

Przeprawa tunelowa pod Martwą Wisłą w Gdańsku

Prof. dr hab. inż. Bolesław Mazurkiewicz

Konsultant Europrojekt Gdańsk

W celu poprawy dostępu drogowego do portu w Gdańsku przystąpiono do realizacji inwestycji, która obejmuje między innymi budowę przeprawy tunelowej pod Martwą Wisłą (rys. 1). Przeprawa zlokalizowana jest w rejonie nabrzeży „Dworzec Drzewny” (od strony Westerplatte) i „Nabrzeże Wiślane” (od strony Letnicy). Obejmuje dwie rury tunelu, po jednej dla każdego kierunku ruchu. W miejscu przeprawy tunelowej szerokość Martwej Wisły wynosi około 210 m, a głębokość około 11,7 m.

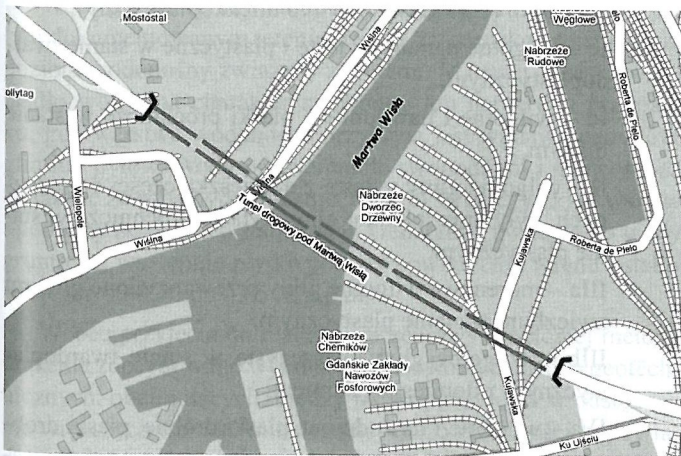
Aktualnie prowadzone są prace projektowe, z tym że ostateczne zakończenie tych prac może nastąpić dopiero po wykonaniu dodatkowych badań geotechnicznych podłoża na całej

trasie tunelu. Zakłada się, że budowa tunelu potrwa od końca 2011 do końca 2014 roku.

Przeprawa tunelowa ma być elementem Trasy Słowackiego, która wraz z Trasą Sucharskiego (połączenie obu tras nastąpi przy skrzyżowaniu ul. Sucharskiego i Ku Ujściu) połączy lotnisko w Rębiechowie, Wrzeszcz, Stadion na Letnicy, krajową „siódemkę”, „jedynekę” i budowaną obwodnicę południową Gdańska.

Opracowanie aktualnego projektu budowlanego założonego rozwiązania przeprawy tunelowej poprzedzone było bardzo szczegółowymi analizami różnych rozwiązań przejścia przez Martwą Wisłę. Pierwszymi propozycjami były mosty: zwodzony i podwieszony, łączące oba brzegi rzeki. Z kolei rozważano możliwości wykonania przeprawy w postaci tunelu. Brano pod uwagę w pierwszym rzędzie tunel żelbetowy, wykonywany na mokro w otwartym i odpowiednio osuszonym wykopie. Następnie dokonano bardzo szczegółowej analizy budowy tunelu z elementów prefabrykowanych, czyli tak zwanego tunelu zatapianego. Przeprowadzane analizy dotyczyły nie tylko samych rozwiązań konstrukcyjnych i możliwości ich wykonawstwa, ale również ich całkowitych kosztów.

Ostatecznie, biorąc pod uwagę wpływ na rozwiązanie konstrukcji, a przede wszystkim na przebieg wykonawstwa tunelu: istniejącej zabudowy portowej po obu brzegach Martwej Wisły, istniejącej konstrukcji obu nabrzeży, istniejącej sieci drogowej i kolejowej po obu stronach rzeki, jak i powstających zakłóceń żeglugi przy konieczności czasowego zamknięcia rzeki (wykopy w osi tunelu w celu wykonania w dnie rzeki zagłębienia do posado-



Rys. 1. Trasa przeprawy tunelowej przez Martwą Wisłę w Gdańsku

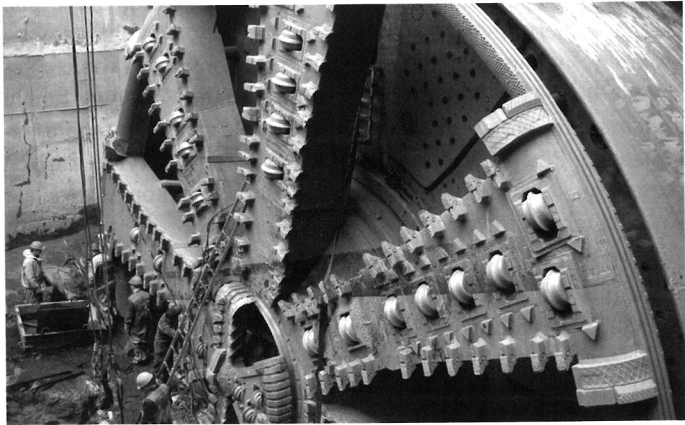
wienia tunelu tak w wersji otwartego wykopu, jak i tunelu zata-
pianego), dokonano wyboru tunelu wierconego lub drążonego,
realizowanego za pomocą maszyny TBM (*Tunnel Boring Ma-
chine*). Uwzględniono także wpływ zamknięcia rzeki na funk-
cjonowanie stoczni znajdujących się po obu stronach Martwej
Wisły. Należy nadmienić, że uniknięcie zablokowania dostępu
do stoczni drogą wodną było jednym z głównych czynników
wpływających na przyjęte rozwiązanie konstrukcji tunelu.

Maszyną TBM (rys. 2), a przede wszystkim w rozwiązaniu
przystosowanym do budowy tuneli o dużych średnicach, wyko-
nuje się konstrukcję tuneli w sposób kompleksowy. Oznacza
to, że po przejściu maszyny zostaje wykonana większość ro-
bót związanych z budową tunelu. Maszyną można wykonywać
drążenie praktycznie we wszystkich rodzajach gruntu, z tym
że – w zależności od rodzaju gruntu – zastosowana będzie od-
powiednia tarcza maszyny, która może być otwarta, zamknięta
z nadciśnieniem sprężonego powietrza, zamknięta z zawiesziną
płuczkową w komorze roboczej i zamknięta z równoważeniem
parcia gruntu. Długość maszyny TBM ze wszystkimi częściami
składowymi – głowicą urabiającą, tarczą, kompleksem odstawy
urobku z taśmociągami i dworcem przeładunkowym – może do-
chodzić do 400 m. W sprzyjających warunkach postęp dobowy
wykonawstwa tunelu przekracza 20 m.

Rozwiązania przejść tunelowych, wykonanych przez drąże-
nie za pomocą maszyny TBM, zastosowano w ostatnich latach
do budowy tuneli wymienionych w tabl. 1:

Tabl. 1. Tunele wykonywane przez drążenie maszyną TBM

Lokalizacja tunelu	Średnica [m]	Długość [m]
Elbtunnel Hamburg	14,65	2560
Herrentunnel Lubeka	10,40	780
Port Tunnel Durban	11,70	4500
Changjiang Tunnel Szanghaj	15,40	7472
Harbour Tunnel Durban	5,20	492
North South Bypass Tunnel Brisbane	12, 30	3997
Westerschelde Holandia	10,10	6600



Rys. 2. Widok maszyny TBM

Kolejność działań przy wykonywaniu tunelu metodą drąże-
nia jest następująca:

- wykonanie szybu startowego,
- montaż maszyny TBM,
- wykonanie szczelnego bloku startowego,
- wykonanie szybu końcowego,
- wykonanie szczelnego bloku końcowego,
- przewiert rura 1,
- demontaż maszyny TBM,
- przeprowadzenie maszyny TBM do szybu startowego,
- przewiert rura 2,
- demontaż maszyny TBM,
- montaż wyposażenia tunelu.

W projekcie budowlanym obecnie wykonywanym, jak
i w projektach wykonawczych realizowanych w najbliższym
czasie, powinno się przedstawiać bardzo szczegółowo poszcze-
gólne etapy realizacji tunelu, ich przebieg oraz wymagane do-
datkowe prace, związane chociażby z wykonaniem na począt-
kowym i końcowym odcinku drążenia nasypu niezbędnego do
przykrycia tunelu gruntem w celu zapewnienia odpowiedniego
ciśnienia nadkładu na odcinkach, gdzie zagłębienie tunelu jest
stosunkowo małe.

WARUNKI GEOTECHNICZNE

Warunki geotechniczne posadowienia konstrukcji przepra-
wy tunelowej ustalono na podstawie badań zrealizowanych
w minionych latach przez różne przedsiębiorstwa (rys. 3).
Pod względem morfologicznym cały rejon lokalizacji przepra-
wy stanowi fragment niziny deltowej rzeki Wisły. Generalnie
jest to teren płaski wyniesiony pomiędzy rzędnymi od 0,6 do
1,9 m n.p.m. W podłożu całego dokumentowanego terenu prze-
prawy przez Martwą Wisłę do maksymalnej głębokości badań,
a więc do 30,0 m poniżej poziomu terenu lub dna rzeki, stwier-
dzono występowanie utworów czwartorzędowych – plejstocen-
skich i holocenów.

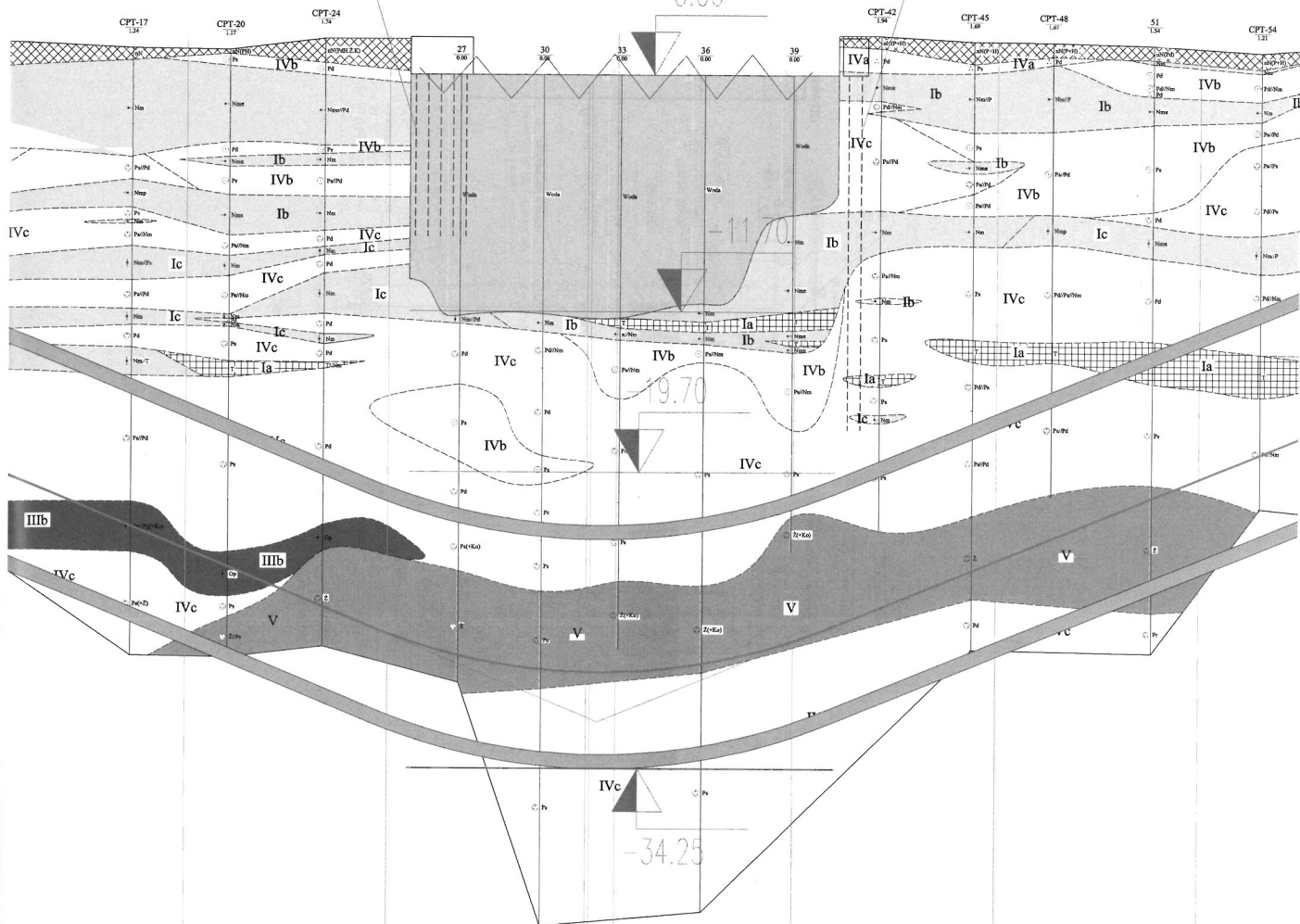
Wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- Ia – mokre torfy (grunty organiczne o dużej ściśliwości
i zawartości części organicznych od około 31 do 55 %),
- Ib – wilgotne namuły pylaste i piaszczyste w stanie pla-
stycznym (stan plastyczny lub miękkoplastyczny),
- Ic – wilgotne namuły pylaste i plastyczne w stanie twar-
doplastycznym,
- Id – wilgotne i nawodnione piaski próchnicze w stanie
luźnym,
- II – wilgotne gliny pylaste z domieszką części organicz-
nych, pyły oraz lokalnie gliny pylaste próchnicze w sta-
nie plastycznym,
- IIIa – morenowe wilgotne gliny przewarstwione glinami
zwięzłymi w stanie plastycznym,
- IIIb – wilgotne gliny piaszczyste w stanie twardopla-
stycznym z domieszką kamieni,
- IVa – wilgotne i nawodnione piaski drobne, piaski drob-
ne przewarstwione namulem i z domieszką części orga-
nicznych oraz piaski średnie w stanie luźnym,

Drewniane pale
Holzpfähle

Martwa Wisła
0.00

Stalowa ścianka szczelna
Spundwand



Rys. 3. Uogólniony przekrój geotechniczny

- IVb – wilgotne i nawodnione piaski drobne i średnie, lokalnie gruboziarniste w stanie średnio zagęszczonym,
- IVc – nawodnione piaski drobne, średnie i gruboziarniste w stanie zagęszczonym oraz lokalnie bardzo zagęszczonym,
- V – żwiry i pospółki w stanie zagęszczonym z domieszkami otoczek i głazów.

Wodę gruntową nawiercono we wszystkich otworach na całym dokumentowanym terenie. Jest to holoceno-plejstoceni poziom wodonośny związany z wodami Martwej Wisły. Zwierciadło wody ma charakter swobodny lub napięty w przypadku, gdy warstwa wodonośna przykryta jest warstwą namulów, glin lub pyłów. Wody o zwierciadle swobodnym i napiętym są związane ze sobą hydraulicznie, o czym świadczy układ warstw i podobny poziom ich stabilizacji. Generalnie zwierciadło wody gruntowej występuje płytko poniżej powierzchni terenu i stabilizuje się od 0,10 do 0,65 m n.p.m.

Wobec przyjęcia do realizacji przeprawy tunelowej metody drążenia zdecydowano wykonanie dodatkowych badań geotechnicznych, obejmujących między innymi wiercenia w odstępach nie większych niż 100 m i sięgających do głębokości odpowiadającej jednej średnicy tunelu wierzonego, mierzonej od jego dna. Ponadto przewiduje się wykonanie badań poziomów zwier-

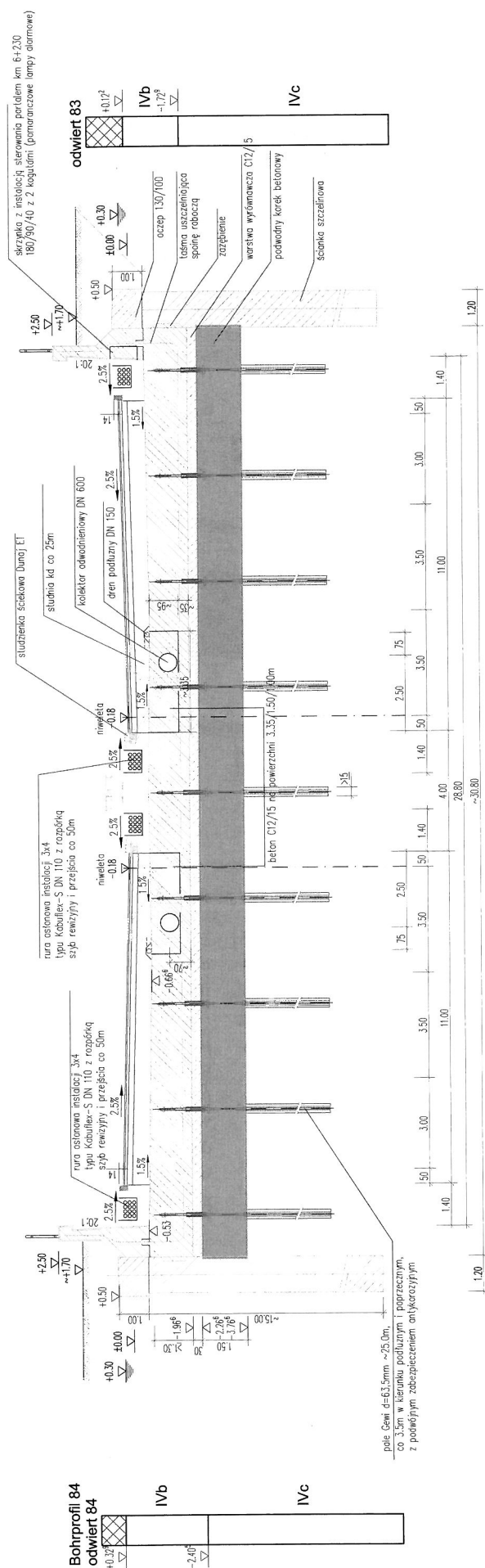
ciadła wód gruntowych połączonych z próbami pompowania, mającymi umożliwić wykonanie modelu hydrogeologicznego. Niezależnie od tego przewiduje się wykonanie różnego rodzaju sondowań oraz badań związanych z ustaleniem podatności na adhezję (przyczepność) (istotnej z punktu widzenia adhezji gruntu do noży i innych części wyposażenia tarczy) oraz badań wpływu gruntów piaszczystych i żwirowych na ścieranie narzędzi wiertniczych. W sumie dodatkowe badania mają umożliwić w pełni bezpieczne prowadzenie wierceń, łącznie z zapobieżeniem ewentualnych przebiegów.

PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE

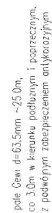
Podstawowe parametry techniczne przeprawy tunelowej są następujące:

- całkowita długość przeprawy tunelowej ~ 1700,0 m,
- długość części tunelowej ~ 1370,0 m,
- długość tunelu drążonego ~ 1070,0 m,
- minimalna głębokość tunelu pod dnem Martwej Wisły ~ 9,0 m,
- spadek poprzeczny w tunelu 2,5%,

Przekrój poprzeczny km 6+200.00



M. 1:100



Rys. 5. Przekrój poprzeczny tunelu w wykopie otwartym od strony „Ku Ujściu”



Rys. 6. Przekrój poprzeczny tunelu drażonego



- spadek podłużny w tunelu – strona „Ku Ujściu” 3,0%,
- spadek podłużny w tunelu – strona „Marynarki Polskiej” 4,0%,
- promień łuku pionowego w tunelu $R = 2500$ m.

Z punktu widzenia konstrukcyjnego przeprawa tunelowa została podzielona na pięć następujących sekcji:

- sekcja 1 – wanna żelbetowa o długości około 150 m, wykonywana w wykopie otwartym i zakotwiona palami (rys. 4),
- sekcja 2 – tunel o długości około 190 m, wykonywany w wykopie otwartym i zakotwiony palami (rys. 5),
- sekcja 3 – tunel o długości około 1070 m, wykonywany metodą drążoną (rys. 6),
- sekcja 4 – tunel o długości około 110 m, wykonywany w wykopie otwartym i zakotwiony palami (rys. 7),
- sekcja 5 – wanna żelbetowa o długości około 180 m, wykonywana w wykopie otwartym i zakotwiona palami (rys. 8).

Nie wnikając w szczegółowe opisy rozwiązań konstrukcyjnych przeprawy tunelowej w poszczególnych sekcjach pokazanych na rysunkach przekrojów tych sekcji, scharakteryzowano przekroje poprzeczne drogi dla każdego przekroju przeprawy tunelowej. Szczegółowe opisy rozwiązań konstrukcyjnych będą przedmiotem dalszych artykułów, przygotowanych po ostatecznym opracowaniu projektu wykonawczego, opartego na realizowanych aktualnie dodatkowych badaniach geotechnicznych.

Przekroje poprzeczne drogi w poszczególnych sekcjach są następujące:

Sekcja 1:

- chodnik awaryjny 1,40 m,
- opaska zewnętrzna 0,50 do 0,70 m,
- pas włączenia lub wyłączenia się z ruchu 3,0 m,
- 2 pasy ruchu $2 \times 3,5 = 7,0$ m,
- opaska wewnętrzna 0,50 do 0,70 m,
- chodnik awaryjny 1,40 m,
- całkowita szerokość przekroju poprzecznego drogi 11,0 do 13,80 m.

Sekcja 2:

- chodnik awaryjny 1,40 m,
- opaska zewnętrzna 0,70 m,
- 2 pasy ruchu $2 \times 3,5 = 7,0$ m,
- opaska wewnętrzna 0,50 m,
- chodnik awaryjny 1,40 m,
- całkowita szerokość przekroju poprzecznego drogi 11,0 m,
- wysokość tunelu w świetle 5,0 m.

Sekcja 3:

- chodnik awaryjny 1,0 m,
- opaska zewnętrzna 0,70 m,
- 2 pasy ruchu $2 \times 3,5 = 7,0$ m,
- opaska wewnętrzna 0,50 m,
- chodnik awaryjny 1,0 m,
- całkowita szerokość przekroju poprzecznego drogi 10,20 m,
- wysokość tunelu w świetle 5,0 m.

Sekcja 4:

- chodnik awaryjny 1,40 m,
- opaska zewnętrzna 0,50 m,
- 3 pasy ruchu $2 \times 3,5 + 3,0 = 10,0$ m,
- opaska wewnętrzna 0,50 m,
- chodnik awaryjny 1,40 m,
- całkowita szerokość przekroju poprzecznego drogi 13,80 m,
- wysokość tunelu w świetle 5,0 m.

Sekcja 5:

- chodnik awaryjny 1,40 m,
- opaska zewnętrzna 0,50 m,
- pas włączenia lub wyłączenia się z ruchu 3,0 m,
- 2 pasy ruchu $2 \times 3,5 = 7,0$ m,
- opaska wewnętrzna 0,50 m,
- chodnik awaryjny 1,40 m,
- całkowita szerokość przekroju poprzecznego drogi 11,0 m.

Rozstaw osiowy rur tunelu wynosi 25,0 m. Rury tunelu drążonego połączone są przejściami awaryjnymi, rozdawanymi co 170 m. Przejścia wykonane będą w postaci tuneli prostokątnych do osi obydwu rur tunelu. Spełniają one przede wszystkim funkcję tuneli ewakuacyjnych.

ZAKOŃCZENIE

Przedstawiony w bardzo skróconej formie projekt przeprawy tunelowej pod Martwą Wisłą wskazuje na zakres i ważność podejmowanego przedsięwzięcia inwestycyjnego. Niewątpliwie po wykonaniu dodatkowych badań geotechnicznych nastąpi uściślenie pewnych rozwiązań konstrukcyjnych, chociażby związanych z przepływem wody gruntowej pod konstrukcją tunelu w celu uniknięcia jej spiętrzenia. Ponadto niezwykle istotne będzie przygotowanie przebiegu realizacji przeprawy, łącznie z transportem maszyny TBM, jej przestawianiem itp. Należy przy tym stwierdzić, że będzie to pierwsza przeprawa tunelowa w Polsce realizowana metodą drążenia przy użyciu maszyny TBM o bardzo dużej średnicy tarczy. Zakładając znaczący postęp dobowy, należy liczyć się z koniecznością bardzo dokładnego zaplanowania budowy oraz precyzyjnych działań logistycznych szczególnie w zakresie odwożenia urobku oraz obrotu materiałowego.

Projekt przeprawy tunelowej, na zlecenie Spółki Gdańskie Inwestycje Komunalne Euro 2012, realizuje Biuro Projektów EUROPROJEKT GDAŃSK Sp. z o.o. z Gdańska, we współpracy z Biurem Projektów SSF INGENIEURE GmbH z Monachium.

PODZIĘKOWANIE: Gorące podziękowania składam Inwestorowi Spółki Gdańskie Inwestycje Komunalne Euro 2012 oraz obydwu Biurom Projektów za udostępnione materiały oraz za zgodę na publikację.

STRESZCZENIE: Dane ogólne o tunelu i przyjętej technologii jego wykonawstwa. Opis i analiza warunków geotechnicznych. Podstawowe parametry techniczne poszczególnych sekcji przeprawy tunelowej i przekrojów poprzecznych dróg w tych sekcjach.

Tunnel crossing under Dead Vistula river in Gdańsk

General data of the tunnel and assumed technology of its installation. Description and analysis of geotechnical conditions. Basic technical parameters of particular sections of tunnel crossing and cross-sections of roads.