

Rewitalizacja historycznych kanałów kanalizacyjnych w projektowaniu podziemnych tras turystycznych

■ Karolina Wartak, Tomasz Wieja, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza

W Polsce występuje znaczna liczba podziemnych kanałów, kolektorów i ejektorów, które w wyniku wprowadzania nowych technologii wykonywania sieci infrastruktury podziemnej zostały wyłączone ze swoich funkcji. Obiekty te, nierzadko zapomniane, niszczą. Niektóre z nich stanowią bardzo ciekawe formy architektoniczne i przede wszystkim są widocznym znakiem rozwoju inżynierii miejskiej.



Ryc. 1. Wejście i wnętrze historycznej przepompowni ścieków w Olsztynie, fot. J. Chmura

Rys historyczny

Wiek XIX charakteryzował się gwałtownym rozwojem światowej nauki i przemysłu. Wzrost zaludnienia i w konsekwencji pogorszenie warunków sanitarnych wymusiło konieczność tworzenia nowoczesnych systemów wodociągowych i kanalizacyjnych. Ta pozytywna tendencja zaznaczyła się także w Polsce. Do tej pory ścieki usuwane były najczęściej za pomocą rowów odwadniających, które były przyczyną roznoszenia bakterii i zarazków. Rzadko wykonywano konstrukcje podziemne. Do takich należy sieć kanałów w Przemysłu czy kanały blokowe w Krakowie. Systemy te nie stanowiły jednak przemyślanej koncepcji i szczególnie opracowanego planu, lecz były rozwiązaniami doraźnymi o charakterze lokalnym.

Nowoczesne sieci wodno-kanalizacyjne realizowane były głównie przez inżynierów angielskich i niemieckich. Efektem ich projektów były dwa typy rozwiązań. Pierwszy to system spławny, w którym ścieki odprowadzono grawitacyjnie do najniższej położonego punktu, a drugi, ciśnieniowy, z użyciem sprężonego powietrza. W Polsce głównie stosowano system spławny. Pierwszym miastem, gdzie zostało zaprojektowane tego typu rozwiązanie, był Gdańsk (1871). Projektantem sieci był inżynier niemieckiego pochodzenia Eduard Wiebe. Jednak największe zasługi dla rozwoju sieci wodociągowo-kanalizacyjnych mają William Lindley i jego syn William Heerlein Lindley, którzy stworzyli kompleksowe projekty systemów spławnych dla Warszawy,

Łodzi, Włocławka i Radomia [2]. Z grona polskich inżynierów ogromne zasługi na tym polu ma Stefan Skrzywan, który był wieloletnim współpracownikiem Williama Heerleina Lindleya i brał czynny udział w budowie sieci w Warszawie i Łodzi [9]. Drugi system, szeroko stosowany na Wyspach Brytyjskich i w Stanach Zjednoczonych, w Polsce był rzadko brany pod uwagę. Olsztyn jest jedynym polskim miastem, w którym zaprojektowano sieć ciśnieniową z wykorzystaniem ejektorów działających zgodnie z patentem Isaaca Shone'a (ryc. 1).

Dotychczas na podziemne trasy turystyczne (PTT) adaptowano zabytkowe piwnice, sztolnie, komory, chodniki i składy. Coraz większa ich popularność, wiążąca się ze wzrostem ruchu turystycznego, sprawiła, że rozpoczęto także analizować możliwość udostępniania historycznych kanałów, które są ciekawymi formami architektonicznymi, a przede wszystkim zabytkowymi obiektami inżynierskimi. Konstrukcje te, pomimo trudności technicznych pojawiających się przy adaptacji, powinny być udostępniane szerszej publiczności ze względu na swoją unikatowość. Są to budowle prezentujące rozwój historycznej technologii oraz rozwiązań konstrukcyjnych. Współcześnie tradycyjne technologie budowy kanałów z cegły, kamienia i żelbetu zostały wyparte przez bardziej odporne i lżejsze materiały kompozytowe. Należy jednakże mieć świadomość, że historyczne obiekty inżynierskie cechuje kunszt wykonania oraz doskonałe rzemiosło. W dobie rozwoju nowocze-

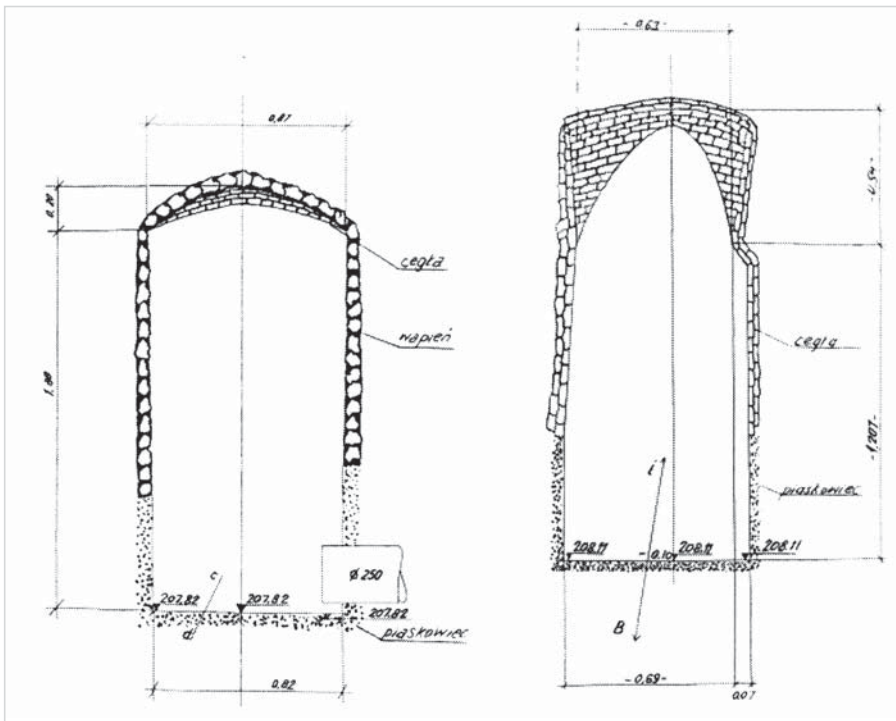
nych technologii, automatyzacji i robotyzacji budownictwa są one niekwestionowanym przykładem geniuszu i myśli twórczej człowieka. Udostępnienie tych obiektów jest jedyną możliwością obcowania z historyczną infrastrukturą techniczną.

Konstrukcja kanałów – historyczna

Historyczne kanały infrastruktury podziemnej w Polsce budowano głównie metodami odkrywkowymi, np. w Łodzi, Warszawie (ryc. 2). Materiały, z których powstawały, odznaczały się odpowiednią wytrzymałością na ściskanie, odpornością na ścieranie i działanie wód gruntowych oraz ścieków, dużą gładkością i małą nasiąkliwością. W zależności od wyników analiz statyczno-wytrzymałościowych dobierano różne wymiary przekroju poprzecznego kanałów, co determinowało wybór materiałów o odpowiednich parametrach. Przy niewielkich średnicach wykonywano je z kamionki, żeliwa i betonu. Dla dużych średnic stosowano obudowy z cegły i żelbetu [1]. Ze względu na różne własności fizyczne użytego materiału konstrukcyjnego kanały budowano w jednolitej strukturze. W tym względzie wyróżnia się Kraków, gdzie wykonywane były tzw. kanały blokowe. Ich konstrukcja była połączeniem cegły, piaskowca i skały wapiennej (ryc. 3) [2]. W konstrukcjach powstałych przed XIX w. dominował kamień, przykładem takiego kanału jest zabytkowy kolektor w Przemysłu, który obecnie jest przygotowywany do udostępnienia jako element podziemnej trasy turystycznej.



Ryc. 2. Budowa kanału w Łodzi metodą odkrywkową [9]



Ryc. 3. Przekroje kanałów blokowych w Krakowie [2]

Geometria przekrojów poprzecznych kanałów zależy głównie od czynników statycznych, konstrukcyjnych oraz hydraulicznych, definiowanych przez rodzaj przepływającego medium. W kanałach historycznych spotyka się najczęściej odmiany przekrojów kołowych, jajowych zwykłych i podwyższonych, eliptycznych, gruszkowych, dzwonowych, prostokątnych trapezowych i trójkątnych (ryc. 4) [2]. Spotykane jest także sklepienie kolebkowe, które jest charakterystyczne dla obiektów powstałych przed XIX w.

Zagrożenia konstrukcji zabytkowych kanałów

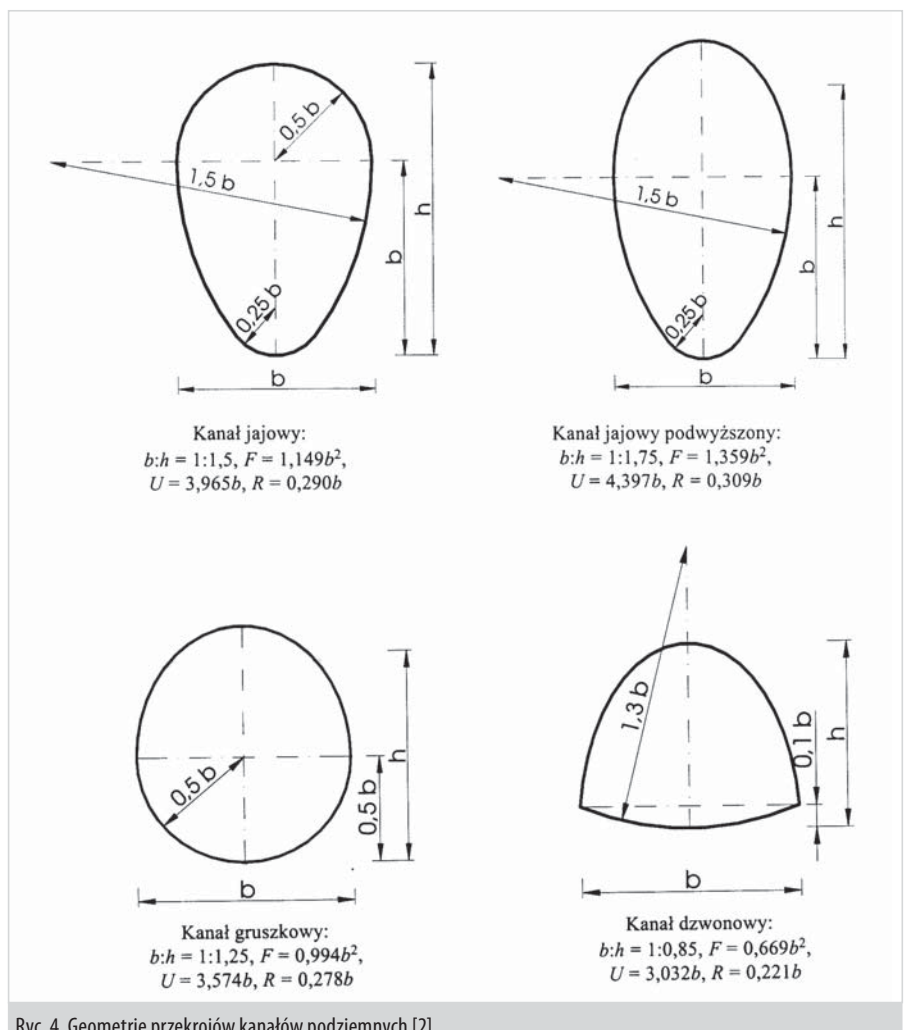
Podstawowymi zagrożeniami dla nieczynnych kanałów podziemnej infrastruktury są czynniki związane z pracą konstrukcji w ośrodku gruntowym. Mają one charakter losowy i reologiczny. Dlatego modelowanie pracy na styku kanał – grunt jest czynnością skomplikowaną i wymagającą użycia zaawansowanych technik obliczeniowych. Konstrukcja kanału poddana jest działaniu obciążeń stałych i zmiennych. Do obciążeń stałych należy ciężar własny, ciężar gruntu zalegającego wokół konstrukcji oraz parcie naziomu na konstrukcję. Obciążenia zmienne to obciążenia od ruchu pojazdów, pieszych, obciążenia technologiczne, które mogą być siłami skupionymi lub równomiernie rozłożonymi.

Kanały analizowane pod względem możliwości wykorzystania do celów podziemnych tras turystycznych są zbu-

dowane z kamienia, wypalanej cegły lub betonu i dlatego przy obliczaniu ich wytrzymałości stosować należy model ciała sztywnego, nieodkształcającego się

pod wpływem działającego obciążenia (koncentracja naprężeń w stopie i spągu). Przy obliczaniu nośności kanałów nie uwzględnia się pracy konstrukcji w kierunku podłużnym – zakłada się płaski stan odkształceń. Sprawdzenie bezpieczeństwa konstrukcyjnego konstrukcji kanałów powinno się prowadzić jak obliczenia dla tuneli na małych głębokościach [3].

Nadmierne obciążenia oraz zmiany poziomu zwierciadła wód gruntowych są głównymi czynnikami powodującymi utratę stateczności konstrukcji. Obciążenia dynamiczne wpływają negatywnie na pracę konstrukcji ze względu na brak możliwości przewidzenia czasu i miejsca ich wystąpienia oraz dużą zmienność. W trakcie pracy kanałów infrastruktury podziemnej obserwuje się przemieszczanie gruntu nad i po bokach, które w konstrukcjach sztywnych może wywoływać zjawisko negatywnego przesklepienia – koncentrację obciążeń [4]. Długotrwała penetracja wód może spowodować nadmierne zawilgocenie materiału konstrukcyjnego, czego wynikiem jest jego nieszczelność i obniżenie parametrów



Ryc. 4. Geometrie przekrojów kanałów podziemnych [2]

wytrzymałościowych. Nierównomierne osiadanie, spowodowane przemieszczeniem mas ziemnych, jest przyczyną spękań i zarysowań, które mogą powodować groźne awarie konstrukcji.

Warunki wykorzystania kanałów jako elementu PTT

Warunki prawne

Kanały podziemnej infrastruktury, zgodnie z definicją zawartą w Prawie budowlanym, uznaje się za budowle. Zaklasyfikowanie tych obiektów do tej kategorii jednoznacznie określa warunki prawne i wymagania polskiego ustawodawstwa. Kanały są także obiektami historycznymi, które cechuje wartość zabytkowa, określana na podstawie badań archeologicznych, kompleksowej inwentaryzacji i badań architektoniczno-materiałowych. Wnioski z tych analiz determinują możliwość wpisania budowli do rejestru zabytków lub obiektów i obszarów objętych ochroną konserwatorską na podstawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. Dalsze działania umożliwiające wykorzystanie kanału jako podziemnej trasy turystycznej powinny być przeprowadzone na zasadzie współpracy służb konserwatorskich, budowlanych, architektonicznych i instalacyjnych, której efektem będzie koncepcja kompleksowej naprawy i konserwacji oraz projekt budowlany wielobranżowy (projekt architektoniczny, konstrukcyjny, elektryczny, wentylacyjny itd.). Dokumenty te zatwierdzane są decyzją przez odpowiednie organy władzy państwowej i są one stanowią podstawę do uzyskania pozwolenia na budowę i opracowanie projektu wykonawczego.

Warunki techniczne

Historyczne obiekty infrastruktury podziemnej to głównie kanały, kolektory i eiektory. Zgodnie z obowiązującą ustawą Prawo budowlane [5], są to budowle stanowiące całość techniczno-użytkową, nieprzeznaczone do stałego pobytu ludzi. W przypadku adaptacji ich do celów podziemnych tras turystycznych są to obiekty budowlane, w których stale bądź czasowo mają przebywać ludzie. Dlatego też powinny one spełniać wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [8], a w przypadku uznania ich za obiekty zabytkowe, powinny zostać objęte ochroną konserwatorską, zgodnie z ustawą o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami [7]. Jako obiekty podziemne w przypadku sytuacji wątpliwych powinno się także odwoływać

do Prawa geologicznego i górniczego [6]. Zgodnie z przepisami, obiekty te powinny spełniać następujące wymagania:

- zapewnienie bezpieczeństwa konstrukcji poprzez przyjęcie odpowiednich schematów obliczeniowych w celu sprawdzenia stanów granicznych nośności i użyteczności;

- usytuowanie poza zasięgiem zagrożeń i uciążliwości, do których w odniesieniu do PTT należą: hałas, drgania, zanieczyszczenie gruntu i wód, powódzie i zalewanie wodami opadowymi;

- zapewnienie wentylacji i (lub) klimatyzacji;

- wyposażenie w wewnętrzną instalację elektryczną o odpowiednich parametrach technicznych, bezpieczną dla użytkownika;

- oświetlenie światłem sztucznym, uzasadnione celowością funkcjonalną lokalizacji (obiekt podziemny), zapewniające odpowiednie warunki użytkowania całej jego powierzchni;

- zapewnienie odpowiednich wymiarów wejścia (szerokość co najmniej równa 0,9 m, wysokość co najmniej 2,0 m);

- zapewnienie odpowiednich wymiarów schodów prowadzących z powierzchni do podziemia (minimalna szerokość biegu i spocznika równa 0,8 m, maksymalna wysokość stopni 0,2 m) oraz liczby stopni w jednym biegu schodów (3–17 stopni), a także szerokości stopni obliczonej zgodnie ze wzorem $2h + s = 0,6 - 0,65$ m (h – wysokość stopnia, s – szerokość stopnia);

- zapewnienie odpowiedniej wysokości (minimum 2,2 m dla pomieszczenia przeznaczonego na czasowy pobyt ludzi zgodnie z [5], natomiast według [6] wysokość ta powinna wynosić 1,8 m);

- zapewnienie odpowiedniej szerokości, równej co najmniej 0,7 m;

- zapewnienie odpowiedniej temperatury w przypadku stwierdzenia takiej konieczności;

- zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego, uwzględniającego ograniczoną liczbę osób zwiedzających w danym momencie (zakwalifikowanie trasy turystycznej do odpowiedniej kategorii zagrożenia ludzi – minimum ZL III – oraz klasy odporności pożarowej A, B lub C).

Metody diagnostyki konstrukcji

Zagwarantowanie stosownych wymagań bezpieczeństwa ujętych w Prawie budowlanym jest możliwe tylko przy odpowiedniej diagnostyce konstrukcji. Kanały podziemnej infrastruktury są obiektami historycznymi, w których

występująca substancja zabytkowa powinna zostać poddana także ochronie konserwatorskiej. Zatem diagnostyka tych konstrukcji jest złożonym procesem, w trakcie którego należy wykonać odpowiednie analizy pod kątem historycznym i technicznym.

Rozważana możliwość adaptowania kanałów do celów podziemnych tras turystycznych dotyczy konstrukcji wykonanych z cegły, kamienia i żelbetu. Dlatego też przy badaniu stanu technicznego należy postępować tak jak w przypadku obiektów murowanych i żelbetowych. Ich najczęstszymi uszkodzeniami są rysy, spękania i zawilgocenie.

Podstawowym działaniem diagnostycznym jest wizja lokalna połączona z inwentaryzacją, która określa poziom zachowania technicznego obiektu i zakres potrzebnych analiz dodatkowych. Należy wykonać badania geologiczne i geotechniczne zalegających warstw gruntowych, przeanalizować aktualny poziom zwierciadła wód gruntowych, a także określić stopień ich agresywności chemicznej i biologicznej.

Przy widocznych rysach i spękaniach trzeba określić przyczynę ich powstania. Czy uszkodzenia te są wynikiem starzenia się konstrukcji, czy jest to problem związany z jej statecznością. W tym celu należy obserwować zmiany szerokości rys. Działanie to wykonuje się z użyciem plomb szklanych, cementowych lub gipsowych. Można także użyć dokładniejszej metody, jaką jest pomiar czujnikami tensometrycznymi. Wykonuje się zdjęcia fotogrametryczne w celu określenia układu rys, mierzy się ich głębokość i rozwarcie za pomocą lupy z podziałką lub mikroskopu metalograficznego.

Ze względu na działanie podziemnych wód gruntowych oraz stale przepływające przez kanał medium należy sprawdzić stan zawilgocenia konstrukcji. Stosowane są metody bezpośrednie i pośrednie. Do metod bezpośrednich (niszczących) należy metoda suszarkowo-wagowa, karbidowa i metoda z użyciem wagosuszarki. Metody pośrednie (nieniszczące) dzieli się na chemiczne, z użyciem odczynników i papierków wskaźnikowych, oraz fizyczno-elektryczne, jądrowe i termowizyjne.

Przeprowadza się również analizy mykologiczne, stwierdzające występowanie niebezpiecznych grzybów i pleśni. Powodem ich występowania jest nadmierna wilgoć, nieprzewietrzanie obiektu, a także długo zalegające wewnątrz kanału substancje szkodliwe.



Ryc. 5. Projekt zagospodarowania terenu dla podziemnej trasy turystycznej

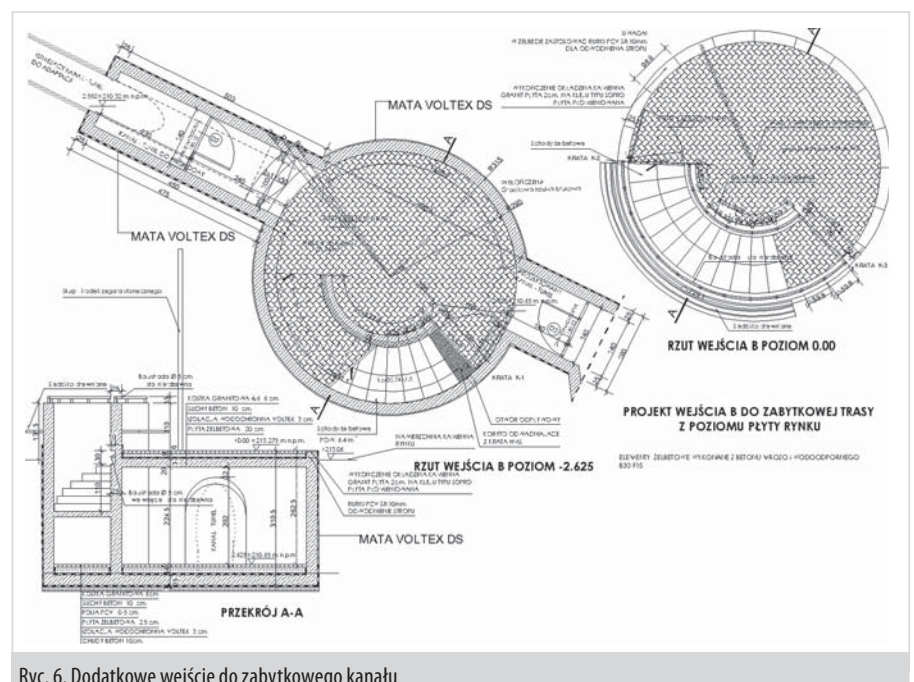
Rewitalizacja kolektora kanalizacyjnego w Przemysłu

Kanały i kolektory kanalizacyjne wykorzystywane do celów podziemnych tras turystycznych mogą stanowić ich element składowy lub samoistny obiekt funkcjonalny, który nie wymaga ingerencji architektonicznej. Jednym z nielicznych przykładów wykorzystania zabytkowych kanałów infrastruktury podziemnej w Polsce jest kolektor w Przemysłu. Obiekt ten, powstały najprawdopodobniej w XVII w., cechuje się unikatowymi walorami inżynierskimi i jest obecnie włączany do tworzonej trasy turystycznej.

Historia powstania systemu kanalizacyjnego związana jest z działalnością zakonów dominikanek, dominikanów, karmelitów, reformatów i kapituły obrządku łacińskiego. Powstało pięć oddzielnych kanałów, które odprowadzały nieczystości do Sanu. Wieloletni brak zainteresowania skutkowałam brakiem konserwacji, co spowodowało, że większość kanałów uległa całkowitemu zniszczeniu.

Pozytywne doświadczenia Sandomierza, Opatowa, Rzeszowa, Jarosławia w kontekście uruchamiania podziemnych tras turystycznych były najprawdopodob-

niej przyczynkiem do organizacji takiego szlaku w Przemysłu. Projektowaną trasę (ryc. 5) tworzą piwnice kamienic wokół rynku. Elementem trasy jest historyczny kolektor kanalizacyjny o długości ok. 100 m. Przykładów takiego zagospodarowania podziemnego obiektu inżynierskiego

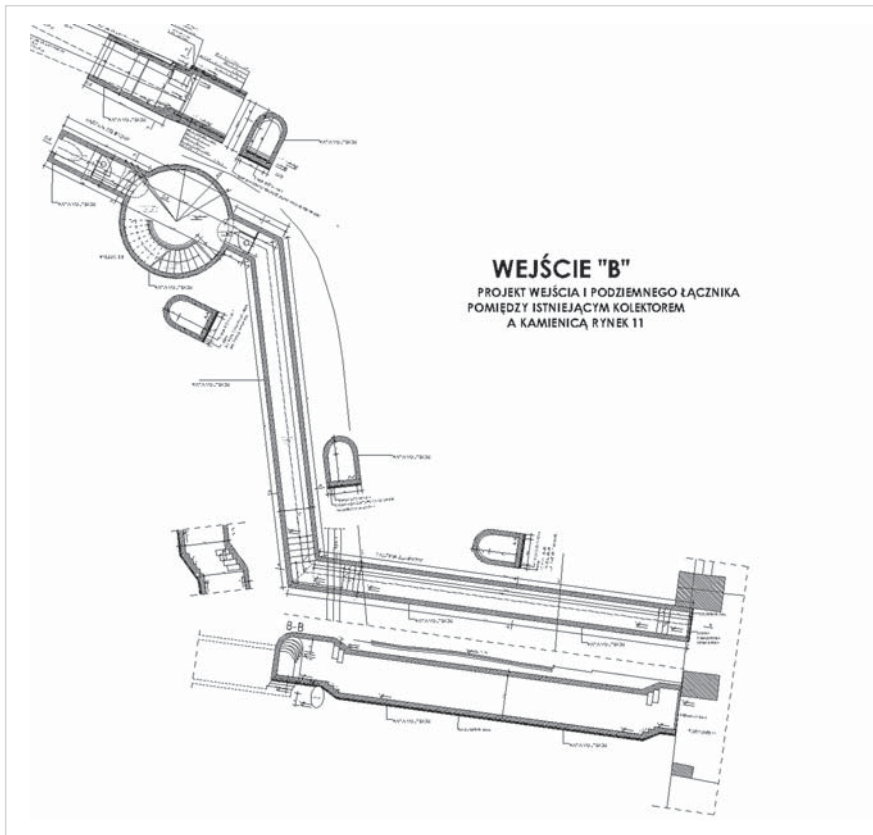


Ryc. 6. Dodatkowe wejście do zabytkowego kanału

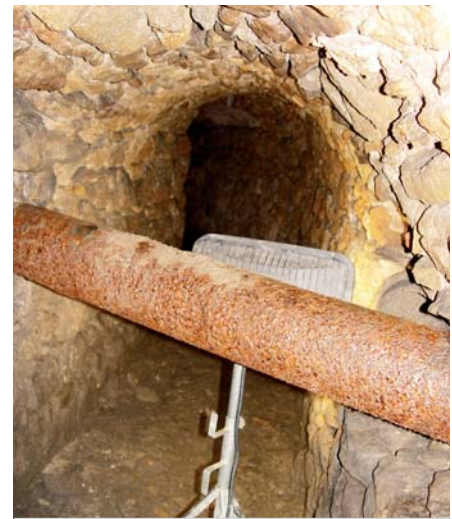
w Polsce praktycznie się nie spotyka. Wymagania techniczne i funkcjonalne sprawiły, że należało zaprojektować dodatkowe wejścia do kanału (ryc. 6), poddyktowane wymaganiami pożarowymi, poszerzenie wymiarów w świetle (wysokość powyżej 1,80 m, szerokość 0,7 m), aby zagwarantować bezpieczne przejście dla przyszłych zwiedzających, oraz łącznika żelbetowego (ryc. 7) pomiędzy istniejącym kolektorem a zabytkowymi piwnicami kamienicy przy Rynku 11.

Unikatowość trasy w Przemysłu wpływa na charakter przeprowadzanych analiz inżynierskich. Oprócz ekspertyz geologicznych, geotechnicznych, statyczno-wytrzymałościowych, kanały sanitarne z uwagi na swoje pierwotne przeznaczenie należy badać z uwagi na występowanie grzybów i pleśni, które mogą być przyczyną szkodliwych dla zdrowia wyziewów.

Udostępnienie kanału kanalizacyjnego dla zwiedzających wymagało spełnienia wymogów technicznych. Przeprowadzona inwentaryzacja wykazała, że stan obiektu jest zróżnicowany. Część kanału jest zagruzowana, dno zamulone, a niektóre wejścia zamurowane. Sklepienia są naruszone lub zniszczone i wymagają odtworzenia. Widoczne są również nieprawidłowe podłączenia budowanych w XX w. sieci wodno-kanalizacyjnych i ciepłowniczych, które w wyniku rozkucia i braku zabezpieczenia naruszyły zabytkową strukturę istniejących kanałów. Przebiccia sklepień i ścian kanału infrastrukturą techniczną (ryc. 9) powodowały nieszczelności, co skutkowało infiltracją wody, wypadaniem bloków kamiennych,



Ryc. 7. Projekt wejścia i podziemnego łącznika pomiędzy istniejącym kolektorem a kamienicą przy Rynku 11



Ryc. 9. Widok przebiega zabytkowego kolektora rurą żelazną, fot. J. Chmura

a w niektórych nawet przypadkach zawaleniem konstrukcji. Kanały usytuowane powyżej granicy przemarzania dodatkowo narażone były na uszkodzenia spowodowane zmianami temperatury. Najwięcej uszkodzeń znajduje się na poziomie ociosów i sklepień.

Jednakże ze względu na masywność, poprawność i staranność wykonania wiązania bloczków kamiennych z zaprawą, kolektor jest odporny na działanie ognia, wód gruntowych i obciążeń dynamicznych. Nośność konstrukcji pomimo dotychczasowego braku należytej kon-

serwacji nie jest zagrożona. Przeprowadzona analiza mykologiczna nie wykazała istnienia niebezpiecznych dla zdrowia grzybów i pleśni.

Podsumowanie

Należy spełnić szereg wymogów formalnych i technicznych związanych ze zmianą sposobu użytkowania historycznych kanałów kanalizacyjnych i łączącego się z tym przeznaczenia na czasowy lub stały pobyt ludzi. Ważnym czynnikiem jest także opłacalność takiej inwestycji. Specyfika obiektów, jakimi są kanały i kolektory

sanitarne, sprawia, że oprócz podstawowych analiz stwierdzających stateczność i nośność, należy również przeprowadzić badania mykologiczne, które mogą wykazać potrzebę gruntownej dezynfekcji.

Projektowana podziemna trasa turystyczna w Przemysłu ma charakter unikatowy, ponieważ łączy współczesne rozwiązania technologiczne i architektoniczne z rewitalizacją elementów zabytkowych. Jest ona przykładem rozwiązania najtrudniejszego problemu konserwatorskiego – kompozycji strukturalnej obiektów zabytkowych ze współczesnymi rozwiązaniami projektowymi.

Literatura

1. Błaszczyk W., Stamatello H.: *Budowa miejskich sieci kanalizacyjnych*. Warszawa 1975.
2. Madryas C., Kolonko A., Wysocki L.: *Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych*. Wrocław 2002.
3. Furtak K., Kędracki M.: *Podstawy budowy tuneli*. Kraków 2005.
4. Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 7. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne”* 2010, nr 2 (29), s. 88–95.
5. Prawo budowlane. DzU 2006, nr 156, poz. 1118.
6. Prawo Górnicze i Geologiczne. DzU 2005, nr 228, poz. 1947.
7. Ustawa o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami. DzU 2003, nr 162, poz. 1568.
8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. DzU 2002, nr 75, poz. 690.
9. www.jubileusz.zwik.lodz.pl, dostęp: 2 XII 2010.



Ryc. 8. Zabytkowy kolektor w Przemysłu, fot. J. Chmura