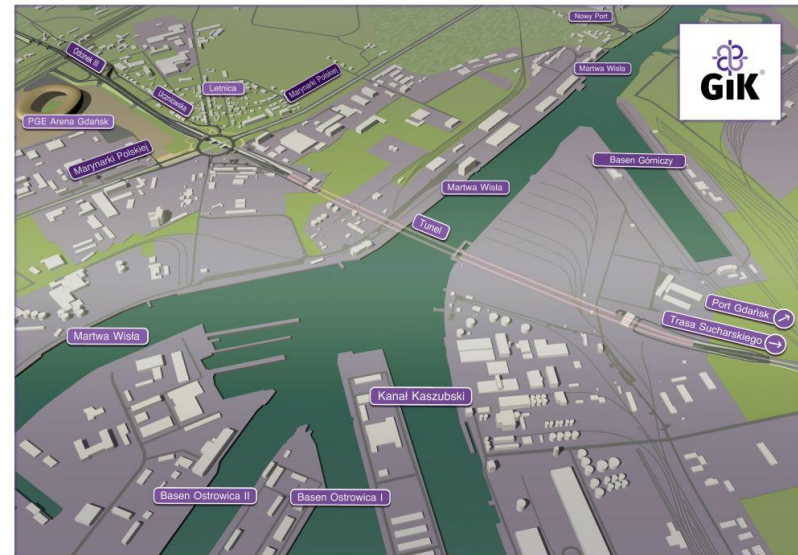
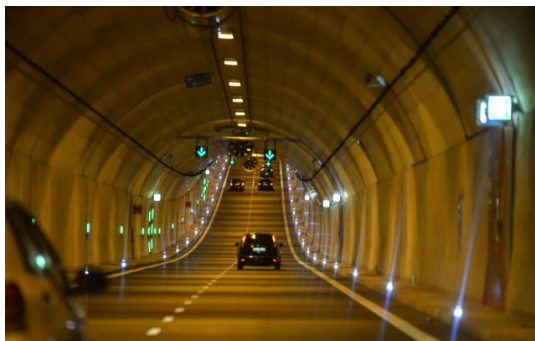




Przejście drogowe przez Martwą Wisłę Historia prac koncepcyjnych i realizacja



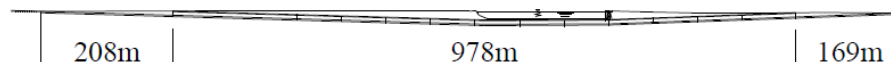
Krzysztof Żółtowski



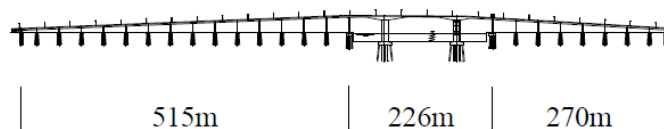
Koncepcja Programowo-Przestrzenna odcinka Trasy Sucharskiego z przeprawą przez kanał Martwej Wisły.

Zlecający - Zarząd Morskiego Portu Gdańsk S.A, rok 1988

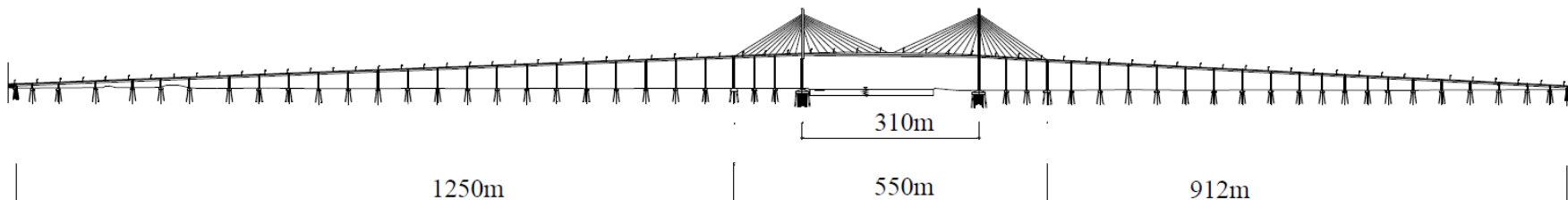
PRZEPRAWA Z TUNELEM Lc=1355m



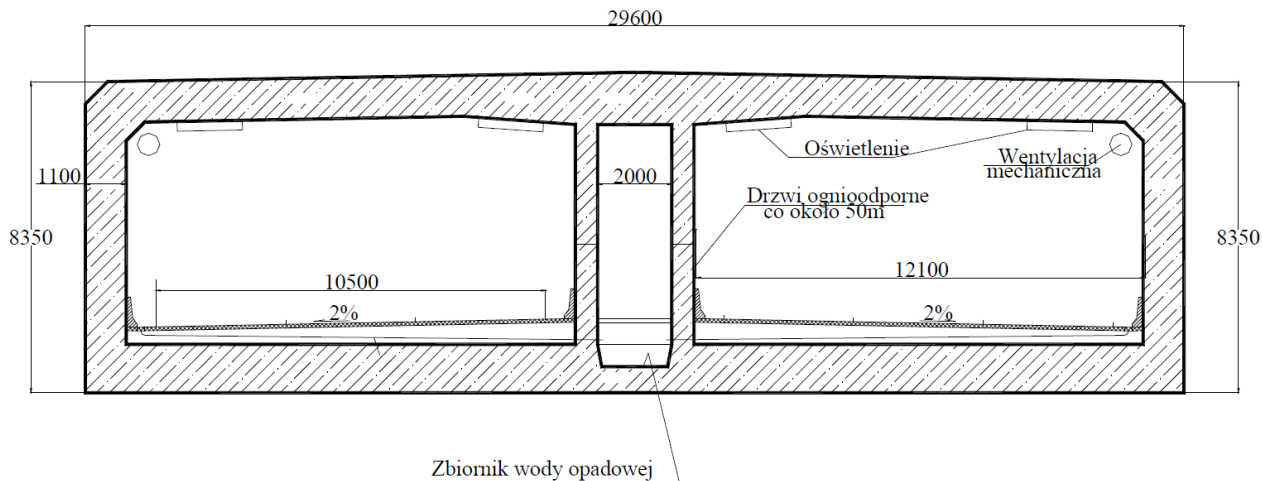
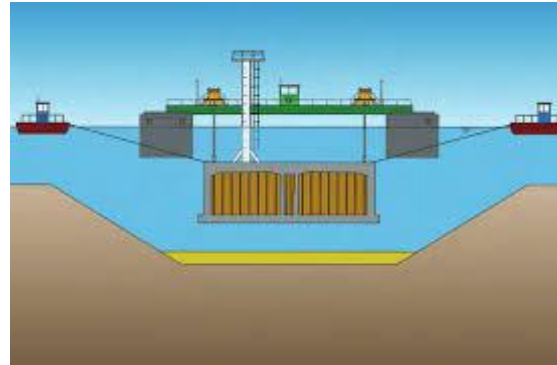
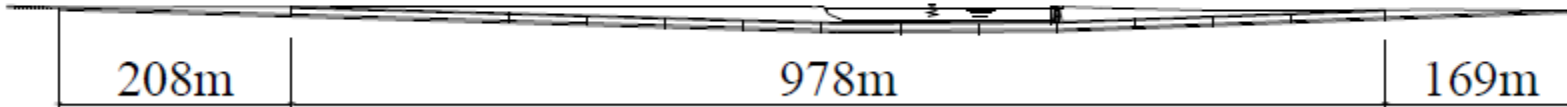
PRZEPRAWA Z MOSTEM ZWODZONYM Lc=1011m



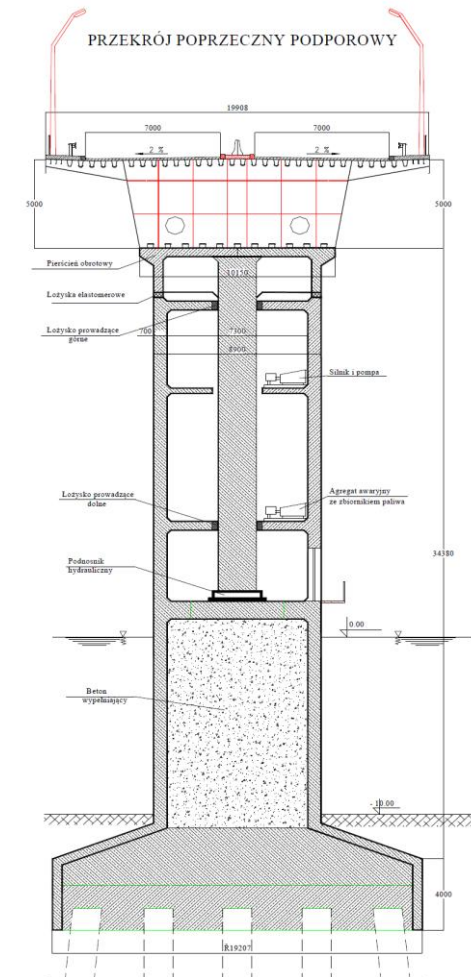
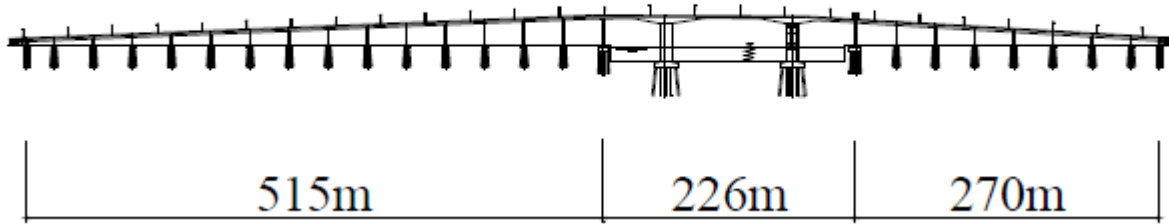
PRZEPRAWA Z MOSTEM WYSOKOWODNYM Lc=2712m



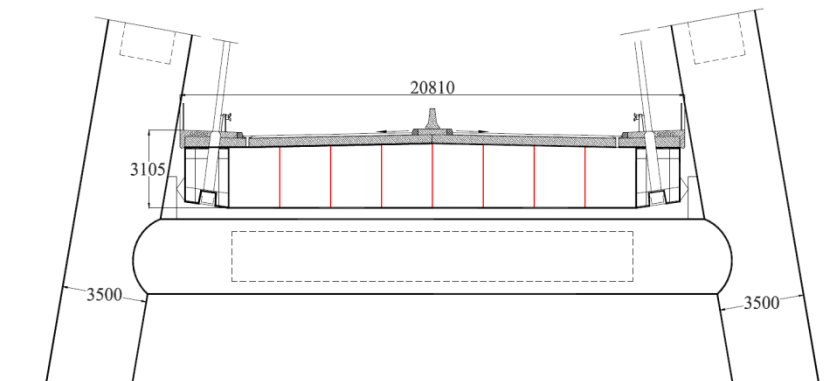
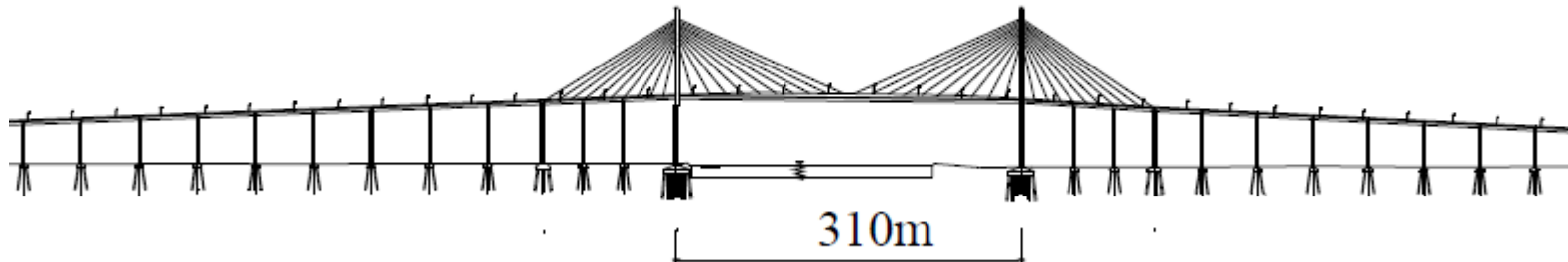
PRZEPRAWA Z TUNELEM Lc=1355m



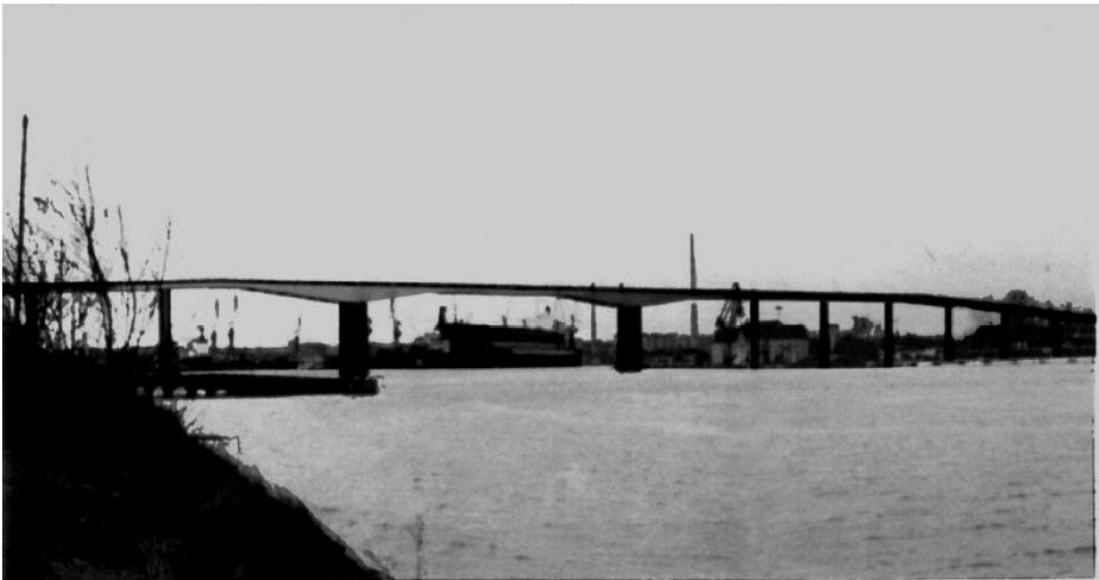
PRZEPRAWA Z MOSTEM ZWODZONYM $L_c=1011m$



PRZEPRAWA Z MOSTEM WYSOKOWODNYM $L_c=2712m$



Studium oddziaływania na środowisko



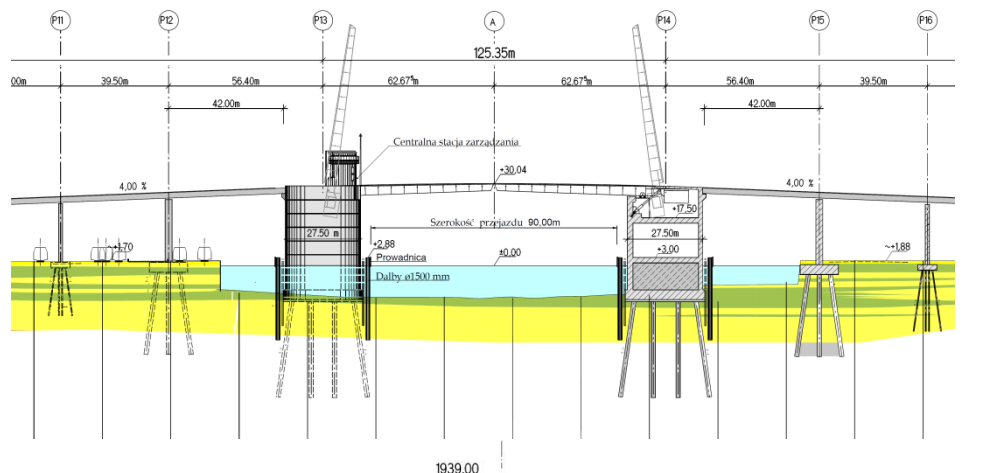
Przejście drogowe przez Martwą Wisłę.

Koszt inwestycji w roku 1988

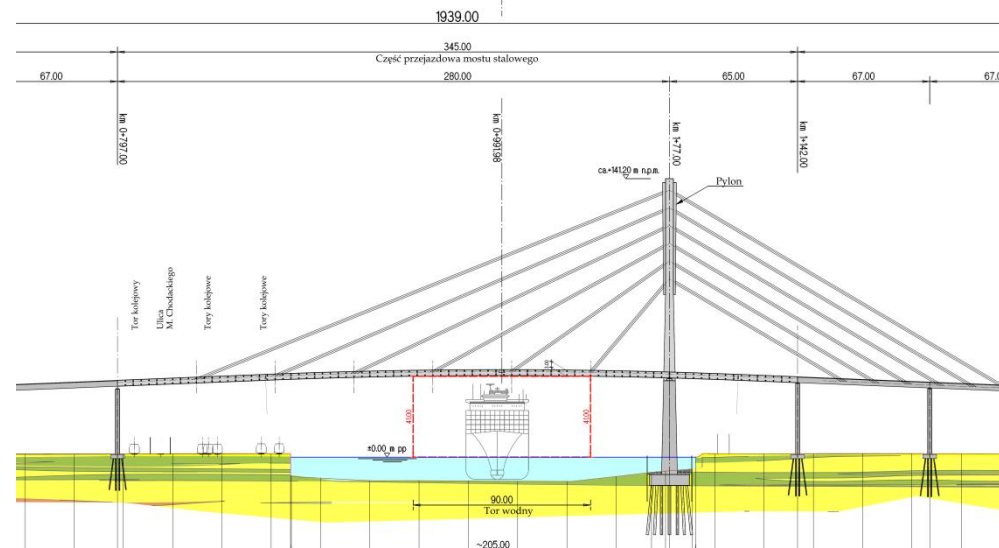
	Roboty drogowe	Roboty mostowe	Razem
Trasa z tunelem	48 000 000 zł	361 000 000 zł	409 000 000 zł
Trasa z mostem zwodzony	43 000 000 zł	172 500 000 zł	215 500 000 zł
Trasa z mostem wysokowodnym	39 000 000 zł	263 000 000 zł	302 000 000 zł

Koncepcje rozważane w roku 2006

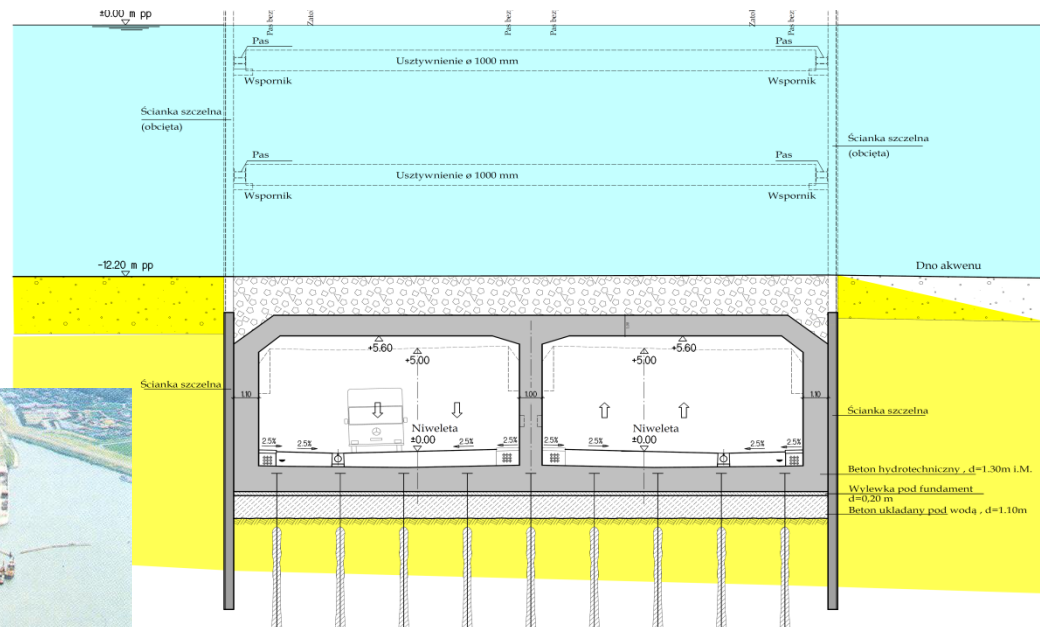
Most klapowy



Most podwieszony - 42 m

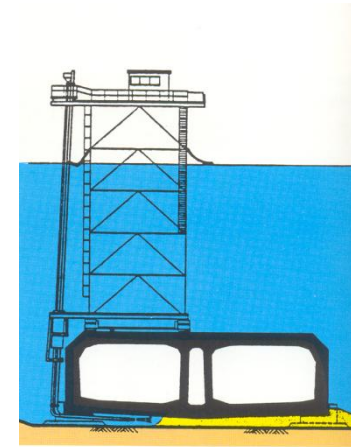
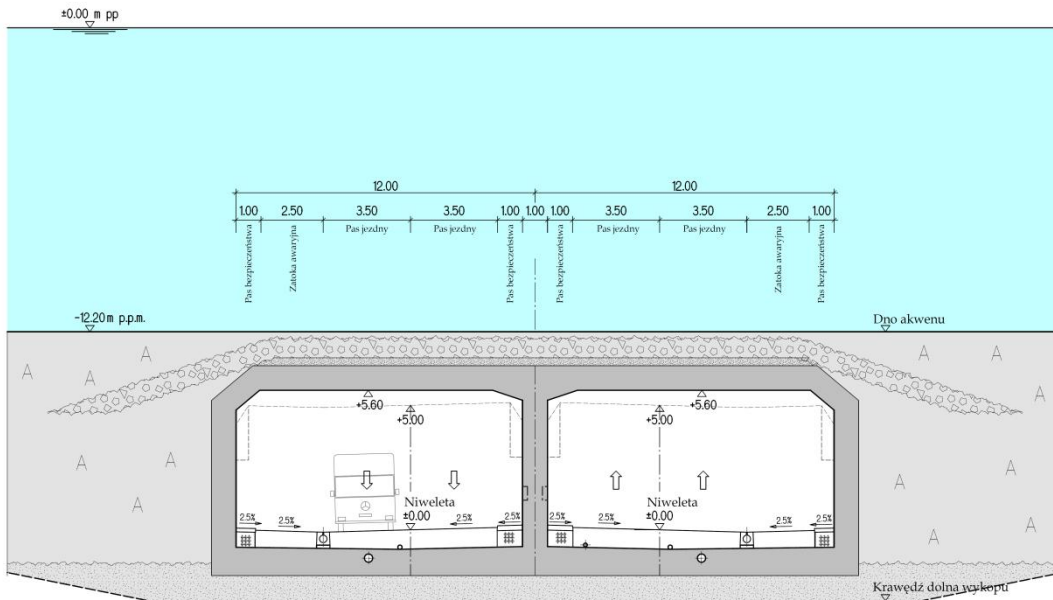
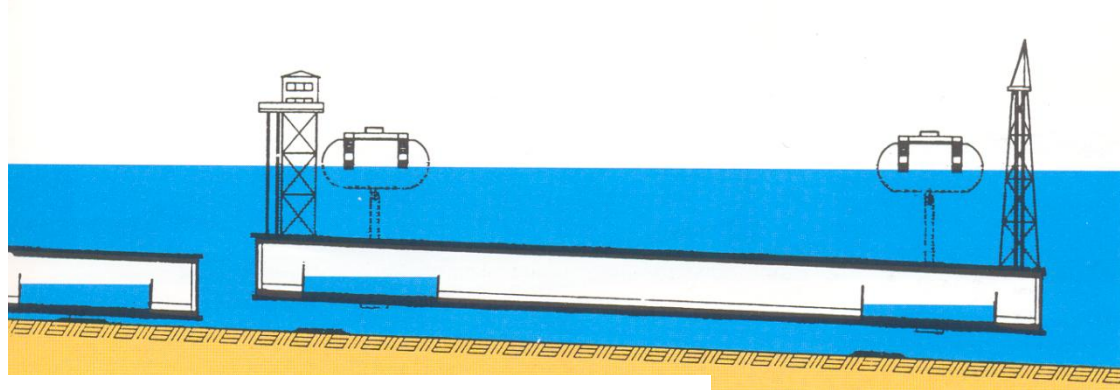
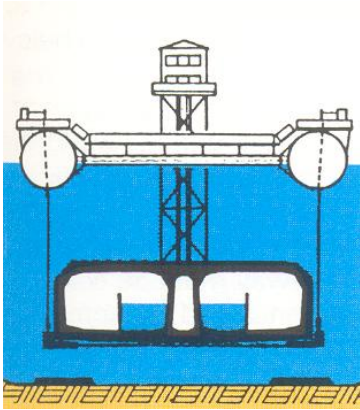


Koncepcje rozważane w roku 2006



Tunel w wykopie otwartym

Koncepcje rozważane w roku 2006 Tunel zatapiany

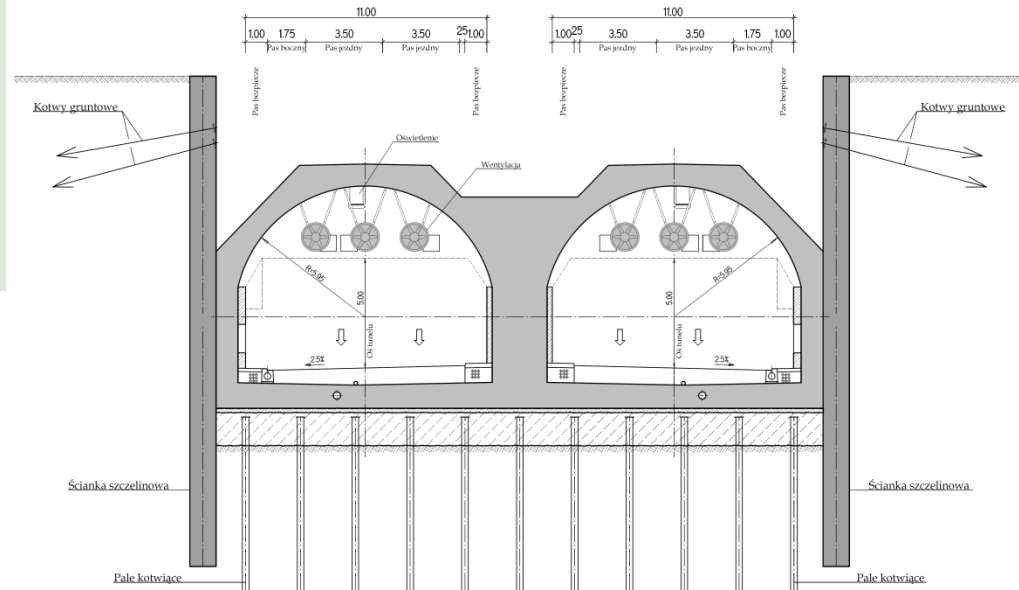
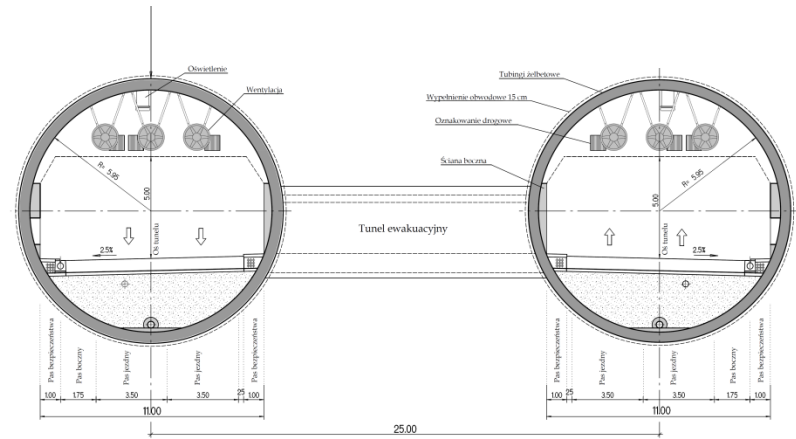


Koncepcje rozważane w roku 2006

Tunel drążony

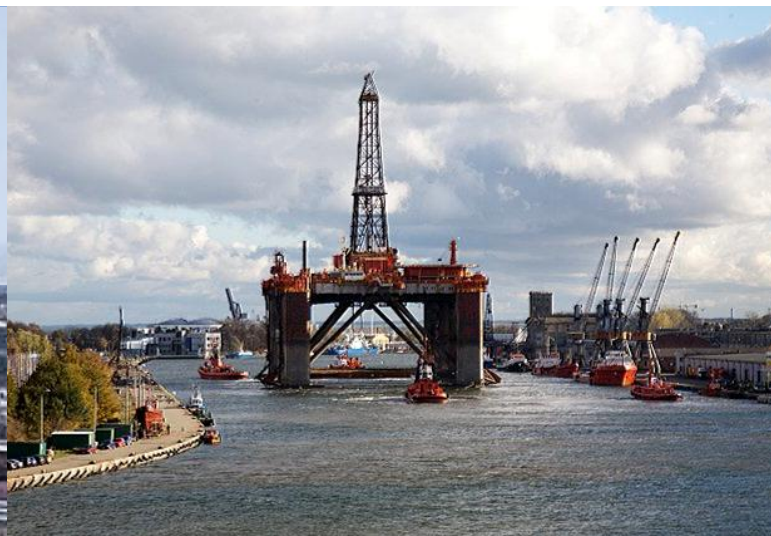


TBM – Maszyna do drążenia tuneli



Wady technologii wykonania tunelu w wykopie otwartym i metodą elementów zatapianych: port, stocznia, żegluga, baza paliwowa Orlen

- utrudnienia w torze wodnym
- konieczność przebudowy nabrzeży
- pogłębienie toru wodnego
- ryzyko kolizji



Zalety i wady tunelu wykonywanego metodą drążoną (TBM)

Zalety:

- brak ingerencji w nabrzeża
- brak ingerencji w działalność portu i Stoczni Remontowej
- brak ingerencji w ruch statków na Martwej Wiśle
- technologia i związana z nią większa długość tunelu umożliwia wykorzystanie dotychczasowego zagospodarowania terenu nad tunelem (np. brak kolizji ze zbiornikami Orłenu)
- przy prawidłowym doborze parametrów maszyny TBM czynniki zewnętrzne mają bardzo ograniczony wpływ na tą technologię
- bardzo niski poziom awaryjności tej metody
- możliwość wykonywania tubingów poza placem budowy, z wykorzystaniem lokalnych firm

Wady:

- większa długość tunelu, w przyszłej eksploatacji będzie miał wyższe koszty eksploatacji i utrzymania

Zalety i wady tunelu wykonywanego metodą drążoną (TBM)

Zalety:

- brak ingerencji w nabrzeża
- brak ingerencji w działalność portu i Stoczni Remontowej
- brak ingerencji w ruch statków na Martwej Wiśle
- technologia i związana z nią większa długość tunelu umożliwia wykorzystanie dotychczasowego zagospodarowania terenu nad tunelem (np. brak kolizji ze zbiornikami Orłenu)
- przy prawidłowym doborze parametrów maszyny TBM czynniki zewnętrzne mają bardzo ograniczony wpływ na tą technologię
- bardzo niski poziom awaryjności tej metody
- możliwość wykonywania tubingów poza placem budowy, z wykorzystaniem lokalnych firm

Wady:

- większa długość tunelu, w przyszłej eksploatacji będzie miał wyższe koszty eksploatacji i utrzymania

Zalety i wady tunelu wykonywanego metodą drążoną (TBM)

Zalety:

- brak ingerencji w nabrzeża
- brak ingerencji w działalność portu i Stoczni Remontowej
- brak ingerencji w ruch statków na Martwej Wiśle
- technologia i związana z nią większa długość tunelu umożliwia wykorzystanie dotychczasowego zagospodarowania terenu nad tunelem (np. brak kolizji ze zbiornikami Orłenu)
- przy prawidłowym doborze parametrów maszyny TBM czynniki zewnętrzne mają bardzo ograniczony wpływ na tą technologię
- bardzo niski poziom awaryjności tej metody
- możliwość wykonywania tubingów poza placem budowy, z wykorzystaniem lokalnych firm

Wady:

- większa długość tunelu, w przyszłej eksploatacji będzie miał wyższe koszty eksploatacji i utrzymania

Zalety i wady tunelu wykonywanego metodą drążoną (TBM)

Zalety:

- brak ingerencji w nabrzeża
- brak ingerencji w działalność portu i Stoczni Remontowej
- brak ingerencji w ruch statków na Martwej Wiśle
- technologia i związana z nią większa długość tunelu umożliwia wykorzystanie dotychczasowego zagospodarowania terenu nad tunelem (np. brak kolizji ze zbiornikami Orłenu)
- przy prawidłowym doborze parametrów maszyny TBM czynniki zewnętrzne mają bardzo ograniczony wpływ na tą technologię
- bardzo niski poziom awaryjności tej metody
- możliwość wykonywania tubingów poza placem budowy, z wykorzystaniem lokalnych firm

Wady:

- większa długość tunelu, w przyszłej eksploatacji będzie miał wyższe koszty eksploatacji i utrzymania

Zalety i wady tunelu wykonywanego metodą drążoną (TBM)

Zalety:

- brak ingerencji w nabrzeża
- brak ingerencji w działalność portu i Stoczni Remontowej
- brak ingerencji w ruch statków na Martwej Wiśle
- technologia i związana z nią większa długość tunelu umożliwia wykorzystanie dotychczasowego zagospodarowania terenu nad tunelem (np. brak kolizji ze zbiornikami Orlenu)
- przy prawidłowym doborze parametrów maszyny TBM czynniki zewnętrzne mają bardzo ograniczony wpływ na tą technologię
- bardzo niski poziom awaryjności tej metody
- możliwość wykonywania tubingów poza placem budowy, z wykorzystaniem lokalnych firm

Wady:

- większa długość tunelu, w przyszłej eksploatacji będzie miał wyższe koszty eksploatacji i utrzymania

Zalety i wady tunelu wykonywanego metodą drążoną (TBM)

Zalety:

- brak ingerencji w nabrzeża
- brak ingerencji w działalność portu i Stoczni Remontowej
- brak ingerencji w ruch statków na Martwej Wiśle
- technologia i związana z nią większa długość tunelu umożliwia wykorzystanie dotychczasowego zagospodarowania terenu nad tunelem (np. brak kolizji ze zbiornikami Orłenu)
- przy prawidłowym doborze parametrów maszyny TBM czynniki zewnętrzne mają bardzo ograniczony wpływ na tą technologię
- **bardzo niski poziom awaryjności tej metody**
- możliwość wykonywania tubingów poza placem budowy, z wykorzystaniem lokalnych firm

Wady:

- większa długość tunelu, w przyszłej eksploatacji będzie miał wyższe koszty eksploatacji i utrzymania

Zalety i wady tunelu wykonywanego metodą drążoną (TBM)

Zalety:

- brak ingerencji w nabrzeża
- brak ingerencji w działalność portu i Stoczni Remontowej
- brak ingerencji w ruch statków na Martwej Wiśle
- technologia i związana z nią większa długość tunelu umożliwia wykorzystanie dotychczasowego zagospodarowania terenu nad tunelem (np. brak kolizji ze zbiornikami Orłenu)
- przy prawidłowym doborze parametrów maszyny TBM czynniki zewnętrzne mają bardzo ograniczony wpływ na tą technologię
- bardzo niski poziom awaryjności tej metody
- możliwość wykonywania tubingów poza placem budowy, z wykorzystaniem lokalnych firm

Wady:

- większa długość tunelu, w przyszłej eksploatacji będzie miał wyższe koszty eksploatacji i utrzymania

Zalety i wady tunelu wykonywanego metodą drążoną (TBM)

Zalety:

- brak ingerencji w nabrzeża
- brak ingerencji w działalność portu i Stoczni Remontowej
- brak ingerencji w ruch statków na Martwej Wiśle
- technologia i związana z nią większa długość tunelu umożliwia wykorzystanie dotychczasowego zagospodarowania terenu nad tunelem (np. brak kolizji ze zbiornikami Orłenu)
- przy prawidłowym doborze parametrów maszyny TBM czynniki zewnętrzne mają bardzo ograniczony wpływ na tą technologię
- bardzo niski poziom awaryjności tej metody
- możliwość wykonywania tubingów poza placem budowy, z wykorzystaniem lokalnych firm

Wady:

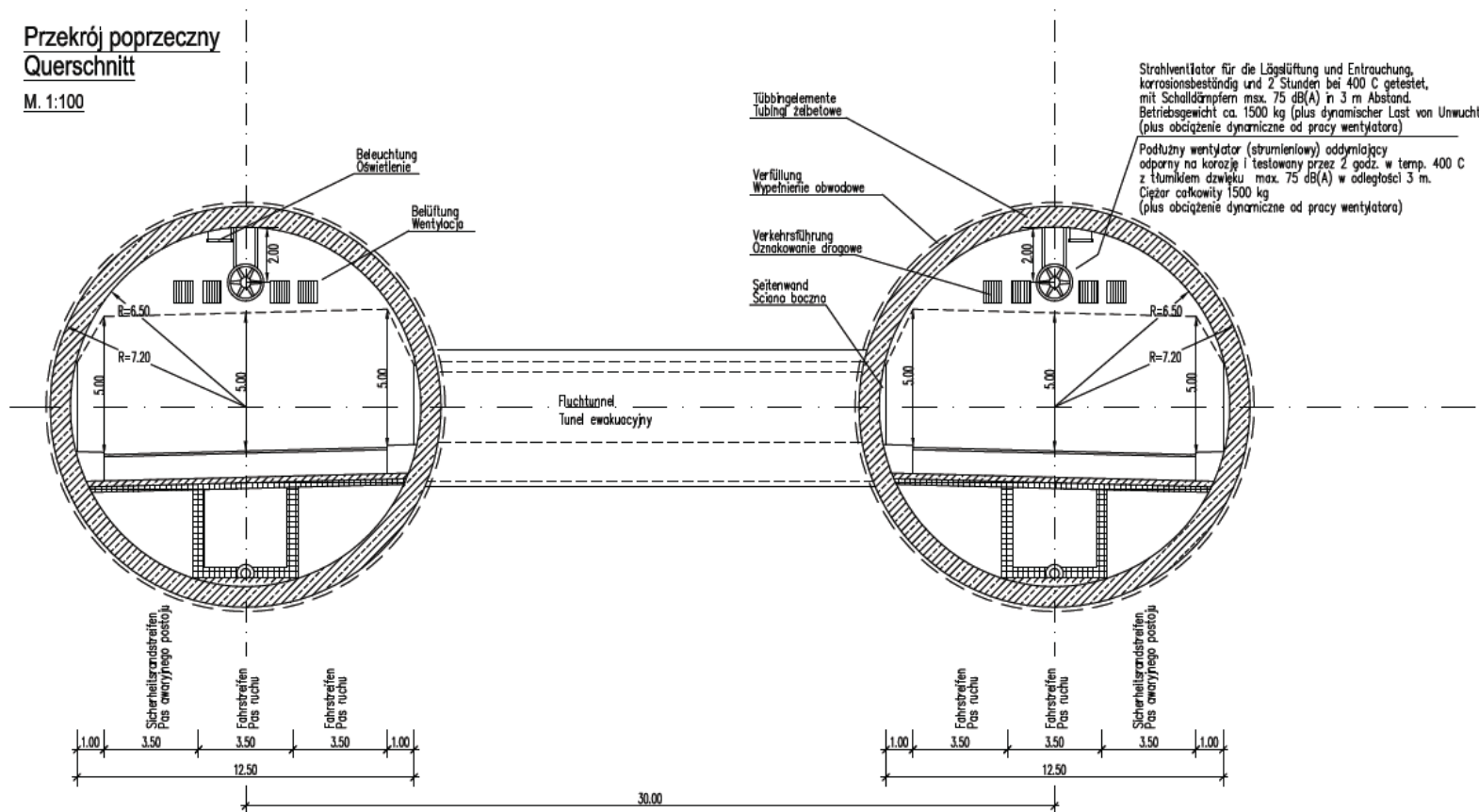
- większa długość tunelu, w przyszłej eksploatacji będzie miał wyższe koszty eksploatacji i utrzymania

Uznano, że najkorzystniejszy wariant to –tunel wykonywany metodą drążoną o przekroju jednej nawy 2 x 3,5m



Przekrój poprzeczny Querschnitt

M. 1:100



Przeście drogowe przez Martwa Wisłę. Realizacja



Inwestor:

Gmina Miasta Gdańsk reprezentowana przez Gdańskie Inwestycje Komunalne Sp. z o.o.

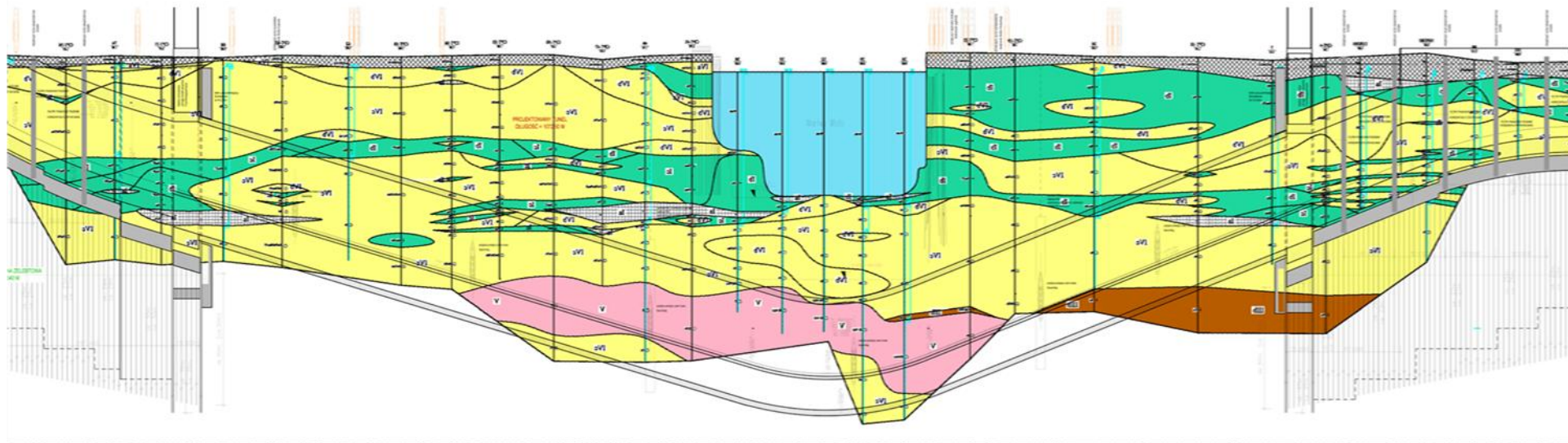
Lokalizacja:

północno-wschodnia część miasta Gdańsk na terenach Portu Gdańskiego

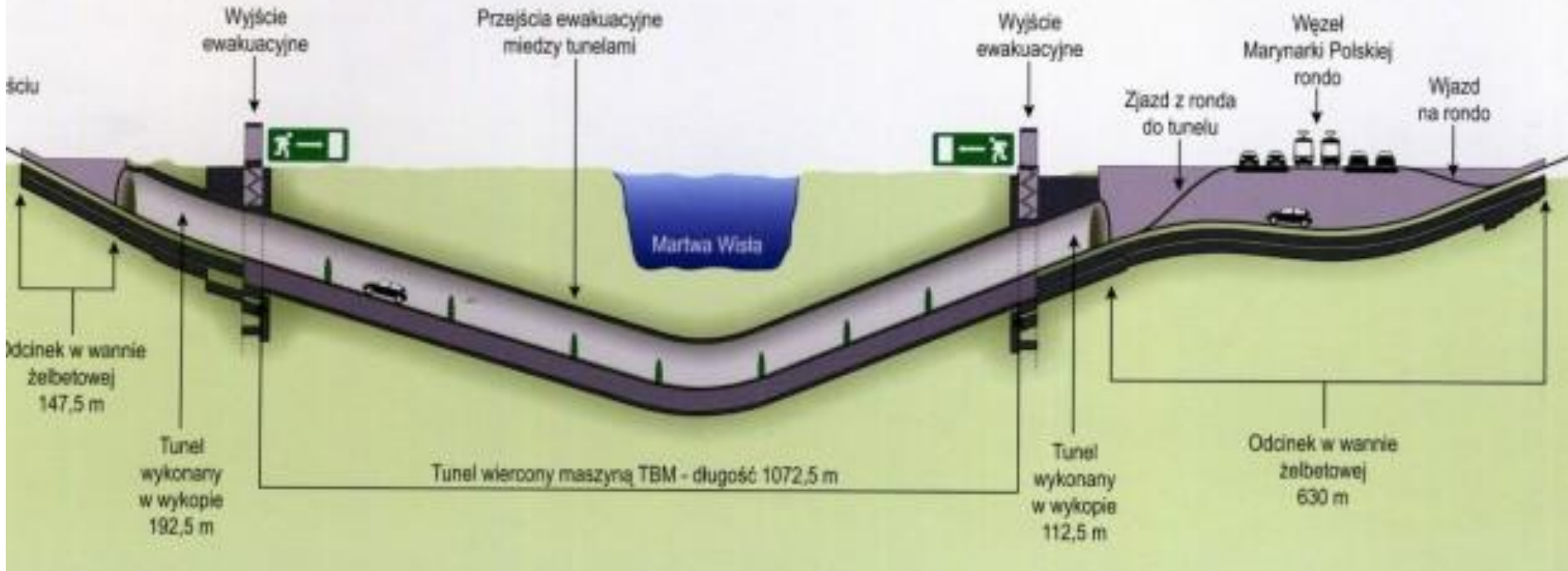
Zakładane terminy realizacji: 2011÷2014

Warunki geologiczne dla przejścia maszyny TBM

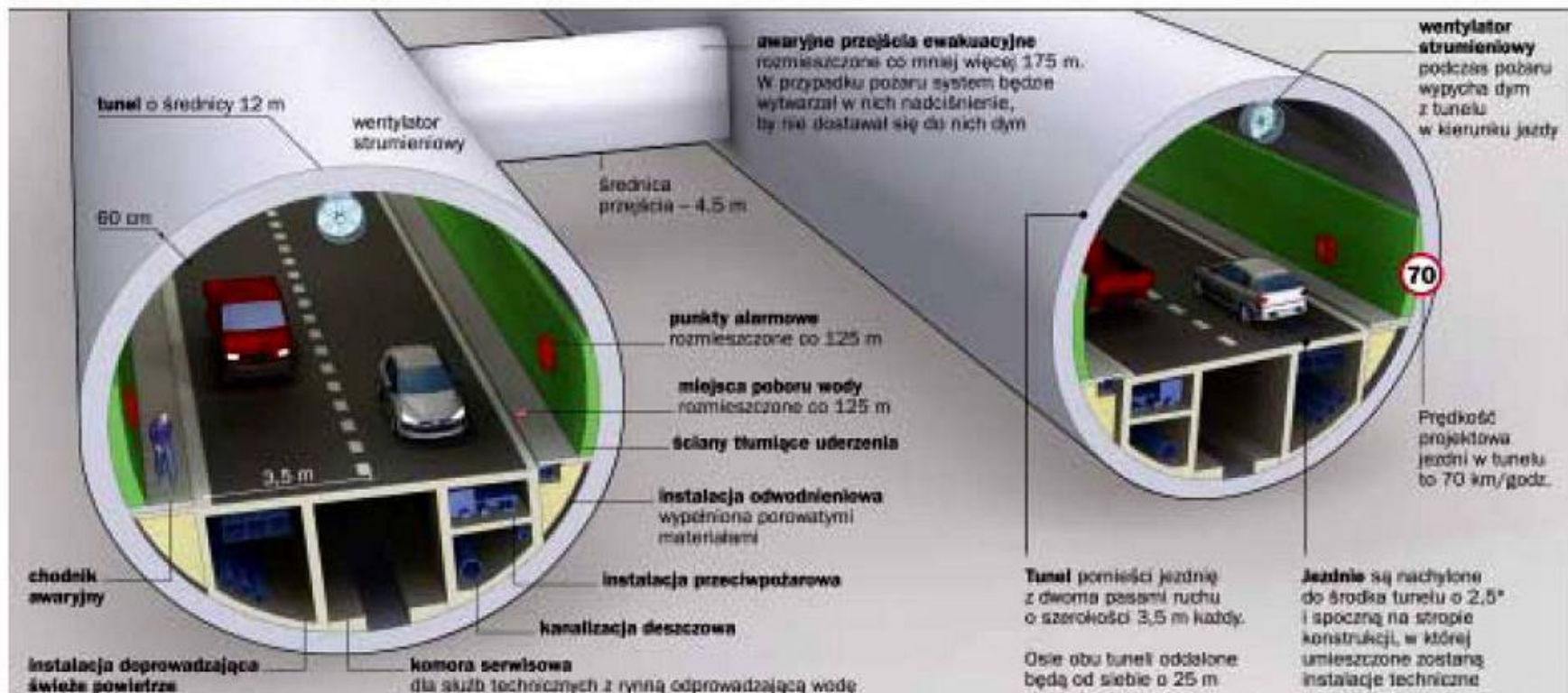
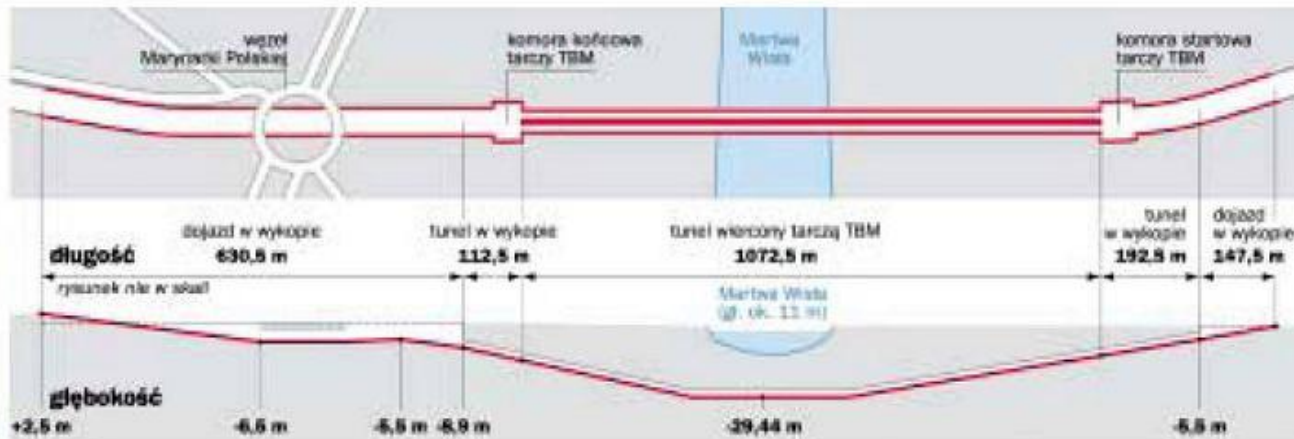
- projektowany tunel przebiega przez warstwy gruntów na przemian sypkich i spoiстых
- do głębokości ok. 25 m nawiercono piaski, ropy i gliny, a także namuty i torfy
- warstwy te charakteryzują się słabą nośnością
- poniżej nawiercono żwiry i piaski



Przekrój podłużny tunelu pod Martwą Wisłą



TUNEL POD MARTWĄ WISLĄ. PIERWSZY PODWODNY TRAKT SAMOCHODOWY W POLSCE



Wykopy budowlane:

- Strona wschodnia 340 m
- Strona zachodnia 747 m



Tunel pod Martwą Wisłą, strona zachodnia



Rampa zjazdowa i rondo

Konstrukcja zjazdów i ronda (bez TBM)

- ◆ 19 920 ton stali
- ◆ 107 100 m³ betonu

Roboty ziemne (bez TBM):

- ◆ 430 000 m³

**Roboty geotechniczne
ca 160 mPLN (~20%)**

Obmiar

Ściany szczelinowe

57 400 m²

Mikropale

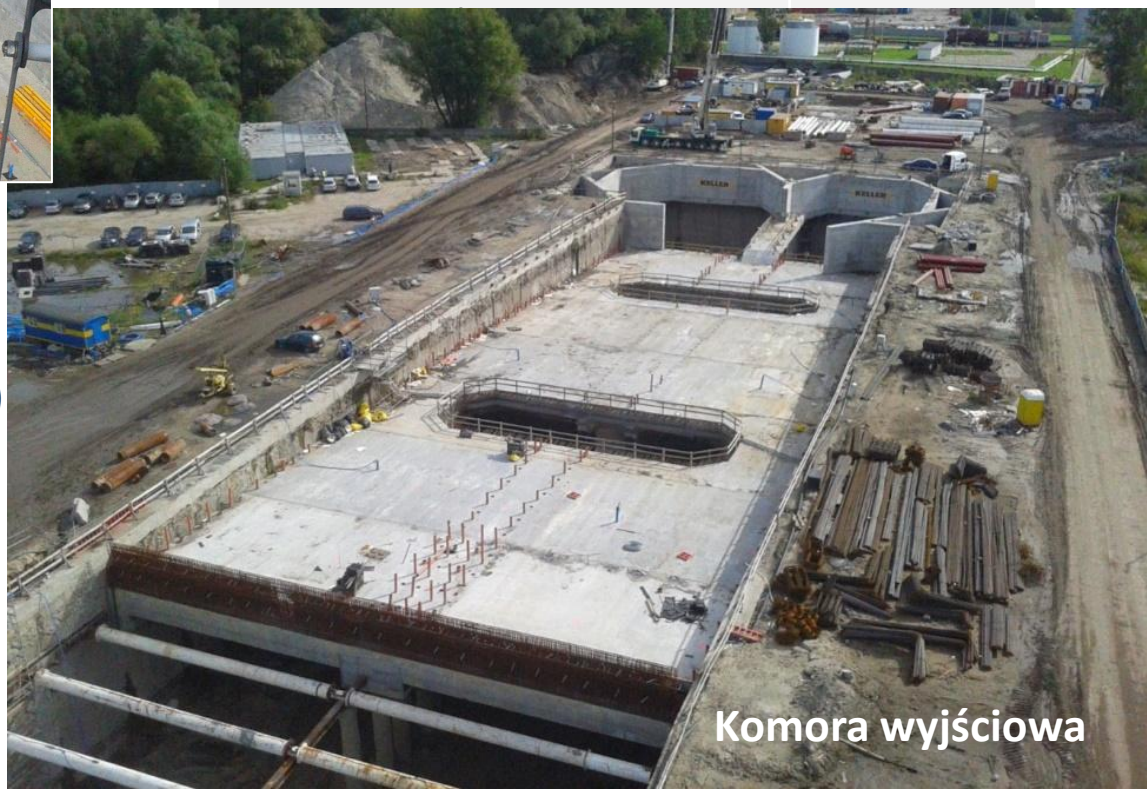
60 000 m

Iniekcja strumieniowa (JG)

42 000 m³

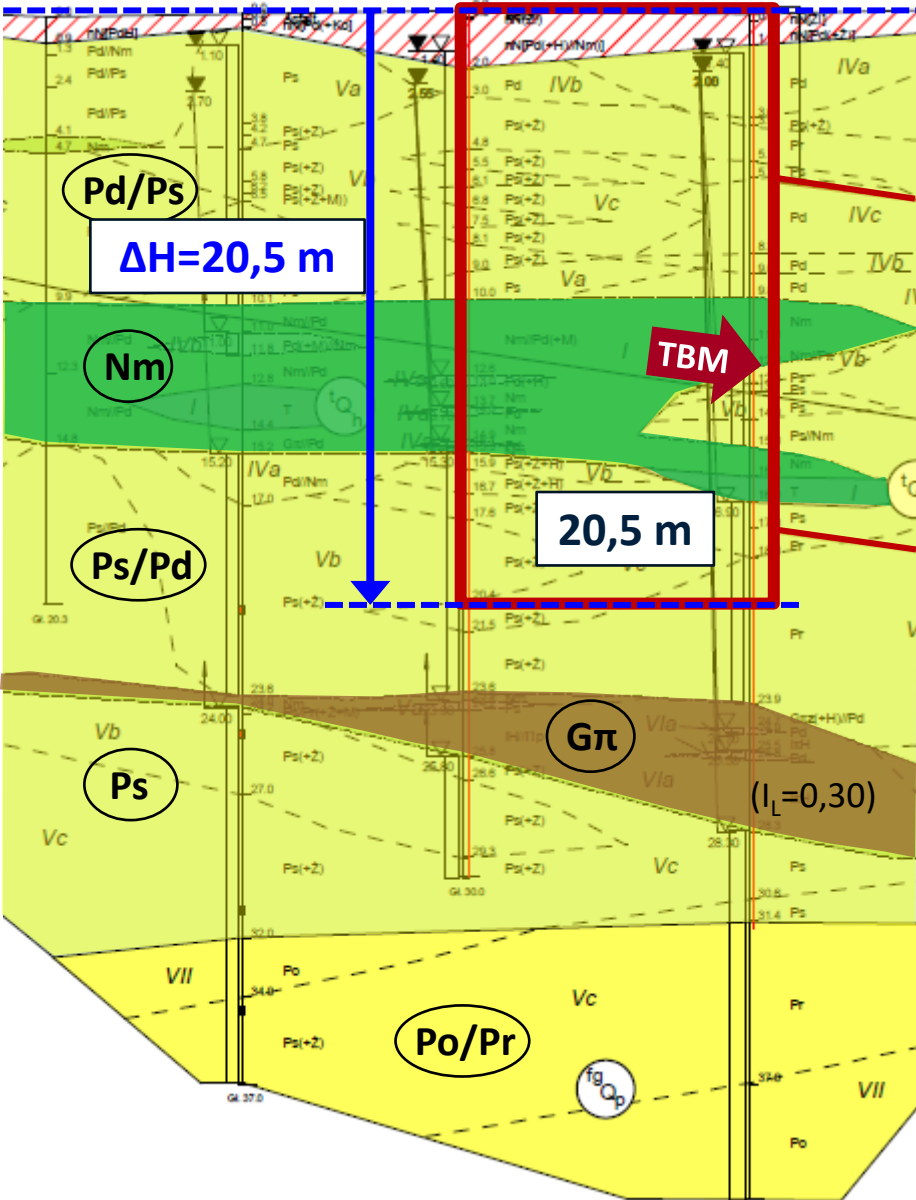
Przegrody tymczasowe

9 000 m²

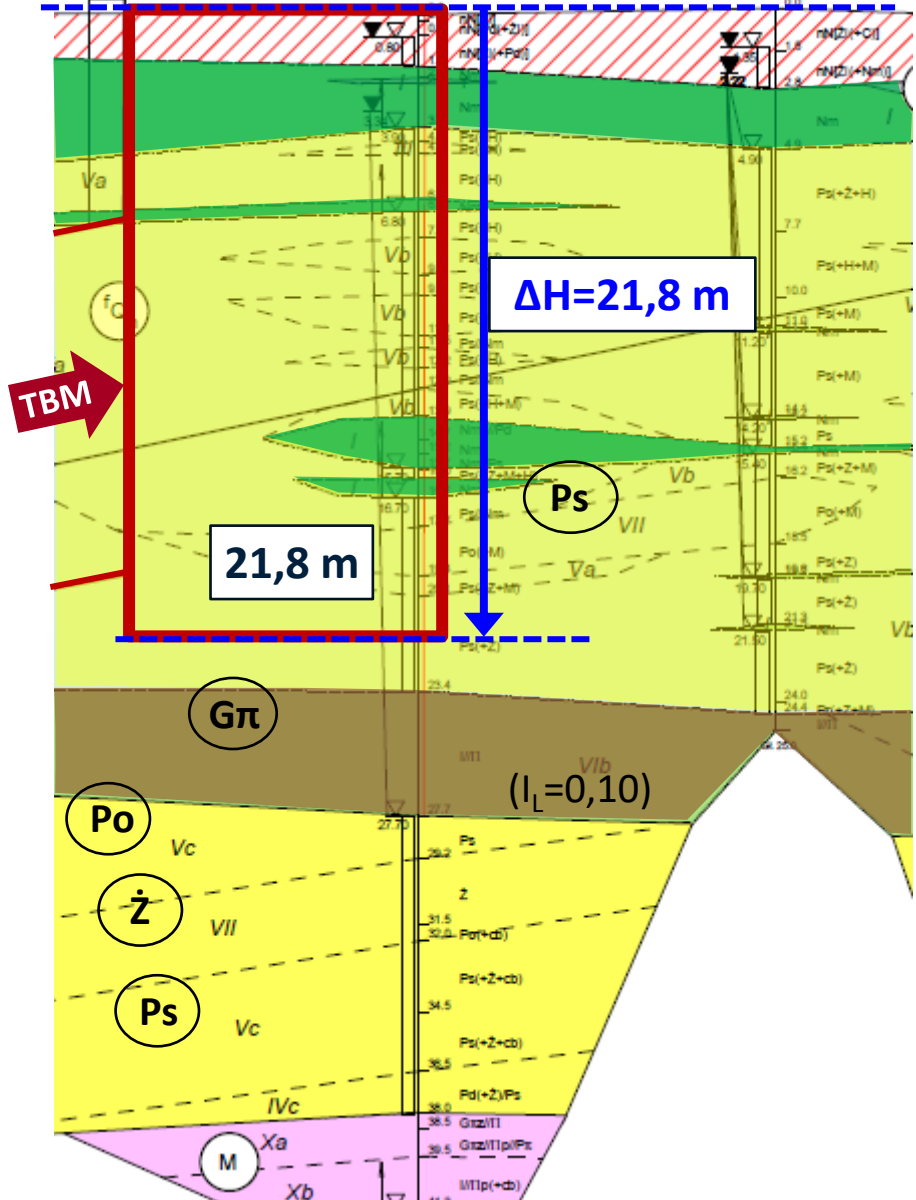


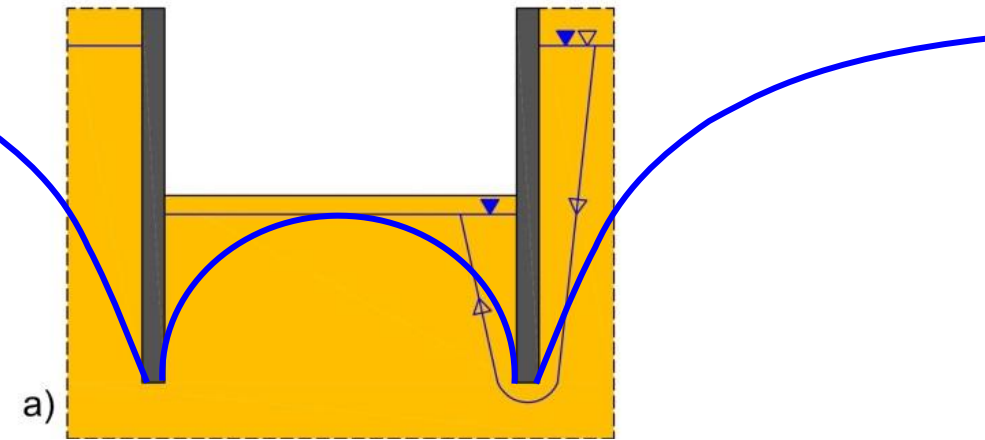
Komora wyjściowa

Strona wschodnia (komora startowa)



Strona zachodnia (komora wyjściowa)





LEGENDA:

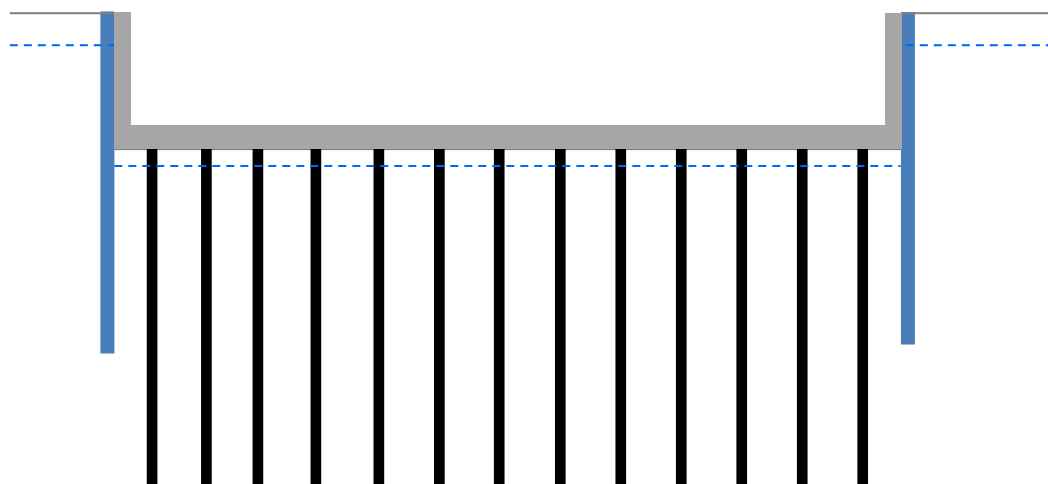
■ - obudowa wykopu
■ - beton niezbrojony

■ - Jet Grouting
■ - mikropale kotwiące

■ - grunt niespoisty (duża przepuszczalność)
■ - grunt spoisty (mała przepuszczalność)

↑ ↑ ↑ - wypór wody gruntowej
— - zbrojenie elem. kotwiących

Schemat 1/3: Płytkie wykopy – max. 6m

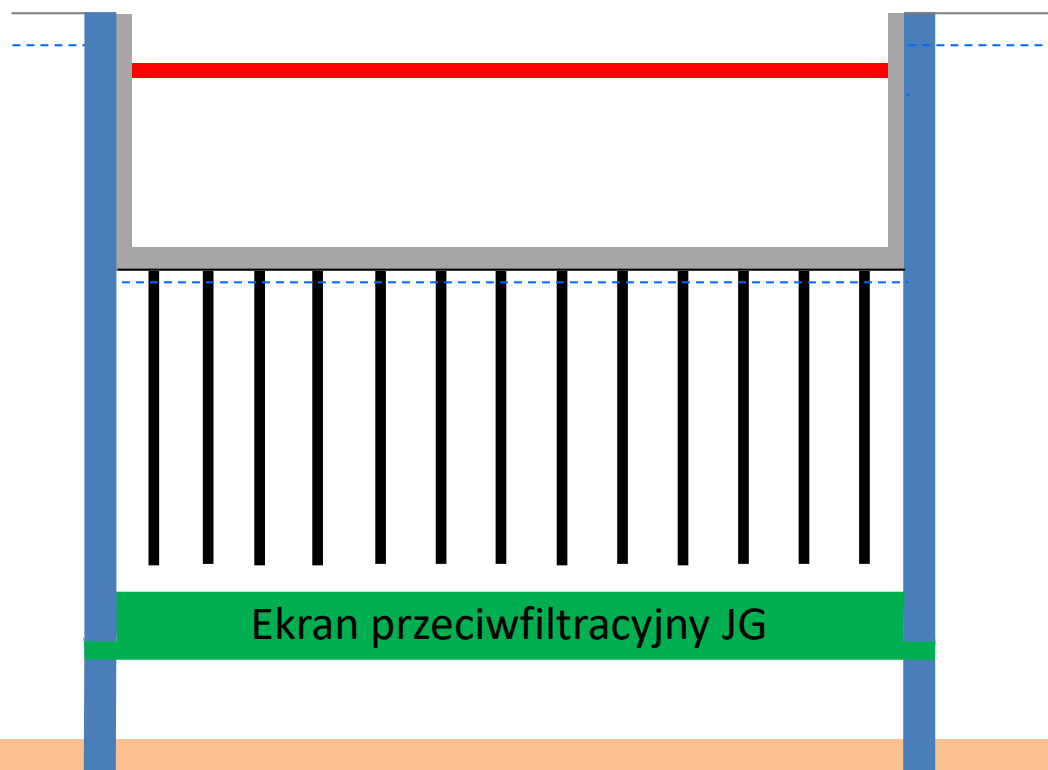


1. Tymczasowe ścianki szczelne
2. Płytki wykop, obniżenie zwierciadła wody gruntowej
3. Mikropale betonowe / stalowe
4. Płyta fundamentowa
5. Docelowa konstrukcja wewnętrzna
6. Usunięcie ścianek szczelnych

Schemat 1/3: Płytkie wykopy – max. 6m



Schemat 2/3: Średnie wykopy, 6 do 14 m



Słabo przepuszczalna warstwa gliny po stronie zachodniej

Strona wschodnia

1. Ściany szczelinowe 80-100 cm
2. Ekran przeciwfiltracyjny JG
3. Wykop wstępny + odpompowanie
4. Konstrukcja rozparcia
5. Wykop docelowy + odpompowanie
6. Mikropale stalowe
7. Płyta fundamentowa
8. Konstrukcja wewnętrzna, 1 etap
9. Usunięcie konstrukcji rozparcia
10. Docelowa konstrukcja wewnętrzna

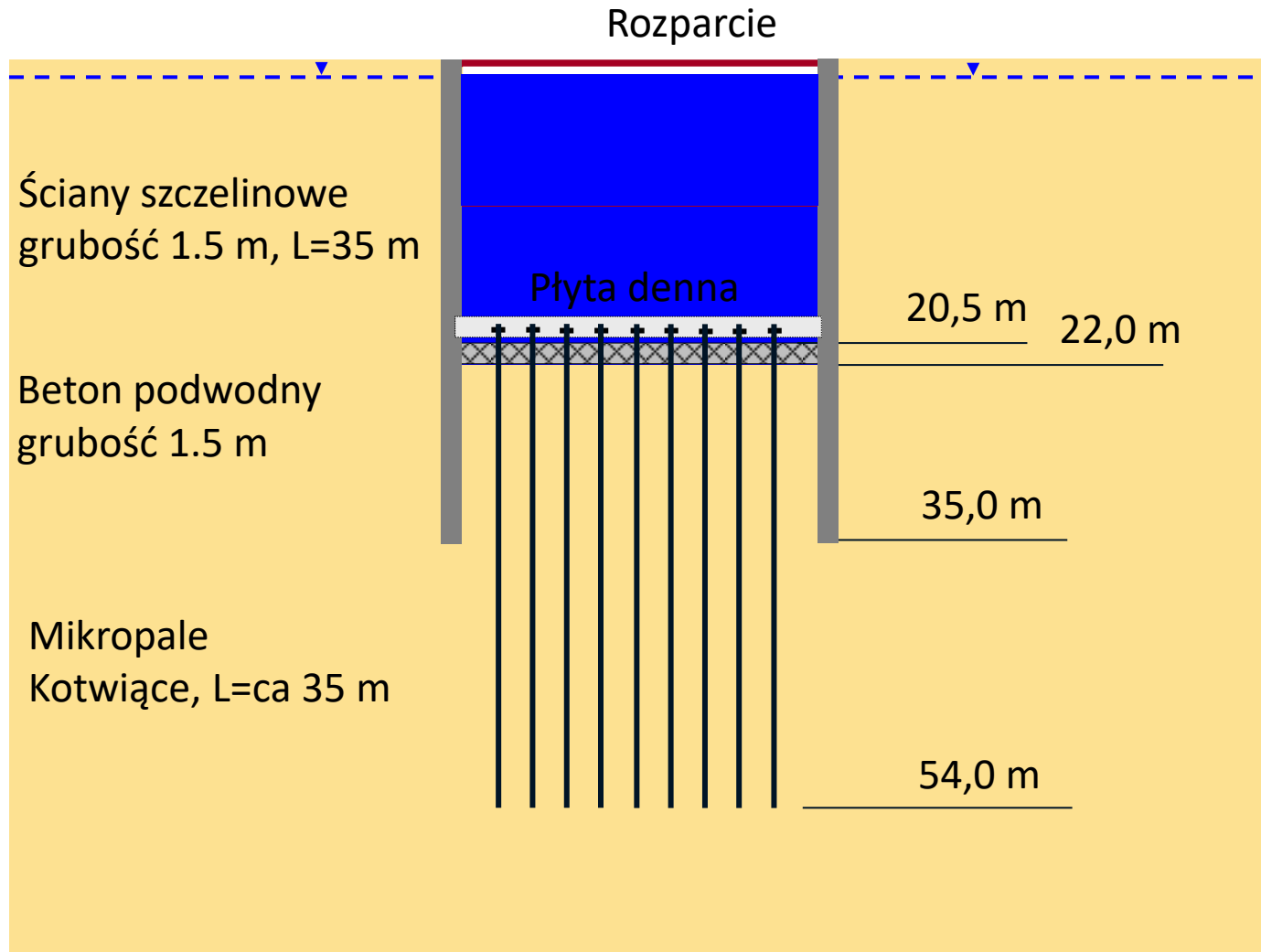
Po stronie wschodniej warstwa gliny nieciągła lub jej brak

Schemat 2/3: Średnie wykopy, 6 do 14 m



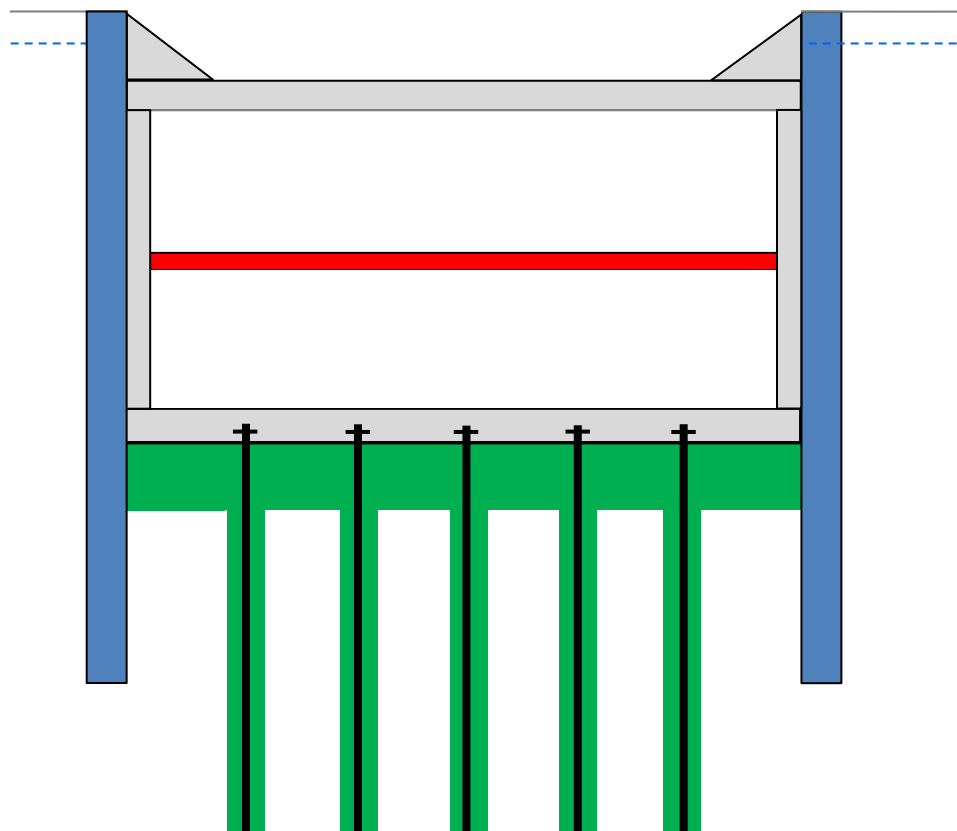
— Schemat 3/3: Głębokie wykopy, 14 do 22 m

Rozwiązanie inwestorskie (wykop pod wodą)



— Schemat 3/3: Głębokie wykopy, 14 do 22 m

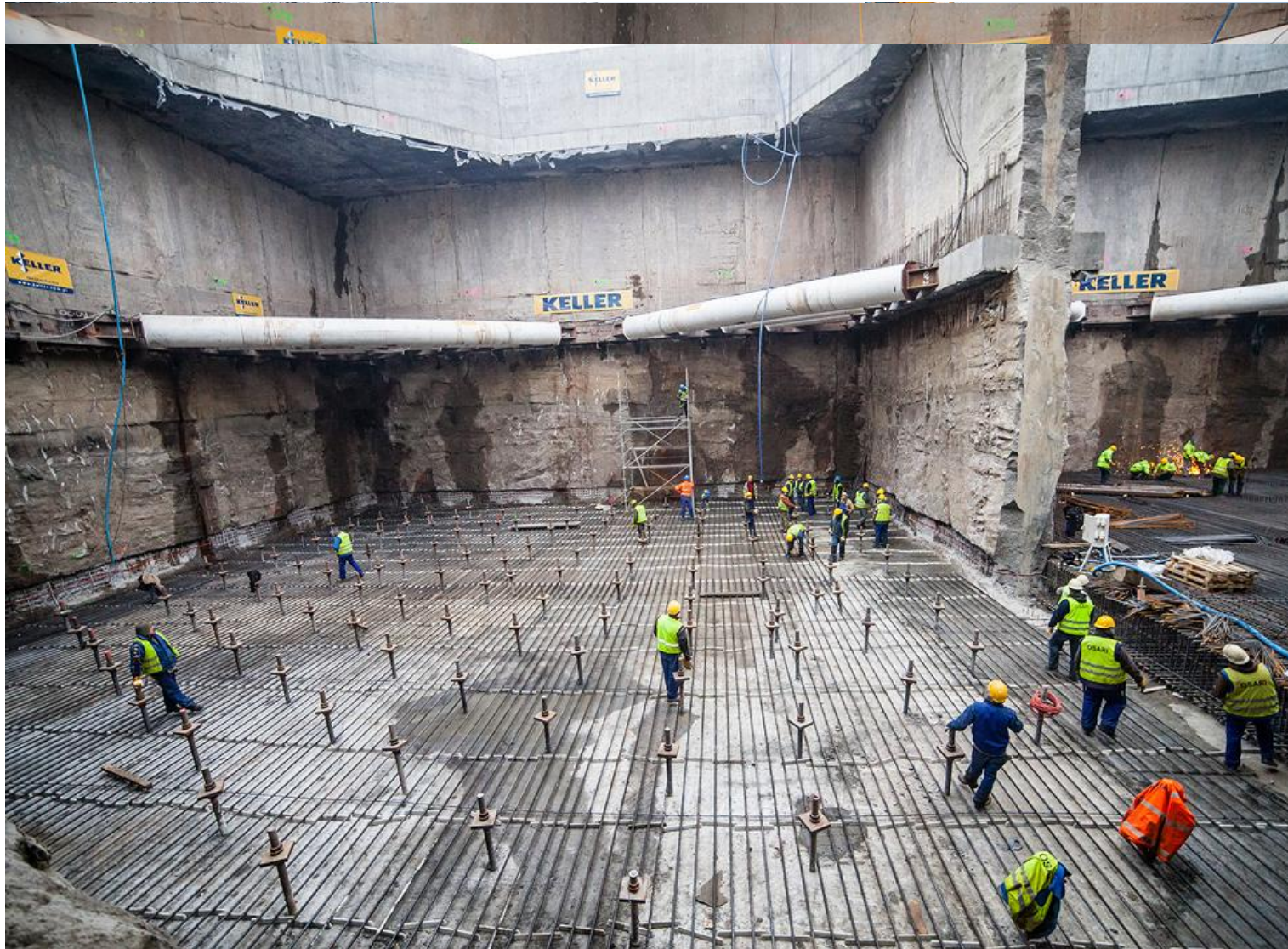
Rozwiązanie własne (wykop na sucho)



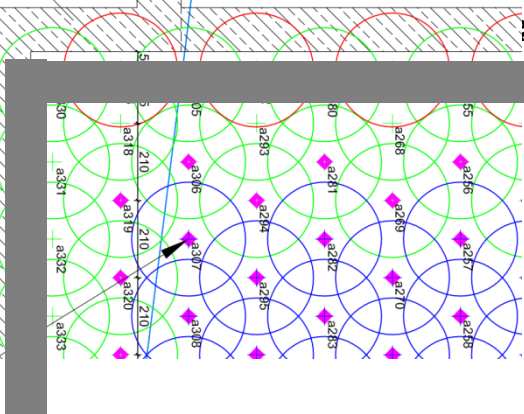
1. Kotwiony ekran przeciwfiltracyjny, etap 1
2. Ściany szczelinowe 120 cm
3. Kotwiony ekran przeciwfiltracyjny, etap 2
4. Odpompowanie wody + 1 etap
5. Żelbetowa konstrukcja rozparcia
6. Odpompowanie wody + 2 etap
7. Stalowa konstrukcja rozparcia
8. Odpompowanie wody + 3 etap
9. Płyta fundamentowa
10. Demontaż stalowego rozparcia
11. Docelowa konstrukcja wewnętrzna

Kontrolowane warunki wykonania wykopu

Schemat 3/3: Głębokie wykopy, 14 do 22 m



Historia prac koncepcyjnych i realizacja



Pozycjonowanie kolumn JG i ścian szczelinowych

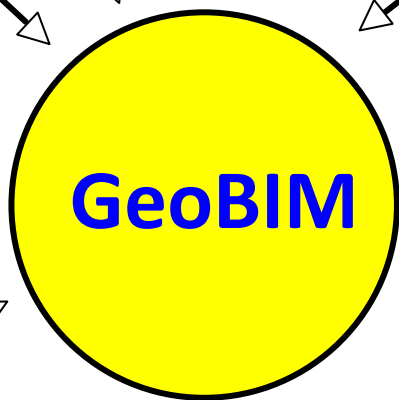
Kolizje, przeszkody

Realizacja, Sprzęt, Harmonogram wyk.

Projekt, Zmiany w trybie aktywnym, Rys. wykonawcze

Badania odbiorowe, Dokumentacja powykonawcza

Sterowanie, Rejestracja



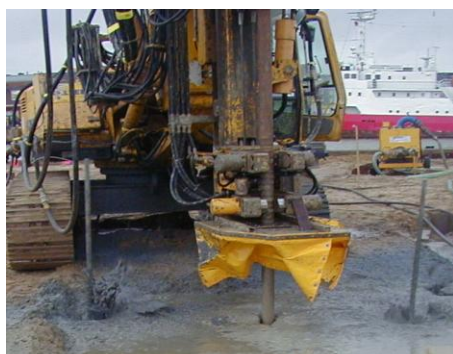
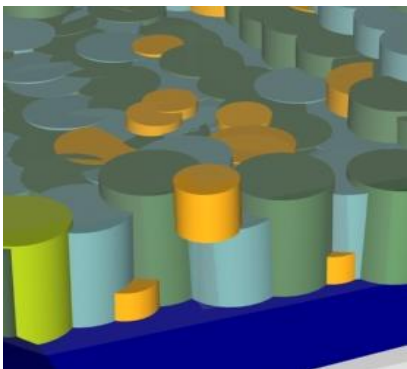
nr	Prędkość [m/min]	Wydajność [m³/h]	Wydajność [m³/dobę]	Wydajność [m³/tydzień]
1	1.517	3.40	2.10	42.00
2	1.518	3.40	2.10	42.00
3	1.519	3.40	2.10	42.00
4	1.521	3.40	2.10	42.00
5	1.522	3.40	2.10	42.00



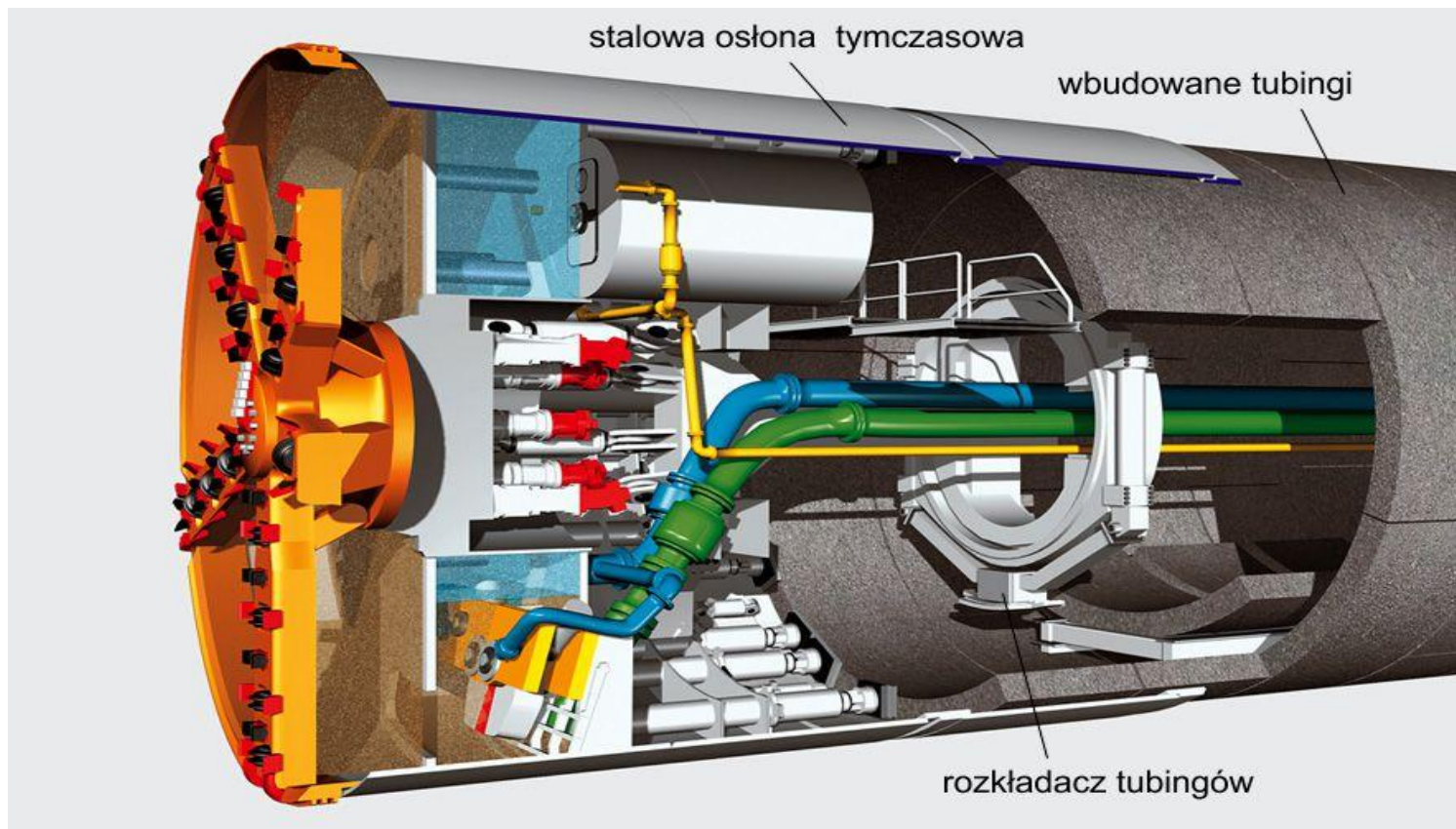
Wizualizacja 3D, Monitoring, Alerty

Średnica kolumn

Pionowość wiercenia



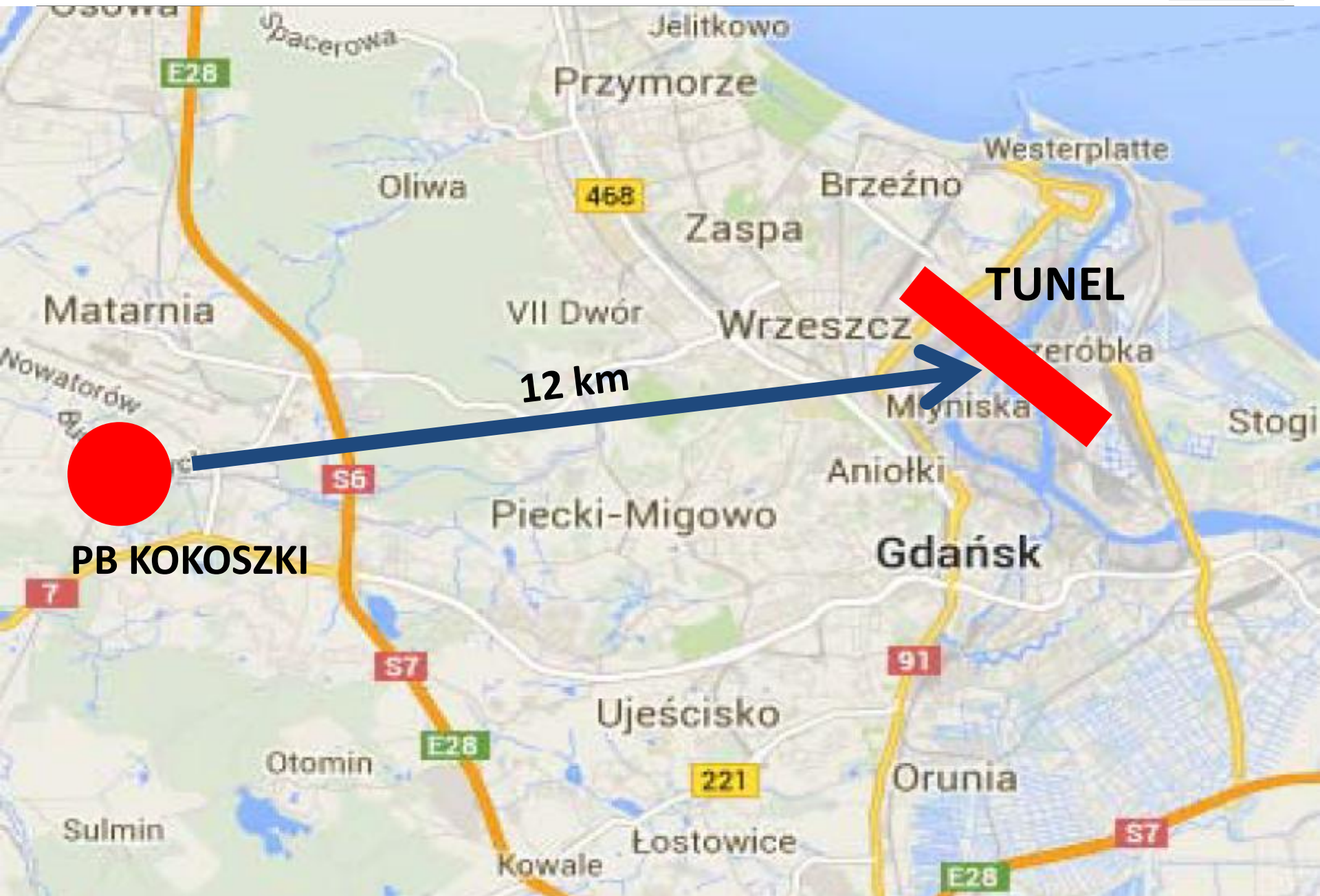




Tubingi są segmentami powłoki będącej zasadniczą konstrukcją obudowy tunelu.

Od ich wytrzymałości i szczelności zależy zatem powodzenie całego przedsięwzięcia.





PB KOKOSZKI

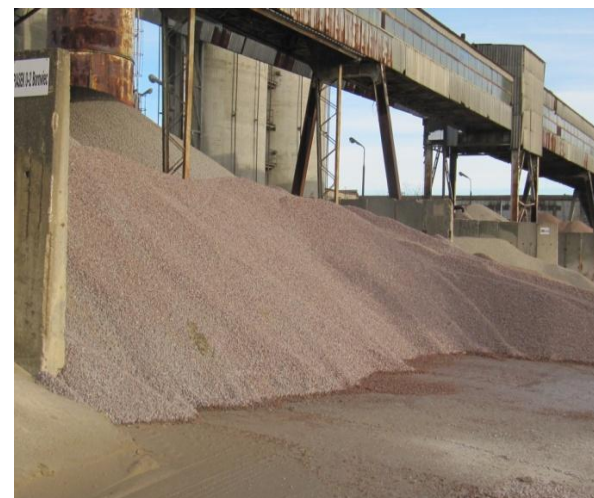
12 km

TUNEL

WYMAGANIA DLA BETONU

- Beton klasy C45/55
- Stopień wodoszczelności W8
- Mrozoodporności F150
- Nasiąkliwości poniżej 5%.

**Możliwość rozformowana prefabrykatów
po ~ 10 godzinach .
Ograniczenie powierzchniowych uszkodzeń
skurczowych.**



OSTATECZNIE RECEPTURA

Cement CEM I 52,5 N-HSR/NA

■ Piasek	0 - 2	Polgravel - Borowiec
■ Grys	2 - 8	Yeoman Glensanda
■ Grys	8 - 16	Yeoman Glensanda

- SikaAer - 200S/35 - napowietrzane
- ViscoCrete EPL 21 - plastyfikator
- ViscoCrete 21ST - plastyfikator,
wczesna wytrzymałość

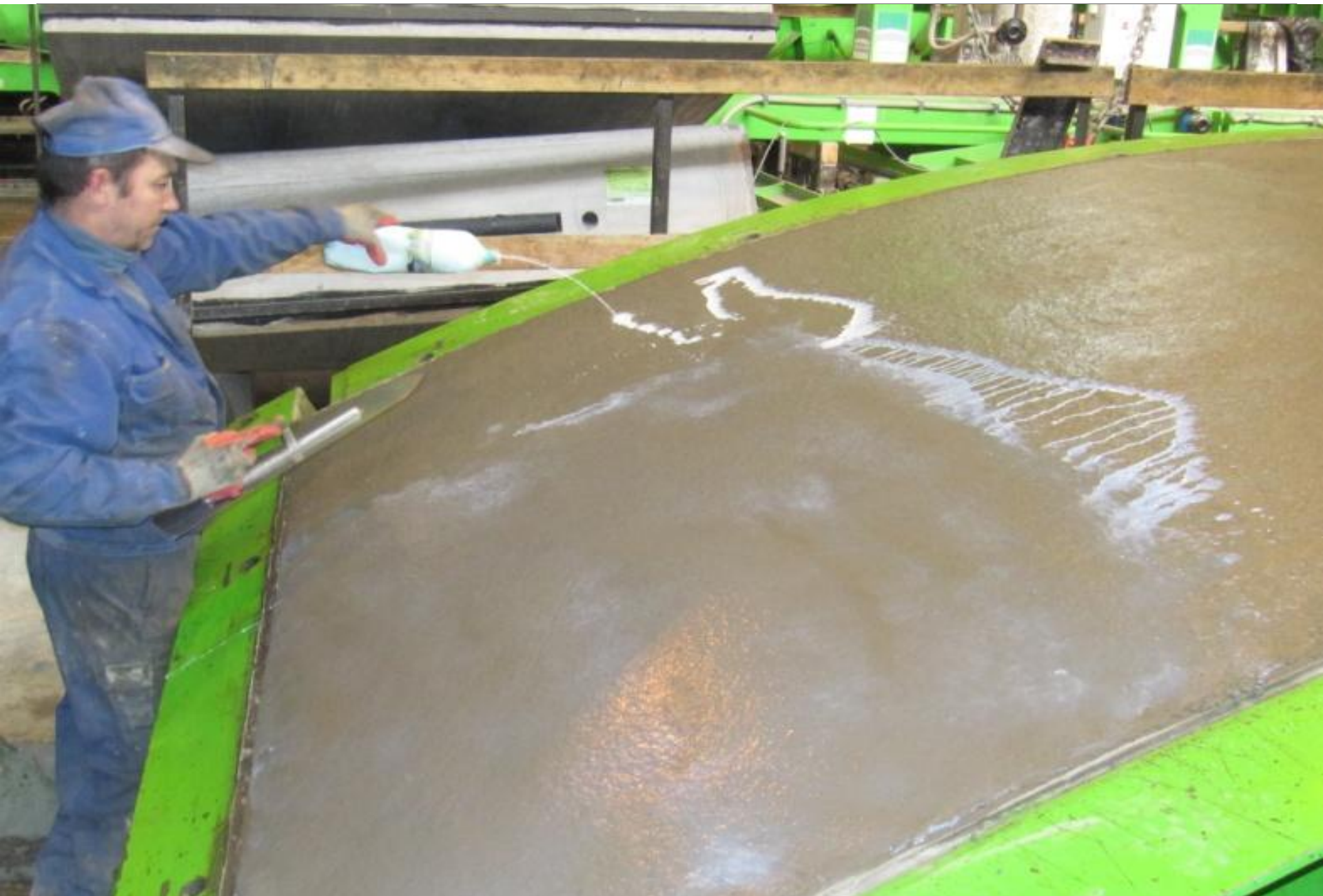
- Woda

















Po rozformowaniu elementy są poddawane pielęgnacji przez przykrycie geowłókniną o gramaturze min 500 g/m² oraz dodatkowo folią budowlaną przez okres co najmniej 8 godzin.

Beton prefabrykatów osiągał szybko wysokie wytrzymałości:

- po 24 godz. $f_{ci} = 47,6$ MPa (średnio), $\max f_{ci} = 61,7$ MPa, $\min f_{ci} = 40,9$ MPa
- po 48 godz. $f_{ci} = 49,2$ MPa (średnio), $\max f_{ci} = 60,6$ MPa, $\min f_{ci} = 40,2$ MPa
- po 7 dniach $f_{ci} = 72,2$ MPa (średnio), $\max f_{ci} = 80,9$ MPa, $\min f_{ci} = 59,7$ MPa
- po 28 dniach $f_{ci} = 81,1$ MPa (średnio), $\max f_{ci} = 86,7$ MPa, $\min f_{ci} = 72,2$ MPa



Sika MonoTop 723N
Zestaw naprawczy Sika Schnellmortel



Uszczelki









Plac składowy w Wytwórni PB KOKOSZKI





Plac składowy na budowie tunelu









WNIOSKI

Prace koncepcyjne pozwalające wyłonić ostateczne rozwiązanie techniczne trwały 10 lat

WNIOSKI

Wyłoniono wariant ostateczny nie bagatelizując
innych alternatywnych rozwiązań

WNIOSKI

Kluczowym elementem wstępnym powodzenia przedsięwzięcia jest dobre rozpoznanie geologiczne

WNIOSKI

Prawidłowe wykonanie komór startowych jest wielkim i niedocenianym wyzwaniem



WNIOSKI

Podczas budowy pierwszej rury tunelu drogowego pod Martwą Wisłą wykonano, przetransportowano i wbudowano niespełna **8000** prefabrykatów.

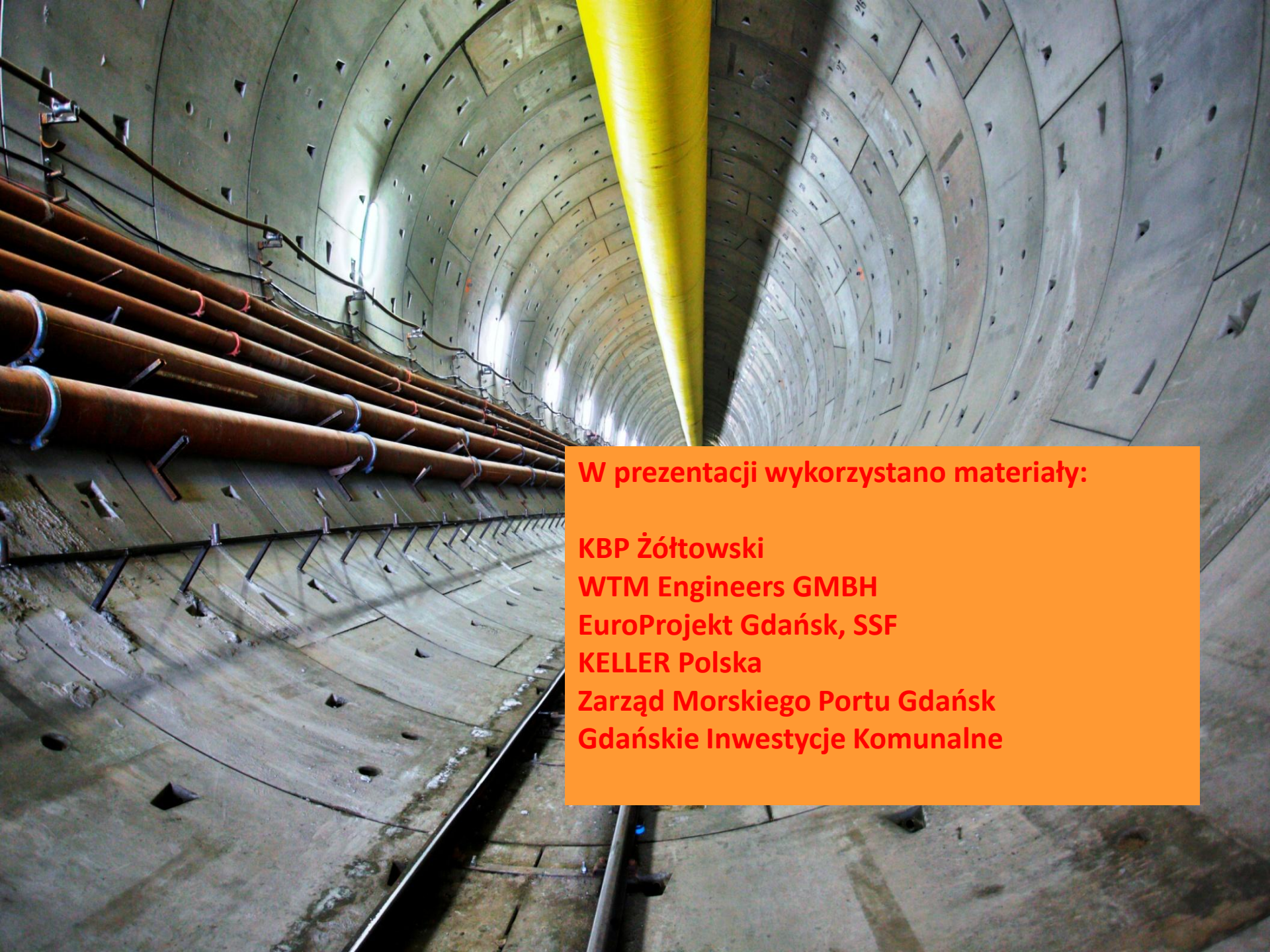
WNIOSKI

W wyniku drobiazgowej kontroli w początkowej fazie produkcji ostatecznie odrzucono ~ 60 prefabrykatów.

WNIOSKI

Drażenie tunelu zostało zakończone praktycznie bez przecieków i innych istotnych defektów.





W prezentacji wykorzystano materiały:

KBP Żółtowski

WTM Engineers GMBH

EuroProjekt Gdańsk, SSF

KELLER Polska

Zarząd Morskiego Portu Gdańsk

Gdańskie Inwestycje Komunalne





Dziękuję za uwagę