

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

Na wylot



Portale północne tunelu w miejscowości Naprawa, grudzień 2019 r.

23 października 2019 r. po 2 latach i 5 miesiącach pracy doszło do przebiccia 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 w 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-

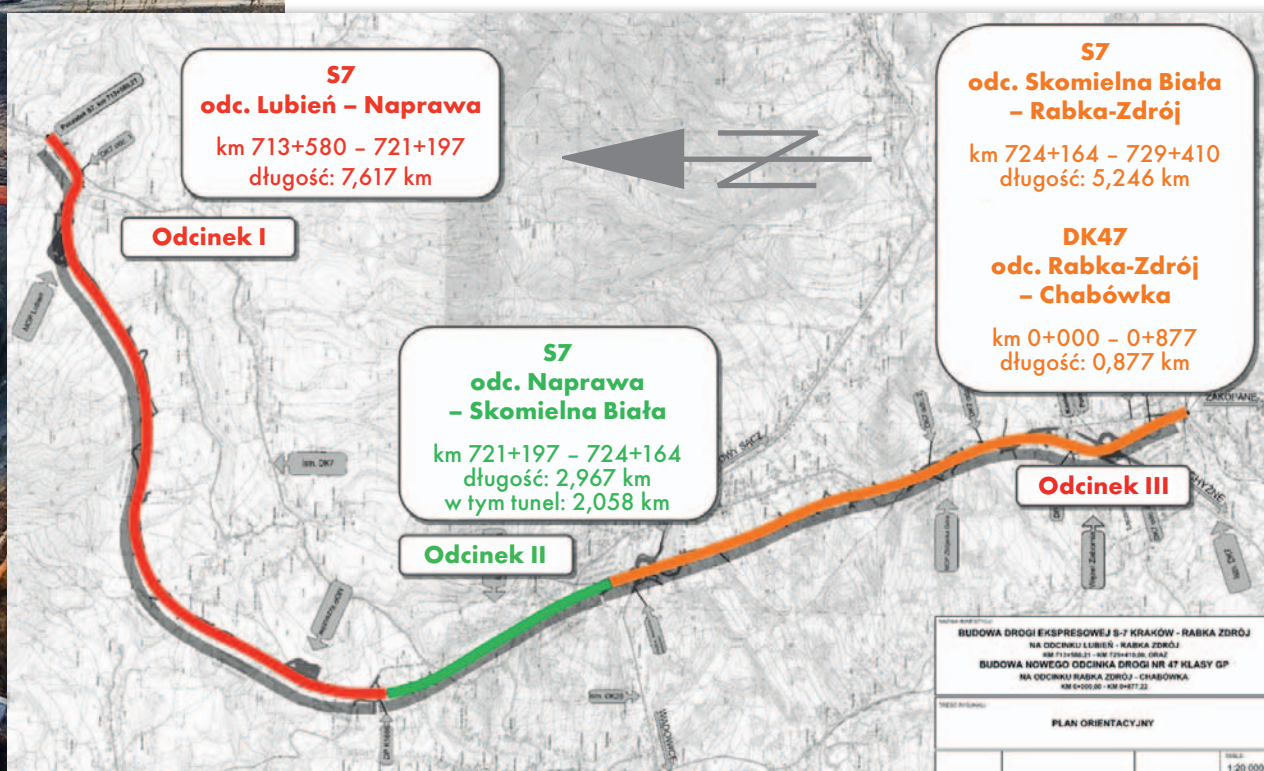
wstanie 38 obiektów inżynierskich: mostów, wiaduktów, estakad. Całkowita wartość inwestycji to prawie 2,5 mld zł.

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 Wyspowego. Na obszarze przebiegu budowa-

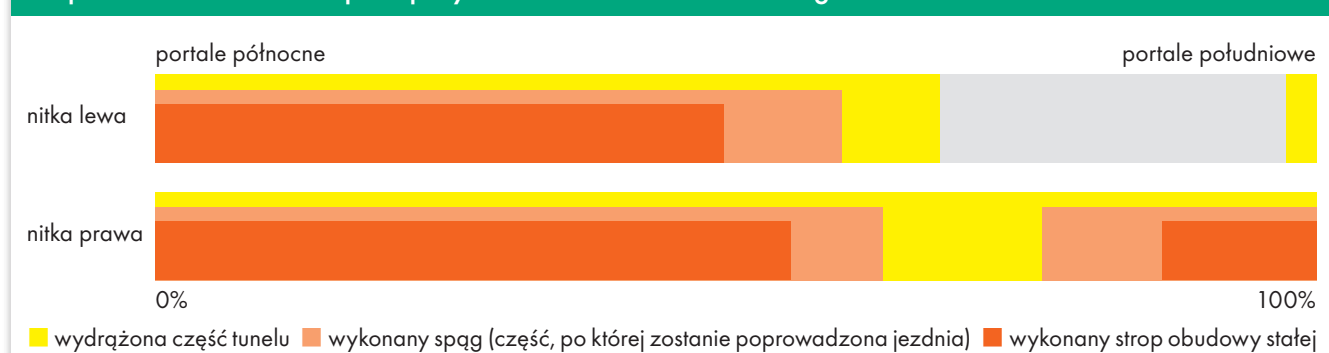
nej S7 Lubień - Rabka-Zdrój występują łupki, iłowupki i piaskowce, a także usłoki tektoniczne i duża zmienność nachylenia warstw geologicznych w stosunku do nachylenia stoków. Trudne okazały się też warunki hydrologiczne - bardzo wysoki stan zwierciadła wód podziemnych w górotworze charakteryzujący się 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 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 urządzenia służące do monitoringu prze-

Tyczenie 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 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 PCW 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 służące 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 zastosowano cyfrowy niwelator firmy Leica DNA03 z łątami 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 kątowymi.

• 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 tuneli, 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 inklinome-

tryczny 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. – W samym przebijaniu 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 13 cm 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 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 Lubienia do Rabki-Zdroju zaplanowane jest na 2021 rok.

Damian Czekaj



Fot. GDDKiA

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



Fot. GDDKiA



Fot. Polservice Geo

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