

## TUNELE

### PARTNERZY TEMATU SPECJALNEGO



CHEMIA DLA WIERTNICTWA



GLOBALNY ZASIĘG LOKALNY PARTNER



MONITORING ATMOSFERY



sixense

ZARZĄDZANIE RYZYKIEM  
- MONITORING GEOTECHNICZNY

Świnoujście położone jest na 44 wyspach, z których największe – i najbardziej znane – to Uznam i Wolin, przedzielone cieśniną Świną.

Obecnie Świnę przekroczyć można jedynie z wykorzystaniem transportu promowego. To niezwykle uciążliwe dla mieszkańców i czasochłonne rozwiązanie, na szczęście już tylko tymczasowe. Już niedługo promy

pozostaną jedyne miejską atrakcją, a na codzień transport odbywać się będzie przez tunel.

Obiekt ten będzie najdłuższym podwodnym tunelem w Polsce – wyprzedzi bowiem jedyne jak do tej pory tego typu przekroczenie pod Martwą Wisłą w Gdańsku. Będzie miał 1,44 km długości, a wraz z drogami dojazdowymi utworzy odcinek o długości

ponad 3 km. Znajdzie się w nim dwupasowa jezdnia dla ruchu w obu kierunkach, a pod jezdnią – galeria ewakuacyjna.

Projektanci zadbali o to, by był ze wszechmiar bezpieczny – nie może być mowy o żadnym błędzie czy niedopatrzaniu, kiedy buduje się tunel na głębokości 10 m pod dnem cieśniny (najgłębszy punkt Świny znajduje się na poziomie 13,5 m). Cały budowany

# DWA LATA BUDOWY TUNELU W ŚWINOUJŚCIU



■ MAGDALENA JANUSZEK  
Wydawnictwo INŻYNIERIA



## Z TEKSTU DOWIESZ SIĘ:

- ✓ jak wykorzystana zostanie technologia mrożenia gruntu,
- ✓ co obecnie dzieje się na placu budowy w Świnoujściu,
- ✓ czy pandemia wpłynie na realizację projektu

w Świnoujściu tunel będzie składać się jeszcze z dwóch części: ta o długości 475 m powstaje w murach oporowych, a 275 m – dzięki użyciu techniki odkrywkowej.

Maszyna TBM (ang. *Tunnel Boring Machine*) Wyspiarka, którą wykorzystano do budowy tunelu w Świnoujściu, pokonała cieśninę Świnę, 22 września br. docierając do komory odbiorczej na wyspie Wolin. Proces

drążenia trwał około pół roku – rozpoczął się 5 marca br.

### PO MASZYNIE TBM NIE MA JUŻ ŚLADU

Wyspiarka, która wydrążyła tunel w Świnoujściu, była maszyną TBM o jednej z największych wykorzystanych w Polsce tar-

czy – jej średnica wynosiła ponad 13,4 m. Korpus również był spory: chiński producent złożył ją z 98 wyprodukowanych tam zestawów, tarczy, pomostu i trzech suwnic. W efekcie jej długość wynosiła 105 m, a masa samej tarczy równa była 3120 ton.

Po zakończeniu drążenia tunelu należało przeprowadzić czyszczenie oraz demontaż maszyny TBM oraz systemu STP (separacji



## BARBARA MICHALSKA

I Zastępca Prezydenta Miasta Świnoujście

Z satysfakcją mogę powiedzieć, że pomimo, iż budowa podwodnego tunelu to przecież bardzo skomplikowana inwestycja, dotychczasowe prace przebiegają w dobrym tempie. Przede wszystkim wykonawca w terminie zakończył wiercenie rury tunelu. Gotowe są też odcinki dojazdowe do głównej części tunelu. Wykonane zostały metodą stropową. Pozostałe prace również są już bardzo zaawansowane.

W porównaniu z innymi tego typu realizacjami (mam tu na myśli tunel pod Martwą Wisłą w Gdańsku), nie odnotowaliśmy dotychczas przestojów czy błędów, które skutkowałyby rażącym wydłużeniem czasu realizacji poszczególnych robót. To bez wątpienia zasługa wykonawcy i przyjętych przez niego metod wykonania poszczególnych elementów.

Realizacja robót tunelowych to sieć naczyń wzajemnie połączonych. Dotychczas roboty prowadzone i nadzorowane są w oparciu o harmonogram wykonawcy dosłownie z godziny na godzinę. Dodatkowo trzeba pamiętać, że inwestycja jest prowadzona przy wyjątkowo niekorzystnych warunkach zewnętrznych. Najpierw problemów przysparzała pandemia COVID-19, a teraz wojna w Ukrainie.

Zawsze podkreślam, że to, co za nami nie stanowi już problemu. Ale na pewno trudny był moment, gdy wybuchła pandemia i ogłoszono, że wstrzymano produkcję maszyny w Chinach (producentem maszyny TBM jest firma CREG i była ona budowana w Wuhan, gdzie właśnie rozpoczęła się pandemia). To była chwila, kiedy wszyscy zastanawialiśmy się, co będzie dalej z naszą inwestycją?

Jeśli natomiast chodzi o aspekty techniczne, to najtrudniejsze dopiero przed nami. Mam tu na myśli wykonanie wyjść ewakuacyjnych, o których już wcześniej wspominałam. Wykonawca wyjdzie na zewnątrz, poza obudowę podwodnej części tunelu. Przed podjęciem decyzji o rozpoczęciu otwierania obudowy wykonawca musi mieć 100-procentową pewność, że wszystko jest dobrze do tego przygotowane. Nie może sobie pozwolić nawet na cień wątpliwości, bo to mogłoby grozić katastrofą.

Budowa tunelu zawsze była wrażliwa na warunki polityczne. Jest to duża, skomplikowana inwestycja o zasięgu ponadlokalnym i znacznych kosztach, bo ponad 900 mln zł. Szczęśliwie przy dużym poparciu polityków oraz po uzyskaniu dofinansowania z Unii Europejskiej udało się wreszcie przystąpić do budowy tunelu pod Świną. Bez tego wsparcia byłoby to niemożliwe. Obecnie obawiamy się jedynie znaczącego wzrostu inflacji, bo cena wykonawcy jest waloryzowana. Wojna w Ukrainie może mieć dodatkowo negatywny wpływ na wzrost cen oraz dostępność materiałów budowlanych. Jak na wszystkich budowach w Polsce, może i tutaj wystąpić odpływ ukraińskich pracowników. Pozytywne jest to, że znaczna część robót została już wykonana i opłacona.



płuczki). Prace rozbiórkowe prowadzone były tak naprawdę po obu stronach cieśniny Świny. Na wyspie Wolin, gdzie znajduje się komora odbiorcza TBM dokonano dokładnego czyszczenia jej tarczy, zamontowano uchwyty, które pomogły w zdemontowaniu maszyny. Zdemontowane elementy na bieżąco były przewożone na wcześniej przygotowane place składowe.

Odwodniono i oczyszczono też sam szyb. Oprócz tego, prowadzone były roboty wykończeniowe konstrukcji rampy. Na wyspie Uznam w komorze startowej uszczelniano wtedy ściany szczelinowe i płytę denną

Po niespełna dwóch miesiącach zdemontowano jeden z największych elementów TBM – tarczę. Do uporania się z głowicą urabiającą Wyspiarki (jej średnica wynosi 13 m) potrzebne były trzy potężne dźwigi.

## CO W TYM CZASIE DZIAŁO SIĘ W TUNELU?

Przede wszystkim wykonywano wiercenie otworów pod lance mrożeniowe na obu wyjściach ewakuacyjnych. Ponadto przeprowadzono też proces wiercenia i wklejania kotew, potrzebnych do montażu wsporników pod prefabrykaty.

Niezmiennie trwała jest również prefabrykacja i montaż zbrojenia, deskowanie, a także betonowanie wsporników dolnych i górnych – z wykorzystaniem maszyny TULC.

Aktualnie trwają prace przy budowie wyjść awaryjnych i jezdni. Po obu stronach tunelu powstają drogi dojazdowe, skrzyżowania, plac manewrowy. Modernizowane są też przylegające ulice, powstają chodniki, a także ścieżki rowerowe.



Na wyspie Uznam wykonano już prawie w całości warstwę wiążącą nawierzchni bitumicznej i roboty brukarskie – wykonawcy czeka już tylko położenie ostatniej, ścieralnej warstwy asfaltu.

Na wyspie Wolin zaawansowanie rzeczowe robót drogowych wynosi 59%, jak podaje inwestor. Częściowo wykonano nowy układ jezdni z warstwą wiążącą i niemal połowę robót brukarskich. W planach na razie jest rozbiórka dotychczasowych dróg, a dodatkowo połączenie ulic Fińskiej i Duńskiej

oraz wjazdu do tunelu z nowym układem drogowym.

### POWSTAJE KONSTRUKCJA POD JEZDNIĘ

Gotowe są już wszystkie elementy konstrukcji pod przyszłą jezdnię dla samochodów. Proces powstawania tych prefabrykatów jest wieloetapowy, a obejmuje przygotowanie form (czyszczenie, spryskanie środkami antyadhezyjnymi,

a następnie montaż akcesoriów), umieszczenie w nich koszy zbrojeniowych oraz zalanie betonem. Następnie, w fazie dojrzewania betonu, prefabrykaty są poddawane obróbce cieplnej. Rozformowane elementy są układane na placach składowych w pozycji gotowej do ich transportu.

Instalacja prefabrykatów będzie odbywała się poprzez łączenie ich przy pomocy śrub. W miejscach styku zostaną one uszczelnione specjalną masą wypełniającą i zapewniającą właściwe warunki ochrony

## BDC POLAND DOSTAWCA MATERIAŁÓW DO PROJEKTU TUNELU ŚWINOUJŚCIE



**B  
D  
C**  
**BEST  
DRILLING  
CHEMICALS**  
SINCE 1976

**BENTONIT**  
**FLOKULANTY**  
**ŚRODKI SPECJALNE**  
**LUBRYKANTY**  
**DODATKI CEMENTACYJNE**  
**SERWIS PŁUCZKOWY**

BDC Poland sp. z o.o.  
Ul. Daszyńskiego 2,  
32-005, Niepotomice, Polska

tel.: 12 650 66 80  
e-mail: biuro@bdc.com.pl



przeciwpożarowej.

Jak podaje inwestor, pierwsze będą układane elementy typu „U” na wcześniej wykonanej podlewce z drenażem. Następnie filigrany, które opierają się na dolnych

wspornikach i prefabrykatak „U”. Jako ostatnie zostaną zamontowane płyty sufitowe. Największym wyzwaniem będzie takie ułożenie prefabrykowanych elementów, by zapewnić pomiędzy nimi szczelność.

Wsporniki, na których będą się opierały prefabrykаты, są zbrojone, deskowane i betonowane. Wykonana już została także betonowa podbudowa z drenażem w części spągowej, czyli w dolnej części tunelu, pod prefabrykаты typu U. Trwają roboty wykończeniowe Budynku Centrum Obsługi.

## RAFAL BUCA

Keller Polska sp. z o.o.

Na budowie tunelu w Świnoujściu wykorzystaliśmy nasze doświadczenia z realizacji Tunelu pod Martwą Wisłą w Gdańsku. W przypadku tunelu w Świnoujściu zakres naszych robót obejmował wykonanie specjalistycznych iniekcji wysokociśnieniowych, umożliwiających bezpieczny montaż w wykopie maszyny TBM, a następnie jej kontrolowane wejście oraz wyjście z podłoża gruntowego. W tym celu zaprojektowaliśmy i wykonaliśmy poziome ekrany przeciwfiltracyjne w technologii jet-grouting (Soilcrete®), pozwalające na „suchą” pracę w wykopach, pełniących funkcję rampy wjazdowej i wjazdowej dla maszyny TBM. Za ścianami, przez które wprowadzana była, a następnie wyprowadzana maszyna TBM wykonaliśmy masywne bloki z kolumn jet-grouting zapewniające stabilność procesów technologicznych. Po raz pierwszy w historii Keller Polska wykonaliśmy „ażurowe” rozparcie obudowy wykopu za pomocą kolumn jet-grouting o średnicy 3,8 m. Rozwiązanie to pozwoliło na optymalizację grubości oraz długości ścian szczelinowych. Sama budowa była wyzwaniem logistycznym i organizacyjnym ze względu na bardzo dużą ilość sprzętu budowlanego oraz wielu wykonawców na małym stosunkowo obszarze komór oraz ramp tunelu. Całość robót geotechnicznych przebiegła jednak sprawnie i bezproblemowo.



## CZAS NA MRÓZ

Ale nie ten atmosferyczny: w tunelu zamontowano instalację mroźniową. Technologia mrożenia gruntu umożliwi wykonanie wykopu pod wyjścia ewakuacyjne z obiektu – aby je wykonać, trzeba między innymi przebić się przez obudowę tunelu. Prace, które koniecznie należało wykonać przed rozpoczęciem mrożenia to mobilizacja do prac wiertniczych, wiercenie i instalacja rur mroźniowych oraz technologicznych (drenażowych i temperaturowych), montaż zasilania, czujników chłodzenia, podłączenie lanc mroźniowych, ustawienie zakładu zamrażania oraz montaż przyrządów pomiarowych.

Proces mrożenia oraz realizacji prac potrwa około pięciu miesięcy. Aktywne mrożenie powinno zakończyć się po około 40 dniach, ale podtrzymanie niskiej temperatury w trakcie przebijania się przez obudowę tunelu (mrożenie pasywne) zaplanowano na

# BP

V KONFERENCJA

# BUDOWNICTWO PODZIEMNE W POLSCE

20-21 WRZEŚNIA 2022



[konferencje.inzynieria.com/bp](https://konferencje.inzynieria.com/bp)

## HYBRYDOWA FORMUŁA

ZDECYDUJ, JAK UCZESTNICZYĆ:



OSOBIŚCIE



ONLINE



**ZAPRASZAMY!**  
WIEDZA - BIZNES - ATRAKCJE

ORGANIZATOR

**W** wydawnictwo  
INŻYNIERIA

## Sixense – szósty zmysł w zarządzaniu ryzykiem

Biorąc pod uwagę potencjalne zagrożenia związane z budową konstrukcji podziemnej, jaką jest tunel w Świnoujściu, zastosowano monitoring geotechniczny, który dostarcza Sixense, marka z portfolio Soletanche Polska. Sixense działa globalnie jako spółka technologiczna, wspierając w zakresie monitoringu i zarządzania ryzykiem wszystkie spółki Grupy Vinci. Rozwiązanie pozwala na wczesne wykrycie ryzyka lub wpływu prac wykonawczych na teren oraz konstrukcje. Daje to możliwość analizy dalszego postępowania w trakcie robót lub wprowadzenia zmian projektowych, co w konsekwencji prowadzi do pomyślnego zakończenia realizacji projektu. Wczesne wykrycie problemów oraz wprowadzenie zmian pozwalają na uniknięcie zwiększenia kosztów wykonawstwa, a nawet katastrofy budowlanej. Celem prowadzenia monitoringu geotechnicznego przez Sixense jest trzymanie „ręki na pulsie” podczas całego procesu budowlanego. W Świnoujściu wraz z postępem robót zainstalowano następujące czujniki: piezometry, inklinometry, tensometry, ekstensometry, szczelino-mierze, repery gruntowe, a także czujniki wibracji i nacisku.

W ramach tej technologii wyniki pomiarów przedstawiane są w czasie rzeczywistym przy pomocy platformy Geoscope®. To graficzny sposób prezentacji danych, który daje możliwość eksportu pomiarów do formatów tekstowych w celu dalszej analizy. System automatycznie alarmuje o przekroczeniach ustalonych progów alarmowych (powiadomienia mailowe oraz SMS).

W trakcie prac instalacyjnych należało skoordynować wszystkie działania z wykonawcą. Nie napotkano na większe problemy związane z realizacją zakresu bądź warunkami gruntowymi. Obecnie trwają roboty instalacyjne oraz pomiarowe przy wyjściach ewakuacyjnych. Podczas mrożenia gruntu badane są naprężenia oraz temperatura na ramie stalowej zabezpieczającej wyjście od środka tunelu, jak również naprężenia i ciśnienie w segmentach obudowy. Pozwala to na ocenę wpływu mrożenia gruntu na obudowę tunelu.

Sixense – Twój szósty zmysł w zarządzaniu ryzykiem.

mniej więcej 100 dni.

Metodę tę zdecydowano się wykorzystać w celu maksymalnej redukcji ryzyka niestabilności wykopu czy też zalania przez wody gruntowe. Do wykonania zadania użyty zostanie roztwór solanki, schładzany do nawet  $-35^{\circ}\text{C}$ . Będzie on krążył w zamkniętym systemie rur i przenosił ciepło z gruntu do instalacji, a później do atmosfery. Średnia temperatura zamrożonej bryły gruntu to  $-10^{\circ}\text{C}$  dla piasków i gliny oraz  $-8^{\circ}\text{C}$  dla kredy.

### NA CZYM POLEGA MROŻENIE?

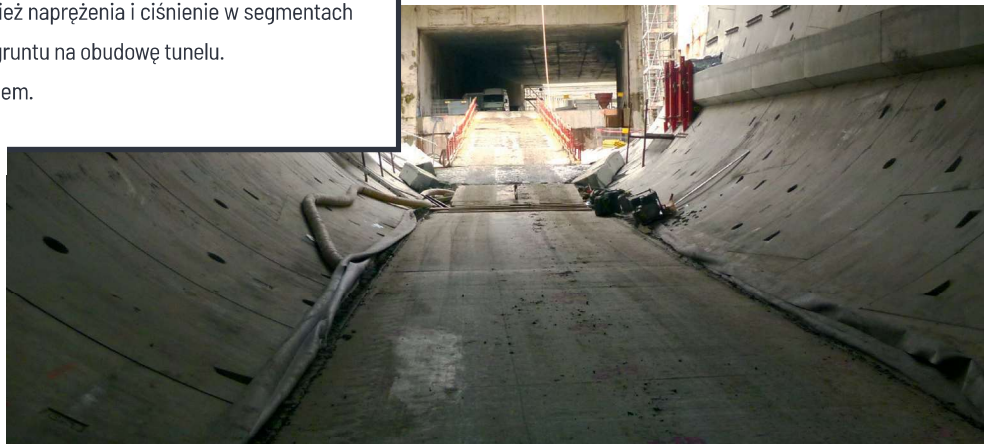
*Zasada działania sztucznego zamrażania gruntu polega na ciągłym przenosze-*



*niu ciepła z gruntu do atmosfery. W wyniku tego grunt ulega ochłodzeniu, a woda wypełniająca pory zostaje zamrożona, tworząc warstwę lodu. Zamrożony grunt zamienia się w wodoszczelną bryłę – wyjaśnia inwestor.*

Instalacja do zamrażania składa się z następujących głównych elementów: sprężarki, skraplacza, parownika oraz systemu rur mroźniowych i ługowych.

*Najtrudniejsze w całym procesie budowy wyjść ewakuacyjnych jest uzyskanie pełnego szczelnego płaszczka mroźniowego w zakładanym czasie obliczeniowym, a następnie utrzymanie tego płaszczka w czasie*



# JESTEŚMY ŚWIATOWYM LIDEREM W ZAKRESIE MONITORINGU ATMOSFERY W TUNELACH

Oferujemy nowatorskie rozwiązania spełniające obecne i przyszłe wymagania dla tuneli drogowych i kolejowych oraz dworców.



## TT801

Liniowy pomiar kierunku i prędkości powietrza



## TT305

Punktowy pomiar kierunku i prędkości powietrza

ZREALIZOWALIŚMY **PONAD 600**  
SYSTEMÓW MONITORINGU TUNELI,  
W TYM **6 W POLSCE**

**NOWOŚĆ**



## TT900

Zintegrowany pomiar CO, NO, NO<sub>2</sub>, przejrzystości

**NOWOŚĆ**



## PM Counter

Pomiar pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5

- OSTATNIO W TUNELU S2 W WARSZAWIE
- WKRÓTCE W TUNELU S3 W ŚWINOUJŚCIU

Od 30 lat nasz partner w Polsce:



**WKRÓTCE W OFERCIE**



**MACIEJ SAWŁOWICZ**

BDC Poland sp. z o.o.

Drążenie tunelu w Świnoujściu było dla nas ciekawym i wymagającym wyzwaniem pod względem technicznym oraz logistycznym. Dzięki wiedzy i doświadczeniu, byliśmy w stanie zaopatrzyć ten projekt w nasze specjalistyczne środki do technologii TBM. Na placu budowy znalazł się nasz bentonit, flokulanty, lubrykanty i środki specjalistyczne.



Nikt jednak nie chce przedłużać niepotrzebnie realizacji tej inwestycji: zarówno mieszkańcy, jak i przedsiębiorcy nie mogą już doczekać się sprawnie działającej przeprawy przez Świnę – lepsza infrastruktura to przecież nie tylko wygoda, ale i bardziej dynamiczny przepływ turystów oraz szersze możliwości rozwoju gospodarczego. |

*prowadzenia robót ziemnych i wykonywania obudowy wstępnej wykopu – skomentował Jacek Król, inżynier rezydent z konsorcjum, które prowadzi nadzór nad inwestycją.*

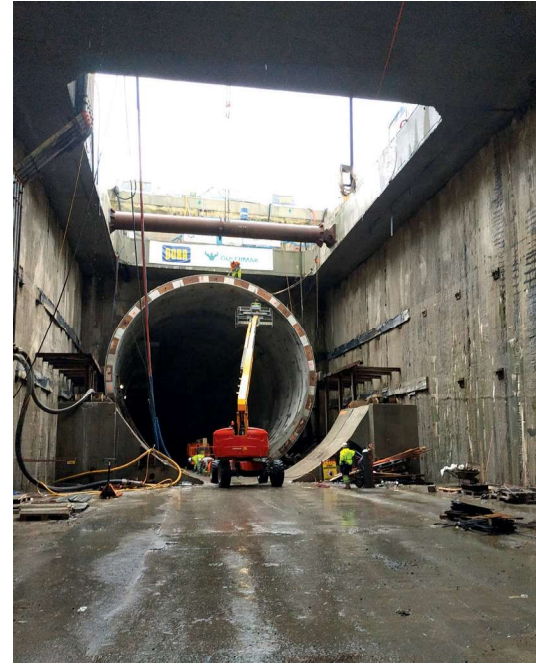
**PANDEMIA SPOWOLNIŁA PRACĘ**

Pod koniec ubiegłego roku inwestor otrzymał od generalnego wykonawcy wnioszek z propozycją przesunięcia terminu realizacji o 119 dni, z 17 września 2022 r. na 15 stycznia 2023 roku. Jako powód podano pandemię COVID-19, która opóźniła produkcję maszyny drążącej TBM, a co za tym idzie – jej dostarczenie do Świnoujścia

i rozpoczęcie montażu już na placu budowy. Opóźnienie wyniosło 95 dni.

Wykonawcy nie sprzyjała także pogoda: trudne warunki atmosferyczne nie pozwoliły na bezproblemowy montaż maszyny TBM w komorze startowej, przez co harmonogram prac przesunął się o kolejnych 25 dni.

Ostatecznie inwestor, po analizie sytuacji oraz konsultacji z inwestorem zastępczym i inżynierem kontraktu, jako bezsporne uznał wydłużenie terminu o 30 dni. Jeżeli jednak wykonawca udowodni, iż faktycznie nie miał wpływu na dalsze opóźnienia, termin zostanie wydłużony ponownie.

**KROKI MIŁOWE**

- 17.10.2018 r.** – podpisanie umowy z wykonawcą
- 17.07.2019 r.** – złożenie wniosku o wydanie decyzji ZRID
- 7.10.2019 r.** – wydanie decyzji ZRID
- 18.10.2019 r.** – przekazanie placu budowy wykonawcy
- październik 2020 r.** – przybycie maszyny TBM do Polski
- 5.03.2021 r.** – rozpoczęcie drążenia
- 22.09.2021 r.** – zakończenie drążenia
- wrzesień 2022 r.** – planowane zakończenie realizacji inwestycji

**912,4 mln zł** – wartość inwestycji

**775,6 mln zł** – dofinansowanie unijne

**1,4 km** – długość tunelu podwodnego

**37,5 m p.p.m.** – maksymalne zagłębienie tunelu

**3,4 km** – długość nowego układu drogowego wraz z tunelem

**3,5 m** – szerokość pasa jezdni

**12 m** – średnica wewnętrzna tunelu

**13,46 m** – średnica zewnętrzna tarczy maszyny TBM

**TUNEL W LICZBACH**