

Efekty naukowe 30-letnich badań przewodów kanalizacyjnych techniką CCTV

Scientific results of 30 years of CCTV research of sewer pipes

ANDRZEJ KULICZKOWSKI, EMILIA KULICZKOWSKA, JUSTYNA LISOWSKA

DOI 10.36119/15.2022.5.7

W artykule zaprezentowano osiągnięcia naukowe uzyskane w Politechnice Świętokrzyskiej w wyniku 30-letnich badań przewodów kanalizacyjnych metodą CCTV. Badaniami objęto ponad 200 km przewodów kanalizacyjnych wykonanych w różnych miastach Polski. Efektem tych badań były liczne publikacje naukowe krajowe i zagraniczne a także prace doktorskie, monografie oraz praca habilitacyjna.

Słowa kluczowe: metoda CCTV, przewody kanalizacyjne, stan techniczny, osiągnięcia naukowe

The paper presents scientific achievements obtained at the Kielce University of Technology as a result of 30-year-long research on sewage pipes using the CCTV method. The research covered over 200 km of sewage pipes made in various cities in Poland. The research resulted in numerous national and international scientific papers, as well as PhD theses, monographs and a habilitation thesis.

Keywords: CCTV method, sewer pipelines, technical condition, scientific achievements

Wstęp

Zaprezentowano 30-letni dorobek naukowy pracowników Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej w zakresie badań przewodów kanalizacyjnych techniką CCTV. Analiza wyników tych badań obejmujących ponad 200 km przewodów kanalizacyjnych z kilkudziesięciu polskich miast, terenów wiejskich i zakładów przemysłowych zaowocowała m.in. powstaniem wielu publikacji w czasopiśmie, licznymi referatami konferencyjnymi a także trzema pracami doktorskimi, pracą habilitacyjną oraz czterema monografiami.

Aparatura badawcza

Zanim zastosowano technikę CCTV do badania przewodów kanalizacyjnych nie istniała możliwość stwierdzenia czy wbudowane rury posiadają uszkodzenia powstałe w okresie ich transportu czy w budowywania, takie jak np. rysy, pęknięcia, ubytki konstrukcyjne na końcach rur, rozsunięcia rur na złączach oraz czy rury są ułożone z poprawnym spadkiem podłużnym. Także brak było możliwości

wykrywania uszkodzeń, które powstawały w trakcie eksploatacji rur, takich jak np. korozja ścian wewnętrznych, nieszczelność złączy rur itp. Dopiero zastosowanie techniki CCTV umożliwiło wykrywanie tych uszkodzeń.

W roku 1967 opracowano w Ośrodku Doświadczalnym Wodociągów i Kanalizacji Instytutu Gospodarki Komunalnej w Krakowie pierwszą w Polsce pracę studialną pt. „Telewizyjne badanie czynnych przewodów ulicznej sieci kanałowej”. Opublikowano także „Wskazówki konstrukcyjne” dotyczące pierwszej w Polsce kamery kanalizacyjnej opracowane przez Dział Konstrukcji Urzędzeń Telewizji Przemysłowej Warszawskich Zakładów Telewizyjnych. Opracowania te szybko znalazły odzwierciedlenie w praktyce, kiedy to w 1969 roku Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Tarnowie odebrało z Warszawskich Zakładów Telewizyjnych pierwszy w Polsce zestaw badawczy zawierający kamerę kanalizacyjną i dokonało montażu całości zestawu telewizyjnego na polskim samochodzie inspekcyjnym marki Nysa [1].

Kamera ta została zaprojektowana do badania przewodów kanalizacyjnych o średnicach od 300 mm wzwyż. Była ona wyposażona w prowadnice i rolki umożli-

wiające jej przeciąganie przez kanał za pomocą liny ciągnącej. Obudowa kamery została wykonana w warsztatach Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Tarnowie. Była ona zasilana z ulicznej sieci elektrycznej zewnętrznej lub przyłączy domowych prądem o parametrach 220V/50 Hz. Komplet dostarczonego przez Warszawskie Zakłady Telewizyjne urządzenia telewizji użytkowej składał się z kamery, pulpitu do zdalnej regulacji oraz monitora (rys. 1).



Rys. 1
Pierwszy polski zestaw inspekcyjnej kamery kanalizacyjnej [2]

Fig. 1 First Polish sewer inspection camera set [2]

Obecnie kamerę tę można oglądać w laboratorium Wydziału Inżynierii Środowiska Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej.

Prof. dr hab. inż. A. Kuliczkowski – e-mail: akuli@wp.pl; <https://orcid.org/0000-0001-9807-6190>, dr hab. inż. E. Kuliczowska – e-mail: emkulicz@tu.kielce.pl; <https://orcid.org/0000-0001-5807-860X>, dr inż. J. Lisowska – Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Inżynierii Środowiska Geomatyki i Energetyki, Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych; e-mail: justyna@tu.kielce.pl; <https://orcid.org/0000-0002-1777-100X>

W roku 1991 Politechnika Świętokrzyska zakupiła czarno-białą prosto patrzącą kamerę do inspekcji przewodów kanalizacyjnych, wyprodukowaną przez firmę Pearpoint Ltd. (rys.2). Kamera ta była wpychana do badanych przewodów kanalizacyjnych sprężystym kablem nawiniętym na kołowrocie i umożliwiała ich inspekcję w zakresie średnic 50 - 1000 mm. W latach 1991 – 1997 pracownicy naukowo-badawczy Politechniki Świętokrzyskiej wykonywali inspekcje telewizyjne przewodów kanalizacyjnych (w mniejszym stopniu wodociągowych) w wielu miastach na obszarze całego kraju, często po raz pierwszy. W okresie tym wykonano łącznie 137 różnych badań na łącznej długości przewodów kanalizacyjnych wynoszącej ok. 88 km. Pod koniec lat dziewięćdziesiątych zaczęto stosować kolorowe kamery.



Rys. 2
Kamera kanalizacyjna brytyjskiej firmy Pearpoint oraz kołowrót z nawiniętym kablem i urządzeniem sterującym [2]
Fig. 2 Pearpoint's sewer camera including reel with wound cable and control device [2]

Od 1997 roku badania inspekcyjne nadal wykonywali pracownicy Politechniki Świętokrzyskiej wykorzystując aparaturę badawczą firmy itv GmbH (Rys.3), ale tym razem zakupioną już przez nich i poprzez założoną przez nich firmę EuroKan s.c. Była ona przewożona samochodem Polonez combi z opcją jej wyjmowania i ręcznego przenoszenia do trudno dostępnych lokalizacji. Kamera ta różniła się od poprzedniej tym, że umożliwiała uzyski-



Rys. 3
Kamera kanalizacyjna niemieckiej firmy itv GmbH zakupiona przez Firmę EuroKan s.c. [2]
Fig. 3 Sewage camera of German company itv GmbH purchased by EuroKan company [2]

wanie kolorowego obrazu, była samojezdna, zdalnie sterowana oraz posiadała obrotową głowicę umożliwiającą jej obrót w poziomie o 270° oraz w pionie o 360°.

Od 2012 roku do chwili obecnej pracownicy naukowo-badawczy Wydziału Inżynierii Środowiska Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej są w posiadaniu mobilnego laboratorium (rys.4) do badania przewodów infrastruktury podziemnej zakupionego od firmy Raush GmbH w ramach projektu "Rozwój bazy badawczej specjalistycznych laboratoriów uczelni publicznych regionu świętokrzyskiego".



Rys.4.
Mobilne laboratorium do badania infrastruktury podziemnej oraz kamera kanalizacyjna firmy Raush [2]
Fig.4. Raush's mobile underground infrastructure testing laboratory and sewer camera [2]

Mobilne laboratorium do badania infrastruktury podziemnej poszerza dotychczasowy zakres możliwych badań i analiz. Dodatkowo możliwości zakupionej aparatury pozwalają na pomiar m.in. ugięcia rur, szerokości rys, lub wielkości rozsunień rur. Analiza uzyskanych uszkodzeń oraz wyniki tych dodatkowych pomiarów w powiązaniu z innymi ważnymi parametrami hydraulicznymi i konstrukcyjnymi badanych rur umożliwiają podejmowanie decyzji dotyczących doboru optymalnych metod odnowy przewodów kanalizacyjnych. łącznie do chwili obecnej pracownicy Politechniki Świętokrzyskiej zbadali ponad 200 km przewodów kanalizacyjnych na terenie całego kraju [1].

Publikacje w czasopismach krajowych i zagranicznych oraz materiałach konferencyjnych i monografiach

Pierwsze publikacje, w których zaprezentowano wyniki badań CCTV przewodów kanalizacyjnych dotyczyły wykorzy-

stania ich do ustalania optymalnych technik odnowy badanych przewodów kanalizacyjnych. Bazując na wynikach badań CCTV zastosowano w 1991 r. po raz pierwszy w Polsce w Tarnowie bezwykopową technologię „krótkiego reliningu” [3] z wypełnianiem wolnej przestrzeni międzyrurowej lekką spienioną zaprawą cementową. Również po raz pierwszy w Polsce zastosowano w Dębicy w 1992 roku, bazując na wynikach badań CCTV, bezwykopową technologię wymiany rur kanalizacyjnych [4] z powiększeniem ich średnicy z 200 do 315 mm. Badania CCTV stanowiły także

podstawę do bezwykopowego uszczelnienia kanatu [5] metodą „krótkiego Reliningu” w Nowym Sączu w roku 1993.

W kolejnych latach opracowano szereg innych publikacji, które ukazywały się także w innych niż Gaz, Woda i Technika Sanitarna czasopismach, takich jak: Instal, Rynek Instalacyjny, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, Inżynieria Bezwykopowa, Przegląd Komunalny, Wodociągi i Kanalizacja, Przegląd Budowlany, Drogownictwo, Ochrona przed Korozją, Forum Eksploatatora, Kierunek Wod-Kan oraz bmp Ochrona Środowiska. Poniżej wskazano na niektóre z tych publikacji.

W [6] opisano uszkodzenia przewodów wykonanych z PVC, natomiast w [7] dokonano analizy wyników badań techniką video nowo wybudowanych kanatów z rur PVC zbadanych w 11 miejscowościach o łącznej długości 11388,6 m. Zaobserwowane uszkodzenia liniowe i punktowe zestawiono w pięciu grupach zróżnicowanych intensywnością ich występowania. Wyniki przedstawiono na wykresach

ukazujących procentowy udział poszczególnych uszkodzeń w 5 klasach zróżnicowanych ich wielkością. Wskazano na przyczyny powstałych uszkodzeń. W [8] omówiono zastosowanie techniki CCTV do oceny stanu technicznego kanałów wykonanych z betonu, a w [9] pokazano wyniki badań betonowych przewodów kanalizacyjnych dawno ułożonych w gruncie. Analizą objęto 14 116,5 m kanałów z 21 miejscowości w Polsce, w tym 7 725,8 m kanałów sanitarnych, 3 031,4 m deszczowych i 3 359,3 m ogólnospławnych. Liczba badań zróżnicowanych miejscowością, ulicą, na której badano kanał oraz średnicą kanału wyniosła 70, a liczba zbadanych odcinków była równa 404. Z kolei w [10] zaprezentowano wyniki badań długo eksploatowanych przewodów kamionkowych. Analizą objęto 14 897,1 m kanałów sanitarnych z 19 miejscowości. Liczba badań zróżnicowanych miejscowością, ulicą, na której badano kanał oraz średnicą kanału wyniosła 66, a liczba zbadanych odcinków była równa 422.

W kolejnych publikacjach podjęto zagadnienie szczelności przewodów kanalizacyjnych. W [11] na przykładach pochodzących z badań kanałów metodą CCTV omówiono oddziaływanie na środowisko nieszczelnych przewodów kanalizacyjnych, natomiast w [12] opisano przypadki infiltracji wód gruntowych do wnętrza nieszczelnych przewodów kanalizacyjnych odnotowane podczas badań kamerą kanalizacyjną.

W [13] analizie poddano rysy i pęknięcia w przewodach kanalizacyjnych badanych metodą CCTV, natomiast w [14] zaprezentowano wyniki badań techniką wideo długo eksploatowanych przewodów kanalizacyjnych.

Wyniki badań kanałów metodą CCTV prezentowane były również w publikacjach zagranicznych, m.in. w najnowszej publikacji z 2022 roku [15] dokonano analizy uszkodzeń występujących w przewodach kanalizacyjnych wykonanych z kamionki i eksploatowanych przez 130-142 lata.

Liczne publikacje dotyczące badań kanałów metodą CCTV ukazywały się także w materiałach konferencyjnych konferencji nie tylko krajowych lub europejskich, ale także organizowanych na innych kontynentach. Poniżej podano po jednym przykładzie publikacji konferencyjnych z każdego z sześciu kontynentów. W Waszyngtonie zaprezentowano [16] analizę wyników badań uzyskiwanych metodą CCTV w aspekcie ich przydatności do oceny bezpieczeństwa konstrukcyjnego przewodów kanalizacyjnych. W Sao Paulo dokonano

[17] m.in. analizy stanu technicznego kamionkowych przewodów kanalizacyjnych zbadanych metodą CCTV w kilkunastu polskich miastach. W Australii w Brisbane zaprezentowano [18] wyniki badań przewodów kanalizacyjnych, które uległy awarii po ich bezwykopowej rehabilitacji. W artykule tym podjęto także bardzo ważny temat bezwykopowej odnowy kanałów już wcześniej bezwykopowo odnowionych. Problematykę tą zaprezentowano także w hinduskim czasopiśmie [19].

W Chinach zaprezentowane zostały [20] wyniki badań CCTV przewodów betonowych w zakresie ich pęknięć i deformacji m.in. z propozycją ustalenia kryteriów ich kwalifikowania do jednej z pięciu klas stanu technicznego biorąc pod uwagę szerokość rys i pęknięć. W Egipcie [21] bazując na wynikach badań przewodów kanalizacyjnych techniką CCTV zaproponowano zalecenia dotyczące planowania tychże badań, opracowywania baz danych o stanie technicznym kanałów oraz opracowywania w oparciu o nie strategii bezwykopowej odnowy przewodów kanalizacyjnych. Wśród europejskich publikacji konferencyjnych jedną z ciekawszych była publikacja [22], w której zostały zaprezentowane wyniki badań ugięć rur PVC oraz opracowana w oparciu o nie analiza porównawcza dotycząca ugięć rur zbadanych z ugięciami uzyskiwanymi z kilku różnych metod obliczeniowych stosowanych w projektowaniu rur PVC.

Wyniki badań CCTV przewodów kanalizacyjnych były publikowane także w materiałach konferencyjnych konferencji organizowanych przez Politechnikę Świętokrzyską. Były to Ogólnopolskie Konferencje Naukowo – Szkoleniowe „Nowe urządzenia, materiały i technologie w wodociągach i kanalizacji WOD-KAN-INSTAL” oraz międzynarodowe konferencje „Technologie bezwykopowe w Inżynierii Środowiska, NO-DIG Poland”.

Wszystkie publikacje dotyczące badań CCTV przewodów kanalizacyjnych są udokumentowane od 1999 roku na stronie internetowej: www.dorobek.tu.kielce.pl.

Prace doktorskie

Pierwsza polska praca doktorska [23] dotycząca problematyki badań przewodów kanalizacyjnych przy zastosowaniu techniki CCTV została opracowana w 2001 r. i dotyczyła analizy bezpieczeństwa betonowych i kamionkowych przewodów kanalizacyjnych. Bazowała ona na wynikach badań kanałów o łącznej długości ok. 25 km. wykonanych w 35 miastach i dotyczyła uszkodzeń konstrukcyjnych. Dokonano

oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych z określeniem rodzaju i wielkości tych uszkodzeń. Badania umożliwiły również określenie przyczyn występowania tych uszkodzeń. W pracy zaproponowana została także klasyfikacja uszkodzeń konstrukcyjnych odnotowanych w badanych systemach kanalizacyjnych oraz propozycja ustalania terminu ich odnowy.

Praca doktorska [24] opracowana w roku 2007 dotyczyła opracowania kryteriów planowania bezwykopowej odnowy nieprzełazowych przewodów kanalizacyjnych bazując na wynikach badań przewodów kanalizacyjnych uzyskanych metodą CCTV. Dokonano w niej oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych wykonanych z betonu, żelbetu, kamionki i PVC o łącznej długości ok. 40 km. z 43 miejscowości. Analizie poddano zarówno uszkodzenia konstrukcyjne występujące w przewodach kanalizacyjnych jak również uszkodzenia eksploatacyjne. Opracowana została klasyfikacja uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych oraz zaproponowano matematyczny model planowania odnowy przewodów dla trzech kryteriów: statycznie – wytrzymałościowego, hydrauliczno – eksploatacyjnego i zagrożeń środowiska. Zamieszczono przykłady dotyczące ustalania pilności robót odnowieniowych oraz doboru optymalnych technik odnowy.

Kolejna praca doktorska [25] została opracowana w 2009 r. i dotyczyła analizy jakościowej i ilościowej zjawiska infiltracji wód gruntowych do wnętrza nieszczelnych przewodów kanalizacyjnych. Analiza jakościowa dokonana została na podstawie wyników badań CCTV przewodów kanalizacyjnych wykonanych z różnych materiałów: betonu, kamionki i PVC o łącznej długości 1335 m, pochodzących z pięciu miast Polski. Wyniki te poparte zostały wynikami ankietyzacji z Przedsiębiorstw Wodociągowo – Kanalizacyjnych. Zamieszczona w tej pracy analiza ilościowa zjawiska przeprowadzona w warunkach laboratoryjnych dotyczyła pomiaru natężenia strugi infiltrującej wody zarejestrowanej na obrazie video. Model pomiaru poddany został weryfikacji w warunkach rzeczywistych. Opracowana została także klasyfikacja zjawiska infiltracji odnotowywanego podczas badań inspekcyjnych, która umożliwiła określanie wielkości natężenia infiltrującej strugi.

Kolejna praca doktorska [25] dotyczyła opracowania kryteriów planowania bezwykopowej odnowy nieprzełazowych przewodów kanalizacyjnych bazując na wynikach badań przewodów kanalizacyjnych metodą CCTV. Dokonano w niej

oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych wykonanych z betonu, żelbetu, kamionki i PVC o łącznej długości ok. 40 km. z 43 miejscowości. Analizie poddano zarówno uszkodzenia konstrukcyjne występujące w przewodach kanalizacyjnych jak również uszkodzenia eksploatacyjne. Opracowana została klasyfikacja uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych oraz zaproponowano matematyczny model planowania odnowy przewodów dla trzech kryteriów: statycznie – wytrzymałościowego, hydraulicznie – eksploatacyjnego i zagrożeń środowiska. Zamieszczono przykłady dotyczące ustalania pilności robót odnowieniowych oraz doboru optymalnych technik odnowy.

Aktualnie finalizowana jest kolejna praca doktorska, w której m.in. porównywane są dwa różne zbiory wyników badań przewodów kanalizacyjnych oraz opracowywana jest trójparametryczna metoda wyznaczania ryzyka ich awarii.

Praca habilitacyjna

Wyniki badań CCTV przewodów kanalizacyjnych stanowiły podstawę analiz ujętych w siedmiu publikacjach stanowiących rozprawę habilitacyjną [26] zatytułowaną „Metoda wyznaczania ryzyka awarii przewodów kanalizacyjnych z analizą i uwzględnieniem w niej wszystkich możliwych uszkodzeń, łącznie z uszkodzeniami występującymi tylko w rurach lepko – sprężystych oraz jej adaptacja do wyznaczania ryzyka zapadnięć nawierzchni drogowych spowodowanych uszkodzeniami przewodów kanalizacyjnych”.

Sformułowano w niej następujące cztery cele naukowe:

- dokonanie jakościowej i ilościowej analizy uszkodzeń występujących w przewodach kanalizacyjnych o konstrukcjach lepko – sprężystych, wykonanych z rur PVC i PE-HD, ze szczególnym uwzględnieniem tych uszkodzeń, które nie występują w rurach o konstrukcji sztywnej,
- ustalenie, czy w metodzie wyznaczania ryzyka awarii konstrukcyjnej przewodów kanalizacyjnych należy uwzględniać ich wiek,
- opracowanie metody wyznaczania kategorii prawdopodobieństwa wystąpienia awarii konstrukcyjnej przewodów kanalizacyjnych, kategorii konsekwencji awarii oraz metody wyznaczania ryzyka awarii,
- dokonanie adaptacji opracowanej metody wyznaczania ryzyka awarii przewodów kanalizacyjnych do wyznaczania ryzyka zapadania się na-

wierzchni ulicznych spowodowanego wystąpieniem uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych z uwzględnieniem w niej także uszkodzeń występujących w rurach o konstrukcjach lepko – sprężystych.

W przedłożonej rozprawie habilitacyjnej dokonano ilościowej analizy uszkodzeń pierwotnych [27] powstałych na etapie transportu i w budowywania rur PVC, tych uszkodzeń, które są specyficzne tylko dla rur z tworzyw sztucznych, a nie występują w rurach o konstrukcjach sztywnych i sprężystych. Dokonano analizy przyczyn utraty stateczności rur PE-HD [28] zastosowanych do bezwykopowej rehabilitacji kanału żelbetowego. Analizie poddano ugięcia rur PVC [29] i ich wpływ na grubość żywnych powłok rehabilitacyjnych CIPP. Zaprezentowano wyniki badań CCTV rur kamionkowych eksploatowanych ponad 100 lat [30] oraz podjęto dyskusję na temat prognozowanej ich trwałości. Dokonano analizy rodzaju i wielkości uszkodzeń występujących w rurach betonowych [31] oraz zaproponowano sposób ustalania kategorii prawdopodobieństwa występowania ich awarii. Zaproponowano metodę wyznaczania ryzyka awarii rur betonowych [32], w których obserwowana jest korozja ich ścian wewnętrznych. Wykazano także zależność bezpieczeństwa konstrukcyjnego nawierzchni ulicznych [33] od stanu technicznego ułożonych pod nimi przewodów kanalizacyjnych.

Monografie

Wyniki badań przewodów kanalizacyjnych metodą CCTV zaprezentowano w czterech monografiach.

Pierwsza z nich, która ukazała się już w 1998 roku [34] dotyczyła prezentacji bezwykopowych technik odnowy przewodów kanalizacyjnych, techniczno – ekonomicznych aspektów ich stosowania, kryteriów ich doboru, opisu pierwszych ich zastosowań w Polsce, a także wyniki pierwszych badań przewodów kanalizacyjnych metodą CCTV wykonanych przez Pracowników naukowo – badawczych Politechniki Świętokrzyskiej.

W monografii [35] będącej pierwszą częścią trzy tomowej monografii dotyczącej rur kanalizacyjnych zaprezentowano ich własności materiałowe, dokonano analizy czynników wewnątrz – i zewnątrz kanałowych wpływających na trwałość i bezpieczeństwo przewodów kanalizacyjnych a także zawarto rozdział dotyczący badań stanu technicznego sieci kanalizacyjnych. W rozdziale tym zaprezentowa-

no m.in. wyniki badań CCTV kamionkowych i betonowych przewodów kanalizacyjnych o długości 20482 m. wykonanych przez pracowników Politechniki Świętokrzyskiej.

W monografii [25] bazując na badaniach CCTV przewodów kanalizacyjnych dokonano analizy istniejących klasyfikacji i kryteriów klasyfikowania uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych oraz sposobów ustalania klas ich stanu technicznego, zamieszczono propozycję własnej klasyfikacji uszkodzeń występujących w przewodach kanalizacyjnych, dokonano analizy pilności odnowy przewodów kanalizacyjnych, podano przyczyny i konsekwencje występowania uszkodzeń w przewodach kanalizacyjnych oraz opracowano matematyczny model planowania bezwykopowej odnowy przewodów kanalizacyjnych z jego weryfikacją numeryczną na dziewięciu przykładach. W monografii tej zaprezentowano wyniki badań CCTV przewodów kanalizacyjnych wykonanych z rur betonowych, kamionkowych i PVC o łącznej długości 40402 m. Analiza obejmowała zarówno uszkodzenia konstrukcyjne jak i eksploatacyjne.

W kolejnej bardzo obszernej monografii [1] o łącznej liczbie 735 stron poświęconej głównie prezentacji technologii bezwykopowej budowy a także bezwykopowym naprawom, rehabilitacjom i wymianom przewodów infrastruktury podziemnej miast zawarto także rozdział prezentujący zagadnienie diagnostyki sieci podziemnych obejmujący także badania CCTV oraz rozdział dotyczący proponowanej metody planowania bezwykopowej odnowy przewodów kanalizacyjnych bazującej na wynikach wykonanych badań CCTV przewodów kanalizacyjnych.

Podsumowanie

Wykonywane w okresie ostatnich 30 lat przez pracowników Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej badania CCTV przewodów kanalizacyjnych umożliwiły:

- po pierwsze, poszerzenie wiedzy dotyczącej rodzaju i wielkości uszkodzeń występujących w nowo wybudowanych oraz w już eksploatowanych przewodach kanalizacyjnych oraz poznanie przyczyn i konsekwencji ich występowania,
- po drugie, opracowanie metod oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych oraz zasad przyporządkowywania ich do jednej z pięciu klas stanu technicznego umożliwiając tym samym ustalanie kolejności typowania

przewodów kanalizacyjnych do ich odnowy,

- po trzecie opracowanie metody wyznaczania ryzyka awarii przewodów kanalizacyjnych bazującej na wynikach badań przewodów kanalizacyjnych oraz uwzględnieniu specyficznych dla ocenianych kanałów konsekwencji ich awarii.

LITERATURA

- [1] Kuliczkowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A., Zwierzchowski D., Kubicka U., Lisowska J., Dańczuk P., Kuliczkowski P.: Technologie bezwykopowe w Inżynierii Środowiska, Wydawnictwo Seidel Przywecki; 2010, s.735.
- [2] Kuliczkowski A.: Zbiór własny fotografii, Kielce, 2022.
- [3] Kuliczkowski A., Rybiński S., Dyrda R.: Renowacja przewodów kanalizacyjnych systemem „krótki relining” w Tarnowie. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 1992, 7, 162-164.
- [4] Kuliczkowski A., Rybiński S., Dyrda R.: Bezodkrywkowe powiększanie przewodów kanalizacyjnych na przykładzie Dębicy. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 1994, 3, 73-76.
- [5] Kuliczkowski A., Rybiński S., Książek W.: Bezodkrywkowe uszczelnianie kanału sanitarnego w Nowym Sączu. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 1993, 5, 128-130.
- [6] Kuliczkowski A., Zwierzchowski D.: Uszkodzenia rur PVC badanych techniką video. Armatura i Rurociągi, 2004, 1, 19-21.
- [7] Kuliczowska E.: Wyniki badań nowo wybudowanych przewodów z rur PVC. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 2005, 10, 16-20.
- [8] Kuliczkowski A., Zwierzchowski D.: Zastosowanie CCTV do oceny stanu technicznego kanałów betonowych. Poradnik Inspektora Nadzoru, Kierownika Budowy i Inwestora, 2007, 10, 30-37.
- [9] Kuliczowska E.: Wyniki badań betonowych przewodów kanalizacyjnych. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 2007, 10, 23-30.
- [10] Kuliczowska E.: Wyniki badań kamionkowych przewodów kanalizacyjnych. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 2008, 12, 10-16.
- [11] Kuliczkowski A., Lisowska J.: Oddziaływanie na środowisko nieszczelnych przewodów kanalizacyjnych. Aura. Ochrona Środowiska, 2005, 7, 22-24.
- [12] Kuliczkowski A., Lisowska J.: Możliwe przypadki infiltracji wód gruntowych do wnętrza nieszczelnych przewodów kanalizacyjnych. Ochrona Środowiska, 2007, 2, 26-31.
- [13] Kuliczowska E., Analiza rys i pęknięć w przewodach kanalizacyjnych badanych metodą CCTV. Inżynieria i Budownictwo, 2016, 1, 16-19.
- [14] Kuliczowska E., Bąba K.: Wyniki badań techniką wideo długo eksploatowanych przewodów kanalizacyjnych. INSTAL, 2018, 7/8, 51-56.
- [15] Kuliczowska E., Kuliczkowski A., Parka A.: Damages in vitrified clay sewers in service for 130-142 years. Engineering Failure Analysis, 2022, 5 (135), 103 – 106.
- [16] Kuliczkowski A., Kuliczowska E., Parka A.: Field measurements of sewer main structural integrity. Proceedings of 21th International Conference NO-DIG 2011, USA, Washington DC., Paper E-3-04.
- [17] Kuliczkowski A., Kuliczowska E., Lichosik D.: Research and trenchless applications of vitrified clay pipes. Proceedings of 30th International Conference NO-DIG 2012, Brasil, Sao Paulo, Paper 011565.
- [18] Kuliczkowski A., Kubicka U.: Future technologies of trenchless renovation of the pipes which has earlier been no-dig renovated. Proceedings of 24th International Conference NO-DIG 2006, Australia, Brisbane, pp. 1-8.
- [19] Kuliczkowski A., Kubicka U.: Future technologies of trenchless renovation of the pipes which has earlier been no-dig renovated. NO-DIG INDIA, 2007, IX (2), 42-47.
- [20] Kuliczowska E., Kuliczkowski A., Mazur J.: Cracks and deformation of concrete sewer pipes as a criterion for their prioritisation in trenchless rehabilitation. Proceedings of 34th International Conference NO-DIG 2016, China, Beijing, pp. 108.
- [21] Kuliczkowski., Kubicka U.: The strategy of renovation of sewerage systems using trenchless techniques. Proceedings of International Conference Trenchless Egypt NO-DIG 2001, Kair, Paper 1.3, 1-7.
- [22] Kuliczkowski A., Kubicka U.: The analysis of the flexible pipes deflection, according to the field measurements, Proceedings of Plastic pipes XI Conference 2001, Germany, München, pp. 481-490.
- [23] Zwierzchowski D.: Analiza bezpieczeństwa betonowych i kamionkowych przewodów kanalizacyjnych. Politechnika Świętokrzyska, praca doktorska, Kielce 2001, s. 202.
- [24] Kuliczowska E.: Kryteria planowania bezwykopowej odnowy nieprzetazowych przewodów kanalizacyjnych. Monografia nr M3, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2008, s. 223.
- [25] Lisowska J.: Infiltracja wód gruntowych do wnętrza nieszczelnych przewodów kanalizacyjnych. Politechnika Świętokrzyska, praca doktorska, Kielce, 2009, s. 273.
- [26] Kuliczowska E.: Autoreferat dotyczący osiągnięcia naukowego, stanowiącego przedmiot postępowania habilitacyjnego PŚK, 2016. <http://wbia.tu.kielce.pl/wp-content/uploads/2016/11/autoref-pol.pdf>
- [27] Kuliczowska E., Zwierzchowska A.: A qualitative analysis of early defects present in PVC-U sewers but not observed in rigid pipes. Tunnelling and Underground Space Technology, 2016, 56, 202-210.
- [28] Kuliczowska E., Gierczak M.: Buckling failure numerical analysis of HDPE pipes used for the trenchless rehabilitation of a reinforced concrete sewer. Engineering Failure Analysis, 2013, 32, 106-112.
- [29] Kuliczowska E.: Influence of PVC pipe deflection on the thickness of CIPP rehabilitation liners. Underground Infrastructure of Urban Areas 3, Madryas et al. (Eds), Taylor & Francis Group, London, 2015, 63-72.
- [30] Kuliczowska E.: Prognozowany a rzeczywisty stan techniczny XIX. wiecznych kamionkowych przewodów kanalizacyjnych. INSTAL, 2015, 9, 74-79.
- [31] Kuliczowska E.: Analysis of defects with a proposal of the method of establishing structural failure probability categories for concrete sewers. Archives of Civil and Mechanical Engineering, 2015, 15 (4), 1078-1084.
- [32] Kuliczowska E.: Risk of structural failure in concrete sewers due to internal corrosion, Engineering Failure Analysis, 2016, 66, 110-119.
- [33] Kuliczowska E.: The interaction between road traffic safety and the condition of sewers laid under roads, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2016, 48, 203-213.
- [34] Kuliczkowski A.: Problemy bezwykopowej odnowy przewodów kanalizacyjnych. Monografia nr 13. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 1998, s. 245.
- [35] Kuliczkowski A.: Rury kanalizacyjne, t. 1. Własności materiałowe. Monografia nr 28, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2001, s. 261.