

# Ocena awaryjności kanalizacji deszczowej w mieście Lublin

Assessment of the failure rate of the stormwater drainage system in Lublin

MARTA ŻMIJAN, DARIUSZ KOWALSKI

DOI 10.36119/15.2025.7-8.7

Jednym z głównych problemów eksploatacji kanalizacji deszczowych w miastach jest kwestia ich własności. W wielu ośrodkach za tę infrastrukturę odpowiada miasto lub lokalny Zarząd Dróg. W obu przypadkach właściciele często nie mają realnych możliwości prowadzenia efektywnych działań eksploatacyjnych. Pojawiają się problemy z systematyczną diagnostyką i bieżącymi naprawami. Dodatkowo zarządzanie wodami opadowymi utrudniają rozproszone kompetencje, brak finansowania oraz brak integracji z planowaniem przestrzennym i zarządzaniem odbornikami.

W artykule zestawiono wyniki badań awaryjności sieci kanalizacji deszczowej w mieście Lublin, na podstawie danych zbieranych przez Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Lublinie Sp. z o.o., w okresie ostatnich 10 lat. Dokonana analiza potwierdza zróżnicowanie wskaźników awaryjności kanalizacji deszczowej i sanitarnej w tym mieście. Uzyskane wyniki mogą posłużyć w przyszłości do określania standardów umożliwiających kwalifikowanie kanalizacji deszczowej do poszczególnych grup awaryjności, analogicznie do istniejących klas opracowanych dla wodociągów i kanalizacji sanitarnej.

*Słowa kluczowe: kanalizacja deszczowa, awaryjność, intensywność uszkodzeń*

One of the main problems of operating storm water systems in cities is the issue of their ownership. In many cases, this infrastructure is managed by the municipality or the local road authority. In both cases, the owners often lack the capacity to carry out effective maintenance and operational activities. There are problems with systematic diagnostics and ongoing repairs. Additionally, stormwater management is hindered by fragmented responsibilities, insufficient funding, and a lack of integration with spatial planning and the management of stormwater receiving structures. The article presents the results of the research on the failure rate of the storm water system in Lublin, based on data collected by the local water and sewage company over the last 10 years. The analysis confirms the differentiation of the failure rates of the storm water and the sanitary sewer system in this city. The results obtained may be used in the future to determine standards enabling the classification of stormwater drainage systems into individual failure rate groups, similarly to the existing classes developed for water and sewage systems.

*Keywords: stormwater drainage system, failure rate, damage intensity*

Artykuł powstał w ramach realizacji badań własnych FD-20/15-6/017 Politechniki Lubelskiej

## Wstęp

Kanalizacja deszczowa stanowi jeden z kluczowych elementów infrastruktury technicznej na terenach zurbanizowanych. Od jej niezawodnego działania zależy zarówno komfort, jak i bezpieczeństwo powodziowe mieszkańców tych terenów. W aspekcie tej niezawodności analizowane jest ryzyko podtopień [2], jak również czynniki techniczne, w tym wpływ posadowienia kanałów, konstrukcja dróg, głębokość ułożenia kanałów, natężenie ruchu drogowego i inne [5, 13]. Standardowa ocena stanu technicznego

rurociągów, ich klasyfikacja niezawodnościowa czy opis uszkodzeń ograniczone są jedynie do kanalizacji sanitarnej [3,4,8]. Oddzielnym problemem dotyczącym kanalizacji deszczowej są postępujące zmiany klimatyczne cechujące się zmianą charakterystyki opadów. Powoduje to, że kanalizacje deszczowe zbudowane przed rokiem 2000 pracują często na granicy swojej przepustowości, a zjawisko powodzi miejskich wywołane przekroczeniem tej przepustowości staje się powszechne [10]. Pojawiają się w związku z tym nowe pomysły na zwiększenie retencyjności oraz możliwości sterowania pracą sieci kanalizacji deszczowych [11].

Podnoszenie niezawodności funkcjonowania sieci kanalizacji deszczowej wymaga nie tylko modernizacji i rozbudowy

istniejących układów, ale także ich systematycznego i profesjonalnego utrzymania. Skuteczne zarządzanie tym procesem wymaga uporządkowania kwestii własnościowych, a także zapewnienia odpowiednich zasobów – technicznych, finansowych oraz kadrowych – umożliwiających prawidłową eksploatację [9].

Obecna praktyka pokazuje, że budowa nowych odcinków kanalizacji deszczowej następuje głównie przy okazji realizacji inwestycji drogowych, natomiast brakuje samodzielnych projektów modernizacyjnych czy rozwojowych, opartych na analizie stanu technicznego sieci lub jej awaryjności. Nie istnieją również lokalne plany inwestycyjne ukierunkowane na odnowę istniejącej infrastruktury, co skutkuje dalszym pogłębianiem się problemów

Mgr inż. Marta Żmijan – Miejskie Przedsiębiorstwo wodociągów i Kanalizacji w Lublinie, Lublin. [marta.zmijan@mpwik.lublin.pl](mailto:marta.zmijan@mpwik.lublin.pl)  
Dr hab. inż. Dariusz Kowalski prof. PL <https://orcid.org/0000-0001-9929-1626> – Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Lubelska, Lublin. Autor do korespondencji/ Corresponding author: [d.kowalski@pollub.pl](mailto:d.kowalski@pollub.pl)

związanych z jej niezawodnością, zwłaszcza w obliczu rosnącej intensywności opadów i zmian klimatycznych.

Innym rozważaniem jest powszechnie w ostatnich latach przekazywanie zadania stałej eksploatacji kanalizacji deszczowej lokalnym przedsiębiorstwom wodociągowo-kanalizacyjnym. W rozwiązaniu tym często ujawniają się dodatkowe problemy. Pierwszym z nich są braki dokumentacyjne. W wielu przypadkach przekazywana tym przedsiębiorstwom dokumentacja jest niekompletna, zawierająca liczne błędy dotyczące średnic, materiału, rzędnych, a nawet lokalizacji przewodów. Drugim problemem są braki kadrowe i sprzętowe przedsiębiorstw, które niemal z dnia na dzień otrzymują dodatkowe obszerne zadania, bez stosownego zwiększenia budżetu, który pozwoliłby na rozwiązanie tych problemów. Sytuację utrudnia fakt, iż w większości miast w naszym kraju nie obowiązują powszechne opłaty za odprowadzanie wód deszczowych do kanalizacji deszczowej, jak to ma miejsce w przypadku kanalizacji sanitarnej.

W efekcie niezwykle trudno uzyskać rzetelne informacje na temat awaryjności sieci kanalizacji deszczowej. Pierwszym problemem jest diagnostyka stanu technicznego kanalizacji deszczowej. Ocena ta jest uzależniona od częstotliwości i zakresu prowadzonych badań, a także od zastosowanych metod badawczych [6]. W przypadku rozległych sieci kanalizacji deszczowej etap systematycznej diagnostyki jest często pomijany, a stosowne prace naprawcze realizowane są po powiadomieniach od mieszkańców lub służb miejskich. Drugim problemem są wspomniane wcześniej braki dokumentacji. Przedsiębiorstwa eksploatujące sieci kanalizacji deszczowej zmuszone są do prowadzenia prac inwentaryzacyjnych, które nie są priorytetem ich działalności. Sytuacja ta ulega systematycznej poprawie dzięki wdrażaniu zakładowych baz danych GIS oraz współpracy tych przedsiębiorstw z ośrodkami geodezyjnymi, na przykład poprzez platformę Geoportal. Dopiero połączenie znajomości parametrów technicznych eksploatowanej sieci z odpowiednią bazą danych prowadzonych prac naprawczych daje możliwość stosunkowo łatwej oceny awaryjności [12].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników oceny awaryjności sieci kanalizacji deszczowej, zrealizowanej w mieście Lublin. W ramach artykułu porównano wskaźniki intensywności uszkodzeń kanalizacji deszczowej i sanitarnej na bazie danych z ostatnich 10 lat. Wskazano również na przyczyny rozbieżności wartości tych wskaźników.

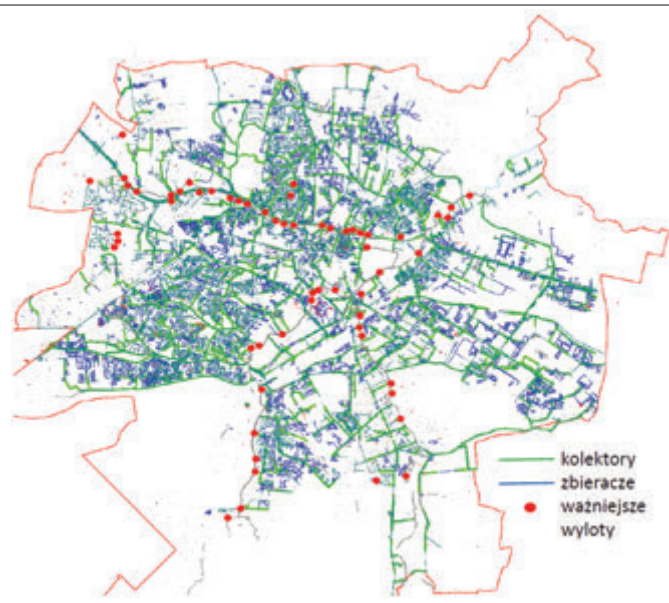
## Objekt i metodyka badań

Właścicielem analizowanej sieci kanalizacji deszczowej jest miasto Lublin. Eksploatację tej sieci miasto przekazało w ramach umowy Miejskiemu Przedsiębiorstwu Wodociągów i Kanalizacji w Lublinie Sp. z o.o. Długość przewodów sieciowych, bez przykanalików indywidualnych, wynosi ok. 864 km, przy czym dane te obejmują również odcinki sieci, których właścicielem nie jest miasto Lublin, a także przewody znajdujące się w okresie odbiorowym i będące w trakcie procedury przekazywania do miejskiego zasobu. Układ sieci deszczowej obejmuje również 145 wylotów, odprowadzających wody opadowe do trzech rzek przepływających przez Lublin – Bystrzycy (47 wylotów), Czechówki (54 wyloty) oraz Czerniejówki (31 wylotów), a także do cieku spod Konopnicy (13 wylotów). Tak wysoka liczba wylotów powoduje rozdzielanie zebranych wód opadowych na liczne strumienie, co skutkuje brakiem konieczno-

Tab.1 Zestawienie długości i średnic przewodów sieciowych kanalizacji deszczowej w Lublinie  
Table 1. Summary of the lengths and diameters of the stormwater network pipes in Lublin

Średnica	Długość	
	m	%
200	82 273	9,51
250	311 802	36,06
300	198 260	22,93
400	77 414	8,95
500	66 603	7,70
600	4 060	0,47
700	42 244	4,89
800	4 019	0,47
900	26 221	3,03
1000	14 061	1,63
1200	6 610	0,76
1400	12 256	1,42
1600	14 929	1,73
1800	2 916	0,34
2000	226	0,03
2200	660	0,08
2400-3000	18	0,002
Suma	864573	100,00

Rys. 1.  
Mapa poglądowa sieci kanalizacji deszczowej w Lublinie  
Fig. 1. Overview map of the stormwater system in Lublin



ści stosowania dużych średnic przewodów. Schemat sieci przedstawiono na rysunku 1.

Średnice przewodów sieciowych, bez przykanalików, wahają się od 200 mm do największego kanału o profilu prostokątnym 3000x1000 mm (tab. 1). W obrębie sieci, największą długość posiadają przewody o średnicy 200 mm (36,06%) oraz 300 mm (22,93%). Przewody ułożone są głównie w pasach drogowych, pod jezdniami, na głębokości od 2,0 do 4,0 m.

Struktura materiałowa sieci kanalizacji deszczowej w Lublinie jest zróżnicowana. Dominują jednak przewody betonowe (29,63%) i wykonane z PVC (23,04%) (tab.2). Podobnie zróżnicowana jest struktura wiekowa tej sieci. Początek jej budowy sięga roku 1948, stąd najstarsze przewody

Tab. 2. Struktura materiałowa analizowanej sieci  
Table 2. Material structure of the analyzed network

Materiał	Długość	
	m	%
Beton	256 179	29,63
Cegła	258	0,03
A-C	2 133	0,25
Kamionka	33 923	3,92
GRP	103 396	11,96
PE	50 699	5,86
PVC	199 237	23,04
PP	114 996	13,30
Stal	339	0,04
Żelbet	61 377	7,10
Żeliwo	12 163	1,41
Brak danych	29 873	3,46
Suma:	864 573	100,00

mają 77 lat. Dominują jednak przewody ułożone w ostatnich 10 (26,99%) oraz 20 (20,42%) latach (tab. 3).

**Tab. 3. Okres eksploatacji analizowanej sieci**  
**Table 3. The period of operation of the analyzed network**

Okres eksploatacji	Długość		
	lata	m	%
77-71	759	0,09	
70-61	25 997	3,01	
60-51	105 497	12,20	
50-41	116 979	13,53	
40-31	109 089	12,62	
30-21	96 318	11,14	
20-11	176 558	20,42	
poniżej 10	233 377	26,99	
Suma	864 573	100,00	

Ocenę niezawodności funkcjonowania sieci kanalizacji deszczowej przeprowadzono wykorzystując wskaźnik intensywności uszkodzeń  $\lambda$ , który w przypadku sieci wodociągowych i kanalizacji sanitarnych stanowi podstawę klasyfikacji awaryjności [8]:

$$\lambda = \frac{n}{L \cdot t}, \text{ uszkodzeń}/(\text{km rok}) \quad (1)$$

gdzie:

- n – liczba uszkodzeń,
- L – długość przewodów, km,
- t – liczba lat okresu badawczego.

Dokonano również zestawienia awarii w zależności od ich rodzaju oraz materiału, okresu eksploatacji i średnicy rurociągów przesyłowych. Określono również udział procentowy awarii w zależności od pory roku.

Powyższe analizy oparto o dane udostępnione przez MPWiK Sp z o.o. w Lublinie, obejmujące ostatnie 10 lat obserwacji (2015-2024). W analizie nie uwzględniono awarii przykanalików. Wykorzystano w tym celu istniejącą w przedsiębiorstwie bazę danych GIS, w której oprócz danych obejmujących majątek trwały zawarte zostały dane dotyczące rodzajów, lokalizacji i sposobów usuwania awarii.

## Wyniki badań i dyskusja

W ostatnich 10 latach (2014-2025) w Lublinie zarejestrowano 58 awarii sieci kanalizacji deszczowej. Ich charakterystykę w zależności od średnicy, materiału i okresu eksploatacji przewodów zestawiono w tabeli 4.

Najwięcej awarii opisano jako zafamanie (38,89%) lub nieszczelność przewodu skutująca zapadnięciem terenu (35,21%). Potwierdza to wcześniejsze stwierdzenie o podejmowaniu prac na-

**Tab. 4. Zestawienie zarejestrowanych awarii, z uwzględnieniem średnicy, materiału i okresu eksploatacji przewodów**

**Table 4. List of recorded failures, taking into account the diameter, material and service life of the pipes**

Rodzaj awarii	%	Średnica		Materiał		Okres eksploatacji	
		mm	%	-	%	Lata	%
Pęknięcie	5,56	200	10,34	beton	56,90	77-71	brak
Zafamanie	38,89	250	41,38	żelbet	5,17	70-61	10,34
Ubytek	1,84	300	12,07	kamionka	17,24	60-51	25,86
Uszkodzenie uszczelnienia	7,41	350	25,86	PVC	15,52	50-41	25,86
Nieszczelność skutująca zapadnięciem terenu	35,21	400	3,45	PE-HD	1,72	40-31	20,69
Zapchanie	1,85	500	1,73	PP	3,45	30-21	17,24
Przesunięcie	3,70	600	1,73			20-0	brak
Uszkodzenie na skutek przebudowy innej infrastruktury	0,01	800	1,72				
Awaria studzienki (pokrywa, dno, ściany)	5,56	1800	1,72				

prawczych głównie po zgłoszeniu awarii przez mieszkańców lub przez służby miejskie. Biorąc pod uwagę materiał, z jakiego wykonano przewody przesyłowe najwięcej awarii wystąpiło w rurociągach wykonanych z betonu. Wynika to z największego udziału tego materiału użytego do budowy, jak również z faktu iż rurociągi te należą do najstarszych. Warto zwrócić uwagę, że w analizowanym okresie nie zarejestrowano awarii rurociągów zbudowanych w ostatnich 20 latach.

W przypadku sieci wodociągowych i kanalizacji sanitarnych daje się zaobserwować swego rodzaju sezonowość występowania awarii [8]. Dlatego też sprawdzono, czy w przypadku kanalizacji deszczowej można zaobserwować podobną sezonowość występowania awarii (tab. 5).

**Tab. 5 Liczba awarii analizowanej sieci w zależności od pory roku**

**Table 5. Number of failures of the analyzed network depending on the season**

	Wiosna	Lato	Jesień	Zima
Liczba awarii	17	14	16	11
%	29,31	24,14	27,59	18,97

Najmniej awarii zarejestrowano zimą (18,97%). W pozostałych porach roku ich liczba była zbliżona. Ze względu na stosunkowo krótki (10-letni) okres badawczy trudno tu wnioskować o sezonowości występowania awarii. Warto jednak zauważyć, że w okresie zimowym sieć kanalizacji deszczowej jest znacznie mniej obciążona niż w pozostałych porach roku. Opady występują głównie w postaci śniegu, który nie trafia od razu do kanalizacji, lecz gromadzi się na powierzchni i topnieje stopniowo, co ogranicza gwałtowne napływy wód. Dodatkowo, zimą rzadziej występują intensywne deszcze nawalne, a drogi bywają częściowo niedrożne lub pokryte śniegiem, co zmniejsza dopływ wód do wpustów. Mniejsza aktywność budowlana i ograniczony ruch ciężkiego

sprzętu minimalizują ryzyko uszkodzeń mechanicznych sieci. Należy również uwzględnić, że trudne warunki atmosferyczne mogą ograniczać wykrywalność niektórych usterek, co również może wpływać na niższą liczbę zarejestrowanych awarii w tym okresie.

Biorąc pod uwagę zarejestrowaną liczbę awarii oraz znaną długość przewodów wyznaczono za pomocą wzoru (1) wartość wskaźnika intensywności uszkodzeń  $\lambda$  analizowanej sieci kanalizacji deszczowej:

$$\lambda = \frac{58}{864,6 \cdot 10} = 0,0067, \text{ uszkodzeń}/(\text{km} \cdot \text{rok})$$

Uzyskana wartość wskaźnika wyniosła 0,0067 uszkodzenia/(km·rok). Jest to wartość niemal 10 krotnie niższa od podanej przez Kwietniewskiego i Leśniewskiego [7] dla Warszawy i Siedlec (0,0420). Niższa wartość wskaźnika wyznaczonego w Lublinie może wynikać z mniejszego obciążenia ruchem ulicznym, jak również warunków posadowienia kanałów [13].

Wykorzystując dane udostępnione przez MPWiK w Lublinie wyznaczono w celach porównawczych analogiczny wskaźnik intensywności uszkodzeń kanalizacji sanitarnej w tym samym okresie badawczym:

$$\lambda = \frac{270}{932 \cdot 10} = 0,0290 \text{ uszkodzeń}/(\text{km} \cdot \text{rok})$$

Wskaźnik intensywności uszkodzeń kanalizacji sanitarnej okazał się ponad 4-krotnie wyższy od wyznaczonego dla kanalizacji deszczowej.

Warto zastanowić się dlaczego wskaźniki intensywności uszkodzeń kanalizacji deszczowej i sanitarnej tak bardzo się różnią w samym Lublinie. Po pierwsze należy zwrócić uwagę na specyfikę pracy

obu tych kanalizacji. Sanitarna pracuje w trybie ciągłym, a jej awarie są odczuwane przez użytkowników niemal natychmiast. Deszczowa pracuje okresowo, a skutki jej awarii bywają często odłożone w czasie. Dodatkowo kanalizacja sanitarna podlega systematycznej kontroli diagnostycznej z wykorzystaniem różnorodnego sprzętu. Kanalizacja deszczowa nie jest objęta taką kontrolą, co wynika z różnych, wskazanych we wstępie tego artykułu przyczyn. Dodatkowo kanalizacja deszczowa nie jest uciążliwa zapachowo, co powoduje, że nawet w przypadku niedrożności jej przewodów brak zgłoszeń od lokalnych mieszkańców czy służb miejskich.

Pomimo niskiego wskaźnika intensywności uszkodzeń w systemie kanalizacji deszczowej, nie można uznać tego faktu za jednoznaczny dowód dobrego stanu technicznego sieci. Przeciwnie – brak danych o występowaniu awarii może wynikać przede wszystkim z ograniczonej wiedzy na temat przebiegu i rzeczywistego stanu infrastruktury deszczowej, a także z niedostatecznego zakresu systematycznych działań monitoringowych. W odróżnieniu od sieci kanalizacji sanitarnej, która objęta jest stałym nadzorem, cyklicznymi inspekcjami (np. kamerowaniem) oraz regularnie aktualizowanymi planami remontowymi, infrastruktura kanalizacji deszczowej pozostaje często poza bieżącą kontrolą eksploatacyjną.

W efekcie, mniejsza liczba zarejestrowanych awarii w kanalizacji deszczowej może być złudna – nie tyle odzwierciedla rzeczywisty brak problemów, co raczej brak skutecznych mechanizmów ich identyfikacji. Co istotne, awarie w tej sieci, choć rzadziej odnotowywane, w momencie ujawnienia często cechują się znaczną skalą uszkodzeń, niewspółmierną do ich liczby. Wynika to z faktu, że bez regularnych przeglądów niewielkie defekty nie są wykrywane na wczesnym etapie, a problemy techniczne ujawniają się dopiero w postaci poważnych awarii. Z tego względu aktualne dane statystyczne nie powinny być traktowane jako bezpośredni wskaźnik jakości infrastruktury, lecz jako sygnał potrzeby poprawy nadzoru, diagnostyki i ewidencji technicznej systemów kanalizacji deszczowej.

## Wnioski

Sieć kanalizacji deszczowej Lublina charakteryzuje się wyjątkowo niskim wskaźnikiem intensywności uszkodzeń – niższym zarówno od wartości podawanych w literaturze, jak i od wskaźnika wyznaczonego dla kanalizacji sanitarnej

w tym samym mieście. Wynika to ze specyfiki pracy obu systemów, ale przede wszystkim z niewystarczającej diagnostyki technicznej i braku systematycznego monitoringu sieci kanalizacji deszczowej. Niska liczba odnotowanych awarii nie może być zatem traktowana jako potwierdzenie dobrego stanu technicznego tej infrastruktury – wręcz przeciwnie, brak wczesnego wykrywania usterek prowadzi do ujawniania się awarii dopiero na zaawansowanym etapie uszkodzeń. Z tego względu kanalizacja deszczowa wymaga szerszego, kompleksowego podejścia w zakresie zarządzania i eksploatacji, z naciskiem na regularną ocenę stanu technicznego.

Funkcjonowanie systemu wód opadowych wciąż napotyka bariery organizacyjne i finansowe. Problemy z nieuregulowaną własnością infrastruktury oraz nadmierne obciążenie lokalnych przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych – bez proporcjonalnego zwiększenia środków finansowych – negatywnie wpływają na jakość bieżącego utrzymania i planowanie działań modernizacyjnych.

Z tego względu konieczne jest wdrożenie zintegrowanego podejścia do zarządzania wodami opadowymi – obejmującego aspekty techniczne, prawne, organizacyjne i środowiskowe. Tylko w taki sposób możliwe będzie dalsze zwiększanie niezawodności systemu kanalizacji deszczowej, poprawa odporności miasta na zmiany klimatu oraz pełne wykorzystanie potencjału, jaki stanowią wody opadowe w przestrzeni miejskiej. Wciąż niedoceniana rola wód opadowych jako zasobu naturalnego nie tylko ogranicza możliwość ich wykorzystania w lokalnej retencji, ale również pogłębia skutki ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak podtopienia czy okresowe susze. Zintegrowane podejście do zarządzania wodami opadowymi mogłoby ograniczyć te negatywne zjawiska i poprawić ogólną efektywność systemu kanalizacji deszczowej.

W literaturze, zarówno polskiej jak i zagranicznej niezwykle trudno znaleźć informacje dotyczące awaryjności sieci kanalizacji deszczowych. Liczni autorzy skupiają się przede wszystkim na modelowaniu jej pracy, ocenie skutków awarii lub przeciążenia, zapominając o podstawowych wskaźnikach charakteryzujących niezawodność pracy tych sieci. Na obecnym etapie brak więc możliwości opracowania klasyfikacji niezawodności sieci kanalizacji deszczowych, takich jak opracowano dla wodociągów i kanalizacji sanitarnych. Warto zatem kontynuować podjęte przez autorów badania.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Kacprzak M., Gryspanowicz P.; Awarie sieci podziemnych i ich wpływ na stan nawierzchni ulic na przykładzie infrastruktury miejskiej w Płocku; *Gaz Woda i Technika Sanitarna*; 2023; 11; 12-16; DOI 10.15199/17.2023.11.2.
- [2] Kuliczowska E.; Ryzyko podtopień sieci kanalizacyjnych spowodowanych występowaniem osadów w kanałach; *Instal*; 2023; 6(452); DOI 10.36119/15.2023.6.7.
- [3] Kuliczowska E., Wijas K.; Wybrane uszkodzenia długo eksploatowanych kamionkowych przewodów kanalizacji sanitarnej; *Instal*; 2022; 1(436); DOI 10.36119/15.2022.1.4.
- [4] Kuliczowska E., Wijas K.; Porównanie klas stanu technicznego dwu różnych zbiorów kamionkowych przewodów kanalizacyjnych; *Instal*; 2022; 10(444); DOI 10.36119/15.2022.10.5.
- [5] Kuliczowski A., Kuliczowska E.; Wpływ posiadania rur na ich bezpieczeństwo konstrukcyjne; *Instal*; 2023; 2(448); DOI 10.36119/15.2023.2.7.
- [6] Kuliczowski A., Lisowska J.; Badania przewodów kanalizacyjnych zróżnicowane zakresem uzyskiwanej oceny ich stanu technicznego; *Instal*; 2024; 12(468); DOI 10.36119/15.2024.12.13.
- [7] Kwietniewski M., Leśniewski M.; Materiały przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych w aspekcie niezawodności; *Gospodarka Wodna*; 2027; 4; 158 – 165.
- [8] Kwietniewski M., Rak J.; Niezawodność infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce; *Monografia Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN*, Warszawa, 2010, [http://www.pomysl.com/pan/monografie/monografia\\_08.pdf](http://www.pomysl.com/pan/monografie/monografia_08.pdf).
- [9] Mishra, B.K., Chakraborty, S., Kumar, P., Saraswat, C.; *Urban Stormwater Management: Practices and Governance*. In: Sustainable Solutions for Urban Water Security. *Water Science and Technology Library*; Springer; 2020; 93; DOI 10.1007/978-3-030-53110-2\_6.
- [10] Sewnet M.T.; A review of recent studies on urban stormwater drainage system for urban flood management; *Research Gate*; DOI 10.20944/preprints20210.095.v2.
- [11] Stanowska P., Dziopak J., Słyś D.; Analiza hydrauliczna innowacyjnej kanalizacji deszczowej na tle kanalizacji klasycznej; *Instal*; 2024; 5(462); DOI 10.36119/15.2024.5.7.
- [12] Wasilewski S.; System ewidencjonowania sieci wodociągowej i kanalizacyjnej oraz awarii na tych sieciach; *Eksploatacja wodociągów i kanalizacji nr 7*. GIS modelowanie i monitoring w zarządzaniu systemami wodociągowymi i kanalizacyjnymi. *Materiały konferencyjne*; Warszawa; 2025; 77-88.
- [13] Wijas K.; Czynniki wpływające na konsekwencje awarii przewodów kanalizacyjnych; *Instal*; 2023; 9(454); DOI 10.36119/15.2023.9.5.