

ISSN 1644-9341

WYDAWCA

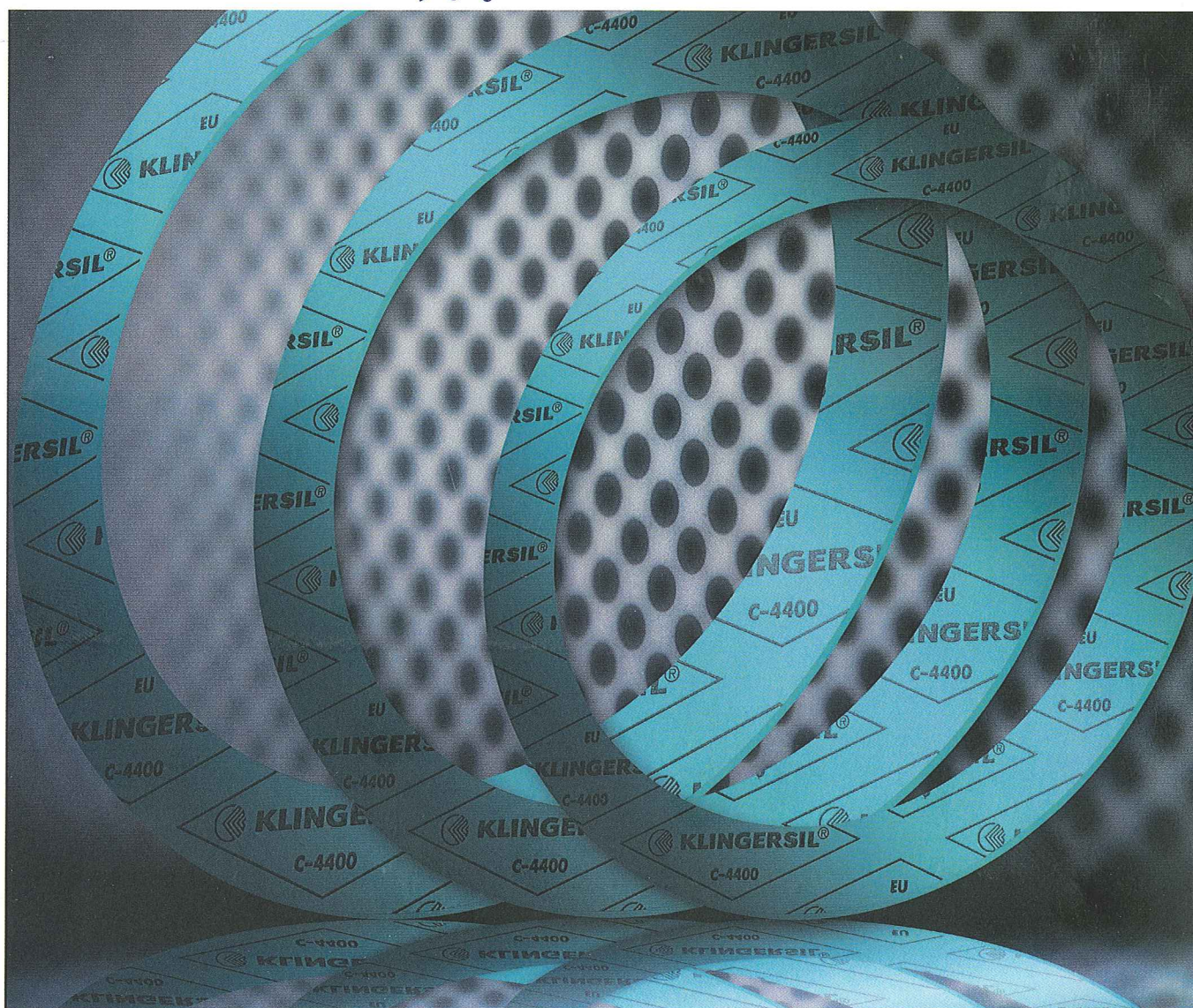
PRZEDSIĘBIORSTWO  
NAUKOWO-TECHNICZNE  
CIBET Sp. z o.o.

# Armatura i Rurociągi

Kwartalnik techniczny · Zeszyt 2/2009 (kwiecień – czerwiec), (rok IX)



Materiał uszczelniający KLINGERSIL®



*Connect with Quality*

# Ograniczenie strat wody w wodociągach

## Efektywny nadzór sieci za pomocą nowego systemu monitorowania

Gerald Gangl, Ralf Dietz; Stuttgart \*)

Dziś znane są różne metody pomiaru ubytków wody w sieciach wodociągowych, które, w zależności od materiału, średnicy rurociągu i innych warunków dodatkowych mają swoje zalety, jak i wady. Przedsiębiorstwa **EnBW** i **RBS wave** opracowały system monitoringu, który może być zastosowany do wszystkich materiałów i średnic rurociągów oraz umożliwia prowadzenie opłacalnego, ustawicznego nadzoru. Zastosowana technika pomiarowa dostarcza wyników o dużej dokładności, które za pośrednictwem narzędzia analitycznego na bieżąco informują o stanie sieci. System monitoringu nie ma sztywno wyznaczonych stref pomiarowych. Ponieważ urządzenia pomiarowe zainstalowane są bezpośrednio na rurze – bez konieczności budowania kosztownych studzienek rewizyjnych, a zasilanie dostarczane jest z sieci oświetleniowej ulicznej lub przez ogniwa słoneczne – rozwiązanie **LeakControl** zyskuje znaczną przewagę nad tradycyjnymi systemami zapewniającymi skuteczny nadzór sieci.

Straty wody w sieciach wodociągowych są największym utrudnieniem, w skali całego świata, które nie sprzyja zapewnieniu stabilności zaopatrzenia. Jednak również w krajach, w których infrastruktura wodociągowa jest w dobrym stanie, takich jak Niemcy, Austria i Szwajcaria, rośnie znaczenie wiedzy o ubytkach wody w wodociągach oraz o zarządzaniu nimi. Dokładna znajomość rozmiaru strat wody jest szczególnie ważna dla skutecznego planowania eksploatacji i konserwacji, ponieważ sieci dystrybucyjne nie są poddawane bezpośrednio inspekcji, a ich stan oceniany jest między innymi w oparciu o wielkość ubytków.

Wycieki wody należy utrzymywać na możliwie niskim poziomie tak ze względów ekologicznych, jak i higienicznych, ekonomicznych oraz prawnych. Niska wartość ubytków jest miarodajnym wskaźnikiem dobrego stanu rurociągów oraz ogranicza nakłady na bieżącą konserwację. Sieć wodociągowa nigdy nie jest jednak w 100% szczelna. Dopuszczalny zakres tolerancji dla budowy sieci, jakości podłoża, połączeń, a także zewnętrzne czynniki i starzenie się zastosowanych materiałów powodują mniejsze lub większe wycieki. Aby zakwalifikować ilościowo straty wody, żeby na tej podstawie podjąć działania zmierzające do ograniczenia ubytków, potrzebne są znormalizowane wskaźniki i wartości graniczne. Krajowe i międzynarodowe organizacje takie jak: **International Water Association** (Międzynarodowa Organizacja ds. Wody), **Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches** (Niemieckie Zrzeszenie Branży Gazowej i Wodociągowej) publikują parametry i wskaźniki obliczane na podstawie różnych wartości wejściowych. Wyniki obliczeń informują przedsiębiorstwa, jaki jest stan sieci wodociągowej oraz czy konieczne jest zmniejszenie strat.

### Rozpoznawanie ubytków wody

Straty wody na obecnym etapie rozwoju technicznego można badać używając różnych metod, które trzeba przystosować do warunków panujących

w danej sieci wodociągowej. Przede wszystkim należy uwzględnić strukturę dystrybucji, rodzaj zastosowanych materiałów i średnice ułożonych rurociągów.

Grupa robocza **Water Loss Task Force (WLTF)** w organizacji **International Water Association** już od kilku lat zajmuje się zagadnieniem wyznaczania strat i ich redukcji. WLTF proponuje etapową procedurę: „LLP – Localize, Locate, Pinpoint”, czyli zawężenie rejonu występowania wycieku, przybliżona lokalizacja i dokładne umiejscowienie [1].

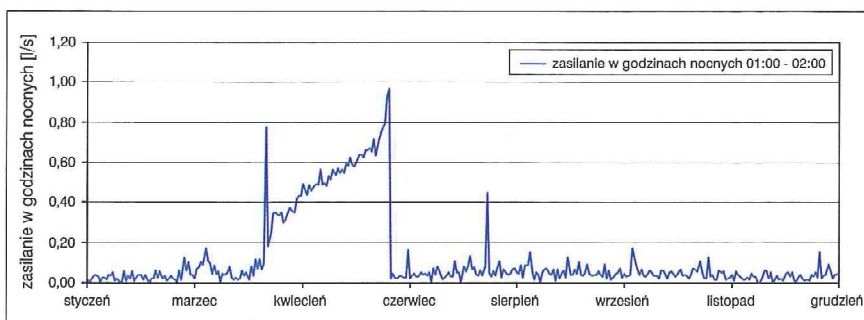
### Metody pomiarowe

Gdy następuje wypływ wody w wyniku rozszczelnienia sieci, ubytek można stwierdzić, korzystając z trzech następujących metod:

1. **Pomiar natężenia przepływu.** Natężenie przepływu można zmierzyć na różne sposoby. Oprócz mierników mechanicznych, które zazwyczaj pełnią funkcję wodomierzy u odbiorców końcowych, wykorzystywane są ultradźwiękowe narzędzia pomiarowe lub magnetyczno-indukcyjne mierniki natężenia przepływu. Wskutek ubytku masy wody zmienia się prędkość przepływu. Porównanie z wartością referencyjną pozwala na stwierdzenie wycieku.

2. **Pomiar ciśnienia.** Pomiar można wykonać przy użyciu membrany, na którą przepływające medium wywiera określony nacisk. Jeżeli woda nie przepływa, nie występuje ciśnienie hydrostatyczne. Gdy woda wycieka wskutek uszkodzenia sieci, ciśnienie w rurze spada, a porównanie jego wartości z pomiarem referencyjnym umożliwia wykrycie wycieku.

3. **Pomiar szumów.** Podczas wypływu cieczy w miejscu uszkodzenia powstają fale dźwiękowe (drgania), które w słupie wody rozprzestrzeniają się w obu kierunkach. Powstające w tym czasie drgania (fale) w zależności od materiału i przekroju rurociągu mogą mieć bardzo małą lub bardzo dużą wartość. Konieczne jest, żeby materiał podatny był na drgania. W przypadku rur meta-



Ilustracja 1. Zmiana minimalnego zasilania w godzinach nocnych w strefie pomiarowej (DMA)



lowych w normalnych warunkach nie ma z tym żadnych trudności, natomiast materiały niemetalowe zachowują się bardzo biernie, przynoszą sygnał słabo, w znikomym stopniu lub wcale [2].

#### Bilans wodny

Każda dyskusja o stratach wody powinna być poprzedzona precyzyjną definicją pojęcia wchodzących w skład bilansu. Dokładny i obszerny pomiar masy wody zgromadzonej w sieci rurociągowej i z niej oddawanej jest nieodzownym elementem wyznaczania ubytków wody. Stały nadzór wymaga nieustannego gromadzenia danych pomiarowych istotnych dla danego segmentu rurociągu, jak np. natężenie przepływu, ciśnienie i poziom napełnienia [3].

Dla miarodajności bilansu wodnego zasadnicze znaczenie ma pomiar masy wody wprowadzanych i wyprowadzanych z rurociągu. Niedokładność pomiaru powoduje zafałszowanie wyników, wskutek czego przedsiębiorstwo wodociągowe wypada lepiej lub gorzej. Krajowe i międzynarodowe organizacje (IWA, DVGW) podają wytyczne dla sporządzania bilansu wodnego określa-

jące, które elementy należy uwzględnić i jak ocenić ich rząd wielkości w przypadku braków w danych pomiarowych. Bilans wodny zawsze opiera się na zestawieniu ilości wody, którą został wodociąg zasilony, przesyłanej masy oraz zużycia, za każdym razem dla jednoznacznie wyznaczonego obszaru pomiarowego. Przepisy prawne zobowiązują do przygotowania co najmniej jednego bilansu wodnego rocznie.

#### Powszechne metody nadzoru

Przygotowanie bilansu wodnego dla całej sieci pozwala stwierdzić ogólne zmiany, zwłaszcza wtedy gdy roczny rozmiar zasilania zostanie porównany z roczną wartością zużycia. Roczny bilans pokazuje jedynie stan z przeszłości, na który można zareagować dopiero po pewnym czasie. Jedynie ciągły nadzór pozwala na szybkie wykrycie wycieku i ograniczenie czasu narastania strat.

#### Pomiar strefowy

Jako rozwiązanie zgodne z obecnym stanem techniki organizacja IWA opisuje stworzenie stref pomiarowych, tak

zwanych District Metered Areas (DMA). Przez pojęcie strefa pomiarowa należy rozumieć wyraźnie wydzielony hydraulicznie fragment sieci wodociągowej, w którym następuje pomiar rozkładu przepływów. Aby określić straty wody, zazwyczaj w obszarze tym porównuje się wielkość zasilania i zużycia w porze nocnej [4].

Zaletą obszaru wyraźnie wydzielonego hydraulicznie polega na tym, że masy wody wprowadzane do strefy przez określone punkty zasilające można w prosty sposób wyznaczyć za pomocą przepływomierzy. Hydrauliczne odcięcie innych stref sieci za pomocą zasuw umożliwia łatwy pomiar zasilania w jednoznacznie zdefiniowanych miejscach. Zmiana minimalnego przepływu w godzinach nocnych wyraźnie wskazuje na powstawanie wycieku (ilustr. 1).

IWA w wytycznych dotyczących stref pomiarowych (DMA Guidance Notes [4]) proponuje obszar o wielkości od 500 do 3000 przyłączy domowych. W zbyt dużych strefach trudno jest rozpoznać zmiany przepływu spowodowane wyciekami.

Wadą omawianej metody jest konieczność hydraulicznego podziału sieci.

REKLAMA

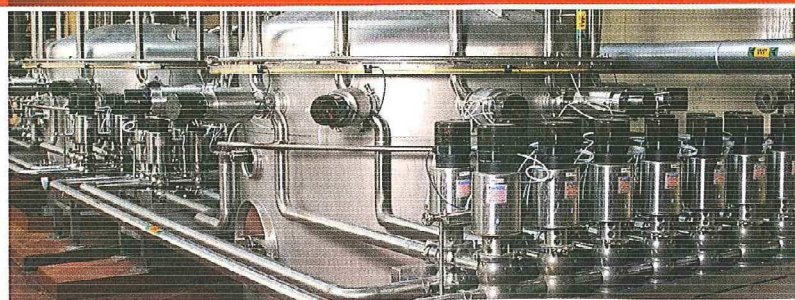
**investa**<sup>®</sup>  
*stabe do usług!*



**DOSTAWCA  
MATERIAŁÓW  
INSTALACYJNYCH**

#### RURY i ARMATURA

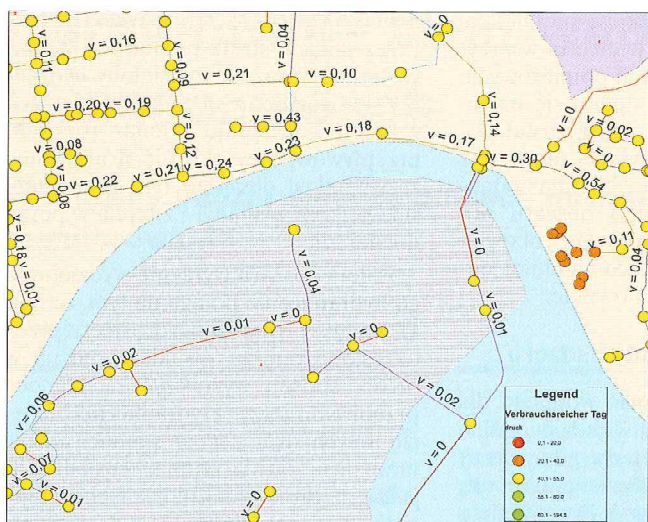
- ze stali kwasoodpornej w wykonaniu spawanym i bezszwowym
- szeroki zakres wymiarów i gatunków dostępnych ze składu



Zapraszamy do współpracy z naszymi oddziałami:

|                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| Wrocław            | tel. (071) 35 27 634 |
| Września           | tel. (061) 64 03 404 |
| Warszawa           | tel. (022) 71 82 200 |
| Sosnowiec          | tel. (032) 78 14 781 |
| Pruszcz Gdański    | tel. (058) 77 39 777 |
| Lidzbark Warmiński | tel. (089) 76 74 513 |

Więcej informacji: [www.investa.pl](http://www.investa.pl)



Ilustracja 2. Hydrauliczne wydzielenie stref DMA wraz z obszarami stagnacji

W przypadku pęknięcia rury w rozgałęzionej sieci dostawa nie jest wstrzymywana, ponieważ woda może opłynąć odcięty odcinek okolicznymi rurociągami. Zaopatrzenie w wodę gaśniczą realizowane przez rozgałęzioną sieć jest z reguły bardziej niezawodne, gdyż woda może dotrzeć do hydrantu więcej niż jednym przewodem. Wskutek stworzenia odciętych stref na krańcach mogą powstać obszary stagnacji, gdzie w następstwie niskiej prędkości przepływu i dłuższego przebywania nawarstwiają się osady, inkrustacja i dochodzi do zagrożenia higienicznego. Na *ilustr. 2* przedstawiono krańcowy obszar odciętej strefy pomiarowej, prędkości przepływu są tam podczas wysokiego obciążenia dziennego bardzo niskie, ze względu na rozkład ciśnień oddzielenie nie byłoby konieczne.

## Pomiar poziomu szumów

Metoda polega na pomiarze szumów generowanych w miejscach wycieku. Pomiary wykonywane są przez mierniki lub rejestratory szumu zainstalowane na stałe w rurociągu bądź też przeprowadza się tymczasowe pomiary w poszczególnych strefach. Jak już wspomniano, rozprzestrzenianie się dźwięku wywołanego przez wyciek silnie zależy od zastosowanego materiału rurociągu. W sieciach metalowych promień między urządzeniami mogą wynosić do 200 m, w rurociągach niemetalowych promień między osprzętem rejestrującym dźwięk materiałowy nie mogą przekraczać 80 do 100 m [2].

Zaletą urządzeń pomiarowych jest rzetelny nadzór nad fragmentami sieci przy zaangażowaniu niewielkiej ilości personelu. Dane można gromadzić zdalnie, przejeżdżając w pobliżu samochodem. Zastosowanie powyższej metody jest opłacalne przede wszystkim w

metalowych rurociągach o odpowiednim przewodzeniu dźwięku.

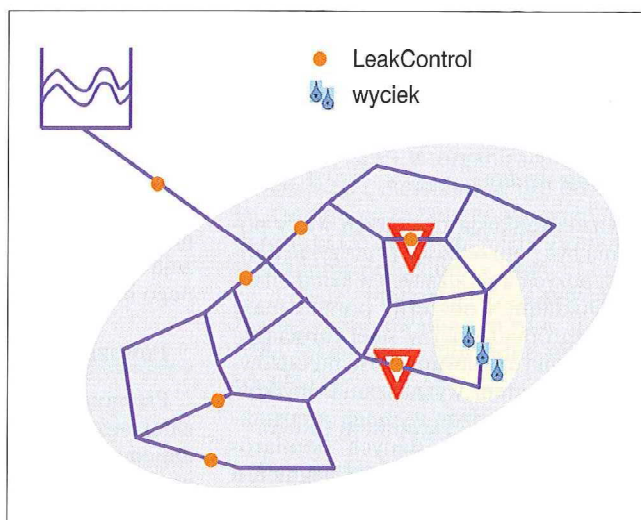
Natomiast wadą rozwiązania jest fakt, że szum generowany w miejscu wycieku nie pozwala ustalić jego skali. W związku z tym wykrywane są nawet najmniejsze przecieki, których niezwłoczna naprawa nie zawsze okazuje się uzasadniona ekonomicznie, lecz może zostać wykonana razem z planowanymi pracami remontowymi. Kolejnym problemem jest zastosowanie tej technologii w rurociągach niemetalowych, jak zaznaczono powyżej. Skuteczny nadzór wymaga wtedy zastosowania większej liczby urządzeń, co stawia pod znakiem zapytania opłacalność systemu.

Mierniki poziomu szumu zawodzą zwłaszcza wtedy, gdy pracują na niemetalowych przyłączach domowych, ponieważ rozprzestrzenianie się dźwięku jest bardzo silnie tłumione przez strukturę materiału. Z praktyki wynika, że w takich wypadkach wycieki często pozostają niewykryte.

Urządzenia do pomiaru poziomu szumów z powodzeniem sprawdzają się przy tymczasowym pomiarze poszczególnych stref, gdy celem jest już lokalizacja wycieków, ponieważ ich instalacja przebiega szybko i przy określonej liczbie sztuk dostarczają dokładnej informacji o wycieku.

## Monitoring w systemie LeakControl

Opisane powyżej metody monitorowania stanu sieci wodociagowych, jak już zaznaczono, mają ograniczenie co do możliwości zastosowania i związanych z nimi nakładów. Celem inżynierów z przedsiębiorstwa EnBW i firmy-córki RBS było wobec tego stworzenie nowoczesnego systemu monitoringu, który pracowałby bezustannie, wykrywałby niezwłocznie wycieki oraz umożliwiałby



Ilustracja 3. Umieszczenie wycieku za pomocą systemu LeakControl

przybliżoną lokalizację. W efekcie możliwa byłaby natychmiastowa reakcja, a także ograniczenie wydatków na wstępną lokalizację. System realizowałby także etapy wykrywania strat wody postulowane przez organizacje IWA i DVGW.

Aby stworzyć narzędzie monitorujące, które można byłoby stosować do każdego rodzaju materiału, założono, że przepływ będzie najważniejszym parametrem podlegającym nadzorowi. Pomiar prędkości przepływu i jego wahań okazał się w praktyce bardzo precyzyjny i wiarygodny.

W przeciwieństwie do metody stref DMA system LeakControl nie koncentruje się na bilansowaniu, lecz na zmianie rozkładu przepływów w rozgałęzionej sieci. Nie jest zatem konieczna modyfikacja istniejącej struktury sieci.

## Ogólna zasada działania

LeakControl niezwłocznie wykazuje wyraźne zmiany przepływu. Jeżeli odchylenia wartości utrzymują się przez dwa do trzech dni, z pewnością spowodowane są przez wyciek, a nie przez zmienne zapotrzebowanie. Jeśli w sieci zainstalowano większą liczbę czujników, w zależności od oddalenia wycieku różnie one reagują. Pozwala to w przybliżeniu umiejscowić uszkodzenie, co znacznie ogranicza nakłady na wstępną lokalizację (*ilustr. 3*).

System monitorowania firmy EnBW analizuje tylko przepływ w godzinach nocnych, czyli w okresie małego zużycia, ponieważ wtedy najłatwiej jest wychwycić wyciekającą ilość wody. Pomiary realizują precyzyjne ultradźwiękowe mierniki przepływu. Dolna granica pomiaru tą metodą wynosi około 1 cm/s, czyli bardzo mała prędkość przepływu, dzięki czemu rejestrowane są nawet najmniejsze wycieki.



### Metoda pomiarowa

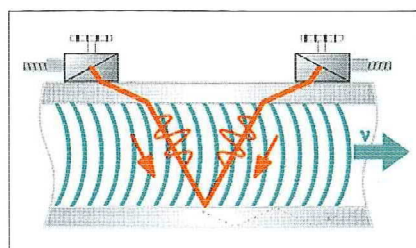
Do pomiaru przepływu medium przez rurociąg wykorzystuje się różnicę czasów przejścia fal ultradźwiękowych. Sygnał dźwiękowy wysyłany przez jeden czujnik zainstalowany na rurociągu odbierany jest przez drugi czujnik po odbiciu po drugiej stronie rury. Czujniki nadają sygnały naprzemiennie w kierunku przepływu oraz przeciwnie do niego. Ponieważ medium, w którym rozprzestrzenia się ultradźwięk płynie, czas przejścia sygnału dźwiękowego zgodnie z kierunkiem przepływu medium jest krótszy niż czas przejścia sygnału przeciwnie do kierunku (ilustr. 4).

Różnica czasów przejścia  $\Delta t$  jest rejestrowana i umożliwia określenie średniej prędkości przepływu na odcinku pokonywanym przez dźwięk. Dzięki korekcji przekroju poprzecznego można obliczyć występującą w nim średnią prędkość przepływu, która jest proporcjonalna do przepływu objętościowego. Specjalny układ elektroniczny kontroluje nadchodzące sygnały ultradźwiękowe pod względem ich przydatności do pomiaru i ocenia wiarygodność wartości pomiarowych. Zintegrowany mikroprocesor steruje całym przebiegiem pomiaru i dzięki statystycznemu przetwarzaniu sygnałów eliminuje sygnały fałszywe.

Kontrola jakości nadchodzących sygnałów ultradźwiękowych umożliwia optymalnie umiejscowienie obu czujników, a także wykrycie oraz ograniczenie wpływu osadów i inkrustacji.

### Montaż

Aby obniżyć koszty zainstalowania systemu monitorowania, zdecydowano się na przepływomierze ultradźwiękowe montowane na istniejącym rurociągu. W efekcie nie jest konieczne przerywanie pracy rurociągu w trakcie montażu lub nawiercanie rury. Czujniki pomiarowe można umieścić w ziemi bądź w dostępnych studzienkach rezygnacji przyrządu montażowego bez konieczności użycia studzienki. Cały osprzęt



Ilustracja 4. Schematyczne przedstawienie metody pomiarowej

pomiarowy i przesyłu danych zabezpieczony jest w szafce na poziomie ziemi w pobliżu punktu pomiarowego.

Zasilanie odbywa się zazwyczaj z ulicznej sieci oświetleniowej. Alternatywnym rozwiązaniem jest wykorzystanie ogniw fotowoltaicznych. Dane pomiarowe przesyłane są za pośrednictwem sieci telefonii komórkowej (GSM) do centrali, gdzie są automatycznie analizowane dzięki specjalnie opracowanemu oprogramowaniu.

### Analiza

Oprogramowanie analityczne wykonuje analizę i wizualizację danych pomiarowych. Aktualny stan sieci wodociągowej traktowany jest jako stan wyjściowy, a wzrost przepływu względem niego traktuje się jako wartość odniesienia. W mniejszych fragmentach sieci dzięki optymalnemu umiejscowieniu urządzeń pomiarowych możliwe jest również wyznaczenie głównego punktu działania za pomocą nocnych pomiarów przepływu, w sytuacji gdy tak zwany podstawowy ubytek wody (background leakage) silnie waha się na różnych obszarach (ilustr. 5).

Jeżeli w rezultacie zabiegów remontowych ograniczony zostanie minimalny przepływ nocny, urządzenie automatycznie dostosowuje się do bieżącej poprawionej sytuacji. Następuje obniżenie wartości granicznej dla dopuszczalnych zmian przepływu.

Oprogramowanie umożliwia również, o ile jest to uzasadnione przez rozmieszczenie czujników w sieci, nakładanie i bilansowanie hydrogramów.

### Podsumowanie

Dostępne są różne metody pomiaru strat wody w sieci wodociągowej, które w zależności od materiału i średnicy rurociągu oraz innych warunków pobocznych ujawniają zalety i wady. Dlatego też przedsiębiorstwo wodociągowe powinno z góry ocenić, która metoda jest odpowiednia dla własnego systemu.

Przedsiębiorstwa EnBW i RBS wave, opierając się na wieloletnich doświadczeniach zgromadzonych we własnym systemie wodociągowym oraz dzięki świadczeniu usług dla innych sieci, opracowały system monitorowania, który współpracuje ze wszystkimi materiałami i średnicami rurociągów oraz zapewnia niedrogi stały nadzór. Zastosowana technika pomiarowa dostarcza danych o wysokiej dokładności, które są na bieżąco przetwarzane przez oprogramowanie analityczne w celu ustalenia aktualnego stanu sieci.

Rezygnacja ze ściśle wyznaczonych stref pomiarowych, mocowanie urządzeń pomiarowych bezpośrednio na rurze bez konieczności budowania drogich studzienek oraz zasilanie z sieci oświetlenia ulicznego lub za pomocą paneli słonecznych, umożliwia każdemu przedsiębiorstwu wodociągowemu dostosowanie systemu do własnej sieci, co jest znaczącą przewagą nad tradycyjnymi metodami. Efektem jest skuteczny nadzór sieci wodociągowej.

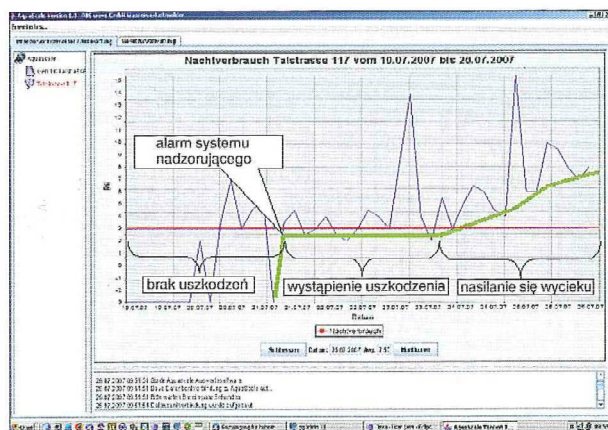
Prezentowany w artykule system monitoringu zrealizowano już w pięciu niemieckich przedsiębiorstwach wodociągowych na terenie Badenii-Wirtembergii, a planowane jest wykonanie pięciu kolejnych projektów.

### Literatura

- [1] Hamilton, S.: acoustic leak detection (2007), [www.iwaom.org/wlrf](http://www.iwaom.org/wlrf)
- [2] Heydenreich, M.; Hoch, W.: Praxis der Wasserverlustreduzierung (2008) DVGW, Bonn, ISBN 978-3-89554-171-1
- [3] DVGW W 392 „Rohrnetzinspektion und Wasserverluste – Maßnahmen, Verfahren und Bewertungen” (2003)
- [4] Morrison, J.; Tooms, S.; Rogers, D.: District Metered Areas Guidance Notes, Draft 2/2007 – Version 1, [www.iwaom.org/wlrf](http://www.iwaom.org/wlrf)

\*) Dr inż. G. Gangl – RBS wave GmbH, Stuttgart (Niemcy); mgr inż. R. Dietz – EnBW Regional AG, Stuttgart (Niemcy).

Tłumaczenie artykułu z „3R international”, z. 8-9/2008, ss. 493 – 496.



Ilustracja 5. Analiza danych pomiarowych

