

# Zagrożenie zniszczenia infrastruktury miejskiej na skutek możliwej przypadkowej eksplozji podczas poszukiwań „złotego pociągu”

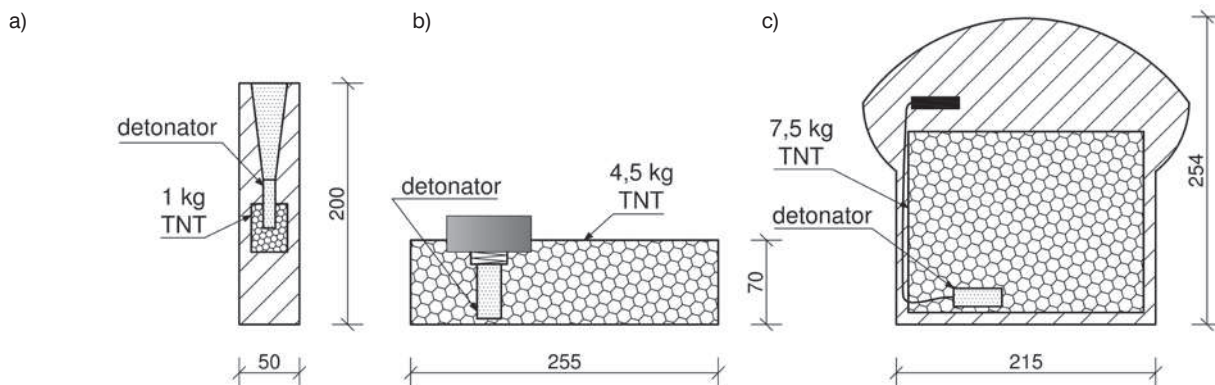
Dr inż. Michał Lidner, ppor. mgr inż. Kamil Sobczyk, Wojskowa Akademia Techniczna

## 1. Wprowadzenie

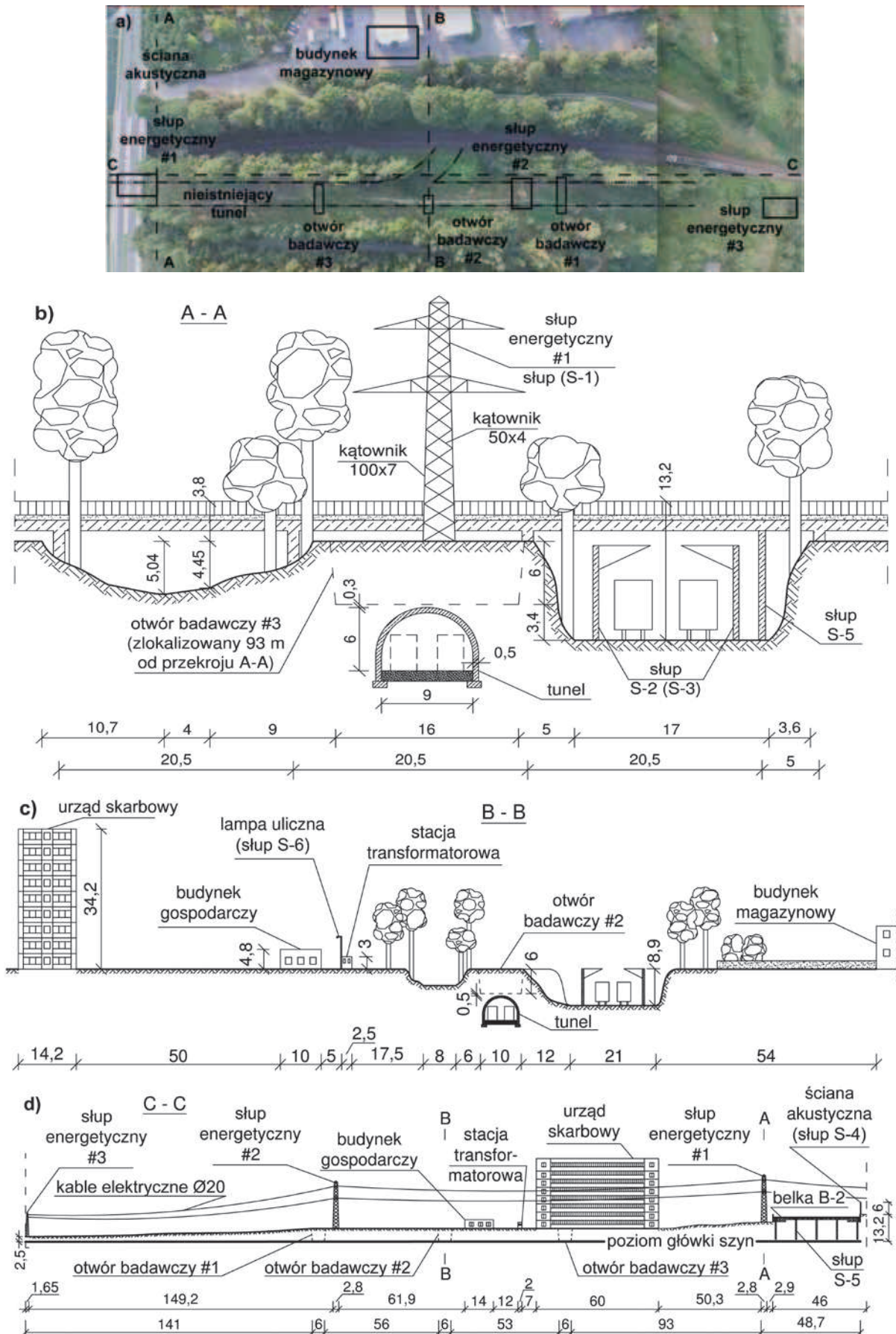
W sierpniu 2015 roku w Starostwie Powiatowym w Wałbrzychu zgłoszono dokonanie odkrycia tunelu z czasów II wojny światowej wraz z pozostawionym wewnątrz pociągiem. Poszukiwania, których rezultatem było powyższe odkrycie, prowadzono metodami nieinwazyjnymi (głównie z wykorzystaniem georadarów). Wyniki uzyskane na podstawie tego typu badania mogą być błędnie interpretowane lub nawet sam zapis źródłowy może podlegać pewnym zniekształceniom na skutek różnych niezamierzonych uwarunkowań pochodzenia naturalnego. Ponieważ nie było całkowitej pewności co do poprawności uzyskanych rezultatów, zdecydowano się na wykonanie próbných otworów badawczych i jednoznaczne rozwianie wątpliwości związanych z istnieniem tunelu oraz pociągu.

Proces uzyskiwania wymaganych pozwoleń na przeprowadzenie wykopu trwał prawie rok. Prace badawcze rozpoczęły się w sierpniu 2016 roku. Jednak jednym z warunków wzbicia przysłowiowej „łopaty” było zapewnienie pełnego bezpieczeństwa ludzi i okolicznego mienia bądź zapewnienie rekompensaty finansowej w ramach jego zniszczenia. Krążyły różne legendy o ładunku pociągu przekazywane ustnie przez okolicznych mieszkańców, które odnosiły się właśnie do bezpieczeństwa eksploracji. Według nich pociąg mógł przewozić nie tylko słynne złoto, ale również dzieła sztuki, cenne minerały, broń chemiczną, broń biologiczną, Bursztynową Komnatę, izotopy pierwiastków promieniotwórczych, a nawet prototyp broni jądrowej. Dodatkowo wszystko miało być zaminowane z użyciem materiałów wybuchowych. Ponieważ nie było możliwe

jednoznaczne potwierdzenie lub zaprzeczenie istnienia pociągu, ani tym bardziej jego zawartości, wymogiem uzyskania zezwolenia na prace odkrywkowe była pozytywna opinia oraz nadzór różnych specjalistów. W przedsięwzięcie zaangażowano: geologów, geodetów, historyków, archeologów, energetyków, inżynierów budownictwa, chemików, fizyków jądrowych, saperów i specjalistów od skażeń biologicznych. Równolegle były też prowadzone analizy zagrożenia zniszczenia okolicznej infrastruktury miejskiej na skutek możliwej przypadkowej eksplozji. Wyróżniono dwa warianty powstania eksplozji: detonacja możliwego zaminowania oraz wybuch wspomnianej bomby jądrowej. We współpracy z innymi specjalistami stwierdzono, że w latach 40. XX wieku III Rzesza nie mogła dysponować gotową do wykorzystania bronią jądrową. Jeśli nawet w pociągu znajdowały się jakieś jej elementy, które mogłyby ulec zniszczeniu na skutek eksploracji tunelu, nie doprowadziłyby do zniszczeń większych niż użycie konwencjonalnych materiałów wybuchowych. W związku z powyższym wnioskiem pozostała do przeanalizowania kwestia zniszczeń na skutek wybuchu konwencjonalnych min. Nikt nie był w stanie stwierdzić, jakie miny mogły być zastosowane w tunelu. Przyjęto trzy możliwe warianty przedstawione na rysunku 1: ciężka mina przeciwpiechotna zawierająca równowartość 1 kg trotylu (TNT), a także miny przeciwpancerne zawierające równowartość 4,5 kg oraz 7,5 kg TNT. Ostatnia z wymienionych to jedna z grupy min zawierających największą ilość materiału wybuchowego w tamtym okresie w zasobach III Rzeszy.



**Rys. 1.** Trzy warianty min przyjętych do analizy: a) przeciwpiechotna mina specjalna, b) przeciwpancerna mina talerzowa, c) przeciwpancerna mina gliniana (opis w tekście, wymiary w mm)



Rys. 2. Szkic sytuacyjny miejsca poszukiwań (rzuty i przekroje, opis w tekście, wymiary w m)

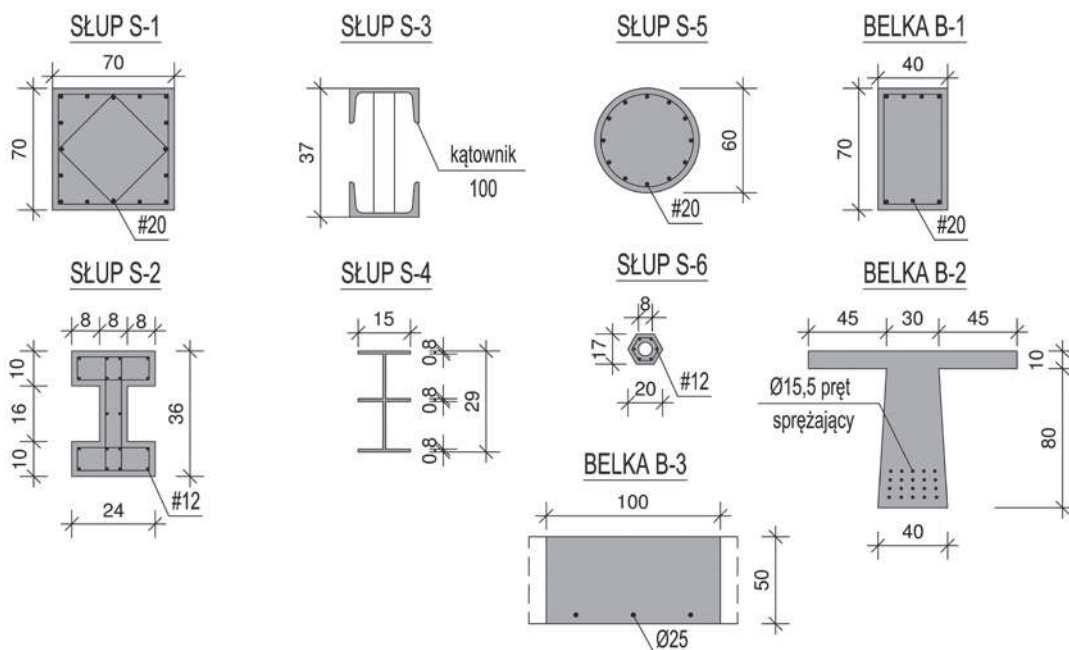
## 2. Opis sytuacyjny miejsca poszukiwań

Miejsce poszukiwań jest zlokalizowane w północnej części Wałbrzycha przy dwutorowej linii kolejowej, nieopodal stacji Szczawienko. Widok z powietrza przedstawiono na rysunku 2a. Istniejąca trasa kolejowa usytuowana jest w przybliżeniu na linii północ-południe w zagłębieniu. Lokalizację tunelu (oznaczono linią kreska – kropka) przewiduje się w odległości kilkunastu metrów na wschód od istniejącej linii kolejowej. Całkowita prognozowana długość tunelu wynosi około 200 m, przy czym fragment z otworem wjazdowym został wrysowany z dużym przybliżeniem ze względu na brak bardziej szczegółowych informacji. Tunel miał być zlokalizowany w skarpie na głębokości około 6 m (rys. 2b), przy czym południową część skarpy stanowią naturalnie występujące w tym miejscu skały. Im bardziej na północ, tym obserwuje się coraz większy udział gruntów sypkich. Przekroje poprzeczne skarpy (przekrój A-A i B-B) przedstawiają rysunki 2b i 2c, a jej przekrój podłużny (przekrój C-C) – rysunek 2d. Po wschodniej stronie tunelu również znajduje się zagłębienie (niecka), w której można zaobserwować pozostałości nieistniejącej obecnie linii kolejowej (w zasadzie tylko podkłady kolejowe). Konstrukcję tunelu przewiduje się jako betonową w kształcie powłoki łukowej (rys. 2b). Grubość powłoki oszacowano na 50 cm (rys. 3, belka B-1). W taki sposób wykonywano typowe konstrukcje budowlane w tamtych czasach, o czym więcej można przeczytać w [1].

Nad miejscem poszukiwań poprowadzono linię elektryczną wysokiego napięcia. Jej oś podłużna w przybliżeniu pokrywa się na rzucie z osią podłużną tunelu. W miejscu poszukiwań zlokalizowane są dwa słupy energetyczne tej linii (#1 i #2) o wysokości około 20 m. Są to słupy mocne, co można poznać po naciągniętych izolatorach. Od strony południowej znajduje się kolejny słup – również mocny (niewidoczny na rysunku 2a), a słup #3 jest słupem przelotowym. Wszystkie

słupy są wykonane jako kratownice przestrzenne o przekroju poziomym w kształcie kwadratu. Krawężniki słupów #1 i #2 wykonano z kątownika równoramienneego 100x7, a skratowanie z kątownika 50x4 (rys. 2b).

Od strony południowej tunelu poprowadzono wiadukt drogowy, którego oś usytuowana jest prostopadłe do osi tunelu, a jego posadowienie bezpośrednio zlokalizowano na skalistych częściach wcześniej opisanej skarpy. Przęśta wiaduktu o rozpiętości 20,5 m wykonano ze sprężonych belek prefabrykowanych oznaczonych na rysunku 2d i 3 symbolem B-2. Każde z przęseł wykonano z 28 takich belek, które związano monolitycznie żelbetową płytą pomostu. Jeden rząd podpór pośrednich w przęśle zlokalizowanym nad istniejącą linią kolejową wykonano ze słupów żelbetowych S-5 o średnicy 60 cm (rys. 2d i 3). Południowa krawędź wiaduktu zakończona jest ścianą akustyczną, której słupy stalowe o profilu S-4 (rys. 3) mają wysokość 6 m i są umieszczone w rozstawie 4 m. W odległości około 100 m w kierunku wschodnim od osi tunelu zlokalizowany jest ośmiokondygnacyjny budynek urzędu skarbowego, a w odległości około 40–50 m budynek gospodarczy, stacja transformatorowa (rys. 2c i 2d) oraz słup z lampą uliczną (rys. 3, przekrój S-6). Ponadto w odległości około 100 m w kierunku zachodnim od osi tunelu znajduje się pięć budynków magazynowych (rys. 2c). Budynek urzędu o wysokości 34 m wykonano w technologii prefabrykowanej, żelbetowej, szkieletowej o poprzecznym rozstawie ram nośnych. Ramy poprzeczne trójramowe. Słupy najniższej kondygnacji mają przekrój 70x70 cm (rys. 3, przekrój S-1), a belki przekrój 40x70 cm (rys. 3, przekrój B-1). Fundamenty bezpośrednie, stopowe. Ściany zewnętrzne wykonane jako prefabrykowane osłonowe. Trzony komunikacyjne umieszczono pomiędzy skrajnymi i przyskrajnymi ramami budynku oraz w jego środkowej części. Pozostałe budynki wykonano w technologii tradycyjnej jako murowane jednokondygnacyjne, posadowione w sposób bezpośredni.



Rys. 3. Charakterystyczne przekroje elementów infrastruktury (opis w tekście, wymiary w cm)



Pozostałą infrastrukturę stanowią: dwa istniejące tory kolejowe wraz z elektryczną trakcją kolejową. Podpory trakcji wykonano z dwóch rodzajów słupów: żelbetowych (rys. 3, przekrój S-2) i stalowych (rys. 3, przekrój S-3). Oba rodzaje słupów stosowano zamiennie. Wydaje się jednak, że rodzaj przekroju słupa w danym miejscu był ustalony jedynie losowo w sposób „chybił – trafił”. Ponadto do wyżej wymienionej grupy obiektów można zakwalifikować kilkaset drzew o maksymalnej średnicy pnia około 20 cm i wysokości około 15 m oraz krzewów (wprawdzie nie mają takiej wartości materialnej, lecz ich zniszczenia wiązałyby się również z dość znacznymi karami finansowymi).

Położenie trzech otworów badawczych przedstawia również rysunek 2a. Otwory wykonano tradycyjną metodą odkrywkową z zachowaniem odpowiednich spadków ścian wykopu. W danym momencie tylko jeden wykop powinien być rozkopany. Warstwa ośrodka gruntowego o miąższości 6 m stanowi istotny ciężar dla obudowy tunelu, wprowadzając również w przekroju obudowy siłę ściskającą, która stanowi naturalne sprężenie tego przekroju. Taka warstwa ośrodka gruntowego służy więc wzmocnieniu obudowy w sytuacji wybuchu wewnętrznego, a dodatkowo tłumi drgania przekazywane przez ośrodek gruntowy.

### 3. Czynniki zagrożeń i prognoza skutków ich wystąpienia

W analizie uwzględniono wpływ sekwencyjnego wybuchu wszystkich min w tunelu i wpływ powstałego oddziaływania na odpowiedź dynamiczną wyżej wymienionych obiektów budowlanych. Przyjęto, że pomimo upływu ponad 70 lat materiał wybuchowy zachował swą pierwotną energię i w razie eksplozji nie pozostaną niewybuchy. Analizy obejmowały 7 grup obiektów (tunel, linia energetyczna, wiadukt, ściana akustyczna, budynki urzędu, budynki magazynowe, trakcja elektryczna, drzewa). Podczas tych rozważań wyróżniono 14 obiektów budowlanych (obudowa tunelu, kable elektryczne, słup energetyczny, belka i słup wiaduktu, słup ściany akustycznej, układ ramowy budynku urzędu – słup i belka, budynek gospodarczy, budynek stacji transformatorowej, słup lampy ulicznej, budynek magazynowy, 2 rodzaje słupów trakcyjnych). W analizach wybuchów przyjęto, że w danym przekroju tunelu mogą znajdować się dwie miny. Ich rozstaw w płaszczyźnie przekroju poprzecznego wynosił 3,5 m, natomiast w płaszczyźnie przekroju podłużnego 0,67 m, 1,11 m oraz 1,32 m odpowiednio w przypadku miny zawierającej 1 kg, 4,5 kg i 7,5 kg TNT. Przy założeniu takiej konfiguracji ich rozmieszczenia w tunelu należy przyjąć następującą liczbę min – odpowiednio 447, 270 i 152. Detonacja materiału wybuchowego skutkuje bardzo szybkim spalaniem i wiąże się z wydzieleniem gazów powybuchowych o objętości 1000 razy większej niż pierwotna objętość materiału wybuchowego. Proces ten trwa około 0,2 ms. W punkcie centralnym spalanie przebiega z prędkością około 7000 m/s, a w odległości 10 wymiarów ładunku wybuchowego od jego środka z prędkością około 10 razy mniejszą. Pomimo tak istotnej różnicy ciśnienie przekazywane przez powietrzną ośrodek gazowy w tym punkcie dochodzi do wartości około 700 MPa. Jest to wartość, która zniszczy każdy materiał

budowlany. Jednak im dalej od centrum wybuchu, tym ciśnienie maleje coraz bardziej.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że obudowa tunelu może ulec zniszczeniu tylko w przypadku detonacji min o masie 7,5 kg TNT. Wówczas istnieje ryzyko zniszczenia słupa energetycznego #2, a naciągnięciu i zerwaniu może ulec kabel elektryczny. W kablu może powstać efekt galopowania skutkujący powstaniem dodatkowych naprężeń w słupach #1 i #3. Powietrzna fala uderzeniowa będzie uchodzić z tunelu tylko przez otwór badawczy, gdyż jak przedstawiono w [2], po pęknięciu obudowy tunelu na zewnątrz przedostanie się ciśnienie 25 razy mniejsze od ciśnienia panującego wewnątrz. Dla wszystkich obiektów zlokalizowanych dalej bardziej destrukcyjny wpływ mogą wywierać fale naprężeń przekazywane przez ośrodek gruntowy [3, 4], ponieważ poruszają się one szybciej niż fala uderzeniowa w powietrzu. Z tego właśnie powodu istnieje możliwość przekazania dość znacznych drgań na fundamenty słupa energetycznego #1 i fundamenty wiaduktu. Jednak powstałe w ten sposób naprężenia mogą spowodować powstanie tylko odkształceń sprężystych. Dość istotną kwestię stanowi rozrzut odłamków gruzu i betonu, które zgodnie z wytycznymi w [5] generują ryzyko rażenia celów w odległości nawet 55 m od każdego punktu tunelu. Ponadto przypuszczalnie złamaniu ulegną drzewa umieszczone najbliżej tunelu. Reszta obiektów nie powinna doznać żadnych szkód.

### 4. Podsumowanie

Przedstawiony w pracy przypadek analiz wybuchu w odniesieniu do poszukiwań „złotego pociągu” pokazuje, że eksploracja obiektów powojennych zlokalizowanych nawet w prostych warunkach terenowych może wiązać się z wielorakim ryzykiem. Niniejsza praca uświadamia, że nawet w przypadku analiz czysto inżynierskich trzeba współpracować z osobami specjalizującymi się w różnych dziedzinach i należy równolegle rozpoznać uwarunkowania np. historyczne (związane z dawnymi technikami budowania) oraz wojskowe (związane z wykorzystywaną bronią), jak również i społeczne (kontekst legend i opowieści). W rezultacie prac poszukiwawczych nie odnaleziono ani tunelu, ani pociągu, lecz wszelkie działania były prowadzone z poszanowaniem bezpieczeństwa ludzi i mienia, a zaistniałe ryzyko (tylko w stosunku do mienia) było świadome i w kalkulowane w ewentualne koszty przedsięwzięcia.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Sobczyk K., Lidner M., Analiza numeryczna oddziaływania wybuchu w kontekście poszukiwań złotego pociągu, Nowoczesne Projektowanie i realizacja konstrukcji budowlanych, Kraków, 2016, str. 144–153
- [2] Shiravand M. R., Parvanehro P., Numerical study on damage mechanism of post-tensioned concrete box bridges under close-in deck explosion, Eng Fail Anal, 81/2017, str. 103–116
- [3] Wu Ch., Hao H., Numerical simulation of structural response and damage to simultaneous ground shock and airblast loads, Int J Impact Eng, 34/2007, str. 56–72
- [4] Saadat M., Hasanzade A., Khandelwal M., Differential evolution algorithm for predicting blast induced ground vibrations. Int J Rock Mech Min, 77/2015, str. 97–104
- [5] Voort M. M., Weerheijm J., A statistical description of explosion produced debris dispersion, Int J Impact Eng, 59/2013, str. 29–37