



Tunel na S2, Południowa Obwodnica Warszawy, fot. GDDKiA

# Rozwój budownictwa tunelowego w Polsce



tekst: **IGA CHYLICKA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

Partnerzy raportu:



Budownictwo tunelowe w Polsce rozwija się bardzo dynamicznie – powstają nowe inwestycje, a kolejne są w planach. Wpływa to na rozwój transportu kolejowego, drogowego oraz publicznego (tramwaj, metro, premetro). W naszym kraju historia budowy tuneli jest stosunkowo krótka, jednak w ostatnich latach zaległości względem innych krajów nadrabiane są w zaskakująco szybkim tempie.

Dotychczas w Polsce tunele były niechętnie stosowanym rozwiązaniem w przeciwieństwie do innych krajów, w których jest ich nieporównanie więcej. Jednym z powodów było przekonanie, że tunele są droższe i bardziej skomplikowane w budowie od

tradycyjnych dróg. Jednak ostatnie lata pokazują, że ten stereotyp znika, ustępując miejsca ciekawym, a nawet imponującym inwestycjom.

Obecnie w naszym kraju mamy 11,43 km tuneli drogowych zarządzanych przez

GDDKiA, które przekraczają 100 m. W budowie jest 16,41 km, a zaplanowanych – 10 km. Tuneli kolejowych zarządzanych przez PKP PLK jest 157,8 km. Tunele warszawskiego metra osiągają łączną długość 35,6 km, a kolejnych 5,9 km jest w budo-

wie. Powstają również ciekawe inwestycje tramwajowe, z których najdłuższe mają łącznie 2487,2 m.

## Ważniejsze tunele drogowe

### Tunel pod Ursynowem w Warszawie

Tunel drogi ekspresowej S2 w Warszawie, zwyczajowo nazywany tunelem pod Ursynowem, ma 2335 m. 20 grudnia 2021 r. tą trasą przejechały pierwsze samochody. Ten najdłuższy podziemny przejazd drogowy w Polsce ma po trzy pasy ruchu oraz pas awaryjny w obu kierunkach. Łączny koszt budowy trzech odcinków S2, stanowiących fragment POW, to ok. 4,6 mld zł, z czego blisko 1,7 mld zł stanowi dofinansowanie z Unii Europejskiej. Tunel pod Ursynowem jest jedną z najnowocześniejszych inwestycji w Polsce. Nad bezpieczeństwem czuwają tu 134 kamery, w ścianach znajduje się 28 nisz alarmowych. Miejsce przed wjazdem do tunelu może również pełnić funkcję lądowiska dla helikopterów. Obiekt zbudowany jest z trzech naw: wschodniej – prowadzącej w kierunku Skarpy Wilanowskiej, trasy mostu Południowego oraz dzielnicy Wawer, zachodniej – prowadzącej w stronę dzielnic Włochy i Bemowo, oraz środkowej – wentylacyjnej, znajdującej się pomiędzy tymi nawami. Do budowy zużyto 36 464 t stali oraz 409 826 m<sup>3</sup> betonu. Tunel został zrealizowany metodą odkrywkową, polegającą na wykonaniu wykopu zabezpieczonego przez odpowiednie konstrukcje wsporcze, czyli ściany szczelinowe oraz strop rozpierający. Wydobywanie ziemi z wnętrza tunelu odbywało się metodą podstropową (mediolańską).

### Tunel pod Martwą Wisłą w Gdańsku

Tunel pod Martwą Wisłą w Gdańsku, oficjalnie nazwany imieniem ks. abp. Tadeusza Gościńskiego, liczy 1377,5 m. Obiekt łączy ze sobą dwie trasy – Trasę Słowackiego i Trasę Sucharskiego. Kierowcy mogą nim jeździć od 24 kwietnia 2016 r. Umiejscowiony jest poniżej ujścia Kanału Kaszubskiego do Martwej Wisły. W najniższym miejscu przebiega 35 m pod rzeką. Składa się z dwóch korytarzy, a w każdym z nich znajdują się dwa pasy ruchu drogowego. W środku jest siedem przejść ewakuacyjnych, które łączą oba korytarze, a także dwa wyjścia ewakuacyjne w budynkach technicznych. Wyposażony jest w ponad 30 nowoczesnych systemów bezpieczeństwa, m.in. pożarowy, wentylacji, oświetlenia, przepompowni i wideo. Nad bezpieczeństwem czuwa 112 kamer.

W każdym korytarzu tunelu umieszczono 20 głośników, 200 rozdzielnic elektrycznych zasilająco-sterujących, 226 opraw oświetlenia przejazdowego o mocy 50 kW oraz 224 oprawy oświetlenia wyjazdowego o mocy 106 kW. O bezpieczeństwo w tunelu dba 18-osobowy zespół całodobowej obsługi monitoringu i obsługi technicznej. Całkowity koszt inwestycji wyniósł 1,450 mld zł, z czego 1,150 mld zł pochodziło z funduszy Unii Europejskiej. Tunel ma po dwa pasy ruchu w każdą stronę i jest to pierwsza podwodna przeprawa drogową, jaka powstała w Polsce.

### Tunel Wisłostrady w Warszawie

Tunel znajduje się na lewym brzegu Wisły, na Powiślu, i liczy 930 m (kierunek południowy) oraz 889 m (kierunek północny). Od 2003 r. do 2016 r. był najdłuższym tunelem w Polsce. Obiekt otwarto w sierpniu 2003 r. Zbudowany jest z dwóch korytarzy mających po trzy pasy ruchu w każdą stronę. Wyposażono go w systemy szybkiego oddymiania i wentylacji, a także specjalne urządzenia zapewniające łączność odpowiednim służbom podczas akcji ratowniczych. W każdym z tuneli mniej więcej w połowie znajduje się przystanek autobusowy. Budowa obiektu kosztowała 210 mln zł.

### Tunel Emilia w Lalikach

670-metrowy tunel w Lalikach jest obecnie najdłuższym pozamiejskim drogowym tunelem w Polsce. Oddano go do użytku w marcu 2010 r. jako fragment trasy przebiegającej przez Beskidy w ciągu drogi ekspresowej S1. Wydrążenie budowli metodą górniczą było skomplikowane, ponieważ zamiast twardych skał występuje tu głównie kruchy i sypki łupek. Robotnicy posuwali się codziennie o 2,5 m i wydobyli prawie 700 tys. m<sup>3</sup> urobku. Kierowcy do dyspozycji mają po jednym pasie w każdym z korytarzy. Dodatkowo wydrążono tunel ewakuacyjny, do którego wejścia znajdują się co 170 m. W tunelu zamontowano systemy monitorujące, których zadaniem jest zapewnienie bezpieczeństwa użytkownikom tunelu: urządzenia badające poziom spalin, kamery, systemy przeciwpożarowe i alarmowe, w tym nagłośnieniowe. Tunel do oddano do użytku 5 marca 2010 r. Jego budowa kosztowała 147 mln zł.

### Tunel Katowicki w Katowicach

Najdłuższy tunel w aglomeracji śląskiej liczy 657 m (nawa północna) i 650 m

(nawa południowa). Znajduje się w Katowicach, w ciągu drogi krajowej nr 79 będącej przedłużeniem Drogowej Trasy Średnicowej. W obu nawach szerokość jezdni ma 11 m, wysokość tunelu wynosi 6,4 m. Łącznie przebiega tędy sześć pasów ruchu drogowego. Bezpieczne poruszanie się zapewniają 34 kamery i system przeciwpożarowy. W tunelu znajduje się 510 lamp, a ich pracą steruje komputer. Katowicki tunel powstał metodą stropową. Przy jego budowie zastosowano technologię ścian szczelinowych. Wewnątrz są specjalne zabezpieczenia akustyczne. Został otwarty 9 grudnia 2006 r. Łącznie budowa katowickiego odcinka DTŚ, w tym tunelu, pochłonęła 755 mln zł.

### Tunel kolejowo-drogowy w Gdańsku

Tunel o długości 600 m wyposażony jest w systemy bezpieczeństwa i drogi ewakuacji. Jadąc nim, zauważyć można dwie strefy dostaw dla sklepów Forum Gdańsk. Pierwsza ma cztery, druga sześć doków rozładunkowych. Tunel został otwarty dla kierowców w 2018 r. Koszt całej inwestycji wraz z pasem ruchu drogowego wyniósł 120 mln zł i został sfinansowany przez inwestora kompleksu handlowo-usługowego, Forum Gdańsk.

### Tunel w ciągu trasy średnicowej w Gliwicach

Tunel o długości 493 m pod ulicami Zwycięstwa i Dworcową w centrum miasta jest częścią drogi szybkiego ruchu łączącej sześć miast konurbacji górnośląskiej. Arteria przebiega przez Katowice, Chorzów, Świętochłowice, Rudę Śląską, Zabrze i Gliwice. Tunel na wlocie (w rejonie ul. Dworcowej) i wylocie (na wysokości fabryki drutu przy ul. Dubois) jest dwukomorowy, a miejscami czterokomorowy. Wyposażono go w systemy oświetlenia, instalację sygnalizacji pożarowej, wentylatory, urządzenia pierwszej pomocy, telefony dla obsługi, urządzenia radiowe i nagłaśniające, system kontroli wideo konstrukcji i nisz. Dodatkowo wybudowano dwa budynki techniczne. Koszt budowy to blisko 1 mld zł. Dofinansowanie ze środków unijnych wyniosło prawie 450 mln zł.

### Tunel w ciągu drogi krajowej nr 81 w Katowicach

Tunel jest częścią dwupoziomowego skrzyżowania ulic Kościuszki i Armii Krajowej i powstał w ramach inwestycji przebudowy węzła drogowego na DK81. Obiekt ma 344 m długości i 19 m



Tunel Emilia w Lalikach, fot. nbi media

szerokości. Kierowcy mogą korzystać z dwóch pasów ruchu obu kierunkach, o szerokości 3,25 m. Do budowy tunelu wykorzystano 10 306 m<sup>3</sup> betonu i 518 t stali. Na potrzeby realizacji wykopu wydobytych zostało ok. 40 tys. m<sup>3</sup> urobku. W przypadku oczepów jest to odpowiednio 967 m<sup>3</sup> oraz 89 t. Grubość ścian szczelinowych ma 1 m, a ich długość dostosowano do wysokości naziomu. W sumie powstało 682 m ścian szczelinowych. Najwyższe z nich zostały zakotwione kotwami gruntowymi o nachyleniu 25°. Kotwy o średnicy wiercenia 140 mm, długości całkowitej 11,4 m oraz nośności 300 kN zostały zamontowane w odległości 1,5 m od górnej ściany krawędzi.

#### **Tunele pod placem Dominikańskim we Wrocławiu**

Tunele samochodowe pod placem Dominikańskim pochodzą z 1978 r., ich długość to 320 m (nawa południowa) i 225 m (nawa północna). W 2021 r. tunel północny przeszedł generalny remont, a jego zakres obejmował m.in. wymianę oświetlenia tunelu, montaż nowej elewacji, rozbiorę i odtworzenie fragmentów murów żelbetowych, wymianę i naprawę dylatacji, naprawę kanałów odwodnienia, oczyszczenie systemu odwodnienia, zabezpieczenie antykorozyjne balustrad i konstrukcji stalowych. Koszt wykonanych prac wyniósł 3,7 mln. zł. Tunel południowy znajdował się w gorszym stanie technicznym i był remontowany już w 2013 r.

#### **Tunel pod placem Daszyńskiego w Toruniu**

Tunel drogowy stanowiący fragment Trasy Wschodniej w Toruniu znajduje się na styku trzech dzielnic: Rubinkowa, Jakubskiego Przedmieścia i Winnicy. Przebiega pod placem Daszyńskiego i ma 300 m długości. Budowa tunelu rozpoczęła się w 2010 r., a zakończyła się w grudniu 2016 r. Początkowo zakładano, że będzie miał jedną jezdnię z dwoma pasami ruchu, lecz ostatecznie, po konsultacjach projektanta z urzędnikami z Miejskiego Zarządu Dróg w Toruniu, wybudowano dwie jezdnie z czterema pasami ruchu łącznie. Spośród wszystkich obiektów inżynierskich budowa tunelu przysporzyła najwięcej kłopotów technicznych, m.in. z przebudową dwóch komór kanalizacyjnych i przełożeniem kabli energetycznych oraz torowiska tramwajowego. Podczas budowy tunelu wykonano ścianki szczelinowe zabezpieczające wykop, natomiast podczas prac budowlanych zmieniono technologię wykonania grodzic – zamiast wwirowywania zastosowano metodę wciskaną. Wykonawca wykorzystał 66 pali wierconych o średnicy 800 mm oraz 1200 mm i długości 13–19 m. Dodatkowo wykonano 165 kotew gruntowych o długości 13–16 m i nachyleniu 20–35°, których zadaniem jest stabilizacja nasypu przy ścianach na połączeniu tunelu z estakadami dojazdowymi mostu.

#### **Tunel Trasy W-Z w Łodzi**

Łódzki tunel o długości 246 m i dwa razy po 8,75 m szerokości jest częścią główną trasy komunikacyjnej łączącej dwa największe łódzkie osiedla: Widzew Wschód i Retkinię. Wewnątrz znajdują się dwa pasy ruchu o szerokości 3,5 m. Resztę prześwitu zajmują opaski jezdni oraz chodnik techniczny. Tunel jest wyposażony w system monitorowania ruchu, a kamery rozmieszczone są co 25 m i przekazują obraz do Centrum Sterowania Ruchem. Przy wjazdach zostały umieszczone tablice, które informują o wypadkach i utrudnieniach w tunelu. Do jego budowy wykorzystano ściany szczelinowe.

#### **Tunel w ciągu Śródmiejskiej Obwodnicy Zachodniej Bielska-Białej**

Tunel stanowi część Śródmiejskiej Obwodnicy Zachodniej Bielska-Białej. Obiekt jest żelbetową konstrukcją dwunawową o łącznej długości 238 m, złożoną z 20 powtarzalnych segmentów posadowionych na ławach żelbetowych. W trakcie realizacji zadania wbudowano łącznie 9,8 tys. m<sup>3</sup> betonu oraz 1437 t zbrojenia. Tunel wykonano metodą odkrywkową w szeroko-przestrzennym wykopie otwartym, o częściowo umocnionych zboczach. Roboty konstrukcyjne zrealizowano przy użyciu deskowania systemowego. Obiekt został oddany do użytku w 2005 r. Samochody jeżdżą tu po dwóch jezdniach, z których każda posiada dwa pasy ruchu.



### Tunel im. Rafała Kalinowskiego w Krakowie

Tunel ma 230 m długości i dwie komory do dwupasmowego ruchu w obu kierunkach. Jest nowoczesnym obiektem żelbetowym o przekroju prostokątnym. Wyposażony jest w oświetlenie stałe i awaryjne, grawitacyjny system wentylacji wspomagany szybami wentylacyjnymi, oznakowanie pionowe i poziome, zabezpieczenia przeciwpożarowe, m.in. okładziny i właściwej grubości otuliny prętów zbrojeniowych, umożliwiające uzyskanie ognioodporności konstrukcji nie krótszej niż 240 minut, oraz system przeciwpożarowy, przejście ewakuacyjne pomiędzy komorami tunelu. Tunel umożliwia przejazd pod dworcem PKP w pobliżu Galerii Krakowskiej. Obiekt został oddany do użytku 15 maja 2007 r.

### Tunel pod dworcem PKP w Katowicach

W podziemiach dworca PKP w 2012 r. powstał tunel o długości 230 m, łączący ulicę Słowackiego i Dworcową. Jest wysoki na 4,5 m, w najszerszym miejscu ma 17 m i cztery pasy ruchu (po dwa w obu kierunkach). Bezpieczeństwo zapewnia system oświetlenia, wentylacja nawiewno-wywiewna, wentylatory strumieniowe uruchamiane automatycznie.

### Tunel Trasy W-Z w Warszawie

Tunel drogowo-tramwajowy Trasy W-Z w Warszawie zlokalizowany jest w ciągu al. Solidarności. Przebiega pod ulicami Krakowskie Przedmieście, Senatorska i Miodowa. Został zbudowany w latach 1948–1949. Był wzorowany na tunelu Saint-Cloud pod Paryżem. Ma 196 m długości. W podziemiach kamienicy Johna umieszczono górny hol pierwszych warszawskich schodów ruchomych, łączących poziom wylotu tunelu i przystanki komunikacji miejskiej z poziomem placu Zamkowego.

### Tunel im. gen. Fieldorfa Nila w Białymstoku

Tunel im. gen. Fieldorfa Nila został oddany do użytku w 2004 r. Był to pierwszy tak duży projekt w Białymstoku zrealizowany z udziałem środków z Unii Europejskiej. Obiekt ma 174 m długości. W 2012 r. rozpoczęto przebudowę tunelu, w efekcie powstały cztery pasy ruchu w obie strony. Budowę obiektu podzielono na pięć etapów. Pierwszy z nich to wbcie ścianek szczelnych i wykonanie pali  $\varnothing$  800 mm od góry nasypu pod przyczółki od strony północnej i południowej (wiercono najpierw pale nieparzyste 1, 3, 5 itd., następnie pomiędzy nimi parzyste 2, 4, 6 itd. w celu połączenia przez nawiercenie się jeden na

drugi). Następnie odkopano i wykonano zewnętrzny zbrojony płaszcz przyczółków wraz z zabezpieczeniem izolacji. Kolejnym etapem było wykonanie słupopali  $\varnothing$  1500 mm i oczepów oraz płyty obiektu od góry nasypu. Istotnym elementem budowy było zabezpieczenie płyty, a później odkopanie tunelu i zabezpieczenie prac budowlanych oraz wykończeniowych. Etapy zostały wyodrębnione ze względu na różne wysokości nawierzchni torów, które znajdują się nad tunelem.

### Tunel w ciągu ul. Hetmańskiej w Białymstoku

Tunel w ciągu ul. Hetmańskiej ma ok. 155 m długości i dwa korytarze po jednym pasie ruchu. W 2007 r. został zamknięty dla ruchu drogowego. Zabytkowy obiekt powstał na początku XX w. Była to część budowy strategicznej magistrali łączącej Białystok z Jeżewem. Jeszcze do 2005 r. pod wiaduktem jeździły samochody. Po wybudowaniu tunelu im. gen. Fieldorfa Nila budowle zostały wyłączone z użytku.

### Tunel pod linią kolejową w Siedlcach

Tunel o długości 144 m powstał pod torami i stacją kolejową w ciągu ul. Kilińskiego. Inwestycja unormowała ruch aut z północy na południe miasta: ze Strzały



Tunel w ciągu zakopianki pod Luboniem Małym, fot. nbi media



i Sokołowa Podlaskiego w kierunku Łukowa. Kierowcy z tunelu mogą korzystać od 29 czerwca 2018 r. Wszystkie prace kosztowały 21,8 mln zł.

## Ważniejsze tunele drogowe w budowie

### Tunele w ciągu drogi ekspresowej S3 Bolków – Kamienna Góra

W ramach inwestycji powstaną dwa dwunawowe tunele drogowe – tunel TS-26 o długości ok. 2300 m pomiędzy miejscowościami Sady Górne, Stare i Nowe Bogaczowice oraz tunel TS-32 o długości ok. 320 m niedaleko miejscowości Gostków. Tunel TS-26 będzie najdłuższym pozamiejskim tunelem w Polsce drążonym w skale i zostanie wyposażony we wszystkie istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa systemy. Drugi, krótszy tunel wykonywany jest metodą odkrywkową.

### Tunel w ciągu zakopianki pod Lubo-niem Małym

Zakończenie budowy inwestycji zaplanowano na luty 2022 r., jednak termin może wydłużyć się do maja 2022 r. W wydrążonym tunelu o długości 2058 m pomiędzy Naprawą a Skomielną Białą kierowcy będą mieli do dyspozycji po dwa

pasasy ruchu w obu kierunkach. Wartość projektu wynosi 2,1 mld zł.

### Tunel pod Świną w Świnoujściu

Inwestycja o długości 1440 m ma zlikwidować tworzące się latem spore korki oczekujących na przeprawę promową przez Świnę. Tunel będzie mieć po jednym pasie w każdą stronę i jednocześnie będzie zwieńczeniem planowanej na 2024 r. drogi ekspresowej S3. Przewidywany termin oddania do użytku to 2022 r. Koszt całego przedsięwzięcia wynosi 950 mln zł.

### Tunel w ciągu drogi ekspresowej S1

W ciągu drogi ekspresowej S1 Przybłęda – Milówka zaplanowano dwa tunele – jeden o długości ok. 830 m pod masywem Barania Góra, drugi liczący 980 m pod masywem Białożyński Groń. Tunele wykonywane są metodą górniczą z zastosowaniem zasad NATM (nowej metody austriackiej budowy tuneli).

### Tunele w ciągu drogi ekspresowej S52

W ciągu drogi ekspresowej S52 Południowej Obwodnicy Krakowa powstaną dwa tunele metodą stropową z zastosowaniem ścian szczelinowych. Pierwszy tunel, TS-4, zlokalizowano w miejscowości Zielonki, między ulicami Do Cegielni i Staropolską. Obiekt będzie miał 653 m długości,

37 m szerokości i przebiegać będzie pod rzeką Prądnik. Ruch będzie się odbywać po trzech pasach, przewidziano też pas awaryjny. Powstanie nawierzchnia betonowa, zaś system wentylacji poprzeczny. Drugi tunel, TS-14, zlokalizowany jest w miejscowości Bosutów, pomiędzy ulicami Królewską i Długą. Będzie miał długość 496 m i szerokość od prawie 37 do ponad 39 m. Wewnątrz powstaną trzy pasy ruchu.

### Tunele w ciągu Trasy Łągiewnickiej w Krakowie

W ramach trasy powstaną tunele: pod skrzyżowaniem ulic Turowicza i Herberta o długości ok. 200 m, w rejonie Białych Mór, między sanktuariami Bożego Miłosierdzia i św. Jana Pawła II – tu powstaną tunel drogowy i biegnący obok niego tunel tramwajowy, każdy o długości ponad 600 m, pod ul. Zakopiańską – ok. 60 m, od rejonu ul. Ludwisarzy do planowanego węzła z ul. 8 Pułku Ułanów liczący ponad 500 m, pod węzłem Trasy Łągiewnickiej i ul. 8 Pułku Ułanów – ok. 22 m. Trasa Łągiewnicka ma mieć 3,5 km. Same tunele drogowe to ok. 2 km, a do tego tunel tramwajowy. Pierwotnie trasa miała zostać oddana do użytku pod koniec 2020 r., jednak ze względu na opóźnienia nastąpi to najwcześniej w czerwcu 2022 r. Wybudowany będzie także tunel w ramach



Budowa tunelu w ciągu drogi ekspresowej S3 Bolków – Kamienna Góra, fot. nbi medla



# Promat

## BEZPIECZNE TUNELE



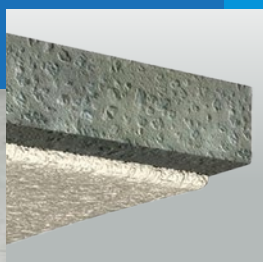
### PROMATECT®-T ORAZ PROMATECT®-H TUNELOWE PŁYTY OGNIOPHONNE

- Przebadane wg najbardziej wymagających norm i przepisów
- Możliwość stosowania w każdych warunkach pogodowych
- Mogą być z łatwością demontowane w celu inspekcji powierzchni tunelu



### CAFCO FENDOLITE® MII NATRYSK OGNIOPHONNY

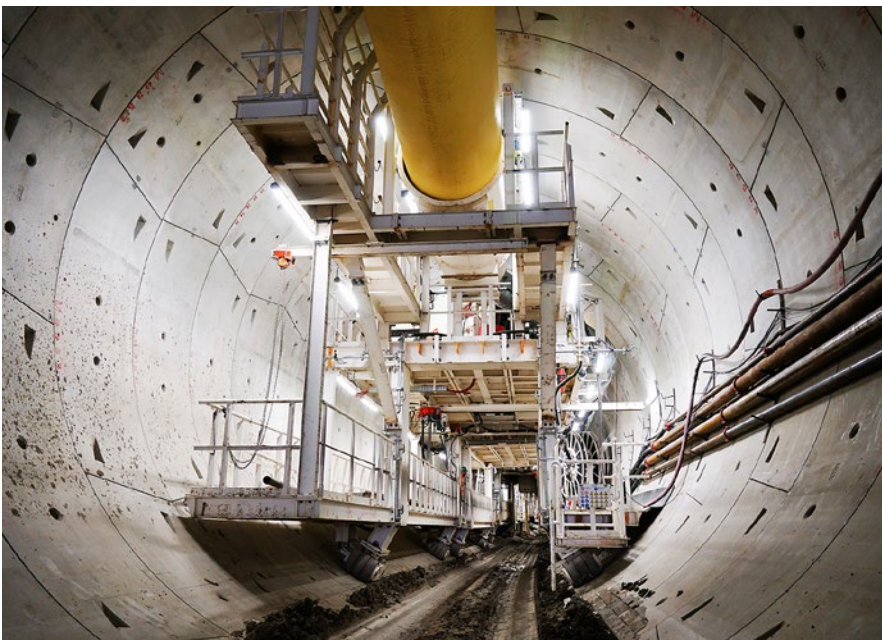
- Najbardziej znany na świecie natrysk ogniopHONNY stosowany w tunelach
- Od 1980 r. zabezpieczono ponad 1.5 mln m<sup>2</sup> tuneli
- Przebadany wg najbardziej wymagających norm i przepisów







Tunel w Świnoujściu, fot. M. Grzeszczuk, GDDKiA



Tunel kolejowy pod centrum Łodzi, fot. G. Biega, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Trasy Pychowickiej pod ulicami Rostrowskiego, Kobierzyńską i Ruczaj o długości ok. 350 m. Budowa planowana jest na lata 2024–2027.

### Tunel w ciągu ul. Hasa w Łodzi

Podziemna droga będzie miała dwukierunkową jezdnię, po jednym pasie w obu kierunkach. Tunel powstanie na głębokości 6 m, będzie miał 500 m długości i 10 m szerokości. Z tunelu będzie można wyjechać siedmioma zjazdami prowadzącymi do podziemnych parkingów budynków (mają powstać w przyszłości) oraz do parkingu na 300 samochodów, który powstanie pod rynkiem Nowego Centrum Łodzi. Tunel jest już w zasadzie gotowy, prace budowlane zakończyły się w 2021 r., początek 2022 r. przeznaczono na odbiory.

### Ważniejsze planowane tunele drogowe

W najbliższej przyszłości GDDKiA planuje wybudowanie kolejnych tuneli drogowych: na Zachodniej Obwodnicy Szczecina w ciągu drogi ekspresowej S6 o długości 5000 m, na odcinku drogi ekspresowej S19 Rzeszów – Babica o długości 2100 m, na odcinku drogi ekspresowej S7 Warszawa – Kiełpin o długości 1123 m i 1000 m, w ciągu drogi ekspresowej S74 w Kielcach o długości 500 m i 280 m oraz na Obwodnicy Zabierzowa w ciągu DK79 o długości 317 m.

### Ważniejsze tunele kolejowe

W Polsce łącznie jest 27 czynnych tuneli kolejnych zarządzanych przez PKP PLK o długości 157,8 km. Najdłuższy znajduje się na Dolnym Śląsku i powstał na początku

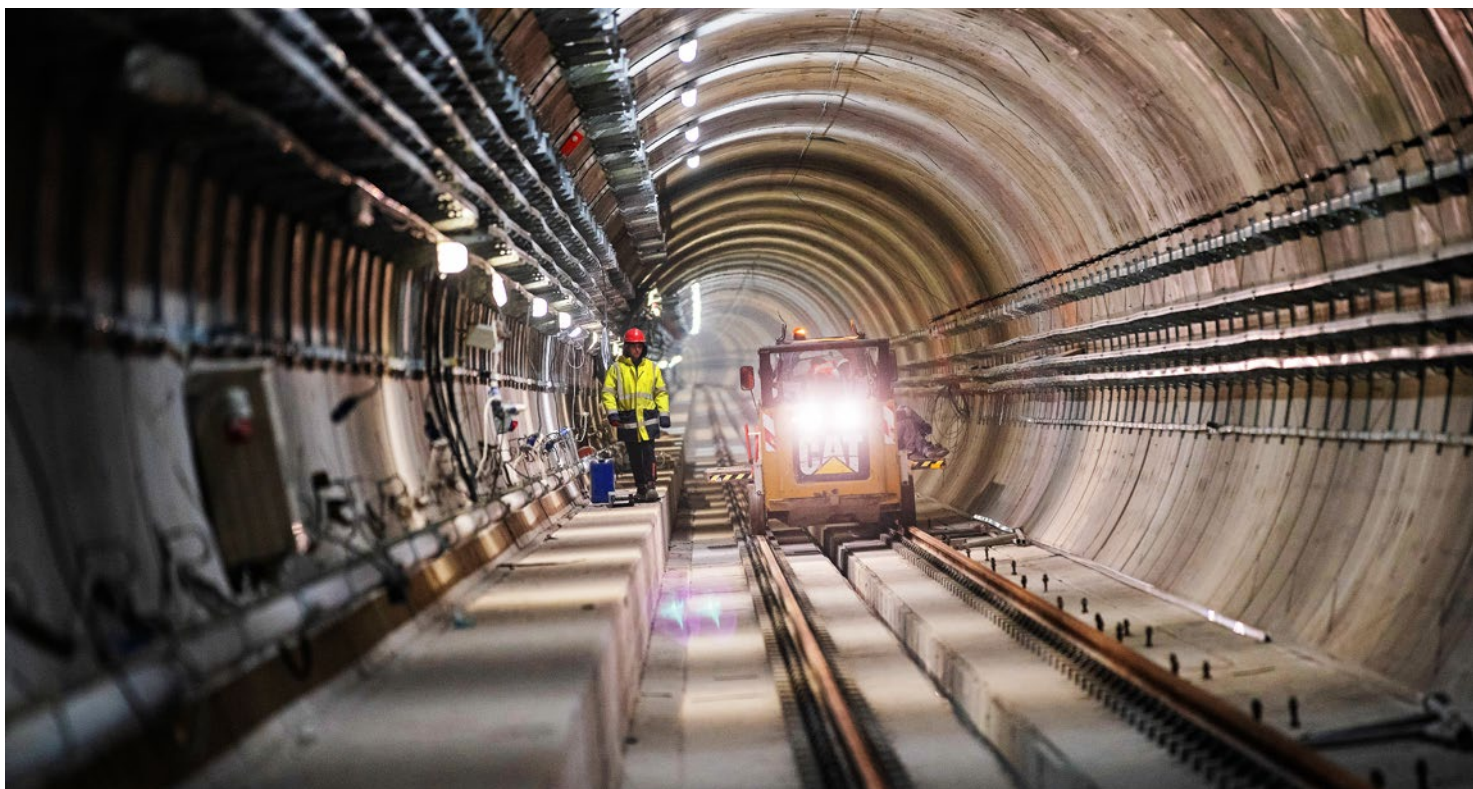
XX w. Ma 1603 m długości i do dziś kursują nim pociągi relacji Wałbrzych – Kłodzko. W masywie Małego Wołowca pod Wałbrzychem wydrążone są dwa tunele, czynny tor kolejowy znajduje się w jednym z nich. Krótsza nitka, która jest wyłączona z ruchu i można ją zwiedzać, ma 1560 m. Najkrótszy tunel kolejowy w Polsce ma 50,5 m długości i znajduje się na trasie Nowy Zagórz – Krościenko.

### Inwestycje tunelowe PKP PLK

W trakcie budowy jest tunel średnicowy w Łodzi. Nowa inwestycja pod centrum miasta otworzy aglomerację łódzką na kolejne połączenia kolejowe, a co za tym idzie – usprawni transport lokalny, regionalny i krajowy. W ramach zadania *Opracowanie dokumentacji projektowej oraz realizacji robót budowlanych w formule „Projektuj i buduj” w ramach projektu POIiŚ 5.1-15 „Udrożnienie Łódzkiego Węzła Kolejowego (TEN-T), etap II, odcinek Łódź Fabryczna - Łódź Kaliska/Łódź Żabieniec”* budowane są tunele o długości ok. 7,5 km. Tunel dwutorowy o długości ok. 3 km od stacji Łódź Fabryczna do rejonu ul. Odolanowskiej oraz cztery tunele jednotorowe o łącznej długości ok. 4,5 km od komory przy ul. Włókniarzy do linii kolejowej nr 15 w kierunku Łodzi Żabiańca i Łodzi Kaliskiej. Maksymalna zakładana prędkość pociągów w tunelu będzie wynosiła 100 km/h.

Tunele budowane są przy użyciu tarcz TBM (*tunnel boring machine*). Maszyna drążąca tunele minimalizuje ryzyko związane z gęstą zabudową miejską. Specjalna konstrukcja zapobiega m.in. osiadanemu terenu, budynków, osuwaniu się ziemi i drganiom, minimalizuje ingerencję w miejską infrastrukturę (sieci energetyczne, ciepłownice, gazowe). Do budowy tunelu zostaną wykorzystane dwie maszyny TBM. Urządzenie o średnicy 13 m wykona dwutorowy tunel, a maszyna o średnicy 8,7 m – cztery odcinki tunelu jednotorowego. W pierwszej fazie pracy tunel drążony jest za pomocą przedniej tarczy skrawającej z prędkością ok. 2 obr/min, a w stronę gruntu przesuwanej przez siłowniki hydrauliczne. Czoło tarczy wyposażone jest w ostrza, noże oraz dyski tnące wykonane ze stali o wysokiej wytrzymałości. W tym samym miejscu znajdują się również dysze, które wstrzykują wodę, plastyfikatory lub beton w celu zagęszczenia i zwiększenia stopnia plastyczności (w zależności od jego rodzaju). Druga faza pracy tarczy TBM polega na układaniu obudowy tunelu. Po wydrążeniu odpowiedniej długości tunelu





Tunel metra w Warszawie, fot. Metro Warszawskie Sp. z o.o.

tarcza zatrzymuje się i uruchamiany jest hydrauliczny moduł układający pierścienię tunelu. Wszystkie pierścienie szczelnie przylegają do siebie, a przerwa pomiędzy zewnętrzną ścianą tunelu a gruntem wypełniana jest zaprawą wiążąco-uszczelniającą, która zapobiega ryzyku wystąpienia osiadań podłoża gruntowego i zapewnia poprawną współpracę pomiędzy obudową tunelu a otaczającym ją gruntem. Po tym etapie maszyna powraca do etapu pierwszego i zaczyna drążyć następny odcinek tunelu.

### **Inwestycje kolejowe planowane po 2023 r.**

PKP PLK w swoich najbliższych planach inwestycyjnych zamierza w ramach projektu *Prace na linii kolejowej nr 274 Wrocław – Zgorzelec na odcinku Wrocław – Jelenia Góra oraz przyległych łącznicach* odnowić tunel kolejowy na trasie Wrocław – Jelenia Góra o długości 300 m. W XIX-wiecznym obiekcie zostanie zmieniona wewnętrzna obudowa, wymienione tory i sieć trakcyjna. Efektem prac będzie możliwość równoczesnego przejazdu pociągów po dwóch torach.

Kolejną dużą inwestycją PLK jest przebudowa linii średnicowej w Warszawie, która ma ułatwić płynny ruch w centrum stolicy. Modernizacja tunelu jest dużym wyzwaniem logistycznym, ponieważ obie nawy należy zbudować niemal od podstaw. Prace budowlane mają być prowadzone

metodą odkrywkową, a ich zakończenie zaplanowano na 2027 r.

W ramach inwestycji *Budowa nowej linii kolejowej Podłęże – Szczyrzyc – Tymbark/ Mszana Dolna oraz modernizacja istniejącej linii kolejowej nr 104 Chabówka – Nowy Sącz* na linii kolejowej nr 104 powstaną dwa jednotorowe i jednonawowe tunele o łącznej długości 5,75 km. W planach jest również budowa równoległych tuneli ewakuacyjnych.

To nie koniec inwestycji PLK. Spółka zakłada budowę 11 tuneli, które mają powstać na nowo projektowanych liniach kolejowych nr 622 (Podłęże – Tymbark), nr 623 (podg. Fornale – Szczyrzyc) oraz nr 628 (podg. Porąbka – podg. Stróża). Tunele łącznie mają mieć ok. 12 km długości. Najdłuższy z nich, liczący 3,82 km, powstanie w miejscowości Wilkowisko. Pozostałe 10 tuneli ma mieć ok. 1 km długości. Obiekty będą budowane w technologii TBM (tunele liniowe) i metodą odkrywkową (tunele ewakuacyjne).

### **Ważniejsze tunele tramwajowe oraz metro**

#### **Tunel Krakowskiego Szybkiego Tramwaju**

To tzw. małe metro łączy ze sobą gruntownie przebudowany węzeł komunikacyjny przy rondzie Mogiłskim z okolicami Dworca Głównego PKP i Politechniki Kra-

kowskiej. Pierwszą część tunelu zrealizowano w ramach przebudowy układu torowego PKP w latach 1974–1990. Część ta liczyła zaledwie 180 m długości. W drugim etapie, w latach 1995–1999, wybudowano odcinek o długości 605 m, prowadzący pod ul. Lubomirskiego. W latach 2004–2005 powstał liczący 324 m odcinek pomiędzy Dworcem Głównym PKP a Politechniką Krakowską. Tunel jest pod wieloma względami obiektem unikatowym w skali całego kraju. Jest najdłuższy, największy, najgłębiej położony, najlepiej wyposażony w nowoczesne systemy bezpieczeństwa. Łącznie liczy 1420 m długości (1538 m wraz z rampami wjazdowymi).

#### **Tunel trasy tramwajowej os. Lecha – Franowo w Poznaniu**

Tunel tramwajowy w Poznaniu łączy ze sobą okolice osiedli Lecha i Tysiąclecia. Liczy 1067,2 m długości i jest drugim tego typu obiektem w kraju (po tunelu Krakowskiego Szybkiego Tramwaju), ale jako jedyny w Polsce ma zainstalowaną sztywną sieć trakcyjną. Obiekt posiada największy w Polsce podziemny tramwajowy węzeł rozjazdowy. Tunel powstał w ramach budowy trasy tramwajowej na Franowo, jako jeden z projektów na Euro 2012 w Poznaniu. Podczas budowy wywieziono ok. 100 tys. m<sup>3</sup> ziemi. Rozebrano wiadukt w ciągu ul. Chartowo, a w jego miejscu został zbudowany nowy, będący częścią tunelu. Ze względu





Tunel metra w Warszawie, fot. Metro Warszawskie Sp. z o.o.

na kolizję przełożono magistrale wodociągowe w rejonie ulic Szwedzkiej i Chartowo, gazowe przy przystanku Piaśnicka/Rynek i ul. Szwedzkiej, ciepłownicze przy ul. Kurlandzkiej, elektroenergetyczne w 20 miejscach i teletechniczne. Tunel składa się z dwóch komór dla każdego z dwóch kierunków ruchu. Na całej długości istnieją przejścia przeznaczone do komunikacji między komorami. W środku znajduje się system kanalizacji grawitacyjnej oraz wentylacji wymuszonej i oddymiania. Jezdnie na skrzyżowaniach umożliwiają bezkolizyjną komunikację nad tunelem. Obiekt został zbudowany metodą ścian szczelinowych.

### **Metro w Warszawie**

I linia metra w Warszawie ma długość 23,1 km, liczy 21 stacji i prowadzi z os. Kabaty w dzielnicy Ursynów do os. Młociny w dzielnicy Bielany. Decyzja o jej budowie zapadła w 1982 r., a rok później zaczęto pierwsze prace na Ursynowie. W 1995 r. uruchomiono pierwszy fragment trasy łączący Ursynów i Mokotów ze Śródmieściem, a następne odcinki oddawano do eksploatacji w kolejnych latach. W 2008 r. zakończono budowę odcinka bielańskiego i uruchomiono przejazdy na całej linii. Po oddaniu I linii metra rozpoczęto planowanie oraz budowę II linii, która składa się obecnie z trzech odcinków: centralnego o długości 6,1 km (siedem stacji), zachodniego (3,4 km, trzy stacje) oraz wschodniego północnego (3,1 km, trzy stacje). Po rozbudowie II linia będzie miała zbliżoną długość do I linii. Wszystkie stacje II linii metra mają zostać oddane do użytku do 2023 r.

### **Planowane tunele tramwajowe oraz metro**

#### **Tunel tramwajowy do Mistrzejowic w Krakowie**

Tunel na linii tramwajowej do os. Mistrzejowice w Krakowie będzie miał 1230 m. Ma być bezkolizyjny, a więc zapewni szybszy i bezpieczniejszy przejazd na newralgicznym odcinku. Jeden z wariantów zakłada, że tramwaj będzie rozpoczynał zjazd na poziom -1 przed rondem Młyńskim, gdzie torowisko poprowadzone będzie w zabezpieczonym wykopie. Przed rondem Polsadu przejdzie w tunel. Drugi z rozpatrywanych wariantów przewiduje zjazd do komory tunelu tuż za rondem Młyńskim. Linia na krakowskie Mistrzejowice będzie pierwszą tramwajową inwestycją w Polsce realizowaną w formule partnerstwa publiczno-prywatnego.

#### **Premetro w Krakowie**

Prawie 22 km, do 32 stacji, dwa tunele, w tym jeden pod Śródmieściem, półtorakilometrowa estakada – tak ma wyglądać pierwsza linia krakowskiego premetra, która połączy Wzgórza Krzesławickie z rejonem ul. Jasnogórskiej w Bronowicach. Odcinek tunelowy został zaprojektowany głównie w rejonie centralnym, gdzie występują największe utrudnienia w sieci tramwajowej, oraz w rejonie wielowariantowego węzła przesiadkowego w Bronowicach. Łączna długość trasy w tunelach to 6600 m.

#### **III linia metra w Warszawie**

III linia połączy Pragę Południe z centrum stolicy, a docelowo także z Ochotą i Mokotowem. W pierwszym etapie, którego

budowa zakończy się w 2028 r., powstanie sześć stacji. Nowa linia zostanie poprowadzona z funkcjonującej już od kilku lat stacji Stadion Narodowy, która od początku była planowana jako węzeł przesiadkowy. Stamtąd III linia prowadzi do stacji Dworzec Wschodni, Mińska, Rondo Wiatraczna, Ostrobramska, Jana Nowaka-Jeziorańskiego i Gocław. Oprócz tego powstanie też odgałęzienie prowadzące do Stacji Techniczno-Postojowej na Koziej Górze. Stacja Stadion Narodowy stanie się kluczowym węzłem komunikacyjnym prawobrzeżnej Warszawy, umożliwiającym przesiadkę do pociągów na dworcu PKP, linii autobusowych i tramwajów. Z pierwszego odcinka III linii w ciągu doby korzystać będzie ponad 315 tys. pasażerów. W samym tylko szczycie porannym będzie to ponad 26 tys. osób.

### **Rekordowe obiekty tunelowe na świecie**

Norweski tunel Lærdal o długości 24,510 km to najdłuższy tunel świata. Konstrukcja łączy Aurland i Lærdal i zapewnia bezpromowe połączenie między Oslo a Bergen. Budowa rozpoczęła się w 1995 r., zaś tunel został oddany do użytku w 2000 r.

Za najdłuższy tunel miejski uznawany jest tunel Yamate w Japonii. Ma 18,2 km długości. Budowa rozpoczęła się w 1992 r., natomiast otwieranie poszczególnych odcinków podzielono na kilka etapów. Całość została oddana do użytku w 2015 r. Tunel jest wyposażony w kamery na podczerwień, których zdaniem jest wykrycie ognia. Znajduje się tam również system gaśniczy, mechanizm odprowadzania spalin i dostarczania świeżego powietrza.

Po 17 latach budowy 1 czerwca 2016 r. otwarto najdłuższy i najgłębszy tunel kolejowy na świecie – Gotthard-Basistunnel. Konstrukcja przebiega przez Alpy i ma 57 km długości, a w najgłębszym miejscu znajduje się 2,3 km pod powierzchnią. Składa się z dwóch równoległych tuneli o średnicy 9,15 m, oddalonych od siebie o ok. 40 m. Tunele są ze sobą połączone przejściami technicznymi co 325 m, które służą również do ewakuacji. Łączna długość wszystkich tuneli (kolejowych i technicznych) to 151,8 km.

Stad Ship Tunnel połączy zatoki Kjødepollen i Vanylvsfjorden, dzięki czemu statki towarowe i pasażerskie

o masie do 16 tys. t będą mogły omijać potencjalnie niebezpieczne szlaki żeglugi wokół półwyspu Stad, który wyznacza granicę pomiędzy Morzem Norweskim i Morzem Północnym. Tunel zostanie wydrążony w górze Stadhavet i będzie mieć 1700 m długości i 37 m szerokości. Kystverket, Norweska Administracja Wybrzeża, szacuje jego koszt na 2,8 mld koron norweskich, czyli ponad 1,2 mld zł. Tunelem będzie mogło przemieszczać się ok. 100 statków dziennie. Budowa ma potrwać cztery lata, a rozpocznie się w 2022 r. Projekt opracowało międzynarodowe biuro architektoniczne Snøhetta.

## Zalety tuneli komunikacyjnych

Dobrze rozplanowane tunele przyczyniają się do poprawy życia mieszkańców miast. Dzięki podziemnej infrastrukturze można rozwiązać problemy utrudniające funkcjonowanie na powierzchni. Tunele zwiększają przepustowość ruchu drogowego, rozładowują korki, skracają czas przejazdu, a co najważniejsze – ograniczają wypadkowość. Komunikacja podziemna jest przyjazna dla środowiska, ponieważ przeniesienie części transportu pod powierzchnię zmniejsza emisję szkodliwych toksyn, hałas i wibracje związane z ruchem.



Czytaj więcej

## Czy w budownictwie tunelowym w Polsce dokonał się postęp?



**prof. dr hab. inż. ANTONI TAJDUŚ,**  
Akademia Górniczo-Hutnicza,  
Katedra Geomechaniki,  
Budownictwa i Geotechniki

Budownictwo tunelowe w Polsce rozwija się nadzwyczaj dobrze. To jest wynik właściwego wykorzystywania środków Unii Europejskiej przeznaczonych na rozwój infrastruktury drogowej, w tym na budowę tuneli, które są drogami inwestycjami. Dotychczas wybudowano kilka tuneli, a aktualnie budowanych lub projektowanych jest kilkanaście tuneli drogowych. Wymienię tylko niektóre z nich (z pominięciem już wybudowanych): tunele w Lubniu (dokładnie w Naprawie) na drodze S7, dwa tunele w Węgierskiej Górcie, dwa tunele na drodze S3 w rejonie Legnicy Bolków – Kamienna Góra (Sady Górne i Nowe Bogaczowice) oraz Bolków – Kamienna Góra (Gostków), tunel pod Świną, dwa tunele na obwodnicy Krakowa (południowej i północnej), tunel na drodze S19 Rzeszów Południe – Babica (docelowo na drodze S19 pomiędzy Rzeszowem a Barwinkiem mają być wybudowane cztery tunele). Należy jeszcze wspomnieć o planowanych 14 tunelach kolejowych na trasie pomiędzy Krakowem a Nowym Sączem.

Pracownicy Katedry Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki brali udział w opiniowaniu wielu z tych projektów, a na etapie drążenia – głównie przez ekspertyzy. Wykonywali również szereg badań laboratoryjnych i polowych. Oprócz posiadanej wiedzy z zakresu tunelowania (pracownicy Katedry zajmują się tą problematyką od kilkudziesięciu lat) pozwoliło to im nabyć dodatkowej wiedzy i doświadczenia, zwłaszcza że w międzyczasie rozwinęły się lub zostały udoskonalone techniki i technologie projektowania i drążenia tuneli. Opiniowanie wielu projektów tuneli oraz późniejszy udział w ocenie prawidłowości prowadzonego drążenia umożliwiło nam sformułowanie szeregu uwag, które powinny spowodować uniknięcie wielu błędów mogących wpłynąć na czas realizacji i koszty wykonania tuneli, a mianowicie:

- Nieprawidłowo przeprowadzone rozpoznanie terenu w rejonie

planowanego tunelu. Dotyczy to zasięgu rozpoznania masywu skalnego w otoczeniu tunelu, zakresu przeprowadzonych badań, jak również użytych metod badawczych. Sytuacja w tym zakresie powinna się poprawić, bo 27 czerwca 2019 r. ukazały się *Wytyczne badań podłoża budowlanego na potrzeby budownictwa drogowego* w formie zarządzenia Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad. Na badania rozpoznawcze należy przeznaczyć właściwe środki i powinny być wykonywane przez osoby z odpowiednim doświadczeniem.

- Często spotykamy się z błędną oceną parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych słabego i bardzo słabego masywu skalnego za pomocą klasyfikacji RMR i GSI (dotyczy to głównie RMR < 23). W sytuacjach wątpliwych powinny być zlecone dodatkowe badania masywu skalnego.
  - Małe doświadczenie niektórych projektantów tuneli sprawia, że niewłaściwie dobierają metodę drążenia, typy obudowy wstępnej odpowiadające jakości masywu skalnego, prędkość drążenia, czas założenia obudowy ostatecznej. Dla ułatwienia przy analitycznym projektowaniu obudowy przyjmują uproszczone schematy obciążeń, czasami nieadekwatne do występujących na trasie drążonego tunelu. Powinno się wymagać, aby projekt obudowy był wykonany na podstawie trójwymiarowych obliczeń numerycznych dla każdej fazy drążenia tunelu.
  - W rejonie portali oraz na pierwszych odcinkach drążonych tuneli możemy mieć do czynienia ze strefami silnie zwietrzalymi, co się wiąże z niskimi parametrami odkształceniowymi i wytrzymałościowymi. Ponadto mogą wystąpić lub się aktywizować stare osuwiska. Powinno to być uwzględnione w obliczeniach dla portalu i obudowy.
  - Dla oceny prawidłowości doboru obudowy (wstępnej i ostatecznej) prowadzony jest pomiar przemieszczeń, odkształceń, naprężeń i sił w obudowie. Wartości te należy porównywać z wartościami granicznymi (dopuszczalnymi, ostrzegawczymi, krytycznymi). Jeżeli błędnie dobierzemy wartości graniczne (co się zdarza), to nie zapobiegniemy negatywnym zjawiskom (np. zawałowi obudowy).
- Cieszy mnie, że budownictwo tunelowe dobrze się rozwija, bo to są rozwiązania, które mogą służyć społeczeństwu nawet przez kilkaset lat. Jednak zagrożeniem na przyszłość może być brak środków na budowę tuneli, zwłaszcza gdy zmieniają się priorytety w UE.



## Czy w budownictwie tunelowym w Polsce dokonał się postęp?



**prof. dr hab. inż. MAREK CAŁA,**  
**Akademia Górniczo-Hutnicza,**  
**Wydział Inżynierii Ładowej**  
**i Gospodarki Zasobami**

W ostatnich kilku latach tempo rozwoju budownictwa tunelowego w Polsce niezwykle dynamicznie rośnie. Przez długi czas mieliśmy tylko metro warszawskie i... nic więcej. W 2010 r. pojawił się krótki (678 m) tunel Emilia w Lalikach, który był pewnym pozytywnym zwiastunem w zakresie budownictwa tunelowego. Jednakże dopiero budowa tunelu drogowego pod masywem Luboń Mały na trasie S7 (2016), czyli popularnej zakopiance, była nowym otwarciem dla tunelowania. Potem posypały się kolejne tunele na drogach S7, S2, S3, S52 i DK3, obwodnice Krakowa, Warszawy, tunele w Łodzi oraz pod cieśniną Świna w Świnoujściu. Do Polski przyjechały pierwsze wielkogabarytowe maszyny TBM, które z powodzeniem drążą kolejne tunele. Po tylu dekadach oczekiwania na jakiegokolwiek inwestycje oceniam obecny czas jako wielki rozkwit budownictwa tunelowego w Polsce. Dużym sukcesem jest wydrążenie tunelu pod Świną w technologii TBM. Wielkim wyzwaniem będzie drążenie tunelu na trasie S19 w rejonie węzła Babica, także w technologii TBM. Będzie to pierwsze spotkanie maszyn TBM z fliszem karpackim – doświadczenia zdobyte przy tej realizacji będą bezcenne dla kolejnych przedsięwzięć. Mamy zatem tunele w budowie, projektujemy kolejne i planujemy daleko w przyszłość – to brzmi jak złote lata dla tunelowania w Polsce. Jeżeli chodzi o potencjalne zagrożenia, to lapidarnie można je ująć jednym słowem – kadry. Wykonując jednocześnie tyle tuneli, potrzebujemy wykwalifikowanych operatorów TBM, pracowników z doświadczeniem w budownictwie podziemnym, specjalistów od drążenia technikami konwencjonalnymi (górnictwem). Budowy tuneli muszą być kierowane przez doświadczonych inżynierów, którzy rozumieją specyfikę budownictwa podziemnego. Ponadto całość prac powinna znajdować się pod czujnym okiem niezależnych ekspertów z tego zakresu. Warto tutaj podkreślić, że ciągle nie ma w Polsce wytycznych ani rekomendacji dotyczących projektowania i budowy tuneli. Pamiętajmy, że ustawy Prawo budowlane i Prawo geologiczne i górnicze nie są jednolite w zakresie budowy tuneli, co rodzić może dodatkowe problemy natury prawnej, formalnej i w rezultacie – technicznej. Skoro jednak zidentyfikowane są ograniczenia i zagrożenia, a jednocześnie mamy tak ambitne plany kolejnych realizacji, to pozostaje nam tylko jedna strategia postępowania – musimy sprostać wyzwaniom! I tego właśnie serdecznie życzę wszystkim specjalistom w zakresie budownictwa tunelowego.



**dr inż. KAROL RYŻ,**  
**dyrektor, PUI PROKOM; były**  
**wieloletni pracownik naukowo-**  
**dydaktyczny**

Ostatnie ćwierćwiecze przyniosło niewątpliwie duże przyspieszenie w obszarze budownictwa tunelowego w Polsce. Zbudowano lub trwa realizacja tuneli drogowych, tuneli dla transportu szynowego, w tym tuneli kolejowych, tuneli metra, tuneli tramwajowych (Kraków, 1420 m, Poznań, 1067,2 m), pojawiają się duże tunele technologiczne (tunel pod Wisłą do oczyszczalni „Czajka” w Warszawie, 1300 m). Tunele drogowie pod przeszkodami wodnymi (tunel pod Martwą Wisłą w Gdańsku, 1377 m, tunel pod Świną w Świnoujściu, 1440 m) stają się nareszcie realną alternatywą dla mostów, co jeszcze nie tak dawno było trudno wyobrażalne. Tunele drogowie przez naturalne przeszkody lądowe, będące jeszcze w budowie (tunel pod Luboniem Małym, S7, 2058 m, tunel w Starych Bogaczowicach, S3, 2300/2273 m), przekroczyły 2 km długości. Tunele metra kojarzymy niestety wyłącznie z Warszawą (linia M1 – 23,1 km oraz M2 – 12,6 km), a powinna już trwać ich budowa zarówno w Krakowie, jak i we Wrocławiu. Nowe tunele kolejowe budowane są obecnie w Łodzi (tunel średnicowy 17 m pod centrum, 7500 m), a za kilka lat pojawią się w znacznej liczbie (13 obiektów, najdłuższy 3780 m podczas budowy nowego odcinka Podłężę – Piekiełko i modernizacji linii z Krakowa do Zakopanego oraz Nowego Sącza, trwają prace projektowe). Tunele drogowie płytke pojawiają się w Polsce dość często zarówno w miastach, jak i w ciągu nowo budowanych tras krajowych (tunel pod Ursynowem w ramach Południowej Obwodnicy Warszawy, S2, 2335 m, tunele Trasy Łągiewnickiej w Krakowie, cztery obiekty 250–700 m). Ważne jest, że projektanci i decydenci zrozumieli korzystny wpływ tuneli płytkich na redukcję hałasu, alokację spalin, a nade wszystko jakość otoczenia i krajobrazu (eliminacja infrastruktury komunikacyjnej i ruchu pojazdów z powierzchni terenu). Realizując tunele, wdrożono liczne nowe technologie – TBM (*tunnel boring machine*), NATM (*new austrian tunneling method*), technikę ścian szczelinowych w metodzie mediolańskiej. Dokonano wielu zmian w przepisach drogowych i kolejowych, adaptując je do współczesnego stanu wiedzy. Posuwa nas to znacząco w kierunku nowoczesności w podziemnym budownictwie komunikacyjnym. Doczekaliśmy się nowych kadr do projektowania, budowania i nadzoru, które to zagadnienia wymagają dużej wiedzy i doświadczenia w budowach tunelowych. Problemem jest nadal brak polskich dużych firm wyspecjalizowanych w dziedzinie tunelowania. Oczekujemy na kolejne realizacje, np. w Krakowie są to tunel pod wzgórzem bł. Bronisławy (Trasa Zwierzyniecka), kolejne tunele tramwajowe w centrum oraz pierwsza linia metra. Budowle tunelowe, zwłaszcza te dłuższe, są obiektami kosztownymi. Rozwój tego ważnego obszaru budownictwa komunikacyjnego w dużej mierze zależy od możliwości finansowych państwa i samorządów. W dalszym ciągu trwa przystawienie pięć minut w polskim powojennym budownictwie komunikacyjnym. Wykorzystujmy tę szansę, skracajmy procedury w procesach inwestycyjnych, budując tunele dla nas i dla przyszłych pokoleń.



**prof. dr hab. inż. ANNA SIEMIŃSKA-LEWANDOWSKA, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej**

Z dużą przyjemnością stwierdzam, że budownictwo tunelowe w Polsce rozwija się niesłychanie dynamicznie. Budowa tuneli kolejowych (Łódź), metra (Warszawa) czy drogowych – najdłuższego w Polsce na POW w Warszawie, pod Świną w Świnoujściu, na trasie do Zakopanego oraz Bolków – Kamienna Góra – są potwierdzeniem tej tezy. Różnorodność stosowanych technologii – od tych znanych, jak metody odkrywkowe, po tarcze zmechanizowane i metodę konwencjonalną ADECO-RS – świadczy o dużym potencjale firm realizujących inwestycje tunelowe. W planach są kolejne tunele

drogowe – na S19 Via Carpatia na południe od Rzeszowa, na obwodnicy Szczecina i krótkie tunele pod torami kolejowymi. Cieszy budowa dużych tuneli kolejowych – obecnie są realizowane tunele o dużych średnicach maszyn TBM – ponad 13 m i 9 m oraz planowany jest kilkukilometrowy dla CPK w Łodzi. Na projektowanej linii Kraków – Zakopane – Nowy Sącz w sumie przewiduje się budowę 11 tuneli. Koncepcja III linii metra w Warszawie, w pierwszym etapie na Pragę, a dalej pod Wisłą w kierunku lotniska, potwierdza opinię, że metro, gdy już się zacznie go budować, to buduje się w zasadzie ciągle. Zagrożeniem jest brak finansowania czy ze strony Unii Europejskiej, czy z budżetów jednostek samorządowych. Wyzwania dotyczą projektowania, a także bardzo istotnej oceny oddziaływania głębokich wykopów i tuneli na otoczenie – istniejącą zabudowę i środowisko. Ostatnie lata przyniosły również wzrost świadomości społecznej oraz decyzyjność urzędników w sprawie konieczności wykorzystywania przestrzeni podziemnej dla celów transportowych, rekreacyjnych, w rozwoju miast i podnoszeniu standardów życia. Na świecie jest to stały trend w rozwoju tej gałęzi budownictwa.



**prof. dr hab. inż. CEZARY MADRYAS, Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego**

Bez wątplenia wchodzimy, a właściwie już jesteśmy w długo oczekiwanym okresie intensywnych działań w kierunku poprawy krajowego systemu transportu samochodowego i kolejowego przez budowę większej liczby tuneli. Można tu przypomnieć, że według danych sprzed pięciu lat w kraju mieliśmy ok. 180 tuneli i przejść podziemnych, budowanych w przeszłości przy wykorzystaniu różnych technologii, nieraz archaicznych. Obecnie budowanych jest kilka tuneli, a planowanych kilkanaście. Co ważne, technologie budowy tych obiektów swoim zaawansowaniem technicznym nie odbiegają od najnowszych stosowanych poza granicami naszego kraju. Nie sposób w krótkiej wypowiedzi wymienić i omówić

wszystkich obecnie budowanych i będących w planach tuneli. W związku z czym ograniczę się do długo oczekiwanego tunelu drogowego o długości 1484 m pod Świną w Świnoujściu, którego drażenie przy użyciu TBM o średnicy ok. 13,50 m zostało już z powodzeniem zakończone. Tunelem wykonywanym również w tej technologii jest średnicowy tunel kolejowy o długości 3000 m w Łodzi. Jest on elementem przedsięwzięcia tunelowego o łącznej długości 7500 m, nazywanego już łódzkim metrem. Przykładami tuneli dla ruchu samochodów poza obszarami miejskimi mogą być dwa obiekty o długościach 2300 i 320 m na drodze ekspresowej S3 w rejonie Bolków – Kamienna Góra Północ, z których pierwszy wykonywany jest w technologii NATM. Techniczne parametry tych i innych realizowanych budowli oraz zaprojektowane ich wyposażenie w pełni spełniają światowe standardy. Uważam, że budowa tuneli dla tworzenia sprawnych systemów transportu drogowego – tak w miastach, jak i poza nimi – jest konieczna, a aplikacje nowoczesnych technologii minimalizują ryzyka, jakie mogą wystąpić przy realizacji tak złożonych obiektów budownictwa inżynierskiego.



**prof. dr hab. inż. ANDRZEJ KULICZKOWSKI, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki**

Z racji moich zainteresowań naukowych chciałbym odnieść się do budownictwa tunelowego w zakresie infrastruktury kanalizacyjnej. Już w drugiej połowie XX w. w niektórych megamiastach zaczęto budować metodami tunelowymi tzw. kanalizację głęboką, o średnicach dochodzących do kilku metrów, ułożonych głęboko pod powierzchnią terenu, często poniżej linii metra, w celu hydraulicznego odciążenia sieci kanalizacyjnych wybudowanych kilkadziesiąt lat wcześniej. Obecnie prawdopodobnie największym tunelem kanalizacyjnym, którego budowę miałem okazję obserwować, jest kolektor deszczowy w stolicy Malezji, Kuala Lumpur, posiadający średnicę wewnętrzną 11,83 m i długość 9,7 km. W okresach bezdeszczowych jego środkowym fragmentem o długości 3 km przemieszczają się na

dwóch półkach samochody osobowe, odciążając ruch komunikacyjny w centrum miasta. Inwestycję tę opisałem m.in. w książce *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Ponieważ systematyczne utwardzanie terenów miejskich oraz zmiany klimatyczne przyczyniają się do zwiększania ilości ścieków deszczowych, podobne, ale o mniejszych średnicach tunele kanalizacji deszczowej zapewne będą budowane także w naszych aglomeracjach. W Polsce największym tunelem kanalizacyjnym jest syfon do oczyszczalni „Czajka”, wykonany pod Wisłą w Warszawie o średnicy 4,5 m. Zostały w nim umieszczone dwie rury o średnicy 1,6 m transportujące ścieki. Tunele wieloprzewodowe budowane są również w innych krajach z umieszczanymi w ich wnętrzu różnymi sieciami i kablami. Zainteresowanych tą problematyką czytelników zapraszam do zapoznania się z książką *Tunele wieloprzewodowe dawniej i współcześnie*, która ukazała się w Wydawnictwie Politechniki Świętokrzyskiej. Opisane inwestycje wymagają niezwykle starannego przygotowania na etapie koncepcji i projektowania, poprawnego wykonawstwa, a w okresie późniejszym prawidłowej eksploatacji. Świadczą o tym chociażby zaistniałe awarie tunelu deszczowego w Kuala Lumpur, jak i warszawskiego syfonu.