

**Bożena GIL<sup>1</sup>**

**Robert WRONA<sup>2</sup>**

**Artur KAWCZYŃSKI<sup>3</sup>**

## **ANALIZA USZKADZALNOŚCI SIECI KANALIZACYJNEJ DLA JEDNEGO Z MIAST NA TERENIE GÓRNEGO ŚLĄSKA**

Wzrost wymagań stawianych systemom wodociągowo-kanalizacyjnym na terenach zlewni zurbanizowanych oraz świadomości ekologicznej społeczeństwa zaostreza wytyczne służące optymalnemu zarządzaniu tymi systemami. Jednym z narzędzi, które wspomaga zarządzanie systemem, są programy do monitorowania czynności eksploatacyjnych zarówno sieci wodociągowej, jak i kanalizacyjnej. W pracy przeprowadzono analizę uszkodzalności sieci kanalizacyjnej. Podstawą analizy były informacje zawarte w bazie danych dotyczącej prac eksploatacyjnych sieci kanalizacyjnej (awarie, uszkodzenia oraz kontrola pracy sieci) zintegrowanej z bazą danych GIS. Przeprowadzono analizę uszkodzeń sieci kanalizacyjnej pod kątem ograniczenia przepływu ścieków dla wybranych dzielnic miasta na terenie Górnego Śląska. W analizie uwzględniono m.in. wpływ wieku przewodów, średnicy, materiału, hierarchii przewodów. Dla analizowanych dzielnic zaobserwowano największy poziom uszkodzeń w przypadku przewodów kanalizacyjnych o średnicy 200-250, co odpowiada najczęściej kanałom bocznym w hierarchii struktury sieci. Należy zaznaczyć, że o uszkodzalności sieci kanalizacyjnej decyduje również rodzaj materiału, z którego jest wykonana sieć oraz wiek tej sieci. Analiza uszkodzeń sieci kanalizacyjnej ma istotne znaczenie w planowaniu działań dotyczących konserwacji sieci oraz w wykrywaniu słabych punktów sieci ze względu na potencjalne uszkodzenia.

**Słowa kluczowe:** sieć kanalizacyjna, uszkodzenie, wiek kanalizacji, materiał

---

<sup>1</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Bożena Gil, Politechnika Śląska, 44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18, tel.: 32 2372445, bozena.gil@polsl.pl

<sup>2</sup> Robert Wrona, Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Gliwicach

<sup>3</sup> Artur Kawczyński, Politechnika Śląska

## 1. Wprowadzenie

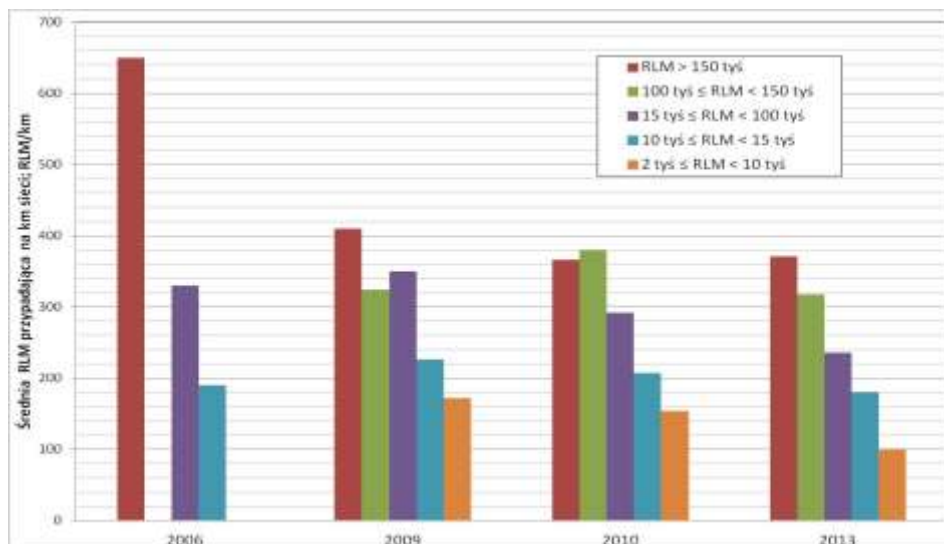
Zagadnienia związane z eksploatacją sieci kanalizacyjnej w ostatnich latach nabierają coraz większego znaczenia. Wynika to m.in. ze wzrostu długości wybudowanej sieci kanalizacyjnej (rys. 1.), ale również ze zmiany wskaźnika koncentracji wyrażonego jako liczba RLM (równoważna liczba mieszkańców) przypadająca na km sieci.



Rys. 1. Wzrost długości sieci kanalizacyjnej i liczby mieszkańców korzystających z systemu kanalizacyjnego, na podstawie [6]

Fig. 1. The increase in the length of the sewerage network and in the number of the sewerage system users (residents), based on [6]

Spadek wartości współczynnika koncentracji, jaki jest obserwowany w niektórych aglomeracjach, jest wynikiem budowy lub rozbudowy sieci kanalizacyjnej obejmującej tereny o niskiej gęstości zabudowy (tereny podmiejskie, dzielnice peryferyjne, obszary wiejskie) (rys. 2.). Obniżenie wskaźnika koncentracji (RLM /km sieci) wiąże się ze wzrostem kosztów na cele eksploatacji sieci kanalizacyjnej. Rozwój sieci kanalizacyjnej wiąże się więc z koniecznością ciągłego monitoringu zdarzeń na tej sieci w celu zapewnienia odpowiedniego akceptowalnego poziomu usług kanalizacyjnych [1, 2, 9].



Rys. 2. Zmiana ogólnego średniego wskaźnika koncentracji wyrażonego jako RLM przypadającego na km sieci kanalizacyjnej dla aglomeracji województwa śląskiego [RLM/km], na podstawie [6]

Fig. 2. Changing the overall average concentration expressed as P.E. per km of sewerage network for metropolitan province of Silesia [P.E./km], based on [6]

Celem niniejszej pracy jest analiza uszkodzeń sieci kanalizacyjnej sanitarnej dla wybranych dzielnic miasta na terenie Górnego Śląska. Analizę tę przeprowadzono, opierając się na informacjach zawartych w bazie danych na temat prac eksploatacyjnych sieci kanalizacyjnej oraz informacji zawartych w bazie danych GIS dotyczących sieci kanalizacyjnej. Niniejsza analiza jest pierwszą publikacją prezentującą opracowywane dane, w kolejnych publikacjach będą prezentowane następne etapy analizy.

## 2. Eksploatacja sieci kanalizacyjnej a analiza uszkodzalności sieci

Liczba uszkodzeń czy intensywność występowania uszkodzeń sieci kanalizacyjnej odzwierciedla stan techniczny sieci kanalizacyjnej. W celu maksymalnego wykorzystania informacji dotyczących uszkodzeń niezbędne jest przeprowadzenie analizy czynników, które doprowadzają do powstawania uszkodzeń. Głównymi celami analizy uszkodzeń są [5]:

- podjęcie optymalnych działań profilaktycznych (konserwacja sieci) w celu ograniczenia w przyszłości intensywności uszkodzeń sieci kanalizacyjnej,
- wykrywanie słabych punktów sieci kanalizacyjnych podatnych na uszkodzenia,

c) sformułowanie wytycznych technicznych dotyczących konstrukcji, doboru parametrów technicznych sieci (spadek kanału, materiał itp.).

Analiza uszkodzeń sieci wymaga powiązania uzyskanych informacji z pozostałymi działaniami związanymi z eksploatacją sieci w celu wypracowania odpowiednich standardów dotyczących czynności eksploatacyjnych (tab. 1.).

Tabela 1. Wybrane zadania i okresy eksploatacyjne według ATV-A147P, na podstawie [10]

Table 1. Selected operational tasks and intervals according to ATV-A147P, based on [10]

Ogólne czynności	Szczegółowy opis	Częstość w ciągu roku
Inspekcje	inspekcje kanałów przelazowych i kanałów nieprzelazowych	w normalnych warunkach raz na 5-10 lat, w szczególnych przypadkach co 2 lata
	inspekcje studzienek rewizyjnych wraz z obchodem	co 5 lat
	inspekcja i konserwacja elementów zamykających, zasuw, zastawek itp.	co 2 lata lub zgodnie z instrukcją konserwacji
Czyszczenie	czyszczenie kanałów oraz studzienek rewizyjnych	od raz na 10 lat do 2 razy na rok
	czyszczenie osadników we wpustach ulicznych	od raz na rok do raz na 1,5 roku
	czyszczenie przelewów burzowych	raz na rok, w razie potrzeby częściej
	czyszczenie separatorów	raz na rok
Usuwanie szkód (konserwacja budowlana)	naprawa wpustów ulicznych	1-1,5% stanu rocznie
	naprawa pokryw kanałowych	1-2% stanu rocznie
	naprawa przykanalików	2-3% przykanalików

W niniejszej pracy przyjęto definicję uszkodzenia sieci wynikającą z teorii niezawodności. Założono, że prawidłowo pracujący przewód kanalizacyjny odprowadza założoną ilość ścieków do oczyszczalni ścieków czy odbiornika przy jednoczesnej jego neutralności dla otoczenia, w którym jest ułożony, i przy minimalnej uciążliwości eksploatacyjnej dla zarządzającego siecią [8]. Każdy odmienny stan przewodu kanalizacyjnego potraktowano jako uszkodzenie przewodu.

Przyczyny uszkodzeń sieci kanalizacyjnej mogą być bardzo różne. Uproszczoną klasyfikację uszkodzeń przedstawia tab. 2. W celu prawidłowej oceny uszkodzeń sieci kanalizacyjnej wymagane jest przyjęcie odpowiedniej klasyfikacji uszkodzeń ze względu na panujące warunki hydrauliczno-eksploatacyjne, statyczno-wytrzymałościowe lub zagrożenia dla środowiska [7] (zadowolający stan przewodu kanalizacyjnego, niezadowolający stan wymagający remontu, niezadowolający stan wymagający wymiany) oraz przyjęcie kodyfikacji uszkodzeń.

Tabela 2. Klasyfikacja rodzajów uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych, na podstawie [7]

Table 2. Classification of the types of sewer pipe damage, based on [7]

Lp.	Grupa uszkodzeń	Rodzaj uszkodzeń
1.	Przeszkody w przepływie	osady kanalizacyjne ruchome (piaski, kamienie, belki itp.) lub stałe, korzenie drzew i krzewów, niepoprawne podłączenie przewodów kanalizacyjnych, inne przeszkody w przewodach kanalizacyjnych (przewody, pręty zbrojeniowe, belki, opony itp.)
2.	Nieszczelności oraz przemieszczenia rur	zjawisko infiltracji/eksfiltracji w przewodzie kanalizacyjnym; Wystające uszczelnienia do wnętrza przewodów kanalizacyjnych, narosty poinfiltracyjne, wykruszenie rur na złączach; przemieszczenia poprzeczne lub fabryczne niezachowanie kształtu przewodu, rozsuniecie podłużne
3.	Czynniki zmniejszające nośność konstrukcji kanału	starcie dna lub boków konstrukcji kanału, korozja wewnętrzna ścian przewodu kanalizacyjnego, rysy i pęknięcia, ubytek fragmentu powłoki konstrukcji, zapadnięcia fragmentu konstrukcji przewodu, deformacje spękanego kanału sztywnego, zmiana warunków gruntowych wokół przewodów spowodowane zewnętrznymi czynnikami (awaria wodociągowa, niewłaściwie wykonywane prace budowlane itp.)
4.	Specyficzne uszkodzenie podatnych przewodów kanalizacyjnych	ugięcia wierzchołka przewodu kanalizacyjnego, utrata stateczności, lokalne wgniecenia od np. kamieni
5.	Przykanaliki	wystające do wnętrza przewody kanalizacyjne, uszkodzenia wymagające naprawy

Punktem wyjścia do opracowania kodowania uszkodzeń może być norma PN-EN 13505-1 [11]. Należy jednak zaznaczyć, że przyjęty w tej normie system kodowania jest związany z planowaniem odnowy przewodów kanalizacyjnych, a nie bezpośrednio z warunkami eksploatacji sieci kanalizacyjnej. Ze względu na swoją rozbudowaną formę w celu wykorzystania systemu kodowania w systemie monitoringu warunków eksploatacji sieci kanalizacyjnej wymagane jest wprowadzenie uproszczonej kodyfikacji uszkodzeń.

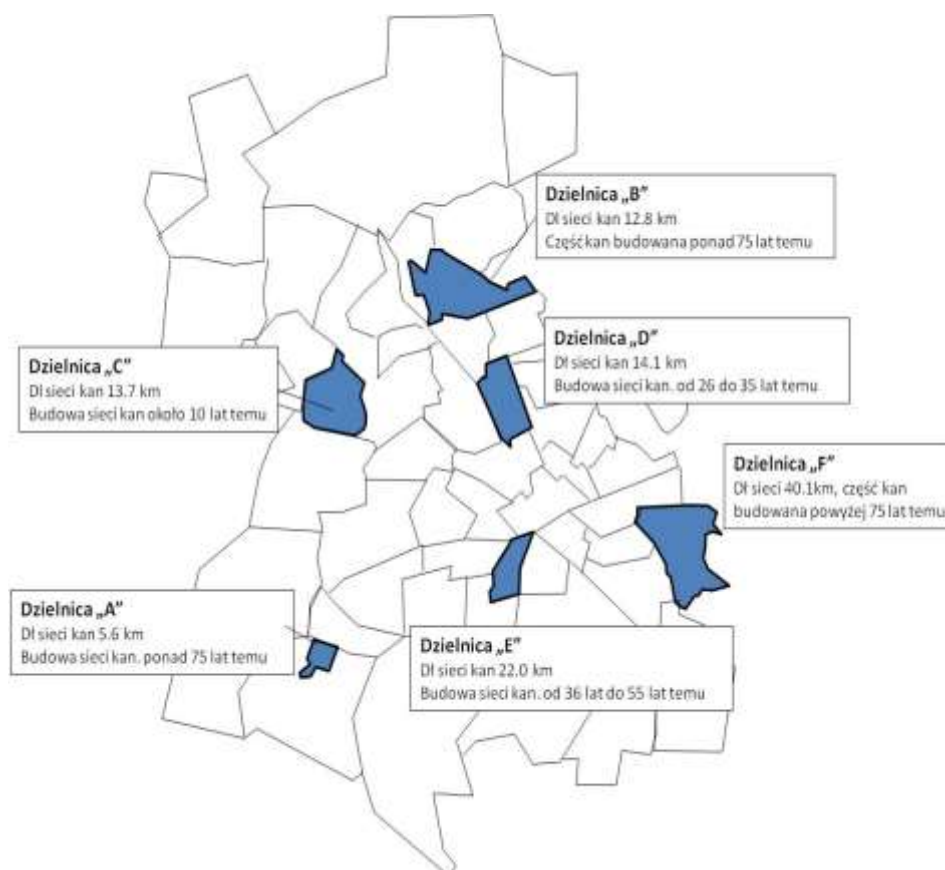
Ze względu na charakterystykę pracy sieci kanalizacyjnej niezbędna jest analiza uszkodzeń sieci (struktura drzewiasta sieci, wzajemne oddziaływanie poszczególnych odcinków sieci) w układzie przestrzennym. Dlatego też ważne jest zintegrowanie systemu GIS z danymi pochodzącymi z monitoringu, co umożliwi kompleksowe analizy wzajemnego oddziaływania wielu czynników z uwzględnieniem ich umiejscowienia przestrzennego i rodzaju uszkodzenia.

### 3. Metodyka analizy danych dotyczących uszkodzeń sieci

#### 3.1. Charakterystyka zlewni kanalizacyjnej

Do analizy uszkodzeń sieci kanalizacyjnej zostało wytypowane sześć dzielnic miasta położonego na terenie Górnego Śląska. W wyborze dzielnic brano

pod uwagę przede wszystkim strukturę wiekową sieci kanalizacyjnej, co przedstawia rys. 3.



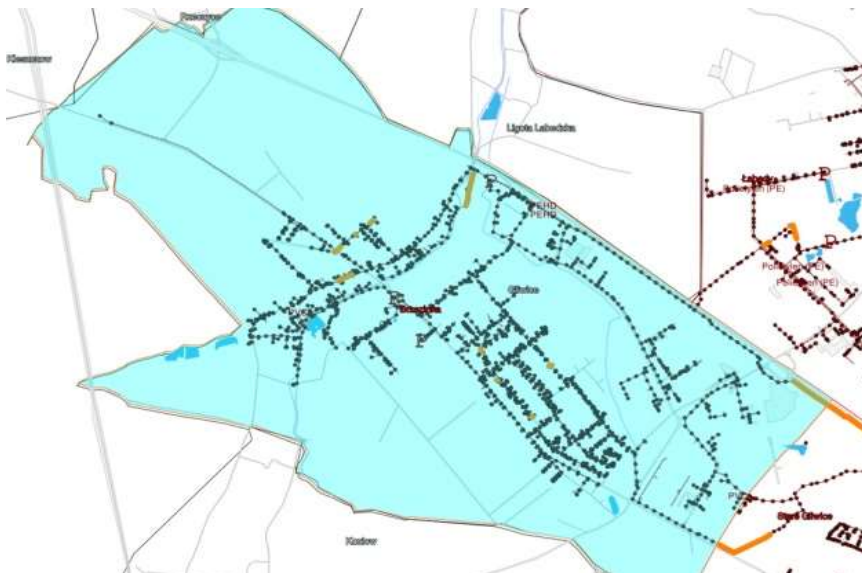
Rys. 3. Krótka charakterystyka zlewni kanalizacyjnych ujętych w analizie uszkodzeń sieci kanalizacyjnej, materiały archiwalne [4]

Fig. 3. Brief characteristics of sewerage catchments used for the analyzes of the sewage system damage, archives material [4]

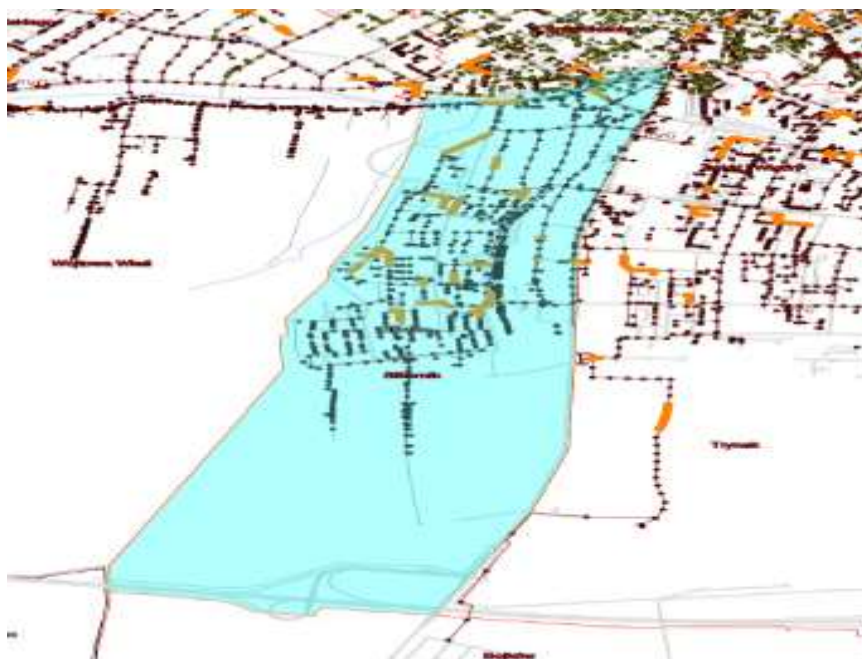
Dzielnice „A”, „B” i „F” charakteryzowały się największym udziałem sieci kanalizacyjnej, która została wybudowana w okresie przedwojennym. Najmłodsza sieć kanalizacyjna znajduje się w dzielnicy „C”.

Podczas analizy uwzględniono rozkład przestrzenny uszkodzonych odcinków sieci kanalizacyjnych na podstawie wizualizacji uszkodzeń/konserwacji sieci kanalizacyjnej z zastosowaniem bazy danych GIS. Do opisu struktury sieci wykorzystano hierarchię kanałów z podziałem na przewody boczne, zbieracze

Dzielnica „C”

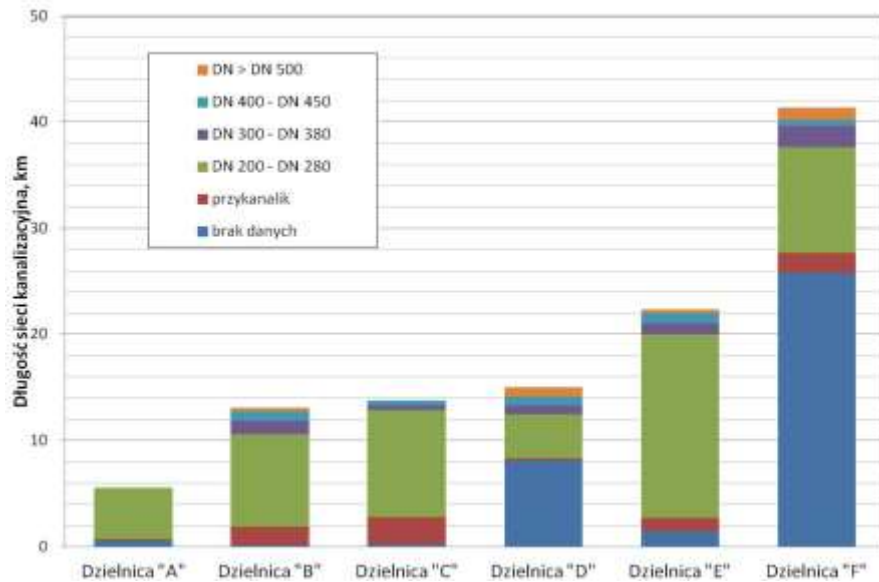


Dzielnica „E”



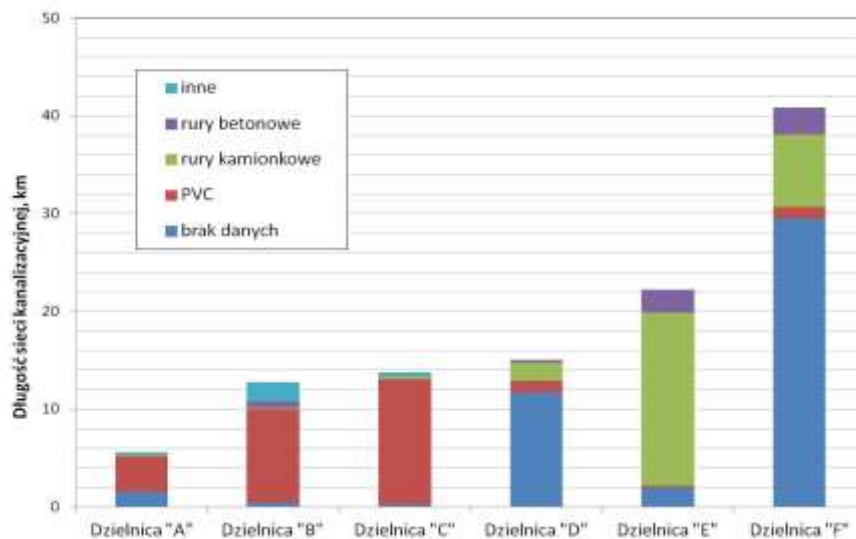
Rys. 4. Przykłady wizualizacji rozmieszczenia uszkodzeń sieci kanalizacyjnej dla dzielnic „C” i „E”, materiały archiwalne [4]

Fig. 4. Visualization of the distribution of damage sewerage system for the district „C” and the district „E”, archival material [4]



Rys. 5. Udział średnic przewodów kanalizacyjnych w całkowitej długości sieci kanalizacyjnej dla wytypowanych dzielnic miasta, na podstawie [4]

Fig. 5. The share of sewer lines with specific diameters in the total length of sewerage for selected districts, based on [4]



Rys. 6. Struktura materiałowa sieci kanalizacyjnych dla wytypowanych dzielnic miasta, na podstawie [4]

Fig. 6. Types of materials that are used in sewerage systems for selected areas of the city, based on [4]

i kolektor główny [3] (rys. 4). Określając zdarzenie na sieci kanalizacyjnej, uwzględniono całą długość sieci kanalizacyjnej, na której wystąpił problem z ograniczeniem przepływu w kanalizacji, a nie pojedyncze odcinki przewodów pomiędzy dwiema sąsiadującymi studzienkami kanalizacyjnymi. Dodatkowo w analizie uszkodzeń uwzględniono charakterystykę sieci kanalizacyjnej pod względem średnic przewodów kanalizacyjnych (rys. 5.) oraz strukturę materiałową sieci kanalizacyjnej (rys. 6.).

### **3.2. Opis bazy danych dotyczącej uszkodzeń/konserwacji sieci kanalizacyjnej**

Podstawą analizy były dane uzyskane z programu przeznaczonego do monitoringu czynności eksploatacyjnych na sieci kanalizacyjnej oraz informacji z bazy danych GIS, na podstawie których określono strukturę sieci (średnicę, materiał, długość) oraz charakterystykę zlewni.

Program przeznaczony do monitoringu czynności eksploatacyjnej gromadzi informacje, które podzielono na trzy główne grupy:

- a) prace związane z uszkodzalnością sieci kanalizacyjnej (udrożnienie sieci, czyszczenie sieci kanalizacyjnej, frezowanie, inspekcja TV, pompowanie, naprawa, barwienie ścieków, zadymianie przewodów kanalizacyjnych itp.),
- b) prace związane z konserwacją sieci kanalizacyjnej (czyszczenie sieci kanalizacyjnej, inspekcja TV, frezowanie, naprawa itp.),
- c) prace związane z kontrolą sieci kanalizacyjnej (inspekcja TV, przegląd urządzeń, barwienie ścieków, zadymianie przewodów kanalizacyjnych, wykorzystanie magnetrak itp.).

Program ten współpracuje z bazą danych GIS (PostgreSQL z nakładką PostGIS za pomocą oprogramowania Quantum GIS), co umożliwia równoczesną analizę przestrzenną. Program do monitorowania prac związanych z eksploatacją sieci kanalizacyjnej jest programem autorskim pracowników PWiK Sp.zo.o. w Gliwicach [12].

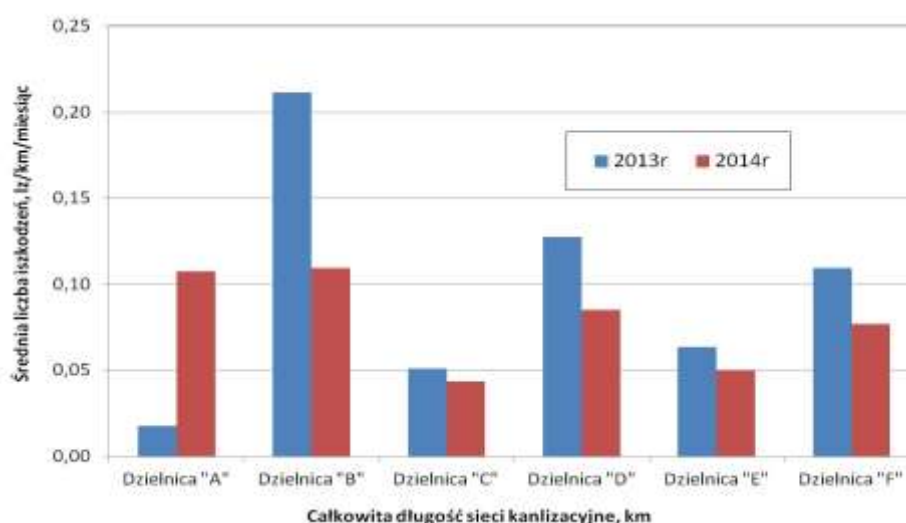
Baza danych dotycząca warunków eksploatacji sieci kanalizacyjnej obejmuje krótki okres, tj. od lutego 2013 do sierpnia 2014 r. Do analizy uszkodzeń sieci kanalizacyjnej zestawiono zatem średnie miesięczne ilości zdarzeń przypadające na kilometr sieci, jak i średnią długość sieci, na której odnotowano te zdarzenia w stosunku do całkowitej długości sieci kanalizacyjnej na tych osiedlach, a nie jak literatura podaje przeliczenie na rok.

W niniejszym opracowaniu wykorzystano dane dotyczące uszkodzalności sieci kanalizacyjnej związane z ograniczeniem przepływu ścieków oraz prace konserwacyjne z czyszczeniem sieci kanalizacyjnej.

## **4. Analiza uszkodzeń sieci kanalizacyjnej**

Analizując otrzymane wyniki, można stwierdzić, że największą uszkodzalnością charakteryzuje się sieć w dzielnicy „B” (rys. 7.). Szczególnie dotyczy to

obserwacji odnotowanych w 2013 r. W 2014 roku odnotowano znacznie mniej uszkodzeń sieci w tej dzielnicy (co wynika z częściowej modernizacji wytypowanych odcinków), ale nadal jest to sieć o największej uszkadzalności wśród analizowanych dzielnic. Również dzielnice „D” oraz „F” charakteryzują się podwyższoną uszkadzalnością sieci w porównaniu z pozostałymi dzielnicami. Natomiast wyższe wartości uszkodzeń odnotowane w 2014 r. w dzielnicy „A” wynikają przede wszystkim z nielegalnego odprowadzania wód przypadkowych do kanalizacji sanitarnej przez mieszkańców dzielnicy.

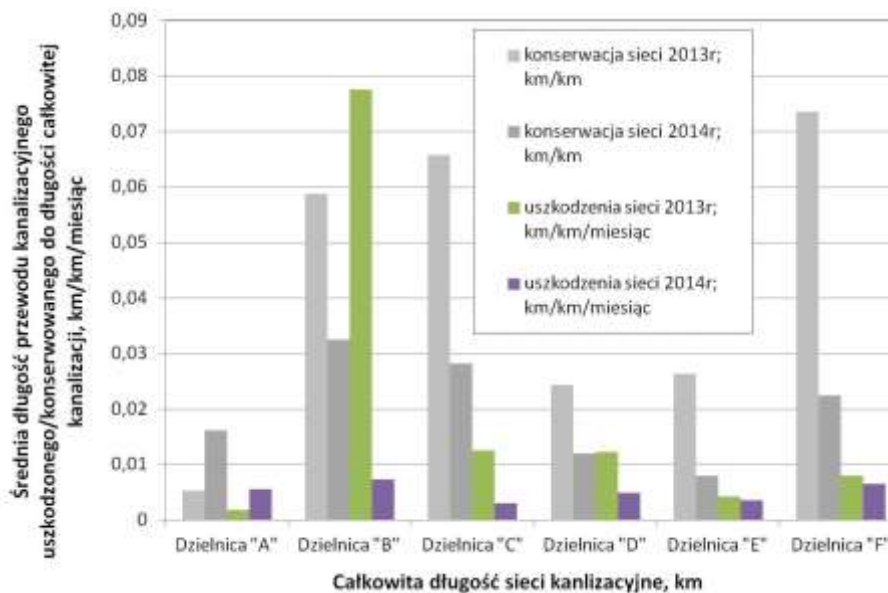


Rys. 7. Analiza średniej miesięcznej liczby uszkodzeń sieci kanalizacyjnej [l/km/miesiąc], lz – liczba zdarzeń (liczba uszkodzeń), na podstawie [4]

Fig. 7. Analysis of the average number of defects in sewerage system [l/km/month], lz – number of events (number of defects), based on [4]

Analiza uszkodzeń sieci kanalizacyjnej pozwoliła na planowanie prac związanych z konserwacją tej sieci, czyli na planowanie z zakresu czyszczenia. Dodatkowa analiza prac konserwacyjnych wykazała zwiększoną liczbę tych prac dla dzielnic o największej liczbie uszkodzeń. Potwierdza to poprawność przeprowadzonej przez pracowników przedsiębiorstwa wodno-kanalizacyjnego analizy uszkadzalności na poszczególnych odcinkach sieci.

Osobnego omówienia wymaga dzielnica „C”, na której prace konserwacyjne były związane głównie z przygotowywaniem sieci do wykonania modelu hydraulicznego tej sieci. Stąd też liczba prac konserwacyjnych w przypadku tego osiedla była dużo większa niż wynika to z wielkości dzielnicy. W przypadku wszystkich analizowanych dzielnic można zaobserwować spadek uszkodzeń w 2014 r. w stosunku do roku przedniego (rys. 8.).



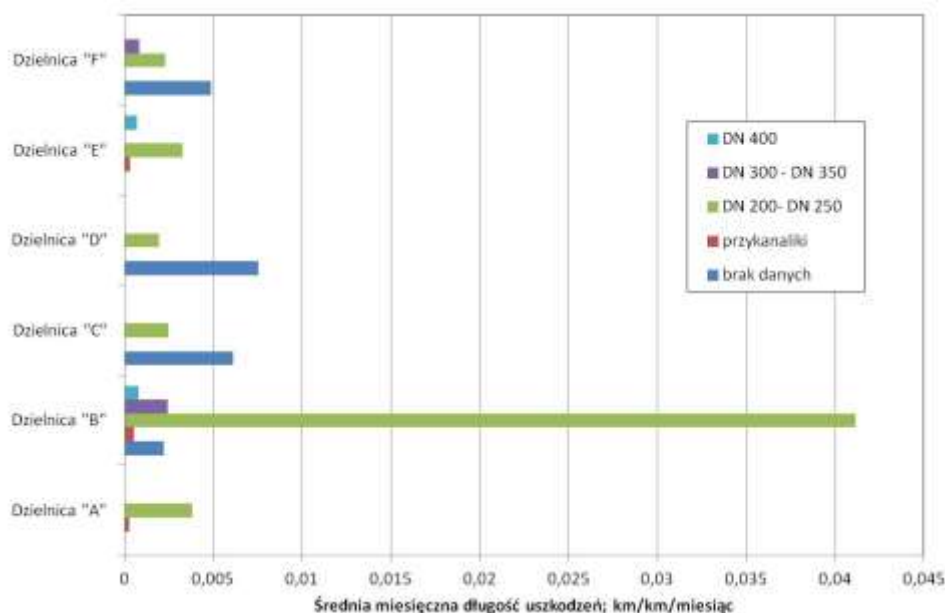
Rys. 8. Analiza średniej miesięcznej długości uszkodzeń/konserwacji sieci kanalizacyjnej [km/km/miesiąc], na podstawie [4]

Fig. 8. Analysis of the monthly average length of damage/maintenance of the sewerage network; [km/km/month], based on [4]

W celu oceny stanu technicznego sieci kanalizacyjnej przyjęto średnią wartość awaryjności na poziomie 1,86 lz/km/rok (0,15 lz/km/miesiąc) [2]. Mimo że przedsiębiorstwo prowadzące eksploatację jest jednym z większych i nowocześniejszych w kraju, do analizy uszkodzeń dla wybranych dzielnic przyjęto wartości odpowiadające awaryjności eksploatowanej sieci kanalizacyjnej charakterystyczne dla małych aglomeracji.

Analiza poziomu uszkodzeń w wybranych dzielnicach wykazała dla tak przyjętego poziomu odniesienia, że dla większości dzielnic wartość uszkodzeń jest niższa niż wartość odniesienia. Wyjątkiem jest dzielnica „B” w 2013 r. Jednocześnie większość analizowanych dzielnic wykazała zmniejszenie uszkodzeń w 2014 r.

Analizując wpływ struktury sieci kanalizacyjnej pod kątem średnicy przewodów kanalizacyjnych na poziom uszkodzeń, można zaobserwować największy poziom uszkodzeń w przypadku przewodów kanalizacyjnych o średnicy  $\varnothing$  200-250 (rys. 9.), co odpowiada najczęściej kanałom bocznym w hierarchii struktury sieci.

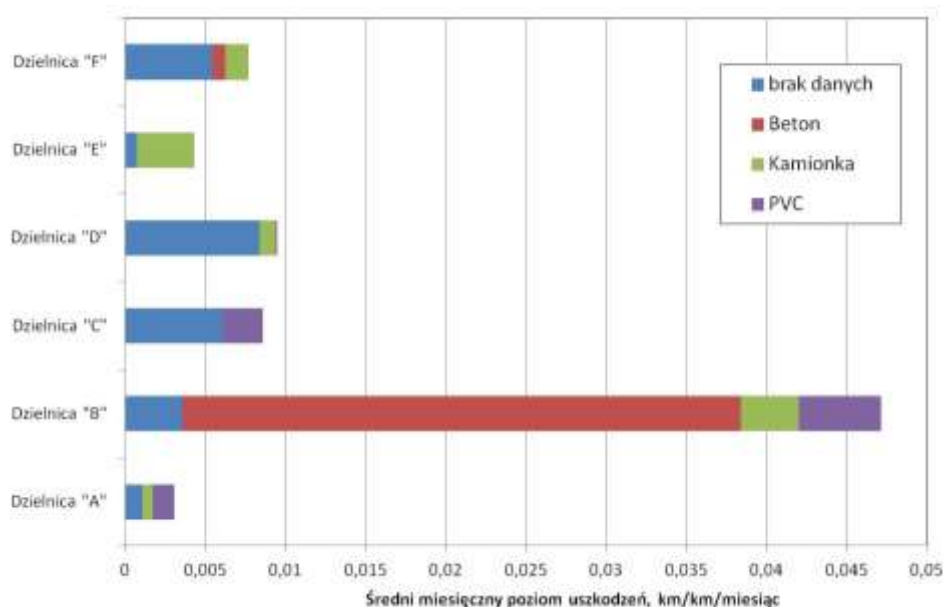


Rys. 9. Zależność między średnią miesięczną liczbą uszkodzeń [Iz/km/miesiąc] a średnicą przewodów kanalizacyjnych dla wybranych dzielnic miasta, na podstawie [4]

Fig. 9. The relationship between the average number of defects [Iz/km/month] and the diameter of sewer pipes for selected districts, based on [4]

Analizując liczbę uszkodzeń dla poszczególnych dzielnic pod kątem wpływu struktury materiałowej, można zauważyć, że najwyższy poziom uszkodzeń zanotowano w przypadku przewodów kanalizacyjnych betonowych (rys. 10.) i dotyczył on dzielnicy „B”. Również w przypadku tej dzielnicy zanotowano wysoki poziom uszkodzeń dla rur wykonanych z PVC.

Należy zaznaczyć, że w przypadku dzielnicy „B” odnotowano zarówno wysoki poziom uszkodzeń wyrażonych jako liczba uszkodzeń przypadająca na kilometr sieci (i dotyczył on głównie przewodów wykonanych z tworzyw sztucznych), jak również wysoki poziom uszkodzeń przedstawiony jako długość sieci uszkodzonej do całkowitej długości sieci (i dotyczył on przewodów betonowych). Analizując rozkład uszkodzeń na sieci kanalizacyjnej, można zauważyć, że w tej dzielnicy w przypadku przewodów betonowych występują liczne uszkodzenia liniowe (obejmujące dłuższy odcinek objęty uszkodzeniem), a w przypadku przewodów kanalizacji wykonanej z PVC były to uszkodzenia punktowe (krótkie odcinki).



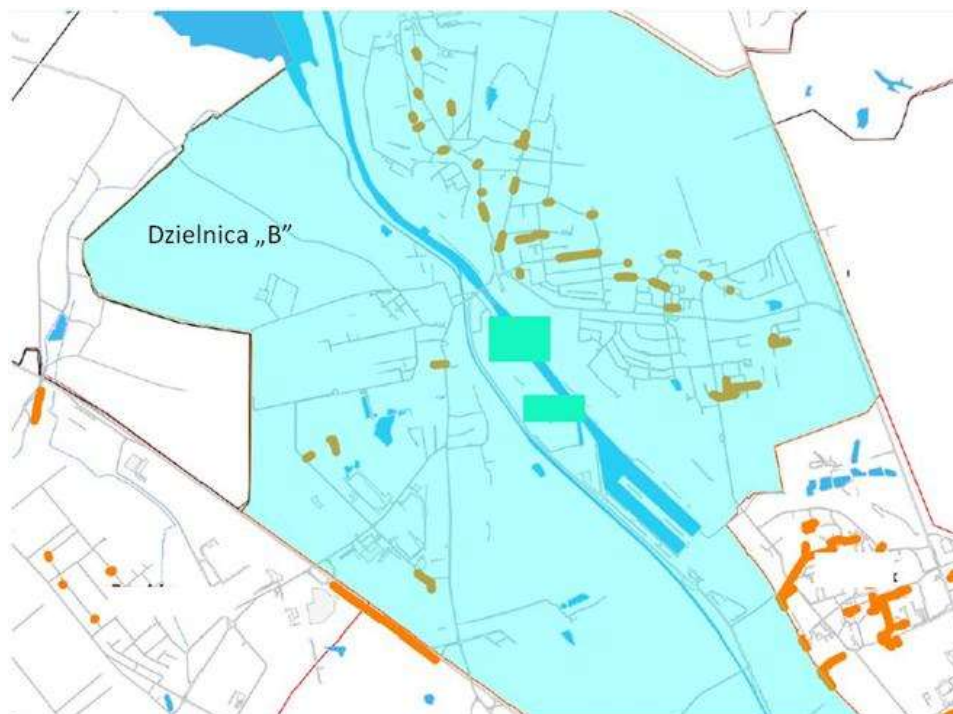
Rys. 10. Wpływ struktury materiałowej sieci kanalizacyjnej na średni miesięczny poziom uszkodzeń [km/km/miesiąc] w przypadku wybranych dzielnic, na podstawie [4]

Fig. 10. The impact of the sewage system material on the average monthly level of damage [km/km/month] for selected districts, based on [4]

## 5. Podsumowanie

Analiza uszkodzeń sieci kanalizacyjnej ma istotne znaczenie w planowaniu podejmowanych działań dotyczących konserwacji sieci oraz wykrywaniu słabych jej punktów ze względu na potencjalne uszkodzenia. W wyniku przeprowadzonej analizy uszkodzeń sieci kanalizacyjnej pod kątem ograniczenia przepływu ścieków stwierdzono, że dla wszystkich wytypowanych dzielnic w omawianym okresie odnotowano wyraźny spadek uszkodzalności zarówno zdefiniowanej jako liczba zdarzeń, jak również w przeliczeniu na długość odcinka w stosunku do całkowitej długości sieci na omawianym osiedlu.

Do materiałów o największym współczynniku uszkodzalności w przypadku tych osiedli należy zaliczyć beton oraz PVC. O wielkości uszkodzenia przewodu i jego charakterze w głównej mierze decyduje rodzaj materiału, z którego jest wykonana sieć, oraz wiek tej sieci (rys. 11.).



Rys. 11. Zależność średniego miesięcznego poziomu uszkodzeń [km/km/miesiąc] dla wybranych dzielnic w zależności od struktury materiałowej sieci kanalizacyjnej, na podstawie [4]

Fig. 11. The dependence of the average monthly level of damage [km/km/month] for selected areas, depending on the type of the sewerage material, based on [4]

## Literatura

- [1] Bakalarczyk M.: Usługi wodociągowo-kanalizacyjne w badaniach Izby Gospodarczej „Wodociągi Polskie”. Izba Gospodarcza „Wodociągi Polskie”, 2008.
- [2] Benchmarking. Wyniki Przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych w Polsce za 2011 rok. Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie, Bydgoszcz 2011.
- [3] Błaszczyk W.: Kanalizacja. Tom 1: Sieci i pompownie. Arkady, Warszawa 1982.
- [4] Dane archiwalne Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji Sp z o. o. Gliwice 2014.
- [5] Denczew S., Królikowski A.: Podstawy nowoczesnej eksploatacji układów wodociągowych i kanalizacyjnych. Arkady, Warszawa 2002.
- [6] Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych. Ministerstwo Ochrony Środowiska, Warszawa 2003-2005, 2008-2009, 2013.
- [7] Kuliczkowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A., Zwierzchowski D., Dończuk P., Kubicka U., Kuliczkowski P., Lisowska J.: Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa 2010.
- [8] Madryas C., Przybyła B., Wysocki L.: Badania i ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2010.

- [9] Monitorowanie usług publicznych w miastach. System analiz samorządowych. Związek Miast Polskich, Poznań 2014.
- [10] Nakłady eksploatacyjne na utrzymanie kanalizacji. Część 1: Zadania i okresy eksploatacyjne. Wytyczne ATV-A 147P. Wydaw. Seidel-Przywecki, Warszawa 1993.
- [11] PN-EN 13508-2: Stan zewnętrzny systemów kanalizacyjnych. Część 2: System kodowania inspekcji wizualnej.
- [12] Wydra K., Wrona R., Śnioch J.: Rejestracja prac na sieci kanalizacyjnej na mapie GIS – praktyka PWiK Gliwice. Konferencja „GIS, modelowanie i monitoring w zarządzaniu systemami dystrybucji wody i kanalizacji”, Warszawa 2012.

## **SEWERAGE NETWORK ANALYSIS FOR DAMAGE VULNERABILITY IN ONE OF CITIES IN THE UPPER SILESIA**

### **S u m m a r y**

The increase in requirements for sewer and water supply systems in urbanized catchment areas and increase of people's environmental awareness tightens requirements for optimal management of these systems. The computer programs to monitor network activities (both in water supplies and sewerage system) are one of the tools that supports the management of the system. The paper analyzes damage vulnerability of sewer. The analysis was based on the information contained in the maintenance database of the sewerage system (malfunctions, damages and exploitation control of the network) integrated into the GIS database. The analysis of sewage network damage was conducted in scope of wastewater flow restrictions. The work has been carried out for selected districts in Upper Silesia. Among other things, in the analysis covered, the effect of pipes age, diameter, material and hierarchy. For the analyzed areas highest level of damage was observed in case of sewer pipes with a diameter in the range of  $\varnothing$  200-250, which corresponds to the most common side channels in the hierarchy of network. It should be noted that the damage vulnerability of sewerage system is also determined by the type of pipes material, and the age of the network. damage analysis of the sewage system is important in planning maintenance activities undertaken on the network and in detecting its weak points.

**Keywords:** sewage system, damage vulnerability, age of sewers, material type

*Przesłano do redakcji: 12.12.2014 r.*

*Przyjęto do druku: 28.03.2015 r.*

DOI: 10.7862/rb.2015.5

