

# Badanie funkcjonalności innowacyjnej studzienki przeznaczonej do grawitacyjnych sieci kanalizacyjnych

Operational analysis of the innovative sewage manhole for gravity sewage networks

DARIUSZ KOWALSKI, MAŁGORZATA IWANEK, BEATA KOWALSKA, PAWEŁ SUCHORAB, MARIAN KWIETNIEWSKI, WIESŁAW DUKLEWSKI, STANISŁAW DZIAK, ANETA MIERZWA, KAMIL KĘPIŃSKI

DOI 10.36119/15.2020.6.6

Niezawodne działanie sieci kanalizacyjnych stanowi jeden z warunków istnienia i rozwoju obszarów zurbanizowanych. Do sposobów podnoszenia niezawodności działania tych sieci należy takie kształtowanie ich struktur, by istniały różne, alternatywne drogi przepływu ścieków. Zadanie to sprowadza się często do przekształcania struktur sieci rozgałęzionych w pierścieniowe. Kluczowym elementem warunkującym uzyskanie struktur pierścieniowych w sieciach kanalizacyjnych są studzienki umożliwiające połączenia krzyżujących się rurociągów. Celem artykułu jest: przedstawienie nowego rozwiązania studzienki kanalizacyjnej, mogącej pracować jako element pierścieniowej grawitacyjnej sieci kanalizacji sanitarnej lub deszczowej, prezentacja przeprowadzonych prób sprawności hydraulicznej studzienki, a także porównanie warunków przepływu ścieków w nowej studzienice z przepływem w rozwiązaniach stosowanych dotychczas. Proponowana studzienka różni się od klasycznej studzienki połączeniowej budową dennicy. Rozwiązanie umożliwia bezkolizyjne połączenie krzyżujących się rur w trakcie normalnej pracy sieci, natomiast w przypadku wystąpienia niedrożności jednego z przewodów automatycznie przekierowuje ścieki do przewodu drożnego. Prezentowana konstrukcja uzyskała ochronę patentową nr PL 229311.

*Słowa kluczowe: studzienka kanalizacyjna, niezawodność, bezkolizyjne skrzyżowanie*

The reliable operation of sewage networks is one of the key elements necessary for the existence and development of urban areas. The assurance of alternative paths of sewerage conveyance by proper network shaping is one of the ways of increasing network's reliability. It can be achieved by transforming branched networks into loops. However, to connect channels into looped structures, it is required to intersect channels safely. The aim of this paper is to present a new, innovative sewage manholes, which can be used in both a sanitary and storm gravity sewage network. The additional aim is to present the results of a hydraulic test of a manhole prototype. The innovative manhole is characterized by a specific manhole base construction. It enables a safe, two-level channel intersection during normal operation. In case of a channel failure (blocked outflow), the sewage flow is redirect into the other channel. The manhole constructor is patented (Patent no PL 229311).

*Keywords: sewage manhole, reliability, safe intersection*

## Wstęp

Niezawodne działanie sieci kanalizacyjnych stanowi jeden z warunków istnienia i rozwoju obszarów zurbanizowanych [1,2]. Konsekwencje awarii systemu przesyłania ścieków są zróżnicowane. Mogą jednak stanowić znaczące zagrożenie zarówno dla mienia, jak i życia mieszkańców tych terenów [3,4], stąd konieczność ich odpowiedniego projektowania [5]. Ist-

nieją różne sposoby podnoszenia niezawodności sieci kanalizacyjnych [6,7], wśród których można wyróżnić takie kształtowanie ich struktur, by tworzyć różne alternatywne drogi przepływu ścieków. Zadanie to sprowadza się często do przekształcania typowej struktury sieci rozgałęzionych w struktury pierścieniowe. Niestety w aktualnych wytycznych dla projektantów, opracowanych przez przedsiębiorstwa eksploatujące systemy kanali-

zacyjne, brak sprecyzowanych zaleceń dotyczących rekomendowanych rozwiązań zamykania takich pierścieni [8-10].

Struktury pierścieniowe są powszechnie stosowane w sieciach wodociągowych, natomiast ich wykorzystanie w grawitacyjnych sieciach kanalizacyjnych jest utrudnione zarówno przez układ wysokościowy poszczególnych rurociągów, jak również problemy z właściwym ukształtowaniem kierunku strumieni przepływających

dr hab. inż. prof. P. Lub. Dariusz Kowalski - <https://orcid.org/0000-0001-9929-1626>, dr hab. inż. prof. P. Lub. Małgorzata Iwanek - <https://orcid.org/0000-0003-2761-0100>, dr hab. inż. prof. P. Lub. Beata Kowalska - <https://orcid.org/0000-0003-2489-1904>, mgr inż. Paweł Suchorab - <https://orcid.org/0000-0001-9275-4800>; Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Usuwania Ścieków; prof.dr hab. inż. Marian Kwietniewski - <https://orcid.org/0000-0003-1696-6611>; Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków; mgr inż. Wiesław Duklewski, inż. Stanisław Dziak, mgr inż. Aneta Mierzwa, mgr inż. Kamil Kępiński - Komórka Badawczo-Rozwojowa Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji „Wodociągi Puławskie” w Puławach. Adres do korespondencji/Corresponding author: [d.kowalski@pollub.pl](mailto:d.kowalski@pollub.pl)

ścieków. Ważnym elementem warunkującym uzyskanie struktur pierścieniowych w sieciach kanalizacyjnych są węzły, w których studzienki umożliwiają połączenia krzyżujących się rurociągów [11,12]. W dotychczasowej praktyce, połączenia te wykonywane są w sposób typowy, powodujący na ogół kolizję strumieni ścieków dopływających do studzienki łączonymi kanałami. Mimo różnych propozycji łączenia kanałów w studzienkach połączeniowo-rozgałęziennych, jak np. wyrównywanie dna i wyrównywanie sklepienia łączonych kanałów czy tworzenie progów na kanałach doprowadzających ścieki do studzienki, nie udało się całkowicie wyeliminować zaburzeń w strumieniach dopływających ścieków [13]. W rezultacie, stosowane dotychczas sposoby łączenia kanałów w węzłach sieci grawitacyjnych skutkują często nadmiernym piętrzeniem ścieków w studzienkach, co utrudnia sprawny przepływ tych ścieków oraz komplikuje procedury sterowania pracą sieci.

Powyższe problemy skłoniły autorów artykułu do opracowania nowej konstrukcji studzienki, w której odpowiednio skonstruowana dennica ograniczałaby wskazane niedoskonałości. Rozwiązanie powstało w ramach realizacji projektu pt. „Przygotowanie założeń i wdrożenie Zintegrowanego Systemu Zarządzania Infrastrukturą Techniczną Przedsiębiorstwa” z Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Działanie 1.4 i 4.1, lata 2007-2013, którego beneficjentem był MPWiK „Wodociągi Puławskie” Sp. z o.o. w Puławach. Projekt współfinansowany

był przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Dzięki programowi Inkubator Innowacyjności 2.0, współfinansowanemu przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Politechnikę Lubelską udało się zbudować prototyp studzienki.

Celem artykułu jest przedstawienie koncepcji oraz wyników badań hydraulicznych pracy proponowanej studzienki. Badania prototypu przeprowadzono w skali półtechnicznej na terenie MPWiK w Puławach. W artykule przedstawiono również porównanie warunków przepływu ścieków w nowej studzience z przepływem w studzienkach stosowanych dotychczas.

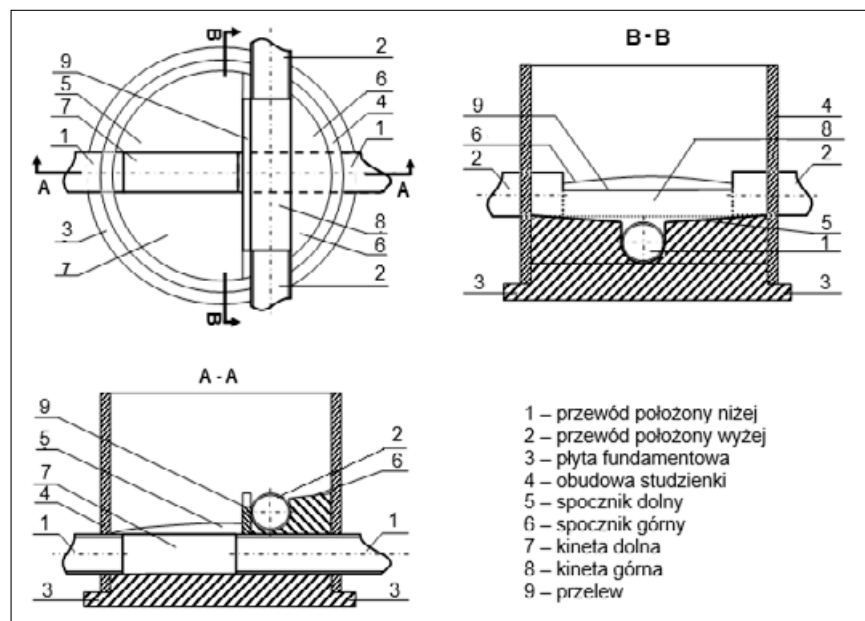
### Koncepcja proponowanej studzienki kanalizacyjnej

Prezentowana w artykule studzienka kanalizacyjna, opracowana w Katedrze Zaopatrzenia w Wodę i Usuwania Ścieków na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej, przy współudziale pracowników Komórki Badawczo-Rozwojowej Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji „Wodociągi Puławskie” w Puławach oraz Wydziału Instalacji Budowlanych Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, przeznaczona jest do bezkolizyjnego krzyżowania rur grawitacyjnych sieci kanalizacji sanitarnej lub deszczowej. W założeniach ma ona stanowić element ułatwiający przebudowę sieci o strukturach rozgałęziennych w pierścieniowe. Umożliwi to przepływ ścieków alternatyw-

nymi drogami w sposób bezkolizyjny, co ma szczególne znaczenie w sytuacji normalnej, tj. bezawaryjnej pracy sieci.

Proponowana studzienka różni się od klasycznej studzienki połączeniowej budową dennicy. Rzut i przekroje dennicy nowej studzienki przedstawiono schematycznie na rys. 1. Dennica, do której doprowadzone są przewody – (1) i (2), składa się z płyty fundamentowej (3), na której posadowiono obudowę studzienki (4) oraz dwupoziomowego dna. Każdy poziom ma wyodrębniony spocznik – dolny (5) i górny (6) oraz wyprofilowaną kinetę – dolną (7) i górną (8). Podobnie jak w klasycznej studzience kanalizacyjnej, spocznik ma spadek w kierunku kinety. Kinetą dolną (7) łączy się z poprowadzoną niżej rurą (1), natomiast kinetą górną (8) z poprowadzoną wyżej rurą (2). Na całej długości kinety górnej (8) wyodrębniono krawędź przelewową (9). Prezentowana konstrukcja uzyskała ochronę patentową [14].

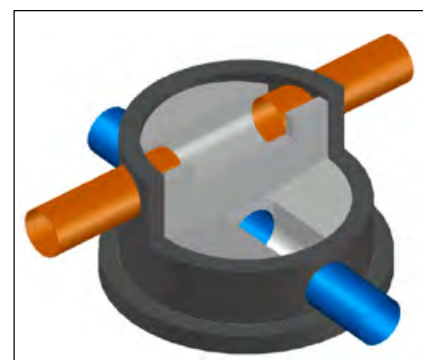
W trakcie normalnej, bezawaryjnej pracy sieci kanalizacyjnej, ścieki przepływają przez studzienkę rurami (1) i (2) oraz odpowiednio kinetami (7) i (8) na dwóch poziomach dennicy, niezależnie od siebie, nie łącząc się ze sobą (rys. 2). W przypadku niedrożności jednego z przewodów, w proponowanej studzience ścieki spiętrzają się, następnie przez przelew (9 – rys. 1) dostają się do drugiej kinety i swobodnie wypływają ze studzienki drożnym przewodem. Rozwiązanie umożliwia więc nieprzerwaną pracę sieci kanalizacyjnej zarówno w warunkach bezawaryjnych, jak i w przypadku niedrożności któregośkolwiek z łączonych kanałów. Dodatkowo umożliwia ograniczenie liczby studzienek na sieci kanalizacyjnej.



Rys. 1.

Schemat dennicy proponowanej studzienki kanalizacyjnej do bezkolizyjnego przepływu ścieków w węzłach skrzyżowań grawitacyjnych sieci kanalizacyjnych

Fig. 1. Construction of a sewage manhole for two-level safe pipe's intersection



Rys. 2.

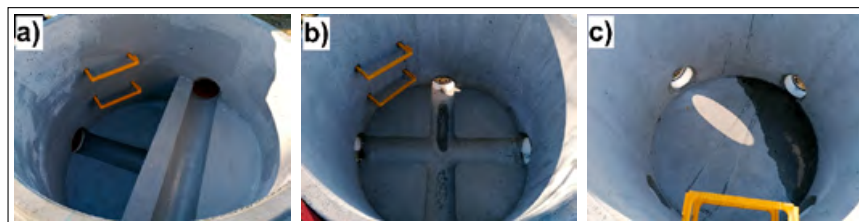
Widok aksonometryczny proponowanej dennicy  
Fig. 2. Axonometric view of the proposed manhole

### Metodyka badań

Badania hydrauliczne przepływu w proponowanej studzience przeprowadzono, wykorzystując jej betonowy prototyp (rys. 3a) oraz dwie betonowe studzienki testowe: studzienkę nr 1 z kinetą w kształcie „+” (rys. 3b) oraz studzienkę nr 2 z poziomym dnem bez kinet „0” (rys. 3c). Prototyp oraz studzienki testowe wyprodukowane zostały przez Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowo-Usługowe WOLMAT w Lubartowie, które podjęło się seryjnej produkcji prototypowej studzienki. Wszystkie studzienki miały średnicę 1200 mm, wysokość kręgu 1 m. Średnice przejść szczelnych dla kanałów wlotowych i wylotowych były jednakowe i wynosiły 200 mm. Wysokość krawędzi przelewu względem dna dolnej i górnej kinety studzienki prototypowej wynosiła odpowiednio – 45 oraz 15 cm.

Stanowisko badawcze zbudowane zostało na terenie MPWiK „Wodociąg Puławskie” w Puławach (rys. 4). W badaniach wykorzystano wodę wodociągową pobieraną bezpośrednio z hydrantu. Badanie polegało na pomiarach wysokości spiętrzenia zwierciadła wody w studzienkach lub kinetach, w zależności od natężenia przepływu, dla przyjętych warunków drożności kanałów – drożny/całkowicie zablokowany. Strumienie objętości dopływającej do studzienki wody mierzone były w każdym z ciśnieniowych przewodów doprowadzających, za pomocą ultradźwiękowego bezinwazyjnego przepływomierza FLEXIM FLUXUS ADM 6420 oraz elektromagnetycznego przepływomierza SIEMENS SITRANS FM MAG 8000. Wielkość strumienia zmieniano, regulując stopień otwarcia hydrantu (5 – rys. 4) oraz zasuw (4 – rys. 4) tak, aby uzyskać jednakowe wartości w obu przewodach doprowadzających wodę do studzienki. Grawitacyjny odpływ ze studzienki zapewniali rury kanalizacyjne PVC o średnicy DN200. Zamierzoną blokadę wybranego odpływu ze studzienki realizowano za pomocą standardowego pneumatycznego korka kanalizacyjnego.

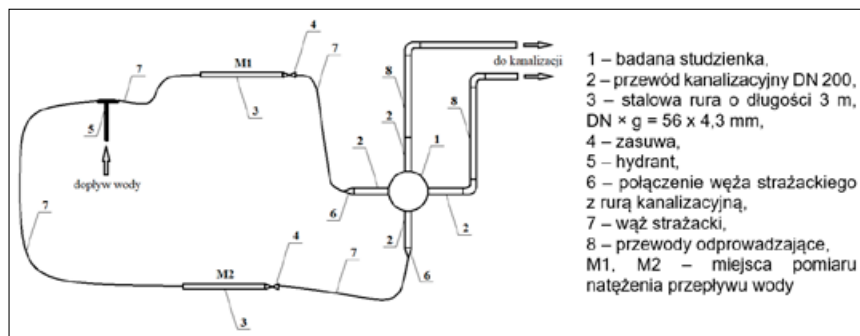
Badania objęły 3 serie pomiarowe w przypadku studzienki prototypowej i 2 serie w przypadku studzienek testowych. Przebieg pierwszej serii był jednakowy dla wszystkich trzech studzienek – mierzono poziom napętnienia kinet (w przypadku studzienki testowej „0” – spiętrzenia w studzience), w zależności od wielkości strumienia dopływającej wody, przy zachowaniu pełnej drożności obu odpływów. W drugiej serii, w przypadku studzienek testowych „+” i „0” pomiary spiętrzenia obejmowały spiętrzenie ponad dnem kinety (dnem studzienki testowej „0”), niezależnie od lokalizacji zablokowanego przewodu.



Rys. 3.

Denne studzienek: a) prototypu innowacyjnej studzienki, b) studzienki testowej nr 1 – z kinetą w kształcie „+”, c) studzienki testowej nr 2 – bez kinety

Fig. 3. Manhole bases: a) prototype of an innovative manhole, b) test manhole no 1 – with „+” invert channel, c) test manhole no 2 – without invert channel



Rys. 4.

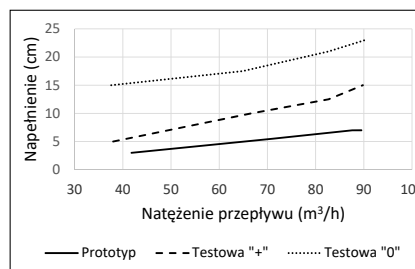
Schemat stanowiska do badania przepływu wody w studzience kanalizacyjnej

Fig. 4. Scheme of a research setup for flow test in the innovative sewage manhole

W przypadku studzienki prototypowej, ze względu na różne rzędne położenia przewodów w tej studzience oraz spodziewany dwukierunkowy przepływ wody przez krawędź przelewową (9 – rys. 1) w zależności od lokalizacji zablokowanego przewodu, konieczne było przeprowadzenie kolejnych 2 serii badań: drugiej przy niedrożnym kanale górnym i trzeciej przy niedrożnym kanale dolnym. W drugiej serii przeprowadzono więc pomiary napętnienia kinet i spiętrzenia przy niedrożnym kanale górnym, przy czym zarówno w przypadku dolnej, jak i górnej kinety poziomem odniesienia było dno (najniższy położony punkt) kinety dolnej. W trzeciej serii przeprowadzono pomiary napętnienia kinet i spiętrzenia przy niedrożnym kanale dolnym, przy czym do momentu wystąpienia przepływu przez krawędź przelewu napętnienie kinety górnej było mierzone od jej dna, a napętnienie kinety dolnej – od dna kinety dolnej. Po zadziałaniu przelewu spiętrzenie nad każdą z kinet było odnoszone do dna kinety dolnej.

## Wyniki badań

Wyniki pierwszej fazy badań przedstawiono w tabeli 1. Zawarto w niej wartości napętnienia „H” wody w kinetach studzienek, w zależności od wielkości dopływającego strumienia objętości wody „Q”: odpowiednio w studzience prototypowej oraz w studzienkach testowych. Wyniki pomiarów przedstawiono także



Rys. 5.

Wykresy napętnienia kinet i studzienek przy normalnym przepływie

Fig. 5. Graph of water depth in invert channels and manholes during normal operation

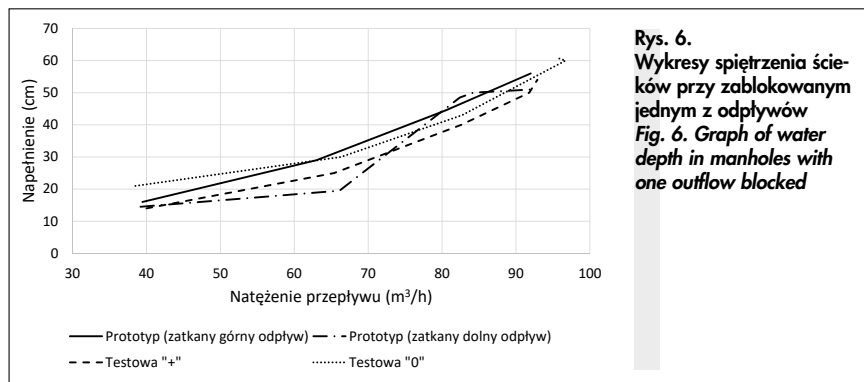
w formie wykresu (rys. 5). W warunkach normalnej pracy, tj. pełnej drożności obu krzyżujących się przewodów, studzienka prototypowa, poza pierwszym pomiarem charakteryzowała się najniższymi wysokościami napętnienia wody w kinetach, w porównaniu do studzienek testowych. Przy porównywalnym natężeniu (ok. 90 m<sup>3</sup>/h) napętnienia wyniosły odpowiednio 9 cm w studzience prototypowej oraz 15 cm i 23 cm w studzienkach testowych.

Tab. 1. Zmierzone napętnienie kinet w warunkach drożności obu krzyżujących się przewodów  
Tab. 1. Water depth in invert channels during normal operation

Prototyp		Testowa „+”		Testowa „0”	
Q	H	Q	H	Q	H
m <sup>3</sup> /h	cm	m <sup>3</sup> /h	cm	m <sup>3</sup> /h	cm
41,8	7,0	38,0	5,0	37,6	15,0
71,0	8,0	66,6	10,0	64,9	17,5
87,6	9,0	82,7	12,5	82,7	21,0
89,5	9,0	89,8	15,0	90,2	23,0

Tab. 2. Zmierzone spiętrzenie ścieków w studzienkach w warunkach blokady jednego z odpływów  
Tab. 2. Water depth in manholes with one outflow blocked

Prototyp (zablokowany odpływ górny)		Prototyp (zablokowany odpływ dolny)		Testowa „+”		Testowa „0”	
Q	H	Q	H	Q	H	Q	H
m <sup>3</sup> /h	cm	m <sup>3</sup> /h	cm	m <sup>3</sup> /h	cm	m <sup>3</sup> /h	cm
39,5	16,0	39,2	14,5	40,0	14,0	38,5	21,0
63	29,0	66,1	19,5	65,4	25,0	66,3	30,0
80,5	44,5	82,4	48,5	82,6	40,0	82,7	43,0
85,5	49,5	84,2	50,0	91,8	50,0	96,7	60,0
92	56,0	92,0	51,0	92,9	54,0	95,4	61,0



Rys. 6.  
Wykresy spiętrzenia ścieków przy zablokowanym jednym z odpływów  
Fig. 6. Graph of water depth in manholes with one outflow blocked

Wyniki drugiej fazy badań przedstawiono w tabeli 2. Zawarto w niej zmierzone wartości spiętrzenia „H” wody w studzienkach, w sytuacji całkowitej niedrożności (zablokowania przepływu) jednego z przewodów odpływowych. Wyniki pomiarów przedstawiono także na wykresie (rys. 6). W przypadku studzienki prototypowej, w porównaniu ze studzienkami testowymi, było różne od uzyskiwanego przy blokadzie przewodu dolnego. W studzienkach testowych, z racji jednakowego poziomu wszystkich przewodów, takiej zależności nie stwierdzono.

Po zablokowaniu górnego odpływu spiętrzenie wody w studzience prototypowej w porównaniu ze studzienkami testowymi było praktycznie cały czas wyższe lub porównywalne do obserwowanego w studzienkach testowych. Przy blokadzie przewodu dolnego spiętrzenie w studzience prototypowej było niższe niż w testowych do wartości przepływu 66,1 m<sup>3</sup>/h. Przy wyższych natężeniach przepływu spiętrzenie to było wyższe niż w studzienkach testowych.

Uzyskane wyniki wskazują, że przy blokadzie jednego z przewodów odpływowych spiętrzenie w studzience prototypowej jest porównywalne ze studzienkami testowymi. Można więc stwierdzić, że w tych warunkach proponowana studzienka nie pogarszała warunków hydraulicz-

nych przepływu wody w stosunku do studzienek testowych.

### Podsumowanie i wnioski

Proponowana studzienka, dzięki swojej konstrukcji, w trakcie normalnej bezawaryjnej pracy sieci kanalizacyjnej umożliwia bezkolizyjny przepływ ścieków w dwóch różnych kierunkach. Może być stosowana w grawitacyjnych sieciach kanalizacyjnych o strukturze rozgałęzionej, jak i pierścieniowej, uważanej za bardziej niezawodną. W przypadku awarii, polegającej na niedrożności jednego z podłączonych przewodów, studzienka umożliwia automatyczne przekierowanie ścieków do drugiego, drożnego przewodu. Jej zastosowanie spełnia więc założenie umożliwienia przesyłania ścieków drogą alternatywną. Nie wymaga również wykorzystania dodatkowego systemu sterowania kierunkiem przepływu.

Przeprowadzone badania wykazały, że w warunkach „normalnej” pracy proponowana studzienka gwarantuje lepsze warunki przepływu ścieków w stosunku do studzienek testowych – brak interakcji obu strumieni przesyłanych ścieków. W przypadku wystąpienia awarii, polegającej na niedrożności jednego z przewodów podłączonych do studzienki, spiętrzenie zwierciadła wody w proponowanej studzience

okazało się porównywalne do obserwowanego w studzienkach testowych.

Prezentowane rozwiązanie, jak również przeprowadzone badania w skali półtechnicznej wskazują na celowość dalszych badań prowadzonych już w warunkach rzeczywistych. Badania takie, dzięki uprzejmości MPWiK „Wodociągi Puławskie”, prowadzone będą w sieci kanalizacyjnej miasta Puławy.

### LITERATURA

- [1] Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków Dz.U.2019 poz. 1437.
- [2] DYREKTYWA RADY 2008/114/WE z dnia 8 grudnia 2008 r. w sprawie rozpoznawania i wyznaczania europejskiej infrastruktury krytycznej oraz oceny potrzeb w zakresie poprawy jej ochrony Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej 23.12.2008, L 345/75.
- [3] Królikowska J., Królikowski A. Niezawodność bezpieczeństwa sieci kanalizacyjnej. Czasopismo Techniczne – Środowisko. Wyd. Politechniki Krakowskiej. Nr 1-Ś/2011, s. 101-111.
- [4] Kuliczkowski A.: Katastrofy kanalizacyjne. Gaz, Woda i Technika Sanitarna nr 2/1995. Wydawnictwo SIGMA.
- [5] PN-EN 752:2008. Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. PKN, Warszawa 2008
- [6] Królikowska J., Królikowski A., Podnoszenie poziomu niezawodności działania podsystemów usuwania ścieków w świetle doświadczeń eksploatacyjnych, Instal 9, 2009, s. 82-86.
- [7] Kwietniewski M., Rak J., Niezawodność infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce. Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, 2010.
- [8] Projektowanie, wykonawstwo sieci wodociągowej i kanalizacyjnych. Wymagania ogólne. AQUANET S.A., Poznań 2013
- [9] Wytyczne do opracowywania dokumentacji technicznych oraz budowy przewodów i przyłączy wodociągowych i kanalizacyjnych oraz przepompowni kanalizacyjnych. Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w m. st. Warszawie S.A. Warszawa 2015
- [10] Wytyczne techniczne do projektowania sieci, przyłączy oraz urządzeń wodociągowych i kanalizacyjnych. Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji, Lublin, 2008
- [11] Bolt A., Burszta-Adamiak E., Gudelis-Taraszkiewicz K., Suligowski Z., Tuszyńska A., Kanalizacja: projektowanie, wykonanie, eksploatacja. Wyd. Seidel-Przywecki, 2012.
- [12] Żuchowicki W. red.: Poradnik Wodociągi i kanalizacja t. V. Verlag Dashofer, Warszawa 2011.
- [13] Błaszczak W., Stamatello P., Błaszczak P., Kanalizacja. Sieci i pompownie. Arkady, Warszawa 1983
- [14] Kowalski D., Kowalska B., Kwietniewski M., Iwanek M., Duklewski W., Dziak S., Mierzwa A., Kępiński K. Studzienka kanalizacyjna, Patent nr 229311 – Wiadomości Urzędu Patentowego Nr 7/2018, str. 2316.



Jeszcze można zamawiać prenumeratę miesięcznika Instal na 2020 rok.

Druk zamówienia na stronie [www.informacjainstal.com.pl](http://www.informacjainstal.com.pl)