



**FIRMA**  
**"ABS - OCHRONA ŚRODOWISKA"**  
**SPÓŁKA Z O.O.**



NAJLEPSZA  
PRZESTRZEŃ  
PUBLICZNA

LAUREAT KONKURSU NA NAJLEPSZĄ PRZESTRZEŃ PUBLICZNĄ  
WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO 2008 ORAZ 2012

**Wykonawca: Firma ABS Ochrona Środowiska Sp. z o.o.**  
ul. Wierzbowa 14, 40-169 Katowice

**Zamawiający: Prezydent Miasta Piekary Śląskie,**  
ul. Bytomska 84, 41-940 Piekary Śląskie

## **Ekspertyza**

**oceny stanu technicznego tunelu rzeki Szarlejka, wraz z rozwiązaniem  
zabezpieczenia konstrukcji i kosztorysem szczegółowym oraz specyfikacją  
wykonania i odbioru robót**

Wykonawca opracowania			FIRMA		
„ABS - OCHRONA ŚRODOWISKA” SPÓŁKA Z O.O.					
40-169 Katowice, ul. Wierzbowa 14, tel./fax (032) 258 90 15					
	Imię i nazwisko	Nr uprawnień	Specjalność	Data opracowania	Podpis
Projektant	mgr inż. Grzegorz DURCZYŃSKI	5217/13	drogowa	kwiecień 2015 r.	
Sprawdził	inż. Andrzej JEKSA	75/81	Konstrukcyjno - budowlana	kwiecień 2015 r.	

**Adres siedziby:**  
40-169 KATOWICE  
ul. Wierzbowa 14  
tel./fax: 032 258 90 15  
kom. 605 245 370

NIP 634-24-41-957  
REGON 277637932  
KRS 0000044823  
e-mail: firmaabs2@gmail.com  
e-mail: firmaabs@gmail.com

**Konto bankowe:**  
BANK BPH PBK SA  
Oddział Katowice  
84106000760000320000763650

KAPITAŁ ZAKŁADOWY  
50.000 PLN

## Spis treści

1. Wstęp .....	3
1.1. Podstawa formalna opracowania .....	3
1.2. Cel i zakres opracowania .....	3
2. Ogólny opistechiczny tunelu .....	3
3. Ocena stanu istniejącego konstrukcji tunelu .....	7
4. Proponowane zabezpieczenia konstrukcji .....	16
4.1. Czyszczenie wysokociśnieniowe .....	16
4.2. Demontaż stalowych elementów .....	17
4.3. Zabezpieczenie murów w części nr 1 .....	17
4.4. Iniekcja żywiczna .....	18
4.4.1. Naprawa rys .....	18
4.4.2. Naprawa przerw dylatacyjnych .....	29
4.5. Beton natryskowy .....	30
5. Wnioski .....	30
6. Spis załączników .....	32
7. Literatura .....	32

## **1. Wstęp**

### **1.1. Podstawa formalna opracowania**

- Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 02.09.2004 r. (Dz.U.Nr 202 poz. 2072 z dnia 16.09.2004 r.) w sprawie szczegółowego zakresu i form dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno użytkowego
- Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 18.05.2004 r.(Dz.U.Nr 130 poz.1389 z dnia 16.09.2004 r.) w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczenia planowanych kosztów prac projektowych oraz planowanych kosztów robót budowlanych określonych w programie funkcjonalno-użytkowym
- umowa z inwestorem
- przedmiotowe normy i literatura przedstawione na końcu opracowania<sup>1</sup>

### **1.2. Cel i zakres opracowania**

Ekspertyza ma na celu określenie aktualnego stanu technicznego tunelu rzeki Szarlejka, zlokalizowanego w Piekarach Śląskich. Ekspertyza została wykonana na podstawie oceny wizualnej, udokumentowanej fotograficznie. Po ocenie stanu technicznego zaproponowano kilka rozwiązań konstrukcyjnych oraz odpowiadające im wyliczenia kosztów.

## **2. Ogólny opis techniczny tunelu<sup>2</sup>**

Tunel rzeki Szarlejka można podzielić na 3 części. Część numer 1 jest najstarszym fragmentem tunelu. Wlot tunelu znajduje się przy ul. Kanałowej, natomiast koniec zlokalizowany jest w okolicach skrzyżowania ulic Józefa Janty i Henryka Sienkiewicza. Na podstawie dostępnej dokumentacji[2] powstanie tunelu określa się na lata 1862-1872. Tunel został wykuty w skale i obmurowany cegłą oraz kamieniem wapiennym i dolomitowym na zaprawie z wapna hydraulicznego. Prostokątny przekrój tunelu posiadał strop sklepiony. Tunel był wykonany na długości 508 m bez przerw dylatacyjnych. Szerokość tunelu wynosiła w najszerzej części 4,2 m a wysokość 2,2m.

Ze względu na zamulenie dna oraz zły stan techniczny obiektu tj. miejscowe ubytki obudowy murowej i wypłukanie zaprawy, w latach 1971-1974 odnotowano pierwszą rekonstrukcję tunelu[2]. W latach wcześniejszych było prowadzone jedynie wzmocnienie tunelu obudową wtórną, złożoną z ceowników połączonych z murem kotwami klinowymi i siatki ogrodzeniowej. Prace remontowe ze względu na niejednakowy stan tunelu na długości,

prowadzone były w zróżnicowanym stopniu. Prace te uwzględniały podwyższenie spągu tunelu, częściową wymianę murów ociosowych, podwyższenie sklepienia oraz całkowitą wymianę obudowy wtórnej. W nowych elementach murowanych użyto cegły półklinkierowej na zaprawie cementowej. Grubość obudowy wynosiła około 50 cm[2]. W naprawionym murze wykonano szczeliny dylatacyjne umieszczone co 50 m, uszczelnione taśmą z polichlorku winylu[2]. Podwyższenie sklepienia wprowadzono zarówno przez murowanie nowego sklepienia jak i przez wykonanie sztywnej stalowej obudowy, pokrytej betonem natryskowym. Stalowe korytka ŁK 21 obudowy górniczej były rozmieszczane średnio co 1 m i połączone ze sobą rozporami. Posadowienie łuków na starych naprawionych murach ociosowych na wysokość ok 0,5m obetonowano ławami fundamentowymi. Na warstwie mułu położono płytę betonową grubości 10-15 cm tworząc nowe dno tunelu. W połowie roku 1974 roboty remontowe zakończono. Wysokość nowego tunelu wahała się od 2,6m do 3, 15m[2]. Wnętrze zostało zabezpieczone środkami chemicznymi.

Obecny kształt tunelowi nadały prace remontowe prowadzone w latach 1988-1990. Po wykonaniu licznych ocen wpływów górniczych oddziaływających na obiekt zdecydowano się wzmocnić konstrukcję i podwyższyć strup tunelu. Wg badań geotechnicznych przeprowadzonych w 1983 r. [4] stwierdzono, że występujące w poziomie posadowienia tunelu i pod nim wapienie są mocno spękane. Na silnie zerodowanym stropie wapieni zalegają twardoplastyczne zwietrzliny gliniaste o różnej miąższości. Ponad nimi znajdują się również twardoplastyczne ily i gliny piaszczyste. Nad nimi występuje warstwa nasypów i gleba. Podwyższenie konstrukcji tunelu zdecydowano się przeprowadzić metodą „górnica”. Nowo drążone wyrobisko zostało usytuowane bezpośrednio nad starym korytem rzeki. Posadowienie nowej części umieszczono na wysokości 15 cm nad lustrem wody, bezpośrednio na wezłowiach murowanej części tunelu. Oparcie sklepienia łukowego na murze zostało dodatkowo zakotwione w skałach co 1-2m. Kotwy mają długość minimum 2,5m i średnicę żerdzi stalowej  $\phi 10$ . Zapewniają one współpracę konstrukcji z sąsiednimi skałami, co znacznie poprawia jej stateczność. Główną konstrukcję sklepienia stanowią kształtowniki ŁP8/V25 w rozstawie co 0,5m[4]. Na długości 400m tunelu dodatkowym elementem zabezpieczającym były poziome rozpory również z kształtowników ŁP8/V25, które obecnie są przycięte. Grubość ściany żelbetowej sklepienia wynosi minimum 40 cm. Zbrojenie ściany stanowią siatki zgrzewane złożone z prętów średnicy  $\phi 10$  o oczkach 100mm x 100mm oraz 250mm x 250mm. Wykorzystano stal 34GS oraz beton natryskowy klasy B20, odpowiadający dziś klasie C16/20[4]. Szczeliny dylatacyjne rozmieszczone są co 15 m. Według dokumentacji[3], w celu wzmocnienia gruntu nad tunelem wykonano otwory cementacyjno-wzmacniające zbrojone prętami  $\phi 30$  w rozstawie co 1-1,5m.

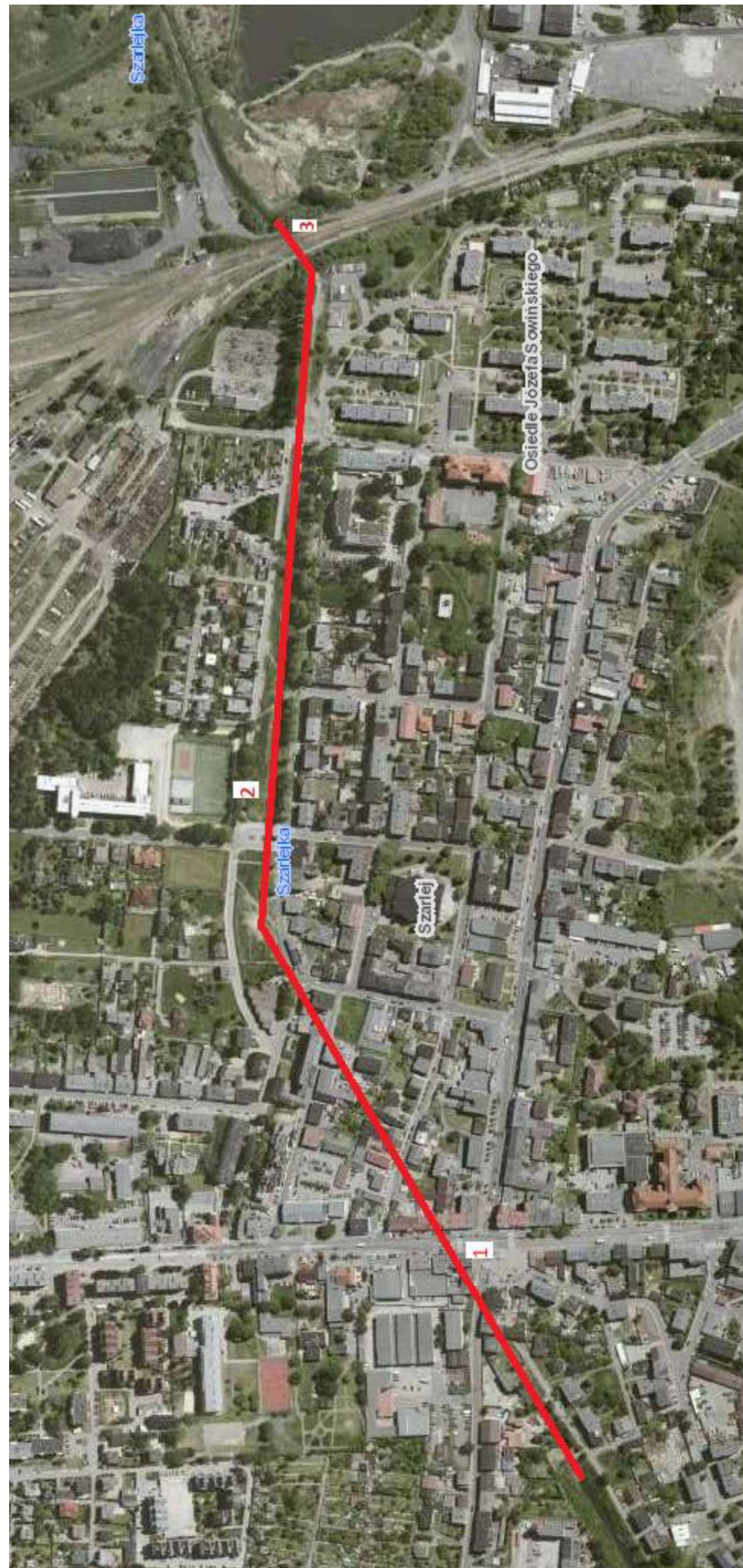
Część nr 2 jest fragmentem zbudowanym w roku 1992 [5] wzdłuż ulicy Józefa Janty. Łączy ona część nr 1 z przepustem kolejowym, oznaczonym na rys. nr 1 jako część 3, wznoszonym w tym samym czasie. Prace prowadzone były w otwartym korycie rzeki. Dno tunelu wykonane jest z prefabrykowanych płyt żelbetowych układanych na wyrównanym i zagęszczonym dnie rzeki. Grubości płyt wynoszą od 50 do 90 cm. Do wykonania płyt wykorzystano beton B20(dziś C 16/20) oraz pręty okrągłe klasy A-I o średnicach  $\phi 14$  i  $\phi 18$ [5]. Górne segmenty tunelu stanowi obudowa łukowa wykonywana w deskowaniu



przestawnym na miejscu budowy. Do wykonania górnej części przykrycia wykorzystano beton B15 (dziś C 12/15) o stopniu wodoszczelności W4 oraz pręty okrągłe klasy A-I i A-II o średnicach  $\phi 14$  i  $\phi 18$  [5].

Ze względu na możliwe wpływy górnicze co 10m wprowadzono dylatacje obwodowe. Na tej części można rozróżnić dwa przekroje tunelu. Pierwszy, o szerokości 4 m i wysokości 4,6 m ciągnie się od połączenia z częścią nr 1, aż do mostu przeprowadzającego ulicę Szpitalną nad rzeką. Jego żelbetowa konstrukcja ma szerokość 7 m oraz długość 5 m. Niniejsze opracowanie nie dotyczy oceny stanu technicznego mostu. Drugi, mniejszy przekrój tunelu zaczyna się zaraz za mostem i kończy na połączeniu części nr 2 z przepustem. Szerokość tego przekroju jest taka sama jak w przypadku przekroju przed mostem, natomiast wysokość jest mniejsza i wynosi 3,9 m. Przekroje tunelu zostały przedstawione na rysunku nr 1 w załącznikach. Całkowita długość części nr 2 wynosi 603,5 m. Po zabudowaniu tunelu, teren został wyrównany mniej więcej do poziomu biegnących wzdłuż rzeki ulic, piaszczystym gruntem zasypowym. Nadkład gruntu nad tunelem waha się od 0m (na odcinku około 10 m za tunelem tunel wychodzi ponad poziom terenu) do 9m w miejscu połączenia części nr 1 i 2. Co około 50 m na długości tunelu zlokalizowanych jest 11 studzienek rewizyjnych. Studzienki złożone są z betonowych kręgów o średnicy 120 cm i grubości ścianek 12 cm. Na powierzchnię prowadzą żeliwne stopnie umieszczone co 30 cm. Na odcinku około 460 m od mostu do połączenia z częścią nr 1 znajduje się drewniany podest oparty na wspornikowo zamontowanej konstrukcji stalowej. Stalowe części zostały zabezpieczone antykorozyjnie preparatami opartymi na farbie „Korsil”

Część nr 3 jest żelbetowym przepustem o przekroju okrągłym, średnicy 3,4m, poprowadzonym pod nasypem drogowym. Długość przepustu wynosi 58,65m.



Rys. 1. Schematyczny układ trzech części tunelu rzeki Szarlejka -geoportal

### 3. Ocena stanu istniejącego konstrukcji tunelu

#### Część nr 1

We wnętrzu tunelu można zauważyć niejednorodność przekrojów poprzecznych ze względu na wcześniejsze różne stopnie modernizacji obiektu. Szczególną uwagę zwracają ścianki muru, na którym oparte jest żelbetowe sklepienie. Mury są od ponad 150 lat stale zanurzone w wodzie i narażone na turbulentny jej przepływ w okresach wzmożonych opadów. Ocenia się, że ogólny stan murów jest zły i wymaga naprawy. Na fotografiach nr 1 i 2 można zauważyć podjęte próby zabezpieczenia murów przed wpływami wody, która regularnie wypłukuje zaprawę spomiędzy cegieł i kamieni wapiennych. Zabezpieczenie nie spełnia swojej roli, ponieważ licowa warstwa betonu nie była trwale połączona z murem.



*Fot. 1. Część nr 1 tunelu rzeki Szarlejka*

Średni poziom mułu liczony od dna koryta wynosi około 1,05m. Pomost roboczy złożony z elementów stalowych i drewnianych rozpada się, uniemożliwiając jego użytkowanie [fot 1,2,3].





*Fot. 2. Część nr 1 tunelu rzeki Szarlejka*



*Fot. 3. Oparcie sklepienia na murze, widok pomostu roboczego*

Wszystkie przerwy dylatacyjne są nieszczelne. Na fotografii nr 4 widać, że próbowano je naprawić, uszczelniając je pianką poliuretanową wewnątrz. Warstwę wieńczącą miały stanowić pasy gumy. Zabezpieczenie nie przyniosło oczekiwanych rezultatów. Woda gruntowa dostając się do tunelu powoduje działania erozyjne zarówno betonu jak i spękanych skał otaczających obiekt.

4a)



4b)



*Fot. 4. Nieszczelne zabezpieczenie dylatacji*

Zauważono tendencje do powstawania pęknięć – średnio 2 pęknięcia na jeden segment tunelu między przerwami dylatacyjnymi. Sięgają one na wysokość do 3m. Przez pęknięcia do wnętrza tunelu przedostaje się woda gruntowa. Woda oraz zawarte w niej sole mają destrukcyjny wpływ na konstrukcje betonowe. Obserwując powstałe białe wykwity na ścianach tunelu bezpośrednio przy rysach można przypuszczać, że nastąpiła korozja węglanowa spowodowana przez dwutlenek węgla wnikaający w pory betonu. Ten, w reakcji z wodorotlenkiem wapnia, występującym w stwardniałym zaczynie cementowym tworzy węglan wapnia, który krystalizuje w porach betonu. Dalsze reakcje dwutlenku węgla, wody oraz węglanu wapnia powodują powstanie wodorowęglanu wapnia, który zostaje wymywany z betonu, a następnie krystalizuje się na jego powierzchni tworząc białe naloty [1][fot. 5]. Cały proces powoduje wzrost porowatości betonu i obniżenie jego właściwości wytrzymałościowych. Obecność rdzawych wykwitów świadczy o tym, że korozja objęła także pręty zbrojeniowe. Beton pracujący w takich warunkach jak tunel rzeki Szarlejka jest narażony również na korozję spowodowaną chlorkami i siarczanami. Korozja siarczanowa



jest szczególnie niebezpieczna, z uwagi na to, że reakcje powstające w porach betonu rozsadzają go od środka.



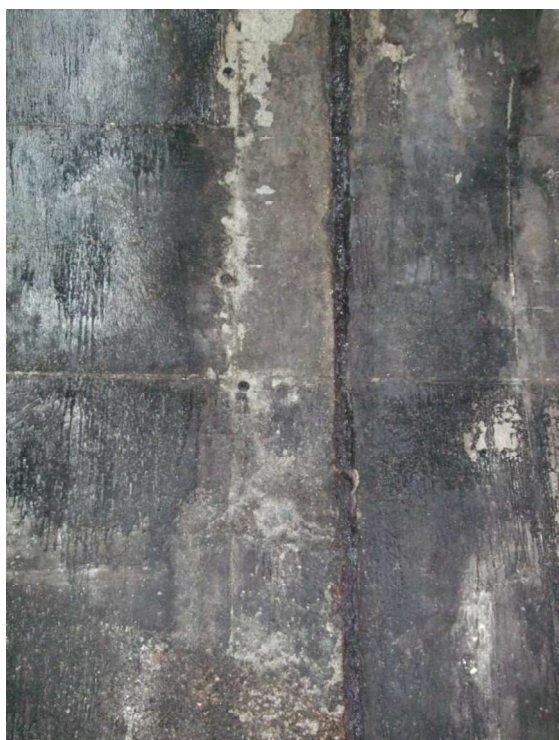
*Fot. 5. Białe i rdzawe wykwity na rysach*

## Część nr 2

Pierwszym elementem, na który należy zwrócić uwagę są przerwy dylatacyjne. Szerokie na 5 cm, wypełnione są w całości styropianem. Większość z nich jest zniszczona oraz nieuszczelna co powoduje przedostawanie się wody gruntowej do wnętrza tunelu. Jest to szczególnie widoczne w czasie obfitych opadów deszczu. Ze względu na stopień zniszczenia przerw dylatacyjnych można wyróżnić 2 grupy. Pierwszą grupę stanowią dylatacje zachowane w całości bądź nadające się do uzupełnienia [rys. 6a]. Druga grupa dylatacji jest zniszczona całkowicie [rys. 6b]. Woda, która przedostaje się przez nieuszczelne przerwy dylatacyjne powoduje korozję betonu. Fotografia nr 6 przedstawia oba stopnie zniszczenia dylatacji.

Stwierdzono, że liczba przerw dylatacyjnych z grupy pierwszej wynosi 27, a z grupy drugiej 33, z których zaobserwowano także wyciek wody. W niektórych miejscach przy dylatacjach zostały odkryte również skorodowane marki stalowe [fot. 7].

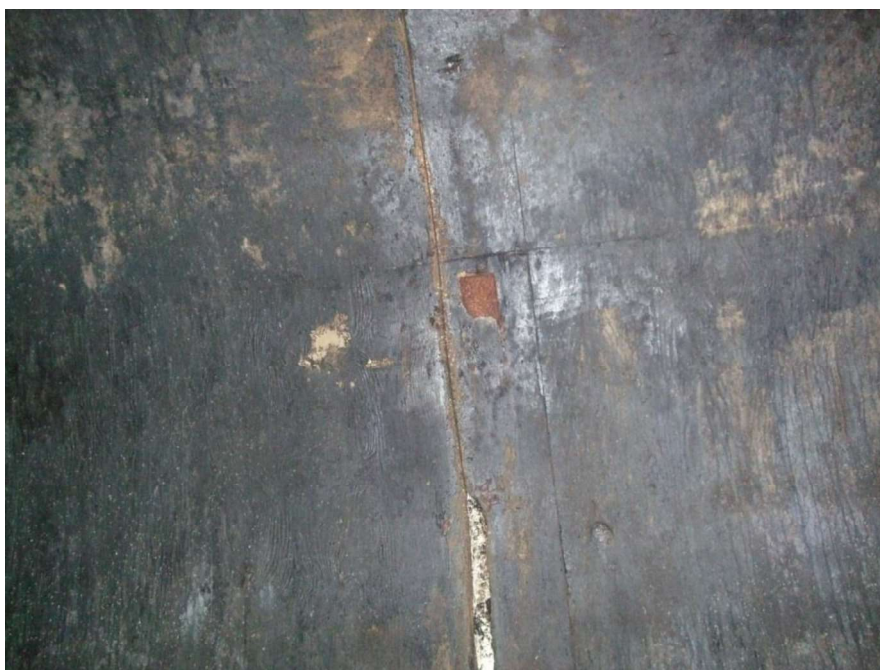
6a)



6b)



*Fot. 6. Zniszczone dylatacje*

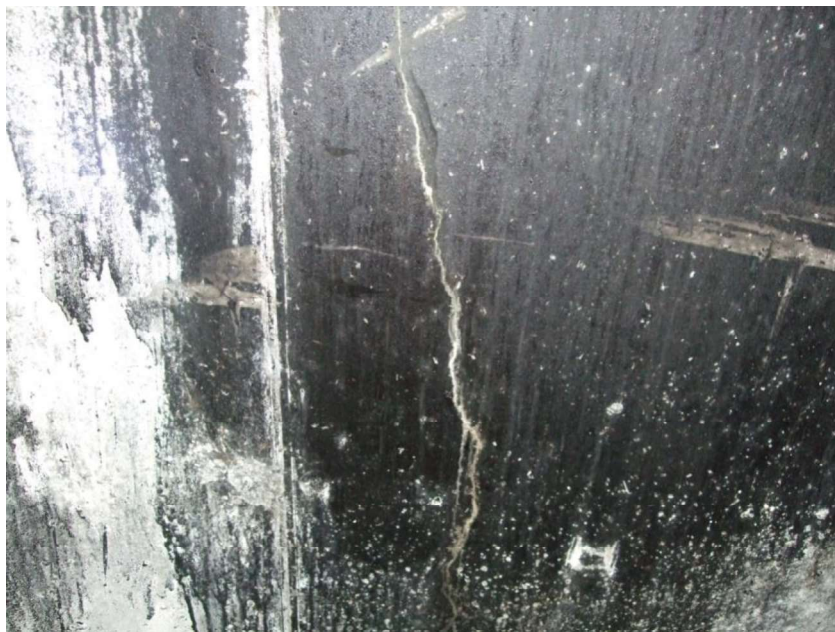


*Fot. 7. Skorodowane marki stalowe na łączeniu segmentów tunelu*

Nurt rzeki jest słaby, ale przyspiesza w momencie wpadania do przepustu oznaczonego jako część nr 3. Poziom wody w momencie inwentaryzacji z dnia 10.04.2015r. wynosił 30 cm od dna tunelu. Na dnie znajdują się nieliczne zanieczyszczenia nanoszone przez rzekę w postaci śmieci czy gałęzi. Na dnie znajduje się również niewielka warstwa mułu.



Na ścianach stwierdzono liczne rysy oraz pęknięcia o szerokości od 0,5 mm do 3 mm[fot.8]. Występują one zarówno w postaci zarysowań na całym obwodzie tunelu jak i poszczególnych pęknięć pionowych i skośnych do połowy wysokości ściany.



*Fot. 8. Rysy powstające w ścianach tunelu*

Liczba naliczonych pęknięć sięgających do połowy najwyższego punktu: 8

Liczba naliczonych pęknięć obwodowych: 10

Tuż przy zetknięciu się części nr 1 z częścią nr 2 zauważono rysy podłużne w górnej części sklepienia[fot 9].. Zarysowany jest odcinek o długości 4m. Rysy pionowe mogą powstawać na skutek nierównomiernej pracy konstrukcji – tworzą się dodatkowe przerwy dylatacyjne. Rysy poziome z kolei mogą świadczyć o przeciążeniu segmentu – powstały w miejscu największego nadkładu gruntu w części nr 2. W pierwszej kolejności te właśnie rysy powinny zostać naprawione.

Na ścianach można zauważyć niepełną izolację przeciwwodną z masy asfaltowej, która zostaje stopniowo wyniszczana przez panującą wilgoć.

Podobnie jak w części nr 1 tutaj również można zaobserwować białe i rdzawe wykwity na ścianach otaczające rysy.





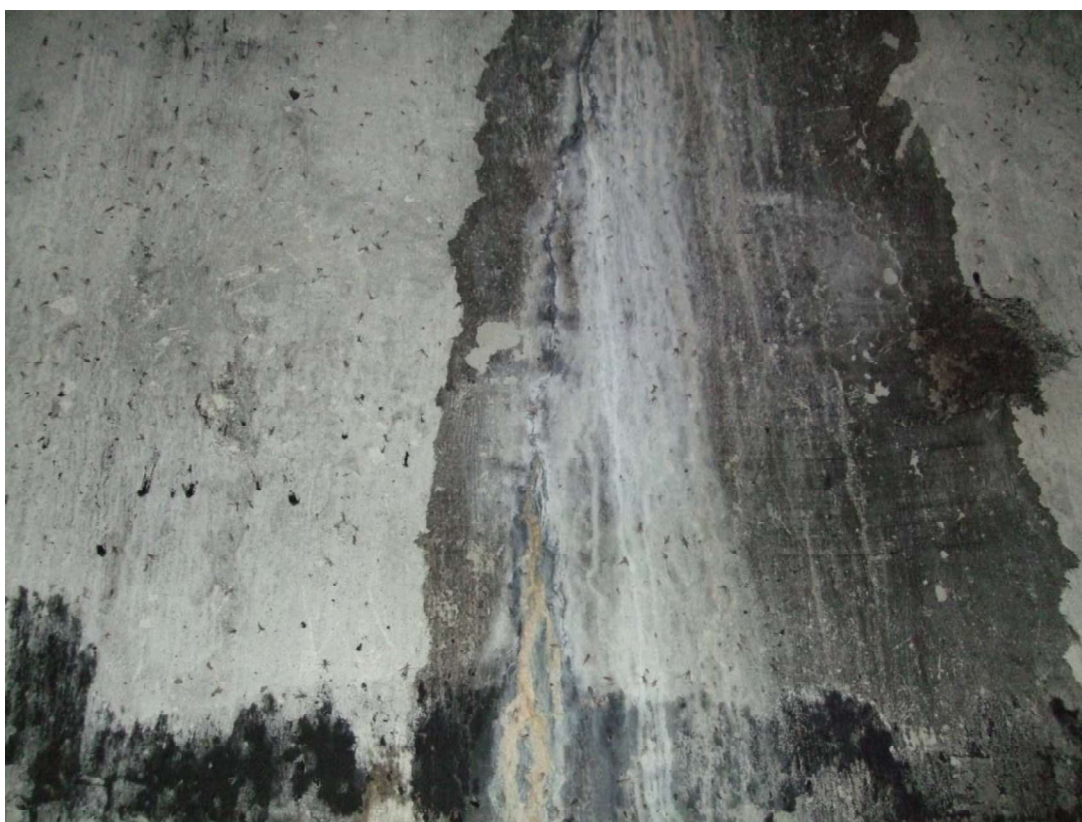
*Fot. 9. Rysa pozioma w sklepieniu*

Na ścianach można zauważyć niepełną izolację przeciwwodną z masy asfaltowej, która zostaje stopniowo wyniszczana przez panującą wilgoć.

Podobnie jak w części nr 1 tutaj również można zaobserwować białe i rdzawe wykwity na ścianach otaczające rysy.



*Fot. 10. Białe i rdzawe wykwity na ścianach otaczające rysy*



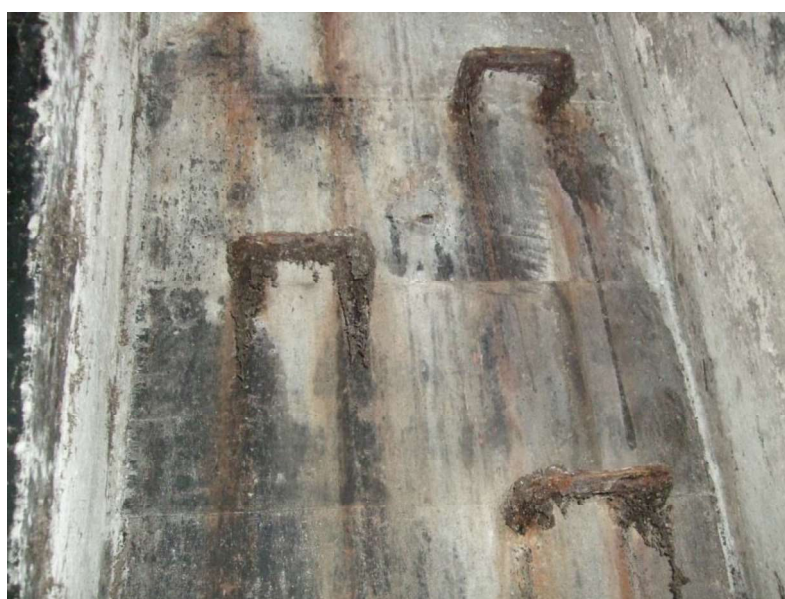
*Fot. 11. Białe i rdzawe wykwity na ścianach otaczające rysy*



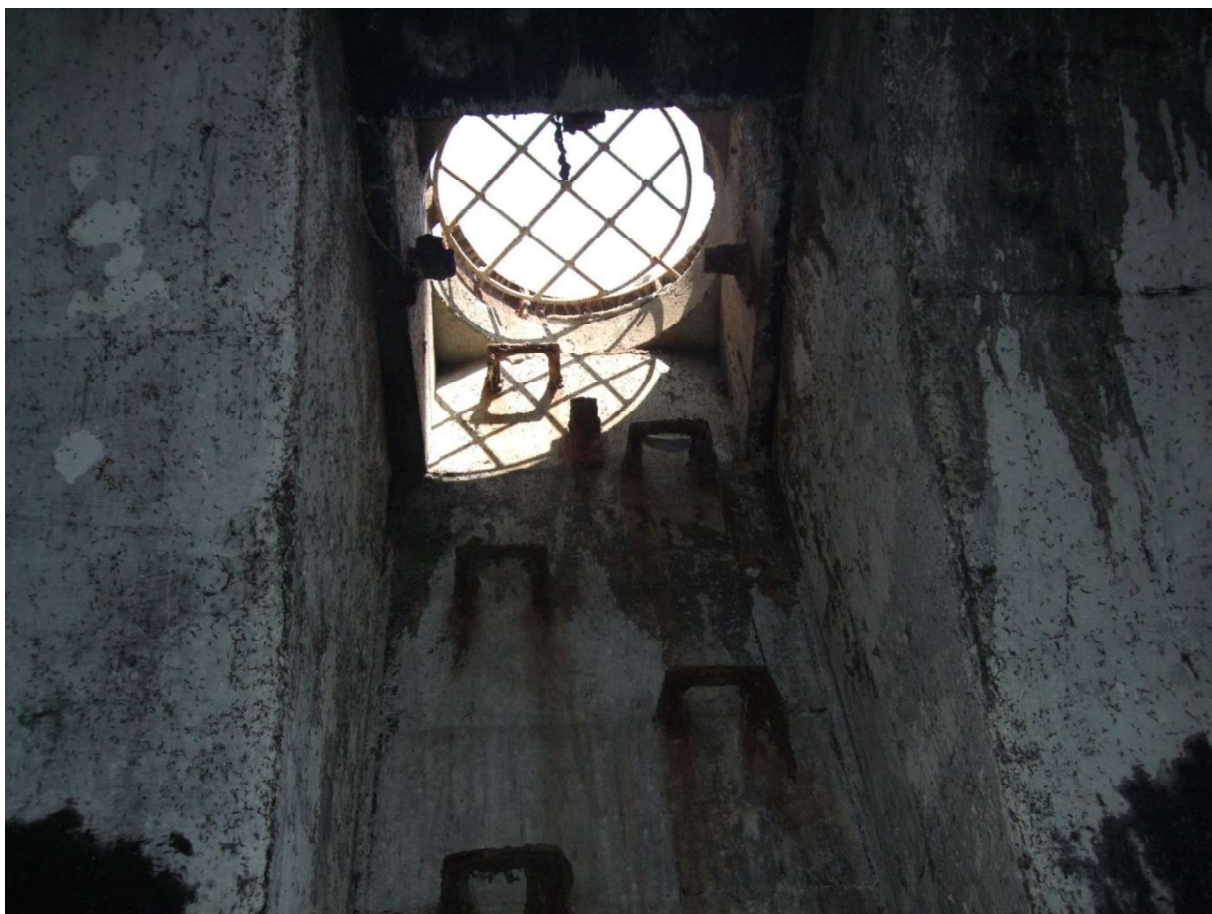
Pomost roboczy nie nadaje się do użytku, a szczególnie jego drewniane części [fot. 12]. Elementy stalowe studzienek rewizyjnych oraz stopnie żeliwne charakteryzują się stanem odpowiednim do ich wieku i warunków, w których są eksploatowane [fot. 13, 14]. W sposób trwały do studzienek przymocowane są kraty zapobiegające przed dostaniem się do tunelu osób nieuprzywilejowanym. Do obiektu można wejść od strony wlotu rzeki przy ulicy Kanałowej [rys. 1], od strony wylotu rzeki na końcu przepustu (część 3) oraz przez jedną studzienkę zamykaną na kłódkę zlokalizowaną zaraz przy nasypie kolejowym. Podczas oględzin odnotowano brak pomostów przy studzienkach rewizyjnych, opisanych w dokumentacji [5].



*Fot. 12. Pomost roboczy w części nr 2*



*Fot. 13. Stopnie żeliwne*



*Fot. 14. Otwarta studzienka rewizyjna*

### Część nr 3

Ocenia się, że żelbetowy przepust poprowadzony pod nasypem kolejowym jest w stanie dosyć dobrym. Nie wykryto znaczących uszkodzeń.

## **4. Proponowane zabezpieczenia konstrukcji<sup>3,4</sup>**

### **4.1. Czyszczenie wysokociśnieniowe**

W pierwszej kolejności należy oczyścić ściany tunelu wodą pod wysokim ciśnieniem. Zostaną usunięte naloty powstałe podczas zalewania obiektu przez wodę gruntową oraz wykwyty węgla wapnia. Należy również wyczyścić stalowe elementy studzienek w celu sprawdzenia ich przydatności do dalszej eksploatacji.

#### **4.2. Demontaż stalowych elementów**

Ze względów bezpieczeństwa podczas użytkowania tunelu, bądź dalszego sprawdzania jego stanu technicznego, konieczna jest wymiana pomostu roboczego na nowy w części nr 1. Pomost w części nr 2 można zdemontować. Z uwagi na niski poziom lustra wody w tej części pomost jest zbędny. Żeliwne stopnie, zlokalizowane przy studzienkach, należy oczyścić z nalotu, bądź wymienić na nowe oraz zabezpieczyć je przeciwkorozyjnie.

#### **4.3. Zabezpieczenie murów w części nr 1<sup>3, 4</sup>**

Przed przystąpieniem do zabezpieczania murów, dobrze jest w pierwszej kolejności osuszyć dolną część tunelu oraz oczyścić ją z zalegającego mułu. Ze względu na niski poziom wody w części nr 2 tunelu można zastosować zabezpieczenie przed napływem wody przy wlocie i wylocie rzeki do tunelu np. za pomocą ścianki szczelnej. Dotychczasowy przepływ rzeki może zapewniać rurociąg z rury stalowej  $\phi 600$  ułożony np. na stalowych stojakach rozmieszczonych co 5m. W celu dokładnej oceny stanu technicznego murów oraz ze względów bezpieczeństwa, zaleca się odmulanie i inne czynności związane z naprawą murów prowadzić etapami w odcinkach długości nie większej niż 100m. Długość pierwszego, próbnego etapu powinna wynieść 50m. Nadmiar wody z dna należy wypompować. Schemat ideowy został przedstawiony na rysunku nr 2. W celu zmniejszenia średnicy rury można zastosować nie grawitacyjny lecz mechaniczny przepływ wody za pomocą pomp dobranych wydajnościowo. Po wykonaniu odmulenia i osuszenia tunelu należy usunąć elementy, którymi próbowano zabezpieczyć mury – stalowe rurki, siatki oraz odspojone warstwy betonu. Następnie należy wywiercić otwory w murze pod wklejane kotwy  $\phi 14\text{mm}$  na zaprawie mineralnej. Rozstaw otworów na długości wynosi 2 m, natomiast w pionie około 1m. Kotwy będą zwieńczone płytką kotwiącą ze stali S235 o wymiarach  $300 \times 300 \times 6\text{mm}$ . Na całej długości muru należy zamontować siatkę zgrzewaną ze stali A-II o średnicy prętów  $\phi 6\text{mm}$ , w rozstawie oczek 150mm. Na stykach poszczególnych siatek należy zastosować siatki nakładowe o szerokości 400mm. Całość ściany zostanie zabezpieczona warstwą betonu o grubości 100mm. Co 10 m należy wykonać dylatację powstałej warstwy zabezpieczającej. Zaleca się wykorzystanie szczelnego betonu C30/37 o klasie wodoprzepuszczalności co najmniej W6. Przy obniżonym poziomie wody, betonowanie można prowadzić sposobem natryskowym. Do betonu natryskowego wykorzystuje się specjalne mieszanki dostarczane przez producenta.<sup>5</sup> Do prowadzenia prac należy wykorzystywać stacjonarne pompy do betonu dostosowane do podawania mieszanki betonowej na duże odległości, co najmniej 300 m. Do części nr 1 można wejść od strony wlotu rzeki do tunelu. Istnieje również możliwość wykorzystania pierwszej studzienki rewizyjnej, w części nr 2 zlokalizowanej możliwie blisko części nr 1. Dobór jakościowy i ilościowy składników betonu należy ustalić w oddzielnym projekcie.

Po wykonaniu zabezpieczenia murów zaleca się również podniesienie dna tunelu w części nr 1 do poziomu dna w części nr 2 poprzez nadsypanie warstwy tłucznia

zagęszczanego mechanicznie. Kruszywo zasypowe powinno spełniać wymagania kruszyw nadających się na nasypy:

- frakcje 0-32mm
- wskaźnik uziarnienia  $C_u > 4$
- wskaźnik krzywizny  $1 < C_c < 3$

Zasyp należy układać warstwami grubości 30 cm, odpowiednio zagęszczając każdą warstwę do wskaźnika zagęszczenia co najmniej  $I_s = 0,97$ .

Nowe dno stanowić będzie płyta żelbetowa o grubości 30 cm dylatowana co 15 m [rys nr 6]. Zastosowanie takiego rozwiązania poprawi warunki pracy górnych łukowych segmentów, a także zapobiegnie ponownemu zamuleniu dna części nr 1. Żelbetowa płyta wraz z wypełnieniem w postaci tłucznia stanowić będzie również podporę dla murowanych ścian, które mogą być poddawane parciu bocznemu. Zbrojenie płyty stanowią siatki zbrojeniowe  $\phi 8\text{mm}$ , o rozmiarze oczek 150mm, ze stali 18G2, poprowadzone górami i dołem. Należy zastosować szczelny beton klasy C30/37. Po zakończeniu prac związanych z podnoszeniem dna tunelu należy odciąć wystające części stojaków stalowych oraz usunąć tymczasowy rurociąg.

#### 4.4. Iniekcja żywiczna<sup>3,4</sup>

##### 4.4.1. Naprawa rys<sup>3,4</sup>

Na podstawie PN-EN 206-1<sup>1</sup>, PN-B-06265<sup>1</sup>

sporządzono tabelę zawierającą zalecane klasy wytrzymałości betonu w stosunku do przewidywanych klasy ekspozycji.

*Tab. 1. Klasyfikacja ekspozycji środowiska i odpowiadające im zalecane klasy wytrzymałości betonu, zawartości cementu i wskaźniki wodno cementowe.*

Klasa ekspozycji	Opis środowiska, przykłady	Wartości graniczne dla betonu			
		Max w/c	Min zawartość cem. [kg/m3]	Min klasa wytrzymałości PN-EN 206-1 <sup>1</sup>	Min klasa wytrzymałości PN-B-06265 <sup>1</sup>
Brak ryzyka korozji lub brak oddziaływania					
X0	Betony niezbrojone – wszystkie środowiska oprócz klas ekspozycji XF, XA, XM; Betony zbrojone – środowiska bardzo suche	-		C12/15	C8/10
Korozja wywołana karbonatyzacją					
XC1	Suche (wnętrze budynków o niskiej wilgotności	0,65	260	C20/30	C16/20

	powietrza lub stale zanurzone w wodzie)				
XC2	Stale mokre (powierzchnie narażone na długotrwały kontakt z wodą np. fundamenty)	0,60	280	C25/30	C16/20
XC3	Umiarkowanie wilgotne (wnętrze budynków o umiarkowanej wilgotności powietrza lub beton na zewnątrz osłonięty przed deszczem)	0,55	280	C30/37	C20/25
XC4	Cyklicznie mokre i suche (powierzchnie narażone na kontakt z wodą, ale nie jak w XC2)	0,50	300	C30/37	C25/30
Korozja wywołana chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej					
XD1	Umiarkowanie wilgotne (powierzchnie narażone na działanie chlorków z powietrza)	0,55	300	C30/37	
XD2	Mokre, sporadycznie suche (baseny, betony narażone na działanie wody przemysłowej zawierającej chlorki)	0,55	300	C30/37	
XD3	Cyklicznie mokre i suche (elementy mostów narażone na działanie rozpylonych cieczy zawierających chlorki, nawierzchnie dróg i parkingów)	0,45	320	C35/45	
Korozja wywołana chlorkami pochodzącymi z wody morskiej					
XS1	Działanie soli zawartych w powietrzu (konstrukcje zlokalizowane na wybrzeżu)	0,50	300	C30/37	
XS2	Stale zanurzenie w wodzie (elementy budowli morskich)	0,45	320	C35/45	
XS3	Strefa pływów, rozbryzgów i aerozoli (elementy budowli morskich)	0,45	340	C35/45	
Korozja poprzez zamrażanie/odmrażanie					
XF1	Umiarkowane nasycenie wodą (pionowe powierzchnie narażone na deszcz i zamarzanie)	0,55	300	C30/37	
XF2	Umiarkowanie nasycanie wodą z środkami odladzającymi (pionowe powierzchnie konstr. drogowych i mostowych narażonych na zamarzanie i działanie środków odladzających z powietrza)	0,55	300	C25/30	
XF3	Silne nasycenie wodą bez środków odladzających (poziome powierzchnie betonowe narażone na deszcz i zamarzanie)	0,50	320	C30/37	
XF4	Silne nasycenie wodą z środkami odladzającymi (jezdnie dróg i mostów narażone na działanie środków odladzających, strefy rozbryzgu w budowlach morskich narażone na zamarzanie)	0,45	340	C30/37	
Agresja chemiczne					
XA1	Słaba agresja chemiczna (fundamenty narażone na wpływ wód gruntowych. Podpory mostowe w nurtach rzek)	0,55	300	C30/37	
XA2	Umiarkowana agresja chemiczna (rury i studnie kanalizacyjne, nawierzchnie stacji paliw)	0,50	320	C30/37	
XA3	Silna agresja chemiczna (kolektory sieci kanalizacyjnych, osadniki w oczyszczalniach ścieków)	0,45	360	C35/45	
Korozja spowodowana ścieraniem					
XM1	Umiarkowane zagrożenie ścieraniem	0,55	300	-	C30/37
XM2	Silne zagrożenie ścieraniem	0,55	300	-	C30/37
XM3	Ekstremalnie silne zagrożenie ścieraniem	0,45	320	-	C35/45

Uznano, że środowisko, w którym znajduje się tunel rzeki Szarlejka można zakwalifikować do klasy ekspozycji XA2 od strony wewnętrznej oraz XC2 od strony zewnętrznej. Wg norm europejskich minimalna klasa wytrzymałości betonu powinna wynosić C30/37. Wg dostępnej dokumentacji stwierdzono, że konstrukcja tunelu wykonana jest z betonu klasy C12/15 oraz C16/20, a więc niewystarczająca na obecnie panujące warunki w otoczeniu tunelu. Dla przyjętej klasy ekspozycji środowiska maksymalne rozwarście rys



powinno wynosić  $w_{\max}=0,4\text{mm}$ . Podczas przeprowadzonych oględzin obiektu odnotowano rysy grubości od 0,5 do 3mm nadające się do naprawy. Przez powstałe rysy do wnętrza tunelu dodatkowo wdzierają się wody gruntowe. Zaleca się zabezpieczenie powstałych rys iniekcją żywiczną.

Norma PN-EN 15045: 2006<sup>1</sup> Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 5: Iniekcja betonu dzieli wyroby iniekcyjne na trzy kategorie:

- wyroby iniekcyjne do przenoszącego siły wypełniania rys, pustek i szczelin w betonie (F). Mogą tworzyć połączenie z powierzchnią betonu i przenosić siły;
- wyroby iniekcyjne do elastycznego wypełniania rys, pustek i szczelin w betonie (D). Mogą dostosowywać się do kolejnych odkształceń;
- wyroby iniekcyjne dopasowujące się przez pęcznienie do wypełniania rys, pustek i szczelin w betonie (S). W stanie utwardzonym mogą wielokrotnie pęcznieć na skutek adsorpcji wody, przy czym woda jest wiązana przez składnik wyrobu iniekcyjnego.

*Tab. 2. Zasady doboru materiałów iniekcyjnych [6].*

Cel naprawy rysy	Stan rysy			
	Suchy	Wilgotny	Przesączanie się wody	Woda pod ciśnieniem
Zamknięcie	PC, C EP (PU), (A)	PC, C EP (PU), (A)	PC, C (PU), (A)	PU
Uszczelnienie	PC, C EP PU, PA	PC, C EP PU, PA	PC, C, PU, PA	PU
Naprawa złącza dylatacyjnego	PU	PU	PU	PU

Znaczenia:

PC – polimerocementy,

C- cementy,

EP – żywice epoksydowe,

PU – żywice poliuretanowe,

PA – żywice poliakryloaminowe,

A – żywice akrylowe.

W dalszej części prezentuje się krótka charakterystyka materiałów używanych do wykonywania iniekcji [7]:<sup>3, 4</sup>



## **Epoksydy**<sup>3,4</sup>

Produkty epoksydowe są systemami dwuskładnikowymi. Żywica wymieszana z utwardzaczem tworzy po związaniu silnie usieciowaną strukturę. Niewłaściwa proporcja składników lub obecność wody mogą obniżyć końcowe parametry tworzywa. Istnieją również specjalne żywice epoksydowe charakteryzujące się tolerancją na wilgoć, a nawet mające zdolność wiązania wody (do 15% masy). Nie osiągają jednak tak wysokich parametrów mechanicznych jak żywice utwardzane w warunkach suchych. Minimalna temperatura wiązania to 5–8°C. Ze wzrostem temperatury rośnie szybkość reakcji. Czas urabialności w 20°C wynosi od 20 do 120 min. Jeśli prace mają przebiegać w podwyższonej temperaturze, np. ok. 40°C, niezbędne jest stosowanie specjalnych kompozycji, dla których podwyższona jest również minimalna temperatura stosowania (np. ok. 25°C). Lepkość żywic zależy od temperatury. Można wyróżnić epoksydy niskolepkie, które w 20°C charakteryzują się lepkością od ok. 15 do ok. 400 mPas, zdolne do wypełniania rys o rozwartości 0,1–0,2 mm. Żywice o lepkości 500–6000 mPas stosowane są do wypełniania rys szerszych (>0,5 mm). Epoksydy charakteryzują się wysoką przyczepnością do betonu, dużą wytrzymałością na zginanie (od 3 do 60 MPa), ściskanie (od 30 do ok. 85 MPa) i rozciąganie (do ok. 40 MPa) przy module sprężystości od ok. 1 do ok. 6 GPa. Z tego względu są najskuteczniejszymi materiałami do wypełniania rys przenoszących obciążenia.

## **Poliuretany**<sup>3,4</sup>

Materiały te mają zdolność do wiązania także w obecności wody, co jest przydatne podczas zabiegów iniekcyjnych w rysach z wodą (też pod ciśnieniem). Istnieją dwa rodzaje poliuretanów:

- jednokomponentowe – szybko spienialne pod wpływem wody,
- dwukomponentowe – wolno spienialne, o małym przyroście objętości.

Jeśli woda nie jest obecna w czasie wiązania, tworzy się gęsto usieciowana struktura o wysokich parametrach mechanicznych. Zwykle w rysach mokrych lub z wodą pod ciśnieniem najpierw wykonuje się iniekcję w celu związania wody lub czasowego uszczelnienia wycieków wytwarzającą się pianą (wytworzone ciśnienie ułatwia penetrację żywicy). Następnie rysy doiniektywuje się żywicą dwukomponentową tworzącą elastyczne i wytrzymałe wypełnienie. Iniekcyjne żywice poliuretanowe charakteryzują się niską lepkością (od ok. 50 do ok. 400 mPas). Czas wiązania wynosi od ok. 30 do ok. 120 min i często jest regulowany aktywatorami, stąd możliwość jego skrócenia nawet do kilku minut, a także przyspieszenia wiązania w niskich temperaturach (5°C). W przypadku żywic tworzących z wodą pianę, czas zainicjowania reakcji wynosi zwykle poniżej 1 min, a reakcja trwa przez kolejne 2–3 min. Wartość współczynnika spieniania przekracza nawet 50. Produkty o niskim stopniu spienialności (1,05–1,3) w obecności wody mogą charakteryzować się wysoką elastycznością w stanie utwardzonym (do 100% wydłużenia przy zerwaniu) i niską temperaturą zeszklenia (do ok. –35°C) lub wysoką wytrzymałością na ściskanie (20–60 MPa) i zginanie (40–80 MPa). Stanowią efektywne, elastyczne i trwałe uszczelnienie struktury. Materiały mogą być stosowane do iniekcji rys o bardzo małej rozwartości rzędu 0,1 mm (a nawet 0,01 mm) oraz do rys ruchomych. Jednak efektywny moduł sprężystości materiału w rysie jest wyższy od zakładanego, gdyż zdolność odkształcania materiału elastycznego w cienkiej warstwie maleje, szczególnie przy ograniczeniach odkształceń przez beton.

## **Żywice akrylowe i akryloamidowe<sup>3,4</sup>**

Akrylowe materiały iniekcyjne charakteryzują się bardzo niską lepkością rzędu 5–30 mPas. Reakcja rozpoczyna się po 1–10 s i przebiega bardzo szybko (1–10 min), zależnie od ilości i szybkości rozpadu inicjatora. Zalecana minimalna temperatura wynosi nawet 1°C i możliwe są prace w temperaturze ujemnej lub w obecności wody. Bardzo dobra przyczepność do betonu, łatwość penetracji i mniejszy (w porównaniu z epoksydami i poliuretanami) wpływ spadku temperatury na lepkość materiału wykorzystywane są przy iniekcjach uszczelniających mikrorysy. Ze względu na wysoki moduł sprężystości materiał stosuje się w przypadku rys nieruchomych. Inna grupa związków (akryloamidy) ze względu na obecność w cząsteczkach grup hydrofilowych ma zdolność do pęcznienia (w sposób odwracalny) pod wpływem wody z utworzeniem zwartego, elastycznego hydrożelu. Niektóre produkty zawierają mikrowypełniacze (np. krzemionkę koloidalną), co po związaniu dodatkowo stabilizuje żel. Stosowane są do uszczelniania mokrych i zawilgoconych rys w konstrukcjach betonowych i murowych. Mogą też stanowić tzw. poduszki żelowe, odgradzające ścianę od wody napływającej z gruntu.

## **Cementy<sup>3,4</sup>**

Iniektory cementowe należą do tradycyjnych i stosunkowo tanich materiałów iniekcyjnych. Wykorzystywane są do napraw rys nieruchomych, wilgotnych lub wypełnionych wodą. Do przygotowania zaczynów cementowych stosowane są głównie cementy portlandzkie o niskim uziarnieniu, tj. o powierzchni właściwej 5000–16 000 cm<sup>2</sup>/g (ziarna <10 mm). Mieszanki charakteryzują się szybkim narastaniem wytrzymałości na ściskanie (ok. 20 MPa po 1 dniu i 40 MPa po 28 dniach) i zginanie (2–3 MPa po 1 dniu i 4–7 MPa po 28 dniach), modułem sprężystości 9–20 GPa i dobrą kompatybilnością z betonem. Czas aplikacji to ok. 60 min, przy czym powinien on przebiegać z niewielką ekspansją (ok. 2%). Zaleca się stosowanie materiałów cementowych już w przypadku 3-milimetrowych rys, ale mikrocementy umożliwiają również iniekcję rys drobniejszych (0,1 mm). Tradycyjnie iniekcje cementowe stosuje się do wypełniania większych zarysowań i ubytków w betonie, iniekcji kanałów w konstrukcjach kablobetonowych, na obszarach szkód górniczych i do wzmacniania podłoży gruntowych

Do iniekcji uszczelniających najczęściej stosuje się następujące metody iniekcji [10]:

- niskociśnieniową – stosowana jest ze względu na niewielkie wymagania w stosunku do sprzętu tłoczącego (ciśnienie do 0,15MPa), do iniekcji żywicami epoksydowymi i poliuretanowymi oraz zaczynami cementowymi i mikrocementowymi; nie nadaje się do iniekcji rys o szerokości poniżej 0,5 mm oraz do iniekcji w murach grubych (powyżej 50 cm);
- średniociśnieniową – ciśnienie do 0,80MPa, stosowana jest przede wszystkim w murach o grubości powyżej 50 cm, do iniekcji uszczelniających przy przeciekach wody pod ciśnieniem, do iniekcji doszczelniających oraz do iniekcji szerokich rys (powyżej 1 mm);
- wysokociśnieniową – powyżej 0,80 MPa.

Tabele zaprezentowane w dalszej części opracowania określają wymagania dotyczące materiałów stosowanych do wypełnienia rys, w zależności od oczekiwanego rezultatu wypełnienia.

*Tab. Wymagania użytkowe wyrobów iniekcyjnych do wypełnienia rys przenoszącego siły – kategoria (F) [10]*

Adhezja mierzona jako przyczepność przy rozciąganiu (H, P)	>2N/mm <sup>2</sup> (H) > 0,6 N/mm <sup>2</sup> (H) dla wyrobów iniekcyjnych przeznaczonych jedynie do wypełniania pustek i szczelin
Adhezja mierzona jako wytrzymałość na ścinanie (H, P)	Zniszczenie jednolite (sposób pęknięcia jak w próbce kontrolnej)
Skurcz objętościowy (P)	<3%
Samoczynne wydzielanie się cieczy (H)	Samoczynne wydzielanie się cieczy po 3 h < 1 % początkowej objętości
Zmiana objętości (H)	1 % < zmiana objętości < + 5 % objętości początkowej
<b>Iniekowalność w suchy materiał</b>	
- szerokości rysy: 0,1 mm 0,2 mm 0,3 mm: oznaczanie iniekowalności i rozłupywanie (H, P)	Klasa iniekowalności < 4 min (wysoka iniekowalność) przy szerokości rysy 0,1 mm  < 8 min (iniekcja wykonalna) przy szerokościach rysy 0,2 mm i 0,3 mm  Badanie rozłupywania > 7 N/mm <sup>2</sup> (P)  > 3 N/mm <sup>2</sup> (H)
- szerokości rysy: 0,5 mm 0,8 mm lub w przypadku, gdy nie stosuje się EN 1771 <sup>1</sup> oznaczanie adhezji mierzonej jako przyczepność przy rozciąganiu (H, P)	Procent wypełnienia rysy > 90 Spełnione wymaganie dotyczące adhezji
Iniekowalność w niesuchy materiał szerokości rysy: 0,1 mm-0,2mm-0,3mm: oznaczanie iniekowalności i rozłupywanie (H, P) szerokości rysy: 0,5 mm 0,8mm lub w przypadku, gdy nie stosuje się EN 1731 <sup>1</sup> (H, P)	Klasa iniekowalności 0,1: wysoka iniekowalność (< 4 min) 0,2 i 0,3: iniekcja wykonalna (< 8 min)  Badanie rozłupywania > 7 N/mm <sup>2</sup> (P) > 3 N/mm <sup>2</sup> (H)  Procent wypełnienia rysy > 90  Spełnione wymaganie dotyczące adhezji
Adhezja oznaczana jako przyczepność przy rozciąganiu po cyklach cieplnych i wilgotnościowych (H, P)	Zmniejszenie przyczepności przy rozciąganiu mniejsze niż 30 % w stosunku do wartości początkowej (H) Zniszczenie kohezyjne w podłożu (P)
Kompatybilność z betonem (H, P) oznaczana jako adhezja mierzona jako przyczepność przy rozciąganiu	Zmniejszenie przyczepności przy rozciąganiu mniejsze niż 30 % w stosunku do wartości początkowej (H) Zniszczenie kohezyjne w podłożu (P)

(P) Wyrób iniekcyjny zawierający spoiwo polimerowe

(H) Wyrób iniekcyjny zawierający spoiwo hydrauliczne

*Tab. Wymagania użytkowe wyrobów iniekcyjnych do elastycznego wypełniania rys –kategoria (D) [10]*

Przyczepność i zdolność do wydłużenia elastycznych wyrobów iniekcyjnych (P)	Przyczepność: wartość deklarowana Wydłużenie: > 10 %
Wodoszczelność (P)	Wodoszczelne przy 2 x 10 <sup>5</sup> Pa

	W zastosowaniach specjalnych: wodoszczelne przy 7 x 105 Pa
Iniekowalność w suchy materiał	
- szerokości rysy: 0,1 mm -0,2 mm -0,3 mm: oznaczanie iniekowalności (P)	Klasa iniektowalności: < 4 min (wysoka iniekowalność) przy szerokości rysy 0,1 mm 0,2 i 0,3; iniekcja wykonalna  < 8 min (iniekcja wykonalna) przy szerokościach rysy 0,2 mm -0,3 mm
- szerokości rysy: 0,5 mm - 0,8 mm lub w przypadku gdy nie stosuje się EN 1771 <sup>1</sup>	Procent wypełnienia rysy > 90
Iniekowalność w niesuchy materiał	
- szerokości rysy: 0,1 mm - 0,2 mm: oznaczanie iniekowalności (P)	< 4 min (wysoka iniekowalność) przy szerokości rysy 0,1 mm  < 8 min (iniekcja wykonalna) przy szerokościach rysy 0,2 mm -0,3 mm
- szerokości rysy: 0,5 mm - 0,8 mm lub w przypadku gdy nie stosuje się EN 1771 <sup>1</sup>	Procent wypełnienia rysy > 90
Kompatybilność z betonem (P)	Bez zniszczenia przy badaniu ściskania Rozproszona praca odkształcenia < 20 %

(P) Wyrób iniekcyjny zawierający spoiwo polimerowe

Ogólny proces iniekcji:

1. Przygotowanie materiałów
2. Przygotowanie podłoża: wykonanie bruzdowania na głębokość 1-2 cm, oczyszczenie, odtłuszczenie
3. Osadzenie pakerów wklejanych, bądź nawiercenie otworów naprzemiennie po jednej i drugiej stronie rysy w maksymalnych odstępach równych grubości wzmacniającego elementu lub grubości rysy, a następnie umiejscowienie wbijanych lub wkręcanych pakerów
4. Zasklepienie powierzchniowo rysy zaprawą zalecaną przez producenta<sup>5</sup> dostarczającego iniekt
5. Zaczynając proces od dołu, wprowadzenie iniektu przez pakery pod odpowiednim ciśnieniem

Na podstawie powyższych zaleceń ustalono, że można zastosować 2 sposoby zabezpieczenia pęknięć.

Sposób nr 1

Zastosowanie iniekcji poliuretanowej w miejscu powstania rys, ochroni ją przed napływem wody. Jest to rodzaj elastycznego wypełnienia rys (D). Odpowiednim środkiem do tego celu jest 1 komponentowa żywica na bazie poliuretanu, przeznaczona do iniekcji rys przewodzących wodę

Sposób ten zabezpieczy jedynie rysę przed przedostawaniem się przez nią wody. Nie zahamuje jej możliwego dalszego rozwoju.

Przygotowanie podłoża:

Podłoże musi być lekko wilgotne, mocne, przyczepne, czyste, bez oleju i tłuszczu ze względu na przyczepność zaprawy zamykającej szczelinę.

Żywica po otwarciu opakowania jest gotowa do zastosowania. Jeżeli iniekcja przeprowadzana jest w obszarze występowania wody, zaleca się wtedy dodawanie przyspieszacza. Przyspieszacz dodaje się poprzez wymieszanie (należy zapoznać się z kartą techniczną<sup>5</sup> Dawka przyspieszacza waha się w granicach od 0,5 do 5%. Po wymieszaniu powstałą mieszaninę należy od razu zużyć.

Dodanie przyspieszacza przyspiesza szybkość reakcji. Szybkość ta zależy od ilości wody i temperatury. Objętość pianki ulega zwiększeniu.

Metoda iniekcji ciśnieniowej: wtlaczać za pomocą pompy iniekccyjnej do szczeliny (spękania), zaczynając od niskiego ciśnienia, stopniowo zwiększając je do wartości 0,8 MPa (iniekcja średniociśnieniowa).

Podczas iniekcji postępować w następujący sposób: szczotką drucianą lub za pomocą szlifierki dokładnie wyczyścić powierzchnię w sąsiedztwie szczeliny tzn. 3-4 cm po obu stronach. Następnie nawiercić otwory w odstępach co 20 cm i zamocować pakery śrubowe (wkręcane)  $\phi 10 \times 300$  pod kątem  $45^\circ$  tak, aby koniec pakera znajdował się w środku głębokości szczeliny. Otwory powinny być większe o 1 mm od samych pakerów. Rysy pomiędzy zamocowanymi pakerami zaszpachlować

Odczekać, aż szpachla stwardnieje tak, aby podczas iniekcji nie wyciekał wtlaczany materiał. Iniekcję rozpocząć po stwardnieniu szpachli. Jeżeli podczas wtlaczania utrzymuje się stałe ciśnienie na jednym pakerze, wówczas można przejść na drugi i dalej kontynuować iniekcję. Schemat rozmieszczenia pakerów został zamieszczony na rysunku nr 4.

## Sposób nr 2

Sposób ten przewiduje zamknięcie rysy, tak aby naprawiana część mogła przenosić obciążenia (F). Do tego celu stosowane są preparaty epoksydowe

żywica, niezawierająca rozpuszczalnika, przeznaczona od iniekcji w betonie, murze itp. Odznacza się szczególnie niską lepkością i jest wolny od niereaktywnych środków zmięczających. Ma bardzo dobrą zdolność do pełzania i bardzo dobrą przyczepność do betonu. Po stwardnieniu osiąga wysoką wytrzymałość na ściskanie i zginanie. Jest odporny na wodę morską, sole, benzynę, oleje, tłuszcze, wiele ługów, kwasów i innych chemikaliów.

### Przygotowanie podłoża:

Spękaną powierzchnię mogą być suche lub lekko wilgotne, jednak muszą być one wolne od pyłu, olejów i tłuszczu. O ile rysy (spękania) nie są za małe, zaleca się odessać je lub przedmuchać sprężonym powietrzem, wolnym od wody, pyłu i oleju.

Komponenty A (żywica) i B (utwardzacz) są dostarczane w odpowiednich proporcjach gotowych do użycia. Zabrania się zmieniania tych proporcji. W przypadku pojemników typu "kombi", górną część należy przebić wielokrotnie metalowym przebijakiem, aby utwardzacz spłynął do dolnej części, zawierającej masę podstawową. Po połączeniu obu komponentów należy niezwłocznie rozpocząć mieszanie za pomocą mieszadła w wolnoobrotowej wiertarce (do 300obr./min). Należy zwracać uwagę na dokładne wymieszanie składników przy ściągach i dnie pojemnika. Czas mieszania nie powinien być krótszy niż 2 minuty i powinien doprowadzić do powstania jednorodnej mieszaniny. Z tego też względu należy przelać

mieszanie do czystego pojemnika i ponownie ją przemieszać (przez około 1 minutę). Nie nakładać z naczynia dostawczego. Należy przygotować taką ilość materiału, którą można zużyć w ciągu tzw. czasu obróbki.

W przypadku stosowania proporcji z ułamkowych części składowych pobieranych z osobnych pojemników, należy zachować podaną na pojemniku proporcję mieszania tych składników. Proporcja ta wynosi 10 części wagowych masy podstawowej i 4,6 części wagowe utwardzacza.

#### Aplikacja przez iniekcję

Temperatura powietrza i obiektu podczas obróbki powinna wynosić od +10°C do +30°C. Czas obróbki preparatu w temp. +20°C dla ilości 500 g wynosi do 80 minut. Większe pojemniki i wyższa temperatura powodują skrócenie czasu obróbki.

Właczanie odbywa się za pomocą pakerów mocowanych w otworach wierconych jak w przypadku sposobu nr 1, z tym że należy zastosować kalamitkę. Po zamocowaniu pakerów na otworach, spękania pomiędzy nimi należy zamknąć klejem. Spękania przechodzące na wylot w ścianach lub płytach należy, w miarę możliwości, uszczelnić po obu stronach. Jeżeli temperatura obiektu i powietrza przekracza +10°C to iniekcję można zacząć po 12 godzinach. Przed właczaniem preparatu zaleca się sprawdzenie spękań, pod kątem przydatności do iniekcji. W tym celu pakery są przedmuchiwane sprężonym powietrzem wolnym od oleju i wody. W trakcie tej czynności wszystkie pakery, oprócz pakera, przez który włącza się powietrze i pakera sąsiedniego mają być zamknięte.

Iniekcje można przeprowadzić za pomocą pompy ręcznej, 1-komponentowej pompy iniekccyjnej i 2-komponentowej pompy iniekccyjnej. W przypadku tej ostatniej pompy mieszanie masy podstawowej i utwardzacza odbywa się w oddzielnej głowicy mieszalnika. Należy przestrzegać proporcji mieszania składników i instrukcji producenta<sup>5</sup> sprzętu i narzędzi. W przypadku głębokich, pionowych rys iniekcję należy rozpocząć od najniższej zamocowanego pakera. Włacza się do niego tak długo aż preparat wycieknie przez najbliższy zamocowany otwarty paker. Wtedy włacza się preparat do tego pakera przez wkręcany zawór zwrotny, aż do chwili wycieku tego preparatu na sąsiednim, otwartym pakerze itd. Zaleca się dokonanie wtórnego właczania po 15 do 30 minut od zakończenia właczania pierwotnego. W ten sposób unika się zostawienie pustych, niewypełnionych przestrzeni.

Bez podawania środka iniekcyjnego nie powinno mierzyć się spadku ciśnienia na końcu właczania. Natychmiast po ukończeniu pracy należy przemyć części podające pompy za pomocą rozcieńczalnika. Po stwardnieniu

można usunąć uszczelnienia rys oraz pakery.

Preparaty epoksydowe należy stosować w środowisku suchym, bądź wilgotnym, dlatego też w pierwszej kolejności należy odciąć dopływ wody od zewnątrz do konstrukcji stosując miejscowo przesłonę żelazną akrylową. Silnie spękanie skały wapienne pozwolą na połączenie przesłony kurtynowej z iniekcją strukturalną. Żywica

epoksydowa dostanie się w spękania skał oraz w pory i rysy betonu co zapewni jego dodatkowe uszczelnienie. Schemat rozmieszczenia pakierów został zamieszczony na rysunku nr 4.

Komponentami są żywica i inicjator, które tłoczy się przy użyciu 2 – komponentowej pompy iniekcyjnej ze stałym stosunkiem podawania składników 1:1. Po związaniu uzyskuje postać elastomeru, żelu o dużej sprężystości.

Jeżeli w trakcie prac naprawczych stwierdzi się napływ wody, bądź znaczną wilgoć na styku muru z górnym, żelbetowym segmentem sklepienia w części nr 1 tunelu, zaleca się wykonanie iniekcji żelem akrylowym w miejscach przecieku podobnie jak w przypadku uszczelnienia kurtynowego pęknięć (rysunek nr 4).

Uwagi ogólne dotyczące iniekcji:

- przed każdą iniekcją właściwą należy przeprowadzić iniekcję próbną
- przed wykorzystaniem produktów opisanych w opracowaniu należy zapoznać się z dołączonymi kartami charakterystyki oraz kartami technicznymi.<sup>5</sup>
- dokładne wyliczenie potrzebnej ilości żywicy do uszczelnień jest problematyczne z uwagi na trudności związane z lokalizacją przecieku,



- wymienione substancje mogą być sklasyfikowane jako drażniące i bądź niebezpieczne

Liczba pęknięć do naprawy (liczone w mb):

Przeciekające (zaleca się przeprowadzić naprawę sposobem nr 2):

- część nr 1 - 34 spękania wysokości 3m

$$2 \cdot 34 \cdot 3,0\text{m}$$

- część nr 2 – 6 spękań na całym obwodzie (przekrój B-B) + 4 rysy wysokości 2,0m

$$6 \cdot 10,52\text{m} + 4 \cdot 2,0\text{m}$$

Suche (zaleca się przeprowadzić naprawę sposobem nr 2 stosując tylko żywicę epoksydową):

- część nr 2 - 4 spękania na całym obwodzie (przekrój B-B) + 4 rysy wysokości 2,0m

$$4 \cdot 10,52\text{m} + 4 \cdot 2,0\text{m}$$

#### **4.4.2.      Naprawa przerw dylatacyjnych<sup>3,4</sup>**

Naprawa uszkodzonych dylatacji może różnić się w zależności od stopnia jej zniszczenia. Dylatacje nie przeciekające, lecz częściowo wyniszczone zaleca się wypełnić wkładką elastyczną oraz masą uszczelniającą. Przykładowy sposób ich uzupełnienia przedstawia rysunek nr 4. Przy dylatacjach, przez które przecieka woda należy zastosować częściowe rozkucie ścianek, mechaniczny montaż profili dylatacyjnych oraz rekonstrukcję uszkodzeń wg rysunku nr 4. Całość należy zainiektować preparatem żywicznym przeznaczonym do elastycznego wypełniania pustek

Liczba dylatacji do naprawy (liczone w mb)

Przeciekające (rys. 4)

- część nr 1 – 34 dylatacje na całym obwodzie (przekrój A-A)

$$34 \cdot 10,12\text{m}$$

część nr 2 - 6 dylatacji na całym obwodzie (przekrój C-C) i 27 dylatacji na całym obwodzie (przekrój B-B)

$$6 \cdot 9,8\text{m} + 27 \cdot 10,52\text{m}$$

„Suche” (do uzupełnienia rys. 4):

- część nr 2 - 9 dylatacji na całym obwodzie (przekrój C-C) i 18 dylatacji na całym obwodzie (przekrój B-B)

9\*9,8m+18\*10,52m

#### **4.5. Beton natryskowy<sup>3,4</sup>**

Opcjonalną metodą zabezpieczającą ściany tunelu jest wykonanie szczelnego betonu natryskowego klasy C30/37. Wykorzystuje się do tego celu specjalne mieszanki dostarczane przez producenta. Do prac betonowych należy wykorzystywać stacjonarne pompy do betonu dostosowane do podawania mieszanki betonowej na duże odległości, co najmniej 300 m. Grubość warstwy natryskowej, nakładanej w dwóch etapach, powinna wynosić około 70 mm. Zbrojenie warstwy stanowi zgrzewana siatka z prętów  $\phi 6\text{mm}$  ze stali klasy A-II o rozstawie oczek 100mm. Na stykach poszczególnych siatek należy zastosować siatki nakładowe o szerokości 400 mm. Połączenie zbrojenia ze starą konstrukcją można zapewnić przez wklejenie kotew  $\phi 6$ , rozmieszczonych na siatce kwadratowej o boku 400 mm. Rozstaw dylatacji obwodowych warstwy zabezpieczającej należy dostosować do rozkładu przyjętych siatek zbrojarskich, lecz nie więcej niż co 15 m. Schemat zabezpieczenia przedstawiono na rysunku nr 5. Parametry dobrano na podstawie wcześniejszych doświadczeń przedstawionych w pracy [9].

#### **4.6. Izolacja przeciwwilgociowa<sup>3,4</sup>**

Po wykonaniu napraw uszczelniających zaleca się dwukrotne nałożenie na wszystkie powierzchnie masy asfaltowej.

### **5. Wnioski<sup>3,4</sup>**

Przedstawione rozwiązania techniczne zostały sporządzone w oparciu o dostępne dokumentacje [1,2,3,4,5] oraz wizję lokalną w terenie. W celu dokładniejszej oceny stanu technicznego tunelu rzeki Szarlejka konieczne jest przeprowadzenie szeregu badań nieujętych w specyfikacji istotnych warunków zamówienia. Ze względu na niedostępność podwodnych fragmentów tunelu, konieczność budowy rusztowań przy wykonywaniu badań sklepienia oraz znaczne zanieczyszczenie powierzchni betonu, skupiono się przede wszystkim na ocenie wizualnej konstrukcji. W skład badań dotyczących stanu obiektu przeprowadzonych przed rozpoczęciem robót budowlanych powinny wchodzić:

- badania nieniszczące młotkiem Schmidta jako oszacowanie wytrzymałości betonu na ściskanie oraz identyfikacja obszarów o słabszej jakości betonu. Badania należy przeprowadzać w miejscach o widocznym pogorszeniu jakości betonu. Badania nieniszczące wyznaczą kolejne etapy badań niszczących,
- badania typu pull-out jako kontrola powierzchniowych warstw betonu na odrywanie,
- pobranie próbek muru w celu oceny wytrzymałości muru na ściskanie oraz jakości spoin,

- odwierty w celu ustalenia czy nie następuje pogorszenie własności podłoża skalnego wokół tunelu,
- inne badania określające stopień agresywności środowiska.

Po wykonaniu badań niszczących należy zlikwidować miejsca pobrania próbek.

Wszystkie badania powinny być wykonane po oczyszczeniu konstrukcji z nalotów i osuszeniu dna tunelu w części nr 1. Przygotowanie podłoża do badań, ich wykonanie oraz analiza otrzymanych wyników wymaga opracowania odrębnej dokumentacji, której czas realizacji przekroczyłby 3 miesiące.

Ścisła współpraca infrastruktury podziemnej z otaczającym ją gruntem ma ogromny wpływ na budowie naziemne. Stany graniczne nośności wg dokumentacji [5] są spełnione ze znacznym zapasem. Przeprowadzone oględziny obiektu wykazują jednak znaczne pogorszenie stanu technicznego konstrukcji od momentu, w którym dokumentacja została wykonywana. Dotyczy to szczególnie murów występujących w części nr 1. Stwierdzona korozja betonu w postaci wykwitów solnych zwłaszcza siarczanowych i węglanowych, powoduje znaczne obniżenie nośności konstrukcji i naraża beton na kolejne oddziaływania korozyjne. **Ogólny stan techniczny górnych segmentów części nr 1 i 2 ocenia się na dostateczny, natomiast stan techniczny murów w części nr 1 ocenia się na zły.** Istnieje potrzeba zabezpieczenia konstrukcji obiektu ze względu na stany graniczne użytkowości, aby przeciwdziałać postępującym erozyjnym działaniom agresywnej wody gruntowej i środowiska wewnętrznego panującego w tunelu. Ze względu na charakter obiektu i fakt, że część nr 1 znajduje się pod częścią miasta, naprawa tunelu jest konieczna. Rysy pionowe powstałe w czasie eksploatacji konstrukcji są niedostępne od strony zewnętrznej. Proponuje się zastosowanie iniekcji żywicznych, w celu uszczelnienia powstałych rys i pęknięć. Należy również wykonać płaszcz żelbetowy na murach, aby zapobiec wymywaniu zaprawy cementowej i wapiennej. Wyborem zalecany jest także zastosowanie warstwy betonu natryskowego na ścianach tunelu. Warstwa ta zabezpieczy istniejącą konstrukcję przed agresywnym środowiskiem wewnętrznym. Podniesienie dna tunelu części nr 1 zapobiegnie późniejszemu zamuleniu oraz wspomogą w pracy elementy murowe, na których oparte są betonowe segmenty. Problem zbierania się odpadów i mułu nie zniknie, zostanie przeniesiony na najbliższy skok wysokości dna, a więc na obszar wlotu rzeki do tunelu. W tym miejscu możliwe jest jednak łatwiejsze wykonywanie okresowego oczyszczenia dna.

Dołączony do opracowania kosztorys jest oszacowaniem kosztów wykonania zaproponowanych napraw. Na chwilę obecną nie można jednoznacznie określić ceny robót zabezpieczających. Dokładna ilość pęknięć do wypełnienia będzie znana dopiero po oczyszczeniu wnętrza tunelu. Po zabiegu oczyszczania i osuszania dna tunelu w części nr 1 znany będzie również faktyczny stan murów.

## 6. Spis załączników

A) Informacja do sporządzenia planu Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia

B) Załączniki rysunkowe:

Rys. nr 1 – Rysunek inwentaryzacyjny tunelu rzeki Szarlejka

Rys. nr 2 – Schemat ideowy zabezpieczenia tunelu przed napływem wody w trakcie naprawy murów

Rys. nr 3 – Rysunek zabezpieczenia ścian murowych

Rys. nr 4 – Schematy wykonania iniekcji żywicznych i napraw dylatacji

Rys. nr 5 – Rysunek zabezpieczenia segmentów żelbetowych

Rys. nr 6 – Schemat wykonania płyty żelbetowej – podnoszenie dna

## 7. Literatura<sup>1, 3, 4</sup>

[1] *Zych T.* Trwałość współczesnego betonu w ujęciu norm Europejskich<sup>1, 3, 4</sup>

[2] Opinia przystosowania wykonanej przebudowy i zabezpieczenia tunelu rzeki „Szarlejka” do projektowanej eksploatacji górniczej, 1974r

[3] Projekt : Budowa nowego koryta rzeki „Szarlejka” w Piekarach Śl., 1988r

[4] Projekt techniczno-technologiczny przebudowy odcinka tunelu rzeki „Szarlejka”, 1990r

[5] Projekt techniczny. Przykrycie koryta rzeki Szarlejki na odcinku od bocznicy do tunelu

[6] *Magott C., Rokiel M.* Materiały hydroizolacyjne do iniekcji, Inżynier budownictwa nr 10/2013, str. 85-90<sup>1, 3, 4</sup>

[7] *Chmielewska B., Koper J.* Konstrukcje żelbetowe – naprawa rys metodą iniekcji Cz. 1. Powstawanie rys i metody ich naprawy, Izolacje nr 5 /2014, str. 46-52<sup>1, 3, 4</sup>

[8] *Horszczaruk E., Flis I., Wąż S.* Betony podwodne – właściwości, projektowanie, technologie, Materiały Konferencyjne Stowarzyszenia Producentów Cementu Polski Cement, Dni Betonu, Wisła 2004<sup>1, 3, 4</sup>

[9] *Michalak H.* Wybrane problemy infrastruktury podziemnej miast, Geoinżynieria: drogi, mosty, tunele, nr 6/2012, str. 30-37<sup>1, 3, 4</sup>

[10] PN-EN 1504-5:2006 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 5: Iniekcja betonu.<sup>1</sup>

# **Informacja do sporządzenia planu Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia**

dla zadania „Ekspertyza oceny stanu technicznego tunelu rzeki Szarlejka, wraz z rozwiązaniem zabezpieczenia konstrukcji i kosztorysem szczegółowym oraz specyfikacją wykonania i odbioru robót”

## **1. Wstęp**

W niniejszym rozdziale ujęto informacje niezbędne do sporządzenia planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia przy prowadzeniu robót budowlanych. Celem planu bezpieczeństwa jest zapewnienie bezpiecznych warunków pracy chroniących ludzi, środowisko i majątek przed zdarzeniem wypadkowym, urazem, awarią lub uszkodzeniem, które mogłoby nastąpić podczas realizacji robót budowlanych. Podjęte przez Zamawiającego oraz Wykonawcę działania, prowadzone zgodnie z planem bezpieczeństwa stwarzają system, który zapewni, że zdrowie, bezpieczeństwo i środowisko oraz sprawy socjalne każdego pracownika będą zabezpieczone w taki sposób, aby uniknąć chorób zawodowych, obrażeń oraz wypadków. Roboty prowadzone w tunelach należą do szczególnie niebezpiecznych.

## **2. Podstawa opracowania**

- Umowa z inwestorem,
- Ekspertyza oceny stanu technicznego tunelu rzeki Szarlejka,
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 23 czerwca 2003r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (Dz.U. nr120 , poz. 1126 ),
- Rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz. U. z 2003r. nr 47, poz. 401), obowiązujące od 20 września 2003r.

## **3. Zakres robót dla całego zamierzenia budowlanego**

- tymczasowe przeprowadzenie ciekłu wodnego w rurze stalowej, w celu przeprowadzenia dalszych robót,
- odmulenie dna tunelu,
- czyszczenie wysokociśnieniowe ścian,
- przeprowadzenie badań nieniszczących i niszczących betonu oraz murów,
- zabezpieczenie ścian murowych w postaci warstwy betonu natryskowego,

- podniesienie dna tunelu: wykonanie podbudowy z tłucznia oraz płyty żelbetowej,
- naprawa pęknięć: iniekcje żywiczne epoksydowe i akrylowe,
- naprawa przerw dylatacyjnych: iniekcje żywiczne poliuretanowe z reprofilacją krawędzi,
- zabezpieczenie segmentów betonowych w postaci warstwy betonu natryskowego.

#### **4. Istniejące obiekty budowlane**

Prace naprawcze związane są z tunelem rzeki Szarlejka zlokalizowanym pod miastem Piekary Śląskie. Tunel na potrzeby ekspertyzy podzielono na 3 części, których umiejscowienie opisano w punkcie nr 2 ekspertyzy.

#### **5. Elementy zagospodarowania działki lub terenu, które mogą stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa i zdrowia ludzi.**

Do tunelu można dostać się od strony wlotu rzeki, gdzie znajdują się strome zbocza. Dojazd ciężkiego sprzętu jest utrudniony. Kolejnym wejściem jest wylot tunelu otoczony skarpami nasypu kolejowego. Ostatnim sposobem wejścia są studzienki zlokalizowane w części nr 2 tunelu opisane punkcie nr 2 ekspertyzy. Mogą zaistnieć trudności związane z transportem materiałów do tunelu jak i wywóz gruzu bądź urobku. Reszta robót budowlanych będzie prowadzona w środku tunelu i nie zależy od ukształtowania i zagospodarowania działek.

#### **6. Przewidywane zagrożenia występujące podczas realizacji robót budowlanych**

- utrudniony dostęp i transport materiałów do tunelu z uwagi na ukształtowanie wlotu i wylotu rzeki,
- praca i przemieszczanie maszyn po nachylonym terenie,
- zatrucie agresywnym środowiskiem występującym w tunelu,
- zasłabnięcia związane z chwilowym brakiem tlenu,
- utrata stateczności murów tunelu w części nr 1,
- utrata stateczności tymczasowego rurociągu prowadzącego ciek wodny ,
- upadek z wysokości podczas czyszczenia konstrukcji, montażu zbrojenia, wykonywania badań,
- poparzenie w trakcie prowadzenia prac spawalniczych,

- zatrucie, poparzenie skóry i układu oddechowego w trakcie prowadzenia prac związanych z iniekcją żywiczną,
- przeciążenie układu kostno- stawowego w czasie robót transportowych,
- przygniecenie lub uderzenie elementem w czasie załadunku lub rozładunku, względnie spadającym elementem.

Kierownik budowy pełni funkcję koordynatora sprawującego nadzór nad bezpieczeństwem i higieną pracy wszystkich pracowników zatrudnionych na budowie. Wyznaczenie kierownika budowy (koordynatora) nie zwalnia Wykonawcy ani poszczególnych podwykonawców z obowiązku zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy zatrudnionych przez nich pracowników. Zarówno kierownik budowy, Zamawiający jak i podwykonawcy zobowiązani są w szczególności:

- przestrzegać wymagań BHP na terenie budowy oraz postanowień planu bezpieczeństwa,
- organizować stanowiska pracy zgodnie z przepisami i zasadami BHP,
- zapewnić pracownikom środki ochrony indywidualnej,
- organizować, przygotować i prowadzić prace w sposób eliminujący możliwość zaistnienia wypadku przy pracy czy też choroby zawodowej,
- dopuszczać do pracy pracowników posiadających aktualne badania lekarskie i psychotechniczne oraz szkolenia BHP,
- rozpoczynać pracę po uzgodnieniu z kierownikiem budowy bezpiecznych warunków pracy i właściwej technologii prowadzenia robót,
- wykonywać wszystkie polecenia koordynatora BHP budowy,
- prowadzić Dziennik budowy, Dziennik szkoleń BHP oraz Rejestr szkoleń.
- Przed przystąpieniem do prac należy umożliwić innym użytkownikom bezpieczne użytkowanie terenu w czasie budowy.

Wykonawca powinien zapewnić:

- bezpośredni nadzór nad pracami,
- instruktaż obejmujący kolejność prowadzenia i wykonywania prac oraz w zakresie przepisów BHP przy wykonywaniu poszczególnych czynności,
- maszyny i urządzenia dopuszczone do eksploatacji przez inspektorów Urząd dozoru technicznego.

## **7. Sposoby prowadzenia instruktażu pracowników przed przystąpieniem do realizacji robót szczególnie niebezpiecznych**

Szkolenie w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy zatrudnionych pracowników przy wykonywaniu robót budowlanych przeprowadza się w oparciu o programy poszczególnych rodzajów szkoleń w zakresie:

- szkolenia wstępnego,
- szkolenia okresowego,

Pracownicy przed przystąpieniem do robót budowlanych, powinni być zapoznani z ryzykiem zawodowym związanym z pracą przy danym rodzaju robót oraz na danym stanowisku pracy.

Szkolenia okresowe w zakresie BHP dla pracowników zatrudnionych przy robotach budowlanych, a także na robotach, na których występują szczególne zagrożenia dla zdrowia oraz wypadkowe, powinny być przeprowadzone w formie instruktażu. Po przeprowadzeniu instruktażu wstępnego wskazane jest przeprowadzenie egzaminu sprawdzającego znajomość przepisów.

Instruktaż pracowników należy prowadzić z uwzględnieniem następujących zagadnień:

- ochrona osobista,
- narzędzia i sprzęt spawalniczy,
- obsługa sprzętu do czyszczenia wysokościennieniowego,
- obsługa sprzętu do podawania betonu – pompy,
- bezpieczne korzystanie z żywic epoksydowych, poliuretanowych i akrylowych, iniekcja żywiczna,
- znajomość znaków informacyjnych i ostrzegawczych,
- poruszanie się po terenie budowy,
- ochrona środowiska,
- rusztowania,
- praca na wysokości,
- ochrona przeciwpożarowa,
- ład i porządek,
- spożycie alkoholu i narkotyków,
- naruszenie przepisów bezpieczeństwa.



Przed przystąpieniem do robót budowlanych należy udzielić pracownikom instruktażu stanowiskowego w zakresie:

- zagrożeń występujących na stanowisku pracy,
- sposobów ochrony przed zagrożeniami,
- metod bezpiecznego wykonywania pracy.

Pracownik przed przystąpieniem do pracy powinien przejść badania lekarskie przeprowadzone przez lekarza medycyny pracy, potwierdzające zdolność pracownika do wykonywania danego rodzaju pracy, z uwzględnieniem prac na wysokości.

Nie wolno dopuścić pracownika do pracy, do której wykonywania nie posiada wymaganych kwalifikacji lub potrzebnych umiejętności, a także dostatecznej znajomości przepisów oraz zasad BHP.

Bezpośredni nadzór nad bezpieczeństwem i higieną pracy na stanowiskach pracy sprawują odpowiednio kierownik budowy oraz brygadzysta stosownie do zakresu obowiązków.

W razie stwierdzenia bezpośredniego zagrożenia dla życia lub zdrowia pracowników, osoba kierująca obowiązana jest do niezwłocznego wstrzymania prac i podjęcia działań w celu usunięcia tego zagrożenia.

## **8. Środki techniczne i organizacyjne, zapobiegające niebezpieczeństwu przy wykonywaniu robót budowlanych w rejonie szczególnego zagrożenia zdrowia**

Wskazanie środków technicznych i organizacyjnych, zapobiegających niebezpieczeństwom wynikającym z wykonywania robót budowlanych w strefach szczególnego zagrożenia zdrowia lub w ich sąsiedztwie, w tym zapewniających szybką ewakuację na wypadek pożaru, awarii i innych zagrożeń.

Wszystkie roboty budowlane, a także ich odbiór, należy prowadzić zgodnie z „Warunkami technicznymi wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych”, opracowanych przez Instytut Techniki Budowlanej, wydanymi przez Ministerstwo Gospodarki Przestrzennej.<sup>1</sup>

### **8.1. Warunki bezpieczeństwa przy prowadzeniu robót budowlanych**

Kierownik, względnie inny wyznaczony pracownik posiadający uprawnienia powinien pełnić funkcję koordynatora.

Podczas prowadzenia robót budowlanych należy przestrzegać przepisów i rozporządzeń resortowych, przepisów obowiązujących na terenie Zamawiającego oraz przepisów specjalistycznych dostosowanych do specyfiki pracy, w tym:

- przepisów dotyczących ogólnego zabezpieczenia terenu,
- przepisów dotyczących używania maszyn specjalistycznych (żurawi, koparek, maszyn załadowniczych, młotów, podnośników samochodowych oraz innych).

## **8.2.Wymagania stawiane pracownikom**

Przed przystąpieniem do robót budowlanych pracownicy muszą być zapoznani z warunkami pracy i treścią niniejszego projektu budowlanego.

- W trakcie wykonywania prac, w zakresie swych obowiązków należy znać, przestrzegać oraz stosować się do zasad i przepisów dotyczących prowadzenia robót budowlanych ujętych w dokumentach wymienionych w niniejszym projekcie, a także instrukcjach i zarządzeniach obowiązujących u Zamawiającego.
- Pracownicy powinni posiadać aktualne przeszkolenie w zakresie BHP adekwatne do zakresu wykonywanych czynności, odpowiednie kwalifikacje oraz orzeczenia lekarskie o dopuszczeniu do pracy.
- Pracownicy pracujący na wysokości powinni być pod tym kątem przebadani, uzyskać stosowne zaświadczenie i być odpowiednio przeszkoleni.
- Przed przystąpieniem do robót budowlanych pracownicy powinni zostać poinformowani o zakresie i metodach wykonania robót, a także pouczeni o sposobie bezpiecznego ich wykonywania.
- Pracownicy powinni być wyposażeni w sprzęt ochrony osobistej, tj. ubrania robocze, rękawice i kaski ochronne. Strój roboczy pracowników zatrudnionych powinien być jednolity, o jaskrawej kolorystyce i napisach pozwalających na identyfikację firmy.
- Podczas pracy na wysokości powyżej 1,0 m muszą być stosowane środki ochrony osobistej, tj: typowe szelki i linki bezpieczeństwa lub specjalistyczny sprzęt alpinistyczny z wszystkimi niezbędnymi akcesoriami, związane do stabilnych konstrukcji.
- Pracownicy specjalistyczni (m.in. spawacze, operatorzy sprzętu itp.) powinni swój zakres prac wykonywać zgodnie z obowiązującymi ich warunkami i przepisami (aktualne książeczki zawodowe, uprawnienia i badania) oraz posiadać typowy sprzęt ochronny.

## **8.3.Podstawowe zasady BHP**

- Teren, na którym będą prowadzone roboty budowlane musi być ogrodzony i oznakowany tablicami ostrzegawczymi.
- Przed przystąpieniem do robót budowlanych pracownicy muszą być zapoznani z programem robót oraz poinformowani o bezpiecznym sposobie ich wykonania, a zwłaszcza należy zwrócić uwagę na to, iż:

- a) Do tunelu należy każdorazowo wchodzić w kombinezonie ochronnym z uwagi na agresję środowiska wewnętrznego
- b) Niewłaściwe korzystanie z żywic epoksydowych, poliuretanowych i akrylowych może być niebezpieczne dla zdrowia i środowiska. Należy się dokładnie zapoznać z kartami technicznymi i charakterystyki produktów<sup>5</sup>
- c) Rusztowania, drabiny oraz pomosty wykonywać i użytkować zgodnie z przedmiotowymi normami i instrukcjami obsługi. w czasie pracy na wysokościach pracownicy muszą być zabezpieczeni przed upadkiem za pomocą szelek bezpieczeństwa i lin asekuracyjnych zamocowanych do stałej konstrukcji. Przy wejściach na rusztowania wywiesić tablice:

„UWAGA – PRACA NA WYSOKOŚCI !”

- d) W przypadku konieczności poruszania się po trapach należy:
  - przy rozpiętościach między belkami większych niż 2,0 m stosować specjalne konstrukcje dojść z zabezpieczeniami,
  - przy rozpiętościach między belkami mniejszymi niż 2,0 m na belki nałożyć bale drewniane 50 mm x 250 mm z sosny kl. II wraz z odpowiednimi zabezpieczeniami.
- Stosowane liny należy każdorazowo sprawdzić przed ponownym użyciem.
- Rusztowania po ich ustawieniu i zakotwieniu oraz po dużych opadach, odwilży i przerwach w robotach powinny być komisyjnie odebrane za potwierdzeniem w dzienniku budowy.
- Należy przestrzegać stosowania przez pracowników sprzętu ochrony osobistej, tj.: kasków, okularów spawalniczych i ochronnych, szelek z linkami i aparatami bezpieczeństwa itp.
- Pracownicy mogą być dopuszczeni do pracy na wysokości tylko na podstawie aktualnych badań lekarskich oraz psychotechnicznych.
- Miejsce robót powinno być wyposażone w sprzęt przeciwpożarowy i apteczkę pierwszej pomocy.

### **Teren prowadzenia robót budowlanych:**

- Teren prowadzenia robót powinien być ogrodzony lub zabezpieczony zastawami ochronnymi.
- Przy prowadzeniu robót na ulicach i drogach, stanowiska pracy zabezpieczyć przed dostępem osób niepowołanych oraz oznakować zgodnie z przepisami ruchu drogowego.
- Pracownicy wykonujący czynności na jezdni powinni być ubrani w kamizelki ochronne oraz odzież posiadającą barwy bezpieczeństwa.
- Zakład pracy zapewni pracownikom odpowiednie warunki higieniczno-sanitarne.
- Rurociągi układać zgodnie z warunkami montażu podanymi w opisie technicznym oraz w instrukcji montażowej producenta rur.<sup>5</sup>
- Ścisłe przestrzegać wytycznych producentów materiałów i urządzeń.<sup>5</sup>

### **8.4.Nadzór nad prowadzonymi pracami**

- Wszystkie prace budowlane należy prowadzić pod nadzorem osoby kierownika budowy, posiadającego przewidziane w ustawie Prawo budowlane uprawnienia budowlane i zaświadczenie Izby Inżynierów Budownictwa.
- Przed rozpoczęciem robót budowlanych kierownik budowy jest zobowiązany zapoznać pracowników z technologią robót oraz planem BIOZ.
- Każdorazowo, przed rozpoczęciem pracy, osoba dozoru ruchu Wykonawcy sprawująca nadzór nad robotami, zobowiązana jest do imiennego wyznaczenia brygadzysty, który kieruje robotami budowlanymi bezpośrednio w miejscu pracy.
- Brygadzista sprawuje bezpośredni dozór nad wykonywanymi pracami i odpowiada za bezpieczny i prawidłowy przebieg pracy.
- Osoby nadzorujące wykonywanie prac odpowiedzialne są za bezpieczeństwo osobiste pracowników im podległych oraz prawidłową i bezpieczną pracę urządzeń.

### **Ponadto w/w osoby zobowiązane są do:**

- określenia zakresu i czasu pracy,
- udzielenia instruktażu stanowiskowego z podziałem czynności dla poszczególnych pracowników brygady,
- zaznajomienia pracowników z rodzajem robót i technologią ich wykonania,
- sprawdzenia wyposażenia osobistego pracowników,
- sprawdzenia miejsca pracy co do stanu technicznego i bezpieczeństwa,

Wszystkie roboty szczególnie niebezpieczne muszą być stale nadzorowane przez kierownika budowy kierownika robót oraz brygadzystę prowadzącego roboty.

### **8.5.Zasady i wytyczne bezpiecznego wykonywania robót.**

Roboty budowlane w rejonie budowli należy prowadzić tak, aby było zachowane bezpieczeństwo pracującej załogi.

- Na widocznym miejscu powinna być wywieszona tablica informacyjna zawierająca wykaz adresów i numerów telefonów:
  - najbliższej jednostki straży pożarnej,
  - najbliższego punktu lekarskiego,
  - posterunku policji,

oraz informacje dotyczące bezpieczeństwa i ochrony zdrowia.

- Przed przystąpieniem do robót osoby dozoru ruchu oraz pracownicy wykonujący roboty muszą być zapoznani z treścią niniejszego projektu, szczegółowymi technologiami prowadzenia robót, warunkami pracy, obowiązującymi przepisami i występującymi zagrożeniami oraz poinformowani o bezpiecznym sposobie ich wykonania, co powinni potwierdzić własnoręcznym podpisem na liście osób zapoznanych.
- Roboty budowlane mogą prowadzić tylko osoby wykwalifikowane do danej pracy oraz odpowiednio przeszkolone
- Miejsce robót powinno być wyposażone w sprzęt przeciwpożarowy i apteczkę pierwszej pomocy.
- Do pracy mogą być dopuszczeni pracownicy na podstawie aktualnych badań okresowych.
- W przypadku zmiany przez Wykonawcę sposobu wykonywania robót budowlanych, nie ujętego w projekcie jako rozwiązanie podstawowe, należy uzyskać pisemną akceptację projektanta na to rozwiązanie. Niniejszy projekt może być poszerzony przez kierownika budowy o dodatkowe rygory uwzględniające warunki pracy poprawiające bezpieczeństwo.
- Przebieg robót budowlanych oraz zdarzeń i okoliczności zachodzących w toku ich realizacji, należy na bieżąco zapisywać w odpowiednio wypełnionym dzienniku budowy.

- Wszystkie zmiany wynikłe w trakcie prowadzonych robót budowlanych należy ustalić z kierownikiem budowy, uzgodnić pisemnie z projektantem oraz uzyskać akceptację Zamawiającego.
- W przypadku powstania jakichkolwiek nieprawidłowości powodujących zagrożenie życia lub zdrowia pracowników, osoba dozoru lub przodowy (brygadzysta) zobowiązany jest przerwać wykonywanie robót, zabezpieczyć stanowisko pracy i o powyższym zdarzeniu bezzwłocznie powiadomić osobę dozoru wyższego Zamawiającego, które podejmą decyzję odnośnie dalszego sposobu postępowania.

Uwagi !

<sup>1</sup> lub równoważne.

<sup>2</sup> użyte ewentualnie w opisie stanu technicznego nazwy lub typy materiałów stanowią jedynie opis stanu istniejącego i nie wskazują na jakiekolwiek preferencje pochodzenia materiałów ze strony Zamawiającego.

<sup>3</sup> proponowane zabezpieczenia konstrukcji, nie wskazują na żadne konkretne pochodzenie, producenta lub dostawcę. Zamawiający w tym zakresie nie opisuje, nie wymaga i nie narzuca żadnego konkretnego dostawcy, producenta lub pochodzenia. Jeżeli gdziekolwiek pojawią się w ekspertyzie ewentualne odniesienia jak wyżej, wykonawca nie jest nimi związany, a Zamawiający ich nie wymaga w takim zakresie co do konkretnego dostawcy, producenta lub pochodzenia. Wybór dostawcy / producenta jest po stronie wykonawcy. Użyte ewentualnie odwołania stanowią określenie pomocnicze wyłącznie typu / parametrów minimalnych materiałów lub robót - nigdy nie wskazują na wymóg Zamawiającego co do konkretnego pochodzenia. W każdym takim przypadku Zamawiający dopuszcza rozwiązania równoważne.

<sup>4</sup> parametry minimalne + uwaga nr 3.

<sup>5</sup> producent / producenci wybrany / wybrani przez wykonawcę.