

Wykorzystanie oprogramowania QGIS w analizie infiltracji sieci kanalizacyjnej w Grodzisku Mazowieckim

Analysis of infiltration in Grodzisk Mazowiecki sewage network used of QGIS software

Maciej Mański, Agata Halikowska, Katarzyna Miszta-Kruk^{*)}

Słowa kluczowe: *infiltracja, system kanalizacyjny, mokra pora, sucha pora*

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono analizę zjawiska infiltracji w Grodzisku Mazowieckim, do której wykorzystano GIS istniejący w Zakładzie Wodociągów i Kanalizacji. Badany obszar charakteryzuje się występowaniem zwierciadła wód podziemnych na niewielkich głębokościach, niekiedy jest to nawet 0,6 m p.p.t. Przez to większość prac związanych z budową sieci kanalizacyjnej wykonywana jest poprzez metodę odwadniania gruntów, stosując np.: metodę igłofiltrów. Przy takich warunkach wodno-gruntowych, bardzo prawdopodobne jest występowanie zjawiska infiltracji. W artykule wykorzystano dwie metody do oszacowania wielkości infiltracji. Pierwsza z nich opierała się na zbilansowaniu ilości wody pobranej z sieci, z ilością ścieków odprowadzonych do systemu kanalizacji sanitarnej. Druga oparta na obserwacji wzrostu przepływu ścieków w czasie przejścia z okresu suszy do okresu o obfitych opadach. Obie z tych metod wykazały, że zjawisko infiltracji zachodzi oraz, że charakter dopływu infiltracyjnego różni się. Z przeprowadzonej analizy wynika, że procent infiltracji wynosi od 2% do 55% w zależności od występujących warunków.

Keywords: *infiltration phenomenon, sewer system, wet weather, dry weather*

Abstract

This article presents an analysis of the infiltration phenomenon at the sewer system in Grodzisk Mazowiecki. The studied area is characterized by the presence of the groundwater table at shallow depths, and sometimes it is even 0.6 m below ground level. As a result, most of the works related to the construction of the sewage system is carried out using the soil drainage method, using, for example, the wellpoint method of dewatering excavations. With such water-ground conditions, infiltration is very likely to occur. The article uses two methods to estimate the size of infiltration—the first based on balancing the amount of supplied water with the amount of sewage discharged. The second is based on observing the increase of flow in wastewater network during wet weather and dry weather. Both methods showed that the infiltration phenomenon does occur and that the nature of the infiltration inflow differs. The analysis shows that the percentage of infiltration ranges from 2% to 55%, depending on the existing conditions.

Wstęp

Szeroko pojęta infiltracja w grawitacyjnych systemach kanalizacyjnych jest zjawiskiem, które zawsze występuje. Zachodzi w momencie, gdy istnieje uszkodzony przewód umieszczony w glebie nawodnionej, na głębokości większej niż poziom zwierciadła wód podziemnych. Wówczas woda pod wpływem ciśnienia infiltruje do wnętrza kanału [1, 2]. Wody infiltracyjne mogą dostawać się do kanalizacji poprzez: ściany uszkodzonych przewodów, studzienki, nieszczelne połączenia czy włazy studzienek.

W interesie przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych jest jak najszybsze wykrycie i wyeliminowanie takich wód, gdyż wpływa to negatywnie na funkcjonowanie samej sieci oraz występujących na niej obiektach, powoduje hydrauliczne przeciążenia kanałów, zaburza stosunki wodne w glebie, a przede wszystkim zakłóca poprawną pracę oczyszczalni ścieków i naturalne procesy środowiskowe. Powoduje problemy natury technicznej, ze względu na wzrost ilości i rozcieńczenie dopływających ścieków.

Wszystko to powoduje konsekwencje ekonomiczne, czyli wzrost kosztów oczyszczania oraz prawnie ujęte konsekwencje ujęte m.in. w Prawie Ochrony Środowiska: „Kto podejmuje działalność mogącą negatywnie oddziaływać na środowisko, jest obowiązany do zapobiegania temu oddziaływaniu” [6]; „Do odpowiedzialności za szkody spowodowane oddziaływaniem na środowisko stosuje się przepisy Kodeksu cywilnego, jeżeli ustawa nie stanowi inaczej” (Dz. U. 2018, poz. 799, art. 322) [7, 8]. Infiltracja, w swojej konsekwencji, w ekstremalnych sytuacjach może być powodem tzw. katastrof kanalizacyjnych, poprzez długotrwałe uszkodzenia struktury gruntu nad kanałami, co z kolei prowadzi do powstawania przestrzeni powietrznych nad przewodem. Są one groźne, ponieważ niewykryte, prowadzą do zapadnięć gruntu, dróg lub chodników, pociągając za sobą ogromną skalę zniszczeń, jak miało to miejsce w 2012 roku w Ostrowcu Świętokrzyskim.

Naruszenie struktury gruntu wokół przewodu może też prowadzić do uszkodzenia jego geometrii, przerwania ciągłości, zablokowania przepływu ścieków lub uszkodzenia innych sieci znaj-

^{*)} **Maciej Mański** – Prezes Zarządu Zakładu Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. Grodzisk Mazowiecki

Agata Halikowska – inż., Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

Katarzyna Miszta-Kruk (ORCID 0000-0002-6513-2528) – dr inż. Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

dujących się w pobliżu. Wszystkie wyżej opisane problemy niosą za sobą konsekwencje finansowe; aby ich uniknąć, należy podejmować odpowiednie działania w jak najszerszym czasie, sprawdzając się przede wszystkim do utrzymania przewodów w dobrej kondycji. Ważne zatem jest solidne wykonanie sieci, odpowiednie przygotowanie terenu, ułożenie przewodów w gruncie, staranne wykonanie połączeń odcinków, włączeń przykanalików do kolektorów oraz regularny monitoring sieci kanalizacyjnej [4, 5].

Sieć kanalizacyjna w Grodzisku Mazowieckim

Obszar objęty analizą w niniejszym artykule obejmuje Grodzisk Mazowiecki. Wykorzystane dane zostały uzyskane za zgodą zarządu Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Grodzisku Mazowieckim.

Całkowita długość kanalizacji sanitarnej (bez przyłączy) wynosiła na rok 2019 około 160 km. W ramach przeglądu sieci, przedsiębiorstwo prowadziło prace terenowe, polegające między innymi na wykonywaniu inspekcji kamerą CCTV wnętrza przewodów kanalizacyjnych. Długość odcinków sprawdzonych z dnia na dzień wzrasta. Na koniec 2019 r. wynosiła 64 km.

Obszar miasta Grodzisk Mazowiecki charakteryzuje się wysokim poziomem wód gruntowych, jej poziom w niektórych obszarach szacuje się na 0,6–1,2 m p.p.t. stąd większość wykopów wykonywanych w celu posadowienia obiektów kanalizacyjnych należy uprzednio odwodnić.

W przedsiębiorstwie w Grodzisku Mazowieckim istnieje kilka zaawansowanych narzędzi wspomagających pracę, przy podejmowaniu decyzji odnośnie inwestycji czy eksploatacji. Jednym z nich jest oprogramowanie QGIS, które odgrywa bardzo ważną rolę w kwestii usprawnienia kontroli, planowania oraz zarządzania majątkiem firmy. Interfejs programu pozwala i jest wykorzystywany, przede wszystkim do szybkiego uzupełniania informacji o obiektach. System GIS w przedsiębiorstwie oparty na skrupulatnie uzupełnianej bazie danych, nie jest surową, gotową bazą kupioną od fir-

my komercyjnej. Pracownicy dokładają wszelkich starań, aby była ona aktualna oraz posiadała jak najbardziej szczegółowe informacje jako system nadrzędny w stosunku do innych oprogramowań istniejących w przedsiębiorstwie. Również cała sieć na 2019 r. jest wprowadzona do systemu GIS i stanowi bazę informacji pierwszej dla innych działów w przedsiębiorstwie. Operując już prawidłową bazą, działania oraz analizy przeprowadzone na jej podstawie są wiarygodne i zajmują niewiele czasu.

Równie ważnym oprogramowaniem, występującym w Zakładzie Wodociągi i Kanalizacja Grodzisk Mazowiecki, jest oprogramowanie TelWin SCADA, które umożliwia sterowanie i kontrolę pracy opomiarowanych pompowni kanalizacyjnych, których na sieci znajduje się 19, a z uwagi na szybko rozwijającą się sieć, 6 z nich posiada status projektowanej, a dane dotyczące pracy tych pompowni nie są jeszcze zebrane. Na potrzeby artykułu spośród 13. udostępnionych pompowni z monitoringiem, a tym samym stref, które one obejmują, wybrano 7. Przy wyborze odpowiednich stref kierowano się czynnikami wpływającymi na awaryjność kanałów w danej strefie, gdyż one są jednym z powodów występowania infiltracji. Łączna długość kanałów poddanych analizie wynosi 12,6 km.

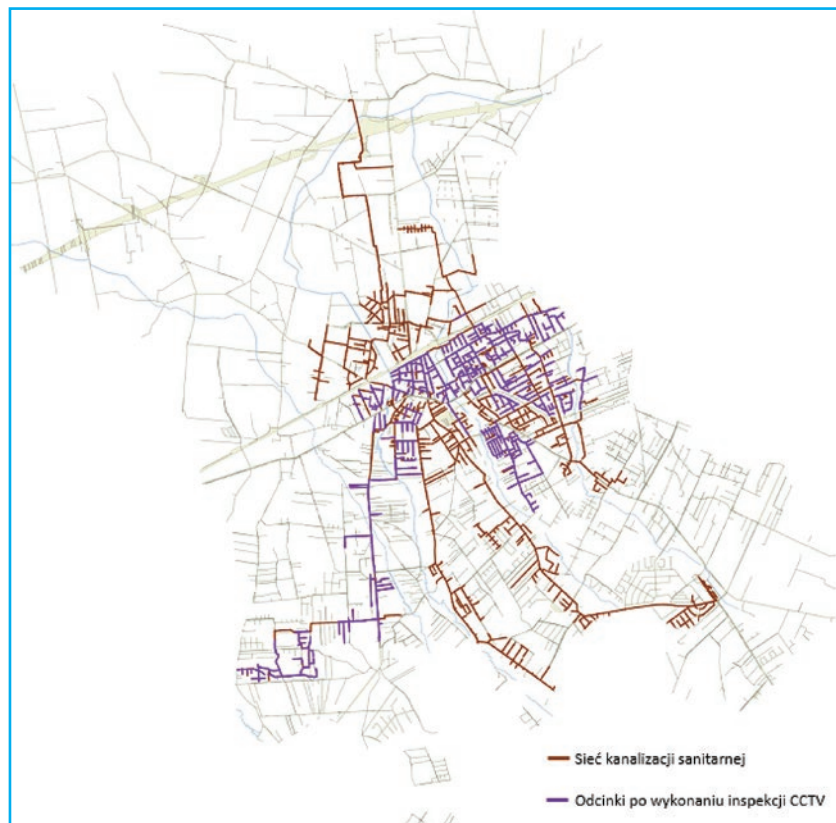
Przygotowanie danych

Przeprowadzenie analizy, mającej na celu oszacowanie ilości wody infiltracyjnej, poprzedzało zebranie i przygotowanie danych przede wszystkim z systemu GIS istniejącego w przedsiębiorstwie, jak i wewnętrznej dokumentacji technicznej ZWiK Grodzisk Mazowiecki.

Pierwszym etapem było zaktualizowanie punktów bilingowych (punktów rozliczeniowych), czyli uzupełnienie mapy o punkty rozbioru wody oraz odprowadzania ścieków. Aktualizację mapy przeprowadzono na podstawie adresów, które podane były przy zawieraniu umowy z przedsiębiorstwem. Następnie przystąpiono do operacji na tabelach atrybutów. Zostały one okrojone o informacje nieistotne przy prowadzeniu rozważań nad infiltracją, co miało na celu usprawnienie pracy. Docelowa tabela atrybutów zawierała m.in. informacje o numerze punktu, adresie danego punktu, produkcie, numerze punktu nadrzędnego oraz kodzie punktu.

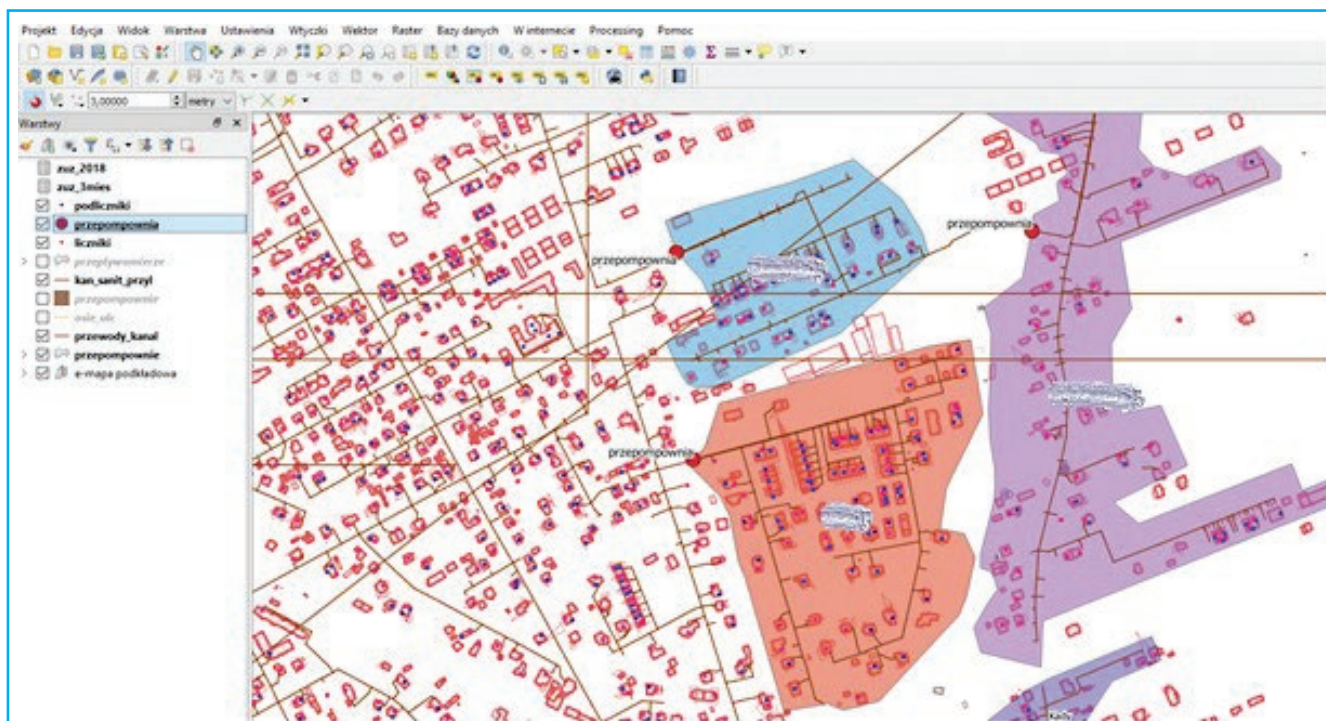
Drugi etap, dotyczył obróbki danych i odrzucenia wszystkich punktów, które nie miały podpisanej umowy na zaopatrzenie w wodę oraz odprowadzanie ścieków. Gdy tabela zawierała punkty zarejestrowane jako rozliczane można było przejść do kolejnego kroku jakim był podział punktów na liczniki główne (wodomierze rejestrujące ilość wody dostarczanej do budynków (zarówno tej odprowadzanej do kanalizacji jak i zużywanej bezpowrotnie) i podliczniki (dodatkowy wodomierz rejestrujący wodę zużywaną bezpowrotnie). Taki podział był niezbędny aby wyeliminować pomiary poboru wody, która nie trafiła z powrotem do kanalizacji. Dzięki takiemu rozwiązaniu, ilości zużytej wody w analizie teoretycznie powinna być równa ilości odprowadzonych ścieków.

Kolejna faza to wyznaczenie stref w oparciu o przepompownie ścieków, które są idealnym punktem pomiarowym ilości ścieków przypisanych do danego obszaru (strefy). Wyznaczenie strefy dokonano na podstawie kierunku spływu ścieków; od budynków do przepompowni. Przepompownia, stała się punktem pomiarowym,



Rys. 1. Sieć kanalizacyjna (ZWiK Grodzisk Mazowiecki, 2019)

Fig. 1. Sewerage network (ZWiK Grodzisk Mazowiecki, 2019)



Rys. 2. Przykładowe strefy objęte pomiarem

Fig. 2. Examples measurement zones

kluczowym w dalszej części prowadzonych badań. W mapę wrysowano poligony, które zawierały w sobie wyżej opisane punkty pomiarów rozbioru wody (liczniki i podliczniki).

Sumę zużycia na warstwie „Liczniki” pomniejszono o sumę zużycia z warstwy „Podliczniki” dla poszczególnych stref. Wynikiem tego była wartość pożądana, czyli ilość wody pobranej z sieci wodociągowej, która teoretycznie powinna przełożyć się na ilość ścieków trafiających do sieci kanalizacyjnej.

Ostatnim etapem przygotowania danych było wygenerowanie informacji przy pomocy SCADA. Z danych zapisywanych jako raporty, dla poszczególnych przepompowni, wybrano okres jaki był wymagany dla przeprowadzanej analizy z odpowiednimi danymi.

Metodyka badań

Do oszacowania wielkości infiltracji na sieci kanalizacyjnej wykorzystano dwie metody. Pierwsza z nich opierała się na zbilansowaniu wody i ścieków, druga na obserwacji przepływu ścieków w dwóch wyodrębnionych porach.

Dane wejściowe wykorzystane do analizy obejmowały:

- lokalizacja punktów bilingowych poboru wody – uzyskana z QGIS,
- wielkość zużycia wody za rok 2018 – uzyskane z programu bilingowego i przypisana poszczególnym punktom adresowym w QGIS,
- ilość ścieków przepompowanych przez przepompownie – dane uzyskane z systemu SCADA ZWiK Grodzisk Mazowiecki,
- pomiary ilości opadów – uzyskane z deszczomierza umieszczonego na oczyszczalni ścieków na terenie miasta.

Wyodrębniono 7 stref, obejmujących zasięgiem kanały oraz budynki, z których ścieki prowadzone są do opomiarowanych przepompowni ścieków.

Do oszacowania wód infiltracyjnych wykorzystano dwie metody:

- określenie ilości wody infiltracyjnej na podstawie analizy bilansu wody i ścieków,

- oszacowanie infiltracji na podstawie analizy ilościowej opadów oraz przepływu ścieków na obszarze obejmującym opomiarowaną sieć.

Obie metody wymagały uprzednio:

- sprawdzenia poprawności oraz uzupełnienia brakujących informacji,
- wyznaczenia stref dla przepompowni,
- przypisania zużycia wody do poszczególnych punktów,
- uzyskania z systemu SCADA ilości ścieków dopływających do przepompowni,
- obserwacji stanu pogody (susza, obfite deszcze),
- zebrania informacji o ilości opadów deszczu na terenie miasta na podstawie pomiarów z deszczomierza umieszczonego na oczyszczalni ścieków,
- odseparowaniu pomiarów poboru wody z punktów zarejestrowanych jako wodomierze ogrodowe, gdyż woda pobrana z takich punktów nie trafiała bezpośrednio do sieci kanalizacyjnej.

Po uzyskaniu wszystkich niezbędnych informacji, podjęto pracę polegającą na sporządzeniu bilansu wody, która została sprzedana przez przedsiębiorstwo wodociągowe, do ilości ścieków odprowadzonych do oczyszczalni. Oczywiście, nie cała woda pobrana z sieci trafia na oczyszczalnię. W sezonie letnim, przy szczelnej, dobrze działającej sieci kanalizacyjnej, szacuje się, że woda odprowadzona to około 95% wody pobranej [3]. Natomiast procent ten ulega zmianie zimą i zmienia się, gdyż zmniejsza się też zużycie wody na podlicznikach ogrodowych. Dlatego ilość wody pobranej, na której oparto analizę, policzono na podstawie pomiarów na licznikach głównych, z wyłączeniem wartości wody pobranej z liczników zarejestrowanych jako ogrodowe. Dzięki takiemu rozwiązaniu, ilości użyte do analizy są najbliższe rzeczywistości, jednak nie można zakładać 100% nieomyślności urządzeń pomiarowych lub ludzi obsługujących sieć. Nie są to jednak błędy wpływające na ostateczne wyniki, gdyż ich wielkość jest nieznaczna i pomijalna.

Po porównaniu ilości wody pobranej, która powinna trafić do kanalizacji, do przepływu ścieków uzyskano ogólny ogląd na ilość wody infiltracyjnej. Aby uzyskać wynik, dla każdej ze stref wykonano porównanie bilansów, a wyniki przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Zestawienie ilości ścieków odprowadzonych z wybranych stref oraz wody odczytanej z liczników głównych

Table 1. Summary of the amount of sewage discharged from selected zones and water read from the main meters

Nazwa strefy	Odprowadzona ilość ścieków w 2018 roku	Ilość liczników	Statystycznie*	Zużycie wody w 2018 roku	Infiltracja**
	$\left[\frac{m^3}{rok}\right]$	[szt.]	$\left[\frac{m^3}{rok}\right]$	$\left[\frac{m^3}{rok}\right]$	[%]
Jednostka					
A	16467	108	16556	10584	36
B	21122	106	16250	12163	42
C	10987	50	7665	4932	55
D	6526	44	6745	4819	26
E	5293	42	6439	5168	2
F	38579	142	21769	20049	48
G	2753	26	3986	2682	3

* W tabeli umieszczono kolumnę „Statystycznie” przedstawiającą statystyczne zapotrzebowanie na wodę dla danej strefy, wartości obliczono wg wzoru:

$$S_z = L \cdot M \cdot Q \cdot 365 \left[\frac{m^3}{rok}\right]$$

S_z – statystyczne zużycie wody, $\left[\frac{m^3}{rok}\right]$

L – ilość punktów rozbioru w danej strefie (liczników głównych), [szt.];

M – liczba mieszkańców przypadająca średnio na jeden punkt rozbioru, przyjęto $M = 3,5$ [-] (na podstawie danych statystycznych dla miasta Grodzisk Mazowiecki);

Q – rozbiór na jednego mieszkańca na dobę wyrażony w $[m^3]$, przyjęto $120 l = 0,12 m^3$

365 – ilość dni w roku

** „Infiltracja” to kolumna przedstawiająca procentowy udział wód infiltracyjnych w ściekach, obliczony jako:

$$I = 100\% \left(\frac{W}{S}\right) \cdot 100[\%]$$

I – procentowy udział wód infiltracyjnych w ściekach, [%]

W – zużycie wody w roku 2018, $\left[\frac{m^3}{rok}\right]$

S – odprowadzona ilość ścieków w roku 2018, $\left[\frac{m^3}{rok}\right]$

Tabela 2. Zestawienie ilości opadów oraz przepływu ścieków dla poszczególnych stref w okresie suszy oraz deszczu

Table 2. Summary of rainfall and sewage flow for each zone in times of wet and dry weather

	Zlewnia	A	B	C	D	E	F	G
	Opad średni [mm/dobę]	Średni dobowy przepływ ścieków $[m^3]$						
pora sucha	0	43,3	31	89,2	14,5	56,7	8,8	6,7
pora deszczowa	1,85	47	33,7	97	16,5	60,2	9,5	7,3
%*		9	9	9	14	6	8	10

* % – procentowy udział wód infiltracyjnych

Obliczony według wzoru:

$$\% = 100 \left(\frac{Q_{SR_{SUSZA}}}{Q_{SR_{DESZCZ}}}\right) \cdot 100$$

$Q_{SR_{SUSZA}}$ – średni dobowy przepływ ścieków w czasie pory suchej

$Q_{SR_{DESZCZ}}$ – średni dobowy przepływ ścieków w czasie pory deszczowej

Druga metoda oszacowania infiltracji polegała na sporządzeniu zestawień ilości opadów oraz przepływu ścieków na obszarze obejmującym opomiarowaną sieć. Do tego posłużyło zobrazowanie wyników na wykresach i znalezienie korelacji między opadowymi ekstremami, a zwiększonym przepływem w sieci. Prowadząc badania zaobserwowano duży kontrast występowania opadów w miesiącach kwiecień i maj 2019 r. Cały kwiecień oraz pierwsze 10 dni maja można uznać za okres suchy, duża część Polski wraz z województwem mazowieckim, zagrożona była wysokim prawdopodobieństwem wystąpienia pożaru, ze względu na wysoką temperaturę i brak opadu.

W tab. 2 pokazano różnicę przepływu ścieków między okresem suszy (1 kwietnia 2019–9 maja 2019) a okresem obfitego deszczu (10 maja–31 maja):

Podsumowanie

Przyczyn występowania infiltracji jest bardzo wiele, o czym pisano już na początku. W analizowanych 7 strefach, przewody kanalizacyjne wykonane są w większości z PVC, dlatego materiał nie jest wyznacznikiem awaryjności, ale znaczenie ma tu wiek przewodów. Ważnym aspektem okazała się ilość przyłączy oraz wielkość wybranej strefy jak i kształt sieci. Strefy A, B i F są największymi strefami o dużej liczbie podłączonych obiorców, a co za tym idzie o największej liczbie przyłączy. Więcej połączeń do kolektora oznacza większą ilość prawdopodobnych nieszczelności na połączeniach. Strefy D, E i G są strefami o najmniejszej liczbie przyłączy, co widocznie przekłada się na mniejszy procent infiltracji. W tych zlewniach kształt sieci jest stosunkowo prosty, a w przypadku 3 ostatnich stref E, F, G (tab. 1, 2), przeważająca ilość kanału ułożona jest w linii zbliżonej do prostej, nie występują tam załamania po trasie przewodu.

Na całym obszarze występuje wysoki poziom wód gruntowych, zauważalne ma to wpływ na strefę C, która położona jest w obszarze o bardzo wysokim poziomie wód gruntowych. W dokumentacji technicznej można znaleźć informację o tym, że podczas badania zwierciadeł wód gruntowych w odwiertach, zanotowano jej obecność na głębokościach 0,6–1,2 m p.p.t. Co zapewne wpływało w tej strefie na największy procent infiltracji, występujący w okresie całego roku. Warto również wspomnieć o ukształtowaniu terenu i występowaniu cieków wodnych. Do dokładniejszej analizy wykorzystano numeryczny model terenu NMT. Za pomocą QGIS sporządzono profil terenu między dwoma zlewniami, znajdującymi się po przeciwnych stronach cieku. Widać, że strefy B i E na zachód od cieku leżą na niższych rzędnych niż D i F, znajdujące się po wschodniej stronie cieku, co ma wpływ na zwiększony poziom wielkości infiltracji przez wyższy poziom wód gruntowych na tych terenach.

Analiza infiltracji na podstawie krótszego okresu – dwóch miesięcy obserwacji, wykazała zauważalne spotęgowanie infiltracji opadami deszczu i zwróciła uwagę na inny charakter od tej wywołanej głównie nieszczelnościami. Dochodzi tu aspekt dostawiania się wody przez zapadnięte włazy studzienek lub lekkomyślność ludzi, którzy w obawie przed zalaniem własnej posesji, często otwierają włazy, dając bezpośredni dostęp wodom deszczowym do systemu kanalizacyjnego. Istnieje też możliwość wystąpienia niechcianych

dopływów przez nielegalnie podłączenia wlotów kanalizacji deszczowej do kanalizacji sanitarnej.

Na załączonej tab. 2 widać, jak procentowo zwiększa się udział ścieków w kanałach. Skoki średnio 10 procentowe to niewielkie dopływy.

Wnioski

Po analizie przeprowadzonej dwoma metodami można wywnioskować, że:

1. Obie użyte metody skutecznie wykazują infiltrację kanalizacji sanitarnej.
2. Infiltracja nie jest równomierna. Wielkość infiltracji różni się w zależności od analizowanego przedziału czasu i metody, a spowodowane jest to zmiennością poziomu zwierciadła wód gruntowych, warunkami atmosferycznymi (tj. obfitością deszczu, czy wiosennych roztopów), różnym materiałem i wiekiem przewodów, warunkami pracy, różnym charakterem zlewni.
3. Infiltracja oszacowana na podstawie bilansów wynosi od 2% do 55%; natomiast wody infiltracyjne systemu kanalizacyjnego, w czasie pogody deszczowej, to średnio 10%
3. Problem infiltracji jest powszechnie występujący. Podczas projektowania fragmentów sieci, z góry zakładano infiltrację na poziomie 10%, stąd wniosek, że praktycznie niemożliwe jest uzyskanie sieci, do której nie nastąpi żaden niechciany dopływ.
4. Średnia wartość infiltracji rocznej na poziomie 30% to bardzo mały udział, biorąc pod uwagę ogólny wysoki poziom wody gruntowej na terenie miasta Grodzisk Mazowiecki. Infiltracja na poziomie 30% nie przynosi wielu niepożądanych efektów dla przedsiębiorstwa, tym bardziej, że prognozy są optymistyczne, gdyż dzięki coraz nowszym technologiom przegląd sieci staje się dokładniejszy, co pociąga za sobą sprawne znalezienie i wyeliminowanie przecieków.
5. Woda dostaje się nie tylko przez nieszczelne złącza, uszkodzenia mechaniczne, czy skorodowane przewody, lecz także przez wlot bezpośrednio z powierzchni terenu przez włazy studzienek ka-

nalizacji sanitarnej lub nielegalne podłączenia wody deszczowej do kanału sanitarnego. Taki charakter infiltracji można zaobserwować przy badaniu zjawiska drugą metodą.

6. Bardzo ważną rolę w przedsiębiorstwie pełnią narzędzia pomiarowe. Z doświadczenia wynika, że warto inwestować w urządzenia takie jak np. deszczomierze, gdyż uzyskanie danych dotyczących opadu deszczu od firm zewnętrznych wiąże się z dużymi kosztami. Ponadto prowadzenie pomiarów na własną rękę owocuje większą dokładnością i jakością pomiarów. Dzieje się tak, ponieważ w zależności od potrzeb można zmieniać lokalizację punktu pomiarowego. Należy jednak pamiętać o odpowiedniej kalibracji urządzeń i lokalizacji. Odpowiednia eksploatacja, czyszczenie urządzeń pomiarowych także ma wpływ na jakość wykonywanych pomiarów.
7. Przy wykrywaniu infiltracji narzędzia systemu GIS są bardzo przydatne. Dlatego warto dbać o to, aby system ten był rozwijany i posiadał aktualne dane.

LITERATURA

- [1] Heidrich Zbigniew. 1999. „Kanalizacja: podręcznik dla techników”. Wodociągi i kanalizacja 2. Warszawa, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
- [2] Heidrich Zbigniew, Andrzej Witkowski. 2015. „Urządzenia do oczyszczania ścieków”. Warszawa, Seidel-Przywecki.
- [3] Kowalska Beata, Dariusz Kowalski, Paweł Suchorab. 2019. „Problemy kalibracji modelu numerycznego wybranej sieci kanalizacji sanitarnej”. *Gaz, woda i Technika Sanitarna*. nr 5, s. 172–176.
- [4] Kulickowski Andrzej, Emilia Kulickowska. 2005. „Przyczyny występowania katastrof kanalizacyjnych”. *Nowoczesne budownictwo inżynierskie*. nr 5, s. 20–25.
- [5] Kulickowski Andrzej, Justyna Lisowska. 2005. „Oddziaływanie na środowisko nieszczelnych przewodów kanalizacyjnych”. *Aura*. nr 7, s. 22–24.
- [6] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, Dz. U. 2018, poz. 799.
- [7] Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i odprowadzaniu ścieków, Dz. U. z 2017, poz. 328.
- [8] Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i odprowadzaniu ścieków, Dz.U. z 2018, poz. 1152.