

Ekspertyzy Naukowo Techniczne  
dr inż. Tomasz Pawlak  
Ul. Polna 64/7  
60-803 Poznań  
tel. 604-26-56-13  
NIP 779-206-62-13

**OPINIA DOTYCZĄCA STANU TECHNICZNEGO  
ISTNIEJĄCEJ POMPOWNI ŚCIEKÓW NR 1  
ZLOKALIZOWANEJ W MIEJSCOWOŚCI  
DALESZYN K. GOSTYNIA.**

**Opracował:**

**dr inż. Tomasz Pawlak**

**Poznań, Kwiecień 2017 r.**

## Spis treści

1. Podstawa opracowania.....	3
2. Przedmiot opracowania.....	3
3. Dokumentacja wyjściowa.....	3
4. Procesy destrukcji betonu i ich naprawa w świetle Polskich Norm...	3
5. Opis stanu technicznego pompowni ścieków nr 1 oraz pobliskiej studni zbiorczej.....	15
6. Proponowana technologia renowacji pompowni i studni.....	15
6.1. Czyszczenie hydrodynamiczne lub piaskowanie skorodowanej powierzchni betonu.....	16
6.2. Naprawa uszkodzonych elementów żelbetowych.....	16
6.3. Renowacja systemem elastycznych powłok natryskowych.....	16
7. Podsumowanie i wnioski.....	20
8. Literatura.....	22
9. Załączniki.....	24

## **1. Podstawa opracowania**

Podstawą formalną opracowania było zlecenie Zakładu Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. z dnia 06.04.2017.

Podstawę merytoryczną stanowiły:

- Oględziny i pomiary inwentaryzacyjne własne,
- Dokumentacja projektowa,
- Przedmiotowa literatura techniczna i normy projektowania.

## **2. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest ocena stanu technicznego istniejącej pompowni ścieków nr 1 zlokalizowanej w miejscowości Daleszyn k. Gostynia oraz pobliskiej betonowej studni zbiorczej wraz z podaniem technologii naprawy.

## **3. Dokumentacja wyjściowa**

Oględziny stanu technicznego konstrukcji.

Zdjęcia zbiornika

## **4. Procesy destrukcji betonu i ich naprawa w świetle Polskich Norm.**

W tym punkcie zwrócono uwagę na wybrane procesy destrukcji betonu, występujące głównie z opiniowanych zbiornikach żelbetowych na wodę i ścieki oraz na inne płynne media.

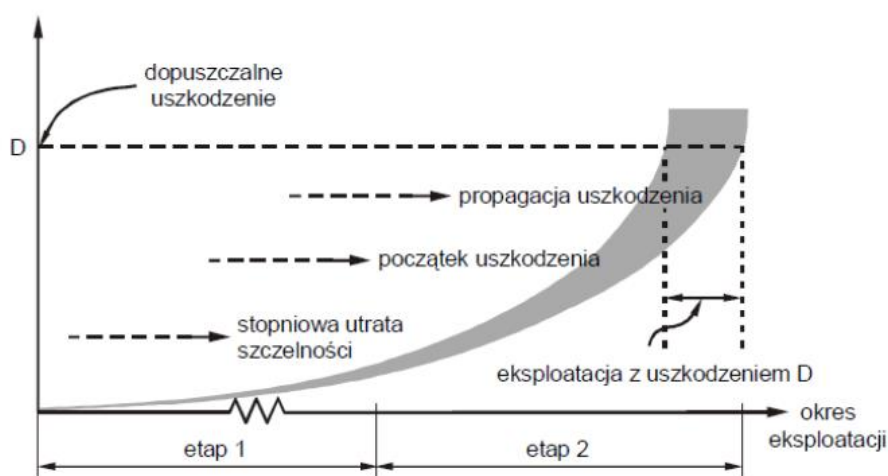
Beton musi wytrzymać takie procesy niszczenia, na które będzie narażony i wówczas jest określany jako „trwały”. W wielu sytuacjach trwałość ma znaczenie zasadnicze. Niedostateczna trwałość betonu przejawia się jego zniszczeniem, które może być spowodowane czynnikami zewnętrznymi lub być skutkiem przyczyn wewnętrznych występujących w betonie.

Oddziaływania destrukcyjne działające na beton mogą być spowodowane:

- czynnikami mechanicznymi, jak: uderzenia, ścieranie, kawitacja, przeciążenie, erozja, przemieszczenie wynikające z osiadań, itp.,

- czynnikami fizycznymi, do której możemy zaliczyć:
- siły zewnętrzne i związane z nimi odkształcenia materiału,
- naprężenia wywołane defektami struktury materiałów, głównie ich koncentracją,
- wpływ temperatury oraz zmiany temperatury wywołujące naprężenia termiczne,
- woda wywołująca zawilgocenia i destrukcję mrozową ciał kapilarno-porowatych,
- cykliczne zmiany zawilgocenia wywołujące skurcz (i pęcznienie),
- zmęczenie materiału na skutek naprzemiennych naprężeń,
- krystalizacja soli (efekt korozji chemicznej),
- zużycie,
- destrukcją chemiczną, która obejmuje szereg zagadnień związanych z reakcjami chemicznymi pomiędzy materiałem a otaczającym go środowiskiem, co wpływa na procesy tzw. korozji chemicznych i starzenie. Przyczyny niszczenia obejmują reakcje alkaliczno – krzemionkowe lub alka-liczno – węglanowe, co przejawia się w oddziaływaniu agresywnych jonów – chlorków, siarczanów lub dwutlenku węgla, ale również soli, miękkiej wody, jak również wielu cieczy i gazów pochodzenia naturalnego lub przemysłowego w zależności od środowiska oddziaływania.

Podział ten jest umowny, natomiast w większości przypadków beton narażony jest na działanie kilku czynników destrukcyjnych jednocześnie i ich oddziaływanie jest synergiczne. Równocześnie występują czynniki fizyczne i chemiczne które wpływają na korozję, a procesy niszczenia są związane m.in. z transportem cieczy przez beton. Niszczenie betonu przebiega dwuetapowo (rys. 1.).



Rys. 1. Model dwuetapowego niszczenia betonu

Pierwszy etap niszczenia betonu określany jest jako okres indukcyjny, który istotnie wpływa na trwałość betonu, związany jest z jego wyjściową szczelnością.

Natomiast drugi spowodowany jest intensywnym oddziaływaniem środowiska związanym ze zwiększeniem powierzchni wewnętrznej betonu w wyniku stopniowej utraty szczelności.

Omawiając proces destrukcji betonu, należy rozróżnić dwa podstawowe pojęcia;

- korozja betonu, jest określana jako stopniowa zmianę technicznych właściwości betonu, prowadzącą do pogorszenia jego cech użytkowych, a w krańcowych przypadkach do całkowitego zniszczenia.
- agresywność korozyjna, to zdolność niszczącego działania środowiska korozyjnego na dany materiał, zależna od rodzaju i intensywności czynników korozyjnych występujących w tym środowisku.

Ze względu na mechanizm zniszczenia, zjawiska korozji chemicznej betonu przy zetknięciu z wodą i rozpuszczalnymi w niej składnikami, w literaturze i normach klasyfikuje się (klasyczny podział) na:

- Korozję I rodzaju; polega na wymywaniu rozpuszczalnych składników z betonu, głównie wodorotlenku wapniowego. Jest to zjawisko charaktery-styczne dla wód miękkich. Działanie ługujące wody zostaje zwiększone, jeśli jednocześnie występują takie czynniki, jak: słabe kwasy, agresywne CO<sub>2</sub>, niektóre sole amonowe, roztwory cukru.

Z agresywnością ługującą należy się liczyć w przypadku czystych wód naturalnych (opadowych, źródłanych, górskich) lub przemysłowych. Korozja wskutek ługowania występuje również np. w budowlach hydrotechnicznych, nawet przy wodach niezbyt miękkich, szczególnie w przypadku jednostronnego parcia wody i nie dość szczelnych betonów. Występują wtedy na powierzchni betonu charakterystyczne białe wycieki związków wapniowych.

- Korozja II rodzaju; obejmuje reakcje jonowe wymiany pomiędzy związkami wapnia a składnikami środowiska (np. związki magnezu, kwasy – chlorki magnezowe, amonowe, węglany, wodorotlenki alkaliczne, siarkowodór, itd.). W wyniku reakcji powstają związki o małej wytrzymałości, nie mające cech wiążących. Są bezpostaciowe i słabo rozpuszczalne, a więc nie następuje ich wypłukiwanie. Pozostają w betonie i powodują uszkodzenia jego struktury.
- Korozja III rodzaju; procesy w których powstają w betonie słabo rozpuszczalne sole, które krystalizują i zwiększają objętość fazy stałej, głównie w wyniku wpływu

środowiska zawierającego jony siarczanowe wchodzące w reakcje ze składnikami stwardniałego zaczynu cementowego. Korozja powoduje pęcznienie betonu, pojawienie się rys i pęknięć, w krańcowych przypadkach prowadzi do całkowitego rozpadu betonu.

W praktyce często ma miejsce współdziałanie różnych czynników agresywnych, a „czysta” korozja I, II czy III rodzaju występuje rzadko. Ługowanie, rozmiękczenie i rozsadzanie betonu może występować jednocześnie, choć z różną intensywnością zależną od agresywności korozyjnej. Biorąc pod uwagę czynniki destrukcyjne i mechanizm niszczenia betonu, można wyróżnić rodzaje agresywności:

- ługująca,
- kwasowa,
- węglanowa,
- spowodowana reakcjami wymiany jonów wapniowych,
- siarczanowa,
- mieszana.

#### KOROZJA ŁUGUJĄCA

Korozja ługująca (wyflukująca wapno) zachodzi w przypadku przecieków wody przez beton. Korozja biegnie tym szybciej, im bardziej miękka jest woda oraz o wyższej temperaturze. Jeżeli przeciekająca przez beton woda odparowuje na dolnej lub bocznej powierzchni jak w przypadku zbiorników, to tworzą się na niej białe wykwity. Jeżeli woda skapuje z dolnej powierzchni betonu, to powstają na niej stalaktyty. Korozja ługująca prowadzi do spadku wytrzymałości betonu oraz korozji atmosferycznej stali.

Najbardziej podatny na korozję jest wodorotlenek wapnia i ten składnik posiada największe znaczenie dla zachowania trwałości betonu, ponieważ pozostałe składniki stwardniałego zaczynu betonowego mogą trwale egzystować tylko w środowisku zasadowym.

Korozja kwasowa polega również na rozpuszczaniu  $\text{Ca(OH)}_2$  ze stwardniałego zaczynu cementowego w betonie, ale o ile w przypadku korozji ługującej obniżenie zasadowości odbywa się przy pomocy procesów fizycznych (wyflukiwanie  $\text{Ca(OH)}_2$ ), w przypadku korozji kwasowej następuje na drodze reakcji chemicznych  $\text{Ca(OH)}_2$  z kwasami (korozja wywołana wodami o cechach agresywności kwasowej).

#### KOROZJA STALI ZBROJENIOWEJ

Korozja stali zbrojeniowej w zależności o kwasowości betonu (podane wartości mogą być inaczej określane przez różnych autorów lub wytyczne):

- *pH* betonu ponad 11,8 brak korozji (stal zbrojeniowa jest chroniona przed korozją poprzez warstwę pasywną),
- *pH* betonu 9 do 11,8 utrata warstwy pasywnej – naturalnej ochrony antykorozyjnej (beton skarbonatyzowany, wg innych wytycznych dla *pH* od 6,5 do 10),
- *pH* betonu < 9 korozja stali; ustaje pasywacja i stal zbrojeniowa traci swoją ochronę antykorozyjną.

Wysokie *pH* wynika z obecności w spoiwie cementowym wodorotlenku wapniowego  $\text{Ca(OH)}_2$  (portlandytu), powstającego w reakcji cementu z wodą. Wodorotlenek wapniowy z cementu znajdujący się w porach betonu jest rozpuszczalny w cieczach. Jeżeli z jakiś przyczyn *pH* spadnie poniżej 11,5, zanika pasywacja stali w betonie. Przy wartościach *pH*=10 (11) stal wykazuje tylko niewielką lub w ogóle żadną aktywność korozyjną co oznacza, że stal zbrojeniowa w betonie o wartości *pH* ok. 12,5 nie koroduje.

#### KARBONATYZACJA BETONU

Karbonatyzacja betonu powstaje w wyniku przemiany wodorotlenku wapniowego  $\text{Ca(OH)}_2$  wchodzącego w reakcje z kwasem węglowym ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) w węglan wapniowy ( $\text{CaCO}_3$ ).

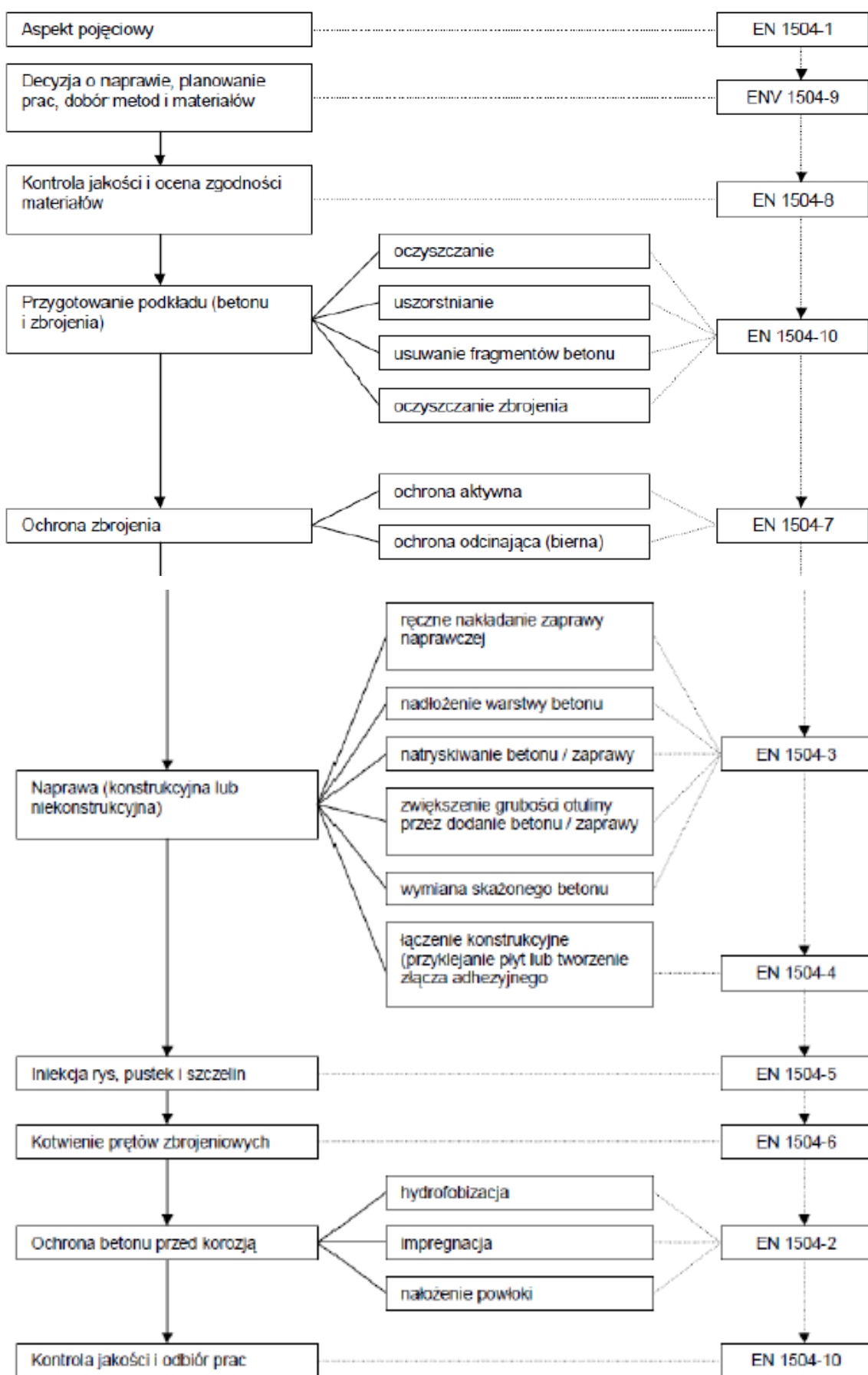
Największą szybkość karbonatyzacji obserwuje się przy wilgotności względnej pomiędzy 50 a 70%. Na podstawie badań w Wielkiej Brytanii głębokość karbonatyzacji jako funkcja wytrzymałości po 30 latach dla powierzchni zewnętrznej osłoniętej wynosiła dla betonu 25MPa ok. 60-70mm i 20-30mm dla betonu 50MPa, a dla powierzchni narażonych na deszcz odpowiednio 10-20mm i 1-2mm. Wynika stąd wpływ klasy betonu i wpływów środowiskowych na szybkość karbonatyzacji.

#### 5.1. Ogólne zasady i metody napraw konstrukcji betonowych

Istnieje wiele metod naprawczych oraz materiałów naprawczych, rozwiązań materiałowo-technologicznych różnych producentów chemii budowlanej do naprawy betonu, np.: MC – Bauchemie, Sika, PCI – BASF, Remmers, Schomburg, Weber DEITERMANN, AlmaColor, Polychem Systems, Valspar itp.

Wybór w projekcie systemu naprawczego wymaga analizy uszkodzeń, czynników korozyjnych i właściwości materiałów do naprawy i ochrony konstrukcji betonowych.

**Normy Europejskie** grupy PN-EN 1504, od PN-EN 1504-1 do 1504-10 pod wspólnym tytułem „Wyroby i systemy do naprawy i ochrony konstrukcji betonowych” pokazują różne możliwości napraw (rys.2), jednak nie narzucają konkretnych rozwiązań.



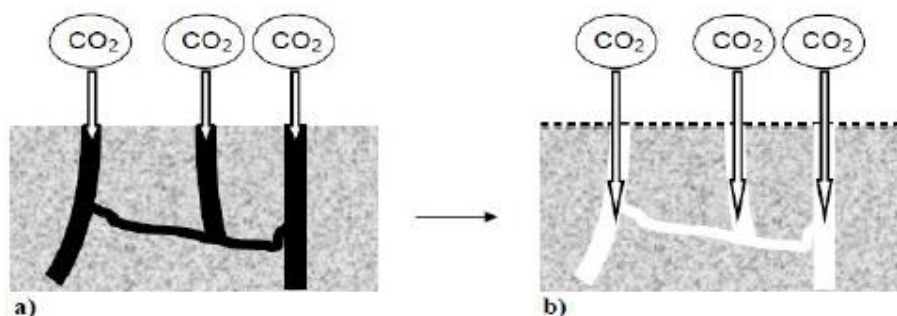
Rys.2. Etapy naprawy, metody oraz odpowiadające im normy z serii EN 1504



O wyborze metody oraz rozwiązania materiałowo-technologicznego winien rozstrzygnąć projekt naprawy.

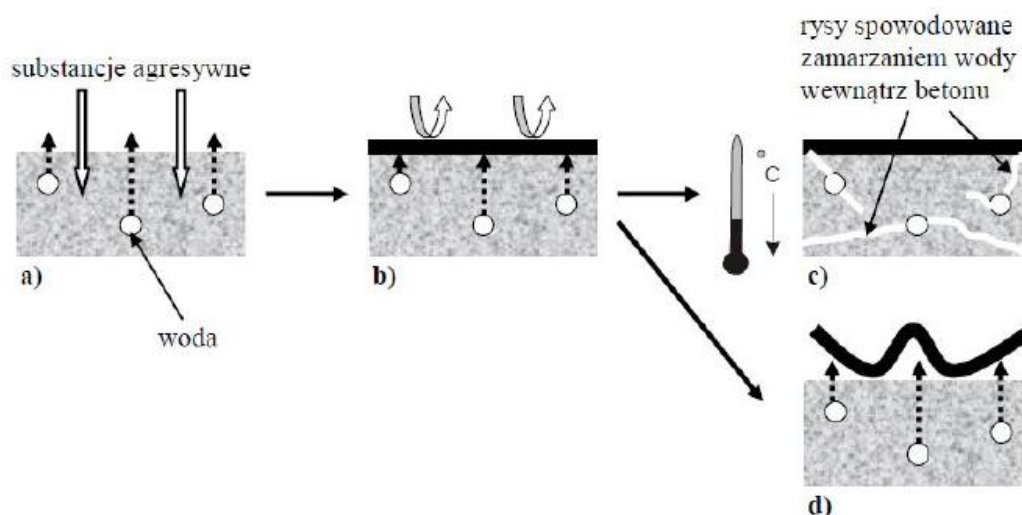
Należy jednak zawsze mieć na uwadze, że:

- system do impregnacji hydrofobizującej, stosowany w celu ograniczania zawilgocenia betonu, może powodować przyspieszenie karbonatyzacji (rys. 3),



Rys.3. W zawilgoconym betonie szybkość dyfuzji dwutlenku węgla jest mała (a); po hydrofobizacji beton jest zabezpieczony przed wilgocią, ale szybkość karbonatyzacji gwałtownie wzrasta (b).


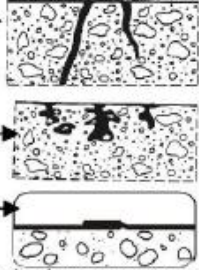
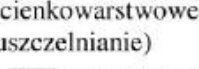


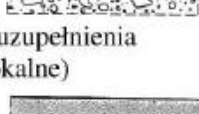
- nałożenie powłoki może powodować uwięzienie wilgoci pod powłoką, co prowadzi do utraty przyczepności lub zmniejszenia mrozoodporności, a także odspojenie powłoki i zewnętrznych warstw betonu (rys. 4),



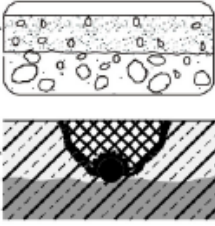
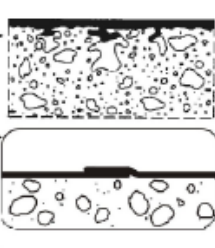

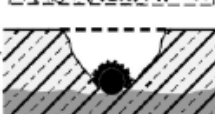
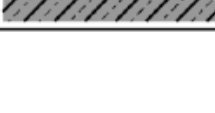
Rys.4. Nałożenie szczelnej powłoki ochronnej zabezpiecza beton przed wnikaniem agresywnych czynników z otoczenia, ale powoduje, że wilgoć zostaje uwięziona wewnątrz betonu (b), co może prowadzić do destrukcji mrozowej (c) lub utraty przyczepności (d).

Uszkodzenia betonu mogą być spowodowane oddziaływaniami fizycznymi, chemicznymi lub mechanicznymi. W normie PN-EN 1504-9 wyróżniono 6 zasad naprawy betonu – tab.7, natomiast w tab.8 podano zasady dotyczące ochrony zbrojenia stali zbrojeniowej w żelbecie w warunkach korozji lub zagrożeniu korozją.

Tab.7. Zasady i metody naprawy betonu wg PN-EN 1504-9

Oznaczenie	Zasada	Metoda	
PI	Ochrona przed wnikaniem (Protection against Ingress)	- impregnacja - iniekcja - powłoki ochronne	
MC	Ograniczenie zawilgocenia (Moisture Control)	- impregnacja /hydrofobizacja /uszczelnianie - powłoki ochronne (osłony/okładziny) - ochrona elektrochemiczna	
CR	Odbudowanie elementu (Concrete Restoration)	- betony i zaprawy - betony natryskowe - częściowa wymiana	
SS	Wzmacnianie (Structural Strengthening)	- iniekcja - dodatkowe pręty, płyty, taśmy - zwiększenie przekroju - sprężanie	
PR	Odporność na czynniki fizyczne (Physical Resistance)	- impregnacja - powłoki ochronne	
RC	Odporność na czynniki chemiczne (Resistance to Chemicals)	- impregnacja - powłoki ochronne	

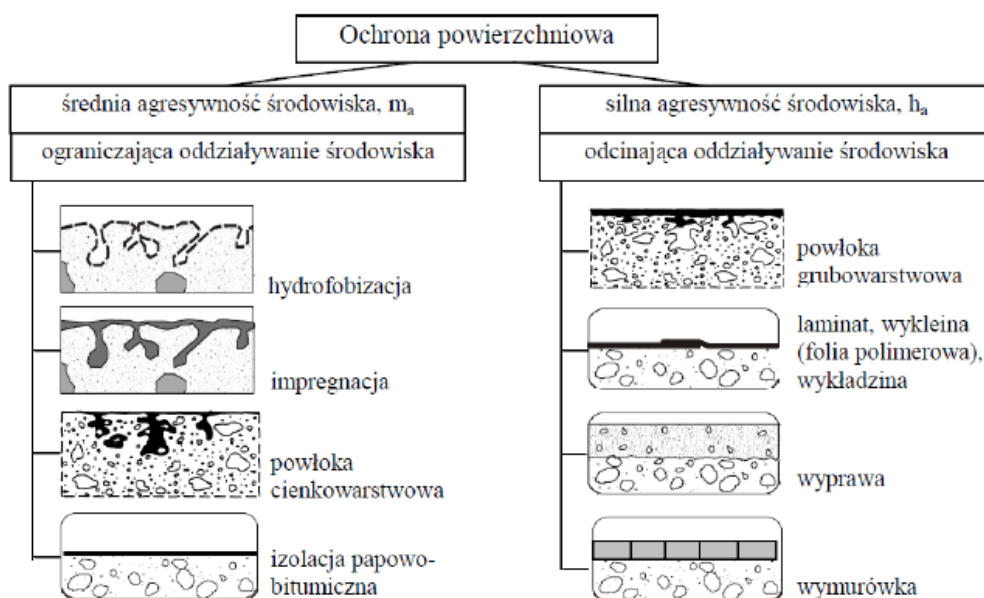
Tab.8. Zasady i metody dotyczące ochrony zbrojenia wg PN-EN 1504-9.

Oznaczenie	Zasada	Metoda	
RP	Utrzymanie lub przywrócenie stanu pasywnego stali zbrojeniowej (Preserving or Restoring Passivity)	- zwiększenie grubości otuliny - wymiana betonu - realkalizacja (elektrochemicznie) - usunięcie chlorków	
IR	Podwyższenie oporności elektrycznej otuliny betonowej (Increasing Resistivity)	- ograniczenie zawilgocenia - impregnacja /uszczelnianie - powłoki ochronne (okładziny)	
CC	Kontrola obszarów katodowych (Cathodic Control)	- ograniczenie dostępu tlenu – powłoki ochronne	
CP	Ochrona katodowa (Cathodic Protection)	- zewnętrzne źródło prądu	
CA	Kontrola obszarów anodowych (Control of Anodic Areas)	- powłoki na zbrojeniu - inhibitory korozji	

Sposoby ochrony konstrukcji betonowych przed korozją i zasady ich doboru są także przedmiotem **Polskich Norm** pod ogólnym tytułem „Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Konstrukcje betonowe i Żelbetowe”. Zbiór ten obejmuje m.in.:

- PN-B-01801:1982, *Podstawowe zasady projektowania,*
- PN-B-01805:1985, *Ogólne zasady ochrony,*
- PN-B-01806:1986, *Ogólne zasady użytkowania, konserwacji i napraw,*
- PN-B-01807:1988, *Zasady diagnostyki konstrukcji,*
- PN-B-01810:1986, *Własności ochronne betonu w stosunku do stali zbrojeniowej. Badania elektrochemiczne,*
- PN-B-01811:1986, *Ochrona materiałowo-strukturalna: wymagania,*
- PN-B-01813:1991, *Ochrona powierzchniowa dla silnego stopnia agresywności środowiska: zasady doboru.*

Ochrona powierzchniowa w środowisku średnio agresywnym powinna zapewniać ograniczenie, a w środowisku silnie agresywnym – odcięcie dostępu czynników agresywnych (rys. 5).



Rys. 5. Metody ochrony powierzchniowej betonu wg PN-91/B-01813.

Kolejność prowadzenia robót naprawczych powinna zapewnić co najmniej:

- wybór systemu naprawczego,
- przygotowanie podłoża,

*Właściwe przygotowanie podłoża betonowego i zbrojenia jest kluczowe dla zapewnienia skuteczności naprawy. Powinno być odpowiednie do wymaganego stanu podłoża, stanu konstrukcji, oraz aby możliwe było właściwe zastosowanie dobranego materiału naprawczego. Wybór metody obróbki powierzchni podłoża betonowego jest zawsze powiązany z efektem który należy uzyskać (tabl. 9). Podstawowym celem obróbki jest nadanie odpowiedniej struktury geometrycznej powierzchni, usunięcie warstw obniżających przyczepność, uszkodzonego i zniszczonego betonu, a tam, gdzie to konieczne również betonu nieuszkodzonego. Szczególnie istotne jest usunięcie betonu, w którym występują mikro rysy lub odspojenia, które zmniejszają przyczepność lub strukturalną jednolitość betonu.*

- łączenie starego betonu z nowym – wybranym materiałem naprawczym,
- uzupełnianie ubytków poprzez ręczne nakładanie zaprawy lub betonu, stosowanie betonu i zapraw natryskowych,
- naprawa rys, wg PN-EN 1504-10 stosując: iniekcje, nasączenie, techniki próżniowe. Całkowite wypełnienie małych rys o szerokości mniejszej niż 0,1 mm jest często trudne do osiągnięcia i w tym przypadku można zastosować żywice epoksydowe o małej lepkości lub specjalne mikrozaczyny cementowe,
- wykonanie powłoki ochronnej wg specyfikacji wyrobu określonej dla wybranego systemu naprawczego,
- przyklejenie płyt (rozwiązanie alternatywne) wg wybranego systemu naprawczego jako zbrojenie zewnętrzne z miękkiej stali, kompozytu zbrojonego włóknami lub innego materiału o odpowiedniej wytrzymałości i trwałości.

Tablica 9. Metody oczyszczania, uszorstniania i usuwania betonu wg PN-EN 1504-10, wg

	Metoda	Cel
Oczyszczanie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mechaniczne, przez młotkowanie i ścieranie</li> <li>– oczyszczanie strumieniowo-ściemne</li> <li>– czyszczenie strumieniem wody o niskim ciśnieniu, do ok. 18 MPa lub do ok. 60 MPa w przypadku ograniczeń w ilości wody</li> <li>– czyszczenie czystym sprężonym powietrzem lub oczyszczanie próżniowe</li> </ul>	Usunięcie pyłu, luźnych fragmentów materiału, zanieczyszczenia powierzchni oraz materiałów zmniejszających przyczepność lub uniemożliwiających zwilżanie przez materiały naprawcze; usuwanie warstwy betonu do 2mm; oczyszczone podłoże powinno być chronione przed dalszym zanieczyszczeniem
Uszorstnianie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mechaniczne, przez młotkowanie i ścieranie</li> <li>– oczyszczanie strumieniowo-ściemne</li> <li>– oczyszczanie strumieniem wody o wysokim ciśnieniu, do ok. 60 MPa</li> </ul>	Uzyskanie tekstury uszorstnionej powierzchni odpowiedniej dla stosowanych wyrobów i systemów; powoduje usunięcie betonu do głębokości 15 mm; przed wyborem obróbki należy określić teksturę uszorstnionej powierzchni, która powinna być zgodna z wymaganiami producenta wyrobów; tekstura powierzchni może zależeć od wielu czynników takich jak: wytrzymałość podłoża betonowego [60], wielkość i rodzaj kruszywa [62], a także wykończenie powierzchni (np. zacieranie);
Usuwanie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mechaniczne, przez młotkowanie</li> <li>– Oczyszczanie strumieniem wody o wysokim ciśnieniu (do ok. 60 MPa) i o bardzo wysokim ciśnieniu (do 110 MPa) – jeśli konieczne jest ograniczenie ilości wody</li> </ul>	Słaby, uszkodzony i zniszczony beton, a tam, gdzie to konieczne, także beton nieuszkodzony powinien być usunięty zgodnie z zasadą i metodą wybraną według normy PN-EN 1504-9. Stopień usunięcia betonu może być ograniczony względami konstrukcyjnymi.

W PN-EN 1504-5 *Wyroby i systemy na ochrony i naprawy konstrukcji betonowych – Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 5: Iniekcja betonu*, dotyczącej naprawy rys w betonie metodą iniekcji, podano klasyfikację rys odniesioną do oceny użyteczności materiału do wypełnienia rysy i spełnienia zakładanych funkcji. Ze względu na obecność wilgoci wyróżnia się rysy:

- a) suche; barwa rysy odpowiada barwie powierzchni suchego betonu,
- b) wilgotne; barwa rysy jest odmienna od barwy powierzchni suchego betonu i wskazuje na obecność wody jednak tylko wtedy gdy woda nie wypełnia rysy lub nie tworzy na krawędziach filmu,

c) mokre; stojąca woda w rysie, obecność kropli wody na powierzchni betonu w rysie, z przepływem wody.

Ponadto zostały przyjęte w normie kategorie szerokości rys (0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 0,8 mm) wyrażane jako cyfry 1-2-3-5-8, które podawane są w celu sklasyfikowania zdolności materiałów iniekcyjnych do ich penetracji i przyporządkowania właściwej metody badawczej do oceny materiału.

Do naprawy rys można stosować iniekcje, nasączenie lub techniki próżniowe. Uszczelnianie istniejących rys metodą iniekcji ma na celu zamknięcie rys i przekształcenie zarysowanych ścian w monolit.

Norma PN-EN 1504-5 określa cele, które można osiągnąć za pomocą naprawy metodą iniekcji oraz przywołuje za PN-EN 1504-9 zasadę nr 1 i zasadę nr 4 dotyczącą ochrony i naprawy konstrukcji, które można za pomocą iniekcji zrealizować.

Zasada I - ograniczenie lub zapobieżenie wnikania czynników jak woda i inne ciecze, pary, gazy w tym szczególnie substancji powodujących korozję stali zbrojeniowej; uzyskanie odpowiedniej szczelności i nieprzepuszczalności betonu (IP- protection against ingress).

Zasada IV - przywrócenie nośności lub wzmocnienie konstrukcji przez wzmocnienie betonu (SS-structural strengthening).

Materiał iniekcyjny wypełnia i uszczelnia rysy ale może także uszczelnić i wzmocnić mikrostrukturę betonu wokół iniektowanej rysy.

W celu przeciwdziałania niszczeniu konstrukcji budowlanych w wyniku korozji stosujemy ochronę materiałowo-strukturalną (zazwyczaj nie dotyczy wypełniania rys i pęknięć), czyli zwiększenie odporności materiału na działanie agresywnych środowisk przez odpowiedni dobór składu i struktury materiałów.

Ochrona materiałowo-strukturalna obiektów remontowanych polega na przywróceniu właściwego poziomu cech użytkowych betonu lub na ich poprawie, w tym zwłaszcza właściwości ochronnych betonu wobec stali zbrojeniowej. Cele te realizuje się przez naprawę podłoża betonowego, w szczególności stosując:

- iniekcję rys i pęknięć otuliny betonowej,
- impregnację betonu, zwłaszcza uszczelniającą,
- uzupełnienie ubytków betonu,
- zabezpieczenie zbrojenia.

W normie PN-EN 1504-2 rozważa się trzy metody ochrony powierzchniowej: impregnację hydrofobizującą, impregnację i nakładanie powłok.

Impregnacja polega na nasycaniu betonu preparatem poprawiającym niektóre jego właściwości, zwłaszcza odporność na wilgoć, szczelność i wytrzymałość mechaniczną w strefie przypowierzchniowej.

Hydrofobizacja występuje, jeśli zamierzony efekt impregnacji ogranicza się do zwiększenia odporności powierzchni betonu na wnikanie wody (co osiąga się dzięki zmniejszeniu zwilżalności powierzchni betonowej).

Stosowanie powłok (o grubości do 2 mm), wypraw (o grubości od 1 do 10 mm) i wykładzin (sztywnych płyt przyklejonych do podłoża) ma na celu ochronę konstrukcji przed niekorzystnym działaniem czynników zewnętrznych, takich jak woda, zmienna temperatura, dwutlenek węgla i inne agresywne czynniki chemiczne. Systemy ochrony powierzchniowej o szczególnych właściwościach (duża chemoodporność, odporność na uderzenia, wysoki stopień wodoszczelności) określa się jako powłoki lub wyprawy specjalne.

## **5. Opis stanu technicznego pompowni ścieków nr 1 oraz pobliskiej studni zbiorczej**

Z przedstawionych dokumentów wynika, iż konstrukcja została zaprojektowana w 2005 roku jako „mokra” pompownia ścieków wykonana z kręgów betonowych o średnicy 1200mm oraz wysokości (głębokości) 4,70m. Ściany zewnętrzne zaprojektowano o grubości 9cm. W wyniku przeprowadzonej wizji lokalnej wynika, iż mamy do czynienia z zaawansowaną korozją siarczanową i kwaśną, która doprowadziła do ubytków konstrukcji żelbetowej w powietrznej strefie zbiornika. Zauważono skorodowane już pręty zbrojeniowe, stąd można określić iż korozja sięga ponad 5cm o czym świadczy fakt, iż otulinę zbrojeniową przyjmuje się jako minimum 4cm. Podobna sytuacja ma się z płytą pokrywową, gdzie korozja jest już bardzo zaawansowana (załączone zdjęcia). Prawdopodobnie strefa mokra nie jest aż tak zdegradowana jak strefa powietrzna, ale nie zmienia to faktu, iż ją również **należy poddać renowacji**. Przy pracownikach ZWiK w Gostyniu otworzono również oddaloną od pompowni o ok. 1,5 metra studnię zbiorczą, która wykazuje także stan awaryjny. Dzieje się tak zawsze w przypadku grawitacyjnego połączenia pompowni z pobliskimi studniami. Tą konstrukcję należy również **poddać natychmiastowej renowacji**.

## **6. Proponowana technologia renowacji pompowni i studni**

**Jedynym słusznym rozwiązaniem problemu, przez panujące agresywne środowisko wewnątrz zbiornika będzie zastosowanie metody, która całkowicie odetnie agresywne**



**medium od konstrukcji. Wiąże się to z zastosowaniem technologii, która po pierwsze naprawi „konstrukcyjnie” ubytki w betonie, następnie odizoluje wilgoć betonu i na koniec zamknie dostęp agresywnego środowiska przez zastosowanie odpowiedniej membrany.**

Poniżej opisano właściwą technologię naprawy powierzchni wewnętrznych zbiornika.

#### **6.1. Czyszczenie hydrodynamiczne lub piaskowanie skorodowanej powierzchni betonu**

Są to roboty, które należy wykonać w pierwszej kolejności, gdyż ich wykonanie warunkuje sens i celowość następnych napraw i wzmocnień. W trakcie tych prac, po zdjęciu skorodowanego betonu, może okazać się konieczne wykonanie, wymienionych poniżej, niektórych napraw np. spękań i zarysowań konstrukcji ukrytych pod istniejącą korozją. Czyszczenie powinno odbywać się pod ciśnieniem 500-1500bar.

#### **6.2. Naprawa uszkodzonych elementów żelbetowych**

Prace przy użyciu wybranego systemu naprawczego wykonywać należy w porozumieniu z doradcą technicznym danej firmy stosując się ściśle do wskazań zawartych w kartach technicznych produktu. Pamiętać należy o tym, że skuteczność naprawy zależy w ogromnej mierze od przygotowania podłoża, należy więc zwrócić szczególną uwagę na staranność wykonania czyszczenia.

1. Przygotowanie podłoża betonowego - polega na skuciu luźnego betonu oraz betonu skorodowanego i zasolonego, aż do zdrowej warstwy, a następnie jego nawilżenie.
2. Wykucie odsłoniętych, skorodowanych prętów zbrojeniowych z powierzchni poziomych.
3. Wykonanie iniekcji ciśnieniowej (w razie konieczności) betonu aby zatrzymać dalszy proces przenikania wody przez konstrukcję. Do tego celu projektuje się użycie żywicy poliuretanowej iniekcyjnej. Iniekcje ciśnieniowe przed wykonaniem właściwej renowacji wykonać należy w pierwszej kolejności.
4. Oczyszczenie z korozji odsłoniętych prętów zbrojeniowych.
5. Zabezpieczenie antykorozyjne powłoką mineralną oczyszczonej stali zbrojeniowej.
6. Wykonanie natrysku materiału SPCC na bazie cementu.
7. Wykonanie warstwy odcinającej zalegającą wilgoć w istniejącym betonie.
8. Wykonanie właściwej renowacji poprzez zastosowanie systemu elastycznych powłok natryskowych.

#### **6.3 Renowacja systemem elastycznych powłok natryskowych**



Ustalenia zawarte w niniejszej technologii robót dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonaniem renowacji piaskownika.

W zakres robót wchodzi:

1. Mycie i czyszczenie przepompowni przy użyciu wody ciśnieniem min. 400-1500bar lub metodą strumieniowo ścierną poprzez piaskowanie. (w razie konieczności podkucie luźnych elementów konstrukcji).

2. Przygotowanie podłoża

Przed przystąpieniem do wykonywania prac naprawczych zaleca się przeprowadzenie dokładnej analizy stanu zniszczenia podłoża. Podłoża pod zaprawę kontaktową powinny być trwałe, sztywne, nieodkształcające się. Naprawiane powierzchnie powinny być wolne od kurzu, sadzy, tłuszczów, smarów, środków antyadhezyjnych itp. Przygotowanie podłoża betonowego polegać będzie na skuciu luźnego betonu oraz betonu skorodowanego i zasolonego aż do zdrowej warstwy, a następnie jego nawilżenie. Do tego celu zastosować należy metodę piaskowania lub metodę hydrodynamiczną. W metodzie tej woda o ciśnieniu około 40-150 MPa (strumień długości 1 ÷ 6 cm) powoduje zdjęcie warstwy powierzchniowej skorodowanej. Uzyskuje się w ten sposób powierzchnię szorstką, czystą i nawilżoną, bez mikropęknięć (bo woda o takim ciśnieniu rozrywa mikropęknięcia; należy zapewnić odprowadzenie tej wody z obiektu). Stal zbrojeniową należy oczyścić metodą strumieniowo ścierną do klasy czystości co najmniej Sa2. Otulinę betonową wokół stali zbrojeniowej należy odkuć do miejsca niewykazującego korozji. Oczyszczonych prętów nie należy pozostawiać bez pokrycia ich specjalistyczną zaprawą.

3. Iniekcje ciśnieniowe

W przypadku wystąpienia przecieków przez oczyszczone powierzchnie projektuje się wykonanie w tych miejscach iniekcji ciśnieniowych betonu aby zatrzymać dalszy proces przenikania wody przez konstrukcję. Do tego celu projektuje się użycie żywicy poliuretanowej iniekcyjnej. Iniekcje ciśnieniowe przed wykonaniem właściwej renowacji wykonać należy w pierwszej kolejności.

4. Wykonanie warstwy szczepnej

Zaprawę nakłada się na naprawianą powierzchnię przy pomocy szczotki lub pędzla z twardym krótkim włosiem, mocno wcierając ją w podłoże. Następne warstwy systemu należy nakładać na jeszcze wilgotną warstwę kontaktową, metodą „mokre na mokre”. W przypadku wyschnięcia warstwy przed nałożeniem kolejnej warstwy systemu, należy zaprawę nanieść ponownie.

5. Wykonanie warstwy naprawczej od 5 do 50mm

Zaprawę należy nałożyć przy pomocy pacy stalowej na warstwę szepną metodą „mokre na mokre”. Należy ją rozprowadzić na całej naprawianej powierzchni silnie dociskając ją do podłoża. Należy zwrócić uwagę aby nie pozostawiać pustych przestrzeni. Zaprawę można wygładzić pacą stalową, ewentualnie zatrzeć ją pacą styropianową lub pacą z gąbką. Zaprawa ta może być warstwą ostateczną. Jeśli przewidziane jest nakładanie warstwy gładzi naprawczej, nie należy wygładzać powierzchni tej zaprawy. Warstwę gładzi można wykonywać po 24 godzinach schnięcia zaprawy naprawczej. Kolejne prace związane z wykonaniem warstwy antykorozyjnej membranowej można wykonywać po ustabilizowaniu się parametrów technicznych (po ok. 1-2 tygodniach).

6. Wykonanie warstwy wygładzającej

Zaprawę wygładzającą należy nałożyć przy pomocy pacy stalowej na zaprawę szepną metodą „mokre na mokre” lub na zaprawę naprawczą po 1 dniu jej schnięcia (w temp od +5 do +25°C). Zaprawę należy równomiernie rozprowadzić na całej naprawianej powierzchni silnie dociskając ją do podłoża. Jeśli zaprawa wygładzająca jest jednocześnie warstwą naprawczą należy zwrócić uwagę aby nie pozostawiać pustych przestrzeni, następnie zaprawę wygładzić pacą stalową. Na dużych powierzchniach zaleca się zatrzeć całą powierzchnię pacą styropianową lub pacą z gąbką. Kolejne prace związane z wykonaniem warstwy antykorozyjnej membranowej można wykonywać po ustabilizowaniu się parametrów technicznych (po ok. 1 tygodnia).

7. Wykonanie warstwy odcinającej wilgoć zalegającą w betonie

Specjalnie modyfikowaną substancjami mineralnymi żywicę epoksydową przeznaczoną do gruntowania podłoży należy nanieść za pomocą pacy lub wałka na wcześniej przygotowaną powierzchnię. Następnie warstwę żywicy należy zaspąć za pomocą pistoletu pneumatycznego piaskiem o uziarnieniu 0,16-0,60mm. Na tak przygotowany podkład należy nanieść za pomocą pac warstwę zamykającą w postaci żywicy epoksydowej z dodatkiem suszonego ogniowo piasku kwarcowego 0,1-0,3mm. Dodatkowo można zastosować również na koniec procesu zasypkę piaskiem 0,16-0,6mm za pomocą pistoletu w celu poprawienia przyczepności ostatecznej powłoki polimocznikowej z warstwą odcinającą.

8. Prace wykończeniowe i aplikacja elastycznej powłoki

Po wykonaniu powyższych prac, przygotowane podłoże należy pokryć specjalistycznym środkiem gruntującym (Primer). Jest to szybko sieciujący, poliuretanowy lub epoksydowy primer do stalowych, asfaltowych, bitumicznych powierzchni oraz do betonu. Używany również do membran i podkładów membranowych. Konieczne jest dodanie całego pojemnika utwardzacza, Składnika B, do całego pojemnika żywicy, Składnika A, a następnie wymieszanie ich w oddzielnym pojemniku przy użyciu mechanicznego mieszadła do farb przez minimum 30 sekund. Po wymieszaniu, Primer powinien być od razu nałożony na przygotowane podłoże za pomocą płaskiej, gumowej lub piankowej rakli lub wałka. Następnie primer musi być wyrównany przy pomocy wałka o średnim włosiu aby wypełnić luki i pory w podłożu. Bardzo porowate lub wilgotne podłoża wymagają dwukrotnej aplikacji podkładu w celu pełnego uszczelnienia powierzchni. Po wyschnięciu primera metodą natrysku 180-240bar wykonuje się warstwę antykorozyjną i uszczelniającą Polyurea 100%. Obciążenie konstrukcji ściekami lub wodą może nastąpić 10-15 sekund po aplikacji powłoki.

## 7. Podsumowanie i wnioski

1. Niezwłocznie należy przystąpić do robót renowacyjnych całej powierzchni wewnętrznej, w tym stropu
  2. Budowla jest poddana ciągłemu oddziaływaniu agresywnemu chemicznie środowisku. Bezpośrednio przez ciecz jak i opary. To spowodowało, że beton wykazuje zaawansowaną korozję chemiczną i kwaśną.
  3. Na czas robót należy wyłączyć komorę z eksploatacji, stosując włączenie się do istniejącej sieci tłocznej poprzez zastosowanie by-passu.
  4. Wykonać czyszczenie hydrodynamiczne (min. 500-1500 bar) lub poprzez piaskowanie w celu usunięcia skorodowanego betonu. Wg przeprowadzonych badań korozja sięga miejscami ponad 5cm.
  5. Ocenic fragmenty wymagające piaskowania bądź śrutowania lub skuwania.
  6. Wykonać piaskowanie oczyszczając skorodowane pręty zbrojeniowe.
  7. Natrysk zapraw SPCC wykonać po oczyszczeniu i zbadaniu pH konstrukcji Rainbow testem a także wykonać test pull-off.
  8. Budowla nadal w swym przeznaczeniu po renowacji będzie w sposób ciągły poddawana agresji chemicznej o różnym stopniu stężenia i zmiennym odczynie pH.
  9. Wykonać warstwę odcinającą wilgoć zawartą w betonie od ostatecznej powłoki.
9. Na powłokę odcinającą wilgoć zastosować szczelną membranę - polimocznikowy elastomer w celu całkowitego odcięcia środowiska agresywnego od konstrukcji dla obu konstrukcji – pompownia i studnia zbiorcza. Naniesienie membrany wykonać należy specjalistycznym robotem natryskowym z możliwością automatycznego ustawienia prędkości głowicy obrotowej na której znajduje się pistolet malarski oraz możliwością ustawienia prędkości przesuwu w pionie tak, aby zachować stałą i monolityczną jej grubość na całej powierzchni ścian. Nie dopuszcza się malowania sposobem ręcznym lub pistoletem ręcznym powierzchni ścian obudowy, aby uniknąć ryzyka powstania niejednorodności membrany na powierzchniach ścian.

Parametry membrany:

- Twardość Shore'a 75-80D
- Wytrzymałość na ściskanie 38MPa
- Wydłużenie przy zerwaniu 7%

- Moduł Younga 1350MPa,
- Odporność temperaturowa 75st.C,
- Moduł przy zginaniu 1900MPa

10. Renowacja musi skutkować skuteczną ochroną budowli ciągle narażoną na agresję chemiczną o zmiennym pH.

Opinię wykonano na podstawie dostępnych na rynku materiałów, produktów i technologii. Wybrano dla powyższego zadania najkorzystniejszą metodę renowacji.

Spełnienie wymagań zawartych w powyższej opinii zapewni długotrwałą eksploatację piaskownika przez długie lata.

Opracował

dr inż. Tomasz Pawlak

## Literatura

1. Norma PN-EN 1610 Budowa i badanie przewodów kanalizacyjnych, Praktyka instalacji pod ziemią i nad ziemią (norma w fazie końcowych uzgodnień).
2. Norma PN-EN 1917 Studzienki kanalizacyjne betonowe, żelbetowe i zbrojone włóknem stalowym.
3. Norma PN-EN 476 Wymagania ogólne dotyczące elementów stosowanych w systemach kanalizacji grawitacyjnej.
4. Norma PN-B-10736 Roboty ziemne. Wykopy otwarte dla przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych. Warunki techniczne wykonania.
5. Norma PN-EN 752-1 Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Pojęcia ogólne i definicje.
6. Norma PN-EN 752-2 Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Wymagania.
7. Norma PN-EN 752-3 Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Planowanie.
8. Norma PN-EN 752-4 Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Obliczenia hydrauliczne i oddziaływania na środowisko.
9. Norma PN-EN 752-5 Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Modernizacja.
10. Norma PN-EN 752-7 Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Eksploatacja i użytkowanie.
11. Norma PN-EN 12063 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ścianki szczelne.
12. Norma PN-EN 13508-1 Stan zewnętrznych systemów kanalizacyjnych. Wymagania ogólne.
13. Norma PN-EN 13508-2 Stan zewnętrznych systemów kanalizacyjnych. System kodowania inspekcji wizualnej.
14. Ustawa z dnia 12 Września 2002 r. o normalizacji, Dz. U. nr 169 poz. 1386.
15. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 23 czerwca 2003 r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia.
16. Płóciennik S., Wilbik J: Warunki techniczne wykonania i odbioru sieci kanalizacyjnych, zalecane do stosowania przez Ministerstwo Infrastruktury, zeszyt 9, COBRTI Instal 2003.
17. Wytyczne ATV – A 140P Zasady eksploatacji kanałów ściekowych, część 1: Kanalizacja.
18. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. nr 120, poz. 1133).

19. Wytyczne ATV-DVWK – A127P Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe kanałów i przewodów kanalizacyjnych. Wydanie 3, czerwiec 2000. Wydawnictwo „Seidel-Przywecki” Sp. z o.o.
20. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego.
21. Norma PN-B-06050 Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
22. Norma PN-92/B-10727 Kanalizacja. Przewody kanalizacyjne na terenach górniczych. Wymagania i badania przy odbiorze.
23. Norma PN-EN ISO 14688-1:2002 Badania geotechniczne – Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów – Część 1: Oznaczanie i opis.
24. Norma PN-EN ISO 14688-2:2002 Badania geotechniczne – Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów – Część 2: Zasady i klasyfikowanie.
25. Norma PN- 86/B-01811 Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Konstrukcje betonowe i żelbetowe. Ochrona materiałowo-strukturalna. Wymagania.
26. PN – 82/B-01801 Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Konstrukcje betonowe i żelbetowe. Podstawowe zasady projektowania.
27. Norma PN- EN 206 – 1 Beton zwykły, Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.

Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Zbiorników Betonowych Oczyszczalni Wody i Ścieków. praca zbiorowa, Warszawa 1998 r.

Opracował

dr inż. Tomasz Pawlak

# ZAŁĄCZNIKI





Zdj. 1. Widok pompowni nr 1 – Daleszyn



Zdj. 2. Widok pompowni nr 1 – Daleszyn





Zdj. 3. Widok skorodowanych ścian pompowni nr 1 – Daleszyn



Zdj. 4. Widok skorodowanych ścian pompowni nr 1 – Daleszyn





Zdj. 5. Właz pobliskiej studni przy pompowni nr 1.



Zdj. 6. Widok wnętrza pobliskiej studni przy pompowni nr 1.





Zdj. 7. Widok wnętrza pobliskiej studni przy pompowni nr 1.



Zdj. 8. Widok wnętrza pobliskiej studni przy pompowni nr 1.