

Renowacja przewodu kanalizacyjnego za pomocą rękawa CIPP utwardzonego promieniami UV

Dr hab. inż. Andrzej Raganowicz

Zweckverband zur Abwasserbeseitigung im Hachinger Tal, Taufkirchen, Niemcy

Renowacja (odnowa) sieci kanalizacyjnych jest młodą i interdyscyplinarną dziedziną techniki budowlanej obejmującą fazę projektowania, realizacji inwestycji i odbiorów. Pierwsza niemiecka instalacja rękawa filcowego nasączonego nienasyconą żywicą poliestrową, która zakończyła się powodzeniem, miała miejsce w Hamburgu w 1983 roku. Odnawianym przewodem kanalizacyjnym był ogólnospławny betonowy odcinek sieci DN 600 mm o długości 120 m zlokalizowany w Holzmühlenstrasse. Wewnętrzną powłokę rękawa stanowiła folia poliuretanowa (PU). W ramach instalacji tego rękawa nie przewidziano folii zewnętrznej (tzw. preliner). Błędnie bowiem przypuszczano, że nastąpi sklejenie laminatu z betonem. Po 25-letniej eksploatacji odnowionego przewodu pobrano próbki laminatu i poddano je badaniom fizyko-mechanicznym. Wyników badań rękawa hamburskiego nie opublikowano. Natomiast pierwszą światową instalację rękawa filcowego nasączonego również nienasyconą żywicą poliestrową w przewodzie ogólnospławnym o profilu owalnym DN 600/1170 mm i długości 70 m przeprowadził angielski inżynier Eric Wood zgodnie z opatentowaną przez niego procedurą „Insituform”. Wydarzenie to miało miejsce w Londynie w 1971 roku. Od momentu instalacji pierwszego rękawa europejskiego minęło 50 lat. W tym czasie nastąpił niezwykle szybki rozwój tej młodej dziedziny techniki budowlanej.

Według ankiety przeprowadzonej przez niemiecką organizację DWA w 2020 roku 25% przewodów kanalizacyjnych w Niemczech wymaga przeprowadzenia naprawy lub renowacji, przy czym łączna długość kanalizacji publicznej wynosi 600 000 km. W latach 2014-2018 poddano renowacji tylko 5,3% przewodów kanalizacyjnych, co stanowi jedynie niewielki ułamek potrzeb w tym zakresie. Najbardziej popularnymi pro-

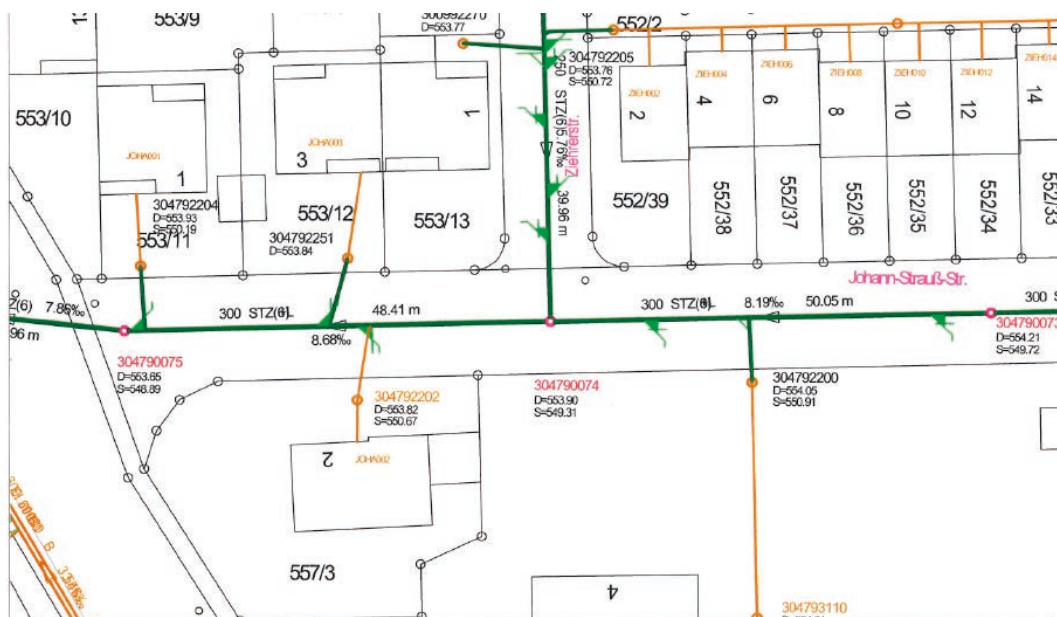
cedurami renowacyjnymi w Niemczech są: rękawy typu CIPP utwardzane promieniami UV i rękawy impregnowane nienasyconą żywicą poliestrową oraz żywicą epoksydową utwardzane ciepłą wodą lub parą wodną.

Prace renowacyjne są wykonywane „in situ”, a zatem towarzyszy im duże ryzyko. Dlatego też sukces zabiegów renowacyjnych zależy od jakości planowania, wykonawstwa i odbiorów technicznych. Na podstawie renowacji przykładowego odcinka sieci kanalizacyjnej bawarskiej gminy Unterhaching omówione będą istotne aspekty procesu renowacyjnego, do którego wykorzystano powłokę CIPP.

RENOWACJA PRZEWODU KAMIONKOWEGO DN 300 MM

Przewód kamionkowy DN 300 mm zbudowano w technice wykopowej w pierwszej połowie lat 70. ubiegłego stulecia i jest eksploatowany w bawarskiej gminie Unterhaching przez Związek Celowy pn. Zweckverband zur Abwasserbeseitigung im Hachinger Tal (rys. 1).

Renowacja przedmiotowego przewodu kanalizacyjnego była konsekwencją przeprowadzonych badań szczelności obejmujących całą sieć gminy Unterhaching. Zgodnie z bawarskim Zarządzeniem EÜV – Eigenüberwachungsverordnung [6] wszystkie czterdziestoletnie przewody kanalizacyjne muszą być poddane badaniom szczelności według DIN EN 1610 [1]. Realizacja badań według tej normy wymaga z reguły dużego wysiłku organizacyjnego związanego między innymi z zamykaniem dla ruchu kołowego poszczególnych ulic. Biorąc pod uwagę tego rodzaju



Rys. 1. Przewód kamionkowy DN 300 mm, gmina Unterhaching



Rys. 2. Urządzenie firmy IBAK do badania szczelności połączeń rur i przyłączy

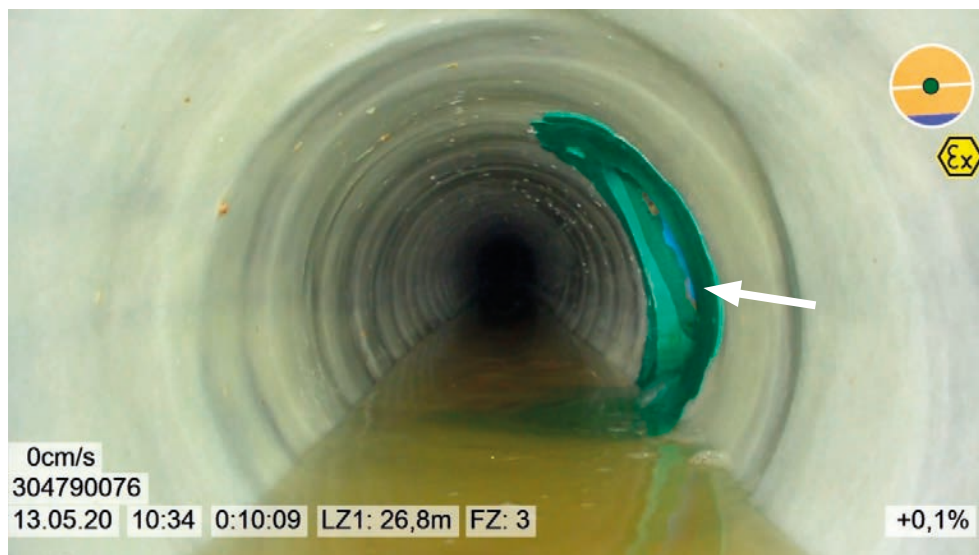
trudności Związek Celowy zwrócił się do Urzędu Gospodarki Wodnej w Monachium z prośbą o wykonanie tych badań według wytycznej DWA-M 149-6 [5]. Jedną z opcji tej wytycznej dopuszcza badanie szczelności wszystkich lub wybranych połączeń rur. Na rys. 2 przedstawiono urządzenie niemieckiej firmy IBAK służące do badania szczelności połączeń rur za pomocą sprężonego powietrza. Zestaw ten jest wyposażony dodatkowo w packer satelicki umożliwiający badania szczelności przykanałików. W przypadku pojedynczego połączenia ciśnienie robocze powietrza wynosi 100 mbar, a jego dopuszczalny spadek wynosi 15 mbar. Czas trwania badania przewodu DN 300 mm wynosi 6 sekund.

Przeprowadzone w 2019 roku badania szczelności wykazały, że kanały przebiegające w korpusie ulicy Johann-Strauss-Str. w gminie Unterhaching są nieszczelne. Analiza dokumentacji telewizyjnej nie wykazała poważniejszych uszkodzeń, co sugerowało wbudowanie resztkowej partii rur kamionkowych bez fabrycznie wbudowanych elementów uszczelniających. Niemieckie rury kamionkowe były produkowane bez uszczelnień aż do 1965 roku. Uszczelnienia połączeń rur wykonywano w trakcie układania przewodu w wykopie. Elementami uszczelniającymi były pakuły nasączone materiałami bitumicznymi.

W tej sytuacji Związek Celowy podjął decyzję o renowacji wszystkich nieszczelnych przewodów kanalizacyjnych. Na podstawie analizy lokalnych uwarunkowań i aspektów techniczno-ekonomiczno-eksploatacyjnych wybrano rękaw typu CIPP utwardzany promieniami UV jako ekonomiczną formę realizacji odnowy. Rękaw jest produktem firmy Brandenburger Liner GmbH & Co. KG wykonanym z włókien syntetycznych wzmocnionych włóknami szklanymi. Natomiast matrycą jest nienasycona żywica poliestrowa utwardzana promieniami UV. Prace renowacyjne wykonała firma Max Bögl Stiftung & Co. KG w 2020 roku. W celu uzyskania jak najlepszych efektów ekonomiczno-eksploatacyjnych Związek Celowy, czyli inwestor, przejął nadzór budowlany nad planowanymi pracami renowacyjnymi. Bezpośrednio przed wprowadzeniem powłoki do przewodu należy poddać go czyszczeniu hydrodynamicznemu i kalibracji w celu usunięcia deformacji geometrycznych.

Pierwsza faza instalacji polega na wbudowaniu nasączonego żywicą rękawa i dopasowaniu go do odnawianego przewodu za pomocą sprężonego powietrza. Nasączony żywicą rękaw jest dostarczany z hali fabrycznej w skrzyniach bezpośrednio na plac budowy. W ramach instalacji powłoki nie zastosowano prelinera, gdyż przewód operuje powyżej wody gruntowej. Utwardzanie żywicy jest realizowane za pomocą łańcucha lamp emitujących promieniowanie UV. Jest to bardzo ważna faza instalacji mająca decydujący wpływ na jakość zabiegu renowacyjnego. Jej istotnymi parametrami są prędkość przejazdu zespołu lamp i moc ich promieniowania. Kryteria te są zdefiniowane przez producenta lamp UV. Dane te powinny być skrupulatnie dokumentowane i przekazywane inwestorowi. Prędkość przejazdu ustala automatycznie operator w zależności od średnicy przewodu. Natomiast funkcjonalność lamp należy kontrolować przed każdą instalacją rękawa, jak również to, czy są czyste. Te z pozoru mało istotne kwestie są szczególnie ważne przy stosowaniu powłoki CIPP, gdyż utwardzanie żywicy jest realizowane w ramach tylko jednego przejazdu łańcucha lamp, a folia wewnętrzna rękawa pochłania 20% promieniowania UV. Pozytywnym aspektem jednorazowego przejazdu łańcucha lamp jest skrócenie łącznego czasu instalacji rękawa.

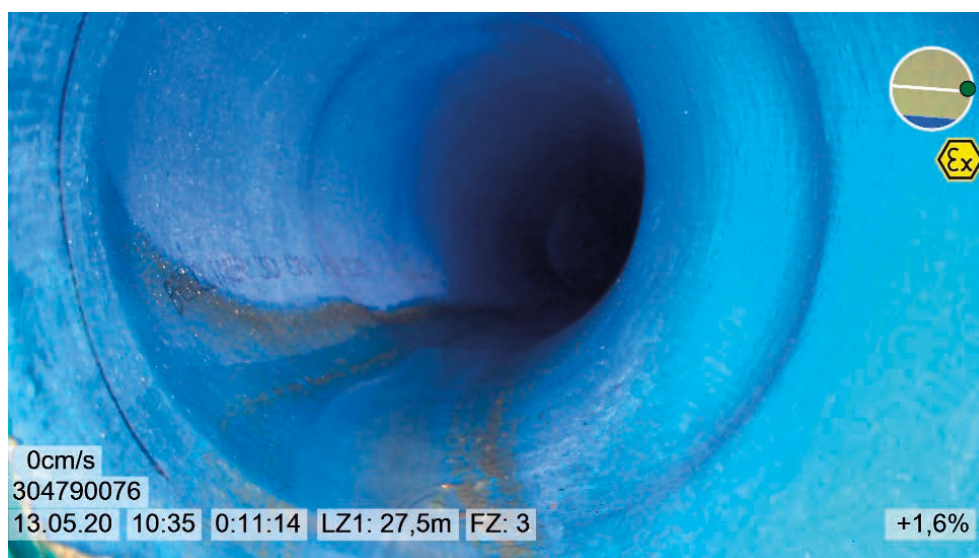
Po utwardzeniu powłoki należy otworzyć przyłącza za pomocą robota frezującego i wykonać zakończenia rękawa w studzienkach rewizyjnych oraz w miejscach przyłączy (rys. 3, 4). Widoczne na rys. 3 wgłębienia radialne są złudzeniem optycznym. W rzeczywistości powierzchnia wewnętrzna rękawa jest zupełnie gładka. W tych miejscach zlokalizowane są taśmy z włókna szklanego. Odnawiany przewód ma dwa przyłącza kamionkowe DN 150 mm, które również poddano zabiegom renowacyjnym. W przypadku przyłączy zastosowano inną technikę, a mianowicie rękaw filcowy nasączony żywicą epoksydową utwardzono ciepłą wodą. Na rys. 5 przedstawiono rękaw wbudowany do jednego z przyłączy, a jego zakończenie wykonane robotem kanałowym zilustrowano na rys. 4. Z analizy dokumentacji telewizyjnej (rys. 5) wynika, że rękaw bardzo dobrze dopasował się do odnawianego przyłącza. Do wykonania zakończeń uszczelniających rękaw w obu studzienkach rewizyjnych zasto-



Rys. 3. Wnętrze kanału po instalacji powłoki CIPP



Rys. 4. Zakończenie rękawa w studzience rewizyjnej-



Rys. 5. Rękaw filcowy nasączony żywicą epoksydową wbudowany do przyłącza kamionkowego DN 150 mm

sowano szybkowiązącą zaprawę mineralną (rys. 4). W trakcie realizacji robót renowacyjnych inwestor prowadził intensywny nadzór budowlany, szczególnie w fazach decydujących o jakości realizowanej inwestycji.

ODBIÓR TECHNICZNY

W przypadku zamówień publicznych przeprowadzenie odbioru technicznego jest obowiązkiem prawnym. Zignorowanie tego obowiązku wiąże się z poważnymi konsekwencjami finansowymi i prawnymi. Komponentami pierwszego odbioru technicznego zabiegów renowacyjnych są: inspekcja optyczna, badanie szczelności według DIN EN 1610 [1] i badania fizyko-mechaniczne pobranych próbek laminatu. Najlepszą formą próbek laminatu są pełne pierścienie o długości 20 cm pobrane ze studzienek rewizyjnych pozwalające na zwiększenie zakresu badań. Wymaga to jednak zastosowania specjalnego szalunku w studziennicy rewizyjnej. Pobranie i badanie próbek laminatu w żadnym wypadku nie należy zlecić wykonawcy robót renowacyjnych. Zadanie to może wykonać firma niezależna od wykonawcy. Najkorzystniejszym jednak rozwiązaniem jest przejście nadzoru jakości przez inwestora, co gwarantuje uzyskanie miarodajnych wyników badań. Wyniki badań fizyko-chemiczno-mechanicznych próbki laminatu pobranej z odcinka 304790074 -75 (rys. 1) przedstawiono w tabl. 1. Standardowa wersja badań obejmuje moduł elastyczności, wytrzymałość na zginanie, szczelność laminatu i grubość jego ścianki. W przypadku opisanej renowacji zakres badań rozszerzono o pełzanie po 24 godzinach, oznaczenie żywicy na podstawie analizy spektralnej i zawartość włókien szklanych.

Parametry mechaniczne ustalono według DIN EN ISO 178 [3] w połączeniu z DIN EN ISO 11296 [2], a zawartość włókien szklanych i szczelność według wytycznej DWA-A 143-3 [4] (ciśnienie: -0,5 bara, czas trwania: 30 minut). Rodzaj żywicy oznaczono na podstawie analizy spektralnej (typ: OPS-NPG). Dokładna analiza dokumentacji odbioru technicznego obejmującej wyniki inspekcji optycznej, badań szczelności i próbki laminatu wykazała dobrą jakość wykonanych robót renowacyjnych. W ten sposób osiągnięto wszystkie wymogi normowe i cele techniczno-eksploatacyjne.

Renowację odcinka 304790074 -75 zrealizowano i odebrano w 2020 roku. Zgodnie z umową odbiór gwarancyjny będzie przeprowadzony po upływie 4 lat, w 2024 roku. W ramach tego odbioru należy wykonać ponownie inspekcję optyczną i ba-

danie szczelności. Jest to ostatnia szansa, aby uzyskać zamówiony obiekt i zmusić wykonawcę do usunięcia wszystkich usterek. Organizacja i koszty obu odbiorów leżą w gestii inwestora.

WNIOSKI

Nieszczelne przewody kamionkowe DN 300 mm odnowiono na bazie powłoki CIPP z włókien syntetycznych wzmocnionej włóknami szklanymi nasączoną żywicą poliestrową i utwardzonej promieniami UV. W celu osiągnięcia zaplanowanych efektów ekonomiczno-eksploatacyjnych inwestor był autorem projektu zabiegów renowacyjnych i przejął nadzór budowlany nad realizowanymi robotami. Ze względu na to, że zabiegi renowacyjne są wykonywane *in situ*, dlatego też wymagają one permanentnej kontroli i nadzoru. Z doświadczeń renowacyjnych autora wynika, że instalacje rękawów powinny być realizowane w ramach pojedynczych odcinków sieci. Instalacja długich, dwustu lub trzystumetrowych powłok generuje większe ryzyko powstania inperfekcji renowacyjnych. Utwardzony i mocno zdeformowany rękaw stanowi poważny problem dla wykonawcy i inwestora. W szczególnie trudnych sytuacjach jedynym rozwiązaniem jest wybudowanie przewodu wraz z rękawem i ułożenie nowego. Kwalifikowane planowanie zabiegów renowacyjnych polegające na prognozowaniu stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych i zachowanie wszystkich reżimów wykonawczych zmniejsza ryzyko niepowodzenia.

Istotnym elementem składowym procedury renowacyjnej są rzetelne odbiory techniczne. Odpowiednia dokumentacja wyników badań zapewnia inwestorowi korzystną pozycję przetargową w przypadku konfliktu z wykonawcą. W ramach pierwszego odbioru technicznego wykonano inspekcję optyczną, badanie szczelności według DIN EN 1610 [1] i zlecono badania fizyko-chemiczno-mechaniczne próbek laminatu. Pozytywne wyniki przeprowadzonych badań pozwalają przypuszczać z dużym prawdopodobieństwem, że wbudowane rękawy osiągną lub przekroczą zaplanowaną żywotność techniczną wynoszącą 50 lat. Po czteroletniej eksploatacji odnowionych przewodów będzie przeprowadzony odbiór gwarancyjny obejmujący ponowną inspekcję optyczną i badanie szczelności według DIN EN 1610 [1].

LITERATURA

1. DIN EN 1610, Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, 2015.
2. DIN EN ISO 11296-4, Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauch-Lining, 2018.
3. DIN EN ISO 178, Kunststoffe - Bestimmung der Biegeeigenschaften, 2019.
4. DWA-A 143-3, Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Vor Ort härtende Schlauchliner, 2014.
5. DWA-M 149-6, Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 6: Druckprüfungen in Betrieb befindlicher Entwässerungssysteme mit Wasser oder Luft, 2016.
6. EÜV – Eigenüberwachungsverordnung, Verordnung zur Eigenüberwachung von Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen vom 20. September 1995 (GVBl 1995, S. 769), zuletzt geändert am 25.02.2010 (GVBl 2010, S. 66).

Tabl. 1. Wyniki badań próbki laminatu

Parametr	Wynik badań	Parametr wymagany
Moduł elastyczności [Nm/mm ²]	5564	4758
Wytrzymałość na zginanie [Nm/mm ²]	131,8	115
Zawartość włókien szklanych [%]	35,7	40 ±5,0
Pełzanie po 24 h [%]	5,2	7,6
Grubość ścianki [mm]	4,2	4,2
Szczelność laminatu	szczelny	szczelny