

MOŻLIWOŚCI WYKONYWANIA CIĄGŁEGO POMIARU DOPŁYWU ŚCIEKÓW DO OCZYSZCZALNI WIEJSKICH NA PRZYKŁADZIE KOSZYC

Grzegorz Kaczor

*Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji Akademii Rolniczej w Krakowie
Katedra Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji
Kraków, al. Mickiewicza 24-28*

Wprowadzenie

Dane pomiarowe dotyczące rzeczywistej objętości ścieków odpływających z osiedli wiejskich a także nierównomierności ich odpływu stanowią niezbędne informacje dla projektowanych nowych oczyszczalni bądź modernizacji obiektów istniejących (Sikorski 1998). Ponadto prowadzone w sposób ciągły pomiary dopływu ścieków powinny być wykorzystywane na bieżąco do programowania urządzeń technologicznych oczyszczalni ścieków.

Jak istotnym zagadnieniem jest poprawne określenie rzeczywistej objętości ścieków, a także przewidywanie perspektywiczne tej objętości łatwo przekonać się w terenie na podstawie wielu obiektów przewymiarowanych, lub przeciążonych hydraulicznie (Kaczor 2001). Badania przepływu ścieków prowadzone przez krótki okres czasu są niewystarczające ze względu na ciągle zmiany zachodzące w sposobie gospodarowania wodą wodociągową, która po zużyciu stanowi główne źródło ścieków bytowych. Stosowanie w budynkach mieszkalnych wodooszczędnych urządzeń czerpalnych i przyborów sanitarnych, a także racjonalna gospodarka wodą, przekładają się na obniżenie objętości ścieków odprowadzanych siecią kanalizacyjną w Polsce. Na podstawie objętości ścieków odprowadzanych z systemu kanalizacyjnego a także jednostkowych stawek opłat za dany wskaźnik zanieczyszczeń naliczane są opłaty za wprowadzanie ścieków do wód powierzchniowych lub do ziemi (Stier i Fisher 1998, Prawo... 2001).

W większości wiejskich oczyszczalni ścieków o przepustowości projektowej poniżej 1000 m³·d⁻¹ stosuje się urządzenia pomiarowe przepływu ścieków zainstalowane na kanale odprowadzającym ścieki oczyszczone do odbiornika. Urządzenia takie mają możliwość określenia bieżącej ilości odpływających ścieków oraz wielkość odpływu zsumowanego, liczonego od momentu pierwszego uruchomienia pomiaru. Nie istnieje możliwość zapisu przepływu ścieków w sposób ciągły. Odczyt z urządzenia pomiarowego wykonywany jest na ogół raz na dobę o stałej godzinie a w dzienniku eksploatacyjnym oczyszczalni zapisywana jest objętość ścieków odprowadzana do odbiornika w ciągu ostatnich 24 godzin. W niektórych obiektach zapisy takie są wykonywane niesystematycznie, ze względu na brak stałej obsługi na obiekcie (Kaczor i Pawełek 2002).

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie możliwości rozbudowy istniejącego stanowiska pomiarowego przepływu ścieków w oczyszczalni wiejskiej o układ rejestrujący badaną wielkość w sposób ciągły. W pracy przedstawiono przykłady wykorzystania zarejestrowanych danych dla zobrazowania dynamiki odpływu ścieków z osiedli wiejskich w ciągu doby, oraz oceny szczelności systemu kanalizacyjnego na dopływy wód przypadkowych i infiltracyjnych....

Metody pomiaru objętości ścieków

Dobór metody pomiaru przepływu ścieków w oczyszczalni wiejskiej uzależniony jest od wielu czynników. Najważniejsze kryterium stanowi wymagana dokładność pomiaru przepływu ścieków. Wszystkie nowoczesne urządzenia pomiarowe posiadają dokumentację, w której

scharakteryzowane są: dokładność pomiarowa, błąd pomiaru oraz odchyłka pomiaru. Uwagę należy zwracać również na parametry czułości przyrządu, czyli wartości progowej, przy której zmiana wielkości mierzonej powoduje wyraźną i rozpoznawalną zmianę wskazania przyrządu. Cechy sprawności i jakości urządzenia pomiarowego przedstawione w dokumentacji producenta potwierdzać powinien dokument legalizacyjny i odpowiedni stempel (świadectwo legalizacji).

Drugim istotnym czynnikiem związanym z metodyką pomiaru przepływu ścieków jest właściwa lokalizacja stanowiska pomiarowego. Istotne jest czy mierzony będzie przepływ ścieków surowych ze skratkami na głównym kolektorze, ścieków podnoszonych pompami z komory czerpnej za kratą i piaskownikiem, czy też ścieków oczyszczonych z większości zanieczyszczeń na odpływie z osadnika wtórnego. Dodatkowym czynnikiem, decydującym o doborze urządzeń monitorujących, jest sposób pracy przewodu lub kanału, na którym będzie prowadzony pomiar, tzn. czy przepływ ścieków występuje pod ciśnieniem czy w sposób grawitacyjny. Szczegółowy podział metod pomiaru przepływu ścieków w zależności od lokalizacji punktu pomiarowego i rodzaju ścieków przedstawia ryc. 1. Aktualnie występują duże potrzeby w zakresie danych dotyczących wyboru i zaprojektowania stanowiska pomiarowego oraz techniki pomiaru w odniesieniu do specyfiki warunków hydraulicznych w kanale ściekowym wraz z ich wpływem na technikę pomiaru [Erb 1999].

Lokalizacja obiektu badań

Do badań wybrano oczyszczalnię ścieków zlokalizowaną w miejscowości Koszycy w północnej części województwa małopolskiego w powiecie proszowickim. Posiada ona układ pomiarowy przepływu ścieków zainstalowany na kanale doprowadzającym ścieki surowe z kanalizacji. Przedmiotowa oczyszczalnia typu mechaniczno-biologicznego z tlenową stabilizacją osadu nadmiernego wykonana wg projektu indywidualnego posiada przepustowość projektową $313 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Kanalizacja odprowadzająca ścieki do badanej oczyszczalni wykonana jest z rur PCV o średnicach od 200 do 250 mm o łącznej długości 14900 m, w tym przyłączy o długości 5100 m. Do kanalizacji podłączone jest 271 budynków zamieszkałych przez 907 mieszkańców.

Opis stanowiska pomiarowego przepływu ścieków w Koszycach

Pomiar dopływu ścieków do oczyszczalni w Koszycach realizowany jest za pomocą czujnika poziomu zwierciadła ścieków NIVOSONAR firmy NIVELCO-POLAND umieszczonego nad przelewem typu Thomsona.

Dane techniczne ultradźwiękowego miernika poziomu SMW 221-1 NIVOSONAR:

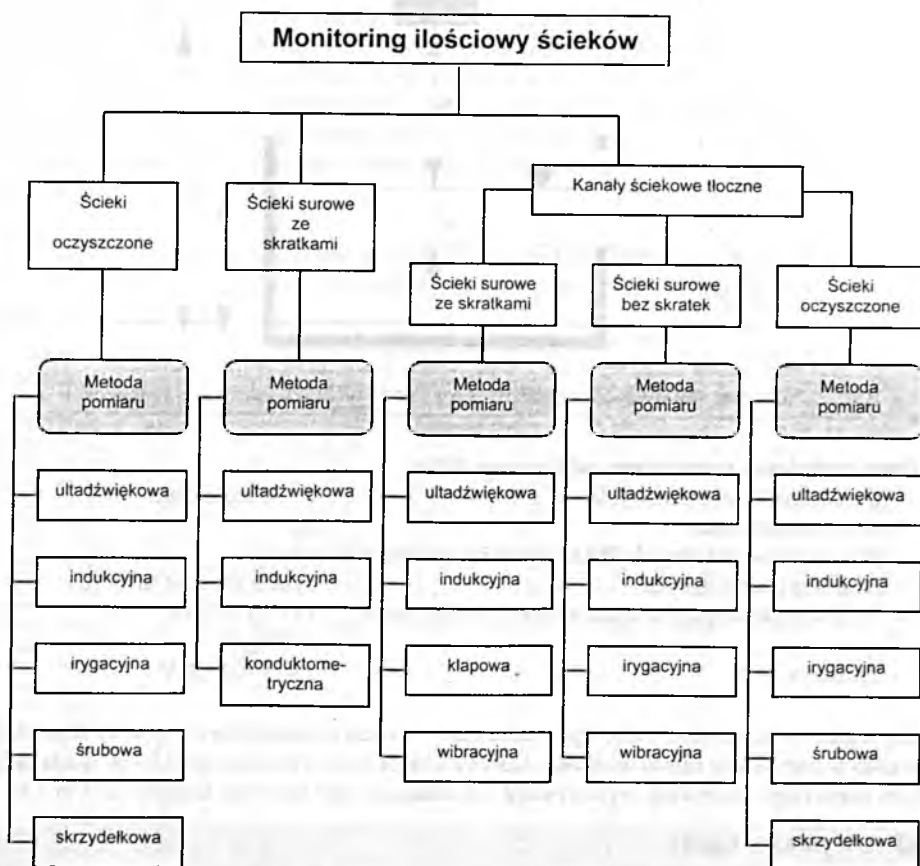
- Zakres pomiarowy: 0,2 do 50 m
- Wyjście: 4-20 mA, stykowe, RS485
- Certyfikaty: EEx ibm IIB T5/T6 dla strefy Z 10
- Temperatura pracy: $-25^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$
- Napięcie zasilania: 24, 110, 230V AC 50/60Hz

Pomiar wykonywany jest tzw. metodą pośrednią bezkontaktową. Impuls ultradźwiękowy wysyłany z głowicy typu SS-200 ulega odbiciu od powierzchni ścieków i zostaje ponownie odebrany przez czujnik. Ultradźwiękowy czujnik (sensor) pełni naprzemiennie funkcję nadajnika i odbiornika. Wielkością mierzoną jest czas przebiegu dźwięku t_s wzdłuż drogi L_s tam i z powrotem. Odległość, którą dźwięk przebywa w czasie przełączania się czujnika z nadawania na odbiór, została nazwana strefą martwą (dystans blokowy). W jej obrębie pomiar nie może być przeprowadzany.

Odcinek pomiarowy L_s oblicza się z różnicy czasu przebiegu Δt_s :

$$L_s = c_L \cdot \Delta t_s = \frac{1}{2} t_s \cdot c_L \quad [\text{m}] \quad (1)$$

gdzie: c_L — prędkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu ($343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, przy 20°C).



Ryc. 1. Podział metod monitoringu ilościowego ścieków (Chlipalski i Denczew 1996)

Wysokość napełnienia h w kanale wynika z różnicy odległości L , pomiędzy powierzchnią sensora wysyłającą impuls ultradźwiękowy, a dnem koryta i długości odcinka pomiarowego L_s (ryc. 2).

$$h = L - L_s \quad [m] \quad (2)$$

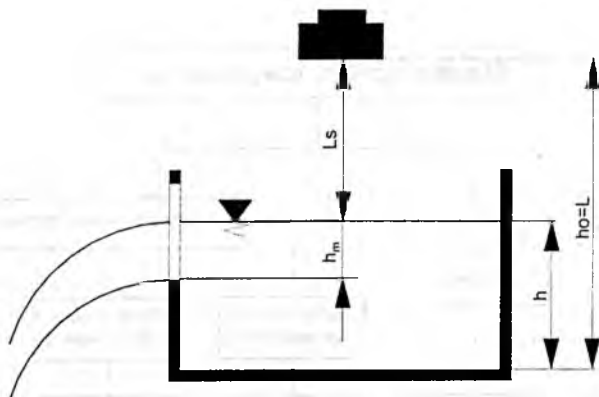
Zmierzona odległość L zostaje wczytana do przyrządu pomiarowego.

Parametry h i L dla układu pomiarowego w Koszycach wynoszą: $L = h_0 = 0,83$ m, $h - h_m = 0,47$ m. Przepływ ścieków na trójkącie przelewowym Thomsona o kącie rozwarcia 90° wyliczany jest przez przetwornik ze wzoru:

$$Q = 1,32 \cdot h_m^{2,47} \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (3)$$

Przetwornik analizujący sygnały z głowicy ultradźwiękowej, wielkość dopływu ścieków ukazuje na wyświetlaczu w formie sumy od początku pomiaru lub wielkości chwilowej dopływu.

Po przeanalizowaniu dokumentacji technicznej układu pomiarowego stwierdzono techniczną możliwość podłączenia do przetwornika rejestratora z wejściem prądowym obejmującym zakres 4–20 mA. Wybrano elektroniczny rejestrator tablicowy typu KD 1 firmy Lumel z Zielonej Góry.



Ryc. 2. Schemat stanowiska pomiarowego z sondą ultradźwiękową w Koszycach

Dane techniczne rejestratora tablicowego KD1:

— Ilość kanałów pomiarowych:	1 – 4, izolowane
— Klasa dokładności:	0,5
— Przechowywanie danych: RAM z podtrzymaniem bateryjnym	
— Nośnik pamięci danych:	dysk 3,5", 1,44 MB
— Przetworniki współpracujące zasilane z rejestratora:	12V, 0–20 mA
	4–20 mA
— Zasilanie:	220 V lub 24 V

Zaprogramowano jedno z wejść rejestratora z ustawieniem czasu próbkowania na 15 sekund, co pozwoliło na pozyskanie zapisu wielkości dopływu z błędem nie większym niż $0,01 \text{ m}^3$ w czasie 24 godzin. Zapis ciągu obserwacji wykonywany jest automatycznie na dysku komputerowym 3,5".

Analiza wyników badań

Podłączenie rejestratora KD1 do już istniejącego stanowiska pomiarowego pozwoliło przy niskim nakładzie kosztów pozyskać bardzo szczegółowy obraz dynamiki odpływu ścieków z systemu kanalizacyjnego w Koszycach. Na podstawie ciągłego monitoringu dopływu ścieków do oczyszczalni ze szczególnym uwzględnieniem godzin nocnych można stwierdzić, czy w badanym systemie kanalizacyjnym występuje zjawisko infiltracji. W tabeli 1 przedstawiono wyniki cyklu obserwacyjnego wykonywanego w dniach od 2001.03.01 do 2001.03.09 w których nie stwierdzono występowania opadów atmosferycznych. Na podstawie dopływów ścieków do oczyszczalni pomiędzy godziną 02:00 a 05:00, można stwierdzić, że średni godzinowy dopływ ścieków w godzinach nocnych stanowi 53,46% średniego godzinowego dopływu ścieków z godzin dziennych. Mając na uwadze małą zdolność retencyjną analizowanego systemu kanalizacyjnego można stwierdzić, że duże objętości dopływających ścieków w godzinach nocnych wskazują na infiltrację wód gruntowych do kanalizacji. Zjawisko takie jest niekorzystne dla pracy oczyszczalni i podnosi koszty eksploatacyjne obiektu.

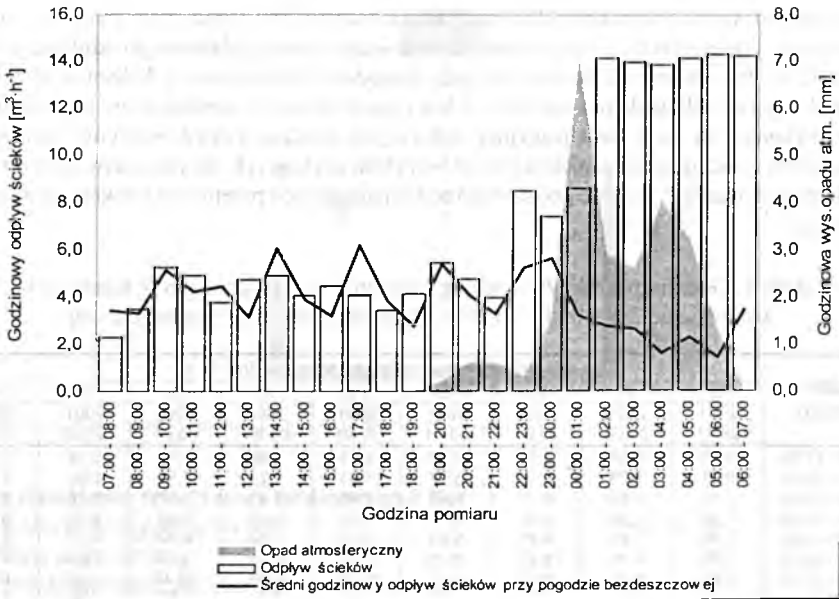
Połączenie ciągłego pomiaru dopływu ścieków z monitoringiem opadów atmosferycznych wykonywanym np. pluwiografem typu PG daje możliwość stwierdzenia, czy w badanym systemie kanalizacyjnym występuje problem dopływu wód przypadkowych. Na rycinie 3 przedstawiono przykładowy wykres obrazujący jak opad atmosferyczny wpływa na godzinowy dopływ ścieków do oczyszczalni w Koszycach. Linia gruba czarna przedstawia średni godzinowy dopływ ścieków do badanej oczyszczalni przy pogodzie bezdeszczowej. Wykres słupkowy poka-

zuje jak opad deszczu o wysokości 20,8 mm i czasie trwania 780 minut, czyli średnim natężeniu $0,04 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ (powierzchnia wycieniowana) powoduje wzrost godzinowego odpływu ścieków o około $12 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ w stosunku do wartości przy pogodzie bezdeszczowej. Udział wód deszczowych w dopływie cieków do oczyszczalni w Koszycach może być powodowany nieszczelnością i złym wykonaniem sieci kanalizacyjnej, lub co jest bardziej prawdopodobne, nielegalnym podłączeniem do kanalizacji sanitarnej wylotów rynien dachowych. Za prawdziwością drugiego powodu przemawia fakt, jedynie godzinne opóźnienia reakcji przepływu ścieków na wystąpienie deszczu.

Tabela 1. Godzinowy odpływ ścieków z systemu kanalizacyjnego w Koszycach w okresie od 2001.03.01 do 2001.03.09 przy pogodzie bezdeszczowej

Czas pomiaru	Godzinowy odpływ ścieków [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]									
	Cz	Pt	Sb	Nd	Pn	Wt	Sr	Cz	Pt	
	2001 03.01	2001 03.02	2001 03.03	2001 03.04	2001 03.05	2001 03.06	2001 03.07	2001 03.08	2001 03.09	
06:00 - 07:00	4,63	5,88	5,04	3,83	4,91	5,88	5,41	5,34	5,26	
07:00 - 08:00	5,87	7,23	5,70	5,17	5,69	7,23	7,14	6,62	7,45	
08:00 - 09:00	7,12	7,95	6,21	6,28	7,90	7,95	7,57	8,26	8,59	
09:00 - 10:00	7,80	8,38	9,01	8,01	10,07	8,38	8,63	8,39	8,90	
10:00 - 11:00	7,82	7,63	9,27	9,65	10,20	7,63	8,42	9,58	8,50	
11:00 - 12:00	7,03	8,01	8,92	10,13	11,67	8,01	3,43	8,59	7,80	
12:00 - 13:00	7,83	8,00	10,45	9,61	10,69	8,00	10,40	8,48	6,91	
13:00 - 14:00	7,33	7,08	10,83	9,35	11,30	7,08	6,86	7,94	7,05	
14:00 - 15:00	8,53	8,10	10,33	9,13	13,39	8,10	7,53	8,26	7,83	
15:00 - 16:00	7,94	10,47	9,36	9,01	11,84	10,47	7,05	9,35	7,77	
16:00 - 17:00	8,56	7,76	9,69	7,74	10,57	7,76	6,98	8,03	7,40	
17:00 - 18:00	9,44	8,28	9,67	6,10	10,05	8,28	7,07	8,90	8,37	
18:00 - 19:00	9,59	8,91	8,72	7,02	9,03	8,91	7,70	7,65	7,69	
19:00 - 20:00	8,52	9,65	9,36	7,35	10,37	9,65	3,59	7,60	7,29	
20:00 - 21:00	9,79	8,71	9,42	6,79	8,88	8,71	0,00	7,71	6,22	
21:00 - 22:00	10,21	8,41	9,28	7,91	9,31	8,41	12,72	7,80	6,82	
22:00 - 23:00	7,46	8,39	8,81	6,15	8,10	8,39	16,06	8,10	8,10	
23:00 - 00:00	7,23	9,02	8,83	6,32	7,21	9,02	8,61	7,63	6,34	
00:00 - 01:00	5,46	6,18	6,68	5,68	6,92	6,18	6,06	5,67	4,81	
01:00 - 02:00	4,22	5,91	4,71	4,81	5,53	5,91	5,62	4,85	3,90	
02:00 - 03:00	4,30	4,63	5,26	3,80	4,81	4,63	4,18	4,28	3,29	
03:00 - 04:00	4,55	4,85	4,00	3,48	4,95	4,85	4,37	4,16	3,52	
04:00 - 05:00	3,99	4,94	3,83	4,38	4,93	4,94	4,05	4,35	5,71	
05:00 - 06:00	3,95	4,49	3,77	3,63	4,97	4,49	4,72	4,30	4,94	
Q_{nr}	7,05	7,45	7,80	6,72	8,47	7,45	6,84	7,16	6,69	
Q_{nr} 02:00 - 05:00	4,26	5,08	4,45	4,12	5,06	5,08	4,56	4,41	4,10	
Q_{nr} 06:00 - 18:00	7,65	7,98	8,71	7,77	9,79	7,98	7,25	8,11	7,66	

Przykład obiektu w Koszycach pokazuje, że bardziej wartościowe wyniki pomiarów przepływu ścieków uzyskuje się w punkcie dopływu ścieków surowych do oczyszczalni. Stosowane powszechnie układy pomiarowe na kanale ścieków oczyszczonych odprowadzanych do odbiornika, pozwalają jedynie na uzyskanie informacji ogólnej o dobowym przepływie ścieków. Dzieje się tak dlatego, że na ilość ścieków odpływających z oczyszczalni wywiera wpływ pojemność urządzeń i czas przetrzymania ścieków w procesie technologicznym. Jedyną zaletą takiego rozwiązania jest teoretycznie mniejsza wadliwość układu pomiarowego ze względu na kontakt ze ściekami pozbawionymi zanieczyszczeń wleczonych i pływających.



Ryc. 3. Wpływ opadu atmosferycznego na godzinowy odpływ ścieków z kanalizacji w Koszycach w dniu 22 maja 2000 roku

Wnioski:

1. Wiele urządzeń pomiarowych przepływu ścieków stosowanych w wiejskich oczyszczalniach ścieków posiada wyjście prądowe umożliwiające podłączenia różnego rodzaju rejestratorów elektronicznych umożliwiających zapis ciągły badanej cechy z wybraną częstością próbkowania.
2. Ciągły pomiar przepływu ścieków na kanale wlotowym do oczyszczalni daje pełny i szczegółowy obraz dynamiki odpływu ścieków w poszczególnych godzinach doby z badanego systemu kanalizacyjnego.
3. Wyniki pozyskane z ciągłej rejestracji dopływu ścieków do oczyszczalni oprócz wartości naukowej i poznawczej mogą skutecznie posłużyć do oceny szczelności systemu kanalizacyjnego na dopływy wód infiltracyjnych i przypadkowych, co wykazano w niniejszym referacie.

Abstract

The paper deals with the possibility of sewage gauge stand extension of Koszyce sewage treatment plant by installing the perpetual recorder. The examples of recorded data used for exemplification of hourly sewage variation in separate days and evaluation of sewer net imperviousness against incidental and infiltrating water have been presented.

Literatura

- Chlipalski J., Denczew S. 1996. Pomiary ilości ścieków. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, nr 7, s. 267-270.
- Erb H. 1999. Technika pomiarów przepływu wody i ścieków. Wydawnictwo Seidel-Przywecki. Szczecin.
- Kaczor G. 2001. Analiza dynamiki odpływu ścieków z wiejskich systemów kanalizacyjnych. Katedra Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji, rozprawa doktorska, AR w Krakowie, maszynopis.
- Kaczor G., Pawełek J. 2002. Pomiary natężenia przepływu ścieków w wybranych oczyszczalniach województwa małopolskiego. *Inżynieria Rolnicza* 3(36), s. 239-251.
- Sikorski M. 1998. Gospodarka ściekami bytowymi na wsi jako czynnik ochrony środowiska. Rozprawa habilitacyjna. Wydawnictwo IMUZ, Falenty.
- Stier E., Fischer M. 1998. Podręczny poradnik eksploatacji oczyszczalni ścieków. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Bydgoszcz.
- Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia. 2001. Dz. U. Nr 62, poz. 627.

Recenzował: dr inż. Marian Długosz

