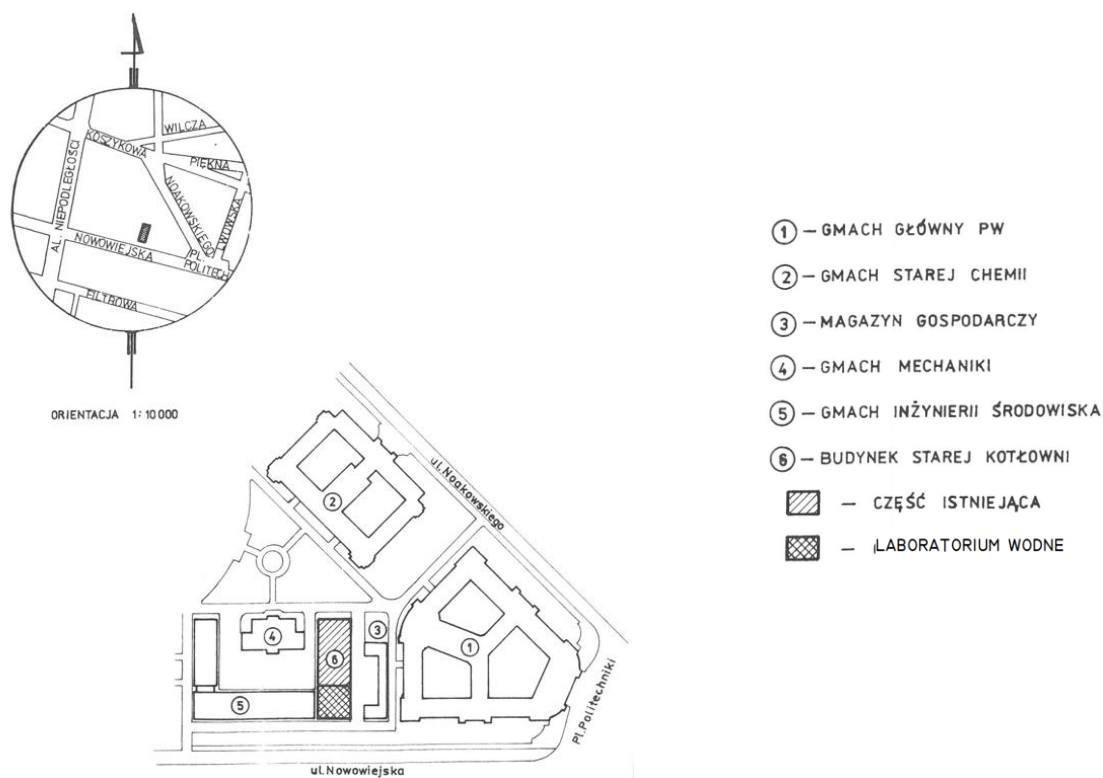
## 4. INFORMACJE O OBIEKCIE

### 4.1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA BUDOWLI

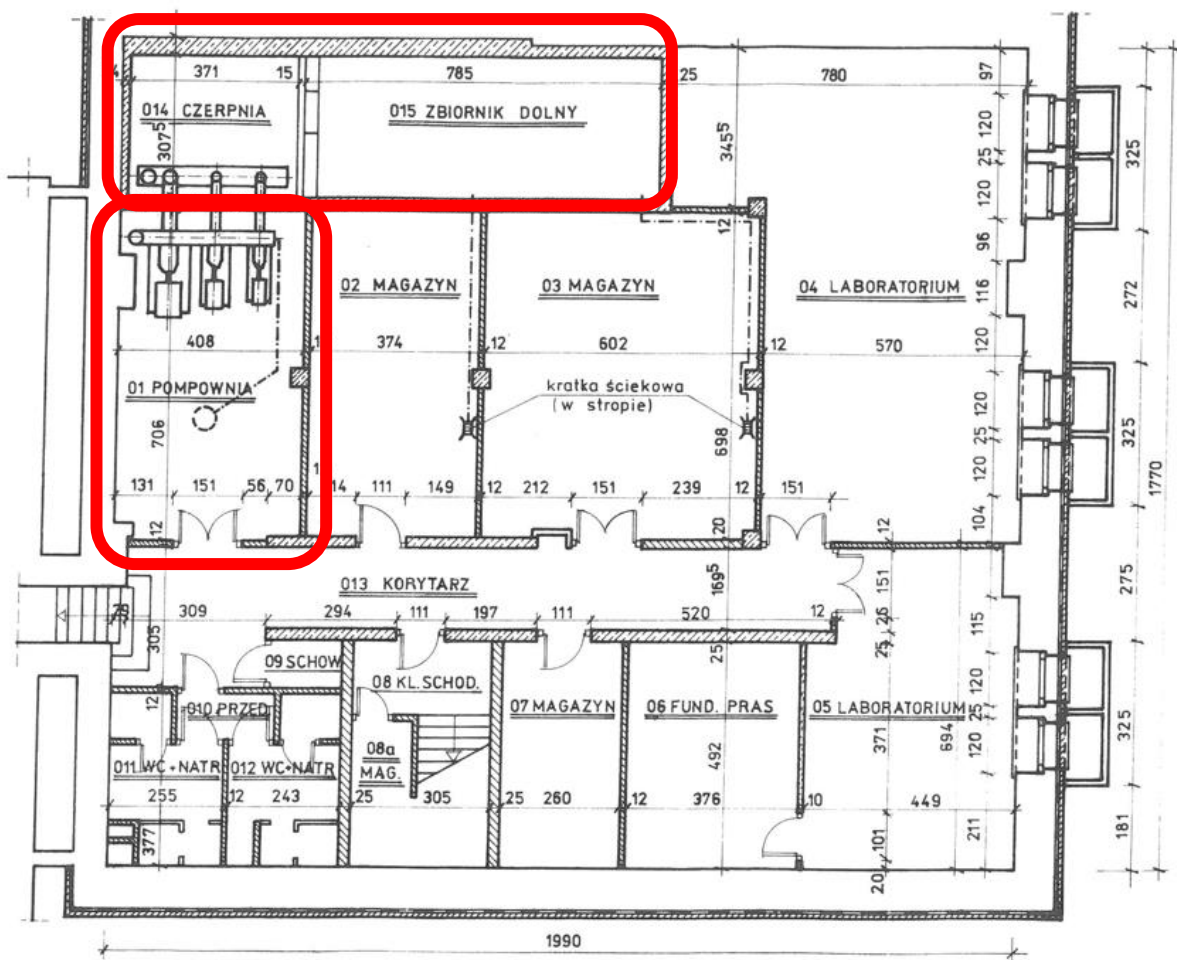
Przedmiotowy zbiornik (zbiornik dolny oraz czerpnia) zlokalizowany jest na poziomie piwnic budynku Starej Kotłowni w części Laboratorium Wodnego Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska (rysunki 1 i 2) [1, 2]. Poziom „0” budynku Laboratorium Wodnego (poziom posadzki w hali Laboratorium Wodnego), przyjęty w dokumentacji architektoniczno-budowlanej [1, 3], wynosi 36,00 m nad poziomem tzw. „0” Wisły. W zbiorniku tym magazynowana jest woda używana do badań na modelach hydraulicznych. Ze zbiornika, poprzez rurociągi ssące, woda jest pompowana przez rurociąg tłoczny do stalowego zbiornika górnego umieszczonego w hali laboratorium [2]. Zbiornik górny zapewnia utrzymanie stałego ciśnienia wody dopływającej systemem rurociągów rozprowadzających do stanowisk badawczych. Nadmiar wody odprowadzany jest ze zbiornika górnego do zbiornika dolnego rurociągiem przelewowym. Po przejściu przez stanowiska badawcze woda kratkami ściekowymi lub korytem przelewowym spływa do zbiornika dolnego. W zbiorniku dolnym zaprojektowano przelew awaryjny działający samoczynnie przy

przekroczeniu górnego dopuszczalnego poziomu wody. Opróżnianie zbiornika dolnego zaprojektowano przy pomocy przenośnej pompy zanurzeniowej [2].

Pod posadzką piwnic budynku Laboratorium Wodnego wykonany został drenaż kombinowany, którego celem jest zabezpieczenie przed wodą i wilgocią posadzek w pomieszczeniach Laboratorium Wodnego [3].



Rysunek 1. Orientacja ogólna obiektu.

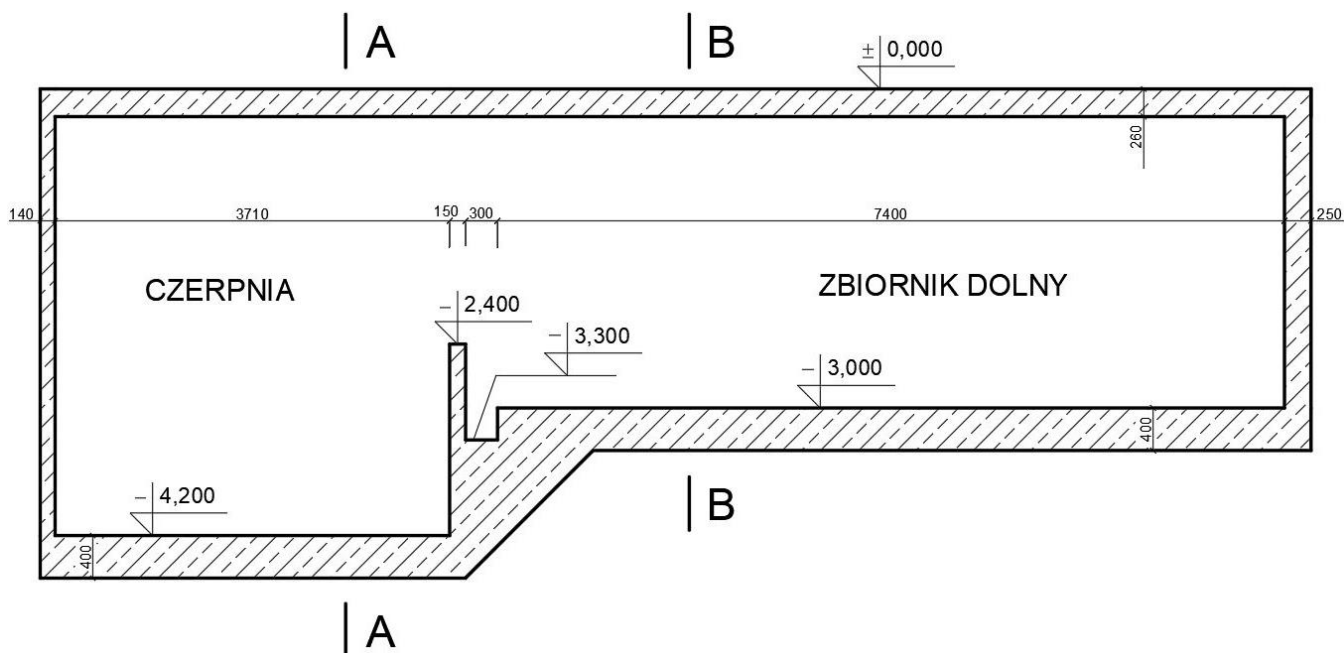


Rysunek 2. Rzut piwnic – Laboratorium Wodne. Rzut zbiornika dolnego, czerpni oraz pompowni.

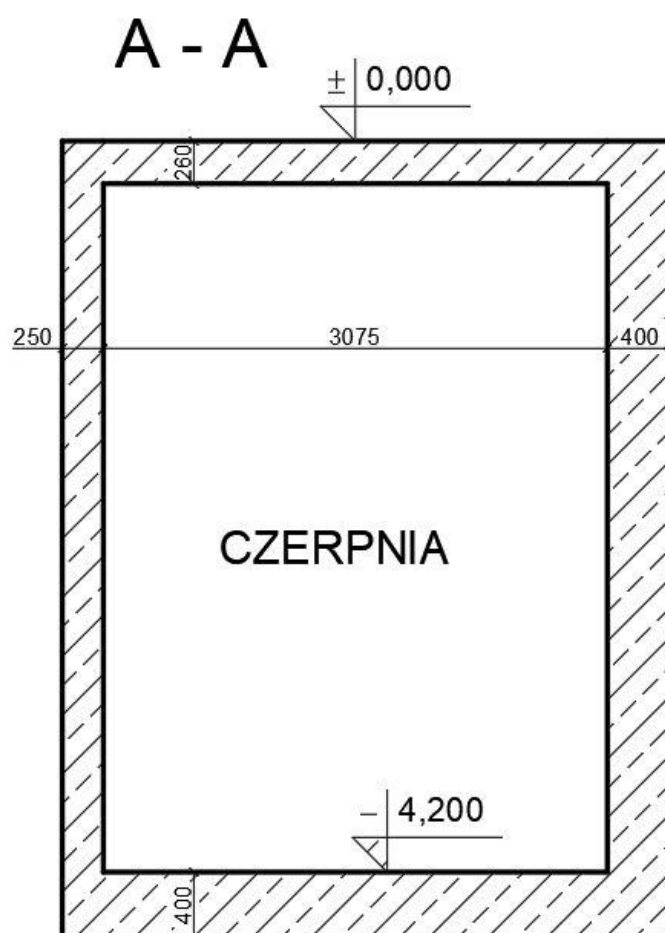
#### 4.2. OPIS TECHNICZNY ZBIORNIKA

Przedmiotowy zbiornik o pojemności ok.  $90 \text{ m}^3$ , o konstrukcji żelbetowej, znajduje się w północno-zachodniej części Laboratorium Wodnego, na poziomie kondygnacji piwnicznej. Do zbiornika można się dostać, z poziomu hali głównej, przez 3 włazy o wymiarach:  $700 \times 700 \text{ mm}$ ,  $150 \times 50 \text{ mm}$ ,  $d=400 \text{ mm}$ . Zbiornik składa się z dwóch części: zbiornika dolnego oraz czerpni. Poziom dna zbiornika dolnego wynosi  $3,00 \text{ m}$ , natomiast czerpni  $4,20 \text{ m}$  poniżej „0” budynku [1, 2]. Przez ścianę południową z czerpni do pompowni przechodzą 3 rurociągi ssące, z rur stalowych o średnicach  $d=219.1/8 \text{ mm}$  (2 szt.) oraz  $d=319.9/8 \text{ mm}$  (1 szt.), mocowane w przejściach dławikowych. W dnie czerpni wykształcono rzępie o głębokości  $0,50 \text{ m}$  poniżej dna czerpni i szerokości  $0,40 \text{ m}$ , oddalonej od ściany zachodniej zbiornika o około  $0,2 \text{ m}$ . Zbiornik jest zabezpieczony przed przepełnieniem przez przelew awaryjny zainstalowany w ścianie zachodniej (czerpnia) w postaci rury kanalizacyjnej PCV DN 75 mm, podłączonej do kanalizacji deszczowej biegnącej wokół budynku Starej Kotłowni. Rzędna dna przelewu awaryjnego wynosi  $0,75 \text{ m}$  poniżej „0” budynku [1, 2]. Na rysunkach 3-5 przedstawiono przekroje pionowe poszczególnych części zbiornika żelbetowego.

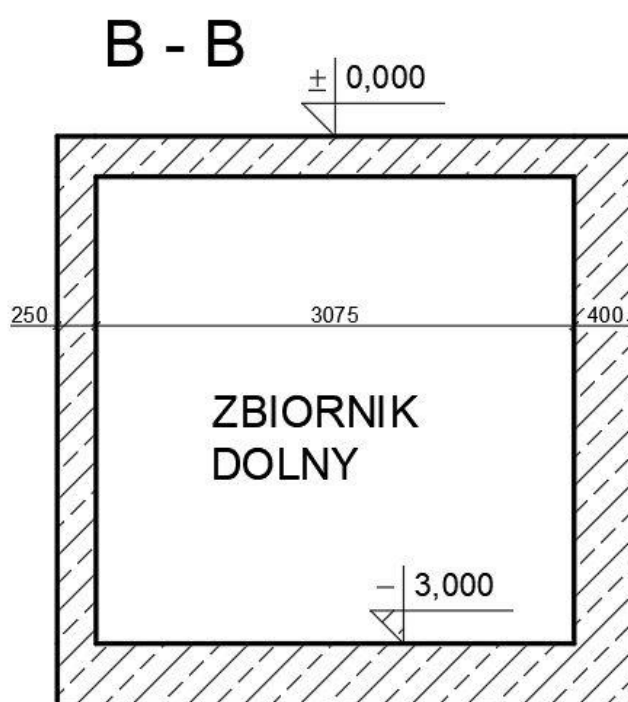
Ściany oraz dno zbiornika dolnego oraz czepni zostały zabezpieczone powłoką przeciwwodną o szarym kolorze. W udostępnionej dokumentacji technicznej obiektu brak jest informacji szczegółowych o parametrach technicznych oraz nazwie powłoki zabezpieczającej.



Rysunek 3. Przekrój podłużny zbiornika.



Rysunek 4. Przekrój poprzeczny czerpni (A-A).



Rysunek 5. Przekrój poprzeczny zbiornika dolnego (B-B).

### 4.3. OPIS TECHNICZNY POMPOWNI

Pomieszczenie pompowni znajduje się na poziomie piwnic Laboratorium Wodnego w pomieszczeniu nr 01. Pompownia służy do zasilania zamkniętego obiegu wody w Laboratorium Wodnym. Poziom posadzki pompowni wynosi 3,00 m poniżej „0” budynku. Na posadzce pompowni ustawione są 3 agregaty pompowe (pompa + silnik) produkcji Warszawskiej Fabryki Pomp Armatury WAFAPOMP S.A. (bez możliwości regulacji wydatku poszczególnych pomp):

- pompa 15A25 z silnikiem Sg180L4 o wydatku 300 m<sup>3</sup>/h,
- pompa 20A25 z silnikiem Sg200L4 o wydatku 400 m<sup>3</sup>/h,
- pompa 25A25 z silnikiem Sg250M6 o wydatku 600 m<sup>3</sup>/h.

Każda z pompa jest połączona z kolektorem tłocznym zasuwą płaską redukcyjną produkcji Fabryki Armatury HAWLE Sp. z o.o.

Przez ścianę południową z pompowni do czerpni przeprowadzone są rurociągi ssawne (rozdział 4.2).

Wysokość pomieszczenia pompowni w świetle wynosi 2,64 m. Geometria pomieszczenia pompowni została przedstawiona na rysunku 2.

## 5. WIZJA LOKALNA

### 5.1. UWAGI WSTĘPNE

Zespół ekspercki odbył wizje lokalne w zbiorniku oraz pomieszczeniu pompowni w dniach: 27 kwietnia oraz 4, 5, 9 i 11 maja 2022 r. W ich ramach wykonano wizualną ocenę stanu technicznego powierzchni ścian wewnątrz pomieszczenia pomp oraz samego zbiornika. Oględziny zbiornika w dniu 27 kwietnia 2022 roku odbyły się w momencie, kiedy w czerpni znajdowała się jeszcze woda. Kolejne wizje były dokonane już po całkowitym opróżnieniu zbiornika (wypompowaniu wody pompą zewnętrzną). Ściany zbiornika nie były oczyszczone z zabrudzeń osadem pochodzącym z magazynowanej wody.

Ze ścian zbiornika pobrano próbki do badań specjalistycznych, zbadano głębokość karbonatyzacji betonu oraz przyczepność do podłoża istniejącej powłoki zabezpieczającej (metodą *pull-off*).

W pomieszczeniu pompowni oraz w zbiorniku wykonano inwentaryzację uszkodzeń wraz z dokumentacją fotograficzną.

### 5.2. OBSERWACJE OGÓLNE

#### ***Zbiornik dolny***

Ściany wewnątrz zbiornika dolnego można podzielić umownie na 3 poziome strefy o odmiennej charakterystyce, w kontekście obserwowanych uszkodzeń (fot. 1).



Fot. 1. Widok zbiornika dolnego. Ściana północna (po lewej), ściana wschodnia (na wprost) oraz ściana południowa (po prawej). Widoczne na ścianach 3 strefy o odmiennej charakterystyce uszkodzeń.

*Pas górny: 0,26 – 0,75 m poniżej „0” budynku*

Pierwszy, górny pas o miąższości ok. 50 cm (od stropu w dół) cechuje się nienaruszoną powłoką koloru jasnoszarego, wizualnie jednorodny i ciągły. Wyraźnie widać, że w tej strefie zbiornik nigdy nie był napełniony wodą.

*Pas środkowy: 0,75 – 1,30 m poniżej „0” budynku*

Na powierzchni drugiego pasa widoczna jest niewielka ilość osadu w kolorze rdzawo-brązowym. Wysokość tej strefy wynosi ok. 0,55 m. W pasie tym powłoka, generalnie, jest ciągła i szczelna. Jedyne uszkodzenia, jakie zostały zinwentaryzowane, widoczne są w postaci pojedynczych pęcherzy, w większości pękniętych, nie prowadzących wodę (fot. 2). Pęcherze są regularnie rozmieszczone na długości wszystkich ścian, około 10 cm poniżej górnej krawędzi strefy, w osiach widocznych faz betonowania. Uszkodzenia te pochodzą najprawdopodobniej od nieszczelnie zaślepionych otworów po ściągach deskowań.



Fot. 2. Widok ścian zbiornika dolnego.

Widoczne pojedyncze, regularnie rozmieszczone pęcherze w strefie 2.

*Pas dolny: 1,30 – 3,00 m poniżej „0” budynku*

Trzecia strefa charakteryzuje się dużą ilością osadu na powłoce; osad jest w kolorze brunatno-brązowym i wykazuje nieregularne, powierzchniowe przebarwienia. Na powłoce widoczne są liczne pęcherze, których średnica waha się od około 3 do 10 mm (fot. 3a, b). Pęcherze w większości są zamknięte. Po ich przebiciu powierzchnia wewnątrz pozostaje sucha. W tej strefie wykonano badanie karbonatyzacji oraz przyczepności przez odrywanie metodą *pull-off*.



Fot. 3a Widok ściany południowej zbiornika dolnego. Widoczne liczne pęcherze w strefie 3.



Fot. 3b. Widok ściany północnej zbiornika dolnego. Widoczne liczne pęcherze w strefie 3.

### *Dno*

Na dnie zbiornika zalega duża ilość osadu w kolorze rdzawo-brązowym. Ponad osadem oraz pod nim widoczne są pęcherze, identyczne jak na ścianach w pasie dolnym (fot. 4). Ich średnica waha się od około 3 do 10 mm, po przebiciu powierzchnia wewnętrzna pozostaje sucha.

### **Czerpnia**

Podobnie jak w części dolnej zbiornika, ściany wewnątrz czerpni można podzielić umownie na 3 poziome strefy o odmiennej charakterystyce, w kontekście obserwowanych uszkodzeń

(fot. 5).

*Pas górny: 0,26 – 0,75 m poniżej „0” budynku*

Pierwszy od góry pas o miąższości ok. 50 cm, ma nienaruszoną powłokę koloru jasnoszarego, wizualnie jednorodną i ciągłą. Wyraźnie widać, że w tej strefie zbiornik nigdy nie był napełniony wodą (fot. 5).



Fot. 4. Widok dna zbiornika dolnego. Widoczne liczne pęcherze.

*Pas środkowy: 0,75 – 1,30 m poniżej „0” budynku*

Powierzchnia w drugiej strefie jest zanieczyszczona niewielką ilością osadu w kolorze rdzawo-brązowym. Wysokość tej strefy wynosi ok. 0,55 m. W pasie tym powłoka jest generalnie ciągła i szczelna. Jedyne uszkodzenia widoczne są w postaci pojedynczych pęcherzy, w większości pękniętych, nie prowadzących wodę. Pęcherze zostały udokumentowane na ścianie południowej i północnej, około 10 cm poniżej górnej krawędzi strefy, w osiach widocznych faz betonowania. Uszkodzenia te pochodzą najprawdopodobniej od nieszczelnie zaślepionych otworów po ściągach deskowań.



Fot. 5. Widok ściany zachodniej (na wprost) oraz północnej (po prawej stronie) czerpni.  
Widoczne na ścianach 3 strefy o odmiennej charakterystyce uszkodzeń.

*Pas dolny: 1,30 – 4,20 m poniżej „0” budynku*

Pas dolny (trzecia strefa) charakteryzuje się dużą ilością osadu na powłoce; osad jest w kolorze brunatno-brązowym i wykazuje nieregularne powierzchniowe przebarwienia. Na powłoce zidentyfikowano wyraźne i liczne pęcherze, których średnica waha się od około 3 do 10 mm (fot. 6). Pęcherze w większości są zamknięte. Po ich przebiciu powierzchnia wewnątrz pozostaje sucha. W tej strefie wykonano badanie głębokości karbonatyzacji oraz przyczepności przez odrywanie metodą *pull-off*.



Fot. 6. Widok ściany południowej czerpni. Widoczne liczne pęcherze w strefie 3.

Wyraźna destrukcja powłoki zabezpieczającej nastąpiła w pobliżu przejść rurociągów ssawnych zlokalizowanych na ścianie południowej (fot. 7, 8). W kilku miejscach, szczególnie pomiędzy rurociągami, powłoka – poza obecnością pęcherzy – jest odspojona od podłoża betonowego.



Fot. 7. Widok ściany południowej czerpni. Widoczne stalowe rurociągi ssące przechodzące przez ścianę do pomieszczenia pompowni.

#### *Dno*

Na dnie czerpni zalega duża ilość osadu w kolorze rdzawo-brązowym. Ponad osadem oraz pod nim zidentyfikowano pęcherze, identyczne jak na ścianach w pasie dolnym. Ich średnica waha się od około 3 do 10 mm; po przebicciu powierzchnia wewnętrzna pozostaje sucha.

#### *Rurociągi stalowe*

Na rurociągach stalowych zlokalizowanych w czerpni zidentyfikowano wyraźne ogniska korozji na całej ich powierzchni (fot. 7, 8 i 9). W większości przypadków zaobserwowano korozję w formie nalotu, bez wyraźnych wżerów w strukturze rur.



Fot. 8. Widok ściany południowej czerpni. Widoczne uszkodzenia powłoki zabezpieczającej wokół rurociągu ssawnego oraz korozja rurociągu stalowego.



Fot. 9. Widok ściany południowej czerpni. Widoczna korozja rurociągów stalowych.

### ***Pomieszczenie pompowni***

Podczas oględzin pomieszczenia pompowni w dniu 27 kwietnia 2022 roku stwierdzono uszkodzenia wypraw tynkarskich spowodowane występującymi przeciekami wody ze zbiornika. Ściana południowa zbiornika (północna pompowni), przez którą przechodzą stalowe rurociągi ssawne była wyraźnie wilgotna (czerpnia zbiornika nie była jeszcze do końca opróżniona). Podwyższona wilgotność spowodowała odspojenie części wypraw tynkarskich (fot. 10). Szczególnie wyraźna destrukcja ściany widoczna jest w pobliżu nitek rurociągów (fot. 11). Podczas oględzin stwierdzono także możliwą infiltrację wody ze zbiornika przez przejście dławikowe w ścianie. Zaobserwowano również zawilgocenia ścian zachodniej oraz wschodniej (fot. 12). Zinwentaryzowano miejscowe odspojenia tynku w tych strefach.

Podwyższoną wilgotność ścian oraz posadzki w okolicy przejść rurowych potwierdziły specjalistyczne pomiary [4].



Fot. 10. Pomieszczenie pompowni. Widok ściany północnej. Widoczna destrukcja wypraw tynkarskich.



Fot. 11. Pomieszczenie pompowni. Widoczne odspojenie wypraw tynkarskich pomiędzy rurociągami.



Fot. 12a. Widok ściany północnej (po prawej) i zachodniej (po lewej) pompowni. Widoczne uszkodzenia tynku.

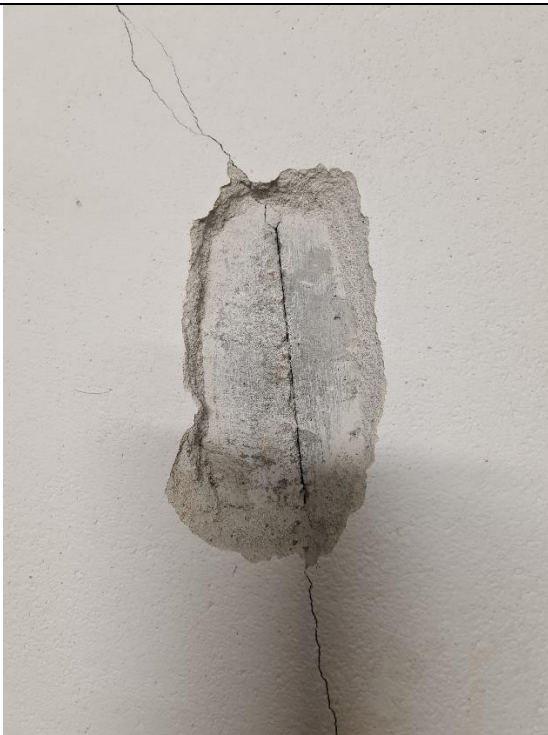


Fot. 12b. Widok ściany północnej (po lewej) i wschodniej (po prawej) pompowni. Widoczne uszkodzenia tynku.

Na ścianie północnej pompowni w wyprawie tynkarskiej zinwentaryzowano rysę ukośną, o szerokości ok. 0,5 mm, biegnącą od stropu do przejścia rurociągu ( $d=219$  mm) przez ścianę (fot. 13). Po odkuciu tynku rysę zinwentaryzowano również w ścianie betonowej (fot. 14 a,b).



Fot. 13. Pomieszczenie pompowni. Widoczne odspojenie wypraw tynkarskich pomiędzy rurociągami.



Fot. 14a. Widok ściany północnej pompowni. Rysa w ścianie betonowej.



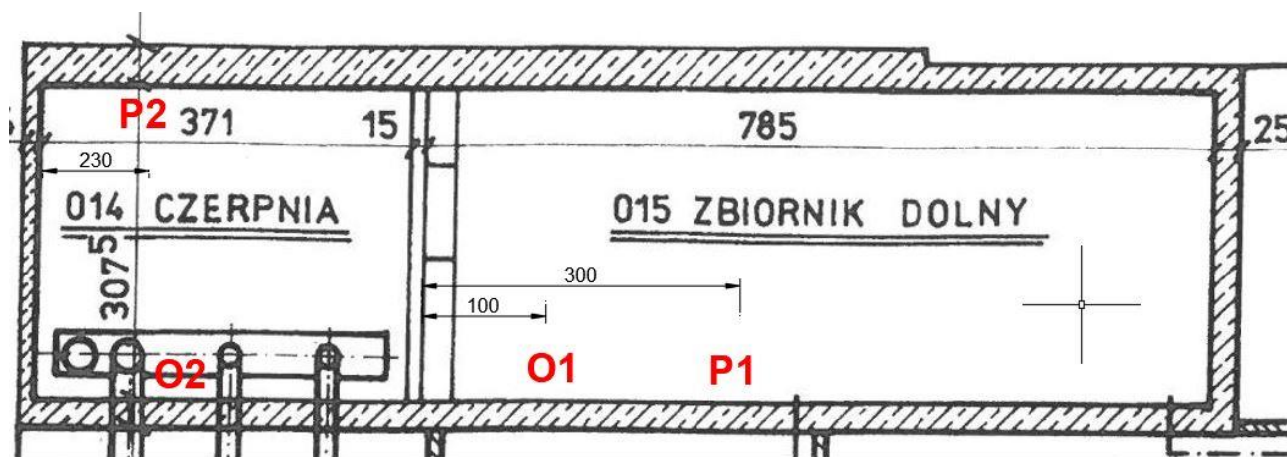
Fot. 14b. Widok ściany północnej pompowni. Rysa w ścianie betonowej.

## 6. BADANIA I POMIARY IDENTYFIKACYJNE

### 6.1. BADANIE PRZYCZEPNOŚCI POWŁOKI ZABEZPIELAJĄCEJ METODĄ PULL-OFF

Badanie przyczepności przez odrywanie powłoki ochronnej przeprowadzono zgodnie z normą [5] przy użyciu aparatu *Dyna Pull Off Z15 E* wyposażonego w rejestrator *Dynameter* produkcji firmy *Proseq*.

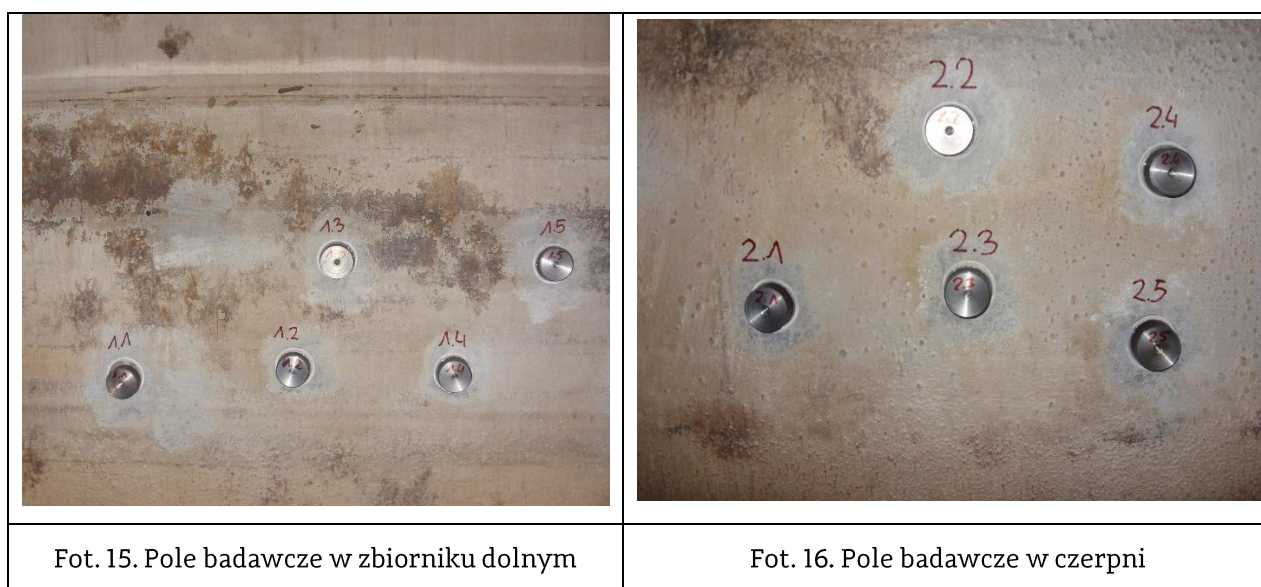
Biorąc pod uwagę widoczny stan istniejącej powłoki (rozdział 5) w każdej części zbiornika (zbiornik dolny – P1 oraz czerpnia – P2), wytypowano jedno pole badawcze; na każdym z nich wykonano 5 pomiarów (fot. 15 i 16). Pola badawcze zlokalizowano w pasie o stwierdzonej największej destrukcji powłoki zabezpieczającej, tj. na wysokości ok. 1,20 – 1,40 m nad dnem zbiornika dolnego oraz 1,30 – 1,60 m ponad dnem czepni. Lokalizację pól badawczych przedstawiono na rysunku 6.



Rysunek 6. Lokalizacja pól badawczych pull-off (P1 i P2) oraz odkrywek otuliny zbrojenia (O1 i O2).

Powierzchnię ściany w wytypowanych miejscach nacięto wiertłem koronowym ( $d = 60$  mm), a następnie odpylono i odtłuszczone. Na tak powstałe kołowe pola naklejono stalowe krążki o średnicy 50 mm (fot. 15 i 16).

Wyniki odrywania (badania przyczepności) przedstawiono w tabelicy 1.



Tablica 1. Wyniki badania przyczepności przez odrywanie powłoki ochronnej.

Lp.	Obiekt	Nr krążka	Rodzaj zniszczenia*	Przyczepność $f_h$ [MPa]	Średnia przyczepność $\bar{f}_h$ [MPa]	Uwagi
1	Zbiornik dolny	1.1	-	-	-	Oderwanie krążka w warstwie kleju
2		1.2	B	1,26	1,67	Oderwanie powłoki
3		1.3	B	1,67		Oderwanie powłoki
4		1.4	B	1,82		Oderwanie powłoki
5		1.5	B	1,93		Oderwanie powłoki
6	Czerpnia	2.1	B	1,29	1,44	Oderwanie powłoki
7		2.2	B	1,20		Oderwanie powłoki
8		2.3	B	1,67		Oderwanie powłoki
9		2.4	B	1,61		Oderwanie powłoki
10		2.5	-	-	-	Oderwanie krążka w warstwie kleju

W obydwu częściach zbiornika zniszczenie następowało pomiędzy podłożem a powłoką ochronną.

Uzyskane wartości przyczepności  $f_h$  są zbliżone, choć oznaczono nieco wyższe wartości w polu badawczy w zbiorniku dolnym.

Analiza otrzymanych wyników (tablica 1) w kontekście branżowych wytycznych [10, 11] pozwala ustalić klasę wytrzymałości betonu podłoża na odrywanie jako co najmniej klasę A3

(przy założeniu, że wytrzymałości betonu na rozciąganie są nie niższe niż stwierdzone w styku: beton – powłoka wodochronna). Oprócz wykorzystania wartości średnich i minimalnych z tablicy 1 założono także, że beton w ścianach obiektu ma projektowaną klasę wytrzymałości na ściskanie – B25 [1].

## 6.2. BADANIE GŁĘBOKOŚCI KARBONATYZACJI BETONU

Pomiar głębokości karbonatyzacji betonu wykonano w obu częściach zbiornika: części dolnej oraz czerpni. Badania zasięgu karbonatyzacji w odkrywkach zostały wykonane metodą fenoloftaleinową według procedur opisanych w [6, 7, 8, 9]. Lokalizację wykonanych odkrywek przedstawiono na rysunku 6.

W części dolnej zbiornika wykonano odkrywkę (O1) na wysokości 1,10 m ponad dnem. Głębokość odkrywki wyniosła ok. 3,0 cm. Po odkuciu otuliny został odsłonięty pręt zbrojenia pionowego, ze stali gładkiej o średnicy 12 mm (fot. 17). Na pręcie nie znaleziono oznak korozji.



Fot. 17. Odkrywka w części dolnej zbiornika.

W czerpni odkrywka (O2) została wykonana na wysokości ok. 1,60 m nad dnem. Miąższość odkutej otuliny wyniosła 4,0 cm (fot. 18).



Fot. 18. Odkrywka w czerpni.

Miejsce odkrywki, po odkuciu powłoki zabezpieczającej oraz wierzchniej warstwy betonu zostało oczyszczone z pyłu i luźnych cząstek bez użycia wody i ścierania. Na tak przygotowaną powierzchnię nałożono mgłą wodną z wody destylowanej (powierzchnia odkrywek była bardzo sucha). Następnie został natryśnięty 1,0 % roztwór wskaźnika fenoloftaleinowego w ilości wystarczającej do zwilżenia powierzchni bez spływania. Głębokość wystąpienia zmienionej barwy strefy nieskarbonatyzowanej na czerwono-fioletową zmierzono do 30 sekund od naniesienia roztworu.

W obydwu przypadkach stwierdzono głębokość frontu karbonatyzacji na poziomie maksymalnie 1,0 mm.

### 6.3. POMIAR pH ROZTWORU ODWZOROWUJĄCEGO CIECZ POROWĄ

Badania przeprowadzono w Laboratorium Betonów Hydrotechnicznych Zakładu Budownictwa Wodnego i Hydrauliki Politechniki Warszawskiej. Badania laboratoryjne dotyczyły próbek pobranych z odkutej otuliny (rozdział 6.2).

Wykonano przybliżony model cieczy porowej z wyciągu wodnego z rozdrobnionego betonu. Należy zauważyć, iż do badania użyto betonu z całej otuliny, stąd uzyskany wynik należy traktować jako wartość średnią, modelującą pH w całej otulinie prętów zbrojenia.

Wyciąg wodny przygotowano według metodyki opisanej w [6, 9]. Próbkę betonową rozkruszono. Następnie materiał betonowy został zmielony w młynku i odsiany przez sito o oczkach 0,2 mm.

Rozkruszony beton przed kolejnymi etapami badania był przechowywany w szczelnych woreczkach foliowych bez dostępu powietrza atmosferycznego, co zabezpieczało materiał przed karbonatyzacją.

Następnie rozdrobniony beton o ziarnach, których średnica jest mniejsza niż 0,2 mm zalano wodą destylowaną w stosunku 1 część masy „proszku” betonowego na 5 części masy wody. Otrzymana mieszanina została poddana 24 godzinnemu dynamicznemu mieszaniu. W kolejnym etapie zawiesina została przefiltrowana przez filtr membranowy wykonany z politetrafluoretyleny (PTFE) o średnicy porów  $\phi = 0,45 \mu\text{m}$ . Z uwagi na powolny przebieg sączenia wykorzystano szklaną kolbę, w której wytworzono podciśnienie stosując pompkę próżniową.

Pomiar pH wykonano przy użyciu pehametru Elmetron CPC-511 wyposażonego w czujnik temperatury oraz elektrodę IJ-44C IONODE. Przed pomiarem wykonano proces kalibracji miernika z podłączoną elektrodą.

W tabelicy 2 przedstawiono wartości pH badanych wyciągów wodnych.

Tablica 2. Wartości pH wyciągów wodnych badanych próbek betonowych

Lp.	Lokalizacja	Nr próbki	Wartość pH
1	Część dolna	P1	12,60
2	Czerpnia	P2	12,50

Uzyskane wartości pH (tabela 2) świadczą o dobrych właściwościach ochronnych otuliny w stosunku do stali zbrojenia (dobre właściwości pasywacyjne).

## 7. ANALIZA WYNIKÓW OGLĘDZIN I BADAŃ

### 7.1. PRZYCZYNY POWSTAŁYCH USZKODZEŃ

Przeprowadzona wizja lokalna, wykonane badania betonu: in-situ oraz laboratoryjne upoważniają do postawienia wniosku, iż konstrukcja żelbetowa zbiornika jest w dobrej kondycji. Pomimo długoletniego użytkowania obiektu nie nastąpiła utrata właściwości ochronnych otuliny betonowej względem prętów zbrojeniowych.

Obserwowane uszkodzenia powłoki ochronnej w ścianie południowej czerpni (ściana północna pompowni), a także degradacja wypraw tynkarskich i zawilgocenie ściany, należy przypisać nieszczelnościom powstałym w okolicach i samych przejściach dławikowych rurociągów ssawnych.

Przyczyn inicjacji pęcherzy, powstałych na ścianach i posadzce w obydwu częściach zbiornika, należy szukać w samym podłożu. Najczęstszą przyczyną powstawania licznych, małych pęcherzy na powłokach ochronnych jest wilgotna powierzchnia podczas aplikacji materiału ochronnego lub woda wtórna infiltrująca z zewnątrz.

## 7.2. ANALIZA STANU TECHNICZNEGO

Stwierdzono nienaruszoną – nie poddaną ekspozycji retencjonowanej wody wodociągowej – powłokę zabezpieczającą, na całym obwodzie obiektu, w pasie szerokości około 0,5 m poniżej stropu. Stan powłoki oceniono jako dobry.

Stan powłoki zabezpieczającej na ścianach, poniżej pasa górnego, na całym obwodzie obiektu, o szerokości około 0,55 m pomimo zaobserwowanej niewielkiej ilości osadu, oceniono jako dostateczny.

Powłoka na ścianach zbiornika, w obydwu częściach, w pasie dolnym – od około 1,1 m poniżej stropu, aż do posadzki – ze względu na występujące liczne pęcherze – jest w stanie niezadawalającym (pęknięcie pęcherzy stwarza możliwość kontaktu betonu z wodą, co może spowodować jej infiltrację w głąb struktury oraz przyspieszoną utratę właściwości ochronnych zbrojenia).

Pomimo degradacji powłoki ochronnej beton w tej strefie nie uległ (dotychczas) zaawansowanemu zniszczeniu. Fakt ten można tłumaczyć brakiem agresywności retencjonowanej wody wodociągowej oraz recepturą betonu projektowaną w celu uzyskania odpowiednio wysokiej szczelności i odporności korozyjnej. Stan degradacji powłoki (pęcherzenie) potęgują zainicjowane nieszczelności przejść rurociągów ssawnych przez ścianę południową czerpni (rysy). Stan powłoki w tej strefie należy uznać aktualnie za niezadawalający.

Powłoka na dnie uległa analogicznym uszkodzeniom jak powłoka na ścianach w pasie dolnym. Stwierdzono liczne pęcherze, w większości zamknięte. Jednak z uwagi na zalegający osad pokrywający całkowicie dno w obydwu częściach obiektu, ocena stanu technicznego dna była utrudniona. Stan dna należy uznać aktualnie za niezadawalający.

Infiltracja wody przez przejścia rurociągów przez ścianę z czerpni do pompowni spowodowało degradację wypraw tynkarskich w pomieszczeniu pompowni. Zawilgocenia ścian i posadzki negatywnie wpływają na ich stan, mogą przyspieszyć karbonatyzację otuliny betonowej, a także doprowadzić do inicjacji korozji biologicznej. Z uwagi na obecność urządzeń elektrycznych w pomieszczeniu pompowni, obserwowany obecnie stan może niekorzystnie wpłynąć na bezpieczeństwo ich użytkowania. Zaobserwowana ukośna rysa w ścianie, od stropu

do górnej krawędzi przejścia lewego rurociągu ssawnego, pogarsza stan techniczny obiektu. Stan ściany i posadzki w pomieszczeniu pompowni należy uznać aktualnie za niezadowalający.

## 8. WNIOSKI I ZALECENIA

Przeprowadzona analiza stanu technicznego opiniowanego obiektu upoważnia do sformułowania następujących wniosków:

1. Główną przyczyną obserwowanych uszkodzeń powłoki na ścianach oraz dnie w obydwu częściach zbiornika jest starzenie się powłoki ochronnej i sukcesywne obniżanie się jej trwałości.
2. Stwierdzono, iż otulina betonowa pod zdegradowaną powłoką ochronną w obecnej chwili posiada dobre właściwości ochronne wobec prętów stalowych.
3. Przejścia rurociągów ssawnych z czerpni do pompowni są nieszczelne i determinują zniszczenia powłoki oraz wypraw tynkarskich w ich lokalizacji.
4. Zinwentaryzowana rysa na ścianie w pomieszczeniu pompowni dodatkowo pogarsza stan techniczny w tej części obiektu.
5. Zaleca się wykonanie iniekcji uszczelniającej rysę (rysy) w ścianie północnej pompowni (ściana południowa czerpni) z uwzględnieniem zastosowania systemów naprawczych spełniających wymagania dotyczące m.in. wodoszczelności oraz ochrony przed korozją.
6. Zaleca się wykonanie remontu wszystkich wewnętrznych powierzchni zdegradowanej powłoki ochronnej w zbiorniku, z uwzględnieniem:
  - a. zastosowania systemów naprawczych spełniających wymagania dotyczące m.in. wodoszczelności oraz ochrony przed korozją,
  - b. odpowiedniego przygotowania (zachowania odpowiedniej wilgotności) powierzchni ścian przed aplikacją materiałów naprawczych,
  - c. zabezpieczenia przed migracją wody oraz przepływem wilgoci z zewnątrz.
7. Zaleca się wykonanie remontu wszystkich wskazanych w opracowaniu wewnętrznych powierzchni w pompowni, z uwzględnieniem:
  - a. zastosowania systemów naprawczych spełniających wymagania dotyczące m.in. wodoszczelności oraz ochrony przed korozją,
  - b. odpowiedniego przygotowania (zachowania odpowiedniej wilgotności) powierzchni ścian przed aplikacją materiałów naprawczych.
8. Zaleca się odtworzenie uszczelnienia przejścia dławikowego rurociągów przez ścianę, z uwzględnieniem:
  - a. zastosowania pierwotnego systemu uszczelniającego,
  - b. zastosowania uszczelnienia wokół korpusu dławika poprzez iniekcję.
9. Zaleca się niezwłoczne wykonanie zabezpieczania antykorozyjnego rurociągów stalowych.

10. Zaleca się wymianę kratki ściekowych (w hali Laboratorium Wodnego) na kratki z rusztem (z tworzywa lub stali nierdzewnej) – obecnie odpływy kratki ściekowych zaślepiono płytami drewnopodobnymi. Ponadto zaleca się sprawdzenie drożności rur od kratki do zbiornika.

## 9. ZALECENIA DOTYCZĄCE DZIAŁAŃ NAPRAWCZYCH

### 1. Odtworzenie powłoki ochronnej na powierzchniach ścian i dnie zbiornika.

#### 1. Oczyszczenie ścian i dna ze starej powłoki.

Zastosować *metodę hydrodynamiczną*.

#### 2. Nałożenie warstwy szczepnej.

Zastosować jednoskładnikową zaprawę cementowo-polimerową o następujących parametrach (wartości minimalne):

- Grubość warstwy - minimum 1,0 mm,
- Moduł sprężystości przy ściskaniu - 18 GPa (PN-EN 13412),
- Wytrzymałość na odrywanie - 2,7 MPa (PN-EN 1542),
- Kompatybilność termiczna - 2,4 MPa (PN-EN 13687-1),
- Test korozyjny - spełnia, brak korozji (PN-EN 15183).

#### 3. Wykonanie lokalnego reprofilowania powierzchni oraz warstwy gruntującej.

Wykorzystany materiał powinna cechować dobra zdolność penetracji oraz wysoka przyczepność do podłoża.

Zastosować jednoskładnikową zaprawę polimerowo-cementową o następujących parametrach (wartości minimalne):

- Grubość warstwy - minimum 1,0 cm,
- Wytrzymałość na ściskanie  $\geq 45$  MPa, klasa R4 , 28 dni:  $\sim 54$  MPa (PN-EN 12190),
- Moduł sprężystości przy ściskaniu - 27 GPa (PN-EN 13412)
- Wytrzymałość na odrywanie  $\sim 2,7$  MPa, Badania z warstwą szczepną Sika® Repair-10 F

(PN-EN 1542),

- Kompatybilność termiczna - 2,4 MPa (PN-EN 13687-1),
- Reakcja na ogień - Klasa A1 (PN-EN 13501-1),
- Absorpcja kapilarna -  $\leq 0,5$  kg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-0,5</sup> (PN-EN 13057),
- Test korozyjny - spełnia (PN-EN 13295).

4. Wykonanie wyprawy uszczelniającej przy użyciu cementowej zaprawy uszczelniającej. Zastosować jednoskładnikową, cementową zaprawę uszczelniającą o następujących parametrach (wartości minimalne):

- Wytrzymałość na ściskanie - 78 MPa,
- Moduł sprężystości przy ściskaniu - 36 600 MPa,
- Wytrzymałość na zginanie - 9,4 MPa,
- Wytrzymałość na odrywanie - 2,6 MPa,
- Współczynnik rozszerzalności termicznej -  $13,0 \cdot 10^{-6}/K$ ,
- Absorpcja kapilarna -  $0,27 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$ ,
- Współczynnik dyfuzji pary wodnej -  $\mu \text{ H}_2\text{O}: \sim 6\,700$ ,
- Odporność na karbonatyzację -  $dk \leq$  betonu kontrolnego (MC (0.45)),

## 2. Uszczelnienie przejścia rurociągów przez ścianę

1. Demontaż przejścia dławikowego.
2. Oczyszczenie powierzchni ściany wokół przejścia dławikowego.  
Zastosować kucie mechaniczne.
3. Iniekcja uszczelniająca wokół przejść dławikowych przy użyciu spienialnych żywic poliuretanowych, a następnie elastycznej żywicy poliuretanowej. Po wykonaniu iniekcji należy usunąć pakery, a miejsca po nich zaszpachlować.

Zastosować do iniekcji dwuskładnikową reagującą z wodą żywicę poliuretanową, bezrozpuszczalnikową, nie zawierającą CFC (chlorofluorowęglowodorów)

o następujących parametrach (wartości minimalne):

- Ilość składników – dwuskładnikowa,
- Minimalna gęstość składników -  $1,00 \text{ kg}/\text{dm}^3$ ,
- Minimalna lepkość składników -  $155 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ,

Zastosować do szpachlowania jednoskładnikową zaprawę polimerowo-cementową o następujących parametrach (wartości minimalne):

- Grubość warstwy - minimum 1,0 cm,
- Wytrzymałość na ściskanie  $\geq 45 \text{ MPa}$ , klasa R4, 28 dni:  $\sim 54 \text{ MPa}$  (PN-EN 12190),
- Moduł sprężystości przy ściskaniu -  $27 \text{ GPa}$  (PN-EN 13412)
- Wytrzymałość na odrywanie  $\sim 2,7 \text{ MPa}$ , Badania z warstwą szczepną Sika® Repair-10 F

(PN-EN 1542),

- Kompatybilność termiczna -  $2,4 \text{ MPa}$  (PN-EN 13687-1),
- Reakcja na ogień - Klasa A1 (PN-EN 13501-1),

- Absorpcja kapilarna -  $\leq 0,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-0,5}$  (PN-EN 13057),
- Test korozyjny - spełnia (PN-EN 13295).

#### 4. Nałożenie warstwy szpachelki.

Zastosować jednoskładnikową zaprawę cementowo-polimerową o następujących parametrach (wartości minimalne):

- Grubość warstwy - minimum 1,0 mm,
- Moduł sprężystości przy ściskaniu - 18 GPa (PN-EN 13412),
- Wytrzymałość na odrywanie - 2,7 MPa (PN-EN 1542),
- Kompatybilność termiczna - 2,4 MPa (PN-EN 13687-1),
- Test korozyjny - spełnia, brak korozji (PN-EN 15183).

#### 5. Odtworzenie powłok zabezpieczających wewnątrz przejścia dławikowego – po dokładnym oczyszczeniu, stosując np. piaskowanie.

Zastosować dwuskładnikową powłoką gruntującą i międzywarstwową na bazie żywicy epoksydowej o następujących parametrach (wartości minimalne):

- Gęstość - 1,8 kg/dm<sup>3</sup>,
- Odporność chemiczna - odporność na czynniki atmosferyczne, wodę, ścieki, wodę morską, rozcieńczone kwasy nieorganiczne i zasady, sole detergenty, oleje, smary, krótkotrwała odporność na działanie paliw płynnych i rozpuszczalników,
- Odporność termiczna - środowisko suche do +150°C, krótkotrwale do + 200°C, środowisko wilgotne do + 50°C.

#### 6. Odtworzenie pierwotnego uszczelnienia dławikowego.

Zastosować: *Gumowe pierścienie uszczelniające oraz sznur uszczelniający* (grafitowy lub łojowo-grafitowy).

### 3. Zabezpieczenie antykorozyjne rurociągów stalowych

#### 1. Odtworzenie powłok zabezpieczających rurociąg stalowy – po dokładnym oczyszczeniu, stosując np. piaskowanie.

Zastosować dwuskładnikową powłoką gruntującą i międzywarstwową na bazie żywicy epoksydowej o następujących parametrach (wartości minimalne):

- Gęstość - 1,8 kg/dm<sup>3</sup>,
- Odporność chemiczna - odporność na czynniki atmosferyczne, wodę, ścieki, wodę morską, rozcieńczone kwasy nieorganiczne i zasady, sole detergenty, oleje, smary, krótkotrwała odporność na działanie paliw płynnych i rozpuszczalników,
- Odporność termiczna - środowisko suche do +150°C, krótkotrwale do + 200°C, środowisko wilgotne do + 50°C.

#### 4. Powierzchnie ścian w pompowni

1. Oczyszczenie ścian ze zdegradowanych warstw tynkarskich.

Zastosować *kucie mechaniczne*.

2. Iniekcja uszczelniająca wzdłuż zinwentaryzowanej rysy przy użyciu spienialnych żywic poliuretanowych, a następnie elastycznej żywicy poliuretanowej. Po wykonaniu iniekcji należy usunąć pakery, a miejsca po nich zaszpachlować.

Zastosować do iniekcji dwuskładnikową reagującą z wodą żywicę poliuretanową, bezrozpuszczalnikową, nie zawierającą CFC (chlorofluorowęglowodorów)

o następujących parametrach (wartości minimalne):

- Ilość składników – dwuskładnikowa,
- Minimalna gęstość składników - 1,00 kg/dm<sup>3</sup>,
- Minimalna lepkość składników - 155 mPa · s,

Zastosować do szpachlowania jednoskładnikową zaprawę polimerowo-cementową o następujących parametrach (wartości minimalne):

- Grubość warstwy - minimum 1,0 cm,
- Wytrzymałość na ściskanie  $\geq 45$  MPa, klasa R4 , 28 dni:  $\sim 54$  MPa (PN-EN 12190),
- Moduł sprężystości przy ściskaniu - 27 GPa (PN-EN 13412)
- Wytrzymałość na odrywanie  $\sim 2,7$  MPa, Badania z warstwą szepną Sika® Repair-10 F
- (PN-EN 1542),
- Kompatybilność termiczna - 2,4 MPa (PN-EN 13687-1),
- Reakcja na ogień - Klasa A1 (PN-EN 13501-1),
- Absorpcja kapilarna -  $\leq 0,5$  kg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-0,5</sup> (PN-EN 13057),
- Test korozyjny - spełnia (PN-EN 13295).

3. Nałożenie warstwy szepnej.

Zastosować jednoskładnikową zaprawę cementowo-polimerową o następujących parametrach (wartości minimalne):

- Grubość warstwy - minimum 1,0 mm,
- Moduł sprężystości przy ściskaniu - 18 GPa (PN-EN 13412),
- Wytrzymałość na odrywanie - 2,7 MPa (PN-EN 1542),
- Kompatybilność termiczna - 2,4 MPa (PN-EN 13687-1),
- Test korozyjny - spełnia, brak korozji (PN-EN 15183).

#### 4. Wykonanie lokalnego reprofilowania powierzchni oraz warstwy gruntującej.

Wykorzystany materiał powinna cechować dobra zdolność penetracji oraz wysoka przyczepność do podłoża.

Zastosować jednoskładnikową zaprawę polimerowo-cementową o następujących parametrach (wartości minimalne):

- Grubość warstwy - minimum 1,0 cm,
- Wytrzymałość na ściskanie  $\geq 45$  MPa, klasa R4 , 28 dni:  $\sim 54$  MPa (PN-EN 12190),
- Moduł sprężystości przy ściskaniu - 27 GPa (PN-EN 13412)
- Wytrzymałość na odrywanie  $\sim 2,7$  MPa, Badania z warstwą szepną Sika® Repair-10 F

(PN-EN 1542),

- Kompatybilność termiczna - 2,4 MPa (PN-EN 13687-1),
- Reakcja na ogień - Klasa A1 (PN-EN 13501-1),
- Absorpcja kapilarna -  $\leq 0,5$  kg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-0,5</sup> (PN-EN 13057),
- Test korozyjny - spełnia (PN-EN 13295).

#### 5. Pozostawić ściany bez dodatkowych wypraw tynkarskich.

Stosowanie materiałów naprawczych, innych niż proponowane, wymaga szczególnie starannego doboru, bowiem wiele z nich jest częścią specjalnie opracowanych systemów naprawczych i najlepiej pracuje w zestawieniu z materiałami właściwymi dla danego zestawu (systemu) środków. W załączniku 2 przedstawiono instrukcje techniczne proponowanych materiałów naprawczych. Stosowanie pojedynczych środków ze specjalnie opracowanego łańcucha technologicznego i łączenie z materiałami innych systemów lub innych producentów powinno być zawsze potwierdzone miarodajną opinią na temat dopuszczalności takiego postępowania, najlepiej – podbudowaną doświadczalnie.

### Uwagi końcowe.

1. Wszystkie opisane w projekcie prace remontowe (naprawcze) muszą być wykonane przez wyspecjalizowanego wykonawcę o odpowiednich referencjach oraz pod specjalistycznym nadzorem reprezentującym inwestora.
2. Zastosowanie materiałów innych niż podane w niniejszym opracowaniu powinno być skonsultowane z autorami opracowania.

## 10. KOLEJNOŚĆ TECHNOLOGICZNA WYKONYWANYCH ROBOT

1. Demontaż rurociągów ssawnych.
2. Oczyszczenie ścian i dna wewnątrz zbiornika (zbiornik dolny oraz czerpnia).
3. Skucie tynku ze ścian pompowni (ściana północna – cała powierzchnia oraz ściana zachodnia i wschodnia – w pasie o szerokości około 2,0 m od ściany północnej).
4. Wiercenie otworów na pakery w ścianie północnej pompowni.
5. Iniekcja uszczelniająca rysy na ścianie północnej pompowni.
6. Szpachlowanie otworów po pakarach.
7. Wiercenie otworów na pakery w ścianie południowej czerpni.
8. Iniekcja uszczelniająca wokół przejść dławikowych.
9. Szpachlowanie otworów po pakarach.
10. Oczyszczenie wewnętrznych powierzchni przejść dławikowych oraz powierzchni rurociągów ssawnych.
11. Odtworzenie powłok zabezpieczających powierzchnie przejść dławikowych oraz rurociągów ssawnych.
12. Nałożenie warstwy szepnej na remontowane ściany pompowni oraz ściany i dno zbiornika.
13. Wykonanie lokalnego reprofilowania powierzchni (ściany pompowni oraz ściany i dno zbiornika).
14. Wykonanie wyprawy uszczelniającej na ścianach i dnie zbiornika.
15. Montaż rurociągów ssawnych wraz z odtworzeniem pierwotnego uszczelnienia dławikowego.