

Nowe technologie w diagnostyce sieci wodociągowej

Ewelina Kilian

Wstęp

Wycieki wody do gruntu są nieodłączną częścią eksploatacji sieci wodociągowej. Przyczyn występujących na sieci nieszczelności i awarii jest wiele, choć do najważniejszych zaliczyć należy: korozję rurociągów, wiek rurociągów, wahania ciśnienia w sieci wodociągowej, mechaniczne uszkodzenia, niską temperaturę otoczenia, warunki gruntowe, defekty materiałowe, nieodpowiednią kulturę wykonawstwa, szkody górnicze. Konsekwencją występujących na sieci awarii i wycieków mogą być straty środowiskowe (straty wody i energii), finansowe i społeczne (ryzyko zdrowotne) [2].

Na sumaryczną objętość bezpowrotnie traconej wody mają wpływ: powierzchnia, przez którą odbywa się wypływ, wysokość ciśnienia wody w sieci wodociągowej oraz czas trwania wycieku. Zależność pomiędzy wysokością ciśnienia a wydatkiem awarii została już opisana.

Niewiadomą pozostaje jednak rzeczywisty czas trwania wycieku. O ile powierzchnia, przez którą odbywa się wypływ wody z rurociągu, nie da się w tej chwili przewidzieć ani na nią wpłynąć, o tyle szybka lokalizacja i usunięcie występujących na sieci awarii i wycieków, pozwalają na skrócenie czasu ich trwania i bezpośrednio przekładają się na zmniejszenie ilości traconej wody.

Za lokalizację wycieków na sieci wodociągowej odpowiadają powoływane w tym celu zespoły diagnostyczne, wyposażone w specjalistyczne urządzenia. W chwili obecnej powszechnie stosowanymi urządzeniami do diagnostyki sieci wodociągowej są urządzenia akustyczne (loggery szumu, korelator, geofon). Urządzenia akustyczne wykorzystują zjawisko generowania szumu przez wodę wypływającą w wyniku istnienia nieszczelności. Fala dźwiękowa propaguje wzdłuż rurociągu, armatury, otaczającego gruntu oraz wraz z wodą, którą wypełniony jest rurociąg. Prędkość dźwięku w rurociągach zależy od materiału, z którego są zbudowane, oraz od relacji pomiędzy średnicą a grubością ścianki przewodu. Efektywność metod akustycznych w dużej mierze zależy od wartości prędkości dźwięku w rurociągach. Problemy stwarzają materiały z tworzyw sztucznych, które redukują prędkość propagacji fali dźwiękowej do 300–600 m/s (rurociągi metaliczne – 1200 m/s), uniemożliwiając bardzo często wykonanie jakichkolwiek pomiarów. Podobna sytuacja dotyczy dużych średnic rurociągów, wstawek z innych materiałów oraz kompensatorów, które powodują zmianę wartości prędkości rozchodzenia się fali dźwiękowej (od teoretycznej zadanej w urządzeniu dla danego materiału) i rozbieżności w pomiarach [1, 2].

Podobne utrudnienia występują przy dużych średnicach rurociągów magistralnych i przesyłowych, w których pogorszona

Streszczenie: W ramach artykułu omówione zostały nowoczesne rozwiązania, służące do lokalizacji wycieków na sieci wodociągowej. Nowe technologie pozwalają na wyeliminowanie typowych problemów brygad diagnostycznych, związanych z lokalizacją awarii na: rurociągach z tworzyw sztucznych, odcinkach rurociągów zbudowanych z różnych materiałów lub wyposażonych w kompensatory. Dodatkowo przedstawiono rozwiązania umożliwiające precyzyjne wykrywanie wycieków na dużych średnicach rurociągów magistralnych, przesyłowych, z małą ilością uzbrojenia.

Słowa kluczowe: straty wody, poszukiwanie wycieków, technologie do wykrywania wycieków

THE NEW TECHNOLOGIES IN WATER LEAK DETECTION OF THE WATER SUPPLY NETWORK

Abstract: The article presents the modern solutions in water leak detection of the water supply network. This new technologies allow to eliminate the common problems of leak detection teams like: leaks detection on plastic pipes, pipe sections made of different materials, compensators ect. Furthermore, there are solutions for leak localisation on large diameter of transmission pipes with small amount of fittings.

Key words: water loss, leak detection, technologies for leak detection

propagacja fali wymusza skrócenie odcinków pomiarowych w celu wykonania pomiarów, co bardzo często uniemożliwione jest brakiem wymaganej w odpowiednich odległościach armatury [2].

W ramach artykułu przedstawione zostały nowe, alternatywne rozwiązania, służące do lokalizacji wycieków na sieci wodociągowej.

Stacjonarny system do wykrywania wycieków na sieci wodociągowej (AMI)

Loggery szumu są to urządzenia akustyczne, rozmieszczone na uzbrojeniu sieci wodociągowej, zaprogramowane na rejestrację natężenia i częstotliwości szumów w godzinach najmniejszych rozbiorów (godz. 2–4 w nocy).

Wyróżniamy trzy rodzaje loggerów szumu [2]:

- podstawowe loggery szumu – wyposażone wyłącznie w sygnalizację świetlną, informującą o zarejestrowaniu możli-

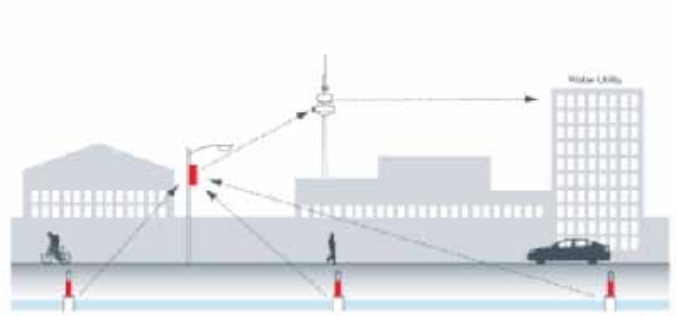
wych szumów awaryjnych. Tego rodzaju urządzenia nie mają możliwości wyeliminowania zakłóceń, co powoduje konieczność wykonania dodatkowego osłuchu uzbrojenia w celu weryfikacji zarejestrowanego szumu i pomiaru za pomocą korelatora i/lub geofonu odcinka wodociągu, w celu wskazania miejsca wycieku;

- loggery szumu z funkcją weryfikacji – urządzenia mają możliwość rejestracji poziomu i częstotliwości szumu, dzięki czemu uzyskana została eliminacja zakłóceń. Istnieje jednak konieczność wykonania domiaru za pomocą korelatora i/lub geofonu w celu wskazania precyzyjnego miejsca wycieku;
- loggery szumu z funkcją weryfikacji i korelacji – po weryfikacji zarejestrowanych szumów możliwe staje się wykonanie korelacji pomiędzy sąsiednimi loggerami i precyzyjne wskazanie miejsca wystąpienia awarii (bez dodatkowego stosowania korelatora i/lub geofonu).

Różne typy loggerów szumu posiadają możliwość komunikacji SMS i przesyłu zarejestrowanych danych za pomocą m.in. 3G/4G/GPRS/ Local Radio.

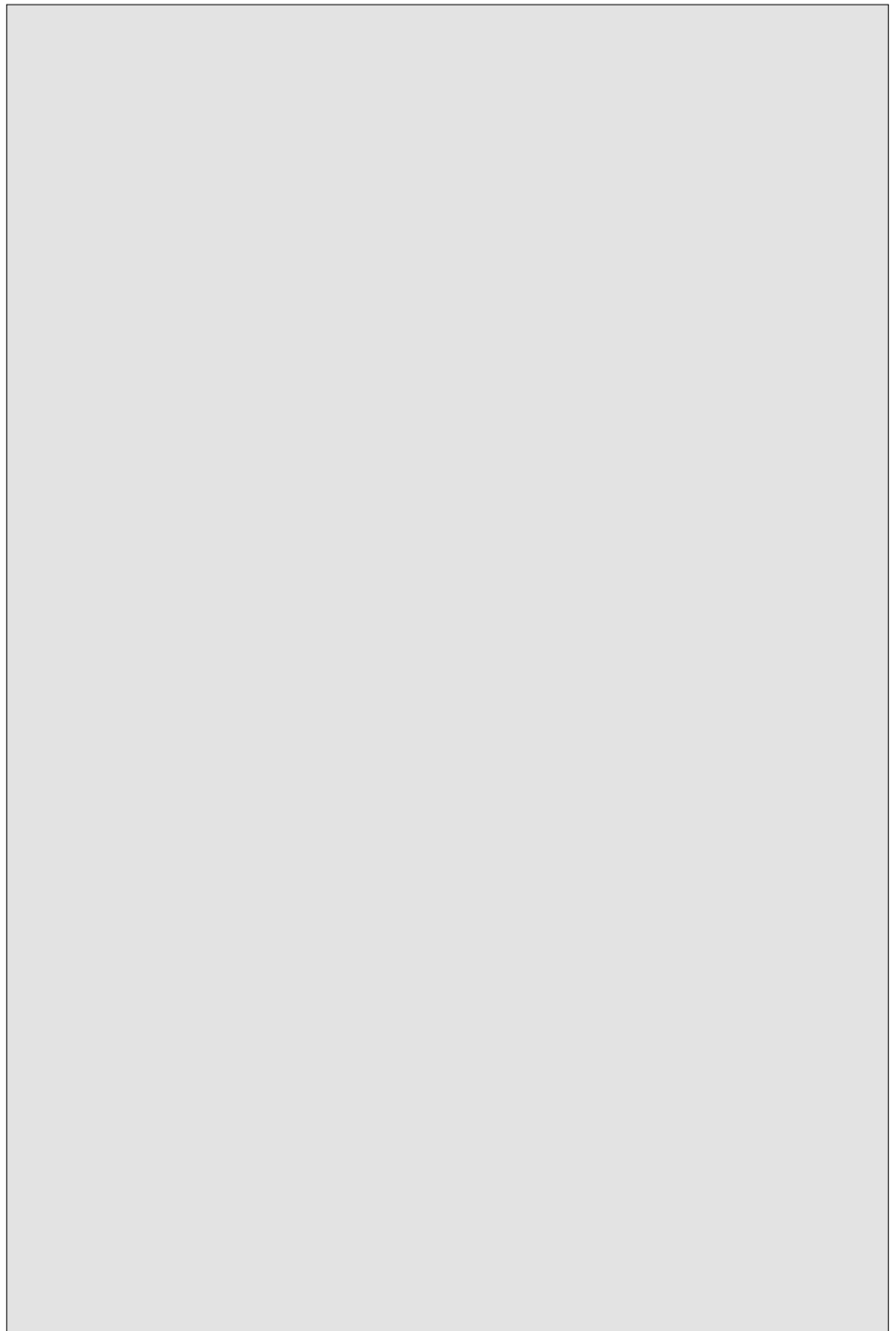
Najnowocześniejszym rozwiązaniem, wykorzystującym loggery szumu z funkcją weryfikacji i korelacji oraz z możliwością przesyłu danych, jest stacjonarny system do wykrywania wycieków na sieci wodociągowej (AMI). W skład przykładowej architektury systemu (rys. 1) wchodzi: loggery szumu z funkcją korelacji i weryfikacji wyposażone w moduł radiowy, nadajniki (3G/4G/GSM/GPRS itp.), odbiornik i oprogramowanie do wizualizacji i analiz, dostępne również w wersji przeglądarki internetowej. Stacjonarny system do wykrywania wycieków na sieci wodociągowej (AMI) daje możliwość automatycznego wykrywania występujących na sieci awarii, bezpośrednio po zarejestrowaniu szumu przez loggery, wraz z precyzyjnym wskazaniem na mapie ich miejsca.

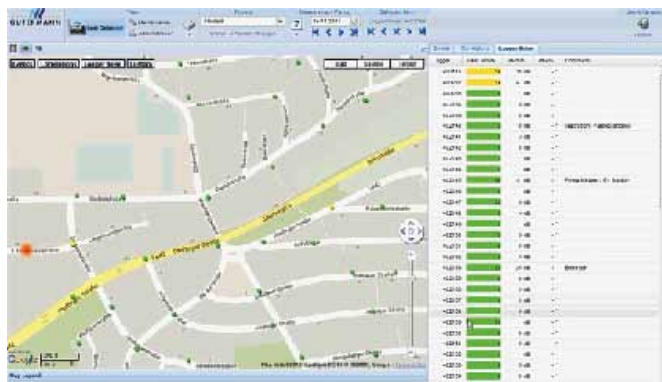
Specjalistyczne oprogramowanie (rys. 2) daje możliwość wizualizacji w Google Maps i StreetView: wszystkich informacji o sieci wodociągowej, lokalizacji przestrzennej loggerów, przeglądania za pośrednictwem skali kolorystycznej poziomu



Rys. 1. Stacjonarny system do wykrywania wycieków na sieci wodociągowej [8]

reklama





Rys. 2. Okno programu stacjonarnego systemu do wykrywania wycieków na sieci wodociągowej [8]



Rys. 3. Hydrofony [7]

i częstotliwości zarejestrowanych szumów, odsłuchu zarejestrowanych szumów, automatycznej korelacji pomiędzy poszczególnymi loggerami w celu wyznaczenia miejsca wycieku, automatycznego zaznaczania wycieku na mapie z dokładnością do 1 m. Dostępne jest również zaawansowane spektrum analiz szumów i danych historycznych. Oprogramowanie może pomóc w zarządzaniu grupami remontowymi przedsiębiorstwa.

System loggerów stacjonarnych korelujących pracuje już w kilku miejscach świata (Eislinger, Albstadtwerke) i w znaczący sposób wpływa na zmniejszenie strat wody sieci wodociągowej, poprzez skrócenie czasu lokalizacji awarii [8].

D. Pearson [3] wskazuje, że zastosowanie przedmiotowego systemu do wykrywania wycieków jest w chwili obecnej jedynym rozwiązaniem (pomijając całościową wymianę sieci), pozwalającym na osiągnięcie wartości wskaźnika ILI < 1 (Infrastrukturalny Indeks Wycieków [4]) poprzez maksymalne zmniejszenie czasu trwania wycieku (szybka lokalizacja).

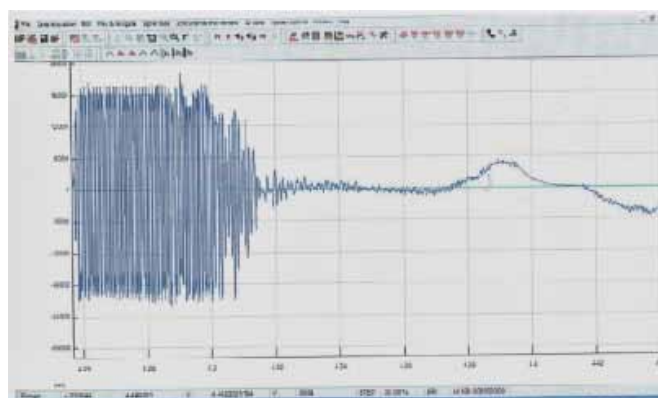
Hydrofony [5, 6]

Hydrofony (rys. 3) są to urządzenia montowane na hydrantach, wykorzystujące zasadę działania echosondy. Generowane przez urządzenia uderzenia hydrauliczne wprawiają w drgania rurociągi (rezonans) wypełnione wodą. Wygenerowana fala ciśnienia przemieszcza się wewnątrz rurociągu i jest odbijana przez wyciek. Miejsce wycieku wyznaczone jest na podstawie zarejestrowanego czasu odbicia fali.

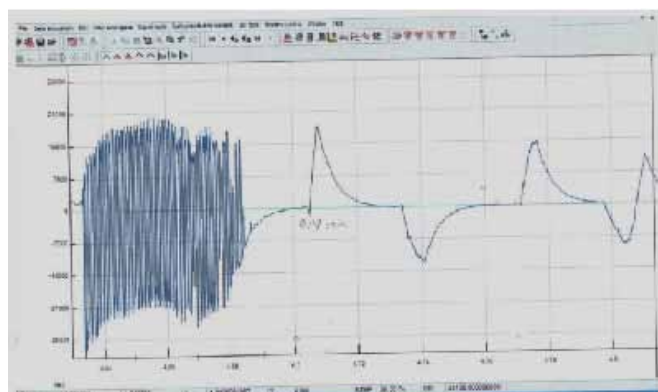
Na rys. 4 przedstawione zostało działanie hydrofonu w rurociągu bez istniejącego wycieku. Na początku wykresu widoczny jest rezonans rurociągu, wzbudzony generowanym uderzeniem hydraulicznym. W analizowanym przypadku echo jest niewidoczne.

Badanie dla rurociągu z istniejącym wyciekiem przedstawione zostało na rys. 5. Podobnie jak dla rurociągu bez istniejącego wycieku zauważalne jest zjawisko rezonansu rurociągu, a ponadto obserwowane są dodatkowe impulsy – echa z wycieku – w dalszej części wykresu. Przemijający impuls podróżuje wzdłuż rurociągu tam i z powrotem do wygaśnięcia. Dla celu wyznaczenia dokładnego miejsca wycieku najważniejsze jest zwykle pierwsze odbicie.

Hydrofony znakomicie sprawdzają się dla: rurociągów z tworzyw sztucznych, rurociągów magistralnych i przesyłowych



Rys. 4. Rurociąg DN150 PEHD bez wycieku [5]

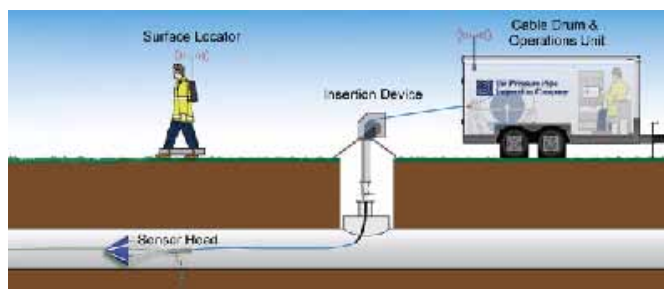


Rys. 5. Rurociąg DN150 PEHD z wyciekiem 5 l/s [5]

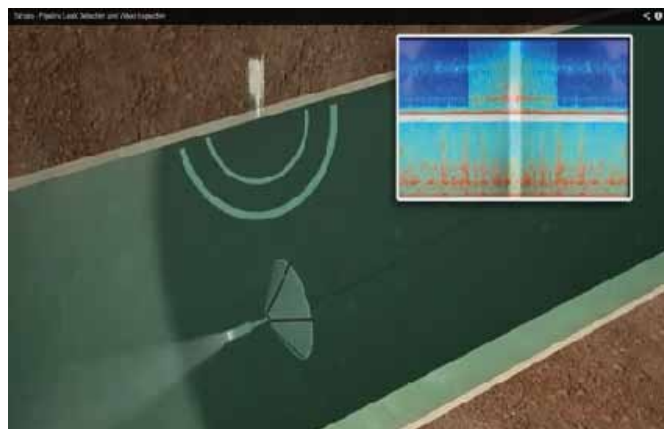
dużych średnic, długich odcinków rurociągów bez uzbrojenia, w miejscach charakteryzujących się wysokim natężeniem szumów pochodzących z otoczenia, jak np. centrum miasta, zakłady przemysłowe, urządzenia elektryczne.

Urządzenie do inspekcji inline [10]

Technologia polega na wprowadzeniu do rurociągu urządzenia posiadającego funkcje: mikrofonu, kamery inspekcyjnej oraz opcjonalnie ultradźwiękowej analizy grubości ścianki (rys. 6, 7). Urządzenie inspekcyjne połączone jest za pośrednictwem kabla z wyświetlaczem i urządzeniem do obróbki przekazywanego sygnału, które znajdują się na powierzchni terenu. Sensor przemieszcza się wzdłuż rurociągu, unoszony przez pły-



Rys. 6. Zasada działania urządzenia do inspekcji inline [10]



Rys. 7. Lokalizacja wycieku przez urządzenie do inspekcji inline [10]

nącą wodę. W przypadku zarejestrowania szumu świadczącego o awarii operator zatrzymuje urządzenie w rurociągu i używając lokalizatora, wyznacza jego położenie. Dla celów technologii wymagany jest jeden punkt dostępu do rurociągu, którym mogą być: połączenia zaworów napowietrzająco-odpowietrzających, hydranty lub specjalnie wykonane włączenia. Urządzenie sprawdza się najlepiej dla prostych rurociągów do 2 km, zbudowanych z dowolnego materiału. Minimalna średnica badanego rurociągu to DN150 przy minimalnej prędkości przepływu 1 m/s. Wykonanie badania pozwala dodatkowo na poznanie dokładnej trasy rurociągu. Producent urządzenia gwarantuje wykrywalność wycieków o wydajności nawet 1 dm³/h.

Samopływający system do lokalizacji wycieków i poduszek powietrznych [10]

Samopływający system do lokalizacji wycieków i poduszek powietrznych wewnątrz rurociągów ciśnieniowych składa się z następujących części: wewnętrzna kamera, sensor akustyczny, sensor do pozycjonowania, transponder akustyczny, procesor, pamięć + bateria, sprzęt do wprowadzenia i wyprowadzenia urządzenia z rurociągu, lokalizator.

Urządzenie (rys. 8) wprowadzane jest do rurociągu pod ciśnieniem i przemieszcza się wzdłuż rurociągu wraz z przepływającą wodą (przy przepływie 0,5 m/s piłka może przemieścić się na odległość 25 km). Podczas przepływu urządzenie rejestruje szумы (rys. 9). Wycieki identyfikowane są podczas analizy danych, zarejestrowanych przez sensor po zakończeniu badania. W celu wychwycenia i wyciągnięcia urządzenia z rurociągu stosowana jest specjalna siatka. Maksymalna długość rurociągu do

badania zdeterminowana jest wartością przepływu w rurociągu. Minimalna średnica badanego rurociągu to DN150 przy minimalnej prędkości przepływu 1 m/s. Wymagane są dwa punkty dostępu w celu wprowadzenia i wyprowadzenia urządzenia z przewodu. Urządzenie przeznaczone jest do wszystkich rodzajów materiałów, z których zbudowana jest sieć wodociągowa, pozwalając na wykrywanie wycieków o wydatku nawet $6 \text{ dm}^3/\text{h}$. Dokładność urządzenia wynosi 3 m. W celu wykonania badań konieczne jest pozamykanie wszystkich przyłączy i odejść w celu ukierunkowania przepływu sensora w badanym rejonie sieci wodociągowej.

System iniekcji gazu [7, 9]

Metoda iniekcji gazu (rys. 10) polega na wtłoczeniu do rurociągu (pustego lub pod ciśnieniem) gazu znacznikowego, który przez występujące na sieci nieszczelności wydostaje się na zewnątrz, oraz badaniu stężenia gazu za pomocą analizatora po trasie rurociągu (na powierzchni gruntu). Gazy znacznikowe stosowane do wykrywania nieszczelności rurociągów powinny charakteryzować się następującymi właściwościami: stała, niska koncentracja w atmosferze, powinny być lżejsze od powietrza, wysoka stała dyfuzji oraz brak aktywności fizjologicznej (zatwierdzenie do kontaktów z wodą pitną). W chwili obecnej do wykrywania nieszczelności sieci wodociągowej stosowane są dwa gazy: wodór (z domieszką ok. 5% azotu) i hel. Hel nie jest gazem wybuchowym, co umożliwia stosowanie wyższych stężeń (gaz dłużej utrzymuje się w gruncie, co może wpływać na efektywność metody), za to wodór jest najlżejszym gazem i posiada mniejszą lepkość, co powoduje jego lepszą dyfuzję w rurociągu i w gruncie. Z powodu znacznej różnicy w cenie stosowanym rozwiązaniem jest wodór. Dodatkowo lokalizacja wycieków za pomocą helu jest wyłącznie usługą świadczoną przez producenta technologii.

Systemy iniekcji gazów mogą być stosowane do każdego materiału i każdej średnicy rurociągów (w tym sieci teletechniczne), jednak dla średnic większych od 1000 mm metoda może okazać się nieekonomiczna ze względu na ilość wtłaczanego gazu. W technologii konieczna jest znajomość kierunku przepływu wody i odseparowanie badanego obszaru sieci od innych (poprzez zamknięcie zasuw liniowych) w celu uniemożliwienia przemieszczania się gazu w nieznanych kierunkach.

Podsumowanie i wnioski

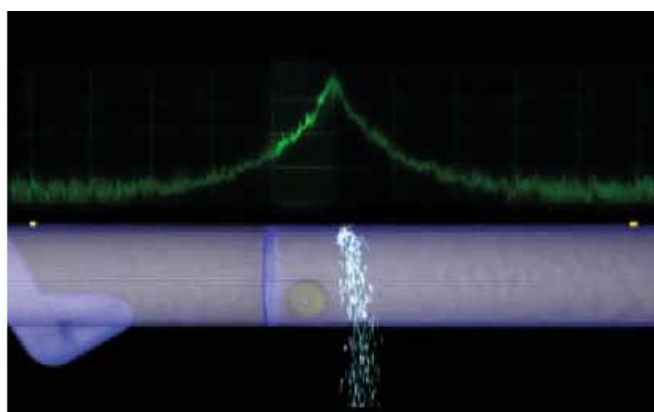
W chwili obecnej nie ma uniwersalnej, a zarazem efektywnej technologii wykrywania wycieków na sieci wodociągowej. Różnice w możliwościach dostępnych technologii wynikają ze średnic rurociągów, materiałów, z których są zbudowane, uzbrojenia w armaturę, środowiska zewnętrznego (szumy) itp. Spotykane urządzenia cechują się coraz o lepszą dokładnością, a przy wykorzystaniu dostępnych technologii przesyłu danych pozwalają na stworzenie automatycznych systemów do wykrywania wycieków.

W tabelach 1 i 2 przedstawiono zestawienie metod poszukiwania wycieków w zależności od materiału i średnicy rurociągu.

Pomimo doskonałych efektów oraz możliwości lokalizacji awarii w niemal wszystkich warunkach, pojawia się problem dostępności kilku nowych technologii na rynku polskim. Do-



Rys. 8. Samopływający system do lokalizacji wycieków i poduszek powietrznych [10]



Rys. 9. Lokalizacja awarii przez samopływający system do lokalizacji wycieków i poduszek powietrznych [10]



Rys. 10. Technologia iniekcji gazu z wykorzystaniem helu [9]

datkowo może okazać się, że koszty zakupu technologii lub usługi (inspekcja inline, samopływające urządzenie do wykrywania wycieków i poduszek powietrznych, system iniekcji helu), mogą przewyższyć poziom opłacalności poszukiwania wycieków daną technologią.

Literatura

- [1] Bureau of Waterworks, *Pipeline Management in Tokyo 2007*, Tokyo Metropolitan Government.
- [2] HAMILTON S., CHARALAMBOUS B.: *Leak Detection Technology and Implementation*. IWA Publishing 2013
- [3] PEARSON D.: *Can we go below an ILI of 1? Water Loss 2014* – conference materials, Wien 2014.

Tabela 1. Zestawienie metod poszukiwania wycieków na głównej armaturze sieciowej (bez przyłączy), przy wysokości ciśnienia wyższej niż 10 m sł. w. Armatura rozmieszczona jest z min. odległością 200 m i max. 500 m [2]

Średnica; mm	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	>800
Stal, żeliwo	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, C, D, E, F, G	A, C, D, E, F, G	A, C, D, E	C, D, E	C, D, E	D, E	D, E	E
Azbesto-cement	A, C, D	A, C, D	A, C, D	A, C, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E
GRP	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E
PVC	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E
PE	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E

A – system iniekcji gazu;

B – tradycyjne techniki z manualną tyczką osłuchową;

C – nieinwazyjne techniki akustyczne: standardowy korelator, loggery korelujące (akcelometry);

D – inwazyjne techniki akustyczne: standardowy korelator lub loggery korelujące (hydrofony);

E – inspekcja inline + samopływający system do lokalizacji wycieków;

F – loggery niekorelujące, nieinwazyjne połączenia magnetyczne;

G – geofon

Tabela 2. Zestawienie metod poszukiwania wycieków na całym uzbrojeniu sieci (armaturze głównej + przyłącza) przy wysokości ciśnienia wyższej niż 10 m. sł. w. Armatura rozmieszczona jest z min. odległością 10 m i max. 50 m [2]

Średnica; mm	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	>800
Stal, żeliwo	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, B, C, D, F, G	A, C, D, E, F, G	A, C, D, E, F, G	A, C, D, E, F, G	C, D, E, F, G	C, D, E, F, G	C, D, E	C, D, E	D, E
Azbesto-cement	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D	A, C, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E
GRP	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D	A, C, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E
PVC	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E
PE	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, C, D, F, G	A, D	A, D	A, D, E	A, D, E	A, D, E	E	E	E	E	E

[4] LAMBERT A.O., BROWN T.G., TAKIZAWA A., WEIMER D.: *A review of performance indicators for real losses from water supply systems*. Journal of Water Supply – AQUA 48/1999, p. 227–237.

[5] LANGE G.: *Experiences with active leak detection*. Water Loss 2014 – conference materials, Wien 2014.


[6] PUUST R., KAPELAN Z., SAVIC D.A., KOPPEL T.: *A review of methods for leakage management in pipe networks*. Urban Water Journal No 7, 24 February 2010, p. 25–45.

[7] Strona internetowa firmy: Seba kmt: www.sebakmt.com.

[8] Strona internetowa firmy: Gutermann: www.gutermann-water.com.

[9] Strona internetowa firmy: Aqualogy: www.aqualogy.net.

[10] Strona internetowa firmy: Pure-technology: www.puretechltd.com.

 **Ewelina Kilian** – Politechnika Śląska w Gliwicach, Bytomskie Przedsiębiorstwo Komunalne Sp. z o. o., e-mail: ewelina.kilian@polsl.pl

artykuł recenzowany

reklama



Preferujesz internet?

Wypromuj się na

www.nis.com.pl