

Mirosław MAKOWSKI, Sylwia MYSZOGRAJ*

KRYTERIA OCENY DANYCH POMIAROWYCH PRZYJMOWANYCH DO WYMIAROWANIA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Streszczenie

W niniejszym artykule podano sposób oceny danych oraz zasady wykorzystania metody GROCHA w analizie parametrów jakości oraz ilości ścieków. Opisano opracowany na podstawie metody GROCHA arkusz kalkulacyjny wraz z przykładem jego wykorzystania w ocenie jakości ścieków surowych (BZT_5) przyjmowanych do wymiarowania oczyszczalni.

1. WPROWADZENIE

Duża liczba danych pomiarowych (o znacznej rozbieżności wielkości) charakteryzujących ten sam rodzaj oznaczenia (np. BZT_5) stwarza znaczną trudność w przyjęciu jednej reprezentatywnej wartości charakteryzującej skład lub też ilość oczyszczanych ścieków. Przyjęcie w tym przypadku wartości średniej (miesięcznej lub też rocznej) może w konsekwencji wpłynąć na znaczne przewymiarowanie bądź niedowymiarowanie nowo projektowanego bądź modernizowanego układu technologicznego oczyszczalni.

W artykule podjęto próbę usystematyzowania zagadnień związanych z określaniem miarodajnych danych przyjmowanych do projektowania oczyszczalni ścieków, świadomie pomijając ogólnie znane zagadnienia związane ze statystyczną analizą błędów, czy też precyzją i dokładnością wykonywanych analiz. Zagadnienia te zostały m.in. szeroko opisane w artykule [3].

W ostatnich latach obserwuje się znaczny wzrost zainteresowania budownictwem komunalnym w tym budową i modernizacją oczyszczalni. Dla większości z nich istnieją obszerne dane dotyczące jakości i ilości oczyszczanych ścieków. Pochodzą one głównie z własnych kontroli laboratoryjnych lub pomiarów wykonywanych przez służby ochrony środowiska. W przypadku istnienia takich danych projektant powinien być zobligowany do ustalenia miarodajnych parametrów wyjściowych przyjmowanych do projektowania z wykorzystaniem statystycznej analizy danych.

Tylko w wyjątkowych sytuacjach, przy ustalaniu danych przyjmowanych do obliczeń, można kierować się wytycznymi projektowania oczyszczalni (jednostkowymi

* dr inż. Mirosława Makowski, mgr inż. Sylwia Myszograj

- Zakład Technologii Wody Ścieków i Odpadów, Politechnika Zielonogórska

wskaźnikami zanieczyszczeń i przepływu ścieków), pod warunkiem, że są one dostosowane do specyfiki warunków infrastruktury jednostki z której odprowadzane są ścieki i lokalizacji oczyszczalni.

2. USTALENIE DANYCH WEJŚCIOWYCH

W przypadku kiedy podstawą wyznaczenia miarodajnych stężeń i ładunków zanieczyszczeń przyjmowanych do projektowania oczyszczalni są wyniki laboratorium lub pomiarów służb ochrony środowiska powinny one obejmować okres przynajmniej trzech kolejnych miesięcy ostatniego roku, charakteryzujących się najwyższym „obciążeniem” oczyszczalni (w miarę możliwości w okresie zimowym z niewielkim udziałem procesów rozkładu zanieczyszczeń w trakcie przepływu ścieków w sieci kanalizacyjnej). Dodatkowo w celu właściwej oceny przyjętych wartości należy oszacować zakres zmian tygodniowych obciążeń oczyszczalni w różnych porach roku (w tym np. także przy małym obciążeniu w okresie wakacyjnym).

W celu określenia miarodajnych stężeń zanieczyszczeń (BZT₅, ChZT, związków azotu i fosforu) powinny być obliczone również charakterystyczne przebiegi zmian dobowych ładunku zanieczyszczeń (np. z dwu godzinowych prób mieszanych), w których należy uwzględnić zrzuty zanieczyszczeń z oczyszczalni (kanalizacja sanitarna, filtry, ciecz nadosadowa).

Przy obliczaniu komór osadu czynnego bez denitryfikacji miarodajne ładunki zanieczyszczeń należy określać z dni roboczych (od poniedziałku do piątku), w których wartość częstotliwości przekroczeń (prawdopodobieństwo wystąpienia wyższych ładunków zanieczyszczeń) wynosi 5%.

W odniesieniu do komór osadu czynnego z pełną nityfikacją i denitryfikacją miarodajne są średnie ładunki zanieczyszczeń z tygodnia o maksymalnym dopływie (np. w okresie zimy). Jeżeli wartości tego stężenia nie można określić w sposób jednoznaczny, to za miarodajne przyjmuje się wielkości pochodzące z ostatnich 2 lat, których wartość częstotliwości przekroczeń wynosi 5% (przy określaniu miarodajnych danych projektowych bez względu na sposób ich doboru należy uwzględnić w każdym przypadku przewidywany perspektywicznie rozwój systemu kanalizacyjnego).

Wartościami miarodajnymi przyjmowanymi do projektowania (obliczeń), szczególnie w przypadkach związków azotu i fosforu, powinny być wartości odczytane z krzywych przebiegu zmian ładunków zanieczyszczeń w ciągu doby (co najmniej pięć krzywych), np. z dwóch godzin prób mieszanych.

Przy wykonywaniu analizy statystycznej pomiarów w celu ograniczenia do minimum błędu pomiaru należy wykorzystywać tylko wyniki opracowane przez autoryzowane laboratoria lub służby ochrony środowiska.

Dane uzyskane z pomiarów własnych lub też kontroli służb ochrony środowiska powinny być ocenione pod względem ich wiarygodności tj. zbieżności i proporcji pomierzonych parametrów w porównaniu z wartościami oczekiwanymi, typowymi dla danego rodzaju ścieków oraz specyfiki zlewni.

Odrębnym ale nie mniej ważnym zagadnieniem w procesie ustalania danych wejściowych jest przyjęcie właściwej dokładności wyniku tzn. liczb znaczących. Jeżeli wynik podawany jest np. do dwóch miejsc znaczących po przecinku, to należy przyjąć,

że wszystkie cyfry są pewne i nie należy ich zaokrąglić. W podobny sposób należy traktować końcowe zera tj. jeżeli wynik podany jest jako 1,00 to znaczy, że wszystkie zera po przecinku są znaczące i dokładność oznaczeń wynosi w tym przypadku $\pm 0,01$.

3. METODYKA INTERPRETACJI WYNIKÓW

Dla oceny wyników pomiarów przepływu jak i stężeń zanieczyszczeń w ściekach, można zastosować jedną z wielu metod statystycznej analizy danych np. reguły trzech sigm lub metody Gosseta (rozkład Studenta) [2].

Najczęściej istnieje jednak istotne ograniczenie w możliwościach wykorzystania wyżej opisanych metod tj. mała liczba danych.

Metodą najbardziej przydatną dla analizy małej liczby wyników jest metoda GROCHE'A. Zakłada ona, że wartości parametrów fizyko-chemicznych oraz ilość ścieków podlegają prawom rządzącym zmienną losową i zależą od wielu przypadkowych czynników np. wpływu rozcieńczenia próby, sposobu pobierania prób, dokładności pomiaru itp.

Model GROCHE opiera się na siatce prawdopodobieństwa, którą można stosować do analizy wszystkich parametrów ścieków w tym m.in. przepływu ścieków, BZT₅, azotu, fosforu zawiesiny og. itp. Korzystając z metodyki oceny danych podanej przez GROCHA [4] na bazie arkusza Microsoft Excel opracowano formularz i sporządzono na jego bazie wykres oceny danych (rys. 1).

Dla zilustrowania metodyki oceny danych wykonano symulacje obliczeniowe wartości BZT₅ w ściekach surowych dopływających do oczyszczalni w Zgorzelcu. Ocenie poddano przypadkowe wartości $n = 23$ prób analitycznych wykonanych przez laboratorium oczyszczalni. Prawidłowo wypełniony formularz pokazano w tabeli 1.

Wartości uporządkowano wzrastająco uzyskując informację o wyliczonej sumie procentowej według zależności:

$$\sum \% = \frac{(3i - 1) \cdot 100}{(3n + 1)} \quad [1]$$

w którym:

- i - numer próby,
- n - liczba prób.

TABELA 1.

Formularz oceny danych

Nr bieżący próby	3i-1	Wartość parametru	3n+1	100/(3n+1)	$\Sigma\%$
1	2	200,0	70	1,429	2,9
2	5	221,3			7,1
3	8	222,0			11,4
4	11	222,5			15,7
5	14	229,3			20,0
6	17	234,6			24,3
7	20	240,0			28,6
8	23	240,3			32,9
9	26	249,3			37,1
10	29	254,3			41,4
11	32	256,5			45,7
12	35	264,0			50,0
13	38	272,7			54,3
14	41	275,0			58,6
15	44	275,0			62,9
16	47	282,0			67,1
17	50	285,0			71,4
18	53	288,0			75,7
19	56	291,8			80,0
20	59	293,5			84,3
21	62	295,7			88,6
22	65	326,7			92,9
23	68	382,5			97,1
liczba prób losowych 23	Wartość środkowa (mediana) 264	Odchylenie standardowe 300,0	Wartość miarodajna 310,0		
Pomiar: Dopływ do oczyszczalni					
Obiekt: Oczyszczalnia ścieków w Zgorzelcu					

Pod tabelą podane są obliczenia wartości pośrednich oraz obliczone wyniki oceny danych w tym:

- liczba prób;
- mediany, która jest liczbą w środku zbioru wyników (połowa liczb ma wartości większe niż mediana i połowa ma wartości mniejsze. Jeżeli liczba danych w zbiorze jest parzysta, to Microsoft Excel oblicza średnią dwóch liczb środkowych);
- odchylenia standardowego, które określa jak szeroko wartości są rozproszone w stosunku do wartości średniej;
- dopuszczalnego odchylenia - zakłada się, że przy pewnej określonej liczbie wyników n , przy bezpieczeństwie statystycznym $S(\%)$, odpowiednia wartość analizowanego parametru wystąpi z częstotliwością nie większą niż $U(\%)$. Wartość częstotliwości przekroczeń U została określona na podstawie zasad wymiarowania według ATV- Ausschus 2.6. na poziomie 15%. Dla bezpieczeństwa statystycznego najczęściej przyjmuje się wartość 95%. Wartościom tym odpowiada granica tolerancji T określona stosunkiem $T S/U = T 95/15$. Wartość $T 95/15$ (dopuszczalne odchylenie) zostaje często w sposób uproszczony oznaczona wartością 85% i jest podstawą do określenia wartości miarodajnej.

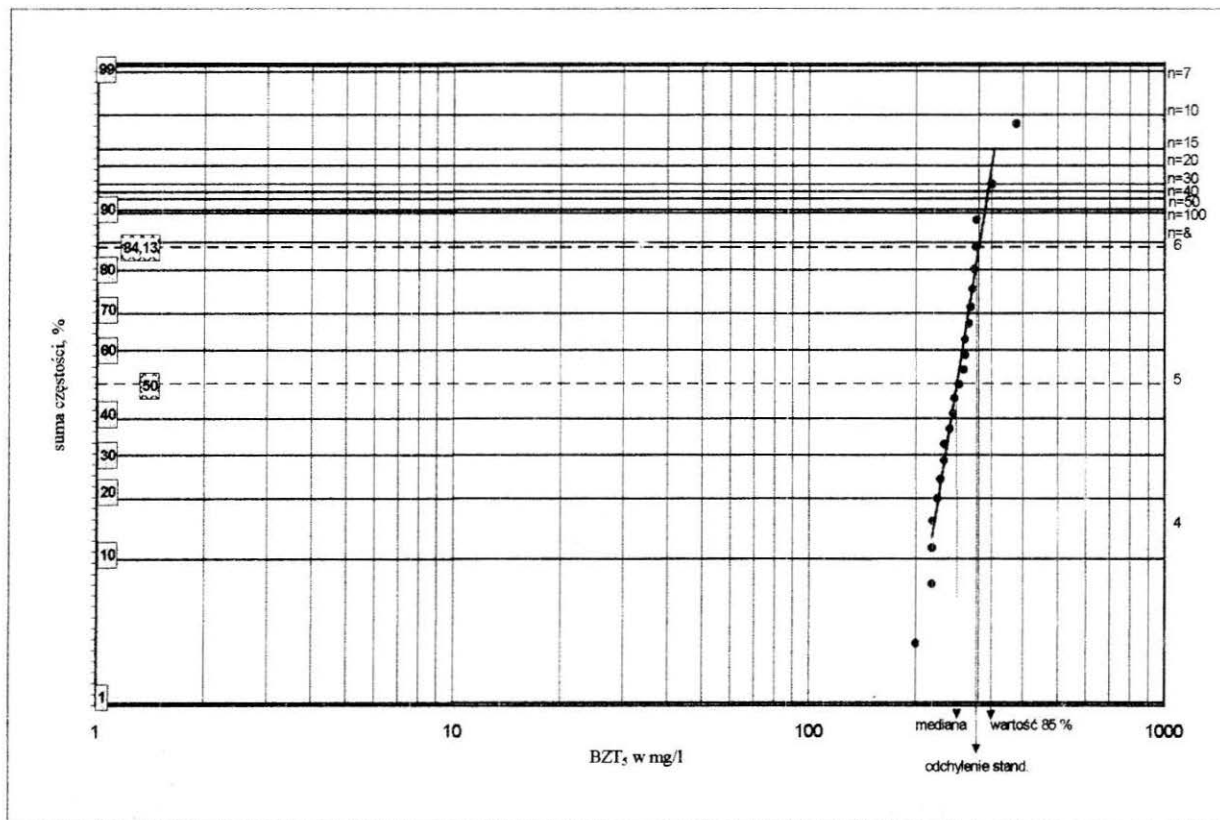
Na podstawie formularza obliczeń w oparciu o siatkę prawdopodobieństwa Microsoft Excel tworzy wykres oceny danych (rys. 1), przy czym odcięte (wyniki pomiaru) przedstawione są w sposób logarytmiczny, a rzędne (sumy procentowe) podzielone według całki prawdopodobieństwa Gaussa. Przedstawiony obszar zawiera sumy częstości od 1% do 99%. W górnej części siatki prawdopodobieństwa naniesione są linie k służące do wyznaczenia granicy tolerancji. Linie pomocnicze k można łatwo wyznaczyć przy zastosowaniu skali ufności (Probits) przedstawionej po prawej stronie diagramu. Rzędnym linii pomocniczych k dla wartości n można przyporządkować następujące wartości Probits:

TABELA 2

Liczba prób n	7	10	15	20	30	40	50	100	α
Probits	7,29	6,97	6,72	6,6	6,47	6,41	6,36	6,26	6,04

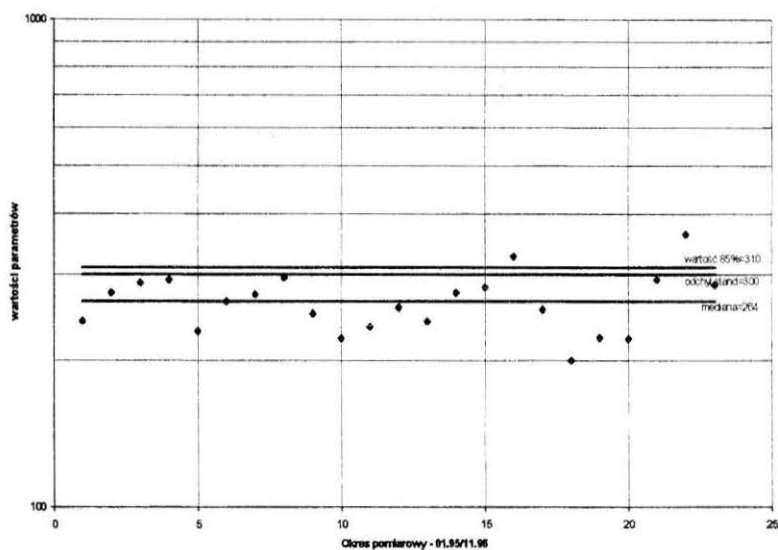
Algorytm oceny danych przy użyciu opracowanego arkusza jest bardzo prosty:

1. Użytkownik wprowadza dane do arkusza w dowolnej kolejności.
2. Dane zawarte w arkuszu zostają naniesione na siatkę prawdopodobieństwa;
3. Poprzez punkty poprowadzona zostaje prosta (linia regresji), przy czym istotne są przede wszystkim punkty pomiędzy 20% a 80%. Punkty poniżej 10% i powyżej 90% mają niewielki wpływ na wynik;
4. Na wykresie nanoszone są informacje o:
 - medianie - punkt przecięcia prostej regresji z linią 50%
 - odchyleniu standardowym - punkt przecięcia linii regresji i linii 84,13%



Rys. 1 Wykres oceny danych

- wartości 85% (podstawy wyznaczania wyniku miarodajnego) - punkt przecięcia prostej regresji z odpowiednią linią pomocniczą k dla n -pomierzonych wartości.
5. Użytkownik znajduje punkt przecięcia linii pomocniczej (k) wyznaczonej dla analizowanej liczby prób (n) z krzywą regresji a następnie na osi odciętych odczytuje wartość miarodajną analizowanego parametru, która powinna być podstawą do wymiarowania oczyszczalni (rys. 1).



Rys. 2 Rozkład prób wraz z zestawieniem granic bezpieczeństwa

4. WNIOSKI

Prawidłowe wymiarowanie oczyszczalni wymaga określenia miarodajnych (najbardziej zbliżonych do wartości rzeczywistych) danych projektowych, w tym charakterystyki oczyszczanych ścieków. Ma to szczególne znaczenie w przypadku projektowania lub też modernizowania oczyszczalni, w których stosowane będą wysokosprawne metody usuwania substancji biogenych. Niewłaściwie przyjęte dane projektowe mogą w konsekwencji doprowadzić do znacznego przewymiarowania lub niedowymiarowania oczyszczalni a tym samym do wzrostu kosztów inwestycyjnych lub eksploatacyjnych oczyszczalni (wykonany przykład oceny danych obrazuje jaka jest skala błędu w przypadku przyjmowania do obliczeń wartości średnich dla analizowanego przypadku wartość średnia BZT₅ w dopływie do oczyszczalni wynosiła 264 mgO₂/dm³ a miarodajna, która powinna być przyjęta do projektowania 310 mgO₂/dm³).

Przedstawiony w artykule sposób oceny danych (wartości wskaźników zanieczyszczeń ścieków i ich ilości) według autorów jest prosty w użyciu i niezwykle przydatny szczególnie w przypadku analizy danych przyjmowanych do wymiarowania oczyszczalni ścieków.

Opracowany na podstawie metody GROCHE arkusz kalkulacyjny, może być z powodzeniem wykorzystywany w fazie opracowań przedprojektowych do określenia miarodajnych danych projektowych jak i też w fazie eksploatacji oczyszczalni do miarodajnej oceny jej pracy.

5. LITERATURA

- [1] ABRAMOWICZ H.: *Jak analizować wyniki pomiarów*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa (1992)
- [2] BEVER J., Stein A., Teichman H.: *Zaawansowane metody oczyszczania ścieków*. Oficyna wydawnicza Projprzem-EKO Bydgoszcz (1997)
- [3] DOJLIDO J., Jakubowska Łucja: *Kilka uwag o statystycznej metodzie oceniania wyników analizy wody i ścieków*. Biuletyn Instytutu Gospodarki Wodnej nr 1(250) (1963)
- [4] GROCHE D.: *Verfahren zur Auswertung der Betriebsergebnisse von Klärwerken* Wasserwirtschaft 67 6(1977).
- [5] HERMANOWICZ W.: *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*. Arkady, Warszawa (1976)