

ASTALDI buduje nowy odcinek zakopianki, Naprawa – Skomielna Biała wraz z tunelem

tekst: inż. FELICE SCHIAVONE, inż. URSZULA RYNDAK, MATEUSZ WITCZYŃSKI, ASTALDI S.p.A.
zdjęcia: ASTALDI S.P.A.



Siedemnastokilometrowym odcinkiem popularnej zakopianki na odcinku od Lubnia do Rabki-Zdroju każdej doby, według Generalnego Pomiaru Ruchu z 2015 r., przejeżdża 17 tys. samochodów. Tak duże natężenie ruchu wynika z faktu, że trasa prowadzi do jednego z najpopularniejszych kurortów turystycznych w Polsce. Zakopane odwiedza co roku przeszło dwa miliony turystów. Dziś trasa ekspresowa kończy się w Lubniu, a dalej poza krótkimi odcinkami siódemka jest drogą krajową jednojezdniową.

W 2016 r. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad podpisała umowy z wykonawcami trasy S7. Trasa została podzielona na trzy odcinki. Pierwszy to Lubień – Naprawa, a trzeci Skomielna Biała – Chabówka. Największym wyzwaniem będzie jednak odcinek drugi, znajdujący się pomiędzy nimi, praktycznie w całości przebiegający w tunelu pomiędzy Naprawą a Skomielną Białą, w masywie Lubonia Małego. Przetarg na realizację tego odcinka wygrała firma Astaldi S.p.A. Podpisana 29 czerwca 2016 r. umowa na kwotę 968,87 mln zł obejmuje budowę drogi ekspresowej o długości ok. 3 km, z czego 2,06 km w tunelu. W trakcie zaplanowanej na 54 miesiące budowy powstanie dwukomorowy tunel o długości 2058 m, z awaryjnymi przejściami między komorami, dwoma portalami,

pełną infrastrukturą i wyposażeniem technicznym oraz drogami dojazdowymi. Od północy trasa S7 przed wjazdem do tunelu przebiegać będzie na wiadukcie z podwójną konstrukcją nośną jezdni o pięciu przęsłach i długości ok. 310 m.

Po zakończeniu prac na wszystkich trzech odcinkach droga ekspresowa kończyć się będzie w okolicach Rabki-Zdroju, skąd do Chabówki będzie można dojechać drogą o ruchu przyspieszonym.

Na przekrój poprzeczny jednej nitki tunelu, począwszy od strony wewnętrznej, składa się:

- ścieżka ewakuacyjna – 1,2 m (wysokość 2,25 m),
- pas awaryjny – 2,5 m,
- pasy ruchu – 2 x 3,50 m (wysokość skrajni ruchu 4,70 m),
- pas awaryjny – 3,00 m,

Jakie budowy tunelowe są na liście referencyjnej firmy Astaldi?



Marco Giros, dyrektor polskiego oddziału Astaldi S.p.A.

Od 1920 r. Astaldi S.p.A. wykonała przeszło 800 km tuneli różnego przeznaczenia, w tym ponad 300 km w ostatnich 10 latach. W bardzo podobnych warunkach geologicznych, w skale o zbliżonych parametrach technicznych, zbudowaliśmy tunel kolejowy Marta Giulia na trasie z Parmy do prowincji La Spezia. W Polsce zrealizowaliśmy wraz z partnerami centralny odcinek II linii metra w Warszawie, a obecnie pracujemy przy budowie 2300-metrowego tunelu południowej obwodnicy Warszawy.

- odcinek drążony metodą górniczą – zasadnicza część tunelu (ok. 1919 m),
- odcinek wykonywany w wykopie otwartym (ok. 19 m),
- budynek techniczny stanowiący portal południowy (ok. 44 m).

Wyposażenie tunelu

- system hydroizolacji składający się z warstwy geowłókniny przymocowanej do obudowy wstępnej, warstwy izolującej z PCV zakotwionej za pomocą specjalnych mocowań do geowłókniny, warstwy ochronnej wykonanej z geowłókniny przyłączonej do warstwy z PCV;
- obudowa ostateczna w koronie i sklepieniu dolnym ze zbrojonego betonu klasy B60;
- nawierzchnia jezdni z betonu drogowego klasy B45;
- kanały kablowe prowadzone pod drogami ewakuacyjnymi po obu stronach tunelu;
- studzienki wyposażone w pokrywy klasy ogniowej EI90;
- płyty ogniochronne;
- rynna ognioodporna do zbioru wód z nawierzchni drogowej, połączona podłużnie ze studzienkami ściekowymi;
- drzwi nisz technicznych i przejść ewakuacyjnych;
- system wentylacji poprzecznej z kanałem świeżego powietrza pod jezdnią;
- ochrona odgromowa;
- sieć elektroenergetyczna;
- oświetlenie drogowe;
- sieć gazowa.

Warunki geologiczne

Obszar, przez który przebiega trasa S7 i DK47, zbudowany jest z utworów czwartorzędowych oraz neogeńskich i paleogeńskich kompleksów fliszowych. Osady czwartorzędowe są pochodzenia rzeczno- (utworzyły terasy) oraz zwietrzelinowego i zwietrzelinowo-soliflukcyjnego. Grubość pokrywy czwartorzędowej jest zmienna i na niektórych odcinkach wynosi powyżej 10 m, jednak w przeważającej części trasy jest to kilka metrów. W dolinach rzecznych (Raba, Lubieńka, Smugawka



- ścieżka ewakuacyjna – 1,20 m.

Na przekrój poprzeczny składają się też elementy wyposażenia tunelu:

- podjezdniowy kanał świeżego powietrza,
- kanał zanieczyszczonego powietrza nad stropem,
- kanały do prowadzenia kabli,
- przestrzeń poza skrajnią drogi do montażu oświetlenia, oznakowania oraz urządzeń detekcji i powiadamiania o zagrożeniach,
- płyta jezdna wraz z podparciem oraz nawierzchnią,
- strop z podwieszeniem.

Całkowita szerokość przekroju w świetle obudowy ostatecznej wynosi 15,81 m (wysokość 10,70 m). Niweleta tunelu przebiega w równomiernym spadku podłużnym o wartości 0,5% w kierunku od Krakowa do Nowego Targu. Całkowita długość tunelu wyniesie 2058 m. Na długości tunelu od strony Krakowa będzie można wyróżnić:

- portal północny,
- odcinek wykonywany w wykopie otwartym (ok. 76 m),

wraz z licznymi dopływami) dominują mady gliniaste oraz żwiry i paski rzeczne. Z kolei na stokach występują gliny, iły i piaski z rumoszem skalnym.

Utwory fliszowe zbudowane są z warstw naprzemianległych piaskowców i łupków ze zmiennym udziałem procentowym piaskowców. Wyróżnia się kompleksy łupkowe, łupkowo-piaskowcowe, piaskowcowo-łupkowe i piaskowcowe.

Ogólna hydrografia obszaru

Teren objęty analizą posiada bogatą sieć hydrograficzną. Występuje na nim zlewnia Skawy i Raby. Do zlewni Skawy na analizowanym obszarze zalicza się dopływ Naprawki, potok Stachorówka, dopływy Puďłówki, potok Skawski oraz liczne nienazwane potoki. Skawa stanowi prawy dopływ Wisły. Jej źródło zlokalizowane jest we wsi Spytkowice w Beskidzie Wysokim, koryto zaś zlokalizowane jest w odległości ok. 1300 m od planowanej inwestycji. Natomiast ciek dopływający do tej rzeki przecinają się z trasą przedsięwzięcia.

W zlewni Raby płynie rzeka Tenczynka (Lubieńka), potok Krzywański, dopływ potoku Smugawka, a także liczne potoki bez nazwy, ich źródła mieszczą się pod Przełęczą Sieniawską na wysokości ok. 750 m n.p.m. Raba uchodzi do Wisły od prawej strony w pobliżu Ujścia Solnego.

Warunki geologiczne i hydrogeologiczne dla tunelu

Teren przeznaczony pod budowę tunelu zlokalizowany jest w obrębie płaszczowiny magurskiej, w strefie facjalnej raczańskiej, najbardziej wysuniętej na południe części Karpat Zewnętrznych. W budowie geologicznej odcinka tunelu biorą udział osady czwartorzędowe pochodzenia zwietrzelinowego oraz utwory fliszowe: warstwy hieroglifowe z okresu neogenu oraz warstwy magurskie z okresu paleogenu. Warstwy magurskie występują w części północnej obszaru inwestycji, natomiast warstwy hieroglifowe w części południowej. Formacje te przedzielone są strefą nasunięć.

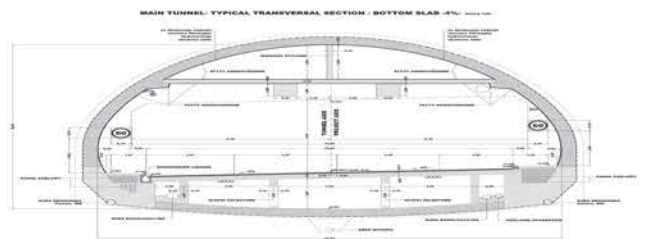
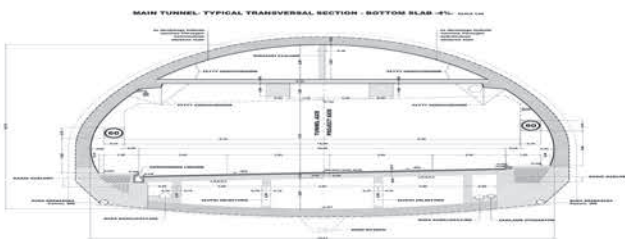
W ogólnym ujęciu, postępując z północy na południe, przewiduje się drążenie tunelu w skale, którego większą część stanowi flisz karpacki z dużym udziałem piaskowca. Jedynie w bezpośredniej lokalizacji wlotu południowego spodziewana jest dominacja łupków.

Na badanym terenie znajdują się dwa poziomy wodonośne: górny – czwartorzędowy, oraz dolny – neogeński oraz paleogeński. Czwartorzędowy poziom wodonośny występuje w utworach terasowych oraz stokowych. Dolny poziom wodonośny związany jest z piaskowcami, a ich zawodnienie wiąże się z obszarami intensywnego zwietrzenia oraz ze strefami otwartych szczelin.

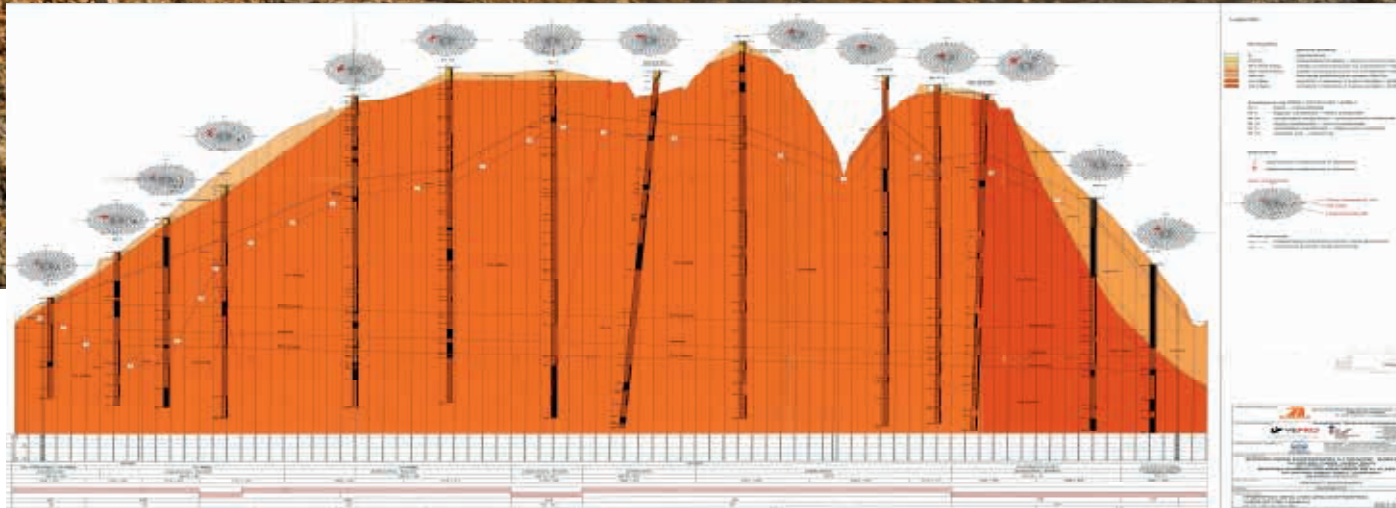
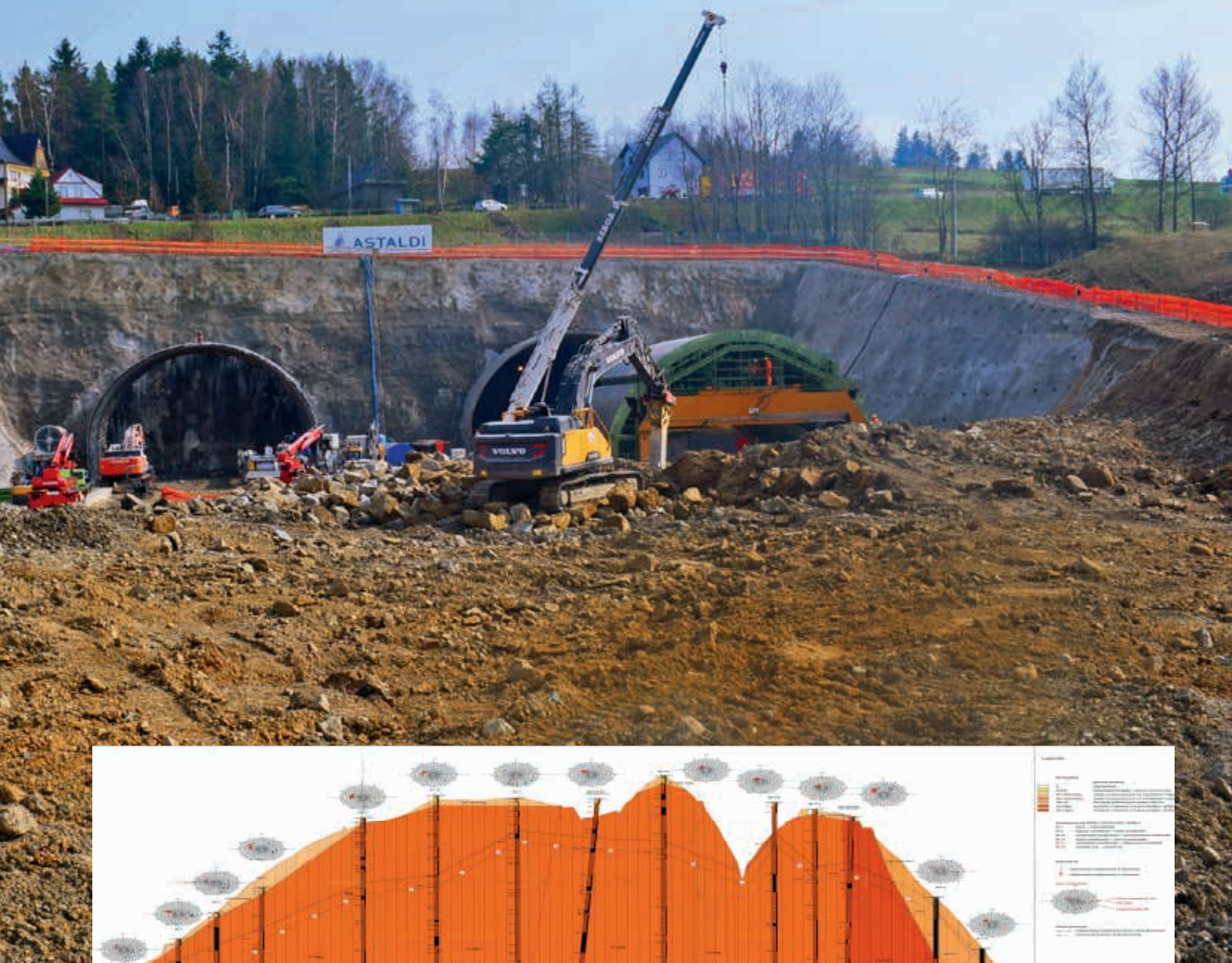


Opis metody budowy tunelu

Wykonawca do realizacji tunelu wybrał metodę nazywaną ADECO-RS (skrót od ang. *Analysis of Controlled Deformations in Rocks and Soils*, analiza kontrolowanych odkształceń w skałach i gruncie). Metoda ta została rozwinięta w latach 80. XX w. przez prof. Pietro Lunardiego. Jest efektem wieloletnich studiów oraz dogłębnych analiz w zakresie reakcji naprężeń i odkształ-



Typowy przekrój dla tunelu Mały Luboń, oprac. Astaldi i S.G.S. (Studio Geotecnico Strutturale)

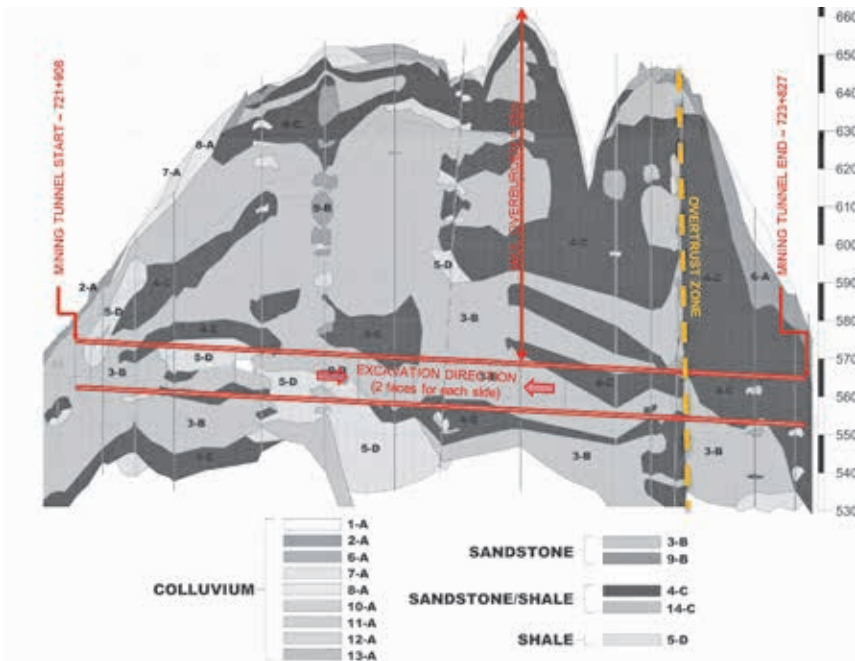


Przekrój geologiczno-inżynierski z dokumentacji przetargowej GDDKiA

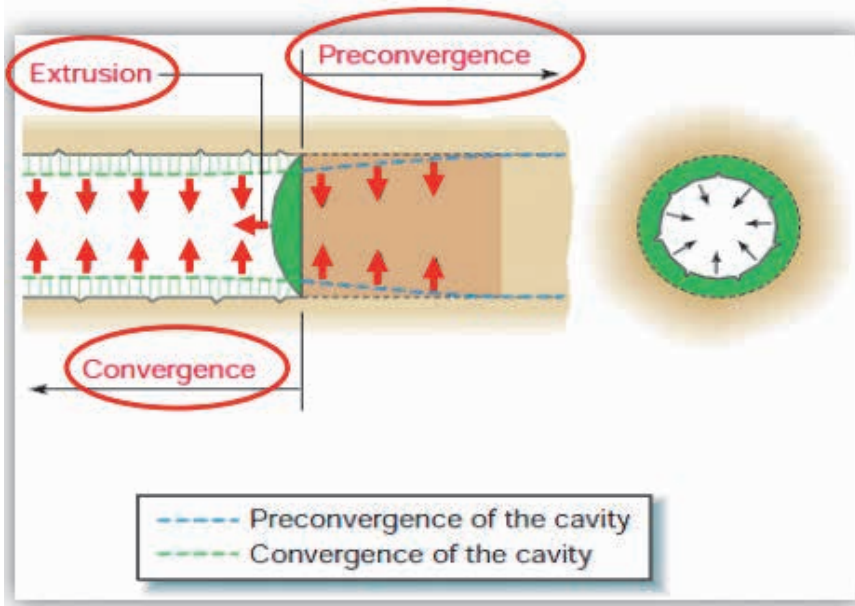
ceń przodka podczas budowy ponad 1000 km różnych tuneli w 9000 różnych warunkach geotechnicznych i geologicznych przodka. W metodzie tej podstawą jest analiza odkształcenia (odpowiedzi deformacyjnej) przodka, który ma być drażony. Jest to też najważniejszy parametr, jaki projektant musi wziąć pod uwagę.

Metoda ADECO-RS najpełniej rejestruje interakcję pomiędzy górotworem oraz wstępną i ostateczną obudową w zakresie relatywnej sztywności. Uwzględnia również czas redukcji parametrów gruntu (skały), począwszy od pierwotnej konfiguracji.

Wybrana metoda jest inżynierskim (nieeksperymentalnym) podejściem do projektowania tunelu. Jej innowacyjność polega na kontroli deformacji (głównie prekonwergencji oraz ekstruzji), tak aby zapewnić warunki równowagi oraz zminimalizować obciążenia oddziałujące na obudowę wstępną i ostateczną. W efekcie tych rozważań możliwe jest wykonanie tunelu w bezpieczniejszych warunkach, zminimalizowanie ryzyka przestoju w związku z nieprzewidzianymi warunkami geologicznymi, a później nieprzewidzianą reakcją naprężenie – odkształcenie podpór, usystematyzowanie procesu produkcyjnego i wreszcie – znaczące zredukowanie czasochłonności wykonania.



Przekrój geotechniczny dla tunelu Mały Luboń, oprac. Astaldi i S.G.S. (Studio Geotecnico Strutturale)



Schemat przedstawiający parametry brane pod uwagę przy analizie odpowiedzi deformacyjnej

Charakterystyczne etapy realizacji tunelu w zależności od warunków geotechnicznych:

a) dla korzystnych – flisz z dominacją piaskowców

Etap 1. Wiercenie wyprzedzające od czoła tunelu w celu załadunku materiału wybuchowego – lokalizacja tych odwiertów oraz ilość materiału wybuchowego, jak również sekwencja strzałowa muszą zostać zaprojektowane cykl po cyklu, w zależności od faktycznie zaobserwowanych warunków geologicznych.

Etap 2. Detonacja oraz usuwanie materiału za pomocą koparek.

Etap 3. Instalacja stalowych żeber, które są chwywane i unoszone przy użyciu szybkozłączka hydraulicznego zainstalowanego na koparce.

koparce.

Etap 5. Instalacja siatki stalowej oraz wykonanie torkretowania. Beton jest natryskiwany z poziomu platformy roboczej za pomocą sprzętu, który porusza się w kierunku lewo – prawo, góra – dół.

Etap 6. Drażenie obszaru sklepienia dolnego z użyciem młotów i (lub) koparek – odległość od czoła tunelu zasadniczo zależy od warunków geologicznych.

Etap 7. Instalacja powłoki hydroizolacji w obszarze sklepienia dolnego oraz ław.

Etap 8. Betonowanie obszarów docelowego sklepienia dolnego i dolnych ław, blok po bloku (odległość od czoła tunelu jest tym mniejsza, im gorsze są warunki geologiczne) w celu zamknięcia pierścienia.

Etap 4. Instalacja siatki stalowej oraz wykonanie torkretowania. Beton jest natryskiwany z poziomu platformy roboczej za pomocą sprzętu, który porusza się w kierunku lewo – prawo, góra – dół.

Etap 5. Promieniowe wiercenie oraz instalacja kotew w celu zespojenia nieciągłości górotworu.

Etap 6. Drażenie sklepienia dolnego z użyciem młotów lub materiałów wybuchowych – odległość od czoła tunelu zasadniczo zależy od warunków geologicznych.

Etap 7. Instalacja powłoki hydroizolacji w obszarze ław oraz sklepienia dolnego.

Etap 8. Betonowanie obszarów docelowego sklepienia dolnego i dolnych ław segment po segmencie (odległość od czoła tunelu jest tym mniejsza, im gorsze są warunki geologiczne) w celu zamknięcia pierścienia.

Etap 9. Instalacja powłoki hydroizolacji w obszarze korony tunelu, począwszy od obszaru ław sklepienia dolnego, przy użyciu specjalnych stalowych struktur – szkieletów ruchomych.

Etap 10. Wykonanie obudowy ostatecznej ze zbrojonego betonu w obszarze korony tunelu z użyciem samonośnego, samoregulującego oraz samobieżnego szalunku.

b) niekorzystnych – flisz z dominacją łupków

Etap 1. Uprzednie nawiercenie w konturze czoła tunelu w celu wykonania zabezpieczenia łukowego w postaci obudowy wbijanej wyprzedzająco.

Etap 2. Uprzednie wiercenie od czoła tunelu w celu wykonania rur z włókna szklanego, zmierzające do podniesienia parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych górotworu.

Etap 3. Drażenie mechaniczne krok po kroku z użyciem młotów i (lub) koparek.

Etap 4. Instalacja stalowych żeber, które są chwywane i unoszone przy użyciu szybkozłączka hydraulicznego zainstalowanego na



Etap 9. Instalacja powłoki hydroizolacji w obszarze korony tunelu, począwszy od obszaru dolnych ław, przy użyciu specjalnych stalowych struktur – szkieletów ruchomych.

Etap 10. Wykonanie obudowy ostatecznej ze zbrojonego betonu w obszarze korony tunelu z użyciem samonośnego, samoregulującego oraz samobieżnego szalunku.

Literatura

- [1] *Raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko wykonany w ramach ponownej oceny.* Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH, Berlin, Inwest-Eko Sp. j. Zakład Ochrony Środowiska, Kielce, grudzień 2013.
- [2] *Podejście metodologiczne do analizy i projektowania tunelu S7 Mały Luboń. Technologia drążenia.* Astaldi S.p.A. (inż. Felice Schiavone). Zakopane, styczeń 2017.
- [3] *Projekt warsztatowy. Tunel główny – raport geotechniczny i obliczenia dla fazy drążenia.* Astaldi S.p.A., S.G.S., styczeń 2017.
- [4] *Droga krajowa S7, odcinek Lubień – Rabka-Zdrój, tunel Mały Luboń km 721 + 849–km 723 + 849. Dokumentacja warunków geologiczno-inżynierskich sporządzona w związku z projektowaniem drogi ekspresowej S7 na odcinku Lubień – Rabka-Zdrój oraz drogi krajowej nr 47 na odcinku Rabka-Zdrój – Chabówka, tunel pod Luboniem Małym – zalecenia dotyczące techniki budowy tunelu.* Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH, grudzień 2009.
- [5] *Droga krajowa S7, odcinek Lubień – Rabka-Zdrój, tunel Mały Luboń km 721 + 849–km 723 + 849. Dokumentacja hydrogeologiczna i tła geochemicznego.* Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH, grudzień 2009.

