

15

UKRYTE, ALE NIESAMOWITE – TUNELE DROGOWE

15.1 WSTĘP

Zasadniczym zadaniem tuneli jest ułatwienie komunikacji. Choć tunele budowano już w Starożytności, to burzliwy rozwój budownictwa tuneli wiąże się z wytyczaniem szlaków kolejowych łączących różne regiony Europy w drugiej połowie XIX wieku. Środek naszego kontynentu zajmują Alpy, których łańcuch rozciąga się na przestrzeni 1200 km. Alpy, jak i inne europejskie łańcuchy górskie stanowią trudną do pokonania przeszkodę w komunikacji pomiędzy północą a południem naszego kontynentu, ponadto wiele ważnych regionów i ośrodków miejskich leży na obszarach górskich. Góry dają ochronę przed najazdem mieszkańcom dolin, ale w czasie pokoju utrudniają komunikację i handel [8]. Z tego okresu pochodzą Gotthard Rail łączący Lucernę z Lugano (15 km, 1881) oraz Frejus pod Mont Cenis (Włochy-Francja, 13 km, 1871). Takie same trendy, choć nieco później wystąpiły w innych częściach świata (USA i Japonia). Ponieważ znaczenie kolei w Europie nie maleje cały czas powstają nowe tunele, choćby najdłuższy tunel na świecie pod masywem Gottharda otwarty w tym roku (Szwajcaria, 57 km, 2018).

Podobna sytuacja powtórzyła się w wieku XX w związku z rozwojem motoryzacji. Powstająca sieć autostrad wymagała budowy wielu tuneli drogowych pokonujących łańcuchy górskie i umożliwiające uniknięcie uciążliwych i czasochłonnych objazdów. W ostatnich czasach, jako efekt rosnącej zamożności społeczeństwa nasilił się proces budowy tuneli ułatwiających dojazd nawet do małych miejscowości górskich. Kolejny ważny trend to budowa tuneli w miastach. Przykładami mogą być tunele Drogowej Trasy Średnicowej w Katowicach (650 m, 2006) i Gliwicach (500 m, 2016) oraz tunel pod Martwą Wisłą w Gdańsku (1377 m, 2016). Drogowe tunele miejskie pozwalają na odciążenie naziemnej sieci transportowej, ukrywając uciążliwy dla miasta ruch drogowy pod powierzchnią Ziemi. Kanalizują ruch tranzytowy stanowiąc alternatywę dla naziemnych obwodnic, ale przede wszystkim ułatwiają ruch lokalny w obrębie miasta dzięki wielu rampom łączącym z siecią naziemną. Przeniesienie sporej części ruchu drogowego pod powierzchnię umożliwia lepsze kształtowanie przestrzeni miejskiej w sposób przyjaźniejszy dla mieszkańców [5].

Tunele, choć spełniają bardzo ważną rolę w komunikacji, a zatem w życiu i rozwoju społeczeństwa są nieefektywne. Po prostu są ukryte pod powierzchnią i trzeba się dobrze natrudzić, aby odszukać na zdjęciu lotniczym wjazd do nich. Z bliska nie jest lepiej – widać tylko portale (rys. 15.1).



Rys. 15.1 Wjazd do tunelu Laliki od południa

Tunele zdają się mieć wyłącznie walory użytkowe i trudno się spodziewać, aby budziły powszechny zachwyt. Wydają się być podobne wszystkie do siebie i nie mają żadnych szans w porównaniu z innymi dziełami inżynierów. Wiadukty lub unikalne budynki, okrutnie oprócz spełniania roli, do której są przeznaczone często zachwycają swoim pięknem. Naturalny, bezpośredni podziw budzi rozmach, kształt, wielkość, osadzenie w otoczeniu albo struktura. Znaczenie mogą też mieć rozmaite skojarzenia związane z obiektem. Rys. 15.2, przedstawia wiadukt w Millau na rzekę Tarn we Francji.



Rys. 15.2 Wiadukt w Millau

Źródło: [CC-BY-SA Richard Leeming]

Środkowy pylon wiaduktu jest wyższy od wieży Eiffla, a cała budowla, przez swoją pozorną lekkość nie zaburza krajobrazu Oksytanii.

Bywają również obiekty, w których wszystko jest podporządkowane jednemu celowi, a inne względy, w tym walory estetyczne nie odgrywają żadnej roli, budzą podziw, a nawet mogą być uważane za piękne. Rysunek 15.3 przedstawia zdjęcie lotnicze pancernika USS Iowa w chwili strzelania pełną salwą. Mimo, przedstawia maszynę, która służyła do zabijania, jest to jedna z najbardziej podziwianych grafik w Internecie. A sam okręt, nawet zanim przekształcono go w muzeum, każdą swoją wizytą w jakimkolwiek porcie budził sensację i ściągał tłumy.



Rys. 15.3 Pełna salwa pancernika USS Iowa

Źródło: [Public Domain]

Tunele, nawet te najdłuższe nie mogą liczyć na takie zainteresowanie i podziw. Być może trzeba się nauczyć doceniać to, czego nie widać.

15.2 DLACZEGO SCHODZIMY POD ZIEMIĘ ?

Gdy poszukujemy sposobu na usprawnienie komunikacji na obszarze górskim, budowa tunelu wydaje się chyba naturalnym rozwiązaniem – jesteśmy tu, a chcemy dotrzeć tam, zatem musimy się przebić przez góry. Można to ‘przebić’ potraktować dosłownie, więc budujemy tunel.

W dużym mieście powody są inne: przynajmniej w godzinach szczytu obserwujemy ciągły paraliż ruchu drogowego. Miasto jest wypełnione samochodami do granic możliwości, a życie mieszkańców w ścisłym centrum jest uprzykrzone przez hałas, spaliny i zatory. Tu można szukać wielu rozwiązań, ale większość z nich polega na wycinaniu z przestrzeni miejskiej coraz większych fragmentów na coraz szersze drogi. To nie sprzyja jakości życia w miastach. Ale można się posłużyć myśleniem synektycznym [1, 6] – pomarzyć o skoku w nadprzestrzeń i błyskawicznie ominąć widoczne bariery. Wychodzimy zatem

z dotychczasowo rozważanej przestrzeni i szukamy drogi w innym wymiarze – czyli znów budujemy tunel.

Motywacją może być też ochrona przyrody lub krajobrazu – w zamożnych krajach częste są przypadki niewielkich miejscowości, gdzie praktycznie cały ruch drogowy zostaje ukryty pod powierzchnią ziemi. Pozostaje tylko idylliczne miasteczko z niewielkim, lokalnym ruchem.

15.3 TUNEL JAKO DZIEŁO INŻYNIERSKIE

Istota tunelu to pustka pod powierzchnią Ziemi, w zasadzie całkowicie ukryta przed wzrokiem. Mimo to każdy tunel zawiera sporo ludzkiej wiedzy, a ich jego budowa wymaga pokonaniu wielu problemów natury organizacyjnej i technicznej oraz pociąga za sobą olbrzymie koszty. Docenić należy zatem nie to, co widać, a przede wszystkim to, co jest w tunel „wbudowane”. Można posłużyć się analogią z produktami przemysłu półprzewodników: pamięć RAM zawierająca wiele miliardów tranzystorów (1 GB to nieco więcej niż miliard bajtów) mieści się na kawałku krzemu wielkości paznokcia. Trudno o coś bardziej niepozornego, mimo że w tym kawałku krzemu kulminuje kilkadziesiąt lat rozwoju nauki i techniki. Coś takiego musi poruszać wyobraźnię (choć do złożoności układów biologicznych jest jeszcze bardzo daleko). Jeszcze inną próbą pokazania potrzeby odkrywania ukrytych w nauce i technice znaczeń i wrażeń jest porównanie zawartości tabeli 15.1 i rysunku 15.4.

Tabela 15.1 Długości i fal częstotliwości światła widzialnego

długość fali [nm]	częstotliwość [THz]
635-770	480-405
590-635	510-480
565-590	530-510
520-565	580-530
500-520	600-580
450-500	670-600
430-450	700-670
380-430	790-700

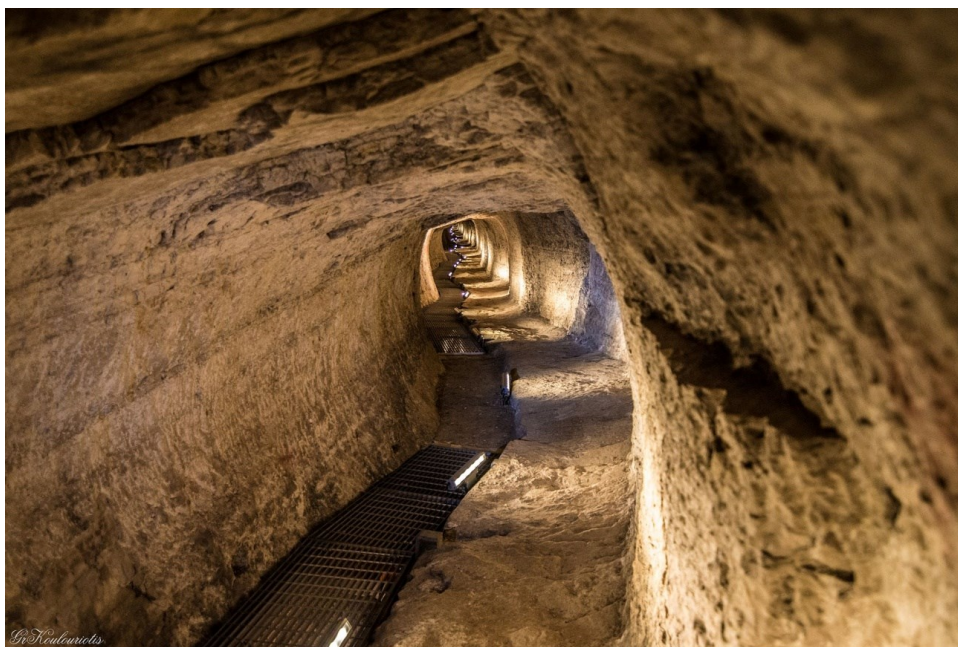
Źródło: [7]



Rys. 15.4 Barwy tęczy odpowiadają zakresom wartości z tabeli 1

Wartości z tabeli 15.1 odpowiadają kolejnym barwom tęczy. Mimo, że doskonale rozumiemy mechanizm fizyczny powodujący powstawanie i cechy tęczy, pozostaje ona dla większości ludzi (w tym dla fizyków) zjawiskiem magicznym. Dobrze byłoby wykształcić umiejętność odnajdywania czegoś analogicznego do tęczy również w wytworach pracy inżynierów.

Pierwszym znanym tunelem w dziejach jest tunel Eupalinosa na wyspie Samos [2] (rys. 15.5). Ten tunel, spełniający rolę akweduktu powstał w połowa VI wieku p. n. e. Jego długość wynosi 1036 metrów, a budowa trwała około 10 lat. Warto dodać, że prace rozpoczęto z obu stron. To, że przez błąd w obliczeniach w miejscu spotkania różnica poziomów wynosi około 1 m, nie powinno przesłaniać faktu, że Eupalinos wykonał potrzebne pomiary i obliczenia, a przede wszystkim zaufał swojemu kunsztowi. Budowniczy wierzył, a chyba nawet wiedział, że jest w stanie doprowadzić do spotkania obu ekip drążących tunel.



Rys. 15.5 Tunel Eupalinosa (Samos)

Źródło: [CC-BY-SA Grigoris Koulouriotis]

Współcześnie tunele buduje się przy użyciu maszyn, które drążą skałę w tempie kilku metrów na dobę. Dzięki precyzyjnym pomiarom dokładność wykonania jest rzędu milimetrów. To, co w czasach Eupalinosa było jednorazowym wyczynem geniusza, dzisiaj jest solidnym rzemiosłem. Dzięki współczesnej nauce i technice powstają tunele o niespotykanej dotychczas długości przecinające całe masywy górskie, tunele pod centrami miast i tunele podwodne (rys. 15.6). Przemieszczanie się ludzi i towarów staje wygodniejsze i szybsze. Ale to wcale nie oznacza, że budowanie tuneli jest obecnie łatwe i tanie. Każdy tunel jest inny, drąży się go w innej skale, napotykając nieprzewidywalne trudności. Takie przedsięwzięcie trwa latami i pochłania ogromne kwoty.



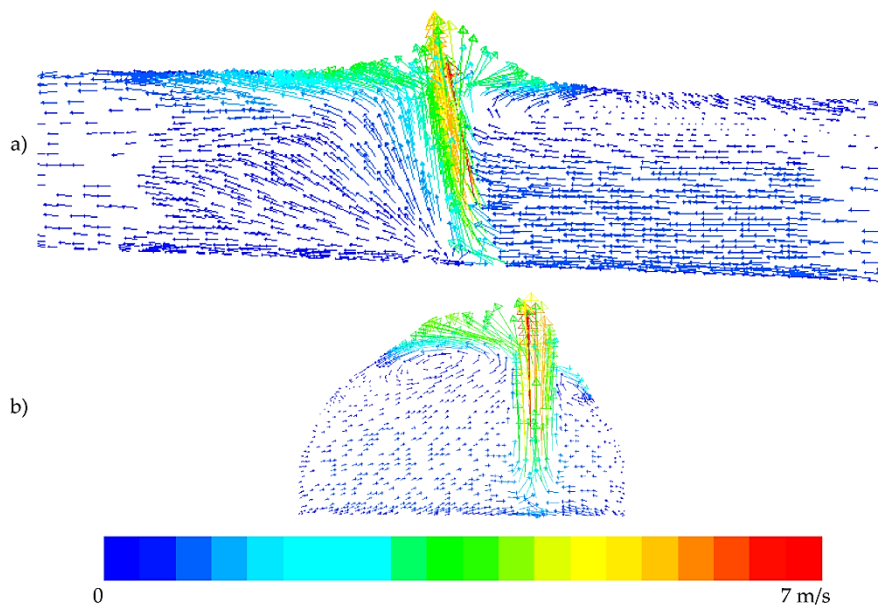
Rys. 15.6 Tunel pod Martwą Wisłą w Gdańsku

Źródło: fot. Aleksander Olszak

15.4 CO ZAGRAŻA UŻYTKOWNIKOM TUNELI

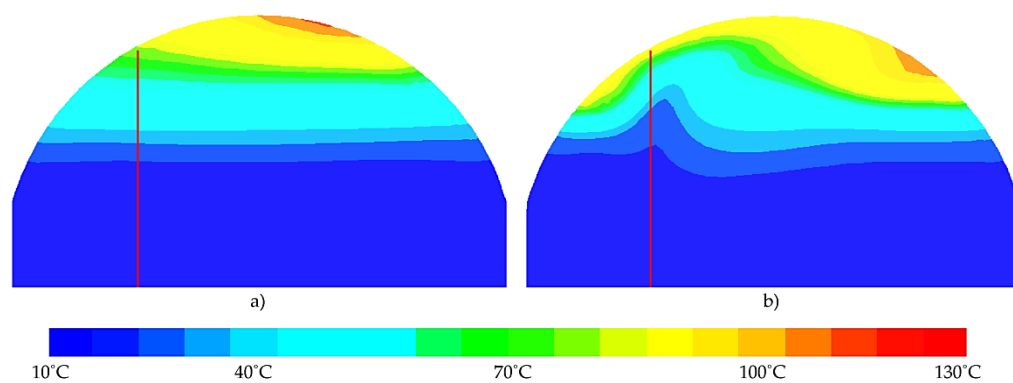
Tunel drogowy jest elementem uspokojenia ruchu – żadnych skrzyżowań, ograniczona prędkość i brak wpływu warunków atmosferycznych powoduje, że wypadki zdarzają się rzadziej niż na innych odcinkach dróg. Ale, gdy do wypadku dojdzie, jego konsekwencje są dużo poważniejsze. Głównie z powodu ograniczonej przestrzeni i utrudnionego dostępu, co przeszkadza w ewakuacji i akcji służb ratowniczych. Sytuacja staje się jeszcze gorsza, gdy wybuchnie pożar. Choć to sam ogień wydaje się być największym zagrożeniem i pobudza wyobraźnię (jak w filmie „Tunel”), w rzeczywistości jego oddziaływanie jest ograniczone do najbliższego sąsiedztwa pożaru. Znacznie groźniejszy jest szybko rozprzestrzeniający się dym, który zawiera toksyczne składniki i ogranicza widzialność. Dlatego tak ważna jest sprawna i szybka ewakuacja, która musi być wspomagana przez wszystkie systemy tunelu. W przeciwnym razie życie wszystkich osób znajdujących się w tunelu jest skrajnie zagrożone [3].

Na szczęście również takie niebezpieczeństwo można zrozumieć i odpowiednio do tego przygotować systemy tunelu. Z drugiej strony, niemal na pewno dojdzie w przyszłości do poważnego zdarzenia w tunelu. Wszelkie działania inżynierów nie zapobiegą temu, ale powinny ograniczyć liczbę ofiar i straty materialne. Jedną z dróg do zrozumienia przebiegu tego, co może się wydarzyć są symulacje numeryczne [9]. Dzięki połączeniu wiedzy i umiejętności fizyków, matematyków oraz informatyków możliwe było stworzenie narzędzi, które w realistyczny sposób odtwarzają zachodzące w trakcie pożaru procesy. I choć przetwarzane są ciągi liczb, wyniki obliczeń mogą być syntetycznie prezentowane w sposób zrozumiały dla człowieka. Użycie pseudo-kolorów powoduje, że wygenerowane obrazy nie tylko efektywnie przekazują treść, ale są również efektowne (rys. 15.7 oraz 15.8).



Rys. 15.7 Rozkład prędkości powietrza i spalin nad źródłem ognia w tunelu

Źródło: [4]



Rys. 15.8 Rozkład temperatury w pobliżu źródła ognia w tunelu

Źródło: [4]

15.5 PODSUMOWANIE

Intencją artykułu było pokazanie tego, co jest z reguły ukryte przed większością ludzi. Reagujemy na to, co oczywiste i uznane. Podziw budzi rozmach, wielkość, piękno zamierzone, jak w dziełach sztuki i naturalne, jak to, które daje przyroda. Ale wiele tworów ludzkiej myśli jest szerzej nieznanymi, podziw dostępny jest tylko dla wtajemniczonych. Używamy na co dzień przedmiotów, korzystamy z różnych rozwiązań bez większego zastanowienia, traktując je, jak coś oczywistego. Tymczasem, dziesiątki tych pozornie oczywistych rzeczy ukrywają sporo ludzkiej myśli, czasem równie imponującej jak ta, która stoi za powszechnie uznanymi dziełami. Zagadnienie to zostało zilustrowane przykładem tuneli drogowych, które chociaż dobrze ukryte, znakomicie ułatwiają komunikację i w miastach i na terenach górskich. Czy w trakcie tych kilku, kilkunastu minut potrzebnych na przejazd tunelem, zastanawiamy się nad ogromem wiedzy

i wyobraźni potrzebnej, aby zbudować ten tunel, od etapu koncepcji do zapewnienia bezpiecznego użytkowania ?

LITERATURA

1. Antoszkiewicz J.: Metody heurystyczne. Twórcze rozwiązywanie problemów, PWN, Warszawa, 1990.
2. Ciechanowicz J.: Cień Minotaura. Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa, 1996, s. 264-268.
3. Król A., Król M.: Estimation of the number of threatened people in a case of fire in road tunnels, w Directions of Development of Transport Networks and Traffic Engineering, Springer, Cham, 2019, s. 27-40.
4. Król A., Król M.: Study on hot gases flow in case of fire in a road tunnel. Energies, 2018, vol. 11 iss. 13, art. no. 590 s. 1-16.
5. Lewandowska A.: Budowa tuneli w aglomeracjach miejskich. Przegląd budowlany 11/2017
6. Limont W.: Synektyka a zdolności twórcze. Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, 1994.
7. Resnick R., Halliday D., Fizyka 1, PWN, Warszawa, 1994.
8. Tellier L. N.: Urban World History: An Economic and Geographical Perspective. Quebec City, Canada: Presses de l'Université du Québec, 2009.
9. Versteeg H.K., Malalasekera W.: An introduction to computational fluid dynamics, the finite volume method, 2nd ed., Pearson Prentice Hall, Glasgow, 2007.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 10.2018

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 11.2018

UKRYTE, ALE NIESAMOWITE – TUNELE DROGOWE

Streszczenie: Tunele są obiektami, które w zasadzie mają tylko cechy praktyczne. Jeśli inne obiekty będące dziełem inżynierów takie, jak wiadukty czy budynki oprócz własności użytkowych mają również walory estetyczne, to tunele lokują się na drugim końcu tej skali. Co więcej, idąc dalej tym tropem odkrywamy, że każdy tunel jest właściwie przeciwieństwem pojęcia obiektu: to dziura, pustka pod powierzchnią Ziemi. Jednak pomimo tak skrajnie użytkowego charakteru tuneli, można z nimi skojarzyć sporo bardziej abstrakcyjnych zagadnień. W artykule omówiono znaczenie tuneli dla współczesnego społeczeństwa, wspomniano kilka ważnych faktów z ich historii oraz wskazano najważniejsze zagrożenia łączące się z użytkowaniem tuneli.

Słowa kluczowe: tunel drogowy, współczesny transport, złożoność, inżynieria

HIDDEN BUT INCREDIBLE – ROAD TUNNELS

Abstract: Tunnels are the objects which in general have only practical features. As far as other objects made by engineers such as viaducts or buildings aside from functional properties have aesthetic values too, the tunnels are located at the opposite end. What is more, it can be revealed that every tunnel is somewhat in contrary to the concept of object: it is just a hole, an empty space under the Earth surface. However, despite such extremely usable characteristic some more abstract ideas can be associated to the tunnels. The paper discusses the importance of tunnels for modern society, some historical facts are mentioned and the most severe dangers connected with tunnels usage are pointed out.

Key words: road tunnel, contemporary transport, complexity, engineering

dr inż. Aleksander Król

Politechnika Śląska, Wydział Transportu
Kraśińskiego 8, 40-019 Katowice, Polska
e-mail: aleksander.krol@polsl.pl