

Tunele kluczowym elementem zrównoważonych sieci transportowych



tekst: **MARIA CIUPIŃSKA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

Partnerzy raportu:



Polska gospodarka jest jedną z najszybciej rozwijających się w Europie. Niesie to za sobą wzrost liczby miejsc pracy, a więc i poprawę poziomu życia przeciętnego Polaka, czego konsekwencją jest znaczne zwiększenie nie tylko zajętej przestrzeni naziemnej, przeznaczanej pod budowę nowych przestrzeni komercyjnych i mieszkalnych, ale również przyrost liczby pojazdów na drogach. Z tego względu w polskiej infrastrukturze drogowej i kolejowej coraz częściej korzysta się z możliwości, jakie daje budownictwo podziemne. Inwestycje tunelowe to nie tylko przedsięwzięcia zwiększające przepustowość ruchu, lecz także dbałość o ekologię dzięki mniejszej ingerencji w środowisko naturalne.

Dlaczego warto budować obiekty tunelowe?

Główną i niezaprzeczalną zaletą sprowadzenia ruchu komunikacyjnego pod ziemię jest zwiększenie jego przepustowości i skrócenie czasu podróży. Chociaż rzeźba terenu w obrębie naszego kraju nie jest bardzo urozmaicona, to liczna sieć rzek, jezior, terenów zielonych objętych ochroną powoduje, że czasami poprowadzenie szlaku drogowego na powierzchni terenu jest skomplikowane. Budowa tuneli potrafi znacząco skrócić odległość pomiędzy punktem A i B. Warto na inwestycje w tunele spojrzeć także pod kątem bezpieczeństwa jazdy.

Tego typu budowle eliminują niebezpieczne zakręty, strome odcinki, a także zjazdy. W tunelach nie istnieje zagrożenie związane z opadami atmosferycznymi i dużymi różnicami temperatur, dzięki czemu warunki jazdy są w miarę stabilne. Budowa tuneli wpływa korzystnie na rozwój rolnictwa i utrzymanie bioróżnorodności środowiska, gdyż roboty budowlane mają w tym wypadku zdecydowanie mniejszy wpływ na powierzchnię. Z punktu widzenia ochrony środowiska istotny jest też fakt, że w obecnych czasach w tunelach wykorzystuje się energooszczędne technologie, jak oświetlenie LED i wydajne systemy wentylacji. Jeśli spojrzeć szerszej na problem ochrony środowiska, to trzeba zauważyć, że skrócenie drogi podróży eliminuje emisję spalin do atmosfery. Usprawnienie połączeń komunikacyjnych to także rozwój poszczególnych regionów kraju zarówno pod kątem gospodarczym, jak i turystycznym (tunele bywają atrakcją samą w sobie). Podsumowując, w dobie dynamicznego rozwoju gospodarczego tunele są kluczowym elementem zrównoważonego projektowania sieci transportowych.

Tunele drogowe w Polsce

Dynamicznie rosnąca liczba budowanych i planowanych tuneli w Polsce ma związek z rozbudową sieci autostrad i dróg szybkiego ruchu. Chociaż najwięcej tego typu inwestycji można znaleźć na południu kraju z racji bardziej urozmaiconej i górzystej rzeźby terenu, to najgłośniejsza inwestycja tunelowa ostatnich lat została zrealizowana w Zachodniopomorskiem – to tunel pod Świną. Intensywne prace trwają w Małopolsce, na Górnym i Dolnym Śląsku. W planach na najbliższe lata jest realizacja ogromnych inwestycji tunelowych m.in. w Policach w Warszawie.

Tunel pod Świną, Świnoujście

To gigantyczne przedsięwzięcie jest jedną z najważniejszych, strategicznych inwestycji ostatnich lat. Umożliwiła swobodną komunikację pomiędzy wyspą Wolin a resztą kraju, z pominięciem przeprawy promowej, która zwłaszcza w sezonie letnim, przy zwiększonej liczbie turystów, była bardzo uciążliwa. Z punktu widzenia mieszkańców istotne było połączenie części mieszkalnej i turystycznej (lewobrzeżnej) z przemysłową (prawobrzeżnej). Do tej pory przeprawa promowa trwała od 40 minut do 3 godzin w sezonie letnim. Nie była możliwa budowa mostu ze względu na bardzo aktywny szlak morski prowadzący przez Świnę.

Z punktu widzenia inżynierijnego warto zwrócić uwagę na warunki geologiczne, w jakich realizowana była inwestycja: oprócz piasków gliniastych, rzecznych i namułów jeziornych i morskich natrafiono na osady mezozoiczne z okresu kredy. Pomimo występowania dużej różnorodności gruntów warunki geotechniczne uznano za korzystne.

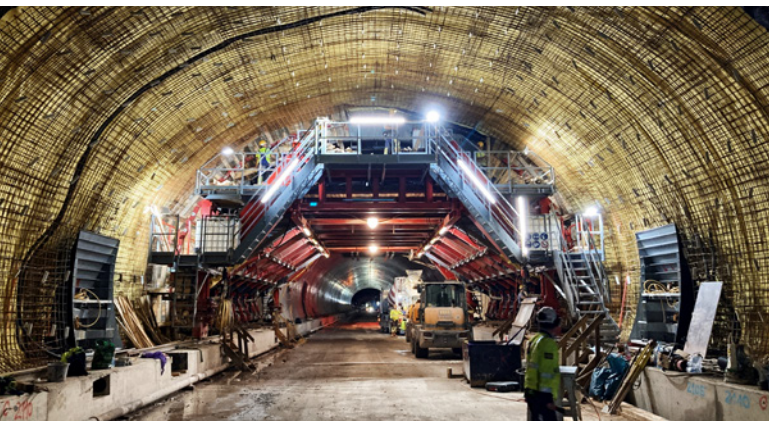
Tunel wykonano w dwóch technologiach. Główną część wydrążono maszyną TBM, a części obejmujące dojazd do tunelu metodą odkrywkową w ścianach szczelinowych. Ciekawostką technologiczną jest fakt, że fragment został wzmocniony włóknem szklanym zamiast klasycznego zbrojenia. Zabieg ten w znaczący sposób ułatwił tarczy TBM przebicie się, nie narażając jej na zniszczenie.

Budowa tunelu zapewniła ciągłość pomiędzy DK3 (E65) a DK93, łączącą się z niemiecką drogą federalną 110. Całkowity koszt inwestycji zamknął się w kwocie ok. 950 mln zł, z czego

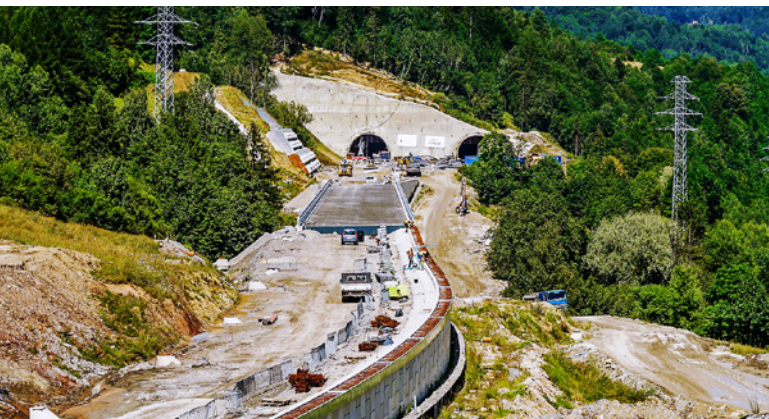




Tunel pod Świną, Świnoujście, fot. Gmina Miejska Świnoujście



Tunel TS-26, Sady Górne – Nowe Bogaczowice, fot. GDDKiA



Tunel w masywie Białoząńskiego Gronia, fot. GDDKiA



Tunel w Zielonkach, Północna Obwodnica Krakowa, fot. GDDKiA

775,6 mln zł (85%) pochodziło z funduszy UE. Długość tunelu pod Świną wynosi ok. 1440 m, natomiast cały odcinek łączący wyspy Uznam i Wolin 3400 m. Uroczyste otwarcie tunelu nastąpiło 30 czerwca 2023 r.

Tunel TS-26, Sady Górne – Nowe Bogaczowice

Ta inwestycja zlokalizowana na Dolnym Śląsku to jak dotychczas najdłuższy dwunawowy tunel w Polsce. Powstał na szlaku drogi ekspresowej S3. Nawy nieznacznie różnią się od siebie długością: lewa (wschodnia) liczy 2301,88 m, natomiast prawa (zachodnia) 2272,2 m. Dłuższa z nich została wykonana nową austriacką metodą górniczą (NATM). O wyborze tej metody przesądziła budowa górotworu. Metoda ta jest wykorzystywana w sytuacjach, kiedy górotwór może pełnić funkcję nośną konstrukcji. Cechą charakterystyczną NATM jest możliwość niemal dowolnego kształtowania przekroju poprzecznego tunelu. Cała inwestycja (16,1 km odcinka drogi Bolków – Kamienna Góra) jest bardzo ciekawa z punktu widzenia rozwiązań inżynierskich. Nieopodal omawianego tunelu powstaje jeszcze jeden, tym razem 320-metrowy, w miejscowości Gostkowice. Został wykonany metodą cut and cover, polegającą na wykonaniu wykopu, a następnie formowaniu w nim konstrukcji. W ramach inwestycji zbudowano m.in. 700-metrową, imponującą estakadę. Wartość inwestycji wynosi prawie 1,5 mld zł. Planowane oddanie do użytku powinno nastąpić w lecie 2024 r.

Tunel w masywie Białoząńskiego Gronia

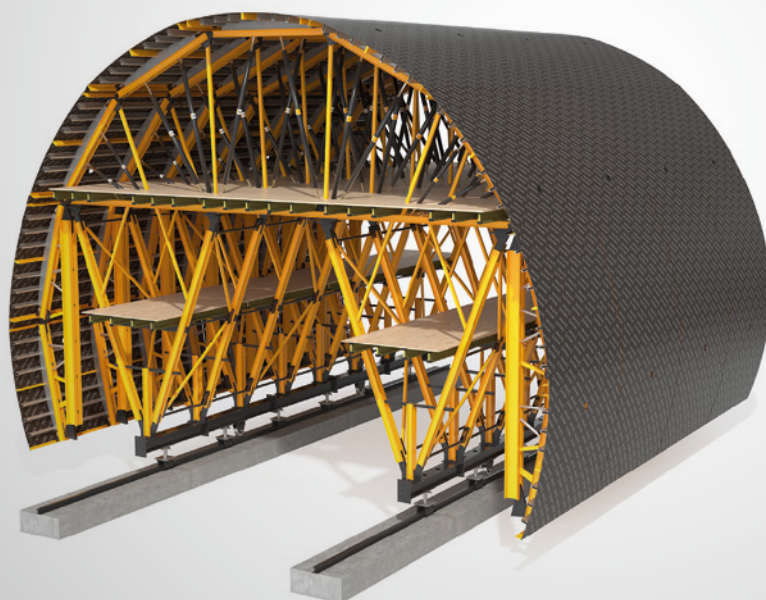
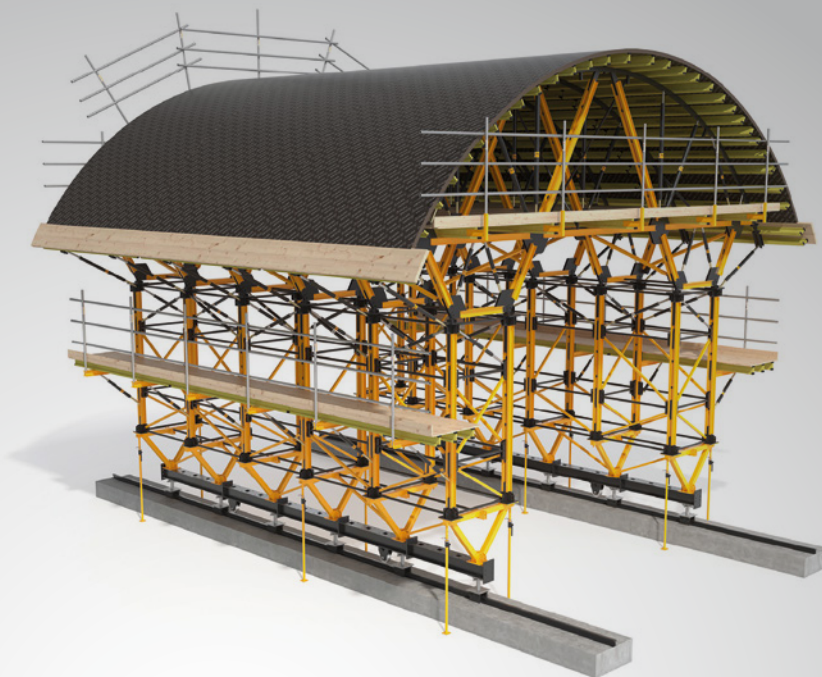
Tunel budowany jest w ciągu drogi ekspresowej S1, mającej strategiczne znaczenie dla Śląska i innych regionów Polski, których mieszkańcy chcą korzystać z szybkiego połączenia drogowego ze Słowacją. Jego lokalizacja obejmuje odcinek pomiędzy węzłami Przybędza i Milówka o łącznej długości 8,53 km. Na tym odcinku zrealizowana będzie jeszcze estakada i kilka mostów. Prace budowlane rozpoczęto w 2020 r., jednak musiały one zostać nagle przerwane po zawaleniu się stropu skalnego, co miało miejsce po wydrążeniu zaledwie 110 m. We wrześniu 2023 r. zakończyło się drążenie wszystkich tuneli. W skład inwestycji wchodzi dwa tunele, wydrążone w pewnej odległości od siebie (każdy dla osobnej nitki trasy). Podobnie jak w przypadku tunelu w Sadach Górnych, tutaj również posłużono się nową metodą austriacką, która polega na wykorzystaniu istniejącego górotworu jako warstwy nośnej, a także istniejącego w nim rozkładu naprężeń, korzystnie wpływających na stateczność konstrukcji. Tunel pod masywem Białoząńskiego Gronia ma długość ok. 1 km, natomiast drugi, drążony w ramach tego samego przedsięwzięcia w masywie Baraniej Góry 834 m. Inwestycja na trasie Pyrzowice – Zwardoń jest częścią VI korytarza transeuropejskiej sieci transportowej (TEN-T), której zadaniem jest połączyć kraje basenu Morza Bałtyckiego i Morza Północnego z krajami Europy Południowej. Oddanie inwestycji do użytku zaplanowane jest na 2025 r. Jej wartość to 1,4 mld zł.

Tunel w Zielonkach, Północna Obwodnica Krakowa

Realizacja fragmentu Modlnica – Mistrzejowice w ramach Północnej Obwodnicy Krakowa w ciągu przyszłej drogi ekspresowej S52 to inwestycja bardzo długo wyczekiwana przez mieszkańców stolicy Małopolski. Łączna długość nowo budowanej drogi z trzema pasami w każdym kierunku to 12,3 km. Na długości 1,1 km powstaną dwa tunele: pierwszy w Zielonkach (653 m), drugi w Batowicach (496 m). Obydwa są wykonywane

KOMPLEKSOWE ROZWIĄZANIA DO BUDOWY TUNELI

WÓZEK MK
do tuneli wykonywanych
metodą odkrywkową

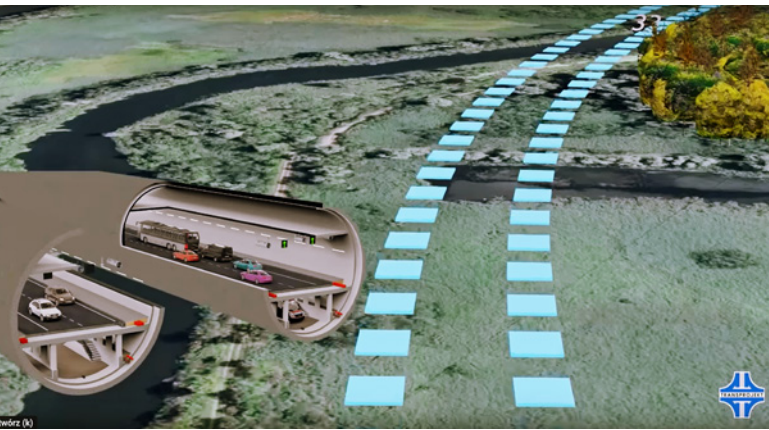


WÓZEK MK
do budowy tuneli
metodą górniczą



Deskowania | Rusztowania | Systemy zabezpieczeń
www.ulmaconstruction.pl

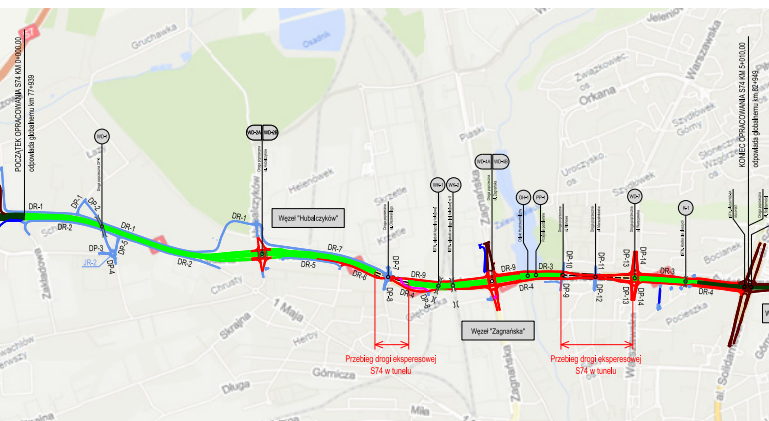




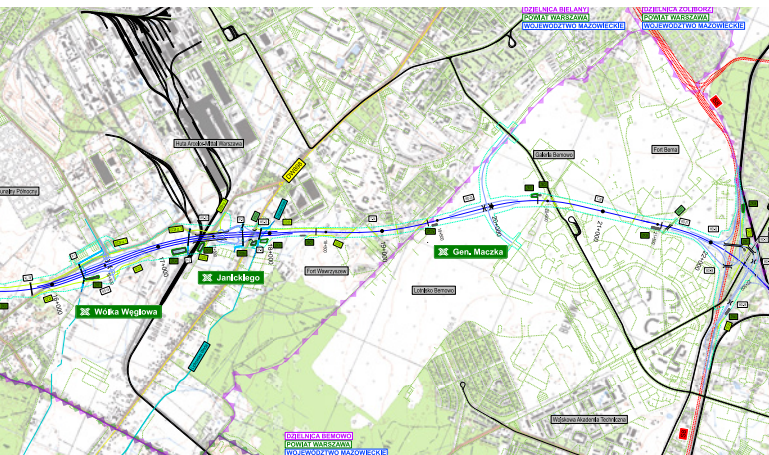
Tunel w Policach, droga S6, wizualizacja Transprojekt Gdański / GDDKiA



Tunel w Lutczy, droga S19, fot. GDDKiA



Tunele w Kielcach, droga S74, fot. GDDKiA



Tunele w Warszawie, droga S7, fot. GDDKiA

metodą odkrywkową, co wymagało zastosowania specjalnych kurtyn chroniących przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi, tak aby możliwa była również praca w zimie, a co za tym idzie – szybsze ukończenie inwestycji. Łącznie na całej trasie powstanie 27 obiektów inżynierskich, 25 km dróg dojazdowych do obwodnicy, dwa tunele oraz 4 km murów oporowych. Zakończenie inwestycji i oddanie do użytku planowane jest na wrzesień 2024 r. Całkowity koszt inwestycji szacowany jest na ok. 1,9 mld zł, z czego 680 mln zł pochodzi ze środków UE.

Planowane tunele drogowe w Polsce

Chociaż liczba już zbudowanych i obecnie realizowanych inwestycji tunelowych w Polsce jest pokaźna, w planach jest jeszcze kilka znaczących obiektów. Niektóre z nich są postrzegane jako konieczność już od wielu lat, jednak technologia i potencjał wykonawczy dopiero teraz umożliwiają ich realizację jako ekonomicznie uzasadnionych i bezpiecznych dla mieszkańców i środowiska. Poniżej prezentujemy najważniejsze plany na następne lata.

Tunel w Policach, droga S6

Tunel będzie częścią zachodniej obwodnicy Szczecina. Potrzeba rozbudowy obwodnicy wraz z przyległą infrastrukturą drogową podyktowana została koniecznością uzyskania łatwego dostępu do miejscowości na wschód od Szczecina, a także do Zakładów Chemicznych Police z Grupy Azoty. Odcinek obwodnicy o długości 23,4 km ma przebiegać na trasie Goleniów – Police, a jej fragment będzie znajdować się w tunelu pod Odrą. Dzisiaj, aby pokonać drogę Goleniów – Police, trzeba przejechać 58 km, po zbudowaniu tunelu dystans ten skróci się do 23 km. Długość tunelu wyniesie 5 km i będzie to najdłuższy podwodny obiekt tunelowy w Polsce. Drażnienie odbędzie się na głębokości 8–10 m pod dnem rzeki przy użyciu maszyny TBM, natomiast wjazd i wyjazd, podobnie jak w przypadku tunelu w Świnoujściu, zostanie wykonany w technologii ścian szczelinowych.

Tunel w Lutczy, droga S19

Tunel na trasie Domaradz – Lutcza będzie mieć ok. 1 km długości. Jego trasa będzie przebiegać w skrajnie trudnych warunkach geologicznych (flisz karpacki). Droga S19 ma mieć przekrój dwujezdniowy (po dwa pasy ruchu w każdym kierunku), a sam tunel pod górą Hyb będzie dwunawowy. Trasa S19 jest składową drogi Via Carpatia, będącej kluczowym szlakiem na południe Europy. Przez Polskę przebiega ok. 700 km tej trasy.

Tunele w Kielcach, droga S74

To inwestycja wyczekiwana przez kielczan od wielu lat. Chociaż temat przebudowy tej trasy jest kontrowersyjny, to w znaczący sposób skróci ona czas transportu ze wschodu miasta na zachód. Całkowita długość inwestycji to 5 km, a na jej trasie mają znaleźć się dwa tunele. Budowa tunelu była inicjatywą mieszkańców, gdyż pozwala ograniczyć ewentualne zniszczenia tkanki miejskiej znajdującej się na tym obszarze. Długość tuneli to 500 i 300 m. Inwestycja ma ruszyć w drugiej połowie 2024 r.

Tunele w Warszawie, droga S7

Droga S7 pomiędzy Kiełpinem i Trasą Armii Krajowej w Warszawie będzie miała po trzy pasy ruchu w każdym kierunku, a w niektórych miejscach nawet cztery. Przez mocno

Sprawdzony, godny zaufania partner dla specjalistów i budowniczych tuneli na całym świecie

Twój niezawodny partner

Nasz zgrany i kompetentny zespół specjalistów jest zawsze do Waszej dyspozycji by drążenie tuneli przebiegało wydajnie i bezpiecznie dzięki produktom najwyższej jakości takim jak:

- **AT – Pipe Umbrella - System obudowy wstępnej, wyprzedzającej rurowej**

Systemy obudowy wstępnej, wyprzedzającej stosowane w słabych warunkach gruntowych i skalnych przy drążeniu tuneli zarówno w sposób zmechanizowany jak i klasyczny (z wykorzystaniem środków strzałowych). Rury o dużej długości instalowane wyprzedzająco w przodkach wyrobisk znakomicie zwiększają ich stateczność a przez to postęp i bezpieczeństwo robót.

- **DSI Hollow Bar System - System kotew samowiercących iniekcyjnych**

Trudne warunki gruntowe oraz spękany górotwór wywołujący niestabilność ścian wierconego otworu nie stanowią żadnej przeszkody dla stosowania systemu DSI Hollow Bar. Dodatkowo kotwy samowiercące iniekcyjne mogą być stosowane jako wstępne zabezpieczenie stropu w wyrobiskach podziemnych lub lanca w robotach iniekcyjnych.

- **Kotwy cierne rozprężne OMEGA-BOLT®**

Łatwy i prosty sposób instalacji kotew ciernych rozprężnych OMEGA-BOLT® pozwala bezproblemowo uzyskać natychmiastową pełną obciążalność na całej długości zainstalowanej kotwy przy ich małej wrażliwości na drgania powodowane przez roboty strzałowe. Kotwy OMEGA-BOLT® mają zdolność utrzymywania nośności nawet w przypadku znacznej ich deformacji.

- **Chemia iniekcyjna**

Bez względu na to, czy chcesz wzmocnić masyw skalny, czy gruntowy, czy też uszczelnić pęknięcia albo chronić wyrobisko przed napływem wody: zaoferujemy odpowiedni system iniekcyjny.



Tunel średnicowy – widok na budowę komory Stolarska, fot. PKP PLK S.A.



Tunel średnicowy – widok na budowę stacji Łódź Koziny, fot. PKP PLK S.A.



Tunel średnicowy – widok na budowę tuneli w kierunku stacji Łódź Kaliska, fot. PKP PLK S.A.



Tunel średnicowy – widok na prace na ul. Skarpowej, fot. PKP PLK S.A.

zurbanizowane tereny Warszawy (Bemowo i Bielany) droga przejdzie dwoma tunelami. Trasa o długości ok. 12,9 km w początkowej części przebiegać będzie po istniejącym śladzie ul. Kolejowej w Dziekanowie Leśnym. Następnie za węzłem Łomianki w kierunku Kanału Młocińskiego zaprojektowana będzie na nasypie. Dalej będzie biegła wschodnim obrzeżem Kampinoskiego Parku Narodowego, aż do węzła Warszawa Wólka Węglowa. Następnie za ul. Arkuszową w Warszawie planowana trasa zejdzie do tuneli – pierwszego o długości ok. 1000 m i drugiego o długości ok. 1100 m. Po wyjściu z tuneli wzniesie się ponad teren nad drogą ekspresową S8. Pomiedzy tunelami przewidziano węzeł Warszawa Chomiczówka, a na przecięciu dróg ekspresowych S8 i S7 zaplanowano węzeł Warszawa Północ.

Tunele kolejowe w Polsce

Najwięcej tuneli kolejowych w Polsce znajduje się na Dolnym Śląsku, gdzie na stałe wpisały się w krajobraz konstrukcje realizowane na przełomie XIX i XX w. Takie rozwiązania narzucił szybki rozwój niemieckich kolei, a także nieregularna rzeźba terenu. W czasach współczesnych tunele kolejowe są realizowane głównie w dużych miastach, jak np. tunel Krakowskiego Szybkiego Tramwaju, oddany do użytku w 2008 r., czy ogromna inwestycja tunelowa na Lotnisku Chopina w Warszawie, zakończona w 2012 r. Obecnie jedynym przedsięwzięciem na terenie naszego kraju tego typu jest budowa tunelu średnicowego w Łodzi.

Tunel średnicowy w Łodzi

Na tę inwestycję Łódź czeka już od wielu lat. Wystarczy powiedzieć, że prace koncepcyjne nad projektem rozpoczęły się już w 2009 r. Główny cel tego przedsięwzięcia, realizowanego w ramach usprawnienia łódzkiego węzła kolejowego, to budowa linii kolejowej łączącej stacje Łódź Fabryczna, Łódź Żabieniec i Łódź Kaliska. Dzięki tej inwestycji stacja Łódź Fabryczna stanie się stacją przelotową i umożliwi przejazd pociągów w kierunkach wschód – zachód i północ – południe.

Całkowita długość inwestycji wynosi ok. 7,5 km, a jej głębokość blisko 17 m. Ze względu na gęstą i starą zabudowę Łodzi jest to inwestycja, przed którą stało wiele wyzwań, tym bardziej że linia przebiega pod osiedlami mieszkalnymi. Sam proces budowy to nie tylko drążenie tunelu, ale także zabezpieczenie istniejących budynków przed osuwaniem się gruntu i idącymi z nim w parze zagrożeniami utraty stateczności. Wzmacnianie budynków polega na iniektowaniu spoiwa cementowego w grunt w celu ustabilizowania go. Wykonanie tego zadania wymagało od wykonawcy wybudowania specjalnych, okrągłych szachtów w ściśle określonych miejscach, są to okrągłe budowle o średnicy ok. 13 m i głębokości 7–9 m. Na całej trasie inwestycji niezbędne jest wykonanie aż kilkunastu takich konstrukcji.

Sam tunel drążony jest przy użyciu dwóch tarcz TBM – dużej Katarzyny i małej Faustyny. Komory startowe umożliwiające rozpoczęcie pracy przez maszyny zostały wykonane w technologii ścian szczelinowych. Pod koniec 2023 r. mniejsza z tarcz skończyła drążenie dwóch z czterech mniejszych tuneli jednotorowych, realizowane są również prace polegające na budowie podziemnych stacji Łódź Śródmieście, Łódź Polesie i Łódź Koziny. Według planów zakończenie prac budowlanych nastąpi w 2024 r., natomiast pierwsze pociągi pojadą nową trasą najprawdopodobniej w 2025 r.



Linie metra w Warszawie oraz widok na budowę i lokalizację stacji C1 Karolin, realizowanej w ramach budowy II linii metra, fot. Metro Warszawskie Sp. z o.o.



Metro w Polsce – szanse, plany, realizacje

Warszawa jest jedynym miastem w Polsce, które doczekało się podziemnego systemu transportu zbiorowego. Metro warszawskie liczy obecnie dwie linie: w całości ukończoną i najstarszą linię M1, łączącą północ i południe, a także M2 na kierunku wschód – zachód, obecnie rozbudowywaną. Stan na styczeń 2024 r. to 18 istniejących stacji i trzy w budowie: Karolin, Chrzanów i Lazurówka, wszystkie zlokalizowane w zachodniej części miasta. Rozbudowa drugiej linii postępuje bardzo dynamicznie, jej centralny odcinek otworzono w 2015 r., liczył on wówczas siedem stacji. W 2023 r. miasto Warszawa ogłosiło plany rozbudowy sieci metra do 2050 r. Obejmują one dalsze przedłużanie linii M2 na zachód i wschód, budowę nowych stacji na trasie M1 (Muranów i Plac Konstytucji), a docelowo ma powstać aż pięć nowych linii metra. Chociaż budowa metra jest bardzo droga, to jest to najefektywniejszy środek transportu w tak dużym i gęsto zaludnionym mieście jak Warszawa.

Wśród innych miast w Polsce najbliższe wybudowania własnej sieci metra jest Kraków. Wieloletnie dyskusje na ten temat sprawiły, że za najlepsze rozwiązanie uznano premetro. To nic innego jak infrastruktura umożliwiająca przejazd zarówno tramwajom, jak i wagonom metra. Zazwyczaj powstaje przed wybudowaniem właściwej infrastruktury przeznaczonej dla metra. Ideą premetro jest budowa bezkolizyjnych tras na całej długości lub ich części, a także dostosowanie budowli inżynierskich (np. estakad i tuneli) do ewentualnego przyszłego powstania pełnego metra. W 2023 r. doszło do przyjęcia konkretnych ustaleń, które zakładają budowę infrastruktury w latach 2029–2033. Obecnie wciąż toczą się konsultacje społeczne na temat przebiegu linii premetro.

Ze względu na duży koszt inwestycji (prawie 4,5 mld zł) premetro krakowskie planuje się podzielić na trzy etapy. Pierwszy

z nich będzie częściowo poprowadzony po śladzie istniejącej linii tramwajowej w ciągu al. Andersa i ul. Broniewskiego. Długość trasy to 9,2 km, z czego tunel ma znajdować się na długości 5,3 km, estakada obejmować ma 1,9 km trasy, a odcinek położony bezpośrednio na gruncie 2 km.

Współczesne trendy w budownictwie tunelowym

Obecnie celem wszystkich znaczących firm budowlanych jest ograniczenie emisji CO₂ do atmosfery. Branża budowlana odpowiada za blisko 40% emisji tego gazu, dlatego do 2050 r. planuje się dekarbonizację budownictwa. To główny trend, który definiuje współczesne budownictwo, również podziemne. Warto zaznaczyć, że tunele same w sobie sprzyjają ekologii, ponieważ, skrząc czas przejazdu, eliminują emisję spalin przez samochody, a stosowane w nich oświetlenie LED ogranicza zużycie energii, z kolei sama konstrukcja nie narusza naziemnych obszarów o szczególnych walorach przyrodniczych.

W przypadku konstrukcji tuneli stale wprowadzane są innowacyjne rozwiązania technologiczne, np. w budowie wspomnianego wyżej tunelu S3 na trasie Kamienna Góra – Bolków w celu usztywnienia górotworu, niezbędnego w przypadku wykorzystywania metody NATM, wykorzystano beton natryskowy wzmocniony włóknami, a do jego szybszego stwardnienia używano specjalnie zaprojektowanego akceleratora wiązania. W tunelu w Węgierskiej Górze spotkano się natomiast z koniecznością zabezpieczenia górotworu przed zawałem. Z pomocą przyszły piany polimocznikowo-krzemianowe, które skutecznie wypełniły szczeliny w istniejącym górotworze. Nowoczesne rozwiązania są stosowane także w przypadku segmentów betonowych, szeroko wykorzystywanych podczas tunelowania metodą TBM. Warto odnotowania są zabezpieczenia przeciwpożarowe zastosowane



Brenner Base Tunnel, fot. Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE



Brenner Base Tunnel, fot. Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE

w segmentach mikrowłókien, które zmieniają stan skupienia na płynny pod wpływem wysokiej temperatury, co pozwala na swobodne rozprężanie się betonu podczas działania pary wodnej i dymu. Takie rozwiązanie spotkać można w tunelu II linii metra w Warszawie oraz w tunelu drogowym w Świnoujściu.

Warto też wspomnieć o zupełnie innowacyjnym podejściu, które zaproponowała amerykańska firma EarthGrid. Mowa o robocie, który będzie drążyć tunele przy użyciu plazmy zamiast klasycznych metod wiertniczych. Szacuje się, że dzięki temu wynalazkowi będzie można wydrążyć ok. 1 km tunelu dziennie, co jest niespotykaną jak dotąd wydajnością. Dzięki temu koszty budowy mogą zostać znacznie zredukowane. Chociaż firma deklaruje pracę na rzecz amerykańskiej infrastruktury, to próba opracowania i wdrożenia tak odważnych pomysłów pokazuje, jak istotnymi problemami są obecnie wysoki koszt i długi czas trwania budowy tuneli.

Ciekawe obiekty tunelowe na świecie

Dynamiczny rozwój gospodarczy wpływa na szybszy rozwój infrastruktury drogowej i kolejowej nie tylko w Polsce, ale i na całym świecie. Ponadto wiążą się z tym ekologiczne aspekty. Tendencja do ograniczania lotów krajowych (samoloty generują ponad 1 mld t CO₂) niesie za sobą konieczność usprawnienia lądowych środków transportu. Technologie, które z roku na rok są coraz wydajniejsze, umożliwiają realizację projektów, których konieczność powstania jest znana od dawna, ale dopiero teraz zyskują one ekonomiczne uzasadnienie. Poniżej zaprezentowano najistotniejsze inwestycje w Europie i na świecie.

Brenner Base Tunnel (BBT)

To inwestycja, na którą czekali w szczególności mieszkańcy Austrii i Włoch. Kolej dużych prędkości, która będzie poprowadzona w tunelu, połączy te dwa kraje, a jej szlak prowadzi przez masyw Alp. Jej początek będzie mieć miejsce w austriackim Innsbrucku, a swój koniec znajdzie we włoskim mieście Fortezza. Będzie to najdłuższy tunel kolejowy na świecie o długości 64 km. Najgłębszy punkt inwestycji będzie się znajdował 1700 m pod poziomem górnotworu. Tunel ten jest częścią korytarza europejskiej sieci transportowej (TEN-T) łączącej Skandynawię z krajami basenu Morza Śródziemnego.



Tunel Fehmarnbelt, fot. Femern A/S

Technologia wykorzystywana do budowy to cztery maszyny TBM i metoda konwencjonalna NATM.

Tunel Fehmarnbelt

Tunel wykonany w technologii zatapiania elementów prefabrykowanych połączy Danię i Niemcy. Proces inwestycyjny rozpoczął się od zbudowania fabryki, która będzie dostarczać prefabrykaty. Pojedynczy segment będzie liczył 217 m długości, 42 m szerokości i 9 m wysokości. Każdy taki segment zostanie zbudowany z dziewięciu elementów prefabrykowanych, których potrzebnych jest 711 na 89 segmentów. Powstaną również segmenty specjalne (10 sztuk) ze względu na specjalistyczną infrastrukturę wentylacyjną i oświetleniową. Pierwszy segment zostanie zatopiony w 2024 r., a do tego procesu zostanie wykorzystany statek produkowany w Polsce.

Tunel ten będzie mieć 18,2 km długości i znacznie skróci dotychczasową 160-kilometrową przeprawę kolejową przez Danię. Inwestycja ma służyć zarówno kolei, jak i samochodom, a przede wszystkim gospodarce. Szacuje się, że po otwarciu planowanym na 2029 r. dziennie trasę tę będzie przemierzać prawie 70 pociągów towarowych. Rozwój kolei ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia ekologii, gdyż jest to najczystsza forma transportu.

Tunel Rogfast

W Norwegii trwa budowa najdłuższego tunelu podwodnego przeznaczonego tylko dla samochodów. Tunel Rogfast, zlokalizowany pod fiordami na głębokości 400 m pod poziomem morza, będzie mieć ok. 27 km długości. Inwestycja będzie ogromnym ułatwieniem dla Norwegów, ponieważ zastąpi dwie przeprawy promowe, co znacząco skróci czas podróży. Konstrukcja tunelu to dwie równoległe nitki dla każdego kierunku jazdy. Wyzwaniem dla konstruktorów było zapewnienie bezpieczeństwa na tak dużych głębokościach. Ostatecznie zdecydowano się na zbudowanie co 250 m przejść awaryjnych łączących obie nitki, umożliwiając szybką i skuteczną ewakuację. Przewidziano także konieczność wentylacji tunelu ze spalin. Będzie się to odbywać za pomocą dwóch kanałów o średnicy 10,5 m. Jednym z nich będzie transportowane świeże powietrze, a za pomocą drugiego odprowadzane zanieczyszczone. Z punktu widzenia norweskiej gospodarki jest



Tunel Fehmarnbelt, fot. Femern A/S



Rozelle Interchange – ostatni etap projektu Westconnex, fot. WestConnex

to niezwykle istotny projekt, gdyż ponad 60% towarów jest transportowana właśnie zachodnim wybrzeżem, trasą, na śladzie której budowany jest tunel. Inwestycja ma zakończyć się w 2029 r.

Rozelle Interchange

Rozelle Interchange – podziemny węzeł autostradowy w Sydney – został otwarty w listopadzie 2023 r. Umożliwia zaoszczędzenie do 19 minut w drodze między dzielnicami Sydney: Parramatta i centralną dzielnicą biznesową. To jedno z najbardziej skomplikowanych podziemnych skrzyżowań na świecie. Składa się z trzech kondygnacji tuneli prowadzących ruch autostradowy, z najgłębszym tunelem położonym 65 m p.p.t. Charakterystyczną



Tunel Rogfast, wizualizacje Statens vegvesen / Norconsult

cechą projektu są trzy ogromne wentylatornie, które odprowadzają zanieczyszczone powietrze z tunelu. Wokół nich powstał park rekreacyjny, którego zadaniem jest zrekompensowanie utraty terenów zielonych zniszczonych podczas budowy całego kompleksu autostrad. Rozelle Interchange stanowi ostatni etap WestConnex, największego projektu drogowego w Australii.

Perspektywy rozwoju budownictwa tunelowego w Polsce i na świecie

Rozwój budownictwa tunelowego jest bardzo ściśle związany z rozwojem miast i koncepcją tzw. miast przyszłości. W związku z dynamicznym przyrostem ludności w dużych aglomeracjach i ograniczoną przestrzenią coraz więcej inwestycji powstaje pod ziemią. W Polsce budowa tuneli jest realizowana z myślą o wydajniejszym transporcie miejskim (metro, premetro, linie kolejowe podmiejskie i dalekobieżne), a także o rozwoju transportu zagranicznego (poprawa połączeń z międzynarodowymi sieciami drogowymi) i towarowego. Ponieważ to, co jeszcze kilka lat temu wydawało się niemożliwe, dzisiaj nie jest ograniczone przez technologię, można spodziewać się zwiększonej liczby inwestycji na południu Polski, w górzystym i trudnym terenie, na czym skorzysta gospodarka tamtych regionów, a także ich mieszkańcy. W szerszym ujęciu rozwój infrastruktury transportowej może przyczynić się do decentralizacji i równomiernego rozwoju gospodarczego. Ponieważ w naszym kraju rośnie świadomość ekologiczna i zdajemy sobie sprawę z konieczności zachowania bioróżnorodności, tunele mogą być budowane również w celu ograniczenia ingerencji w obszary o szczególnych walorach krajobrazowych i przyrodniczych.

Na świecie w związku z alarmującym stanem powietrza w wielu aglomeracjach budowanie tuneli dla ekologicznych środków transportu jak metro czy kolej jest atrakcyjnym, mimo że kosztownym, rozwiązaniem. Z kolei w tunelach podmorskich upatrywana jest przyszłość współpracy gospodarczej między krajami. Gigantyczny postęp technologiczny w zakresie pojazdów autonomicznych skłania do myślenia, czy to właśnie podziemne ciągi komunikacyjne nie staną się główną przestrzenią ich poruszania się. Niewątpliwie budownictwo tunelowe jest przyszłościową branżą zarówno z punktu widzenia firm budowlanych, jak i całej gospodarki.



Czytaj więcej