

Marian Kwietniewski, Katarzyna Miszta-Kruk, Katarzyna Wróbel

Możliwości zastosowania GIS w wodociągach na przykładzie wybranego systemu dystrybucji wody

Tworzenie komputerowych baz danych typu GIS (Geographic Information Systems) można już z pewnością uznać za wiodący kierunek nowoczesnej eksploatacji systemem dystrybucji wody. Technologia GIS jest wspólną platformą zintegrowanego systemu zarządzania przedsiębiorstwem wodociągów i kanalizacji. Skuteczność wykorzystania GIS w tym zakresie wzrasta dzięki współpracy z takimi narzędziami, jak model sieci, monitoring, SCADA, biling itp. Ponadto GIS jest wykorzystywany również do innych celów związanych z eksploatacją sieci, jak np. lokalizacja wycieków wody i poszukiwanie uszkodzeń. W wielu przedsiębiorstwach wodociągowych w rozwiniętych krajach świata, a również od pewnego czasu w Polsce, wdrożenie GIS przynosi już wymierne efekty w postaci oszczędności czasu i kosztów eksploatacji systemów dystrybucji wody.

W Polsce obserwuje się ogromne zainteresowanie tą technologią od połowy lat 90. XX w. Chociaż początki wdrażania GIS były i nadal są jeszcze trudne, to obecnie już prawie w każdym dużym przedsiębiorstwie wodociągowym jest on wdrażany. Pilotowe projekty o charakterze wdrożeniowym są prowadzone w Politechnice Warszawskiej i Politechnice Lubelskiej przy wykorzystaniu oprogramowania firmy Megabit sp. z o.o. z Warszawy [1]. W artykule przedstawiono doświadczenia i syntetyczne wyniki wdrożenia technologii GIS do ewidencji fragmentu sieci wodociągowej w wybranym mieście [2,3].

Funkcje i główne elementy GIS

GIS łączy w sobie wiele funkcji, począwszy od pozyskiwania danych, ich przechowywania, sprawdzania i integracji, poprzez przetwarzanie i analizy aż do udostępniania i odpowiedniej prezentacji wyników tych analiz. Pod względem ilości gromadzonych danych, bazy typu GIS należą obecnie do największych systemów komputerowych na świecie. W odniesieniu do GIS należy mówić już o technologii, którą tworzą współistniejące ze sobą elementy, a mianowicie oprogramowanie i sprzęt komputerowy, dane i metody ich pozyskiwania oraz użytkownicy GIS i jego twórcy. Trudno wyróżnić któryś z tych składników jako najważniejszy. Na pewno podstawowe znaczenie mają dane, bo z nich tworzona jest baza, ale największe możliwości technologicznego rozwoju GIS zapewniają oprogramowanie i sprzęt komputerowy. Na ogół zestaw sprzętowy składa się z serwera, który przechowuje dane oraz wielu tzw. klientów (stacji roboczych użytkowników) połączonych z serwerem za pomocą sieci. Większe jednostki organizacyjne dysponują rozbudowanymi sieciami

obejmującymi setki użytkowników, zarówno lokalnych w stunku do serwera, jak i zamieszcanych, korzystających z danych zdalnie za pomocą różnego typu łączy.

Na rynku dostępnych jest wiele różnych oprogramowań GIS, począwszy od prostych – zaprojektowanych z myślą o indywidualnym użytkowniku, aż do rozległych systemów – dedykowanych dużym instytucjom, organizacjom czy firmom. Do największych oprogramowań można zaliczyć np. ArcView GIS firmy ESRI, G/Technology firmy INTEGRAPH CORPORATION, MicroStation firmy Bentley oraz Smallworld opracowany przez GE Network Solution. W swojej podstawowej wersji ArcView GIS wchodzi w skład systemu oprogramowania typu Desktop GIS, przeznaczonego dla użytkowników indywidualnych i małych przedsiębiorstw, a także departamentów większych instytucji. Do prowadzenia analiz sieciowych przeznaczony jest moduł Network Analyst. Oprogramowanie G/Technology jest platformą G/Water, które pozwala na zarządzanie danymi przestrzennymi przedsiębiorstwa wodociągów i kanalizacji. Na potrzeby wodociągów proponuje się rozwiązanie bazujące na MicroStation z rodziny GeoInżynierii, a mianowicie GeoWater. Smallworld jest platformą systemową oprogramowania WK.GIS, które jest dedykowane do rozwiązywania zagadnień związanych z eksploatacją i rozwojem sieci wodociągowych. Na bazie niektórych z tych programów są opracowywane również oprogramowania specjalistyczne, przeznaczone do zarządzania infrastrukturą wodociągową o funkcjonalności obejmującej szczegółowe zadania z zakresu eksploatacji i zarządzania sieciami wodociągowymi, jak np. Mb_GIS Utility Enterprise Edition wersja Wod-Kan firmy Megabit sp z o.o., czy TP-COMMANDER firmy WM-data Techno-Progress sp. z o.o.

Systemy GIS zarządzają danymi opisującymi różne obiekty, które są identyfikowane w odniesieniu do Ziemi. Są to dane geometryczne (przestrzenne, geograficzne) i dane opisowe (atrybuty nieprzestrzenne), które łączy w sobie mapa cyfrowa. Mapa cyfrowa może być zapisana w formacie wektorowym lub rastrowym. W GIS dane są zorganizowane w postaci warstw tematycznych. Każda warstwa pokrywa ten sam obszar terenu i zawiera wyłącznie jeden rodzaj danych, np. sposób użytkownika terenu, cieki wodne, drogi, rzędne nad poziomem morza, granice zabudowy, obszary leśne, budynki itp.

Możliwości wykorzystania GIS w wodociągach

GIS jest doskonałym narzędziem do analizy i oceny danych o majątku przedsiębiorstwa i ujawniania potencjalnych problemów, zanim staną się one krytyczne i kosztowne. W przypadku służb eksploatacyjnych, a głównie pogotowia wodociągowego, GIS powinien ułatwić szybszą lokalizację miejsc awarii i umożliwić lepszą koordynację działań w zakresie

usuwania uszkodzeń. Działania rozwojowe mogą być skuteczniej prowadzone dzięki możliwości tworzenia różnych rozwiązań i ich porównania zarówno pod względem technicznym, jak i kosztów ich wdrożenia.

Technologia GIS znajduje w przedsiębiorstwie wodociągowym zastosowanie wszędzie tam, gdzie występuje problem wyboru:

- strategii rozwoju systemu wodociągowego na danym obszarze miasta,
- lokalizacji nowego ujęcia wody, stacji oczyszczania, pompowni itp.,
- trasy przewodów przesyłowych,
- trasy jak najszybszego dojazdu do miejsca awarii itp.

Badania i obserwacje procesu wdrażania GIS do zarządzania systemami wodociągowymi wskazują na intensywny rozwój tego typu technologii informatycznych i ich stosowanie w dużych przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych. Efekty wykorzystania GIS są już widoczne praktycznie we wszystkich dużych przedsiębiorstwach w Europie Zachodniej, Stanach Zjednoczonych, Japonii, Meksyku, Australii, a także ostatnio w Polsce. W tabeli 1 przedstawiono przykład bardzo wymiernych skutków wdrożenia GIS w Yokosuka City Waterworks Bureau (Japonia) [4].

Tabela 1. Czas pracy niezbędny do prowadzenia działalności w przedsiębiorstwie Yokosuka City Waterworks Bureau [4]

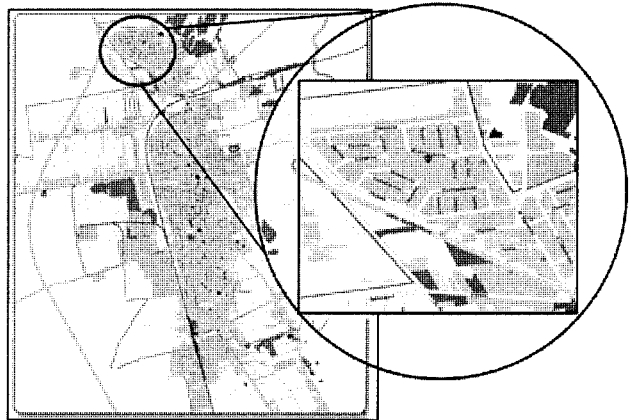
Zakres działalności przedsiębiorstwa	Liczba godzin w roku przed wprowadzeniem GIS	Liczba godzin w roku po wprowadzeniu GIS	Oszczędność czasu, godz. (%)
Obsługa odbiorców wody w wyniku reklamacji	2200	600	1600 (73)
Projektowanie sieci	2500	700	1800 (72)
Prace związane z brakiem dostawy wody	2500	700	1800 (72)

Charakterystyka wybranego systemu dystrybucji wody

Pilotowym wdrożeniem GIS objęto sieć wodociągową w miejscowości, która znajduje się w południowo-wschodniej części Polski, 26 km na północ od Lublina. Powierzchnia miasta wynosi 16 km², a liczba mieszkańców ok. 24 tys. (stan na koniec 2005 r.). System zaopatrzenia miasta w wodę składa się z ujęcia i stacji oczyszczania wody, tworzących tzw. stację wodociągową, a także zbiornika, pompowni oraz sieci wodociągowej. Woda jest ujmowana za pomocą pięciu studni wierconych, z których dwie (IIB i III) znajdują się na terenie stacji wodociągowej (tzw. ujęcia własne), a pozostałe trzy (IVA, IVB i I) – poza tym obszarem na terenach rolniczych. Studnie IVA i IVB są eksploatowane naprzemiennie ze względu na ich bliskie usytuowanie względem siebie. Woda pozyskiwana z własnych ujęć nie wymaga oczyszczania. System wodociągowy uruchomiono w 1975 r., a rozbudowano i zmodernizowano w latach 2005–2006 [4].

Sieć wodociągowa ma w zasadzie strukturę pierścieniową, tylko niektóre jej fragmenty na obszarach peryferyjnych miasta tworzą układ rozgałęziony. Całkowita długość sieci (bez przyłączy) wynosi 60,5 km. Strategia rozwoju systemu zaopatrzenia w wodę miasta zakłada modernizację sieci w kierunku

utworzenia pełnej struktury pierścieniowej. Słabym ogniwem systemu wodociągowego jest odcinek przewodu przesyłowego ze stacji oczyszczania wody do głównej magistrali o długości ok. 600 m i średnicy 500 mm/300 mm. W wypadku awarii tego przewodu, miasto będzie pozbawione wody. Rozbudowana sieć wodociągowa zapewnia dostawę wody prawie do wszystkich mieszkańców miasta. Tylko niewielka część mieszkańców korzysta z własnych ujęć wody. Miasto prawie w całości jest skanalizowane. Jako obiekt wdrożenia GIS wybrano sieć wodociągową funkcjonującą w północnej części miasta (rys. 1). Długość sieci wodociągowej (wraz z przyłączami) objętej wdrożeniem wynosi ok. 8,8 km, w tym jest 5,2 km przewodów rozbiórczych (śr. 80÷150 mm) oraz 3,6 km przyłączy (śr. 25÷50 mm). Przewody rozbiórcze wykonane są z żeliwa szarego, natomiast dominującymi materiałami przyłączy są stal i polietylen. Sieć wodociągowa była budowana od 1990 r.



Rys. 1. Obszar osiedla objętego utworzeniem bazy danych GIS

Oprogramowanie do tworzenia bazy danych

Zastosowane oprogramowanie Mb_GIS Start Edition umożliwia w przedsiębiorstwie wodociągów i kanalizacji stworzenie pełnego rejestru majątku sieciowego z uwzględnieniem danych geodezyjnych i opisowych wszystkich obiektów sieci. Istnieje możliwość prezentacji sieci oraz dostępu do informacji opisowych obiektów w zależności od celu prezentacji oraz grupy użytkowników programu. Powiązanie danych opisowych z danymi geoprzestrzennymi umożliwia dokonywanie analiz wspomagających procesy techniczne i biznesowe, takich jak analizy statystyczne i przestrzenne dotyczące elementów sieci, analizy topografii sieci, analizy terenu itp. Oprogramowanie może być wykorzystane również do budowy modelu sieci symulującego hydrauliczne warunki pracy, jak również zmiany jakości wody w sieci. Przetworzone dane techniczne o sieci wodociągowej, jak również wyniki symulacji mogą być wizualizowane w bazie. Istnieje możliwość wykorzystania modelu do kontroli zakresów, logiki, spójności danych opisowych, wspomaganie stopnia oceny wykorzystania sieci itp. [1].

W celu stworzenia mapy wektorowej, należy najpierw zeskanować mapy zasadnicze w skali 1:500, poddać je kalibracji, a następnie czyszczeniu z różnego rodzaju niepotrzebnych plamek, linii, rys itp. Kalibracja wielopunktowa jest procesem, w wyniku którego likwiduje się deformację map powstałych w wyniku skanowania. Aby poprawnie przeprowadzić proces kalibracji należy wybrać model kalibracyjny, zdefiniować początek układu, określić wielkość i liczbę oczek siatki kalibracyjnej i przeprowadzić proces kalibracji każdego z rastrowo osobno, sprawdzając jednocześnie poprawność przeprowadzonej kalibracji. Program umożliwia zgromadzenie dowolnej liczby

dokumentów rastrowych i rysunków wektorowych w postaci jednego złożonego dokumentu. W procesie kalibracji poszczególne dokumenty składowe w dokumencie złożonym mogą być wybrane w celu zmiany ich atrybutów, jak również położenia w układzie współrzędnych świata. Z kolei poszczególne poddokumenty rastrowe mogą być wybrane do edycji danych rastrowych.

Zakres wprowadzanych danych

W przedsiębiorstwie nie ma osobnej komórki odpowiedzialnej za gromadzenie danych o sieci. Większość informacji o starej części sieci pochodzi z notatek pracowników sporządzanych zazwyczaj po usunięciu awarii. Jediną dokumentacją tej części sieci były mapy zasadnicze pochodzące z lat 70. ubiegłego wieku. Mapy te były jednak niedokładne i w dużym stopniu nieaktualne.

Podstawowym źródłem danych wprowadzanych do bazy były informacje odczytane z mapy kartograficznej, które posłużyły jako podkład rastrowy. Korzystano również z dokumentacji projektowej i powykonawczej oraz z komputerowych zestawień armatury i odcinków wykonanych po inwentaryzacji. Cenne informacje o stanie sieci uzyskano bezpośrednio z przekazów ustnych od wieloletnich pracowników przedsiębiorstwa. Korzystano również z zestawień przygotowanych na potrzeby działu ekonomicznego, które zawierały co prawda charakterystyki liczbowe różnych obiektów, lecz bez ich lokalizacji, co bardzo utrudniło identyfikację obiektów. W związku z powyższym konieczne było przeprowadzenie w wielu wypadkach inwentaryzacji uzupełniającej.

Dane, jakie można wprowadzać do bazy, dzieli się na trzy grupy, tj. dane podstawowe, dane inwestycyjne i dokumentacja. Dane podstawowe obejmują kod obiektu, typ konstrukcyjny obiektu, rozpoczęcie i zakończenie eksploatacji, stan obecny, stan roboczy, stan realizacji, lokalizację obiektu (miasto, gmina, dzielnica, ulica, nr posesji). Dane inwestycyjne to inwestor, wykonawca, forma gwarancji, odbiorca wody, rok oddania do eksploatacji, status prawny, nr protokołu odbioru technicznego, typ umowy. Dokumentacja obejmuje nazwę źródła (książka, plansza, teczka), nr inwentarzowy, nr środka trwałego, zakończenie budowy oraz parametry opisujące elementy armatury. Możliwości wprowadzania danych do programu Mb_GIS Start Edition znacznie przewyższały liczbę dostępnych danych w przedsiębiorstwie. W tabeli 2 zestawiono dane techniczne opisujące poszczególne obiekty wprowadzone do bazy.

Tabela 2. Zestawienie wprowadzanych parametrów przewodów, hydrantów i zasuw

Odcinek przewodu	Hydrant	Zasuwa
Materiał	średnica przewodu	średnica
Średnica	średnica urządzenia	rzędna terenu/osi
Typ przewodu	rzędna terenu/osi	rodzaj złącza

Przygotowanie bazy danych

Pierwszym etapem wdrożenia bazy danych było poznanie specyfiki funkcjonowania przedsiębiorstwa eksploatującego sieć wodociągową oraz rozpoznanie zasobów dostępnych danych dotyczących sieci. W wyniku wspólnych ustaleń, jako pilotowy obiekt do ewidencji wybrano fragment osiedlowej sieci wodociągowej. Przedsiębiorstwo nie miało mapy cyfrowej miasta oraz środków finansowych zapewnionych na ten cel w budżecie. Stąd też konieczne było stworzenie mapy

cyfrowej wybranego fragmentu miasta. Działania te zostały wykonane w ramach wdrożenia, a pierwszym ich etapem było zeskanowanie dostępnych w przedsiębiorstwie kilkunastu map sieci wodociągowej, traktując je jako podkłady rastrowe do dalszych prac. Następnie przeprowadzono kalibrację zeskanowanych map (podkładów rastrowych) i połączono je w jedną całość.

Kolejnym problemem, jaki należało pokonać było zapisanie skalibrowanych podkładów rastrowych w odpowiednim formacie pliku – TCV, który byłby widoczny (czytany) w programie Mb_GIS Start Edition. W tym celu należało przygotować stanowisko komputerowe z odpowiednią pamięcią procesora RAM, aby można było zainstalować bazę Mb_GIS i wprowadzać dane. Dopiero po wykonaniu tych czynności można było przystąpić do konwersji sieci z zapisu rastrowego do formatu wektorowego (wektoryzacja). Ten etap był realizowany przy użyciu oprogramowania Mb_GIS Start Edition. Stosując wektoryzację utworzono kilka warstw tematycznych, a mianowicie warstwę odcinków rozbiorczych z przyłączami, zasuw i hydrantów. Punktami ograniczającymi odcinki przewodów rozbiorczych były miejsca występowania zasuw, rozgałęzień przewodów (trójniki), zmiany materiału, zmiany średnicy oraz data oddania do eksploatacji.

Pojawił się kolejny problem związany z widocznością narysowanych warstw i podkładu rastrowego jednocześnie. Problem dowiązania rastra do bazy danych rozwiązali specjaliści w firmie Megabit. Zmodyfikowana przez nich baza danych została przesłana i dograna do oprogramowania Mb_GIS. Po pokonaniu kolejnych napotkanych problemów przystąpiono do wprowadzania danych opisujących obiekty.

Ilustracja wyników wdrożenia

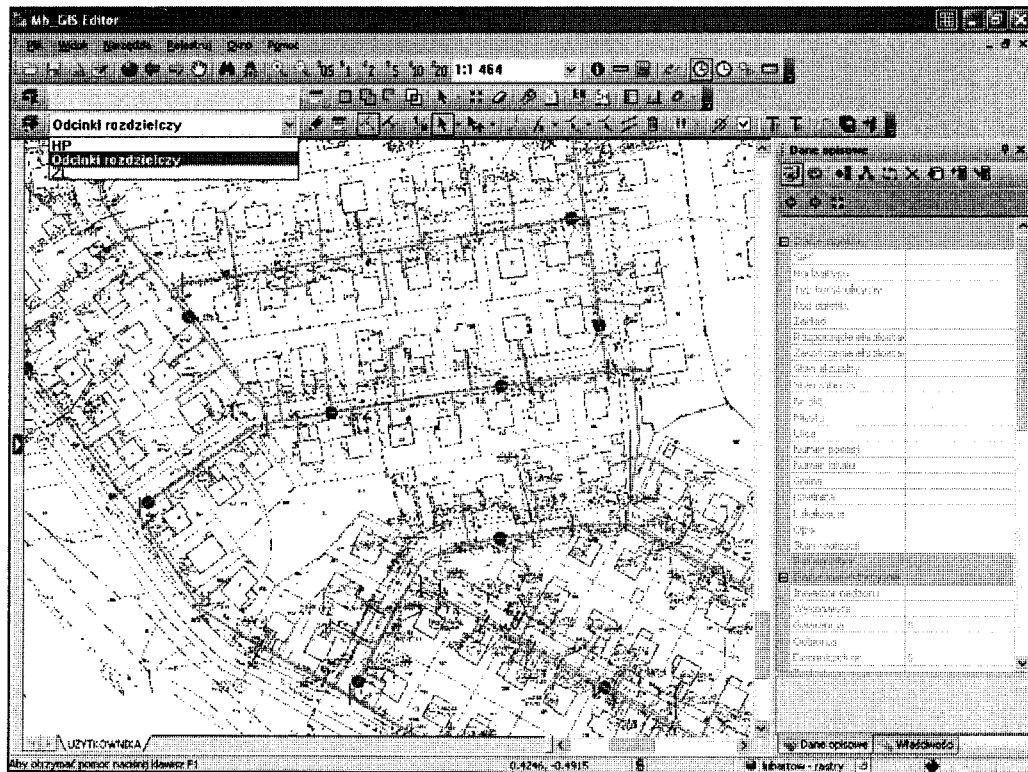
Tworzenie bazy danych było procesem bardzo pracochłonnym i wymagało poniesienia nakładów na zakup odpowiedniego oprogramowania i sprzętu komputerowego (oprogramowanie zostało udostępnione przedsiębiorstwu na czas realizacji wdrożenia pilotowego, a w przyszłości planowany jest zakup licencji). Obiekty znajdujące się na terenie osiedla i opisane w bazie danych zestawiono w tabeli 3, natomiast na rysunku 2 pokazano część tych obiektów na przykładowym fragmencie sieci. Opisane obiekty można wyświetlić, wybierając odpowiednią warstwę wektorową liniową (odcinki) lub punktową (zasuwy, hydranty) i zaznaczając wybrany obiekt na sieci.

Tabela 3 Zestawienie obiektów wprowadzonych do bazy

Obiekt sieciowy	Liczba
Odcinek przewodu (rozdzielczy, przyłącze) śr. 25÷150 mm	360
Zamknięcie liniowe (zasuwa)	24
Hydrant przeciwpożarowy	49

Podsumowanie

Obecnie trudno sobie wyobrazić racjonalne zarządzanie majątkiem przedsiębiorstwa wodociągów i kanalizacji bez komputerowych baz danych typu GIS. Są to najnowocześniejsze narzędzia wspomagające podejmowanie wielu decyzji z zakresu utrzymania i użytkowania obiektów wodociągowych, a w szczególności sieci dystrybucji wody. Stan wdrożenia GIS w polskich przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych można ocenić jako dostateczny, choć już wszystkie



Rys. 2. Ilustracja nałożonych trzech warstw wektorowych z obiektami sieciowymi (/ – przewód rozdzielczy i przyłącze, | – zasuwa, ● – hydrant)

duże przedsiębiorstwa (w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców) wprowadzają GIS do ewidencji sieci i awarii na tych sieciach. Ponadto GIS współpracuje z innymi systemami informatycznymi wspomagającymi zarządzanie przedsiębiorstwem.

Doświadczenia uzyskane z pilotowego projektu wdrożenia GIS w małym przedsiębiorstwie wodociągowym pokazują, że na potrzeby racjonalnego zarządzania systemem dystrybucji wody w tym mieście bardzo uzasadnione jest zastosowanie GIS. Obecnie należałoby dokonać analizy ekonomicznej opłacalności wdrożenia technologii GIS i jego zakresu na tle możliwości finansowych przedsiębiorstwa. W analizie tej należałoby zwrócić uwagę na koszty utrzymania i wprowadzania nowych danych odtwarzających historię majątku przedsiębiorstwa. O ile koszty zakupu sprzętu komputerowego i oprogramowania nie są zbyt wysokie, to koszty wprowadzania danych do bazy mogą być znaczne. Jednakże późniejsze korzyści ze stworzonej bazy danych będą na pewno bardzo odczuwalne w wielu działach przedsiębiorstwa.

Optymalnym rozwiązaniem byłoby stworzenie mapy cyfrowej miasta obejmującej wszystkie rodzaje sieci. Takie podejście umożliwiłoby stworzenie kompleksowych zasobów informacji

o uzbrojeniu terenu miasta. Dzięki temu również koszty wdrożenia i późniejszego utrzymania bazy danych byłyby niższe, gdyż rozłożyłyby się na poszczególne przedsiębiorstwa branżowe.

LITERATURA

1. Mb_GIS Start Enterprise Edition – System zarządzania majątkiem sieciowym. Megabit sp. z o.o., Warszawa 2006 (praca niepublikowana).
2. S. WRAGA: Zastosowanie GIS do ewidencji sieci wodociągowej na przykładzie osiedla Kopernika w Lubartowie. wykonana. Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej, Lublin 2006 (praca dyplomowa).
3. K. WRÓBEL: Zastosowanie GIS do ewidencji sieci kanalizacyjnej na przykładzie osiedla Kopernika w Lubartowie. Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej, Lublin 2006 (praca dyplomowa).
4. Y. TAKAHASHI: Mapping System Introduced in Yokosuka City Waterworks Bureau. IWSA Specialised Conference on Geographic Information Systems "Mapping the Future", Water Supply, Lyon 1992, Vol. 10, pp. 93–104.

Kwietniewski, M., Miszta-Kruk, K., Wróbel, K. Potential Applications of Geographic Information System in Waterworks. *Ochrona Środowiska* 2007, Vol. 29, No. 3, pp. 73–76.

Abstract: The Geographic Information System (GIS) has been used to manage water-pipe and sewerage networks all over the world (including Poland) for at least a decade. A general characterization of the GIS is given, particular consideration being focused on the function of the basic elements that form such systems. In the paper presented are the results of a pilot study on the implementation of the GIS into the records of the water-pipe network in a residential area of choice with a population of approximately 24 thousand. The project was carried out using

a specialized software, Mb_GIS Start Edition (made by Megabit, Warsaw). With this software it was possible to load the database with information about 360 pipeline sections, 24 gate valves and 49 hydrants. The advantages of implementing the GIS are shown taking a fragment of the water-pipe network as an example. Seemingly, the construction of a digital map of the town that includes all network types is an optimal solution, which enables comprehensive resources of information on the territorial development to be established. Then, also the costs involved in the implementation and maintenance of the database will be lower as they can be borne by particular branch enterprises.

Keywords: GIS, water-pipe network, management, operation.