

# Metro w Krakowie niezbędne i wcale nie tak drogie, jak się to przedstawia



Z **prof. dr. hab. inż. ANTONIM TAJDUSIEM**, rektorem AGH w latach 2005–2012, obecnie kierownikiem Katedry Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii, przewodniczącym Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów w kadencji 2013–2016, oraz z **dr. hab. inż. MARKIEM CAŁĄ**, **prof. AGH**, sekretarzem Sekcji Mechaniki Górotworu PAN, członkiem International Society for Rock Mechanics, przewodniczącym małopolskiego oddziału Polskiego Komitetu Geotechniki, rozmawiają **MARIUSZ KARPIŃSKI-RZEPA** i **JOANNA MICIĄK**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

**Minęło już ponad pół wieku odkąd grupa krakowskich uczonych zrealizowała pierwsze prace związane z budową metra w stolicy Małopolski, dając tym samym przyczynek do publicznej debaty na ten temat. Dyskusja ucichła na kilkadziesiąt lat po to, by znów rozgorzeć w ciągu ostatniej dekady. Pojawiły się konkretne propozycje tras, którymi miałyby kursować pociągi trzech planowanych linii, a krakowianie w referendum zorganizowanym w maju 2014 r. opowiedzieli się za realizacją tej inwestycji. Na tym się jednak skończyło. To jeszcze nie jest odpowiedni czas na ostateczne decyzje w tej sprawie?**

**Prof. Antoni Tajduś:** Przeciwnie – już najwyższy czas na to, by zacząć poważnie myśleć o wdrożeniu rozwiązań od dawna z powodzeniem stosowanych w Europie

i na świecie. Niestety zdania w tej kwestii wciąż są podzielone i mimo upływu tak wielu lat część mieszkańców Krakowa, niektórzy reprezentanci środowisk naukowych, a także władze samorządowe i politycy nadal nie chcą dostrzec korzyści płynących z budowy metra. Oczywiście cieszy fakt, że coraz chętniej się na ten temat rozmawia i, co ważne, są to merytoryczne, rzeczowe dyskusje prowadzone publicznie, a nie jedynie w gronie profesorskim, ale z tych rozmów niewiele wynika – kluczowe decyzje wciąż nie zapadają. Tymczasem Kraków już teraz potrzebuje sprawnie funkcjonującego systemu transportowego, gwarantującego pasażerom szybkie, bezpieczne i komfortowe poruszanie się po mieście. Takiego systemu nie da się dziś stworzyć

bez metra. Możliwości przewozu ludzi, szczególnie w obszarze centralnym, dramatycznie się kurczą i tego problemu nie rozwiążemy, jedynie poszerzając sieć transportu zbiorowego o kolejne autobusy i tramwaje, bo dla tych pojazdów nie ma tam już miejsca. Przepustowość głównych szlaków komunikacyjnych dawno się wyczerpała i jeżeli nie zastosujemy optymalnych rozwiązań, miastu grozi paraliż.

**Metro to jedyne skuteczne lekarstwo na te bóleczki? Przeciwnicy tego pomysłu uważają, że Kraków może i powinien swoje problemy rozwiązać w inny sposób.**

**Prof. Marek Cała:** Moim zdaniem to niemożliwe. W planie zagospodarowania przestrzennego przewidziane są nowe linie szybkiego tramwaju, które miałyby kursować do centrum z dużych osiedli położonych na peryferiach miasta. Mają one szansę spełnić swoją rolę jedynie wówczas, gdy ulice okalające Stare Miasto zostaną udrożnione dzięki przeniesieniu części ruchu w tym rejonie pod ziemię. W przeciwnym wypadku żaden z tych tramwajów nie wjedzie do centrum, bo już teraz pojazdy ustawiają się w długich kolejkach do przystanków, a z upływem czasu będzie niestety coraz gorzej. Kraków się dusi i jedynym wyjściem z tej stale pogarszającej się sytuacji jest stworzenie komplementarnego układu komunikacyjnego z metrem jako jednym z elementów, zintegrowanym z innymi środkami transportu. Dodatkowo połączenie całego systemu z siecią parkingów *Park&Ride* mogłoby stanowić skuteczną zachętę do rezygnacji z podróży samochodowych, co w konsekwencji oznaczałoby zatrzymanie ruchu zewnętrznego już na obrzeżach Krakowa. Byłby to pierwszy ważny krok do zmiany sposobu poruszania się po mieście, czego skutki odczuliby mieszkańcy, przyjezdni, turyści i – co równie istotne – miałyby to kolosalne znaczenie także dla środowiska naturalnego.

Powszechnie panuje opinia, że problemy komunikacyjne, z którymi się bory-

Tab. 1. Wybrane rozwiązania premetra w miastach Unii Europejskiej

Premetro	Rodzaj premetra	Długość w km		Liczba stacji		Pręđ. max. w km/h	A. Liczba mieszkańców w tys.	B. Liczba pasażerów w mln rocznie	B/A
		całk.	podz.	całk.	podz.				
Amsterdam	Lekkie	41	31,4	52	33	70	780	59	76
Antwerpia	Lekkie	8,1	5,4	11	7	70	480	ok. 35	73
Charleroi	Lekkie	33	6,8	48	10	70	204	ok. 18	88
Düsseldorf	Lekkie	68,5	11,5	99	17	70	570	ok. 42	74
Frankfurt n. Menem	Ciężkie/lekke	65	38,4	87	51	80	692	118	171
Kolonia/Bonn	Ciężkie/lekke	195	45	216	31	60	1,034	209	202
Stuttgart	Ciężkie/lekke	130	24	203	38	80	613	173	282
Walencja	Ciężkie/lekke/tramwaj	139	19	117	30	60	797	58	70

kamy, rozwiąże szybki tramwaj. Jest to jeden z mitów, które narosły wokół budowy metra w Krakowie. Wbrew obiegowym sądom różnica w zakresie prędkości jazdy między tramwajem a metrem jest bardzo znacząca. Ten pierwszy kursuje bowiem ze średnią prędkością ok. 18 km/h, a przy założeniu, że zawsze miałyby pierwszeństwo przy przejeździe przez skrzyżowanie, mógłby osiągnąć maksymalnie 23 km/h. Tymczasem metro – w związku z tym, iż porusza się po specjalnie wydzielonych torach i jest całkowicie niezależne od innego typu ruchu – jeździ dwa razy szybciej. Pociągi w metrze warszawskim mogą rozpędzać się średnio do ok. 60 km/h, natomiast ich prędkość po uwzględnieniu postojów na stacjach wynosi ok. 36 km/h. Oczywiście nie są one w stanie dotrzeć wszędzie, ale ich niewątpliwą zaletą – i jednocześnie ogromną przewagą nad szybkim tramwajem – jest to, że bezkolidyjnie przecinają największe arterie. Podczas gdy poruszające się po powierzchni pojazdy tkwią w korkach, metro bez problemu i w czasie co najmniej o połowę krótszym dowozi nas do celu.

**W dyskusji na temat nowych rozwiązań komunikacyjnych dla Krakowa strona sceptycznie nastawiona do budowy metra często podnosi argument, że metro, owszem, dobrze się sprawdza, ale tylko w miejscowościach od Krakowa większych. Sam Kraków zaś jest zbyt małym miastem i nie potrzebuje takiej inwestycji.**

**Prof. Antoni Tajduś:** To argument zupełnie chybiony. Metro (lub premetro)

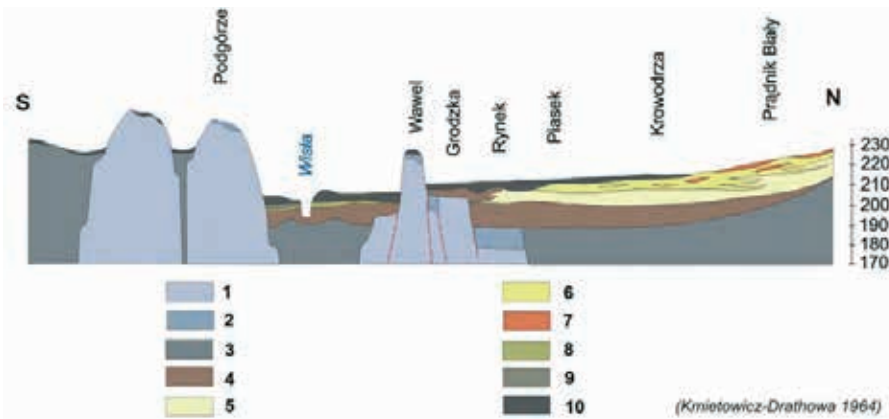
kursuje np. w Antwerpii, Bonn, Dortmundzie, Düsseldorfie, Glasgow, Kopenhadze, Lizbonie, Lozannie, Norymberdze, Oslo, Stuttgarcie, Tuluzie. Każde z tych europejskich miast jest mniejsze od Krakowa, a to wciąż nie koniec tej listy – przykłady można by jeszcze mnożyć. Kraków – drugie – zamieszkuje obecnie ok. 759 tys. osób, a cała aglomeracja, w skład której wchodzi gminy ościennie, liczy ok. 1,467 mln mieszkańców. Do tej liczby trzeba dodać jeszcze ok. 200 tys. studentów przyjeżdżających tu co roku, by się uczyć, a nierzadko także i pracować. Ponadto Kraków jest ośrodkiem turystycznym, który przyjmuje rocznie ok. 8–10 mln odwiedzających. Potrzeby komunikacyjne miasta są zatem ogromne, a dostępne możliwości przestały już je zaspokajać.

Korki, nieprzejezdne ulice, przepełnione autobusy i tramwaje, do tego hałas, unoszące się w powietrzu kurz, pyły i gazy to codzienna rzeczywistość ok. 1,5–2 mln osób, które każdego dnia przejeżdżają przez Kraków. Dalsze administracyjne ograniczanie wjazdu do centrum nic już nie daje, trzeba zacząć myśleć perspektywicznie i zaproponować rozwiązanie, które będzie dogodną alternatywą dla podróży samochodowych, a więc pozwoli szybko dotrzeć z jednego punktu do drugiego, omijając ulice o największym natężeniu ruchu. Metro połączone z innymi środkami transportu i efektywnie działającym systemem parkingowym ułatwiłoby swobodny przepływ strumienia pasażerów. Krakow-

wianie chętniej zostawialiby swoje samochody i przesiadali się do metra, wiedząc, że zamiast tkwić w korkach kilkadziesiąt minut mogą być na miejscu po kwadransie. Przykład warszawski pokazuje, że ok. 30% kierowców rezygnuje z codziennej jazdy autem do pracy. A mniej pojazdów na ulicach to mniej spalin i szkodliwego dla środowiska smogu. Nie wszyscy zdajemy sobie bowiem sprawę z faktu, że przyczyną złego stanu powietrza w Krakowie i okolicach nie jest wyłącznie palenie węglem – przecież latem nikt w domu nie grzeje, a o tej porze roku także bywają dni, kiedy znacznie przekroczone zostają normy emisji gazów. Za taki stan rzeczy w dużej mierze odpowiedzialne są emitowane przez samochody toksyczne substancje. Choćby częściowe ograniczenie ruchu, m.in. poprzez przejście podróżnych przez metro, pozwoliłoby miastu odetchnąć czystszy, mniej skażonym powietrzem.

**Nasze wyobrażenia o metrze zdominowane są przez kolej stołeczną. Tak naprawdę istnieje kilka różnych rozwiązań wykorzystujących przestrzeń podziemną. Czy mógłby je Pan scharakteryzować?**

**Prof. Marek Cała:** Metro warszawskie to typowe metro „ciężkie”, czyli podziemna kolej elektryczna składająca się z kilku bądź kilkunastu wagonów, przewożąca duże strumienie pasażerów (nawet 65 tys. na godzinę w jednym kierunku), poruszająca się po bezkolidyjnych trasach z dużą prędkością (na krótszych odcinkach to ok. 40 km/h, a na dłuższych



Ryc. 1. Schematyczny przekrój geologiczny przez podłoże Krakowa: 1 – wapień jurajskie, 2 – margle kredowe, 3 – ility mioceńskie, 4 – żwiry karpackie, 5 – żwiry wapienne stożka Prądnika, 6 – piaski pleistoceny, 7 – lessy, 8 – piaski holoceny, 9 – gliny holoceny, 10 – nasypy (Kmiotowicz-Drahtowa 1964)

50–80 km/h) i osiągająca znaczące przyspieszenia. Stacje ulokowane są co 800–1200 m (średnio co ok. 1000 m). Pociągi metra ciężkiego kursują głównie w tunelach o odpowiednich rozmiarach, choć mogą poruszać się także po powierzchni terenu lub na estakadach. Tory podlegają ostrym normom dotyczącym łuków, spadków itp.

Oprócz klasycznego metra stosowane są też inne rodzaje rozwiązań w postaci systemów premetra. Wyróżniamy zatem premetro „ciężkie”, które jest w zasadzie metrem „ciężkim” – różni się od typowej podziemnej kolei jedynie tym, że w większym stopniu wykorzystuje przestrzeń naziemną. Na premetro „lekkie” z kolei składają się krótsze pociągi (mogą to być nawet kabiny) o znacznie lżejszej konstrukcji, z reguły zautomatyzowane. Projektowane jest ono tam, gdzie przewiduje się mniejsze obciążenie ruchem niż w przypadku kolei „ciężkiej”, lecz większe aniżeli w przypadku systemu tramwajowego. Linie premetra będą bezkolizyjnie zarówno w części podziemnej (zazwyczaj w miejscach, gdzie tramwaj – ze względu na gęstą zabudowę – jeździ zdecydowanie wolniej), jak i naziemnej (na powierzchni terenu lub po estakadach). Możliwe jest także połączenie klasycznego metra i lekkiej kolei lokalnej – taka hybryda nazywana jest premetrem „ciężkim / lekkim”. W tunelach takiego premetra czasami mogą poruszać się również tramwaje (jak np. w Amsterdamzie).

Obecnie w miastach Unii Europejskiej funkcjonują 64 systemy metra (48 miejscowości ma metro, 16 – premetro). W ciągu ostatnich kilkunastu lat nowe możliwości komunikacyjne zapewniły sobie Kopenhaga, Porto, Rennes, Turyn, Palma de Mallorca, Sewilla i Brescia. Wkrótce pre-

metro kursować będzie także w Maladze, Salonikach, Wilnie, Belgradzie i Zagrzebiu. Ponadto trwają wstępne prace nad projektem premetra we Wrocławiu.

**Który z wymienionych przez Pana systemów najlepiej sprawdziłby się w Krakowie?**

**Prof. Marek Cała:** Najlepszym rozwiązaniem dla Krakowa byłoby premetro „lekkie”, złożone z trzech elementów: części podziemnej biegnącej w obszarze centralnym, pod zabytkową częścią miasta, części naziemnej usytuowanej na powierzchni terenu oraz części naziemnej prowadzonej po estakadach. W tak zaprojektowanym systemie powinny kursować w pełni zautomatyzowane, bezzałogowe, krótkie pociągi, produkowane z myślą o ośrodkach zabytkowych, w których występuje gęsta zabudowa miejska. Część podziemną należałoby wykonywać na głębokości od 15 do 20 m. W niektórych miejscach można zejść niżej, ale nie powinno się przekroczyć granicy 25 m. Do drążenia tuneli w Krakowie najlepiej nadaje się maszyna TBMS wywołująca ciśnienie na przodek tworzonego tunelu przez zawieszoną łożwą bądź bentonitową (*Slurry*) albo gruntowo-plastyfikatorową (EPB) o ciśnieniu do 0,5 MPa. Natomiast budowa większości stacji powinna być prowadzona metodą odkrywkową, w kilku przypadkach można zastosować technikę podziemną.

**Czy drążenie nie zaszkodzi historycznej zabudowie miasta?**

**Prof. Marek Cała:** Nie zaszkodziło w Atenach, Budapeszcie, Pradze, Londynie, Rzymie czy Wiedniu, więc nie powinno zaszkodzić także i u nas. W każdym z tych miast, a to zaledwie kilka przykładów, metro biegnie pod obiektami zabytkowymi (pod mediolańską La Scalą krzyżują się

nawet dwie linie) i – co ważne – nie tylko nie jest dla niej zagrożeniem, ale również w żaden sposób nie narusza jej wyjątkowego charakteru. Stacje metra np. w Pradze czy Budapeszcie są powiązane z innymi liniami komunikacyjnymi, a więc nie stanowią odrębnej zabudowy i nie wyróżniają się na tle budynków o wartości historycznej. Te przykłady pokazują, że przy odpowiedniej aranżacji trasy metra i związanej z nim infrastruktury naziemnej autentyczność zabytkowej tkanki miejskiej nie ulega zatarciu, a technika budowy pozwala uniknąć kolizji z istniejącymi już obiektami. Dzięki dostępnym dziś możliwościom w zakresie drążenia tuneli ryzyko uszkodzenia budowli znajdujących się na powierzchni – oczywiście, jeśli prace będą dobrze zaplanowane i właściwie prowadzone – jest niewielkie. Tym bardziej że wiemy, jak głęboko sięgają pozostałości historyczne w Krakowie – od 10 do 20 m, co nie stanowi obecnie problemu, bo – jak już wspominałem – możemy drążyć tunel nawet na głębokości 25 m. Trzeba jednak pamiętać o tym, że cała zabudowa Starego Miasta nie posiada właściwie wykonanych fundamentów. Są one jedynie przedłużeniem murów piwnicznych, zatem nie mają koniecznego poszerzenia u dołu, a to z kolei powoduje, że ich nośność jest nieodpowiednia. Uwzględnienie tej szczególnej właściwości krakowskiej zabudowy i zapewnienie obiektom niezbędnych zabezpieczeń pozwoli wybudować metro bez uszczerbku dla cennych zabytków.

**A ukształtowanie podłoża? Czy realizacja tego typu inwestycji możliwa jest w panujących w Krakowie warunkach?**

**Prof. Antoni Tajduś:** Niezwykle istotnym czynnikiem jest fakt, że – w związku z tym, iż bazujemy na wynikach prowadzonych od wielu lat badań – dokładnie wiemy, czego możemy spodziewać się podczas drążenia tuneli. Kiedy w drugiej połowie ubiegłego stulecia rozpoczęto wstępne działania związane z budową metra, wykonane zostało rozpoznanie geologiczne. Później ta wiedza uzupełniana była o rezultaty kolejnych analiz, prowadzonych np. w trakcie budowy podziemnych parkingów. Na tej podstawie mogę z całą pewnością stwierdzić, że warunki dla budowy metra w Krakowie są mało i średnio trudne, w odróżnieniu np. od niezwykle skomplikowanych – tak pod względem geologicznym, jak i hydrogeologicznym – warunków warszawskich. Podziemna część krakowskiego premetra

drażona byłaby na obszarze, gdzie występują czwartorzędowe osady piaszczysto-gliniaste (drażenie w tych utworach odbywałoby się głównie przy schodzeniu na właściwą głębokość metra ok. 15–20 m), iły mioceńskie oraz utwory mezozoiczne, jurajsko-kredowe wapienie i margle. Dzięki możliwościom, jakie stwarza dostępna dziś technologia wykorzystująca tarcze wiertnicze TBM, budowa linii metra biegnących pod ziemią nie będzie stanowiła większych problemów. Kłopotliwa może okazać się natomiast budowa stacji. Jak wspomniałem, kilka z nich będzie trzeba wykonać metodą podziemną, a ta niestety pochłania nieco więcej czasu. Zazwyczaj stacje metra tworzy się, idąc z powierzchni ziemi w głąb gruntu, ale przewiduję, że w Krakowie miejscami konieczne będzie działanie odwrotne. W dwóch, trzech przypadkach – tam, gdzie stacje będą powstawać w otoczeniu gęstej zabudowy – prace powinny być prowadzone od dołu ku górze, bez zdejmowania wierzchnich warstw ziemi.

**Osobny, także często dyskutowany na forum publicznym problem stanowią koszty budowy metra w Krakowie. Według przeciwników tej inwestycji są one zbyt wysokie. Jakiego jest Pana zdanie w tej kwestii?**

**Prof. Antoni Tajduś:** Takie opinie oparte są w dużej mierze na porównaniach z wydatkami, jakie w związku z budową metra ponosi Warszawa i nie uwzględniają faktu, że w niespoistych, zawodzionych gruntach – a takie właśnie występują w stolicy – drąży się źle i w związku z tym o wiele drożej. Na koszt wykonania podziemnej części metra czy premetra wpływ ma wiele czynników, w tym m.in. wspomniana budowa geologiczna masywu, w którym tworzony jest tunel, własności fizykochemiczne budujących go skał (gruntu), głębokość posadowienia, kształt i wymiary tuneli, wybrany sposób drążenia, lokalizacja, gęstość i rodzaj infrastruktury naziemnej. I tak, wykonanie tunelu, a zwłaszcza peronów, w masywie skalnym lub gruncie o bardzo niskich parametrach odkształceniowych i wytrzymałościowych kosztuje znacznie więcej niż tam, gdzie parametry te są średnie lub wysokie. Podobnie drążenie pod gęstą zabudową jest znacznie droższe od pracy pod terenem słabo zabudowanym. Ponadto im wyżej metro (premetro) jest posadowione, tym taniej się je buduje. Wszystko to sprawia, że porównanie kosztów realizacji inwestycji w różnych miastach jest nie tyle trudne, co właściwie w ogóle niemożliwe.

Tab. 2. Wg „European Journal of Transport and Infrastructure Research” (Halcrow Fox 2000) średnie koszty budowy różnych części premetra kształtują się na poziomie podanym poniżej

Lokalizacja posadowienia metra (premetra)	Koszt za 1 km w mln zł
Część premetra biegnąca po powierzchni	45–90
Część premetra biegnąca na wiaduktach	90–210
Część podziemna premetra w korzystnych warunkach geologicznych	180–360
Część podziemna premetra w niekorzystnych warunkach geologicznych	360–540

Tab. 3. Autorzy pracy uważają, że koszt wykonania premetra w Krakowie będzie niższy niż szacowany wstępnie na zlecenie władz miasta i będzie wynosił jak podano poniżej

Linia	A	B	C
Długość	19 km	10 km	8 km
Liczba przystanków	19	10	8
Szacunkowy koszt budowy wg Gminy Miejskiej Kraków	(8–12) mld zł	(6–8) mld zł	(4–5) mld zł
Szacunkowy koszt budowy wg autorów pracy	(7–9) mld zł	(4–6) mld zł	(3–4) mld zł

Warunki geologiczne podobne do krakowskich występują np. w Bilbao i Kopenhadze. Tam koszty budowy linii premetra prowadzonych pod ziemią są stosunkowo niskie (Bilbao – 130 mln zł/km, Kopenhaga – 210 mln zł/km). W innych miastach, także mniej skomplikowanych geologicznie niż Warszawa, ceny za kilometr podziemnej kolei kształtowały się następująco: Madryt – 160 mln zł, Sofia – 160 mln zł, Bukareszt – 180 mln zł, Lyon – 220 mln zł. Dla porównania, koszt budowy centralnego odcinka II linii stołecznego metra to ponad 500 mln zł/km. W Krakowie ta suma byłaby przynajmniej o 30% niższa. Według szacunków władz miasta wydatki na trzy planowane linie wynosiłyby: linia A (19 km, 19 przystanków) – 8–12 mld zł (całość projektu), linia B (10 km, 10 przystanków) – 6–8 mld zł, linia C (8 km, 8 przystanków) – 4–5 mld zł. W mojej ocenie te ceny są jednak zawyżone. Uważam, że zapłacilibyśmy mniej, bo kolejno za każdą linię: 6–8 mld zł, 4–6 mld zł, 3–4 mld zł. Inwestycja nie jest zatem tak droga, jak się to publicznie prezentuje, i w żadnym wypadku nie wiązałaby się z koniecznością wprowadzenia wysokich cen za bilety. Oczywiście, Kraków nie będzie w stanie sam zrealizować tego zadania, ale też nie musi tego robić. Zgłosili się inwestorzy, którzy w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego chcieliby częściowo sfinansować budowę premetra. Drugą część potrzebnych środków można by pozyskać z funduszy europejskich. Trzeba się

jednak spieszyć – obecna perspektywa jest ostatnią, kiedy można się ubiegać o dofinansowanie bezzwrotne. Jeśli teraz zmarujemy tę szansę, drugiej już nie będzie.

Dyskusja wokół kosztów budowy metra w Krakowie i tworzenie klimatu, że „za drogo, miasta nie stać na takie wydatki” przypomina mi inną sytuację. Tym razem chodzi o tunel mający być fragmentem drogi ekspresowej S7 pomiędzy Lubniem a Rabką. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad ustaliła warunki, zgodnie z którymi w obu tunelach (w jednym i drugim kierunku) mają biec po trzy pasy ruchu. Tymczasem prowadząca do Lubnia trasa jest dwupasmowa. Nie rozumiem zatem, po co drążyć szerokie na 13 m tunele, których wykonanie będzie znacznie droższe, zamiast wydrążyć dwa tunele o szerokościach ok. 8,5 m w wyłomie na dwa pasy ruchu. Koszt wykonania tych tuneli byłby o połowę niższy. Jeśli inwestycja zostanie zrealizowana według założonych przez GDDKiA wytycznych, zrodzi się tzw. czarny PR. Owszem, udowodnimy, że radzimy sobie z tak skomplikowanymi projektami, ale koszty tego rodzaju działań są gigantyczne. Podobnie jest w przypadku krakowskiego metra – oczywiście można wybrać rozwiązania najdroższe i w ten sposób pokazać, że miasta nie stać na nowoczesność. Można też – i to bym zalecał – postawić na produkty tańsze, o wiele lepiej sprawdzające się w naszych warunkach geologiczno-technicznych.

**Dziękujemy za rozmowę.**