

Dušan Rešetka
Miloš Brzák

WYBRANE METODY RENOWACJI SIECI KANALIZACYJNYCH

Doświadczenia ostatnich lat wskazują, że poglądy na budowę nowych sieci kanalizacyjnych nie ulegają istotnym zmianom, a główną uwagę zwraca się na jakość materiałów, z których budowane są kanały. Dlatego też na plan pierwszy wysuwa się znaczenie renowacji sieci kanalizacyjnych, a zwłaszcza tych, które były wybudowane w centralnych historycznych dzielnicach większych miast w odległej przeszłości.

Stąd też w ostatnim okresie powstało wiele nowych metod renowacji uszkodzonych kanałów. Przydatność każdej metody uzależniona jest od właściwego jej stosowania, a w szczególności od dobrze przeprowadzonych prac przygotowawczych. Wybór metody uzależniony jest od rodzaju uszkodzenia oraz stanu technicznego odcinka kanału, który ma być naprawiany lub rekonstruowany. Dlatego też należy porównać ze sobą pod względem eksploatacyjnym, wykonawczym i inwestycyjnym różne metody i wybrać taką, która w danym konkretnym przypadku będzie najbardziej przydatna. Oprócz oceny technicznej trzeba również oszacować koszty, które wynikają z przewidywanego okresu eksploatacji remontowanego odcinka kanału.

W celu wyboru najwłaściwszej technologicznie metody naprawy uszkodzonych kanałów należy przede wszystkim ustalić przyczynę i wielkość uszkodzenia, a następnie ocenić czy uszkodzenie spowodowane jest szybką korozją materiału, z którego zbudowany jest kanał (np. przez odprowadzanie ścieków agresywnych), czy też powstało na skutek normalnego ścierania materiału. Obecnie można poszukiwać miejsc uszkodzenia kanałów przy pomocy kamer telewizyjnych, przy czym przed wprowadzeniem kamery badany odcinek należy wyczyścić metodami mechanicznymi bądź hydraulicznymi.

Renowacja kanałów nieprzełazowych

Do naprawy kanałów nieprzełazowych stosuje się w zasadzie następujące metody:

- uszczelnianie materiałem szybkowiążącym,
- nakładanie cementowych powłok wewnętrznych,
- stosowanie rur wykładzinowych z tworzyw sztucznych.

Stosowanie metody naprawy kanału poprzez jego uszczelnianie jest ograniczone do mniejszych odcinków i polega głównie na naprawie nieszczelnych połączeń. W tym celu do uszkodzonego miejsca kanału wciąga się (pod kontrolą kamery telewizyjnej) tzw. balon wyposażony w gumowe mankiety uszczelniające. Uszkodzony odcinek kanału zamyka się pompując powietrze do mankietów uszczelniających, a następnie uszczelnia się go dwuskładnikowym materiałem wstrzykiwanym pod ciśnieniem. Czas wiązania materiału uszczelniającego wynosi kilka sekund. Materiał ten jest odporny na działanie mikroorganizmów, wody gruntowej, a także rozcieńczonych kwasów i zasad. Tą metodą, przy dobrej organizacji prac, można naprawić ok. 40÷50 uszkodzeń dziennie w rurociągach $\varnothing$ 350 mm. Zaletą tej metody jest możliwość dokonywania napraw bez odkrywania kanału. Metodę tę stosuje się także w kombinacji z innymi metodami.

Metoda nakładania wewnętrznych powłok ochronnych (cementowych) wymaga wyłączenia odcinka kanału z eksploatacji oraz dokładnego wyczyszczenia kanału. Materiał ochronny doprowadza się przewodem pod ciśnieniem do szybko obracającej się głowicy ze szczelinami, z której siłą odśrodkową jest narzucany na wewnętrzną ścianę kanału. Powierzchnię narzucanego materiału wygładza się łopatkami obracającymi się równocześnie z głowicą. Już po kilku godzinach powłoka wewnętrzna jest związana z materiałem kanału, a odcinek kanalizacji można włączyć do eksploatacji. Podstawową zaletą tej metody jest wyeliminowanie prac ziemnych oraz minimalne zakłócenie ruchu ulicznego. Zaletą tej metody jest również fakt, że przekrój kanału nie ulega istotnemu zmniejszeniu. Wadą tej metody jest niska odporność nanoszonej zaprawy cementowej na działanie ścieków kwaśnych. Dlatego też ten sposób zalecany jest do naprawy uszkodzeń wynikających ze starzenia się sieci kanalizacyjnej.

Stosowanie rur wykładzinowych można realizować na kilka sposobów. Jednym z nich jest wciąganie elastycznego węża z tworzywa poliestrowego nasyconego żywicą syntetyczną, na którego zewnętrznej powierzchni naniesiona jest dodatkowo folia z PCW lub poliuretanu. Wąż wciąga się do kanału przez studzienkę rewizyjną przy pomocy tzw. rury inwersyjnej, do której przymocowuje się koniec węża wywrócony na zewnątrz. Do rury inwersyjnej tłoczy się zimną wodę, która wywraca powłokę węża i wtłacza ją do naprawianego kanału, przy czym powłoka węża z naniesioną warstwą

żywicy przylega do ściany kanału. Po ukończeniu wciągania, ogrzewa się zimną wodę w podgrzewaczu do temp. $60\div 90^{\circ}\text{C}$. Gorąca woda cyrkuluje w węży utwardzając żywicę syntetyczną. Czas trwania procesu utwardzania wynosi od 4 do 18 godzin. Długość naprawianego tą metodą odcinka kanału może wynosić do 500 m. Grubość ścianki wciągane go weża może wynosić od 3 do 42 mm, w zależności od wyników obliczeń statycznych. W miarę potrzeby można zwiększyć odporność wciągniętego weża na wody agresywne, wybierając odpowiednią metodę impregnacji. Zaletą tej metody jest duża gładkość powierzchni kanału i wynikająca stąd poprawa warunków przepływu. Podobnie jak w poprzednich metodach, nie zachodzi konieczność wykonywania robót ziemnych. Natomiast wadą tej metody jest konieczność wyłączenia kanału z eksploatacji na okres od jednego do trzech dni. Podobna metoda polega na wciąganiu do remontowanego kanału rury z PCW lub laminatu. Wciąganie rur prowadzi się z wykopów montażowych, które lokalizuje się w miejscu włączenia przykanalików. Po wciągnięciu rury z PCW i podłączeniu przykanalików, przestrzeń między wciągniętą rurą i ścianą remontowanego kanału wypełnia się zaprawą cementową albo mieszaniną popiołu i cementu. Zaletą tej metody jest możliwość jej stosowania praktycznie w czasie normalnej eksploatacji kanału. Natomiast wadą tej metody jest zmniejszenie przekroju poprzecznego kanału. Dlatego przed podjęciem decyzji o zastosowaniu tej metody należy wykonać odpowiednie obliczenia hydrauliczne. Inna metoda polega na rozepchaniu na boki zapadniętego (uszkodzonego) kanału za pomocą odpowiednio skonstruowanego urządzenia pneumatycznego. Do drugiego końca tego urządzenia przymocowuje się rurę z tworzywa sztucznego, która jest wciągana do kanału w miarę posuwania się do przodu urządzenia przeciskającego. Zaletą tej metody jest również minimalny nakład prac ziemnych, natomiast wadą jest niemożliwość prowadzenia prac w czasie normalnej pracy kanału.

Renowacja kanałów przelazowych

Remont kanałów przelazowych i półprzelazowych w większości przypadków wykonuje się równolegle z budową kanału równoległego do remontowanego kanału. Stosuje się następujące metody:

- tarczową,
- przeciskania rury osłonowej,
- tunelową.

W metodzie tarczowej w części tylnej tarczy wykonuje się obmurowywanie kanału od wewnątrz prefabrykowanymi blokami betonowymi. W środkowej części oporowej znajdują się prasy hydrauliczne, przy pomocy których tarcza posuwa się do przodu, odpychając się od ostatnio wymurowanego pierścienia kanału. Następnie metodą iniekcji wypełnia się zaprawą cementową szczelinę między obmurówką i ka-

nałem. Tarcze mogą być zmechanizowane i niezmechanizowane. Stosuje się tarcze o średnicy od 2 do ponad 3,6 m.

Metoda przeciskania rury jest obecnie stosowana nie tylko do wykonywania przejść pod przeszkodami komunikacyjnymi, ale także stosuje się ją do budowy kanalizacji odcinkami, przeciskając żelbetową rurę o średnicy $1200\div 2200$ mm, a nawet do 3000 mm. Długość przeciskanego odcinka wynosi około 100 m, a przy zastosowaniu stacji pośrednich nawet do 150 m.

W metodzie tunelowej prowadzi się tymczasowe obudowanie tunelu profilami stalowymi lub też sztolnia obudowywana jest elementami betonowymi (tworzącymi pierścienie o szerokości $30\div 50$ cm) równocześnie z wykonywaniem sztolni. Wyprawa lica wewnętrzznego nowego kanału jest podobna jak w metodzie tarczowej.

Wspólną zaletą powyższych metod jest niewielkie ograniczenie ruchu ulicznego nad remontowanym odcinkiem kanału. Wykopy wykonuje się co 100 i więcej metrów. Z punktu widzenia wyprawy lica wewnętrzznego kanału, najbardziej przydatna jest metoda przeciskania, która przy zastosowaniu rur o wysokiej jakości umożliwia uzyskanie gładkiej powierzchni wewnętrznej kanału. Wadą wszystkich tych metod jest względnie duży (z hydraulicznego punktu widzenia) profil kanału. Ponadto ilość transportowanego materiału jest znaczna.

Najważniejszym problemem, wspólnym zarówno dla metod naprawy kanałów nieprzelazowych jak i kanałów przelazowych, jest rekonstrukcja przykanalików. W gęstej zabudowie w starych częściach miast, gdzie znajduje się znaczna liczba przykanalików o niezbyt dobrze znanym położeniu sytuacyjnym i wysokościowym, problem ich rekonstrukcji jest bardzo ważny.

Renowacja i konserwacja sieci kanalizacyjnej Brna

Sieć kanalizacyjna Brna, której budowę rozpoczęto w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia, ma obecnie długość 757 km. Sześć kolektorów odprowadza ścieki do oczyszczalni położonej na południowym skraju miasta (rys. 1).

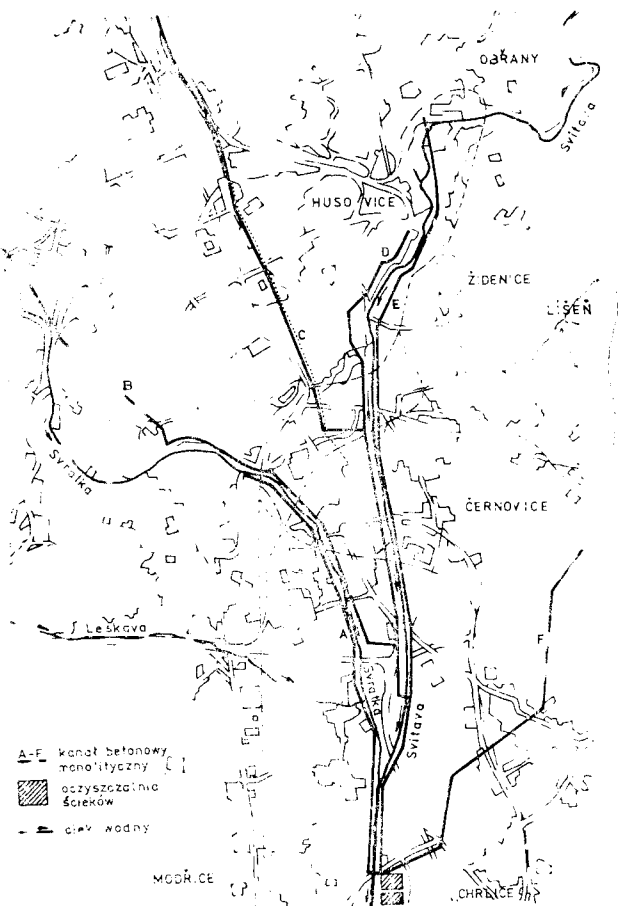
Kanalizacja w centrum miasta o długości 75 km, była wybudowana przed pierwszą wojną światową. Betonowe kanały monolityczne o przekroju jajowym mają wymiary od $0,50\times 0,75$ m do $1,0\times 1,5$ m. W latach 1918÷1939 nastąpił szczególny rozwój kanalizacji, gdyż wybudowano wówczas 242 km sieci. Oprócz betonowych kanałów jajowych, zaczęto stosować kanały betonowe o przekroju kołowym. Dalszy szybki rozwój sieci kanalizacyjnej zaczął się po roku 1960, co związane było z budową osiedli mieszkaniowych. W latach 1960÷1987 wy-

budowano 380 km kanalizacji, czyli praktycznie 50% obecnej długości sieci. Kanały są wybudowane z żelbetu, kamionki, a w pojedynczych przypadkach z tworzyw sztucznych. Głębokość ułożenia kanałów wynosi od 2 do 10 m. Największą głębokość mają kanały w centralnej części miasta.

Obecnie wiek 77 lat osiągnęło już 75 km kanalizacji, a do roku 2000 długość ta wzrośnie do 150 km. Na stan kanalizacji ma wpływ rozwój komunikacji miejskiej, a także pogarszający się skład ścieków oraz wzrost ich ilości. W ostatnim okresie powstało szereg awarii, które spowodowały uciążliwe ograniczenia w komunikacji komunalnej, pogorszyły warunki życia mieszkańców przyległych ulic i utrudniły dojazd służbom komunalnym.

W celu poprawy stanu kanalizacji miejskiej Brna prowadzone są działania ukierunkowane na:

- badania sieci kanalizacyjnej w celu określenia jej stanu i wyboru odpowiedniego rozwiązania technicznego renowacji,
- zapewnienie odpowiedniej eksploatacji kanalizacji przez prawidłowe jej czyszczenie i konserwację,
- odnowienie sieci kanalizacyjnej, obejmujące naprawy lokalnych awarii, a także całych odcinków, na których wystąpiły awarie.

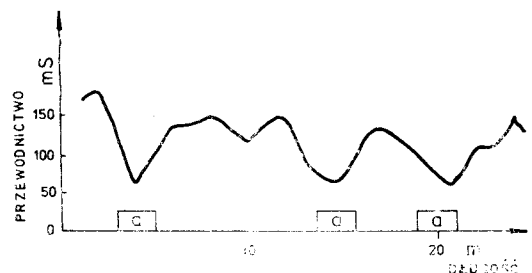


Rys. 1. Układ kolektorów kanalizacyjnych w Brnie.

Badania sieci kanalizacyjnej prowadzono do roku 1981 wyłącznie poprzez oględziny, co jednak w odniesieniu do kanałów nieprzelazowych było niewystarczające. Od roku 1981 do oględzin kanałów stosowana jest kamera telewizyjna szwajcarskiej firmy BCS. Badania takie prowadzi na terenie całego kraju przedsiębiorstwo wodociągowe w Pradze. W Brnie tą metodą przebadano już 20 km kanalizacji, przy czym najwięcej w centrum miasta. Po wyczyszczeniu badanego odcinka wodą pod ciśnieniem wprowadza się kamerę do kanału przez studzienkę rewizyjną. Obsługa wozu typu AVIA steruje kamerą i obserwuje obraz kanału na monitorze. W miejscach uszkodzenia kanału, włączenia przykanalików, kielichów itp. wykonuje się fotografie z monitora. Obsługa prowadzi notatki, które wspólnie z dokumentacją fotograficzną stanowią część dokumentacji do badań kanalizacji. W przyszłości będzie prowadzona również dokumentacja wideo.

Powyższe badania dostarczyły cennych informacji o stanie sieci kanalizacyjnej. Okazało się, że wiele odcinków ma znacznie uszkodzone dno, występują pęknięcia ścian i stropów kanałów, dużo kielichów jest źle uszczelnionych, przykanaliki są oderwane od ściany kanału itd. Telewizyjne urządzenia stosowano do badania kanałów o średnicy powyżej 0,3 m. Do badań przykanalików w kilku przypadkach stosowano kamerę firmy IBAK (RFN).

Na odcinkach kanałów o większych uszkodzeniach prowadzono również badania geofizyczne kawern powstałych w miejscu uszkodzeń kanału. Zastosowano metodę pomiaru przewodnictwa przypowierzchniowej warstwy gruntu. Wybrano mało znany wariant tej metody, jakim jest pomiar indukcyjny przy użyciu aparatury GEONICS z Kanady. Urządzeniem tym mierzy się przewodnictwo gruntu w mS. Wyniki pomiarów zamieszczono na rysunku 2



Rys. 2. Przebieg przewodnictwa gruntu nad osią kanału (a — szerokość anomalii).

Niskie przewodnictwo w miejscu kawern zostało potwierdzone przez wiercenia wykonywane w czasie badań geologicznych, prowadzonych w celu opracowania projektu rekonstrukcji badanego odcinka kanalizacji.

Ze względu na brak pracowników o odpowiednich kwalifikacjach, dąży się do jak największej mechanizacji prac. Czyszczenie kanaliza-

cji wykonuje się wodą pod ciśnieniem przy pomocy samochodów na podwoziu ŠKODY 706 oraz dwóch kombinowanych samochodów firmy FAUN (RFN) na podwoziu TATRY 815. W ciągu roku czyści się tą metodą około 140 km kanalizacji. Ponadto tą metodą czyści się również kanalizacje w zakładach przemysłowych.

Czyszczenie wpustów ulicznych prowadzone jest przy pomocy starszych samochodów produkcji czeskiej, a także firmy FAUN. Odrębne brygady pracowników usuwają zatkania przykanalików, gdzie oprócz klasycznego czyszczenia ręcznego stosuje się czyszczenie mechaniczne przy pomocy dużych samochodów firmy RIDGID (Dania) i jednego samochodu firmy ROTHENBERGER (RFN).

Obecnie prowadzi się renowację sześciu największych kolektorów oraz kanałów ulicznych, a w szczególności przykanalików. Renowacja kanałów betonowych prowadzona jest w większaści metodami nie wymagającymi wykopów, głównie metodą tarczową i klasyczną metodą tunelową. W metodzie tarczowej stosuje się tarcze produkcji czeskiej o średnicach 2,0, 2,5, 3,05 i 3,6 m. Dalsze wykończenie wewnętrznego lica kanału prowadzone jest po uszczelnieniu jego wnętrza metodą iniekcji zaprawy. Cały wewnętrzny profil kanału wykładany jest płytkami kamionkowymi (lub tylko jego dolna połowa, a górną część wykłada się laminatem). Podobne wykończenie stosuje się również w klasycznej metodzie tunelowej.

W metodzie przeciskania stosuje się rury żelbetowe o średnicy od 1,7 do 2,2 m. Czynnione są przygotowania do zastosowania tej metody do

budowy całych odcinków kanału. Rekonstrukcja kanałów kamionkowych rozpoczęta w latach 80-tych, postępuje sukcesywnie, lecz jest ograniczona wielkością nakładów finansowych. Renowacja kanalizacji ulicznej jest bardzo utrudniona zwłaszcza w historycznej części miasta. Komplikuje ją występowanie uzbrojenia podziemnego, transport, duża liczba przykanalików, konieczność zachowania normalnej eksploatacji sieci, znaczna głębokość kanałów i in.

Zastosowanie metody klasycznej, tj. prowadzenia prac w wykopie otwartym, spowodowałoby konieczność wykonania wielkich kubaturowo prac ziemnych. Dlatego podczas renowacji kanalizacji ulicznej zastosowano kilka metod bezodkrywkowych, stosowanych do remontu kanałów przełazowych (metoda tunelowa, przeciskanie rur). Jednakże przy zastosowaniu tych metod profil kanału z hydraulicznego punktu widzenia był zbyt duży, a ponadto wystąpiły trudności przy renowacji i montażu przykanalików.

W Brnie zastosowano próbne wciąganie rur z PCW o średnicy 0,3 m do rekonstruowanego kolektora o średnicy 0,4 m i do kanału betonowego o wymiarach 0,5×0,75 m. W celach badawczych przeprowadzono również wyłożenie laminatem odcinka kanału o profilu 0,8×1,2 m. Jednakże postęp tych metod renowacji sieci jest niewielki. Rocznie remontuje się 3÷5 km kolektorów i niecały 1 km kanalizacji miejskiej. Dlatego też w najbliższych latach temu problemowi poświęcona będzie znacznie większa uwaga.

METHODS OF SEWER PIPE REHABILITATION: A CASE STUDY

The paper gives a detailed account of rehabilitation methods which are in use in Czechoslovakia. It also presents a critical review of the methods for leakage

stopping in sewers of different diameter. Particular attention has been given to the sewer system of Brno with the aim to provide a smooth operation. The system is rehabilitated by different methods which involve modern specialized equipment (including television) for pipe testing.