

TUNELE

NAJDŁUŻSZY TUNEL W POLSCE

BUDOWA, KTÓRA ZAANGAŻUJE CAŁĄ BRANŻĘ

Podpisanie umowy na odcinek Police–Goleniów w ciągu S6 formalnie otwiera etap realizacji największego tunelowego przedsięwzięcia w polskim drogownictwie. W powszechnym odbiorze symbolem inwestycji będzie maszyna TBM i rekordowa długość przeprawy pod Odrą. Dla branży ważniejsze jest jednak coś innego: tunel stanie się wieloletnim sprawdzianem współpracy geotechników, projektantów, dostawców systemów bezpieczeństwa, integratorów automatyki oraz firm, które później będą odpowiadać za utrzymanie obiektu.

GDDKiA podpisała umowę na realizację odcinka S6 Police–Goleniów 22 maja 2026 r. Kontrakt o wartości 5,3 mld zł obejmuje budowę 23,4 km drogi ekspresowej, w tym około 5-kilometrowego tunelu pod Odrą. Wykonawcą jest konsorcjum firm NDI, Doğuş İnşaat ve Ticaret i Dogus Construction Poland. Zgodnie z obecnym harmonogramem na prace projektowe przewidziano

10 miesięcy, na roboty 80 miesięcy, rozpoczęcie drążenia planowane jest w 2028 r., obie nawy mają zostać wydrążone w 2031 r., a oddanie odcinka do ruchu przewidziano na 2033 r.

To dane, które same w sobie robią wrażenie. Największa pod względem wartości umowa w historii GDDKiA, najdłuższy tunel drogowy w kraju, jedna z najbardziej wymagających pod względem inżynierskim inwestycji drogowych w Polsce. Z perspektywy specjalistów od budownictwa podziemnego najciekawsze pytanie brzmi jednak inaczej: nie tylko kiedy tunel powstanie, lecz jak wiele segmentów rynku będzie musiało ze sobą współpracować, aby obiekt mógł zostać bezpiecznie wydrążony, wyposażony, uruchomiony i utrzymywany przez kolejne dekady.

PRZESZKODY? NIE TYLKO ODRA

Zachodnia Obwodnica Szczecina przez lata funkcjonowała jako brakujący element

układu drogowego regionu. Nowa S6 ma domknąć ring wokół Szczecina, odciążyć istniejący przebieg A6, S3 i S6 po południowej oraz wschodniej stronie miasta, a także poprawić dostępność Polic i terenów przemysłowych położonych po zachodniej stronie Odry. Całość została podzielona na trzy odcinki: Kołbaskowo–Dołuje, Dołuje–Police oraz Police–Goleniów. To ostatni z nich jest najtrudniejszy technicznie i najbardziej kosztowny.

W przestrzeni publicznej inwestycja najczęściej opisywana jest jako tunel pod Odrą. To określenie jest prawdziwe, ale nie oddaje pełnej skali zadania. Sama rzeka jest tylko jedną z przeszkód. Trasa będzie prowadzona również pod instalacjami Zakładów Chemicznych Police, liniami kolejowymi, drogą wojewódzką nr 114, terenami Portu Police oraz obszarami podmokłymi związanymi z rozlewiskami Odry. Po wyjściu z tunelu S6 pobiegnie w kierunku miejscowości Święża i dalej do

■ ŁUKASZ MADEJ
Wydawnictwo INŻYNIERIA



Z TEKSTU DOWIESZ SIĘ:

- ✓ dlaczego budowa tunelu pod Odrą będzie wyzwaniem nie tylko dla wykonawcy robót, lecz dla całego rynku tunelowego,
- ✓ jakie znaczenie dla powodzenia inwestycji będą miały geotechnika, monitoring oraz zabezpieczenie infrastruktury przemysłowej,
- ✓ dlaczego po zakończeniu drążenia kluczową rolę przejmą dostawcy wyposażenia, systemów bezpieczeństwa, automatyki i firmy odpowiedzialne za późniejsze utrzymanie tunelu.

NAJWAŻNIEJSZE PARAMETRY TUNELU POD ODRĄ



DŁUGOŚĆ TUNELU
około 5 km



TECHNOLOGIA
TBM



LICZBA NAW
2



ŚREDNICA ZEWNĘTRZNA
OBUDOWY
niemal 15 m



GRUBOŚĆ OBUDOWY
około 60 cm



MAKSYMALNA GŁĘBOKOŚĆ
SPODU KONSTRUKCJI
około 51 m poniżej
poziomu terenu



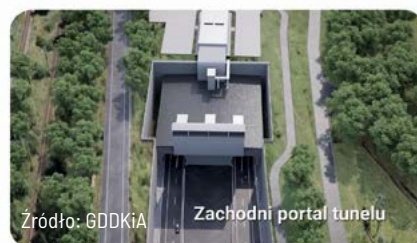
POZIOM JEZDNI
do około 45 m poniżej
poziomu terenu



LICZBA PRZEJŚĆ POPRZECZNYCH
19



ODCINKI WJAZDOWE
DO TUNELU
około 600 m



Źródło: GDDKiA

Zachodni portal tunelu



Źródło: GDDKiA

Prawy tunel



DŁUGOŚĆ ODCINKA
POLICE-GOLENIÓW
23,4 km



WARTOŚĆ KONTRAKTU
5,3 mld zł



WYKONAWCA
konsorcjum NDI, Doğu İnşaat ve Ticaret i Dogus Construction Poland



PLANOWANY START
DRAŻENIA
2028 r.



PLANOWANE WYDRAŻENIE
OBU NAW
2031 r.



PLANOWANE ODDANIE
DO RUCHU
2033 r.

węzła Goleniów Północ, gdzie połączy się z istniejącą siecią dróg ekspresowych.

Dlatego długość tunelu nie wynika wyłącznie z konieczności przekroczenia koryta rzeki. W toku przygotowań zdecydowano, że obiekt powinien objąć szerszy, szczególnie wrażliwy obszar. Wydłużenie tunelu względem pierwotnych założeń było efektem analizy ryzyk związanych m.in. z bezpieczeństwem użytkowników i ochroną infrastruktury przemysłowej. Równie ważne były uwarunkowania środowiskowe: rozlewiska Odry to tereny o wysokiej wartości przyrodniczej, a rozwiązanie tunelowe ogranicza ingerencję w obszary cenne dla ptaków.

KLUCZOWY DLA SUKCESU BĘDZIE MONITORING

W przypadku tak dużej inwestycji naturalnie najwięcej uwagi przyciąga maszyna TBM. Będzie to obiekt dwunawowy, z ze-

ŁUKASZ LENDNER

dyrektor Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad Oddział Szczecin

Zachodnia Obwodnica Szczecina w ciągu S6 pozwoli na rozwiązanie problemów komunikacyjnych, które obecnie występują na szczecińskim węźle dróg szybkiego ruchu. Obecnie cały ruch z dwóch dróg ekspresowych S3 i S6 kumuluje się na wspólnym przebiegu po wschodniej stronie Szczecina, dodatkowo na węźle Szczecin Kijewo dochodzi ruch z DK10 (przyszłej S10, która znajduje się już w budowie). Powoduje to średnie natężenia ruchu wynoszące do 50 tys. pojazdów na dobę. Nie są to rekordowe wyniki w skali kraju, ale specyfika związana z dużymi wzrostami w okresie wakacyjnym, z ruchem dochodzącym w weekendy do 85 tys. pojazdów, powoduje wyczerpywanie się przepustowości i powstawanie wielokilometrowej długości zatorów. Przypomnę, że równocześnie drogi S3 i S6 są głównym dojazdem do portów Szczecin-Świnoujście, a S3 to ważne połączenie w sieci TEN-T południa Europy ze Skandynawią.

Dlatego kluczowe dla poprawy przepustowości sieci drogowej w tym obszarze jest rozdzielenie dróg S3 i S6 na osobne przebiegi. Będzie to możliwe właśnie dzięki budowie Zachodniej Obwodnicy Szczecina. Nowa trasa ominie od zachodu oraz północy Szczecin i wraz z istniejącym przebiegiem drogi S3 stworzy ring wokół miasta. Dodatkowo nowa trasa pozwoli na znacznie lepszy rozkład ruchu w obrębie całej aglomeracji szczecińskiej i odciąży centrum miasta od ruchu z kierunku północnego i zachodniego. Inwestycja jest szczególnie ważna dla Polic, gdzie znajdują się jedne z największych zakładów chemicznych w kraju, do których cały transport drogowy odbywa się przez centrum Szczecina. Nowe połączenie drogowe da również impuls rozwojowy terenom portowym położonym wzdłuż Odry.

Z punktu widzenia naszej sieci drogowej umowa na odcinek ZOS Police-Goleniów była też ostatnim zakontraktowanym odcinkiem drogi ekspresowej w regionie. W ubiegłym roku zakończyliśmy budowę S3 i oddaliśmy ostatnie odcinki S6 na wschodzie regionu do Słupska, w tym roku kończymy ostatni zachodniopomorski odcinek S11, mamy też w budowie 100 km S10 z zakończeniem planowanym w 2028 roku. Tym samym ZOS z planowanym oddaniem w 2029 roku odcinków od Kołbaskowa do Polic i w 2033 roku odcinkiem Police-Goleniów będzie zwieńczeniem budowy kompletnej sieci dróg szybkiego ruchu w naszym regionie.

Oczywiście z punktu widzenia wyzwań stojących przed nami wyjątkowym elementem tej inwestycji jest dwunawowy tunel pod Odrą o długości 5 km, najdłuższy tego typu obiekt w Polsce. Tunel będzie drążony maszyną TBM, mamy już doświadczenia z realizacji tunelu tą samą technologią, ponieważ byliśmy inwestorem zastępczym przy budowie tunelu w Świnoujściu. Zakres tamtego zadania był znacznie mniejszy (1,5 km tunelu jednonawowego), ale wiele elementów jest analogicznych. Mamy doświadczoną kadrę, która ma za sobą wiele zakończonych z sukcesem inwestycji. Przygotowujemy się też do zarządzania i utrzymywania tego wyjątkowego obiektu, cała niezbędna do tego infrastruktura będzie powstawała w ramach budowy – obwód utrzymania przy węźle Police, nie tylko z Centrum Zarządzania Tunelem, ale też Regionalnym Centrum Zarządzania Ruchem.

Przed nami lata wytężonej pracy, aby wspólnie z wykonawcą i nadzorem doprowadzić do udanego zakończenia tego wyjątkowego przedsięwzięcia.



wewnętrzną średnicą zbliżoną do 15 m i segmentową obudową o grubości około 60 cm. Pomiędzy nawami przewidziano 19 przejść poprzecznych, które będą służyć przede wszystkim ewakuacji. Spód konstrukcji ma zejść maksymalnie 51 m poniżej poziomu terenu, a jezdnia znajdzie się na głębokości do 45 m.

Dla ekspertów nie są to jednak wyłącznie parametry geometryczne. Każda z tych liczb oznacza określone wymagania dotyczące projektowania, logistyki, transportu urobku, segmentów obudowy, kontroli jakości, utrzymania reżimu pracy maszyny oraz

obserwacji wpływu drążenia na otoczenie. Im większa średnica i dłuższy obiekt, tym większe znaczenie ma nie tylko sama technologia drążenia, lecz cała organizacja procesu.

Jednym z najważniejszych obszarów tej inwestycji będzie geotechnika rozumiana nie jako etap przygotowawczy, lecz jako ciągły proces towarzyszący realizacji. Na trasie tunelu występują grunty nawodnione, tereny organiczne, obszary przemysłowe oraz elementy infrastruktury, których praca nie może zostać zakłócona. To wymusza nie tylko zaawansowane rozpoznanie, ale

również stałą kontrolę w czasie robót.

Kluczowe będą systemy monitoringu przemieszczeń, osiadań, deformacji oraz zmian zachodzących w podłożu. Znaczenie będą miały punkty pomiarowe na powierzchni, monitoring konstrukcji, a także narzędzia pozwalające łączyć dane pomiarowe z modelami numerycznymi. W takiej inwestycji pomiar nie jest czynnością administracyjną. Staje się elementem zarządzania ryzykiem.

Paradoksalnie jednym z najważniejszych bohaterów tej budowy może okazać się nie sama maszyna TBM, ale system



FOT. 1. | Uroczystość podpisania umowy na budowę odcinka drogi S6 z tunelem pod Odrą. Fot. mat. NDI

KTO BĘDZIE POTRZEBNY PRZY NAJDŁUŻSZYM TUNELU W POLSCE?

- geotechnicy i specjaliści monitoringu
- wykonawcy ścian szczelinowych i zabezpieczeń wykopów
- laboratoria badań gruntów i materiałów
- dostawcy segmentów obudowy i systemów kontroli jakości
- firmy od transportu, logistyki i zagospodarowania urobku
- projektanci systemów bezpieczeństwa
- dostawcy wentylacji i oddymiania
- integratorzy automatyki i SCADA
- dostawcy CCTV, detekcji zdarzeń, DSO i SSP
- specjaliści od łączności radiowej służb
- firmy od zasilania gwarantowanego i oświetlenia
- zespoły cyberbezpieczeństwa infrastruktury
- firmy serwisowe i utrzymaniowe

KOMENTARZ EKSPERTA

JULITA BORKOWSKA

Kierownik Projektu odcinka S6 Police–Goleniów
Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad Oddział Szczecin



Budowa 50 km Zachodniego Drogowego Obejścia Szczecina wraz z realizacją tunelu pod Odrą będzie wyjątkowym i bardzo złożonym przedsięwzięciem infrastrukturalnym. GDDKiA zrealizowała badania geologiczne, uzyskała decyzje administracyjne potrzebne do rozpoczęcia prac budowlanych, w tym decyzję środowiskową i ZRID, ale to w rękach wybranych w procedurze przetargowej wykonawców leży sprawna realizacja inwestycji. Zapewnienie i utrzymanie płynności łańcucha dostaw materiałów oraz zorganizowanie wykwalifikowanej kadry kierowniczej i wykonawczej będzie kluczowe dla prawidłowego i terminowego realizowania zadania.

Największym wyzwaniem technicznym, organizacyjnym i logistycznym ZOS będzie budowa 5-kilometrowego, dwunawowego tunelu pod Odrą. Drążenie tego obiektu będzie trwało blisko trzy lata i wymaga szczegółowego zaplanowania produkcji, transportu i składowania ponad 45 tys. prefabrykowanych segmentów obudowy oraz zagospodarowania ponad 2 mln m³ urobku z drążenia. Wykonawca musi również szczegółowo zaplanować czas i technologię realizacji 19 przejść poprzecznych, zachowując m.in. względy bezpieczeństwa konstrukcji tunelu. Po zakończeniu drążenia rozpoczęte zostaną prace związane z wyposażeniem tunelu i realizacją szeregu systemów zapewniających bezpieczeństwo użytkowników. Szczególnego podejścia wymaga zaprojektowanie i wykonanie systemów wentylacji tunelu oraz gaszenia pożaru, a także zarządzania ruchem, zarówno w tunelu, jak i na całym odcinku drogowym. Prawidłowe i skuteczne działanie poszczególnych systemów, jak i ich właściwa współpraca będą weryfikowane, zgodnie z wymaganiem GDDKiA, przez sześć miesięcy po zakończeniu wszystkich prac w tunelu, ale jeszcze przed uruchomieniem obiektu do eksploatacji.

Skala inwestycji wymusza zapewnienie profesjonalnego zarządzania. Powodzenie tak dużego projektu uzależnione jest od umiejętności skutecznej współpracy i koordynacji działań wszystkich uczestników procesu budowlanego: wykonawców, konsultantów i zamawiającego. Kluczowe znaczenie będzie miało także doświadczenie wykonawców i konsultantów oraz ich zdolność do szybkiego reagowania na pojawiające się wyzwania.



Tunel będzie posiadał dwie tuby
Przekrój tunelu pod Odrą

Źródło: GDDKiA

informacji o tym, co dzieje się wokół niej. Dla wykonawcy i nadzoru istotne będzie nie tylko to, jak szybko postępuje drążenie, lecz czy kolejne etapy nie powodują oddziaływań przekraczających przyjęte założenia. Dla firm z obszaru geotechniki, monitoringu i analityki danych będzie to jeden z najciekawszych poligonów ostatnich lat.

INFRASTRUKTURA NAD TUNELEM POD SZCZEGÓLNYM NADZOREM

Szczególny charakter inwestycji wynika z przebiegu pod rejonem Zakładów Chemicznych Police. Polska branża ma już doświadczenia z tunelami góorskimi, miejskimi i podwodnymi, ale obiekt tej długości prowadzony pod rozbudowaną infrastrukturą przemysłową to zadanie innej kategorii.

Nad trasą tunelu znajdują się instalacje technologiczne, sieci, infrastruktura transportowa, obiekty związane z działalnością zakładów i portu. Ich funkcjonowanie musi zostać utrzymane, a ryzyka związane z robotami muszą być identyfikowane z odpowiednim wyprzedzeniem. Oznacza to konieczność nie tylko technicznego monitoringu, ale także precyzyjnych procedur komunikacji pomiędzy inwestorem, wykonawcą, projektantem, nadzorem i właścicielami infrastruktury.

W praktyce taka realizacja wymaga spojrzenia znanego z obszaru infrastruktury krytycznej. Nie wystarczy zaprojektować tunel i bezpiecznie poprowadzić maszynę TBM. Trzeba zrozumieć, co znajduje się na powierzchni, jakie procesy technologiczne

nie tam zachodzą, jakie obiekty wymagają szczególnej ochrony, które sieci mogą być wrażliwe na przemieszczenia i w jakim trybie należy reagować, jeśli monitoring pokaże wartości zbliżające się do progów ostrzegawczych.

KOMORY, ŚCIANY SZCZELINOWE, LOGISTYKA

Choć najwięcej emocji budzi drążenie, równie istotne będą roboty poprzedzające wejście TBM do gruntu. Komory startowe i odbiorcze oraz odcinki wjazdowe i wyjazdowe mają być wykonywane z wykorzystaniem technologii ścian szczelinowych. Dla wykonawcy oznacza to duży front prac specjalistycznych jeszcze przed zasadniczym etapem drążenia.

Na zachodnim brzegu Odry dochodzi się sąsiedztwo składowiska siarczanu żelaza, ulicy Kuźnickiej, linii kolejowej oraz zakładów przemysłowych. Po stronie wschodniej wyzwaniem są tereny torfowe i słabsza dostępność drogowa. Każdy z tych elementów wpływa na organizację placu budowy, transport materiałów, lokalizację zaplecza, prowadzenie wykopów, odwodnienie, logistykę segmentów obudowy i urobku.

Znaczenie będzie miało również wykorzystanie materiału wydobywanego podczas drążenia. Jednym z powodów realizacji odcinka drogowego i tunelowego w ramach jednego zadania była możliwość efektywnego wykorzystania urobku do budowy nasypów części drogowej. To pokazuje, że tunel nie jest wyizolowanym obiektem, lecz częścią większego bilansu mas ziemnych i organizacji całej budowy.

NOWOCZESNY TUNEL TO SYSTEM SETEK URZĄDZEŃ

W medialnym obrazie budowy moment przebicia tarczy do komory odbiorczej bywa traktowany jak finał. Dla branży to raczej przejście do kolejnego rozdziału. W obiektach o długości kilku kilometrów wyposażenie tunelu jest przedsięwzięciem porównywalnym pod względem złożoności z wykonaniem samej konstrukcji.

Po zakończeniu drążenia rozpocznie się etap instalacji i integracji systemów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo, zarządzanie ruchem i utrzymanie. To właśnie wtedy szczególnego znaczenia nabiorą dostawcy wentylacji, oddymiania, zasilania gwarantowanego, oświetlenia, monitoringu wizyjnego, detekcji zdarzeń, nagłośnienia alarmowego, systemów przeciwpożarowych, łączności radiowej służb oraz rozwiązań teleinformatycznych.

Nowoczesny tunel drogowy nie jest tylko konstrukcją żelbetową z jezdnią w środku. Jest systemem technicznym, w którym setki urządzeń muszą działać w sposób spójny, przewidywalny i odporny na awarie. Wentylacja musi współpracować z detekcją pożaru i scenariuszami ewakuacji. Oświetlenie musi odpowiadać warunkom ruchu i przejściom adaptacyjnym. Systemy łączności muszą zapewniać komunikację użytkownikom, obsłudze i służbom ratowniczym. Monitoring musi nie tylko rejestrować obraz, ale także wspierać wykrywanie zdarzeń. Wszystko to musi być spięte w środowisku sterowania, które pozwoli operatorom szybko podejmować decyzje.

Dla dostawców technologii tunelowych oznacza to ogromną przestrzeń do działania. Równie ważne jak pojedyncze urządzenia będzie doświadczenie w integracji, testowaniu, tworzeniu scenariuszy działania i prowadzeniu odbiorów. W tunelu tej długości nie wystarczy dostarczyć system. Trzeba udowodnić, że działa w warunkach normalnych, awaryjnych, pożarowych, serwisowych oraz w sytuacji utraty części zasilania lub łączności.



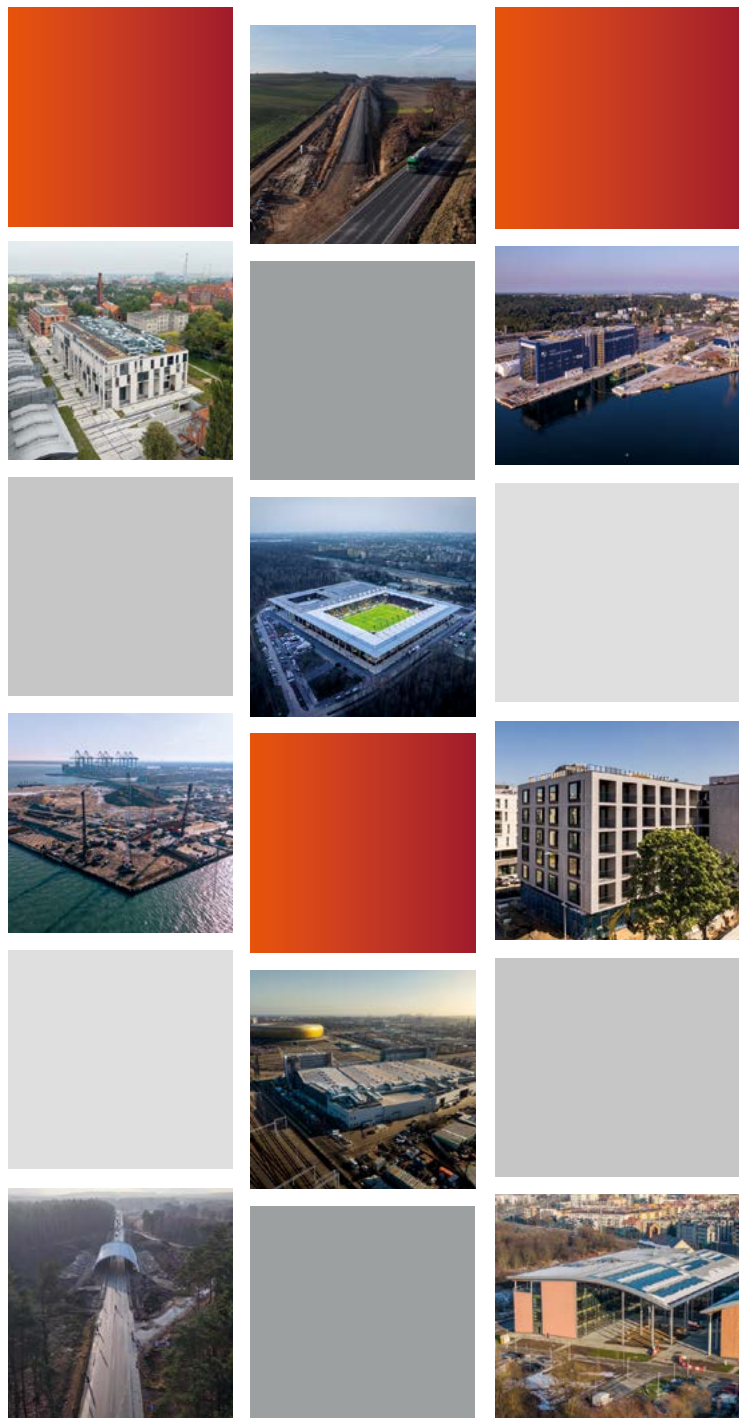
Budujemy przyszłość

NDI to polska grupa kapitałowa działająca na rynku budowlanym od 1991 roku. Konsekwentnie rozwija swoją działalność w oparciu o rzetelność, uczciwość i partnerskie relacje, budując stabilną pozycję oraz zaufanie. Grupa NDI zatrudnia ponad 700 pracowników i realizuje złożone projekty inżynierskie w niemal wszystkich obszarach budownictwa. Podstawą działalności NDI jest budownictwo infrastrukturalne, kubaturowe i hydrotechniczne uzupełniane przez projekty z obszaru nieruchomości oraz energetyki. Jako Generalny Wykonawca, NDI realizuje inwestycje dla sektora publicznego i prywatnego, dbając o wysoką jakość, bezpieczeństwo oraz minimalizację wpływu na środowisko. Grupę NDI tworzy zintegrowana struktura wyspecjalizowanych spółek: NDI S.A., NDI Sopot S.A., NDI Energy, NDI Development oraz NDI Facility Services, co umożliwia kompleksową realizację inwestycji na każdym etapie - od projektu i budowy po zarządzanie nieruchomościami. Siłą organizacji jest wiedza i doświadczenie pracowników oraz prestiżowe realizacje, które na trwałe wpisały się w krajobraz polskiej infrastruktury.



www.ndi.pl

ZESKANUJ
i zobacz,
jak budujemy



www.ndi.pl

LECH DANIELUK

Dyrektor Biura Szczecin, Keller Polska



Tunel drogowy pod rzeką Odrą w Świątej, realizowany w ciągu nowoprojektowanej drogi ekspresowej S6, to bez wątpienia jeden z najbardziej wymagających projektów infrastrukturalnych w historii Pomorza Zachodniego. Obiekt powstanie w ramach trzeciego odcinka Zachodniej Obwodnicy Szczecina (ZOS), potocznie określanej mianem „Zośki”.

Skąd przekonanie, że „Zośka” będzie inwestycją szczególnie trudną? Odpowiedź jest wielowymiarowa. Już same parametry geometryczne i organizacyjne – długość drążenia dwóch nitek tunelu realizowanego z użyciem maszyny TBM, duża średnica tarczy oraz napięty harmonogram – stanowią istotne wyzwanie. Jednak kluczowe znaczenie mają warunki gruntowo-wodne i lokalizacja inwestycji.

Teren przeznaczony pod budowę charakteryzuje się występowaniem grubych warstw gruntów organicznych, sięgających nawet kilkunastu metrów poniżej poziomu terenu, wysokim poziomem wód gruntowych oraz złożonym układem warstw nośnych. Poniżej słabośnych gruntów organicznych zalegają twardoplastyczne gliny z nieregularnymi przewarstwieniami piaszków, w których występuje napięte zwierciadło wody gruntowej o wysokim ciśnieniu.

Szczelną obudowę najgłębszych wykopów w rejonie komór startowej i odbiorczej dla maszyny TBM oraz najazdów do nich stanowić będą ściany szczelinowe, co można uznać za rozwiązanie standardowe, wielokrotnie stosowane w tego typu konstrukcjach. Jednak rzeczywistą trudnością jest niejednorodność budowy geologicznej w zakresie występowania przewarstwień piaszczystych z napiętym zwierciadłem wody gruntowej. Niewykrycie podczas badań geologicznych nawet jednej warstwy wodonośnych piaszków, zlokalizowanej płytko poniżej dna wykopu, może skutkować poważnym naruszeniem stateczności – a w konsekwencji realnym zagrożeniem dla bezpieczeństwa robót i harmonogramu inwestycji.

Warto przy tym podkreślić skalę projektowanych konstrukcji. Przy głębokości wykopu przekraczającej 45 m, ściany szczelinowe osiągać będą głębokość rzędu 55–65 m i grubość powyżej 1,0 m. Biorąc pod uwagę normowe odchyłki wykonawcze głębienia ścian szczelinowych, ich wykonawca będzie musiał się wykazać wysokim profesjonalizmem. W pierwotnej koncepcji znaczną część ścian szczelinowych przewidziano jako kotwioną kotwami gruntowymi, co dodatkowo zwiększa złożoność realizacji. Wykonanie kotew gruntowych w tych warunkach gruntowych i głębokości wykopu wymaga doświadczenia i wysokiej kultury pracy.

Dodatkowym elementem technicznego wyzwania jest realizacja 19 przejść ewakuacyjnych pomiędzy nitkami tunelu. Jedną z metod stosowanych w takich przypadkach – sprawdzoną m.in. przy budowie tunelu pod Martwą Wisłą w Gdańsku – jest technologia mrożenia gruntu. Polega ona na instalacji systemu rurociągów, przez które tłoczony jest czynnik chłodzący, prowadzący do czasowego zamarzania gruntu i umożliwiający bezpieczne wykonanie przejścia. To przykład zaawansowanej geoinżynierii, łączącej precyzyjne rozpoznanie podłoża, nowoczesne systemy projektowe i wysoką kulturę wykonawczą.

Nie można również pominąć aspektu lokalizacyjnego. Znaczna część tunelu przebiega w obrębie Zakładów Chemicznych w Policach, w bezpośrednim sąsiedztwie infrastruktury przemysłowej. W tak wrażliwym otoczeniu kluczowe znaczenie ma ciągły monitoring przemieszczeń i oddziaływań związanych z pracą maszyny TBM. Współczesne systemy pomiarowe umożliwiają bieżącą rejestrację odkształceń, przechyłów i przemieszczeń, a także ich analizę w czasie rzeczywistym – co stanowi nieodzowny element zarządzania ryzykiem na budowie tej skali.

Na koniec chciałbym nadmienić, iż formuła przetargu „buduj” sugeruje, iż inwestor od samego początku chciał mieć możliwość jak największą kontrolę nad projektem. Wprowadzanie optymalizacji na tak poważnym projekcie bez odpowiedniego nadzoru nad proponowanymi rozwiązaniami może negatywnie wpłynąć na stabilność konstrukcji.

Przed wykonawcami robót geotechnicznych stoi zatem wyjątkowo wymagające zadanie – obejmujące zarówno realizację komór startowych i odbiorczych dla maszyny TBM, jak i zapewnienie bezpieczeństwa prac w trudnych warunkach gruntowo-wodnych. To jednak także projekt, który stanowi esencję współczesnej geotechniki i inżynierii fundamentów – ambitny, złożony i niezwykle rozwijający.

Na zakończenie można pokusić się o uproszczony „przepis” na sukces tej inwestycji:

- doświadczony i odpowiedzialny wykonawca robót geotechnicznych,
- szeroko zakrojony program badań geologiczno-inżynierskich,
- rzetelna ocena ryzyka przed rozpoczęciem prac,
- skuteczne zarządzanie ryzykiem w trakcie realizacji,
- ścisła koordynacja wszystkich uczestników procesu budowlanego,
- oraz – jak w każdej dużej inwestycji – odrobina sprzyjających okoliczności.



Źródło: GDDKiA

BEZPIECZEŃSTWO JAKO PROJEKT INTEGRACYJNY

W najdłuższym tunelu drogowym w Polsce bezpieczeństwo nie będzie jednym pakietem wyposażenia, lecz efektem współdziałania wielu branż. Przejścia ewakuacyjne, wentylacja, detekcja, oznakowanie, systemy komunikacji, sterowanie ruchem, zasilanie rezerwowe, monitoring i procedury operatorskie muszą tworzyć spójny mechanizm.

To szczególnie ważne, ponieważ obiekty o takiej długości mają inną charakterystykę ryzyka niż krótsze tunele o prostszej organizacji ruchu i ewakuacji. Czas dojazdu służb, czas ewakuacji użytkowników, możliwość zadymienia, ograniczona przestrzeń manewrowa i konieczność utrzymania komunikacji w warunkach awaryjnych sprawiają, że projektowanie bezpieczeństwa wymaga myślenia scenariuszowego.

Centrum Zarządzania Tunelem, które ma powstać przy węźle Police wraz z zapleczem zarządzania ruchem, będzie jednym z kluczowych elementów całego systemu. To w takim miejscu pojedyncze sygnały z czujników, kamer i systemów sterowania zamieniają się w decyzje operacyjne. Dla integratorów i dostawców automatyki wyzwanie polega nie tylko na podłączeniu urządzeń, lecz na zbudowaniu środowiska, które będzie czytelne, niezawodne i odporne na błędy użytkownika.

Coraz większe znaczenie będzie miało także cyberbezpieczeństwo. Im bardziej zaawansowane są systemy zarządzania tunelem, tym większą rolę odgrywa ochrona sieci, segmentacja dostępu, odporność na

zakłócenia oraz procedury przywracania działania po awarii. W projektach tunelowych granica między automatyką przemysłową, systemami bezpieczeństwa i infrastrukturą IT staje się coraz mniej wyraźna.

RYNEK, KTÓRY DOJRZEWA RAZEM Z OBIEKTAMI

Jeszcze dekadę temu tunele drogowe były w Polsce rzadkością. Dziś lista takich obiektów systematycznie się wydłuża. Funkcjonują już m.in. tunel w Lalikach, tunel pod Martwą Wisłą, obiekty w ciągu S2, S3, S7 i S52 oraz przeprawa pod Świną w Świnoujściu. Kolejne inwestycje tunelowe realizowane są lub przygotowywane na trasie S19. Oznacza to, że krajowy rynek przestaje zdobywać doświadczenie na pojedynczych, wyjątkowych projektach, a zaczyna funkcjonować w warunkach coraz bardziej powtarzalnego portfela zadań tunelowych. Każda z takich inwestycji zostawia na rynku nowe doświadczenia: po stronie inwestorów, projektantów, wykonawców, nadzoru,

dostawców wyposażenia i służb odpowiedzialnych za eksploatację.

Tunel pod Odrą nie będzie pierwszym polskim obiektem, przy którym trzeba myśleć o cyklu życia, integracji systemów i późniejszym utrzymaniu już na etapie projektowania. Takie podejście jest standardem przy każdym współczesnym tunelu drogowym. Różnica polega na skali i nagromadzeniu uwarunkowań. W przypadku S6 pod Odrą projektanci, wykonawcy i dostawcy technologii będą musieli połączyć wymagania konstrukcyjne, geotechniczne, środowiskowe, przemysłowe i eksploatacyjne w jednym, bardzo rozbudowanym systemie. Dlatego inwestycja nie tyle ustanawia nowe reguły, ile będzie sprawdzianem ich konsekwentnego zastosowania w największym dotąd tunelowym projekcie drogowym w Polsce.

Oddanie tunelu do ruchu w 2033 r. nie będzie końcem projektu, lecz początkiem najdłuższego etapu jego życia. Konstrukcja ma służyć przez dziesięciolecia, natomiast systemy techniczne będą wymagały regularnych przeglądów, aktualizacji, napraw i w pewnej perspektywie wymiany. Wentylatory, oprawy oświetleniowe, centrale, kamery, czujniki, urządzenia łączności, serwery i stanowiska operatorskie mają własny cykl życia. Część z nich będzie modernizowana znacznie wcześniej niż sama konstrukcja tunelu.

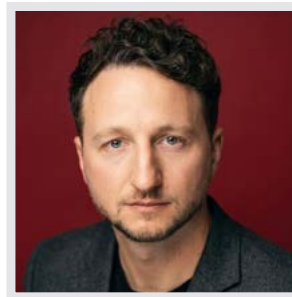
Polska przestała być krajem, który od czasu do czasu buduje pojedynczy tunel. Staje się krajem, który będzie musiał utrzymywać całą grupę złożonych obiektów podziemnych. Wraz z rosnącą



Źródło: GDDKiA

MAREK WIERZCHOWSKI

Kierownik Projektu (tunel S19 w Babicy), GEO-Instruments Polska



W projektowaniu i realizacji inwestycji tunelowych, takich jak tunel pod Odrą, istotne są kwestie bezpieczeństwa, nadzoru i skutecznego zarządzania ryzykiem. Kluczowe znaczenie ma kompleksowy monitoring geotechniczny i konstrukcyjny. Stanowi on narzędzie wczesnego ostrzegania, pomagając zrozumieć zachowanie środowiska i ocenić wpływ prowadzonych prac na otoczenie i konstrukcje.

Monitoring to nie tylko system alarmowania czy baza danych o zachodzących zmianach. Oczywiście umożliwia on wykrycie niepożądanych zjawisk i wczesne podjęcie decyzji działań, nim powstanie realne zagrożenie. Z doświadczenia GEO-Instruments przy realizacji projektów tunelowych i infrastrukturalnych wynika, że samo pozyskiwanie danych nie wystarcza. Równie istotny jest właściwy dobór technologii pomiarowych, umiejętna filtracja i analiza wyników oraz zapewnienie ciągłości pomiarów oraz ich dopasowanie do warunków i etapu robót. Monitoring jest procesem pozwalającym zrozumieć zależności przyczynowo-skutkowe i obserwowanie ich w dłuższym okresie.

Doświadczenia zdobyte przez GEO-Instruments przy realizacji największych projektów tunelowych w Europie, w Wielkiej Brytanii (HS2) oraz w Polsce (S1 Węgierska Górka, S19 Rzeszów-Babica) pokazują, że nowoczesny monitoring jest jednym z podstawowych narzędzi zarządzania ryzykiem. Automatyczne systemy pomiarowe, dostarczające dane w czasie zbliżonym do rzeczywistego, pozwalają inwestorom i wykonawcom na natychmiastowe działanie i podejmowanie decyzji w oparciu o faktyczne zachowanie konstrukcji i otoczenia, a nie wyłącznie o założenia projektowe.

W monitoringu obowiązuje zasada podobna jak w medycynie – skuteczniej i taniej jest zapobiegać niż usuwać skutki problemów. A ponieważ każdy tunel powstaje w innych warunkach, dostęp do wiarygodnych danych pomiarowych staje się jednym z kluczowych elementów bezpiecznej i terminowej realizacji inwestycji.

liczbą takich inwestycji znaczenia nabiorą kompetencje związane z diagnostyką systemów, zarządzaniem częściami zamiennymi, prowadzeniem przeglądów w warunkach utrzymania ruchu, szkoleniem operatorów i aktualizacją scenariuszy bezpieczeństwa.

SPRAWDZIAN WSPÓŁPRACY

Wielkość kontraktu i rekordowa długość obiektu sprawiają, że tunel pod Odrą będzie uważnie obserwowany. Nie tylko przez kierowników i mieszkańców regionu, ale przede wszystkim przez branżę. Każdy etap tej inwestycji będzie testem współpracy pomiędzy uczestnikami procesu.

Najpierw sprawdzane będą kompetencje projektowe i przygotowanie technologii wykonawczej. Później organizacja placu budowy, logistyka i zarządzanie ryzykiem geotechnicznym. Następnie tempo i bezpieczeństwo drążenia. Kolejnym etapem będzie wyposażenie, testy, odbiory i integracja systemów. Po oddaniu drogi do ruchu zacznie się natomiast utrzymanie,

w którym jakość wcześniejszych decyzji będzie weryfikowana każdego dnia.

Tunel nie będzie wyłącznie sukcesem jednej firmy, jednego konsorcjum czy jednej technologii. Będzie efektem pracy całego łańcucha dostaw i wielu specjalizacji, które muszą spotkać się w jednym harmonogramie, jednym systemie bezpieczeństwa i jednym modelu odpowiedzialności.

Dla polskiego rynku tunelowego to szansa, ale też zobowiązanie. Po doświadczeniach ze Świnoujścia, Zakopianki, Martwej Wisły i realizowanych tuneli S19 branża wchodzi na kolejny poziom. S6 pod Odrą pokaże, czy krajowy rynek jest gotowy nie tylko budować coraz większe tunele, ale również projektować, integrować i utrzymywać je w standardzie odpowiadającym najbardziej wymagającym obiektom europejskim.

REKORD TO ZA MAŁO

Najłatwiej opisać tę inwestycję przez rekord: pięć kilometrów, największy kontrakt GDDKiA, najdłuższy tunel drogowy w Polsce. To prawda, ale dla ekspertów nie

rekord będzie najważniejszy. Ważniejsze będzie to, czy inwestycja stanie się punktem odniesienia dla kolejnych projektów tunelowych.

Jeżeli tak się stanie, tunel pod Odrą będzie miał znaczenie wykraczające poza Szczecin, Police i drogę S6. Może stać się projektem, który pokaże, jak w Polsce organizować duże przedsięwzięcia tunelowe: od geotechniki i monitoringu, przez relacje z właścicielami infrastruktury przemysłowej, po integrację systemów bezpieczeństwa i utrzymanie obiektu w całym cyklu życia.

Dla opinii publicznej symbolem pozostanie zapewne maszyna TBM. Dla branży symbolem tej inwestycji powinno być coś szerszego: współpraca specjalistów, którzy zwykle pozostają poza kadrem wizualizacji i komunikatów prasowych, ale to od ich pracy zależy, czy tunel będzie bezpieczny, trwały i efektywny w eksploatacji.

W tym sensie budowa najdłuższego tunelu drogowego w Polsce będzie nie tylko inwestycją infrastrukturalną. Będzie sprawdzianem dojrzałości całego rynku. |



Sprawdzony **wykonawca** systemu monitoringu konstrukcji tuneli

w ramach budowy drogi S19 odc. Rzeszów Południe – Babica
oraz budowy drogi S1 odc. Obejście Węgierskiej Górki

