

Geodezyjna obsługa budowy tunelu w ciągu trasy S7 – „Zakopiarki”

Na wylot



Portale północne tunelu w miejscowości Naprawa, grudzień 2019 r.

23 października 2019 r. po 2 latach i 5 miesiącach pracy doszło do przebicia prawej nitki tunelu drogowego pod górą Luboń Mały w Beskidzie Wyspowym. Obsługę geodezyjną tej jednej z najważniejszych inwestycji w Polsce zapewnia warszawska firma Polservice Geo.

Damian Czekaj

Realizowany od 2016 r. odcinek drogi S7 Lubień – Rabka Zdrój stanowić będzie główną oś komunikacyjną województwa małopolskiego na kierunku północ-południe. Na nowej drodze o długości około 16,7 km (w tym 15,8 km o parametrach drogi ekspresowej) oprócz dwukomorowego tunelu po-

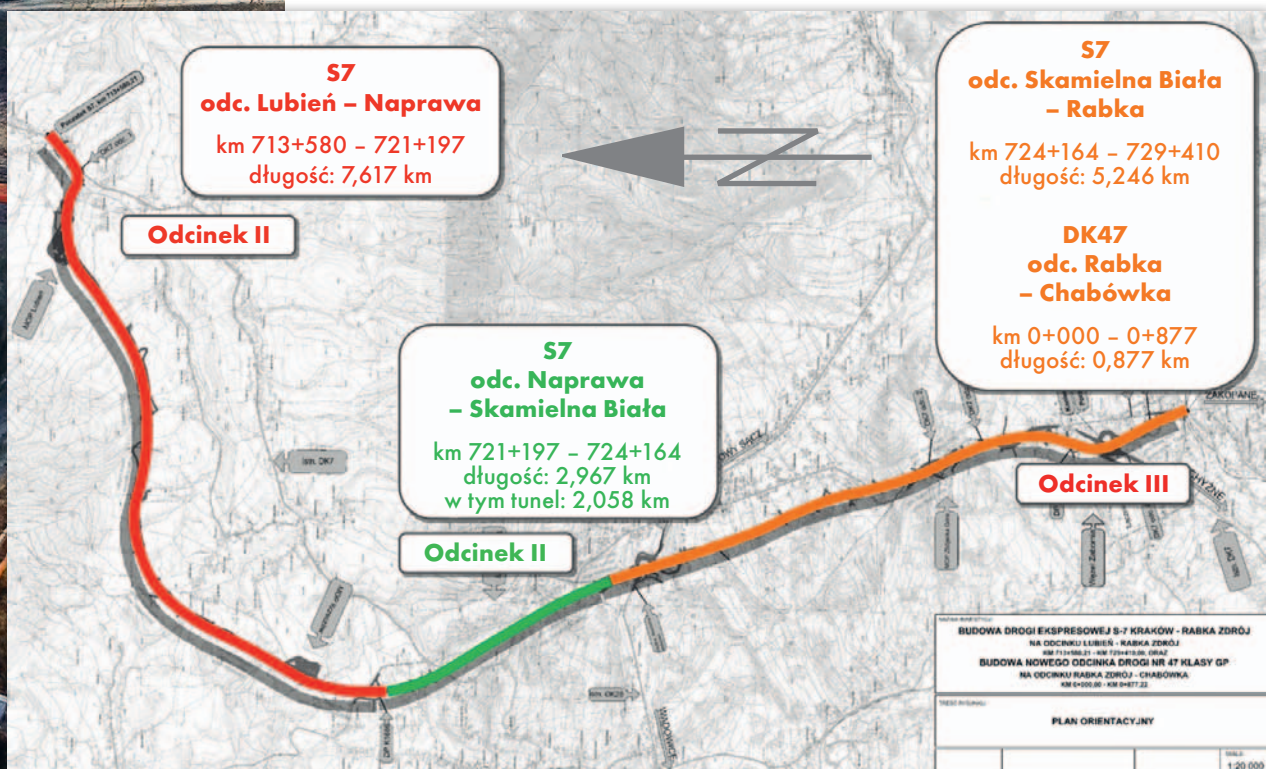
wstanie 38 obiektów inżynierskich: mostów, wiaduktów, estakad. Całkowita wartość inwestycji to prawie 2,5 mld zł.

Na etapie budowy trasę podzielono na trzy odcinki. Za środkowy odcinek Naprawa – Skomielna Biała (o długości prawie 3 km, obejmujący m.in. tunel i 300-metrowy wiadukt przed północnym portalem tunelu) odpowiada włoska firma Astaldi, która w czerwcu 2016 r. podpisała z Generalną Dyrekcją Dróg

Krajowych i Autostrad umowę o wartości 969 mln zł.

• W trudnych warunkach

Jak w 2017 r. poinformowała GEODETE Iwona Mikrut z GDDKiA, ze względu na obowiązujące przepisy nie było możliwe poprowadzenie trasy o parametrach drogi ekspresowej bez wykonania tunelu pod górą Mały Luboń. S7 na odcinku Lubień – Rabka Zdrój została zaprojektowana na



Plan orientacyjny odcinka drogi S7 Lubień – Rabka Zdrój

Konstrukcja tunelu pod górą Luboń Mały (o całkowitej długości 2060 m) będzie składać się z dwóch osobnych komór, połączonych tunelami technicznymi. W każdej z komór znajdzie się jezdnia. Obie nitki tunelu będą wyposażone w wentylację oraz niezbędne dla bezpieczeństwa ruchu urządzenia, włącznie z wyjściami awaryjnymi. Prawie 1920 m tunelu prawego i 1922 m lewego wymagało wydrążenia; pozostałe części wykonane są w wykopie, który po zakończeniu prac zostanie zasypany.

Najbardziej efektywna metoda drążenia tunelu za pomocą tarczy TBM całą powierzchnią przekroju stosowana jest m.in. przy budowie metra w Warszawie. Nie sprawdziłaby się ona jednak w przypadku tunelu pod Luboniem Małym ze względu na budowę geologiczną Karpat Zachodnich, a dokładnie Beskidu Wysokiego. Na obszarze przebiegu budowa-

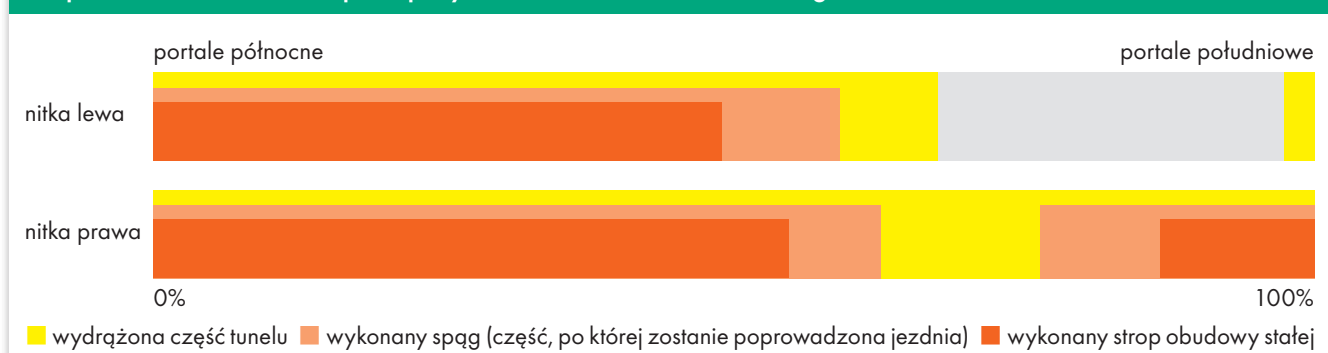
nej S7 Lubień – Rabka Zdrój występują łupki, iłolupki i piaskowce, a także usłoki tektoniczne i duża zmienność nachylenia warstw geologicznych w stosunku do nachylenia stoków. Trudne okazały się też warunki hydrologiczne – bardzo wysoki stan zwierciadła wód podziemnych w górotworze charakteryzujący się dużymi wahaniami. Projektanci obliczyli, że łączny dopływ wód podziemnych do obu nitek tunelu będzie wynosił 7,7 l/s i będzie następował od strony górotworu (wschodniej).

• Pierwszy raz w Polsce

Wszystko to spowodowało, że włoska firma Astaldi zdecydowała się na górniczą metodę drążenia tunelu – kontrolowanej deformacji A.DE.CO.RS, gdzie górotwór stanowi element konstrukcji nośnej tunelu. Oddziaływanie górotworu na wyrobisko zrównoważone jest obu-

podstawie rozporządzeń ws. warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie oraz ws. warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie, a także wielu innych norm, aktów i wytycznych.

Stopień zaawansowania prac przy budowie tunelu. Stan na 8 grudnia 2019 r.





Fot. Polservice Geo

Inwentaryzacja wykonanego torkretu (betonu natryskowego)

dową wstępną, a po ustabilizowaniu się odkształceń, wykonuje się obudowę docelową.

Metoda ta została opracowana w latach 80. we Włoszech, a w Polsce stosowana jest po raz pierwszy. Była już wykorzystana przez Astaldi w bardzo podobnych jak na „Zakopiance” warunkach gruntowych przy budowie tunelu Marta Giulia (na linii kolejowej pomiędzy Parmą a prowincją La Spezia we Włoszech).

Drażnienie tunelu składa się z kilku faz:

- wykonanie skarp wykopów i ściany berlińskiej z pali DFF kotwionych kotwami o długości do 30 metrów i sukcesywne schodzenie w dół wykopu do poziomu spągu, czyli podłoża,
- wzmocnienie przodka dodatkowymi kotwami z jednoczesnym monitoringiem zachowania się górotworu, co jest bezpośrednio związane z bezpieczeństwem drażnienia,
- wykonanie obudowy wyprzedzającej (jeden z elementów obudowy tymczasowej) z kotew fi 114 iniektowanych zaczynem nad przyszłym przodkiem,
- wykonanie odwiertów próbnych (poziomych) w celu zbadania cech górotworu,
- wzmacnianie gwoździami z włókna szklanego czoła przodka.

Drażnienie tunelu na „Zakopiance” rozpoczęło 6 marca 2017 r. w Naprawie od prawego portalu północnego. Ze względu na warunki geologiczne i hydrologiczne panujące na tym terenie projektanci tunelu zalecili, aby drażnienie komory tunelu od strony górotworu wyprzedzało komorę od strony doliny o około 50-100 m. Dlatego prace przy lewym por-

tału rozpoczęto dopiero po wydrażeniu 50 m prawej nitki. Budowę tunelu od strony południowej w miejscowości Skomielna rozpoczęto 9 października 2017 r.

Do października 2019 r. wywieziono już około 537 tys. m³ urobku (pozostało jeszcze około 127 tys. m³), wykorzystano 350 ton materiałów wybuchowych oraz zużyto prawie 128 tys. m³ betonu.

• Siła doświadczenia

Obsługująca II odcinek „Zakopianki” firma Polservice Geo może pochwalić się już kilkoma innymi „tunelowymi” realizacjami. – Jedną z najważniejszych była obsługa budowy kolektora Burakowskiego w Warszawie w 2014 r. Tunel o średnicy 3,2 m i długości około 3 km wykonywany był za pomocą tarczy TBM. Obecnie obsługujemy odcinek „A” Południowej Obwodnicy Warszawy, który w większości będzie się znajdować w tunelu przechodzącym poniżej działającej pierwszej linii Warszawskiego Metra – opowiada Łukasz Stelmach z Polservice Geo, wraz z Arturem Ruszyńskim kierujący pracami geodetów na „Zakopiance”. – Opracowaliśmy, założyliśmy i wykonaliśmy pomiary osnów nowo budowanych linii metra warszawskiego. Prowadzimy monitoring metra w związku z budową POW, a także licznych inwestycji sąsiadujących z metrem. Do celów zarządzania monitoringiem stworzyliśmy specjalną platformę internetową, a przy wsparciu NCBiR zaprojektowaliśmy i wyprodukowaliśmy urządzenie służące do monitoringu prze-

Tycznie tzw. diabełków na zbrojeniu pod beton spągowy

mieszczeń 3D w czasie zbliżonym do rzeczywistego – wymienia Łukasz Stelmach. W ostatnich latach firma zrealizowała kilkadziesiąt obsług na kontraktach infrastrukturalnych – budowach autostrad, dróg ekspresowych czy szlaków kolejowych, na których nie brakowało skomplikowanych budowli inżynierskich.



Fot. Polservice Geo

● Początki

Osnowa podstawowa zaprojektowana przez geodetów z Polservice Geo dla budowy tunelu na „Zakopiance” składa się z 26 punktów – 9 przy południowym oraz 17 przy północnym wylocie, które wykorzystywane są także do obsługi drogi dojazdowej do tunelu i obiektu mostowego. Punkty zlokalizowano w taki sposób, aby nie uległy zniszczeniu w czasie postępu robót. Zastabilizowano je prętami stalowymi zabetonowanymi w kołnierzu z PCV o głębokości około 130 i średnicy 20 cm. Pomiar osnowy podstawowej został wykonany techniką GNSS odbiornikami firmy Javad oraz Leica. Obserwacje wykonano w synchronicznych sesjach 45-minutowych z interwałem rejestracji 5 sekund. Zaprojektowano 43 sesje pomiarowe, w których przynajmniej jeden punkt był wspólny dla dwóch kolejnych sesji. Do pomiaru włączone zostały punkty osnowy państwowej, które służyły jako kontrola. Obliczenia wykonano specjalistycznym oprogramowaniem Pinnacle firmy Javad, a współrzędne w układzie 1965 uzyskano z przeliczeń programem Transpol 2.06 rekomendowanym przez GUGiK.

Obserwacje GNSS nawiązano do stacji systemu ASG-EUPOS (KRA1, NWSC, ZYWI) oraz wybranych punktów osnowy państwowej. W wyniku obliczeń otrzyma-

no współrzędne osnowy z błędem średnim położenia punktu 8 mm.

Wysokości punktów osnowy podstawowej zostały wyznaczone za pomocą niwelacji precyzyjnej z wykorzystaniem reperów sieci państwowej w układzie Kronsztad 60. Do pomiaru wykorzystano cyfrowy niwelator firmy Leica DNA03 z łałami inwarowymi. Z opracowania pomiarów niwelacji precyzyjnej otrzymano błąd średni wysokości punktu 1,3 mm.

Ponadto w trakcie prac geodeci wykorzystują osnowę:

- szczegółową – punkty stabilizowane w obudowie ostatecznej tunelu co 100 m wyznaczone ciągami tachimetrycznymi,

- pomiarową – punkty stabilizowane w ociosach (bocznych ścianach wyrobiska) obudowy ostatecznej wyznaczone według potrzeb wcięciami kątowno-liniowymi.

● Non stop

Obecnie w realizację kontraktu zaangażowanych jest 11 geodetów – 5 dwuosobowych zespołów terenowych oraz jedna osoba pracująca w biurze. Obsługa budowy realizowana jest 7 dni w tygodniu 24 godziny na dobę; zespoły pracują na 3 zmiany. – Przy każdym tyczeniu czy inwentaryzacji staramy się wykonywać swoje zadania z maksymalną dokładnością. Zawsze największą wagę przykładamy

do wytyczania poszczególnych etapów drążenia tuneli oraz wszystkich elementów betonowych – mówi Łukasz Stelmach.

Kolejne zadania przy geodezyjnej obsłudze drążenia tunelu to: tyczenie sytuacyjno-wysokościowe kierunku drążenia, inwentaryzacja wykonanych ringów stalowych oraz torkretu (betonu natryskowego), tyczenie sytuacyjno-wysokościowe wykopów spągu (część, po której zostanie poprowadzona jezdnia), a także tyczenie tzw. diabełków (prętów stalowych spawanych do zbrojenia określających wysokość betonu) pod beton chudy i właściwy. – Pozostałe prace można porównać już do obsługi obiektu mostowego – wyjaśnia pracownik Polservice Geo. Tyczenia i inwentaryzacje wykonywane są tachimetrami Leica TS11, TS12, TS09ultra 1" oraz niwelatorem Leica DNA03.

– Praca, jaką musimy wykonywać, odbywa się pod ziemią w warunkach ograniczonego oświetlenia, więc jest utrudniona. W tunelu pracują różne maszyny budowlane – duże wozidła, koparki, wiertnice – a przestrzeń jest ograniczona, co sprawia, że z każdej strony może pojawić się zagrożenie. Dlatego pracując przy obsłudze drążenia tunelu, musimy zachować szczególną ostrożność nie tylko ze względu na dokładność, ale również na otoczenie – tłumaczy Łukasz Stelmach.



● Pod kontrolą

Prace przy budowie tunelu wykonywane są w ruchu ciągłym, co wiąże się z występowaniem w górze naprężeń i odkształceń, które są na bieżąco monitorowane. Geodeci z Polservice Geo prowadzą monitoring odkształceń zarówno na powierzchni, jak i w tunelu. Badaniem objęte są skarpy przed portalami, mury oporowe, a także obudowa ostateczna i tymczasowa tunelu. W tym zakresie praca geodetów sprowadza się głównie do pomiaru tachymetrycznego zainstalowanych punktów geodezyjnych. Za wybór i lokalizację monitorowanych punktów odpowiada wykonawca. – W obrębie budowy mamy około 400 takich punktów, których liczba na bieżąco wedle potrzeb się zmienia. Pozostały monitoring w obrębie tunelu, w tym obserwację naprężeń, realizuje generalny wykonawca – mówi kierownik zespołu geodetów i dodaje, że Polservice Geo prowadził też monitoring geodezyjny

oraz inklinometryczny skarp na dwóch sąsiednich odcinkach S7.

● Przez skały

– To historyczny dzień – powiedział minister infrastruktury Andrzej Adamczyk podczas uroczystości z okazji przebicia pierwszej nitki tunelu (23 października 2019 r.). – Dziękuję i gratuluję wszystkim, dzięki którym dzisiejsze wydarzenie jest możliwe. Budujemy spójny system transportowy Polski, jego ważnym elementem jest Zakopianka – dodał. Ostatnie metry skał poddały się około godziny 12. Moment ten oglądało 200 osób zaproszonych do tunelu przez GDDKiA. Obecni byli posłowie, samorządowcy i dziennikarze. Nie mogło oczywiście zabraknąć wśród nich geodetów z Polservice Geo.

– Prawie do samego końca prace geodezyjne przebiegały identycznie, jak wcześniej przy drążeniu tunelu. Przed samym przebicciem wykonywaliśmy tyl-

ko częstsze pomiary przodków w celu określenia odległości, jaka została do zbitcia – mówi Łukasz Stelmach. – Przy samym przebiciu geodeci nie brali już czynnego udziału, nasze prace skończyły się, gdy oba przodki dzieliła odległość około 4 m – dodaje.

Kontrola „zejścia się” tunelu z dwóch stron była bardzo odpowiedzialnym zadaniem. Na samym początku kontraktu, gdy osnowa realizacyjna GPS była już zastabilizowana i pomierzona, geodeci wykonali niwelację precyzyjną łączącą portale północne i południowe, dzięki czemu byli pewni jednorodności układu wysokościowego po obu stronach tuneli. W międzyczasie wykonali również ciąg kątowno-liniowy łączący osnowę północną z południową, co dostarczyło informacji o odchyłkach dX i dY . – Na potrzeby Wyższego Urzędu Górniczego został stworzony projekt i analiza dokładnościowa zbitcia, w których dokładność zbitcia wyrobiska (skał)



określono na $\pm 0,15$ m. Dzięki wielokrotnym pomiarom udało nam się „zejść” wysokościowo do 5 mm, a sytuacyjnie do 0,13 m w wyrobisku – wyjaśnia pracownik Polservice Geo.

• Finisz w przyszłym roku

Podstawowym celem budowy drogi S7 Lubień – Rabka Zdrój jest zapewnienie szybkiego i sprawnego połączenia komunikacyjnego w ruchu międzynarodowym i krajowym, wspieranie rozwoju gospodarczego kraju i poprawa jakości życia obywateli poprzez stworzenie sprawnego, bezpiecznego i zrównoważonego systemu transportowego.

Odcinek III o długości 6,1 km Skomielna Biała – Chabówka został oddany do ruchu 28 września 2019 r. Przed końcem roku otwarto jeszcze jedną nitkę odcinka I Lubień – Naprawa (7,6 km). Zakończenie całej trasy z Lubnia do Rabki Zdroju zaplanowane jest na 2021 rok.

Damian Czekaj



Przebicie tunelu na „Zakopance” nastąpiło 23 października 2019 r.



Zespół Polservice Geo chwilę po przebicciu tunelu
Obok: Portale południowe tunelu w miejscowości Skomielna, grudzień 2019 r.