

Monitoring krakowskiej sieci kanalizacyjnej

tekst: ANNA BIEDRZYCKA, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, grafika: MPWIK SA w KRAKOWIE

Wraz z rozbudową sieci kanalizacyjnych doskonalone są narzędzia do monitorowania ich pracy. Nowoczesnym, kompleksowym systemem monitoringu dysponują Wodociągi Krakowskie, które operują siecią kanalizacyjną o długości ok. 1770 km. Wśród najważniejszych celów stosowania monitoringu są bieżące sterowanie pracą oraz zdalny nadzór nad pracą obiektów technologicznych, planowanie przeglądów i remontów, archiwizacja danych z pomiarów.

„Wysoki poziom rozwoju technologii komputerowych oraz coraz doskonalsze urządzenia pomiarowe pozwoliły na szersze zastosowanie monitoringu w kanalizacji i wodociągach. Obecnie istnieje szerokie grono producentów dostarczających najwyższej jakości urządzenia, które w swojej pracy wykorzystują najnowsze technologie. Mając dostęp do najnowszych technologii, mieliśmy zatem pełny zakres możliwości podczas projektowania i planowania systemu monitoringu sieci kanalizacyjnych – mówi dr inż. Tadeusz Żaba, dyrektor produkcji Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji SA w Krakowie. – Projektując taki system, od początku należy jasno określić cele i zadania, które monitoring ma spełniać. Znając dokładnie stan i budowę całej sieci, można rozplanować punkty pomiarowe w strategicznych lokalizacjach, tak aby zastosowany system dawał możliwie najlepsze efekty. Z upływem lat zmieniały się stosowane przez nasze przedsiębiorstwo metody pomiarów oraz używane przyrządy pomiarowe. Zawsze jednak starano się wybierać urządzenia, które najlepiej spełniały zadania stawiane systemowi monitorowania”.

Wodociągi Krakowskie wykorzystują obecnie szereg różnego rodzaju urządzeń pomiarowych różnych producentów. „Przy ich doborze głównym kryterium była ich niezawodność oraz dokładność pomiaru – kontynuuje dyr. Tadeusz Żaba. – Ważnym elementem było również bezobsługowe działanie tych urządzeń. Są to zarówno przetworniki poziomu, natężenia przepływu, jak i nowoczesne deszczomierze. W przepompowniach zainstalowano wielofunkcyjne urządzenia, które oprócz pomiarów hydraulicznych zliczają zużyta energię elektryczną, pełnią funkcje alarmowe, a dzięki specjalistycznemu oprogramowaniu również zarządzają pracą przepompowni ścieków. Jednym z kryteriów doboru urządzeń pomiarowych była możliwość ich współpracy z oprogramowaniem pozwalającym możliwie łatwo i intuicyjnie zarządzać tak rozbudowaną infrastrukturą, jak monitoring sieci dużego miasta”.

System kanalizacyjny Krakowa

Mieszkańcy Krakowa wytwarzają w bezdeszczowy dzień ok. 220 tys. m³ ścieków sanitarnych, kierowanych do oczyszczalni. Wielkość ta wzrasta do ok. 1 mln m³ ścieków podczas gwałtownych deszczów, ponieważ część kanalizacji pracuje w systemie ogólnospławnym. Pozostała część wód opadowych odprowadzana jest za pośrednictwem przelewów burzowych bezpośred-

nio do odbiornika. Krakowski system kanalizacyjny posiada 36 takich przelewów.

System kanalizacyjny Krakowa składa się z dwóch dużych oddzielnych systemów, posiadających własne oczyszczalnie ścieków. System krakowski z oczyszczalnią ścieków Płaszów obsługuje ponad 500 tys. mieszkańców, a system nowohucki – z oczyszczalnią Kujawy – ok. 250 tys. Obydwa systemy pracują grawitacyjnie, natomiast w rejonach, w których grawitacyjne odprowadzenie ścieków do systemu centralnego jest ze względów wysokościowych niemożliwe, funkcjonują lokalne sieci kanalizacyjne z sześcioma lokalnymi oczyszczalniami ścieków. Kanalizacja Krakowa i Nowej Huty rozwiązana jest w systemie ogólnospławnym w centralnych rejonach miasta, a na jego obrzeżach w systemie rozdzielczym. Główne kolektory kanalizacyjne Krakowa, mimo iż powstały na początku XX w., posiadają rezerwę przepustowości i są w stanie nadal sprawnie funkcjonować. Pozwala to na podłączanie do centralnego układu kanalizacyjnego nowych obszarów, które znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie istniejących końcówek kanałów. Na tych terenach wykonuje się kanalizację rozdzielczą, za pomocą której ścieki sanitarne odprowadzane są do układu centralnego, a ścieki deszczowe do lokalnych cieków wodnych. Sukcesywnie prowadzona jest renowacja lub wymiana uszkodzonych przewodów kanalizacyjnych – rocznie remontom kapitalnym poddawanych jest ok. 10 km kanałów. Jeśli jest to tylko możliwe, remonty przeprowadza się metodami bezwykopowymi. W ostatnich latach dzięki pojawieniu się nowoczesnych technologii bezwykopowych w podobny sposób są także budowane nowe kanały.

Ze względu na przyszłe kierunki rozwoju Krakowa oraz przepustowość systemu kanalizacyjnego strategicznym celem działań w ostatnich latach stało się przełączenie części zlewni Krakowa do systemu kanalizacyjnego Nowej Huty. Rozwiązanie to, wprowadzone pięć lat temu, polega na odprowadzaniu ścieków z lewobrzeżnej zlewni Białyfuchy do oczyszczalni ścieków Kujawy za pomocą kolektora dolnej terasy Wisły, tzw. kolektora DTW. Jego trasa przebiega od Dąbia przez Łęg do Mogiły. W rejonie ul. Żaglowej powstała pompownia sieciowa przetłaczająca ścieki do drugiej nitki kolektora głównego w Nowej Hucie. Odciąża to syfon pod Wisłą oraz oczyszczalnię w Płaszowie, a powstała w ten sposób rezerwa przepustowości umożliwi dalszą rozbudowę osiedli mieszkaniowych w lewobrzeżnej czę-

ści Krakowa. Usprawnienie działania systemu kanalizacyjnego oraz posiadane rezerwy przepustowości oczyszczalni ścieków Kujawy i Płaszów pozwalają nie tylko na dalszą rozbudowę sieci, ale również na przyłączanie gmin ościennych do systemu ściekowego miasta.

Transmisja danych łąkami światłowodowymi

Część transmisji danych z pomiarów realizowanych na krakowskiej sieci kanalizacyjnej odbywa się łąkami światłowodowymi. Wodociągi Krakowskie jako pierwsze w Polsce rozpoczęły w 2000 r. układanie światłowodów wewnątrz przewodów kanalizacyjnych. Obecnie sieć światłowodowa liczy 130 km, komunikując ze sobą najważniejsze obiekty technologiczne i ułatwiając ich opomiarowanie. Montaż światłowodów ma tę ogromną zaletę, że w większości przypadków nie wiąże się z uzyskaniem zgody właścicieli gruntów i pozwoleń na budowę, wykonywaniem ziemnych prac budowlanych, ponoszeniem kosztów administracyjnych.

Ma to szczególne znaczenie w miejscach, gdzie wybudowanie od podstaw kanału teletechnicznego z przyczyn obiektywnych staje się wręcz niemożliwe. Dlatego z łąkami światłowodowymi połączonych w przewodach kanalizacyjnych korzystają też inne podmioty, prowadzące osiedlowe lub miejskie sieci telewizji kablowej, sieci internetowe, sieci monitoringu wizyjnego czy sieci rozproszone na potrzeby korporacyjne, urzędowe, uczelniane, służb ratunkowych i porządkowych. Zgodę wydaje właściciel kanalizacji, czyli Wodociągi Krakowskie.

Wejście w kanały otwiera nieograniczone możliwościłączenia dowolnych punktów znajdujących się w nawet najbardziej zagęszczonych rejonach aglomeracji miejskich. Trzeba jednak pamiętać, że każda ingerencja w instalacje kanalizacyjne powoduje utrudnienia eksploatacyjne dla operatora. Dlatego też bardzo ważne jest wybranie takiej metody, która w najmniejszym stopniu spowoduje utrudnienia na tym polu. Szczególnie jest to istotne w przypadku kanałów nieprzełazowych.

Dla sprawnego zarządzania przepływem informacji przyjęto, iż dane pomiarowe uzyskane z pomiarów realizowanych w wytypowanych punktach na krakowskiej sieci kanalizacyjnej są zbierane przez sterowniki obiektowe. Każdy obiekt jest wyposażony w indywidualny sterownik, którego jednym z zadań jest zbieranie informacji z pomiarów. Wyniki pomiarów są następnie agregowane i przesyłane do systemu nadzorczo.

W przypadku rozproszonej struktury systemu konieczne jest stosowanie różnego rodzaju transmisji. Jednym z nich jest technologia bezprzewodowej transmisji danych, która przy niewielkich nakładach finansowych umożliwia praktycznie bezobsługową łączność z wszystkimi monitorowanymi obiektami. O wyborze rodzaju transmisji decydują uwarunkowania techniczne, takie jak zasięg, oraz uwarunkowania lokalne, m.in. możliwość zabudowy urządzeń do transmisji. System ten systematycznie się rozwija i obecnie większość danych pomiarowych z obiektów rozproszonych przesyłana jest za pośrednictwem sieci telefonii komórkowej GSM. Transmisję taką można realizować za pomocą komunikatów SMS, łączy SDT lub korzystając z pakietów GPRS. W dzisiejszych czasach głównie stosowana jest ta ostatnia metoda. Opiera się na sterownikach, modemach oraz opcjonalnie serwerach.

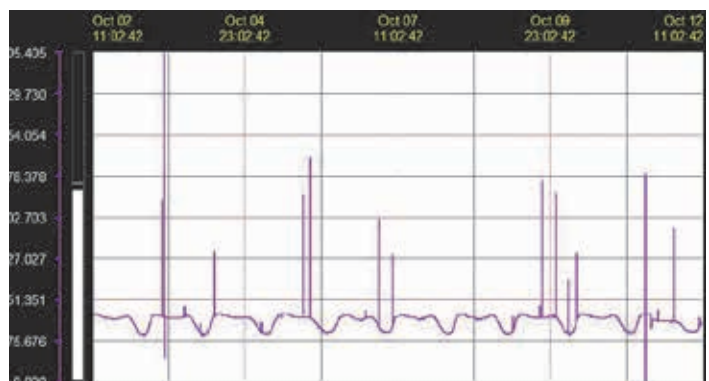
Bieżące sterowanie pracą obiektów

Do sterowania pracą obiektów technologicznych sieci kanalizacyjnych w Krakowie używane są swobodnie programowalne sterowniki PLC, wyposażone w graficzne panele operatorskie i moduły komunikacji z nadrzędnymi systemami SCADA. W przypadku przepompowni ścieków duże znaczenie ma odpowiednie sterowanie układem pompowym. System nadzorujący pracę pomp powinien zapewnić możliwie taki sam czas pracy każdej pompy wchodzącej w skład przepompowni kanalizacyjnej, również tych teoretycznie awaryjnych. Pozwala to na równomierne zużycie pomp. Z kolei funkcja zliczania całkowitej liczby przepracowanych godzin przez poszczególne urządzenia umożliwia określenie żywotności pompy, co w konsekwencji



Ryc. 1. Układ technologiczny pompowni ścieków Wilga

minimalizuje prawdopodobieństwo wystąpienia nieplanowanego przestoju obiektu czy też awarii. Monitoring w takich miejscach odbywa się dzięki wielofunkcyjnym miernikom. Mogą one sterować zespołem do sześciu pomp, a także pełnić wiele innych funkcji, jak np. pomiar natężenia przepływu i poziomu ścieków w kanale, sygnalizowanie alarmu lub kontroli. Dzięki dodatkowo zamontowanym czujnikom mierzącym zużycie energii elektrycznej jedną z wielu funkcji monitorowania jest kontrola pracy przepompowni, pozwalająca zmniejszać wydatki związane z wykorzystaniem energii elektrycznej przez pompy. Na rycinie 1 przedstawiono układ technologiczny przepompowni Wilga wraz z zaznaczonymi elementami informującymi o bieżących parametrach jej pracy, natomiast na rycinie 2 dane z pomiarów realizowanych w tej pompowni.



Ryc. 2. Wyniki pomiarów w przepompowni ścieków Wilga



Ryc. 3. Schemat systemu kanalizacyjnego Krakowa z zaznaczonymi punktami monitoringu

Zdalny nadzór nad pracą obiektów

Dane z monitoringu są wykorzystywane do zdalnego nadzoru nad rozproszonymi obiektami technologicznymi. Ogranicza to nie tylko koszty, ale również zwiększa skuteczność i komfort obsługi. Dzięki szeroko rozwiniętemu systemowi transmisji danych nawet wyjątkowo rozproszona infrastruktura może być w pełni sterowana z jednego miejsca. Odpowiednio dobrane oprogramowanie umożliwia kontrolę pracy całego układu, korzystając z zaledwie kilku monitorów kontrolnych, a czasami nawet jednego. Znacznie skraca to czas reakcji na zmiany w systemie, pozwala także znacząco zredukować liczbę zatrudnionego personelu, co prowadzi do redukcji kosztów utrzymania. System komputerowy nie tylko przekazuje podstawowe informacje o pracy obiektu, ale również przypomina

o konieczności wykonania określonych czynności i działań kontrolnych.

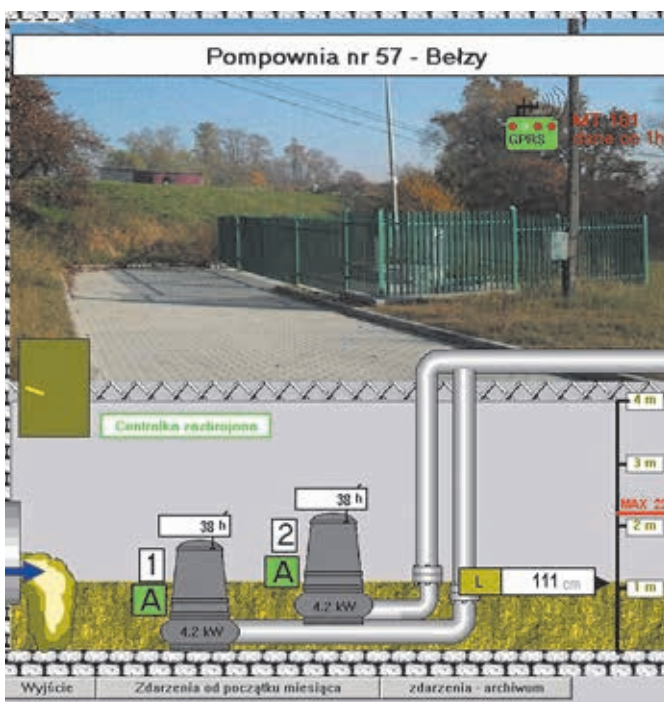
Na rycinie 3 przedstawiono rzut ekranu dyspozytorskiego systemu wizualizacji zastosowanego w Wodociągach Krakowskich. Szczególną uwagę zwraca liczba monitorowanych obiektów. Samych pompowni kanalizacyjnych pracujących w układzie automatycznym jest 68. Wszystkie te obiekty są na bieżąco monitorowane nie tylko pod względem technologicznym, ale także zapewnienia ochrony i ich bezpieczeństwa. Dane pomiarowe przekazywane są do Centralnej Dyspozytorni, gdzie dyspozytor widzi ekran główny, ale również ma do dyspozycji cały szereg ekranów pomocniczych, umożliwiających kontrolę poszczególnych obiektów. Na rycinie 4 przedstawiono z kolei układ technologiczny jednej z pompowni sieciowych.

Z posiadanego systemu można zaczerpnąć bardzo szczegółowe dane dotyczące monitorowanych obiektów. Odbywa się to poprzez system SCADA, dzięki któremu w łatwy sposób operator może uzyskać wgląd w parametry techniczne monitorowanego obiektu. Ponadto system może eksportować wymagane dane pomiarowe do innych programów, np. do Excela. W ostatnim okresie do systemu monitoringu systematycznie włączane są przelewy burzowe. Pozwala to na uzyskiwanie danych dotyczących ich pracy w okresach intensywnych opadów, co w połączeniu z systemem deszczomierzy, które również są montowane, umożliwia dokonywanie analiz pracy systemu odwodnienia miasta. Na rycinie 5 przedstawiono układ monitoringu przelewu burzowego.

System pomiarów i wizualizacji to nie tylko odzwierciedlenie układu hydraulicznego, ale również monitoring szeregu istotnych parametrów pracy kanalizacji. Poza możliwością sprawdzenia stanu poszczególnych obiektów, oprogramowanie wizualizacyjne umożliwia kontrolę w czasie rzeczywistym pracy obiektu technologicznego. W przypadku przepompowni ścieków – oprócz, jak już wspomniano, mierzonego poziomu ścieków w komorze pompowni, zliczanej objętości przepompowanych ścieków czy licznika czasu pracy poszczególnej pompy – jest również dostęp do informacji o zużyciu energii elektrycznej czy ostrzeżeń w przypadku wystąpienia stanów alarmowych. Na rycinie 6 przedstawiono ekran operatorski jednej z krakowskich przepompowni ścieków, realizowany w oprogramowaniu wizualizacyjnym Intouch. Uwagę zwraca przejrzystość i czytelność struktury, łatwy dostęp do informacji, a także wysoce rozwinięty system funkcji alarmowych. Przyjęta struktura monitoringu pozwala na bieżący podgląd pracy każdej z 68 przepompowni ścieków.

Archiwizacja danych z pomiarów

Wszystkie dane z systemów pomiarowych są w MPWiK SA w Krakowie archiwizowane. W tym celu wprowadzono odpowiednie procedury archiwizacji. Dane zbierane są na serwerach głównych, po każdej zmianie przygotowany jest raport, a po zmianie nocnej dodatkowy raport dobowy. Poza



Ryc. 4. Widok jednej z pompowni pracującej na systemie kanalizacyjnym wraz z układem technologicznym

tym raz w miesiącu wszystkie dane pomiarowe archiwizowane są na odpowiednich nośnikach i zabezpieczane. Olbrzymia liczba informacji, systematycznie poszerzanych o dane z kolejnych okresów, pozwala prognozować i analizować działanie układu na poszczególnych odcinkach. Jest to niezwykle pomocne podczas dalszej rozbudowy sieci czy też budowy nowej o porównywalnych parametrach. Takie informacje pozwalają na dokładniejsze wymiarowanie przewodów, a także na pominięcie niewłaściwych rozwiązań technicznych, które wraz z długością pracy stają się coraz bardziej uciążliwe. Dokładne pomiary wypełnienia kanałów i natężenia przepływu w niewralgicznych punktach dostarczają wiedzy na temat możliwości lub jej braku podłączenia dalszych części sieci do danego odcinka kolektora itp. Dlatego właściwe zabezpieczenie danych pomiarowych jest bardzo istotne z punktu widzenia ich późniejszego wykorzystania do analizy pracy systemu. Pomimo zmieniających się tendencji w formie zapisu, stosowane urządzenia do archiwizacji muszą również umożliwić odtworzenie danych zapisanych kilka lat temu.

Dzięki możliwości transmisji danych bezpośrednio do arkusza kalkulacyjnego Excel dane pomiarowe są analizowane nie tylko przez pracowników obsługujących sieć od strony technicznej, ale również przez osoby, które mniej zajmują się kwestiami technicznymi, a bardziej stroną ekonomiczną pracy systemu. Wyniki pomiarów mogą być również cennym źródłem informacji dla pracowników naukowych i studentów.

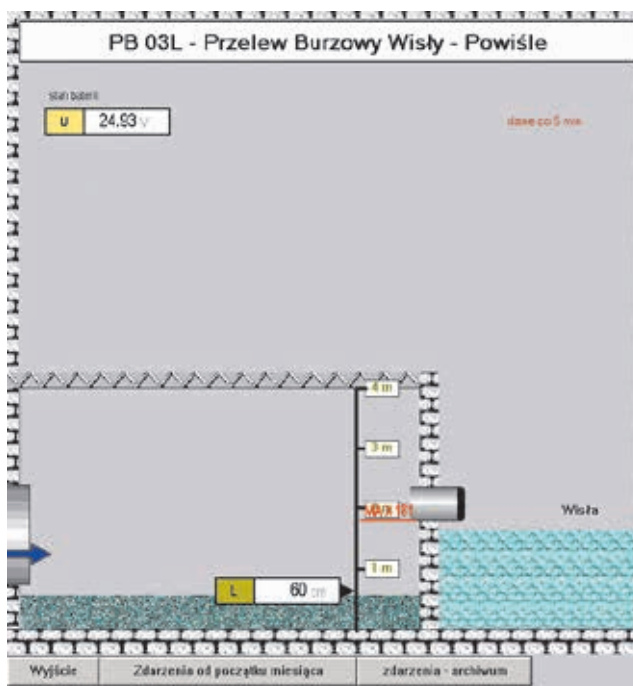
Planowanie przeglądów i remontów

System monitoringu niezależnie od możliwości bieżącego sterowania i nadzoru nad obiektami stanowi cenne narzędzie do planowania niezbędnych przeglądów, zarówno rutynowych, jak i sytuacyjnych (interwencyjnych). Wyniki pomiarów pozwalają na właściwe zaplanowanie koniecznych do przeprowadzenia prac kontrolno-diagnostycznych. Przeglądy i ich rezultaty są następnie podstawą do tworzenia bazy danych na temat stanu technicznego całej infrastruktury sieciowej. Przeglądy to głównie inspekcje telewizyjne wykonywane za pomocą specjalistycznego sprzętu wraz z oprogramowaniem komputerowym. Wykorzystując te dane oraz pozostałe informacje dotyczące infrastruktury, takie jak wiek, materiał oraz średnice kanałów, tworzone są plany eksploatacyjne oraz plany remontów i modernizacji krakowskiej sieci kanalizacyjnej.

Posiadając tak wiele źródeł informacji, można z dużą skutecznością prognozować przyszłe stany układu na podstawie stanu obecnego oraz szybkości i tendencji do zmian w danym obszarze. Ułatwia to także planowanie wymaganych remontów elementów sieci jako prac zapobiegawczych i prewencyjnych, pozwalających na uniknięcie nieplanowanych postojów lub awarii.

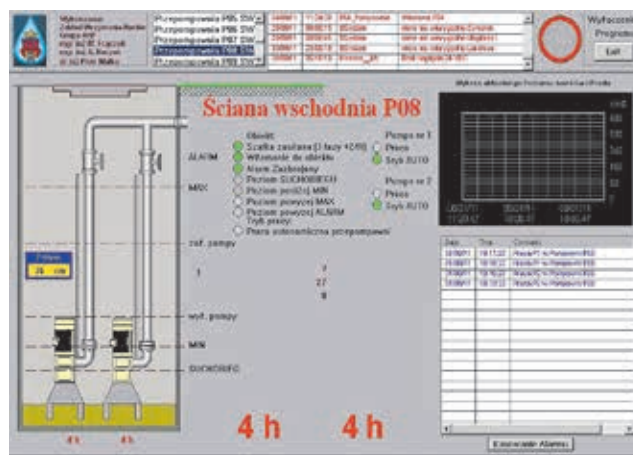
Korzyści z monitoringu – podsumowanie

Z doświadczeń Wodociągów Krakowskich wynika, że rozbudowany i stale wykorzystywany system monitorowania sieci kanalizacyjnej jest znakomitym źródłem informacji, wręcz nieodzownym przy budowaniu i tarowaniu komputerowego modelu hydraulicznego sieci. Dzięki danym z monitoringu istniejąca infrastruktura przewodów wykorzystywana jest w możliwie najefektywniejszy sposób. Monitoring stanowi doskonałą bazę do planowania działań przeglądowych oraz reagowania



Ryc. 5. Widok pomiarów realizowanych na jednym z przelewów burzowych

w przypadku awarii. Ponieważ wszelkie zmiany w pracy sieci zostają wyświetlone w panelu operatorskim monitora dyspozytorskiego, często dyspozytor jest w stanie sam zareagować na występujące nieprawidłowości. Niejednokrotnie możliwe jest zmniejszenie zakresu zniszczeń lub uszkodzeń, gdyż przez pomiary online znacznie skraca się czas reakcji jednostek naprawczo-konserwacyjnych. Dostęp do danych pomiarowych z systemu monitorowania jest szybki i komfortowy za sprawą ich wizualizacji.



Ryc. 6. Ekran kontrolny przepompowni ścieków w MPWiK SA w Krakowie

„Kompleksowy system monitorowania sieci jest wizytówką nowoczesnego przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjnego. Innym pozytywnym aspektem posiadania rozbudowanego systemu monitoringu jest kwestia oszczędności. Polegają one nie tylko na ograniczeniu kosztów wynikających z zatrudnienia personelu, ale głównie na poprawie skuteczności działania, ograniczeniu zużycia energii elektrycznej oraz zmniejszeniu liczby awarii kanalizacyjnych” – podsumowuje dyr. Tadeusz Żaba.

