

**Ekspertyza dotycząca badań chemicznych i wytrzymałościowych betonu
wybranych obiektów Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku pod kątem
przyszłej hermetyzacji**

ZLECAJĄCY



WYKONAWCA:

1. dr inż. Aleksander Wawrusiewicz
2. dr inż. Robert Grygo upr. bud. nr WAM/OKK/U/63/09

Białystok, MAJ 2018

Spis treści

1. DANE OGÓLNE	3
PODSTAWA OPRACOWANIA	3
PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA.....	3
PODSTAWY MERYTORYCZNE I WYKORZYSTANA LITERATURA	4
2. OGLĘDZINY OBIEKTU.....	5
3. BADANIA WYKONANE NA OBIEKCIE ORAZ BADANIA TOWARZYSZĄCE.....	14
3.1 WYTRZYMAŁOŚĆ BETONU NA ŚCISKANIE.....	14
3.2 OKREŚLENIE STOPNIA KARBONATYZACJI BETONU	25
3.3 STOPIEŃ SKAŻENIA CHLORKAMI.....	28
3.4 BADANIE ZAWARTOŚCI JONÓW SIARCZANOWYCH	28
3.5 ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ CHEMICZNYCH.....	29
3.6 POMIARY POTENCJOMETRYCZNE KOROZJI ZBROJENIA.....	31
4. OMÓWIENIE UZYSKANYCH WYNIKÓW.....	40
5. WNIOSKI KOŃCOWE.....	41

ZAŁĄCZNIK NR 1 – Dokumentacja fotograficzna przebadanych elementów

1. DANE OGÓLNE

Podstawa opracowania

Opracowanie wykonano na podstawie zapytania przekazanego przez zamawiającego firmę Wodociągi Białostockie odnośnie wykonania badań chemicznych i wytrzymałościowych betonu wybranych obiektów Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku pod kątem przyszłej hermetyzacji.

Badania i opracowanie wyników wykonano przy współpracy z Biurem Inżynierskim „Bialmost” Aleksander Wawrusiewicz, ul. Zielonogórska 12/18, 15-674 Białystok, tel.: 693 408 728, e-mail: alekwawr@wp.pl.

Przedmiot, cel i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania było określenie przydatności wytypowanych konstrukcji tj. komory wlotowej, komory rozdziału, piaskownika z kanałem odpływowym, osadników wstępnych, komór prenitryfikacji, komór defosfatacji z kanałem dopływowym i kanałem odpływowym, pompownię I^o, zbiorników zasobowych osadu, zagęszczaczem osadu surowego oraz pompownię II^o pod przyszły proces hermetyzacji.

Celem opracowania było stwierdzenie stanu zastałego betonu w wymienionych powyżej konstrukcjach wraz z opinią na temat możliwości przeprowadzenia przyszłego procesu hermetyzacji.

W ramach ekspertyzy dokonano analizy stanu technicznego przedmiotowych obiektów oraz wykonano badania j.n.:

- określenie wytrzymałości betonu na ściskanie (młotek Schmidt'a);
- stopień karbonatyzacji betonu i grubość otuliny zbrojenia;
- stopień skażenia chlorkami;
- zawartość jonów siarczanowych;
- pomiary potencjometryczne korozji zbrojenia;
- pomiary stężenia metanu i siarkowodoru w obiektach zamkniętych

W załączniku: [1] przedstawiono serwis fotograficzny.

Podstawy merytoryczne i wykorzystana literatura

- [1] Starosloski W.: Konstrukcje żelbetowe według Eurokodu 2 i norm związanych, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2012
- [2] Drobiec Ł, Jasiński R, Piekarczyk A.: Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Tom 1. Metodologia, badania polowe, badania laboratoryjne betonu i stali, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2010
- [3] Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych. Tom I Budownictwo Ogólne. Część I. Wydawnictwo ARKADY, Warszawa, 1989r.
- [4] PN-88/B-06250 Beton zwykły
- [5] Poradnik Majstra Budowlanego. Praca zbiorowa. Wyd. Arkady, Warszawa, 1993.
- [6] PN-EN-206-1:2004. Beton zwykły. Wymagania, produkcja, układanie i kryteria zgodności na budowie.
- [7] Beton wg normy EN-PN-206-1. Komentarz. Praca zbiorowa pod kierunkiem L. Czarnieckiego. Wyd. Polski Cement, Kraków 2005.
- [8] Czarnota Bojarski R. Fundamenty budowli Lądowych. Przykłady Obliczeń. Arkady Warszawa, 1978.
- [9] Metody i środki pielęgnacji betonu w formach i „In situ”. Woyciechowski P., Chudan A., XVII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Gliwice 2002.
- [10] Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji. Instrukcja ITB nr 210, Warszawa, 1977.
- [11] PN-EN 1992-1-1:2008, Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1. Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [12] PN-EN-1504-1:2006. Wyroby i systemy do ochrony i naprawy konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością. Część 1: Definicje
- [13] PN-EN-1504-2:2006. Wyroby i systemy do ochrony i naprawy konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością. Część 2: Systemy ochrony powierzchniowej betonu
- [14] PN-EN-1504-3:2006. Wyroby i systemy do ochrony i naprawy konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością. Część 3: Naprawy konstrukcyjne i niekonstrukcyjne
- [15] PN-EN-1504-5:2006. Wyroby i systemy do ochrony i naprawy konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością. Część 5: Iniekcja betonu

2. OGLĘDZINY OBIEKTU

W maju dokonano oględzin 8 obiektów oczyszczalni ścieków, które zostały wymienione w zapytaniu. Na rysunku 1 został zaznaczony czerwonym prostokątem całkowity obszar, na którym znajduje się przedmiotowa oczyszczalnia.



Rys. 1. Zaznaczona lokalizacja oczyszczalni ścieków w Białymstoku

Na zaznaczonym obszarze oczyszczalni ścieków znajdują się wszystkie obiekty ujęte w ekspertyzie. Poniżej zostały wyszczególnione wszystkie pozycje wraz z ich lokalizacją w oczyszczalni ścieków.



Rys. 2. Lokalizacja komory wlotowej ujęta ekspertyzą



Rys. 3. Widok na komorę wlotową



Rys. 4. Komora rozdzielcza ujęta ekspertyzą



Rys. 5. Widok na komorę rozdzielczą



Rys. 6. Piaskownik z kanałem odpływowym ujęty ekspertyzą



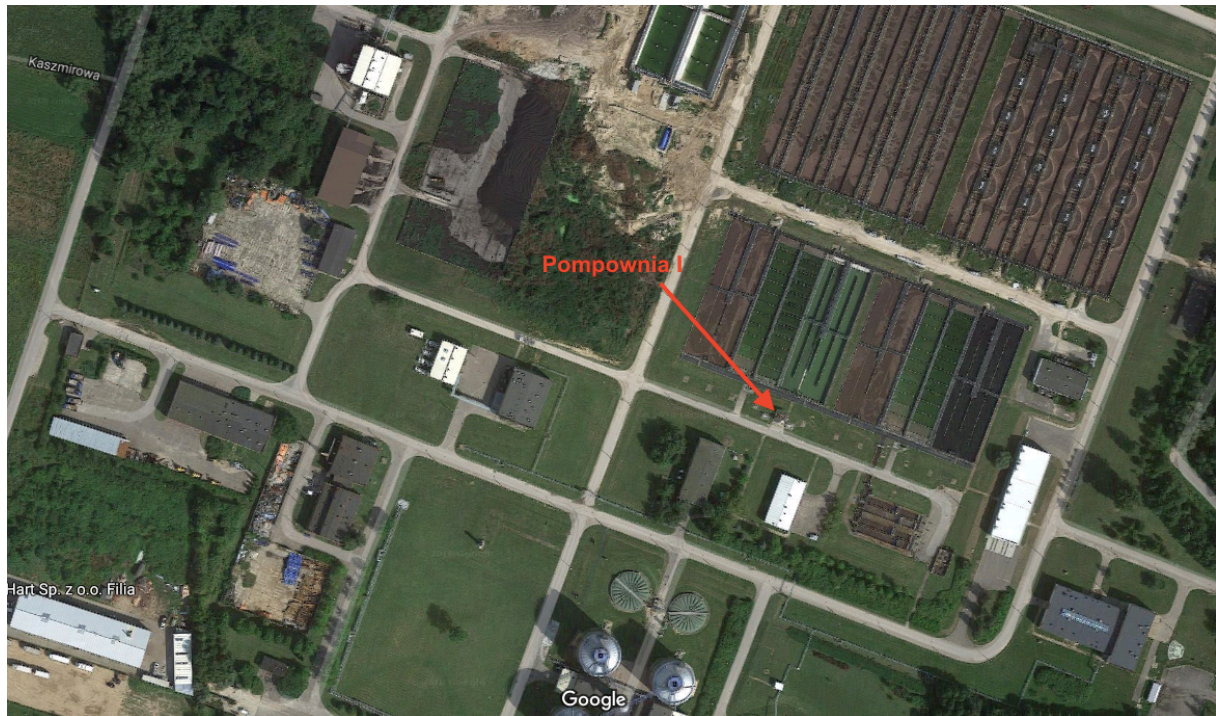
Rys. 7. Widok na piaskownik z kanałem odpływowym - oznaczenie



Rys. 8. Osadniki wstępne oraz komory prenityfikacji i komory defosfatacji z kanałem dopływowym i kanałem odpływowym ujęte ekspertyzą



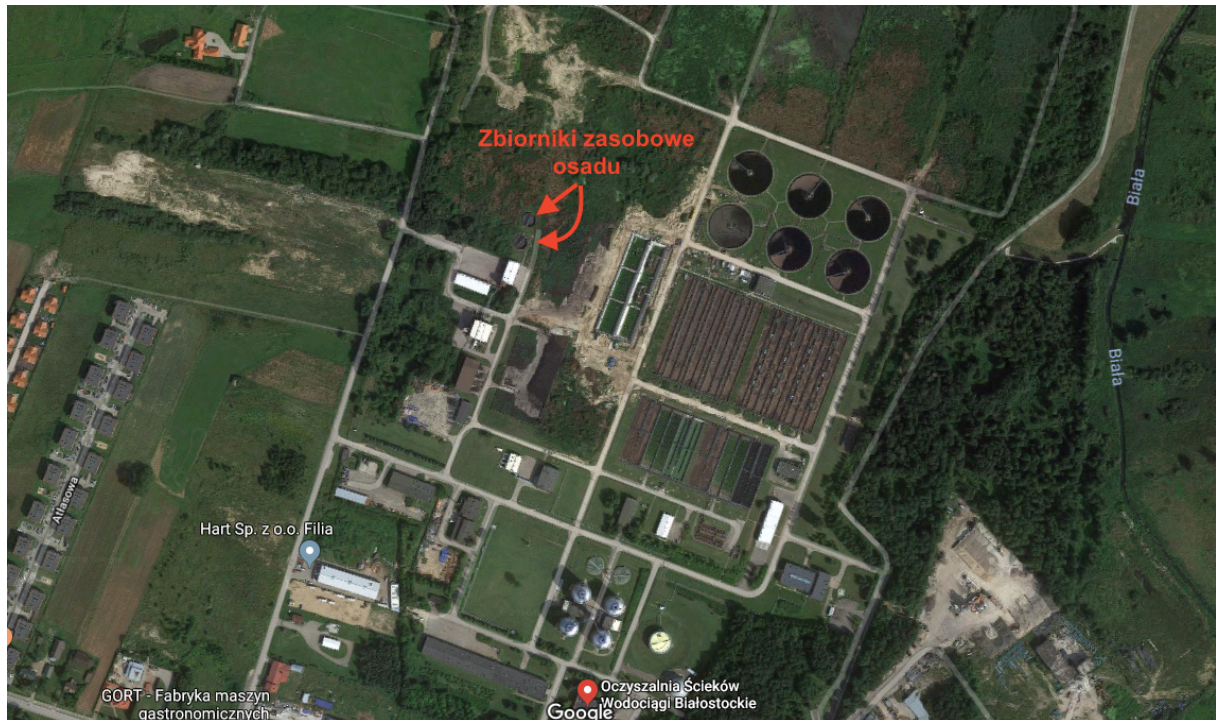
Rys. 9. Widok na osadniki wstępne oraz komory prenityfikacji i komory defosfatacji z kanałem dopływowym i kanałem odpływowym



Rys. 10. Pompownia I^o ujęta ekspertyzą



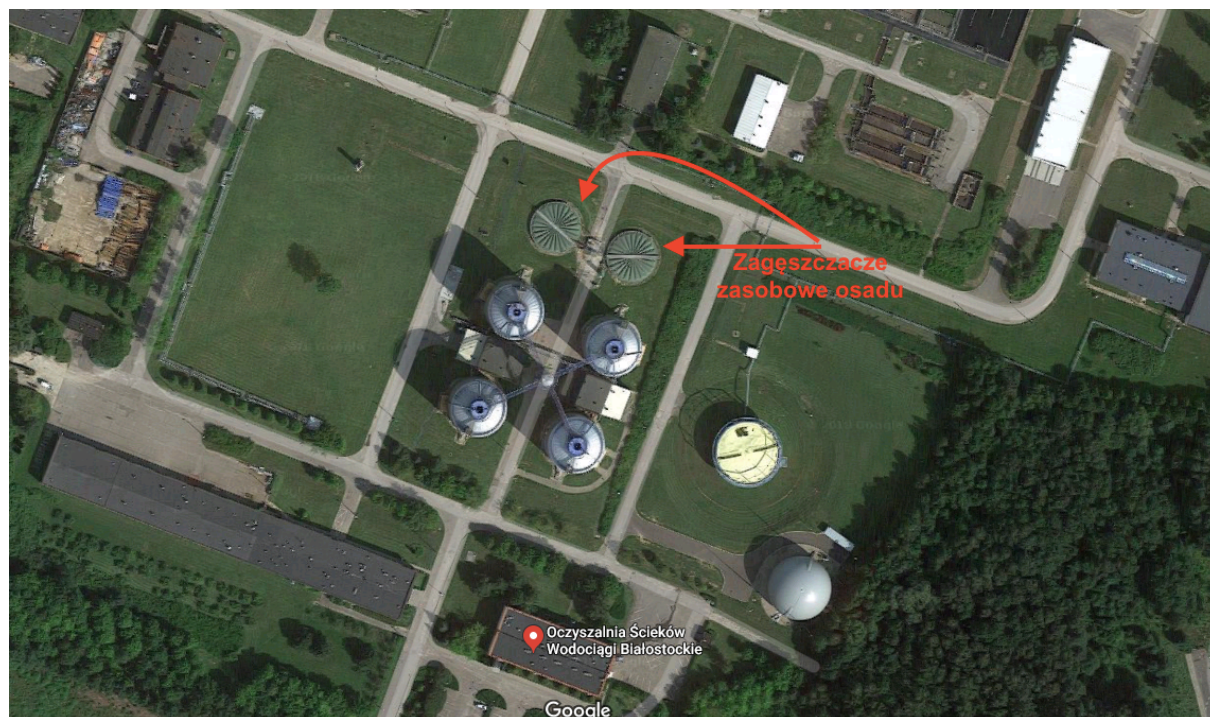
Rys. 11. Widok na pompownię I^o



Rys. 12. Zbiorniki zasobowe osadu ujęta ekspertyzą



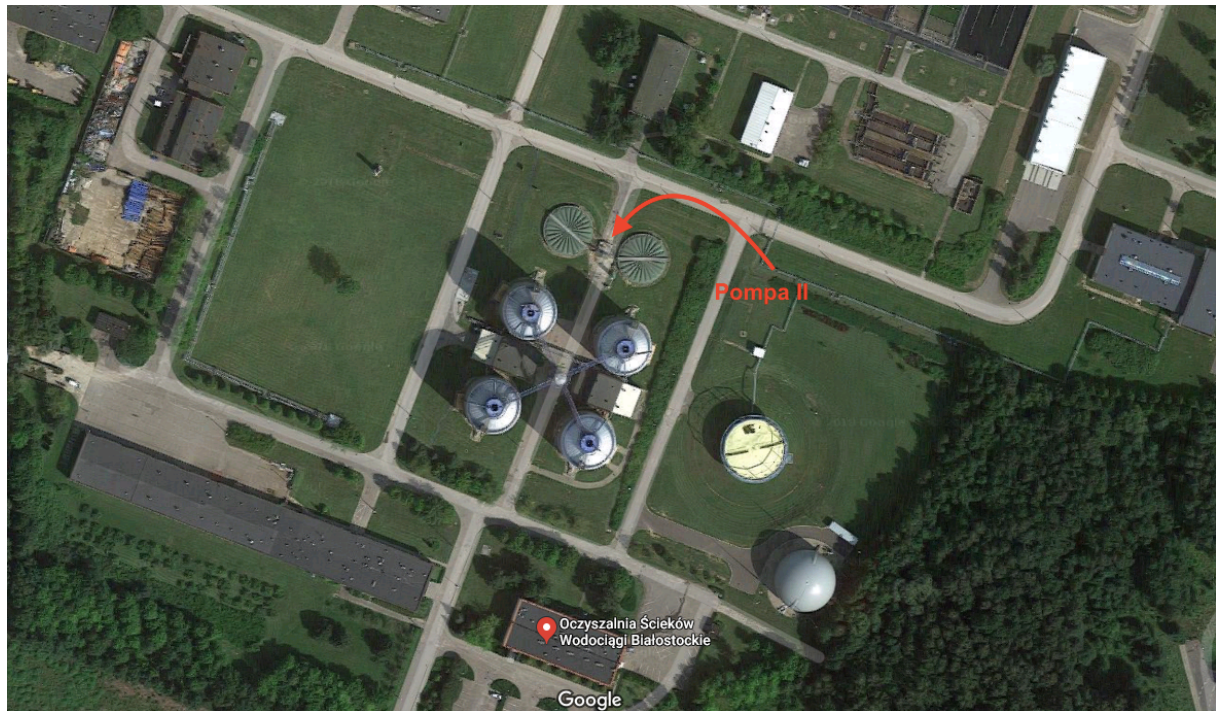
Rys. 13. Widok na zbiornik zasobowy



Rys. 14. Zagęszczacze zasobowe osadu ujęte ekspertyzą



Rys. 15. Widok na zagęszczacz osadów



Rys. 16. Pompownia II^o ujęta ekspertyzą



Rys. 17. Widok pompowni II^o

3. BADANIA WYKONANE NA OBIEKCIE ORAZ BADANIA TOWARZYSZĄCE

3.1 Wytrzymałość betonu na ściskanie

Wytrzymałość betonu przeprowadzono używając sklerometrycznej metody nieniszczącej. Badania przeprowadzono w różnych miejscach za pomocą młotka Schmidta typu N.

Metoda ta wykorzystuje związek między lokalną powierzchniową odpornością betonu na działanie skupionego obciążenia a jego wytrzymałością na ściskanie. Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę metody i wymagań, jakie muszą spełniać badane elementy.

Badania betonu metodą sklerometryczną, wykonywane są zgodnie z Instrukcją ITB [10]. Badania wytrzymałości betonu na ściskanie za pomocą młotka Schmidta typu „N” stosowane są do oceny wytrzymałości betonu na ściskanie według normy PN-EN –206:2004 [7].

Na podstawie pomiarów sklerometrycznych uzyskuje się informacje o jakości wyłącznie powierzchniowej warstwy betonu (o grubości $3 \div 10$ cm). Wobec powyższego ocena jest miarodajna, jeśli grubość elementu nie przekracza:

- 20 cm - przy dostępie jednostronnym,
- 40 cm - przy dostępie dwustronnym,
- 60 cm - przy badaniu co najmniej z trzech stron.

Przy wyborze miejsca do badań należy uwzględnić poniższe zalecenia:

- niedopuszczalne jest badanie powierzchni skorodowanych,
- należy unikać badania elementów o małej sztywności,
- niedopuszczalne jest badanie betonu zamrożonego w czasie dojrzewania,
- nie wskazane jest wykonywanie odczytów na ziarnach kruszywa grubego lub badanie miejsc, pod którymi przewiduje się istnienie zbrojenia na głębokości do 3 cm,
- nie wskazane jest badanie powierzchni nawilgoconych,

- należy unikać badania miejsc o widocznych uszkodzeniach, miejsc porowatych, rakowatych, o lokalnym zagęszczeniu grubego kruszywa oraz miejsc leżących na śladach szczelin z deskowania,
- do badań nadają się najlepiej powierzchnie pionowe betonu w konstrukcjach; badania górnych powierzchni, utworzonych zwykle ze stwardniałego mleczka cementowego, należy unikać.

W wyniku przeprowadzonych pomiarów otrzymuje się ostatecznie co najmniej 60 wyników pomiarów (liczb odbicia - L_i), które rejestruje się na specjalnym formularzu. Następnie oblicza się wartość średnią, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności liczb odbicia.

Do określenia wytrzymałości betonu na ściskanie niezbędne jest korzystanie z zależności empirycznej $R - L$. Zgodnie z Instrukcją ITB [10] zależności te wyznacza się:

- metodą dokładnego określenia związków empirycznych na podstawie statystycznej analizy korelacyjnej wyników badania próbek betonowych, zwaną skalowaniem,
- metodą dobierania hipotetycznej krzywej regresji odpowiednio do składu, technologii wykonania, warunków pielęgnacji oraz wieku i wilgotności betonu.

Efektem końcowym obliczeń są wskaźniki charakteryzujące jakość betonu, tzn.:

- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie \bar{R} ,
- odchylenie standardowe wytrzymałości s_R ,
- dolna granica wytrzymałości na ściskanie R_{\min} ,
- współczynnik zmienności v_R .

Jednocześnie stosuje się współczynniki poprawkowe w zależności od kierunku uderzenia, stanu wilgotności betonu oraz od wieku betonu.

Badaniom poddano ściany boczne zbiorników. W płaszczyźnie pomiaru nie występowało zbrojenie. Powierzchnie betonu przygotowano bardzo starannie poprzez wyszlifowanie kamieniem karborundowym. Unikano pomiarów w miejscach występowania porów, spękań. Badanie przeprowadzono młotkiem Schmidta typu N produkcji firmy szwajcarskiej Proceq. Zarówno przed, jak i po badaniu kalibrowano młotek na kowadle kalibracyjnym i wyniki otrzymywane mieściły się w normie wynoszącej 80 ± 2 . Wyniki badań dla w/w elementów konstrukcyjnych zestawiono w formie tabelarycznej.

Tab.3.1. Wyniki badań sklerometrycznych komory wlotowej

DZIENNIK POMIARÓW SKLEROMETRYCZNYCH MŁOTKIEM SCHMIDTA TYPU N tablica 21											
Obiekt : Komora wlotowa						Sklerometr typu: N					
Element: ściany zbiornika											
Wiek betonu: ponad 1000 dni						Odczyt na kowadłe: $L_k = 80$					
Miejsce nr	kąt α [$^\circ$]	Odczyty L_i					Odczyt				
		1	2	3	4	5	średni L_i	ΔL_i	$L_i + \Delta L_i$	$(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}$	$[(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}]^2$
1	0	25	26	25	26	26	25,6	0,0	25,6	-2,22	4,91
2	0	27	27	30	31	29	28,8	0,0	28,8	0,98	0,97
3	0	28	27	27	27	28	27,4	0,0	27,4	-0,42	0,17
4	0	28	29	32	31	32	30,4	0,0	30,4	2,58	6,67
5	0	29	29	29	29	29	29,0	0,0	29,0	1,18	1,40
6	0	28	28	28	28	28	28,0	0,0	28,0	0,18	0,03
7	0	26	29	28	28	28	27,8	0,0	27,8	-0,02	0,00
8	0	28	30	30	30	28	29,2	0,0	29,2	1,38	1,91
9	0	26	26	26	29	29	27,2	0,0	27,2	-0,62	0,38
10	0	28	28	28	30	28	28,4	0,0	28,4	0,58	0,34
11	0	26	26	26	27	27	26,4	0,0	26,4	-1,42	2,01
12	0	25	25	25	25	28	25,6	0,0	25,6	-2,22	4,91
$L_{\text{nom}} = 80$ - nominalna wartość liczby						$\Sigma =$	333,8	$\Sigma =$	23,72		
- średnia wartość liczby odbicia:						$L_{\text{śred}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i + \Delta L_i)$		$L_{\text{śred}} = 27,82$			
- odchylenie standardowe liczb odbicia:						$S_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}})^2}$		1,47			
- współczynnik zmienności liczb odbicia:						$v_L = \frac{S_L}{L_{\text{śred}}}$		$v_L = 5,28\%$			
Ponieważ $2,5\% < (L_{\text{nom}} - L_k)/L_{\text{nom}} < 10\%$ więc						$L_{\text{śr}} = L_{\text{śred}} \cdot \frac{L_{\text{nom}}}{L_k}$		$L_{\text{śr}} = 27,82$			
WSKAŹNIKI JAKOŚCI BETONU WG INSTRUKCJI ITB NR 210											
- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie (wzór nr [32]):						$R_{\text{śr}} = L_{\text{śr}} \left[0,0356 \cdot L_{\text{śr}} (v_L^2 + 1) - 0,795 + \frac{6,4}{L_{\text{śr}}} \right]$		$R_{\text{śr}} = 11,9$ MPa			
- odchylenie standardowe wytrzymałości betonu na ściskanie (wzór nr						$S_R = L_{\text{śr}} \cdot v_L \sqrt{0,00254 \cdot L_{\text{śr}}^2 \cdot (v_L^2 + 2) - 0,1134 \cdot L_{\text{śr}} + 0,633}$		$S_R = 1,7$ MPa			
- dolna granica wytrzymałości betonu na ściskanie (gwarantowana-						$R_{\text{min}} = R_{\text{śr}} - 1,64 \cdot S_R$		$R_{\text{min}} = 9,0$ MPa			
- współczynnik zmienności wytrzymałości:						$v_R = \frac{S_R}{R_{\text{śr}}}$		$v_R = 14,7\%$			
- współczynnik jednorodności:						$k_R = \frac{R_{\text{min}}}{R_{\text{śr}}}$		$k_R = 76\%$			
- współczynniki poprawkowe wg instrukcji ITB nr 210 w zależności od:											
								$m_1 = 1,00$			
- wilgotności betonu (tablica 7, wilgotny,								$m_2 = 1,12$			
Ostatecznie (po uwzględnieniu współczynników											
- wytrzymałość średnia betonu:						$R_{\text{śred}} = R_{\text{śr}} \cdot m_1 \cdot m_2$		$R_{\text{śred}} = 13,3$ MPa			
- wytrzymałość minimalna betonu:						$R_{\text{minim}} = R_{\text{min}} \cdot m_1 \cdot m_2$		$R_{\text{minim}} = 10,1$ MPa			
Wnioski:											
1. Badany beton może być sklasyfikowany w klasie:						C		8/ 10			
2. Jednorodność betonu ocenia się jako (na podstawie								dostateczną			
Sporządził:											
dr inż. Robert Grygo											

Tab.3.2. Wyniki badań sklerometrycznych komory rozdziału

DZIENNIK POMIARÓW SKLEROMETRYCZNYCH MŁOTKIEM SCHMIDTA TYPU N tablica 21											
Obiekt : Komora rozdziału						Sklerometr typu: N					
Element: ściany zbiornika											
Wiek betonu: ponad 1000 dni						Odczyt na kowadłe: $L_k = 80$					
Miejsce nr	kąt α [°]	Odczyty L_i					Odczyt			$(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}$	$[(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}]^2$
		1	2	3	4	5	średni L_i	ΔL_i	$L_i + \Delta L_i$		
1	0	33	33	33	33	35	33,4	0,0	33,4	-0,77	0,59
2	0	35	34	33	32	33	33,4	0,0	33,4	-0,77	0,59
3	0	35	32	33	32	35	33,4	0,0	33,4	-0,77	0,59
4	0	35	33	32	32	33	33,0	0,0	33,0	-1,17	1,36
5	0	32	32	32	34	35	33,0	0,0	33,0	-1,17	1,36
6	0	35	35	35	35	34	34,8	0,0	34,8	0,63	0,40
7	0	35	33	34	35	35	34,4	0,0	34,4	0,23	0,05
8	0	38	33	37	36	36	36,0	0,0	36,0	1,83	3,36
9	0	36	34	37	38	36	36,2	0,0	36,2	2,03	4,13
10	0	32	33	35	35	35	34,0	0,0	34,0	-0,17	0,03
11	0	36	34	34	34	35	34,6	0,0	34,6	0,43	0,19
12	0	34	34	33	33	35	33,8	0,0	33,8	-0,37	0,13
$L_{\text{nom}} = 80$ - nominalna wartość liczby						$\Sigma =$	410,0	$\Sigma =$	12,79		
- średnia wartość liczby odbicia:						$L_{\text{śred}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i + \Delta L_i)$			$L_{\text{śred}} = 34,17$		
- odchylenie standardowe liczb odbicia:						$S_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}})^2}$			1,08		
- współczynnik zmienności liczb odbicia:						$v_L = \frac{S_L}{L_{\text{śred}}}$			$v_L = 3,16\%$		
Ponieważ $2,5\% < (L_{\text{nom}} - L_k)/L_{\text{nom}} < 10\%$ więc						$L_{\text{sr}} = L_{\text{śred}} \cdot \frac{L_{\text{nom}}}{L_k}$			$L_{\text{sr}} = 34,17$		
WSKAŹNIKI JAKOŚCI BETONU WG INSTRUKCJI ITB NR 210											
- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie (wzór nr [32]):						$R_{\text{sr}} = L_{\text{sr}} \left[0,0356 \cdot L_{\text{sr}} (v_L^2 + 1) - 0,795 + \frac{6,4}{L_{\text{sr}}} \right]$			$R_{\text{sr}} = 20,8$ MPa		
- odchylenie standardowe wytrzymałości betonu na ściskanie (wzór nr						$S_R = L_{\text{sr}} \cdot v_L \sqrt{0,00254 \cdot L_{\text{sr}}^2 \cdot (v_L^2 + 2) - 0,1134 \cdot L_{\text{sr}} + 0,633}$			$S_R = 1,8$ MPa		
- dolna granica wytrzymałości betonu na ściskanie (gwarantowana-						$R_{\text{min}} = R_{\text{sr}} - 1,64 \cdot S_R$			$R_{\text{min}} = 17,9$ MPa		
- współczynnik zmienności wytrzymałości:						$v_R = \frac{S_R}{R_{\text{sr}}}$			$v_R = 8,5\%$		
- współczynnik jednorodności:						$k_R = \frac{R_{\text{min}}}{R_{\text{sr}}}$			$k_R = 86\%$		
- współczynniki poprawkowe wg instrukcji ITB nr 210 w zależności od:											
									$m_1 = 1,00$		
- wilgotności betonu (tablica 7, wilgotny,									$m_2 = 1,12$		
Ostatecznie (po uwzględnieniu współczynników											
- wytrzymałość średnia betonu:						$R_{\text{śred}} = R_{\text{sr}} \cdot m_1 \cdot m_2$			$R_{\text{śred}} = 23,3$ MPa		
- wytrzymałość minimalna betonu:						$R_{\text{minim}} = R_{\text{min}} \cdot m_1 \cdot m_2$			$R_{\text{minim}} = 20,1$ MPa		
Wnioski:											
1. Badany beton może być sklasyfikowany w klasie:						C 16/20					
2. Jednorodność betonu ocenia się jako (na podstawie						bardzo dobra					
Sporządził:											
dr inż. Robert Grygo											

Tab.3.3. Wyniki badań sklerometrycznych piaskowników

DZIENNIK POMIARÓW SKLEROMETRYCZNYCH MŁOTKIEM SCHMIDTA TYPU N tablica 21											
Obiekt : Piaskowniki						Sklerometr typu: N					
Element: ściany zbiornika											
Wiek betonu: ponad 1000 dni						Odczyt na kowadłe: $L_k = 80$					
Miejsce nr	kąt α [$^\circ$]	Odczyty L_i					Odczyt			$(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}$	$[(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}]^2$
		1	2	3	4	5	średni L_i	ΔL_i	$L_i + \Delta L_i$		
1	0	44	44	45	38	39	42,0	0,0	42,0	3,55	12,60
2	0	43	37	40	47	44	42,2	0,0	42,2	3,75	14,06
3	0	39	37	36	38	38	37,6	0,0	37,6	-0,85	0,72
4	0	44	42	42	40	40	41,6	0,0	41,6	3,15	9,92
5	0	33	33	34	33	33	33,2	0,0	33,2	-5,25	27,56
6	0	38	39	39	40	39	39,0	0,0	39,0	0,55	0,30
7	0	38	39	32	36	36	36,2	0,0	36,2	-2,25	5,06
8	0	37	36	35	41	41	38,0	0,0	38,0	-0,45	0,20
9	0	38	39	38	39	38	38,4	0,0	38,4	-0,05	0,00
10	0	40	41	41	39	37	39,6	0,0	39,6	1,15	1,32
11	0	37	38	38	38	37	37,6	0,0	37,6	-0,85	0,72
12	0	37	36	34	35	38	36,0	0,0	36,0	-2,45	6,00
$L_{\text{nom}} = 80$ - nominalna wartość liczby						$\Sigma = 461,4$			$\Sigma = 78,49$		
- średnia wartość liczby odbicia:						$L_{\text{śred}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i + \Delta L_i)$			$L_{\text{śred}} = 38,45$		
- odchylenie standardowe liczb odbicia:						$s_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}})^2}$			$2,67$		
- współczynnik zmienności liczb odbicia:						$v_L = \frac{s_L}{L_{\text{śred}}}$			$v_L = 6,95\%$		
Ponieważ $2,5\% < (L_{\text{nom}} - L_k)/L_{\text{nom}} < 10\%$ więc						$L_{\text{śr}} = L_{\text{śred}} \cdot \frac{L_{\text{nom}}}{L_k}$			$L_{\text{śr}} = 38,45$		
WSKAŹNIKI JAKOŚCI BETONU WG INSTRUKCJI ITB NR 210											
- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie (wzór nr [32]):						$R_{\text{śr}} = L_{\text{śr}} \left[0,0356 \cdot L_{\text{śr}} (v_L^2 + 1) - 0,795 + \frac{6,4}{L_{\text{śr}}} \right]$			$R_{\text{śr}} = 28,7$ MPa		
- odchylenie standardowe wytrzymałości betonu na ściskanie (wzór nr [32]):						$s_R = L_{\text{śr}} \cdot v_L \sqrt{0,00254 \cdot L_{\text{śr}}^2 \cdot (v_L^2 + 2) - 0,1134 \cdot L_{\text{śr}} + 0,633}$			$s_R = 5,2$ MPa		
- dolna granica wytrzymałości betonu na ściskanie (gwarantowana):						$R_{\text{min}} = R_{\text{śr}} - 1,64 \cdot s_R$			$R_{\text{min}} = 20,2$ MPa		
- współczynnik zmienności wytrzymałości:						$v_R = \frac{s_R}{R_{\text{śr}}}$			$v_R = 18,1\%$		
- współczynnik jednorodności:						$k_R = \frac{R_{\text{min}}}{R_{\text{śr}}}$			$k_R = 70\%$		
- współczynniki poprawkowe wg instrukcji ITB nr 210 w zależności od:											
									$m_1 = 1,00$		
- wilgotności betonu (tablica 7, wilgotny,									$m_2 = 1,12$		
Ostatecznie (po uwzględnieniu współczynników)											
- wytrzymałość średnia betonu:						$R_{\text{śred}} = R_{\text{śr}} \cdot m_1 \cdot m_2$			$R_{\text{śred}} = 32,2$ MPa		
- wytrzymałość minimalna betonu:						$R_{\text{min}} = R_{\text{min}} \cdot m_1 \cdot m_2$			$R_{\text{min}} = 22,6$ MPa		
Wnioski:											
1. Badany beton może być sklasyfikowany w klasie:						C 16/20					
2. Jednorodność betonu ocenia się jako (na podstawie						dostateczną					
Sporządził:											
dr inż. Robert Grygo											

Tab.3.4. Wyniki badań sklerometrycznych osadników wstępnych oraz komory prenitryfikacji i komory defosfatacji

DZIENNIK POMIARÓW SKLEROMETRYCZNYCH MŁOTKIEM SCHMIDTA TYPU N tablica 21											
Objekt : Komora defosfatacji, osadniki wstępne											
Element: ściany zbiornika						Sklerometr typu: N					
Wiek betonu: ponad 1000 dni						Odczyt na kowadzie: $L_k = 80$					
Miejsce nr	kąt α [α°]	Odczyty L_i					Odczyt				
		1	2	3	4	5	średni L_i	ΔL_i	$L_i + \Delta L_i$	$(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}$	$[(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}]^2$
1	0	44	43	43	43	44	43,4	0,0	43,4	0,43	0,19
2	0	44	42	42	42	44	42,8	0,0	42,8	-0,17	0,03
3	0	41	42	44	42	44	42,6	0,0	42,6	-0,37	0,13
4	0	44	44	41	44	44	43,4	0,0	43,4	0,43	0,19
5	0	44	41	44	42	44	43,0	0,0	43,0	0,03	0,00
6	0	44	44	44	44	44	44,0	0,0	44,0	1,03	1,07
7	0	44	44	41	44	44	43,4	0,0	43,4	0,43	0,19
8	0	44	42	41	41	41	41,8	0,0	41,8	-1,17	1,36
9	0	39	39	38	42	41	39,8	0,0	39,8	-3,17	10,03
10	0	41	44	44	44	44	43,4	0,0	43,4	0,43	0,19
11	0	44	44	44	44	44	44,0	0,0	44,0	1,03	1,07
12	0	44	44	44	44	44	44,0	0,0	44,0	1,03	1,07
$L_{\text{nom}} = 80$ - nominalna wartość liczby						$\Sigma =$	515,6	$\Sigma =$	15,51		
- średnia wartość liczby odbicia:						$L_{\text{śred}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i + \Delta L_i)$		$L_{\text{śred}} = 42,97$			
- odchylenie standardowe liczb odbicia:						$s_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}})^2}$		1,19			
- współczynnik zmienności liczb odbicia:						$v_L = \frac{s_L}{L_{\text{śred}}}$		$v_L = 2,76\%$			
Ponieważ $2,5\% < (L_{\text{nom}} - L_k)/L_{\text{nom}} < 10\%$ więc						$L_{\text{śr}} = L_{\text{śred}} \cdot \frac{L_{\text{nom}}}{L_k}$		$L_{\text{śr}} = 42,97$			
WSKAŹNIKI JAKOŚCI BETONU WG INSTRUKCJI ITB NR 210											
- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie (wzór nr [32]):											
$R_{\text{śr}} = L_{\text{śr}} \left[0,0356 \cdot L_{\text{śr}} (v_L^2 + 1) - 0,795 + \frac{6,4}{L_{\text{śr}}} \right]$						$R_{\text{śr}} = 38,0$ MPa					
- odchylenie standardowe wytrzymałości betonu na ściskanie (wzór nr											
$s_R = L_{\text{śr}} \cdot v_L \sqrt{0,00254 \cdot L_{\text{śr}}^2 \cdot (v_L^2 + 2) - 0,1134 \cdot L_{\text{śr}} + 0,633}$						$s_R = 2,7$ MPa					
- dolna granica wytrzymałości betonu na ściskanie (gwarantowana-											
$R_{\text{min}} = R_{\text{śr}} - 1,64 \cdot s_R$						$R_{\text{min}} = 33,6$ MPa					
- współczynnik zmienności wytrzymałości:						$v_R = \frac{s_R}{R_{\text{śr}}}$		$v_R = 7,1\%$			
- współczynnik jednorodności:						$k_R = \frac{R_{\text{min}}}{R_{\text{śr}}}$		$k_R = 88\%$			
- współczynniki poprawkowe wg instrukcji ITB nr 210 w zależności od:											
						$m_1 = 1,00$					
- wilgotności betonu (tablica 7, wilgotny,						$m_2 = 1,12$					
Ostatecznie (po uwzględnieniu współczynników											
- wytrzymałość średnia betonu:						$R_{\text{śred}} = R_{\text{śr}} \cdot m_1 \cdot m_2$		$R_{\text{śred}} = 42,6$ MPa			
- wytrzymałość minimalna betonu:						$R_{\text{min}} = R_{\text{min}} \cdot m_1 \cdot m_2$		$R_{\text{min}} = 37,6$ MPa			
Wnioski:											
1. Badany beton może być sklasyfikowany w klasie:						C 30/37					
2. Jednorodność betonu ocenia się jako (na podstawie						bardzo dobra					
Sporządził:											
dr inż. Robert Grygo											

Tab.3.5. Wyniki badań sklerometrycznych pompownia I^o

DZIENNIK POMIARÓW SKLEROMETRYCZNYCH MŁOTKIEM SCHMIDTA TYPU N tablica 21												
Obiekt : Pompownia I ^o						Sklerometr typu: N						
Element: ściany zbiornika												
Wiek betonu: ponad 1000 dni						Odczyt na kowadlcie: L _k = 80						
Miejsce nr	kąt α [α°]	Odczyty L _i					Odczyt					
		1	2	3	4	5	średni L _i	ΔL _i	L _i +ΔL _i	(L _i +ΔL _i)-L _{śred}	[(L _i +ΔL _i)-L _{śred}] ²	
1	0	33	31	31	34	31	32,0	0,0	32,0	0,78	0,61	
2	0	33	31	36	34	33	33,4	0,0	33,4	2,18	4,77	
3	0	33	37	31	31	33	33,0	0,0	33,0	1,78	3,18	
4	0	31	31	31	32	32	31,4	0,0	31,4	0,18	0,03	
5	0	28	31	31	31	31	30,4	0,0	30,4	-0,82	0,67	
6	0	30	30	31	30	30	30,2	0,0	30,2	-1,02	1,03	
7	0	30	30	30	30	31	30,2	0,0	30,2	-1,02	1,03	
8	0	30	31	32	30	32	31,0	0,0	31,0	-0,22	0,05	
9	0	30	28	30	32	32	30,4	0,0	30,4	-0,82	0,67	
10	0	31	31	31	31	30	30,8	0,0	30,8	-0,42	0,17	
11	0	30	31	32	28	32	30,6	0,0	30,6	-0,62	0,38	
12	0	30	33	31	32	30	31,2	0,0	31,2	-0,02	0,00	
L _{nom} = 80 - nominalna wartość liczby						Σ= 374,6		Σ= 12,60				
- średnia wartość liczby odbicia:						$L_{\text{śred}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i + \Delta L_i)$		L _{śred} = 31,22				
- odchylenie standardowe liczb odbicia:						$s_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}})^2}$		1,07				
- współczynnik zmienności liczb odbicia:						$v_L = \frac{s_L}{L_{\text{śred}}}$		v _L = 3,43%				
Ponieważ 2,5% < (L _{nom} - L _k)/L _{nom} < 10% więc						$L_{\text{śr}} = L_{\text{śred}} \cdot \frac{L_{\text{nom}}}{L_k}$		L _{śr} = 31,22				
WSKAŹNIKI JAKOŚCI BETONU WG INSTRUKCJI ITB NR 210												
- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie (wzór nr [32]):						$R_{\text{śr}} = L_{\text{śr}} \left[0,0356 \cdot L_{\text{śr}} (v_L^2 + 1) - 0,795 + \frac{6,4}{L_{\text{śr}}} \right]$		R _{śr} = 16,3 MPa				
- odchylenie standardowe wytrzymałości betonu na ściskanie (wzór nr						$s_R = L_{\text{śr}} \cdot v_L \sqrt{0,00254 \cdot L_{\text{śr}}^2 \cdot (v_L^2 + 2) - 0,1134 \cdot L_{\text{śr}} + 0,633}$		s _R = 1,5 MPa				
- dolna granica wytrzymałości betonu na ściskanie (gwarantowana-						$R_{\text{min}} = R_{\text{śr}} - 1,64 \cdot s_R$		R _{min} = 13,8 MPa				
- współczynnik zmienności wytrzymałości:						$v_R = \frac{s_R}{R_{\text{śr}}}$		v _R = 9,4%				
- współczynnik jednorodności:						$k_R = \frac{R_{\text{min}}}{R_{\text{śr}}}$		k _R = 85%				
- współczynniki poprawkowe wg instrukcji ITB nr 210 w zależności od:												
						m ₁ = 1,00						
- wilgotności betonu (tablica 7, wilgotny,						m ₂ = 1,12						
Ostatecznie (po uwzględnieniu współczynników												
- wytrzymałość średnia betonu:						$R_{\text{śred}} = R_{\text{śr}} \cdot m_1 \cdot m_2$		R _{śred} = 18,3 MPa				
- wytrzymałość minimalna betonu:						$R_{\text{minim}} = R_{\text{min}} \cdot m_1 \cdot m_2$		R _{minim} = 15,5 MPa				
Wnioski:												
1. Badany beton może być sklasyfikowany w klasie:						C 12/15						
2. Jednorodność betonu ocenia się jako (na podstawie						bardzo dobrą						
Sporządził:												
dr inż. Robert Grygo												

Tab.3.6. Wyniki badań sklerometrycznych zbiornik zasobowy osadu „północny”

DZIENNIK POMIARÓW SKLEROMETRYCZNYCH MŁOTKIEM SCHMIDTA TYPU N tablica 21														
Objekt : Zbiornik zasobowe osadu p/n						Sklerometr typu: N								
Element: ściany zbiornika														
Wiek betonu: ponad 1000 dni						Odczyt na kowadło: $L_k = 81$								
Miejsce	kąt α	Odczyty L_i					Odczyt							
nr	$[\alpha^\circ]$	1	2	3	4	5	średni L_i	ΔL_i	$L_i + \Delta L_i$	$(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}$	$[(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}]^2$			
1	0	42	41	40	38	41	40,4	0,0	40,4	-0,25	0,06			
2	0	43	39	45	42	43	42,4	0,0	42,4	1,75	3,06			
3	0	38	40	40	38	39	39,0	0,0	39,0	-1,65	2,72			
4	0	42	45	43	42	42	42,8	0,0	42,8	2,15	4,62			
5	0	42	43	38	37	41	40,2	0,0	40,2	-0,45	0,20			
6	0	40	41	39	37	38	39,0	0,0	39,0	-1,65	2,72			
7	0	42	41	40	38	41	40,4	0,0	40,4	-0,25	0,06			
8	0	43	40	44	42	43	42,4	0,0	42,4	1,75	3,06			
9	0	41	40	40	40	39	40,0	0,0	40,0	-0,65	0,42			
10	0	42	45	43	42	42	42,8	0,0	42,8	2,15	4,62			
11	0	42	41	38	35	41	39,4	0,0	39,4	-1,25	1,56			
12	0	40	41	39	37	38	39,0	0,0	39,0	-1,65	2,72			
$L_{\text{nom}} = 81$ - nominalna wartość liczby							$\Sigma =$	487,8	$\Sigma =$	25,85				
- średnia wartość liczby odbicia:						$L_{\text{śred}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i + \Delta L_i)$			$L_{\text{śred}} = 40,65$					
- odchylenie standardowe liczb odbicia:						$s_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}})^2}$			1,53					
- współczynnik zmienności liczb odbicia:						$v_L = \frac{s_L}{L_{\text{śred}}}$			$v_L = 3,77\%$					
Ponieważ $2,5\% < (L_{\text{nom}} - L_k)/L_{\text{nom}} < 10\%$ więc						$L_{\text{śr}} = L_{\text{śred}} \cdot \frac{L_{\text{nom}}}{L_k}$			$L_{\text{śr}} = 40,65$					
WSKAŹNIKI JAKOŚCI BETONU WG INSTRUKCJI ITB NR 210														
- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie (wzór nr [32]):														
$R_{\text{śr}} = L_{\text{śr}} \left[0,0356 \cdot L_{\text{śr}} (v_L^2 + 1) - 0,795 + \frac{6,4}{L_{\text{śr}}} \right]$						$R_{\text{śr}} = 33,0$			MPa					
- odchylenie standardowe wytrzymałości betonu na ściskanie (wzór nr														
$s_R = L_{\text{śr}} \cdot v_L \sqrt{0,00254 \cdot L_{\text{śr}}^2 \cdot (v_L^2 + 2) - 0,1134 \cdot L_{\text{śr}} + 0,633}$						$s_R = 3,2$			MPa					
- dolna granica wytrzymałości betonu na ściskanie (gwarantowana-														
$R_{\text{min}} = R_{\text{śr}} - 1,64 \cdot s_R$						$R_{\text{min}} = 27,7$			MPa					
- współczynnik zmienności wytrzymałości:						$v_R = \frac{s_R}{R_{\text{śr}}}$			$v_R = 9,8\%$					
- współczynnik jednorodności:						$k_R = \frac{R_{\text{min}}}{R_{\text{śr}}}$			$k_R = 84\%$					
- współczynniki poprawkowe wg instrukcji ITB nr 210 w zależności od:														
						$m_1 = 1,00$								
- wilgotności betonu (tablica 7, wilgotny,						$m_2 = 1,12$								
Ostatecznie (po uwzględnieniu współczynników														
- wytrzymałość średnia betonu:						$R_{\text{śred}} = R_{\text{śr}} \cdot m_1 \cdot m_2$			$R_{\text{śred}} = 37,0$			MPa		
- wytrzymałość minimalna betonu:						$R_{\text{min}} = R_{\text{min}} \cdot m_1 \cdot m_2$			$R_{\text{min}} = 31,0$			MPa		
Wnioski:														
1. Badany beton może być sklasyfikowany w klasie:						C 25/30								
2. Jednorodność betonu ocenia się jako (na podstawie						bardzo dobrą								
Sporządził:														
dr inż. Robert Grygo														

Tab.3.7. Wyniki badań sklerometrycznych zbiornik zasobowy osadu „południowy”

DZIENNIK POMIARÓW SKLEROMETRYCZNYCH MŁOTKIEM SCHMIDTA TYPU Ntablica 21											
Obiekt : Zbiornik zasobowe osadu pld						Sklerometr typu: N					
Element: ściany zbiornika											
Wiek betonu: ponad 1000 dni						Odczyt na kowadłe: $L_k = 80$					
Miejsce nr	kąt α [α°]	Odczyty L_i					Odczyt				
		1	2	3	4	5	średni L_i	ΔL_i	$L_i + \Delta L_i$	$(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}$	$[(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}]^2$
1	0	46	48	52	55	50	50,2	0,0	50,2	4,43	19,65
2	0	40	52	47	48	50	47,4	0,0	47,4	1,63	2,67
3	0	44	48	51	42	48	46,6	0,0	46,6	0,83	0,69
4	0	40	50	52	40	48	46,0	0,0	46,0	0,23	0,05
5	0	42	42	42	47	48	44,2	0,0	44,2	-1,57	2,45
6	0	37	37	40	41	40	39,0	0,0	39,0	-6,77	45,79
7	0	46	48	52	55	50	50,2	0,0	50,2	4,43	19,65
8	0	40	52	47	48	50	47,4	0,0	47,4	1,63	2,67
9	0	44	48	51	42	52	47,4	0,0	47,4	1,63	2,67
10	0	40	50	52	40	48	46,0	0,0	46,0	0,23	0,05
11	0	42	42	42	47	48	44,2	0,0	44,2	-1,57	2,45
12	0	41	41	40	41	40	40,6	0,0	40,6	-5,17	26,69
$L_{\text{nom}} = 80$ - nominalna wartość liczby						$\Sigma = 549,2$		$\Sigma = 125,51$			
- średnia wartość liczby odbicia:						$L_{\text{śred}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i + \Delta L_i)$		$L_{\text{śred}} = 45,77$			
- odchylenie standardowe liczb odbicia:						$s_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}})^2}$		3,38			
- współczynnik zmienności liczb odbicia:						$v_L = \frac{s_L}{L_{\text{śred}}}$		$v_L = 7,38\%$			
Ponieważ $2,5\% < (L_{\text{nom}} - L_k)/L_{\text{nom}} < 10\%$ więc						$L_{\text{śr}} = L_{\text{śred}} \cdot \frac{L_{\text{nom}}}{L_k}$		$L_{\text{śr}} = 45,77$			
WSKAŹNIKI JAKOŚCI BETONU WG INSTRUKCJI ITB NR 210											
- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie (wzór nr [32]):											
$R_{\text{śr}} = L_{\text{śr}} \left[0,0356 \cdot L_{\text{śr}} (v_L^2 + 1) - 0,795 + \frac{6,4}{L_{\text{śr}}} \right]$						$R_{\text{śr}} = 45,0$		MPa			
- odchylenie standardowe wytrzymałości betonu na ściskanie (wzór nr											
$s_R = L_{\text{śr}} \cdot v_L \sqrt{0,00254 \cdot L_{\text{śr}}^2 \cdot (v_L^2 + 2) - 0,1134 \cdot L_{\text{śr}} + 0,633}$						$s_R = 8,4$		MPa			
- dolna granica wytrzymałości betonu na ściskanie (gwarantowana-											
$R_{\text{min}} = R_{\text{śr}} - 1,64 \cdot s_R$						$R_{\text{min}} = 31,3$		MPa			
- współczynnik zmienności wytrzymałości:						$v_R = \frac{s_R}{R_{\text{śr}}}$		$v_R = 18,6\%$			
- współczynnik jednorodności:						$k_R = \frac{R_{\text{min}}}{R_{\text{śr}}}$		$k_R = 70\%$			
- współczynniki poprawkowe wg instrukcji ITB nr 210 w zależności od:											
						$m_1 = 1,00$					
- wilgotności betonu (tablica 7, wilgotny,						$m_2 = 1,12$					
Ostatecznie (po uwzględnieniu współczynników											
- wytrzymałość średnia betonu:						$R_{\text{śred}} = R_{\text{śr}} \cdot m_1 \cdot m_2$		$R_{\text{śred}} = 50,4$ MPa			
- wytrzymałość minimalna betonu:						$R_{\text{min}} = R_{\text{min}} \cdot m_1 \cdot m_2$		$R_{\text{min}} = 35,0$ MPa			
Wnioski:											
1. Badany beton może być sklasyfikowany w klasie:						C 25/30					
2. Jednorodność betonu ocenia się jako (na podstawie						dostateczną					
Sporządził:											
dr inż. Robert Grygo											

Tab.3.8. Wyniki badań sklerometrycznych zbiornik zasobowy osadu „południowy”

DZIENNIK POMIARÓW SKLEROMETRYCZNYCH MŁOTKIEM SCHMIDTA TYPU N tablica 21														
Obiekt : Zagęszczacz osadów						Sklerometr typu: N								
Element: ściany zbiornika														
Wiek betonu: ponad 1000 dni						Odczyt na kowadle: $L_k = 80$								
Miejsce	kąt α	Odczyty L_i					Odczyt							
nr	$[\alpha^\circ]$	1	2	3	4	5	średni L_i	ΔL_i	$L_i + \Delta L_i$	$(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}$	$[(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}]^2$			
1	0	42	41	42	42	46	42,6	0,0	42,6	-0,30	0,09			
2	0	46	44	46	41	42	43,8	0,0	43,8	0,90	0,81			
3	0	41	46	46	46	45	44,8	0,0	44,8	1,90	3,61			
4	0	41	46	45	41	41	42,8	0,0	42,8	-0,10	0,01			
5	0	41	40	40	41	44	41,2	0,0	41,2	-1,70	2,89			
6	0	46	44	45	44	41	44,0	0,0	44,0	1,10	1,21			
7	0	41	46	45	42	43	43,4	0,0	43,4	0,50	0,25			
8	0	41	45	46	45	45	44,4	0,0	44,4	1,50	2,25			
9	0	43	43	43	44	44	43,4	0,0	43,4	0,50	0,25			
10	0	40	41	39	39	38	39,4	0,0	39,4	-3,50	12,25			
11	0	46	41	46	41	41	43,0	0,0	43,0	0,10	0,01			
12	0	44	43	41	41	41	42,0	0,0	42,0	-0,90	0,81			
$L_{\text{nom}} = 80$ - nominalna wartość liczby							$\Sigma =$	514,8		$\Sigma =$	24,44			
- średnia wartość liczby odbicia:						$L_{\text{śred}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i + \Delta L_i)$			$L_{\text{śred}} = 42,90$					
- odchylenie standardowe liczb odbicia:						$S_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}})^2}$			1,49					
- współczynnik zmienności liczb odbicia:						$v_L = \frac{S_L}{L_{\text{śred}}}$			$v_L = 3,47\%$					
Ponieważ $2,5\% < (L_{\text{nom}} - L_k)/L_{\text{nom}} < 10\%$ więc						$L_{\text{śr}} = L_{\text{śred}} \cdot \frac{L_{\text{nom}}}{L_k}$			$L_{\text{śr}} = 42,90$					
WSKAŹNIKI JAKOŚCI BETONU WG INSTRUKCJI ITB NR 210														
- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie (wzór nr [32]):														
$R_{\text{śr}} = L_{\text{śr}} \left[0,0356 \cdot L_{\text{śr}} (v_L^2 + 1) - 0,795 + \frac{6,4}{L_{\text{śr}}} \right]$						$R_{\text{śr}} = 37,9$			MPa					
- odchylenie standardowe wytrzymałości betonu na ściskanie (wzór nr														
$S_R = L_{\text{śr}} \cdot v_L \sqrt{0,00254 \cdot L_{\text{śr}}^2 \cdot (v_L^2 + 2) - 0,1134 \cdot L_{\text{śr}} + 0,633}$						$S_R = 3,4$			MPa					
- dolna granica wytrzymałości betonu na ściskanie (gwarantowana-														
$R_{\text{min}} = R_{\text{śr}} - 1,64 \cdot S_R$						$R_{\text{min}} = 32,4$			MPa					
- współczynnik zmienności wytrzymałości:						$v_R = \frac{S_R}{R_{\text{śr}}}$			$v_R = 8,9\%$					
- współczynnik jednorodności:						$k_R = \frac{R_{\text{min}}}{R_{\text{śr}}}$			$k_R = 85\%$					
- współczynniki poprawkowe wg instrukcji ITB nr 210 w zależności od:														
						$m_1 = 1,00$								
- wilgotności betonu (tablica 7, wilgotny,						$m_2 = 1,12$								
Ostatecznie (po uwzględnieniu współczynników														
- wytrzymałość średnia betonu:						$R_{\text{śred}} = R_{\text{śr}} \cdot m_1 \cdot m_2$			$R_{\text{śred}} = 42,4$			MPa		
- wytrzymałość minimalna betonu:						$R_{\text{minim}} = R_{\text{min}} \cdot m_1 \cdot m_2$			$R_{\text{minim}} = 36,2$			MPa		
Wnioski:														
1. Badany beton może być sklasyfikowany w klasie:						C 25/30								
2. Jednorodność betonu ocenia się jako (na podstawie						bardzo dobra								
Sporządził:														
dr inż. Robert Grygo														

Tab.3.9. Wyniki badań sklerometrycznych pompy II

DZIENNIK POMIARÓW SKLEROMETRYCZNYCH MŁOTKIEM SCHMIDTA TYPU N tablica 21											
Obiekt : Pompa II						Sklerometr typu: N					
Element: ściany zbiornika											
Wiek betonu: ponad 1000 dni						Odczyt na kowadlcie: $L_k = 80$					
Miejsce nr	kąt α [α°]	Odczyty L_i					Odczyt			$(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}$	$[(L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}}]^2$
		1	2	3	4	5	średni L_i	ΔL_i	$L_i + \Delta L_i$		
1	0	31	32	32	34	31	32,0	0,0	32,0	1,10	1,21
2	0	31	31	31	31	29	30,6	0,0	30,6	-0,30	0,09
3	0	31	31	31	32	34	31,8	0,0	31,8	0,90	0,81
4	0	31	31	33	32	31	31,6	0,0	31,6	0,70	0,49
5	0	32	26	27	29	29	28,6	0,0	28,6	-2,30	5,29
6	0	31	32	31	32	31	31,4	0,0	31,4	0,50	0,25
7	0	31	25	33	31	31	30,2	0,0	30,2	-0,70	0,49
8	0	31	32	32	31	31	31,4	0,0	31,4	0,50	0,25
9	0	31	34	31	31	31	31,6	0,0	31,6	0,70	0,49
10	0	28	28	32	31	34	30,6	0,0	30,6	-0,30	0,09
11	0	31	31	31	34	31	31,6	0,0	31,6	0,70	0,49
12	0	26	31	31	31	28	29,4	0,0	29,4	-1,50	2,25
$L_{\text{nom}} = 80$ - nominalna wartość liczby						$\Sigma = 370,8$			$\Sigma = 12,20$		
- średnia wartość liczby odbicia:						$L_{\text{śred}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i + \Delta L_i)$			$L_{\text{śred}} = 30,90$		
- odchylenie standardowe liczb odbicia:						$s_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((L_i + \Delta L_i) - L_{\text{śred}})^2}$			1,05		
- współczynnik zmienności liczb odbicia:						$v_L = \frac{s_L}{L_{\text{śred}}}$			$v_L = 3,41\%$		
Ponieważ $2,5\% < (L_{\text{nom}} - L_k)/L_{\text{nom}} < 10\%$ więc						$L_{\text{śr}} = L_{\text{śred}} \cdot \frac{L_{\text{nom}}}{L_k}$			$L_{\text{śr}} = 30,90$		
WSKAŹNIKI JAKOŚCI BETONU WG INSTRUKCJI ITB NR 210											
- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie (wzór nr [32]):											
$R_{\text{śr}} = L_{\text{śr}} \left[0,0356 \cdot L_{\text{śr}} (v_L^2 + 1) - 0,795 + \frac{6,4}{L_{\text{śr}}} \right]$						$R_{\text{śr}} = 15,9$			MPa		
- odchylenie standardowe wytrzymałości betonu na ściskanie (wzór nr											
$s_R = L_{\text{śr}} \cdot v_L \sqrt{0,00254 \cdot L_{\text{śr}}^2 \cdot (v_L^2 + 2) - 0,1134 \cdot L_{\text{śr}} + 0,633}$						$s_R = 1,5$			MPa		
- dolna granica wytrzymałości betonu na ściskanie (gwarantowana-											
$R_{\text{min}} = R_{\text{śr}} - 1,64 \cdot s_R$						$R_{\text{min}} = 13,4$			MPa		
- współczynnik zmienności wytrzymałości:						$v_R = \frac{s_R}{R_{\text{śr}}}$			$v_R = 9,3\%$		
- współczynnik jednorodności:						$k_R = \frac{R_{\text{min}}}{R_{\text{śr}}}$			$k_R = 85\%$		
- współczynniki poprawkowe wg instrukcji ITB nr 210 w zależności od:											
- wilgotności betonu (tablica 7, wilgotny,						$m_1 = 1,00$			$m_2 = 1,12$		
Ostatecznie (po uwzględnieniu współczynników											
- wytrzymałość średnia betonu:						$R_{\text{śred}} = R_{\text{śr}} \cdot m_1 \cdot m_2$			$R_{\text{śred}} = 17,8$		
- wytrzymałość minimalna betonu:						$R_{\text{minim}} = R_{\text{min}} \cdot m_1 \cdot m_2$			$R_{\text{minim}} = 15,0$		
Wnioski:											
1. Badany beton może być sklasyfikowany w klasie: C 12/ 15											
2. Jednorodność betonu ocenia się jako (na podstawie bardzo dobrą)											
Sporządził:											
dr inż. Robert Grygo											

3.2 Określenie stopnia karbonatyzacji betonu

Badanie przeprowadzono natryskując na świeżo wykonaną odkuwkę lub wewnętrzną powierzchnię otworu powstałego po pobieraniu wiertarką materiału do badań chemicznych, 1% roztwór fenoloftaleiny. Obszar skarbonizowany pozostaje wtedy bezbarwny, natomiast nieskarbonizowany ($\text{pH} > 10$) barwi się na kolor czerwony. Niebezpieczne dla konstrukcji jest osiągnięcie przez warstwę skarbonizowaną powierzchni zbrojenia, zanika wówczas warstwa pasywna na powierzchni stali i rozpoczyna się jej korozja.



Rys. 10. Badanie zasięgu karbonatyzacji na przełomie odspojonej otuliny zbrojenia

Badania wykonano dla: komory wlotowej, komory rozdziału, piaskownika z kanałem odpływowym, osadników wstępnych, komór prenitryfikacji, komór defosfatacji z kanałem dopływowym i kanałem odpływowym, pompowni I^o, zbiorników zasobowych osadu, zagęszczaczy osadu surowego oraz pompowni II^o.

Wyniki badań przedstawiono w Tab. 3.1

Zbyt duży zasięg karbonatyzacji otuliny ma znaczenie tylko dla zbrojenia, jeśli znajdzie się w jej zasięgu. Z tego powodu dodatkowo określono grubości otuliny we wszystkich badanych obiektach.

Określenie grubości otuliny betonu wykonano za pomocą Profometru 4 szwajcarskiej firmy Proceq, wzorcowanego na bloku kontrolnym tejże firmy. Wyniki badań przedstawiono poniżej.



Rys. 11. Urządzenie służące do detekcji zbrojenia i sprawdzenia poprawności otulenia

Tab.3.10 Wyniki pomiaru grubości otuliny zbrojenia

Oznaczenie obiektu	Pomierzone grubości otuliny, mm	Grubość minimalna, mm
1- komora wlotowa	64, 68, 72, 57, 58, 60	57
2- komora rozdziału		
2-pręty poziome	11, 13, 23, 68, 100, 120	11
2-pręty pionowe	20, 30, 85, 23, 100	20
3-piaskownik		
3-pręty poziome	29, 36, 52, 41, 29, 60	29
3-pręty pionowe	66, 75, 72, 42, 66	42
3d- kanał odpływowy piaskownika	55, 56, 66, 55	
4a- osadnik wstępny	42, 48, 50, 51	42
4b- komora prenitryfikacji	38, 45, 40	38

BIURO INŻYNIERSKIE

4c- komora defosfatacji	42, 50, 55, 45	42
5- pompownia I°		
5-pręty poziome	42, 60, 55, 55, 60	42
5-pręty pionowe	60, 52, 70, 64, 53, 53	52
6- zbiornik „S” zasobowy osadu		
6s-pręty poziome	53, 50, 50, 48, 44, 46, 42	42
6s-pręty pionowe	38, 50, 45, 52, 66, 44, 47, 41, 38, 43	38
6n- zbiornik „N” zasobowy osadu		
6n-pręty poziome	39, 40, 39, 39, 42, 43	39
6n-pręty pionowe	41, 50, 73, 30, 39, 30	30
7e- zagęszczacz „E” osadu surowego		
7e-pręty poziome	Po str. SE: 19, 18, 17, 17, 19, 17 Po str. E: 46, 44, 41, 45, 44, 46, 44, 45	17 41
7e-pręty pionowe	Po str. SE: 24, 22, 23, 27, 30, 23, 19 Po str. E: 39, 8, 36, 33, 36, 45, 40	19 8
7w- zagęszczacz „W” osadu surowego		
7w-pręty poziome	19, 20, 25, 23, 22, 27, 36, 13, 30, 33, 32	13
7w-pręty pionowe	30, 31, 30, 29, 31, 31, 22, 33	22
8a- pompownia II°		
1-pręty poziome	38, 8, 12, 14, 15, 7	7
1-pręty pionowe	25, 31, 49, 55, 34	25

3.3 Stopień skażenia chlorkami

Określenie zawartości chlorków w betonie wykonano dla: komory wlotowej, komory rozdziału, piaskownika z kanałem odpływowym, osadników wstępnych, komór prenitryfikacji, komór defosfatacji z kanałem dopływowym i kanałem odpływowym, pompowni I^o, zbiorników zasobowych osadu, zagęszczaczy osadu surowego oraz pompowni II^o.

Próbki do badań chemicznych pobrano nawiercając powierzchnię elementów betonowych wiertarką udarową. Badając uzyskany w ten sposób materiał, dla odniesienia uzyskanych zawartości jonów do masy cementu, otrzymane wyniki mnożono przez 7,0 (orientacyjny stosunek masy betonu do masy zawartego w nim cementu).

Oznaczenie zawartości chlorków przeprowadzono na próbkach o masie 5 g, wymieszanych z 50 ml wody destylowanej. Do wykonania oznaczenia użyto zestawu „Aquamerck” firmy Merck, działającego na zasadach analizy kolorymetrycznej. Poprawność oznaczeń wrywkowo kontrolowano miareczkowaniem wg Volharda.

Jako krytyczną zawartość chlorków przyjęto 0,4% względem masy cementu dla elementów z betonu zbrojonego i 0,2% względem masy cementu dla elementów z betonu sprężonego (kryterium Richartza).

Wyniki badań chemicznych przedstawiono w p.3.5

3.4 Badanie zawartości jonów siarczanowych

Określenie zawartości siarczanów w betonie wykonano dla: komory wlotowej, komory rozdziału, piaskownika z kanałem odpływowym, osadników wstępnych, komór prenitryfikacji, komór defosfatacji z kanałem dopływowym i kanałem odpływowym, pompowni I^o, zbiorników zasobowych osadu, zagęszczaczy osadu surowego oraz pompowni II^o.

Próbki do badań chemicznych pobrano nawiercając powierzchnię elementów betonowych wiertarką udarową. Badając uzyskany w ten sposób materiał, dla odniesienia uzyskanych zawartości jonów do masy cementu, otrzymane wyniki mnożono przez 7,0 (orientacyjny stosunek masy betonu do masy zawartego w nim cementu).

Oznaczenie zawartości siarczanów wykonano w wybranych słupach żelbetowych. Materiał do badań pobrano wspólnie z materiałem do oznaczania chlorków. Badanie przeprowadzono na próbkach o masie 20 g, gotowanych na łaźni wodnej z 50 ml wody destylowanej. Dla wykonania oznaczenia przeprowadzono analizę nefelometryczną przy wykorzystaniu urządzenia HACH DR/4000V Spectrophotometer, zgodnie z procedurą badawczą 8051 HACH DR/4000 Handbook, str 801-802. Poprawność oznaczeń wrywkowo kontrolowano metodą wagową wg PN-78/B-04301.

Jako krytyczną zawartość siarczanów przyjęto 3,5% względem masy cementu.

Wyniki badań chemicznych przedstawiono w p.3.5.

3.5 Zestawienie wyników badań chemicznych

Wyniki określenia zasięgu karbonatyzacji zewnętrznej warstwy betonu, zawartości chlorków i siarczanów w betonie zestawiono w tabeli poniżej, **pogrubiono wartości niebezpieczne**:

Tab. 3.11 Zestawienie wyników badań chemicznych betonu

Oznaczenie obiektu (a, b, c-numer próbki)	Zasięg karbonatyzacji, cm (poziom pot. kor.)	Zawartość chlorków, % masy cementu	Zawartość siarczanów, % masy cementu
1a- komora wlotowa	0,3 (przy -238mV)	0,16	0,67
1b	0,3 (przy -238mV)	0,18	0,74
1c	0,5 (przy -308mV)	0,15	0,63
2a- komora rozdziału	1,0 (przy -322mV)	0,08	0,91
2b	0,6 (przy -294mV)	0,11	1,05
2c	1,3 (przy -309mV)	0,14	1,14
3a-piaskownik	1,2 (przy -440mV)	0,06	0,70

BIURO INŻYNIERSKIE

3b	0,6 (przy -533mV)	0,35	0,74
3c	0,5 (przy -350mV)	0,84	0,79
3d- kanał odpływowy piaskownika	0,6 (przy -412mV)	0,11	0,67
4a- osadnik wstępny	0,2 (przy -226mV)	0,14	0,82
4b- komora prenitryfikacji	0,3 (przy -245mV)	0,07	0,72
4c- komora defosfatacji	0,2 (przy -220mV)	0,08	0,74
5a- pompownia I ^o	1,0 (przy -245mV)	0,08	0,72
5b	1,3 (przy -245mV)	0,07	0,74
5c	0,5-1,2 (przy -238mV)	0,07	0,79
6a- zbiornik „S” zasobowy osadu	1,0 (przy -278mV)	0,60	0,75
6b	0,8 (przy -262mV)	0,91	0,77
6c- zbiornik „N” zasobowy osadu	2,0	0,84	1,14
7a- zagęszczacz „E” osadu surowego	0,5 (przy -245mV)	0,07	2,19
7b	0,1 (przy -402mV)	0,23	2,28
7c	0,5 (przy -276mV)	0,07	2,45
7d- zagęszczacz „W” osadu surowego	0,4 (przy -350mV)	0,20	0,84
7e	0,3-1,0 (przy -180mV)	0,36	0,91
7f	0,4 (przy -300mV)	0,20	1,26
8a- pompownia II ^o	0,2 (przy -336mV)	0,07	0,79
8b	0,2 (przy -353mV)	0,13	1,05
8c	0,4 (przy -22mV)	0,13	0,91

Pomierzone zasięgi karbonatyzacji w porównaniu do zmierzonych grubości otuliny zbrojenia (czy mogą sięgać zbrojenia) uprawniają do stwierdzenia, że jest to jedna z przyczyn korozji zbrojenia dla obiektów: 2 (komora rozdziału) i 7 (zagęszczacz „W” osadu surowego).

Oznaczone zawartości chlorków przekraczają krytyczną zawartość powodującą korozję zbrojenia (0,4%) w przypadku obiektów: 3 (piaskownik) oraz 6 (zbiorniki zasobowe osadu). W obiektach tych sól jest stosowana do zimowego odladzania bieżni mieszaczy i zgarniaczy.

Oznaczone zawartości siarczanów nie osiągają krytycznej zawartości powodującej korozję betonu (3,5%).

3.6 Pomiary potencjometryczne korozji zbrojenia

Określenie stanu korozyjnego stali zbrojeniowej przeprowadzono za pomocą metody pomiaru rozkładu potencjału stacjonarnego na powierzchni badanego elementu żelbetowego. Zastosowano Tester korozji zbrojenia, potencjał mierzono względem elektrody pomiarowej Cu/CuSO₄.



Rys. 12. Pomiar potencjału korozyjnego

Ocenę stanu korozyjnego zbrojenia w przęśle wykonano dla wybranych powierzchni: komory wlotowej, komory rozdziału, piaskownika z kanałem odpływowym, osadników

wstępnych, komór prenitryfikacji, komór defosfatacji z kanałem dopływowym i kanałem odpływowym, pompowni I^o, zbiorników zasobowych osadu, zagęszczaczy osadu surowego oraz pompowni II^o.

Odległość między punktami pomiarowymi wynosiła 0,5 - 1,00 m. Pomiary wykonano w miejscach o wizualnie bardziej uszkodzonej bądź zawilgoconej powierzchni.

Jako kryterium oceny stanu korozyjnego zbrojenia przyjęto zgodnie z normą ASTM C 876-91: Standard Test Methods for Half Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete i wytycznymi: Wawrusiewicz A.: Wstępne wytyczne potencjometrycznego wykrywania stref korodującego zbrojenia w mostach żelbetowych, Wydawnictwa IBDiM, Seria Informacje, Instrukcje, zeszyt 36, Warszawa 1992:

a) kryterium wartości potencjału stacjonarnego:

Wartość potencjału, mV	Stan korozyjny zbrojenia
$E_{ST} < -350$	korozja zbrojenia
$-350 \geq E_{ST} \geq -200$	możliwość korozji zbrojenia
$E_{ST} > -200$	brak korozji zbrojenia

b) kryterium gradientu potencjału stacjonarnego, wskazujące na możliwość korozji zbrojenia przy występowaniu skoków potencjału większych od 150 mV/20cm.

Ze względu na klasyczny zakres mierzonych potencjałów, ograniczono wykonywanie odczytów do powierzchni zbrojenia, służących do weryfikacji kryterium oceny.

3.6.1. Badania komory wlotowej

Wyniki pomiaru potencjału stacjonarnego w mV, układ wyników zgodny z widokiem badanej powierzchni.

Wyniki świadczące o możliwej korozji zbrojenia wyróżniono na **żółto**, świadczące o pewności korozji wyróżniono na **czerwono**.

Ściana północna (N) od zewnątrz:

-278 -250 -338 -397 -374 -317 -308 -130 -277

Ściana zachodnia (W) od północy (N), wewnątrz:

-413	-411	-405	-395
-382	-358	-425	-421
-447	-396	-416	-436
-452	-428	-410	-411
-499	-468	-485	-465
	-491	-528	-494
	-515	-515	-534
	-520		

Ściana zachodnia (W) od południa (S), wewnątrz:

-392	-427
-378	-456
-430	-396
-427	-450
-465	-407
-481	-436
-541	-493
	-539

3.6.2. Badania komory rozdziału

Wyniki pomiaru potencjału stacjonarnego w mV, układ wyników zgodny z widokiem badanej powierzchni.

Ściana południowa (S) od zewnątrz:

-9	-1	-10	-25	-106	-161	-205	-2	-10	-1	1	-116
-13	-2	-4	-1	-2	-154	-167	-159	-183	-63	-159	-28
-15	-16	-12	-15	-12	-230	-220	-251	-153	-30	-234	-19

Ściana zachodnia (W) od schodów, od zewnątrz:

-181	-164	-147	-107	-73	-32	-49	-240	-136	-100	-104	-54
-220	-228	-254	-322	-145	-6	-26	-154	-30	-200	-44	-87
-263	-319	-359	-294	-169	-251	-171	-210	-254	-309	-138	-218

Przegroda środkowa:

-154	-18
-110	-10

-210 -130

Ściana zachodnia (W), od wewnątrz:

-35	-3	-31
-6	-88	-38
-15	-4	-3
-18	-10	-16

3.6.3. Badania piaskownika

Wyniki pomiaru potencjału stacjonarnego w mV, układ wyników zgodny z widokiem badanej powierzchni.

Ściana południowa komory 3 od połowy długości, od zewnątrz:

-454	-401	-345	-436	-414	-304	-478	-384	-284	-457	-338	-501	-328
-244	-328	-461	-498	-483	-354	-492	-217	-309	-481	-308	-518	-503

Ściana południowa komory 3 od połowy długości, od zewnątrz, ciąg dalszy:

-162	-397	-303	-237	-533
-205	-432	-312	-469	-434

Ściana środkowa wschodnia od południa, od zewnątrz:

-384	-435	-373	-374
-336	-437	-503	-465

Ściana środkowa, od wewnątrz:

-529	-570	-530
-313	-387	-542

Ściana kanału wylotowego, część niska od wschodu, od zewnątrz:

-425	-298	-412	-366	-318	-170	-245	-373	-373
------	------	------	------	------	------	------	------	------

Ściana kanału wylotowego, część niska od wschodu, od wewnątrz:

-269	-119	-248	-274	-294	-204	-263	-287	-330
------	------	------	------	------	------	------	------	------

3.6.4. Badania osadników wstępnych, komór prenitryfikacji, komór defosfatacji z kanałem dopływowym i kanałem odpływowym

Wyniki pomiaru potencjału stacjonarnego w mV, układ wyników zgodny z widokiem badanej powierzchni.

Ściana kanału dopływowego do osadnika wstępnego nr 3, od zewnątrz:

-363 -347 -72 -174 -235 -264

Ściana komory prenitryfikacji nr 3:

-206 -246 -152 -5 -281 -187 56 -260 -138 -166

Ściana komory osadnika wstępnego nr 3:

-185 -225 -107 -157 -164 -208 -268 -207 -235 -268 -229 -262 -225

c.d.: -282

Ściana komory osadnika wstępnego nr 4:

-345 -269 -238 -249 -344 -243 -213 -247 -267 -277 -318 -282 -246

Ściana komory prenitryfikacji nr 4:

-220 -116 -76

3.6.5. Badania pompowni 1°

Wyniki pomiaru potencjału stacjonarnego w mV, układ wyników zgodny z widokiem badanej powierzchni.

Ściana zachodnia, od zewnątrz:

-150 -170 -170 -176 -205
-199 -247 -244 -244 -219

-170 -187 -193 -228 -230

Ściana południowa, od zewnątrz:

-23 -28 -231 -1 58 -87 -107 -117 -197 -132 -125
 -250 -298 -191 -1 19 -244 -76 -110 -286 -295 -238

Ściana południowa, od wewnątrz:

-247 -237 -192 -214 -254 -209
 -168 -134 -214 -257 -232 -233
 -167 -223 -266 -290 -238 -165
 -192 -198 -196 -273 -17 -143
 -224 -128 -226 -224 -181 -35
 -379 -395 -366 -420 -450 -411
 -429 -358 -413 -425 -432 -415

3.6.6. Badania zbiorników zasobowych osadu

Wyniki pomiaru potencjału stacjonarnego w mV, układ wyników zgodny z widokiem badanej powierzchni.

Ściana zbiornika południowego, strona wschodnia, od zewnątrz:

-117 -150 -190 -190 -176 -278 -160 -221 -216 -208
 -110 -153 -212 -169 -185 -263 -203 -262 -199 -257

Ściana zbiornika południowego, strona wschodnia, od wewnątrz:

-106 -113 -115 -106 -150 -110 -138 -152 -166 -101 -76 -127

3.6.7. Badania zagęszczaczy osadu surowego

Wyniki pomiaru potencjału stacjonarnego w mV, układ wyników zgodny z widokiem badanej powierzchni.

Ściana zbiornika wschodniego, od wjazdu w prawo, od zewnątrz:

-40 56 -64 67 -55 107 -23 43 -124 10 -61 69 -100
 -106 -47 -93 -51 -57 -87 -102 -154 -174 -125 -197 -160 -166

-156 -184 -118 -175 -127 -160 -161 -245 -210 -61 -119 -210 -187

Ściana zbiornika wschodniego, od wjazdu w prawo, od zewnątrz, ciąg dalszy:

-43 -83 -2 20 13 13 -78 -78 -2 -40 130 -60
 -145 -276 -139 -74 -99 -11 -127 -140 -114 -112 -34 -96
 -200 -402 -229 -6 -130 -97 -185 -103 -179 -170 -102 -94

Ściana zbiornika wschodniego, między wjazdem a pomostem, od wewnątrz:

187 201 119 44 247 35 108 179 172
 122 212 49 103 256 29 80 120 146
 8 90 193 165 45 86 214 51 68

Ściana zbiornika zachodniego, od pomostu do wjazdu w prawo, od zewnątrz:

-196 -93 -169 -175 -212 -160 -150 -215 -196 -250 -231 -233 -207
 -161 -279 -172 -365 -177 -286 -270 -202 -244 -230 -145 -280 -363
 -263 -364 -257 -360 -248 -326 -258 -238 -223 -346 -224 -412 -392

Ściana zbiornika zachodniego, od pomostu do wjazdu w prawo, od zewnątrz, ciąg dalszy:

-69 -344 -194 -202 -116 -120 -117 -181 -214 -184
 -217 -157 -292 -236 -284 -239 -295 -180 -284 -260
 -340 -357 -364 -335 -303 -289 -305 -307 -318 -349

Ściana zbiornika zachodniego, ok. 1 m od wjazdu południowego, od wewnątrz:

-112 -120 -126 -140
 -218 -228 -330 -442

Ściana zbiornika zachodniego, ok. 1 m od wjazdu północnego, od wewnątrz:

-305 -303 -287 -130 -119
 -333 -359 -360 -305 -300

3.6.8. Badania pompowni II^o

Wyniki pomiaru potencjału stacjonarnego w mV, układ wyników zgodny z widokiem badanej powierzchni.

Ściana wschodnia, od zewnątrz:

-546	-430	-400	-339	-300
-405	-489	-461	-336	-295
-9	-423	-98	-452	-425

Ściana północna, od zewnątrz:

-375	-187	-365	-408	-310
-313	-353	-26	-22	-38
-335	-88	-2	-35	-18

Ściana od wewnątrz, z włazu środkowego prostokątnego:

-579	-555	-533	-599	-618
-468	-497	-435		
-452	-430	-425		
-442	-445			

Ściana od wewnątrz, z włazu narożnego okrągłego:

-360	-334	-337	-428	-347
-339	-325	-323		

3.7. Badania stężenia metanu i siarkowodoru w obiektach zamkniętych

Ze względów bezpieczeństwa przed badaniami wnętrza obiektów zamkniętych sprawdzano w nich stężenia metanu i siarkowodoru. Wykorzystano 3-gazowy miernik Nanosens będący na wyposażeniu Oczyszczalni.

Obecność siarkowodoru powoduje przyspieszoną korozję elementów stalowych, w tym zbrojenia betonu.

Wyniki zestawiono poniżej, pogrubiono wartości niebezpieczne dla życia:

Zestawienie wyników badań stężenia metanu i siarkowodoru

Oznaczenie obiektu	Stężenie metanu ex.% [DGW}	Stężenie siarkowodoru ppm
1- komora wlotowa	-	6
5- pompownia I ^o	-	16
7- zagęszczacz „E” osadu surowego	-	-
7- zagęszczacz „W” osadu surowego	-	23 - 98
8- pompownia II ^o	35	1895

4. OMÓWIENIE UZYSKANYCH WYNIKÓW

Obniżenie trwałości i utrata właściwości eksploatacyjnych badanych obiektów może być rezultatem działania każdego z badanych czynników destrukcyjnych:

a) niska jakość betonu

Stwierdzono nadmierne obniżenia wytrzymałości betonu na ściskanie.

b) ewentualnie zwiększony zasięg karbonatyzacji otuliny zbrojenia

Pomierzone zasięgi karbonatyzacji w porównaniu do zmierzonych grubości otuliny zbrojenia (czy mogą sięgać zbrojenia) uprawniają do stwierdzenia, że jest to jedna z przyczyn korozji zbrojenia dla obiektów: 2 (komora rozdziału) i 7 (zagęszczacz „W” osadu surowego).

c) zwiększona zawartość chlorków

Oznaczone zawartości chlorków przekraczają krytyczną zawartość powodującą korozję zbrojenia (0,4%) w przypadku obiektów: 3 (piaskownik) oraz 6 (zbiorniki zasobowe osadu). W obiektach tych sól jest stosowana do zimowego odladzania bieżni mieszaczy i zgarniaczy.

d) ewentualnie zwiększona zawartość siarczanów

Oznaczone zawartości siarczanów nie osiągają krytycznej zawartości powodującej korozję betonu (3,5%).

e) ewentualna korozja stali zbrojeniowej

Badania potencjometryczne i oględziny wizualne wykryły korozję zbrojenia w obiektach zamkniętych: 1- komora wlotowa, 5- pompownia I^o, 7- zagęszczacz „W” osadu surowego, 8- pompownia II^o oraz w piaskowniku.

Dodatkowo zagrożenia korozją zbrojenia stwierdzono w pozostałych badanych obiektach.

e) inne zagrożenia

Występowanie siarkowodoru powoduje korozję elementów stalowych, w tym również stali zbrojeniowej. Jest przyczyną zwiększonej korozji zbrojenia w niewentylowanych obiektach zamkniętych: 1- komora wlotowa, 5- pompownia I^o, 7- zagęszczacz „W” osadu surowego, 8- pompownia II^o. Planowana hermetyzacja zwiększy to zagrożenie również dla innych obiektów (przy niedostatecznej wymianie powietrza)

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Przeprowadzone badania fizyko-chemiczne miały charakter fragmentaryczny, ograniczony przez zakres zlecenia i dostępność wewnętrznych powierzchni pracujących obiektów. W czasie remontu należy znacznie rozszerzyć zakres badań, szczególnie potencjometrycznych i wytrzymałościowych. Pozwoli to na ostateczny dobór metod skutecznej naprawy obiektów.

Przy naprawach należy stosować sprawdzone zastawy materiałów renomowanych firm chemii budowlanej. Najlepiej ocenić skuteczność zabezpieczeń na przykładzie podobnych obiektów remontowanych kilka lat wcześniej (np. Oczyszczalnia ścieków we Wrocławiu naprawiana systemami firmy Sika w latach 2005-2010).

Przy remontach mniejszych obiektów o dużej agresywności środowiska (komora wlotowa, rozdziału, piaskownik, pompownie) należy rozważyć alternatywne wykonanie wewnętrznego płaszcza z betonu o dużej szczelności, zbrojonego siatkami stalowymi z dużą otuliną bądź zbrojeniem niemetalicznym. Pokrycie powłokami chemoodpornymi syntetycznymi bądź ceramicznymi.

W przypadku obiektów niewielkich, lecz mających krytyczne znaczenie dla pracy oczyszczalni (pompownie) należy rozważyć wybudowanie nowych i późniejsze wyremontowanie starych – na wypadek awarii.