

Wybrane uszkodzenia długo eksploatowanych kamionkowych przewodów kanalizacji sanitarnej

Selected defects of long-operated vitrified clay sewer pipes

EMILIA KULICZKOWSKA, KATARZYNA WIJAS

DOI 10.36119/15.2022.1.4

Celem artykułu jest porównanie wielkości i częstości występowania wybranych uszkodzeń liniowych i punktowych, obserwowanych w długo eksploatowanych kamionkowych przewodach kanalizacji sanitarnej podczas ich inspekcji telewizyjnych CCTV, wykonywanych w latach 1991 – 2000 oraz 2003 – 2017. Analiza dotyczy następujących uszkodzeń: osadu stałego, rys i pęknięć podłużnych, przerastających do wnętrza korzeni oraz ubytków fragmentów powłoki konstrukcji. Zestawiono przyczyny i konsekwencje pojawiania się tych uszkodzeń, a także zamieszczono opis metody dotyczącej ich oceny. Wskazano podobieństwa i różnice w występowaniu i wielkości analizowanych uszkodzeń.

Słowa kluczowe: kanalizacja, rury kamionkowe, uszkodzenia liniowe, uszkodzenia punktowe, analiza porównawcza

The aim of the article is to compare the size and frequency of selected line and point defects observed in long-operated vitrified clay sewer pipes during their CCTV inspection carried out in the years 1991 – 2000 and 2003 – 2017. The analysis concerns the following defects: solid sediment, longitudinal scratches and cracks, roots growing into the sewer and losses of fragments of the structure coating. The causes and consequences of the occurrence of these defects are listed, as well as a description of the method for their assessment. Similarities and differences in the occurrence and size of the analyzed defects were indicated.

Keywords: vitrified clay sewer pipes, line defects, point defects, comparative analysis

Wprowadzenie

Uszkodzenie przewodu kanalizacyjnego jest przejściem ze stanu zdatności do stanu niezdatności [1], który rozumiany jest jako niespełnienie wymagań stawianych przewodowi. Zgodnie z definicją przewód kanalizacyjny pracuje prawidłowo, gdy odprowadza założoną ilość ścieków, ma nienaruszoną konstrukcję, jest neutralny dla otoczenia, w którym jest ułożony oraz nie stwarza uciążliwości eksploatacyjnych dla zarządzających siecią.

Ze względu na genenezę powstawania uszkodzeń można wyróżnić uszkodzenia pierwotne oraz wtórne. Uszkodzenia pierwotne to takie, które powstały w rurach podczas ich transportu, składowania, montażu lub bezpośrednio po ich wbudowaniu i mogą one być przyczyną uszkodzeń wtórnych. Przykładami uszkodzeń pierwotnych są np. pęknięcia obwodowe wokół kielicha rury, wykruszenia na złączach, czy odpryski fragmentów wewnętrznej powierzchni. Uszkodzenia wtórne to

takie, które są konsekwencją uszkodzeń pierwotnych (powstały na skutek ich nie usunięcia lub nie naprawienia). Do takich nieprawidłowości należą np. infiltracja wód gruntowych do wnętrza kanału, narosty poinfiltracyjne, czy przerastanie do wnętrza korzeni w wyniku wystąpienia w kanałach nieuszczelnności, np. wskutek pęknięć rur, przemieszczeń rur na złączach itp. [2].

Istnieje wiele przyczyn powstawania uszkodzeń w przewodach kanalizacyjnych, które można przyporządkować do trzech grup: błędy projektowe, wykonawcze i eksploatacyjne [3]. Osady stałe oraz przerastające do wnętrza kanałów korzenie drzew i krzewów to nieprawidłowości stanowiące przeszkody w przepływie ścieków. Przyczynami powstawania osadów są m. in. nie przestrzeganie wytycznych w zakresie doboru odpowiedniego spadku kanału zapewniającego prędkość samooczyszczania (błędy na etapie projektowania) oraz ułożenie kanału ze zbyt małym spadkiem (błędy wykonawcze), co

powoduje odkładanie się osadów w rurach [3]. Dodatkowo, jako przyczynę powstawania osadów stałych można również wskazać nieodpowiedzialne zachowania użytkowników, którzy wprowadzają do sieci kanalizacyjnej substancje i materiały tworzące twarde i trudne do usunięcia osady (np. duże ilości asfaltu wrzucone do kanalizacji w 2002 r. w Warszawie [4]). Korzenie wrastają do wnętrza przewodów kanalizacyjnych na skutek występowania nieuszczelnności, stosowania uszczelnień, które nie są odporne na ich przerosty, czy braku okresowych kontroli (wczesne wykrywanie przerostów) i wycinania wrastających korzeni (błędy eksploatacyjne) [3]. Następstwem takich uszkodzeń (zarówno osadów, jak i wrastających korzeni) może być częściowa lub całkowita niedrożność (awaria eksploatacyjna), co skutkuje wstrzymaniem przepływu, możliwością cofania się ścieków przez przyłącza do budynków, eksfiltracją ścieków z kanałów do gruntu, czy choćby występowaniem uciążliwych zapachów.

dr hab. inż. Emilia Kuliczowska, prof. PŚk; <https://orcid.org/0000-0001-5807-860X> – Katedra Fizyki Budowli i Energii Odnawialnej, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska, email: emkulicz@tu.kielce.pl
mgr inż. Katarzyna Wijas <https://orcid.org/0000-0002-6355-177X> – Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska, email: kbaba@tu.kielce.pl

Rysy i pęknięcia podłużne oraz ubytki fragmentów powłoki konstrukcji to uszkodzenia, które zmniejszają nośność konstrukcji kanałowych. Mogą one powstawać na skutek niewłaściwego zaprojektowania kanału pod względem statyczno – wytrzymałościowym, co prowadzi do przecięcia przewodów (błędy projektowe), a także na skutek niewłaściwego transportu, składowania i wbudowywania (błędy wykonawcze) [3]. Ubytki fragmentów powłoki konstrukcji mogą stanowić także wady fabryczne. Konsekwencjami występowania takich uszkodzeń są zafalowania, a nawet zapadnięcia konstrukcji kanału (awaria konstrukcyjna), co prowadzi do niedrożności kanałów, a nawet do zapadania chodników i nawierzchni ulicznych, czy wręcz katastrof kanalizacyjnych, opisanych np. w [5 – 8]. Poprzez rysy i pęknięcia do wnętrza mogą przeraść korzenie, co również prowadzi do wspomnianych już niedrożności przewodów.

Występowania wymienionych uszkodzeń można uniknąć poprzez poprawne przeprowadzanie obliczeń hydraulicznych i statyczno – wytrzymałościowych, właściwy transport i składowanie rur, staranne wbudowywanie oraz systematyczne kontrole stanu technicznego, które pozwalają planować i dobrać technologie naprawy i odnowy opisane szczegółowo w [9].

Celem artykułu jest porównanie wielkości i częstości występowania wybranych uszkodzeń liniowych i punktowych, obserwowanych w długo eksploatowanych kamionkowych przewodach kanalizacji sanitarnej podczas ich inspekcji telewizyjnej CCTV, wykonywanych w latach 1991 – 2000 oraz 2003 – 2017.

Porównanie wielkości i częstości występowania wybranych uszkodzeń rejestrowanych w kamionkowych przewodach kanalizacji sanitarnej w zbiorach K1 i K2

Przedmiot, zakres i cel badań

Przedmiotem tej analizy są dwa zbiory K1 i K2 zawierające wyniki badań stanu technicznego kamionkowych przewodów kanalizacji sanitarnej długo eksploatowanych na terenie Polski. Zbiór K1 zawiera rezultaty inspekcji telewizyjnych prowadzonych w latach 1991 – 2000 w dwudziestu miastach przez pracowników Politechniki Świętokrzyskiej oraz firmę EuroKan. Zbadano 422 odcinki przewodów kanalizacyjnych o łącznej długości 14897,1 m i średnicach z zakresu 150 – 500 mm. Zbiór K2 to wyniki badań prowadzonych w latach 2003 – 2017 (filmy

pozyskane dzięki uprzejmości przedsiębiorstw wodociągowo – kanalizacyjnych oraz firm przeprowadzających inspekcje oraz rehabilitacje przewodów), podobnie, jak w K1 – w dwudziestu polskich miastach (w obu zbiorach „pojawiły się” kanały z dwóch tych samych miast, jednak nie były to te same przewody). Oceniono stan techniczny 363 odcinków przewodów kanalizacyjnych o łącznej długości – podobnie, jak w zbiorze K1 – 14897,1 m i zakresie średnic 200 – 600 mm.

Analiza dotyczy czterech wybranych rodzajów nieprawidłowości, które zarejestrowano podczas badań przewodów ze zbiorów K1 i K2, z grupy uszkodzeń konstrukcyjnych i eksploatacyjnych, w tym dwa rodzaje uszkodzeń liniowych: osad stały, rysy i pęknięcia podłużne oraz dwa rodzaje uszkodzeń miejscowych: przerażające do wnętrza korzenie oraz ubytki fragmentów powłoki konstrukcji. Przedstawiono ogółem, z jaką częstością występowały te uszkodzenia, a następnie szczegółowo zaprezentowano dla każdego z nich podział na klasy i udział procentowy w poszczególnych klasach.

Porównanie miało na celu wskazanie podobieństw i różnic w wielkości i częstości występowania wybranych uszkodzeń liniowych i punktowych w kamionkowych przewodach kanalizacji sanitarnej poddawanych inspekcji telewizyjnej w latach 1991 – 2000 (zbiór K1) oraz współcześnie (w latach 2003 – 2017, zbiór K2).

Metoda kodowania i oceny uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych

Wytyczne przyjęte do kodowania uszkodzeń oraz oceny ich wielkości były w przypadku obu zbiorów kanałów (K1 i K2) takie same – zastosowano propozycję klasyfikacji zamieszczonej w [3]. Uszkodzenia, które mogą wystąpić w kanałach o konstrukcji sztywnej są tam podzielone na trzy grupy i opisywane są za pomocą liter (tutaj podanych w nawiasach) z odpowiednim dla konkretnego uszkodzenia indeksem dolnym: przeszkody w przepływie (z), nieszczelności (n) i przemieszczenia rur (e) oraz czynniki zmniejszające nośność konstrukcji kanało-

wej (w). W klasyfikacji [3] uszkodzenia zostały podzielone na pięć klas, zależnych od wielkości i intensywności uszkodzeń, przy czym klasa pierwsza dotyczy uszkodzeń największych, najpoważniejszych, zaś klasa V – najmniejszych. Ponieważ w niektórych zagranicznych propozycjach klasyfikacji gradacja klas jest odwrotna, stąd na potrzeby realizowanych badań i w celu ujednoczenia dokonano modyfikacji w omawianych wytycznych, tzn. zastosowano inwersję klas: klasa I dotyczy uszkodzeń najmniejszych, zaś klasa V – największych, najpoważniejszych. Ostatnia klasa stanu technicznego przyporządkowywana jest przewodowi kanalizacyjnemu na podstawie największego uszkodzenia w nim zaobserwowanego.

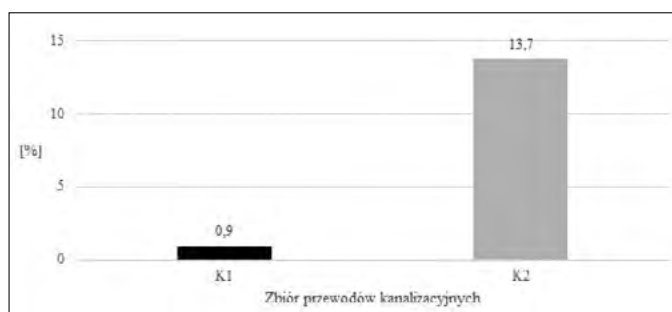
W zależności od rodzaju uszkodzenia są liczone w metrach (uszkodzenia liniowe, występujące na długości kanału) lub w sztukach (uszkodzenia miejscowe, występujące lokalnie). W zależności od uszkodzenia jego wielkość odnoszona jest do procentowej wielkości powierzchni przekroju poprzecznego przewodu (np. osad ruchomy, przerażające korzenie), grubości ścianki rury (np. przemieszczenia poprzeczne, rozsunięcia podłużne), procentowej wielkości opadnięcia wierzchołka kanału do jego średnicy (deformacje). W przypadku rys i pęknięć ich szerokość wyrażana jest w mm.

Porównanie wybranych uszkodzeń liniowych przewodów kanalizacyjnych w zbiorach K1 i K2

Poniżej na rysunku 1 przedstawiono ogółem częstość występowania osadów stałych (z_s) w przewodach kanalizacyjnych ze zbiorów K1 i K2.

Osad stały – z_s w zbiorze K1 zarejestrowano łącznie na długości 135,3 m, czyli 0,9% długości wszystkich zbadanych przewodów kanalizacyjnych z tego zbioru. W zbiorze K2 był to głównie tłuszcz gromadzący się pod stropami kanałów, który odnotowano łącznie na długości 2041,9 m (13,7% długości wszystkich zbadanych przewodów z tego zbioru), więc osady rejestrowano ponad 15 – krotnie częściej.

Rys. 1
Występowanie osadu stałego – z_s w procentach długości wszystkich zbadanych przewodów w zbiorach K1 i K2
Fig. 1 The incidence of solid sediment – z_s as a percentage of the length of all tested pipes in sets K1 and K2



Na rysunku 2 przedstawiono częstość występowania osadu stałego (z_s) w przewodach ze zbiorów K1 i K2 z podziałem na klasy uszkodzeń (klasa I dotyczy najmniejszego, zaś klasa V – największego, najbardziej poważnego uszkodzenia).

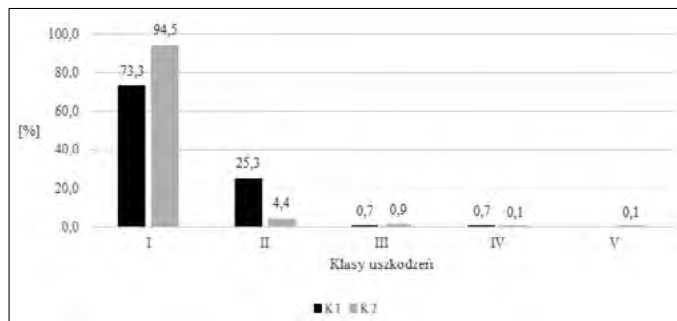
Obserwowany w przewodach kanalizacyjnych osad stały – z_s występował w obu zbiorach najczęściej w klasie I ($z_s < 5\%$ powierzchni przekroju poprzecznego

poprzecznego przewodu kanalizacyjnego) odnotowano 0,1% osadów stałych w K2, natomiast w zbiorze K1 tak duże osady nie występowały.

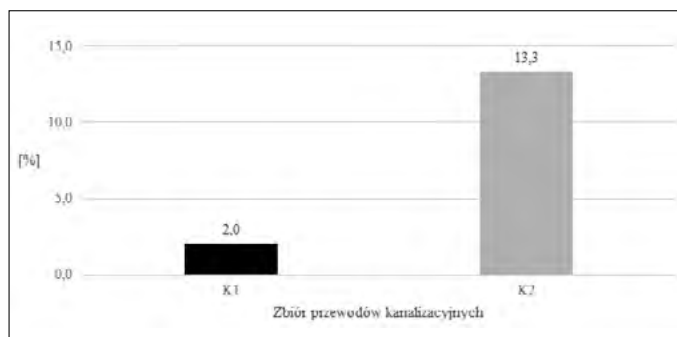
Na rysunku 3 przedstawiono ogółem częstość występowania rys i pęknięć podłużnych (w_{rl}) w przewodach kanalizacyjnych ze zbiorów K1 i K2.

Rysy i pęknięcia podłużne – w_{rl} w zbiorze K1 zarejestrowano łącznie na długości

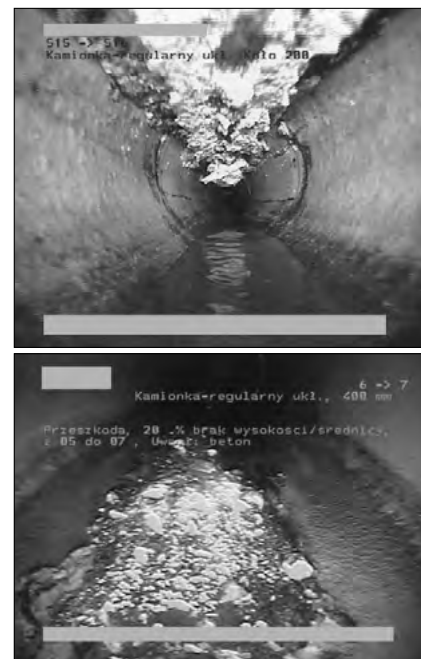
i pęknięć ze zbioru K1, natomiast w K2 było ich prawie 6 – krotnie więcej – 11,4%. W klasie II ($0,5 \leq w_{rl} < 2 \text{ mm}$) w zbiorze nr 1 odnotowano 28,0% wszystkich uszkodzeń tego rodzaju, zaś w zbiorze nr 2 – 53,3%, czyli o 90,4% więcej. Pęknięcia i rysy o wielkości $2 \leq w_{rl} < 5 \text{ mm}$ (klasa III) stanowiły 44,2% w K1, zaś w K2 – 24,4%, czyli o 44,8% mniej. Uszkodzenia z klasy IV ($5 \leq w_{rl} < 10 \text{ mm}$) oraz V ($w_{rl} \geq 10 \text{ mm}$) występowały rzadziej, tzn. w zbiorze K1, w klasie IV – 20,3%, zaś w K2 – 8,4%, czyli ponad 2 – krotnie mniej. Największe rysy



Rys. 2
Występowanie osadu stałego – z_s w przewodach ze zbiorów K1 i K2 z podziałem na klasy uszkodzeń
Fig. 2 The incidence of solid sediment – z_s in pipes from sets K1 and K2 with division into defects classes



Rys. 3
Występowanie rys i pęknięć podłużnych – w_{rl} w procentach długości wszystkich zbadanych przewodów w zbiorach K1 i K2
Fig. 3 The incidence of longitudinal cracks – w_{rl} as a percentage of the length of all tested pipes in sets K1 and K2



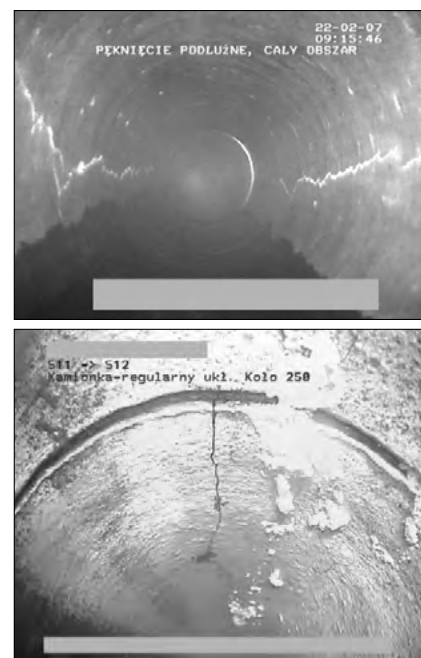
Rys. 5
Osad stały – z_s [11]
Fig. 5 Solid sediment – z_s [11]

przewodu kanalizacyjnego) i stanowił 73,3% wszystkich zaobserwowanych osadów stałych w K1, zaś 94,5% w K2 czyli o 28,9% więcej. Osad stały w pozostałych klasach występował znacznie rzadziej, tzn. w klasie II ($5 \leq z_s < 20\%$ powierzchni przekroju poprzecznego przewodu kanalizacyjnego) – 25,3% w K1, zaś w K2 – prawie 6 – krotnie mniej – 4,4%. W klasie III ($20 \leq z_s < 35\%$ powierzchni przekroju poprzecznego przewodu kanalizacyjnego) – 0,7% w zbiorze nr 1, zaś 0,9% w zbiorze nr 2 czyli o 0,2 p. p. więcej. Osady tego rodzaju w klasie IV ($35 \leq z_s < 50\%$ powierzchni przekroju poprzecznego przewodu kanalizacyjnego) stanowiły 0,7% osadów w K1, zaś 0,1% w K2, czyli 7 – krotnie mniej. W klasie V ($z_s \geq 50\%$ powierzchni przekroju

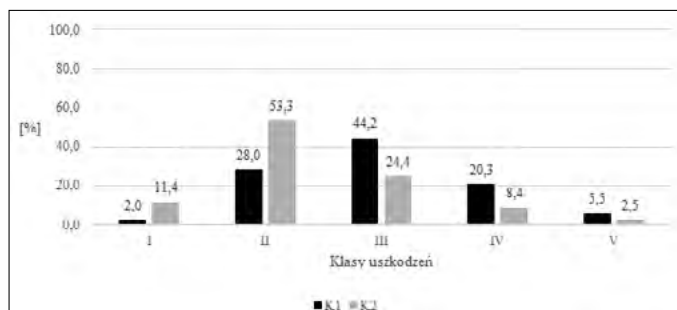
292,5 m, czyli 2,0% długości wszystkich zbadanych przewodów kanalizacyjnych z tego zbioru. W zbiorze K2 uszkodzenie tego rodzaju odnotowano łącznie na długości 1978,7 m, czyli 13,3% długości wszystkich zbadanych przewodów z tego zbioru (ponad 6 – krotnie częściej).

Na rysunku 4 przedstawiono częstość występowania rys i pęknięć podłużnych (w_{rl}) w przewodach ze zbiorów K1 i K2 z podziałem na klasy uszkodzeń (klasa I dotyczy najmniejszego, zaś klasa V – największego, najbardziej poważnego uszkodzenia).

Rysy i pęknięcia podłużne (w_{rl}) występowały w obu zbiorach, we wszystkich możliwych klasach. W klasie I ($w_{rl} < 0,5 \text{ mm}$) zarejestrowano 2,0% wszystkich rys



Rys. 6
Rysy i pęknięcia podłużne – w_{rl} [11]
Fig. 6 Longitudinal cracks – w_{rl} [11]



Rys. 4
Występowanie rys i pęknięć podłużnych – w_{rl} w przewodach ze zbiorów K1 i K2 z podziałem na klasy uszkodzeń
Fig. 4 The incidence of longitudinal cracks – w_{rl} in pipes from sets K1 and K2 with division into defects classes

i pęknięcia (klasa V) w zbiorze nr 1 stanowiły 5,5% wszystkich uszkodzeń tego rodzaju, natomiast w zbiorze nr 2 – 2,5%, czyli o 3 p. p. mniej.

Na rys. 5 i 6 przedstawiono wybrane uszkodzenia liniowe zaobserwowane w przewodach kanalizacyjnych kamionkowych sanitarnych ze zbioru K2.

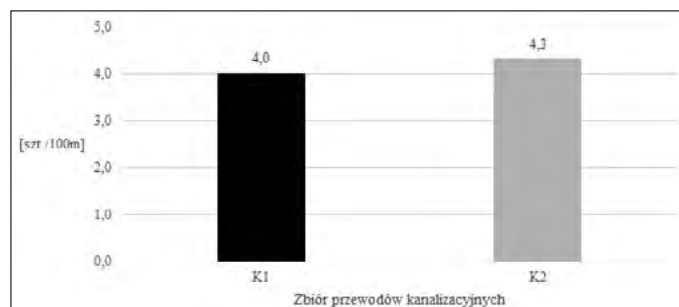
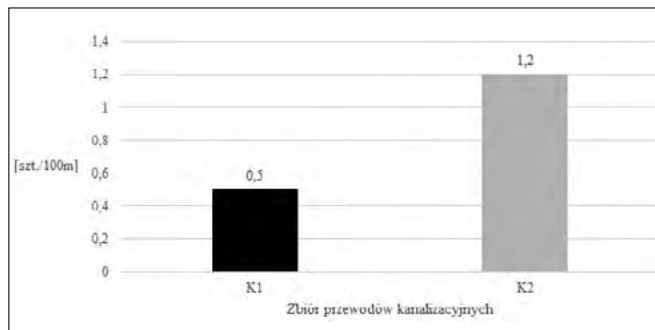
Porównanie wybranych uszkodzeń miejscowych przewodów kanalizacyjnych w zbiorach K1 i K2

Poniżej na rysunku 7 przedstawiono ogółem częstość występowania przerastających korzeni (z_k) w przewodach kanalizacyjnych ze zbiorów K1 i K2.

W zbiorze K1 przerastające korzenie – z_k zarejestrowano łącznie w liczbie 595 szt., czyli 4,0 szt./100 m długości wszystkich zbadanych przewodów kanalizacyj-

ni przekroju poprzecznego przewodu) w zbiorze nr 1 odnotowano 18,7% korzeni, zaś w zbiorze nr 2 – prawie 4 – krotnie mniej, tzn. 4,8%. W klasie III ($20 \leq z_p < 35\%$ powierzchni przekroju poprzecznego przewodu) w K1 znalazło się 7,6% wszystkich zaobserwowanych nieprawidłowości tego rodzaju, natomiast w K2 – 2,0%, czyli

Rys. 2.9
Występowanie ubytków fragmentów powłoki konstrukcji – w_u w sztukach na 100 m długości przewodu w zbiorach K1 i K2
Fig. 2.9 The incidence of losses of fragments of the structure coating – w_u in pieces per 100 m of sewer length in sets K1 and K2

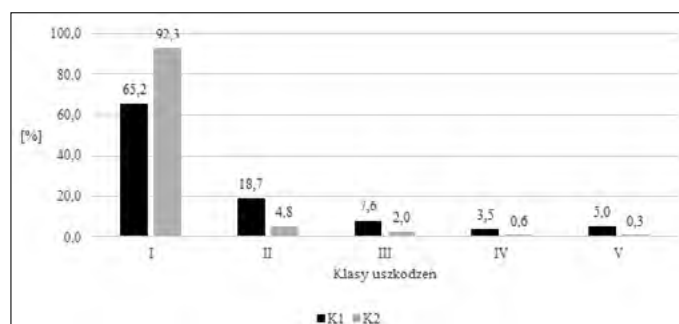


Rys. 7
Występowanie korzeni – z_k w sztukach na 100 m długości przewodu w zbiorach K1 i K2
Fig. 7 The incidence of roots growing into a sewer – z_k in pieces per 100 m of sewer length in sets K1 and K2

nych z tego zbioru. W zbiorze K2 nieprawidłowości tego rodzaju odnotowano łącznie w liczbie 648 szt., czyli 4,3 szt./100 m długości wszystkich zbadanych przewodów z tego zbioru.

Na rysunku 8 przedstawiono częstość występowania korzeni (z_k) w przewodach ze zbiorów K1 i K2 z podziałem na klasy uszkodzeń (klasa I dotyczy najmniejszego,

o 5,6 p. p. mniej. Stosunkowo najmniej korzeni zarejestrowano w klasie IV ($35 \leq z_k < 50\%$ powierzchni przekroju poprzecznego przewodu), w zbiorze K1 było to 3,5%, zaś w K2 o 82,6% mniej, tzn. 0,6%. W klasie V ($z_k \geq 50\%$ powierzchni przekroju poprzecznego przewodu), w zbiorze nr 1 było 5,0% uszkodzeń, zaś w zbiorze nr 2 – 0,3%, czyli ponad 16 – krotnie mniej.

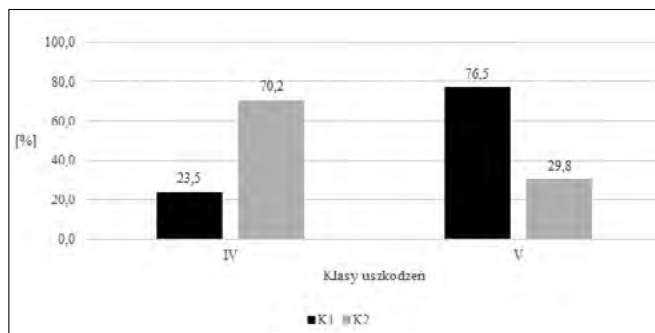


Rys. 8
Występowanie korzeni – z_k w przewodach ze zbiorów K1 i K2 z podziałem na klasy uszkodzeń
Fig. 8 The incidence of roots growing into a sewer – z_k in sets K1 and K2 with division into defects classes

zaś klasa V – największego, najbardziej poważnego uszkodzenia).

Korzenie drzew i krzewów przerastające do wnętrza przewodów kanalizacyjnych (z_k) zaklasyfikowane do klasy I ($z_k < 5\%$ powierzchni przekroju poprzecznego przewodu) stanowiły w zbiorze K1 – 65,2% wszystkich zaobserwowanych uszkodzeń tego rodzaju, natomiast w zbiorze K2 – 92,3%, czyli o 27,1 p. p. więcej. W klasie II ($5 \leq z_k < 20\%$ powierzch-

Rys. 10
Występowanie ubytków fragmentów powłoki konstrukcji – w_u w przewodach ze zbiorów K1 i K2 z podziałem na klasy uszkodzeń
Fig. 10 The incidence losses of fragments of the structure coating – w_u in sets K1 and K2 with division into defects classes



Na rysunku 9 przedstawiono ogółem częstość występowania ubytków fragmentów powłoki konstrukcji (w_u) w przewodach kanalizacyjnych ze zbiorów K1 i K2.

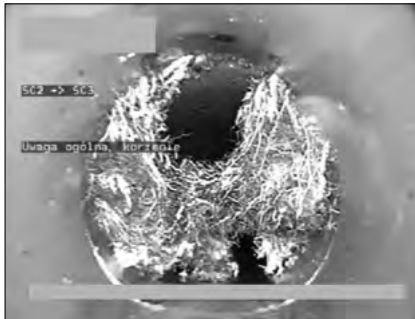
W zbiorze K1 ubytki fragmentów powłoki konstrukcji – w_u zarejestrowano łącznie w liczbie 68 szt., czyli 0,5 szt./100 m długości wszystkich zba-

danych przewodów kanalizacyjnych z tego zbioru. W zbiorze K2 nieprawidłowości tego rodzaju odnotowano łącznie w liczbie 181 szt., tzn. 1,2 szt./100 m (ponad 2 – krotnie częściej) długości wszystkich zbadanych przewodów z tego zbioru.

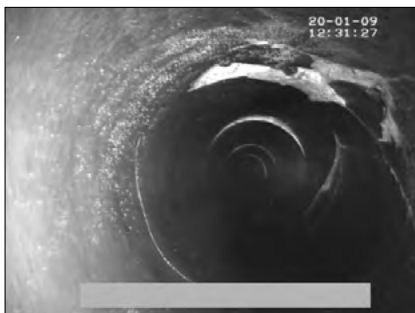
Na rysunku 10 przedstawiono częstość występowania ubytków fragmentów powłoki konstrukcji (w_u) w przewodach ze zbiorów K1 i K2 z podziałem na klasy uszkodzeń (klasa I dotyczy najmniejszego, zaś klasa V – największego, najbardziej poważnego uszkodzenia).

Występujące w przewodach kanalizacyjnych ubytki fragmentów powłoki konstrukcyjnej (w_u), według przyjętych wytycznych [3], można zaklasyfikować do klasy IV lub V. Jeżeli tego rodzaju ubytek ma powierzchnię mniejszą niż 25 cm² wówczas przyporządkowany jest do klasy IV. Takich przypadków zarejestrowano w zbiorze K1 – 23,5% spośród wszystkich zaobserwowanych nieprawidłowości tego rodzaju, zaś w K2 – 70,2%, czyli prawie 3 – krotnie więcej. Ubytki większe bądź równe 25 cm² należą do klasy V – stanowiły w zbiorze nr 1 – 76,5%, zaś w zbiorze nr 2 – 29,8%, czyli o 61,0% mniej.

Na rys. 11 i 12 przedstawiono wybrane uszkodzenia punktowe zaobserwowane w przewodach kanalizacyjnych kamionkowych sanitarnych ze zbioru K2.



Rys. 11
Korzenie wrastające do wnętrza kanału – z_k [11]
Fig. 11 Roots growing into a sewer – z_k [11]



Rys. 12
Ubytki fragmentów powłok konstrukcji – w_u [11]
Fig. 12 Losses of fragments of the structure coating – w_u [11]

Podsumowanie i wnioski

Analiza porównawcza dwóch zbiorów wyników badań stanu technicznego przewodów kamionkowych kanalizacji sanitarnej (K1 i K2) badanych w różnych okresach, tj. w latach 1991 – 2000 oraz 2003 – 2017, wykazała zarówno podobieństwa, jak i różnice w częstotliwości występowania wybranych uszkodzeń, tzn.:

- 1) największe różnice w częstotliwości występowania można zaobserwować w przypadku uszkodzeń liniowych, tzn. osadu stałego (z_s) oraz rys i pęknięć podłużnych (w_{rl});
- 2) najmniejsze różnice w częstotliwości występowania dotyczą korzeni przerastających do wnętrza przewodów kanalizacyjnych (z_k) – ich liczba wyrażana w szt./100 m długości kanałów jest zbliżona;
- 3) zaobserwowano niewielkie różnice w częstotliwości występowania ubytków fragmentów konstrukcji (w_u);
- 4) najczęściej obserwowanym w obu zbiorach osadem stałym (z_s) był osad z klasy I, zaś najrzadziej – z klasy V w K2 (w K1 w ogóle nie występował) lub IV (K1);
- 5) pod względem wielkości rejestrowanych rys i pęknięć podłużnych (w_{rl}) zbiory różnią się, tzn. w K1 najczęściej występowały rysy z klasy III, zaś najrzadziej – z klasy I; w zbiorze K2 najczęściej obserwowano rysy z klasy II, zaś najrzadziej z klasy V;
- 6) wielkość przerastających korzeni (z_k) w obu zbiorach przewodów była podobna – najczęściej rejestrowano te z klasy I, zaś najrzadziej z klasy IV (K1) lub V (K2);
- 7) zbiory różnią się pod względem wielkości rejestrowanych ubytków fragmentów konstrukcji (w_u) – w K1 najczęściej ubytków należało do klasy V, zaś w K2 – do IV.

Należy jeszcze raz podkreślić, iż były to dwa odrębne zbiory przewodów kanalizacyjnych i nie dotyczyły one inspekcji tych samych przewodów przeprowadzonych w różnych latach.

Analiza porównawcza wyników badań stanu technicznego blisko 30 km

przewodów kanalizacyjnych pozwala w sposób ogólny pokazać, jakie uszkodzenia i jakiej wielkości mogą występować w kamionkowych przewodach kanalizacji sanitarnej. Nieprawidłowości te nie są jednak typowe wyłącznie dla rur kamionkowych, ale również występują m. in. w przewodach betonowych, co pokazano w [10]. Nie jest możliwe uogólnienie otrzymanych wyników na całą polską sieć kanalizacyjną. Przeprowadzone badania miały bardziej charakter eksploracyjny i są uzupełnieniem ogólnego stanu wiedzy na temat stanu technicznego eksploatowanych w Polsce sieci kanalizacji sanitarnej. Zasadne jest jednak kontynuowanie badań, choćby ze względu na ich charakter poznawczy.

LITERATURA

- [1] Madryas C., Przybyła B., Wysocki L., *Badania i ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2010, s. 29
- [2] Kuliczowska E., *Prognozowany a rzeczywisty stan techniczny XIX. wiecznych kamionkowych przewodów kanalizacyjnych*, Instal, nr 9/2015, s. 74 – 79
- [3] Kuliczowska E., *Kryteria planowania bezwykopowej odnowy nieprzelazowych przewodów kanalizacyjnych*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2008
- [4] Kwietniewski M., *Awarie i odnowa sieci kanalizacyjnych*, Inżynier Budownictwa, październik 2006, s. 50 – 54
- [5] Kuliczowski A., Kuliczowska E., *Katastrofy kanalizacyjne i ich przyczyny*, Przegląd Budowlany, 3/2008, s. 31 – 34
- [6] Kuliczowska E., *Kategorie awarii przewodów kanalizacyjnych*, Inżynieria Morska i Geotechnika, 3/2014, s. 187 – 192
- [7] Kuliczowska E., *The interaction between road traffic safety and the condition of sewers laid under roads*, Transportation Research Part D, 48, 2016, s. 203 – 213
- [8] Kuliczowska E., *An analysis of road pavement collapses and traffic safety hazards resulting from leaky sewers*, The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 11(4), 2016, s. 251 – 258
- [9] Kuliczowski A. i in., *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*, Wydawnictwo Seidel – Przywecki Sp z o.o., 2010
- [10] Kuliczowska E., Bąba K., *Wyniki badań techniką wideo długo eksploatowanych przewodów kanalizacyjnych*, Instal, 7 – 8/2018, s. 51 – 56
- [11] Wijas K., *Katalog zdjęć własnych uzyskanych z badań przewodów kanalizacyjnych techniką wideo*