

*Tomasz Wieja\*, Karolina Wartak\**

## ADAPTACJA HISTORYCZNYCH KANAŁÓW KANALIZACYJNYCH NA POTRZEBY PODZIEMNYCH TRAS TURYSTYCZNYCH (PTT)

---

### 1. Rys historyczny

W XIX w. rozpoczął się w Polsce gwałtowny rozwój sieci wodociągowych i kanalizacyjnych. Do tej pory ścieki usuwane były najczęściej za pomocą rowów odwadniających, które z powodu wydzielania się nieprzyjemnego zapachu zakrywano. Rzadko wykonywane były konstrukcje podziemne. Jednym z nielicznych przykładów takiego obiektu jest zabytkowy kolektor w Przemyślu, który prawdopodobnie liczy kilkaset lat. Nie projektowano jednak kompleksowych rozwiązań sieci kanalizacyjnych, stosowano jedynie rozwiązania doraźne o charakterze lokalnym. Dopiero gwałtowny rozwój przemysłu, który spowodował znaczny wzrost populacji, a w konsekwencji pogorszenie warunków sanitarnych, wymógł konieczność tworzenia nowoczesnych systemów kanalizacyjnych. Pionierami w projektowaniu kompleksowych systemów byli inżynierowie angielscy oraz niemieccy.

Stosowano dwa rodzaje rozwiązań. Pierwszy to system sflawny, w którym ścieki odprowadza się grawitacyjnie do najniżej położonego punktu, a drugi ciśnieniowy z użyciem sprężonego powietrza. W Polsce głównie stosowano system sflawny. Pierwszym miastem, gdzie zostało zaprojektowane tego typu rozwiązanie, był Gdańsk (1871). Projektantem sieci był inżynier niemiecki Eduard Wiebe. Jednak największe zasługi dla rozwoju sieci wodociągowo–kanalizacyjnych mają William Lindley i jego syn William Heerlein Lindley, którzy stworzyli kompleksowe projekty systemów sflawnych dla Warszawy, Łodzi, Włocławka i Radomia [2]. Z polskich inżynierów ogromne zasługi na tym polu ma Stefan Skrzywan, który był wieloletnim współpracownikiem Williama Heerlein Lindleya i brał czynny udział w budowie sieci w Warszawie i Łodzi [9]. Drugi system szeroko stosowany na Wyspach Bry-

---

\* Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

tyjskich i w Stanach Zjednoczonych, w Polsce był rzadko projektowany. Olsztyn (rys. 1) jest jedynym polskim miastem, w którym zaprojektowano sieć ciśnieniową z wykorzystaniem ejektorów działających zgodnie z patentem Isaaca Shonea.



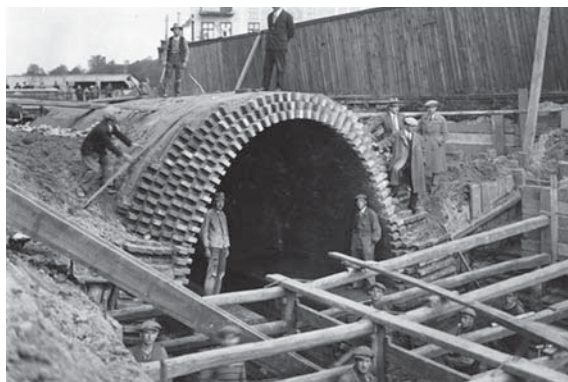
Rys. 1. Wejście i wnętrze historycznej przepompowni ścieków w Olsztynie (fot. J. Chmura)

Dotychczas na podziemne trasy turystyczne adaptowano najczęściej zabytkowe piwnice, sztolnie, komory, chodniki i składy. Coraz większa 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 ich 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 nowoczesnych technologii, automatyzacji i robotyzacji budownictwa, są one niekwestionowanym przykładem geniuszu i myśli twórczej człowieka. Udostępnienie tych obiektów jest jedyną możliwością obcowania człowieka z historyczną infrastrukturą techniczną.

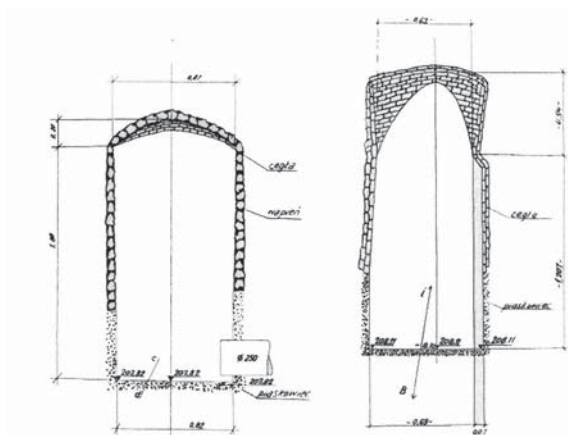
## 2. Konstrukcja kanałów — historyczna

Historyczne kanały infrastruktury podziemnej w Polsce budowano głównie metodami odkrywkowymi (np. Łódź, Warszawa) (rys. 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, kanały budowano z jednego materiału konstrukcyjnego. W tym względzie wyróżnia się Kraków, gdzie wykonywane były tzw. kanały blokowe. Ich konstrukcja była połączeniem cegły, piaskowca i skały wapiennej (rys. 3) [2]. W konstrukcjach powstałych przed XIX wiekiem dominował

kamień, przykładem takiego kanału jest zabytkowy kolektor w Przemysłu, który obecnie jest przygotowywany do udostępnienia jako element podziemnej trasy turystycznej.



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

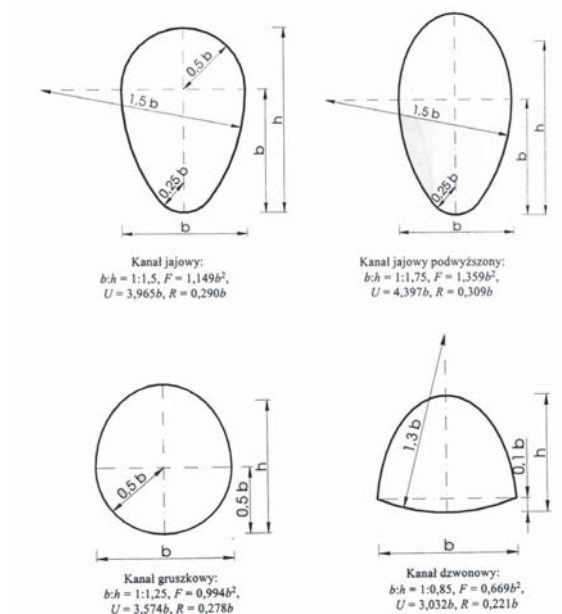


Rys. 3. Przekroje kanałów blokowych w Krakowie [2]

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 (rys. 4) [2]. Spotykane jest także sklepienie kolebkowe, które jest charakterystyczne dla obiektów powstałych przed XIX w.

### 3. Zagrożenia konstrukcji zabytkowych kanałów

Podstawowymi zagrożeniami dla nieczynnych kanałów podziemnej infrastruktury są czynniki związane z pracą konstrukcji w ośrodku gruntowym. Mają one charakter losowy



Rys. 4. Geometrie przekrojów kanałów podziemnych [2]

i reologiczny. Dlatego modelowanie pracy na kontakcie kanał–grunt jest czynnością dość skomplikowaną. 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 zbudowane z kamienia, wypalanej cegły lub betonu i dlatego przy obliczaniu ich wytrzymałości stosować należy model ciała sztywnego — nie odkształcającego się pod wpływem działającego obciążenia (koncentracja naprężeń w stropie 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 tak 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 spowodować może nadmierne zawilgocenie materiału konstrukcyjnego, czego wynikiem jest jego nieszczelność i obniżenie parametrów wytrzymałościowych. Nierównomierne osiadanie spowodowane

przemieszczaniem mas ziemnych jest przyczyną spękań i zarysowań, które mogą powodować groźne awarie konstrukcji.

## **4. Warunki wykorzystania kanałów jako elementu PTT**

### **4.1. Warunki prawne**

Kanały podziemnej infrastruktury zgodnie z definicją zawartą w Prawie budowlanym [5] 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 założenia techniczno-ekonomiczne (ZTE). Dokumenty te zatwierdzają odpowiednie organy władzy państwowej i są one podstawą do opracowanie projektu technicznego, w którego skład wchodzi:

- projekt zagospodarowania terenu,
- projekt architektoniczny,
- projekt budowlany,
- projekt infrastruktury zewnętrznej uwzględniający udostępnienie obiektu dla ruchu turystycznego,
- projekt elektryczny,
- projekt wentylacji mechanicznej,
- projekt obsługi komunikacyjnej,
- operat przeciwpożarowy.

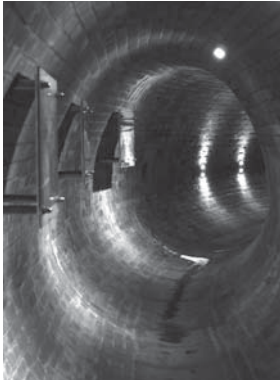
### **4.2. Warunki techniczne**

Historyczne obiekty infrastruktury podziemnej to głównie kanały, kolektory i eiekto-ry. Zgodnie z obowiązującą ustawą Prawo budowlane [5] są to budowle stanowiące całość techniczno-użytkową nie przeznaczone na stały pobyt ludzi. W przypadku adaptacji ich do celów podziemnych tras turystycznych są to obiekty budowlane, w których stale bądź czasowo przebywać mają 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 i objęte ochroną konserwatorską 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 prawa 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, powodzie i zalewanie wodami opadowymi.
- Zapewnienie wentylacji i/lub klimatyzacji.
- Wyposażenie w wewnętrzną instalację elektryczną o odpowiednich parametrach technicznych, bezpieczną dla użytkowników.
- Oświetlenie światłem sztucznym uzasadnione celowością funkcjonalną zlokalizowania (obiekt podziemny) zapewniające odpowiednie warunki użytkowanie 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 obliczoną zgodnie ze wzorem  $2h + s = 0,6$  m ( $h$  — wysokość stopnia,  $s$  — szerokość stopnia).
- Zapewnienie odpowiedniej wysokości (minimum 2,2 m dla pomieszczenia przeznaczanego 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 uwzględniające ograniczoną ilość osób zwiedzających w danym momencie (zakwalifikowanie trasy turystycznej do odpowiedniej kategorii zagrożenia ludzi minimum ZL III oraz klasy odporności pożarowej A, B lub C).

W trakcie zmiany przeznaczenia podziemnego obiektu infrastruktury i jego rewitalizacji można działać dwutorowo. Budowle takie mogą stanowić samoistny obiekt funkcjonalny. Nie wymagają one wówczas ingerencji architektonicznej. Przykładem adaptacji samoistnej jest kanał „Dętka” w Łodzi (rys. 5), w którym obecnie znajduje się Muzeum Kanału. Drugim modelem zagospodarowania jest włączenie do większego projektu jako jego element składowy. W tym przypadku pojawiają się problemy związane z podłączeniem kanałów do reszty obiektów. Niezbędna jest wtedy ingerencja architektoniczna polegająca na zaprojektowaniu dodatkowych przejść. Natomiast do drugiej kategorii należy zabytkowy kolektor w Przemyślu (rys. 6), który stanowi część składową projektowanej trasy turystycznej pod Rynkiem Głównym, na którą składają się także zabytkowe piwnice.



**Rys. 5.** Muzeum Kanału w kanale „Dętka” w Łodzi [9]



**Rys. 6.** Zabytkowy kolektor w Przemysłu (fot. J. Chmura)

## 5. 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 nierzadko 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.

Analizowana możliwość adaptowania kanałów do celów podziemnych tras turystycznych dotyczy konstrukcji wykonanych z cegły, kamienia i żelbetu. Dlatego też przy badaniu stanu technicznego należy postępować jak dla obiektów murowanych i żelbetowych. Ich podstawowymi 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 należy 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 fotograficzne w celu określenia układu rys, mierzy się ich głębokość i rozwarcie za pomocą lupy z podziątką 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-wa-

gowa, karbidowa i metoda z użyciem wagosuszarki. Metody pośrednie (nieniszczące) dzieli się na chemiczne z użyciem odczynników, papierków wskaźnikowych i fizyczno–elektryczne, jądrowe, termowizyjne.

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

## 6. Podsumowanie

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. Artykuł miał na celu zanalizowanie możliwości adaptowania kanałów na podziemne trasy turystyczne (PTT). Należy spełnić szereg wymogów formalnych i technicznych związanych ze zmianą pełnionej przez obiekt funkcji i związanej 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.

### LITERATURA

- [1] *Błaszczak W., Stamatello H.*: Budowa miejskich sieci kanalizacyjnych. Arkady, Warszawa, 1975
- [2] *Madryas C., Kolonko A., Wysocki L.*: Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2002
- [3] *Furtak K., Kędracki M.*: Podstawy budowy tuneli. Wydawnictwo PK, Kraków, 2005
- [4] *Wysokowski A.; Howis J.*: Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej — cz. 7. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, Marzec–Kwiecień 2010
- [5] Prawo Budowlane: Dziennik Ustaw Nr 156 poz. 1118, 2006
- [6] Prawo Górnicze i Geologiczne: Dziennik Ustaw Nr 228, poz. 1947, 2005
- [7] Ustawa o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami: Dziennik Ustaw Nr 162, poz. 1568, 2003
- [8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie: Dziennik Ustaw Nr 75 poz. 690, 2002
- [9] [www.jubileusz.zwik.lodz.pl](http://www.jubileusz.zwik.lodz.pl), 02.12.2010