

Tunele nie tylko komunikacyjne

Z **prof. Anną Siemińską-Lewandowską** oraz **dr. Wojciechem Grodeckim**

rozmawiają Mariusz Karpiński-Rzepa i Anna Biedrzycka, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne



Światowe budownictwo podziemne przeżywa okres niezwykłego rozkwitu. Jaki jest postęp w dziedzinie budowy tuneli? Jak na tle innych krajów europejskich sytuuje się Polska?

Wojciech Grodecki: Postęp w budowie tuneli jest ogromny, ponieważ uświadomiono sobie, najwcześniej w krajach zachodnich i azjatyckich, że są one jednym z podstawowych sposobów rozwiązywania problemów komunikacyjnych dużych miast. Narastanie tych problemów przyspieszyło rozwój technologii pozwalających na uzyskiwanie większych postępów robót. Jeszcze w latach 30. i 40. XX w. w budowie tuneli stosowano głównie metody tradycyjne, klasyczne. Później, wraz z rozwojem komunikacji, nastąpił gwałtowny rozwój z jednej strony samej techniki tunelowej, a z drugiej – postęp w osiąganych długościach obiektów. Najdłuższe tunele kolejowe na świecie przekroczyły już 50 km długości, natomiast tunele samochodowe są krótsze z powodu trudniejszego ich zwentylowania; najdłuższy z nich ma 24 km. Przełom nastąpił w latach 60. i 70., kiedy wynaleziono zmechanizowane maszyny drążące, tzw. tarcze TBM. Przyspieszyło to proces drążenia i zapewniło większe bezpieczeństwo prowadzenia robót. Stale udoskonalane tarcze stosuje się obecnie z powodzeniem na całym świecie. W użyciu są głównie dwa typy: zawieszinowe (*slurry shield* – SS) oraz wyrównanych ciśnień gruntowych (*earth pressure balance* – EPB). W Polsce za pomocą tarczy zawieszinowej wydrążono w Warszawie tunel kanalizacyjny pod Wisłą o długości ok. 1300 m, a obecnie dwie tarcze EPB drążą tunele II linii warszawskiego metra. W najbliższym czasie przystąpią do pracy dwie następne takie same tarcze, natomiast kolejna, o dużo większej średnicy, drążyć będzie tunele samochodowe na trasie im. Sucharskiego pod Martwą Wisłą w Gdańsku. Konstruktorzy projektują tarcze o coraz większej średnicy. Tarcze zastosowane do budowy



prof. dr hab. inż. Anna Siemińska-Lewandowska

ukończyła studia w 1973 r. na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej (WIL PW) o specjalizacji mosty i budowie podziemne. Kolejne stopnie naukowe w specjalności geotechnika i budowie podziemne uzyskała w PW – doktora w 1986 r. i doktora habilitowanego w 2001 r. W 2011 r. prezydent RP Bronisław Komorowski nadał jej tytuł profesora w dziedzinie nauk technicznych. Od 1973 r. pracuje w Instytucie Dróg i Mostów PW, a od 2004 r. kieruje Zakładem Geotechniki i Budowli Podziemnych na WIL. Prowadzi prace badawcze dotyczące obudów głębokich wykopów i ich współpracy z podłożem. Metody analizy statycznej ścian głębokich wykopów, prognoza ich przemieszczeń w ujęciu MES i kalibracja modeli konstytutywnych gruntów oraz dobór ich parametrów, a ostatnio zmechanizowane metody budowy tuneli, wpływ tunelowania tarczą TBM na środowisko – to zagadnienia, którymi się zajmuje. Efektem tych rozważań są liczne publikacje oraz wydana w 2010 r. monografia *Głębokie wykoppy, projektowanie i wykonawstwo*. Bierze udział w tworzeniu krajowych przepisów normalizacyjnych z dziedziny geotechniki. Od 2007 r. jest sekretarzem naukowym Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Od 2008 r. pełni funkcję przewodniczącej Podkomitetu Budownictwa Podziemnego Polskiego Komitetu Geotechniki i jest delegatem Polski do General Assembly (Zgromadzenia Ogólnego) Międzynarodowego Stowarzyszenia Tunelowego ITA-AITES (International Tunnelling Association) i do Komitetu Technicznego 204 Tunnelling in Soft Ground w ISSMGE.

metra w Warszawie mają średnicę 6,20 m i są zaliczane do średniej wielkości. Tymczasem tarcza projektowana do budowy tunelu w Petersburgu będzie mieć średnicę ponad 19 m. Ostatni rekord (15,7 m) padł w Szanghaju, teraz w Petersburgu wykonany będzie kolejny, niesamowity skok. A jeszcze nie tak dawno postęp w średnicy tarczy mierzono w centymetrach!

Powoli zaczynamy odrabiać dystans w zakresie budownictwa podziemnego, który dzieli nas od krajów zachodnich.



dr inż. Wojciech Grodecki

Absolwent Wydziału Budownictwa Lądowego PW, specjalność mosty i budowie podziemne (1961), dr nauk technicznych w dziedzinie mechaniki gruntów i fundamentowania (1972). Od 1963 r. zatrudniony w Zakładzie Budowli Podziemnych, następnie w Katedrze Mostów i Budowli Podziemnych oraz w Zakładzie Geotechniki i Budowli Podziemnych Instytutu Dróg i Mostów WIL PW na stanowiskach asystenta i starszego asystenta, a w latach 1971–2003 na stanowisku adiunkta. W latach 1981–1984 pełnił funkcję prodziekana WIL PW ds. studenckich oraz wicedyrektora ds. naukowych w Instytucie Dróg i Mostów PW. Po przejściu na emeryturę 2003 r. wykłada przedmiot Budowle podziemne w Instytucie Dróg i Mostów PW. Był zatrudniony w Biurze Projektów Groupe d'Etudes et d'Entreprises Parisiennes w Paryżu na stanowisku kierownika dwóch zespołów projektantów (1962–1963), w Centrali Handlu Zagranicznego CENTROZAP na stanowisku generalnego projektanta – zastępcy kierownika budowy ds. projektowania (1988–1989), w przedsiębiorstwie COSIDER SA na stanowisku naczelnego inżyniera kierującego projektowaniem metra w Algierze (1990–1992), w Biurze Projektowo-Konsultingowym STOLICA Sp. z o.o. w Warszawie na stanowisku wiceprezesa zarządu, dyrektora ds. technicznych (m.in. opracowanie projektu technicznego OŚ „Południe” w Warszawie, (1993–1996), w Warbud SA w Warszawie na stanowisku dyrektora ds. rozwoju i systemów zarządzania jakością (projektowanie i realizacja stacji metra Ratusz i Marymont, 1997–2010).

Jest autorem lub współautorem ponad 200 ekspertyz i opinii technicznych. Od 1975 do 1981 był sekretarzem naukowym Sekcji Mechaniki Gruntów i Skał oraz Fundamentowania Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, w latach 2000–2008 przewodniczącym Podkomitetu Budownictwa Podziemnego Polskiego Komitetu Geotechniki, członkiem zarządu PKG, stałym delegatem Polski do Zgromadzenia Ogólnego ITA-AITES. Były członek władz Stowarzyszenia Inżynierów Doradców i Rzeczników SIDiR, członek (od 2008) sekcji Geotechniki i Infrastruktury Podziemnej KILiW PAN.

Metro działa na razie tylko w stolicy, ale już w latach 70. XX w. czyniono przybliżenia do budowy metra w Krakowie, w Szczecinie, w Łodzi i w Katowicach (górnoląska kolej podziemna). Później zrezygnowano z tych planów z powodów finansowych i głębokiego przekonania, że tunele są bardzo drogimi inwestycjami i można inaczej rozwiązać problemy komunikacyjne. Okazało się jednak, że nie przewidziano tak dużego wzrostu liczby samochodów. Obecnie władze Wrocławia rozważają koncepcję budowy metra. W Krakowie ścierają się poglądy co do tego, czy rozwijać szybki tramwaj podziemny czy metro. Sam fakt, że prowadzona jest taka dyskusja świadczy o tym, że temat powrócił i jest aktualny. Przewidywana jest także budowa dużych tuneli kolejowych pod Łodzią, łączących, pod zabudową miasta, dworce Łódź Fabryczna i Łódź Kaliska. Inwestycja miała być realizowana w połączeniu z programem budowy kolei dużych prędkości (KDP), który został przesunięty w czasie, ale można mieć nadzieję, że wcześniej lub później tunele te zostaną zbudowane. Po pierwsze, decydenci zrozumieli, że bez budownictwa tunelowego nie da się rozwiązać problemów komunikacyjnych na terenach zurbanizowanych, i po wtóre, co jeszcze nie w pełni rozumiano, że koszty budowy tuneli, aczkolwiek wysokie, nie mogą być rozpatrywane w oderwaniu od kosztów eksploatacyjnych. Kiedy zsumuje się koszty inwestycji i późniejszej eksploatacji, okazuje się, że tunele są konkurencyjne w stosunku do innych obiektów inżynierskich, np. mostów czy estakad. Jako przykład podam, że pierwsza koncepcja przedłużenia linii kolejowej do terminala Lotniska Chopina w Warszawie zakładała budowę estakady. Podkomitet Budownictwa Podziemnego zgłosił swoje uwagi i inwestor, PKP Polskie Linie Kolejowe SA, przychylił się do koncepcji tunelu, mimo że sama budowa estakady według wyceny projektantów byłaby tańsza.

Anna Siemińska-Lewandowska: Pod względem technologii wykonywania podziemnych obiektów metodami odkrywcowymi Polska reprezentuje światowy poziom. Kiedy w latach 70. uczyliśmy studentów budowy ścian szczelinowych, niezbędne było ściąganie filmów z zagranicy z przykładami realizacji francuskich czy włoskich. Obecnie polskie firmy całkowicie opanowały umiejętność budowania ścian szczelinowych. Wykorzystano tę technologię np. w konstrukcji stacji Rondo Daszyńskiego i innych stacji I i II linii stołecznego metra, podziemnych



Tunel Malpas – Canal du Midi (Kanał Południowy) na południu Francji, fot. A. Siemińska-Lewandowska

parkingów, większości nowo zbudowanych biurowców w Warszawie, Krakowie i innych miastach w kraju. To duża przyjemność móc pójść ze studentami na budowę, aby obejrzeć wykonywanie szybów startowych tarcz TBM w ścianach szczelinowych, budowę metodą stropową stacji i samo drążenie tarczą.

W Polsce nie buduje się tzw. tuneli głębokich pod dużymi masywami górnymi, dlatego nie spotkamy się z technologią drążenia dużych tuneli komunikacyjnych w skałach. Chociaż ostatnio oddano do użytku tunel w Lalikach wykonany w trudnych warunkach geologicznych fliszu karpackiego, a budowano go tzw. Nową Metodą Austriacką, na świecie nazywaną obecnie konwencjonalną. Do interesujących rozwiązań można zaliczyć propozycję, aby tunele w Świnoujściu, a także w Gdańsku rozwiązać jako tzw. płytkie tunele podwodne, czyli wykonywane metodą zatapiania gotowych elementów. Tą techniką, szeroko stosowaną na świecie, wykonuje się bardzo głębokie tunele, przykładem jest tunel kolejowy pod cieśniną Bosfor i Eiksundtunnel w Norwegii (najgłębszy na świecie tunel drogowy, 287 m p.p.m.).

Od 1978 r. Podkomitet Budownictwa Podziemnego Polskiego Komitetu Geotechniki jest członkiem International Tunnelling Association (ITA-AITES). To organizacja założona w 1974 r., działająca w jej ramach grupy robocze zajmują się różnymi zagadnieniami z dziedziny budownictwa podziemnego, które obecnie są rozwijane na świecie. Raporty z tych prac publikuje się online (<http://www.ita-aites.org/>), część z nich ma charakter rekomendacji, przyjmowanych w niektórych krajach jako norma.

Mówiąc o budowie tuneli metodami zmechanizowanymi, warto wskazać dwa obszary. Pierwszym jest sama technologia drążenia i wykonanie konstrukcji

tunelu, drugim – założenia projektowe i technologia produkcji segmentów obudowy, struktura żelbetu czy sposób uszczelnienia złączy pomiędzy segmentami i pustki za obudową. Otwarcie II linii warszawskiego metra będzie dobrą okazją do przyjrzenia się również otoczeniu technologii TMB, bowiem drążenie tarczą miało olbrzymi wpływ na wzrost wymagań jakościowych produkowanych w Polsce prefabrykatów z betonu.

Gdzie jest kolebka budownictwa tunelowego?

Wojciech Grodecki: Pierwszy tunel, o którym istnieje wzmianka historyczna, miał powstać w Babilonie pod rzeką Eufrat, zbudowany, jak zanotował grecki historyk Diodor Sycylijski, w latach 2180–2160 p.n.e. Jednak nie zachowały się żadne materialne pozostałości tego obiektu. Wiele tuneli, zwłaszcza wodociągowych, było budowanych w starożytności. Z tego okresu (VIII w. p.n.e.) pochodzi np. bardzo ciekawie zbudowany tunel wodociągowy w Jerozolimie, gdyż jego budowniczy w celu przyspieszenia robót drążyli go z dwóch stron jednocześnie. Początki zastosowania metody tarczowej wyznacza rok 1825, kiedy po raz pierwszy zastosowano tarczę do budowy tunelu pod Tamizą w Londynie. Projekt i patent tarczy opracował w 1818 r. Marc Isambard Brunel. Od powstania tarczy brunelowskiej minęły prawie dwa wieki, w czasie których dokonał się przeogromny postęp w tej technologii, przede wszystkim z tarczy ręcznej, tj. z ręcznym urabianiem gruntu, stała się tarczą zmechanizowaną.

Anna Siemińska-Lewandowska: Najstarszy tunel komunikacyjny na świecie jest w dalszym ciągu eksploatowany. Jest to tunel Malpas na Canal du Midi (Kanał Południowy) na południu Francji, zbudowany w 1681 r. Na odcinku o długości 173 m kanał przechodzi pod wzgórzem



Budowa metra w Singapurze, fot. M. Mitew-Gajewska

w tunelu, co jest pierwszym tego typu rozwiązaniem na świecie. Canal du Midi wraz z Canal Latéral à la Garonne stanowi część drogi wodnej między Atlantykiem a Morzem Śródziemnym. Został zbudowany głównie dla celów handlowych – transportu wina z Bordeaux do portu w Narbonne i dalej do miast basenu Morza Śródziemnego. Tym tunelem również obecnie poruszają się barki, chociaż dzisiaj jest bardziej atrakcją turystyczną niż drogą handlową. Budowie inżynierskie projektuje się na 100 lat, a ten obiekt liczy ponad trzy razy tyle.

Wojciech Grodecki: Bardzo interesującym obiektem inżynierskim jest tunel wodociągowy w Atenach, zbudowany na przełomie I i II w. Przez pewien czas spełniał swoją funkcję, dostarczając wodę z okolicznych gór do miasta. Kiedy Ateny z wielkiej metropolii stały się pod panowaniem tureckim prowincjonalnym miastem, o tunelu zapomniano. Po odzyskaniu przez Grecję niepodległości w 1830 r. amerykańscy archeolodzy odkryli ten tunel i po bardzo niewielkiej renowacji został on przywrócony do użytku. W dalszym ciągu dostarczana jest nim woda. Istnieje od 19 stuleci, a zatem można powiedzieć, że tunele są długowieczne.

Jakie kraje wiodą prym w budownictwie podziemnym?

Wojciech Grodecki: Doskonali są Japończycy, Południowokoreańczycy i Chińczycy – budują bardzo wiele tuneli z zastosowaniem przede wszystkim tarcz zmechanizowanych. W Europie budownictwo podziemne od dawna rozwija się w krajach, w których na przeszkodzie w rozwoju sieci komunikacyjnych stają Alpy, a więc we Włoszech, we Francji, w Niemczech i w Szwajcarii lub w krajach, w których w wyniku prowadzonej

polityki proekologicznej transport samochodowy kieruje się pod ziemię i na tory kolejowe.

Anna Siemińska-Lewandowska: Do takich krajów należą m.in. Norwegia i Szwajcaria, gdyż skalę budownictwa tunelowego determinuje rzeźba terenu i możliwości finansowe państwa. Do niedawna liczyła się też Hiszpania, która budowała dużo i szybko (obwodnica w Madrycie, linia metra nr 9 w Barcelonie). Trzeba jednak podkreślić, że najwięcej dzieje się na Dalekim Wschodzie, m.in. w Hongkongu, Singapurze, Japonii, Tajlandii czy Korei Południowej. Uczestnicząc w światowych kongresach tunelowych, mamy okazję poznać szczegóły niebywałych przedsięwzięć, np. byłam pod wielkim wrażeniem prezentacji sieci metra w Seulu. Powstaje prawdziwy kolos, z liniami o długości po 80 km. W Singapurze, gdzie warunki gruntowe są bardzo trudne, w ciągu zaledwie sześciu lat powstała kilkunastokilometrowa linia metra. W Chinach pracuje obecnie kilkanaście tarcz zmechanizowanych. Głównymi producentami maszyn drążących są Niemcy.

Patrząc historycznie, motorem dla budownictwa tunelowego była kolej. Większość dużych tuneli kolejowych powstała pod koniec XIX i na początku XX w., począwszy od pierwszego z wielkich tuneli alpejskich pod Mont-Cenis (1871) o długości ok. 13 km, po najdłuższy do dziś tunel Simplon (1906), który mierzy 19 803 m. Obserwujemy powrót do budownictwa kolejowego – są to koleje dużych prędkości. Większość aglomeracji na świecie stawia na transport podziemny. Dyskusje w Warszawie i w Krakowie na temat wyższości transportu tramwajowego nad transportem podziemnym biegną wbrew światowym trendom i bardzo

mi żal, że przez tego typu dyskusje tak długo odwlekano budowę metra w Warszawie. Niebawem w Baku odbędzie się wielka konferencja tunelowa, co dowodzi, że nawet w byłych republikach ZSRR świadomość konieczności szybkiego rozwoju budownictwa podziemnego jest większa niż u nas, chociaż Polska leży w centrum Europy i jest członkiem UE.

W których rejonach Polski są najtrudniejsze warunki do budowy metra?

Wojciech Grodecki: Nie przeceniałbym znaczenia warunków geologicznych. Stracił rację bytu argument, głównie o charakterze politycznym, jeszcze z czasów PRL, że w Warszawie występuje tzw. kurzawka i w związku z tym nie można budować metra. Ówczesne metody budowy tuneli w trudnych warunkach geologicznych rzeczywiście wymagały zastosowania bardzo kosztownych technologii, zwłaszcza opanowywania wód gruntowych, takich jak np. sztuczne zamrażanie gruntu, stosowanie sprężonego powietrza czy wzmacnianie i uszczelnianie gruntu za pomocą iniekcji. Obecnie zastosowanie tarcz zmechanizowanych w znacznym stopniu ułatwia i przyspiesza bezpieczne tunelowanie nawet w trudnych warunkach gruntowych. Nie ma na terenie Polski gruntów, nie mówiąc o skałach, w których problemy tunelowania są mniejsze, o których można by powiedzieć, że nie nadają się do drążenia tuneli. Oceniając pod tym kątem, nasze warunki geologiczne są przeciętne, tj. nie stanowią specjalnych trudności dla budowniczych obiektów podziemnych.

Anna Siemińska-Lewandowska: Metro w Singapurze zostało zbudowane w formie gruntu, której już sama nazwa zapowiada skalę trudności – *marine silty clay*, czyli ropy muliste morskie. Zastosowano częściowo metodę ścian szczelinowych, a częściowo tarcze TMB i powstała wspólna miejska kolej podziemna. Przeciwnicy budowy metra czy też w ogóle tuneli nie mają tu mocnych argumentów.

Największą „konkurencją” dla budownictwa tunelowego są mosty i estakady?

Wojciech Grodecki: Absolutnie nie. Ale chcąc zbudować np. przeprawę przez jakąś przeszkodę wodną, należy wziąć pod uwagę i most, i tunel. Decyzję powinna poprzedzić analiza techniczna i ekonomiczna obu rodzajów budowli, uwzględniająca także okres eksploatacji. Istotne jest, by nie skupiać się tylko na kosztach samej inwestycji. O nich mówią przede wszystkim ci, którzy oce-

niąją sytuację z krótkiej perspektywy, np. politycy lub samorządowcy, których nie interesuje, co będzie za 50 lat, bo wtedy nie będą już u władzy.

Anna Siemińska-Lewandowska: Mówimy o terenach nizinnych, ale w terenach górzystych, np. w Alpach, trasy drogowe są prowadzone na przemian mostami, estakadami i tunelami, to uzupełniające się obiekty inżynierskie.

Wojciech Grodecki: Natomiast jesteśmy przeciwni budowaniu estakad w centrum. Są nieestetycznym elementem w tkance miasta, zasłaniającym perspektywę ulic. Wynoszenie ruchu na poziom estakady powoduje cały szereg komplikacji, by wymienić tylko rozprzestrzenianie się hałasu i zanieczyszczeń w powietrzu. To wywołuje protesty mieszkańców. W odpowiedzi stawia się albo ekrany dźwiękoszczelne, co dodatkowo powiększa rozmiary tych budowli, albo „tunele” – jak jest na Trasie Toruńskiej w Warszawie, gdzie zbudowano „tunel” na estakadzie. Dziwię się, że przeciwko zasłanianiu historycznej lub nowocześniejszej zabudowy takimi obiektami, jak estakady nie protestują architekci i urbaniści. Jeśli w mieście budujemy tunel, to uwalniamy miejsce na park, ciąg pieszy, teren rekreacyjno-kulturalny lub wreszcie na tereny budowlane. Nieprawdą jest, że nas nie stać na tunele, nie stać nas na marnowanie powierzchni terenu. Tunel zajmuje minimalną część tej powierzchni, ograniczoną w zasadzie do wlotów do niego. Oznacza to, że od kosztów tunelu, w porównaniu do kosztów mostu czy estakady, należy odjąć koszty, które trzeba ponieść na wykupienie terenu pod estakadę. Innymi słowy, rachunek ekonomiczny musi brać pod uwagę wszystkie aspekty rzetelnej analizy.

Anna Siemińska-Lewandowska: Panuje tendencja do wielorakiego wykorzystania przestrzeni podziemnej. Po pierwsze dla celów transportowych przez lokowanie urządzeń infrastrukturalnych, podziemnych dworców, przesiadkowych stacji metra, połączonych z centrami handlowymi. Z drugiej strony obiekty podziemne dają schronienie w warunkach nieprzychylnego klimatu. W zimnym klimacie zapewniają tysiącom ludziom komfort poruszania się w ogrzewanych przestrzeniach. Z kolei na Dalekim Wschodzie umożliwiają ucieczkę przed upałem. W Hongkongu, Singapurze czy w Seulu można podróżować pod ziemią, kupując, jedząc, przemieszczając się, a nawet mieszkając w klimatyzowanych hotelach. Jeszcze inne wykorzystanie tuneli polega na zabezpieczeniu przeciwpow-



Tunel Laerdal (Norwegia, 26 km) – oświetlenie komór bezpieczeństwa, fot. A. Siemińska-Lewandowska

dziowym. Szczególnie w rejonach występowania deszczów monsunowych takie tunele są prawdziwym wybawieniem. Tunel drogowy w Kuala Lumpur w razie powodzi może być wykorzystywany jako zbiornik retencyjny. W Bangkoku po ubiegłorocznej katastrofalnej powodzi budowane są tunele przeznaczone wyłącznie do gromadzenia wody. Podobny tunel funkcjonuje w Paryżu. W Bostonie istnieje cały system tuneli, które kolejno przyjmują fale powodziowe.

Wojciech Grodecki: Lokowanie pod ziemią obiektów o innym przeznaczeniu niż funkcje komunikacyjne ma również na celu m.in. minimalizowanie zużycia energii. Koszty ogrzewania budynków lub odwrotnie – klimatyzacji w krajach zwrotnikowych i podzwrotnikowych są dużo wyższe niż utrzymanie infrastruktury pod ziemią.

Anna Siemińska-Lewandowska: Są już pierwsze jaskółki nowej filozofii myślenia w Polsce. Udało nam się nakłonić projektantów tzw. Nowego Centrum Łodzi, czyli obiektów dworca i centrum kulturalnego, które ma tam powstać, do zaprezentowania tego projektu podczas ITA-AITES World Tunnel Congress w Helsinkach w 2011 r. Było to bardzo interesujące wystąpienie. Co roku składamy stowarzyszeniu ITA-AITES raport na temat tego, co się dzieje w naszym kraju w dziedzinie budownictwa podziemnego. Z roku na rok ten raport jest obszerniejszy. W ostatnim, opublikowanym z okazji kongresu w Bangkoku, wymieniliśmy tunel w Lalikach (metoda konwencjonalna), II linię metra w Warszawie (bardzo głębokie stacje i tunele drążone tarczą TMB), tunel pod Wisłą do OŚ „Czajka” (tarcza zawieszona), tunel na lotnisko Okęcie.

Jakich inwestycji tunelowych możemy się spodziewać w najbliższym czasie?

Wojciech Grodecki: Kilka tuneli jest już planowanych na tej samej trasie, przy której powstał już 678-metrowy tunel w Lalikach prowadzący z Żywca do gra-

nicy ze Słowacją, czyli S69. Rusza budowa tunelu pod Martwą Wisłą w Gdańsku. Będzie to pierwszy w Polsce podwodny tunel drogowy, drążony tarczą dużej średnicy – ok. 10–11 m. Trasa będzie liczyć ok. 1900 m, z czego sam tunel, a w zasadzie dwa tunele – osobny dla każdej jezdni z dwoma pasami ruchu – ponad 1370 m. Wciąż odsuwane jest wykonanie tunelu pod Świną w Świnoujściu, choć prace koncepcyjne były już bardzo zaawansowane. Początkowo zamierzano finansować budowę ze środków lokalnych, potem liczone na pomoc województwa, ostatecznie inwestycję przejęła GDDKiA. W Łodzi będzie budowany tunel kolejowy dojazdowy od strony Kuluszek do stacji Łódź Fabryczna. Jak już wspomnieliśmy, połączenie tunelowe Łodzi Fabrycznej z Łodzią Kaliską miało zostać zrealizowane przy okazji budowy KDP łączących Wrocław i Poznań z Łodzią i Warszawą (projekt Igrep). Plany budowy KDP zostały jednak odsunięte do 2030 r. Teraz wykonuje się tam różnego rodzaju prace inwentaryzacyjne i badania geologiczne.

W Warszawie będzie przedłużany centralny odcinek II linii metra w obu kierunkach; zakończyła się procedura przetargowa na projekt tych części. Liczymy, że w którymś momencie rozpocznie się projektowanie i wykonawstwo III linii metra. Są już takie plany. Na stacji Stadion jest wykonywany fragment umożliwiający połączenie II i III linii. Niektóre miasta zaczynają myśleć o tunelach komunikacyjnych, m.in. od dawna czeka na realizację projekt tunelu pod wzgórzem bł. Bronisławy, w sąsiedztwie Kopca Tadeusza Kościuszki w Krakowie. Istnieje koncepcja budowy tunelu umożliwiającego wjazd do Kościeliska od strony Poronina, omijając Zakopane. Swego czasu burmistrz Krynicy planował, aby za pośrednictwem tunelu wyprowadzić z centrum kurortu tranzyt samochodowy.

Anna Siemińska-Lewandowska: Dobrym przykładem braku perspektywicznego myślenia są zwykle przejścia dla



Wlot od strony francuskiej do tunelu Mont Blanc, fot. A. Siemińska-Lewandowska

pieszych przy dużych trasach komunikacyjnych. Gdyby równocześnie z budową tych dróg zdecydowano się na wykonanie przejść podziemnych, to bez wątpienia poniesione nakłady dawno by się już zwróciły, natomiast nie byłoby tego, co jest w tej chwili, czyli wielomiesięcznych remontów, kosztów wykonania objazdów, zatrzymywania ruchu samochodowego przez potoki sygnalizacji świetlnej itp. W pewnym okresie budowano wiele kładek, np. w Warszawie nad trasą wylotową do Lublina (obecnie zdjęta), do Gdańska czy oddana przed Euro 2012 przy ul. Wawelskiej. Jednak w przypadku naziemnych przejść dla pieszych, niepełnosprawni musi tę drogę pokonać długą pochylnią lub windą, te ostatnie jednak się nie sprawdzają w naszym klimacie i wobec skali wandalizmu. W przejściu podziemnym różnica poziomów do pokonania jest dużo mniejsza, może to być 3–3,20 m, podczas gdy w kładce minimum 5 m.

Wojciech Grodecki: Już sama technologia wykonania tunelu może przynieść oszczędności. Np. chcąc zbudować tunel pod Martwą Wisłą metodą tarczową, trzeba zejść znacznie głębiej pod poziom dna niż gdyby wykonywano go metodą zatapiania prefabrykowanych elementów. W przypadku metody tarczowej o średnicy 10–11 m odległość między dnem rzeki a stropem tunelu, w zależności od warunków geologicznych, musi wynieść co najmniej 8–10 m, a poziom jezdni będzie położony jeszcze ok. 8 m głębiej. Stosując metodę zatapiania, między dnem a stropem tunelu jest 1,5–2 m, a poziom jezdni znajdzie się głębiej o dalsze ok. 6 m. Podsumowując, w przypadku tunelu wykonanego metodą tarczową najniższy poziom jezdni znajdzie się na głębokości ok. 15–16 m pod dnem rzeki, a w przypadku metody zatapiania prefabrykowanych prostokątnych w przekroju elementów prefabrykowanych odpowiednio na

głębokości 8 m. To oznacza, że długość dojazdów i całej przeprawy z tunelem „zatapianym” znacznie się skróci, jeżeli przyjąć taki sam spadek na dojeździe w przypadku obu technologii. Pokonując większą różnicę wysokości, spala się więcej paliwa, a te koszty są przerzucane na kierowców. Wszystkie tego rodzaju argumenty trzeba rozważyć, wybierając technologię, i to w perspektywie kilkudziesięciu lat użytkowania tunelu.

Czy istnieją inne, prócz finansowych, powody przemawiające przeciw budowie tuneli, np. dotyczące bezpieczeństwa i warunków ich użytkowania?

Wojciech Grodecki: Największym zagrożeniem w tunelach są pożary, do których rzeczywiście dochodzi. Opracowano cały szereg działań mających na celu zminimalizowanie możliwości wybuchu pożarów, a zarazem stworzenie takich warunków, w przypadku ich wybuchu, aby uratować z nich jak najwięcej ludzi. Są to systemy wykrywania pożaru, systemy wentylacji i oddymiania, systemy informacyjne, wyposażenie tuneli w sprzęt ratunkowy, schrony i drogi ewakuacyjne. Dla dużych tuneli opracowane są specjalne procedury postępowania na wypadek pożaru oraz szkolenia ekip ratunkowych.

W krajach alpejskich, w odniesieniu zwłaszcza do tuneli samochodowych, jeszcze przed oddaniem ich do eksploatacji przeprowadza się szeroką akcję informacyjną za pośrednictwem mediów i ulotek, jak powinien zachować się użytkownik tunelu w różnych sytuacjach. Służby odpowiedzialne za zarządzanie ruchem w tunelu wiedzą, jak zareagować w przypadku zagrożenia, jakie są procedury ratunkowe, co mają uruchomić, a co włączy się automatycznie (np. system oddymiania i wentylacji), jednym słowem, istnieją narzędzia do przeciwdziałania wystąpieniu pożarów i ograniczania

ich skutków. Ten problem zarysował się szczególnie ostro w 1999 r., kiedy miały miejsce dwa duże pożary: w tunelu drogowym Tauern, gdzie po kolizji ciężarówki z samochodami osobowymi zginęło od ognia 12 osób, oraz w tunelu Mont Blanc, który to pożar spowodował śmierć 39 ludzi. Nakazano wówczas przebudowę tego tunelu, a Komisja Europejska opracowała dyrektywę, w której sprecyzowano wymagania stawiane tunelom w zakresie ich budowy i wyposażenia. Na trasach transeuropejskich każdy nowo budowany lub modernizowany tunel o długości ponad 500 m musi spełniać te wymagania zapewniające maksimum bezpieczeństwa

Anna Siemińska-Lewandowska: Przed wjazdem do tunelu Mont Blanc każdy tir musi przejechać przez komorę termiczną, która skanuje i sprawdza temperaturę pojazdu i ładunku. Jedną z grup roboczych w naszym stowarzyszeniu zajmuje się bezpieczeństwem ruchu. Bardzo ciekawym zagadnieniem jest aspekt psychologiczny – badane są zachowania tłumu w tunelu, niekoniecznie w razie pożaru, ale zwykłego wypadku. Opracowuje się różne scenariusze, a grupa ta blisko współpracuje z psychologami. Dużą trudność sprawia np. nakłonienie ludzi do ewakuacji, bo jak wynika z doświadczeń, gdy zaczyna się coś złego dziać, pasażerowie najczęściej nie chcą wysiadać z samochodów. Polecam stronę WWW operatora Gotthard Base Tunnel (<http://www.alptransit.ch/>), gdzie w czasie rzeczywistym można obserwować różne sytuacje, i mimo że jest to tunel kolejowy, system bezpieczeństwa i ewakuacji został tam opracowany perfekcyjnie.

W Alpach budowany jest kolejny tunel, który zapowiada się na najdłuższy tunel kolejowy na świecie. Będzie przebiegał pod przełęczą Brenner, między Innsbruckiem a Bolzano, i liczył 63 km. Budują go wspólnie Włosi i Austriacy, a powstanie do 2022 r. Brenner jest jedną z najważniejszych alpejskich przełęczy. Prowadzi przez nią najdogodniejsza droga tranzytowa łącząca Niemcy z Włochami przez Innsbruck w Tyrolu i Monachium w Bawarii. Obecnie przejeżdżają przez nią co roku ponad dwa miliony ciężarówek. Jednak w zimie, przy dużych opadach śniegu, staje się niedostępna, ciężarówki stoją w długich korkach. Tunel kolejowy niejako dubluje trasę drogową. To unaocznia jeszcze jedną zaletę tuneli – niezależność od warunków atmosferycznych. Budownictwo tunelowe reprezentuje nowoczesność w budownictwie inżynierskim.

Dziękujemy za rozmowę.



GONAR SYSTEMS INTERNATIONAL

Posiadamy Aprobatę Techniczną IBDiM oraz Krajowy Certyfikat Zgodności w zakresie stosowania naszych systemów do rozwiązań tymczasowych oraz trwałych.

Firma Gonar Systems International jest producentem systemów samowierzących iniekcyjnych kotew, mikropali i gwoździ gruntowych.

Wyroby firmy znajdują swoje zastosowanie:

- w geotechnice do zabezpieczeń powstających osuwisk
- w budownictwie podziemnym jako obudowa wstępna i kotwiowa tuneli, wyrobisk korytarzowych i komorowych
- w przemyśle wydobywczym do wzmocnienia górotworu oraz wiercenia otworów strzałowych, kotwicznych, technologicznych i innych
- w przemyśle komunikacyjnym do wzmocnienia skarp nasypów i wykopów drogowych, autostradowych bądź kolejowych oraz posadowienia wyposażenia na mikropalach
- w budownictwie do zabezpieczania ścian wykopów oraz posadowienia i podchwytywania fundamentów za pomocą mikropali



GONAR Systems International sp. z o.o.

ul. Obroki 109
40-833 Katowice

www.gonar-systems.com

Sekretariat

tel.: +48 32 20 71 201
fax.: +48 32 20 71 250

gsi@gonar.com.pl

Dział Handlowy:

tel.: +48 32 20 71 295, +48 32 20 71 220
fax.: +48 32 20 71 296

mariusz.maltazar@gonar-systems.com